

ICS 43.040.60

**Straßenfahrzeuge –
R744-Klimaanlagen –
Verdampfer;
Text Deutsch und Englisch**

Road vehicles –
R744-Air-conditioning systems –
Evaporator;
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 52 Seiten

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Abkürzungen	5
5 Allgemeine Anforderungen an das Bauteil	6
5.1 Lebensdauer	6
5.2 Lagerfähigkeit	6
6 Funktionsbeschreibung	6
7 Technische Anforderungen an den Verdampfer	6
7.1 Technische Gestaltung	6
7.2 Funktionsanforderungen	7
7.3 Anforderungen an die Integration des Verdampfers	7
7.4 Zuverlässigkeit	7
7.5 Konstruktive Anforderungen	7
7.6 Herstellung und technische Daten	8
7.7 Montageanforderungen	8
7.8 Rückverfolgbarkeit	8
7.9 Transport	8
7.10 Handhabung	9
7.11 Kundendienstanforderungen	9
7.12 Betriebsbedingungen	9
8 Einzelprüfungen und Funktionsprüfungen	10
8.1 Allgemeines	10
8.2 Freigabeproofung zur Gasdichtheit	10
8.3 Statische Festigkeit	11
8.3.1 Berstdruckfestigkeit	11
8.3.2 Unterdruckfestigkeit	12
8.4 Dauerfestigkeit	12
8.5 Verdampfer-Leistung, Druckabfall, Volumendurchfluss	13
8.6 Chemische Anforderungen	15
8.7 Anschlussrohrrichtversuch	17
9 Serienprüfung	18
9.1 Allgemeines	18
9.2 Serienprüfung Verdampfer	18
9.3 Serienprüfung Zusammenbau des Heiz-/Klimageräts und Verdampfers	18
10 Kettenprüfungen	18
10.1 Kettenprüfung mit Berstdruck EoL	18
10.2 Kettenprüfung als Sicherheitsnachweis	19
11 Requalifizierung	19
Anhang A (normativ) Korrosionsprüfung A: SWAAT	20
Anhang B (normativ) Korrosionsprüfung B	22
Literaturhinweise	26

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.

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.

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 Anforderungen aus Sicht der Fahrzeughersteller für die Güte, Festigkeit und Lebensdauer und entsprechende Prüfungen für den Verdampfer 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 50018, *Prüfung im Kondenswasser-Wechselklima mit schwefeldioxidhaltiger Atmosphäre*

DIN SPEC 74105, *Straßenfahrzeuge — R744-Klimaanlagen — Kältemittel R744*

DIN EN ISO 4541, *Metallische und andere anorganische Überzüge — Corrodkote-Korrosionsprüfung (CORR-Test)*

DIN EN ISO 6270-2, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit — Teil 2: Verfahren zur Beanspruchung von Proben in Kondenswasserklimaten*

DIN EN ISO 9227, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären*

ISO 13043:2011, *Road vehicles — Refrigerant systems used in mobile air conditioning systems (MAC) — Safety requirements*

SAE J2842:2011, *R-1234yf and R744 Design Criteria and Certification for OEM Mobile Air Conditioning Evaporator and Service Replacements*

VDA Band 3:2000, *Zuverlässigkeitssicherung bei Automobilherstellern und Lieferanten*

VDA Band 19, *Prüfung der Technischen Sauberkeit — Partikelverunreinigung funktionsrelevanter Automobilteile*

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

4 Abkürzungen

AC on Klimaanlage an

AC off Klimaanlage aus

BoL Beginn der Lebensdauer (en: Begin of Life)

EoL	Ende der Lebensdauer (en: End of Life)
HV	Härte nach Vickers
ND	Niederdruck
PAG	Polyalkylenglykol (Schmierstoff)
PREO	Kältemitteldruck (Austritt Verdampfer)
PRVI	Kältemitteldruck (Eintritt Expansionsventil)
RT	Raumtemperatur
SWAAT	Salzwasser-Korrosionsprüfung (Sea Water Acidified Test)
TRVI	Kältemitteltemperatur (Eintritt Expansionsventil)
VE	Volumeneinheiten

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 sicherzustellen.

5.2 Lagerfähigkeit

Die in dieser DIN SPEC für Verdampfer geforderten Eigenschaften sind bis 10 Jahre nach der Fertigung noch sicherzustellen.

6 Funktionsbeschreibung

Der Verdampfer befindet sich in der Regel im Lieferumfang des Heiz-Klimageräts. Die Einbindung des Bauteiles in das Klimasystem erfolgt über die Kältemittelleitungen.

Die Aufgabe des Verdampfers besteht darin, die in den Fahrzeuginnenraum geleitete Luft zu kühlen und zu entfeuchten. Dazu wird im Frischluftbetrieb Umgebungsluft aus dem Rein-Luft-Kanal bzw. aus der Wasserseparation und im Umluftbetrieb Luft aus dem Innenraum mit Hilfe des Heizungs-Gebläses angesaugt und über den Verdampfer geleitet. Die Luft kühlt sich ab und wird dabei über die Kondensation der Luftfeuchte getrocknet.

