

Thermo-Management für E-Busse

Es war ein Meilenstein für **Konvekta**, die erste **serielle CO₂-Wärmepumpe** für Busse auf die Straße zu bringen. Nun erfolgt die Verfeinerung des Systems mit dem Ziel einer weiteren Reduzierung des Energieeinsatzes.

Effizienz ist alles im Thermo-Management für Elektro-Busse. Jede Kilowattstunde Batterieenergie, die fürs Kühlen und Heizen eingesetzt werden muss, fehlt für den Fahrzeugantrieb und reduziert so die Reichweite. Das weiß man natürlich auch bei Konvekta. Mit der UL 500 CO₂-Wärmepumpe – beziehungsweise der Variante UL 600 – hat der nordhessische Thermo-Managementspezialist 2018 eine im Vergleich zu anderen Lösungen für E-Busse hocheffiziente Anlage auf den Markt gebracht. Diese wird derzeit unter anderem im Mercedes-Benz eCitaro und Solaris Urbino electric verbaut. Sie weist noch bei -20°C einen COP-Wert von 1,8 auf (COP = Verhältnis von erzeugter Kälte- beziehungsweise Wärmeleistung zur eingesetzten elektrischen Leistung).

Damit hat Konvekta aber noch lange nicht das Ende der Fahnenstange im Rahmen seiner CO₂-Wärmepumpen-Technologie erreicht. Zum einen möchte das Unternehmen in den nächsten drei Jahren die Einsatzrange bis -30°C „bei einem annehmbaren COP-Wert“ erweitern, so Philipp Lange, für den Vertrieb Ostdeutschland und Export zuständig. Auf diese Weise wird das Gerät auch für Kaltländer etwa in Skandinavien oder Osteuropa interessant, wo bislang energieaufwendig mit Elektro- oder Dieseluheizern Wärme erzeugt werden muss. Zum anderen soll die CO₂-Wärmepumpe noch effizienter im Verbrauch werden.

Bevor wir auf das Thema Effizienz eingehen, betrachten wir zunächst die Ist-Situation, den Verbrauch der gegenwärtigen CO₂-

Wärmepumpen-Generation 2.0 von Konvekta in Relation zu alternativen Thermoanlagen. Bei einem 12-m-Stadtbuss, dessen Innentemperatur auf einen Sollwert von 20°C eingestellt und der mit rund 35 Passagieren bei bewölktem Wetter sowie einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 15 km/h unterwegs ist, liegt der Energiekonsum der Anlage bei 5°C Außentemperatur bei einem Wert von circa 0,10 kWh/km.

Der Temperaturbereich von 5°C ist deshalb interessant, da er die Schwelle markiert, unter der herkömmliche R134a-Wärmepumpen keine ausreichende Wärmeleistung mehr zur Verfügung stellen können und auf Zuheizung angewiesen sind. Schon hier liegt eine Elektroheizung mit einem COP-Wert von bestenfalls 0,9 bei einem Verbrauch von gut 0,20 kWh/km. Ein Dieseluheizer für den E-Bus käme, den Kraftstoffeinsatz in Wärmeenergie umgerechnet, bei 5°C auf fast 0,40 kWh/km. Bei niedrigeren Außentemperaturen setzen sich die Kennlinien annähernd linear fort, sodass bei -20°C mit einem Verbrauch bei der CO₂-Wärmepumpe von rund 0,55 kWh/km zu rechnen ist, bei der Elektroheizung jedoch von rund 1,25 kWh/km und beim Dieseluheizer von 1,85 kWh/km.

Der Dieseluheizer ist somit nur auf den ersten Blick eine elegante (Not-) Lösung – nämlich wenn man nur die Reichweitenfrage im Blick hat. Denn er benötigt ja keine elektrische Energie aus der

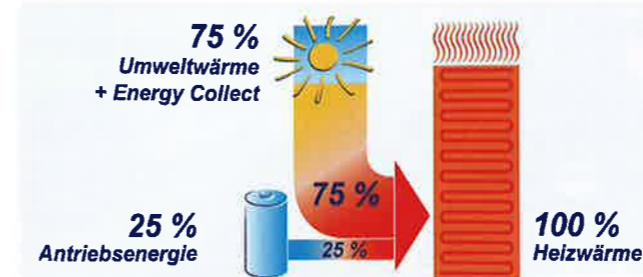
Fahrzeugbatterie. Dagegen ist seine Umweltbilanz nicht eben schmeichelhaft. Ein solches Gerät in einem Bus mit R134a-Wärmepumpe verbraucht in der mitteleuropäischen Klimazone rund 2.300 l, als Ergänzung für eine übliche Klimaanlage auf R134a-Basis sogar im Schnitt 2.700 l. Aufgrund der Masse des eingebundenen Luftsauerstoffs im Diesel erzeugt die Verbrennung von 1 l Diesel genau 2,65 kg CO₂. Somit emittiert die Zusatzheizung durchschnittlich 7,16 t CO₂ im Jahr und 68,36 kg NOx.

