



VERBAND DER BAHNINDUSTRIE IN DEUTSCHLAND (VDB)

VDB-LEITFADEN

**R744-KLIMAAANLAGEN IN  
SCHIENENFAHRZEUGEN:  
TECHNISCHE AUSLEGUNGS-  
GRUNDLAGEN UND  
SICHERHEITSNACHWEISE**



## **INHALT**

<b>1.</b>	<b>Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Anwendungsbereich</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>Normative Verweise</b>	<b>7</b>
<b>5.</b>	<b>Begriffe</b>	<b>8</b>
<b>6.</b>	<b>Schutzziele</b>	<b>8</b>
6.1	Gaskonzentration	8
6.2	Drucktechnische Sicherheit	9
6.3	Elektrische Sicherheit	10
6.4	Thermische Sicherheit	10
6.5	Brandschutz	10
<b>7.</b>	<b>Systemanforderungen</b>	<b>11</b>
7.1	Schock und Vibration	11
7.2	Funktionalität bei extremen Umgebungsbedingungen	11
7.3	Systemdichtigkeit	11
7.4	Erdungssicherheit / Schutz gegen elektrischen Schlag	12
7.5	Sicherheitsfunktionen	12
7.6	Instandhaltbarkeit	12
<b>8.</b>	<b>Auslegungsanforderungen</b>	<b>13</b>
8.1	Bewertung nach Druckgeräterichtlinie	13
8.2	Rohrleitungen	13
8.3	Verdichter	13
8.4	Wärmeübertrager	14
8.5	Sicherheitseinrichtungen	14
8.6	Anlagensteuerung	15
<b>9.</b>	<b>Systemprüfung</b>	<b>15</b>
9.1	Herstellerseitige Kriterien	15
9.2	Betreiberseitige Kriterien	16
<b>10.</b>	<b>Zertifizierung</b>	<b>17</b>



## 1. VORWORT

Dieser Leitfaden beinhaltet Anforderungen an die Auslegung und Nachweisführung von Klimaanlage für Schienenfahrzeuge mit dem Kältemittel bzw. dem Arbeitsstoff R744 (CO<sub>2</sub>).

Es werden die grundsätzlichen und generischen Kriterien zum Nachweis der Sicherheit der Klimaanlage aufgezeigt. Die spezifische Ausführung der Anlagentechnik obliegt dem Hersteller, wobei bei Erfüllung der nachfolgend aufgezeigten sicherheitsgerichteten Anforderungen die definierten Schutzziele erreicht werden.

Gegenüber bisher im Schienenfahrzeugbereich eingesetzten Kältemitteln, in der Regel teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), ergeben sich weitergehende Anforderungen. Hier müssen insbesondere die auftretenden Drücke sowie die Auswirkungen bei einer Kältemittelfreisetzung und die Oberflächentemperaturen an den Komponenten betrachtet werden.

## 2. EINLEITUNG

Die in der Arbeitsgruppe „Klimatechnik“ im VDB organisierten Hersteller von Fahrzeug- und Klimaanlage-technik haben mit diesem Leitfaden die Grundlagen für den sicheren Einsatz der R744-Anlagentechnik fixiert.

Der Leitfaden bildet eine Grundlage für die Anwender, die Anlagentechnik entsprechend den schutzzielorientierten Erfordernissen auszulegen, zu bauen und zu betreiben. Bei Einhaltung dieses Leitfadens ist von einer sicheren Anlagentechnik im Sinne einer anerkannten Regel der Technik auszugehen. Dies ist auch Basis für die Absicherung der Produkthaftung des Anlagen- und Fahrzeugherstellers.

## 3. ANWENDUNGSBEREICH

Der Anwendungsbereich dieses Leitfadens umfasst die Anlagentechnik und die Integration in schienengebundene Fahrzeuge, das betrifft:

- Personen- / Schienenfahrzeuge allgemein, ausgerichtet auf die Klimatisierung von Fahrgasträumen
- Personen- / Schienenfahrzeuge allgemein, ausgerichtet auf die Klimatisierung von Personalbereichen
- Schienenfahrzeuge allgemein, ausgerichtet auf die Klimatisierung von Arbeitsräumen und Technikbereichen

Dieser Leitfaden beschreibt nicht die Einhaltung der Komfortkriterien für die zu klimatisierenden Räume. Dazu wird auf die Anforderungen der TSI Loc&Pas sowie der Normen EN 13129, EN 14750-1 und EN 14813-1 verwiesen, wobei der Fokus jeweils auf den Anforderungen an Behaglichkeitsparameter liegt.

