

**Straßenfahrzeuge –
R744-Klimaanlagen –
Kältemittel-Kühlmedium-Hochdruck-Wärmetauscher;
Text Deutsch und Englisch**

Road vehicles –
R744-Air-conditioning systems –
High pressure refrigerant to coolant chiller;
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 55 Seiten

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Abkürzungen	6
5 Anforderungen	6
5.1 Lebensdauer.....	6
5.2 Lagerfähigkeit	7
6 Funktionsbeschreibung	7
7 Technische Anforderungen	8
7.1 Konstruktive Gestaltung	8
7.2 Anforderungen an Fertigung und Werkstoffe.....	9
8 Betriebsbedingungen	11
8.1 Allgemeines	11
8.2 Temperaturen	11
8.3 Drücke	12
9 Funktionsprüfungen	12
9.1 Allgemeines	12
9.2 Dauerhaltbarkeit.....	12
9.3 Dichtheitsprüfung	12
9.4 Leistungsprüfung	13
9.5 Berstdruckprüfung (Kältemittelseite)	13
9.6 Druckwechselfestigkeit	14
9.7 Temperaturwechselfestigkeit	15
9.8 Rüttelfestigkeit	15
9.9 Ölrückhaltung.....	15
9.10 Außenkorrosionsprüfung	16
9.11 Innenkorrosionsprüfung (nur Kühlmittelseite).....	17
9.12 Kavitations- / Erosions-Korrosionsprüfung.....	19
9.13 Technische Sauberkeit.....	21
9.14 Kettenprüfungen zur Absicherung der Lebensdauer	21
10 Serienprüfung / In-Prozess-Prüfung	22
Anhang A (informativ) Betriebsgrenzen	23
Anhang B (informativ) Ermittlung der Leckagerate	27
Literaturhinweise	28

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 Kältemittel-Kühlmedium-Wärmetauscher (RC-Chiller) 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 EN ISO 18279, *Hartlöten — Unregelmäßigkeiten in hartgelöteten Verbindungen*

ASTM G 85:2011, *Standard practice for modified salt spray (fog) testing*

ASTM D 2570:2010, *Standard test method for simulated service corrosion testing of engine coolants*

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

SAE J2842, *R-1234yf and R744 Design Criteria and Certification for OEM Mobile Air Conditioning Evaporator and Service Replacements*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Konstruktionsvalidierung

Entwicklungsphase, während der Prototypenprozesse zum Konstruktionszweck der Komponenten zulässig sind

3.2

Produktionsvalidierung

Entwicklungsphase, während der Produktionsfertigungsmittel und -prozesse zum Fertigungszweck der Komponenten genutzt werden; Komponenten, die während dieser Phase geprüft werden, gelten für die Konstruktion und die Fertigung als produktionsrepräsentativ

3.3

In-Prozess

Entwicklungsphase, während der stetig Stichproben aus dem Fertigungsprozess entnommen werden, um die Stückgüte über einem bestimmten Zeitintervall zu verifizieren

3.4

RC-Chiller

Kältemittelmittel-Kühlmedium-Wärmetauscher

Anmerkung 1 zum Begriff: RC steht für Kältemittel (en: Refrigerant)-Kühlmedium (en: Coolant).

3.5

Berstdruck

innerer Druck in einem Bauteil, bei dem die Struktur beschädigt wird und eine Kältemittelleckage eintritt

3.6

Flüssigfilmmigration

LFM

ein Material-Phänomen, beim Aluminium-Hartlötten durch schnelle Abkühlung verursacht und bei dem infolge der Restenergie die Korngrenzenverschiebung durch die unterschiedlichen Raten bei der Rekristallisierung oder die vollständigen Wiederverbindung bei der Erhärtung im Abkühlungsprozess nicht eintritt

Anmerkung 1 zum Begriff: Da die Verkapslung und Rekristallisation in der Legierung sich fortsetzt, entsteht eine schnelle Aushärtung entlang der Korngrenzenverschiebung und im Korn. Diese Diffusion von Silizium in den Kern und die fortschreitende Verfestigung der Metallflüsse entlang der Korngrenzenverschiebung reduziert die Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion im Kern der Legierung um Größenordnungen.

