

RENISO

**Kältemaschinenöle
2018/2019**



LUBRICANTS.
TECHNOLOGY.
PEOPLE.



LUBRICANTS. TECHNOLOGY. PEOPLE.

Wir konzentrieren uns ausschließlich auf hochwertige Schmierstoffe und verwandte Spezialitäten.

Wir entwickeln innovative und ganzheitliche Lösungen für vielfältigste Anwendungen.

Wir schätzen das hohe Engagement unserer Mitarbeiter und den vertrauensvollen Umgang miteinander.

Zahlen und Fakten

FUCHS Gruppe

Familienunternehmen in der 3. Generation

Positionierung: weltweite Nr. 1 der konzernunabhängigen Anbietern von Schmierstoffen

Gesellschaften weltweit: 58

Mitarbeiter: rund 5.000 Mitarbeiter

Produktprogramm: ein Vollsortiment von über 10.000 Schmierstoffen und verwandten Spezialitäten

FUCHS SCHMIERSTOFFE GMBH

100%ige Tochtergesellschaft der FUCHS PETROLUB SE

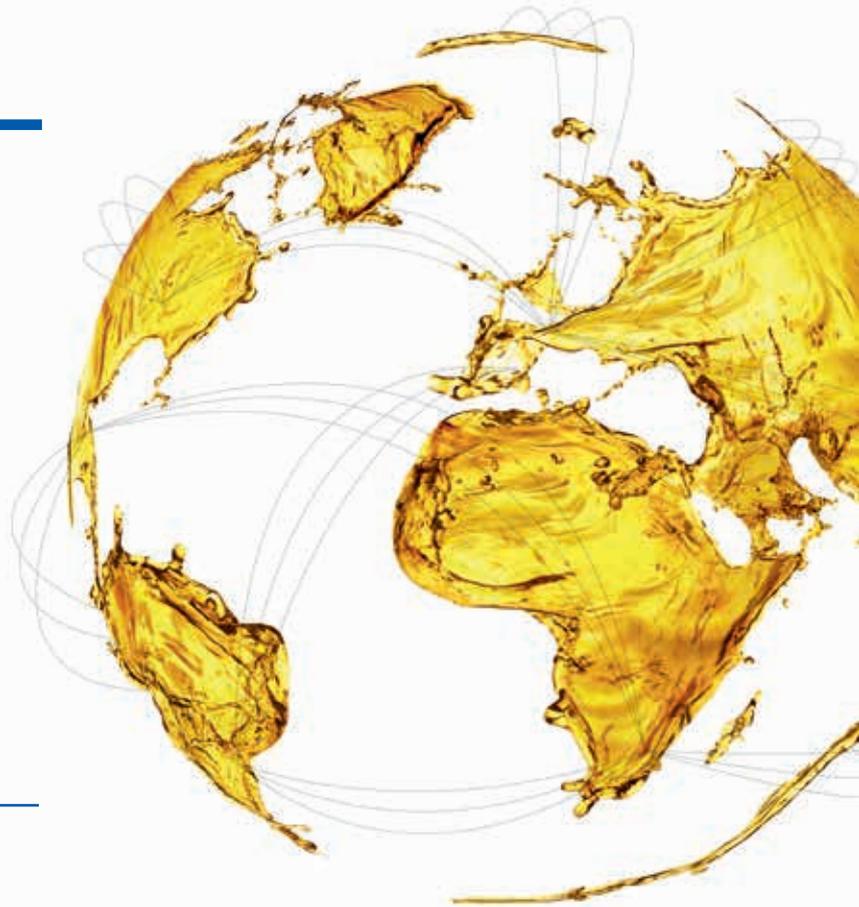
Firmensitz: Mannheim

Weitere Produktionswerke in Wedel, Kiel

Mitarbeiter: mehr als 800 Mitarbeiter

Zertifizierungen: IATF 16949, ISO 14001, BS OHSAS 18001, ISO 50001

Referenzen: einer der führenden Schmierstoff-Erstausrüster der deutschen Automobilindustrie



FUCHS ist ein global operierender Konzern mit deutschen Wurzeln, der Schmierstoffe und verwandte Spezialitäten entwickelt, herstellt und vertreibt.

Zu unseren weltweit mehr als 100.000 Kunden zählen Automobilzulieferer und OEMs, Unternehmen aus den Bereichen Maschinenbau, Metallverarbeitung, Bergbau und Exploration, Luft- und Raumfahrt, Unternehmen des Energie-, Konstruktions- und Transportsektors, der Land- und Forstwirtschaft sowie der Stahl-, Metall-, Zement-, Guss- und Schmiedeindustrie, aber auch Lebensmittel- und Glashersteller – und viele andere.

1931 als Familienunternehmen in Mannheim gegründet, firmieren heute unter dem Dach der FUCHS PETROLUB SE mehr als 58 operative Gesellschaften mit rund 5.000 Mitarbeitern in mehr als 40 Ländern. FUCHS ist heute der weltweit größte Anbieter unter den unabhängigen Schmierstoffherstellern.

Die FUCHS SCHMIERSTOFFE GMBH, ein 100%iges Tochterunternehmen, engagiert sich deutschlandweit mit mehr als 800 Spezialisten an 3 Standorten für die Zufriedenheit unserer Kunden.

Ganz gleich welche Anforderungen sie an uns stellen, wir haben den passenden Schmierstoff für ihre spezifischen Anwendungen und Prozesse. In unserem Technologiezentrum verknüpfen wir interdisziplinäres Knowhow schnell und effizient – und arbeiten Tag für Tag an innovativen Schmierstofflösungen für heutige und zukünftige Anforderungen.

FUCHS Schmierstoffe stehen für Leistung und Nachhaltigkeit, für Sicherheit und Zuverlässigkeit, für Effizienz und Kostenersparnis. Sie stehen für ein Versprechen: Technologie, die sich auszahlt.



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

18–33

Synthetische Kältemaschinenöle

34–37

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 Kältefließigenschaften, hohe Alterungsbeständigkeit und eine hohe chemische und thermische Stabilität unter Kältemitteleinfluss eine wichtige Rolle.

38–41

RENISO-Produkte in der Übersicht

42–43

Auswahltabelle: Kältemaschinenöle für Industrie- und Gewerbekälteanwendungen

44

4 gute Gründe für RENISO-Kältemaschinenöle

45

RENISO-Kältemaschinenöle auf einen Blick

46

Notizen



Die Entwicklung von Hochleistungskältemaschinenölen

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

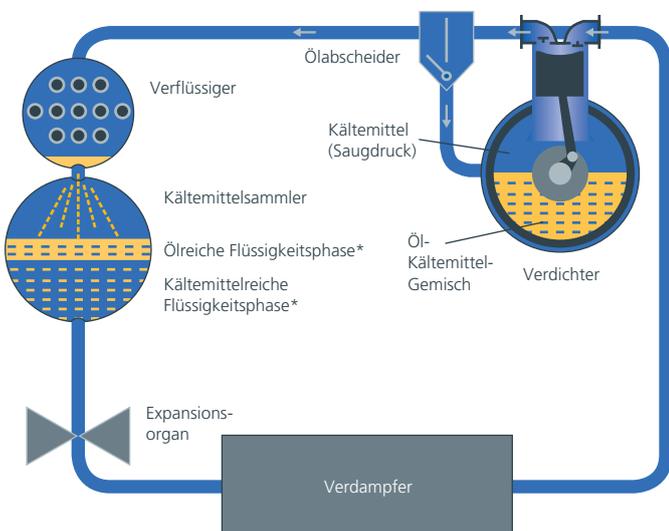
Die eigentliche Hauptaufgabe des Kältemaschinenöles ist die Sicherstellung einer verlässlichen Schmierung aller beweglichen Triebwerksteile des Kältemittelverdichters. Je nach Verdichterbauart ist darüber hinaus Wärme von den heißen Bauteilen abzuführen und eine Abdichtung des Verdichtungsraumes, gegebenenfalls 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 zu gewährleisten, werden in der Regel Kältemaschinenöle mit guter Mischbarkeit mit dem jeweiligen Kältemittel eingesetzt.

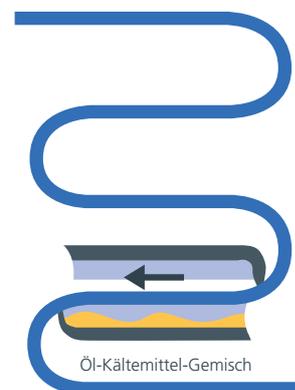
Der Öleintrag wird vor allem im Anfahrzustand durch starkes Aufschäumen des Öles infolge gelösten Kältemittels verstärkt. Bei der Verdampfung des Kältemittels kühlt sich das Öl ab. Bleibt es dabei nicht hinreichend fließfähig (durch gelöstes Kältemittel), so ist seine Rückführung zum Verdichter nicht 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 Kältemittelleinlösung) stellt somit stets einen Kompromiss zwischen der zur Verdichterschmierung erforderlichen Mindestviskosität und einer zur ausreichenden Zirkulation im Kreislauf notwendigen Fließfähigkeit bei tiefen Temperaturen dar.

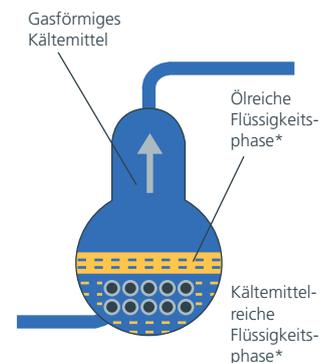
Kältemittelkreislauf



System 1: Trockene Verdampfung



System 2: Überflutete Verdampfung



*Im Bereich der Mischungslücke: Wenn die Dichte der kältemittelreichen Phase größer als die der ölrreichen 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 Kältegas eine immer wichtigere Rolle ein. Niedrig-GWP-Kältemittel (GWP = Global Warming Potential = Beitrag zur Erderwärmung) wie z.B. Kohlendioxid (GWP = 1) und Propan (GWP = 3), aber auch synthetische, fluorierte Alternativen wie R1234yf und R1234ze(E) (GWP <1) nehmen schon jetzt in Ihrer Verwendung 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 Kältemit-

tel-Öl-Gemischen wird in speziellen Hochdruck-Autoklaven untersucht. Diese FUCHS Inhouse-Laboreinrichtungen sind 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 CO₂-Anwendungen
- 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 (2011) erfolgt je nach zum Einsatz kommenden Kältemittel in bestimmte Gruppen

CAA

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 CAA-Öle verwendet. Hydrierte Kältemaschinenöle und PAOs gewinnen in der Praxis zunehmend an Bedeutung.

KAB

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

KB

Kältemaschinenöle für Kohlendioxid (CO₂) – synthetische Polyolester (POE), Polyalkylenglykole (PAG) oder Polyalphaolefine (PAO).

Die POE-Öle weisen in der Regel gute CO₂-Mischbarkeit auf. PAG-Öle sind mit CO₂ deutlich schlechter mischbar (größere Mischungslücke mit CO₂). Synthetische Kältemaschinenöle auf Polyalphaolefin-Basis werden als mit CO₂ nicht mischbare Kältemaschinenöle bezeichnet. Maximaler Wassergehalt (Frischöl): 50 ppm für PAO, 100 ppm für POE und 350 ppm für PAG.

KC

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

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

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).

PHYSIKALISCH-CHEMISCHE KENNDATEN VON KÄLTEMASCHINENÖLEN

Im Anhang der DIN 51503 Teil 1 (2011) 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 (2011) 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 Feuchte 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:

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 abhängig von der Temperatur der Flüssigkeit, da sich das Volumen einer Flüssigkeit bei Temperaturerhöhung ausdehnt. Dementsprechend fällt bei höheren Temperaturen die Dichte.

Neutralisationszahl nach DIN 51558:

Die Neutralisationszahl 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 Neutralisationszahl wird in mg KOH/g angegeben. Zur Bewertung eines gebrauchten Kältemaschinenöls ist ein Vergleich mit den Frischölkennwerten unbedingt nötig. Die Neutralisationszahlen von Kältemaschinenölen sind im Vergleich zu anderen Schmierstoffen sehr niedrig. Sie liegen im Bereich < 0,1 mg KOH/g. Die Neutralisationszahl ist in ihrem Zahlenwert identisch mit der Total Acid Number (TAN) nach ASTM D974.

