

Abschlussbericht

Nachhaltige Klimatisierung bei Bussen

Az: 30576 - 24/0

Dezember 2015

Vorgelegt von:
Deutsche Umwelthilfe e.V.
Fritz-Reichle-Ring 4
78315 Radolfzell

Autoren:
Patrick Huth (Projektleitung)
Dr. Urs Maier

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	30576	Referat	24	Fördersumme	99.443 €
Antragstitel	Nachhaltige Klimatisierung bei Bussen				
Stichworte	Energie, Mobilität, Kühlung				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
28 Monate	01.06.2013	30.09.2015	1		
Zwischenberichte					
Bewilligungsempfänger	Deutsche Umwelthilfe e. V. Fritz-Reichle-Ring 4 78315 Radolfzell			Tel 07732/9995-0	
				Fax 07732/9995-77	
				Projektleitung Herr Patrick Huth	
		Bearbeiter Patrick Huth Dr. Urs Maier			
Kooperationspartner	Konvekta AG (projektbegleitende fachliche Unterstützung)				

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Obwohl Klimaanlage auch bei Bussen mittlerweile zum Standard gehören, werden die Umweltwirkungen von Heizungs- und Klimaanlage systemen bislang zu wenig beachtet. Mittels des natürlichen Kältemittels CO₂ (R744) lassen sich die direkten Treibhausgasemissionen von Klimaanlage n um über 99% im Vergleich zur gängigen R134a-Technik reduzieren. Zu den weiteren Vorteilen der Busklimatisierung mit CO₂ gehören eine höhere Anlageneffizienz sowie geringere Wartungskosten. Das Projekt soll dazu beitragen, dass mehr Verkehrsbetriebe die CO₂-Klimatechnik in ihren Fahrzeugen nutzen.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Fehlende politische Vorgaben und Anreize sowie unzureichende Unterstützung durch große Fahrzeughersteller erschweren derzeit den Durchbruch der CO₂-Klimatechnik im Busbereich. Daher müssen Bushersteller und Verkehrsunternehmen von den Umwelt- und Kostenvorteilen des natürlichen Kältemittels CO₂ überzeugt werden, damit sie diese nachhaltige Klimatechnik vermehrt einsetzen. Hierzu ist zunächst eine Umfrage unter Verkehrsbetrieben vorgesehen, die den Kenntnisstand und mögliche Vorbehalte gegenüber der Klimatisierung mit dem Kältemittel CO₂ ermittelt. Um einen Austausch der entscheidenden Stakeholder zu ermöglichen, sind Hintergrund- und Fachgespräche sowie Experten-Workshops geplant. Dabei können Erfahrungen mit der CO₂-Klimatechnik diskutiert und ein gemeinsamer Kenntnisstand geschaffen werden. Im Dialog mit Verkehrsbetrieben und Busherstellern sollen zudem die Einsparpotentiale thematisiert werden, die sich durch verbessertes Wärmemanagement und die Nutzung der CO₂-Anlage als effiziente Wärmepumpe erzielen lassen. Zusammen mit Entscheidungsträgern aus Wirtschaft, Politik, Forschung und anderen Umweltverbänden werden überdies politische Handlungsempfehlungen zur Förderung der CO₂-Technik erörtert. Die begleitende Presse- und Öffentlichkeitsarbeit zielt darauf ab, Vorteile der Klimatisierung mit natürlichen Kältemitteln auch der breiten Bevölkerung nahezubringen und somit die Kunden der Verkehrsunternehmen ebenfalls für nachhaltige Busklimatisierung zu sensibilisieren.

Ergebnisse und Diskussion

Im Zeitraum zwischen Ende Februar und Mai 2014 wurden mehr als 200 Verkehrsbetriebe in Deutschland, Österreich und der Schweiz angeschrieben und zur Klimatisierung ihrer Busflotte befragt. Neben den 55 Verkehrsunternehmen, die uns 2011 bei einer vorangegangenen Umfrage geantwortet hatten, konnten von 32 weiteren Betrieben aktualisierte bzw. neue Angaben erhoben werden. Die Branche sendet grundsätzlich positive Signale: 48 Unternehmen würden bei neuen Bussen in die CO₂-Klimatechnik investieren.

Die in der Umfrage genannten Vorbehalte sowie Möglichkeiten, die Marktdurchdringung der CO₂-Technik zu verbessern, waren zentraler Gegenstand von insgesamt 4 Fachgesprächen und Workshops sowie einer gemeinsamen Veranstaltung mit dem EU-geförderten Projekt Clean Air. Bei unserem ersten Workshop „Umweltfreundliche Stadtbusse“ (03/2014) wurde insbesondere der Entwicklungsstand der CO₂-Technik erörtert und Erfahrungsberichte von Seiten der Verkehrsbetriebe mit rund 30 anwesenden Experten diskutiert. Darüber hinaus erläuterten die Marktführer MAN und Daimler ihre Position zur CO₂-Busklimatisierung.

Zusammen mit führenden Buserstellern und Zulieferern wurde im September 2014 diskutiert, welche Komponenten jenseits der Klimaanlage künftig im Bus berücksichtigt werden sollten. Die gemeinsam mit dem VCD veranstaltete Konferenz „Saubere Luft in Städten“ im September 2014 wurde genutzt, um rund 30 polnischen, tschechischen und deutschen Entscheidungsträgern aus Ministerien, Verkehrsbetrieben und NGOs den aktuellen Stand der CO₂-Klimatechnik nahe zu bringen.

Mit dem Fachgespräch „Umweltfreundliche Klimatisierung auf der Schiene“ im Oktober 2014 wurde die Entwicklung im Bahnbereich näher beleuchtet (24 Teilnehmer). Die Deutsche Bahn bekräftigte, ab 2020 nur noch natürliche Kältemittel in Schienenfahrzeugen einsetzen zu wollen; der VDB kündigte an, künftig herstellerübergreifend die Entwicklung der CO₂-Klimatechnik vorantreiben zu wollen.

Beim Abschlussworkshop „Umweltfreundliche Beschaffung und Vergabe am Beispiel von Bussen und Baumaschinen“ konnte mit rund 40 Experten erörtert werden, welche Möglichkeiten, Bund, Länder, Kommunen und öffentliche Unternehmen haben, nachhaltig zu handeln. Dabei wurde insbesondere diskutiert, wie CO₂-Technik direkt oder indirekt (mittels Umweltzeichen Blauer Engel) in die Vergabe und Beschaffung integriert werden kann. Darüber hinaus fanden während der gesamten Projektlaufzeit rund ein Dutzend weitere Hintergrundgespräche mit Stakeholdern statt.

Durch Fachveranstaltungen und Hintergrundgespräche gelang es, Vorbehalte gegenüber der Technik abzubauen und zugleich die führenden Busersteller zu motivieren, ihre Entwicklungsbemühungen zur CO₂-Klimatechnik zu intensivieren. Das Projekt konnte dazu beitragen, dass die Anzahl der CO₂-klimatisierten Busse während der Projektlaufzeit von 22 auf 100 Stück angewachsen ist. Zugleich ermöglichte der Austausch mit Herstellern, Behörden und politischen Entscheidungsträgern, dass die Rahmenbedingungen für die CO₂-Klimatisierung verbessert wurden: So schreibt der Blaue Engel für Omnibusse ab 2018 faktisch das Kältemittel CO₂ vor (für zweiachsige Stadtbusse). Weiterhin haben erste Aufgabenträger Kriterien für nachhaltige Busklimatisierung in ihre Nahverkehrspläne aufgenommen. Darüber hinaus konnte erreicht werden, dass die CO₂-Klimatisierung nun auch als Zuschlagskriterium in der Hybridbusförderung des BMUB verankert ist.

Nicht zuletzt gelang es dem Projekt, durch gezielte Hintergrundinformationen an Entscheidungsträger sowie durch intensive Pressearbeit auf die Gefahren der synthetischen Kältemittelalternative R1234yf aufmerksam zu machen und deren Einsatz im Busbereich zu verhindern.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Die Vorteile natürlicher Kältemittel sowie die Gefahren von R1234yf wurden im Rahmen von zwei Pressekonferenzen medienwirksam thematisiert. Darüber hinaus wurden in der gesamten Projektlaufzeit 6 Pressemeldungen zur Busklimatisierung und zur Kältemitteldebatte veröffentlicht. Informationen zur Busklimatisierung wurden in einem Hintergrundpapier und auf der Projektwebseite der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt. Weiterhin wurde das Projekt auf diversen Veranstaltungen vorgestellt und soll auch nach Projektende bei weiteren Gelegenheiten präsentiert werden (u.a. COP21 in Paris).

Fazit

Im Jahr 2012/2013 waren die Vorzeichen für natürliche Kältemittel im Fahrzeugbereich alles andere als positiv. Dies hat sich geändert: Mittlerweile beabsichtigen Daimler und VW den Einsatz natürlicher Kältemittel sowohl im Pkw- als auch im Busbereich. Wenngleich bis zur serienmäßigen Ausstattung von Bussen mit CO₂-Klimatechnik noch einige Hürden sind, konnten durch die Projektarbeit wichtige Grundlagen für die weitere Marktdurchdringung der innovativen Technik gelegt werden.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	1
Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen	2
Zusammenfassung	3
Einleitung.....	4
Umfrage zur Busklimatisierung.....	6
Fachveranstaltungen	8
Gespräche mit Stakeholdern und Präsentation des Projekts.....	11
Hintergrundinformationen für Entscheidungsträger und Abfragen.....	14
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit zu R1234yf und natürlichen Kältemitteln.....	16
Webseite und Hintergrundpapier	20
Ergebnisse der Projektarbeit	22
Technischer Stand der CO ₂ -Klimatisierung.....	22
Anzahl der CO ₂ -klimatisierten Busse	23
(Politische) Rahmenbedingungen der CO ₂ -Klimatechnik im Busbereich	25
Fortsetzung der Aktivitäten	26
Fazit und Ausblick	26
Literatur- und Quellenverzeichnis	28

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entwicklung der Kältemitteldebatte im Fahrzeugbereich (2013-2015).....	5
Tabelle 2: Medienresonanz (Auszug)	19
Tabelle 3: Entwicklungsstand der CO ₂ -Technik (Quelle: Konvekta AG)	22
Tabelle 4: Übersicht der CO ₂ -klimatisierten Busse nach Einsatzort (09/2015)	23
Tabelle 5: Übersicht nach Hersteller, Antriebsart und Bustyp (09/2015)	24
Abbildung 1: Gründe gegen Einsatz von CO ₂ -Klimatechnik	7
Abbildung 2: Gründe für Klimatisierung von Bussen	8
Abbildung 3: Workshop "Umweltfreundliche Beschaffung"	11
Abbildung 4: Brandtest auf dem Testgelände der DMT	17
Abbildung 5: Projektwebseite www.busklima.info	20
Abbildung 6: Hintergrundpapier	21

Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen

AGW	Arbeitsplatzgrenzwert
AST	Anruf-Sammel-Taxi
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BVG	Berliner Verkehrsbetriebe
CO ₂	Kohlendioxid
COP 21	21th Conference of the parties/Klimakonferenz
DB	Deutsche Bahn
DBU	Deutsche Bundesstiftung Umwelt
DG ENTR	Directorate general enterprise and industry
DG CLIMA	Directorate general climate action
DUH	Deutsche Umwelthilfe e.V.
EU	Europäische Union
F-Gas	Fluoriertes Treibhausgas
g	Gramm
GWP	Global warming potential (Treibhauspotenzial)
HF	Fluorwasserstoff
IAA	Internationale Automobilausstellung
JRC	Joint Research Center
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
kg	Kilogramm
KOM	Europäische Kommission
MAC	Mobile air-conditioning
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
NGO	Non-governmental organization (Nichtregierungsorganisation)
NIAG	Niederrheinische Verkehrsbetriebe Aktiengesellschaft
NVV	Nordhessischer VerkehrsVerbund
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pkw	Personenkraftwagen
ppm	Parts per million
R134a	Tetrafluorethan; derzeit meistgenutztes Kältemittel im Fahrzeugbereich
R1234yf	Tetrafluorpropen; brennbare, chemische Kältemittelalternative zu R134a
R744	Kältemittelbezeichnung für CO ₂
SCR	selective catalytic reduction (Technik zur Reduktion von Stickoxiden in Abgasen)
Tsd.	Tausend
TÜV	Technischer Überwachungs-Verein
UBA	Umweltbundesamt
VDA	Verband der Automobilindustrie
VDB	Verband der Bahnindustrie
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VW	Volkswagen AG
WP	Wärmepumpe
WSW	Wuppertaler Stadtwerke
VCD	Verkehrsclub Deutschland e.V.