4 Abkürzungen

AC	Air-Condition/Klimaanlage
AC on	Klimaanlage an
AC off	Klimaanlage aus
EPDM	Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk (Gummi-Schlauchmaterial)
HD	Hochdruck
IP	In-Prozess
KV	Konstruktionsvalidierung
LFM	Flüssigfilmmigration (en: liquid film migration)
ND	Niederdruck
OAT	Organische Säuretechnologie
OEM	Originalhersteller (en: Original Equipment Manufacturer)
PAG	Polyalkylenglykol (Kältemaschinenöl)
PV	Produktionsvalidierung
RC	Kältemittel (en: refrigerant) Kühlmedium (en: coolant)
RT	Raumtemperatur (23 ± 2) °C
SWAAT	Salzwasser-Korrosionsprüfung (en: Sea Water Acidified Test)

5 Anforderungen

5.1 Lebensdauer

Die Funktion des Bauteiles ist für eine mittlere Fahrzeuglebensdauer von mindestens 15 Jahren oder 300 000 km oder 8 000 Betriebsstunden sicherzustellen.

5.2 Lagerfähigkeit

Die in dem vorliegenden Dokument geforderten Eigenschaften für die funktionale Spezifikation eines RC-Chillers sind 10 Jahre nach der Fertigung als Beginn der Lebensdauer sicherzustellen.

6 Funktionsbeschreibung

Der RC-Chiller ist ein Kältemittel-Kühlmedium-Wärmetauscher, der als Schnittstelle zwischen dem Kältekreislauf und einem sekundären Innenraum-/Batteriekühlkreislauf fungiert (siehe Bild 1).

Der RC-Chiller ist im Kältekreislauf und im Innenraumkühlkreislauf und/oder dem Batteriekühlkreislauf (sekundär) des Fahrzeugs integriert. Der RC-Chiller ist vorrangig im Motorraum angeordnet und unterliegt Umwelt-, Dauerhaltbarkeits- und Sicherheitsanforderungen (siehe Bild 2).

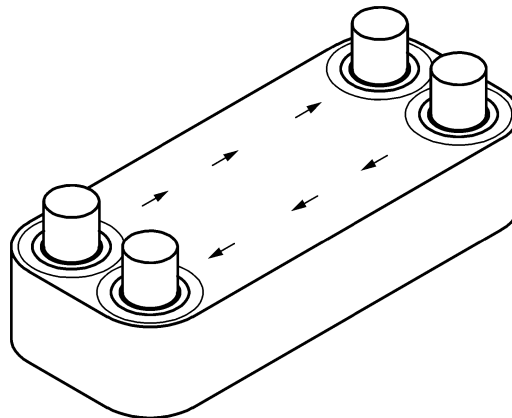


Bild 1 — RC-Chiller

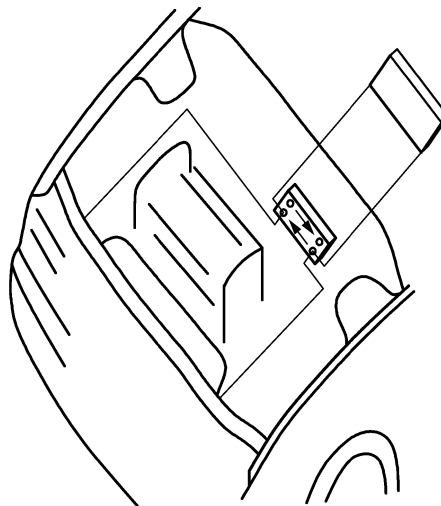


Bild 2 — Installation im Fahrzeug

7 Technische Anforderungen

7.1 Konstruktive Gestaltung

7.1.1 Allgemeines

Der RC-Chiller muss in eine bereits existierende Fahrzeugumgebung passen.

Kühlmittel- und kältemittelseitige Druckverluste sind auf ein Minimum zu halten.

Das mit dem Kältemittel umlaufende PAG-Öl darf sich nicht im RC-Chiller ablagern, sondern es ist ein kontinuierlicher Öltransport sicherzustellen.

Das Bauteil darf keine im Fahrzeuginnenraum hörbaren Geräusche verursachen. Es ist darauf zu achten, dass dabei alle möglichen Kühlmittel- und Kältemitteldurchflussniveaus und alle Fahrzeugbetriebsbedingungen berücksichtigt werden.

Die Konstruktion muss so viele Gleichteile wie möglich verwenden.

Materialpaare sind so auszuwählen, dass Kontaktkorrosion vermieden wird. Eine gute Wasserablauffunktion und eine geringe Wasserablagerung auf externen Oberflächen sind zu gewährleisten, um korrosionsbedingte Schäden oder Kundenbeanstandungen zu vermeiden.

Bei den Konstruktionsspezifikationen des RC-Chillers zur Erreichung des Lebensdauerziels ist darauf zu achten, dass sich Materialeigenschaften durch transportbedingte Alterung, erwartete Verwendung, Korrosionseinfluss, und Lagerfähigkeitsanforderungen verändern.

Leistungsmessungen sind mit dem Kältemittel R744 vorzunehmen.

