

ICS 43.040.60

**Straßenfahrzeuge –
R744-Klimaanlagen –
Druckbegrenzungselemente (DBE);
Text Deutsch und Englisch**

Road vehicles –
R744-Air-conditioning systems –
Pressure limiting devices (PLD);
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 48 Seiten

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	7
4.1 Formelzeichen	7
4.2 Abkürzungen	7
5 Allgemeine Anforderungen.....	7
5.1 Lebensdauer.....	7
5.2 Lagerfähigkeit	7
5.3 Druckgeräteichtlinie	7
6 Funktionsbeschreibung	8
6.1 Funktion der Druckbegrenzungsventile	8
6.2 Gesamtfunktionalität	8
6.3 Funktion beim Auslösen	8
6.4 Funktionssicherheit unter Lasten aus Kältekreislauf- und Fahrzeugbetrieb	8
6.5 Funktion nach starker Verzögerung	9
6.6 Funktion bei im Kältemittelmassenstrom umlaufenden Partikeln	9
7 Technische Anforderungen an das DBE	9
7.1 Konstruktive Gestaltung	9
7.2 Gasdichtheit	10
7.3 Verklemmen.....	11
7.4 Beständigkeit	11
7.5 Kundendienstanforderungen	11
7.6 Anforderungen an Fertigung und Werkstoffe.....	11
8 Betriebsbedingungen.....	12
8.1 Umgebungsbedingungen	12
8.2 Temperatur	12
8.3 Druck	13
8.4 Auslösedruck /Schließdruck	13
8.5 Druckentlastungsgeschwindigkeit	14
8.6 Dichtheit bei Unterdruck	14
9 Funktionsprüfungen	14
9.1 Allgemeines	14
9.2 Hydraulische Prüfungen	14
9.3 Druckentlastungsgeschwindigkeit	16
9.4 Auslösedruck/Berstdruck/Schließdruck	16
9.5 Prüfung von Auslösedruck und Dichtheit nach wiederholtem Abblasen.....	17
9.6 Druckwechseltest	17
9.7 Vibrationstest.....	18
9.8 Temperaturwechselprüfung	19
9.9 Korrosionsbeständigkeit	20
9.10 Dekompressionsprüfung	20
10 Serienprüfung	20
10.1 Allgemeines	20

10.2	Dichtheit bei Unterdruck.....	21
10.3	Gasdichtheit.....	21
10.4	Auslösedruck.....	21
Anhang A (informativ) Ermittlung der Lekagerate		22
Anhang B (informativ) Betriebsgrenzen		23

Vorwort

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

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

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

Erfahrungen mit dieser DIN SPEC sind erbeten

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

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

Einleitung

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

1 Anwendungsbereich

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

Alle Drücke sind stets absolute Drücke.

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

2 Normative Verweisungen

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

DIN SPEC 74106, *Straßenfahrzeuge — R744-Klimaanlagen — Kältemittelleitungen und IWT in koaxialer Bauweise*

DIN SPEC 74107, *Straßenfahrzeuge — R744-Klimaanlagen — Expansionsventil (OTB)*

DIN SPEC 74108, *Straßenfahrzeuge — R744-Klimaanlagen — Akkumulator-Trockner-Filter-Modul*

DIN SPEC 74111, *Straßenfahrzeuge — R744-Klimaanlagen — Akkumulator*

DIN SPEC 74115, *Straßenfahrzeuge — R744-Klimaanlagen — Mechanischer Kältemittelverdichter*

DIN SPEC 74116, *Straßenfahrzeuge — R744-Klimaanlagen — Elektrischer Kältemittelverdichter*

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

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

ISO 16232-6, *Road vehicles — Cleanliness of components of fluid circuits — Part 6: Particle mass determination by gravimetric analysis*

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

SAE J639, *Safety Standards for Motor Vehicle Refrigerant Vapor Compression Systems*

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

Auslösedruck

innerer Druck, bei dem ein Druckentlastungsventil öffnet und das unter Druck befindliche Medium ausströmt

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Formelzeichen

Siehe Tabelle 1.

