

DIN SPEC 74110

ICS 43.040.60

Einsprüche bis 2014-10-08

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

Road vehicles –
R744-Air-conditioning systems –
Pressure limiting devices;
Text in German and English

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-08-08 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 Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil) im DIN, 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 51 Seiten

Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole und Abkürzungen	6
4.1 Formelzeichen	6
4.2 Abkürzungen	7
5 Allgemeine Anforderungen.....	7
5.1 Lebensdauer.....	7
5.2 Lagerfähigkeit	7
6 Funktionsbeschreibung	7
6.1 Funktion der Druckbegrenzungsventile	7
6.2 Gesamtfunktionalität	7
6.3 Funktion beim Auslösen	8
6.4 Funktionssicherheit unter Lasten aus Kältekreislauf- und Fahrzeugbetrieb	8
6.5 Funktion nach starker Verzögerung	8
6.6 Funktion bei im Kältemittelmassenstrom umlaufenden Partikeln	8
7 Technische Anforderungen an das DBE	8
7.1 Konstruktive Gestaltung	8
7.1.1 Allgemeines	8
7.1.2 Einbindung	9
7.1.3 Speziell für die HD-Seite	9
7.1.4 Speziell für ND-Seite.....	9
7.1.5 Einbau/Lage.....	9
7.2 Gasdichtheit	10
7.3 Verklemmen.....	10
7.4 Beständigkeit	10
7.5 Kundendienstanforderung.....	10
7.6 Anforderungen an Fertigung und Werkstoffe.....	11
7.6.1 Allgemeines	11
7.6.2 Medienbeständigkeit und chemische Anforderungen	11
7.6.3 Innere Reinheit	11
8 Betriebsbedingungen	11
8.1 Umgebungsbedingungen	11
8.2 Temperatur	12
8.3 Auslösedruck	12
8.4 Druckentlastungsgeschwindigkeit	13
8.5 Dichtheit bei Unterdruck	13
9 Funktionsprüfungen	13
9.1 Allgemeines	13
9.2 Hydraulische Prüfungen	13
9.2.1 Dichtheit nach Außen.....	13
9.2.2 Prüfung der Unterdruckbeständigkeit	15
9.3 Druckentlastungsgeschwindigkeit	15
9.3.1 DBE für die ND-Seite	15

9.3.2	DBE für die HD-Seite	15
9.4	Auslösedruck/Berstdruck	16
9.5	Druckwechselfähigkeit	16
9.6	Vibrationstest	17
9.6.1	Allgemeines	17
9.6.2	ND Seite	17
9.6.3	HD Seite	17
9.7	Temperaturwechselprüfung	18
9.8	Korrosionsbeständigkeit	19
9.8.1	Allgemeines	19
9.8.2	Korrosionsprüfung	19
9.9	Dekompressionsprüfung	19
9.10	Prüfung von Auslösedruck und Dichtheit nach wiederholtem Abblasen	20
10	Serienprüfung	20
10.1	Dichtheitsprüfung	20
10.2	Unterdruck Dichtheit	20
10.3	Gasdichtheit	20
10.4	Auslösedruck	21
10.4.1	Allgemeines	21
10.4.2	Abblasventil	21
10.4.3	Berstelement	21
Anhang A (informativ)	Betriebsgrenzen	22
A.1	R744-Kältekreislauf-Betriebsgrenzen	22
A.2	Ermittlung der Leckagerate über Druckdifferenzial	23
A.2.1	Umrechnung der gewichtsbezogenen in die volumenbezogene Leckagerate	23
A.2.2	Umrechnung des Prüfgases für die R744-Leckagerate	24
Literaturhinweise		25

Vorwort

Dieses Dokument wurde im Arbeitskreis NA 052-01-40 AA: 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 legt die Funktionen und Anforderungen aus Sicht der Fahrzeughersteller für die Güte, Festigkeit und Lebensdauer für Rückschlagventile, die in Kältekreisläufen mit dem Kältemittel R744 betrieben werden und legt entsprechende Prüfungen fest.

ANMERKUNG Die DIN SPEC erhebt nicht den Anspruch alle Details zwischen Lieferant und Fahrzeughersteller abzudecken 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 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

Die angegebenen Drücke sind stets absolute Drücke.

Siehe Tabelle 1.