Bei der Anwendung dieses Leitfadens wird vorrangig von Kompaktgeräten ausgegangen. Im Fall von Split-Anlagen können sich zusätzliche Anforderungen für den Fahrzeughersteller und -betreiber hinsichtlich der Nachweisführung zur Sicherheit und Funktion nach erfolgter Montage und bei der Instandhaltung ergeben.

#### 4. NORMATIVE VERWEISE

Die jeweils anzuwendenden anerkannten Regeln der Technik sind in den entsprechenden Kapiteln aufgezeigt.

Regelwerk	Titel
Normenreihe EN 378	Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen (4 Teile)
EN 1736	Kälteanlagen und Wärmepumpen – Flexible Rohrleitungsteile, Schwingungsabsorber, Kompensatoren und Nichtmetall-Schläuche
EN 12263	Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitsschalteinrichtungen zur Druckbegrenzung – Anforderungen und Prüfungen
EN 12693	Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen – Verdrängerverdichter für Kältemittel
EN 13129	Bahnanwendungen – Luftbehandlung in Schienenfahrzeugen des Fernverkehrs – Behaglichkeitsparameter und Typprüfung
EN 14750-1	Bahnanwendungen – Luftbehandlung in Schienenfahrzeugen des innerstädtischen und regionalen Nahverkehrs – Behaglichkeitsparameter
EN 14813-1	Bahnanwendungen – Luftbehandlung in Führerräumen – Behaglichkeitsparameter
Normenreihe EN 45545	Bahnanwendungen – Brandschutz in Schienenfahrzeugen
EN 50125-1	Bahnanwendungen – Umweltbedingungen für Betriebsmittel – Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen
EN 50153	Bahnanwendungen – Fahrzeuge – Schutzmaßnahmen in Bezug auf elektrische Gefahren
EN 50155	Bahnanwendungen – Elektronische Einrichtungen auf Bahnfahrzeugen
EN 50215	Bahnanwendungen – Bahnfahrzeuge – Prüfung von Bahnfahrzeugen nach Fertigstellung und vor Indienststellung
EN 60077-1	Bahnanwendungen – Elektrische Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen – Allgemeine Betriebsbedingungen und allgemeine Regeln
EN 60812	Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA)
EN 61373	Bahnanwendungen – Betriebsmittel von Bahnfahrzeugen – Prüfungen für Schwingen und Schocken
EN ISO 13849	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen (Teile 1 und 2)
Gestis-Stoffdatenbank	Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
2014/68/EU	Druckgeräterichtlinie (DGRL)
1302/2014/EU	Technische Spezifikation Interoperabilität TSI Loc&Pas
TRGS 900	Technische Regel für Gefahrstoffe – Arbeitsplatzgrenzwerte

## 5. BEGRIFFE

Die in diesem Leitfaden verwendeten Begriffe sind in den im Kapitel 4 aufgeführten Normen und Regelwerken definiert bzw. erörtert.

## 6. SCHUTZZIELE

Im Fokus der Nachweisführung steht vorrangig die Personensicherheit und nachrangig der Sachschutz.

Im Gegensatz zur üblichen Praxis beim Einsatz vom HFKW ist bei Einsatz des Kältemittels R744 mit der Gewährleistung des Sachschutzes nicht zwangsläufig der Personenschutz gegeben. Aus diesem Grund sind spezifische Kriterien zu erfüllen, welche in diesem Leitfaden aufgezeigt werden.

