



## **Life-Cycle-Cost-optimierte Klimatisierung von Linienbussen**

- Teilklimatisierung Fahrgastraum**
- Vollklimatisierung Fahrerarbeitsplatz**

### **Gesamtbearbeitung:**

Ausschuss für Kraftfahrwesen  
Leitung: Martin Schmidt, Herten

### **Sachbearbeitung:**

Albrecht Classen (Obmann), Trier  
Harald Birkel, Trier  
Peter Bronnenberg, Paderborn  
Uwe Cramer, Wiesbaden  
Burkhard Eberwein, Berlin  
Franz Fendt, München  
Ralph Pütz, Köln

**Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV)**

---

Kamekestraße 37 - 39, 50672 Köln, Tel. 0221 57979-0, Fax: 514272

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>1 Vorwort und allgemeine Hinweise .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Anforderungen an die Klimatisierung von Linienbussen .....</b>	<b>5</b>
2.1 Raumtemperatur .....	5
2.1.1 Fahrerplatz (obligatorisch) .....	5
2.1.2 Fahrgastraum (optional) .....	6
2.2 Strömungsgeschwindigkeit .....	6
2.3 Frischlufttrate/Umluft .....	7
2.4 Luftaustausch/Luftfeuchtigkeit .....	7
2.5 Luftreinheit .....	8
2.6 Geräuschemission .....	8
<b>3 Bauliche Anforderungen an Klima- und Heizungsanlagen .....</b>	<b>8</b>
<b>4 Regelungs- und Steuereinrichtung .....</b>	<b>9</b>
4.1 Fahrgastraum .....	9
4.2 Fahrerplatz .....	10
4.3 Auslegung der Elektronik und Elektrik .....	10
4.4 Diagnose .....	10
4.5 Nachrüstung .....	10
<b>5 Kostenbetrachtung .....</b>	<b>11</b>
<b>6 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>12</b>

## 1 Vorwort und allgemeine Hinweise

Der Öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) ist vor allem im Zuge der Umsetzung wettbewerbsorientierter EG-Regelungen (z. B. Verordnung (EG) Nr. 1370/2007) von einschneidenden Reformen betroffen. Parallel dazu entwickelt sich die notwendige Kofinanzierung des ÖPNV – trotz steigender Komfortansprüche der Fahrgäste – aufgrund der Finanznot der öffentlichen Haushalte stark degressiv. Daher sind Verkehrsunternehmen in diesem Spannungsfeld mehr denn je aufgefordert, in allen Bereichen ihre Wirtschaftlichkeit und Effizienz laufend zu überprüfen und ihre Unternehmenspolitik diesen Rahmenbedingungen anzupassen. Um die zunehmende Bedeutung der Lebenszykluskosten (LCC) bei Investitionsmaßnahmen angemessen zu berücksichtigen, hatte der VDV bereits frühzeitig die VDV-Mitteilung 2315 „Life Cycle Cost bei Linienbussen – Bewertungskriterien bei Ausschreibungen“ [1] publiziert, die regelmäßig mit den zwischenzeitlich erworbenen Praxiserfahrungen der Verkehrsunternehmen aktualisiert wird. Die LCC-Methode ist dabei nicht nur auf das Gesamtfahrzeug, sondern auch auf technische Subsysteme wie Klimaanlage zielführend anwendbar.

Ausgangspunkt für die Entwicklung neuer Klimakonzepte war die Anregung des VDV, vor allem die Betriebs- und Wartungskosten von Linienbusklimaanlagen abzusenkten, um die Klimatisierung weiterhin als Standardmerkmal von Linienbussen auch unter den Zwängen des liberalisierten Verkehrsmarktes halten zu können. Für den Fall, dass bisherige Vollklimatisierungskonzepte nach VDV-Schrift 236, Ausgabe 04/96 [2], die hinsichtlich des gesamten Klimakonzeptes aus heutiger Sicht das Optimum darstellen, im Ausschreibungswettbewerb nicht umzusetzen sind, bieten kostenoptimierte Teilklimatisierungen einen akzeptablen Lösungsansatz.

