

ICS 43.040.60

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

Road vehicles –
R744-Air-conditioning systems –
Electric coolant compressor;
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 91 Seiten

DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil)

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 eKMV	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Lebensdauer	8
5.3 Lagerfähigkeit	8
6 Funktionsbeschreibung	9
6.1 Leistungsklassen	9
6.2 Allgemeine funktionelle Anforderungen	9
6.3 Bereitstellung Kältemittelmassenstrom — Kälteleistungs- und Effizienzanforderungen	9
6.4 Funktion	11
6.5 Funktion beim Ein- und Ausschalten	11
6.6 Dichtheit nach Außen	12
6.7 Beständigkeit des eKMV bei spontaner Kältemittelverlust	12
6.8 Funktion bei im Arbeitsfluid 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	14
7.1 Konstruktive Gestaltung	14
7.2 Zielgewicht	18
7.3 Anforderungen an die Verbindungstechnik	18
7.4 Sicherheitsanforderungen	19
7.5 Anforderung an Werkstoffe und Fertigung	19
7.6 Elektrische Anforderungen	21
8 Betriebsbedingungen	21
8.1 Umgebungstemperatur	21
8.2 Temperaturen im Betrieb	21
8.3 Temperaturprofil für die Auslegung der elektrischen Komponenten	21
8.4 Druckerfordernungen	22
8.5 Dichtheit bei Unterdruck	22
8.6 Verdichterdrehzahl	23
9 Funktionsprüfungen	23
9.1 Allgemeines	23
9.2 Betriebspunkte für die Funktionsprüfung	24
9.3 FAT Prüfung	26
9.4 Prüfstandsdauerlauf	26

9.5	Akustik Prüfungen (NVH).....	29
9.6	Dichtheitsprüfung	36
9.7	Unterdruck Dichtheit	38
9.8	Dekompressionsprüfung.....	38
9.9	Berstdruckprüfung	38
9.10	Korrosionsbeständigkeit.....	39
9.11	Prüfung bei Kältemittelunterfüllung	39
10	Serienprüfung.....	39
Anhang A (informativ) ph-Diagramm mit Kältekreislauf Betriebspunkten		40
Anhang B (informativ) Kältekreislauf ND- und HD-Betriebsgrenzen.....		44

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitskreis NA 052-00-35-51 AK im DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil) 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 (NAAutomobil), 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 elektrische Kältemittelverdichter (eKMV) fest, die in Kältekreisläufen mit dem Kältemittel R744 betrieben werden.

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

2 Normative Verweisungen

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

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

DIN SPEC 74110, *Straßenfahrzeuge — R744-Klimaanlagen — Druckbegrenzungselemente*

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

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

SAE J639:2011-12, *Sicherheitsstandards für Kompressions-Kälteanlage für motorgetriebene Fahrzeuge*

ASTM G 85:2014, *Standard Practice for Modified Salt Spray (Fog) Testing*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Berstdruck

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

3.2

Druckbegrenzungselement

DBE

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

3.3

Abblasventil

Druckbegrenzungselement das bei Übersteigen des max. zulässigen Hochdrucks öffnet und Kältemittel nach außen abströmen lässt und bei reduziertem Druck wieder verschließt.

3.4

FAT

Factory Acceptance Test

Parameterprüfung zur Beurteilung der Auslieferungsgüte von Musterteilen

1) in Vorbereitung

3.5**Liquid start up**

Kältemittel-Förderung des eKMV mit angesaugtem flüssigem Kältemittel

3.6**Mufflerkasten**

druckseitiges Ausgleichsvolumen, integriert im eKMV zur Reduzierung der Gaspulsation

3.7**Package**

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

3.8**Rafferprüfung**

verkürzter Dauerlaufprüfung und deutlich erhöhten Lastbedingungen

3.9**OCR Messung**

Messung der kontinuierlichen Ölumlauftrate im Kältekreislauf

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 1/min
COP	Kälteleistungsziffer (Coefficient of Performance)
DBE	Druckbegrenzungselement
EoL	Ende der Lebensdauer (End of Life)
eKMV	elektrischer Kältemittelverdichter
gUZS	gegen Uhrzeigersinn
HD	Hochdruck
HTOE	Hochtemperatur-Dauerprüfung (high temperature operating endurance test)
HV	Härte Vickers
IWT	innerer Wärmetauscher
LV	Niedervolt-Bereich (low voltage)
mKMV	Mechanischer Kältemittelverdichter
mLK	mittlere Leistungsklasse
ND	Niederdruck
NVH	Geräusch, Vibration, Rauheit (noise vibration harshness)
oLK	obere Leistungsklasse
PAG	Polyalkylenglykol (Schmierstoff)
RMS	quadratischer Mittelwert (root mean squared)

RT	Raumtemperatur
p/T-Sensor	kombinierter Druck- und Temperatursensor
SWAAT	Salzwasser Korrosionsprüfung (Sea Water Acidified Test)
UZS	Uhrzeigersinn
VB	Verbindungstechnik
WP	Wärmepumpe
ZB	Zusammenbau

5 Allgemeine Anforderungen an den eKMV

5.1 Allgemeines

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

Alle Drücke sind stets absolute Drücke.

5.2 Lebensdauer

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

Tabelle 1 — Anforderungen an die Betriebsbedingungen des elektrischen Kältemittelverdichters

Betriebsmodus	Dauer/Zyklen	Kumulierte Dauer		
	h	h		
	Fahrzeug fährt	Fahrzeug fährt	Fahrzeug fährt und im Stand	elektrische Kontaktierung
A/C-System EIN	5 000	8 200	13 000	37 000
Wärmepumpe EIN	3 200			
Standbetrieb AC-ein Hoch Volt-Speicher Management	4 800	n.a.		
Standbetrieb AC-aus Hoch Volt -aktiv	24 000	n.a.	n.a.	

Die Beständigkeit gegenüber Ein-Aus-Zyklen ist sicherzustellen. Die Anzahl der EIN-AUS Schaltungen der elektrischen Bauteile beträgt 450 000 Zyklen.