Zusammenfassung

In der mobilen und stationären Kühlung waren in den vergangenen Jahrzehnten beträchtliche Zuwachsraten zu verzeichnen. Dies gilt auch für Busse, von denen Anfang der 1990er Jahre nur fünf Prozent und mittlerweile mehr als zwei Drittel klimatisiert sind. Durch klimaschädliche Kältemittel entstehen beträchtliche Emissionen: Die UNEP geht in ihrer Prognose im Jahr 2020 von weltweit 240 Mio. t CO₂-Äquivalenten durch den Einsatz von R134a in mobilen Klimaanlage aus (UNEP 2011). Wenngleich der Anteil der Emissionen von Busklimaanlagen vergleichsweise niedrig ist, hat die Umstellung auf nachhaltige Alternativen in diesem Fahrzeugsegment eine wichtige Signalwirkung: Busse gelten als umweltfreundliche Verkehrsmittel. Die zunehmende Klimatisierungsrate steht diesem Image jedoch entgegen.

Durch das natürliche Kältemittel CO₂ (R744) lassen sich die direkten Treibhausgasemissionen von Klimaanlage um über 99% im Vergleich zur gängigen R134a-Technik reduzieren. Zu den weiteren Vorteilen der Busklimatisierung mit CO₂ gehören eine höhere Anlageneffizienz sowie geringere Wartungskosten. Das Projekt „Nachhaltige Klimatisierung bei Bussen“ (Az. 30576) zielte darauf ab, mehr Verkehrsbetriebe zur Nutzung der CO₂-Klimatechnik zu motivieren.

Das Projekt konnte dazu beitragen, dass sich die Anzahl der CO₂-klimatisierten Busse während der Projektlaufzeit mehr als vervierfacht hat. Dies wurde durch Fachveranstaltungen und Hintergrundgespräche erreicht, bei denen Vorbehalte gegenüber der Technik abgebaut und zugleich die führenden Busersteller motiviert werden konnten, ihre Entwicklungsbemühungen zur CO₂-Klimatechnik zu intensivieren. Zugleich ermöglichte der Austausch mit Herstellern, Behörden und politischen Entscheidungsträgern, die Rahmenbedingungen für die CO₂-Klimatisierung zu verbessern: So schreibt der Blaue Engel für Omnibusse ab 2018 faktisch das Kältemittel CO₂ vor (für zweiachsige Stadtbusse). Weiterhin haben erste Aufgabenträger die Kriterien für nachhaltige Busklimatisierung in ihre Nahverkehrspläne aufgenommen. Darüber hinaus konnte erreicht werden, dass die CO₂-Klimatisierung nun auch als Zuschlagskriterium in der Hybridbusförderung des BMUB verankert ist. Nicht zuletzt gelang es dem Projekt, durch gezielte Hintergrundinformationen an Entscheidungsträger sowie durch intensive Pressearbeit auf die Gefahren der synthetischen Kältemittelalternative R1234yf aufmerksam zu machen und deren Einsatz im Busbereich zu verhindern.

Durch die Förderung seitens der Deutschen Bundestiftung Umwelt sowie der fachlichen Unterstützung durch die Konvekta AG wurden mit der Projektarbeit wichtige Grundlagen für den weiteren Erfolg der umweltfreundlichen Klimatisierung mit dem Kältemittel CO₂ gelegt. Neben der Weiterentwicklung der Anlagentechnik für Hybrid- und Elektrobusse werden in den kommenden Jahren auch die (gesetzlichen) Rahmenbedingungen (u.a. F-Gas-Verordnung, MAC-Richtlinie, Nahverkehrspläne und Blauer Engel) und deren Implementierung für die weitere Marktdurchdringung der Technik ausschlaggebend sein.

Einleitung

Im Fahrzeugbereich hat es in den letzten Jahrzehnten einen klaren Trend zur Klimatisierung gegeben: Mittlerweile ist nahezu jeder neue Pkw mit einer Klimaanlage ausgestattet. Auch der Busbereich ist hiervon betroffen. 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.

Busse sind umweltfreundliche Verkehrsmittel. Die zunehmende Klimatisierungsrate steht diesem Image jedoch entgegen: Das in Busklimaanlagen enthaltene Kältemittel R134a ist ein fluoriertes Treibhausgas (F-Gas), das die 1.430-fache Klimawirkung von CO₂ aufweist. Da Busklimaanlagen in der Regel 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% der Kältemittelfüllmenge pro Jahr. Insgesamt emittierten aus Bussen im Jahr 2011 deutschlandweit etwa 100 Tonnen R134a. Das entspricht 140.000 Tonnen CO₂ oder den jährlichen Abgasemissionen von rund 120.000 sparsamen Autos. Zudem benötigen Klimaanlagen und Zusatzheizungen als Nebenaggregate große Mengen Energie und erhöhen so den Kraftstoffverbrauch der Busse.

Seit 2005 hat sich die Deutsche Umwelthilfe (DUH) im Rahmen zahlreicher Informationsprojekte für den Umstieg auf natürliche Kältemittel - insbesondere die Alternative Kohlendioxid (R744) - stark gemacht. So wurde unter anderem die Umsetzung der Richtlinie für mobile Klimaanlagen (MAC-Richtlinie 2006/40/EG) mittels des Projektes „PRO KLIMA - Effiziente Autoklimaanlagen mit natürlichen Kältemitteln“ von 2010 bis Ende 2013 kritisch mit Öffentlichkeitsarbeit, Hintergrundinformationen und Veranstaltungen für Experten und politische Entscheidungsträger begleitet. Das EU-geförderte Projekt fokussierte sich dabei auf die schleppende Umsetzung der EU-Vorgaben zur Verwendung von Kältemitteln mit niedrigerem Treibhauspotential und thematisierte insbesondere die Sicherheitsrisiken des synthetischen Kältemittels R1234yf, das von (weiten Teilen) der Automobilindustrie als Alternative favorisiert wird. Ohne Zweifel ist der Busbereich stark von den Entwicklungen der allgemeinen Kältemitteldiskussion beeinflusst, in der primär der Pkw-Bereich im Zentrum stand. Tabelle 1 liefert einen Überblick der wichtigsten externen Entwicklungen während der Projektlaufzeit.

Während im Jahr 2012/2013 im Pkw-Bereich keine Entwicklungsbemühungen zu CO₂-basierten Klimaanlagen zu erkennen waren, zeigte sich im Bussektor ein etwas positiveres Bild: Ende 2012 waren in Deutschland bereits mehr als 25 Busse mit der CO₂-Technik in Betrieb. Dies ist umso erstaunlicher, da der Busbereich eng mit dem Pkw-Bereich verwoben ist und nahezu alle namhaften Bushersteller zu Autoherstellern gehören. Gleichzeitig gab es zum damaligen Zeitpunkt erste Anzeichen, dass zumindest einer der Hersteller des Kältemittels R1234yf dessen Einsatz im Busbereich vorantreiben möchte. Die Diskussion um nachhaltige Kältemittel schloss aufgrund der Brennbarkeit und toxischer Verbrennungsprodukte von R1234yf zunehmend den Aspekt der Gesundheitsgefährdung mit ein (Pütz 2012). Diese Entwicklungen bildeten den Ausgangspunkt, das Projekt „Nachhaltige Klimatisierung bei Bussen“ zu starten und den Einsatz von natürlichen Kältemitteln weiter zu fördern.

Tabelle 1: Entwicklung der Kältemitteldebatte im Fahrzeugbereich (2013-2015)

06/2013	Daimler ändert Typgenehmigung von neuen Modellen und bringt diese auf Basis der Typgenehmigung der Vorgängergeneration in den Verkehr. So wird die Übergangsfrist der MAC-Richtlinie (bis Ende 2016) voll ausgenutzt. Auch viele andere Hersteller umgehen die Richtlinie auf diese oder ähnliche Weise.
10/2013	Untersuchungsbericht des Kraftfahrt-Bundesamtes zu R1234yf wird veröffentlicht. Bei der Simulation eines schwereren Unfalls entzündete sich bei einem Auto das Kältemittel, bei zwei weiteren wurden erhebliche Mengen Fluorwasserstoff freigesetzt. Das KBA empfiehlt daher weitere Untersuchungen.
12/2013	Nach KBA-Angaben wurden in Deutschland mittlerweile knapp 100.000 Pkw mit dem Kältemittel R1234yf zugelassen.
01/2014	DUH veröffentlicht Ergebnisse des Brandtests und stellt diese bei Stakeholder-Meeting des JRC (Joint Research Center) in Ispra vor. KOM startet erste Schritte zu Vertragsverletzungsverfahren gegen Deutschland.
03/2014	Abschlussbericht des JRC bescheinigt keine ernste Gefahr durch R1234yf (siehe JRC 2014). Da lediglich die KBA-Tests begutachtet und weder weitere Tests (z.B. von Daimler oder DUH) in die Betrachtung aufgenommen noch eigene Tests durchgeführt wurden, wird das Vorgehen von vielen Experten scharf kritisiert.
06/2014	VW räumt ein, auch das Kältemittel R1234yf verwenden zu wollen, um die ab 2017 geltenden EU-Vorgaben zu erfüllen.
07/2014	DUH reicht Klage gegen KOM zur vollständigen Einsicht der Akten zum Kältemittel R1234yf ein.
09/2014	Kritik des UBA an Vorgehen des JRC (Stellungnahme: Europäischer JRC-Bericht zu R1234yf ignoriert Brandereignisse, UBA 2014).
12/2014	Die Gesamtzahl der mit R1234yf befüllten Pkw in Deutschland beläuft sich nach KBA-Angaben inzwischen auf 306.000.
10/2015	Die Daimler AG kündigt offiziell an, ab kommendem Jahr die E- und S-Klasse mit CO ₂ -Klimastechnik auszustatten. Weitere Modelle sollen ab Januar 2017 zunächst mit R1234yf befüllt werden, um die EU-Vorgaben einzuhalten.

Das Projekt „Nachhaltige Klimatisierung bei Bussen“ zielte insbesondere darauf ab

- mögliche Vorbehalte gegen den Einsatz und auftretende Probleme bei der Anwendung zu identifizieren sowie über die Vorteile natürlicher Kältemittel zu informieren und so die Anzahl der Busse mit CO₂-basierten Klimaanlage deutlich zu erhöhen.
- Die politischen Rahmenbedingungen und die Fördermöglichkeiten für die CO₂-Busklimatisierung zu verbessern und damit auch über das Projektende hinaus die Marktdurchdringung zu steigern.

Im Gegensatz zu vorigen DBU-Projekten im Zusammenhang mit der CO₂-Klimatisierung (z.B. DBU AZ10833), lag der Fokus von „Nachhaltige Klimatisierung bei Bussen“ nicht primär in der Entwicklung technischer Lösungen, sondern im Bereich der „Kommunikation und Information“. Um einen Austausch der entscheidenden Stakeholder zu ermöglichen, wurden zahlreiche Hintergrund- und Fachgespräche sowie Expertenworkshops durchgeführt. Zusammen mit Entscheidungsträgern aus Wirtschaft, Politik, Forschung und anderen Umweltverbänden wurden überdies politische Handlungsempfehlungen zur Förderung der CO₂-

Technik erörtert. Weiterhin wurde eine Umfrage unter Verkehrsbetrieben durchgeführt, um den Kenntnisstand und mögliche Vorbehalte gegenüber der Klimatisierung mit dem Kältemittel CO₂ zu ermitteln. Die begleitende Presse- und Öffentlichkeitsarbeit zielte darauf ab, Vorteile natürlicher Kältemittel darzustellen und vor den Gefahren synthetischer Alternativen zu warnen, um deren Einsatz im Busbereich zu verhindern.

Das Projekt wurde am 1. Juni 2013 gestartet und sollte ursprünglich am 31. Mai 2015 enden. Um die Projektaktivitäten erfolgreich abzuschließen, gewährte die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) am 26.03.2015 eine kostenneutrale Verlängerung des Projektes bis zum 30.09.2015.

Mit dem Bewilligungsbescheid seitens der DBU vom 15.3.2013 erhielt die DUH eine Förderungsumme in Höhe von 99.443 €. Der vorliegende Abschlussbericht gibt einen Überblick über die Projektaktivitäten.

Umfrage zur Busklimatisierung

Die Deutsche Umwelthilfe hatte bereits 2011 eine Umfrage zur Busklimatisierung unter Verkehrsunternehmen durchgeführt. Ziel der erneuten Umfrage im Rahmen des Projekts „Nachhaltige Klimatisierung bei Bussen“ war es, die Datenbasis auszuweiten und mehr Informationen über mögliche Vorbehalte und Probleme im Hinblick auf die CO₂-Klimatechnik zu erhalten.

Im Zeitraum zwischen Ende Februar und Mai 2014 wurden mehr als 200 Verkehrsbetriebe in Deutschland, Österreich und der Schweiz per E-Mail angeschrieben, die über einen Busfuhrpark verfügen. Dabei wurden alle Verkehrsunternehmen in Städten mit mehr als 100.000 Einwohnern berücksichtigt. In der Regel wurden entweder Verantwortliche für den Bereich Busse oder die Geschäftsführung kontaktiert und in zahlreichen Fällen auch nochmals telefonisch um Antwort gebeten. Der übermittelte Fragebogen wurde im Vergleich zur 2011er-Umfrage deutlich erweitert und zusammen mit Stakeholdern ausgearbeitet (u.a. Konvekta AG). Eine gemeinsame Versendung der Umfrage mit dem VDV kam leider nicht zustande – hierdurch hätten weitere Verkehrsbetriebe erreicht und sicherlich auch eine bessere Antwortquote erzielt werden können.

