

**Straßenfahrzeuge –
R744-Klimaanlagen –
Elektrischer Kältemittelverdichter;
Text Deutsch und Englisch**

Road vehicles –
R744-Air-conditioning systems –
Electric coolant compressor;
Text in German and English

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-11-21 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Spezifikation von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naaautomobil@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil), 10004 Berlin, Postfach 8 04 62 (Hausanschrift: Behrenstr. 35, 10117 Berlin).

Die Empfänger dieses Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

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

Gesamtumfang 84 Seiten

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	7
5 Allgemeine Anforderungen an den elektrischen Kältemittelverdichter (eKMV)	8
5.1 Allgemeines.....	8
5.2 Lebensdauer.....	8
5.3 Lagerfähigkeit	8
6 Funktionsbeschreibung	8
6.1 Leistungsklassen.....	8
6.2 Allgemeine funktionelle Anforderungen	8
6.3 Bereitstellung Kältemittelmassenstrom — Kälteleistungs- und Effizienzanforderungen	9
6.4 Funktionstüchtigkeit.....	11
6.5 Funktion beim Ein- und Ausschalten	11
6.6 Dichtheit nach Außen.....	12
6.7 Beständigkeit des eKMV bei spontaner Entleerung des Kältemittels aus dem Kältekreis- lauf.....	12
6.8 Funktion bei im Kältemittel umlaufenden Partikeln	12
6.9 Sicherheitsfunktion	13
6.10 Funktion bei Kältemittel-Unterfüllung	13
6.11 Akustik (NVH).....	13
6.12 Elektrische Anforderungen.....	14
7 Technische Anforderungen	15
7.1 Konstruktive Gestaltung	15
7.2 Zielgewicht	17
7.3 Anforderungen an die Verbindungstechnik.....	17
7.4 Sicherheitsanforderungen	18
7.5 Anforderung an Werkstoffe und Fertigung.....	18
8 Betriebsbedingungen.....	19
8.1 Umgebungstemperatur	19
8.2 Temperaturen im Betrieb	20
8.3 Temperaturprofil für die Auslegung der elektrischen Komponenten	20
8.4 Druckanforderungen	21
8.5 Verdichterdrehzahl	21
9 Funktionsprüfungen.....	21
9.1 Allgemeines.....	21
9.2 Betriebspunkte für die Funktionsprüfung (AC-, Fondverdampfer-, Wärmepumpen-, Chiller-Lasten).....	22
9.3 FAT-Test	24
9.4 Prüfstandsdauerlauf.....	24
9.5 Akustik Prüfungen (NVH).....	27
9.6 Dichtheitsprüfung	33
9.7 Messung Ölumlauf — Testverfahren	35

9.8	Dekompressionsprüfung	35
9.9	Notlaufeigenschaften	35
10	Serienprüfung	35
Anhang A (informativ) ph-Diagramm mit Kältekreislauf Betriebspunkten.....		36
Anhang B (informativ) Kältekreislauf ND- und HD-Betriebsgrenzen		39
Literaturhinweise		41

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitskreis NA 052-01-40 AA im Arbeitsausschuss „Kfz-Teile, Zubehör und Systeme“ erstellt.

Einleitung

Zielsetzung der Spezifikationsreihe ist die Erstellung einer gemeinsamen und einheitlichen Anforderungsbeschreibung für R744-Klimaanlagen für alle Pkw-Fahrzeugklassen der beteiligten Fahrzeughersteller unter Mitwirkung der Komponenten-Lieferanten, um mögliche Entwicklungsrisiken für diese neue Technologie einzugrenzen. Durch die Systemfunktionsbeschreibung kann eine Ressourcen schonende Entwicklung angestoßen und so ein Einsatz der R744-Klimaanlage schon in den Startapplikationen möglich werden.

Die Komponenten werden gleich oder ähnlich für die Fahrzeughersteller ausgeführt. Durch die Funktionsbeschreibung ergeben sich eindeutige Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Qualifikation der Komponenten.

1 Anwendungsbereich

Diese DIN SPEC beschreibt die Funktionen und Anforderungen aus Sicht der Fahrzeughersteller für die Güte, Festigkeit und Lebensdauer für elektrische Kältemittelverdichter (eKMV) die in Kältekreisläufen mit dem Kältemittel R744 betrieben werden und legt entsprechende Prüfungen fest.

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

Alle Drücke sind stets absolute Drücke.

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 74110, *Straßenfahrzeuge — R744-Klimaanlagen — Druckbegrenzungselemente*

DIN SPEC 74119, *Straßenfahrzeuge — R744-Klimaanlagen — Kältemaschinenöl¹⁾*

SAE J639:2011-12, *Sicherheitsstandards für Kältemittel-Verdampfer-Kompressor-Systeme für motorgetriebene Fahrzeuge*

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

Druckbegrenzungselement

DBE

Element, das sich bei Übersteigen des maximal zulässigen Hochdrucks öffnet und Kältemittel nach außen abströmen lässt

3.3

Factory Acceptance Test

FAT

Parametertest zur Sicherstellung der Auslieferqualität von Musterteilen

3.4

Idle

Leerlaufdrehzahl

3.5

Liquid start up

Kältemittel-Förderung des eKMV mit angesaugtem flüssigem Kältemittel

1) In Vorbereitung.

3.6

Muffler

druckseitiges Ausgleichsvolumen, integriert im mKMV zur Reduzierung der Gaspulsation

3.7

Package

Packaging

geometrische und funktionale Anordnung von Bauteilen einschließlich des Managements der Gesamtheit der Bauteile im Bauraum eines Automobils

3.8

Raffertest

verkürzter Dauerlaufstest und deutlich erhöhten Lastbedingungen

4 Symbole und Abkürzungen

AC on	Klimaanlage an
AC off	Klimaanlage aus
BoL	Beginn der Lebensdauer (Begin of Life)
Boost	schneller Drehzahlhochlauf von 0 auf 7 000 U/min
COP	Leistungskoeffizient (Coefficient of Performance)
EoL	Ende der Lebensdauer (End of Life)
eKMV	elektrischer Kältemittelverdichter
HD	Hochdruck
HTOE	Hochtemperatur-Dauertest (high temperature operating endurance test)
HV	Hochvolt (high voltage)
IWT	innerer Wärmetauscher
LV	Niedervolt-Bereich (low voltage)
maxCool	Abkühlvorgang mit Randbedingungen, die eine schnellstmögliche Abkühlung erzielen
mKMV	mechanischer Kältemittelverdichter
mLK	mittlere Leistungsklasse
ND	Niederdruck
NVH	Geräusch, Vibration, Rauheit (noise vibration harshness)
oLK	obere Leistungsklasse
PAG	Polyalkylenglykol (Schmierstoff)
RT	Raumtemperatur
p/T-Sensor	kombinierter Druck- und Temperatursensor
SWAAT	Salzwasser Korrosionsprüfung (Sea Water Acidified Test)
VBT	Verbindungstechnik
WP	Wärmepumpe
ZB	Zusammenbau

5 Allgemeine Anforderungen an den elektrischen Kältemittelverdichter (eKMV)

5.1 Allgemeines

Die Vorgaben für die elektrischen Eigenschaften und Anforderungen für den elektrischen Kältemittelverdichter sind kältemittelunabhängig und aus dem für R134a elektrische Kältemittelverdichter geltenden Anforderungen der Fahrzeughersteller zu entnehmen. Die sich veränderten Lastbedingungen durch den Kältekreislauf und durch Gehäuseeinfluss sind zu berücksichtigen.

5.2 Lebensdauer

Die Funktion des Bauteiles ist für eine mittlere Fahrzeuglebensdauer von mindestens 15 Jahren oder 300 000 km zu gewährleisten. Die Betriebszeiten ergeben sich gemäß Tabelle 1.

