

ICS 43.040.60

**Straßenfahrzeuge –
R744-Klimaanlagen –
Kondensator/Gaskühler;
Text Deutsch und Englisch**

Road vehicles –
R744-Air-conditioning systems –
Condenser/gas cooler;
Text in German and English

Zur Erstellung einer DIN SPEC können verschiedene Verfahrensweisen herangezogen werden:
Das vorliegende Dokument wurde nach den Verfahrensregeln einer Vornorm erstellt.

Gesamtumfang 51 Seiten

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Abkürzungen	7
5 Allgemeine Anforderungen an das Bauteil	7
5.1 Lebensdauer.....	7
5.2 Lagerfähigkeit	7
6 Funktionsbeschreibung	7
7 Technische Anforderungen	8
7.1 Konstruktive Gestaltung	8
7.1.1 Allgemeines	8
7.1.2 Konstruktive Anforderungen	8
7.1.3 Lötverbindungen.....	8
7.2 Herstellung und technische Daten.....	8
7.2.1 Allgemeine Entwicklungsvorgaben	8
7.2.2 Technische Sauberkeit.....	9
8 Betriebsbedingungen	9
8.1 Umgebungsbedingungen	9
8.2 Temperaturen	10
8.3 Drücke	10
8.4 Beständigkeit	10
8.5 Betriebsstoffe.....	10
9 Prüfungen	10
9.1 Allgemeines	10
9.2 Gaskühler-Leistung, Druckabfall, Volumendurchfluss, Austauschgrad	11
9.3 Flüssigkeitsgekühlter Gaskühler	12
9.4 Betriebsmittel LCG	13
9.5 Ölrückhalt im Gaskühler:	13
9.6 Gasdichtheitsprüfung	14
9.7 Statische Festigkeit	14
9.7.1 Unterdruckfestigkeit	14
9.7.2 Berstdruckfestigkeit	15
9.8 Druckwechselfestigkeit	15
9.8.1 Allgemeines	15
9.8.2 Einflussuntersuchung Kriechermüdung	15
9.8.3 Druckwechselfestigkeit.....	16
9.9 Dichtheitsprüfung, Kühlmittelseite	17
9.10 Temperaturwechselfestigkeit	17
9.11 Rüttelfestigkeit	18
9.12 Resonanzprüfung	18
9.13 Korrosionsbeständigkeit / Oberflächenschutz.....	18
9.14 Steinschlagfestigkeit, Splitbewurf	20
9.15 Thermoschock mit Schwallwasser	20
9.16 Wasserstrahlprüfung.....	21

9.17	Errosionsprüfung LCG.....	21
9.18	Drückprüfung Kühlmittelseite.....	22
9.19	Innendruckwechselprüfung (Kühlmittelseitig)	22
9.20	Innere Korrosion (Kühlmittelseitig)	22
9.21	Thermoschocktest LCG (Kühlmittelseitig)	23
9.22	Kettenprüfung.....	23
10	Serienprüfung	24
10.1	Allgemeines	24
10.2	Gasdichtheit	24
	Literaturhinweise	25

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitskreis NA 052-00-35-51 AK im DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NA Automobil) erstellt.

Dieses Dokument gehört zu einer Gruppe von miteinander zusammenhängenden Spezifikationen mit dem Titel „Straßenfahrzeuge — R744-Klimaanlagen“.

Eine DIN SPEC nach dem Vornorm-Verfahren ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens vom DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird.

Erfahrungen mit dieser DIN SPEC sind erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an fritzsche@vda.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <http://www.din.de/stellungnahme> abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Automobiltechnik (NA Automobil), Behrenstr. 35, 10117 Berlin

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Einleitung

Die Spezifikationsreihe „Straßenfahrzeuge — R744-Klimaanlagen“ dient der Standardisierung von Komponenten des R744-Kältekreislaufs für PKW bzw. der Standardisierung der Anforderungen an diese Komponenten. Ebenso sind Anforderungen für die Prozesse zur Entwicklung und Qualifikation beschrieben. So können die Komponenten in gleicher oder ähnlicher Ausführung in allen R744-Fahrzeugklimaanlagen eingesetzt werden.

1 Anwendungsbereich

Diese DIN SPEC gilt für R744-Klimaanlagen und legt die Funktionen und Anforderungen aus Sicht der Fahrzeughersteller für die Güte, Festigkeit und Lebensdauer und entsprechende Prüfungen für Gaskühler fest, die in Kältekreisläufen mit dem Kältemittel R744 betrieben werden.