Die teils fehlende Antwortbereitschaft war möglicherweise auch durch vorangegangene Presseaktivitäten der DUH zur Partikel- und Stickoxidminderung bei Stadtbussen begründet, welche die Rolle der Betreiber kritisch beleuchteten. Seitens der Verkehrsbetriebe wurde uns in einigen Fällen mitgeteilt, dass deshalb kein Interesse an der Teilnahme bestünde. Trotz dieser Einschränkungen konnten neben den 55 Verkehrsunternehmen, die uns 2011 geantwortet hatten, von 32 weiteren Betrieben aktualisierte bzw. neue Angaben erhoben werden (23 neue Unternehmen; 9 Aktualisierungen). Somit liegen nun Daten von insgesamt 87 Verkehrsunternehmen vor (mit insgesamt 6.639 vollklimatisierten Fahrzeugen).

Die Branche sendet grundsätzlich positive Signale: 48 Unternehmen würden bei neuen Bussen gerne in die umweltfreundliche CO₂-Klimatechnik investieren, obwohl es noch gar keine gesetzlichen Vorgaben für Kältemittel in Bussen gibt. Allein diese Unternehmen verfügen derzeit über einen Fuhrpark von 3.200 klimatisierten Fahrzeugen.

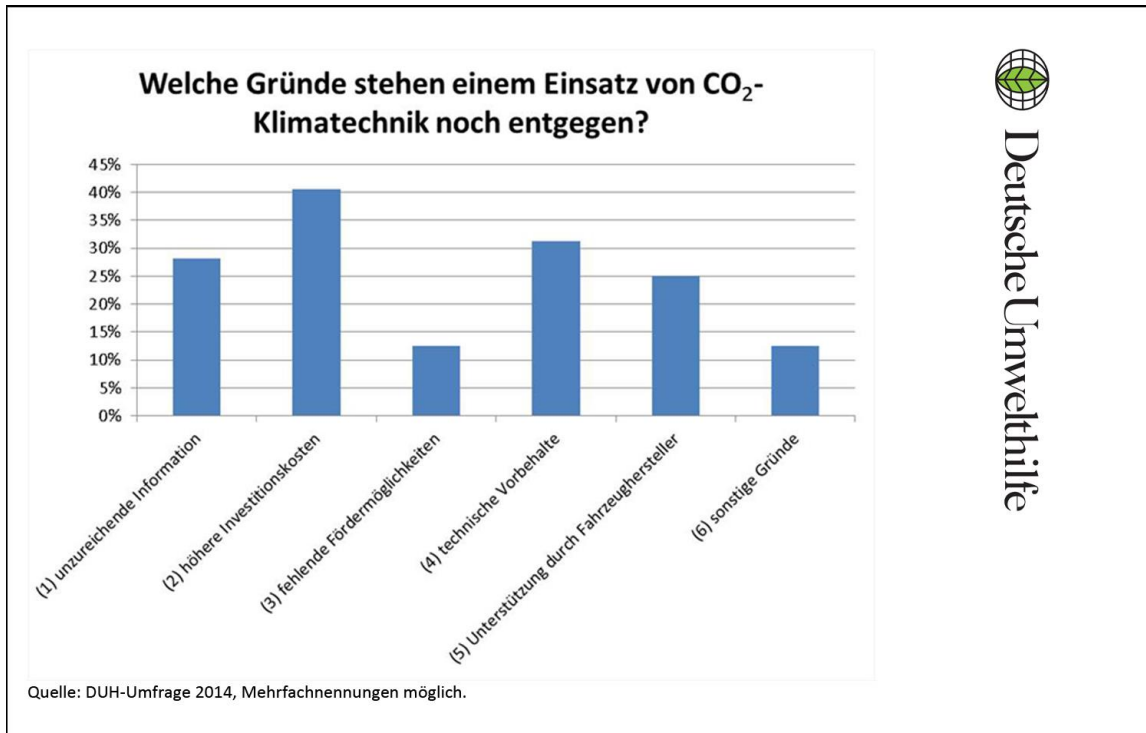


Abbildung 1: Gründe gegen Einsatz von CO₂-Klimatechnik

Gleichwohl haben uns auch einige Verkehrsbetriebe Gründe genannt, die derzeit noch einem Einsatz der CO₂-Klimatechnik im Wege stehen: Am häufigsten wurden in diesem Zusammenhang höhere Investitionskosten und technische Vorbehalte als Antwort ausgewählt. Beide Aspekte hängen eng mit dem am dritthäufigsten genannten Punkt „fehlendes Angebot/mangelhafte Unterstützung durch Fahrzeughersteller“ zusammen (siehe Abbildung 1).

Die Werksausrüstung seitens der Marktführer EvoBus und MAN wurde daher in unseren Fachveranstaltungen und Hintergrundgesprächen mit den Herstellern aufgegriffen, um das Zusammenspiel von Fahrzeug- und CO₂-Anlagentechnik weiter zu optimieren und langfristig zu kostengünstigeren Lösungen zu kommen. Weiterhin lieferte die Umfrage auch Hinweise, dass einzelne Verkehrsbetriebe, die CO₂-klimatisierte Busse mit elektrischem Verdichter einsetzen, deutlich erhöhte Ausfallraten zu verzeichnen hatten.

Grundsätzlich ist die Klimatisierung von Fahrzeugen für Verkehrsbetriebe eine zwiespältige Angelegenheit: Für die Mehrzahl der Busbetreiber sind Komfort und eine gesteigerte Attraktivität des ÖPNV die Hauptmotive. Zudem erwarten viele Kunden mittlerweile eine Klimaanlage in Bussen und Bahnen. Die meistgenannten Argumente gegen eine Klimatisierung waren erwartungsgemäß die höheren Anschaffungs- und Betriebskosten sowie der Umweltschutz (siehe Abbildung 2). Dennoch gehört sie für viele Unternehmen mittlerweile zum Standard.

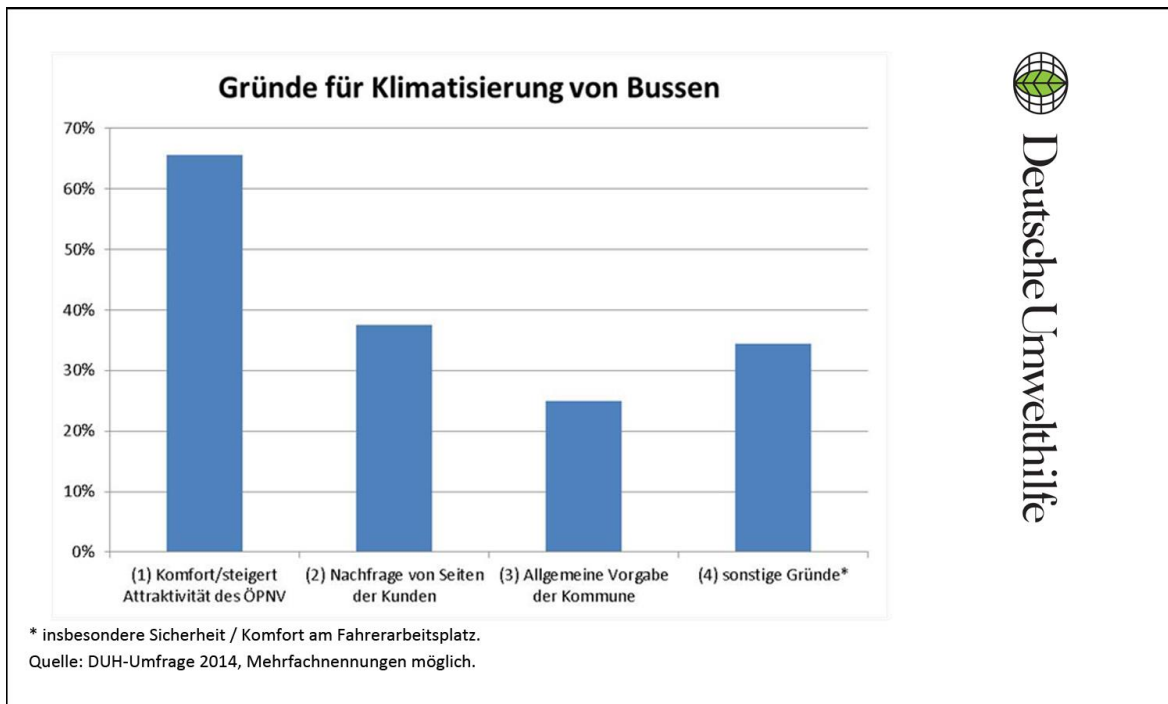


Abbildung 2: Gründe für Klimatisierung von Bussen

Die durchschnittlichen Wartungskosten für einen Stadtbus (Solobus, 12m) taxierten die Unternehmen mit rund 400-600 Euro im Jahr. Nur wenige Unternehmen machten hingegen konkrete Angaben zu den klimaschädlichen Kältemittelverlusten eines typischen Busses ihrer Flotte. Auch die Nutzung technischer Innovationen im Bereich der Klimatisierung bzw. des Temperaturmanagements ist ausbaufähig – nur fünf Betriebe gaben an, entsprechende Technologien wie z.B. Spezialverglasung zu nutzen. Dieser über die Anlagentechnik hinausgehenden Aspekte wurde u.a. in unserem Austausch mit führenden Busherstellern und Zulieferern (9. September 2014) erörtert.

Fachveranstaltungen

Die in der Umfrage genannten Vorbehalte aufzugreifen, Erfahrungen mit der CO₂-Klimatechnik sowie Möglichkeiten der besseren Förderung von nachhaltiger Busklimatisierung waren zentrale Aspekte der Fachveranstaltungen des Projekts. Insgesamt wurden zwei Workshops, zwei Fachgespräche und eine gemeinsame Konferenz mit der EU-Kampagne Clean Air veranstaltet.

Zentraler Gegenstand unseres ersten **Workshops „Umweltfreundliche Stadtbusse“** am 27. März 2014 waren die ersten Rückmeldungen von Busbetreibern auf unsere Umfrage und der Entwicklungsstand der CO₂-Klimatechnik. Um größere Resonanz bei den Verkehrsunternehmen zu erzielen, wurde mit der Stickoxidminderung ein weiteres umweltrelevantes Thema aufgegriffen. Mit mehr als 30 Teilnehmern war der Workshop gut besucht (teilnehmende Verkehrsbetriebe: Erfurter Verkehrsbetriebe, NIAG, üstra, DB Regio AG, Rheinbahn AG, Stuttgarter Straßenbahn) und ermöglichte einen eingehenden Erfahrungsaustausch über die CO₂-Klimatechnik: Die Konvekta AG zeigte auf, dass die Systeme für Diesel-Solobusse für einen Serieneinsatz mittlerweile ausreichend erprobt und optimiert sind. Weitere Erfahrungen müssten noch beim Einsatz in Gelenk- sowie Elektrobussen (insbesondere in Kombination

mit einer Wärmepumpe) gesammelt werden. Die positiven Erfahrungen wurden auch im Vortrag der Niederrheinischen Verkehrsbetriebe AG (NIAG) bestätigt, die insgesamt fünf Busse mit dem natürlichen Kältemittel CO₂ im Einsatz hat. Die anwesenden Bushersteller hielten sich jedoch bei der Frage eines konkreten Einführungstermins der CO₂-Klimatechnik weiter bedeckt. Wichtige Ansatz- bzw. Problempunkte, die sich in der Diskussion herauskristallisiert haben, sind die Kundennachfrage, die Bandbreite und Optimierung lieferbarer Komponenten von CO₂-Anlagen - vor allem der Kompressoren - sowie noch fehlende gesetzliche Vorgaben. Weiterhin wurde von Teilnehmerseite vielfach angeregt, den Blick auf das gesamte Wärmemanagement und weitere Fahrzeugkomponenten zu richten sowie die Klimatisierung von Schienenfahrzeugen näher zu beleuchten.