Falls der RC-Chiller versagt, dürfen sich keine Teile lösen (lose, fliegende Teile). Das Versagen muss an der externen Oberfläche des Wärmetauschers auftreten, um so einen direkten Durchbruch von der Kältemittel- zur Kühlmittel- seite zu vermeiden. Der RC-Chiller muss so konstruiert sein, dass im Falle des Versagens kein weiterer Schaden durch das Austreten des Kältemittels und/oder Kühlmittels entsteht. Die innere Geometrie, die das Kältemittel und die Kühlseite trennen, muss so gestaltet und geprüft sein, dass eine Erosion des Kältemittels die Anforderungen zur Dauerhaltbarkeit erfüllt.

7.1.2 Gewicht

Die bei der Konstruktion verwendeten Materialien, sollten eine hohe Widerstandskraft und geringes Gewichts ermöglichen.

7.1.3 Ausrichtung

Der RC-Chiller muss in allen von den OEM vorgegebenen Ausrichtungen voll funktionsfähig sein. Das Ölrückhaltevermögen den Anforderungen, die sich aus den möglichen Einbaulagen ergeben, erfüllen.

7.1.4 Schnittstellen

Der RC-Chiller besitzt die folgenden mechanischen und funktionalen Schnittstellen:

- Kältekreislauf;
- Klimaanlageleitungen, Anschlussblöcke, Verbindungstechnik;
- Kühlmittelkreislauf;
- Kühlmittelschläuche, Anschlüsse;

- R744, Kältemaschinenöl (PAG), etwaige Zusätze;
- Kühlmittel;
- Befestigungspunkte /-halterungen, Montagen am Fahrzeugaufbau.

7.2 Anforderungen an Fertigung und Werkstoffe

7.2.1 Allgemeines

Die Anforderungen nach DIN SPEC 74102 müssen erfüllt werden.

Zum Einsatz kommende Werkstoffe müssen während der gesamten Lebensdauer der Komponente den hohen Temperatur- und Druckanforderungen gerecht werden und dürfen zu keinem Zeitpunkt gesundheitsgefährdende oder -schädliche Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt haben.

Das Bauteil muss gegenüber den vom Hersteller fahrzeugseitig verwendeten Betriebsstoffen resistent sein. Entsprechendes gilt für die systemintern zum Einsatz kommenden Medien (Kältemaschinenöl PAG im Kältekreislauf)). In den Kältekreisläufen werden PAG-haltige Öle eingesetzt.

Die folgenden Legierungselemente oder Beschichtungen – Blei (Pb), Kadmium (Cd), sechswertiges Chrom (CrVI) und Quecksilber (Hg) – dürfen, wie in der Richtlinie 2011/37/EU zur Änderung von Anhang II der Richtlinie 2000/53/EG festgelegt, nicht eingesetzt werden.

Bei Einsatz von Elastomeren im RC-Chiller muss das Verhalten bei plötzlicher Dekompression berücksichtigt werden und allgemein eine ausreichende chemische und thermische Stabilität gegeben sein.

Hartgelötete Verbindungen müssen frei von Verfahrensrückständen (Flussmittel, Abscheider) sein. Entsprechend DIN EN ISO 18279 müssen hartgelötete Zwischenräume mindestens 90 % gefüllt sein, ohne Hohlräume oder Materialporosität. Der Lötungsvorgang muss so durchgeführt werden, dass ein anschließender Eintritt von Korrosionsmitteln (d. h. Lötpaste) nicht möglich ist.

Tabelle 1 — Anforderungen an Fertigung und Werkstoffe

Werkstoff	Aluminiumlegierung (Festigkeit und Temperaturbereich wie mit Fahrzeughersteller vereinbart)
Oberfläche	Oberfläche entsprechend dem technischen Stand des verwendeten Lötverfahrens. Die Oberflächenbeschichtung muss bei der Kondenswasserbeseitigung der externen Oberflächen des RC-Chillers helfen. Die Oberflächenbeschichtung muss den üblichen Reinigungs- und Pflegemitteln über Lebensdauer widerstehen können und darf dadurch nicht beschädigt werden.
Querschnittsverengungen (Zulötungen)	Querschnittsverengungen sind zu vermeiden. Dies ist durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen.
Verbindungstechnik	Die Verbindungen zum RC Chiller müssen durch eine Verbindungstechnologie hergestellt werden, die eine dauerhafte Versiegelung garantiert, wie beispielsweise Hartlöten, Schweißen und müssen frei von Lacken sein.