Tabelle 1 — Formelzeichen

Formelzeichen	Einheit	Bezeichnung
$\dot{M}_{R744}$	kg/h	Kältemittelmassenstrom
T_{R744}	°C	Kältemitteltemperatur
P_{R744}	MPa	Kältemitteldruck

4.2 Abkürzungen

AC on	Klimaanlage an
AC off	Klimaanlage aus
AkkulWT	Akkumulator mit integriertem Inneren Wärmetauscher
BoL	Beginn der Lebensdauer (Begin of Life)
DBE	Druckbegrenzungselemente
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 Druckbegrenzungselemente geforderten Eigenschaften sind 10 Jahre nach der Fertigung als BoL sicherzustellen.

6 Funktionsbeschreibung

6.1 Funktion der Druckbegrenzungsventile

Druckbegrenzungselemente in R744-Kältekreisläufen sind mechanische Ventile oder Bruch-Membranen, welche durch Öffnen nach außen vermeiden, dass die maximal zulässigen Drücke überschritten werden. Druckbegrenzungselemente 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, das Kältemittel durchtreten lassen, um weitere Druckanstiege zu verhindern.

6.2 Gesamtfunktionalität

Die Funktion des Druckbegrenzungselements auf der HD-Seite, das heißt, zwischen Kältemittelverdichter-Ausgang und Expansionsventil, ist der maximal zulässige Druck auf der HD-Seite auf 16 MPa, welcher vom Kältemittelverdichter erzeugt wird, zu begrenzen. Dazu muss das DBE bersten oder sich mechanisch öffnen und nach Druckabbau reversibel schließen. Es ist unzulässig, dass der Auslöse(Abblase)druck größer als der maximale Druck auf der HD-Seite ist.

Das Druckbegrenzungselement auf der ND-Seite, das heißt, zwischen Expansionsventil-Ausgang und Kältemittelverdichter-Eingang, ist der maximal zulässige Druck auf der ND-Seite (Systemseite) auf 12 MPa, welcher im System als Funktion der spezifischen Kältemittelfüllung, der Systemtemperatur und dem Systemvolumen entstehen kann, zu begrenzen. Dazu muss das DBE bersten oder sich mechanisch öffnen und nach Druckabbau reversibel schließen. Es ist unzulässig, dass der Auslöse(Abblase)druck 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:

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

6.3 Funktion beim Auslösen

Die Druckbegrenzungselemente 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 KMV der max. 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 max. 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 Auslösedruck sicher ansprechen.

6.6 Funktion bei im Kältemittelmassenstrom umlaufenden Partikeln

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

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 je-

doch 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 Komponenten, z. B. Kältemittelverdichter, Expansionsorgan, Akkumulator, sollte so erfolgen, dass die DBE mit Werkzeugen lösbar sind.

Für die Integration der DBE in eine andere Komponente ist eine abdichtende Aufnahme und ein Einschraubgewinde vorgesehen.

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 ein verformbares oder elastisches Dichtelement. Bei der Integration des DBE in ein Bauteil Auslegung des DBE ist das Anzugs-Drehmoment, das beim Verschrauben auf die aufnehmende Komponente übertragen wird, zu berücksichtigen. Unter Umständen ist an der aufnehmenden Komponente eine Kontermöglichkeit vorzusehen.

Das Anzugs-Drehmoment für die DBE ist für den Anwendungsfall abzustimmen.

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

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

7.1.3 Speziell für die HD-Seite

Für die HD-Seite wird ein außen links metrisches Feingewinde M12x1 festgelegt.

7.1.4 Speziell für ND-Seite

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

7.1.5 Einbau/Lage

Die DBE sind im Motorraum angeordnet. Vom Einbauort 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 Ölbenetzung des Ventilsitzes ermöglicht, welches die Dichtheit begünstigt.

Das DBE muss so platziert werden, dass bei bestimmungsgemäßen Öffnen das Kältemittel, ohne weiteren Schaden zu verursachen, ausströmen kann. Ferner muss das Abströmen so erfolgen können, dass Personen

in der Nähe des Ausströmorts nicht durch das unter hohem Druck entweichende Kältemittel gefährdet werden.

Die Druckbegrenzungselemente sind so anzuordnen und dabei ggfs. zu schützen, dass externe Einflüsse, wie z. B. Temperatur, Witterung, und Schmutz keinen Einfluss auf die Funktion haben.

Die Einbaulage für Berstelemente ist beliebig.