Bereits seit Projektbeginn wurde gemeinsam mit Zulieferern die Idee eines Gesamtkonzepts eines nachhaltig klimatisierten Busses erörtert, das auch Komponenten jenseits der Klimaanlage berücksichtigen soll. Dies stand bei unserem **fachlichen Austausch mit führenden Busherstellern und Zulieferern** am 9. September 2014 im Fokus. Hersteller von Photovoltaik-Dachanlagen, die weite Teile des Energiebedarfs der Klimatisierung und Belüftung decken können, und die Firma Sekisui, ein Produzent von hitzereflektierender bzw. -absorbierender Verglasung, haben hierbei technische Lösungen für den Busbereich präsentiert. In einem Kreis von knapp 20 Teilnehmern wurden mögliche Einsparpotentiale und technische Herausforderungen diskutiert. Die vorläufigen Ergebnisse dieses Austauschs wurden in einem ersten Konzept zusammengetragen. Bereits vorab wurde seitens eines Busherstellers ein Projektantrag an öffentliche Förderstellen gerichtet, der Teile der diskutierten technischen Lösungen beinhaltet. Mittelfristiges Ziel ist es, in einem Folgeprojekt (anhand eines Konzeptfahrzeugs) die Einsparpotentiale der genannten Technologien im Zusammenspiel zu demonstrieren – hierfür ist jedoch ein überarbeiteter elektrischer CO₂-Verdichter vonnöten, der bis Projektende noch nicht zur Verfügung stand. Da sich zudem die Entwicklungsbemühungen der Bushersteller derzeit primär auf die Anlagentechnik konzentrieren, ist eine rasche Integration weiterer Komponenten (z.B. PV-Anlage) nicht zu erwarten – zumal sich diese Technologien nach Aussage der Hersteller zunächst im Pkw-Bereich etablieren müssten (um aufgrund des Auftragsvolumens auch hinsichtlich der Kosten konkurrenzfähig zu sein).

Wie die künftige Klimatisierung von Bussen aussieht ist eine Frage, die im europäischen, wenn nicht gar globalen, Kontext entschieden wird. Umso wichtiger ist es, bereits frühzeitig über nachhaltige Alternativen zu informieren. In Osteuropa ist der Anteil klimatisierter Busse noch deutlich geringer als in Deutschland. Dennoch ist abzusehen, dass auch in osteuropäischen Ländern zukünftig mehr Busse mit einer Klimaanlage ausgestattet sein werden. Daher bot es sich an, am 4.9.2014 gemeinsam mit der EU-LIFE-Kampagne Clean Air die **Konferenz „Saubere Luft in Städten“** in Berlin zu veranstalten und dabei auch nachhaltige Busklimatisierung zu thematisieren. Im Zuge der Veranstaltung konnte rund 30 polnischen, tschechischen und deutschen Entscheidungsträgern aus Ministerien, Verkehrsbetrieben und NGOs der aktuelle Stand der CO₂-Klimatechnik nahe gebracht werden.

Das erste Workshop zeigte, dass für viele Verkehrsbetriebe technische Fragen bei Bus und Bahn eng verknüpft sind: Mit dem **Fachgespräch „Umweltfreundliche Klimatisierung auf der Schiene“** am 1. Oktober 2014 wurde daher die Entwicklung im Bahnbereich näher beleuchtet. Stellvertretend für den Verband der Bahnindustrie (VDB), der auch die wichtigsten Zulieferer im Bereich der Busklimatisierung zu seinen Mitgliedern zählt, stellte Faiveley Transport den aktuellen Stand der Kältemitteldiskussion im Bereich der Schienenfahrzeuge vor. Darüber hinaus präsentierte die Deutsche Bahn (DB), die mit 13.400 Bussen zugleich der größte Busbetreiber Deutschlands ist, ihre Projekte zur Erprobung natürlicher Kältemittel

und ihre künftige Klimatisierungsstrategie vor. Die bisherige Erprobung beschränkt sich in erster Linie auf einen kleinen Teil der in Betrieb befindlichen ICE-3-Flotte, der mit einer luftbasierten Kühlung ausgestattet ist (Hersteller: Liebherr) sowie auf den Diesel-Hybrid-Zug VT642, in dem eine Klimaanlage auf Basis von CO₂ verwendet und der 2015 bei der DB-Tochter Westfrankenbahn eingesetzt werden wird. Die Inbetriebnahme des VT642 hatte sich aufgrund von zahlreichen technischen Herausforderungen drastisch verzögert: Ursprünglich sollte der Zug bereits 2011 im regulären Linienbetrieb zum Einsatz kommen.

Als Hindernis für den Einsatz umweltfreundlicher Technologien erweisen sich allerdings nach wie vor die Ausschreibungsmodalitäten für Schienenfahrzeuge: Die anwesenden Verkehrsbetriebe (Deutsche Bahn, Veolia, Hamburger Hochbahn) kritisierten, dass hierbei ökologische Belange bislang zu wenig berücksichtigt würden.

Seitens der DB wurde zudem im Rahmen des Austauschs verlautbart, dass in Zügen, die ab 2020 in Betrieb genommen werden, nur noch natürliche Kältemittel eingesetzt werden sollen. Passend dazu kündigte der VDB an, künftig herstellerübergreifend die Entwicklung der CO₂-Klimatechnik im Bahnbereich voranzutreiben zu wollen. Ziel der Projektgruppe sei die wettbewerbliche Entwicklung und Standardisierung der Anlagen. Nach Aussage des VDB im Sommer 2015 kommt die Arbeitsgruppe jedoch langsamer als geplant voran, da das Projekt u.a. auch wettbewerbsrelevante technische Informationen tangiere.

Der Workshop „**Umweltfreundliche Beschaffung und Vergabe am Beispiel von Bussen und Baumaschinen**“, der am 16. September 2015 in Berlin stattfand, zielte darauf ab, Verantwortliche für die öffentliche Beschaffung anzusprechen. Der Fokus der Veranstaltung lag auf den Möglichkeiten, die Bund, Länder, Kommunen und öffentliche Unternehmen haben, um nachhaltig zu handeln: Welche Optionen ergeben sich durch die überarbeiteten Vergaberichtlinien der EU? Welche Kriterien sollten in Vergaberichtlinien und Nahverkehrspläne integriert werden? Wie können dabei Umweltzeichen wie der Blaue Engel genutzt werden? Und welche Kommunen haben bereits gehandelt und gehen mit gutem Beispiel voran?

Mit rund 40 Teilnehmern war der Workshop gut besucht und hat im Nachgang sehr positive Rückmeldung von Seiten der Gäste erfahren. Für die Busklimatisierung und die künftigen Vorgaben des Blauen Engels für Busse (RAL UZ-59) erwies sich der Vortrag von Vergabexperte Jörn Schnutenhaus zum überarbeiteten EU-Vergaberecht (siehe auch: UBA 2014) als besonders fruchtbar:

- Die Umsetzung der neuen EU-Vergaberichtlinien von 2014 in nationales Recht, voraussichtlich im Frühjahr 2016, wird die Möglichkeiten öffentlicher Auftraggeber zur umweltfreundlichen Beschaffung deutlich stärken.
- Der Auftraggeber gewinnt künftig erhebliche zusätzliche Spielräume bei der Spezifikation des Auftragsgegenstands. Gütezeichen wie z.B. der Blaue Engel oder EU-Ecolabel werden künftig in Vergabeverfahren eine größere Rolle spielen.
- Öffentliche Auftraggeber können künftig den Bietern vorschreiben, Varianten (z.B. umweltfreundliche Alternativen zur Leistungserbringung) vorzulegen.
- Auftraggeber gewinnen zusätzliche Spielräume, umweltbezogene Kriterien als Zuschlagskriterien stärker zu berücksichtigen.

Die Konvekta AG konnte bei der Anzahl der CO₂-klimatisierten Busse einen deutlichen Aufwärtstrend vermelden: Bis Ende des Jahres werden wohl insgesamt 100 Busse mit der Technik unterwegs sein. Hierbei scheint insbesondere die Werksausrüstung von EvoBus (noch als Kundensonderwunsch) einen positiven Effekt auf die neuen Bestellungen gehabt zu haben. Ein Grund für die verstärkte Nachfrage sind auch Änderungen in den Nahver-

kehrsplänen einzelner Aufgabenträger (z.B. NVV in Hessen sowie mittlerweile auch Berlin), die für Neuanschaffungen faktisch CO₂ als Kältemittel vorschreiben. Die Nahverkehrspläne sind somit ein gutes Mittel, um die CO₂-Klimatisierung und die SCR-Nachrüstung des Bestandes voranzutreiben.

Abbildung 3: Workshop "Umweltfreundliche Beschaffung"



Einer der anwesenden Bushersteller äußerte Zweifel, die ab 2018 geltenden Kältemittelanforderungen des Blauen Engels einhalten zu können. Das Unternehmen begründet dies damit, dass man im Gegensatz zu Mitbewerbern nicht auf den derzeit verfügbaren mechanischen CO₂-Verdichter setzen möchte, da dieser nicht vollkommen abgedichtet werden könne.

Gespräche mit Stakeholdern und Präsentation des Projekts

Durch die Fachgespräche und Workshops konnten Vorbehalte gegenüber der Technik abgebaut und zugleich künftige Handlungserfordernisse diskutiert werden. Die dabei diskutierten Themen wurden in zahlreichen Einzelgesprächen bzw. Gesprächen in kleinerer Runde aufgegriffen. Hierdurch bestand die Möglichkeit, sich intensiver einzelnen Aspekten der nachhaltigen Klimatisierung zu widmen. Zugleich war eine offenere Gesprächsatmosphäre gegeben, weil keine Gefahr bestand, dass Mitbewerber wettbewerbsrelevante Informationen erfahren.

06/2013 Bereits am 11.06.2013 wurden bei einem gemeinsamen **Hintergrundgespräch mit dem Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), der Konvekta AG und den Berliner Verkehrsbetrieben (BVG)** der aktuelle Stand der CO₂-Klimatechnik und die geplanten Projektaktivitäten erörtert. Der dabei erörterte Workshop und eine Umfrage in Zusammenarbeit mit dem VDV kamen leider nicht zustande. Grund hierfür war sicherlich auch, dass sich der VDV bei der Frage

des künftigen Kältemittels eine strikt technikneutrale Linie verfolgte. Der vorgesehene Workshop für Verkehrsbetriebe sowie die Umfrage wurden daher im Frühjahr 2014 in Eigenregie durchgeführt.

08/2013 Im August 2013 fanden darüber hinaus mehrere **Gespräche mit der Daimler AG** statt. Hierbei wurde insbesondere die zukünftige Kältemittelstrategie des Pkw- und Busbereichs (EvoBus) besprochen. In diesem Zusammenhang bekräftigte die Daimler AG, dass auch EvoBus den Umstieg auf das natürliche Kältemittel CO₂ plane und dies künftig auch deutlicher kommunizieren werde.

09/2013 Bei einem **Hintergrundgespräch mit dem UBA** wurde am 12.09.2013 die Position zur CO₂-Busklimatisierung und die anstehende Überarbeitung der Vergabegrundlage RAL-UZ 59 (Lärmarme und schadstoffarme Kommunalfahrzeuge und Omnibusse) erörtert. Die Forderung der DUH, die Klimatisierung mit dem Kältemittel CO₂ ab dem 1.1.2015 vorzuschreiben, wurde auch seitens des UBA begrüßt und in den ersten Entwurf der Vergabegrundlage des RAL-UZ 59 aufgenommen.

10/2013 Am Rande des DUH-Workshops am 30.10.2013 in Brüssel wurde mit der **DG ENTR und DG CLIMA** über die Zukunft der Richtlinie zu mobilen Klimaanlage (2006/40/EG) diskutiert. Obwohl in der Richtlinie bereits erwähnt, gibt es nach wie vor von Seiten der Europäischen Kommission keine Bestrebungen, die Kältemittelvorgaben (GWP<150) auf den Busbereich auszuweiten.

Dass bei der Klimatisierung von Bussen neben CO₂ auch weitere Alternativen zum derzeit eingesetzten Kältemittel R134a in der Branche verfolgt werden, verdeutlichte ein **Gespräch mit dem Wuppertal Institut** am 16.10.2013: So wurden beispielsweise einem Nahverkehrsunternehmen in Nordrhein-Westfalen im Frühjahr 2013 Busse angeboten, deren Fahrerplatzklimaanlagen ursprünglich mit dem höchst umstrittenen Kältemittel R1234yf befüllt werden sollten. Bereits im Rahmen der IAA 2011 hatte Honeywell angekündigt, das Kältemittel R1234yf künftig auch für den Einsatz in Bussen und Zügen zu bewerben.

Zudem wurden im Oktober 2013 die Aktivitäten zur Busklimatisierung bei einem **Workshop in Warschau** im Rahmen des EU-Projekts PRO KLIMA vorgestellt.

11/2013 Bei der **RAL-Expertenanhörung** am 14.11.2013 in St. Augustin wurde trotz Widerstand des UBA und der DUH der ursprüngliche Überarbeitungsvorschlag der Vergabegrundlage RAL-UZ 59 abgeschwächt. Die Klimatisierung mit dem Kältemittel CO₂ soll demnach erst ab dem 1.1.2018 für zweiachsige Stadtbusse verpflichtend gemacht werden.

02/2014 Im Februar wurde mit **Volkswagen (MAN)** die Kältemittelstrategie des Unternehmens erörtert. Wenngleich sich VW mehrfach für das Kältemittel CO₂ ausgesprochen hat, waren zum damaligen Zeitpunkt keine konkreten Umsetzungspläne im Bus- und Pkw-Bereich bekannt.

03/2014 Ein **Hintergrundgespräch mit dem Baden-Württembergischen Verkehrsmi-**
nister Winfried Herrmann im März offenbarte, dass eine Einbeziehung bzw. zusätzliche Förderung der CO₂-Klimatisierung auf Landesebene aufgrund knapper finanzieller Mittel derzeit nicht möglich sei. Ebenfalls im März folgte ein weiterer Gesprächstermin mit dem UBA-Bereichsleiter Michael Angrick, der die Bewertung der überarbeiteten Vergabegrundlage für Busse zum Gegenstand hatte.