5.3 Lagerfähigkeit

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

6 Funktionsbeschreibung

6.1 Leistungsklassen

Folgende Leistungsklassen bzgl. der erreichbaren Kälteleistung sind zu entwickeln, siehe auch 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.

Die Austauschbarkeit der eKMV ausgeführt nach dieser DIN SPEC 74116 in gleichen Fahrzeug-Applikationen muss sichergestellt sein. Dies umfasst die Vorgaben wie die Anbindung an den Antriebsmotor oder an das Elektrofahrzeug, die Ausführung in identischen Spannungslagen, die Befestigung der Kältemittelleitungen, die HV - und LV-Kontaktierung als auch die Ansteuerung.

Für die Auslegung des eKMV R744 ist der Betrieb in Kältekreisläufen mit Ein- und Mehr-Verdampfer, sowie Wärmepumpen sicherzustellen.

Ein funktionsgerechter Anbau des eKMV an die Kältemittelleitungen ist sicherzustellen. Der Verdichter muss im Servicefall vom Motor und den Kältemittelleitungen gelöst und „re“-montiert werden können.

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 im Ein- und Mehr-Verdampferbetrieb;
- Klimatisierung im Stand 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.

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 festgelegten thermodynamischen 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.

Die Auslegung und die Ansteuerung des eKMV müssen sicherstellen, dass die Kälteleistungsanforderungen mit optimaler Effizienz erreicht werden.

Die Ansteuerung des Kältemittelverdichters und damit die Bereitstellung eines passenden Kältemittelmassenstroms erfolgt als Funktion der geforderten luftseitigen Kälteleistung auf der Luftseite und/oder am Chiller.

6.3.2 Definition der Auslegungspunkte

Tabelle 2 — Auslegungspunkte für eKMV

Auslegungs- punkt	Kommentar	ND MPa	HD MPa	Temperatur R744 eKMV Eintritt °C	Temperatur R744 Gaskühler Austritt °C	Δh Verdampfer kJ/kg	Drehzahl eKMV 1/min
I	Fahrzustand MAX Cool	3,5	12,5	15	48	132	$n_{\max} =$ 8 000 ^a
II	IDLE	3,5	12,5	31	53	130	$\approx 0,55 n_{\max}$
III	externe Limitierung P_{el} bei IDLE	4,5	12,2	45	53	134	$\approx 0,22 n_{\max}$
IV		3,5	8	25	33	154	$n_{\min}$
V		4,5	10,5	36	46	126	$n_{\min}$
VI	MIN Cool Winter	4	5,3	14	16	nicht messbar	$n_{\min}$

^a Deckelung der maximalen Drehzahl $n_{\max} \leq 8\,000/\text{min}$ aus akustischen Gründen

ANMERKUNG Die spezifizierte Verdampfer Enthalpie (Δh Verdampfer) ist für die Definition des Kältemittelmassenstroms bei der in dem Betriebspunkt spezifizierten Kälteleistung erforderlich.

6.3.3 Definition Kälteleistung, Massenstrom und Effizienz in den Auslegungspunkten

Tabelle 3 — Anforderungen oLK (7,5 kW)

Auslegungs- punkt	Kälteleistung $\dot{Q} = \dot{m}Q = \dot{m} \times \Delta h$ kW	R744 Massenstrom $\dot{m}$ kg/h	Kälteleistungsziffer $COP = \frac{\dot{Q}}{P_{el}}$
I	9,8	270	$> 1,5$
II	4,2	126	$> 1,68$ (bei P_{el} 2,5 kW)
III	1,6	43	> 1
IV	1,1	25	$> 1,2$
V	0,67	19	$> 0,7$
VI	offen	20	offen

Tabelle 4 — Anforderungen mLK (6,5 kW)

Auslegungspunkt	Kälteleistung $\dot{Q} = \dot{m}Q = \dot{m} \times \Delta h$ kW	R744 Massenstrom $\dot{m}$ kg/h	Kälteleistungsziffer $COP = \frac{\dot{Q}}{P_{el}}$
I	8,5	235	> 1,5
II	3,64	109	> 1,68 (bei P_{el} 2,5 kW)
III	1,4	37	> 1
IV	0,95	21	> 1,2
V	0,56	16	> 0,7
VI	offen	17	offen

6.4 Funktion

Der eKMV muss in den beschriebenen Betriebsfällen dauerhaft funktionieren bei:

- maximaler Drehzahl;
- minimaler Drehzahl;
- hohen oder niedrigen Saugdrücken (für Wärmepumpen-Betrieb oder aktiver Wärmetauscher-Batteriekühlung);
- maximalem Druckverhältnis;
- minimalem Druckverhältnis.

6.5 Funktion beim Ein- und Ausschalten

6.5.1 Allgemeines

Der eKMV muss über ein definiertes Start- und Ausschaltverhalten verfügen. Damit ist sichergestellt, dass der gewünschte Kältemittelmassenstrom unmittelbar nach dem Einschalten mit der minimal möglichen Einschalt-drehzahl vorliegt und nach dem Ausschalten sofort endet.

6.5.2 Regelbarkeit/Anlaufverhalten

Um ein definiertes Startverhalten sicherzustellen, wird die Startdrehzahl mit $n = 800$ 1/min festgelegt.

Der eKMV muss uneingeschränkt tauglich sein für:

- zyklischer 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 mind. 2 500 1/min in einer Sekunde;
- Abregelung: Drehzahländerung mind. 10 000 1/min in einer Sekunde;
- Auflösung: Drehzahlsignal max. 50 1/min;
- Drehzahlschwankungen: maximal 20 1/min vom Sollwert.

ANMERKUNG Die Werte für die Aufregelung wurden von bekannten eKMV aufgenommen. Nach dem Vorliegen ausreichender Daten werden die Werte angepasst.

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

Der geforderte Isolationswiderstand vom Kältemaschinenöl ist sicherzustellen.

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

Für den eKMV muss der Isolationswiderstand im Betrieb > 5 MΩ betragen.

6.6 Dichtheit nach Außen

Der eKMV muss die Dichtigkeitsanforderungen bei statischem und dynamischem Betrieb im neuen und im eingelaufenen Zustand von ≤ 10 g/a erfüllen.