Wassergehalt nach DIN 51777:

Bestimmung des Wassergehalts nach Karl Fischer, 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 Teil 2 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.

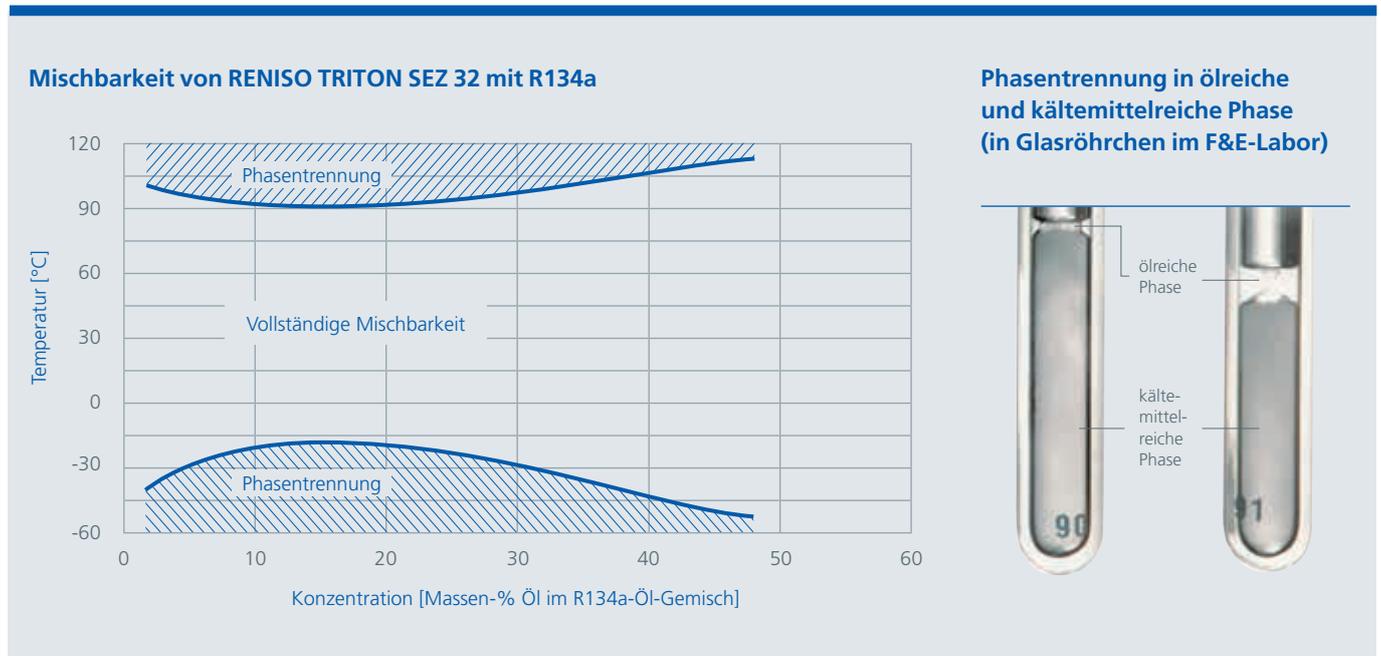
Pourpoint nach DIN ISO 3016:

Der Pourpoint gibt die niedrigste Temperatur an, bei der das Öl eben noch fließt. Dabei sieht die Messmethode DIN ISO 3016 vor, dass die Probe definiert abgekühlt und in Temperaturabständen von 3K 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), den 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 entzündet, wird als Flammpunkt bezeichnet.

Typische Kennwerte zur Charakterisierung eines Kältemaschinenöles



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 eingegeben. 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 Öl-rückführung beeinträchtigt nicht nur das Regelverhalten, sondern kann Mangelschmierung und Verdichterausfälle verursachen.

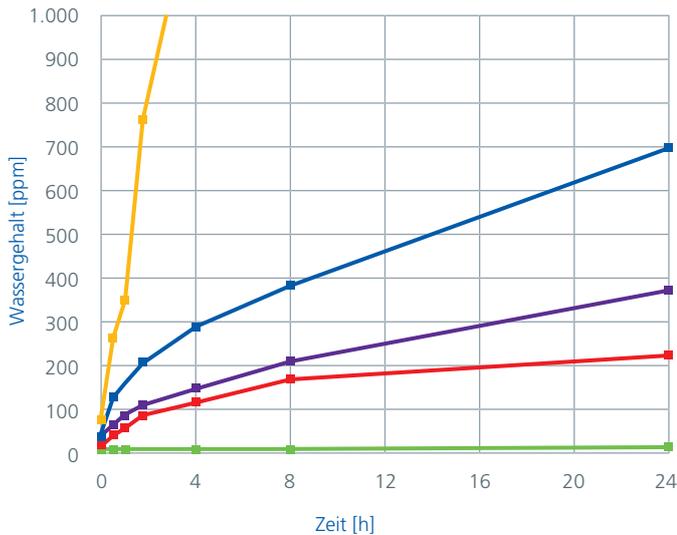
Kältemittelbeständigkeit nach ASHRAE 97-2007:

Die Kältemittelbeständigkeit des eingesetzten Kältemaschinenöles ist von entscheidender Bedeutung. Im sogenannten Sealed Glass Tube-Test ASHRAE 97-2007 "Method to test the chemical 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 Neutralisationszahl des Öles bestimmt, und die Metalle werden auf etwaigen Oberflächenangriff 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 nach DIN 51777-2

	Wassergehalt [ppm]	Zeit [h]			
		0	4	24	72
■ PAG ISO VG 46	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 Gebrauchtoleranzwert 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 10K 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 Neutralisationszahl (Säurezahl) 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 DIN 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 $\pm 10\%$ 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 Verdicht-hersteller 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 kältemittel-

spezifisch 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.

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 entsprechend guten Schmierungseigenschaften erforderlich.

Der Einsatz von leistungsfähigen Verschleißschutzadditiven 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. nächste Seite) 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.

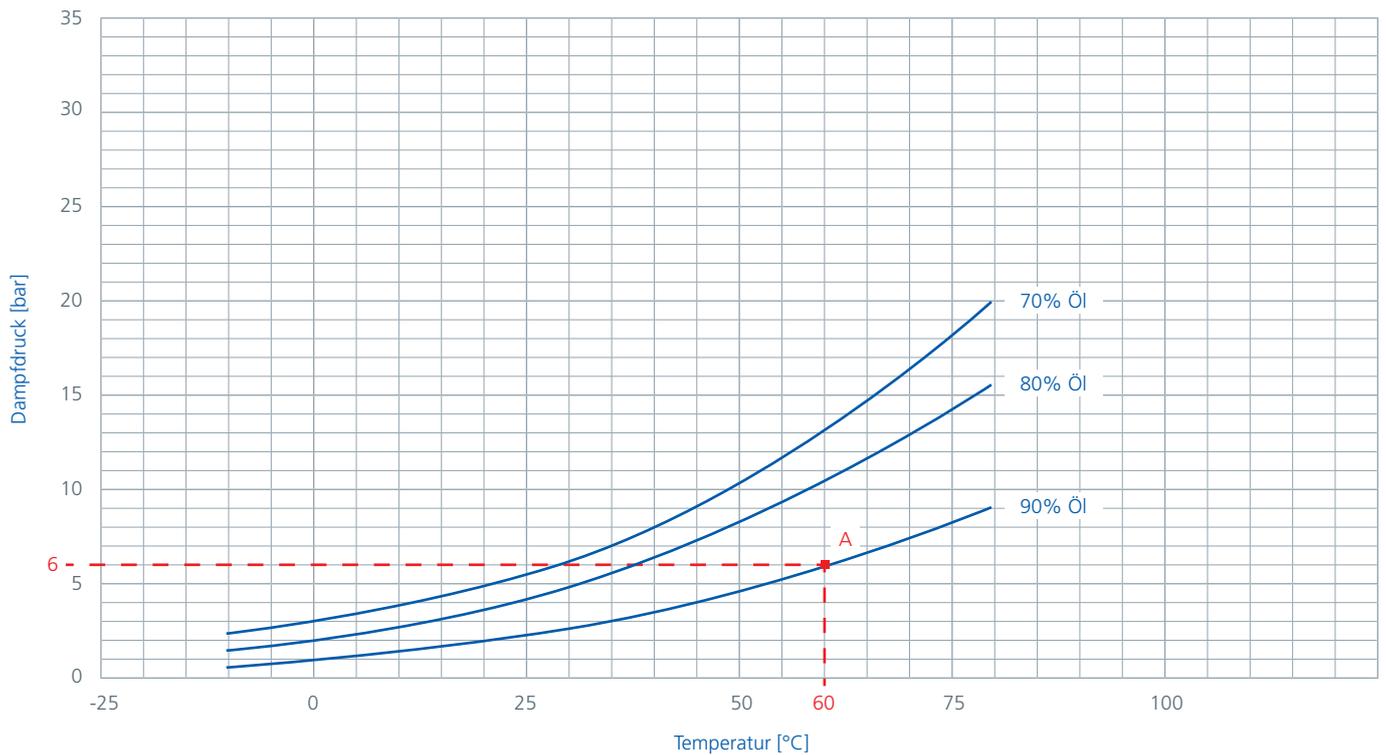
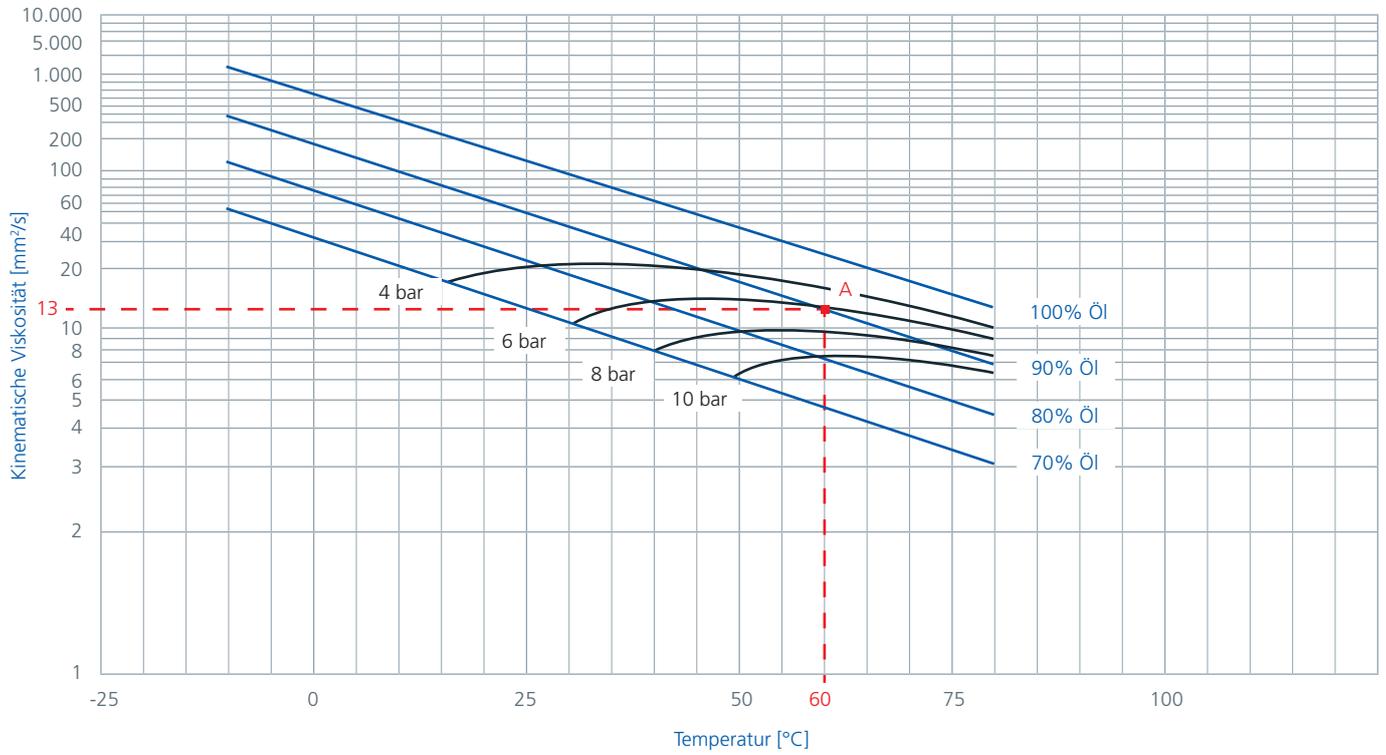
Die resultierende Gemischviskosität wird im oberen Diagramm (s. nächste Seite) bei gleicher Temperatur und der entsprechenden Menge an im Öl gelösten Kältemittel abgelesen.