- 04/2014** Bei einem **Gesprächstermin mit dem EvoBus-Technikvorstand** hat die DUH eingefordert, dass die Entwicklungsbemühungen zur CO₂-Klimatechnik verstärkt und die entsprechenden Anlagen schnellstmöglich Einzug in die Serienproduktion halten müssen.
- 10/2014** Weitere 20 Vertreter osteuropäischer NGOs und der Budapester Verkehrsbetriebe wurden im Rahmen des am **22.10.2014 in Ungarn stattfindenden Clean Air-Workshops** über die CO₂-Klimatechnik informiert. Dorothee Saar, Leiterin des DUH-Verkehrsbereichs, präsentierte hierbei Erfahrungen mit Schadstoffminderungstechnologien und zeigte den Handlungsbedarf hinsichtlich der nachhaltigen Klimatisierung bei Bussen auf.
- 02/2015** Klimaschädliche Kältemittlemissionen entstehen nicht nur im Betrieb sondern auch bei der Wartung von Bussen. Im Februar 2015 wurden daher gemeinsam mit dem **Klimaservicegerätehersteller Dometic Waeco** technische Lösungen für service-bedingte Kältemittleckagen erörtert. Das Unternehmen stellte dabei die Ergebnisse eines Tests mit einem Bus vor: Bei einem typischen Klimaanlage-service verlor die Anlage rund 730g des Kältemittels – dies entspricht nahezu 8% der Gesamtfüllmenge (9,5 kg) bzw. mehr als der kompletten Kältemittelfüllung eines typischen Pkw. Neuartige Klimaservicegeräte können die Leckageverluste drastisch reduzieren (weniger als 1% der Kältemittelfüllmenge), werden jedoch aufgrund des höheren Preises bislang nur vereinzelt eingesetzt. Ein zusätzliches Fachgespräch zu dieser Thematik kam bis Projektende nicht zustande, soll jedoch nach Möglichkeit nach Projektende durchgeführt werden.
- 04/2015** Am 27. April 2015, fand ein **verbändeübergreifendes Gespräch mit Volkswagen** statt, bei dem ebenfalls die künftige Klimatisierungsstrategie des Unternehmens inkl. der Konzerntöchter MAN und Scania im Zentrum stand. Angesichts des nahenden Endes der Übergangsfrist der MAC-Richtlinie (31.12.2016) tat sich das Unternehmen mit einer eindeutigen Positionierung in der Kältemittelfrage schwer. Zwar sollen voraussichtlich noch im Jahr 2016 erste Oberklasse-Modelle mit CO₂-Klimaanlagen debütieren. Jenseits des Premiumsegments droht jedoch der Einsatz des Kältemittels R1234yf, falls die EU-Kommission keinen weiteren Aufschub gewähren sollte.
- 05/2015** Der aktuelle Stand der Pkw- und Busklimatisierung waren auch Schwerpunkt des **Gesprächs mit der VDA-Geschäftsführung**, das am 26. Mai 2015 stattfand. Der VDA hat darauf verwiesen, dass die Standardisierung von CO₂-Klimaanlagen in Form der DIN SPEC 74112 voraussichtlich in diesem Sommer abgeschlossen wird – und damit ein Jahr später als ursprünglich geplant. Zugleich sei im nächsten Jahr mit den ersten Pkw-Modellen mit CO₂-Klimaanlage zu rechnen (Mercedes E- und/oder S-Klasse). Sowohl die finalen Standards als auch die ersten Pkw-Modelle mit R744-Technik werden die Angebotssituation für Komponenten der CO₂-Busklimatisierung voraussichtlich deutlich verbessern.
- 09/2015** In einem **Hintergrundgespräch mit MAN Buses** wurden nach dem Workshop am 16.9.2015 nochmals eingehender die künftige Klimatisierungsstrategie des Unternehmens diskutiert (siehe Workshop „Umweltfreundliche Beschaffung“). Am 25.9. fand zudem ein **Treffen mit Ingersoll-Rand (Thermo King)** statt, bei dem nochmals der Entwicklungsstand von CO₂-basierten Lösungen und die Positionierung des Unternehmens in der Kältemittelfrage diskutiert wurden.

Darüber hinaus bestand während der Projektlaufzeit ein kontinuierlicher Austausch mit den relevanten Fachbereichen der Umweltministeriums (u.a. bezüglich der Hybridbusförderung) und des Umweltbundesamtes.

Hintergrundinformationen für Entscheidungsträger und Abfragen

Angesichts der andauernden Kältemitteldebatte im Fahrzeugbereich wurden im Rahmen des Projekts regelmäßige Abfragen bei Herstellern durchgeführt und Entscheidungsträger mit Hintergrundinformationen versorgt:

- 11/2013** Die stetige Ausweitung des Einsatzes von R1234yf nahm die DUH zum Anlass, gemeinsam mit Greenpeace Deutschland und dem ökologischen Verkehrsclub VCD das von der Europäischen Kommission beauftragte Joint Research Center (JRC) schriftlich zu einer **eingehenden Sicherheitsüberprüfung von R1234yf** aufzufordern.
- 12/2013** Die Klimatisierungsvorgaben des Blauen Engels für Busse sind ein wichtiger Schritt, um die Ausrüstung ab Werk voranzutreiben (Anzahl der Busse mit Blauem Engel von den Markführern EvoBus/MAN: ca. 400-500 Fahrzeuge/Jahr). Der von der DUH initiierte, verbändeübergreifende Brief an die Mitglieder der Jury Umweltzeichen hat dazu geführt, dass in der **überarbeiteten Vergabegrundlage für Omnibusse (RAL-UZ 59)** klargestellt wurde, dass ab dem 1.1.2018 definitiv „halogenfreie Kältemittel“ in den Anforderungskatalog aufgenommen werden. Wenngleich ein früheres Einführungsdatum wünschenswert gewesen wäre, stellt diese technikneutrale Formulierung sicher, dass synthetische Kältemittelalternativen wie R1234yf nicht zum Einsatz kommen werden. Dieses wird insbesondere von Honeywell auch im Busbereich als künftige Alternative angepriesen und bereits 2011 in einem Bus-Prototyp in Spanien erprobt.
- 01/2014** Infolge der alarmierenden Ergebnisse eines erneuten Brandtests mit R1234yf hat die DUH im Januar mit einem **Schreiben an Bundesverkehrsminister Dobrindt** gefordert, im Busbereich genehmigungsrechtliche Vorsorgemaßnahmen zu treffen, um den Einsatz von R1234yf zu verhindern. Die Sicherheitsaspekte von R1234yf und ein möglicher Einsatz in Bussen waren auch Gegenstand einer **Kleinen Anfrage** von Bündnis 90/Die Grünen (Drucksache 18/1075), die von der DUH inhaltlich begleitet wurde. In beiden Antworten verwies die Bundesregierung auf den Produktsicherheitsgrundsatz. Zudem sieht das BMVI aufgrund der noch fehlenden Kältemittelvorgaben im Busbereich derzeit keinen akuten Handlungsbedarf.
- 03/2014** In einem **Schreiben an den baden-württembergischen Verkehrsminister Winfried Hermann** wurde gefordert, die ÖPNV-Förderung des Landes künftig auch auf CO₂-klimatisierte Busse auszuweiten (siehe Hintergrundgespräch im selbigen Monat).
- 04/2014** Der Forderung nach einem Verbot des Kältemittels R1234yf und einer Verbesserung der Rahmenbedingungen für die Alternative CO₂ (R744) wurde mit einem **verbändeübergreifenden Schreiben an Daimler, Volkswagen und BMW**

(von DUH, VCD, Greenpeace, NABU, BUND) im April 2014 Nachdruck verliehen. Das Antwortschreiben des Vorstandsvorsitzenden Winterkorn bestätigte die kursierenden Gerüchte, dass VW mittlerweile entgegen ursprünglicher Ankündigungen auch den Einsatz von R1234yf erwägt.

- 05/2014** In einem weiteren, von der DUH initiierten, **verbändeübergreifenden Schreiben** wurden die beiden **EU-Spitzenkandidaten Martin Schulz (S&D) und Jean-Claude Juncker (EPP)** aufgefordert, sich für eine umweltfreundliche und sichere Umsetzung der MAC-Richtlinie einzusetzen. Trotz der vehementen Kritik der DUH und auch anderer Institutionen, wie z.B. des Umweltbundesamts, an der Sicherheitsbewertung von R1234yf durch die Europäische Kommission, ist ein Verbot der Chemikalie nach wie vor unwahrscheinlich. Gleichzeitig ist absehbar, dass jene Autohersteller, die das Kältemittel CO₂ favorisieren, es nicht schaffen werden, die komplette Pkw-Produktpalette bis zum Stichtag 1. Januar 2017 auf CO₂-Klimatisierung umzustellen, weil die Weiterentwicklung der Technik zu lange aufgeschoben wurde. Das Vorgehen der Kommission forciert daher den Einsatz von R1234yf und mindert die Chancen der CO₂-Klimotechnik im Fahrzeugbereich.
- 08/2014** In einem erneuten **verbändeübergreifenden Schreiben** wurde im August 2014 der damals amtierende Kommissionspräsident Barroso aufgefordert, eine politische Lösung zu finden, welche die Umstellung auf das Kältemittel CO₂ ermöglicht, ohne jedoch die MAC-Richtlinie in Frage zu stellen (z.B. mittels angemessener Kompensationszahlungen für eine temporäre Weiternutzung des bisherigen Mittels R134a).
- 01/2015** Um die Ergebnisse unseres Fachgesprächs zur Bahnklimatisierung aufzugreifen, forderten wir den **Vorstandsvorsitzenden der Deutschen Bahn AG, Dr. Rüdiger Grube**, im Januar 2015 auf, auch im Busbereich die Entwicklung und den Einsatz von CO₂-Klimotechnik voranzutreiben (analog zur DB-Strategie im Schienenverkehr). Das Schreiben beinhaltete unter anderem den Vorschlag eines internen Förderprogramms für die DB Regio Bus im Umfang von mindestens einer Million Euro pro Jahr zur Ausrüstung von Bussen mit CO₂-Klimaanlagen. In ihrer Antwort stellte die DB zwar klar, dass im Rahmen der Strategie DB2020 auch im Busbereich der vollumfängliche Umstieg auf natürliche Kältemittel geplant sei. Allerdings sei derzeit noch nicht absehbar, wann CO₂-Busklimaanlagen in der regulären Beschaffung festgeschrieben werden, zumal nach Aussage der DB keiner der Bushersteller, mit denen in den nächsten vier Jahren Lieferverträge vereinbart seien, Fahrzeuge mit CO₂-Klimotechnik anbiete.
- 03/2015** Diese Äußerung nahmen wir zum Anlass, im März nochmals eine **Abfrage bei allen Bushersteller** durchzuführen, die derzeit Zeichennehmer der Blauen Engels sind (EvoBus, MAN, Scania, VDL) und/oder einen nennenswerten Marktanteil im Segment der Hybridbusse besitzen (Volvo). Volvo und VDL können derzeit keinen Termin nennen, wann CO₂-Klimotechnik eingesetzt werden soll; Scania plane in der nächsten Busgeneration den verstärkten Einsatz der Technik. Die beiden Marktführer arbeiten an der Optimierung des Systems auf Basis eines riemenbetriebenen Kältemittelverdichters bzw. treiben auch die Entwicklung von Systemen mit elektrischem Verdichter voran. Es bleibt daher abzuwarten, ob alle bisherigen Zeichennehmer des Blauen Engels in der Lage sein werden, ab 2018 Stadtbusse mit Blauem Engel anzubieten.

05/2015 Anfang Mai wurde zudem eine **Abfrage an alle relevanten Klimaanlagehersteller** und den beiden wichtigsten **Produzenten von CO₂-Kältemittelverdichtern** gesendet. Die Abfrage beinhaltete folgende Fragestellungen:

- Ist Ihr Unternehmen in der Lage, geeignete Anlagentechnik für zweiachsige Stadtbusse mit dem Umweltzeichen Blauer Engel zu liefern, die ab 2018 mit einem halogenfreien Kältemittel betrieben werden müssen?
- Kann Ihr Unternehmen spätestens bis zum Ende des Förderzeitraums im Jahr 2017 CO₂-Anlagentechnik für Hybridbusse bereitstellen, die im Rahmen des BMUB-Programms beschafft werden?
- Wie positioniert sich Ihr Unternehmen zum Kältemittel R1234yf, das im Pkw-Bereich bereits teilweise eingesetzt wird?