Tabelle 1 — Anforderungen an die Betriebsbedingungen des elektrischen Kältemittelverdichters

Betriebsmodus	Dauer/Zyklen	Kumulierte Dauer		
	Fahrzeug fährt	Fahrzeug fährt	Fahrzeug fährt und im Stand	elektrische Kontaktierung
A/C-System EIN	5 000 h	8 200 h	13 000 h	37 000 h
Wärmepumpe EIN	3 200 h			
Standbetrieb AC-ein HV-Speichermanagement	4 800 h			
Standbetrieb AC-aus HV-aktiv	24 000 h			

Die Beständigkeit gegenüber Ein-Aus-Zyklen ist zu gewährleisten.

5.3 Lagerfähigkeit

Die in dieser Funktionsbeschreibung für den eKMV geforderten Eigenschaften sind bis 10 Jahre nach der Fertigung zu gewährleisten.

6 Funktionsbeschreibung

6.1 Leistungsklassen

Folgende Leistungsklassen sind zu entwickeln, siehe auch Abschnitt 6.3.2:

- oLK 7,5 kW
- mLK 6,5 kW

6.2 Allgemeine funktionelle Anforderungen

Der eKMV ist eine Kompressionsmaschine, die das Arbeitsmedium R744 von einem niederen Druckniveau auf ein höheres Druckniveau verdichtet. Der eKMV ist ein drehzahl-geregelter Verdichter mit integriertem bürstenlosem Elektromotor (Antrieb), sowie integrierter Leistungs- und Steuerelektronik. Der erzeugte R744 Massenstrom kann in Abhängigkeit des verfügbaren Antriebsstroms von der Fahrzeugseite den Kälteleistungsbedarf der jeweiligen Applikationen abdecken.

Die Austauschbarkeit der eKMV, ausgeführt nach dieser DIN SPEC, in gleichen Fahrzeugapplikationen muss gewährleistet sein. Dies beinhaltet:

- die Anbindung an den Motor bzw. die identische Anbindung bei Elektrofahrzeugen;
- die HV- und LV-Kontaktierung;
- die Anbindung/Position Kältemittelleitungen;
- die Ausführung in identischen Spannungslagen.

Der eKMV muss die angegebenen Betriebsfälle uneingeschränkt und unter den in den Temperaturgrenzen 8.1 auch bei Einschaltvorgängen darstellen können, für die

- Klimatisierung im AC-Betrieb von Elektro- Hybrid- und 48-V-Fahrzeugen mit eKMV im 1- und 2-Verdampferbetrieb;
- Klimatisierung im Stand (parkendes Fahrzeug) mit Hausnetzanschluss (galvanische Trennung über Ladegerät);
- Batteriekühlung im E-Fahrbetrieb;
- Batteriekühlung im Stand mit Hausnetzanschluss (galvanische Trennung über Ladegerät);
- Kombiniertes Betrieb Klimatisierung und Batteriekühlung;
- Wärmepumpenbetrieb zur Klimatisierung von Elektro-, Hybrid- und 48-V-Fahrzeugen mit eKMV.

6.3 Bereitstellung Kältemittelmassenstrom — Kälteleistungs- und Effizienzanforderungen

6.3.1 Allgemeines

Für den eKMV werden in Tabelle 2 Auslegungspunkte definiert, welche für die erwarteten Betriebspunkte repräsentativ sind. Die dazu festgelegten Kreisprozesse sind im Anhang B dargestellt.

Tabellen 3 und 4 zeigen die Anforderungen an Leistungsaufnahme und Effizienz in den Auslegungspunkten bezogen auf die jeweiligen Leistungsklassen nach 6.1.

Für die Auslegung und die Ansteuerung des eKMV muss sichergestellt sein, dass die Kälteleistungsanforderungen mit optimaler Effizienz erreicht werden.

Die Ansteuerung des Kältemittelverdichters und damit die Bereitstellung eines passenden Kältemittelmassenstroms erfolgt als Funktion der geforderten Kälteleistung an dem/den Verdampfer/Verdampfer und/oder Chiller.

6.3.2 Definition der Auslegungspunkte

Tabelle 2 — Auslegungspunkte für eKMV

Auslegungs- punkt	Kommentar	Saug- druck MPa	Hoch- druck MPa	Temperatur R744 KMV Eintritt °C	Temperatur R744 Gaskühler Austritt °C	Δh Verdampfer kJ/kg	Drehzahl eKMV 1/min
I	Fahrzustand MAX Cool	3,5	12,5	25	48	142,5	$n_{\max}^b$
II	IDLE	3,5	12,5	25	53	120	$\approx 0,55 n_{\max}$
III	externe Drosselung P_{el} IDLE	4,5	a	25	53	tdd	$\approx 0,175 n_{\max}$
IV		3,5	8	25	33	154	$n_{\min}$
V		4	11	30	45	135	$n_{\min}$
VI	MIN Cool Winter	4	5,3	15		tbd	$n_{\min}$
a							
b Deckelung der maximalen Drehzahl $n_{\max} \leq 8\,000/\text{min}$ aus akustischen Gründen							

ANMERKUNG Die spezifizierte Verdampfer Enthalpie (Δh Verdampfer) ermöglicht die Bestimmung des Kältemittel-massenstroms bei der in dem Betriebspunkt spezifizierten Kälteleistung.

6.3.3 Definition Kälteleistung, Massenstrom und Effizient in den Auslegungspunkten

Tabelle 3 — Anforderungen oLK (7,5 kW)

Auslegungs- punkt	Kälteleistung $\dot{Q} = \dot{m} \dot{Q} = \dot{m} \times \Delta h$ kW	R744 Massenstrom $\dot{m}$ kg/h	$COP = \frac{\dot{Q} \times \dot{Q}}{P_{\text{el}}}$
I	7,5	190	tbd*)
II	4,2	126	> 1,68 (bei P_{el} 2,5 kW)
III	1	30	tbd*)
IV	1	23	tbd*)
V	0,8	20	tbd*)
VI	offen*)	20	tbd*)

Tabelle 4 — Anforderungen mLK (6,5 kW)

Betriebspunkt	Kälteleistung $\dot{Q} = \dot{m} \dot{Q} = \dot{m} \times \Delta h$ kW	R744 Massenstrom $\dot{m}$ kg/h	$COP = \frac{Q \times \dot{Q} \frac{\dot{Q}}{P_{el}}}{P_{el}}$
I	6,5	165	tbd*)
II	3,64	109	> 1,68 (bei Pel 2,5 kW)
III	0,87	26	tbd*)
IV	0,87	20	tbd*)
V	0,69	17	tbd*)
VI	offen*)	17	tbd*)

6.4 Funktionstüchtigkeit

Der eKMV muss in den beschriebenen Betriebsfällen dauerhaft funktionieren

- bei maximaler Drehzahl
- bei minimaler Drehzahl
- bei erhöhten Saugdrücken (für Wärmepumpen-Betrieb oder aktiver Chiller-Batteriekühlung)
- bei maximalem Druckverhältnis
- bei minimalem Druckverhältnis

6.5 Funktion beim Ein- und Ausschalten

6.5.1 Allgemeine Anforderung

Der eKMV muss über ein definiertes Start- und Ausschaltverhalten verfügen. Damit ist gewährleistet, dass der gewünschte Kältemittelmassenstrom unmittelbar nach dem Einschalten mit der minimal möglichen Einschalt-drehzahl vorliegt und nach dem Ausschalten direkt zum Erliegen kommt.

6.5.2 Regelbarkeit/Anlaufverhalten

Der Drehzahlbereich des E-Verdichters beträgt 600 1/min bis max. 8 000 1/min.

Um ein definiertes Startverhalten zu gewährleisten, wird standardmäßig mit $n = 800$ 1/min gestartet.