Über ein Luftverteilungssystem wird die gekühlte Luft und damit weitgehend trockene Luft in den Fahrzeuginnenraum eingebracht.

Der Verdampfer muss gegenüber dem Kältemittel R744, Kältemaschinenöl sowie gegen alle üblichen im Fahrbetrieb und im Stillstand auftretenden klimatischen, chemischen, thermischen und mechanischen Einflüsse beständig sein.

7 Technische Anforderungen an den Verdampfer

7.1 Technische Gestaltung

Das Bauteil muss die für den Verdampfer relevanten Anforderungen nach ISO 13043 erfüllen.

Das Bauteil muss die Anforderungen nach SAE J2842 erfüllen. Hiervon ausgenommen sind die nachfolgend aufgeführten Abschnitte. Die dort gestellten Anforderungen werden durch die in dieser DIN-SPEC beschriebenen Anforderungen ersetzt:

- SAE J2842, 5.3 „Fatigue Resistance under Cycling Pressure“;
- SAE J2842, 5.5 „Structural Resistance to Corrosion“;
- SAE J2842, 5.8 „Life Cycle Test Sequencing for R-744 Evaporators“

7.2 Funktionsanforderungen

Der Verdampfer dient zum Abkühlen der Luft im Fahrzeug. Er befindet sich üblicherweise im Heiz-/Klimagerät. Diese Aufgabe muss über die Lebensdauer des Fahrzeugs sichergestellt sein. Bei Änderungen während der laufenden Serie ist auf die rückwirkende Austauschbarkeit zu achten. Kältemittel- und luftseitige Druckverluste sind gering zu halten. Ein gutes Wasserablaufverhalten sowie ein geringes Wasserrückhaltevermögen sind sicherzustellen. Eine möglichst geringe Temperaturschichtung ist bei allen Lastpunkten sicherzustellen. Durch geeignete Maßnahmen ist Bakterienbefall, Schimmel- und Geruchsbildung zu verhindern.

7.3 Anforderungen an die Integration des Verdampfers

Alle in diesem Dokument gestellten Anforderungen an den Verdampfer gelten unter Berücksichtigung der nachfolgend beschriebenen Integrationsumgebung des Verdampfers im Klimagerät und im Kältekreislauf.

- a) Umluft- und Frischluftfiltration ist sichergestellt.
- b) Bei Verwendung eines Bürstenmotors ist durch die Anordnung des Filters sichergestellt, dass kein Bürstenabrieb zum Verdampfer gelangt.
- c) Von außen ins Klimagerät eintretende Flüssigkeiten werden definiert am Verdampfer vorbeigeleitet.

Wird von diesen Bedingungen abgewichen, so ist die Eignung des Verdampfers für die konkrete Integrationsumgebung durch zusätzliche oder verschärfte Prüfungen sicherzustellen.

7.4 Zuverlässigkeit

Die Anforderungen dieser DIN-SPEC stehen im direkten Zusammenhang mit dem Sicherheitskonzept des Gesamtsystems im Fahrzeug. Dem ist bei jeglicher Änderung oder Überarbeitung Rechnung zu tragen.

Zur Auswertung der Lebensdauerprüfungen ist die Weibull-Verteilung und die Werte R (Reliability / Überlebenswahrscheinlichkeit) und C (Confidence / Vertrauen) nach VDA Band 3 zu ermitteln. Nachfolgende R- und C-Werte sind nachzuweisen: Druckwechselfestigkeit nach 8.4.1: R99,6 C97,5.

Für die Prüfung der Leckrate nach Korrosion nach 8.6.5 ist ein Cpk von 1,67 sicherzustellen. Dies entspricht 570 ppb oberhalb der spezifizierten Leckrate.

7.5 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 wieder lösbare Verbindungsstelle der Rohrgruppe Verdampfer zu den Kältemittelleitungen darf nicht im Fahrzeuginnenraum liegen. Innerhalb des Fahrzeuginnenraums sind ausschließlich angelötete bzw. stoffschlüssig verbundene Rohrleitungen mit dem Verdampferblock zulässig. Die Rohrleitungen sind mit Haltern, Verbindungsflanschen o.ä. am Heiz-/Klimagerät derart gegen das Einleiten einer äußeren Kraft (Montage, Betrieb) zu verstärken, dass keine überhöhten mechanischen Belastungen an der Verbindungsstelle Rohrgruppe/Verdampferblock eingeleitet werden können sowie ein Verbiegen der Rohrleitung nicht möglich ist.

Werkstoffpaarungen sind so zu wählen, dass Kontaktkorrosion sicher verhindert wird.

7.6 Herstellung und technische Daten

Die in 7.2 angegebenen Funktionsanforderungen und die in Tabelle 1 aufgeführten Entwicklungsvorgaben sind einzuhalten.