Dieser Summenwert umfasst die Leckagen der statischen Gehäusedichtstellen, dem DBE, der Anbindung an den Kältekreislauf nach DIN SPEC 74102 und ggfs. Undichtheiten der Gehäusebauteile oder der Inverter-Anbindung.

Bei Atmosphärendruck (außen) darf bei gleichem ein und auslassseitigem Druck entsprechend dem statischen Lastkollektiv für die R744 HD-Seite (Tabelle 17) darf eine Leckrate 5 g/a nicht überschritten werden.

6.7 Beständigkeit des eKMV bei spontaner Kältemittelverlust

Im Fall des ungeplanten spontanen Entleerens des R744-Kältekreislaufs darf der eKMV keinen Schaden nehmen. Dabei ist es unerheblich, welcher Betriebszustand bei der Entleerung herrschte.

6.8 Funktion bei im Arbeitsfluid umlaufenden Partikeln

Der eKMV muss mechanisch robust gegenüber im Kältekreislauf zirkulierenden spezifizierten, unlöslichen, ablösbaren und/oder schwemmbar Verunreinigungen sein.

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

Unabhängig vom Vorhandensein eines systemseitigen Filterelements dürfen Verschmutzungen nach Tabelle 5 im Gesamtsystem (inkl. der geforderten technischen Sauberkeit des eKMV aus 7.5.4) keine Funktionsbeeinträchtigungen verursachen. Dieses gilt auch für das Entstehen von hydro-abrasiver Erosion und Kavitationsschäden.

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 ^a
		> 400 bis ≤ 1 000	2 ^a
		> 1 000	0
^a beinhaltet die Verschmutzung des eKMV			

6.9 Sicherheitsfunktion

Der eKMV muss mit einem HD-seitigen DBE nach DIN SPEC 74110 ausgestattet sein. Bei einem Überschreiten des max. zulässigen Drucks auf der HD-Seite, muss das DBE das Kältemittel abblasen und ein weiterer Druckanstieg verhindert werden.

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 Eigenschädigung des Kältemittelverdichters im Falle eines kurzzeitigen Betriebes ohne Öl vermieden wird.

6.11 Akustik (NVH)

6.11.1 Allgemeines

Der akustische Eintrag in das Fahrzeug durch Verdichtung des Kältemittels und die mechanische Triebwerks-belastung ist zu minimieren. Die übertragenen Geräusche, Schwingungen und Rauheit orientieren sich am Stand der Technik für eKMV.

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

- das Außengeräusch des eKMV in der näheren Umgebung des Fahrzeuges;
- das Außengeräusch des eKMV durch ein vorbeifahrendes Fahrzeug ohne Verbrennungsmotorgeräusch;
- die akustische Übertragungen durch HD- und ND-seitigen Pulsationen oder Körperschall-Übertragungen in den Fahrgastraum;
- Körperschall-Anregung anderer Aggregate durch die Anbindung des eKMV.

Die Geräuschwahrnehmung sollte unabhängig sein, von der Motorausführung und -anordnung ohne Verwendung von externen Ausgleichsbehältnissen (Mufflern).

6.11.2 Gaspulsationsverhalten

Der eKMV sollte auf der HD- und ND-Seite geringe Gaspulsationen aufweisen, weil diese durch den Verbund eKMV und Kältemittelleitungen auf das Fahrzeug übertragen werden können. Die beim Betrieb des eKMV entstehenden Pulsationen sind an den Referenzpunkten Gaskühlereintritt und Akkumulator Austritt nachzuweisen.

6.11.3 Vibrationsverhalten

6.11.3.1 Allgemeines

Der eKMV sollte wenig Vibration verursachen. Vibrationen können durch den Verbund eKMV und Kältemittel-leitungen 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 sein. Die max. Beschleunigungspegel in Abhängigkeit der Drehzahl sind in Tabelle 6 definiert.

Tabelle 6 — Anforderungen für Zielwerte Akustik (NVH)

Drehzahl eKMV	Luftschall	Pulsation (HD-Seite)	Pulsation (ND-Seite)	Vibration 3-Raumachsen gemittelt
1/min	dB(A)	Δp kPa	Δp kPa	m/s ² RMS
20 % $n_{\max}$	< 50	< 5,3	< 0,42	1
35 % $n_{\max}$	< 57	< 5,3	< 0,53	2
60 % $n_{\max}$	< 62	< 5,3	< 0,53	6
80 % $n_{\max}$	< 67	< 7,1	< 0,53	10
$n_{\max}$	< 70	< 7,1	< 0,53	15

6.12 Elektrische Anforderungen

Die elektrischen Anforderungen sind unabhängig vom Kältemittel und können direkt aus den eKMV-Anforderungen (z. B. für R134a) abgeleitet werden. Sie sind dem Komponentenhersteller von den Fahrzeugherstellern zu beschreiben und zu erläutern.