Alle Drücke sind stets absolute Drücke.

ANMERKUNG Diese DIN SPEC erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit und ersetzt nicht die Entwicklungsverantwortung der Komponentenhersteller.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN SPEC 74102, *Straßenfahrzeuge — R744 Klimaanlagen — Verbindungstechnik*

DIN SPEC 74105, *Straßenfahrzeuge — R744 Klimaanlagen — Funktionsbeschreibung für das Kältemittel*

DIN EN ISO 9227, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen*

DIN EN ISO 18279, *Hartlöten — Unregelmäßigkeiten in hartgelöteten Verbindungen*

DIN ISO 7120, *Mineralölerzeugnisse und Schmierstoffe — Mineralöle und andere Flüssigkeiten — Bestimmung der Korrosionsschutzeigenschaften in Gegenwart von Wasser*

DIN EN ISO 11124-2, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Anforderungen an metallische Strahlmittel — Teil 2: Hartguss, kantig (Grit)*

ISO 554, *Standard atmospheres for conditioning and/or testing — Specifications*

ASTM G 85:2011, *Standard Practice for Modified Salt Spray (Fog) Testing*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Berstdruck

innerer Druck in einem Bauteil, bei dem die Struktur beschädigt wird und eine Kältemittel-Leckage eintritt

3.2

Idle

Fahrzeugbetrieb im Stand bei Leerlaufdrehzahl

3.3

high load

Prüfbedingungen bei hoher Last im Klimasystem

3.4

low load

Prüfbedingungen bei niedriger Last im Klimasystem

4 Abkürzungen

BoL	Beginn der Lebensdauer (en: Begin of Life)
EoL	Ende der Lebensdauer (en: End of Life)
HD	Hochdruck
HT	Hochtemperatur
IDW	Innendruckwechsel
KOH	Säuregehalt
LCG	Liquid cooled gascooler
LW	Lastwechsel
ND	Niederdruck
PAG	Polyalkylenglykol (Kältemaschinenöl)
RT	Raumtemperatur
SWAAT	Salzwasser-Korrosionsprüfung (en: Sea Water Acidified Test)
TT	Tieftemperatur
VBT	Verbindungstechnik

5 Allgemeine Anforderungen an das Bauteil

5.1 Lebensdauer

Die Funktion des Bauteiles ist für eine mittlere Fahrzeuglebensdauer von mindestens 15 Jahren oder 300 000 km oder 8 000 Betriebsstunden bzw. für Wärmepumpenanwendungen von 13 000 h je nachdem, welches die kürzere Dauer ist, zu gewährleisten.

5.2 Lagerfähigkeit

Die in dieser Funktionsbeschreibung des Gaskühlers geforderten Eigenschaften sind bis 10 Jahre nach der Fertigung noch sicherzustellen.

6 Funktionsbeschreibung

Der Kondensator/Gaskühler ist im Kühlmodul des Fahrzeuges integriert. Die Einbindung des Bauteiles in das Klimasystem erfolgt über die Kältemittelleitungen.

Der Kondensator/Gaskühler muss die anfallende Prozesswärme in sämtlichen Betriebszuständen an die Umgebung abführen und das Kältemittel nahezu auf Umgebungstemperatur abkühlen.

In Abhängigkeit des Betriebszustandes wird der Wärmetauscher im unterkritischen Betrieb als Kondensator, im überkritischen Betrieb als Gaskühler betrieben. Die kältemittelseitige Durchströmung ist in Abhängigkeit der äußeren Randbedingungen (Temperatur- und Geschwindigkeitsverteilung der Luft) so zu wählen, dass eine optimale Leistung der Komponente erreicht wird.

ANMERKUNG Fahrzeughersteller geben in der Regel in Lastenheften zusätzliche, ergänzende Hinweise zur Funktion.

7 Technische Anforderungen

7.1 Konstruktive Gestaltung

7.1.1 Allgemeines

Es ist sicherzustellen, dass das mit dem Kältemittel umlaufende Kältemaschinenöl sich nicht im Gaskühler ablagert, sondern ein kontinuierlicher Öltransport gewährleistet ist. Der Nachweis erfolgt über den Versuch nach 9.5.

Der Anteil an Kältemaschinenöl, der maximal eingelagert werden darf, darf 30 g nicht überschreiten. Es sind dabei die freigegebenen Ölsorten zu verwenden.