Alternative, im Hinblick auf die angestrebte LCC-Optimierung gleichwertige Lösungsansätze sind ebenfalls zielführend.

Mit diesem Anhang zur VDV-Schrift 236 sollen die Verkehrsunternehmen im liberalisierten Verkehrsmarkt in die Lage versetzt werden, sich zwischen dem Optimum einer Vollklimatisierung und dem „Worst Case“ einer gänzlich fehlenden Klimatisierung für die akzeptable Alternative einer LCC-optimierten Teilklimatisierung (inklusive obligatorischer Fahrerarbeitsplatz-Klimatisierung) nach VDV-Schrift 236-1 zu entscheiden.

Als Alternative zur bisherigen Vollklimatisierung setzen die Anlagen im Sinne dieses Anhanges die geforderte Wirtschaftlichkeitsverbesserung vor allem dadurch um, dass das Behaglichkeitsgefühl nicht nur überwiegend durch Temperaturabsenkung,

sondern vielmehr auch durch optimierte Nutzung der Luftströmung (Konvektion) erreicht wird. Der Kältekreislauf solcher Anlagen ist weitestgehend hermetisiert und grundsätzlich CO<sub>2</sub>-fähig auszulegen.

Der **modulare** VDV-Vorschlag gemäß diesem Anhang bedeutet in **Stufe 1** eine **obligatorische** Grundausstattung der Linienbusse mit einer **Fahrerplatzklimatisierung als Mindeststandard** (z. B. elektrisch angetrieben). Durch diese Fahrerplatzklimatisierung werden die Arbeitsbedingungen durch Senkung der Temperatur und des Feuchtegrades verbessert und dadurch die körperlichen Belastungen verringert, was auch zur sicheren Führung des Linienbusses mit beiträgt.

Eine **optionale** Erweiterung um eine getrennt geregelte **Fahrgastraum-Teilklimatisierung** kann in einer **Stufe 2** erfolgen. Durch die ausdrücklich empfohlene Stufe 2 soll der Komfort für Fahrgäste und Fahrer auf hohem Niveau mit erhöhter Wirtschaftlichkeit in Einklang gebracht werden. Vor dem Hintergrund der freien Verkehrsmittelwahl ist das Wohlbefinden der Fahrgäste hinsichtlich der Klimatisierung (Temperatur und Luftqualität) ein wichtiges Entscheidungskriterium **für** den ÖPNV.

Für einen 12-m-Linienbus werden somit bei Verwirklichung der Stufen 1 und 2 neben einer elektrisch angetriebenen Fahrerplatzklimatisierung, die individuell regelbar sein muss, weitere elektrisch angetriebene Aufdachmodule für den Fahrgastraum erforderlich, die jedoch in Abhängigkeit der Außentemperatur automatisch geregelt werden müssen, ohne dass der Fahrer Einfluss nehmen kann. Vorteile solcher Anlagen sind neben einem hohen Wirkungsgrad (durch direkte Kaltlufteinbringung) und einer hohen Luftleistung auch die weit gehende Wartungsfreiheit des Kältekreislaufs (kein vom Fahrzeugmotor mechanisch angetriebener Verdichter, keine Kältemittelschläuche, kein Wellendichtring am Verdichter, keine Kälteverrohrung bzw. Luftkanäle im Fahrzeug erforderlich) sowie eine optimale, motordrehzahlunabhängige Kälteleistung. Insgesamt bietet ein solches Klimakonzept auch eine deutliche Gewichtsreduzierung.

Im Instandsetzungsfall kann anstatt der fälligen Reparatur ein kostengünstiger Austausch der einzelnen Module erfolgen.

Neben den aufgrund des Aufbaus geringeren Instandhaltungskosten stellt bei LCC-optimierten Anlagen der im Vergleich zur Vollklimatisierung niedrigere Energiebedarf durchaus einen Systemvorteil dar.