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, bei Schraubenverdichtern in der Regel der Verdichtungsdruck (Druck im Ölabscheider) zu Grunde gelegt.

**Kältemaschinenöle für Anwendungen mit fluorierten Kältemitteln:
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

Bsp.: Mischbarkeit von RENISO WF 5 A mit R600a (Mischungslücke-Diagramm)

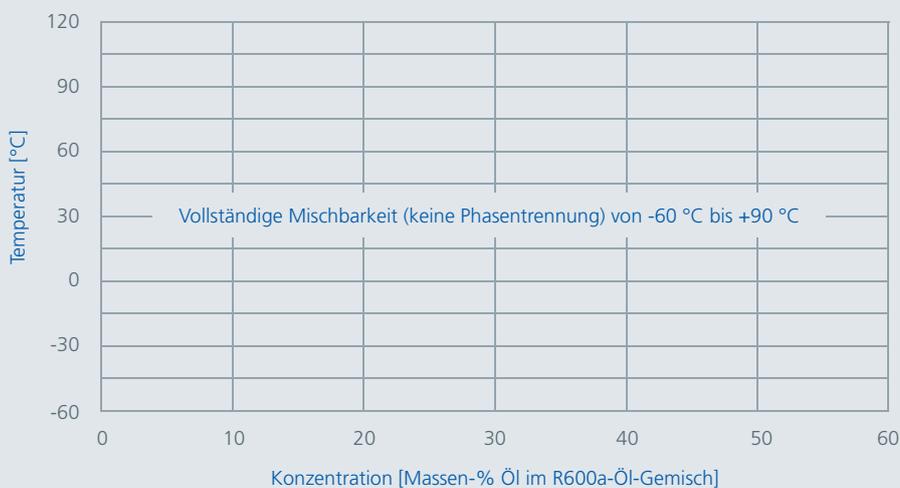


Bild: Nidec

RENISO K-Reihe

Hoch ausraffinierte, naphthenbasierte 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.

RENISO WF-Reihe

Hoch ausraffinierte Selektivraffinate mit einem speziellen System an Verschleißschutzadditiven. Die RENISO WF-Reihe – in den Viskositätsklassen ISO VG 5–15 ausgelegt – wird zur Schmierung hermetischer Kältschrankverdichter 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.

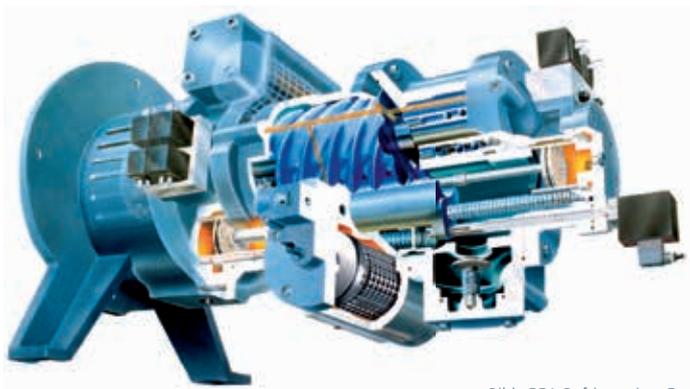
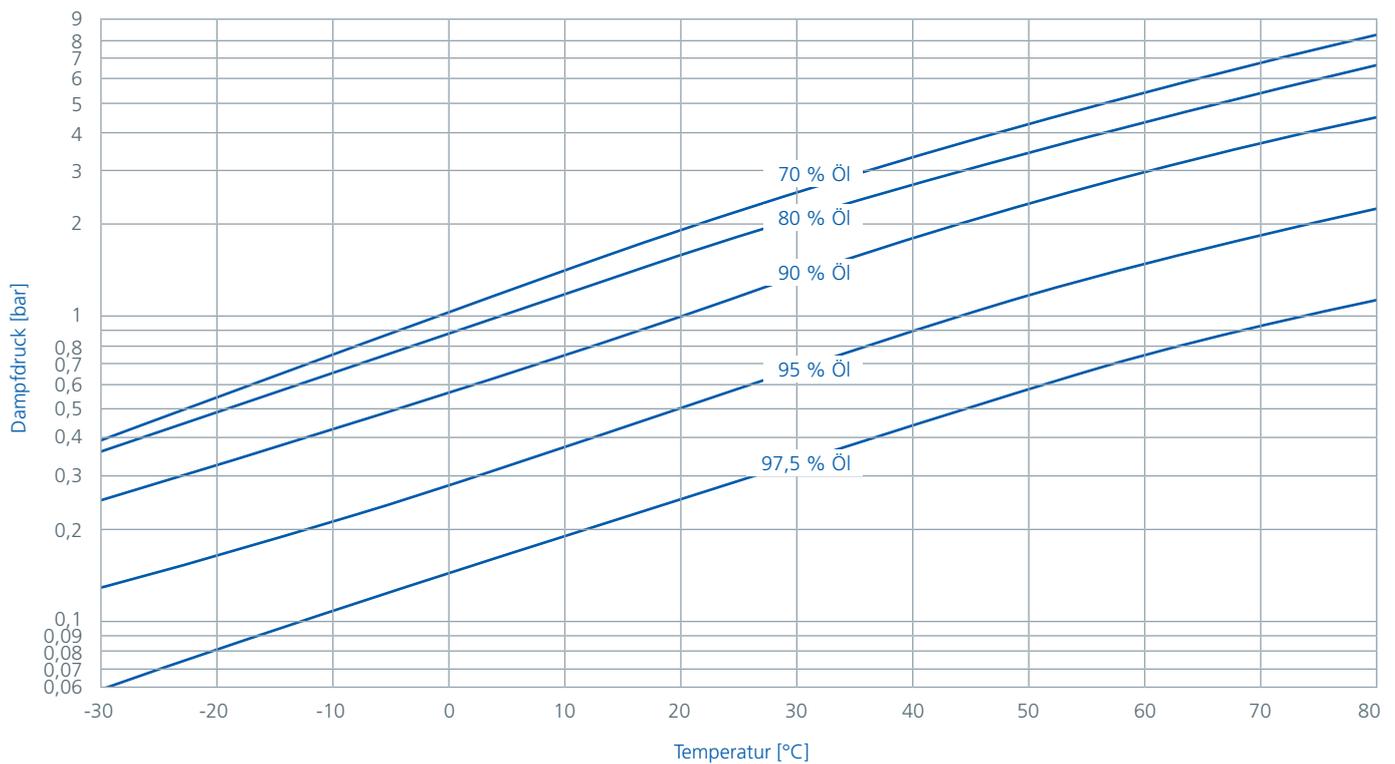
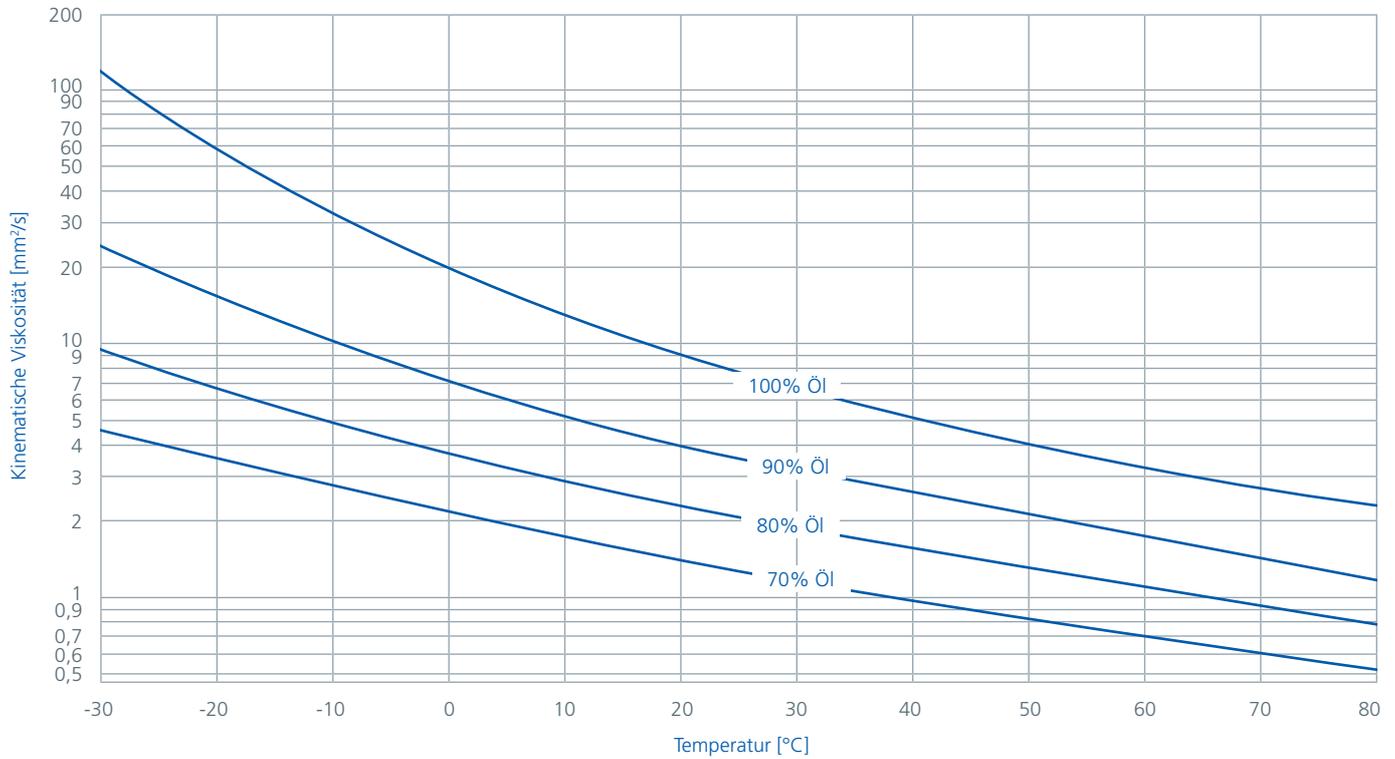


Bild: GEA Refrigeration Germany

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: GEA Bock



Alkylbenzole (AB)

RENISO S- / SP-Reihe

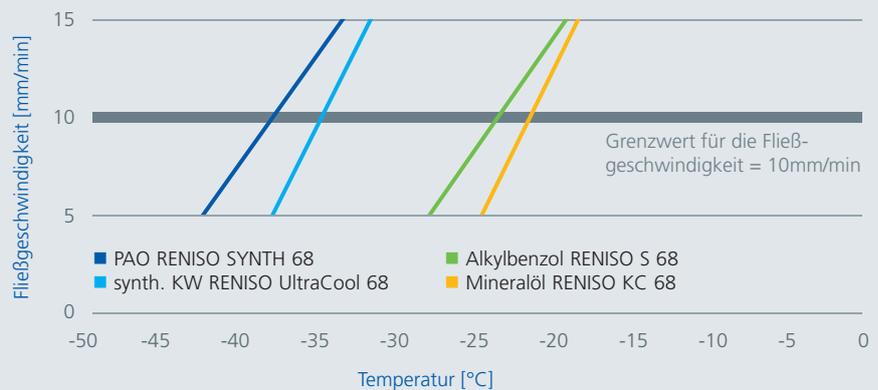
Chemisch und thermisch hoch stabile Alkylbenzole (AB). Durch eine spezielle Nachbehandlung während des Produktionsprozesses werden die Kälteeigenschaften sowie die chemische und thermische Stabilität der Öle noch zusätzlich verbessert. Die Produkte zeichnen sich durch hervorragende Additivlöslichkeit aus. Aufgrund der günstigen Mischbarkeits-eigenschaften 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).