Die Anforderungen dieses Leitfadens sind auf den Personenschutz ausgerichtet, das betrifft Fahrgäste sowie das Betriebspersonal (Schienenfahrzeuge reinigen, instandhalten, führen). Die Nachweiskriterien zur Gewährleistung der für die Gesundheit bzw. das Wohlbefinden der Personen erforderlichen Raumklimatisierung und Raumluftzusammensetzung stehen im vorliegenden Dokument nicht im Fokus, da diese durch andere Regularien fixiert sind (z.B. durch die EN 13129, die EN 14750-1 und die EN 14813-1).

### 6.1 Gaskonzentration

Um die Personensicherheit zu gewährleisten, sind die Gefahren einer unbeabsichtigten CO<sub>2</sub>-Freisetzung ausgehend von der Anlagentechnik zu verhindern bzw. so zu begrenzen, dass

- a) der Personenaufenthalt im Fahrzeug (Fahrgäste und Personal)
- b) Arbeiten am Gerät (Montage / Inspektion / Wartung / Demontage)

ohne schädigenden Einfluss auf bzw. bleibende Folgen für die Gesundheit möglich sind.

Dabei sind für die Bewertung der Konsequenzen als Folge eines technischen Defektes (z.B. Undichtigkeit, Komponentenversagen) folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- ein schleichender oder auch plötzlicher CO<sub>2</sub>-Austritt,
- die fahrzeugseitigen Nettoraumvolumina (z.B. freies Volumen des Fahrgastraumes oder Führerstandes) und
- jeder beliebige Betriebszustand der Klimaanlage.



Damit verbunden ist die Definition eines akzeptierten Grenzwertes als Auslegungsgrundlage:

Definiert ist ein Grenzwert von 50.000 ppm bzw. 5 Vol.-%, was einer Konzentration von 0,09 kg CO<sub>2</sub> pro m<sup>3</sup> bei einer Temperatur von 25°C und Normdruck entspricht. Im Vergleich dazu ist der „praktische Grenzwert“ durch die normative Vorgabe der EN 378-1 sowie durch die VBG 20 auf 0,1 kg / m<sup>3</sup> festgelegt, so dass mit dem für die Bahnanwendung fixierten Grenzwert dieser mit einem Sicherheitsbeiwert von 10 % ebenfalls eingehalten wird.

Bei dieser Konzentration muss lediglich mit Schwindel und Kopfschmerzen gerechnet werden, untersetzt durch die Angaben aus der Gestis-Stoffdatenbank unter „Akute Toxizität“: 5 Vol.-% über 30 Min. – starke Aktivierung der Durchblutung der Nieren und des Gehirns.

Eine mögliche Benommenheit wird z.B. auf Basis von Betriebsanweisungen verhindert (eingewiesenes Betriebspersonal).

Wesentlich für die Schutzzielerfüllung ist, dass eine uneingeschränkte Handlungsfähigkeit der Personen gewährleistet ist und ein bewusstes Erkennen einer Anomalität durch die eigene Körperreaktion gegeben ist.

Dies entspricht einer zusätzlichen Anforderung der TSI Loc&Pas (siehe Kapitel 4.2.5.8. Luftqualität im Innern).

Hinweis: Der maximal zulässige Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) von 5.000 ppm bzw. 0,5 Vol.-% beinhaltet einen zeitlich unbegrenzten Aufenthalt im Raum während des bestimmungsgemäßen Betriebs, so dass keine akuten oder chronischen Gesundheitsschädigungen von Personen zu erwarten sind (Verweis auf TRGS 900).

## 6.2 Drucktechnische Sicherheit

Für den Nachweis der drucktechnischen Sicherheit sind insbesondere folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- Verdichter als Druckerzeuger in Betrieb,
- zu erwartende Umgebungstemperaturen bei Berücksichtigung maximaler Sonneneinstrahlung,
- zusätzlicher externer Wärmeeintrag (z.B. durch hohe Sonneneinstrahlung oder auch Brandwirkung).

Als Regelwerk für den Nachweis der drucktechnischen Sicherheit ist neben der EN 378-2 auch die Druckgeräte-richtlinie 2014/68/EU heranzuziehen.

Die drucktechnische Sicherheit des Kältekreislaufes ist nicht nur bei der Auslegung und Herstellung, sondern auch in Bezug auf Einflüsse im Betrieb und bei der Instandsetzung nachzuweisen.