Der eKMV muss uneingeschränkt tauglich sein für:

- diskontinuierlichen Betrieb (AC on-AC off)
- Drehzahlsprünge von 0 bis zur maximalen Drehzahl, bzw. maximale Drehzahl bis 0
- unerwartet auftretendes flüssiges Kältemittel am Verdichtereintritt (Flüssigkeitsschlag)

Als Drehzahl-Änderungsvermögen wird gefordert:

- Aufregelung Drehzahländerung 5 000 1/min in einer Sekunde
- Abregelung Drehzahländerung 10 000 1/min in einer Sekunde
- Auflösung Drehzahlsignal max. 50 1/min
- Drehzahlschwankungen maximal 20 1/min vom Sollwert

6.5.3 Anlauf mit flüssigem Kältemittel (Liquid Startup)

Im Falle einer Ansammlung von flüssigem Kältemittel im Ansaugbereich des eKMV darf es zu keinen Schäden kommen.

6.5.4 Sicherstellen des Isolationswiderstands beim Einschalten des eKMV

Der Hersteller muss sicherstellen, dass der geforderte Isolationswiderstand vom Kältemaschinenöl nicht unzulässig reduziert wird.

Für den eKMV muss der Isolationswiderstand zu BoL > 10 MΩ betragen.

Für den eKMV muss der Isolationswiderstand zu EoL > 5 MΩ betragen.

Der Isolationswiderstand des eKMV bei Fahrzeugstart (Zündung) muss innerhalb von 10 s bestimmt werden und muss mindestens 5 MΩ sicherstellen. Die Verwendung einer Symmetrierung des HV-Netzes gegen ein Bezugspotential muss dem Auftraggeber bekannt gegeben werden.

6.6 Dichtheit nach Außen

Der eKMV muss zur Umgebung hin als technisch dicht ausgeführt sein. Bei Atmosphärendruck darf bei gleichem ein und auslassseitigem Druck von 1 MPa bis 12 MPa eine Leckrate 15 g/a nicht überschritten werden.

Dieser Summenwert umfasst die Gesamtleckage und schließt u.a. die Leckage an den statischen Gehäuse-dichtstellen und ggfs. geringe Undichtheiten der Gehäusebauteile oder über das Terminal zum Inverter ein.

Dieses gilt für neue (BoL) und den eingelaufene eKMV (EoL) und bei statischem und dynamischem Betrieb.

6.7 Beständigkeit des eKMV bei spontaner Entleerung des Kältemittels aus dem Kältekreislauf

Im Fall des ungeplanten spontanen Entleerens des R744-Kältekreislaufs (d. h. Kältemittelverlust in weniger als 10 s z. B. in Folge eines Fahrzeugunfalls) sollte der eKMV keinen Schaden nehmen. Dabei ist es unerheblich, welcher Betriebszustand bei der Entleerung herrschte.

6.8 Funktion bei im Kältemittel umlaufenden Partikeln

Der eKMV ist mechanisch robust gegenüber im Kältekreislauf zirkulierenden spezifizierbaren unlöslichen, ablösbaaren und/oder schwemmbareren Verunreinigungen.

Diese Anforderung entspricht dem Stand der Technik. Die Werte für R134a eKMV müssen hinsichtlich ihrer Eignung und Übernahme für R744 zwischen Hersteller und Fahrzeughersteller unter Beachtung der unterschiedlichen Messmethoden zur Bestimmung der Verunreinigung bewertet werden.

Tabelle 5 — Verschmutzung im Kältekreislauf

	Größe mm	Härte HV	Menge mg
Max. Partikelgröße und Masse im R744- Kältekreislauf	0,5 × 0,5 × 1,0	bis 400	max. 160*
		> 400 bis ≤ 1 000	2 ^a
		> 1 000	0

Unabhängig vom Vorhandensein eines systemseitigen Filterelements dürfen Verschmutzungen nach Tabelle 6 im Gesamtsystem (inkl. der geforderten inneren Reinheit aus 7.5.4 des eKMV) keine Funktionsbeeinträchtigungen verursachen. Dieses gilt auch für das Entstehen von hydro-abrasiver Erosion und Kavitationsschäden.

6.9 Sicherheitsfunktion

Der eKMV muss mit einem hochdruckseitigen DBE nach DIN SPEC 74110 ausgestattet sein. Bei einem Überschreiten des max. zulässigen Drucks auf der HD-Seite am eKMV, muss durch das Auslösen der DBE das Kältemittel abblasen und einen weiteren Druckanstieg verhindern.

Die Funktionseigenschaften der DBE müssen über die gesamte Lebensdauer erhalten bleiben. Fahrzeug-, umgebungs-, und produktionsseitige Einflussfaktoren müssen dazu Berücksichtigung finden.

6.10 Funktion bei Kältemittel-Unterfüllung

Der eKMV muss gegenüber einer Kältemittel Unterfüllung robust sein und darf bei Unterfüllung bis 50 % im Betrieb keinen Schaden nehmen.

Eine Schmierung mit entsprechenden Notlaufeigenschaften ist gefordert, sodass eine Eigenbeschädigung des Kältemittelverdichters vermieden wird.

6.11 Akustik (NVH)

6.11.1 Allgemeines

Der akustische Eintrag in das Fahrzeug durch Verdichtung des Kältemittels und die mechanische Triebwerksbelastung ist zu minimieren. Dabei orientieren sich die übertragenen Geräusche, Schwingungen und Rauheit am Stand der Technik für heute übliche elektrische Kältemittelverdichter der gehobenen Leistungsklassen.

Der eKMV darf in keiner betriebsrelevanten Situation akustisch hervortreten. Dies beinhaltet:

- das Außengeräusch des eKMV in der näheren Umgebung des Fahrzeuges
- Außengeräusch des eKMV durch ein vorbeifahrendes Fahrzeug ohne Verbrennungsmotorgeräusch
- Akustische Übertragungen durch Saug- und druckseitige Pulsationen bzw. Körperschall-Übertragungen in den Fahrgastraum
- Körperschall-Anregung anderer Aggregate durch die Anbindung des eKMV.

Ein betriebsgerechtes Geräuschverhalten ist bei allen Motoranordnungen und -ausführungen ohne Verwendung von externen Ausgleichsbehältnissen (Mufflern) gefordert.

6.11.2 Gaspulsationsverhalten

Der eKMV sollte auf der Hochdruck und Saugseite eine geringe Gaspulsation aufweisen, weil diese durch den Verbund „eKMV und Kältemittelleitungen“ auf das Fahrzeug übertragen werden können. Deshalb ist die Funktion des eKMV ohne betriebsrelevante Pulsation an den Referenzpunkten Gaskühlereintritt und Akkumulator Austritt gefordert. Anforderungen siehe Tabelle 14.

6.11.3 Vibrationsverhalten

6.11.3.1 Allgemeines

Der eKMV sollte wenig Vibration verursachen. Vibrationen können durch den Verbund „eKMV und Kältemittelleitungen“ oder die Anschraubpunkte des eKMV auf das Fahrzeug übertragen werden.

6.11.3.2 Anforderungen der Vibrationsanregung durch den eKMV

Die Vibrationsanregungen am eKMV-Gehäuse bei Durchfahren der Drehzahlbänder sollten gering bleiben, aber nicht mehr als die Werte in Tabelle 6 betragen. Dort sind die max. Beschleunigungspegel in Abhängigkeit der Drehzahl definiert.

Tabelle 6 — Anforderungen für Zielwerte Akustik (NVH)

Drehzahl eKMV	Luftschall	Pulsation (HD-Seite)	Vibration (ND-Seite)	Vibration 3-Raumachsen gemittelt
1/min	dB(A)	Δp kPa	Δp kPa	m/s ² RMS
20 % $n_{\max}$	< 50	< 15	< 1,2	1
35 % $n_{\max}$	< 57	< 15	< 1,5	2
60 % $n_{\max}$	< 62	< 15	< 1,5	6
80 % $n_{\max}$	< 67	< 20	< 1,5	10
$n_{\max}$	< 70	< 20	< 1,5	15

6.12 Elektrische Anforderungen

Die elektrischen Anforderungen sind Unabhängig vom Kältemittel und können direkt aus den R134a-Anforderungen abgeleitet werden. Sie sind dem Komponentenhersteller von den Fahrzeugherstellern zu erläutern.

