

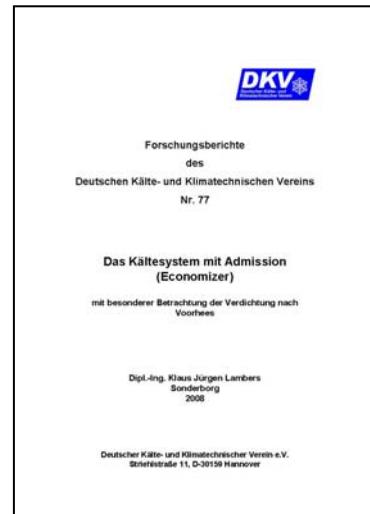
## **DKV-Forschungsbericht Nr. 77**

**Klaus Jürgen Lambers**

Das Kältesystem mit Admission (Economizer)

2008

978-3-932715-80-8



### **Kurzfassung**

Die Dissertation mit dem Titel: „Das Kältesystem mit Admission (Economizer)“ ist eine umfangreiche Aufarbeitung von Dampfkompressionskältesystemen, bei denen bei der Entspannung ein Gasstrom über Verdampfungsdruck erzeugt wird welcher schließlich der Verdichtung bei diesem erhöhten Druck zugeführt wird. Diese Art von Systemen wird in der Arbeit als Admissionssysteme, der Zugabe- prozess von Gas in den fortschreitenden Verdichtungsprozess eines Verdrängungsverdichters als innere Admission bezeichneten. Die Schrift besteht aus vier weitestgehend autonomen wissenschaftlichen Arbeiten.

Die erste Arbeit ist ein umfangreicher Review zum Thema Admissionssysteme und Verdichter mit innerer Admission um das veröffentlichte Wissen zum Thema zusammenzutragen und durch die geschaffene Terminologie in einen strukturierten Bezug zu setzen. In diesem Zusammenhang werden allgemeine, vom Autor erarbeitete, Berechnungsmodelle vorgestellt und deren Ergebnisse für alle üblichen Kältemittel präsentiert.

Einem weiteren Schwerpunkt, der Definition von Kennzahlen, die das Verhalten des Verdichters mit innerer Admission eindeutig beschreiben, ist ein eigenständiges Kapitel gewidmet. Es zeigt sich, dass es, anders als beim den Sauggasmassenstrom beschreibenden Liefergrad eines Verdichters, keine direkt mit geometrischen Verdichtergrößen und aus Messwerten resultierenden thermodynamischen Zustandsgrößen darstellbare Bezugsgröße zur Definition eines den Admissionsgasmassenstrom beschreibenden Liefergrades gibt. Daher werden mehrere mögliche Vergleichsprozesse zur Definition einer solchen Kennzahl vorgeschlagen und gegenübergestellt. Darauffolgend wird diskutiert, welche Einflussfaktoren eine Reduktion des den zugeführten Gasstrom beschreibenden Admissionsliefergrades zur Folge haben.

In einem weiteren Abschnitt wird die innere Admission der verschiedenen gängigen Verdichterbauarten (Schraubenverdichter, Spiralverdichter, Hubkolbenverdichter) untersucht. Aus Mangel an vergleichbarem Datenmaterial erfolgt die Gegenüberstellung vor allem qualitativ. In diesem Abschnitt werden die bereits erwähnten Einflussfaktoren für die verschiedenen Verdichterbauarten diskutiert. Es folgt eine vergleichende Diskussion der Verdichterbauarten mit Blick auf den inneren Verdichtungsprozess mit innerer Admission anhand von Indikatordiagrammen.

Basierend auf den Erkenntnissen der zuvor gemachten Studien wird die innere Admission eines Hubkolbenverdichters, wie 1905 von Voorhees patentiert, theoretisch, wie auch experimentell untersucht. Eine grundlegende thermodynamische Studie des Verdichtungsprozesses resultiert in einem Berechnungsverfahren zur Bestimmung des theoretisch maximal zu erzielenden Admissionsmassenstroms nach Ergänzung eines gegebenen Verdichters mit einer Admissionsöffnung in der Zylinderwandung und der hierzu aufzubringenden erhöhten Leistungsaufnahme.

Der gewählte Ansatz basiert lediglich auf dem als bekannt vorausgesetzten Liefergrad und Gütegrad des um die Admission erweiterten Ausgangsverdichters. Jedoch erhöhen Informationen über den Motorwirkungsgrad und den relativen Schadraum die Genauigkeit der Berechnung.