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

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 Hochdruck-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) oder im Kältemittel-Akkumulator angeordnet werden. Dabei muss sichergestellt sein, dass an der Einbauposition im Kältekreislauf der höchste Systemdruck im Ruhezustand anliegt und durch Auslösen des DBE sich gleichmäßig reduziert. Das DBE ist daher Bestandteil, z. B. des ZB-Expansionsorgan, ZB-Rückschlagventil, ZB-Akkumulator oder als ein separates Teil integriert in eine Leitung.

7.2 Gasdichtheit

Für DBE ist die R744-Leckrate auf einen Maximalwert von 1 g/a begrenzt.

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 Druckbegrenzungselemente 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 Kundendienstanforderung

Beide DBE müssen so ausgeführt sein, dass beim Service des Fahrzeuges 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

Die inneren Oberflächen des DBE müssen gegen das R744 und das jeweils freigegebene Kältemaschinenöl beständig sein. Es darf keine Funktionsbeeinträchtigung auftreten. Außerdem dürfen die Oberflächen keine Fertigungsrückstände aufweisen, die während des Betriebes vom Kältemittel oder Kältemaschinenöl abgelöst werden könnten und somit zur Verschmutzung des Kältekreislaufs führen.

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

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 muss gegen das R744 und das jeweils freigegebene 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 Innere Reinheit

Die Bestimmung der löslichen und unlöslichen Verunreinigungen ist nach ISO 16232-6 nachzuweisen.

Im DBE muss so gestaltet und ausgeführt sein, dass keine Rückstände, Ablagerungen, Späne, Fette oder Öle (ausgenommen Kältemaschinenöl PAG) enthalten sein. Die inneren Oberflächen dürfen keine Flussmittel- oder Fertigungsrückstände aufweisen, die während des Betriebes vom R744 oder jeweils freigegebenen Kältemaschinenölen 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- und 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

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

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.

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.

8.2 Temperatur

Die Druckbegrenzungselemente sind im Motorraum angeordnet: das hochdruckseitige Druckbegrenzungselement (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
Motorraum	Expansionseinrichtung in der HVAC	–40	120
Motorraum	AkkulWT oder Expansionseinrichtung im Motorraum	–40	120

Tabelle 3 — Kältemitteltemperaturen bei Betrieb (AC on)

Baugruppe Klimaanlage	T für Kältemittel/Bauteil °C	
	min.	max.
Verdichter	0	165 ^a
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.

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

8.3 Auslösedruck

Der jeweilige Nenndruck, entspricht den max. zulässigen Drücken, bei denen die Druckbegrenzungselemente auslösen sollen, beträgt:

- HD: 16 MPa
- ND: 12 MPa

Die jeweiligen Mindestdrücke, ab denen die Druckbegrenzungselemente frühestens auslösen dürfen, betragen

— HD: 15 MPa

— ND: 11 MPa

Die jeweiligen Maximaldrücke, bei denen die Druckbegrenzungselemente vollständig geöffnet sein müssen und der Druck im Kältekreislauf nicht weiter ansteigen darf, betragen

— HD: 17 MPa

— ND: 13 MPa

8.4 Druckentlastungsgeschwindigkeit

Nach dem Ansprechen oder Auslösen der Druckbegrenzungseinrichtung muss ein weiterer Druckanstieg über den Druck hinaus, der zum Auslösen der Einrichtung geführt, hat vermieden werden. Der dafür nötige Entlastungsquerschnitt definiert sich auf der HD-Seite durch den minimalen Massenstrom 300 kg/h bei einem Druck von 16 MPa.

Auf der ND-Seite soll ein charakteristisches Volumen nach dem Auslösen des DBE bei 12 MPa eine Druckänderungsgeschwindigkeit von mindestens 3 MPa/s aufweisen.

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

8.5 Dichtheit bei Unterdruck

Druckbegrenzungselemente müssen einem Unterdruck von 5 hPa standhalten.

9 Funktionsprüfungen

9.1 Allgemeines

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

Die DBE sollten dazu in Aluminium-Prüfblöcken mit der vorgesehenen Einschraub-Gewinde-Geometrie und Dichtflächen verbaut und mit dem vorgesehenen Anzugs-Drehmoment verschraubt werden. Die Messung der Dichtheit muss mit R744 oder mit Helium durchgeführt werden. Für Abblasventile ist ein Ölanteil von etwa 5 % dem Prüfgas zuzusetzen. Vor der Messung sollte der Prüfblock so positioniert werden, dass alle Innenflächen des Abblaseventils von Öl benetzt sind.