Die im Markt zu beobachtenden Entwicklungen unterschiedlicher Hersteller bei dezentralen Anlagen müssen auf der Basis des Anhangs 236/1 zur VDV-Schrift 236 zu einer **standardisierten, wirtschaftlichen Lösung** führen.

## 2 Anforderungen an die Klimatisierung von Linienbussen

Die in diesem Anhang an LCC-optimierte Klimasysteme gestellten Wirkanforderungen unterscheiden sich von den Anforderungen an die bisherige Vollklimatisierung nach VDV-Schrift 236.

### 2.1 Raumtemperatur

Bei dem geforderten Temperaturniveau im Linienbus ist zwischen den Bedingungen beim Heizen und Kühlen – getrennt nach Fahrerplatz und Fahrgastraum – zu unterscheiden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Klimasysteme gemäß diesem Anhang überwiegend für mitteleuropäische Verhältnisse ausgelegt sind. Die hierfür im Kühlbetrieb geforderte Temperaturdifferenz zwischen Außenumgebung und Fahrgastraum kann bei extremen Außentemperaturen, die jedoch i. d. R. nur an wenigen Tagen des Jahres auftreten, geringer ausfallen. Dies kann zur Beeinträchtigung der Behaglichkeit im Vergleich zur Vollklimatisierung führen.

#### 2.1.1 Fahrerplatz (obligatorisch)

Die obligatorische, separate Klimatisierung des Fahrerarbeitsplatzes muss in die vorhandenen Luftzuführungssysteme gemäß VDV-Schrift 234 [3] integriert werden. Bei der konstruktiven Umsetzung ist auf Zugfreiheit zu achten.

Im **Heizbetrieb** muss die Temperatur zwischen  $18$  und  $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$  (Kelvin) vom Fahrpersonal individuell einstellbar sein. Auch bei extrem niedrigen Außentemperaturen unter  $-10\text{ °C}$  darf die Innentemperatur nur um maximal  $5\text{ K}$  vom Sollwert abweichen.

Im **Kühlbetrieb** ist ebenfalls eine Regelung der einstellbaren Sollwerte für Temperatur und zugeführte Luftmenge erforderlich. Ein Temperaturniveau des Innenraumes ca.  $3\text{ K}$  unterhalb der Außentemperatur ist anzustreben. Zahlreiche Untersuchungen zur Konzentrationsfähigkeit und Verkehrssicherheit weisen darauf hin, dass die Temperatur am Fahrerarbeitsplatz  $28\text{ °C}$  nicht überschreiten sollte.

### 2.1.2 Fahrgastraum (optional)

Im **Heizbetrieb** muss mindestens eine Fahrgastraumtemperatur zwischen +18 °C (Stadtverkehr) und +24 °C (Überlandverkehr) erreichbar und einstellbar sein (Messbedingungen: alle Sitzplätze besetzt; keine Sonneneinstrahlung). Eine Änderung der voreingestellten Werte durch das Fahrpersonal ist auszuschließen. Auch bei extrem niedrigen Außentemperaturen unter -10 °C darf die Innentemperatur nur um maximal 5 K vom eingestellten Wert abweichen.

Im **Kühlbetrieb** muss das Temperaturniveau in Kopfhöhe sitzender Fahrgäste ca. 3 K unterhalb der Außentemperatur liegen (gemessen in einer Höhe von 1,20 m über dem Niveau des Mittelgangs) und automatisch – ohne Eingriff des Fahrpersonals – geregelt werden. Diese Temperaturdifferenz hat sich aufgrund der einschlägigen praktischen Erfahrungen für einen Linienbus als ausreichend erwiesen.

Bei der geringeren Kühlleistung der Teilklimatisierung sind bei Außentemperaturen über 30 °C Abweichungen um bis zu 3 K zulässig.

Ein wesentliches Kriterium für die Behaglichkeit in einem Linienbus ist bei **Heiz- und Kühlbetrieb** die Temperaturverteilung. Deshalb sollte eine möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung im Linienbus (vorne – in der Mitte – hinten) angestrebt werden, d. h. in Längs- und Querachse maximal eine Temperaturdifferenz von 4 K.