ANMERKUNG Die HV- und LV-seitige Auslegungen sind kältemittelunabhängig und entsprechen den Anforderungen aus dem Stand der Technik bei den Fahrzeugherstellern.

7 Technische Anforderungen

7.1 Konstruktive Gestaltung

7.1.1 Allgemeines

Für die eKMV R744 wird das Package am Motor am Stand der Technik der eKMV für R134a ausgerichtet und berücksichtigt Anwendungsunterschiede. Die Package-Anforderungen für oLK und mLK sind identisch.

Dieses beinhaltet auch die Package-Schnittstellen, wie die die Lage der Anschlüsse usw. die unabhängig vom Kältemittel eine identische Position haben müssen — siehe funktionelle Anforderungen Abschnitt 6.1.

7.1.2 Konstruktive Schnittstellen/Package-Varianten

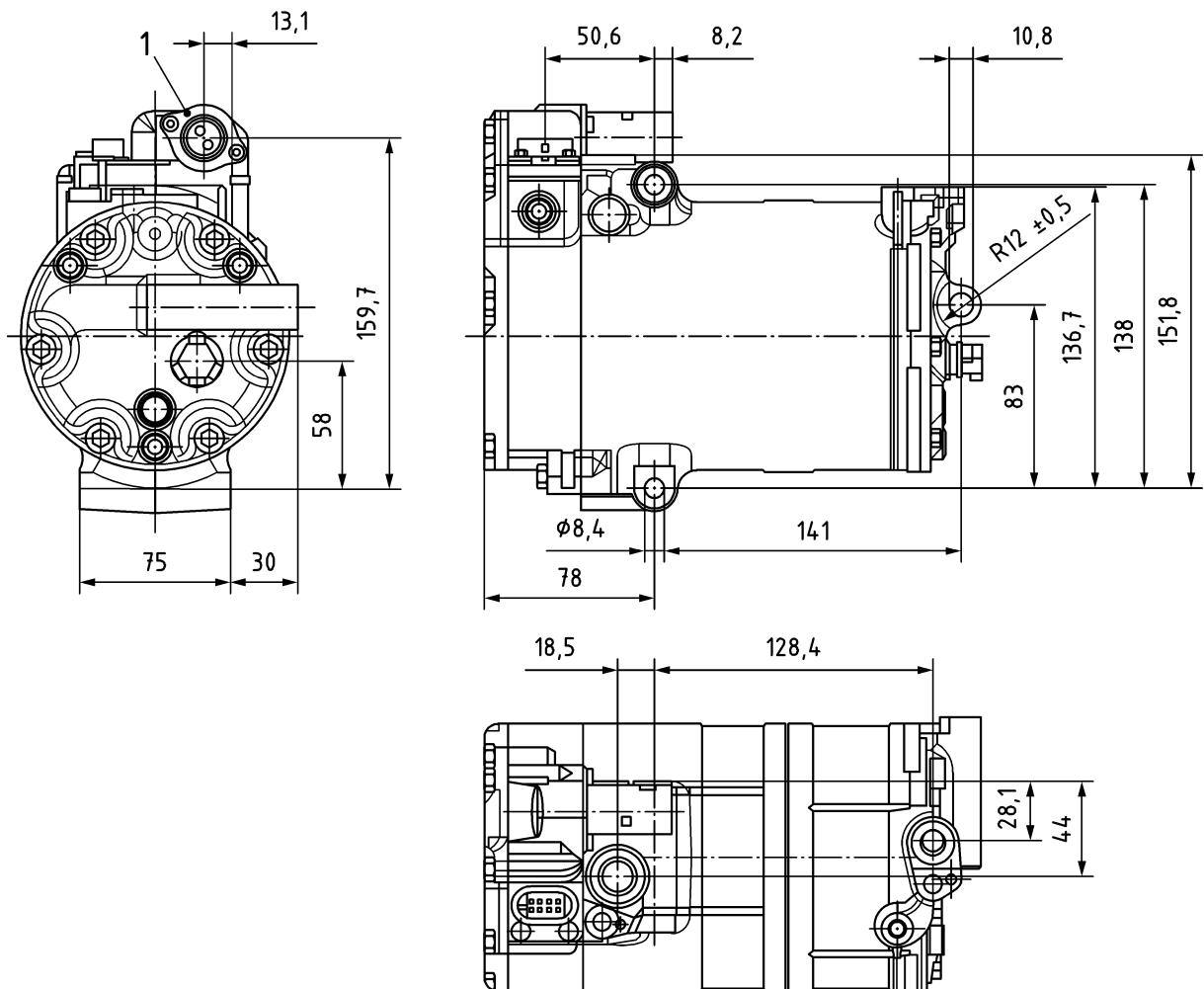


Bild 1 — eKMV Variante A

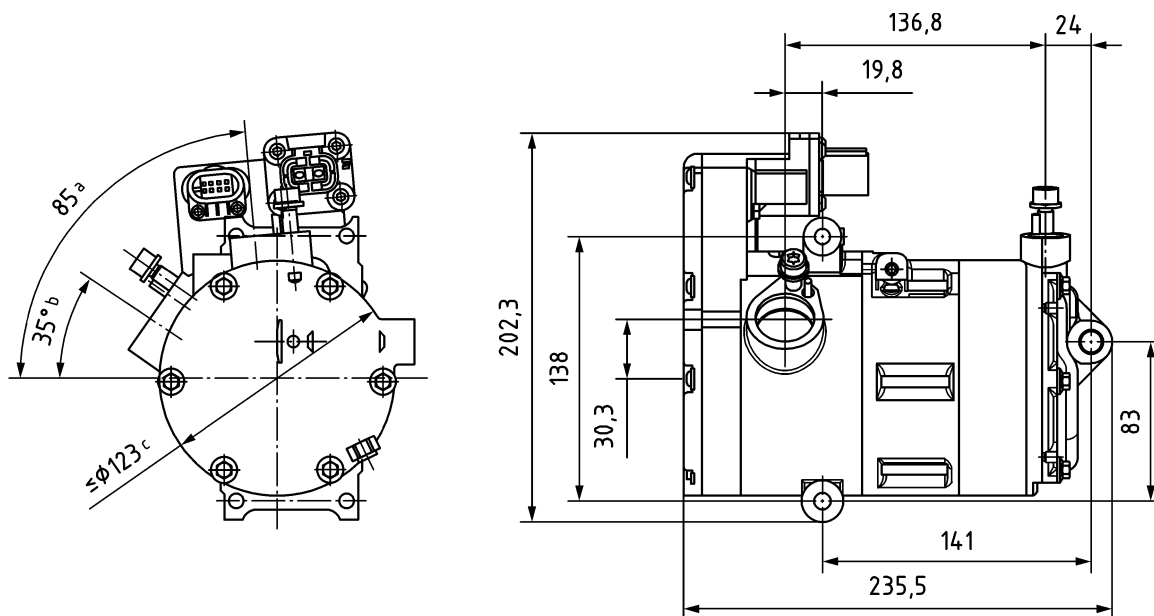


Bild 2 — eKMV Variante B

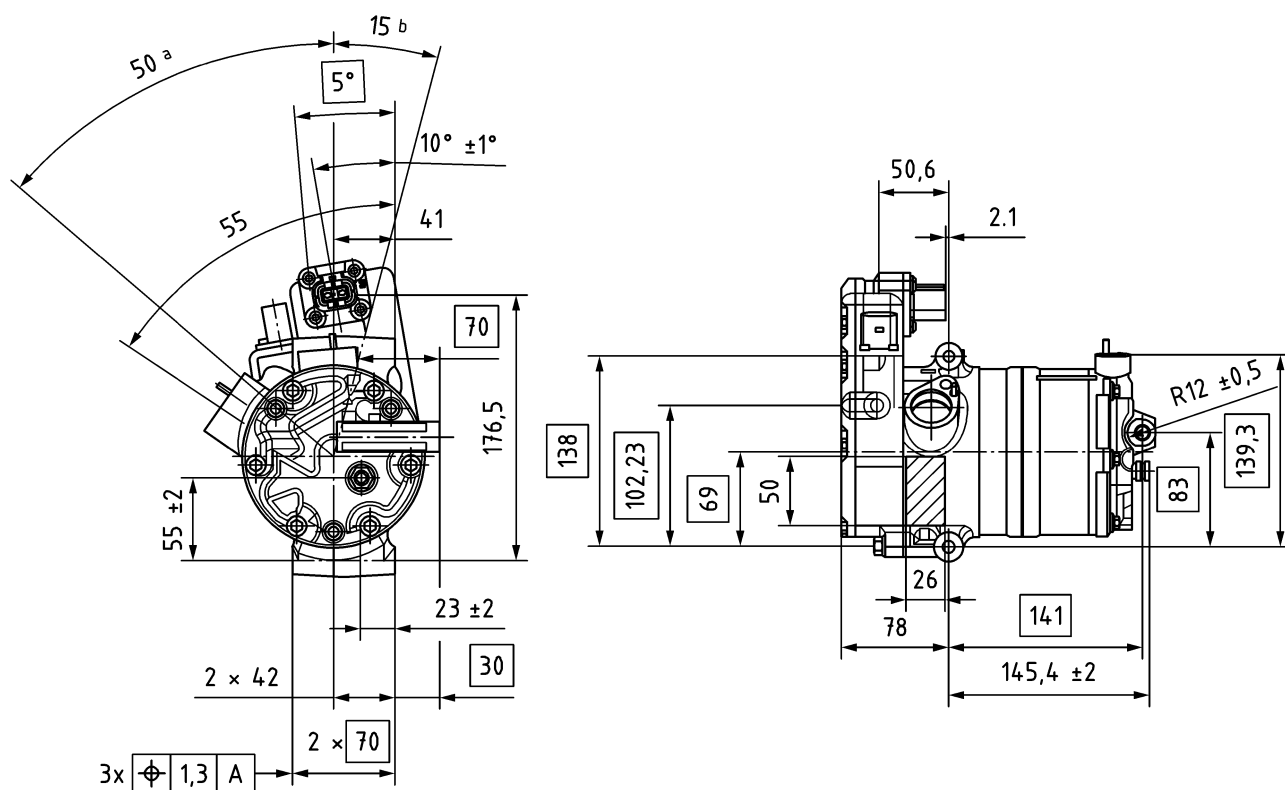


Bild 3 — eKMV Variante C

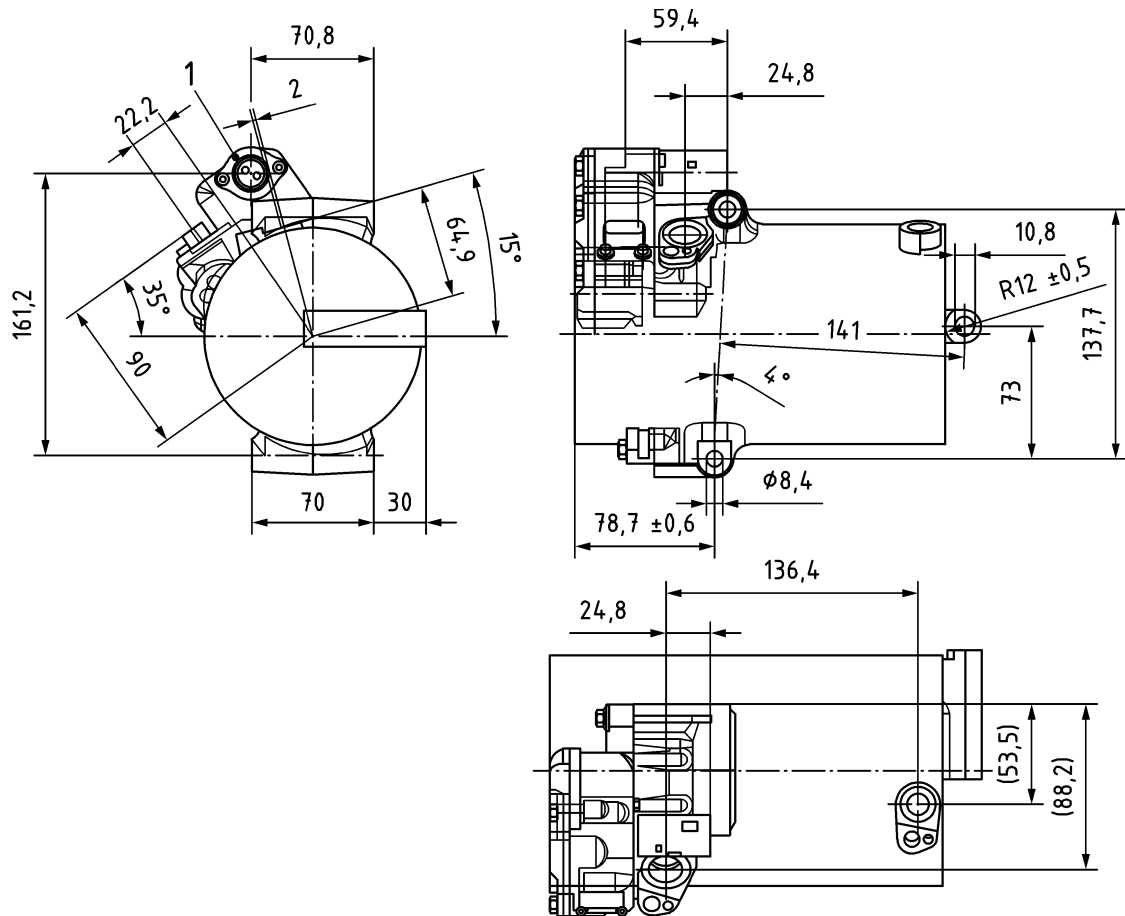


Bild 4 — eKMV Variante D

7.2 Zielgewicht

7.2.1 Allgemeines