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



Polyalphaolefine (PAO) / Synthetische Kohlenwasserstoffe



RENISO SYNTH 68

Hochreine Polyalphaolefine (PAO) mit sehr guten Kältefließ-eigenschaften, für NH_3 -Kälteanlagen mit stark belasteten Verdichtern und tiefen Verdampfungstemperaturen. Aufgrund seiner hervorragenden Kältefließ-eigenschaften wird RENISO SYNTH 68 auch für den Einsatz in Platten-Wärmetauschern bei tiefen Verdampfungstemperaturen ($t_0 < -50^\circ\text{C}$) 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 hervorragend für den Einsatz mit Kohlenwasserstoff-Kältemitteln (z. B. Propan R290 und Propan R1270) geeignet.

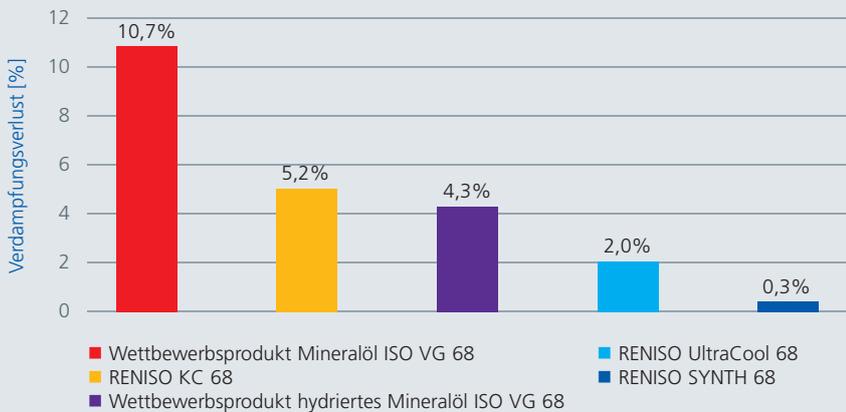
RENISO UltraCool 68 und RENISO UltraCool 100

RENISO UltraCool-Öle werden für Ammoniak-Kälteanlagen mit tiefen Verdampfungstemperaturen bis hin zu $< -45^\circ\text{C}$ eingesetzt. Aufgrund ihrer thermischen Stabilität werden mit RENISO UltraCool-Ölen Ablagerungs- und Schlamm-bildung 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 guten Elastomereigenschaften (gute Verträglichkeit mit CR-Dichtungsmaterialien), wie man sie nur von Mineralölprodukten kennt.

Verdampfungsverluste von Kältemaschinenölen für NH₃ 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 (Hydrierte Fluorierte Olefine) 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 ausbauen.

Aufgrund des hohen Viskositätsindex zeigen sie gute Kältefließigenschaften 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 N₂-Atmosphäre in dampfdichte Gebinde abgefüllt.

Synthetische Kältemaschinenöle

Polyalkylenglykole (PAG)

RENISO PG 68 und RENISO GL 68

Synthetische, mit NH_3 mischbare Kältemaschinenöle auf Basis von Polyalkylenglykolen (PAG), mit Additivsystemen zur Erhöhung der Alterungsstabilität.

Die ausgewählten synthetischen PAG-Komponenten besitzen ein ausgezeichnetes Viskositäts-Temperaturverhalten und eine hohe thermische Stabilität.

RENISO PG 68 und GL 68 wurden 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 sind diese PAG-Öle absolut trocken einzusetzen. Vor Verwendung von RENISO PG 68 und RENISO GL 68 sollte die FUCHS Anwendungstechnik konsultiert werden.

RENISO PG 68 und RENISO GL 68 sind auch für den Einsatz mit Kohlenwasserstoffen geeignet. Sie weisen eine geringe Löslichkeit mit Kohlenwasserstoffen auf, wodurch ein tragfähiger Schmierfilm auch bei hohen Systemdrücken garantiert werden kann. RENISO PG 68 und RENISO GL 68 bilden in Kontakt mit flüssigem Kohlenwasserstoff eine eigene Schmierstoffphase aus (Phasentrennung/ Mischungslücke).

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 (mit Kohlenwasserstoffen nur bedingt mischbar).



Schmierstoffe für CO_2 -Anwendungen

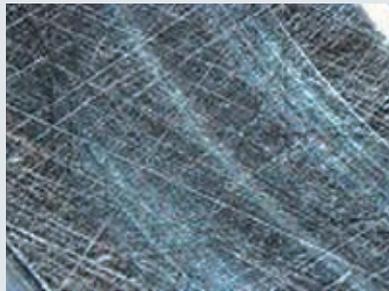
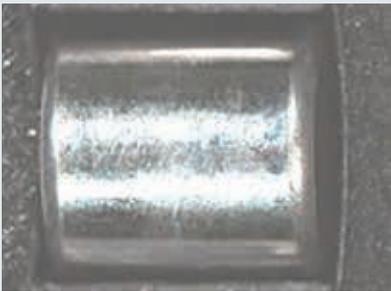
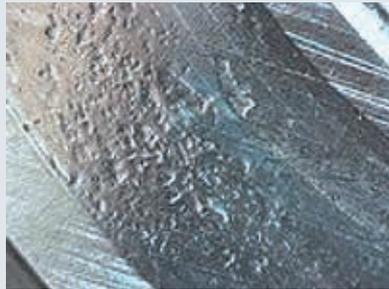
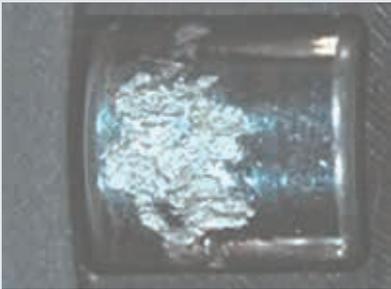


RENISO C-Reihe

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. S. 21).

Die Produkte der RENISO C-Reihe können sowohl in unterkritischen (z. B. Tiefkühlstufen in Kaskadenanlagen) als auch in transkritischen Anwendungen (z. B. Busklimatisierung, Normkühlung 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.

Test im FUCHS Axialzylinderrollenlager-Prüfstand



Testbedingungen:
140 °C/50 bar CO₂/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 CO₂-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 CO₂-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 CO₂-Klimasysteme (transkritische CO₂-Anwendungen) in vollem Umfang.

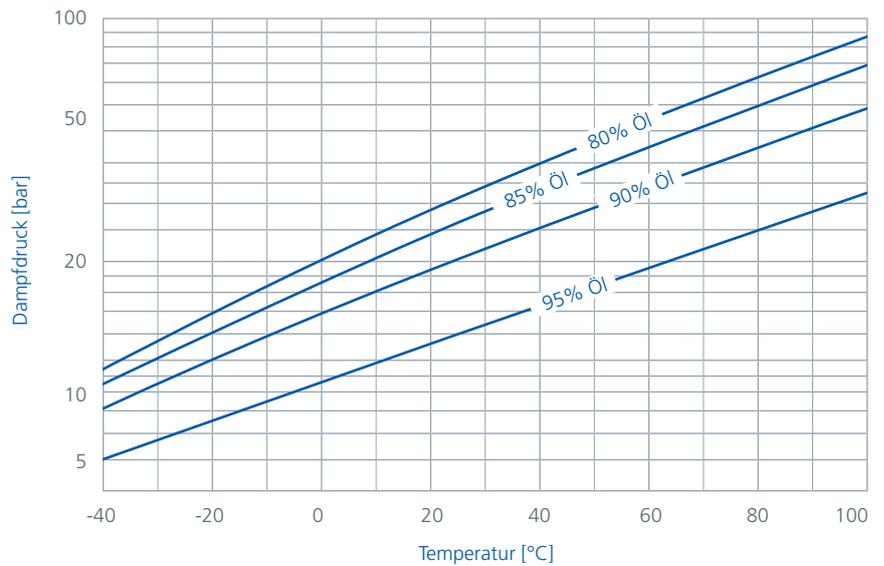
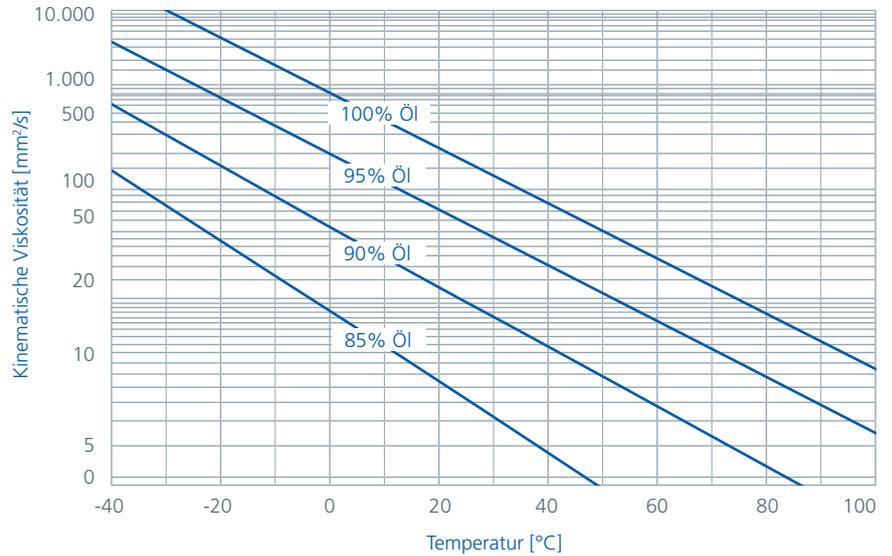
Dabei ist RENISO ACC HV auch für elektrisch angetriebene Klimaverdichter in E-Fahrzeugen geeignet – sowohl für den Kühl- als auch für den Wärmepumpenbetrieb.

Synthetische Kältemaschinenöle

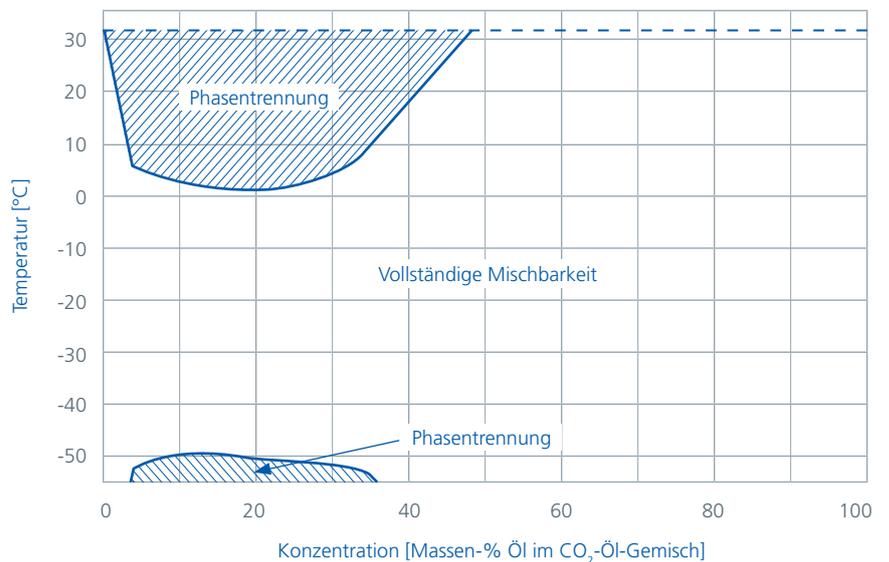
Schmierstoffe für CO₂-Anwendungen

**Kältemaschinenöle für CO₂ (R744)-Anwendungen:
RENISO C auf POE-Basis**

Beispiel:
kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot): RENISO C 55 E – CO₂-Gemisch