Sowohl Spheros als auch Eberspächer sehen in der CO₂-Klimatechnik großes Potential (und hatten in der Vergangenheit teils bereits entsprechende Prototypen der Öffentlichkeit vorgestellt). Zugleich wird jedoch auf eine fehlende (zuverlässige) Verdichterlösung und keine ausreichend erprobten Klimakomponenten verwiesen. GEA Refrigeration Technologies betont in seiner Antwort, dass bei R744-Verdichtern mit Riemenantrieb keine vollständige Hermetisierung möglich sei und sich daraus ein erhöhter Wartungsaufwand ergeben könne. Die Zukunft werde daher in einer rein elektrisch betriebenen Verdichtereinheit gesehen, die vollständig hermetisiert werden kann. Alle Unternehmen erachten auch das Kältemittel R1234yf als mögliche Alternative für den Fahrzeugbereich – ein künftiger Einsatz des Kältemittels in Bussen wurde von keinem Unternehmen gänzlich ausgeschlossen.

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit zu R1234yf und natürlichen Kältemitteln

Das Projekt wurde im **Juni 2013** mittels **Pressekonferenz in Berlin** und begleitender Pressemitteilung der (Fach-)Öffentlichkeit vorgestellt. In Folge wurde unter anderem ein mehrseitiger Artikel in der Fachzeitschrift „KI Kälte Luft Klimatechnik“ in der Ausgabe 8-9/2013 („Mit CO₂ klimafreundlich auf der Busspur“) sowie ein Beitrag auf der Internetplattform R744.com publiziert. Trotz dieser positiven Resonanz im Nachgang der Pressekonferenz zeigte sich bereits zu Beginn des Projekts, dass in der Pressearbeit eine reine Fokussierung auf die Busklimatisierung nicht zielführend ist, da es sich prinzipiell um ein Nischenthema handelt. Angesichts der hohen Relevanz für den Busbereich bot sich daher an, insbesondere an die öffentliche Debatte um sichere und nachhaltige Kältemittel anzuknüpfen.

Ende 2013 waren in Deutschland bereits 100.000 Pkw mit dem hoch umstrittenen Kältemittel R1234yf zugelassen; zugleich hatte Honeywell bereits im Rahmen der IAA 2011 das umstrittene Kältemittel für den Einsatz in Bussen und Zügen beworben (Honeywell 2011). Die Deutsche Umwelthilfe hat daher bereits im Herbst 2013 mit den Planungen eines weiteren Brandtests begonnen, um die Bildung von toxischen Verbrennungsprodukten bei einem kompletten Fahrzeugabbrand genauer bewerten zu können. Bis dahin konzentrierten sich Tests mit R1234yf – auch jene der DUH in den Jahren 2008/2009 – in erster Linie auf die

Gefahren, die im Zuge eines Frontalcrashes entstehen können. Viele der jährlich rund 20.000 Fahrzeugbrände in Deutschland entstehen jedoch unter anderem durch technische Defekte, Vandalismus sowie übergreifende Flammen von brennenden Autos und Bussen bei Masenkarambolagen oder in geschlossenen Räumen wie Tunneln oder Tiefgaragen.

Da weder im LIFE-Projekt „PRO KLIMA“, das am 31.12.2013 endete, noch im vorliegenden DBU-Projekt ein Budget für einen Brandtest vorgesehen war, wurden hierfür zusätzliche finanzielle Mittel akquiriert. Der Test wurde am 13./14. Januar 2014 auf dem Testgelände der DMT GmbH & Co. KG, einer Tochtergesellschaft des TÜV Nord, in Dortmund durchgeführt. Als Testfahrzeug diente ein Pkw, in dem R1234yf ab Werk zum Einsatz kommt – Hersteller und Modell wurden jedoch in der Pressearbeit nicht genannt, da es primär um die Darstellung der allgemeinen und nicht der modellspezifischen Sicherheitsrisiken ging. Das Fahrzeug wurde in einem Brandtunnel am Vorderreifen zur Entzündung gebracht und die Brandgase analysiert. Dabei kam die DMT zu folgendem Ergebnis (siehe DMT 2014): *„Durch einen Fahrzeugbrand mit einer Klimaanlage, die mit dem neuen Kältemittel R1234yf befüllt ist, können in einem Tunnel beträchtliche Mengen an Fluorwasserstoff gebildet und als Brandgas in die Tunnelluft eingetragen werden. Unter den Versuchsbedingungen wurde der Grenzwert für Arbeitsplätze (AGW) bzw. der MAK-Wert von 1 ppm v mit bis zu 43 ppm v HF deutlich überschritten.“*



Abbildung 4: Brandtest auf dem Testgelände der DMT

Die Klimaanlage des getesteten Pkw war 372g des Kältemittels R1234yf befüllt, das durch die Verbrennung in eine Menge von 126g reinem Fluorwasserstoff umgewandelt wurde; die Kältemittel-Füllmenge eines Busses ist mit rund 10kg mehr als 25-mal so hoch. Entsprechend hochgerechnete HF-Mengen wären beispielsweise bei einem Busbrand im Tunnel zu erwarten. Die Ergebnisse wurden am mittels **Pressekonferenz am 21. Januar 2014** in Berlin vorgestellt, an der rund 30 Journalisten teilnahmen. Die Pressearbeit mündete in mehr als 50 Beiträgen (u.a. Süddeutsche Zeitung, Focus, Auto, Motor und Sport, Autobild) und weiteren Presseartikeln auf Grundlage der entsprechenden dpa-Meldung.

Eine kurze Filmdokumentation zum Brandtest ist unter folgendem Link abrufbar:
<http://www.youtube.com/watch?v=B-QeOBNe4Dg&feature=youtu.be>

Gleichzeitig wurde im Januar 2014 bekannt, dass die EU aufgrund mangelnder Umsetzung der Richtlinie zu Autoklimaanlagen ein Vertragsverletzungsverfahren gegen Deutschland einleiten wird – dies betraf insbesondere die Weigerung der Daimler AG, neue Fahrzeuge mit dem Kältemittel R1234yf zu befüllen. Um unserer Forderung nach einem Verbot der Chemikalie Nachdruck zu verleihen, wurde am 24. Januar 2014 bei der **Expertenanhörung des Joint Research Center (JRC) der Europäischen Kommission** im italienischen Ispra Details des Tests präsentiert und erörtert. Die Präsentationen der Anhörung wurden im Nachgang auf der Internetseite der DG ENTR (inzwischen DG Growth) veröffentlicht: http://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive/environment-protection/mobile-air-conditioning-systems/index_en.htm

Am **27. Januar 2014** folgte eine weitere **Pressemitteilung („Deutsche Umwelthilfe fordert sofortiges Verwendungsverbot für das gefährliche Kältemittel R1234yf in Pkw-Klimaanlagen“)** in der u.a. bekannt gemacht wurde, dass die Deutsche Umwelthilfe auf Basis der EU-Umweltinformationsrichtlinie Einsicht in Dokumente angefordert hat, die insbesondere die Lobbyaktivitäten der R1234yf-Hersteller Honeywell und DuPont in Brüssel mit der zuständigen Generaldirektion der Kommission dokumentieren.

Die **Pressemeldung „Deutsche Umwelthilfe warnt VW vor erneutem Wortbruch bei Pkw-Kältemittel“ vom 26. Juni 2014** folgte als Reaktion auf die Ankündigung des VW-Konzerns, den Einsatz von R1234yf zu erwägen, da bis 2017 kein vollumfänglicher Umstieg auf CO₂ möglich sei.

Bis Ende Juni 2014 konnten überdies die von der Europäischen Kommission übermittelten Dokumente ausgewertet werden, die im Januar angefordert wurden. Obwohl die EU-Umweltinformationsrichtlinie die Brüsseler Behörden zur Auskunft verpflichtet, erhielt die DUH nur Teile der angeforderten Unterlagen. Das Generalsekretariat der Europäischen Kommission begründete dies mit dem „*Schutz geschäftlicher Interessen*“ und dem „*Schutz der laufenden Untersuchungen*“. Die Kommission räumt außerdem ein, dass eine Freigabe der unter Verschluss gehaltenen Dokumente die „*Anpassungsfähigkeit und Stabilität der Unternehmen sowie ihre mittelfristigen Pläne*“ beeinträchtigen würde. Weiterhin fanden sich in den übermittelten Dokumenten rund ein Dutzend Hinweise auf Treffen zwischen Kommissions- und Industrievertretern, zu denen jedoch angeblich keine Gesprächsprotokolle oder sonstige Aufzeichnungen existierten. Die DUH reichte aufgrund der unter Verschluss gehaltenen Dokumente Klage beim Europäischen Gericht (EuG) ein – dies wurde im **Juli 2014 mittels Pressemitteilung („Deutsche Umwelthilfe verklagt EU-Kommission auf vollständige Akteneinsicht im Kältemittelstreit“)** bekannt gemacht. Aufgrund eines laufenden Verfahrens einer weiteren NGO, das ebenfalls die Informationspflichten der Europäischen Kommission betrifft, ist die Verhandlung der Klage jedoch noch nicht eröffnet worden.

Angesichts der wohlwollenden Haltung der Europäischen Kommission gegenüber dem Kältemittel R1234yf war es umso wichtiger, im Busbereich unumkehrbar die Weichen in Richtung CO₂-Klimatisierung zu stellen und auf neuangeschaffte Busse mit dieser Technik öffentlich aufmerksam zu machen. Obwohl zahlreiche Verkehrsbetriebe im Jahr 2014 neue Busse mit CO₂-Klimatechnik in Betrieb genommen haben, war leider nur ein Verkehrsunternehmen bereit, gemeinsame Presseaktivitäten durchzuführen. Am 2.9.2014 veröffentlichten wir **mit der RhönEnergie Bus GmbH eine Pressemitteilung**. Darin wurde das Unternehmen für die Inbetriebnahme von zwölf neuen Bussen mit CO₂-Klimatechnik als Vorreiter gelobt. Zugleich präsentierten wir die wichtigsten Ergebnisse unserer Umfrage unter den Verkehrsbe-

trieben (siehe oben). Gemeinsame Presseaktivitäten mit weiteren Verkehrsbetrieben – insbesondere zur Einführung neuer Elektrobusse – scheiterten u.a., weil aufgrund technischer Probleme entgegen der ursprünglichen Planung noch Klimaanlage mit dem Kältemittel R134a verwendet werden mussten. Weitere gezielte Presseaktivitäten zur Einführung neuer CO₂-klimatisierter Busse waren nicht möglich, weil mehrere (Groß-)Aufträge bis Projektende noch in der Schwebe waren.

In der weiteren Pressearbeit ließen sich die Sicherheitsaspekte des Kältemittels R1234yf am besten in den Medien platzieren. Ende 2014 gab DUH-Bundesgeschäftsführer Jürgen Resch ein Interview für eine geplante ARD-Dokumentation zum Kältemittelstreit; im April folgte ein weiteres Interview mit Jürgen Resch und dem Projektberater Dr. Axel Friedrich anlässlich einer NDR-Reportage, in der ebenfalls die Kältemittelthematik aufgegriffen wurde. In beiden Fällen wurden die Redakteure mit umfangreichen Hintergrundinformationen versorgt und mehrere Vorabgespräche geführt. Leider mündeten beide Interviews nicht in entsprechenden Beiträgen (weil beispielsweise bei der NDR-Reportage ein anderer Schwerpunkt gewählt wurde). Dennoch konnten durch die Pressearbeit mehrere Millionen Personen erreicht werden (siehe Auszug der Medienresonanz).