Tabelle 1 — Formelzeichen

Formelzeichen	Einheit	Benennung
M_{R744}	kg/h	Kältemittelmassenstrom
T_{R744}	°C	Kältemitteltemperatur
P_{R744}	MPa	Kältemitteldruck

4.2 Abkürzungen

AC on	Klimaanlage „AN“
AC off	Klimaanlage „AUS“
AkkuIWT	Akkumulator mit integriertem Inneren Wärmetauscher
BoL	Beginn der Lebensdauer (en: Beginning of Life)
DBE	Druckbegrenzungselement
HD	Hochdruck
HV	Härte nach Vickers
KMV	Kältemittelverdichter
ND	Niederdruck
PAG	Polyalkylenglykol (Kältemaschinenöl)
RT	Raumtemperatur
ZB	Zusammenbau

5 Allgemeine Anforderungen

5.1 Lebensdauer

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

5.2 Lagerfähigkeit

Die in dieser DIN SPEC für DBE geforderten Eigenschaften sind 10 Jahre nach der Fertigung als BoL sicherzustellen.

5.3 Druckgeräterichtlinie

Siehe Richtlinie 97/23/EG.

6 Funktionsbeschreibung

6.1 Funktion der Druckbegrenzungsventile

DBE in R744-Kältekreisläufen sind mechanische Ventile oder Bruch-Membranen, welche durch Öffnen nach außen vermeiden, dass die maximal zulässigen Drücke überschritten werden. DBE sind Bestandteile des Sicherheitskonzeptes des R744-Kältekreislaufs. Sie schützen die Komponenten bzw. das Gesamtsystem vor Überschreiten der maximal zulässigen Drücke. Vor oder bei Erreichen der maximalen Drücke müssen sie nach außen Querschnittsflächen öffnen und das Kältemittel durchtreten lassen, um weitere Druckanstiege zu verhindern.

6.2 Gesamtfunktionalität

Das DBE auf der HD-Seite, angeordnet zwischen Kältemittelverdichter-Ausgang und Expansionsventil, begrenzt den maximal zulässigen Druck auf der HD-Seite auf 16 MPa. Dazu muss das DBE bersten oder sich mechanisch öffnen und nach Druckabbau reversibel schließen. Es ist unzulässig, dass der Auslösedruck größer als der maximale Druck auf der HD-Seite ist.

Das DBE auf der ND-Seite, angeordnet zwischen Expansionsventil-Ausgang und Kältemittelverdichter-Eingang, begrenzt den maximal zulässigen Druck auf der ND-Seite (Systemseite) auf 12 MPa. Dazu muss das DBE bersten oder sich mechanisch öffnen und nach Druckabbau reversibel schließen. Es ist unzulässig, dass der Auslösedruck größer als der maximale Druck auf der ND-Seite ist.

ANMERKUNG Siehe auch SAE J639: Hier wird für das DBE auf der HD-Seite ein Druckbegrenzungsventil gefordert, welches nach einem Auslösen selbsttätig wieder schließt.

Beim DBE wird zwischen zwei ausgeführten Funktionen unterschieden, welche hoch- und niederdruckseitig verwendet werden können:

- ein DBE für das Abströmen der gesamten Kältemittelfüllung in die Umgebung und zur irreversiblen Öffnung des Kältekreislaufes zur Umgebung, hier als Berstelement bezeichnet;
- ein wiederverschließendes DBE für das Abströmen einer Kältemittel-Teilfüllung nach einem Überdruckerereignis. Nach Druckabbau schließt das DBE wieder dicht. Dieses DBE wird als Abblasventil bezeichnet und der Auslösedruck in diesem Fall als Abblasdruck.

6.3 Funktion beim Auslösen

Die DBE müssen bei Überschreiten des zulässigen Drucks selbsttätig, d.h. ohne Ansteuerung, so weit öffnen, dass nach dem Auslösen ein weiterer Druckanstieg vermieden und der Druck reduziert wird.

Das DBE auf der HD-Seite muss auslösen, wenn z. B. durch Fehlfunktion oder Defekt am KVM der maximal zulässige Druck auf der HD-Seite von 16 MPa überschritten wird. Damit wird ein weiterer Druckanstieg über 16 MPa vermieden und der Druck abgebaut.