7.2.2 Lötungsanalyse (Kältemittel- und Kühlmittelseite)

Die Lötungsanalyse muss an mindestens 6 Teilen aus verschiedenen Zeitabschnitten des Fertigungsprozesses durchgeführt werden. Die Zeiten müssen sowohl nicht-stabile als auch stabile Lötöfenbedingungen reflektieren, um die Evaluierung der Qualitätsvarianz des RC-Chillers und ihrer Auswirkung auf die erwartete Lebensdauer des Bauteils zu unterstützen. Die folgenden Anforderungen sind einzuhalten und in den metallurgischen Evaluationsbericht des Bauteils aufzunehmen.

- a) Datapaq-Daten haben für eine Überprüfung zur Verfügung zu stehen, so dass die Lötöfenbedingungen bei der KV- und PV-Lötungsanalyse der Teile ersichtlich sind.
- b) Geschulte Metallurgen bzw. Experten für Lötungsqualität analysieren alle Arten hartgelöteter Verbindungen (Verbindungen sind zum Beispiel: Platte-Platte, Rohrverbindung zum Tank, usw.).
- c) Lötverbindungen sind zulässig, wenn der Abstand zwischen den Gegenständen durch das geschmolzene Lot ausgefüllt wurde.
- d) Lötverbindungen sind unzulässig, wenn zwar ein Fluss des Lotes vorlag, aber der Abstand im Zusammenbau zu groß war, so dass er nicht vollständig ausgefüllt werden konnte.
- e) 100 % aller Kältemittel oder Kühlmittel führenden Querschnitte dürfen nicht durch den Lotfluss verengt werden.
- f) Platte-Platte-, Rohr-Rahmen-, Tank-Rahmen-Verbindungen usw. (soweit vorgesehen für RC-Chiller) müssen den gemeinsamen Porositätsanforderungen, die in Tabelle 2 für Wärmetauscher-Bauarten festgelegt sind, entsprechen. Die tatsächliche Länge der Porosität/ des Hohlraums und die prozentuale Größe, bezogen auf die Gesamtlänge der Lötung, ist zu messen und zu berichten,
- g) Platte-Platte-, Rohr-Rahmen-, Tank-Rahmen-Verbindungen usw. (soweit vorgesehen für RC-Chiller) müssen hinsichtlich maximaler eutektischer Penetration/Diffusion an der heißesten Stelle des Bauteils untersucht werden.
- h) Für Platte-Platte-, Rohr-Turbulator-, Rohr-Rahmen-, und interne Turbulator-Verbindungen sind Schnitte an den kältesten und heißesten Stellen des Bauteils zu positionieren (schleifen, polieren, fotografieren und messen). Die Verbindungen des Rohres zum Rahmen sind entlang des Umfangs im Abstand von 3 mm zu überprüfen, um sicherzustellen, dass keine Porositätsprobleme entstehen. Ein Beispiel eines kompletten Umfangs einer Rohr-Rahmen-Verbindung Rahmen kann je Tankseite vorgelegt werden, solange die Fotos den gesamten Umfang abdecken (siehe Bild 3).
- i) Flüssigfilm-Migrationseffekte sind als Referenz an den heißesten Stellen des Kerns für Tank-Anschlussblock-, Tank-Rahmen- und/ oder Platte-Platte-Verbindungen zu berichten.
- j) Werkstoffe, die möglicherweise externer Korrosion ausgesetzt sind, sind auf Korngröße und Verteilung zu untersuchen. Die Körnung sollte homogen sein (d. h., keine Bereiche großer Körnung an Bereiche feiner Körnung).

Die Anordnung notwendiger metallischer Überprüfungs- / Querschnittsbereiche werden zwischen Hersteller und Lieferant vereinbart, basierend auf dem speziellen Design des Chillers.

Tabelle 2 — Lötanforderungen an Querschnittsbereiche

Wärmetauscher-Bauart	Lötverbindungsart	Max. Diffusion	Max. von LFM	Max. Unwirksamkeit/ Porosität	Anzahl der Proben
Platte zu Platte	Plenum-des Plattenpaars	20 %	Bericht	10 %	4 je Bauteil
Platte zu Platte	Platte-an-Platte	20 %	Bericht	10 %	1 Mitte des Bauteils
Platte zu Platte	Interne Turbulatorpaare	10 %	N.A.	10 %	3 Stellen 20 %, 50 %, 80 % Höhe des Plattenverbundes
Rohre / Tank	Rohr-an-Rahmen	20 %	Bericht	10 %	2 beide Tanks



Bild 3 — Beispiel eines erforderlichen metallurgischen Schnitts durch die Lötung eines Turbulatorpaares

8 Betriebsbedingungen

8.1 Allgemeines

Die vorgesehene Einbauposition des RC-Chillers ist im Motorraum, d. h., das Bauteil ist umweltbedingten Einflüssen wie z. B. Spritzwasser und Luftströmung ausgesetzt. Die Definition der Umgebungsbedingungen basiert auf dieser Annahme.

