



Busse nachhaltig klimatisieren!

Busse sind umweltfreundliche Verkehrsmittel. Allerdings werden die Umweltauswirkungen der darin verbauten Heizungs- und Klimaanlageensystemen bislang zu wenig beachtet: Das in Busklimaanlagen enthaltene Kältemittel R134a ist ein fluoriertes Treibhausgas (F-Gas), das die 1430-fache Klimawirkung von CO₂ aufweist. Gleichzeitig benötigen Klimaanlagen und Zusatzheizungen als Nebenaggregate große Mengen Energie und erhöhen so den Kraftstoffverbrauch der Busse.

Wie Busklimatisierung nachhaltiger gestaltet werden kann und welche Vorteile für Verkehrsunternehmen damit verbunden sind, erklärt dieses Hintergrundpapier.



Klimatisierung als Umweltproblem und Kostenfaktor

Der Trend zur Klimatisierung ist auch bei Bussen klar zu erkennen: Waren 1993 nur fünf Prozent aller neuen Stadtbusse mit einer Klimaanlage ausgerüstet, sind es im Jahr 2011 bereits knapp 70 Prozent gewesen. Bei Überlandbussen beträgt die Ausstattungsrate sogar 84 Prozent; neue Reisebusse sind mittlerweile ausnahmslos klimatisiert.¹

Verkehrsunternehmen sind bei der Frage der Klimatisierung von Fahrzeugen mit einem Zielkonflikt konfrontiert. Auf der einen Seite gilt es, den ÖPNV attraktiver zu gestalten: Fahrgäste schätzen – insbesondere bei längerer Aufenthaltsdauer im Bus – den Komfortgewinn durch Klimaanlagen. Andererseits stehen der Einsatz klimaschädlicher Kältemittel sowie der zusätzliche Energieverbrauch für die Klimatisierung im Widerspruch zum umweltfreundlichen Image, das Busse gemeinhin haben. Der Einsatz von Klimaanlagen treibt überdies die Betriebs- und Wartungskosten für Fahrzeuge in die Höhe und belastet so das Budget der Verkehrsbetriebe.

R134A IST 1430-MAL KLIMASCHÄDLICHER ALS CO₂.

In Busklimaanlagen wird heutzutage fast ausnahmslos das Kältemittel R134a verwendet, das zur Gruppe der fluorierten Treibhausgase (F-Gase) gehört. Im Vergleich zu CO₂ hat R134a ein 1430-fach höheres Treibhauspotential (GWP). Da Busklimaanlagen keine hermetisch geschlossenen Systeme sind, entweicht während der gesamten Lebensdauer eines Busses permanent Kältemittel und erhöht so den Treibhauseffekt. Die durchschnittliche Leckagerate beträgt ca. 13-15% des Kältemittels pro Jahr. Insgesamt emittierten aus Bussen im Jahr 2011 deutschlandweit etwa 100 Tonnen Kältemittel R134a.² Das entspricht 140.000 Tonnen CO₂ oder den jährlichen Abgasemissionen von rund 120.000 sparsamen Autos.



Einige Unternehmen wie die Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) gehen bereits mit gutem Beispiel voran.

¹ Angaben des Umweltbundesamtes (UBA)

² Ebd.



Die EU will das schädliche R134a aus Fahrzeugklimaanlagen verbannen.

KÄLTEMITTELVORGABEN AUCH FÜR BUSSE ZU ERWARTEN

F-Gase wie R134a gehören zu den sechs wichtigsten Treibhausgasen, die gemäß dem Kyoto-Protokoll reduziert werden sollen. Die EU hat zur Reduktion dieser Stoffe die F-Gas-Verordnung Nr. 842/2006 sowie die Richtlinie für mobile Klimaanlagen 2006/40/EG auf den Weg gebracht. Letztere schreibt vor, dass nach dem 1. Januar 2011 in neuen Pkw-Typen ein Kältemittel mit einem GWP von weniger als 150 verwendet werden muss und somit R134a faktisch verboten ist. Ab 2017 gilt die Vorgabe für alle Pkw-Neuzulassungen. Für den Busbereich ist diese Regelung ebenfalls von Gewicht: In der Richtlinie ist vorgesehen, die Kältemittelvorgaben mittelfristig auch auf weitere Fahrzeugarten wie etwa Busse auszuweiten.