Das DBE auf der ND-Seite muss auslösen, wenn z. B. durch Überfüllung mit Kältemittel bei hoher Umgebungstemperatur der maximal zulässige Druck auf der ND-Seite von 12 MPa überschritten wird. Damit wird ein weiterer Druckanstieg über 12 MPa vermieden und der Druck abgebaut.

6.4 Funktionssicherheit unter Lasten aus Kältekreislauf- und Fahrzeugbetrieb

Die DBE müssen über Lebenszeit den im R744-Kältekreislauf auslegungskonform auftretenden Drücken und Temperaturen und den im Fahrzeug auftretenden Betriebs- und Umgebungsbedingungen standhalten und dabei eine sichere Rückhaltung des Kältemittels und ein bestimmungsgemäßes Auslösen sicherstellen.

6.5 Funktion nach starker Verzögerung

Die DBE müssen nach einer Verzögerung bis zu 40 g, z. B. infolge eines Fahrzeugunfalls, das Kältemittel dicht absperren und bei Erreichen des Auslösedrucks sicher ansprechen.

6.6 Funktion bei im Kältemittelmassenstrom umlaufenden Partikeln

Das DBE-Abblasventil muss robust nach dem Öffnen beim Wieder-Verschließen gegenüber den im Kältekreislauf zirkulierenden spezifizierbaren unlöslichen, ablösbaren und/oder schwemmbar Verunreinigungen abdichten.

7 Technische Anforderungen an das DBE

7.1 Konstruktive Gestaltung

7.1.1 Allgemeines

Die DBE sind so zu konstruieren, dass externe Einflüsse, wie z. B. Temperatur, Witterung, und Schmutz keinen Einfluss auf die Funktion haben. Unter Umständen ist eine Schutzkappe bzw. -folie vorzusehen, die jedoch die Funktion des Abblasens durch Querschnittsreduktion oder Vereisungsverhalten nicht nachteilig beeinflussen darf.

Eine unsachgemäße Entfernung der DBE ist durch konstruktive Maßnahmen auszuschließen.

Die Einbindung der DBE als Sub-Komponente in eine weitere Komponente, z. B. Kältemittelverdichter, Expansionsorgan, Akkumulator, sollte so erfolgen, dass das DBE mit Werkzeugen lösbar ist.

Für die Integration der DBE in eine andere Komponente sind eine abdichtende Aufnahme und ein Einschraubgewinde vorzusehen.

Diese Außenmaße der DBE-Komponente richten sich im Einzelfall nach der Integration in den R744-Kältekreislauf und den allgemeinen Packagevorgaben.

Als ein Auslegungspunkt für die mechanische Festigkeit der Komponente gelten die in 8.2 aufgeführten Temperaturen.

7.1.2 Einbindung

Außer der Verbindung auf der Kältemittelseite hat das DBE keine weiteren Verbindungsstellen zum R744-Kältekreislauf.

Die Schnittstellen des DBE zum R744-Kältekreislauf sind durch die Ausführung des Gewindes und einer axialen metallischen Dichtfläche und bei Bedarf eines verformbaren oder elastischen Dichtelements gegeben. Bei der Integration des DBE in ein Bauteil ist bei der Auslegung des DBE das Anzugs-Drehmoment, das beim Verschrauben auf die aufnehmende Komponente übertragen wird, zu berücksichtigen

Die Einschraubverbindung muss so gestaltet sein, dass bei Lösen der DBE-Einschraubverbindung aus nicht vollständig entleerten Kältekreisläufen ein ungefährliches Abströmen des Kältemittels vor einem Separieren des DBE aus der aufnehmenden Komponente möglich ist.

Eine Verwechslung der DBE auf der Hoch- und auf der ND-Seite muss durch deren äußere Form und die Aufnahme Geometrie ausgeschlossen sein. Das unsachgemäße Ersetzen der DBE oder das Behindern der Funktion, z. B. durch Schrauben, muss durch spezielle Gewinde verhindert werden.

7.1.3 Besondere Anforderungen für die HD-Seite

Für die HD-Seite wird ein außen links metrisches Feingewinde M12 × 1 festgelegt.