Der RC-Chiller wird in Kraftfahrzeugklimaanlagen eingesetzt, die mit R744 betrieben werden. Die mit Kältemitteln in Verbindung kommenden Materialien müssen R744 langzeittauglich sein.

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

8.2 Temperaturen

Der Temperaturbereich des Kältemittels, des Kühlmittels und der Umgebung ist in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3 — Betriebs- und Umgebungstemperaturen

	AC on	AC off
Umgebungstemperatur (Luft)	(–5 bis 120) °C	(–40 bis 120) °C ^a
Betriebstemperatur der R744-Kältemittelseite	(–5 bis 80) °C	n.a.
Betriebstemperatur der Kühlmittelseite	(–5 bis 80) °C	(–40 bis 120) °C
^a Im Falle von kurzfristigen höheren Temperaturen können Hitzeschutzmaßnahmen nötig sein.		

8.3 Drücke

Die Kälte- und Kühlmittel werden folgenden Druckbereichen (nach Tabelle 4) ausgesetzt.

Tabelle 4 — Druckbereiche

	Betriebsdruckbereich MPa
Kabine/Batterie Kältemittelseite	0,1 bis 0,31
R744-Kältemittelseite AC ON	3 bis 9,5
R744-Kältemittelseite AC OFF	1 bis 13
Max. erlaubter Druck	12
Maximaler Druck	13

ANMERKUNG Siehe auch A.1 für weitere Informationen über die Betriebsbedingungen des R744-Kältemittelkreislaufs.

9 Funktionsprüfungen

9.1 Allgemeines

Die Prüfungen müssen, falls nichts anderes angegeben, bei RT (23 ± 2) °C nach ISO 554 erfolgen.

Die Anzahl der zu prüfenden Bauteile ist mit dem Fahrzeughersteller zu vereinbaren.

9.2 Dauerhaltbarkeit

Der RC-Chiller muss unter allen Bedingungen (klimatisch, chemisch, korrosionsbedingt, thermisch, mechanisch) während der gesamten Fahrzeuglebensdauer voll funktionsfähig sein.

9.3 Dichtheitsprüfung

Die Leckageprüfung des RC-Chillers und des Zusammenbaus soll nachweisen, dass das Bauteil über die Lebensdauer und unter allen aufkommenden Betriebsbedingungen Gas undurchlässig ist.

Während der Entwicklungsphase muss der Beweis der Dichtheit der Kältemittelseite des RC-Chillers erbracht werden. Die RC-Chiller muss bei 15,6 MPa ($1,3 \times 12$ MPa) mit Helium oder R744 geprüft werden. Die Prüf-

dauer beträgt 1 h. Die zulässige Leckage darf 0,1 g/a nicht überschreiten. Die Komponente schließt die Verbindungstechnik ein.

Die Leckagerate des R744-RC-Chillers und seiner Anschlüsse darf auf der Kühlmittelseite 0,05 cm³/min (Luft), geprüft bei 0,31 MPa, nicht überschreiten.

Auf der Kühlmittelseite kann die Prüfung mit Luft erfolgen. Massenspektroskopie oder andere Prüfmittel mit einer Genauigkeit, die geeignet ist, Leckagen im Bereich von 0,05 g/a R744 bei einem Druck von 6,5 MPa zu messen, muss/müssen verwendet werden, um Dichtheit auf der Kältemittelseite zu validieren.

Die kältemittelseitige und kühlmittelseitige Gas-Dichtheitsprüfung muss am selben Bauteil durchgeführt werden.

9.4 Leistungsprüfung

Diese Prüfung ist zwischen dem Fahrzeughersteller und dem Lieferanten so festzulegen, dass, basierend auf Fahrzeugantrieb und den Zielwerten, hinsichtlich thermischen Komforts eine optimale Betriebsfähigkeit geschaffen wird. Der Wärmestrom vom Kühlmittel zum Kältemittel und der Druckverlust auf der Kühlmittelseite sind mindestens als Leistungskriterien anzugeben. (siehe auch A.2 für ein Beispiel der Festlegung von Prüfbedingungen und Leistungsanforderungen).

9.5 Berstdruckprüfung (Kältemittelseite)

9.5.1 Unterdruckbeständigkeit

Die Unterdruckbeständigkeitsprüfung ist vor der eigentlichen Berstdruckprüfung durchzuführen. Die Kältemittel und die Kühlseite müssen geprüft werden.