7 Technische Anforderungen

7.1 Konstruktive Gestaltung

7.1.1 Allgemeines

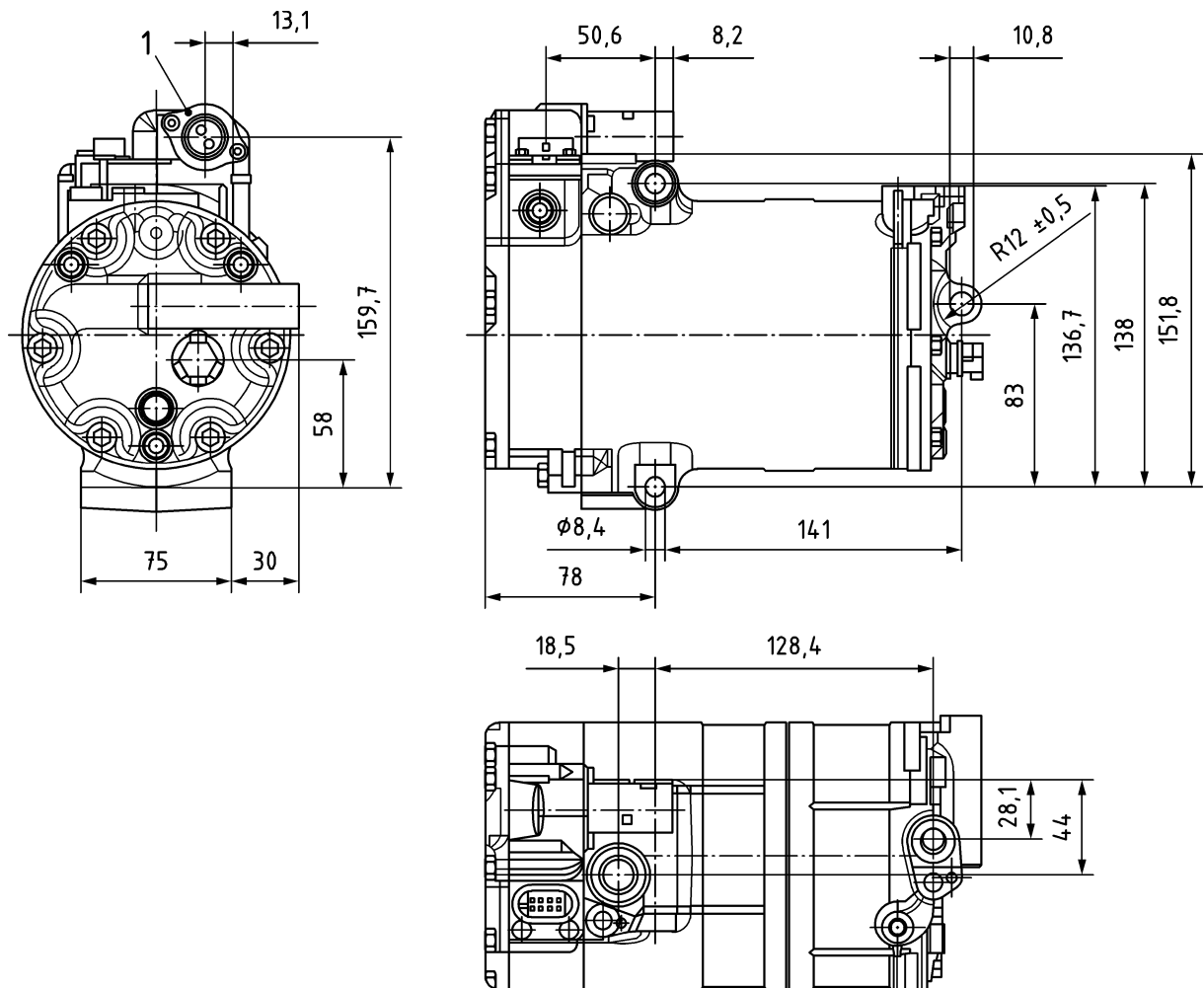
Für die eKMV R744 wird das Package am Motor am Stand der Technik der ausgeführten eKMV (z. B. für R134a) ausgerichtet und berücksichtigt Anwendungsunterschiede. Die Package-Anforderungen für oLK und mLK sind identisch.

Dieses beinhaltet auch die Package-Schnittstellen, wie die Lage der Anschlüsse usw. die unabhängig vom Kältemittel eine identische Position haben müssen (siehe funktionelle Anforderungen in 6.2).

7.1.2 Konstruktive Schnittstellen/Package-Varianten

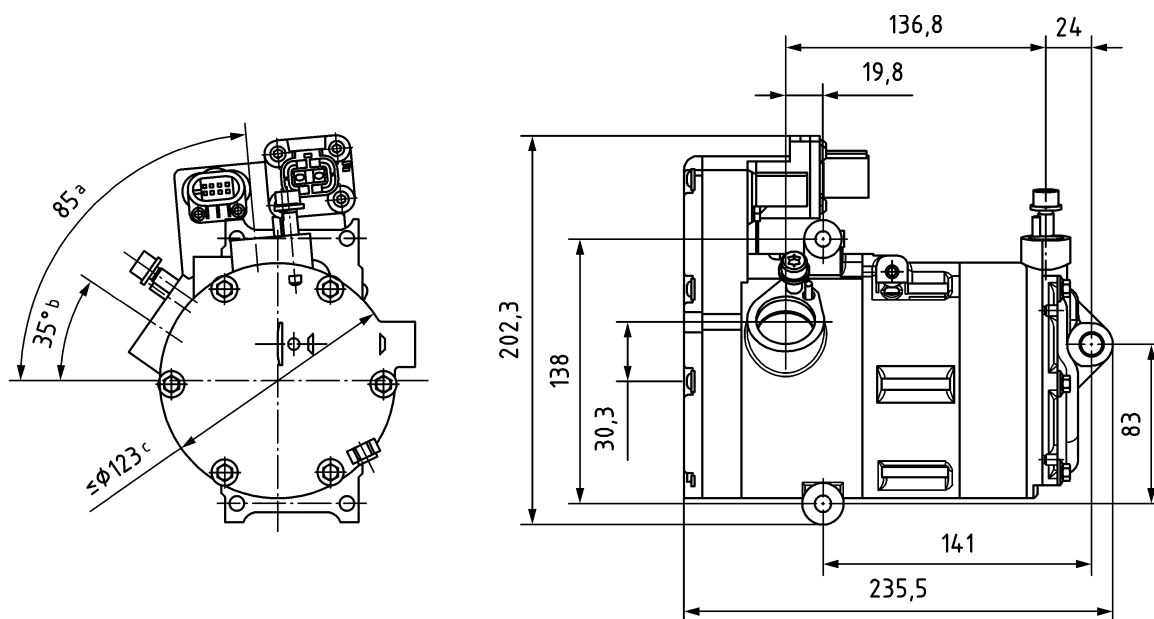
Bilder 3 bis 4 zeigen beispielhaft mögliche Varianten für die Ausführung der Schnittstellen.

Maße in Millimeter

**Legende**1 Hersteller: Hirschmann²⁾**Bild 1 — eKMV Variante A**

2) Hirschmann ist ein Beispiel für den Hersteller eines geeigneten Produktes. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieses Dokuments und bedeutet keine Anerkennung durch DIN.