Weniger Batteriekapazität

Da die Wärmepumpe gegenüber etwa einem Elektroheizer deutlich energieeffizienter ist, kann auch die Batteriekapazität kleiner ausfallen – um circa 16,5 kWh. Das spart nach Berechnungen von Konvekta bei einem Kilowattstundenpreis von 550 Euro für NMC-Akkus weitere rund 18.250 Euro ein – bei berücksichtigtem Batteriewechsel nach circa fünf bis acht Jahren. Zudem kann man auch damit rechnen, dass durch eine künftige Massenproduktion der CO₂-Wärmepumpe die Komponentenpreise deutlich sinken dürften.

Wie sehr die Reduzierung des Energieeinsatzes für das Thermo-Management geboten scheint, zeigt ein Pilotversuch der Üstra mit drei Solaris Urbino 12 electric in Hannover. Die per Pantograf geladenen OppCharger mit 125 kWh Batterienennkapazität waren dabei auf einer 16 km langen Linie jeweils rund 55 min. unterwegs, also mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 17,46 km/h. Ohne Thermo-Management lag der Verbrauch auf der Strecke – ohne Ladeverluste – für Antrieb

Die Heizphase der Wärmepumpe ist hier an einem Vorführmodell mit farbigem Licht illustriert.



Eine Wärmepumpe reduziert die Energieaufnahme, indem sie Wärme aus der Umgebung nutzt, was selbst bei tiefen Temperaturen im Winter funktioniert.

und Nebenverbraucher bei 1,18 kWh/km, bei einer durchschnittlichen Heizleistung bei 1,46 kWh/km. So weit, so gut. Das Problem hinsichtlich der Reichweitenproblematik sind somit nicht die Durchschnittswerte im Jahr, sondern die Spitzen, denn die definieren die Auslegung der Batteriekapazität. Im ungünstigsten Fall, der folgerichtig die Berechnungsgrundlage darstellt, beträgt der Energieaufwand für die Traktion und Nebenverbraucher 1,39 kWh/km, der für die Heizung 1,08 kWh/km, zusammen also 2,47 kWh/km und damit mehr als doppelt so viel gegenüber dem Einsatz ohne Heiz- oder Kühlbedarf. In diesem Worst-Case-Fall konsumiert der E-Bus also nur für einen

Umlauf von 16 km rund 39,5 kWh/km, bei Klimatisierung im Sommer maximal ca. 25 kWh/km.

Große Herausforderung

Was beim OppCharger kein ganz großes Problem darstellt, wird für den Depotcharger zu einer echten Hürde. Denn bei angenommenen 16 Umläufen am Tag oder 256 km müsste das Akkupaket eine Größe von rund 640 kWh aufweisen, mit Vorkonditionierung des Fahrzeugs womöglich etwas weniger. Bei Verwendung einer CO₂-Wärmepumpe sank der Energiebedarf für die Heizung um knapp 50 Prozent, läge aber immer noch bei rund 1,94 kWh/

km, circa 31 kWh pro Umlauf und knapp 500 kWh am Tag – angesichts der derzeitigen technischen Möglichkeiten und des Preis-Leistungs-Verhältnisses immer noch deutlich zu viel.

Es scheint daher dringend geboten, die Energieverbrauchsspitzen zu reduzieren. Konvekta hat daher mehrere Lösungspfade eingeschlagen, um die Reichweiten- und Kostenproblematik abzumildern. Ein vielversprechender Weg nennt sich „Energy Collect“. Dabei wird beispielsweise Abwärme aus den Achsen oder aus der Batterie verwendet, um den Fahrzeuginnenraum zu heizen. Hier kommt Konvekta die Bauweise seiner CO₂-Wärmepumpe entgegen, die auf Luft-Wasser-Basis arbeitet und in der rund 65 l Wasser als Medium systemimmanent zirkulieren. Gerade bei der Rekuperation fällt „Wärmeabfall“ an. Das Unternehmen beziffert die mögliche Wirkungsgrad-erhöhung auf 15 bis 20 Prozent. Im Laufe des kommenden Jahres soll „Energy Collect“ serienreif sein. cb

SOLIDE TECHNIK

Die Alternative für Qualität ersatzteile

Mit zunehmendem Alter der Fahrzeuge steigt die Nachfrage nach kostengünstigen Alternativen bei der Reparatur. Mit der Traditions-marke Grau bekommen Sie robuste, verlässliche und sorgfältig getestete Produkte zu einem ausgezeichneten Preis-Leistungsverhältnis.