Tabelle 1 — Entwicklungsvorgaben

Werkstoff	Aluminiumlegierung
Oberfläche	Die Oberflächenbeschichtung muss den Wasserablauf aus dem Verdampferblock unterstützen und den Verdampfergeruch unterdrücken. Die Oberflächenbeschichtung muss den von den Fahrzeugherstellern freigegebenen Reinigungs- und Pflegemitteln über Lebensdauer widerstehen können und darf dadurch nicht beschädigt werden. Die Verwendungs- und Anwendungshinweise bzw. Serviceanweisungen werden zur Verfügung gestellt.
Ausführung Lötstelle Rohrgruppe/Verdampfer	Alle auftretenden Kräfte, die bei Produktion, Transport und Montage auf die Kältemittelrohre einwirken, müssen von der Lötstelle am Verdampfer aufgenommen werden.
Querschnittsverengungen (Zulötungen)	Der Lötprozess darf keine Verengung oder Einschnürung der kältemittelführenden Bauteile verursachen.
Verbindungen	Es gelten die Anforderungen nach ISO 13043:2011, 5.3.2.

7.7 Montageanforderungen

Durch werksüblichen Transport und Handling beim Lieferanten und Fahrzeughersteller dürfen keine Beschädigungen auftreten. Bei der Lagerung bzw. dem Transport der fertigen Verdampfer bzw. der Klimageräte in offenen Behältnissen müssen diese grundsätzlich vor äußeren Einflüssen (Verschmutzung, Regen, Staub, etc.) geschützt werden (siehe 8.6.3). Die Verpackung der Komponenten hat der Lieferant vorzunehmen.

7.8 Rückverfolgbarkeit

Jeder Verdampfer ist entsprechend der Zeichnung mit Firmenkennzeichen, Sachnummer, Fertigungsdatum, Linien- und Chargennummer und Lieferantenkennzeichen zu versehen. Zusätzlich ist eine Kennzeichnung auf dem Verdampfer mit Datum, Prüfzeit und Prüfeinrichtungs-Nr. zur Dokumentation der Leckageprüfung am Bandende (Serienprüfung nach Abschnitt 9) aufzubringen.

7.9 Transport

Vor dem Abdichten aller Bauteile für den Transport und vor dem Verpacken ist das gesamte Bauteil mit verliersicheren Verschlusskappen zu versehen. Alle Bauteile sind für den Transport vor Verschmutzung, Feuchtigkeit, Beschädigung, plastischer Verformung, Verkratzen und gegen Eindringen von Fremdkörpern zu schützen (sowohl außen als auch innen). Die innere Reinheit, siehe 8.6.2, muss sichergestellt sein. Dafür sind vom Lieferanten geeignete Verpackungen vorzuschlagen und mit dem jeweiligen Fahrzeughersteller (Logistik, Planung und QS) abzustimmen.

Längere Transportwege und Transportzeiten sind durch den jeweiligen Lieferanten durch besondere Maßnahmen abzusichern. Auch bei Lagerung über den Anlieferungszeitraum hinaus (z. B. Werksferien, Ersatzteillagerung) dürfen keine Fehler auftreten.

7.10 Handhabung

Der Verdampfer darf weder im Transport noch im Prozess oder dem Einbau alleinig an den Rohren manipuliert werden. Es ist in allen Handhabungen darauf zu achten, dass es nicht zu einer höheren Krafteinleitung in die Verbindungstelle kommen kann, um eine Vorschädigung zu vermeiden.

7.11 Kundendienstanforderungen

Ein einfacher, unmissverständlicher und montagefreundlicher Wechsel muss bei ausgebautem Heiz-/Klimagerät ohne Spezialwerkzeug möglich sein. Der Verdampfer muss über die Fahrzeuglebensdauer wartungsfrei ausgeführt sein.

Zur Schadensanalyse und -dokumentation sind Teilenummer, Herstell- und/oder Montagedatum dauerhaft und wischfest an geeigneter Stelle anzubringen.

Es gelten die Anforderungen an die Kennzeichnung des Verdampfers nach SAE J2842, insbesondere ist ein Warnhinweis entsprechend SAE J2842:2011, Abschnitt 6, anzubringen.

Zusätzlich ist der Verdampfer mit dem Hinweis: „DO NOT REPAIR OR REUSE“ zu kennzeichnen.

7.12 Betriebsbedingungen

7.12.1 Allgemeines

Der Verdampfer muss bei allen Betriebszuständen in Produktion, während des Fahrzeuglebens und im Service ohne Versagen bzw. unzulässige Verformungen dauerhaft einsetzbar sein.