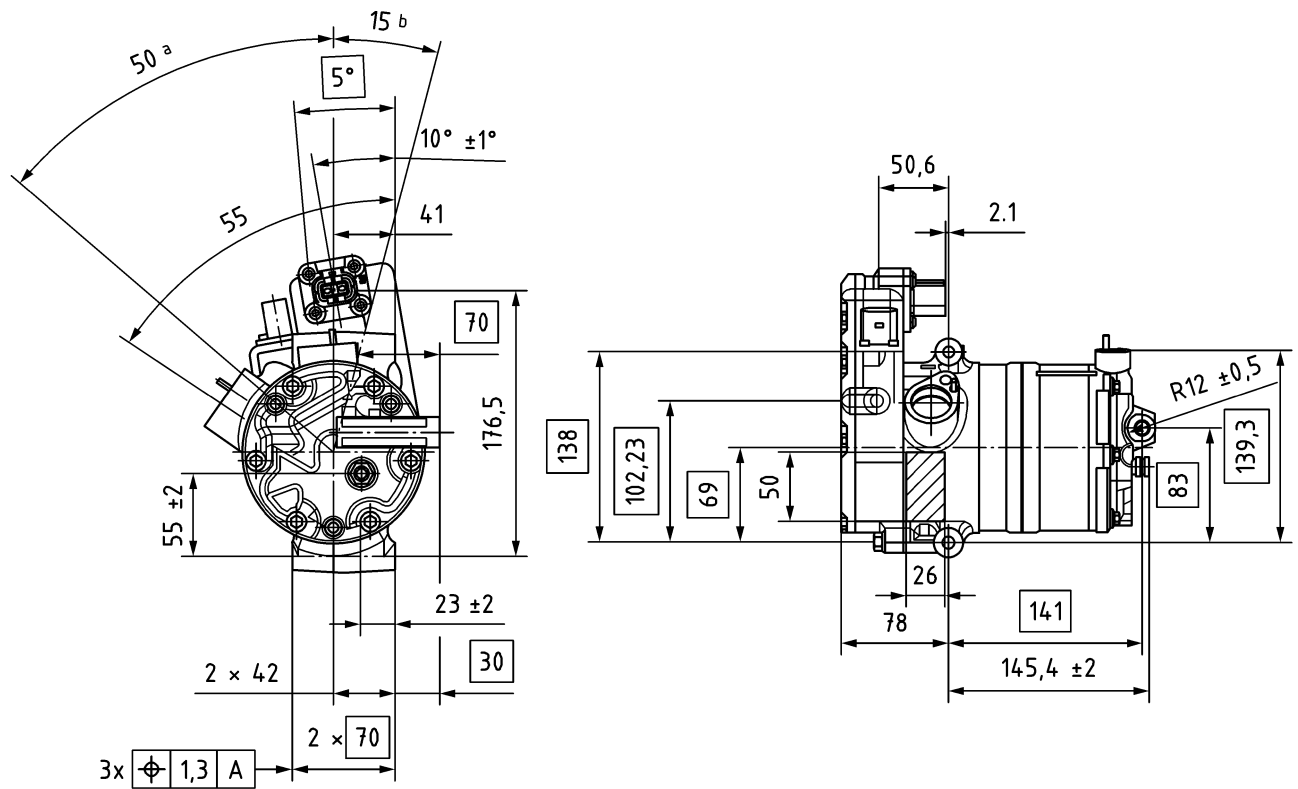
Maße in Millimeter



Legende

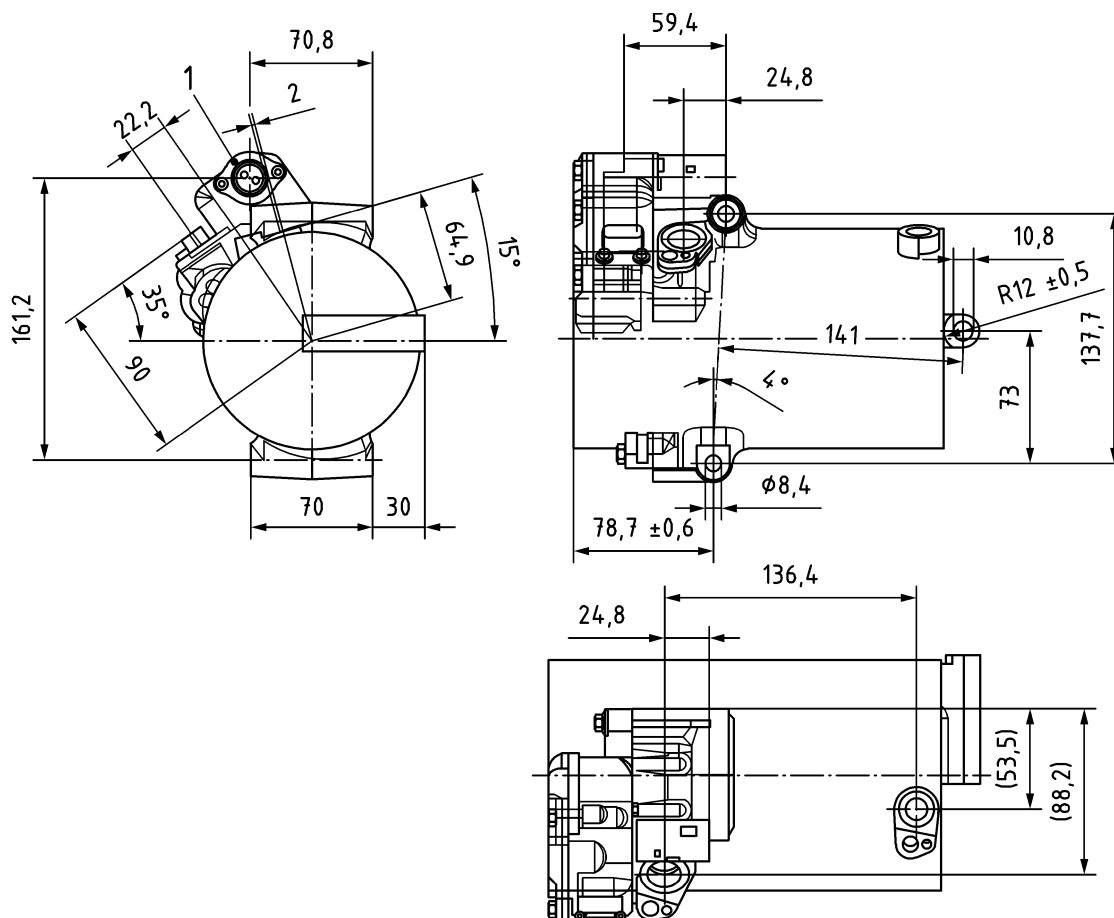
- a HD- Seite
- b ND- Seite
- c eKMV Gehäuse-Durchmesser