Ebenso ist aus Untersuchungen über die Behaglichkeit bekannt, dass die Temperaturdifferenz zwischen Kopfbereich sitzender Fahrgäste und Fußbereich im Allgemeinen < 3 K sein soll. Dabei muss die höhere Temperatur im eingeschwungenen Zustand im Fußbereich vorhanden sein.

Kritische Zonen innerhalb des Fahrzeuges bezüglich besonders starker Wärmeeinstrahlung (Antriebseinheit, Scheiben etc.) sind bei der Auslegung, Luftführung und gegebenenfalls Regelung der Klimaanlage besonders zu beachten.

## 2.2 Strömungsgeschwindigkeit

Die Luftzufuhr in den und die Luftabfuhr aus dem zu klimatisierenden Raum (Fahrerarbeitsplatz und Fahrgastraum) sollte so erfolgen, dass im eingeschwungenen Zustand eine möglichst gute Durchspülung des Raumes erreicht wird. Optimal wäre ein großflächiges Ein- und Ausströmen der Luft bei niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten.

Weiterhin sollte der bestehende Geschwindigkeitsgradient an den Zuluftöffnungen schnell abgebaut werden, um Zugscheinungen bei den Fahrgästen und dem Fahrer zu vermeiden. Zur Erfüllung dieser Forderungen ist eine möglichst gleichmäßige Luftgeschwindigkeitsverteilung anzustreben. Die zulässigen Luftgeschwindigkeiten im direkten Einwirkungsbereich auf stehende und sitzende Fahrgäste sind der DIN 1946 [4] in Abhängigkeit von der Lufttemperatur und vom Turbulenzgrad der Strömung zu entnehmen.

### **2.3 Frischluft/Umluft**

Zur Erzielung der geforderten Behaglichkeit ist der Fahrzeuginnenraum (Fahrer Arbeitsplatz und Fahrgastraum) mit einer angemessenen Frischluft rate (i. d. R. 20 % bei einer Frischluftmenge von 15 m<sup>3</sup>/h je Fahrgast und einem durchschnittlichen Besetzungsgrad von 20 %)\*) zu durchspülen. Bei Bedarf muss die Anlage am Fahrer Arbeitsplatz auf vollständigen Umluftbetrieb zu schalten sein. Dabei dürfen die Scheiben im Sichtfeld des Fahrers möglichst nicht beschlagen.

Aufgrund des höheren Aktivitätsgrades des Linienbusfahrers und längerer Verweildauer im Fahrzeug wird für dessen Bereich eine individuelle Einstellbarkeit zur Erzielung eines optimalen Behaglichkeitsgrades gefordert, d. h. die Möglichkeit zur Veränderung von Menge, Richtung und Temperatur der einströmenden Luft (für Details zur Luftführung siehe VDV-Schrift 234 [3]).

Ein Beschlagen der Seitenscheiben (Kondensieren an kalten Scheiben) ist durch geeignete technische Maßnahmen weitestgehend zu verhindern. Im Gegensatz zur Vollklimatisierung mit direkt über separate Luftkanäle beaufschlagten Scheiben ist bei Teilklimatisierungssystemen ohne Reheat nur eine eingeschränkte Scheibenklarung möglich.

Im Kühlbetrieb erfolgt eine unregelmäßige Lufttrocknung.

### **2.4 Luftaustausch/Luftfeuchtigkeit**

Um genügend Frischluft in den Fahrgastraum einzubringen, ist es erforderlich, für eine ausreichende Abführung von Stauwärme, verbrauchter Luft und Schadstoffen zu sorgen. Dies kann durch Zwangsentlüftung oder mit geräuscharmen Gebläsen erfolgen.

---

\*) für 4 Pers./m<sup>2</sup> Stehplatzfläche

## 2.5 Luftreinheit

Die gesamte Frischluft sowie die Umluft müssen über wirksame Filter (Abscheidegrad mind. 70 % für Partikel  $\geq 1 \mu\text{m}$ ) gemäß DIN 71460, Teil 1 [5] geführt werden. Die Einhaltung der VDI-Hygienevorschrift 6032 [6] ist anzustreben. Diese Filter müssen über Schnellwechseleinrichtungen verfügen, leicht zugänglich und einfach zu reinigen sein (eine Filterstandzeit von mindestens drei Monaten bei Verwendung von Standardgrößen wird angestrebt).