### 6.3 Elektrische Sicherheit

Bei Verwendung von R744 als Kältemittel ergeben sich keine anderen oder zusätzlichen Anforderungen gegenüber Anlagen mit HFKW, d. h. bei Anwendung der bahnspezifischen, elektrischen Normen und Regeln der Technik ist die elektrische Sicherheit gewährleistet. Hierzu wird insbesondere auf die Normen EN 50153 und EN 60077-1 verwiesen.

### 6.4 Thermische Sicherheit

Bei Verwendung von R744 als Kältemittel ergeben sich keine anderen oder zusätzlichen Anforderungen gegenüber Anlagen mit HFKW, d. h. bei Anwendung der einschlägigen Normen und Regeln der Technik ist die thermische Sicherheit gewährleistet.

Mit dem Kältemittel R744 und den damit verbundenen Kreislaufschaltungen können sich andere kritische Oberflächentemperaturen an den Bauteilen als bei HFKW-Anlagen ergeben. Auch ist zu beachten, dass aufgrund anderer Arbeitstemperaturen ggf. andere Abkühlzeiten für die Komponenten notwendig sind, was in Bezug auf den Arbeitsschutz zu beachten ist.

### 6.5 Brandschutz

Die Anforderungen des Brandschutzes sind ausgerichtet auf die Gewährleistung der Personensicherheit im Falle eines technischen Defektes, verbunden mit der Entstehung von toxischen Brandgasen und thermisch kritischen Situationen. Aus diesem Grund steht die Anlagensicherheit hinsichtlich der möglichen Fehlerauswirkungen im Fokus, wobei im Vergleich zu Klimaanlage mit HFKW ein sich in Fehlerfolge ergebender CO<sub>2</sub>-Austritt das zusätzliche Risiko darstellt.

Maßgeblich ist, dass im Rahmen einer technisch basierten Risikoanalyse in Anlehnung an FMEA-Prinzipien (Verweis auf EN 60812) der Nachweis einer Brandverhinderung bzw. mindestens eine ausreichende Schadensausmaßreduzierung aufgezeigt wird.

Bei Verwendung von R744 ergeben sich keine anderen oder zusätzlichen Anforderungen gegenüber Anlagen mit HFKW, auch auf Grund der Einstufung in die Sicherheitsklasse A1 (Verweis auf EN 378-1, Anhang E). Bei der Risikoanalyse ist zu berücksichtigen, dass im Kältekreislauf neben dem Kältemittel auch Kältemaschinenöl enthalten ist. Somit wird beim Austritt von Kältemittel ggf. auch Ölnebel freigesetzt, welcher nicht auf potenzielle Zündquellen treffen darf.

Durch die Zertifizierung des Gerätes gemäß EN 50155 (u.a. verbunden mit einem E-Sicherheitsnachweis) und die Nachweisführung gemäß EN 45545 (u.a. verbunden mit Werkstoffzertifizierungen sowie konstruktiven Ausführungen), werden das Brandrisiko und das Schadensausmaß ausreichend minimiert.

## 7. SYSTEMANFORDERUNGEN

### 7.1 Schock und Vibration

Bei Verwendung von R744 ergeben sich keine anderen oder zusätzlichen Anforderungen gegenüber Anlagen mit HFKW, d. h. bei erfolgreicher Prüfung nach der bahnspezifischen Norm EN 61373 ist davon auszugehen, dass die Eignung für den Bahneinsatz gegeben ist.

Neben der Anregung von außen sind für die Auslegung der Komponenten auch Anregungen aus dem Betrieb des Verdichters zu berücksichtigen.

### 7.2 Funktionalität bei extremen Umgebungsbedingungen

Für die Auslegung der Klimaanlage sind die möglichen Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen, wobei sowohl der Zustand „Anlage in Funktion“ als auch „Anlagenstillstand mit / ohne Energieversorgung“ zu betrachten ist.