7.1.2 Konstruktive Anforderungen

Die Einbindung in das Klimasystem erfolgt über die Kältemittelleitungen. Die Anordnung der Anschlüsse an der Komponente und im Fahrzeug muss eine zuverlässige und prozesssichere Montage bzw. Demontage sicherstellen. Die Anschlüsse sind thermisch zu trennen und eine Verwechslungssicherheit ist sicherzustellen. Für die technische und geometrische Ausführung der Leitungsanschlüsse sind die hierfür vom Fahrzeughersteller bereitgestellten Detailzeichnungen zu beachten.

Der Kondensator/Gaskühler oder das gesamte Kühlmodul muss akustisch entkoppelt werden, so dass keinerlei Pulsationen des Verdichters, Motorvibrationen oder sonstige Geräusche, auf die Karosserie übertragen werden.

Durch eine geeignete Werkstoffpaarung ist Korrosion durch Kontakt zu verhindern.

7.1.3 Lötverbindungen

Lötverbindungen sind nach DIN EN ISO 18279 auszuführen. Die Lötspaltfläche beträgt mindestens 60 %, bei einem Füllgrad ohne durchgehenden Porenzeilen oder Schlauchporen. Das Lötverfahren muss einen nachträglichen Einfluss korrosiver Medien (z. B. Flussmittel) ausschließen.

7.2 Herstellung und technische Daten

7.2.1 Allgemeine Entwicklungsvorgaben

Die in Tabelle 1 aufgeführten Entwicklungsvorgaben müssen eingehalten werden.

Tabelle 1 — Entwicklungsvorgaben luftgekühlter Gaskühler

Werkstoff	Aluminiumlegierung, in Abstimmung mit dem Fahrzeughersteller nach Festigkeits- und Temperaturbereich
Oberfläche	ohne Lackierung: (siehe Zeichnung) Oberfläche entsprechend dem technischen Stand des verwendeten Lötverfahrens. Oberflächenbeschichtungen müssen frei von Chrom VI sein. mit Lackierung: (siehe Zeichnung) vorhandene Gewinde frei von Lackierung.
Blocktiefe	maximal 16 mm (oder in Abhängigkeit der Anforderungen und der Anwendung durch den Fahrzeughersteller)
Innenvolumen	Das zulässige Innenvolumen des Gaskühlers – ohne anwendungsspezifische Rohranschlüsse – beträgt maximal 4,3 ml je dm ² Netzfläche (davon maximal 0,16 ml je mm Blockhöhe)
Bauprinzip	Anwendungsspezifisch (z. B. parallelfluss, kreuzgegenstrom)
Anschlussgeometrie	Ausführung muss nach DIN SPEC 74102 erfolgen
Anschlusslage	Anwendungsspezifisch
Querschnittsverengungen (Zulötungen)	Der Lötprozess darf keine Verengung oder Einschnürung der kältemittelführenden Bauteile verursachen.

7.2.2 Technische Sauberkeit

Die technische Sauberkeit der inneren Oberflächen ist nach VDA Band 19 zu bestimmen.

Das Bauteil muss so gestaltet und ausgeführt sein, dass keine Rückstände, Ablagerungen, Späne, Fette oder Öle (ausgenommen Kältemaschinenöl) enthalten sind.

Unlösliche, ablösbare und/oder schwemmable Verunreinigungen dürfen eine maximale Masse von 0,3 mg nicht überschreiten, wobei die Härte < 400 HV und die Größe der Partikel < 200 µm sein muss. Staub- und Textilfussel bis zu einer Größe von maximal 50 µm × 1000 µm sind zulässig. An Dichtflächen sind oben genannte Partikel nicht zulässig.

Die Bestimmung der löslichen und unlöslichen Verunreinigungen muss in Absprache zwischen Fahrzeughersteller und Lieferant erfolgen.

8 Betriebsbedingungen

8.1 Umgebungsbedingungen

Der vorgesehene Einbaubereich des Gaskühlers zur Definition der Umgebungsbedingungen liegt im Kühlmodul bzw. beim LCG im Motorraum.

Der Gaskühler wird in Kraftfahrzeugklimaanlagen eingesetzt, die mit dem Kältemittel R744 betrieben werden. Die mit Kältemittel in Verbindung kommenden Materialien müssen R744 langzeittauglich sein.

Alle Bauteile müssen über die gesamte Lebensdauer gegen alle äußeren Einflüsse beständig sein.

