

Klimaanlagen in Bussen – Kostenexplosion und Versorgungsengpass

Aufgrund der letztgültigen F-Gas Verordnung (Verordnung (EU) Nr. 517/2014) kommt es zu einer Reduktion, sogenannten ‚Phase-Down‘, des in der EU erhältlichen Kältemittels R134a. Als Basis dient hierfür der EU-weite Verbrauch in den Jahren 2009 – 2012. Aus diesem Wert wurde ein durchschnittlicher Jahresverbrauch ermittelt. Diese Zahl bildet die Grundlage für die stufenweise Reduktion des Kältemittels. In 2015 durften nur mehr maximal 100% dieses Durchschnittswertes in den Handel gebracht werden. In den Jahren 2016 und 2017 wurde diese Zahl auf 93 % reduziert, was noch zu keinem merkbaren Effekt geführt hat. Von 2018 – 2020 sind nur noch 63 % dieser Menge verfügbar. Dies führte bereits zu einer eklatanten Preissteigerung. Der Preis für 1 kg des Gases R134a hat sich zwischen Ende 2017 und Mitte 2018 verachtfacht, was aktuell zu einem Preis von ca. 50 € je kg R134a führte. Das bedeutet, dass eine Füllung für eine Busklimaanlage, mit Füllmengen von 10 kg und mehr, heute bereits 500 – 1000 € kostet.

Zusätzlich besteht das Risiko, dass gegen Ende jedes Jahres kein R134a mehr erhältlich sein könnte, was einerseits den Preis weiter in die Höhe treiben wird und außerdem dazu führt, dass manche Busse möglicherweise für einige Monate ohne Klimaanlage auskommen müssen. Das ist in einem Bereich, wo der Passagierkomfort und die Passagierzufriedenheit immens wichtige Faktoren sind, ein untragbarer Zustand.

Verschärfung der Situation

Von 2021-2023 wird die verfügbare Menge R134a auf nur mehr 45 % des Startwertes reduziert. Spätestens ab diesem Zeitpunkt sind ein weiterer hoher Preissprung und gleichzeitig ein Versorgungsproblem vorprogrammiert. 2024 – 2026 sind nur noch 31 % der Menge von 2015 in der EU erlaubt. 2027 – 2029 wird auf 24 % weiter reduziert und ab 2030 sind nur noch 21 % des Ausgangswertes erlaubt.

Als Alternative nur sehr schlecht tauglich, zeigt sich der Umstieg auf R 1234yf. Dieses Kältemittel wird im PKW Bereich seit 2017 flächendeckend eingesetzt. Es ist unter anderem als ‚extrem entzündbares Gas‘ eingestuft. Das hat zur Folge, dass möglicherweise brandschutztechnische Maßnahmen in Bussen getroffen werden müssen, sollte dieses Kältemittel in der Klimaanlage verwendet werden. Der aktuelle Preis beträgt zudem ca. 100 € je kg, was nochmals eine Verdopplung zum aktuellen Preis darstellt. Eine merkliche Preissenkung ist nicht zu erwarten, da dieses Kältemittel durch Patente geschützt ist und nur von 2 Herstellern produziert werden darf.

Echte Alternative

Als echte denkbare Alternative ist R744, besser bekannt unter dem Namen CO₂ (Kohlendioxid), einer näheren Betrachtung wert. Dieses farb- und geruchlose Gas wird schon lange auch als Kältemittel verwendet. Die Themen Preis und Verfügbarkeit machen CO₂ zum Mittel der Wahl. Dieses Gas ist weltweit erhältlich und kostet nur einen Bruchteil des Preises der fluorierten Kältemittel. Aktuell muss man für 1 kg etwa 2 – 3 € kalkulieren. Die Kosten für das Kältemittel sind um mehr als **90% geringer** als bei den etablierten Kältemitteln. Eine eklatante Preissteigerung ist auch in Zukunft nicht zu erwarten. Es sind seitens der Gesetzgeber auch keine speziellen Ausbildungen oder Berechtigungen vorgesehen, um mit diesem Gas hantieren zu dürfen, da es beispielsweise auch in der Gastronomie schon seit jeher zum Einsatz kommt.

Auch sind die Klimaanlage in Art und Aufbau mit den aktuellen Anlagen vergleichbar. Lediglich der Druck ist um den Faktor 10 höher. Das bedeutet, dass man verglichen mit den aktuellen Klimaanlage auf der Hochdruckseite 70 – 100 bar und auf der Niederdruckseite zwischen 35 und 50 bar in der Klimaanlage hat. Diese Druckwerte sind technisch leicht beherrschbar. Auch in der PKW Klimatisierung hat CO₂ bereits Einzug gehalten. Bereits 2 deutsche Premiumhersteller statten ihre Oberklasselimosinen mit R744 als Kältemittel aus. Es ist davon auszugehen, dass sowohl weitere Hersteller als auch weitere Modelle folgen werden.