7.12.2 Temperaturen

Tabelle 2 — Betriebstemperaturen

	ohne Betrieb (AC off)	bei Betrieb (AC on)
Umgebungstemperatur (Luft)	–40 °C bis 90 °C	–5 °C bis 80 °C
Betriebstemperatur Kältemittel	n.a.	–5 °C bis 80 °C

7.12.3 Drücke

Tabelle 3 — Anlagedrücke

	ohne Betrieb (AC off)	bei Betrieb (AC on)
Anlagedruck	1 MPa bis 13 MPa	3 MPa bis 9,3 MPa

7.12.4 Massenstrom

Der Verdampfer muss für R744-Kältemittel-Massenstrom im Dauerbetrieb von 10 kg/h bis 300 kg/h ausgelegt sein.

7.12.5 Betriebsstoff

Der Verdampfer ist für den Einsatz in Kälteanlagen mit dem freigegebenen Kältemittel R744 vorgesehen. Details sind DIN SPEC 74105 und der Spezifikation für das Kältemittel zu entnehmen. Im Kältekreislauf kommt Kältemaschinenöl auf Basis PAG zum Einsatz.

7.12.6 Beständigkeit

Die Bauteile müssen allen, im Fahrbetrieb (AC on bzw. AC off) und im Stillstand (AC off) auftretenden, innen-raumseitigen sowie motorraumseitigen und klimatischen Einflüssen standhalten und über die Fahrzeuglebensdauer korrosionsgeschützt ausgeführt werden. Dies beinhaltet auch die mechanischen, chemischen und thermischen Belastungen.

8 Einzelprüfungen und Funktionsprüfungen

8.1 Allgemeines

Die folgenden physikalischen Prüfungen sind bei RT durchzuführen.

Die Teilezahl bei der Prüfung der Druckwechselfestigkeit nach 8.4.1 muss so gewählt werden, dass die Anforderung für C (Confidence / Vertrauen) bei Auswertung der Weibull-Verteilung nach VDA Band 3 erfüllt wird.

Bei allen anderen Prüfungen sind mindestens 6 Teile zu prüfen.

Alle Prüfungen sind mit Bauteilen durchzuführen, die vorher eine Gasdichtheitsprüfung nach 9.2 bestanden haben.

8.2 Freigabeprüfung zur Gasdichtheit

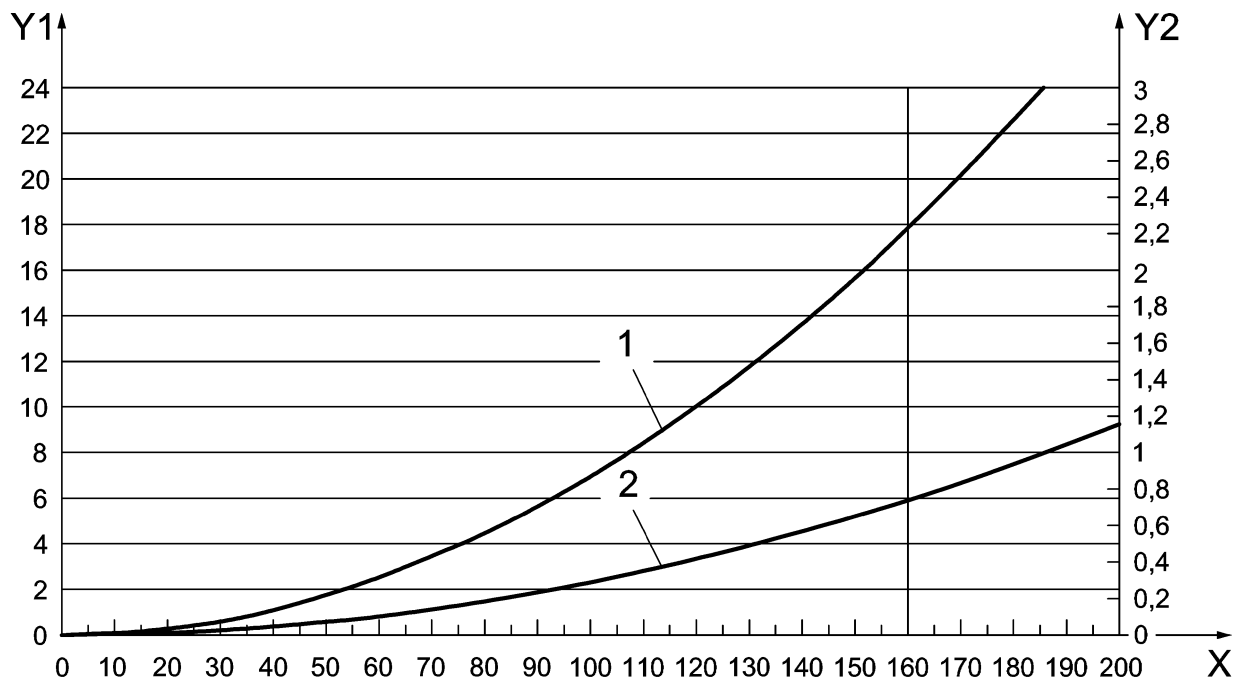
Die Freigabeprüfung zur Gasdichtheit des Verdampfers muss den Nachweis erbringen, dass die R744-Leckage dieser Komponente über die Lebensdauer und im Jahresmittel über alle auftretenden Betriebsbedingungen den definierten Grenzwert nicht übersteigt. Die Komponente umfasst den gelöteten Verdampfer einschließlich Verbindungstechnik.