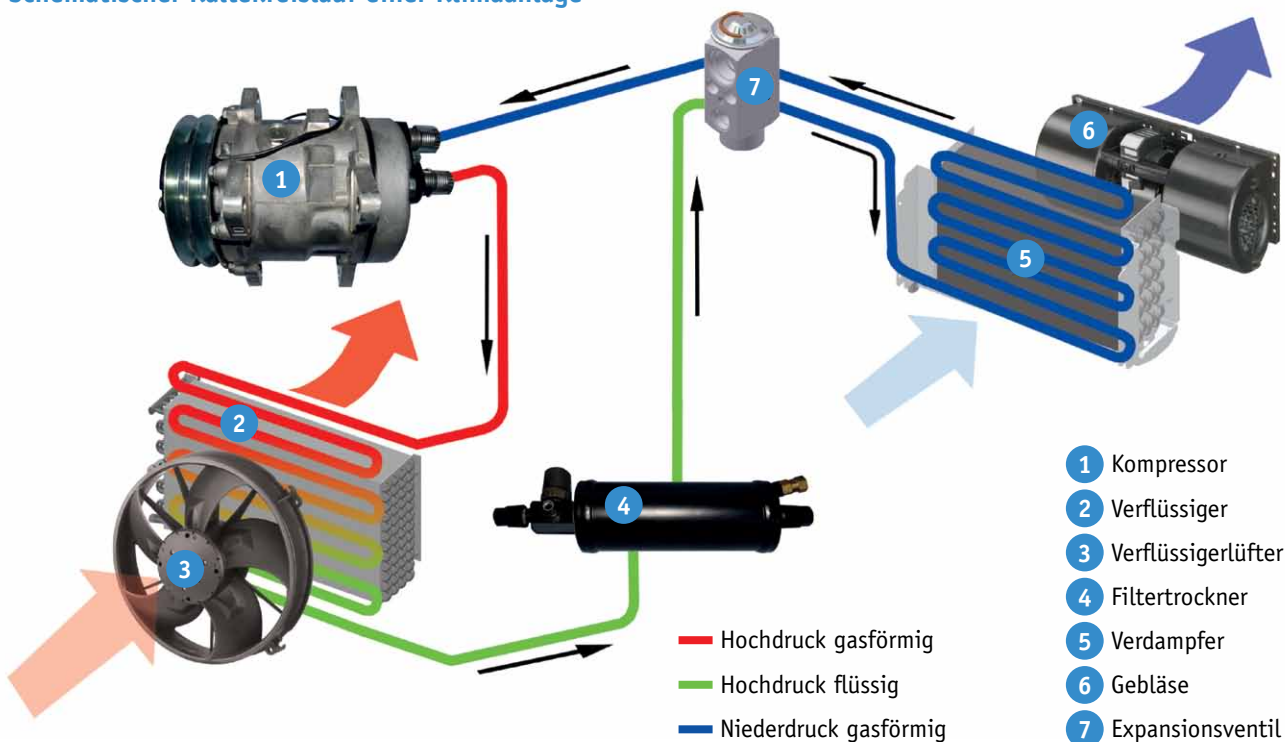
Neben den direkten Emissionen durch Kältemittelleckagen tragen Busklimaanlagen auch indirekt zum Klimawandel bei: Durch den zusätzlichen Energieaufwand für die Klimaanlage erhöht sich der Verbrauch eines Solobusses (12m Länge) um ca. 4 Liter pro 100km. Ähnliches gilt für die Zusatzheizung, die ebenfalls mit der Energie des Motors gespeist wird. Darüber hinaus müssen für klimatisierte Fahrzeuge auch höhere Standzeiten für die Klimaanlagewartung einkalkuliert werden – pro Jahr summieren sich die Servicekosten bei einem typischen Solobus derzeit auf ca. 450 Euro.