Elektromobilität

Immer höhere Treibstoffpreise mit gleichzeitig restriktiven Einschränkungen für die konventionellen Dieselfahrzeuge machen auch vor den Bussen nicht halt. Im Gegenteil, hier wirken sich diese Probleme noch viel stärker aus, da durch die entsprechenden Verbräuche und gleichermaßen auch Fahrten durch innerstädtische Bereiche, welche von restriktiven Auflagen besonders betroffen sind, der Handlungsbedarf noch viel größer erscheint.

Elektrobusse sind hier als eine echte Alternative anzusehen. Sie sind vor allem nicht betroffen, wenn es darum geht immer neue Steuern und Auflagen für diverse konventionelle Treibstoffe einzuhoben. Gleichsam erscheinen sie auch den Entscheidern in der Politik als zukunftsweisend im öffentlichen Verkehr, sodass immer mehr Städte Nachrüstungen im öffentlichen Verkehr zu Gunsten von E-Bussen ausschreiben.

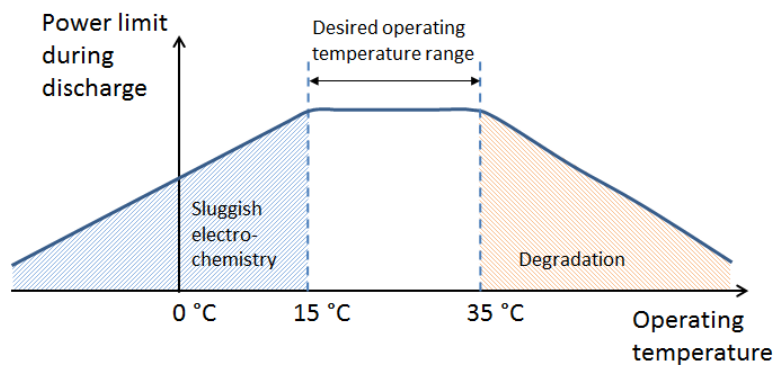
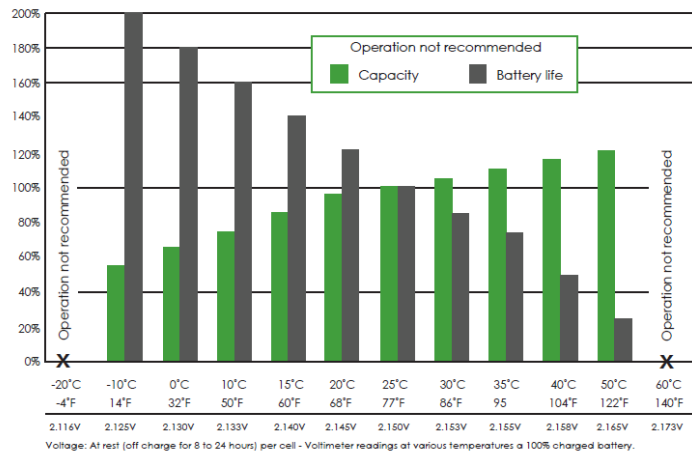
Reichweite von E-Bussen

Analog zu normalen E-Fahrzeugen ist auch bei E-Bussen die mögliche Reichweite von zentraler Bedeutung. Zusätzlich zur Reichweite darf der Komfort für die Passagiere nicht im Geringsten eingeschränkt werden.

Batteriemodule in Elektrofahrzeugen und damit auch in E-Bussen haben ein sehr enges Temperaturfenster in dem sie maximale Kapazität bei minimalem Verschleiß aufweisen. So müssen Batteriemodule in einem Temperaturbereich zwischen 15°C und 35°C betrieben werden. Bei höheren Temperaturen wird die Lebensdauer der Batterie drastisch reduziert. Im Sommer muss zusätzlich zum Innenraum auch die Batterie klimatisiert werden.

Unter 15°C nimmt die Kapazität der Batterie und damit die Reichweite stark ab. Bei Temperaturen von 0°C und darunter stehen oft nur noch 50% und weniger Batteriekapazität zur Verfügung.