Mit mindestens 100 Komponenten (Serienteile) muss über eine statistische Auswertung nachgewiesen werden, dass der statistische Mittelwert aller Teile eine Leckagerate $< 1 \text{ g/a R744}$ aufweist.

Wird die Messung einschließlich der Verbindungstechnik durchgeführt, dann gelten folgende Grenzwerte:

- 1 g/a zuzüglich Verbindungsstellenleckage nach deren Einzelmessungen;
- ersatzweise $1,6 \text{ g/a}$ für den Verdampfer einschließlich der beiden Verbindungsstellen.

Bei Helium als Prüfgas gilt die Korrelation nach Bild 1. Das Prüfergebnis ist auf $0,1 \text{ g/a R744}$ anzugeben und zu dokumentieren. Die Angaben für die R744-Leckage in „g/a“ beziehen sich immer auf einen mittleren Jahresbetriebsdruck von $6,5 \text{ MPa}$.



Legende

Y1	g R744/a	1	3 g R744 je Jahr bei 6,5 MPa
Y2	10 E-4 MPa/s	2	1 g R744 je Jahr bei 6,5 MPa
X	Druck in MPa		

Bild 1 — Leckagerate

Die Serienprüfung der Gasdichtheit ist in 9.2 beschrieben.

8.3 Statische Festigkeit

8.3.1 Berstdruckfestigkeit

Durch die Sicherheitsanforderungen für den Verdampfer wird für den Berstdruck im EoL ein Sicherheitsfaktor von 2 gefordert. Damit gilt generell: Berstdruck nach EoL der Komponente mindestens 26 MPa. Aufgrund der Alterung der Komponente wird der Berstdruck bei BoL höher als 26 MPa liegen. Als Bezugswert für die BoL-Berstdruckfestigkeit wird 32 MPa empfohlen. Bis zum EoL-Druck dürfen keine plastischen Verformungen am Zusammenbau des-Verdampfers auftreten.

Tabelle 4 — Berstdrucksollwerte

	Berstdruck bei Verdampfer als ND-Komponente
EoL — Anforderung	26 MPa

Vor der Überprüfung der Berstdruckfestigkeit ist der Anschlussrohrrichtversuch nach 8.7 durchzuführen sowie die Unterdruckfestigkeit nach 8.3.2 zu prüfen.

Der Verdampfer wird mit einem Prüfmedium ohne Lufteinschlüsse gefüllt.

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

Bei Versagen des Verdampfers dürfen sich keine Teile lösen (umherfliegende Teile). Der Nachweis hierzu hat über Wiegen der getrockneten und bei Bedarf gewaschenen Komponente vor und nach dem Bersten oder durch geeignete alternative Verfahren zu erfolgen.

8.3.2 Unterdruckfestigkeit

Der Verdampfer 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 muss innerhalb von 30 min maximal 0,5 kPa betragen. Bei dieser Prüfung dürfen keine Beschädigungen auftreten.

Anzahl der Prüfzyklen: 3

Der Verdampfer muss nach durchgeführter Prüfung die Anforderungen an die Gasdichtheit nach 9.2 oder nach SAE J2842:2011, 5.7.2.1 „Leak Testing with Air/Gas During Development“ erfüllen.

Die Überprüfung der Unterdruckfestigkeit hat vor der Berstdruckprüfung nach 8.3.1 zu erfolgen.

8.4 Dauerfestigkeit

8.4.1 Druckwechselfestigkeit

Das Prüfverfahren soll die zu unterstellende Kriech- und Ermüdungsbeanspruchung des Verdampfers in Folge Druck und hoher Temperatur im Betrieb abbilden.

Als Sicherheitsnachweis sind für die Innendruckwechselbelastung die Weibull-Verteilung und die Werte R (Reliability / Überlebenswahrscheinlichkeit) und C (Confidence / Vertrauen) nach VDA Band 3 gegenüber dem zu erwartenden Bauteilbelastungsprofil auszuweisen.

Für das Bauteilbelastungsprofil über 15 Jahre Lebenszeit kann vereinfachend das nachfolgende Kollektiv als Berechnungsbasis angenommen werden.

Prüfanforderungen an Wechseldruckbelastung:

- Prüfdruck: $p_{\min}$ 5 MPa bis $p_{\max}$ 10 MPa für 150 000 Zyklen;
- Temperatur des Prüfmediums: 80 °C;
- Prüfmedium: Hydrauliköl oder Kältemaschinenöl;
- Viskosität des Prüfmediums: 4 mm²/s bis 6 mm²/s bei 100 °C;
- Prüfung sinusförmig oder trapezförmig;
- Frequenz im Bereich 0,5 Hz bis 2 Hz wählbar.