8.2 Temperaturen

Tabelle 2 — Betriebstemperaturen

	ohne Betrieb (Klimaanlage aus)	bei Betrieb (Klimaanlage an)
Umgebungstemperatur (Luft)	(–40 bis 120) °C	(–5 bis 120) °C
Betriebstemperatur Kältemittel	n.a.	(–5 bis 165) °C
Betriebstemperatur Kühlmittel (50% Frostschutz / 50% Wasser)	(–40 bis 120) °C	(–5 bis 85) °C

8.3 Drücke

Tabelle 3 — Anlagedrücke

	HD-Seite
maximaler Druck, MPa (max. Öffnungsdruck Druckentlastungseinrichtung)	17
maximaler zulässiger Druck, MPa	16
maximaler Betriebsdruck / Ruhedruck, MPa	14
minimaler Betriebsdruck, MPa	3

Basierend auf den maximalen Öffnungsdruck der hochdruckseitigen Druckentlastungseinheit von maximal 17 MPa (siehe auch SAE J639) ergeben sich folgende Berstdrücke:

- Berstdruck (> 1 min) zu Beginn der Lebensdauer (BoL) mindestens Faktor 2 (34 MPa);
- Berstdruck (> 1 min) nach Ende der Lebensdauer (EoL) mindestens Faktor 1,5 (25,5 MPa) bei 165 °C.

Die Prüfung zur Berstdruckfestigkeit muss nach 9.7.2 (siehe auch SAE J639) erfolgen.

8.4 Beständigkeit

Die Bauteile müssen allen, im Fahrbetrieb (Klimaanlage an/aus) und im Stillstand (Klimaanlage aus) auftretenden klimatischen, chemischen, thermischen und mechanischen Einflüssen, standhalten. Vom Fahrzeughersteller vorgegebene Umgebungsbedingungen müssen nachweisbar eingehalten werden.

8.5 Betriebsstoffe

Die Komponente ist für den Einsatz im Kältekreislauf mit R744 nach DIN SPEC 74105 vorgesehen.

Im Kältekreislauf kommt Kältemaschinenöl des Typs PAG zum Einsatz. Der Säuregehalt nach DIN ISO 7120 darf im Betrieb maximal 1,5 mg KOH/g Öl betragen.

9 Prüfungen

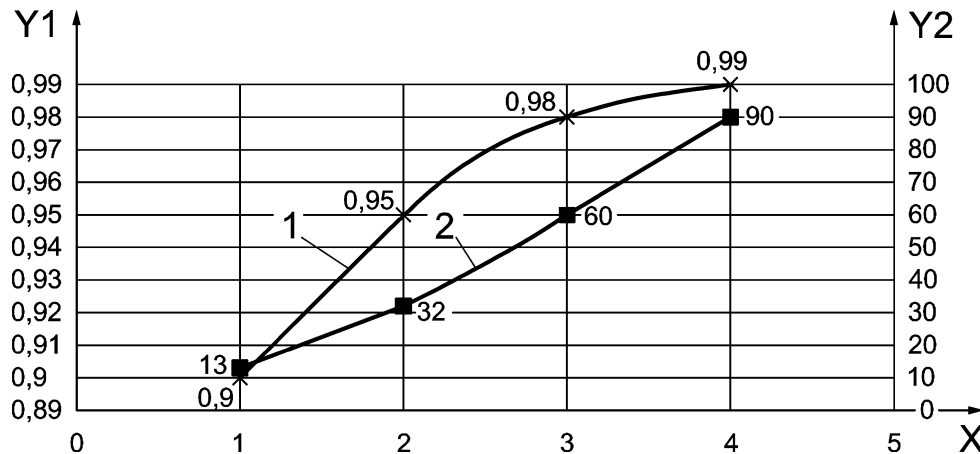
9.1 Allgemeines

Die Prüfungen erfolgen, falls nichts anderes angegeben, bei RT (23 ± 2) °C nach ISO 554. Leistungsmessungen sind mit freigegebenem Kältemittel R744 und einem Ölumlaufl von 0 % durchzuführen bzw. der Einfluss des Kältemaschinenöls ist heraus zu rechnen. Es müssen mindestens jeweils 4 Bauteile geprüft werden.

9.2 Gaskühler-Leistung, Druckabfall, Volumendurchfluss, Austauschgrad

Die Anforderungen spezifizieren die Technologie der Gaskühler und beziehen sich auf einen Referenz-Gaskühler mit 25 dm² Stirnfläche (Netzfläche, B × H, etwa 610 mm × 410 mm). Eine von der Anwendung abhängige Anpassung der absoluten Anforderungswerte ist zulässig.