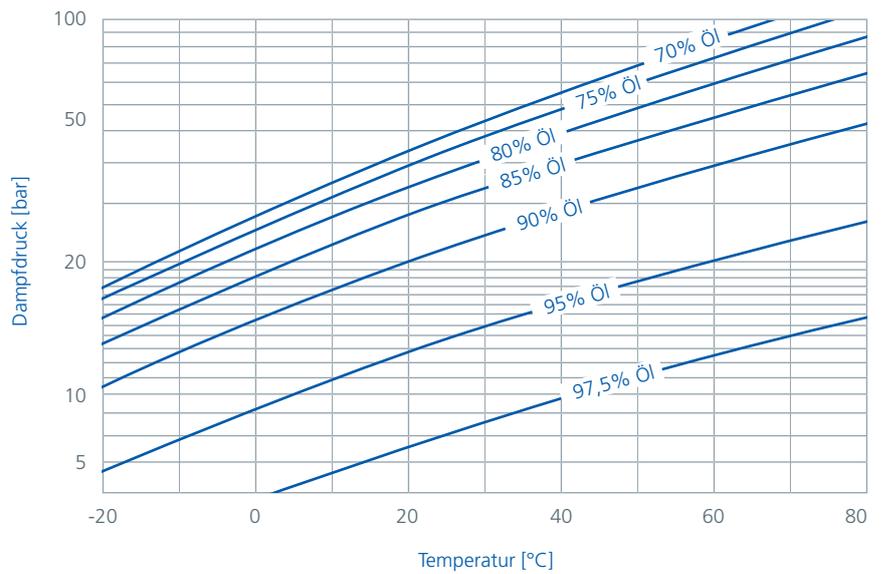
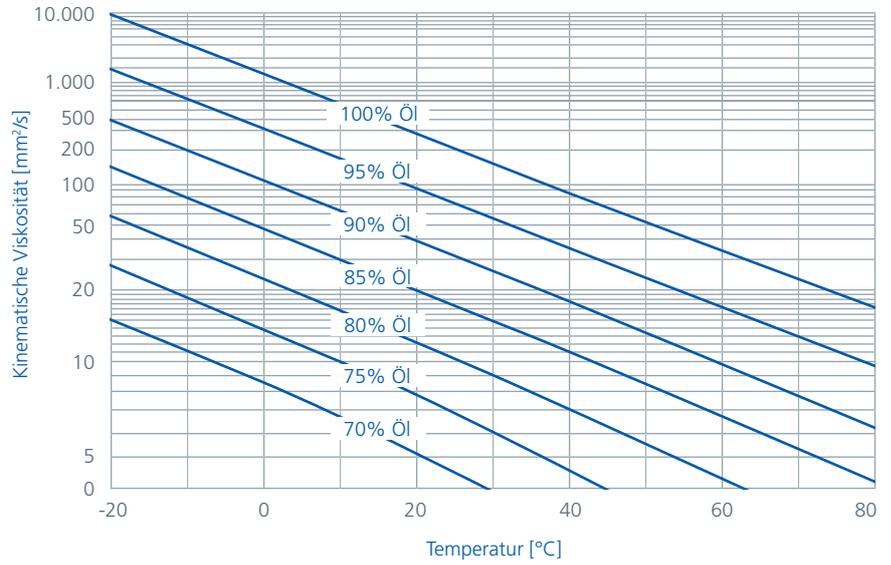


Beispiel:
Mischbarkeit von RENISO C 55 E mit CO₂ (Mischungslücke)

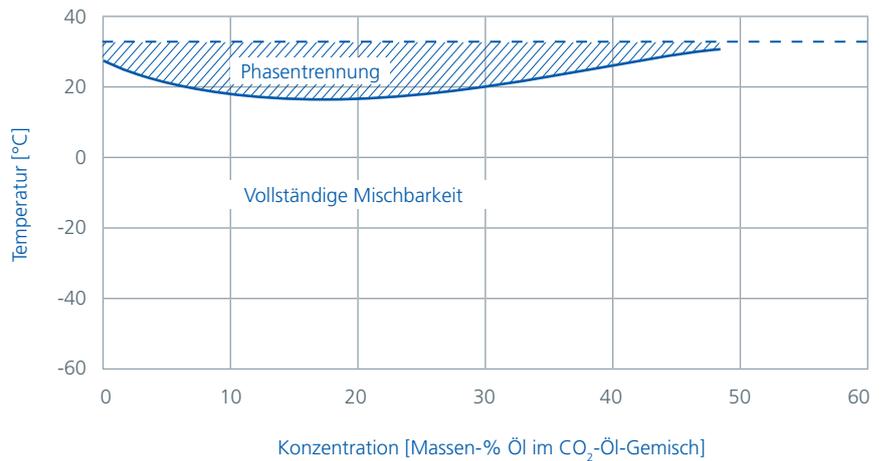


**Kältemaschinenöle für CO₂ (R744)-
Anwendungen:
RENISO C auf POE-Basis**

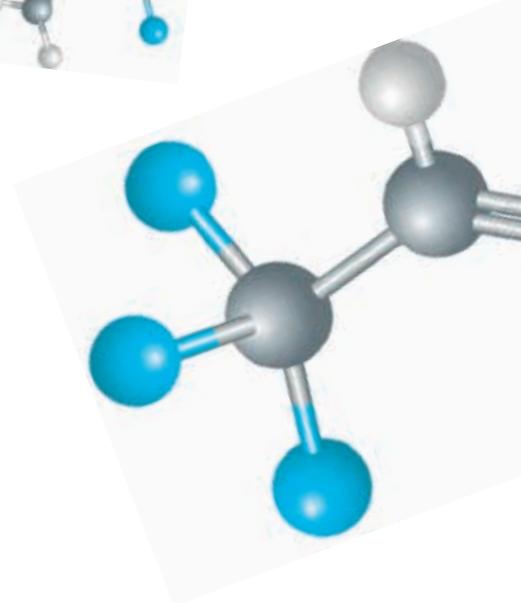
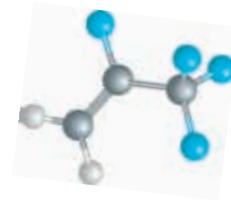
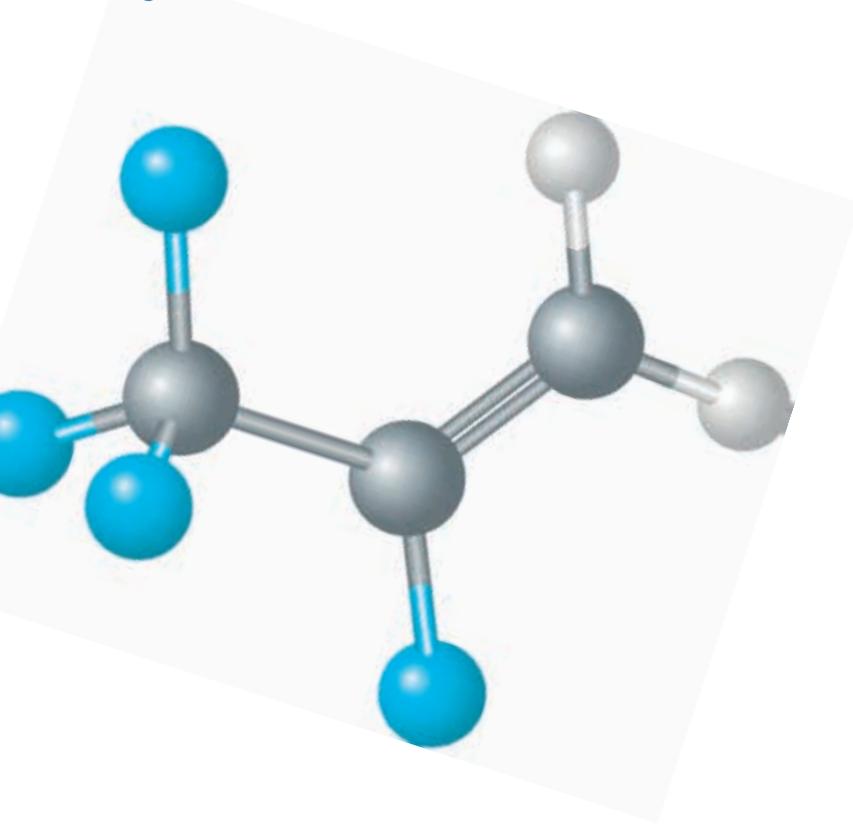
Beispiel:
kinematische Viskosität und Dampfdruck (Daniel-Plot): RENISO C 85 E – CO₂-Gemisch



Beispiel:
Mischbarkeit von RENISO C 85 E mit
CO₂ (Mischungslücke)



Synthetische Kältemaschinenöle



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 Klimaanlage 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 chemischer Zusammensetzung 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 Kältemaschinenöle für diese Stoffgruppe haben sich neuentwickelte PAG-Öle (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 Serienerdichtern 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 unterscheiden 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, Stabilitätsuntersuchungen 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 28/29 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 folgenden Tabelle sind einige wichtige HFO/HFKW-Kältemittel aufgeführt, die als Ersatz für die konventionellen HFKW-Kältemittel mit relativ hohem GWP geeignet sind. Der besseren Übersicht wegen und aufgrund der Fülle an zum jetzigen Zeitpunkt vorgestellten Kältemittelgemischen handelt es sich hierbei nur um einen Ausschnitt der kompletten Angebotspalette.