Die Prüfung kann gleichzeitig sowohl auf der Kältemittel- als auch auf der Kühlmittelseite des RC-Chillers vorgenommen werden.

Der RC-Chiller ist für 5 min unter einem konstanten Druck von 0,5 kPa zu halten. Der maximal zulässige Druckanstieg über einen Zeitraum von 30 min beträgt 0,5 kPa. Diese Prüfung darf keine funktionale Beeinträchtigung oder Schaden am RC-Chiller zur Folge haben.

Anzahl der Prüfungsläufe: 3.

Im Anschluss an diese Prüfung muss die Dichtheitsprüfung nach 9.3 sowohl auf der Kältemittelseite, als auch auf der Kühlmittelseite des RC-Chillers durchgeführt werden.

9.5.2 Berstdruckprüfung

Der Berstdruck stellt den inneren Druck in einem Bauteil dar, bei dem die Struktur beschädigt wird und eine Kältemittel-Leckage eintritt.

Der Nennberstdruck des RC-Chillers folgt den minimalen Anforderungen der Kältemittelseite des Bauteils, da diese das höhere Niveau der beiden Drucksysteme darstellt.

Die Minimalanforderung an die Kältemittelseite des RC-Chillers beträgt 26 MPa (als Berstdruck wird der maximale Druck multipliziert mit dem Sicherheitsfaktor 2 festgelegt).

Die Minimalanforderung an die Kühlmittelseite des RC-Chillers beträgt 0,79 MPa.

Zur Druckbeaufschlagung des Bauteils zur KV-, PV- und IP-Prüfung kann Öl oder Wasser als Medium verwendet werden.

Der Druckaufbau im Bauteil muss mit einer Geschwindigkeit von max. 1,0 MPa/s erfolgen bis 50 % des nominalen Einheitsberstdrucks erreicht sind. Danach steigt die Geschwindigkeit um 0,1 MPa/s bis der volle nominale Berstdruck erreicht ist. Der RC-Chiller hat seinem maximalen Berstdruck über 1 min zu widerstehen, ohne dabei Prüfungsmedium zu verlieren. Die ermittelten Berstdrücke sind zu dokumentieren. Wenn der RC-Chiller ausfällt, dürfen keine Teile frei werden (lose, fliegende Teile). Dies ist durch die Gewichtsmessung der getrockneten Teile vor und nach der Berstdruckprüfung zu dokumentieren

9.6 Druckwechselfestigkeit

9.6.1 Anforderungen Kältemittelseite

Die Prüfung soll die Beanspruchung des RC-Chillers hinsichtlich Materialermüdung nachstellen, die das Bauteil bei Betrieb unter extremen Umweltbedingungen beschädigen kann.

Prüfmedium: hydraulisches Öl oder Kältemaschinenöl.

Der RC-Chiller ist bei der folgenden Druckzyklusanforderung (siehe Tabelle 5) zwischen höherem und niedrigerem Druck mit einer vordefinierten Taktfrequenz bei 80 °C Betriebstemperatur zu prüfen. Nach der Prüfung dürfen keine Deformationen feststellbar sein.

Im Anschluss an die Druckwechselfestigkeitsprüfung ist eine Dichtheitsprüfung (siehe 9.3) durchzuführen. Alternative Verfahren wie die Luft unter Wasser oder die Druckabfall mit Nitrogen wie in SAE J2842 sind zulässig. Die ermittelte Leckagerate ist zu dokumentieren.

Tabelle 5 — Druckzyklusanforderung

	R744
ND/HD	$\leq 5 \text{ MPa} / \geq 10 \text{ MPa}$
Anzahl der Zyklen entsprechend zu 15 Jahren	150 000 Zyklen
Frequenz	(0,2 bis 2) Hz

9.6.2 Anforderungen Kühlmittelseite

Der RC-Chiller ist der folgenden Druckzyklusanforderung (siehe Tabelle 6) zwischen dem höheren und niedrigeren Druck mit einer vordefinierten Frequenz bei 60 °C Betriebstemperatur zu prüfen.

Tabelle 6 — Druckzyklusanforderung

	Kühlmittel
ND/HD	0,1 MPa bis 0,31 MPa
Anzahl der Zyklen entsprechend zu 15 Jahren	150 000 Zyklen
Frequenz	(0,2 bis 2) Hz

Der Materialermüdungswiderstand bei Zyklusdruck ist mithilfe der Weibull-Analyse zu ermitteln. Die Verlässlichkeitsanforderung liegt bei 95 % mit einem Konfidenzniveau von 75 %.