Bild 2 — eKMV Variante B

**Legende**

- a max. Installationswinkel gUZS
 b max. Installationswinkel UZS

Bild 3 — eKMV Variante C

**Legende**

1 Hersteller: Hirschmann³⁾

Bild 4 — eKMMV Variante D**7.2 Zielgewicht**

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

- Masse eKMV, oLK: max. 6,5 kg;
- Masse eKMV, mLK: max. 6,3 kg.

Die Gewichtsangaben gelten ohne Ölfüllung für den fahrzeugseitigen Verbau (z. B. ohne Verschlusskappen).

7.3 Anforderungen an die Verbindungstechnik**7.3.1 Anbindung an Motor oder Komponententräger**

Der R744 eKMV sollte entsprechend dem Stand der Technik zu heute üblichen eKMV angebunden sein.

7.3.2 Einbindung in den Kältekreislauf

Die Verbindungsstellen zum Kältekreislauf sind die Mutterteile der R744 VBT nach DIN SPEC 74102 auf der ND- und HD-Seite.

3) Hirschmann ist ein Beispiel für den Hersteller eines geeigneten Produktes. Diese Angabe dient nur zur Unterrichtung der Anwender dieses Dokuments und bedeutet keine Anerkennung durch DIN.

7.4 Sicherheitsanforderungen

7.4.1 Begrenzung des Hochdrucks

Der eKMV muss mit einem HD-seitigen DBE, bevorzugt als Druckabblasventil, nach DIN SPEC 74110 ausgestattet werden. Das DBE muss direkt auf der HD-Seite im eKMV Gehäuse oder unmittelbar am HD-Austrittsflansch angeordnet sein — empfehlenswert ist die Integration im HD-seitigen Muffler des eKMV. Das Abblasventil bzw. das Berstelement auf der HD-Seite ist Bestandteil des Verdichters. Das DBE ist in das Verdichtergehäuse dauerhaft fest und dicht einzubinden.

Das DBE muss so platziert werden, dass bei bestimmungsgemäßen Öffnen, das Kältemittel ohne weiteren Schaden zu verursachen, ausströmen kann. Das Ausströmen muss so erfolgen können, dass Personen in der Nähe des Ausströmortes 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 muss dabei so angeordnet sein, dass ein direkter Aufprall des Kältemittelstroms auf die abgasführenden Bauteile gering ist. Bei Verwendung eines Abblasventils sollte bei der Auswahl und Anordnung berücksichtigt werden, dass möglichst wenig Kältemaschinenöl beim Abblasen freigesetzt wird.

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 bei Montage des DBE müssen prozesssicher beherrscht werden.

Die DBE müssen so positioniert 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 die Konstruktion des Bauteils und durch Maßnahmen im Produktionsprozess sicherzustellen. Die verwendete Drahtqualität und die Isolierung der spannungsführenden Bauteile müssen beständig gegenüber den elektrochemischen 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 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 berücksichtigen und eine ausreichende chemische und thermische Stabilität muss gegeben sein.

7.5.2 Gehäusefestigkeit bei erhöhter Temperatur

Das eKMV Gehäuse hat die Kräfte vom Elektromotor, der Kabeldurchführung ins Gehäuse, der Verdichtung des Kältemittels und der Anbindung an den Motorblock sowie der Befestigung der Kältemittelleitungen aufzunehmen. Wechselnde Druckkräfte herrschen im Gehäuse. Die Wärme ist aus der Verdichtungsarbeit und der mechanischen Reibung abzuleiten, was die Festigkeit der verwendeten Materialien reduzieren kann.

Die Temperatur des Gehäuses ist nicht gleichmäßig: Sie kann bei stationärem und dynamischen Betrieb stark variieren. Sie kann im Verdichtungsbereich hoch sein. Auf der HD-Seite wächst bei steigendem Druckverhältnis die Heißgastemperatur. Hier steigt der Druck zusammen mit der Temperatur an. Das Gehäuse muss trotz der inhomogenen Temperaturen das Kältemittel sicher leiten und zurückhalten.

Das Gehäuse hat eine hinreichende Beständigkeit gegenüber allen Betriebslasten und wirkenden Temperaturen aufzuweisen. Bei Verwendung von Materialien mit Neigung zu thermisch bedingtem Kriechen ist bei der Bewertung der Betriebsfestigkeit das Hochtemperatur Kriechen auf der ND- und HD-Seite (Aluminiumwerkstoffe Materialtemperatur > 125°C) zu berücksichtigen.

7.5.3 Korrosionsbeständigkeit und Oberflächenschutz

Der Oberflächenschutz ist unabhängig vom Kältemittel und muss dem Stand der Technik entsprechen.

7.5.4 Kältemaschinenöl

7.5.4.1 Allgemeines

Die Kältemaschinenöle für R744 eKMV sind synthetische Schmierstoffe auf Basis von Polyalkylenglykol (PAG) und stellen eine ausreichende Schmierung aller beweglichen Triebwerksteile des Kältemittelverdichters sicher. Des Weiteren wird Wärme von Bauteilen abgeleitet und das Kältemaschinenöl/Kältemittel-Gemisch stellt die Abdichtfunktion für den Verdichtungsprozess sicher. Das Kältemaschinenöl/Kältemittel vermeidet mit einem hohen elektrischen Widerstand eine elektrische Leitung. Neben einer guten Mischbarkeitscharakteristik mit R744 sind gute tribologische Kältefließeigenschaften, hohe Alterungsbeständigkeit und chemische Stabilität unter Kältemittelinfluss erforderlich.