## 2.6 Geräuschemission

Der **Innengeräuschpegel** darf bei 70 % der Maximalleistung im eingeschwungenen Zustand der Klimaanlage und Leerlauf der Antriebsmaschine den Durchschnittswert von 68 dB(A) über alle gemittelten Messpunkte im Fahrzeug, gemessen in einer Höhe von 1,50 m über dem Niveau des Mittelgangs, nicht überschreiten (Messmethode nach DIN ISO 5128 [7]). Das Frequenzband/-spektrum muss in Bezug auf die Geräuschwirkung berücksichtigt werden (subjektive Empfindung des Geräusches).

Der **Außengeräuschpegel** (Messmethode nach DIN ISO 362 [8] und 5130 [9]) des Gesamtfahrzeugs mit Klimaanlage muss unterhalb 78 dB(A) liegen. Anzustreben sind 76 dB(A) ab Oktober 2009 (EURO V).

## 3 Bauliche Anforderungen an Klima- und Heizungsanlagen

Die äußeren Abmessungen des Linienbusses in Länge und Breite dürfen zur Unterbringung der Aggregate nicht verändert werden. Lediglich die für die Klimatisierung vorgesehene Anlage darf auf den vorhandenen Dachaufbau mit einer möglichst geringen Höhe installiert werden. Anordnung und Wirkungsweise der Klimaanlage müssen so gewählt werden, dass eine gleichmäßige Luftverteilung und -umwälzung im Fahrgastraum erreicht wird, möglichst ohne Einbau zusätzlicher Gebläse. Eine herstellerübergreifende einheitliche mechanische Befestigung sowie einheitliche elektrische und datentechnische Schnittstellen sind aus Wirtschaftlichkeitsgründen anzustreben (standardisierte Schnittstellen). Dabei muss der bereits vorhandene und zukünftige Aufbau (Hybridtechnologie) des Fahrzeugs (innen und außen) bezüglich Be- und Entlüftungsteilen, Notausstiegen, Energiespeicheranordnungen etc. Berücksichtigung finden.

Aufgrund der elektrischen Klimaantriebe ist unabhängig von der Drehzahl des Verbrennungsmotors eine ausreichende Kühlleistung zur Verfügung zu stellen. Die Elektrifizierung der Klimaantriebe bietet im Hinblick auf elektrische Antriebsstränge (Brennstoffzelle, Hybrid etc.) im Rahmen der dabei angestrebten Elektrifizierung aller Nebenaggregate Synergien und Effizienzsteigerungen. Dabei ist zu beachten, dass

bei elektrisch angetriebenen Klimaanlage der zusätzliche Strombedarf sicher abgedeckt sein muss (z. B. durch zusätzlichen Generator). Außerdem ist eine Batterieentlade-Schutzeinrichtung vorzusehen.

Gefordert werden instandhaltungsfreundliche, wartungsarme Lösungen.

Die im Rahmen dieses Anhangs erhobenen Forderungen müssen in zukünftigen Fahrzeugen in der Serienfertigung realisiert werden können.

Aus Umweltschutzgründen sind entsprechend umweltfreundliche Kältemittel (z. B. R 744) nach neuestem Stand der Technik einzusetzen.

## **4 Regelungs- und Steuereinrichtung**

Im Rahmen der hier angestrebten Gesamtlösung sind getrennte Regelungs- und Steuereinrichtungen für den Fahrgastraum und den Fahrerplatz vorzusehen. Dies kann sowohl in einer Einheit als auch in zwei getrennten erfolgen. Die Betätigungselemente sind in sinnvoller Gruppierung zueinander und griffgünstig anzuordnen. Da der Fahrer das Klima in seinem Nahbereich mittels separater Steuereinrichtung einstellen kann, fehlt ihm das Empfinden für den klimatischen Zustand des hinter ihm liegenden Fahrgastraumes. Aus diesem Grund muss für den Fahrgastraum eine vollautomatische Steuer- und Regelungseinrichtung vorgesehen werden.