Das obige Belastungsprofil gilt nur unter bestimmten Voraussetzungen. Daher muss für das Produkt der Nachweis erbracht werden, dass die folgenden Voraussetzungen erfüllt sind:

- Wöhlersteigung $K > 5$
- kein nennenswertes Materialkriechverhalten über Produktlebenszeit vorhanden (Nachweis, dass Dehnung durch Kriechen über Produktlebenszeit $< 1\%$ liegt)

Bei dieser Prüfung darf keine Funktionsbeeinträchtigung entstehen sowie keine plastischen Verformung unterhalb bzw. bei dem maximalen Betriebsdruck auftreten.

Der Verdampfer muss nach 150 000 Zyklen die Anforderungen an die Gasdichtheit, Grenzwert nach 9.2, Prüfverfahren nach SAE J2842:2011, 5.7.2.1 „Leak Testing with Air/Gas During Development“ erfüllen.

8.4.2 Rüttelfestigkeit

Durch Straßenunebenheiten werden im Fahrbetrieb über das Rad-Feder-System und über den Motor ständig Vibrationen in die Karosserie und in die daran befestigten Systeme eingeleitet. Vibrationen erzeugen in den Bauteilen wechselnde mechanische Dehnungen und Stauchungen und daraus resultierende mechanische Spannungen, die zu Rissen und Brüchen führen können. Im Falle einer Resonanz können überhöhte Beanspruchungen entstehen.

Der Verdampfer ist in Einbaulage im Heiz-/ Klimagerät zu prüfen. Hierbei sind die mit dem Verdampfer verbundenen Kältemittleitungen im Prüfaufbau mindestens bis zum ersten fahrzeugseitigen Befestigungspunkt darzustellen. Für die Prüfung ist der Verdampfer mit Öl (abhängig von ermittelter Ölverschleppung) zu füllen. Der Versuchsaufbau aus Verdampfer und Kältemittleitungen ist mit Stickstoff zu füllen. Die Prüfung ist mit einem Start-Druck von 0,5 MPa bei RT durchzuführen.

Vibrationsprofil, Temperaturüberlagerung sowie der genaue Prüfaufbau sind der Fahrzeughersteller spezifischen Spezifikation des Heiz-Klimagerätes zu entnehmen.

Nach der Prüfung ist der Verdampfer visuell auf Beschädigungen durch die Rüttelprüfung zu untersuchen. Es dürfen keine Beschädigungen sichtbar sein.

Der Verdampfer muss nach durchgeführter Prüfung die Anforderungen an die Gasdichtheit, Grenzwert nach 9.2, Prüfverfahren nach SAE J2842:2011, 5.7.2.1 „Leak Testing with Air/Gas During Development“ erfüllen.

8.4.3 Resonanzprüfung

Die Resonanzprüfung ist im Klimagerät entsprechend der dem Fahrzeughersteller spezifische Spezifikation des Heiz-Klimagerätes durchzuführen.

Nach der Prüfung ist der Verdampfer visuell auf Beschädigungen durch die Rüttelprüfung zu untersuchen. Es dürfen keine Beschädigungen sichtbar sein.

Der Verdampfer muss nach durchgeführter Prüfung die Anforderungen an die Gasdichtheit, Grenzwert nach 9.2, Prüfverfahren nach SAE J2842:2011, 5.7.2.1 „Leak Testing with Air/Gas During Development“ erfüllen.

8.4.4 Temperaturwechselprüfung

Die Temperaturwechselprüfung ist nach SAE J2842:2011, 5.6 durchzuführen. Die dort gestellten Anforderungen sind zu erfüllen.

8.5 Verdampfer-Leistung, Druckabfall, Volumendurchfluss

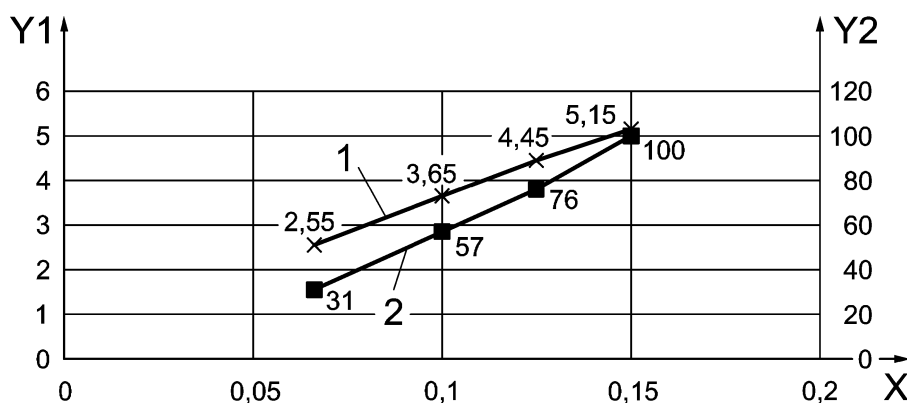
Die Anforderungen zu Leistung, Druckabfall und Volumendurchfluss sind Fahrzeughersteller spezifisch.