Der erforderliche Austauschgrad des Kältemittels und der zulässige Druckabfall der strömenden Luft müssen bei einer Gaskühlerstirnfläche von etwa 25 dm² bei einer Blocktiefe von maximal 16 mm Bild 1 entsprechen.



Legende

Y1 Austauschgrad

Y2 luftseitiger Druckabfall in Pa

X Luftgeschwindigkeit in m/s²

Bild 1 — Austauschgrad und Druckabfall

Der Austauschgrad ist wie folgt definiert:

$$\varepsilon = \frac{t_{RGI} - t_{RGO}}{t_{RGI} - t_{AGI}}$$

Dabei ist

t_{RGI} die Kältemitteltemperatur, Eintritt;

t_{RGO} die Kältemitteltemperatur, Austritt;

t_{AGI} die Lufttemperatur, Eintritt (Mittelwert).

Der max. innere Druckabfall ist: 0,14 MPa bei 2,0 m/s Luftgeschwindigkeit.

Für die Versuchsdurchführung sind die unten angegebenen Messpunkte „High load“ und „Low load“ zu verwenden.

Prüfbedingungen „High load“ 45 °C:

— Lufteintrittstemperatur vor Gaskühler	t_{T_Luft} = 45 °C;
— Lufteintrittsdichte (bei 1 013 hPa; 35 % rel. Feuchte)	ρ_{Luft} = 1,095 kg/m ³ ;
— Kältemittel-Druck, Eintritt	PRGI = 12,5 MPa;

— Kältemitteltemperatur, Eintritt	TRGI	=	150 °C;
— Kältemittel-Massenstrom (einschließlich Öl)	MR	=	55 g/s;
— Ölumlaufl	XOil	=	< 3 m %

Prüfbedingungen „Low load“ 20 °C:

— Lufteintrittstemperatur vor Gaskühler	tT_Luft	=	20 °C;
— Lufteintrittsdichte (bei 1 013 hPa; 40% r.F.)	ρ_Luft	=	1,199 kg/m ³ ;
— Kältemittel-Druck, Eintritt	PRGI	=	7 MPa;
— Kältemitteltemperatur, Eintritt	TRGI	=	70 °C;
— Kältemittel-Massenstrom (einschließlich Öl)	MR	=	25 g/s;
— Ölumlaufl	XOil	=	< 3 m %

9.3 Flüssigkeitsgekühlter Gaskühler

Bei der Verwendung eines flüssigkeitsgekühlten Gaskühlers gelten folgende Randbedingungen.

Prüfbedingungen „High load“ 45 °C:

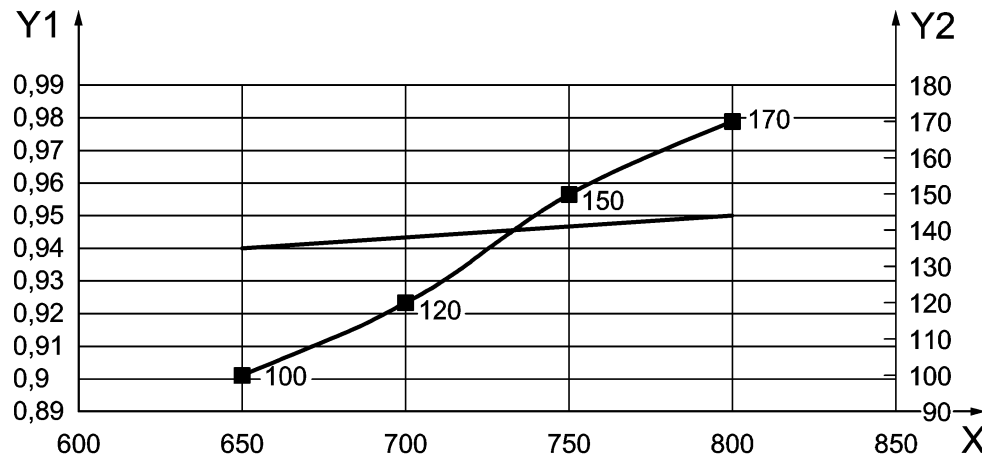
— Kühlmittel-Eintrittstemperatur, LCG	T _{Kühlmittel}	=	50 °C;
— Kühlmittelmassenstrom (50 % Wasser/50 % Glykol)	MK	=	750 kg/h;
— Kältemitteldruck, Eintritt	PRGI	=	12,5 MPa;
— Kältemitteltemperatur, Eintritt	TRGI	=	150 °C;
— Kältemittel-Massenstrom (einschließlich Öl)	MR	=	55 g/s;
— Ölumlaufl	XOil	=	< 3 m %