Tabelle 2: Medienresonanz (Auszug)

Medium	Artikel/Bericht	Reichweite
ARD (TV)	Tagesschau (23.8.2013)	3-4 Mio. Zuschauer
auto, motor und sport	Deutsche Umwelthilfe sieht große Gefahren (21.1.2014); Neuer Zündstoff (21.3.2014)	2,16 Mio. Leser
autobild.de	Tödliche Gefahr (21.1.2014)	ca. 6 Mio. Besucher/Monat (03/2014)
B5 Der Funkstreifzug (Radio)	Streit um brandgefährliches Kältemittel (7.7.2013)	täglich ca. 720.000 Hörer
BR kontrovers (TV)	Streit um Kältemittel - Brandgefährliche Autos unterwegs (3.7.2013)	k.A.
Bunte	Kältemittel R1234yf gefährlicher als angenommen (27.1.2014)	ca. 4 Mio. Leser
Deutschlandfunk Wirtschaft und Gesellschaft (Radio)	Ein Ende in Raten - Streit um chemische Kühlmittel für Auto-Klimaanlagen (27.8.2013)	täglich ca. 1,5 Mio. Hörer
focus.de	Gefährlicher als angenommen (21.1.2014)	24,2 Mio. Bes/Monat (03/2014)
Frankfurter Rundschau	EU drängt auf Einsatz (24.1.2014)	8,5 Mio. Besucher/Monat (03/2014)
Handelsblatt.de	Umwelthilfe fürchtet Kältemittel (21.1.2014)	16,9 Mio. Besucher/Monat (03/2014)
KI Kälte - Luft - Klimatechnik	Mit CO ₂ klimafreundlich auf der Busspur (08/2013)	Druckauflage: ca. 3.700 Exemplare
motor-exclusive.de	Umweltfreundlichere Busklimatisierung gefordert (26.08.2013)	k.A.
Neues Deutschland	Umwelthilfe moniert Klimaanlage in Bussen (29.06.2013)	Auflage ca. 30.000 Exemplare
NRhZ-Online	Vorbild: NIAG am Niederrhein (3.7.2013)	k.A.
R744.com	DUH launches campaign to promote CO ₂ MAC for buses (17.07.2013)	k.A.
Solarify	DUH fordert Umstieg auf CO-Klimatechnik bei Bussen (2.9.2014)	k.A.
spiegel.de	Das Ultimatum an Deutschland läuft aus (27.3.2014)	124,1 Mio. Besucher/Monat (03/2014)
Stuttgarter Zeitung	EU prüft Auto-Kältemittel in Deutschland (21.1.2014)	887.393 Besucher/Monat (03/2014)
taz	Streit um Kältemittel (21.1.2014)	0,39 Mio. Leser

Bereits zum Zeitpunkt des 2. Kurzberichts wurde beschlossen, Ersatzmaßnahmen für die ursprünglich vorgesehenen Flyer für Verkehrsbetriebe und die Pressereise einzuplanen. Aufgrund der schlechter Erfahrungen mit einzelnen Presseaktivitäten zum Thema „Kältemittel/Fluorierte Treibhausgase“ bestand innerhalb des Projektteams Konsens darüber, dass eine Pressereise zur Busklimatisierung voraussichtlich nicht auf ausreichende Resonanz stoßen und in keinem sinnvollen Kosten-Nutzen-Verhältnis stehen würde. Auch der Mehrwert von Flyern im Vergleich zu den anderen Informationsquellen Hintergrundpapier und Webseite (siehe folgendes Kapitel) wurde als zu gering erachtet. Die Ersatzmaßnahmen umfassten primär das zusätzliche Fachgespräch zur Bahnklimatisierung sowie weitergehende Informationen für Verkehrsbetriebe im europäischen Ausland (siehe Fachveranstaltungen).

Webseite und Hintergrundpapier

Bereits zu Projektbeginn wurde auf der DUH-Internetplattform www.duh.de (rund 22.000 Besucher pro Monat) eine **Projektwebseite** angelegt. Für die Projektwebseite wurde zudem die Domain www.busklima.info registriert.

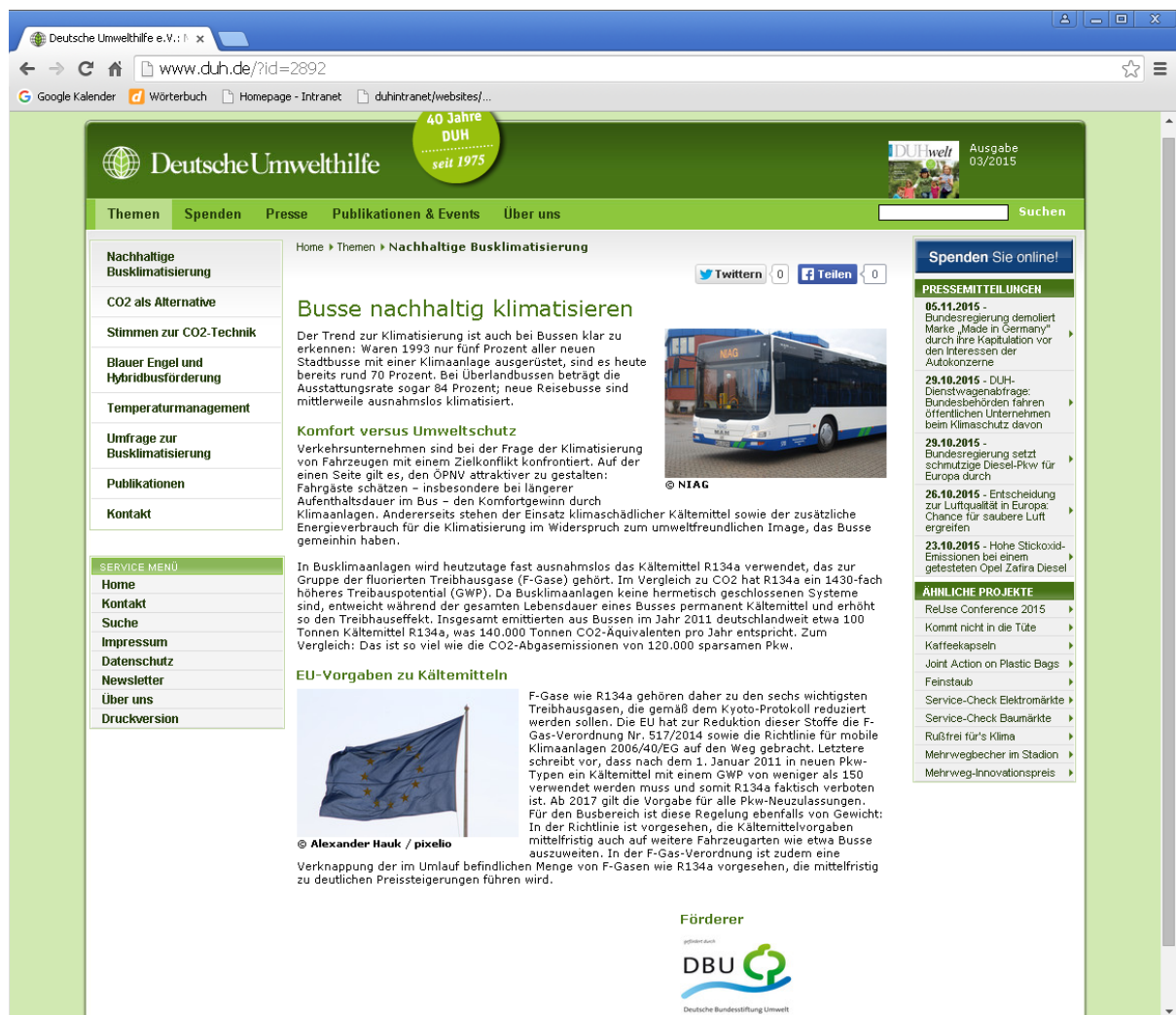


Abbildung 5: Projektwebseite www.busklima.info

Die Webseite wurde in Publikationen und im Rahmen von Veranstaltungen beworben; der Inhalt wurde während des gesamten Projektverlaufs kontinuierlich um folgende Punkte ausgebaut:

- Nachhaltige Busklimatisierung: Hintergrundinformationen zur Umweltrelevanz der Busklimatisierung
- CO₂ als Alternative: Vorteile des natürlichen Kältemittels und DUH-Forderungen
- Stimmen zur CO₂-Technik: Interview/Erfahrungsbericht des Geschäftsführers der RhönEnergie Bus GmbH
- Blauer Engel und Hybridbusförderung: Erläuterungen zu den Inhalten der Vergabegrundlage/des Förderprogramms
- Temperaturmanagement: Konzept eines nachhaltig klimatisierten Konzepts
- Umfrage zur Busklimatisierung: Ergebnisse und Schlussfolgerungen
- Publikationen und Kontakt: Hintergrundpapier (dt./engl.), Übersicht der CO₂-klimatisierten Busse

Für Verkehrsunternehmen, Journalisten und sonstige Stakeholder wurde ein **Hintergrundpapier „Busse nachhaltig klimatisieren“** erstellt, das sowohl in deutscher als auch englischer Fassung vorliegt. Das Hintergrundpapier wurde primär in digitaler Form verbreitet, für Veranstaltungen jedoch auch in gedruckter Form bereitgestellt. Der Inhalt wurde im Projektverlauf mehrmals aktualisiert und umfasst in der vorliegenden Form nun folgende Punkte:

- Klimatisierung als Umwelt- und Kostenfaktor
- Wie funktioniert eine Busklimaanlage?
- CO₂ als umweltfreundliche Alternative
- Temperaturmanagement verbessern
- Was muss getan werden?



Abbildung 6: Hintergrundpapier

Ergebnisse der Projektarbeit

Technischer Stand der CO₂-Klimatisierung

Aufgrund der Vielzahl der neu hinzugekommenen CO₂-klimatisierten Busse konnte die Technik weiter erprobt und optimiert werden. **Für Diesel-Solo-Busse gilt die Technik mittlerweile als ausgereift.** Bei Gelenk- und Hybridbussen gibt es jedoch noch weiteren Entwicklungsbedarf. Dies ist auch Grund dafür, dass in der überarbeiteten Vergabegrundlage des Blauen Engels künftig halogenfreie Kältemittel zunächst nur für zweiachsige Stadtbusse gefordert werden. Details zum Entwicklungsstand der CO₂-Anlagentechnik in den einzelnen Bustypen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 3: Entwicklungsstand der CO₂-Technik (Quelle: Konvekta AG)

Bustyp	Entwicklungsstand
Diesel-Solo-Busse (12m)	<ul style="list-style-type: none"> • Ausreichend erprobt • Über 30 Fahrzeuge seit mehreren Jahren im Einsatz • Regelung/Einbindung wie bei R134a-Anlagen • Einbindung des Kompressors und weiterer Komponenten variieren je nach Busmodell • Optimierungspotential: Reduktion des Kompressorgewichts und Hermetisierung (durch elektrischen Verdichter)
Diesel-Gelenk-Busse	<ul style="list-style-type: none"> • Bislang nur wenige Fahrzeuge (seit 2011, bislang nur ein Bushersteller) • Entwicklungsbedarf: Leckagen durch Vielzahl der Verbindungsstellen und Leistung des Kompressors
Diesel- und Hybridbusse mit Wärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> • Bislang nur 1 Fahrzeug im Einsatz (seit 2010) • Herausforderung Abstimmung des Heizsystems: Kühlwasser versus Wärmepumpe • Weiterentwicklung notwendig: WP wird wichtiger bei Antrieben mit geringer Abwärme (Euro 6/Hybrid)
Elektrobusse mit Wärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> • Erst einzelne Fahrzeuge (seit 2012) • Regelung/Einbindung komplex (gilt insbesondere bei zusätzlicher Batteriekühlung) • Entwicklungsbedarf: Kompressor (Leistung/Zuverlässigkeit) und Leistung des Heizsystems bei sehr kalten Temperaturen

Kurz nach Projektende (Oktober 2015) hat die Konvekta AG auf der Busmesse in Kortrijk die 2. Generation der CO₂-Wärmepumpe vorgestellt, die künftig in den Anlagen UL500EM und UL700EM zum Einsatz kommen soll. Verbesserungen betreffen insbesondere die Anpassung an verschiedene Ladesysteme: Jedes Ladesystem und jeder unterschiedliche Fahrzeugtyp besitzt nun ein individuelles, klar definiertes Thermomanagement. Weiterhin wurde die Regelung verbessert, um einen besseren Übergang zwischen Heiz- und Kühlmodus zu gewährleisten (Konvekta 2015).

Noch nicht vollständig gelöst sind Probleme im Zusammenhang mit dem bislang hauptsächlich eingesetzten **elektrischen CO₂-Verdichter**. Einzelne Verkehrsbetriebe mit Batteriebussen zeigten sich mit der Zuverlässigkeit des Verdichters nicht zufrieden. Derzeit ist ein Nachfolgemodell in Entwicklung.

Fortschritte gibt es auch bei der **Werksausrüstung**. Zu Projektbeginn baute lediglich der polnische Hersteller Solaris CO₂-Klimaanlagen ab Werk ein. Mittlerweile sieht die Situation folgendermaßen aus:

- EvoBus: bietet inzwischen Werksausrüstung für zwei festgelegte Baumuster der Citaro-Reihe als Kundensonderwunsch an
- MAN: bislang keine Werksausrüstung (eventuell für das Jahr 2016 geplant)
- Solaris: Einbau auf Kundenwunsch ab Werk
- Volvo/VDL/Scania: bislang keine Werksausrüstung geplant

Nach Aussage von Seiten der Bushersteller beträgt der Mehrpreis der CO₂-Klimaanlage im Vergleich zu R134a-Systemen rund 10.000 Euro (25-35 Tsd. statt 15-25 Tsd. Euro).

Weitere Impulse für die CO₂-Busklimatisierung sind durch die mittlerweile abgeschlossene **Standardisierung der Anlagentechnik** (DIN SPEC) und die **Ankündigungen erster CO₂-klimatisierter Pkw-Modelle** zu erwarten. Die Daimler AG hat im Herbst 2015 verlautbart, dass die neue E- und S-Klasse ab 2016 mit CO₂-Anlagentechnik ausgeliefert werden. Volkswagen plant ab 2016 den Einsatz von R744 im neuen Audi A8.

Anzahl der CO₂-klimatisierten Busse

Die Anzahl der CO₂-klimatisierten Busse hat sich während des Projektverlaufs sehr positiv entwickelt: **Bei Antragsstellung** waren **22 Linienbusse** mit einer Klimaanlage auf Basis des Kältemittels CO₂/R744 ausgestattet, **Ende 2015** ist die **Auslieferung des 100. Busses** mit dieser Technik vorgesehen. Damit hat sich Anzahl der Busse während der Projektlaufzeit vervierfacht. Die Mehrheit der Busse befindet sich im Raum Hessen im Einsatz. Dies ist auf den Standort der Konvekta AG und auf die damit verbundenen besseren Wartungs- und Servicemöglichkeiten zurückzuführen.