Battery capacity & battery life compared at different temperatures



Zusätzlich zur schwachen Kapazität ist noch ein erhöhter Stromverbrauch zu erwarten. Da in den kalten Monaten Beleuchtung, Scheiben- und Spiegelheizungen und auch die Fahrgastraumheizung benötigt werden. Weil für die Heizthemen keine Motorabwärme zur Verfügung steht, muss ein anderer Weg gefunden werden. Elektrische Beheizung ist ungeeignet, da diese Variante direkt zu Lasten der erzielbaren Reichweite geht und das Problem noch verschärft.

Reichweitenerhöhung durch Wärmepumpe

Der Einsatz einer Wärmepumpe statt einer normalen Klimaanlage führt zu einer Lösung aller vorhin erwähnten Schwierigkeiten. Mit Hilfe einer Wärmepumpe kann man im Winter den Bus und die Batterie beheizen und durch Umschaltung im System im Sommer kühlen. Als Medium für den Wärmepumpenbetrieb scheiden R134a und R 1234yf aus, da sie im Winter unter -5°C dafür nicht mehr geeignet sind und man dann an sehr kalten Tagen erst recht wieder elektrisch heizen muss, was wie beschrieben, die Kapazität und damit die Reichweite dramatisch reduziert.

Eine CO₂ Wärmepumpe löst dieses Problem nachhaltig. Mit diesem Medium sind die Wärmepumpen auch bei Temperaturen unter -30°C noch verwendbar. Dadurch kann mit Hilfe der Wärmepumpe Batterie und Passagierraum beheizt werden, wodurch letztlich die Reichweite

um mindestens 40% erhöht wird. Außerdem braucht man nur 1 System, welches Heizung und Kühlung übernehmen kann, was sich auch als sehr wartungsfreundlich erweist.

Komfortsteigerung durch Klimatisierung mit R744

Klimatisierung mit R744 (CO_2) hat auch einen erheblichen Vorteil gegenüber R134a. Auf Grund der physikalischen Eigenschaften von CO_2 - weist eine etwa 3-mal höhere Kältekapazität als R134a auf - kann man mit CO_2 gerade beim Beginn der Kühlung eine raschere Abkühlung erreichen. Vor allem bei stark aufgeheizten Bussen trägt die raschere Abkühlung des Innenraums erheblich zur Komfortsteigerung der Kunden bei.

Die Kompressorleistung ist bei R744 vergleichbar mit R134a. Die Leistungsaufnahme ergibt sich bei einem Kompressor faktisch nur aus der Verdichtungszahl. Dies ist jener Faktor, mit welchem sich die Druckerhöhung zwischen Nieder- und Hochdruckseite ergibt. Bei herkömmlichen Anlagen erhöht man von ca. 3 auf etwa 10 bar, bei R744 von etwa 35 auf ca. 100 bar. Das bedeutet, dass der Kompressor dieselbe Leistung hat wie zuvor. Auf Grund der höheren Drücke sind die Bauteile zwar etwas stärker ausgeführt, die finalen Abmessungen sind aber gleich wie bei den bekannten Anlagen.

Vorteile R744 (CO_2) gegenüber R134A

- Kosten – verglichen mit R134a kann man mit einer Reduktion von mehr als 90% rechnen.
- Verfügbarkeit – CO_2 ist ein natürliches Gas welches bei vielen chemischen Prozessen abfällt, dadurch ist weltweite Verfügbarkeit gegeben.
- Entsorgung – es ist ein natürliches Gas. Das bedeutet es muss nicht recycelt werden und kann in die Umgebung abgelassen werden.
- Reichweitenerhöhung – bei E-Bussen kann durch den Einsatz von CO_2 Wärmepumpensystemen im Winter eine Reichweitensteigerung von mind. 40% erwartet werden.
- Komforterhöhung – durch die höhere Kältekapazität des Mediums wird vor allem direkt nach dem Einschalten besser gekühlt.
- Befähigungsnachweis nicht erforderlich – anders als bei den fluorierten Kältemitteln ist keine spezielle Ausbildung für das Hantieren mit CO_2 notwendig.
- Nicht brennbar
- Nicht giftig
- Keine zukünftigen steuerlichen Zusatzbelastungen zu erwarten
- Vorteil bei Ausschreibungen – viele Ausschreibungen im öffentlichen Verkehr sind mittlerweile derart gestaltet, dass natürliche Kältemittel, sprich CO_2 den Vorrang erhalten (z.B. deutsche Bahn will 2020 nur mehr CO_2 Klimaanlage verwenden, Niederrheinische Verkehrsbetriebe)
- UMWELTFREUNDLICH