7.5.4.2 Anforderungen

Die Eigenschaften des Kältemaschinenöles müssen den Anforderungen der DIN SPEC 74119 entsprechen.

Das vom Komponentenhersteller festgelegte Kältemaschinenöl muss:

- frei im Markt verfügbar sein und
- verträglich sein mit bis zu 50 % Kältemaschinenölen welche die Anforderungen der DIN SPEC 74119 erfüllen.

7.5.5 Technische Sauberkeit

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

Die inneren Oberflächen des mKMV dürfen keine Fertigungsrückstände aufweisen, die während des Betriebes vom Kältemittel R744 und freigegebene Kältemaschinenöl abgelöst werden könnten und somit zur Verschmutzung bzw. Verstopfung des Kältekreislaufs führen.

Für den mKMV gelten die maximal zulässigen Grenzwerte zur technischen Sauberkeit nach Tabelle 7.

Tabelle 7 — Grenzwerte der technischen Sauberkeit

Verschmutzungsgrad bei Anlieferung	Der durch Auswaschen mit Lösungsmittel feststellbare lösliche (fette und ölige) und feste, abschwemmbar Rückstand darf 2,7 mg/dm ² nicht überschreiten. Die Gesamtmenge fester Verunreinigungen darf maximal 18 mg betragen (größer als HV 400 maximal 1 mg, keine Verunreinigungen größer als HV 1 000 zulässig).
maximale Partikelgröße im mKMV bei Anlieferung	Allgemeines: < 200 µm Metallische Partikel (Flittern): maximal < 500 µm; 10 µm Dicke Nichtmetallische fiberartige Partikel: Durchmesser < 50 µm; Länge < 1 000 µm

7.6 Elektrische Anforderungen

Die elektrische Kontaktierung muss mit einem üblichen Stecker nach Stand der Technik ausgeführt werden.

8 Betriebsbedingungen

8.1 Umgebungstemperatur

Die Dauerhaltbarkeit des eKMV muss bei folgenden Umgebungstemperaturen gegeben sein:

- AC on –5 °C bis 135 °C;
- WP an –20 °C bis 135 °C;
- AC off und Kommunikation sichergestellt –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 sicherzustellen.

Wenn höhere Heißgastemperaturen als 165 °C (< 180 °C) zugelassen sind, 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 die folgenden Kriterien zu berücksichtigen:

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

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

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 %

8.4 Druckanforderungen

Tabelle 9 enthält die Werte für die Druckanforderungen.

Tabelle 9 — Drücke eKMV

	Maximaler Druck MPa	Berstdruck MPa	Berstdruck bei °C
ND-Seite	13	26	— ^a
HD-Seite BoL	17	34	— ^a
HD-Seite EoL	17	25,5	165
^a In Übereinstimmung mit SAE J639 und ISO 13043 ist keine Temperatur vorgeschrieben.			

Die Druckbelastung beträgt 1 Minute.

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 einer HTOE Prüfung nach 9.4.3 durchzuführen.

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

Teile des eKMV, die nicht mit HD beaufschlagt werden, dürfen nach ND-seitigen Anforderungen nach 7.5.2 ausgelegt werden.

8.5 Dichtheit bei Unterdruck

Der eKMV muss einem Unterdruck von 5 hPa standhalten.

8.6 Verdichterdrehzahl

8.6.1 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.

8.6.2 Zulässige Drehzahlen

Die zulässigen Drehzahlen sind in Tabelle 10 angegeben.

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 Funktionsprüfungen gilt:

- Die entsprechenden Vorgaben/Bedingungen sollten in Abstimmung zwischen Hersteller und Fahrzeughersteller im Laufe des Entwicklungsfortschritts überprüft werden. Die Messpunkte der Erprobungsmatrix sind nach angemessenem Einlauf des eKMV aufzunehmen. Die geforderten FAT-Abläufe sind durchzuführen und zu dokumentieren. Die erzeugten Messergebnisse im Entwicklungsprozess können Bestandteil der Lieferung der eKMV sein.
- Die Funktionsprüfung beinhaltet die Aufnahme der NVH-Werte nach Tabelle 12 mit den festgelegten Betriebspunkten in Tabelle 11 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).

ANMERKUNG Für die Funktionsprüfung 9.2 bis 9.4 werden charakteristische Bezeichnungen (Set) für die Funktionen des Kältekreislaufs verwendet: AC1 bis AC6 für den AC Betrieb, WP1 bis WP17 für zukünftige WP Betriebspunkte sowie die Betriebsfälle für Batteriekühlung BK1 bis BK2.

9.2 Betriebspunkte für die Funktionsprüfung

Tabelle 11 — Matrixpunkte für die Bewertung der Leistungscharakteristik

Set	Versorgungs- spannung V	HD p_d MPa	ND p_s MPa	Überhitzung ÜH K	Umgebung eKMV °C	
AC1	390	5,0	3,5	25	100	
AC2		7,5				
AC3		10,5				
AC4		12,5				
AC5	250	13,0	4,5	40		
AC6 (High Thermal)		10,5				
WP1	390	5,0	3,5	10	80	
WP2		8,0	2,7		60	
WP3		10,5	2,0		40	
WP4		8,0		0	−20	
WP5		10,5				
WP6		12,0				2,7
WP7		13,0	3,5			
WP8			1,0			Ts: −40°C
WP9			2,7			Ts: −10°C
WP10		12,5	2,0	Ts: −15°C	−10	
WP11			3,2	Ts: −0°C		
WP12		12,0	2,0	5		−10
WP13			2,7			
WP14			4,0			
WP15			5,0			
WP16		10,5	2,7		0	
WP17			4,0			
WP18			5,0			
WP19			6,5			
BK1		8,0	5,0			120
BK2		10,0	6,2			