Die Gewichtsziele beziehen sich auf eine Umsetzung mit einem Aluminium-Druckgussgehäuse und übliche Werkstoffe für die einzelnen Bauteile, wie bei R134a eKMV nach dem Stand der Technik.

- Gewicht eKMV oLK: 6,5 kg
- Gewicht eKMV mLK: 6,3 kg

Die Gewichtsangaben sind vorbereitet für den fahrzeugseitigen Verbau festgelegt (z. B. ohne Verschlusskappen), jedoch ohne Ölfüllung.

7.3 Anforderungen an die Verbindungstechnik

7.3.1 Anbindung an den Motor bzw. des Komponententrägers

Der eKMV sollte identisch wie die gegenwärtigen eKMV für R134a. mit metrischen Schrauben (Durchmesser, Länge, gewindelänge, Festigkeitsklasse, Schraubenkopf, usw.) am Motor, Motorträger bzw. Befestigungs-konsolen befestigt werden.

7.3.2 Einbindung in den Kältekreislauf

Die Verbindungsstellen zum Kältekreislauf sind die Mutterteile der R744 Verbindungstechnik auf der Niederdruck- und Hochdruck-Seite.

Die Schnittstellen zum R744-Kältekreislauf sind durch die Ausführung und Lage der Anschlüsse der verwendeten Verbindungstechnik definiert. Die Anforderungen aus der DIN SPEC 74102 müssen erfüllt werden.