Aufgrund der Eigenschaften von R744 ist eine weitergehende Betrachtung erforderlich, um den Zustand „Anlagenstillstand“ bzw. „Fahrzeugabstellung“ hinsichtlich einer für den Fahrzeugbetreiber akzeptablen Verfügbarkeit zu bewerten. Dies kann z.B. durch ausreichend große Ausgleichsvolumina innerhalb des Kältemittelkreislaufs und / oder ergänzende technische Maßnahmen erreicht werden.

### 7.3 Systemdichtigkeit

Das Prüfkriterium zur Systemdichtigkeit ist vordergründig ausgerichtet auf die Anlagenverfügbarkeit und die Handhabung bei der Wartung (Arbeitsschutz). Letzteres ist durch die Betriebs- / Wartungsanleitungen zu untersetzen.

Durch das Kältemittel R744 ergeben sich im Gegensatz zu HFKW bei Leckagen keine direkten negativen Umwelteinflüsse.

Der Dichtigkeitsnachweis ist damit primär auf die Gewährleistung der geforderten Verfügbarkeit ausgerichtet (i.d.R. mittels einer Prüfung durch Druckbeaufschlagung nach EN378, wobei der Prüfdruck dabei höher als bei HFKW-Anlagen ist). Es ergeben sich zwei Erfordernisse:

- Überprüfung im Rahmen der Stückprüfung (Kompaktanlage) oder Inbetriebnahme (Split-Anlage)
- nach Instandsetzungsarbeiten (z.B. Komponentenaustausch im Kältemittelkreislauf)

Eine plötzliche Freisetzung von CO<sub>2</sub> in Aufenthaltsbereiche ohne Lüftung muss durch eine entsprechende Systemauslegung oder kompensierende Maßnahmen beherrscht werden (mit Verweis auf Kapitel 7.5).

## 7.4 Erdungssicherheit / Schutz gegen elektrischen Schlag

Bei Verwendung von R744 ergeben sich keine anderen oder zusätzlichen Anforderungen gegenüber Anlagen mit HFKW, d.h. bei Anwendung der bahnspezifischen, elektrischen Normen und Regeln der Technik ist die elektrische Sicherheit gewährleistet, u.a. mit Verweis auf EN 50153.

## 7.5 Sicherheitsfunktionen

Im Zusammenhang mit der möglichen Kritikalität des Kältemittels R744 (Verweis auf Kapitel 6.1) ergibt sich das Erfordernis einer Fehlerfallbewertung mindestens im Hinblick auf die Komponenten im Zuluft-Volumenstrom zur Raumklimatisierung.

Keine weiteren Maßnahmen sind dann notwendig, wenn der definierte Grenzwert in den jeweiligen Aufenthaltsbereichen von Personen nicht überschritten wird. Dies ist gegeben, wenn:

- a) die Kältemittelfüllmenge pro Kältemittelkreislauf zum Nettoraumvolumen kleiner als  $0,1 \text{ kg/m}^3$  (praktischer Grenzwert gemäß EN 378-1) ist oder
- b) ein ausreichender Luftaustausch zur Unterschreitung des Grenzwertes innerhalb des Raumes gewährleistet ist oder
- c) der Eintritt des Kältemittels ausgehend von der Defektstelle in diesen Raum verhindert wird oder
- d) eine  $\text{CO}_2$ -Detektion mit Signalisierung der Gefahr realisiert wird oder
- e) eine Leckage nachweislich ausgeschlossen werden kann.

Es sind alle Betriebsarten des Fahrzeuges zu betrachten.

## 7.6 Instandhaltbarkeit

Bei Verwendung von R744 dürfen sich mindestens bei Arbeiten, die keinen Eingriff in den Kältemittelkreislauf erfordern, keine anderen oder zusätzlichen Anforderungen gegenüber Anlagen mit HFKW ergeben.

Im Falle von Arbeiten am Kältemittelkreislauf kann das Kältemittel unter Berücksichtigung der Arbeitsschutzbelange in die Umgebung abgeblasen werden.