Tabelle 12 — Funktionsprüfung eKMV

	Set	Dreh- zahl eKMV 1/min	Massen- strom R744 kg/h	Leistungs- aufnahme, elektrisch kW	Zielwert Luftschall dB(A)	Pulsation, HD, Zielwert kPa RMS	Pulsation, ND, 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.	AC6(High thermal)	800	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
WP	WP1	1 500	> 34	< 0,5	< 50	< 5,3	< 0,42	1
WP	WP2	3 000	> 72	< 0,9	< 57	< 5,3	< 0,53	2
WP	WP3	5 000	> 121	< 1,6	< 62	< 5,3	< 0,53	6
WP	WP4	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
WP	WP5	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
WP	WP6	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
WP	WP7	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
WP	WP8	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
WP	WP9	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
WP	WP10	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
WP	WP11	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
WP	WP12	8 000	> 192	< 3,1	< 70	< 7,1	< 0,53	15
WP	WP13	5 000	> 113	< 2,8	< 62	< 5,3	< 0,53	6
WP	WP14	3 000	> 67	< 1,5	< 57	< 5,3	< 0,53	2
WP	WP15	2 000	a					
WP	WP16	3 000	> 67	< 1,5	< 57	< 5,3	< 0,53	2
WP	WP17	2 000	a					
WP	WP18	1 500	> 29	< 0,9	< 50	< 5,3	< 0,42	1
WP	WP19	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.

ANMERKUNG Die Werte in Tabelle 12 gelten zur Orientierung und werden nach dem Vorliegen geeigneter Daten überarbeitet.

9.3 FAT Prüfung

Alle hergestellten Musterteile müssen mit identischem FAT vor Auslieferung geprüft werden, um damit die charakterisierenden Eigenschaften und Leistungsdaten der Versuchsmuster zu dokumentieren.

Die in Tabelle 13 festgelegten FAT-Punkte sind deshalb Bestandteil für die Auslieferung. Sie können in Abstimmung zwischen Lieferant und Fahrzeughersteller nach einer jeweiligen Bewertung bestätigt bzw. angepasst werden.

Tabelle 13 — Definition der FAT-Punkte

Matrix	Set	Drehzahl eKMV 1/min	Kältemittel Massenstrom R744 kg/h	Elektrische Leistungs- aufnahme 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	AC6 (High Thermal)	800	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Tabelle 14	WP13	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

Rafferprüfungen sind Schnellprüfungen 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 Herstellerprüfungen der eKMV Typen ergänzt werden kann.

9.4.2 Rafferprüfung

Der Schnelltest zur Prüfung der Robustheit ist in einem frühen Zeitpunkt der eKMV Entwicklung nach Tabelle 14 durchzuführen.

Der gesamte Zyklus ist 5-mal zu wiederholen.

Tabelle 14 — Anforderungen Rafferprüfung

Rafferprüfung bei Drehzahl 1/min	eKMV				
	Boost			Extrem IDLE	Drehzahl max.
	0 bis 7 000	7 000	7000 bis 0	1 500	Hohe thermische Last 800
Boost Zeit (s)	15	40	5		
Bedingungen (Tabelle 13)	Set AC5			Set AC4	Set AC5
Hochdruck/Saugdruck nach/vor Verdichter (MPa)	13/3,5			12,5/3,5	13/3,5
Überhitzung vor Verdichter (K)	25			25	25
Temperatur vor Verdichter (°C)	25 ± 0,5			25 ± 0,5	25 ± 0,5
Spannungslage hoch (V)	280			245	280
Spannungslage niedrig (V)	130			110	130
Laufzeit (h)	10			5	15
Umgebungstemperatur (°C)	100				
Luftgeschwindigkeit über Inverter angeströmt (m/s)	6				

9.4.3 Prüfstandsdauerlauf — HTOE

9.4.3.1 Allgemeines

Der Hochtemperatur-Dauerlauf muss mit Lieferung der ersten eKMV Muster absolviert werden. Die Kriterien für diesen Prüfstandsdauerlauf werden in Folge einer Bewertung bestätigt oder angepasst.

Zur realistischen Raffung der thermischen Belastungen ist die Prüfung wie folgt unterteilt.

9.4.3.2 Klimakammer Belastungsprüfung

Der erste Teil HTOE wird in einer klimatisierten Belastungskammer durchgeführt. Der eKMV wird nur elektrisch beaufschlagt, der Verdichter steht still, der Wärmeeintrag durch den elektrischen Motor kann durch eine geeignete thermische Last ersetzt werden. Die Umgebungstemperatur ist 135 °C, die Prüfdauer beträgt 1 180 h.

9.4.3.3 Prüfstandsdauerlauf

Der zweite Teil HTOE wird am Prüfstand bei 100 °C Umgebungstemperatur mit einer Gesamtprüfzeit von 700 h (nach Tabelle 15) durchgeführt.

Tabelle 15 — Prüfbedingungen HTOE für Betriebszustand IIb/IIc

Prüfzyklus	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 Therm. 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 An/Aus									
^b Umgebungstemperatur									
^c Sauggastemperatur									
^d Prüfspannung									

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 „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 bei der Prüfung 300 ppm betragen.
Ölumlaufrate:	Die Ölumlaufrate bei der Prüfung muss den bei Fahrzeugmessungen ermittelten Werten entsprechen.
Boost:	Zielsetzung ist die Simulation harter Abschaltungen. Zur Vorbereitung der Prüfungen müssen Einstellungen des Prüfstands gefunden werden, die unter 1 b dauerhaft stabile Laufbedingungen ermöglichen.
Extrem IDLE:	Zielsetzung ist hohe Druckbelastung kombiniert mit hoher thermischer Last bei niedriger Drehzahl.
Max. Drehzahl:	Zielsetzung ist hohe mechanische Last bei hoher Drehzahl.
Hohe thermische Last:	Zielsetzung ist maximal mögliche Inverter-Temperatur im konstanten Betriebszustand; zur Vorbereitung des Prüfablaufs muss die höchst mögliche Temperatur gefunden werden, die gerade noch ohne Eingriff hinsichtlich Temperatur gefahren werden kann.
WP:	Erfolg analog der Definition WP15.