Wie funktioniert eine Busklimaanlage?

Bei der Busklimatisierung muss unterschieden werden, ob nur der Fahrerarbeitsplatz oder auch der komplette Fahrgastraum klimatisiert wird (Vollklimatisierung). Bei einer Vollklimatisierung ist in der Regel eine zentrale Klimaanlageinheit auf dem Dach installiert. Der Kompressor wird hierbei über den Motor angetrieben. Zunehmende Verbreitung finden modulare dezentrale Anlagen, die aus mehreren Kühleinheiten bestehen und elektrisch angetrieben werden. Die Beheizung des Busses erfolgt bei einem klassischen Aufbau durch die Dachheizung sowie zusätzliche Bodenheizgeräte.



Schematischer Kältekreislauf einer Klimaanlage



(Quelle: Konvekta AG)

Eine Klimaanlage besteht aus vier Grundbauteilen: Verdichter (Kompressor), Verflüssiger (Kondensator), Verdampfer und Drosselorgan (Expansionsventil). Technisches Kernstück ist der Kompressor, der das Kältemittel als Wärmeübertragungsmedium in einem Kreislauf transportiert. Die warme Luft aus dem Fahrgastraum wird zunächst über den **Verdampfer** geleitet. Hier nimmt das kalte Kältemittel die Wärme auf und wird gasförmig – das Kältemittel verdampft. Die kühlere Luft wird zurück in den Innenraum geleitet. Der **Kompressor** saugt das nun gasförmige Kältemittel an. Dort wird es verdichtet. Dadurch steigt die Temperatur. Jetzt gelangt der heiße Dampf an den **Verflüssiger**: Ein Lüfter sorgt dafür, dass das heiße, gasförmige Kältemittel von kühlerem Fahrtwind umströmt wird und Wärme an die Außenluft abgeben kann. Dadurch wird es wieder flüssig. Anschließend durchströmt das flüssige Kältemittel den **Trockner** und das **Expansionsventil**. In einem Nebel aus Dampf und Flüssigkeit wird das Kältemittel wieder in den Verdampfer gegeben. Es hat jetzt einen niedrigeren Druck, bei dem es die Wärme erneut aufnehmen kann.

CO₂ als umweltfreundliche Alternative

Kältemittel spielen als Wärmeübertragungsmedium die zentrale Rolle bei der Klimatisierung eines Busses. Als Ersatz für das bislang eingesetzte R134a ist das natür-

liche Kältemittel CO₂ die erste Wahl (siehe Übersichtstabelle). Die CO₂-Klimatechnik wurde 2007 mit dem Deutschen Umweltpreis der Deutschen Bundesstiftung Umwelt ausgezeichnet – der höchstdotierten Umweltauszeichnung Europas. Deutschlandweit sind bereits mehr als 40 Busse mit dieser umweltfreundlichen Klimatechnik im Einsatz. CO₂ oder gemäß der chemischen Kältemittelbezeichnung auch R744 genannt, ist ein natürlicher Bestandteil der Luft und weist mit einem GWP von 1 das niedrigste Treibhauspotential von allen Kältemitteln aus. Genau genommen ist es sogar klimaneutral, da CO₂ als Abfallprodukt aus industriellen Prozessen gewonnen wird.