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

Nach jeder Prüfung erfolgt die Funktionsprüfung nach 9.2.1 und 9.3.

9.2 Hydraulische Prüfungen

9.2.1 Dichtheit nach Außen

Zur Dichtheitsprüfung von Berstelementen als Druckbegrenzungselemente müssen die R744-Leckraten kleiner oder gleich 1 g/a sein. Die Dichtheit wird für die HD-Seite nach Tabelle 3; Messpunkt 3 und für die ND-Seite nach Tabelle 4; Messpunkt 3 ermittelt.

Zur Dichtheitsprüfung von Abblasventile als Druckbegrenzungselemente müssen die R744-Leckraten kleiner oder gleich 1 g/a sein. Diese Leckraten werden durch eine Belastung entsprechend den Lastkollektiven für die Hochdruck-Heißgasseite in Tabelle 3 und die ND-Seite in Tabelle 4 ermittelt.

Jeder Lastzustand des Lastkollektivs muss solange gehalten werden, bis sich ein Beharrungszustand der Leckage einstellt, mindestens jedoch 24 h. Die Leckagebestimmung hat in einer entsprechend evakuierten Anlage zu erfolgen. Die Bestimmung der CO₂-Leckage muss mit einem Massenspektrometer bzw. einem entsprechenden Lecksuchgerät erfolgen.

Die mittlere Verlustrate ist wie folgt zu ermitteln:

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

Dabei ist

VR_m : die mittlere Verlustrate des Prüflings;

VR_i : die Verlustrate des Prüflings bei dem jeweiligen Lastzustand;

Gew_i : der Gewichtungsfaktor des jeweiligen Lastzustands.

Tabelle 4 — 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 5 — 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.

Diese Anforderungen müssen auch nach allen Funktionsprüfungen sichergestellt sein. Sie sind über die gesamte Fahrzeuglebensdauer zu erfüllen.

Die wiederholte Prüfung der Gasdichtheit nach den Einzelprüfungen beschränkt sich in Tabelle 3 oder 4 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 Druckbegrenzungselemente definiert. Dieser Wert darf bei sämtlichen Wiederholungen der Gasdichtheitsprüfung 120 % (z. B. 1,2 g/s) nicht überschritten werden. Der Lastzustand ist dazu 24 h zu halten.

9.2.2 Prüfung der Unterdruckbeständigkeit

Die DBE sind auf Unterdruckbeständigkeit zu prüfen:

Die Apparatur mit dem DBE muss zur Umgebung dicht sein. Mit der Apparatur sollte ein dichtgeprüfter Druckbehälter von 0,3 dm³ bis 0,5 dm³ Innenvolumen hydraulisch verbunden sein.

Die DBE in dem Zusammenbau von Druckbehältern müssen mit einem Druck von ≤ 5 hPa absolut zu beaufschlagen und über 5 min konstant zu halten. Danach darf der zulässige Druckanstieg innerhalb von 30 min maximal 5 hPa betragen.

Die Prüfung ist insgesamt drei Mal durchzuführen.

Nach diesen Prüfungen dürfen keine Funktionsbeeinträchtigungen, Verformungen oder Undichtigkeiten auftreten.

9.3 Druckentlastungsgeschwindigkeit

9.3.1 DBE für die ND-Seite

Auf der ND-Seite muss Volumen unter hohem Druck bei einem Auslösen bei 12 MPa zu Beginn eine Druckänderungsgeschwindigkeit von mindestens 3 MPa/s aufweisen.

Zur Prüfung wird ein Druckbehälter mit einem Fassungsraum von etwa 1,5 l mit einer spezifischen Füllung von etwa 300 g/dm³ R744 befüllt. Der Druckbehälter ist mit einer 1 m langen Leitung mit einem Innendurchmesser von 4 mm verbunden, welche am Ende mit dem Berstelement verschlossen ist. Der Druckbehälter wird durch Wärmezufuhr erwärmt, wobei der Druck ansteigt, bis der Auslösedruck des DBE überschritten wird.

Für Berstelemente muss die Zeit für den Druckabfall im Behälter von $\Delta p = 3$ MPa, ausgehend vom Auslösedruck (etwa 12 MPa) weniger oder gleich 1 s sein.

Für Abblasventile muss im Druckbehälter-Volumen unter hohem Druck bei einem Auslösedruck (etwa 12 MPa) eine Druckänderungsgeschwindigkeit von mindestens 3 MPa/s erreicht werden, das Abblasventil sollte bei 1,2 MPa unterhalb des Auslösedrucks vollständig schließen und die Ausströmung beenden.