Servicebetriebe

Beim Einsatz von Kältemitteln muss man in Servicebetrieben eine Vielzahl von Punkten bewerten. Die fluorierten Kältemittel benötigen einen speziellen Befähigungsnachweis, da ansonsten das Arbeiten mit diesen Stoffen nicht erlaubt ist. Für R744 benötigt man keinen solchen Nachweis, da es sich um ein nicht brennbares, ungiftiges Gas handelt. Natürlich ist auch der sog. MAK-Wert (maximale Arbeitsplatzkonzentration) ein Kriterium, das berücksichtigt

werden muss. Für R134a beträgt dieser Wert 1000 ppm, also etwa 4,2 g/m³ Luft. Bei R 1234yf beträgt dieser 200 ppm, also 0,95 g/m³ Luft. Bei CO₂ ist ein Wert von 5000, kurzfristig 10000 ppm (1%) erlaubt, was 18 g/m³ bedeutet. Eine letale Konzentration liegt über 8-10% vor. Für die Überwachung von CO₂ gibt es flächendeckend entsprechend günstige und zuverlässige Überwachungseinrichtungen.

Einsatz von Servicegeräten

Im Gegensatz zu den herkömmlichen Kältemitteln sind Werkstätten möglicherweise versucht ein R744 System ohne ein entsprechendes Servicegerät zu warten und befüllen, da man das Kältemittel ohnehin nicht recycelt. Davon ist aus mehreren Gründen abzuraten.

Man lässt das Kältemittel ohne Servicegerät einfach in die Umgebung ab, da es sich um ein natürliches Kältemittel handelt. In solch einem Fall kann es und wird es auch passieren, dass das Ablassen zu schnell vor sich geht, sodass einerseits die Temperatur im System so stark sinkt (unter -40°C), dass Schäden an Dichtungen entstehen können. Des Weiteren wird beim raschen Ablassen eine unbekannte Menge Öl mitgerissen werden, welche bei so einem Vorgang nicht messbar ist. Außerdem kann die Konzentration in der Luft gefährliche Werte erreichen die möglicherweise nicht oder nur unzureichend überwacht werden.

- ➔ Das ADS 340 sorgt für ein kontrolliertes und kontinuierliches Ablassen bei gleichzeitiger Überwachung der CO₂ Konzentration in der Umgebungsluft und schließt dann gegebenenfalls die Ablassleitung für einen kurzen Zeitraum um die CO₂ Konzentration auf ein unbedenkliches Niveau zu senken. Durch das kontrollierte Ablassen wird kein Öl mitgerissen, wodurch dann auch keine Ölbefüllung nötig ist. Nichtsdestotrotz wird das abgeschiedene Öl definitiv gemessen und kann dann entsprechend mit eingefüllt werden.

Um das Kältemittel in das System zu bekommen, kann man versuchen eine CO₂ Flasche mit Heizung und Waage zu verwenden und so die Füllung zu bewerkstelligen. Dies ist problematisch, da in solchen Fällen die Versuchung groß ist, die Temperatur möglichst hoch zu bringen. Bei Temperaturen von ca. 60°C haben neue, volle CO₂-Flaschen aber einen Druck der bei ca. 180 bar liegt. Außerdem muss man in den meisten Ländern der EU bei Temperaturen über 50°C für einen Berührschutz sorgen. Die Füllmenge ist bei solch einer Befüllung ungenauer als mit Hilfe eines Servicegeräts. Zusätzlich ist oftmals auch nur eine unzureichende Flaschensicherung gegen das Umfallen gegeben.

- ➔ Das ADS 340 heizt die Flasche mit gleichzeitiger Überwachung, sodass die Temperatur 50°C niemals überschreitet und außerdem der Flaschendruck nicht über 100 bar geht. Die Füllung der Anlage erfolgt rasch und kontrolliert, sodass die Füllmengen komfortabel erreicht werden können. Gleichzeitig wird die Flasche entsprechend gesichert, wodurch Unfälle durch das Umfallen der Flasche vermieden werden.

Beim Service ohne ein entsprechendes Servicegerät muss der Servicemitarbeiter mehr oder weniger die ganze Zeit an der Klimaanlage präsent sein, da immer wieder ein weiterer Handgriff zu tun ist.

- ➔ Das ADS 340 ermöglicht im Servicefall denselben Komfort wie die bekannten Geräte für R134a. Man kann das Gerät mit der Anlage verbinden und ein automatisches Klimagesetz durchführen. Das heißt der Servicetechniker muss nur zu Beginn und am



Ende an der Klimaanlage hantieren und kann während der restlichen Zeit andere Tätigkeiten vornehmen.