Die Einschraubgeometrie ist ein zylindrisches Sackloch mit ebener, rechtwinkliger Grundfläche, 12,5 mm tief und 11 mm Gewindetiefe. Die Verbindungsbohrung zum Druckbehälter hat einen Durchmesser von 3,8 mm. Die übrigen Daten für die Einschraubgeometrie der HD-Seite, wie z. B. Oberflächengüte, Form- und Lagetoleranzen sind zwischen Lieferant und Fahrzeughersteller festzulegen.

Eine davon abweichende Einschraubgeometrie muss zwischen Lieferant und Fahrzeughersteller festgelegt werden.

7.1.4 Besondere Anforderungen für die ND-Seite

Für die ND-Seite wird ein außen links metrisches Feingewinde M14x1 festgelegt.

Die Einschraubgeometrie ist ein zylindrisches Sackloch mit ebener, rechtwinkliger Grundfläche, 12,5 mm tief und 11 mm Gewindetiefe. Der Durchmesser der Verbindungsbohrung zum Druckbehälter beträgt 3,8 mm. Die übrigen Daten für die Einschraubgeometrie der ND-Seite, wie z. B. Oberflächengüte, Form- und Lagetoleranzen sind zwischen Lieferant und Fahrzeughersteller festzulegen.

Eine davon abweichende Einschraubgeometrie muss zwischen Lieferant und Fahrzeughersteller festgelegt werden.

7.1.5 Einbau/Lage

Die DBE sind im Motorraum angeordnet.

Das DBE muss so gestaltet sein, dass bei bestimmungsgemäßem Öffnen Personen in der Nähe des Ausströmortes möglichst wenig durch das unter hohem Druck entweichende Kältemittel gefährdet werden.

Wenn DBE durch Anordnung oder Einbauten vor extremen Einflüssen von außen, wie z. B. hoher Temperatur, Schmutz und Schmutzwasser geschützt werden müssen, ist dieses mit dem Fahrzeughersteller zu vereinbaren.

Die Einbaulage für Berstelemente ist beliebig.

HD-Seite

Auf der HD-Seite des R744-Kältekreislaufs muss das DBE auf der HD-Seite des KMV direkt im KMV-Gehäuse oder unmittelbar am HD-Austrittsflansch angeordnet sein. Das Abblasventil bzw. das Berstelement auf der HD-Seite ist daher Bestandteil des Verdichters.

ND-Seite

Zur Absicherung des Systemdrucks bei Stillstand muss das DBE auf der ND-Seite z. B. im Expansionsorgan, Rückschlagventil (Austritt), Kältemittel-Akkumulator oder in der Kältemittelleitung angeordnet werden. Dabei muss sichergestellt sein, dass an der Einbauposition im Kältekreislauf der höchste Systemdruck im Ruhezustand anliegt und sich durch Auslösen des DBE gleichmäßig reduziert. Das DBE ist daher Bestandteil, z. B. des ZB-Expansionsorgans, ZB-Rückschlagventils, ZB-Akkumulators oder als ein separates Teil integriert in einer Leitung.

7.2 Gasdichtheit

Die Gasdichtheit wird über ein Lastkollektiv geprüft. Die maximale R744-Leckrate ist auf 1 g/a begrenzt.

Die Gasdichtheit ist über die gesamte Fahrzeuglebensdauer sicherzustellen.

7.3 Verklemmen

Ein Verklemmen der beweglichen Teile innerhalb des Abblasventils muss konstruktiv vermieden werden und über die Lebensdauer des DBE sichergestellt werden. Die im Kältekreis zulässigen Verschmutzungen und Rückstände dürfen kein Verklemmen oder Blockieren der bewegbaren Teile nach sich ziehen.

7.4 Beständigkeit

Die DBE müssen auf der Innenseite gegen das R744 und das jeweils freigegebene Kältemaschinenöl (PAG) beständig sein.

Das Bauteil muss den Belastungen in der Motorraum-Umgebung durch Temperatur (Wärmestrahlung), Witterung (Salzbelastung/Winter) und mechanische Einwirkungen widerstehen. Dadurch darf weder die Funktion noch die Lebensdauer der DBE beeinträchtigt werden.

7.1.5 beschreibt die Positionierung des DBE als Bestandteil eines ZB mit einem anderen Bauteil des R744-Kältekreislaufs. Neben der generell geforderten Beständigkeit gegenüber äußeren Belastungen, sind die Anforderungen der für die das DBE aufnehmenden Bauteile für die Beständigkeit, z. B. gegenüber Korrosion, einzuhalten.