Insbesondere folgende Punkte sind durch den Hersteller bereits bei der Konstruktion zu berücksichtigen:

- nach Abschluss der Arbeiten Dichtheit des Kältemittelkreislaufs nachweisen
- Überprüfung des Druckwächters ist wiederkehrend vorzunehmen

## 8. AUSLEGUNGSANFORDERUNGEN

### 8.1 Bewertung nach Druckgeräterichtlinie

Der Kältemittelkreislauf der Bahnklimaanlage bildet eine Baugruppe im Sinne der Druckgeräterichtlinie 2014/68/EU (DGRL). Durch den Hersteller ist eine Einstufung in die Kategorien nach DGRL vorzunehmen.

Als Druckgeräte gelten Behälter, Rohrleitungen, druckhaltende Ausrüstungsteile und Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion.

Erste wichtige Aufgabe ist die Festlegung der zulässigen Betriebsgrenzen, insbesondere der maximal zulässigen Drücke PS für alle Abschnitte des Kältemittelkreislaufs, durch den Hersteller der Klimaanlage. Das übliche Vorgehen beinhaltet die Beschaffung der einzelnen kältemittelführenden Komponenten mit allen erforderlichen Eignungsnachweisen, insbesondere hinsichtlich des Ertragens der zulässigen Betriebsgrenzen und der Kompatibilität mit dem Kältemittel R744 und dem Kältemaschinenöl. Bei bezogenen Druckgeräten beinhaltet dies auch die Vorlage einer Konformitätserklärung nach DGRL. Für den Zusammenbau der einzelnen Druckgeräte sind die Vorgaben der Norm EN 378-2 einzuhalten.

### 8.2 Rohrleitungen

Für die üblicherweise vom Hersteller der Bahnklimaanlage selbst hergestellten Rohrleitungen sind geeignete Materialien einzusetzen. Eine Zeugnisbelegung für die bezogenen Halbzeuge (Rohre, Fittings) ist nach den Vorgaben der DGRL erforderlich.

Verbindungen sind vorzugsweise mittels nichtlösbarer Verbindungen (Schweißen, Hartlöten) herzustellen. Lösbare Verbindungen sollten nur bei entsprechend technisch begründbarem Erfordernis eingesetzt werden.

Die Anforderungen an flexible Kältemittelleitungen sind in der EN 1736 beschrieben.

Im Falle von Split-Anlagen gelten die Anforderungen auch in gleicher Weise für die beim Fahrzeughersteller bzw. Fahrzeugbetreiber gebauten Rohrleitungen.

### 8.3 Verdichter

Es wird empfohlen, ausschließlich Kältemittel-Verdichter, für die deren Hersteller die Übereinstimmung mit EN 12693 erklärt hat, einzusetzen.

Der Betrieb eines Verdichters stellt ein erhebliches Druckrisiko für die Hochdruckseite des Kältemittelkreislaufs dar, zu dessen Beherrschung die erforderlichen Sicherheitseinrichtungen gegen Überschreitung des zulässigen Drucks auf der Hochdruckseite, gemäß den Vorgaben der EN 378-2 einzusetzen sind. In der Regel ist dies ein als Sicherheitseinrichtung nach DGRL baumustergeprüfter und zertifizierter Druckwächter gegen steigenden Druck (PSH) nach der EN 12263.

## 8.4 Wärmeübertrager

Wärmeübertrager müssen die erwarteten Belastungen, resultierend aus dem Einsatz des Kältemittels R744, ertragen können.

In der Regel werden die Wärmeübertrager höchstens in die Kategorie I nach DGRL eingestuft. Für solche Wärmeübertrager ist die ausreichende Druckfestigkeit durch eine Typprüfung mit dem dreifachen des maximal zulässigen Druckes bzw. eine Ermüdungsprüfung mit dem zweifachen des maximal zulässigen Druckes, jeweils nach den Vorgaben der EN 378-2 Abschnitt 5.3.2.2, nachzuweisen.

## 8.5 Sicherheitseinrichtungen

Als Sicherheitseinrichtungen nach DGRL sind zum Abschalten des Druckerzeugers / Verdichters Schalteinrichtungen gegen zu hohen Druck für den direkten Personenschutz vorzusehen.