Tabelle 4: Übersicht der CO₂-klimatisierten Busse nach Einsatzort (09/2015)

Einsatzort	Anzahl der Busse	Inbetriebnahme
Saarbrücken	6	zw. 2004-2010
Berlin	7	zw. 2008-2010
Kassel	1 WP	2010
Moers	5	zw. 2010-2012
Luxemburg (LU)	1	2011

Nürnberg	1	2011
Herten	2	2011
Jena	4	zw. 2011-2013
Fulda/Bad Hersfeld	27	zw. 2012-2015
Klagenfurt (AT)	1 WP	2013
Umea (SE)	1 WP	2013
Pilsen (PL)	2 WP	2014
Marseille (FR)	2	2014
NVV (Hessen)	34	2015
Gießen	10	2015
Lahr	2	2015
Gesamt	96 + 4 Elektrobusse (aktuell in Betrieb)	

Die Übersicht nach Hersteller zeigt, dass sich die Entscheidung der Daimler AG, zwei Baugruppen der Citaro-Baureihe seit Ende 2014 ab Werk als Kundensonderwunsch mit CO₂-Klimaanlage auszustatten, deutlich positiver als erwartet auf die Anzahl der Busse ausgewirkt hat: Mittlerweile sind doppelt so viele Mercedes-Busse wie MAN-Fahrzeuge mit der CO₂-Technik ausgestattet. Weiterhin spiegelt die Tabelle die notwendige Fortentwicklung und Erprobung der Technik bei Gelenk- und Elektrobussen wider. In diesen Segmenten sind bislang nur sehr wenige Fahrzeuge im Einsatz.

Tabelle 5: Übersicht nach Hersteller, Antriebsart und Bustyp (09/2015)

Hersteller	Diesel	Hybrid	Elektro
Mercedes	49 Solo 1xWP		
MAN	25 Solo		
Solaris	9 Solo 2 Gelenk	2 Gelenk	3 Solo
Iveco	9 Solo		
AMZ			1 Solo
Summe	92 Solo 2 Gelenk	2 Gelenk	4 Solo

(Politische) Rahmenbedingungen der CO₂-Klimatechnik im Busbereich

Das Projekt konnte wesentlich dazu beitragen, dass sich die Rahmenbedingungen für die CO₂-Klimatechnik verbessert haben. Damit wurde der Grundstein gelegt, dass sich über das Projekt hinaus die Anzahl der CO₂-klimatisierten Busse positiv entwickeln wird und mittelfristig erhebliche Zuwachsraten zu erwarten sind.

Bis 2014 beinhaltete das **Umweltzeichen 59 (Blauer Engel) für „Lärmarme und schadstoffarme Kommunalfahrzeuge und Omnibusse“** eine wenig ambitionierte Vorgabe zur Klimatisierung: „Die verwendeten Kältemittel haben ein akzeptables Treibhauspotential. Dies gilt als gegeben bei GWP < 2500, bezogen auf CO₂ und einen Zeithorizont von 100 Jahren.“ Die von uns begleitete, aktuelle Vergabegrundlage des Blauen Engels sieht künftig strengere Anforderungen für die eingesetzte Klimatechnik vor: „Für die umweltfreundliche Klimatisierung ist ab 1.1.2018 für zweiachsige Stadtbusse ausschließlich ein halogenfreies Kältemittel zu verwenden.“ Die aktuelle Vergabegrundlage ist unter folgendem Link einsehbar:

<https://www.blauer-engel.de/de/produktwelt/gewerbe/fahrzeuge/kommunalfahrzeuge-ausgabe-april-2014>

Unsere Forderung, die CO₂-Klimatisierung bei der künftigen **Förderung von Hybridbussen** zu berücksichtigen, wurde ebenfalls umgesetzt: Die neuen "Richtlinien zur Förderung der Anschaffung von dieselektrischen Hybridbussen im öffentlichen Nahverkehr" sind im Januar 2015 offiziell in Kraft getreten und gelten bis Ende 2017. Darin wurde im Hinblick auf die Klimatisierung ergänzt: „Anträge für Vorhaben, in deren Rahmen Fahrzeuge mit einer umweltfreundlichen CO₂-Klimatechnik beschafft werden sollen, werden bevorzugt berücksichtigt.“ Aufgrund der gegenwärtigen Probleme mit dem elektrischen Verdichter steht aktuell zwar noch kein entsprechendes Angebot von Herstellerseite bereit. Allerdings ist davon auszugehen, dass entsprechend ausgestattete Busse bis zum Ende der Förderperiode zur Verfügung stehen. Die aktuellen Förderrichtlinien sind unter folgendem Link einsehbar:

http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Verkehr/hybridbusse_foerderung_richtlinien_bf.pdf

Welches ÖPNV-Angebot erforderlich und angemessen ist, legen die Aufgabenträger im Nahverkehrsplan fest. Mehrere Aufgabenträger haben mittlerweile **verschärfte Anforderungen für die Klimatisierung in den Nahverkehrsplänen** integriert, die letztendlich bei künftigen Ausschreibungen CO₂ zum Kältemittel der Wahl machen:

Berlin hat Ende des vergangenen Jahres seinen neuen Nahverkehrsplan 2014-2018 vorgestellt. Für den Busverkehr sind nun auch hier ambitioniertere Vorgaben hinsichtlich der Klimatisierung integriert worden (siehe Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt 2014): „Bei Neufahrzeugen mit Klimaanlage dürfen die Kältemittel nur ein geringes Treibhauspotenzial (GWP) aufweisen. Anzustreben sind Kältemittel mit einem GWP von 1, ein GWP von 150 entsprechend der Richtlinie 2006/40/EG soll nicht überschritten werden.“

Auch der Nordhessische Verkehrsverbund (NVV) hat seine Anforderungen angepasst: „Das in der Klimaanlage eingesetzte Kältemittel muss gemäß EG-Richtlinie 2006/40/EG einen GWP (Global-Warming-Potential)-Wert von < 150 aufweisen. Der Einsatz des Kältemittels HFKW-1234yf (Tetrafluorpropen) ist nicht zulässig. (gilt nicht für AST)“

Fortsetzung der Aktivitäten

Um die erfolgreiche Entwicklung bei der umweltfreundlichen Busklimatisierung weiterhin zu unterstützen, werden folgende Aktivitäten auch über das Projektende hinaus weitergeführt:

- Präsentation der Projekthinhalte bei internen und externen Veranstaltungen: u.a. stellte die DUH im Rahmen eines „Side-events“ bei der UN-Klimakonferenz in Paris (COP 21) ihre Aktivitäten und Forderungen im Bereich der Busklimatisierung und der stationären Kühlung vor
- Austausch mit Stakeholdern zum aktuellen Stand der CO₂-Klimatechnik
- Aktualisierung der Website, des Hintergrundpapiers und der Übersicht der CO₂-klimatisierten Busse
- Informationen für Kommunen/Aufgabenträger zu überarbeitetem EU-Vergaberecht und Best-Practice-Beispielen
- Sammlung weiterer Erfahrungsberichte und Statements zur CO₂-Klimatechnik auf der Projektwebseite

Fazit und Ausblick

Bei Antragsstellung waren die Aussichten natürlicher Kältemittel alles andere als positiv. Zwar befanden sich bereits erste CO₂-klimatisierte Busse im Einsatz. Doch im Pkw-Bereich, der aufgrund des Auftragsvolumens entscheidend ist, waren zum damaligen Zeitpunkt die Entwicklungen an der CO₂-Klimatechnik weitestgehend eingestellt.

Weiterhin gab es für Busbetreiber und -hersteller keine nennenswerten Anreize, auf natürliche Kältemittelalternativen zu setzen, da beispielweise die europäischen Vorgaben der MAC-Richtlinie – entgegen der ursprünglichen Zielsetzung – aufgrund der Implementierungsprobleme bei den Pkw nicht auf weitere Fahrzeugarten ausgeweitet wurden.

Daher ist es umso erfreulicher, dass das Projekt dazu beitragen konnte, die Anzahl der CO₂-klimatisierten Busse deutlich zu steigern. Mittelfristig beabsichtigen Daimler (EvoBus) und VW (MAN), den Einsatz natürlicher Kältemittel in ersten Modellen sowohl im Pkw- als auch im Busbereich zum Standard zu machen. Für die erstarkten Entwicklungsbemühungen sind nicht zuletzt auch die DUH-Brandversuche und damit verbundene Pressearbeit in der Kältemitteldebatte verantwortlich, die neben den Daimler-Testreihen im Herbst 2012 die Sicherheitsdebatte rund um das Kältemittel R1234yf in die Öffentlichkeit getragen haben.

Wie schnell das Kältemittel CO₂ im Busbereich zum Standard wird, ist sehr stark von der Einführung der Technik im Pkw-Bereich abhängig. Gibt es dort Fortschritte, ist zu erwarten, dass neben der Konvekta AG weitere Klimaanlagehersteller Lösungen auf Basis des Kältemittels CO₂ anbieten werden. Weiterhin ist es erforderlich, die Zuverlässigkeit und die Optimierung der CO₂-Klimatechnik für Hybrid- und Elektrobuse voranzutreiben – hier sind Klimaanlage-, Verdichter- und Busersteller gleichermaßen gefragt.

Ein wichtiger mittelfristiger Meilenstein wird ab 2018 die Erfüllung der Klimatisierungsvorgaben des Blauen Engels für Omnibusse sein – hierdurch ist nach Herstellerangaben ein Volumen von rund 400 CO₂-klimatisierten Bussen pro Jahr zu erwarten. Da die aktuelle Vergabegrundlage nur eine Laufzeit bis Ende 2017 aufweist, muss jedoch weiterhin der Druck auf die Hersteller aufrecht erhalten bleiben, damit bei der Verlängerung der Vergabegrundlage das Einführungsdatum für die CO₂-Technik nicht verschoben wird.

Hier lassen jedoch die überarbeiteten Nahverkehrspläne und das neue EU-Vergaberecht hoffen, die dazu geeignet sind, die öffentliche Nachfrage nach CO₂-klimatisierten Bussen weiter zu erhöhen. Obwohl nach wie vor keine Änderungen der MAC-Richtlinie auf der politischen Agenda stehen, sind zumindest durch die überarbeitete F-Gas-Verordnung mittelfristig auch Impulse durch die europäische Gesetzgebung für eine schnellere Marktdurchdringung der CO₂-Klimatechnik zu erwarten. Denn durch die Mengenverknappung von F-Gasen – von denen auch das Kältemittel R134a betroffen ist – werden die Preise der Chemikalien ansteigen und letztendlich die Wettbewerbsfähigkeit natürlicher Kältemittelalternativen verbessert.

Literatur- und Quellenverzeichnis

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): *Richtlinien zur Förderung der Anschaffung von diesel-elektrischen Hybridbussen im öffentlichen Nahverkehr*, Dezember 2014.

DMT GmbH & Co. KG: *Untersuchung des Brandverhaltens des Kältemittels HFO-1234yf*, Kurzbericht, Januar 2014 (verfügbar unter: http://www.duh.de/uploads/media/Brandtest_Kurzbericht_DUH_2014_01_24_Kurzbericht_update.pdf)

European Commission - Joint Research Center: *JRC technical and scientific support to the research on safety aspects of the use of refrigerant R1234yf on MAC systems*, März 2014.

Honeywell: *Solstice™ 1234yf Kältemittel, Die Fakten*, September 2011.

Konvekta AG: *ECW – Innovation Label für Konvekta CO2 Wärmepumpe – umweltfreundlich und leistungsstark*, Pressemeldung Busworld 2015, Oktober 2015.

Pütz, Ralph: *Einführung in die Linienbustechnik*, DVV Media Group, 2012.

RAL gGmbH: *Lärmarme und Schadstoffarme Kommunalfahrzeuge und Omnibusse, RAL-ZU 59, Vergabegrundlage Umweltzeichen Blauer Engel*, April 2014.

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Hrsg.): *Nahverkehrsplan Berlin 2014-2018*, Dezember 2014.

Umweltbundesamt: *Umweltfreundliche Klimaanlage in Bussen*, Webseite: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/fluorierte-treibhausgase-fckw/anwendungsbereiche-emissionsminderung/umweltfreundliche-klimaanlagen-in-bussen> (eingesehen am 5.10.2015).

Umweltbundesamt (Hrsg.): *Neue EU-Richtlinien für das Vergaberecht beschlossen, Regelungen mit Umweltbezug auch für die nationale Umsetzung wichtig*, April 2014.

Umweltbundesamt (Hrsg.): *Europäischer JRC-Bericht zu R1234yf ignoriert Brandereignisse*, Stellungnahme, August 2014.

United Nations Environment Programme (UNEP): *HFCs: A Critical Link in Protecting Climate and the Ozone Layer*, 2011.