7.5 Kundendienstanforderungen

Die DBE müssen so ausgeführt sein, dass ohne Zuhilfenahme von Werkzeugen eine optische Kontrolle über ein erstmaliges Auslösen oder Ansprechen erkennbar ist.

7.6 Anforderungen an Fertigung und Werkstoffe

7.6.1 Allgemeines

Die Verwendung von Elastomeren ist zu vermeiden. Ist dies nicht möglich, so müssen das DBE und die verbauten Elastomere beständig gegenüber explosiver Dekompression sein. In diesem Fall muss die Dekompressionsprüfung nach 9.9 durchgeführt werden.

7.6.2 Medienbeständigkeit und chemische Anforderungen

7.6.2.1 Allgemeines

Für die Auslegung des DBE müssen die Belastungen im Motorraum durch Temperatur (Motorwärmestrahlung), Witterung (Salzbelastung/Winter) und vergleichbare Faktoren berücksichtigt werden. Dabei darf die Lebensdauer nicht beeinträchtigt werden.

7.6.2.2 Chemische Beständigkeit

Die inneren Oberflächen des DBE müssen gegen R744 und das Kältemaschinenöl (PAG Öl) beständig sein. Hierbei darf keine Funktionsbeeinträchtigung auftreten.

Die äußere Oberfläche muss allen im Fahrbetrieb auftretenden motorraumseitigen und klimatischen Einflüssen standhalten.

7.6.3 Technische Sauberkeit

Die Bestimmung der technischen Sauberkeit der inneren Oberflächen ist nach VDA Band 19 durchzuführen.

Das DBE muss so gestaltet und ausgeführt sein, dass keine Rückstände, Ablagerungen, Späne, Fette oder Öle (ausgenommen Kältemaschinenöl PAG) enthalten sind. Die inneren Oberflächen dürfen keine Flussmittel- oder Fertigungsrückstände aufweisen, die während des Betriebes vom R744 oder dem jeweiligen Kältemaschinenöl abgelöst werden.

Unlösliche, ablösbare und/oder schwemmable Verunreinigungen dürfen eine maximale Masse von 3 mg/ dm² nicht überschreiten, wobei die Härte < 400 HV und die Größe < 200 µm sein muss. Staub- oder Textilfussel sind bis zu einer Größe von maximal 1 mm zulässig.

8 Betriebsbedingungen

8.1 Umgebungsbedingungen

Die vorgesehenen Einbaubereiche der DBE für die Definition der Umgebungsbedingungen befinden sich im Motorraum am KMV und an den Positionen der aufnehmenden Komponenten im Motorraum.

Für die Auslegung der Bauteile müssen die Belastungen im Motorraum durch Temperatur (Motorwärmeabstrahlung), Witterung (Salzbelastung/Winter), Wasser (Kondensation) und vergleichbare Faktoren berücksichtigt werden. Dabei darf die Lebensdauer nicht beeinträchtigt werden. Entsprechendes gilt für mechanische Belastungen (Rüttelstrecke), die auf das Bauteil einwirken können.

ANMERKUNG: Das Bauteil ist im Fahrbetrieb Spritzwasser und in der Werkstatt bei Motorwäsche dem Hochdruckwasserstrahl eines Dampfstrahlers ausgesetzt. Weitere Einflüsse können z. B. durch Öl, Staub, Salz entstehen.

8.2 Temperatur

Die DBE sind im Motorraum angeordnet: das hochdruckseitige DBE (im Verdichter) und das niederdruckseitige (z. B. im Akkumulator) unterliegen durch die Lufttemperatur und durch die Strahlungswärme heißer Bauteile im Motorraum einer zusätzlichen Belastung.

Für den Betrieb des DBE müssen die Kältemitteltemperatur (Innen-Kontur) und die Umgebungstemperatur (Außen-Kontur) beachtet werden.

Die Umgebungstemperaturen und Kältemitteltemperaturen sind in Tabelle 2 und 3 aufgeführt.