9.7 Temperaturwechselfestigkeit

Zur Verifizierung der Betriebsfähigkeit des RC-Chiller-Zusammenbaus bei sich verändernder Temperatur, der das Bauteil während des gewöhnlichen Betriebs ausgesetzt ist. Diese Prüfung ist für Betrieb mit dem Kältemittel R744 in allen Fällen vorzunehmen.

Temperaturzyklus (Kältemittelseite):

- Der RC-Chiller ist auf der Kältemittelseite mit Stickstoff mit 10,5 MPa bei 23 °C oder Umgebungstemperatur gefüllt.
- Das Bauteil ist in einer Klimakammer platziert und wird auf bis zu (80 ± 1) °C aufgeheizt, ohne Regelung des internen Drucks und für eine Dauer von 24 h in diesem Zustand gehalten.
- Der RC-Chiller wird dann 10 Zyklen ausgesetzt, die jeweils 6 h dauern bei (–40 bis 80) °C mit einer Nachhaltezeit von 30 min bei minimalen und maximalen Bedingungen.
- Die Zyklusdauer beträgt 360 min (30 min – 150 min – 30 min – 150 min).
- Die gesamte Prüfungsdauer beträgt 60 h in einem kontinuierlichen Ablauf.
- Nach Prüfungsende ist der RC-Chiller der Dichtheitsprüfung nach 9.3 bei 15,6 MPa auszusetzen.

9.8 Rüttelfestigkeit

Die Rüttelfestigkeit des RC-Chiller muss im Klimaanlage-System nach den Vorgaben der OEM ausgeführt werden. Nach der Prüfung dürfen keine Beschädigungen feststellbar sein und der RC-Chiller muss die Anforderungen an die Dichtheit nach 9.3. erfüllen.

9.9 Ölrückhaltung

Der RC-Chiller darf im Betrieb mit niedriger Kühllast nicht mehr als 20 g an Kältemaschinenöl (PAG) halten.

Dies ist bei allen möglichen Ausrichtungen der Installation sicherzustellen. Daher ist die Prüfung mit der Ausrichtung des RC-Chillers, die als Worst-Case für die Ölrückhaltung gilt, durchzuführen.

Prüfbedingungen:

- | | |
|--|----------|
| — Kühlmitteltemperatur am RC-Chillereinlass: | 15 °C |
| — Kühlmitteldurchsatz durch den RC-Chiller: | 10 l/min |
| — Kältemitteldruck vor dem Expansionsorgan: | 7 MPa |
| — Kältemittelunterkühlung vor dem Expansionsorgan: | 10 K |
| — Kältemitteldruck am RC-Chiller-Auslass: | 4 MPa |
| — Kältemittelmassenstrom: | 5 g/s |
| — Ölzirkulationsrate (PAG): | 3 % |
| — Prüfdauer: | 1,5 h |

9.10 Außenkorrosionsprüfung

9.10.1 SWAAT

Die unten angegebenen Außenkorrosionsprüfungsanforderungen unterstellen, dass der RC-Chiller an einem Ort im Motorraum angebracht ist, der einem Luftstrom und umweltbedingten Einflüssen von Frontendspritzwasser ausgesetzt ist. Falls der RC-Chiller an einem geschützten Ort im Motorraum angebracht ist, können die Akzeptanzkriterien nach Absprache mit dem Fahrzeughersteller gesenkt werden. Es kann auch vereinbart werden, das Bauteil im Einbauzustand zu prüfen. Dies betrifft beispielsweise Isolation oder andere Behälter, in denen das Bauteil platziert werden kann.

Der RC-Chiller ist in der Prüfkammer ähnlich seiner Position im Fahrzeug anzubringen.

Auf die Komponente (Kältemittelseite und Kühlmittelseite) ist intern ein Druck von $(0,5 \pm 0,05)$ MPa mit Stickstoff auszuüben.

Die Komponente ist dann der SWAAT-Prüfung nach ASTM G 85:2011, A.3 zu unterziehen.

Die Prüfung ist mit dem analytischen reinen Salz (NaCl, Reinheitsgrad nach dem Deutschen Arzneimittelbuch DAB 7), de-ionisierten oder destillierten Wasser und Essigsäure (Reinheitsgrad nach DAB 7) (Für die Vorbereitung werden 42 g NaCl und 10 ml reine Essigsäure je Liter Lösung verwendet) durchzuführen. Der pH-Wert der Lösung ist mit NaOH (Reinheitsgrad nach DAB 7) so auszugleichen, dass beide, die Sprühlösung und das zu sammelnde Kondensat, einen pH-Wert zwischen 2,8 und 3,0 erreichen. Die Messung muss elektrometrisch bei (25 ± 2) °C mit Hilfe einer Glaselektrode erfolgen.