Synthetische Kältemaschinenöle

Schmierstoffe für HFO-Kältemittel

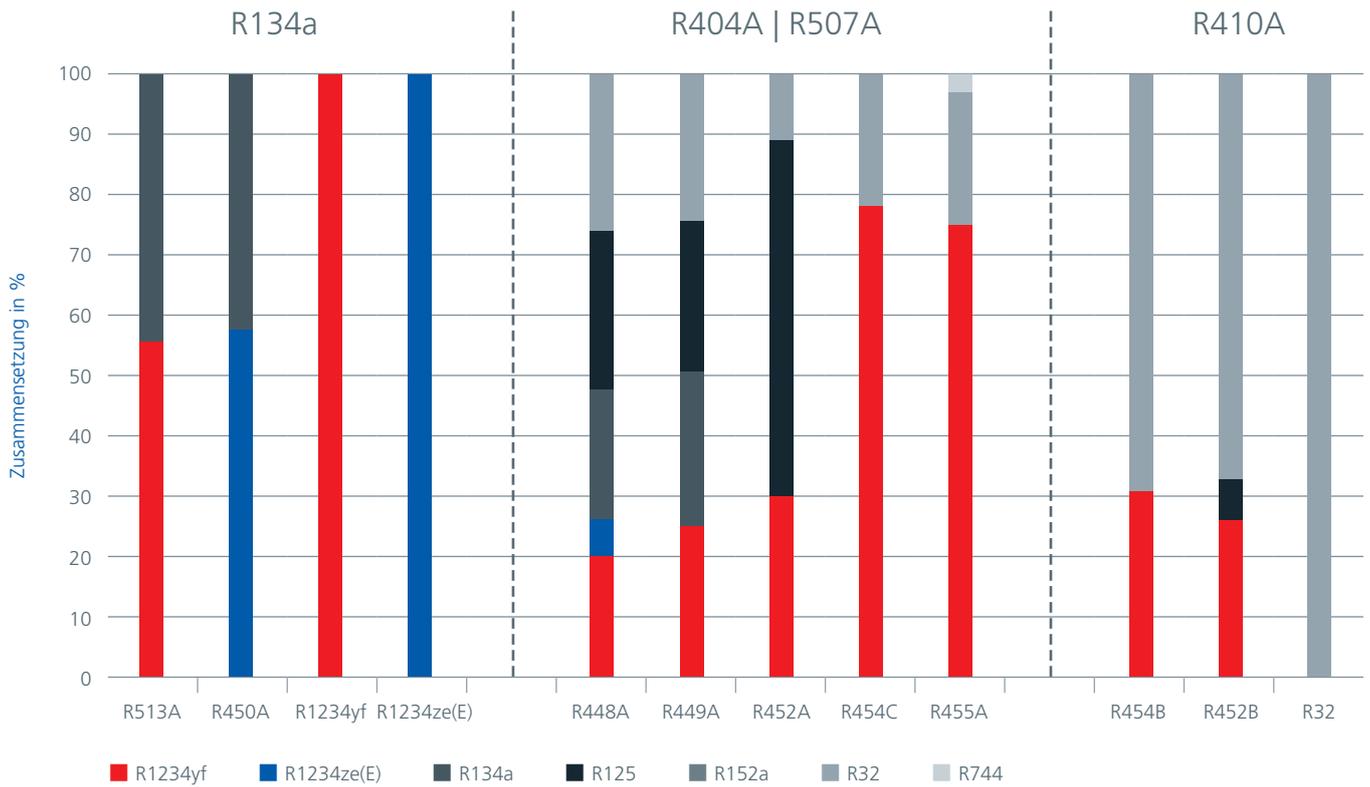
HFO und HFO/HFKW-Gemische

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

Alternativen für den Wechsel hin zu Niedrig-GWP-Kältemitteln

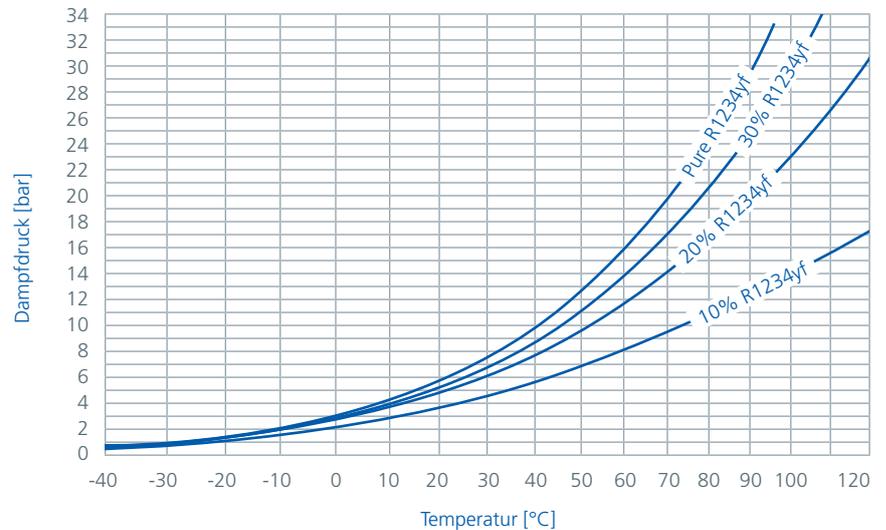
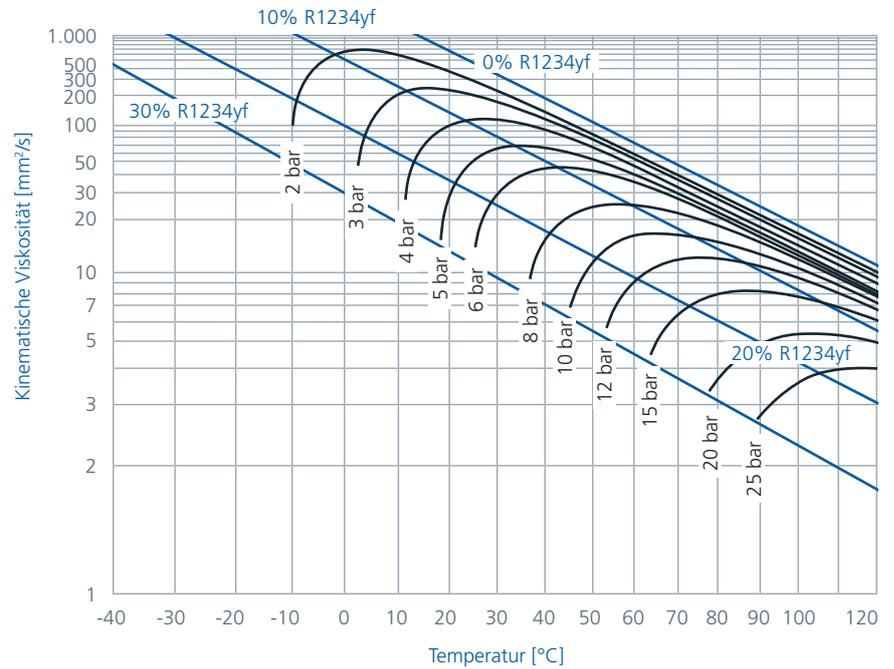


Synthetische Kältemaschinenöle

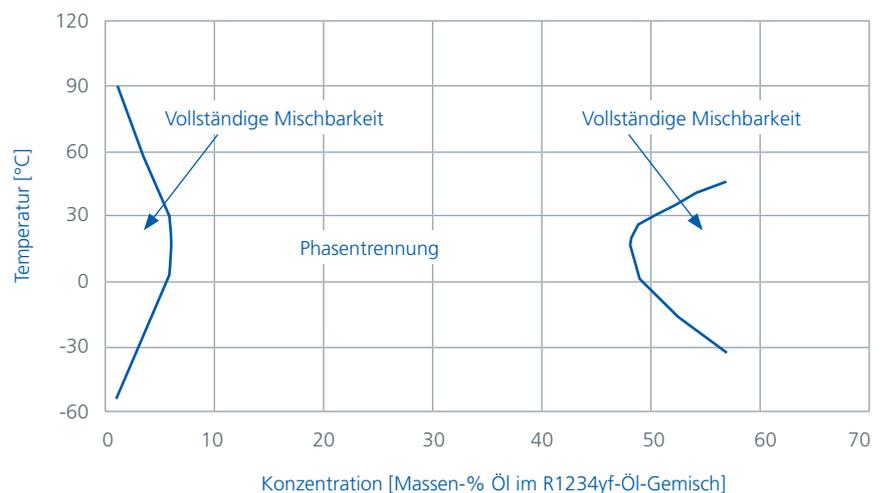
Schmierstoffe für HFO-Kältemittel

Kältemaschinenöle für HFO-Anwendungen:
RENISO TRITON SE/SEZ auf POE-Basis

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

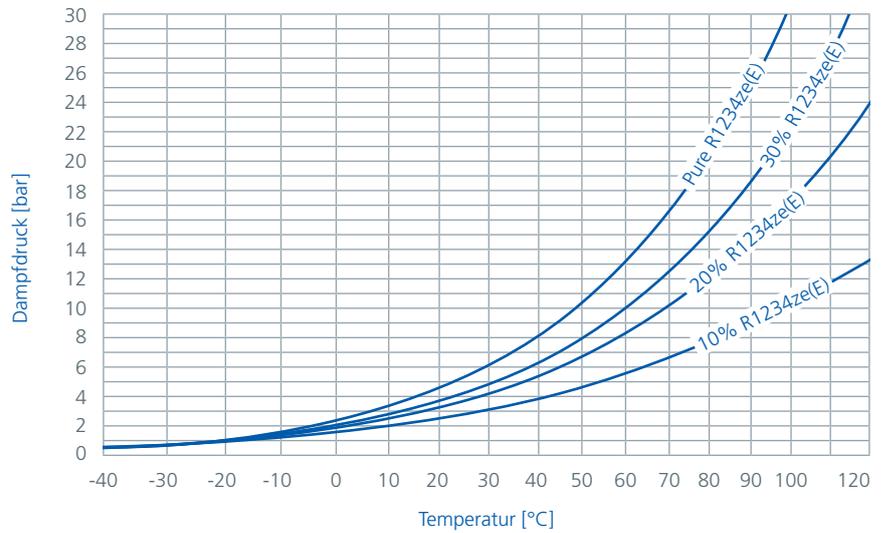
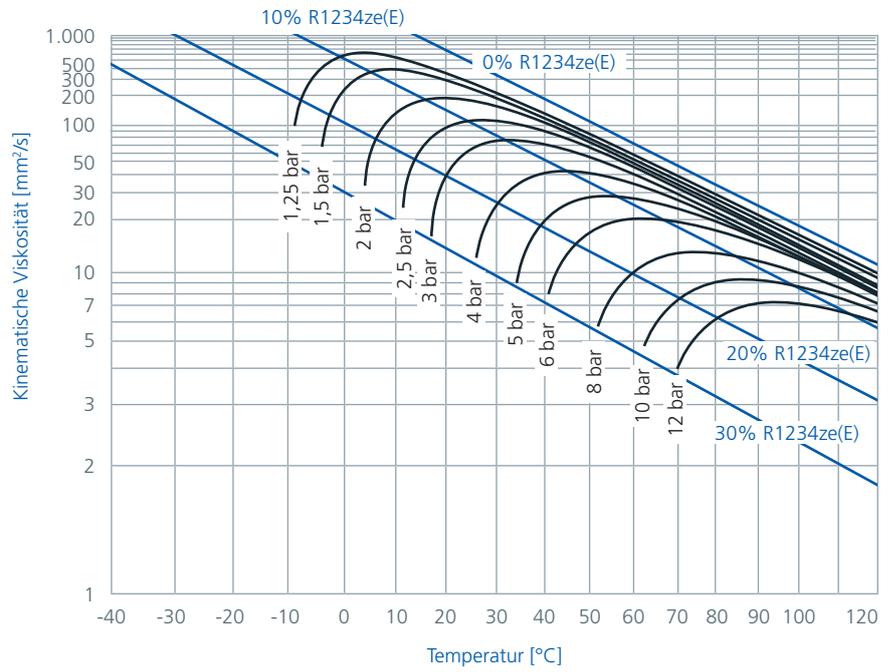


Beispiel:
 Mischbarkeit von RENISO TRITON SE 170 mit R1234yf (Mischungslücke)