Die Verdampfer-Leistung und der Druckabfall der strömenden Luft sind beispielhaft in nachfolgendem Diagramm dargestellt. Die Bilanzierung der Leistungen erfolgt über die Luft und das Kältemittel. Die Prüfung ist an drei Musterteilen durchzuführen und zu dokumentieren.

Prüfbedingungen für trockene Luft:

- Lufteintrittstemperatur vor Verdampfer: T_{Luft} = 40 °C;
- Rel. Feuchte: Taupunkt = < 0 °C (keine Kondensatbildung);

- Lufteintrittsdichte: $\rho_{\text{Luft}} = 1,095 \text{ kg/m}^3$;
- Kältemitteldruck, Eintritt Ex-Ventil PRVI = 12 MPa;
- Kältemitteltemperatur, Eintritt Ex-Ventil TRVI = 30 °C;
- Kältemitteldruck, Austritt Verdampfer PREO = 3,5 MPa
- Kältemittelqualität, Verdampferaustritt: $x = 0,95 \pm 0,05$;
- Ölumlau (Mittelwert aus 3 Messungen) = 1 % bis 2



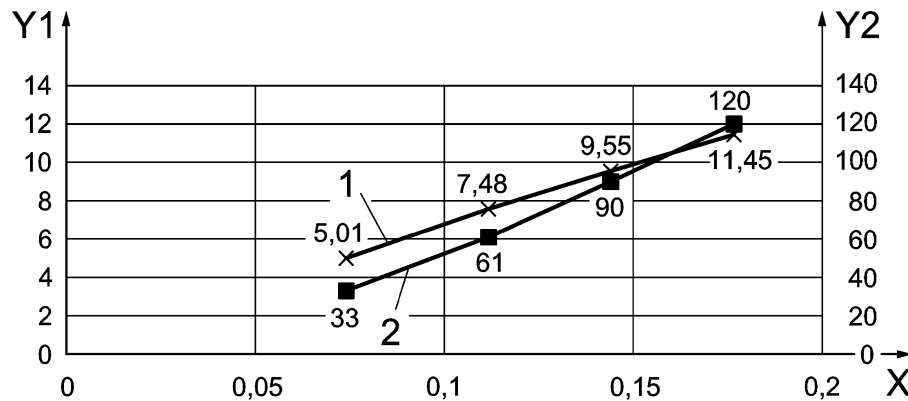
Legende

- | | |
|---------------------------|------------------------------------|
| Y1 Leistung in kW | 1 Leistung über Luftmassenstrom |
| Y2 Druckabfall in MPa | 2 Druckabfall über Luftmassenstrom |
| X Luftmassenstrom in kg/s | |

Bild 2 — Beispiel Leistungsdiagramm für trockene Luft

Prüfbedingungen für feuchte Luft:

- Lufteintrittstemperatur vor Verdampfer $T_{\text{Luft}} = 40 \text{ °C}$;
- Rel. Feuchte: Taupunkt 24 °C (rel. Feuchte 40 %);
- Lufteintrittsdichte $\rho_{\text{Luft}} = 1,095 \text{ kg/m}^3$;
- Kältemitteldruck, Eintritt Ex-Ventil PRVI = 12 MPa;
- Kältemitteltemperatur, Eintritt Ex-Ventil TRVI = 30 °C;
- Kältemitteldruck, Austritt Verdampfer PREO = 3,5 MPa;
- Kältemittelqualität, Verdampferaustritt: $x = 0,95 \pm 0,05$;
- Ölumlau (MW aus 3 Messungen) = 1 % bis 2 %.



Legende

Y1 Leistung in kW

Y2 Druckabfall in MPa

X Luftmassenstrom in kg/s

1 Leistung über Luftmassenstrom

2 Druckabfall über Luftmassenstrom

Bild 3 — Beispiel Leistungsdiagramm für feuchte Luft

Die Temperaturverteilung des Verdampfers ist bei kleinen und großen Kältemittelmassenströmen zu prüfen.

Die max. zulässigen Temperaturunterschiede über den gesamten Betriebsbereich dürfen $\Delta T \leq 3 \text{ K}$ nicht überschreiten. Der Betriebsbereich ist im Lastenheft des Heiz-Klimagerätes definiert.

8.6 Chemische Anforderungen

8.6.1 Trockenheit

Im Anlieferzustand und bei Lagerung darf der Verdampfer einen Feuchtegehalt von 50 mg Wasser je m² innerer Oberfläche nicht überschreiten. Die Prüfung erfolgt mit einem geeigneten Verfahren.

8.6.2 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 $< 400 \text{ HV}$ und die Größe der Partikel $< 200 \mu\text{m}$ sein muss. Staub- und Textilfussel bis zu einer Größe von maximal $50 \mu\text{m} \times 1\,000 \mu\text{m}$ 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.

