

## DKV-Forschungsbericht Nr. 67

**Michael Sonnekalb**

Einsatz von Kohlendioxid als Kältemittel in  
Busklimaanlagen und Transportkälteanlagen,  
Messung und Simulation

2002

978-3-932715-70-9



### Kurzfassung

Ausgehend von den globalen Umweltproblemen der Zerstörung der Ozonschicht und der fortschreitenden Erwärmung der Erdatmosphäre, wurden Alternativen zu den FCKW und FKW, insbesondere Kohlendioxid, auf ihre Eignung als Kältemittel zur Busklimatisierung und Transportkühlung untersucht. Die meisten Stoffdatengleichungen für Luft und Kältemittel bzw. Kältemittel-Öl-Gemische wurden der Literatur entnommen. Für den Dampfdruck wurde eine eigene sehr einfache und umkehrbare Gleichung entwickelt und mit Literaturdaten verglichen. Sie dient zur Abschätzung, konnte aber auch erfolgreich auf Kältemittel-Öl-Gemische angewendet werden. Für den Verdichter wurde ein einfaches Rechenmodell aufgestellt und die Rechenergebnisse mit Meßdaten aus der Literatur verglichen. Bei der Entwicklung des Simulationsprogramms für den Kältekreis lag der Schwerpunkt auf der Berechnung der Lamellenrohrbündelwärmetauscher. Wärmeübergang und Druckverlust der Luftseite für diese Wärmetauscher wurden aus Messungen übernommen. Für die Kältemittelseite wurden verschiedene Ansätze aus der Literatur zur Berechnung des Wärmeübergangs und des Druckverlusts im Rohr mit Meswerten aus der Literatur, darunter auch Messungen mit CO<sub>2</sub> als Kältemittel, verglichen. Vergleichsrechnungen für eine Stadtbusklimaanlage und für eine Transportkühlanlage mit den Kältemitteln CO<sub>2</sub> und R134a bzw. R404A wurden mit verschiedenen Ölanteilen durchgeführt. Mit zunehmendem Ölanteil nehmen die Druckverluste besonders in der Saugleitung und im Verdampfer zu. Dies führt zu Leistungs- und Effizienzeinbußen, die beim Hochdruckkältemittel CO<sub>2</sub> weniger stark ausfallen als bei R134a bzw. R404A. Die Leistungsmessungen an ersten Prototypen einer Busklimaanlage und einer Transportkälteanlage mit Kohlendioxid als Kältemittel zeigten eine ähnliche Kälteleistung und Effizienz wie vergleichbare Serienanlagen. Die Meßdaten wurden mit den Simulationsrechnungen verglichen. Durch den Einsatz eines internen Wärmetauschers konnte die Leistung der Transportkälteanlage insbesondere bei hohen Temperaturdifferenzen zwischen Umgebungsluft und Kühlraum gesteigert werden. Der Einbau weiterentwickelter Prototypen in zwei Stadtbusse konnte neben einem Feldtest im Linieneinsatz in Bad Hersfeld auch zu Abkühlversuchen und Vergleichsmessungen genutzt werden. Messungen zweier sonst identischer Busse ließen keinen Unterschied zwischen dem mit einer CO<sub>2</sub>-Klimaanlage und dem mit einer R134a-Klimaanlage ausgerüsteten Bus erkennen. Der Feldtest der beiden Stadtbusse mit jeweils ca. 1600 Verdichterbetriebsstunden und der Dauertest der Transportkälteanlage mit über 1800 Stunden zeigten die Alltagstauglichkeit der CO<sub>2</sub>-Anlagen. Die Reduzierung der Treibhausgasemissionen wurde auf 20 bis 30 % gegenüber Serienanlagen abgeschätzt.