Prüfbedingungen „Low load“ 20 °C:

— Kühlmittel-Eintrittstemperatur, LCG	T _{Kühlmittel}	=	20 °C;
— Kühlmittel-Massenstrom (50 % Wasser/50 % Glykol)	MK	=	750 kg/h;
— Kältemitteldruck, Eintritt	PRGI	=	7 MPa;
— Kältemitteltemperatur, Eintritt	TRGI	=	70 °C;
— Kältemittel-Massenstrom (einschließlich Öl)	MR	=	25 g/s;
— Ölumlaufl	XOil	=	< 3 m %

Maße:

- Höhe 200 mm,
- Breite 70 mm,
- Tiefe 70 mm,
- maximaler innerer Druckabfall < 0,14 MPa (unter „High load“ 45-°C-Bedingungen).



Legende

Y1 Austauschgrad

Y2 Druckabfall, in Pa

X Kühlmittelmassenstrom, in kg/h

Bild 2 — Austauschgrad und Druckabfall im Hochlastbetrieb

$$\varepsilon = \frac{t_{\text{RGI}} - t_{\text{RGO}}}{t_{\text{RGI}} - t_{\text{CI}}}$$

Dabei ist

t_{RGI} die Kältemitteltemperatur, Eintritt;

t_{RGO} die Kältemitteltemperatur, Austritt;

t_{CI} die Kühlmitteltemperatur, Eintritt;

9.4 Betriebsmittel LCG

Bei der Auswahl des Kühlmittels (Frostschutzes) sind Anforderungen zu Recyclingfähigkeit, Wärmeübertragungsverhalten, Korrosionsschutz, Gefrierschutz, Qualität, Lebensdauer, Siedepunkt, usw. zu berücksichtigen. Es sind nur durch den Fahrzeughersteller freigegebene Frostschutzmittel zur Auslegung der Komponenten und bei Versuchsdurchführungen zu verwenden.

Das Mischungsverhältnis muss 50 % (Volumenanteil) Wasser zu 50 % (Volumenanteil) Frostschutz betragen. Die Betriebsfähigkeit der Bauteile ist auch für abweichende Mischungsverhältnisse von 40:60 bis 60:40 sicherzustellen.

9.5 Ölrückhalt im Gaskühler

Der Gaskühler darf unter der niedrigsten möglichen Last des Kältesystems nicht mehr als 30 g Kältemaschinenöl zurückhalten.

Prüfbedingungen Ölrückhalt:

— Lufteintrittstemperatur vor Gaskühler	$t_{\text{T_Luft}}$ = 25 °C
— Lufteintrittsdichte (bei 1 013 hPa)	ρ_{Luft} = 1,095 kg/m ³
— Kältemitteldruck, Eintritt	PRGI = 7 MPa

— Kältemitteltemperatur, Eintritt	TRGI	=	70 °C
— Kältemittel-Massenstrom	MR	=	5 g/s
— Ölumlauftrate	XOil	=	5 m % +/- 2 %
— Prüfdauer		=	1,5 h

Prüfbedingungen Ölrückhalt LCG

— Kühlmittelintrittstemperatur vor LCG	T _{Kühlmittel}	=	20 °C
— Kühlmittel-Massenstrom (50 % Wasser/50 % Glykol)	MK	=	750 kg/h
— Kältemitteldruck, Eintritt	PRGI	=	7 MPa
— Kältemitteltemperatur, Eintritt	TRGI	=	70 °C
— Kältemittel-Massenstrom	MR	=	5 g/s
— Ölumlauftrate	XOil	=	5 m % +/- 2 %
— Prüfdauer		=	1,5 h

9.6 Gasdichtheitsprüfung

Der Gaskühler gehört zu jenen Komponenten, die als technisch dicht gelten, d.h., Undichtheiten sind nicht nachweisbar. Die Gasdichtheit wird daher nicht über ein Lastkollektiv geprüft. Die Nachweisgrenze wird durch eine Prüfeinrichtung nach dem Stand der Technik bei vertretbarem Aufwand definiert. Als Orientierungswert für nicht nachweisbare Undichtigkeiten gelten 0,1 g/a R744 bei einem mittleren Druck von 6,5 MPa.