### **4.1 Fahrgastraum**

Alle Parameter für die Funktionen Heizen, Lüften, Kühlen dürfen nur vom technischen Personal verändert werden können. Veränderungen der werksseitig voreingestellten Sollvorgaben müssen durchführbar sein.

Für die werksseitige Erstausrüstung von Linienbussen muss die Steuerung der Teilklimatisierung auf die Gesamtsteuerung der Funktionen Heizen, Lüften, Kühlen des Grundfahrzeugs abgestimmt und in eine Gesamtstrategie integriert werden.

Das Steuergerät ist so auszulegen, dass eine möglichst genaue Angleichung an die vorgegebenen Soll-Werte ohne unangenehmes Überschwingen bei stark veränderlichen Fahrzuständen erfolgt.

## **4.2 Fahrerplatz**

Eine individuelle/manuelle Einstellmöglichkeit durch den Fahrer muss möglich sein, um eine möglichst große Behaglichkeit in seinem Nahbereich zu erreichen. Dabei ist auf eine Integration in das Gesamtkonzept des VDV-Fahrerarbeitsplatzes (VDV-Schrift 234) zu achten.

Auftretende wesentliche Störungen in der gesamten Linienbusklimatisierung müssen dem Fahrer sinnfällig, vorzugsweise am Zentraldisplay des VDV-Fahrerarbeitsplatzes, angezeigt werden.

## **4.3 Auslegung der Elektronik und Elektrik**

Elektrisch angetriebene Klimateinheiten in Sinne dieses Anhangs stellen erhöhte Anforderungen an den elektrischen Energiehaushalt des Gesamtfahrzeuges. Deshalb muss die Steuerung/Regelung so sein, dass der Betrieb der Gesamtklimaanlage mit minimalem Energieeinsatz auskommt. Das Energiemanagement des Gesamtfahrzeugs muss so ausgelegt sein, dass ein Starten des Motors jederzeit möglich ist. Kritische Situationen im Energiehaushalt des Gesamtfahrzeugs müssen dem Fahrer rechtzeitig sinnfällig im Zentraldisplay des VDV-Fahrerarbeitsplatzes angezeigt werden.

## **4.4 Diagnose**

Die Steuer- und Regelungseinrichtung muss mittelfristig für eine Fehlerdiagnose so ausgelegt sein, dass auftretende Fehler während des Betriebes erkannt, im Zentraldisplay des VDV-Fahrerarbeitsplatzes angezeigt und im Zentralrechner abgespeichert werden. Die Fehler müssen über die im Fahrzeug installierten Diagnosesysteme der Fahrzeughersteller – ohne zusätzliche Softwaresysteme – auswertbar sein. Die hier genannten Forderungen gelten nicht für Nachrüstlösungen. Bei zukünftig erweiterten, an der zentralen Diagnoseschnittstelle zur Verfügung stehenden Diagnosedaten müssen auch die für Klimaanlagen relevanten Daten übergeben werden. Zielvorstellung ist die automatisierte Ferndiagnose.

## **4.5 Nachrüstung**

Linienbusse sind ein Investitionsgut mit langer betrieblicher Lebensdauer. Um auf sich ändernde Kundenwünsche hinsichtlich der Klimatisierung reagieren zu können, sind die in diesem Anhang beschriebenen Teilklimatisierungsanlagen insbesondere als Nachrüstlösung für vorhandene Linienbusse geeignet.

Nachrüstlösungen müssen in ihrer Grundkonzeption die hier gestellten Anforderungen bezüglich der Funktionen Heizen, Kühlen, Lüften sicherstellen. Einschränkungen können sich hinsichtlich der Integration der Steuerung in das Steuerungsgesamtkonzept ergeben.