SICHERHEIT SOWIE BETRIEBS- UND WARTUNGSKOSTEN SPRECHEN EINDEUTIG FÜR CO₂

Im Vergleich zu gängigen R134a-Systemen weist eine Busklimaanlage mit dem Kältemittel CO₂ einen besseren Wirkungsgrad auf – bei gleicher Kälteleistung werden rund 25 Prozent weniger Energie benötigt. Weitere Einsparpotentiale ergeben sich bei den Wartungskosten sowie durch die Möglichkeit, den Kühlprozess umzukehren und die CO₂-Klimaanlage als Wärmepumpe für das Beheizen des Busses zu nutzen. Damit können fast 50 Prozent des zusätzlichen jährlichen Kraftstoffverbrauches für die Zusatzheizung eingespart werden. Im Gegensatz zur derzeit noch von vielen Autoherstellern favorisierten Chemikalie R1234yf ist CO₂ weder giftig noch brennbar. Auch die BG Verkehr hat die Unbedenklichkeit des Einsatzes von CO₂ in Busklimaanlagen in Untersuchungen bestätigt.



Eigenschaften verschiedener Kältemittel im Vergleich

	R744 (CO ₂)	R134a	R1234yf
Ökologische Eigenschaften			
ODP (R12=1)	0	0	0
GWP (100 Jahre)	1 (0)	1430	4
Umwelteffekte	Bekannt	Teilweise bekannt	Unbekannt
Thermische Eigenschaften			
Kondensation	Transkritisch	Ja	Ja
Betriebsdruck	Hoch	Gering	Gering
Effizienz (Referenz: R134a)	1,25	1	0,9
Wärmeübertragung	Sehr gut	Gut	(Gut)
Wärmepumpeinsatz	Gut	Schlecht	Schlecht
Chemische Eigenschaften			
Brennbar	Nein	Nein	Ja
ATEX	Nein	Nein	Ja
Toxizität, MAK	5.000 ppm	1.000 ppm	400 ppm
Abbauprodukte	Keine	TFA	HF, COF ₂ , TFA
Stabilität	Hoch	Mittel	Gering
Ökonomische Eigenschaften³			
Life Cycle Costing (LCC)	Gut	Mittel	Schlecht
Befüllung Solowagen	20 €	150 €	700 bis 1.500 €
Servicestation und Recycling	1.000 bis 2.000 €	5.000 bis 10.000 €	8.000 bis 10.000 €
Trockner	Nein	Ja	Ja
Servicekosten/Jahr	1. Jahr: 150 € / 2. Jahr: 100 €	450 €	1.000 bis 2.000 €
Mehrverbrauch bei AC (Solowagen)	3 l/100km	4 l/100km	4,4 l/100km
Recycling erforderlich	Nein	Ja	Ja

(Quelle: Konvekta AG)