9.3.2 DBE für die HD-Seite

Beim Ansprechen der DBE bei einem Auslösedruck (etwa 16 MPa) muss ein Massenstrom von 300 kg/h bei 150 °C durch das DBE abgeführt werden können, ohne dass der Druck den Auslösedruck übersteigt.

Ein Abblasventil sollte unmittelbar nach erfolgter Druckentlastung bei etwa 1,6 MPa unterhalb des Auslösedrucks vollständig schließen und die Ausströmung beenden.

9.4 Auslösedruck/Berstdruck

Die Prüfung des Auslösens sollte mit einem Prüfgas oder R744 oder mit R744I-Öl-Gemisch mit etwa 5 %-Ölanteil durchgeführt. Dazu sollte am DBE der Druck gleichmäßig mit 0,8 MPa/s bis 1,0 MPa/s aufgebaut werden, bis die Berstelemente versagen oder das Abblasventil öffnet.

Die Druckwerte für das Bersten oder Öffnen müssen bei der Referenztemperatur geprüft werden.

- ND: minimal 12 MPa bei 80 °C;
- HD: minimal 16 MPa bei 155 °C.

9.5 Druckwechselfähigkeit

Die Druckbegrenzungselemente sollten in der Versuchsanordnung 9.4 verbaut werden.

Prüfbedingungen für die ND-Seite:

- Anzahl der Druckwechsel für Berstelemente: 10 000 (Prüfdauer etwa 28 h ($10\,000 \times 10\text{ s}$));
- Anzahl der Druckwechsel für Abblasventile: 150 000 (Prüfdauer etwa 400 h ($150\,000 \times 10\text{ s}$));
- Prüfdruck: 2,5 MPa bis 9,3 MPa;
- Prüfmedium: Hydrauliköl oder Kältemaschinenöl;
- Temperatur des Mediums: 80 °C $\pm$ 2 K.

Die Haltezeiten betragen jeweils 1 s, die Zeit für den Druckanstieg mit 3 s bis 5 s (siehe Bild 1).

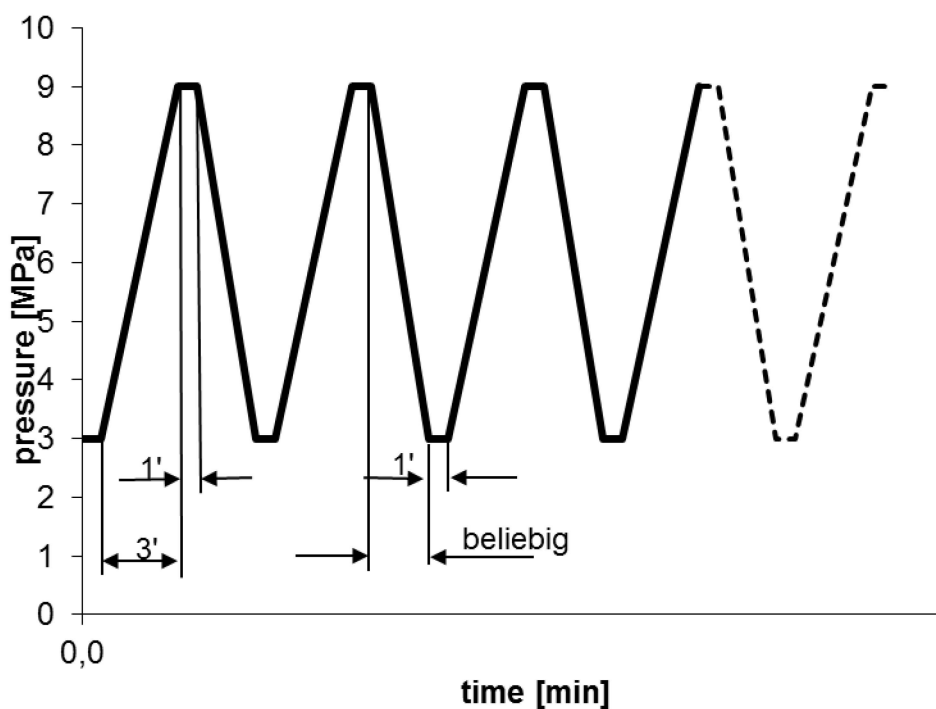


Bild 1 — Druckverlauf Druckwechselfestigkeit