In der Folge sind neben dem Druckwächter auch die funktional nachfolgenden Schaltelemente, die eine Abschaltung des Verdichtermotors bewirken, entsprechend zu qualifizieren, z.B. in Anlehnung an die EN ISO 13849.

Für den Kältemittelkreislauf ist zur Einhaltung der maximal zulässigen Drücke im „Stillstandsfall“ eine Absicherung mittels abblasender Druckentlastungseinrichtungen vorzusehen. Das mit einer Entlastung verbundene Abblasen muss in einen ungefährdeten Bereich erfolgen. Hierbei wird ergänzend auf das Kapitel 7.2 hinsichtlich einer akzeptablen Verfügbarkeit verwiesen.

Hinweis: Zur Gewährleistung des Sachschutzes der Anlagentechnik, verbunden mit RAM-Anforderungen ergänzend zu den Sicherheitsanforderungen, sollten weitere Einrichtungen zur Überwachung des Systemzustandes vorhanden sein. Dies betrifft z.B. die Abschaltung bei

- einem zu niedrigen Druck (Niederdruck-Seite),
- einer Übertemperatur (z.B. Druckgas, Verdichtermotor) sowie
- einem Überstrom infolge einer Überlastung (Verdichtermotor).

## 8.6 Anlagensteuerung

Die Anlagensteuerung beinhaltet u.a. Funktionen zum indirekten Personen- und Anlagenschutz, wobei aus Sicht der Schutzzielgewährleistung ein Sicherheitsnachweis dafür nicht erforderlich ist.

Für die mit dem indirekten Personen- und Anlagenschutz verbundenen Funktionen sind durch den Hersteller die erforderlichen Maßgaben für die Gestaltung der zugehörigen Stromkreise und ihrer Bauteile auf Grundlage des Standes der Technik zu beachten (u.a. in Verbindung mit der EN ISO 13849).

Im Zusammenhang mit den Regelungen zur Einhaltung der Behaglichkeitsanforderungen ergeben sich bei Verwendung von R744 keine anderen oder zusätzlichen Anforderungen gegenüber Anlagen mit HFKW.

## 9. SYSTEMPRÜFUNG

### 9.1 Herstellerseitige Kriterien

Seitens des Herstellers sind die Anforderungen gemäß DGRL und EN 378-2 zu erfüllen.

#### a) Konformitätsbewertung und Anlagenzertifizierung:

Bei der Kategorie 1 nach DGRL (oder niedriger) kann der Hersteller die Konformitätsbewertung vollständig allein durchführen.

Ab der Kategorie 2 nach DGRL muss der Hersteller eine notifizierte Stelle am Konformitätsbewertungsverfahren nach Druckgeräterichtlinie beteiligen.

Für die Beteiligung der notifizierten Stelle empfiehlt sich bei der Kategorie 2 das Modul A2.

#### b) Typprüfung (Komponenten, Anlage):

Für die kältemittelführenden Komponenten ist durch deren Hersteller die Eignung für den Einsatz mit geeigneten Typprüfungen nachzuweisen.

Für die Klimaanlage ist eine Typprüfung zum Nachweis der Erfüllung der sicherheitstechnischen Anforderungen erforderlich. Die Durchführung einer Typprüfung entbindet dabei nicht von einer Abnahme jeder einzelnen Bahnklimaanlage, jedoch können im Rahmen der gültigen Regelungen der DGRL und der Norm EN 378-2 bestimmte Teilprüfungen auch auf statistischer Basis durchgeführt werden.

#### c) Stückprüfung (Anlage):

Jede einzelne Bahnklimaanlage muss abgenommen werden.

Der erfolgreiche Abschluss des Konformitätsbewertungsverfahrens wird mit der Ausstellung der Konformitätserklärung durch den Hersteller und der Anbringung der CE-Kennzeichnung dokumentiert.

Die einzelnen Prüfschritte umfassen die „Schlussprüfung“, die Druckprüfung, die Dichtheitsprüfung sowie die Prüfung der Sicherheitseinrichtungen.