³ Stand der Kostenangaben: 10/2011

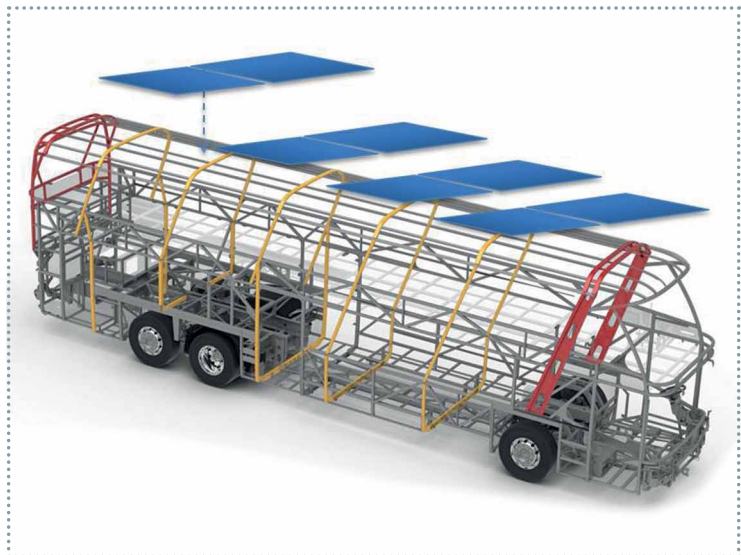
Temperaturmanagement verbessern

Neben der Klimaanlage selbst, sind weitere Komponenten des Fahrzeuges dafür verantwortlich, wie stark sich der Fahrgastraum aufheizt bzw. abkühlt. Mit sinnvollen Maßnahmen im Bereich des Temperaturmanagements lässt sich somit der für das Kühlen und Heizen notwendige Energieaufwand reduzieren: **Hitzereflektierende Lacke und hitzereflektierende Verglasung** tragen dazu bei, dass sich der Fahrgastraum im Sommer weniger stark aufheizt und weniger Energie für die Klimatisierung erforderlich ist. **Verbesserte Wärmeisolierung** mit Hochleistungsdämmschäumen reduziert den Heizbedarf im Winter. Zudem ermöglicht eine in das Dach integrierte **Photovoltaik-Anlage**, die als Dünnschichtfolie aufgetragen wird, Sonnenlicht in Energie umzuwandeln. Damit kann in Teilen der Energiebedarf für Belüftung und Klimatisierung gedeckt werden. Solarzellen ermöglichen außerdem den Betrieb einer Standbelüftung, die im Sommer die Temperaturen eines parkenden Fahrzeugs weniger stark ansteigen lässt.

Was muss getan werden?

Die Deutsche Umwelthilfe e.V. setzt sich seit Jahren für nachhaltige Fahrzeugklimatisierung ein. Um auch im Busbereich die durch die Klimatisierung hervorgerufenen Umweltbelastungen zu mindern, sind zahlreiche Beteiligte und Maßnahmen gefragt:

- » Alle führenden **Bushersteller** sollten ihren Kunden CO₂-Klimatechnik als Option ab Werk anbieten.
- » **Verkehrsunternehmen** und **Kommunen** müssen bei Ausschreibungen für die ÖPNV-Flotte nachhaltige Klimatisierung berücksichtigen. Falls klimatisierte Fahrzeuge beschafft werden, sollten diese vermehrt mit CO₂-Klimatechnik ausgestattet sein.



Eine in das Dach integrierte Photovoltaik-Anlage liefert saubere Energie, die für die Klimatisierung genutzt werden kann.

- » **Öffentliche Förderprogramme** – insbesondere jene für Hybrid- und Batteriebusse – müssen Kriterien für nachhaltige Klimatisierung vorschreiben und die umweltfreundliche CO₂-Klimatechnik begünstigen.
- » Ab 2018 sieht der **Blaue Engel** (nach RAL-UZ 59) für alle zweiachsigen Stadtbusse ein halogenfreies Kältemittel vor – das natürliche Kältemittel CO₂ ist somit die einzige zukunftssichere Alternative. Diese Anforderung muss perspektivisch auch auf andere Bustypen übertragen werden – die noch gültige Vorgabe des Einsatzes eines Kältemittels mit einem GWP<1500 ist nicht mehr zeitgemäß.

Bildnachweis:

Titel oben: Janik Gensheimer, Titel unten: Sabrina Knak/pixelio.de, S.2 links: Janik Gensheimer, S.2 rechts: Alexander Hauk/pixelio.de, S.5 oben: a2-solar GmbH, S.5 unten links: gemenacom/fotolia.de, S.5 unten rechts: Kzenon/fotolia.de



Busfahren ist umweltfreundlich – doch die Klimatisierung der Busse bisher nicht.



Es gibt nur einen Weg: Chemische Kältemittel müssen durch natürliche Substanzen abgelöst werden.



Deutsche Umwelthilfe

Kontakt/Ansprechpartner

Deutsche Umwelthilfe e. V.
Hackescher Markt 4 / Neue Promenade 3
10178 Berlin

Patrick Huth (V.i.S.d.P.)
Tel.: 030 2400867-77
huth@duh.de

Stand: 11/2014

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de