Die folgenden Toleranzbereiche (resultierend aus einer Prüfungsfähigkeitsstudie) gelten für Temperaturen und Luftfeuchtwerte:

- Lufttemperatur bei ungesättigter Luft $(48,9 \pm 1)$ °C;
- Relative Luftfeuchte der Kammer $(98 +1/-0)$ %.

Feuchtegeneratoren sind auf dem Boden der Prüfkammer zu platzieren.

Durchführung:

- Der RC-Chiller hat nach 480 h dicht zu sein. Falls nach 480 h keine Leckage aufgetreten ist, ist er nach 9.3 auf Dichtheit zu prüfen.
- Ein-/Auslassschlauchverbindungen sind aufgrund von Verschmutzungsgefahr abzudecken.
- Der RC-Chiller ist am Prüfstand zu ersetzen und die Prüfung ist bis zum Versagen oder bis zum Ende nach 960 h durchzuführen.
- Versagensstellen sind auf die Art des Versagens zu untersuchen; Korrosionsangriffe in anderen Bereichen sind prozentual zu beurteilen; Fotos sind erforderlich.
- Wenn beendet, ist der RC-Chiller zu zerlegen und Tiefe/Art der Korrosionsangriffe sind zu dokumentieren, ebenso wie das prozentuale Ausmaß zu beurteilen, in Rohren, Tanks usw. mit Fotos

9.10.2 Salznebelprüfung mit SO₂

Diese Prüfung ist für den Einsatz außerhalb Europas vorzunehmen. Anderenfalls ist sie optional.

Der RC-Chiller ist in der Prüfkammer ähnlich seiner Position im Fahrzeug anzubringen.

Auf die Komponente (Kältemittelseite und Kühlmittelseite) ist intern ein Druck von $(0,5 \pm 0,05)$ MPa mit Stickstoff auszuüben.

Die Komponente ist dann über 360 h der Salznebelprüfung mit SO_2 nach ASTM G 85:2011, A.4 zu unterziehen.

Die folgenden Toleranzbereiche (resultierend aus einer Prüfstandsvergleichsstudie) gelten:

- Temperatur $(35 +1,1/-1,7)$ °C;
- Turmtemperatur: $(47,2 \pm 1,1)$ °C;
- Dichte der Salzlösung: (1,025 5 bis 1,04) kg/dm³;
- Salz-Ausfallrate: 1 ml/h bis 2 ml/h.

Der pH-Wert ist an jeder Seite und in der Mitte der Prüfkammer einmal je Tag auf der Höhe der zu prüfenden RC-Chiller zu messen und anzugeben.

Falls mehrere RC-Chiller gleichzeitig in der Prüfkammer geprüft werden, sind die Bauteile täglich zu rotieren (Tausch der Positionen).

Durchführung:

- Das Bauteil ist nach der Prüfung zu fotografieren und jede erkennbare schwere Korrosionsstelle zu dokumentieren.
- Nach 360 h ist das Äußere des RC-Chillers von Korrosionsprodukten zu befreien und die Dichtheitsprüfung nach 9.3 durchzuführen. Die Leckagerate ist anzugeben und Fotos etwaiger Leckagestellen sind beizulegen.
- Die Berstdruckprüfung nach 9.5 ist am Bauteil (falls dicht) durchzuführen, mit der Ausnahme eines Midestberstdrucks.
- Berstdruck und -stelle sind anzugeben.

9.11 Innenkorrosionsprüfung (nur Kühlmittelseite)

1 344 h der Kühlmittelinnenkorrosionsprüfung replizieren die Betriebsdauer eines RC-Chillers in einem Fahrzeug. Das folgende Verfahren soll 15 Jahre oder 8 000 Betriebsstunden der Komponente abbilden.

Der RC-Chillerzusammenbau ist mit einer Prüfeinrichtung nach ASTM D 2570:2010 zu prüfen.

Die Kühlmittleinlass- und -auslassverbindungsleitungen müssen die jeweils aktuellen Annahmen hinsichtlich des Produktionszusammenbaus so nah wie möglich nachbilden.

Durchführung:

- Der Prüfstand ist zu reinigen und jedwede Verschmutzung ist zu entfernen.
- Alle Prüfungen sind mit neuen EPDM-Schläuchen, die mit Kühlmittel verträglich sind, durchzuführen. (Silikon ist nicht zulässig).
- Der Prüfröhrleitungskreislauf hat aus Kunststoff und/oder korrosionsbeständigen Stahlkomponenten (Kupfer, Eisen und Stahl sind nicht zulässig) zu bestehen.
- Der RC-Chiller ist in Fahrzeug-Einbauposition zu prüfen.