Bei der Durchführung der Gasdichtheitsprüfung ist die Serienverbindungstechnik außerhalb der Prüfkammer anzuordnen. Optional ist Messung einschließlich der Verbindungstechnik möglich, dann gelten folgende Grenzwerte:

- 0,1 g/a zuzüglich Verbindungsstellenleckage nach deren Einzelmessungen;
- ersatzweise 1 g/a für den Gaskühler einschließlich der beiden Verbindungsstellen.

Die Entwicklungsprüfung dient dem Nachweis der technischen Dichtheit. Der Prüfdruck beträgt 18,7 MPa ($1,1 \times 17$ MPa) bei Raumtemperatur mit Luft/He/R744. Die Prüfzeit für einen sicheren Nachweis der maximal zulässigen Leckage von 0,1 g/a beträgt 1 h.

Die Serienprüfung der Gasdichtheit ist in 10.2 beschrieben.

9.7 Statische Festigkeit

9.7.1 Unterdruckfestigkeit

Die Überprüfung der Unterdruckfestigkeit erfolgt vor der Berstdruckprüfung nach 9.7.2.

Der Kondensator/Gaskühler ist mit einem Druck von 0,5 kPa zu beaufschlagen und über jeweils 5 min konstant zu halten. Anschließend ist die Pumpe abzuschalten.

Der zulässige Druckanstieg innerhalb von 30 min beträgt maximal 0,5 kPa.

Anzahl der Prüfzyklen: 3.

Danach ist die Gasdichtheit nach 9.6 zu prüfen.

9.7.2 Berstdruckfestigkeit

Der Berstdruck ist der innere Druck in einem Bauteil, der zur optischen Verformung und zum Reißen oder Fließen des Werkstoffs, zum strukturellen Versagen der Komponente und zur Leckage führt (siehe SAE J639).

Vor der Prüfung der Berstdruckfestigkeit ist die Unterdruckfestigkeit nach 9.7.1 zu prüfen.

Der Kondensator/Gaskühler wird mit einem temperierten Prüfmedium (z. B. Öl) ohne Luft einschüsse gefüllt und das Bauteil damit aufgeheizt (10 min). Die Temperatur des Prüfmediums und Bauteils beträgt bei Beginn der Prüfung $(165 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Der Druckaufbau erfolgt zunächst mit maximal 1,0 MPa/s bis zur Erreichung von 50 % des Berstdrucksollwerts und anschließend 0,1 MPa/s bis zum Berstdrucksollwert. Der Kondensator/Gaskühler muss dem Druck über einen Zeitraum von 1 min ohne Austreten des Prüfmediums standhalten. Anschließend wird der Druck mit 0,1 MPa/s bis zum Bersten erhöht.

Die Anforderungen nach 8.3 müssen erfüllt werden und die erreichten Werte sind zu dokumentieren. Bei Versagen des Gaskühlers dürfen sich keine Teile lösen.

9.8 Druckwechselbelastbarkeit

9.8.1 Allgemeines

Das Prüfverfahren (9.8.2. und 9.8.3) bildet die zu unterstellende Kriech- und Ermüdungsbeanspruchung des Gaskühlers in Folge Druck und hoher Temperatur im Betrieb ab. Bei diesen Prüfungen dürfen bis zum maximalen Betriebsdruck keine Funktionsbeeinträchtigung und keine plastische Verformung auftreten.

In dem Prinzipnachweis nach 9.8.2 wird die Signifikanz des Werkstoffkonzeptes hinsichtlich Kriechermüdung ermittelt. In Abhängigkeit des dort erzielten Ergebnisses ist:

- Bei Nachweis keiner Beeinträchtigung der Druckwechselbelastbarkeit durch Kriechermüdung nach 9.8.3 ohne Haltezeit (Sinus ≤ 1 Hz) bei gleichen Werkstoffsystemen zu prüfen; oder
- Bei Nachweis einer Kriechermüdung zukünftig nach 9.8.3 mit Haltezeit (300 s) zu prüfen

Unter einem Werkstoffkonzept versteht man in diesem Zusammenhang Bauteile mit identischen Materialeigenschaften, Halbzeugen und Herstellungsprozess.