Im experimentellen Teil werden drei CO<sub>2</sub>-Hubkolbenverdichter untersucht, welche zur Ermöglichung der inneren Admission mit verschiedenen Admissionsöffnungen versehen sind. Der für diesen Zweck errichtete Versuchsstand erlaubt die Messungen der Massenströme, Temperaturen, Drücke und Leistungsaufnahme des untersuchten Verdichters. Eine weitere Messvorrichtung ermöglicht Hochgeschwindigkeitsdruckmessungen in der Verdichtungskammer sowie in den Saug- und Druckkammern bei variierenden Admissionsbedingungen.

Zum einen werden die in der Arbeit definierten Güte- und Liefergrade der Verdichter bestimmt. Zum anderen werden die mit den Druckmessungen in den Vorkammern und in der Verdichtungskammer erstellten Indikatordiagramme genutzt um den Einfluss der drei verschiedenen, verwirklichten Varianten der Admissionsöffnung auf den Admissionsvorgang zu analysieren. Mit dem Verfahren lassen sich die richtigen Dimensionen der Admissionsöffnung abschätzen.

## Summary

This dissertation with the title: "The Refrigeration System with Admission (Economizer)" is a comprehensive examination of a group of vapor compression [refrigeration systems considered as a subgroup of the family of economizer systems](#). The analyzed refrigeration systems have in common, that a vapor stream is generated during expansion process of the main flow to the evaporator. This flow is compressed from its pressure which is above evaporation pressure to condensing pressure. In the text, this type of refrigeration system is addressed as admission system. The process of feeding gas into the compression chamber simultaneously to the compression process of the suction gas is called (vapor-) admission in this context.

The dissertation comprises four basically independent studies.

The first study, a comprehensive review, comprises a general description of admission system designs and the process of inner admission, a literature review on admission systems and compressors with inner admission as well as thermodynamic calculation models. The thermodynamic models are developed by the author and applied with different refrigerants. [A uniform terminology has been created and applied to enable clear descriptions as well as comparisons and discussions of the studies published in freely available academic literature.](#)

[While reviewing literature, a lack of clear, characteristic numbers describing the behaviour of compressors with inner admission became apparent.](#) Therefore, one chapter is dedicated to the definition of idealized reference processes allowing the creation of compressor efficiencies. Unlike the volumetric efficiency, the volumetric admission efficiency, describing the admitted mass-flow through the admission port, can not be [described in a simple term](#) composed of geometric measurements and thermodynamic properties. As a result, efficiencies based on several reference processes are suggested and compared. The chapter closes with a discussion on the impact of different influencing factors, reducing the volumetric admission efficiency.

Another objective of the dissertation is the comparison of the characteristics of the inner admission of different common compressor constructions (screw, scroll and reciprocating compressor). Due to the lack of comparable compressor data, the comparison was mainly done qualitatively. For this analysis, the above mentioned influencing factors have been applied for discussion. As a part of this comparison, the inner admission process has been analyzed based on indicator diagrams of the three compressor constructions with admission.

[Finally, in the fourth study, the findings, definitions and attained knowledge](#) are applied to theoretical investigations, the design and the measurements of a reciprocating compressor as patented by Voorhees 1905. A thermodynamic calculation model for this particular compressor type

with an admission port in the cylinder wall has been established [to evaluate the highest admission gas flow which may be achieved](#) theoretically [and the related increase](#) in power consumption. Basically, the approach is based on volumetric and isentropic efficiencies of the initial compressor before modified with the admission port. However, information on motor efficiency and relative clearance volume enhance [the accuracy of the calculations](#).

Three equal reciprocating CO<sub>2</sub> compressors have been investigated, equipped [with admission ports of different geometrical shapes](#). The test system allows for independent adjustment of all three relevant pressures. It is possible to measure and record mass-flows, temperatures, pressures and power consumption of the tested compressor. An additional data acquisition system is capable in high speed measurements of pressures in the compression chamber as well as in the plenum chambers.

The data analysis consists of two parts. [First](#), the measurements are used to determine the previously defined compressor efficiencies. Then, the indicator diagrams, drawn based on the results of the high speed measurements, are used to analyze and compare the characteristics of the geometry of the three different admission ports. The developed procedure is useful to estimate the right dimensions of the admission port.