## **5 Kostenbetrachtung**

Der enorme Kostendruck im ÖPNV-Bereich machte es zwingend notwendig, LCC-optimierte Lösungen für Linienbus-Klimaanlagen (d. h. sowohl für die Voll- als auch für die Teilklimatisierung) zu entwickeln, um die Klimatisierung auch zukünftig als Serienausstattungsmerkmal von Linienbussen zu halten. In der Gesamtkostenbilanz schlagen sich sowohl die Investitions- als auch die laufenden Betriebskosten (Instandhaltungs- und Kraftstoffkosten) nieder.

Aus heutiger Sicht lassen sich Senkungen der Lebenswegkosten vor allem mit dezentralen Teilklimatisierungssystemen erreichen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass dezentrale Klimasysteme gemäß diesem Anhang im Vergleich zur Vollklimatisierung reduzierte Funktionen (z. B. kein Reheat) und Wirkungen (z. B. geringere Kühl- und Heizleistung) bieten. Durch diese reduzierten Anforderungen werden sowohl Investitionskosten als insbesondere auch laufende Betriebskosten gesenkt. Dabei wird eine signifikante Reduzierung der gesamten Lebenswegkosten gegenüber der Vollklimatisierung angestrebt.

Dezentrale Anlagen erreichen die geforderte Wirtschaftlichkeitsverbesserung vor allem durch kleiner dimensionierte Klima- und Gebläseeinheiten. Gegenüber der Vollklimatisierung entfallen die Dachheizung, der mechanische Klimakompressor, die Verrohrungen und Einströmkanäle sowie die Unterstützungsgebläse zur Lufteinbringung.

Für die Reduzierung der laufenden Betriebskosten gegenüber der Vollklimatisierung sind der geringere Energiebedarf und die reduzierten Instandhaltungskosten (aufgrund des Komponentenwegfalls und des einfacheren technischen Aufbaus) maßgeblich.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] VDV-Mitteilung 2315:  
Life Cycle Cost (LCC) bei Linienbussen – Bewertungskriterien bei Ausschreibungen  
Ausgabe 05/03 (in Überarbeitung)
- [2] VDV-Schrift 236:  
Klimatisierung von Linienbussen  
Ausgabe 04/96
- [3] VDV-Schrift Nr. 234:  
Fahrerarbeitsplatz im Niederflur-Linienbus  
Entwurf 06/96
- [4] DIN 1946, Teil 2:  
Raumluftechnik; Gesundheitstechnische Anforderungen  
(VDI-Lüftungsregeln)  
Ausgabe 1994
- [5] DIN 71460, Teil 1:  
Straßenfahrzeuge – Luftfilter für Kraftfahrzeuginnenräume;  
Prüfverfahren für Partikelfiltration  
Entwurf Mai 2003
- [6] VDI 6032:  
Hygiene-Anforderungen an die Lüftungstechnik in Fahrzeugen  
zur Personenbeförderung  
Ausgabe 2004
- [7] DIN ISO 5128:  
Akustik; Innengeräuschemessung in Kraftfahrzeugen  
Ausgabe 1984
- [8] DIN ISO 362:  
Akustik; Messung der von beschleunigten Straßenfahrzeugen  
abgestrahlten Geräusche  
Ausgabe 2003
- [9] DIN ISO 5130:  
Akustik; Methode für die Messung des Standgeräusches  
von Straßenfahrzeugen  
Ausgabe 2006
- [10] VDV-Schrift Nr. 230:  
Rahmenempfehlung für Stadt-Niederflur-Linienbusse (SL III)  
Ausgabe 09/01
- [11] VDV-Schrift Nr. 231:  
Rahmenempfehlung für Überland-Niederflur-Linienbusse  
Ausgabe 06/04

- [12] VDV-Schrift Nr. 237:  
Rahmenempfehlungen für Überland-Hochflur-Linienbusse  
Ausgabe 06/04
- [13] VDV-Schrift Nr. 233:  
Rahmenempfehlungen für 3-achsige Großraum-Niederflur-Linienbusse  
Ausgabe 05/97