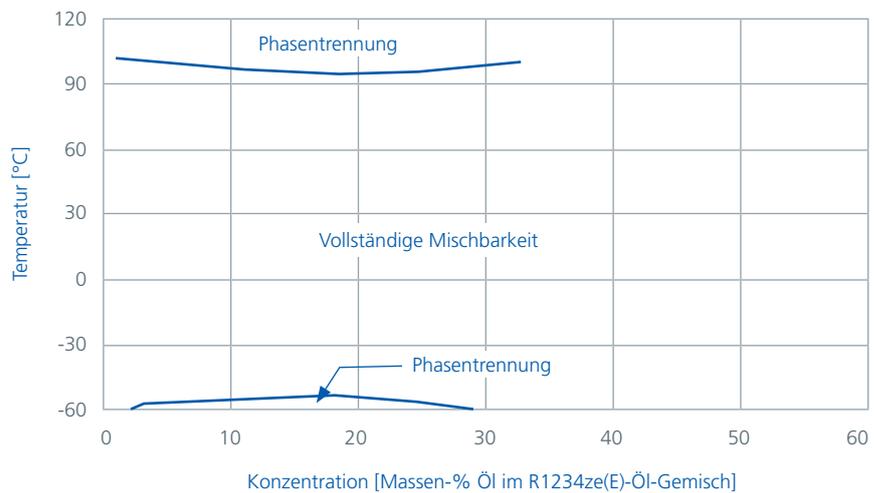


**Kältemaschinenöle für HFO-
Anwendungen:
RENISO TRITON SE/SEZ auf POE-Basis**

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



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



Synthetische Kältemaschinenöle



Schmierstoffe für Fahrzeugklimaanlagen mit R1234yf



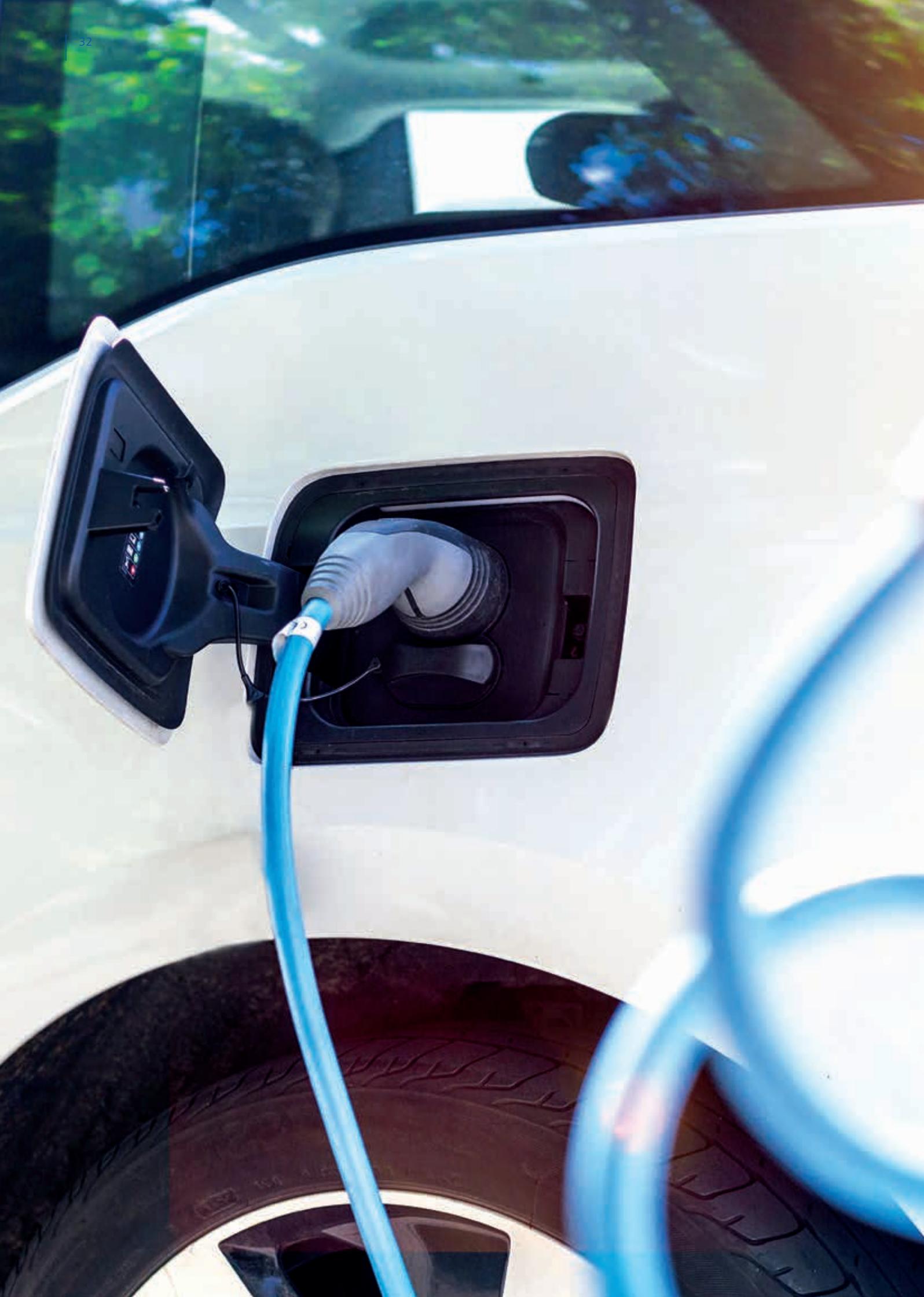
RENISO PAG 1234 – für R1234yf

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 N₂-Atmosphäre in dampfdichte Gebinde (z. B. 250 ml Metall Dosen) abgefüllt.





Synthetische Kältemaschinenöle

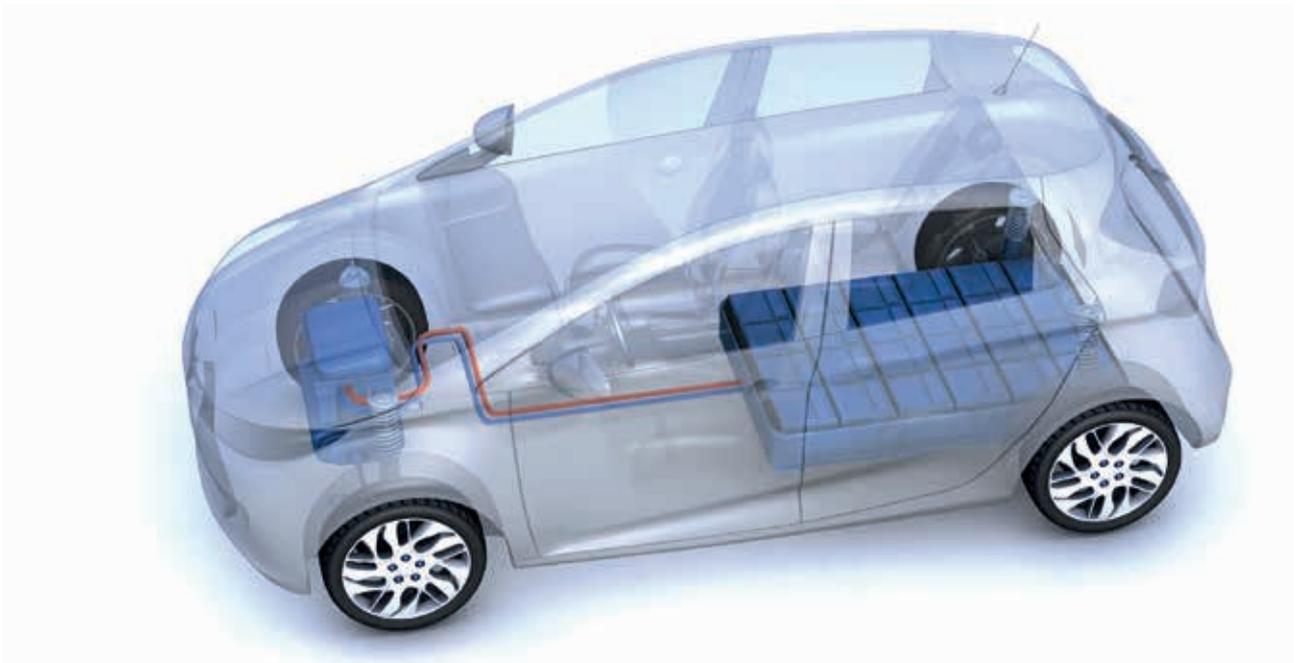
Herausforderung Elektromobilität

Die Entwicklung hin zu Fahrzeugen mit komplett (Elektro-Fahrzeuge) 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 des Fehlens der 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 Technik an.





Sealed Tube Test

Warnwerte für gebrauchte Kältemaschinenöle und Erläuterungen in Anlehnung an DIN 51503-2 (2015)

- * 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, Polyalphaolefine).
- KAB – Ammoniak-Kältemaschinenöle (mischbar: z. B. Polyalkylenglykole).
- KB – CO₂-Kältemaschinenöle (CO₂ mischbar: z. B. Polyolester, Polyalkylenglykole. CO₂ 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

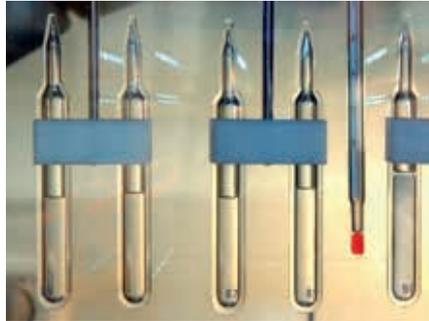
DIN 51777-1 (direkt):
für unadditivierte Kältemaschinenöle

DIN 51777-2 (indirekt):
für Kältemaschinenöle mit Additiven und für unadditivierte Kältemaschinenöle

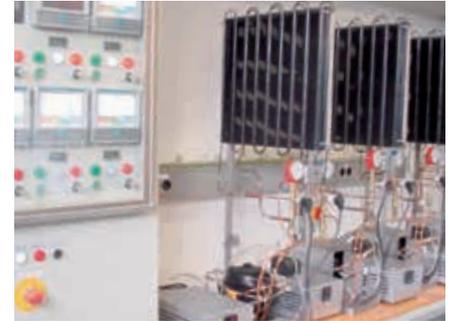
Das FUCHS Service-Programm



Hochdrucksichtzelle



Mischungsverhalten



Verdichter-Prüfstände

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 ₂ O/kg Öl]	Neutralisationszahl [mg KOH/g]
		DIN EN ISO 3104	DIN 51777-1 DIN 51777-2	DIN 51558-1
RENISO K Mineralöle	KAA KC KE	** ± 15% vom Frischölwert ± 15% vom Frischölwert	100 60 80	– 0,07 0,1
RENISO SYNTH 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/GL 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 Speziallösungen 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 N₂ (Inertgas)-Atmosphäre bei Herstellung und Abfüllung
– spezielle Gebinde
- **Service**
– Prüfung gebrauchter Kältemaschinenöle und Auswertung der Ergebnisse
– umfangreiche Beratung/Anwendungstechnik



RENISO Produkte in der Übersicht

Markenbezeichnung	Beschreibung	Dichte bei 15°C [kg/m³]	Flamm- punkt n. Clev. [°C]	Kin. Vis- kosität bei 40°C [mm²/s]	Kin. Vis- kosität bei 100°C [mm²/s]	VI (Visko- sitäts- index)	Pour- point [°C]	Hauptsächliches Anwendungsgebiet
RENISO WF – Kältemaschinenöle auf Mineralölbasis								
RENISO WF 5 A	Spezielle Kältemaschinenöle für das Kältemittel Isobutan (R600a) – hoch-auraffiniert, niedriger Flockpunkt mit R600a, enthält Additivsysteme zur Verbesserung des Verschleißschutzes und der Alterungsstabilität. DIN 51503 – KC, KE.	827	134	5,0	1,7	95	–45	RENISO WF-Kältemaschinenöle werden zur Schmierung hermetischer Kältschrank-Kompressoren 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.
RENISO WF 7 A		832	158	7,2	2,2	97	–42	
RENISO WF 10 A		835	172	9,6	2,6	97	–42	
RENISO WF 15 A		883	164	15	3,1	9	–51	
RENISO K – Kältemaschinenöle auf Mineralölbasis								
RENISO KM 32	Naphthenische Sonderraffinate hoher Alterungsbeständigkeit mit niedrigem Pourpoint, sehr günstigem Kälteverhalten und besonders guter Verträglichkeit mit folgenden Kältemitteln: Ammoniak (NH ₃), HFCKW (z. B. R22), Kohlenwasserstoffe (z. B. Propan R290, Propen R1270). DIN 51503 – KAA, KC, KE.	881	202	32	4,9	63	–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. Klimaanlageanwendungen, Wärmepumpen – insbesondere empfohlen auch für Turboverdichter.
RENISO KS 46		894	204	46	5,8	47	–42	
RENISO KC 68		894	223	68	7,4	58	–39	
RENISO KES 100		912	218	100	8,4	20	–33	
RENISO S/SP – Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Alkylbenzolölbasis								
RENISO SP 32	Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Basis chemisch und thermisch hochbelastbarer Alkylbenzole. RENISO SP 32, 46, 100 und 220 besitzen eine hochwirksame AW*-Verschleißschutzadditivierung (nicht für NH₃-Anwendungen geeignet). Exzellente Mischbarkeit mit HFCKW (R22), exzellente Stabilität mit HFCKW-Kältemitteln. DIN 51503 – KC, KE.	881	172	32	4,6	31	–39	Besonders gute Löslichkeit mit HFCKW-Kältemitteln wie R22. Geeignet für sehr tiefe Verdampfungs-Temperaturen bis –80°C. RENISO S/SP-Produkte werden auch für den Einsatz mit Übergangskältemitteln (R402A/B; R401A/B usw.) empfohlen. Aufgrund ihrer hervorragenden Stabilität sind RENISO S/SP-Produkte für die Schmierung hochbelasteter Kältemittelverdichter geeignet. RENISO SP 220 ist speziell für die Schmierung von Schraubenverdichtern entwickelt worden.
RENISO SP 46		875	199	46	5,6	26	–42	
RENISO SP 100		871	190	100	7,9	11	–24	
RENISO SP 220		872	192	220	13,2	13	–27	
RENISO S 3246	RENISO S 3246 und RENISO S 68 enthalten keine AW*-Verschleißschutzadditivierung und sind für den Einsatz mit HFCKW-Kältemitteln und NH ₃ -Anwendungen geeignet. DIN 51503 – KAA, KC, KE.	877	180	40	5,1	17	–39	RENISO S 3246 und RENISO S 68 – geeignet sowohl für R22- als auch für NH ₃ -Anwendungen
RENISO S 68		869	188	68	6,2	–30	–33	