7.4 Sicherheitsanforderungen

7.4.1 Begrenzung des Hochdrucks

Der eKMV muss mit einem HD-seitigen DBE, bevorzugt als Druckabblaseventil, nach DIN SPEC 74110 ausgestattet werden. Das DBE muss direkt auf der HD-Seite im KMV Gehäuse oder unmittelbar am HD-Austrittsflansch angeordnet sein — vorteilhaft ist die Integration im HD-seitigen Muffler des eKMV. Das Abblasventil bzw. das Berstelement auf der HD-Seite ist daher Bestandteil des Verdichters.

Das DBE muss so platziert werden, dass bei bestimmungsgemäßen Öffnen, das Kältemittel ohne weiteren Schaden zu verursachen, ausströmen kann. Ferner muss das Ausströmen so erfolgen können, dass Personen in der Nähe des Ausströmorts nicht durch das unter hohem Druck entweichende Kältemittel gefährdet werden.

Vom Einbauort des DBE muss das Kältemittel außerhalb der Bereiche Fahrgastraum, Klimagerät, Luftansaugung und Gepäckraum ausgeblasen werden können. Das DBE ist dabei so angeordnet, dass ein direkter Aufprall des Kältemittelstroms aus Kältemittel und Kältemittelöl auf die Abgasführenden Bauteile des Motors gering ist. Bei Verwendung eines Abblasventils sollte bei der Anordnung des DBE berücksichtigt werden, dass ein Einbau eine dauerhafte Ölbenetzung des Ventilsitzes ermöglicht, welches die Dichtheit begünstigen soll.

Die DBE müssen so angeordnet und ggf. geschützt werden, dass externe Einflüsse, wie z. B. Temperatur, Witterung, und Schmutz keinen Einfluss auf die Funktion haben. Die produktionsseitigen Einflussfaktoren müssen prozesssicher umsetzbar sein.

Die DBE sollten so positioniert und ausgeführt werden, dass ein Auslösen oder ein erstmaliges Ansprechen des DBE erkennbar ist.

7.4.2 Isolationswiderstand beim Einschalten des eKMV

Die Einhaltung des Isolationswiderstandes beim Einschalten des eKMV ist durch konstruktive Maßnahmen am Bauteil und durch Maßnahmen im Produktionsprozess zu gewährleisten. Die verwendete Drahtqualität und die Isolierung der spannungsführenden Bauteile müssen beständig gegenüber den elektro-chemischen Belastungen sein.

7.5 Anforderung an Werkstoffe und Fertigung

7.5.1 Allgemeines

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 kältekreislaufseitig zum Einsatz kommenden Medien (Kältemaschinenöl, Kältemittel).

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

7.5.2 Korrosionsbeständigkeit und Oberflächenschutz

Der Oberflächenschutz ist unabhängig vom Kältemittel und muss dem Stand der Technik entsprechen und die spezifischen Anforderungen der Fahrzeughersteller erfüllen.

7.5.3 Kältemaschinenöl

7.5.3.1 Allgemeines

Die Kältemaschinenöle für R744 eKMV sind synthetische Schmierstoffe auf Basis von PAG und stellen eine ausreichende Schmierung aller beweglichen Triebwerksteile des Kältemittelverdichters sicher. Des Weiteren wird Wärme von Bauteilen abgeleitet und das Kältemaschinenöl/Kältemittel-Gemisch unterstützt die Abdichtfunktion für den Verdichtungsprozess. Das Kältemaschinenöl/ Kältemittel vermeidet mit einem hohen elektrischen Widerstand eine elektrische Leitung. In den unterschiedlichen Betriebs- und Lastzuständen sollten Mischungslücken vermieden werden. Neben einer guten Mischbarkeitscharakteristik mit R744 sind gute tribologische Eigenschaften, gute Kältefließeigenschaften, hohe Alterungsbeständigkeit und eine hohe chemische Stabilität unter Kältemiteleinfluss erforderlich.

7.5.3.2 Anforderungen

Die Kältemaschinenöle entsprechen in ihren Eigenschaften den Anforderungen der DIN SPEC 74119.

Für alle R744-Kältekreisläufe mit mechanischen und elektrischen Kältemittelverdichtern besteht die Zielsetzung ein einheitliches Kältemaschinenöl einzusetzen.

Das vom Komponentenhersteller festgelegte Kältemaschinenöl muss:

- frei im Markt verfügbar sein
- mischbar sein mit bis zu 50 % Kältemaschinenölen welche die Anforderungen der DIN SPEC 74119 erfüllen und von den Fahrzeugherstellern für R744 Kältekreisläufe freigegeben sind.

7.5.4 Innere Reinheit

Der eKMV ist so auszuführen, dass die zulässigen Grenzen für die innere Reinheit nicht überschritten werden.

Tabelle 7 — Innere Reinheit eKMV

	Größe mm	Härte HV	Menge mg
max. Partikelgröße und Menge im Verdichter	0,5 × 0,5 × 1,0	bis 400	17
		> 400 bis ≤ 1 000	1
		> 1 000	0

Größere Partikel sind erlaubt, wenn sie sehr weich sind (z. B. Gummi, Baumwollfasern u.ä.).

8 Betriebsbedingungen

8.1 Umgebungstemperatur

Die Dauerhaltbarkeit des eKMV muss bei folgenden Umgebungstemperaturen gegeben sein:

- AC on –20 °C bis 135 °C
- AC off und Kommunikation gewährleistet –40 °C bis 135 °C

Bei anwendungsspezifischen höheren Umgebungstemperaturen (bis 150 °C) müssen spezifische Untersuchungen durchgeführt werden.

8.2 Temperaturen im Betrieb

Ein Betrieb des R744-Kältekreislaufs bis zu einer maximalen Heißgastemperatur von 165 °C am eKMV-Austritt muss möglich sein. Die Dauerhaltbarkeit der Komponente ist dabei zu gewährleisten.

Wenn höhere Heißgastemperaturen als 165 °C (< 180 °C) zugelassen werden, sind kritische Temperaturen am eKMV einzugrenzen; die Dauerhaltbarkeit muss dann durch detaillierte Versuche im System abgesichert werden.

8.3 Temperaturprofil für die Auslegung der elektrischen Komponenten

Für die Auslegung der elektrischen Baugruppen sind neben den Umgebungstemperaturen die folgenden Kriterien zu berücksichtigen

- Einfluss Kältekreislaufeigenschaften auf thermisches Verhalten der Bauteile;
- Einfluss Kältekreislaufeigenschaften auf Leistungsaufnahme und Auslegung des elektrischen Antriebsmotor;
- Einfluss von Gehäusewandungsstärke auf Wärmeübergang und Sauggaskühlung;
- Häufigkeit der Umgebungstemperatur nach Tabelle 8.

Tabelle 8 — Anteilige Temperaturen A/C-Betrieb für Umgebung eKMV

Temperatur °C	V %
–40	1
23	15
60	25
80	35
85	23
150	1

8.4 Druckanforderungen

Tabelle 9 — Drücke eKMV

	Maximaler Druck MPa	Berstdruck MPa	Berstdruck bei °C
ND-Seite	13	26	~*)
HD-Seite BoL	17	34	~*)
HD-Seite EoL	17	25,5	165

Die Anforderungen nach Bauteilalterung sind nach SAE J639:2011-12, 6.1.2, zu erfüllen.

Für den Nachweis der Berstdruckfestigkeit nach Bauteilalterung ist die Berstdruckprüfung nach einem HTOE Test durchzuführen.

Die Berstdruckprüfung ist im Ablauf und Durchführung mit einer anerkannten Prüfanstalt zu qualifizieren.

BEISPIEL Materialprüfanstalt der Universität Stuttgart (MPA).