Durch geeignete Maßnahmen bei der Fertigung und dem Transport ist darauf zu achten, dass Rückstände und Flitter von edleren Metallen (Kupfer, Silber usw.) nicht die Verdampfer verschmutzen können. Die Maßnahmen sind durch ein Audit beim Zulieferer nachzuweisen.

8.6.3 Äußere Reinheit

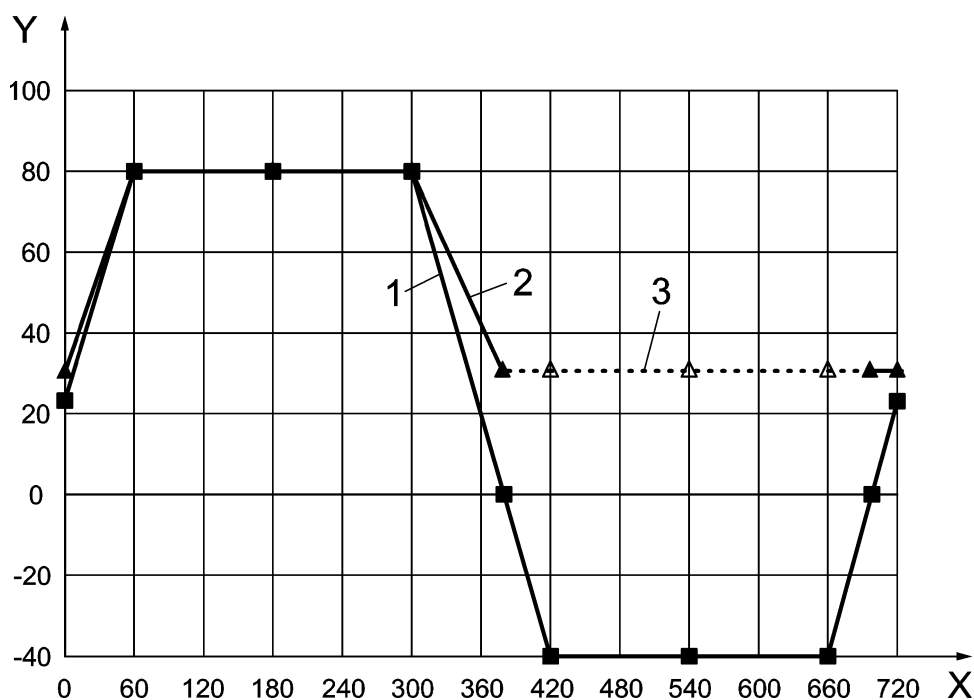
Über die Fahrzeuglebensdauer darf sich die äußere Beschichtung des Verdampfers nicht lösen.

Merkmaltest für die Haftfestigkeit (Klopftest):

1. Auslagerung im Klimawechseltest über 24 h (2 Zyklen):

Ein Zyklus (siehe Bild 4) dauert 720 min (12 h) und besteht aus folgenden Temperatur- und Luftfeuchteverläufen. Die Temperatur dabei ist auf $\pm 2^\circ\text{C}$ und die relative Luftfeuchte auf $\pm 5\%$ zu regeln:

- 60 min Aufheizphase, auf $+80^\circ\text{C}$ und 80 % relative Luftfeuchte;
- 240 min Haltezeit, bei $+80^\circ\text{C}$ und 80 % relative Luftfeuchte;
- 120 min Abkühlphase, auf -40°C , bei Erreichen des Gefrierpunktes: etwa 30 % relative Luftfeuchte, ab $T < 0^\circ\text{C}$ bleibt die Luftfeuchte ungeregelt (anlagenbedingt ist auch ein Aussetzen der Feuchte-Regelung ab $T < 10^\circ\text{C}$ zulässig);
- 240 min Haltezeit, bei -40°C , Luftfeuchte bleibt ungeregelt;
- 60 min Aufheizphase, auf 23°C , ab $T = 0^\circ\text{C}$ wird die relative Luftfeuchte auf 30 % geregelt;



Legende

- | | | | |
|----|--|---|------------------------------|
| Y1 | Temperatur in $^\circ\text{C}$ / relative Feuchte in % | 2 | relative Feuchte, geregelt |
| X | Zeit in min | 3 | relative Feuchte, ungeregelt |
| 1 | Temperatur | | |

Bild 4 — Zyklus Klimawechseltest

2. Anschließend 3 h Trocknung im Ofen bei 60°C ;
3. Danach 0,5 h Ruhephase bei Raumtemperatur ($23 \pm 5^\circ\text{C}$).

Im Anschluss wird der Verdampfer einmalig aus etwa 30 cm Höhe auf eine saubere, schwarze Tischplatte fallen gelassen.

Die auf der Tischplatte befindlichen, vom Verdampfer abgelösten Partikel werden gewogen. Der maximale Partikelaustrag darf 2 mg/m^2 Verdampferoberfläche nicht überschreiten.