**d) Funktionsprüfung im Fahrzeug (Neubau):**

Mit Integration der Klimaanlage in das Fahrzeug sind die entsprechenden Funktionalitäten bezogen auf das Fahrzeug nachzuweisen (Verweis auf Anforderungen zur EN 50215).

**e) Betriebs- und Wartungsanleitung:**

Dem Fahrzeugbetreiber ist eine Anleitung zu übergeben, in welcher die betrieblich erforderlichen Funktionalitäten und Handhabungen ersichtlich sind. Damit sind die Restrisiken im Zusammenhang mit dem Fahrbetrieb und der Instandhaltung zu minimieren bzw. die vom Betreiber spezifizierte Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Bahnklimaanlage abzusichern.

## 9.2 Betreiberseitige Kriterien

Durch den Fahrzeughalter bzw. durch das von ihm mit dem Betrieb des Fahrzeugs beauftragte Unternehmen ist das Personal (betrifft den Fahrbetrieb und die Instandhaltung / Wartung) bezüglich der Handhabung der Bahnklimaanlage zu qualifizieren.

**a) wiederkehrende Dichtheitsprüfung:**

Dichtheitsprüfungen sind durch das für die Fahrzeuginstandhaltung verantwortliche Unternehmen gemäß den Vorgaben des Herstellers in regelmäßigen Intervallen und nach Durchführung von Instandsetzungsarbeiten (z.B. Komponententausch im R744-Kreislauf) durchzuführen.

**b) wiederkehrende Druckprüfung:**

Wiederkehrende Druckprüfungen sind nur erforderlich bei Instandsetzungsmaßnahmen, bei denen festigkeitsverändernde Arbeiten (z.B. Schweißen, Hartlöten) an der drucktragenden Wandung durchgeführt worden sind. Hierfür hat der Hersteller die entsprechenden Voraussetzungen zu schaffen und die Handhabung aufzuzeigen.

**c) Prüfung installierter Sicherheitseinrichtungen:**

Die korrekte Funktionalität der installierten Druckwächter und Druckentlastungseinrichtungen müssen gemäß den Herstellerangaben in Verbindung mit den Vorgaben der EN 378-4 (Anhang D) in regelmäßigen Intervallen überprüft werden.

**d) Betriebs- und Wartungsanleitung:**

Die seitens des Herstellers zu erstellenden Anleitungen müssen mit Lieferung der Bahnklimaanlage übergeben werden. Diese bilden die Grundlage für die Personalunterweisung.

**Prüfung vor Inbetriebnahme und wiederkehrende Prüfungen der Anlage bzw. ihrer Anlagenteile (insbesondere Druckgeräte):**

Entsprechend den nationalen Regeln ergeben sich unterschiedliche Prüfumfänge und Prüfintervalle, wobei sich die Anforderungen an die Beschaffenheit der Bahnklimaanlage und ihrer Anlagenteile (insbesondere Druckgeräte) nicht unterscheiden (einheit-



lich infolge des Europäischen Binnenmarktes). Dies ist auf Basis der herstellerseitigen Anleitungen individuell durch den Fahrzeughalter im Zusammenwirken mit dem Fahrzeugbetreiber festzulegen.

Je nach Gefahrenpotenzial der Klimaanlage, die Druckgefährdung betreffend, können die nationalen Regeln die erstmalige und / oder wiederkehrende Prüfung durch eine für diese Prüfungen zugelassene unabhängige Stelle vorgeben.

## 10. ZERTIFIZIERUNG

Neben der Nachweisführung zur allgemeinen Anlagensicherheit für die Anwendung in der Bahntechnik steht die Absicherung der Produkthaftung im Fokus.

Hierbei besteht die Möglichkeit, die Nachweisführung auf eine Zertifizierung z.B. für den

- Nachweis der Bahntauglichkeit zur EN 50155,
- Brandschutztechnischen Nachweis zur EN 45545 (werkstofftechnisch gemäß Teil 2, elektrotechnisch Teil 5),
- Nachweis zur Strukturstabilität und Komponentenanbindung (z.B. die Montagetechnik betreffend)

auszurichten.

© Titelbild: Liebherr-Transportation Systems GmbH & Co KG