* AW = Anti-Wear-Additive, zur Verhinderung von Verschleiß im Mischreibungsgebiet

Markenbezeichnung	Beschreibung	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 (Viskositätsindex)	Pourpoint [°C]	Hauptsächliches Anwendungsgebiet
RENISO TRITON SE/SEZ – Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Polyolesterbasis (POE)								
RENISO TRITON SEZ 22	Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Basis synthetischer Polyolester – speziell geeignet für HFKW-Kältemittel wie z. B. R134a, R404A, R507, R410A, R407C. Auch für Kohlenwasserstoffkältemittel empfohlen. Aufgrund der starken Neigung zur Wasseraufnahme (Hygroskopie) muss bei Polyolesterschmierstoffen der Kontakt zur Umgebungsluft (Luftfeuchtigkeit) absolut minimiert werden. DIN 51503 – KD, KE.	1.003	248	20	4,4	133	-57	Für alle Kältekreisläufe, in denen HFKW-Kältemittel, wie z. B. R134a, eingesetzt werden. RENISO TRITON SE-/SEZ-Kältemaschinenöle werden je nach Viskositätslage für hermetische, halbhermetische und offene Kolbenverdichter sowie für Schrauben- und Turboverdichter empfohlen. Es existieren außerdem zahlreiche Fälle 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.
RENISO TRITON SEZ 32		1.004	250	32	6,1	141	-57	
RENISO TRITON SE 55		1.009	286	55	8,8	137	-48	
RENISO TRITON SEZ 68		972	258	68	8,9	104	-39	
RENISO TRITON SEZ 80		992	251	80	10,6	118	-39	
RENISO TRITON SEZ 100		970	266	100	11,4	100	-30	
RENISO TRITON SE 170	NEU RENISO TRITON SE/SEZ ist für den Einsatz mit HFO- bzw. HFO/HFKW-Kältemitteln geeignet.	972	260	173	17,6	111	-27	
RENISO TRITON SE 220		976	294	220	19,0	98	-27	
RENISO TRITON SEZ 320 (Komplexester)	RENISO TRITON SEZ 320 wurde insbesondere für Anwendungen mit R22 entwickelt. DIN 51503 – KC, KD.	1.016	278	310	33,0	148	-42	RENISO TRITON SEZ 320 wird insb. zur Schmierung von R22-Schraubenverdichtern verwendet. Ebenso geeignet für HFKW.
RENISO TRITON SEZ 35 SC	Für HFKW/FKW- und HFO-Kältemittel. Speziell für Scroll-Verdichter entwickelt. DIN 51503 – KD.	1.015	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.
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 hochbelasteter NH ₃ -Verdichter entwickelt worden. Exzellente NH ₃ -Stabilität. Exzellentes Tieftemperaturfließverhalten, 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 (nicht mit CO ₂ mischbar).
RENISO UltraCool 68	Kältemaschinenöle auf Basis synthetischer Kohlenwasserstoffe. Insbesondere für NH ₃ -Anwendungen entwickelt. DIN 51503-KAA.	854	250	62	9,1	124	-48	RENISO UltraCool 68 und UltraCool 100 vereinen hohe thermische Stabilität (keine Verlackung, keine Verschlämmung) und niedrige Verdampfungsneigung (geringer Ölwurf/Ölverlust) mit guter Elastomerverträglichkeit (CR, HNBR, NBR).
RENISO UltraCool 100 NEU		857	239	108	14,4	136	-46	

RENISO Produkte in der Übersicht

Markenbezeichnung	Beschreibung	Dichte bei 15°C [kg/m³]	Flammpunkt n. Clew. [°C]	Kin. Viskosität bei 40°C [mm²/s]	Kin. Viskosität bei 100°C [mm²/s]	VI (Viskositätsindex)	Pourpoint [°C]	Hauptsächliches Anwendungsgebiet
RENISO GL 68 / RENISO PG 68 – Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Polyalkylenglykollbasis (PAG) für NH₃-Anwendungen								
RENISO GL 68	Vollsynthetisches Kältemaschinenöl auf Basis von Polyalkylenglykol (PAG), Mischungslücke 10 % Öl / 90 % NH ₃ : Phasentrennung bei -22 °C. NH ₃ -mischbares Kältemaschinenöl (Linde), auch für Kohlenwasserstoff-Kältemittel geeignet. DIN 51503 – KAB, KE.	1.010	270	68	10,5	140	-42	RENISO PG 68 und GL 68 sind hochgetrocknete synthetische Kältemaschinenöle auf PAG-Basis für NH ₃ -Anlagen, die nach dem Prinzip der Direktexpansion arbeiten. Sie unterscheiden sich in ihrer Löslichkeitsgrenze mit NH ₃ . Geeignet für Schrauben- und Kolbenverdichter. RENISO PG 68 und GL 68 werden ebenso für Kohlenwasserstoffkältemittel empfohlen.
RENISO PG 68	Vollsynthetisches Kältemaschinenöl auf Basis von Polyalkylenglykol (PAG), Mischungslücke 10 % Öl / 90 % NH ₃ : Phasentrennung bei -35 °C. NH ₃ -mischbares Kältemaschinenöl, auch für Kohlenwasserstoff-Kältemittel geeignet. DIN 51503 – KAB, KE.	1.044	250	70	14,0	210	-52	Achtung: - PAG-Öle sind nicht mit Mineralöl verträglich/mischbar. - PAG-Öle sind hygroskopisch (wasseranziehend). Kontakt mit Feuchte vermeiden. Bitte FUCHS Anwendungstechnik kontaktieren.
RENISO PAG – Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Polyalkylenglykollbasis (PAG)								
RENISO PAG 46	Synthetische Kältemaschinenöle auf Basis spezieller Polyalkylenglykole (PAG) für Kfz-Klimaanlagen mit R134a. Auch für Kohlenwasserstoff-Kältemittel geeignet. NH ₃ -mischbares Öl. DIN 51503 – KD, KE, KAB.	992	240	55	10,6	187	-45	Kältemaschinenöle auf Polyalkylenglykollbasis für R134a in PKW- und LKW-A/C-Anwendungen. RENISO PAG 100 ist speziell für Flügelzellenverdichter geeignet. RENISO PAG 46 und PAG 100 kann auch für Kohlenwasserstoffkältemittel und NH ₃ empfohlen werden.
RENISO PAG 100		996	240	120	21,0	202	-45	
RENISO PAG 1234 NEU	Synthetisches Kältemaschinenöl auf Basis doppelt-endschlossener Polyalkylenglykole (PAG). Für Kfz-Klimaanlagen mit R1234yf. Ebenso geeignet für R134a. DIN 51503-KD.	993	224	44	9,8	218	-45	RENISO PAG 1234 wurde neu entwickelt für die Auto-Klimaanlage mit R1234yf. Das Produkt ist gleichwohl auch für R134a geeignet und 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 Schmierseigenschaften und Verschleißschutz.

Markenbezeichnung	Beschreibung	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 (Viskositätsindex)	Pourpoint [°C]	Hauptsächliches Anwendungsgebiet
RENISO ACC 68 / RENISO ACC HV – Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Polyalkylenglykolbasis (PAG) für CO₂-Anwendungen								
RENISO ACC 68	Synthetisches Kältemaschinenöl auf Basis spezieller, double-endcapped PAG für CO ₂ -überkritische 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.
RENISO ACC HV NEU	Klimakompressorenöl 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 spezifisch für CO ₂ -Klimaanlagen in Fahrzeugen entwickelt. Das Klimakompressorenöl basiert auf einem ausgewählten chemisch und thermisch extrem stabilen double-endcapped PAG-Fluid mit leistungsfähiger Additivierung – insbesondere hinsichtlich des Verschleißschutzes.
RENISO C – Vollsynthetische Kältemaschinenöle auf Polyolesterbasis (POE) für CO₂-Anwendungen								
RENISO C 55 E	Synthetische Kältemaschinenöle 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.	1.009	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.
RENISO C 85 E		993	246	80	10,6	118	–42	
RENISO C 170 E		976	286	178	18,5	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.	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 Schmierseigenschaften. Ausgewählte Additive sorgen für zusätzliche Sicherheit im Hinblick auf die thermisch-oxidative Stabilität und den Verschleißschutz des Schmierstoffs unter Gasatmosphäre.
RENOLIN LPG 185	Achtung: RENOLIN LPG 100 & LPG 185 müssen vor der Verwendung als Kältemaschinenöl getrocknet werden.	1.012	280	185	29,1	197	–36	

Auswahltabelle: Kältemaschinenöle für Industrie- und Gewerbekälteanwendungen

Anwendungen mit HFCKW-Kältemitteln

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

Kältemittel		Verdampfungs- temperatur		Art des Verdichters							
ASHRAE Name	Typ	von (°C)	bis (°C)	Kolben (Viskositätsklasse)			Schraube (Viskositätsklasse)			Turbo (Viskositätsklasse)	
R290	Propan	-30	+20	68	68 P	80 P	*	* P		*	* P
R1270	Propylen	-30	+20	68	68 P	80 P	*	* P		*	* P
R600	Butan	-30	+20	68	68 P	80 P	*	* P		*	* P
R600a	Isobutan	-30	+20	68	68 P	80 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 P	68			
R744	CO ₂ - unterkritisch	-50	-10	55/80 P	68			170			
R744	CO ₂ - überkritisch	-50	-10	80 P	68						

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 PG/GL/PAG auf Polyalkylenglykolbasis (PAG)

RENISO C-Reihe auf Polyolesterbasis für CO₂-Anwendungen (POE-C)

RENISO ACC 68 auf Polyalkylenglykolbasis für CO₂-Anwendungen (PAG-C)

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
R507A	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*

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)

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

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



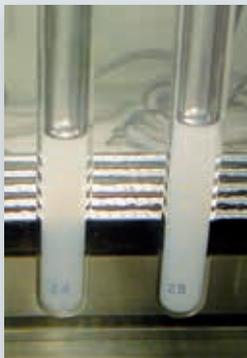
Standard-POE-
Kältemaschinenöl

Keine Ablagerung



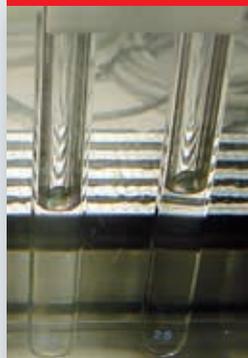
RENISO TRITON SEZ 80

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



Standard-POE-
Kältemaschinenöl

Gute Mischbarkeit



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 Kohlenwasserstoffe (z.B. R600a - hermetische Kompressoren)	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 NEU
Polyalphaolefine (PAO)	für NH ₃ , CO ₂ (nicht mischbar) und Kohlenwasserstoffe	RENISO SYNTH 68
Polyalkylenglykole (PAG)	für NH ₃ (mischbar mit NH ₃) und Kohlenwasserstoffe	RENISO PG 68 RENISO GL 68
Alkylbenzole (AB)	für R22 und Kohlenwasserstoffe	RENISO SP 32 RENISO SP 46 RENISO SP 100 RENISO SP 220
	für R22, Kohlenwasserstoffe und NH ₃	RENISO S 3246 RENISO S 68
Polyolester (POE)	für HFKW/FKW, z.B. R134a, R404A, R507 NEU: 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 NEU
	für CO ₂ A/C-Systeme	RENISO ACC HV NEU



Hinweis

Die Angaben in dieser Broschüre beruhen auf den allgemeinen Erfahrungen und Kenntnissen der FUCHS SCHMIERSTOFFE 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 Luft-/Raumfahrzeugen bzw. Teilen davon verwendet werden. Dies gilt nicht, soweit die Produkte vor dem Einbau von Bauteilen in ein Luft-/Raumfahrzeug wieder 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 SCHMIERSTOFFE 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 SCHMIERSTOFFE GMBH.

Kompetente Beratung

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

Ihr Ansprechpartner:



FUCHS SCHMIERSTOFFE GMBH
Friesenheimer Straße 19
68169 Mannheim
Telefon: 0621 3701-0
Telefax: 0621 3701-570
E-Mail: zentrale@fuchs-schmierstoffe.de
www.fuchs.com/de