Tabelle 2 — Bauteilumgebungstemperatur

Einbauposition im Fahrzeug	Baugruppe Klimaanlage	T °C	
		min.	max.
Motorraum (heiß)	Verdichter	–40	125 ^a
Motorraum	Expansionseinrichtung in der HVAC	–40	120
Motorraum	AkkulWT oder Expansionseinrichtung im Motorraum, Kältemittelleitungen (nicht Heißgasleitung)	–40	120
^a Kurzzeit- Belastung ≤ 5 min Dauer, max. 150 °C.			

Tabelle 3 — Kältemitteltemperaturen bei Betrieb (AC on)

Baugruppe Klimaanlage	T für Kältemittel/Bauteil °C	
	min.	max.
Verdichter	0	165 ^{ab}
AkkulWT	–5	80
Expansionseinrichtung	–5	80
^a Wenn im Verdichter ein Berstelement zum Einsatz kommt, ist durch konstruktive Maßnahmen sicherzustellen, dass die Temperatur am Berstelement 155 °C nicht überschreitet. ^b Kurzzeitig, d.h. ≤ 5 min Dauer, max. 180 °C.		

Bei Stillstand der Anlage sind für die Auslegung des Bauteils die möglichen Umgebungstemperaturen und das Fahrzeug-Package relevant.

8.3 Druck

Die Komponenten im Kältekreislauf müssen den Drücken in Tabelle 4 entsprechen.

Tabelle 4 — Drücke

	HD-Seite	ND-Seite
maximaler Druck (nach ISO 13043), MPa (max. Öffnungsdruck Druckentlastungseinrichtung)	17	13
maximaler zulässiger Druck, MPa	16	12
maximaler Betriebsdruck / Ruhedruck, MPa	14	9,5
minimaler Betriebsdruck, MPa	3	3

8.4 Auslösedruck /Schließdruck

Der jeweilige Nenndruck, bei dem ein DBE auslösen soll, entspricht dem maximal zulässigen Druck und beträgt

HD: 16 MPa,

ND: 12 MPa.

Der jeweilige Mindestdruck und die Temperatur, bei denen ein DBE frühestens auslösen darf, betragen

HD: 15 MPa bei 155 °C,

ND: 11 MPa bei 80 °C.

Der jeweilige Maximaldruck, bei dem ein DBE vollständig geöffnet sein muss und der Druck im Kältekreislauf nicht weiter ansteigen darf, beträgt

HD: 17 MPa,

ND: 13 MPa.

Wird ein Abblasventil verwendet, muss das bei einem Druckunterschied von 10 % oder weniger vom Auslöse-
Nennndruck unterhalb des Öffnungsdrucks schließen.

8.5 Druckentlastungsgeschwindigkeit

Nach dem Ansprechen oder Auslösen der Druckbegrenzungseinrichtung muss ein weiterer Druckanstieg über
den maximalen Druck hinaus vermieden werden. Der freie Strömungsquerschnitt ist für die HD-Seite auf min-
destens 300 kg/h bei 17 MPa auszulegen.

Auf der ND-Seite sollte ein charakteristisches Volumen nach dem Auslösen des DBE bei 13 MPa einen
Druckabfall von etwa 3 MPa/s zeigen.

8.6 Dichtheit bei Unterdruck

DBE müssen einem Unterdruck von 5 hPa standhalten.

9 Funktionsprüfungen

9.1 Allgemeines

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

Die DBE sollten dazu in seriennahen Gegenstücke (Aluminium-Prüfblöcken) mit der vorgesehenen Ein-
schraub-Gewinde-Geometrie und Dichtflächen verbaut und mit dem vorgesehenen Anzugs-Drehmoment ver-
schraubt werden. Die Messung der Dichtheit muss mit R744 oder mit Helium durchgeführt werden. Für Ab-
blasventile ist ein Ölanteil bis 5 % Massenanteil zulässig. Vor der Messung kann der Prüfblock so positioniert
werden, dass alle Innenflächen des Abblasventils von Öl benetzt sind.

Alle folgenden Prüfungen müssen, soweit nicht anders festgelegt, als Zusammenbau aus DBE und Gegen-
stück mit Verbindungstechnik durchgeführt werden. Für jede Prüfung sind sechs (6) Prüflinge als Abblasventil
gefordert, für Berstelemente mit abschließendem Berstversuch zehn (10) Prüflinge. Zeigt ein Prüfling Auffäl-
ligkeiten, muss die weitere Analyse ggf. unter Einsatz zusätzlicher Analysemethoden mit dem Fahrzeugh-
ersteller abgestimmt werden.