Prüfmedium: Hydrauliköl oder Kältemaschinenöl

9.8.2 Einflussuntersuchung Kriechermüdung

Die Einflussuntersuchung der Kriechermüdung ist mit je 10 baugleichen Komponenten folgendes Prüfverfahren durchzuführen:

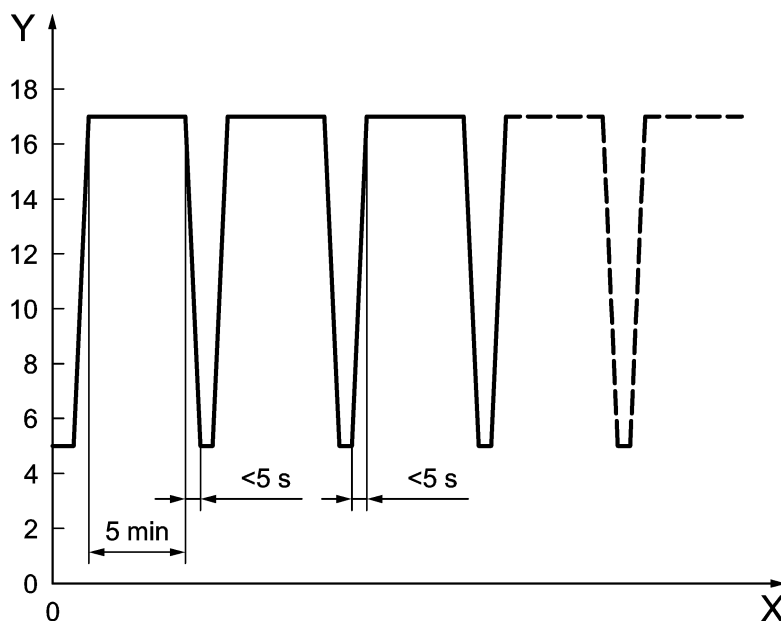
- Prüfung von 10 Komponenten entsprechend Tabelle 5 mit 50 000 Lastwechseln mit Haltezeit und anschließender Prüfung bis zum Ausfall ohne Haltezeit (Sinus ≤ 1 Hz)
- Prüfung von 10 Komponenten ohne Haltezeiten entsprechend Tabelle 5 bis zum Ausfall

Im Anschluss sind die Mittelwerte der erreichten Druckwechsel je Gruppe zu ermitteln. Ist der Mittelwert der erreichten Lastwechselzahlen mit Haltezeit maximal 10 % geringer als der Mittelwert der Referenzgruppe ohne Haltezeit ist die Druckwechselbelastbarkeitsprüfung nach 9.8.3 ohne Haltezeit durchzuführen, anderenfalls ist die Druckwechselprüfung nach 9.8.3 mit Haltezeit durchzuführen.

Die Prüfung nach 9.8.2 gilt als bestanden, wenn eine Mindestlastwechselzahl von 100 000 Lastwechseln von allen Prüflingen erreicht wurde.

Tabelle 4 — Prinzipnachweis Kriechermüdung

	Prüfdruck (MPa)		Zyklen	Temperatur (°C)	Periodendauer (s)
	min.	max.			
mit Haltezeit	5	17	50 000	165	315 (300 - 5 - 5 - 5)
ohne Haltezeit	5	17	bis Ausfall	165	Sinus ≤ 1 Hz

**Legende**

Y Druck, in MPa

Y Zeit, in s

Bild 3 — Druckzyklen für Druckwechselfestigkeitsprüfung mit Haltezeiten

9.8.3 Druckwechselfestigkeit

Der Kondensator/Gaskühler wird Drücken und Temperaturen nach Tabelle 5 ausgesetzt.

Tabelle 5 — Druckwechselfestigkeit ohne Haltezeit

	Prüfdruck (MPa)		Zyklen	Temperatur (°C)	Periodendauer (HD-Rampe-ND-Rampe)
	min.	max.			
ohne Haltezeit	5	17	100 000	165	Sinus ≤ 1 Hz
mit Haltezeit	5	17	100 000	165	(300s-5s-5s-5s) (Bild 3)

Im Anschluss an die Druckwechselfestigkeitsprüfung (9.8.3) ist eine visuelle Kontrolle und Gasdichtheitsprüfung nach 9.6 durchzuführen. Alternativ ist zur Dichtheitsprüfung die Anwendung der SAE J2842 „Leak testing with Air/Gas during development (Leakage Test mit Luft/Gas während der Entwicklung)“ zulässig. Die ermittelte Leckagerate ist zu dokumentieren.