

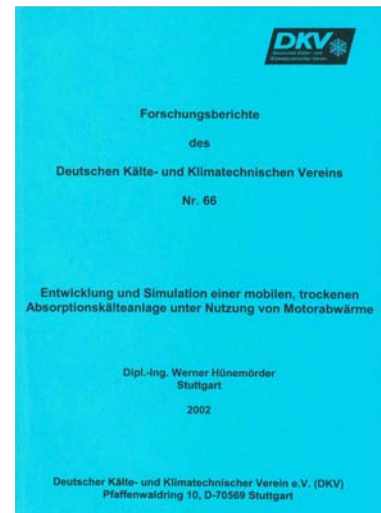
## DKV-Forschungsbericht Nr. 66

**Werner Hünemörder**

Entwicklung und Simulation einer mobilen,  
trockenen Absorptionskälteanlage unter Nutzung  
der Motorabwärme

2002

978-3-932715-69-3



### Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die Entwicklung und Simulation einer trockenen Absorptionskälteanlage zum Einsatz in der Transportkühlung beschrieben. Da zum Antrieb die bisher ungenutzte Abgaswärme des Motors verwendet wird, kann Primärenergie eingespart und damit der Schadstoffausstoß des Fahrzeugs verringert werden. Diese Art der Kälteerzeugung erfolgt diskontinuierlich in zwei Schritten. Im ersten Schritt wird flüssiges Kältemittel verdampft, wobei dem Kühlraum Wärme entzogen wird. Der Kältemitteldampf wird anschließend von einem Salz, dem sogenannten Absorbens, unter Abgabe von Wärme chemisch gebunden (absorbiert). Im zweiten Schritt wird das Absorbens durch das Abgas beheizt und das Kältemittel ausgetrieben (desorbiert). Das gasförmig ausgetriebene Kältemittel wird unter Abgabe von Wärme an die Umgebung wieder verflüssigt. Derartige Anlagen zeichnen sich durch ihre Robustheit und einen einfachen Anlagenaufbau mit wenigen bewegten Teilen aus.

Es wird die Eignung verschiedener Arbeitsstoffpaare diskutiert. Für das ausgewählte Arbeitsstoffpaar Manganchlorid/Ammoniak ( $\text{MnCl}_2/\text{NH}_3$ ) werden eigene Messergebnisse der Temperaturleitfähigkeit und des Wärmeeindringkoeffizienten der Ammoniakate dargestellt.

Da keine Angaben über die Abgastemperaturen von LKW's im normalen Fahrbetrieb vorlagen, wurden von einem LKW-Hersteller Messfahrten zur Bestimmung der Abgastemperatur durchgeführt. Daraus wurde die zum Antrieb der Kälteanlage zur Verfügung stehende Abgaswärme ermittelt. Es wird festgestellt, dass die Abgaswärme nur im Langstreckenverkehr zum Antrieb einer trockenen Absorptionskälteanlage ausreicht.

Verschiedene Anlagen- und Antriebskonzepte werden unter Berücksichtigung der besonderen Bedingungen im Fahrzeug und der begrenzten zur Verfügung stehenden Abgaswärme erarbeitet und näher betrachtet. Für die ausgewählte Variante mit direkter Beheizung der Reaktionsbehälter (Reaktoren) durch das Abgas werden unterschiedliche Reaktorbauformen entworfen.

Ein Programm zur Simulation des stark instationären Verhaltens der Reaktoren der Absorptionskälteanlage wird vorgestellt. Grundlage bildet die numerische Berechnung eines quasi-dreidimensionalen Temperaturfeldes mit Wärmequellen und -senken mit Hilfe des Finite-Differenzen-Verfahrens. Es wird ein Verfahren zur dynamischen Steuerung der Zeitschrittweite beschrieben, das die Zeitschrittweite auf den größten Wert einstellt, bei dem gerade keine Instabilität der Berechnung auftritt. Die Simulationsergebnisse zur Bewertung der unterschiedlichen Reaktorbauformen werden ausführlich dargestellt.

In einer Versuchsanlage wurden Modellreaktoren auf ihre Effektivität und Zeitstandfestigkeit hin untersucht. Es wurden über 1000 Absorptions-/Desorptionszyklen durchgeführt, ohne dass eine

nennenswerte Verschlechterung der Eigenschaften des Arbeitsstoffpaares festgestellt werden konnte. Die Überprüfung des Simulationsprogramms mit den Messwerten der Modellreaktoren zeigt eine gute Übereinstimmung.

## Abstract

This work presents the development and simulation of a dry absorption refrigeration system to be used in transport refrigeration. The still unused heat of the engine's exhaust gas is taken to drive the refrigeration system. Primary energy can be saved and thus the pollutant output of the vehicle can be reduced.

This type of refrigeration system is working in two steps. In the first step, liquid refrigerant is evaporated by removing heat from the cooling compartment. The gaseous refrigerant is absorbed from the salt, the so-called absorbent. In the second step, the absorbent is heated by the exhaust gas to desorb the refrigerant which is condensed by dissipating heat to the ambient.

Such systems are characterised by their high robustness and the simple set-up of the refrigeration system with a few moving parts only.

The suitability of different absorbents is discussed. Experimental results of the thermal diffusivity and thermal conductivity of the ammoniates are presented for the selected working pair manganese-chloride/ammonia ( $\text{MnCl}_2/\text{NH}_3$ ).

Because no data of the exhaust gas temperatures of trucks under normal driving conditions are given, a truck manufacturer carried out measuring rides to determine the exhaust gas temperature. The available exhaust gas heat has been calculated with these data. The result was, that the exhaust gas heat is only sufficient in long-distance rides to drive the refrigeration system.

Various system and driving concepts are discussed for the special conditions in a moving vehicle and the limited exhaust heat. Different designs of reaction chambers (so called reactors) are developed with direct heating of the reactors by the exhaust gas.

A new computer program has been developed to simulate the transient behaviour of the reactors of the absorption refrigeration system. This model is based on the numeric calculation of a quasi-three-dimensional temperature field with heat sources and heat sinks using the finite difference method. A procedure for the dynamic control of the time increments during the iteration is described. This procedure adjusts the time increments to that maximum value for which no instability of the calculation occurs. Simulations of different reactor constructions were carried out in order to check their suitability for the mobile use.

Long-term investigations and suitability tests were made with various small reactors in a pilot plant. In more than 1000 absorption/desorption cycles there occurred no considerable degradation of the working pair. There is a good agreement between the simulation results and the measured data for these small reactors.