Nach jeder Prüfung muss die Funktionsprüfung nach 9.2.1 und 9.3 erfolgen. Alternativ ist zur Dichtheitsprü-
fung die Anwendung der SAEJ 2842 zulässig.

9.2 Hydraulische Prüfungen

9.2.1 Dichtheit nach Außen

Zur Dichtheitsprüfung von Berstelementen als DBE müssen die R744-Leckraten kleiner oder gleich 1 g/a sein,
eingebaut in einem seriennahen Gegenstück. Die Dichtheit muss für die HD-Seite nach Tabelle 5; Messpunkt
3 und für die ND-Seite nach Tabelle 6; Messpunkt 3 ermittelt werden.

Zur Dichtheitsprüfung von Abblasventilen als DBE müssen die R744-Leckraten kleiner oder gleich 1 g/a sein,
eingebaut in einem seriennahen Gegenstück. Die Leckraten müssen durch eine Belastung entsprechend den
Lastkollektiven für die HD-Heißgasseite in Tabelle 5 und die ND-Seite in Tabelle 6 ermittelt werden.

Jeder Lastzustand des Lastkollektivs ist solange zu halten, bis sich über 2 Zeitintervalle von 1 h ein Behar-
rungszustand der Leckrate (≤ 10 % Abweichung) einstellt, mindestens jedoch 48 h. Die Leckagebestimmung
hat in einer entsprechend evakuierten Anlage zu erfolgen. Die Bestimmung der CO₂-Leckage muss mit einem
Massenspektrometer erfolgen.

Die mittlere Leckrate ist je Prüfling wie folgt zu bestimmen:

$$VR_m = \sum_{i=1}^n VR_i \cdot Gew_i$$

Dabei ist

VR_m die mittlere Leckrate des Prüflings, in hPa · l/s;

VR_i die Leckrate des Prüflings bei dem jeweiligen Lastzustand, in hPa · l/s;

Gew_i der Gewichtungsfaktor des jeweiligen Lastzustands.

Tabelle 5 — Statisches Lastkollektiv für R744-Hochdruck-Heißgasseite-Verdichterausgang

Nr.:	Lastzustand	Spezifische Füllmenge kg/m ³	T °C	$p_{\text{resultierend}}$ MPa	Gewichtung %
1	Stillstand, −30 °C	250	−30	1,43	4
2	Stillstand, 0 °C	250	0	3,5	16
3	Stillstand, 30 °C	250	30	6,9	70
4	Nachheizung	185	100	9,9	5
5	Fahrzustand	185	130	11,4	4
6	Idle	185	165	13	1

Tabelle 6 — Statisches Lastkollektiv für R744-ND-Seite

Nr.:	Lastzustand	spezifische Füllmenge kg/m ³	T °C	$p_{\text{resultierend}}$ MPa	Gewichtung %
1	Stillstand, −30 °C	250	−30	1,43	4
2	Stillstand, 0 °C	250	0	3,5	16
3	Stillstand, 30 °C	250	30	6,9	70
4	Betrieb, 0 °C Verdampfung	95	30	4,2	3
5	Betrieb, 10 °C Verdampfung	95	45	4,5	2
6	Nachheizung	95	100	5,8	5

Die Umrechnung einer gemessenen Leckage zwischen einem Prüfgas und R744 ist in Anhang A erläutert.

Die wiederholte Prüfung der Gasdichtheit nach den Einzelprüfungen beschränkt sich in Tabelle 5 oder 6 auf den Lastzustand Nr. 3:

Die jeweils für Lastzustand Nr. 3 ermittelte Leckrate (bei Stillstand 30 °C und 6,9 MPa Systemdruck) wird als Grundleckage für die DBE definiert. Dieser Wert darf bei sämtlichen Wiederholungen der Gasdichtheitsprüfung einen Wert von 150 % des Originalwerts (z. B. 1,5 g/s) nicht überschreiten. Der Lastzustand Nr. 3 ist dazu 24 h zu halten.