Für den eKMV ist die Auslegung in den Teilen, die nicht mit HD beaufschlagt sind, gemäß „ND-Seite“ zulässig.

8.5 Verdichterdrehzahl

8.5.1 Allgemeines

Die geforderte Minstdrehzahl muss bei niedrigen und mittleren Lastbedingungen stabil betrieben werden können, nach dem der eKMV mit der Zuschaltdrehzahl von 800 1/min in Betrieb genommen wurde. Aus akustischen Gründen wird die max. Dauerdrehzahl auf 8 000 1/min begrenzt.

8.5.2 Zulässige Drehzahlen

Tabelle 10 — Zulässige Drehzahlen eKMV

Zulässige Drehzahlen eKMV	1/min
Minstdrehzahl	600
Max. Dauerdrehzahl $n_{\max}$	8 000

9 Funktionsprüfungen

9.1 Allgemeines

Für die im Weiteren aufgeführten Funktionsprüfungen gilt:

- Die entsprechenden Vorgaben/Bedingungen sollten in Abstimmung zwischen Hersteller und Fahrzeughersteller im Laufe des Entwicklungsfortschritts überprüft werden. Alle Messpunkte der Erprobungs-Matrix sind nach angemessenem Einlauf des eKMV aufzunehmen. Hierzu sind die geforderten FAT-Testabläufe durchzuführen und zu dokumentieren. Die erzeugten Messergebnisse in Entwicklungsprozess sind Bestandteil der Lieferung der eKMV.

- Die Funktionsprüfung beinhaltet die Aufnahme der NVH-Werte nach Tabelle 14 mit den festgelegten Betriebspunkten in Tabelle 13 bei den eKMV-Herstellern und der Verifizierung bei den Fahrzeugherstellern. Sie kann in Absprache zwischen Hersteller und Fahrzeughersteller ergänzt und erweitert werden (z. B. durch Akustikwerte).

9.2 Betriebspunkte für die Funktionsprüfung (AC-, Fondverdampfer-, Wärmepumpen-, Chiller-Lasten)

Tabelle 11 — Matrixpunkte für die Bewertung der Leistungscharakteristik

Set	Versorgungs- Spannung ^a V	Hochdruck p_d MPa	Niederdruck p_s MPa	Überhitzung ÜH K	Umgebung KMV °C
AC1	U_T_typ	5,0	3,5	25	100
AC2	U_T_typ	7,5	3,5	25	100
AC3	U_T_typ	10,5	3,5	25	100
AC4	U_T_typ	12,5	3,5	25	100
AC5	U_T_min	13,0	3,5	25	100
High Thermal	U_T_min	10,5	4,5	40	100
WP1	U_T_typ	5,0	3,5	10	80
WP2	U_T_typ	8,0	2,7	10	60
WP3	U_T_typ	10,5	2,0	10	40
WP4	U_T_typ	8,0	2,0	0	-20
WP5	U_T_typ	10,5	2,0	0	-20
WP6	U_T_typ	12,0	2,7	0	-20
WP7	U_T_typ	13,0	3,5	0	-20
WP8	U_T_typ	13,0	1,0	Ts: -40°C	-20
WP9	U_T_typ	13,0	2,7	Ts: -10°C	-20
WP10	U_T_typ	12,5	2,0	Ts: -15°C	-10
WP11	U_T_typ	12,5	3,2	Ts: -0°C	-10
WP12	U_T_typ	12,0	2,0	5	-10
WP13	U_T_typ	12,0	2,7	5	-10
WP14	U_T_typ	12,0	4,0	5	-10
WP15	U_T_typ	12,0	5,0	5	-10
WP16	U_T_typ	10,5	2,7	5	0
WP17	U_T_typ	10,5	4,0	5	0
WP18	U_T_typ	10,5	5,0	5	0
WP19	U_T_typ	10,5	6,5	5	0
BK1	U_T_typ	8,0	5,0	5	120
BK2	U_T_typ	10	6,2	5	120

^a Definition gemäß LV123

Tabelle 12 — Funktionsprüfung eKMV

	Set	Drehzahl eKMV 1/min	Massenstrom R744 kg/h	Leistungsaufnahme, elektrisch kW	Zielwert Luftschall dB(A)	Pulsation, Hochdruck, Zielwert kPa RMS	Pulsation, Niederdruck, Zielwert kPa RMS	Vibration, 3 Raumachsen gemittelt Zielwert m/s ² RMS
Matrix, accel.	AC1	800	> 23)	< 0,1				
Matrix	AC2	800	> 21	< 0,3				
Matrix	AC2	1 500	> 34	< 0,5	< 50	< 5,3	< 0,42	1
Matrix	AC2	3 000	> 72	< 0,9	< 57	< 5,3	< 0,53	2
Matrix	AC2	5 000	> 121	< 1,6	< 62	< 5,3	< 0,53	6
Matrix	AC2	7 000	> 170	< 2,5	< 67	< 7,1	< 0,53	10
Matrix	AC2	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
Matrix	AC3	800	> 19	< 0,5				
Mtx, NVH	AC3	1 500	> 32	< 0,7	< 50	< 5,3	< 0,42	1
Mtx, NVH	AC3	3 000	> 70	< 1,2	< 57	< 5,3	< 0,53	2
Matrix	AC3	5 000	> 119	< 2	< 62	< 5,3	< 0,53	6
Matrix	AC3	7 000	> 168	< 3	< 67	< 7,1	< 0,53	10
Matrix	AC3	8 000	> 190	< 3,6	< 70	< 7,1	< 0,53	15
Matrix, accel.	AC4	1 500	> 29	< 0,9	< 50	< 5,3	< 0,42	1
Matrix	AC4	3 000	> 67	< 1,5	< 57	< 5,3	< 0,53	2
Matrix, NVH	AC4	5 000	> 117	< 2,4	< 62	< 5,3	< 0,53	6
Matrix	AC4	7 000	> 167	< 3,5	< 67	< 7,1	< 0,53	10
Matrix, I), accel., NVH	AC4	8 000	> 190	< 4,7	< 70	< 7,1	< 0,53	15
Matrix	AC5	1 500			< 50	< 5,3	< 0,42	1
Matrix	AC5	3 000	> 63	< 1,8	< 57	< 5,3	< 0,53	2
Matrix	AC5	5 000	> 113	< 2,8	< 62	< 5,3	< 0,53	6
Matrix	AC5	7 000	> 163	< 4	< 67	< 7,1	< 0,53	10
Matrix, accel.	AC5	8 000	> 183	< 4,6	< 70	< 7,1	< 0,53	15
Matrix, accel.	High thermal	800	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
HP	HP1	1 500	> 34	< 0,5	< 50	< 5,3	< 0,42	1
HP	HP2	3 000	> 72	< 0,9	< 57	< 5,3	< 0,53	2
HP	HP3	5 000	> 121	< 1,6	< 62	< 5,3	< 0,53	6
HP	HP4	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
HP	HP5	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
HP	HP6	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
HP	HP7	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
HP	HP8	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
HP	HP9	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
HP	HP10	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
HP	HP11	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
HP	HP12	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
HP	HP13	5 000	> 113	< 2,8	< 62	< 5,3	< 0,53	6
HP	HP14	3 000	> 67	< 1,5	< 57	< 5,3	< 0,53	2
HP	HP15	2 000	a)					
HP	HP16	3 000	> 67	< 1,5	< 57	< 5,3	< 0,53	2
HP	HP17	2 000	a)					
HP	HP18	1 500	> 29	< 0,9	< 50	< 5,3	< 0,42	1
HP	HP19	800	> 23)	< 0,1				
BK	BK1	5 000	> 113	< 2,8	< 62	< 5,3	< 0,53	6
BK	BK2	5 000	> 113	< 2,8	< 62	< 5,3	< 0,53	6

^a Belastungspunkte werden nach Erarbeitung und Absicherung mit Prototypen ergänzt und die vorgegebenen Lastpunkte verifiziert.

9.3 FAT-Test

Die in Tabelle 15 festgelegten FAT-Punkte sind Bestandteil für die Auslieferung der ersten prototypischen eKMV und werden nach den jeweiligen Bewertungen bestätigt bzw. angepasst.

Alle hergestellten Musterteile müssen mit einem identischen FAT vor Auslieferung geprüft werden.

Für spezifische Erprobungsteile ist die Durchführung des vollständigen FAT-Testes erforderlich. Dafür sind die definierten Prüfpunkte aufzunehmen und dem Fahrzeughersteller mit Auslieferung der eKMV zu übergeben. Aus den Messdaten müssen sich alle relevanten Leistungs-, Effizienz und übrigen Kennwerte darlegen oder ableiten lassen.

Für allgemeine Erprobungsmuster wird ein reduzierter aber einheitlicher Testumfang festgelegt.

Tabelle 13 — Definition der FAT-Punkte

Matrix	Set	Drehzahl eKMV 1/min	Kältemittel Massenstrom R744 kg/h	Leistungsauf- nahme elektrisch kW	Luft- schall Zielwert dB(A)	Pulsation, HD-Seite Zielwert kPa RMS	Pulsation, ND-Seite Zielwert kPa RMS	Vibration, 3-Raum- achsen Zielwert m/s ² RMS
Tabelle 14	AC1	800	> 23)	< 0,1				
Tabelle 14	AC4	1 500	> 29	< 0,9	< 50	< 5,3	< 0,42	1
Tabelle 14	AC4	5 000	> 117	< 2,4	< 62	< 5,3	< 0,53	6
Tabelle 14	AC4	8 000	> 190	< 4,7	< 70	< 7,1	< 0,53	15
Tabelle 14	High Thermal	800	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tabelle 14	HP13	5 000	> 190	< 4,7	< 70	< 7,1	< 0,53	6
Tabelle 14	BK1	4 000	> 113	< 2,8	< 62	< 5,3	< 0,53	6
Tabelle 14	AC4	5 000	> 117	< 2,4	< 62	< 5,3	< 0,53	6

9.4 Prüfstandsdauerlauf

9.4.1 Allgemeine Anforderungen

Raffertests sind Schnelltests zur Ermittlung der Robustheit. Diese sind frühzeitig in der Entwicklung zur Absicherung der Funktionstüchtigkeit durchzuführen. Deren erfolgreicher Abschluss ist Grundlage für die Aufnahme der weiteren Dauerlauferprobung.

ANMERKUNG Zwischen Hersteller und Fahrzeughersteller kann ein Dokumentationsumfang für die Entwicklungsprüfung vereinbart werden, welcher eine vollständige Dokumentation der Dauerläufe und Ergebnisse umfasst und welche durch interne Herstellertests der eKMV Typen ergänzt werden kann.

9.4.2 Raffertest

Der Schnelltest zur Prüfung der Robustheit ist in einem frühen Zeitpunkt der eKMV Entwicklung durchzuführen.

Der gesamte Zyklus ist 5-mal zu wiederholen und Abweichungen sind anzuzeigen.

Tabelle 14 — Anforderungen Raffertest

Raffertest bei Drehzahl [U/min]	eKMV					
	Boost			Extrem Idle 1 500 1/min	Drehzahl max.	High Thermal Load 800 1/min
	0 bis 7 000	7 000	0			
Boost Zeit s	15 s	40 s	5 s			
Bedingungen (Tabelle 13)	Set AC5			Set AC4	Set AC5	High Thermal Load
Hochdruck/Saugdruck nach/vor Verdichter MPa	13/3,5			12,5/3,5	13/3,5	10,5/4,5
Überhitzung vor Verdichter K	25			25	25	40
Temperatur vor Verdichter °C	25 ± 0,5			25 ± 0,5	25 ± 0,5	40 ± 0,5
Spannungslage hoch V	280			245	280	200
Spannungslage niedrig V	130			110	130	80
Laufzeit in h	10			5	15	10
Umgebungstemperatur/Luftgeschwindigkeit über Inverter angeströmt	100 °C/6m/s					

9.4.3 Prüfstandsdauerlauf — HTOE

Die in der Tabelle festgelegten Prüfkriterien für den HTOE sind Bestandteil für die Auslieferung der ersten prototypischen eKMV und werden nach den jeweiligen Bewertungen bestätigt bzw. angepasst.

Tabelle 15 — Dauerlaufforderungen gemäß HTOE

Relevanter Betriebsmodus	Temp.- Bereich 1 -40 °C	Temp.- Bereich 2 23 °C	Temp.- Bereich 3 60 °C	Temp.- Bereich 4 80 °C	Temp.- Bereich 5 85 °C	Temp.- Bereich 6 150 °C
Klimatisierungsbetrieb 8 200 h	1 %	15 %	25 %	35 %	23 %	1 %
Batteriekühlbetrieb 4 800 h Vorkonditionierung	5 %	20 %	65 %	8 %	2 %	0 %
Passiver Betrieb 24 000 h unter HV-Spannung	0 %	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Gemittelte Verteilung der Betriebsmodi	0,87 %	70,78 %	13,97 %	8,79 %	5,36 %	0,22 %

Zur realistischen Rafferung der thermischen Belastungen ist der Test unterteilt in:

- Betriebszustand IIa (ohne Betriebslast); Umgebungstemperatur 135 °C Prüfdauer 1 180 h
- Betriebszustand IIb/IIc; Umgebungstemperatur 100 °C Prüfdauer 700 h

Tabelle 16 — Prüfbedingungen HTOE für Betriebszustand 2b/2c

Test-Zyklus	Zyklus Zeit h	Punkt	t^a	Drehzahl 1/min	T_U^b °C	HD MPa	ND MPa	T_S^c °C	U_T^d
Boost	10	1a	15 s	800 bis 7 000	100	[12,5]	[3,5]	[25]	U_{Tx0}
		1b	40 s	7 000	100	12,5	3,5	25	U_{Tx0}
		1c	5 s	0	100	[12,5]	[3,5]	[25]	U_{Tmax}
Extrem Idle	5	2	-	1 500	100	11	4,5	25	$0,8 \times U_{Tx0}$
Max. Drehzahl	15	3	-	N_{max}	100	12,5	3,5	25	U_{Tmax}
Hohe Them. Last	10	4	-	n_{min}	100	11	4	30	U_{Tmin}
Hoch- Temperatur	30	5a	10 min	7 000	100	11	5	45	U_{Tmax}
		5b	4 min	0	100	[11]	[5]	[45]	U_{Tmax}
Laden/ Vorkonditio- nierung	20	7a	5 h	5 000	100	11	5	40	U_{Tmax}
		7b	5 h	1 000	100	5	3,5	5	U_{Tmax}
Wärme- pumpe	10	8		6 000	100	12,5	2	-15	U_{Tmax}
	Σ 100								

^a Zeit für Stabilisierung der Hochfahrrampe On/off

^b Umgebungstemperatur

^c Sauggastemperatur

^d Test Spannung gemäß LV148/LV123

Ergänzende Ausführungen:

Gesamtprüfzeit: 700 h werden erreicht durch 7-malige Wiederholung des 100 h-Ablaufs

Drehzahlen: Resonanzen sind zu vermeiden; daher sind ggf. Abweichungen von max. 300 1/min zulässig

Drücke: Die Fett markierten Drücke sind einzuhalten, geklammerte Werte dienen als Referenz, da bei AUS-Zuständen sich dynamische Veränderungen abhängig vom Prüfaufbau ergeben.

Feuchtigkeit: Die Feuchtigkeit im Kältemittelkreislauf muss beim Test 300 ppm betragen

Ölumlaufrate: die Ölumlaufrate beim Test muss den bei Fahrzeugmessungen ermittelten Werten entsprechen