

Simulation der Strömung in Ventilen zur Ermittlung von Durchflussfaktoren

Diplomand



Jan Wüthrich

Einleitung: Die Firma VAT Vakuumventile AG ist weltweit führend in der Herstellung von Hochleistungsvakuumventilen. Diese werden in verschiedenen Industriesektoren wie der Halbleiterfertigung, Solarzellenproduktion und Display-Herstellung eingesetzt. Zum Produktportfolio von VAT gehören neben Vakuum-Transferventilen für die Be- und Entladung von Prozesskammern auch Regelventile und Eckventile. Diese dienen der gezielten Be- oder Entlüftung von Prozesskammern und ermöglichen damit eine präzise Regelung der strömenden Prozessgase. Eine zentrale Kenngröße der Ventile ist der Durchflussfaktor, auch als Kv-Wert bekannt. Dieser definiert den Volumenstrom, welcher unter einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Druck durch das Ventil strömt. Der Kv-Wert kann damit als ein Mass für den Strömungswiderstand des Ventils betrachtet werden und ist entsprechend für die Auslegung und Dimensionierung von Vakuumsystemen von entscheidender Bedeutung.

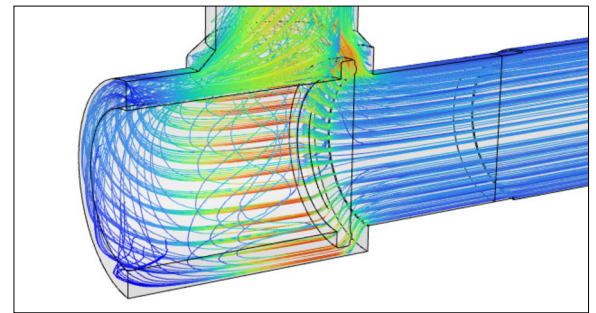
Die experimentelle Bestimmung von Kv-Werten ist zwar in Normen geregelt, gestaltet sich jedoch bei kompressiblen Medien als sehr anspruchsvoll und zeitaufwendig. Insbesondere die Bestimmung des kritischen Differenzdruckverhältnisses, bei welchem eine Durchflussbegrenzung eintritt, erweist sich in der Praxis als schwierig. In der Literatur wurden daher etliche Beziehungen zur Berechnung von Kv-Werten veröffentlicht, welche die Bestimmung des kritischen Differenzdruckverhältnisses durch geeignete Annahmen und Vereinfachungen umgehen. Diese alternativen Ansätze liefern unterschiedliche Kv-Werte.

Ziel der Arbeit: Das Ziel dieser Bachelorarbeit besteht darin, die unterschiedlichen Ansätze zur Berechnung von Kv-Werten zu analysieren und miteinander zu vergleichen. Insbesondere soll ausgearbeitet und hervorgehoben werden, welche Annahmen und Vereinfachungen dem jeweiligen Ansatz zugrunde liegen. Ferner soll ein numerisches Modell entwickelt werden, welches als Grundlage für zukünftige CFD-Simulationen von Kv-Werten dient. Die mit dem Modell berechneten Ergebnisse sollen mit einem eigens entwickelten, normgerechten Messaufbau verglichen werden. Durch das Simulationsmodell soll zukünftig das Design von Ventilen frühzeitig strömungstechnisch optimiert werden, womit Zeit und Kosten eingespart werden können.

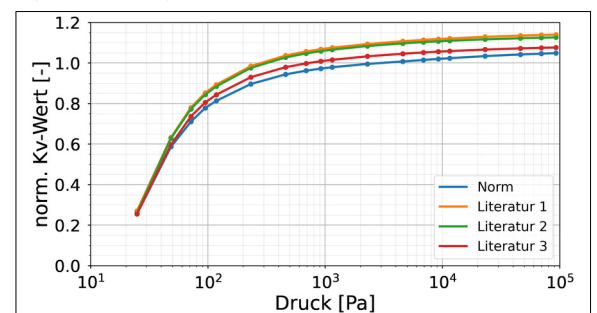
Ergebnis: Auf Basis einer mathematischen Herleitung konnten die Annahmen und Vereinfachungen, welche den unterschiedlichen Ansätzen zur Berechnung von Kv-Werten zugrunde liegen, identifiziert werden. Ferner ist es gelungen, ein Simulationsmodell für die Berechnung der Strömung in Ventilen zu entwickeln. Mit Hilfe des Simulationsmodells können sämtliche Kennwerte, welche für die Berechnung des Kv-Werts

benötigt werden, computergestützt bestimmt werden. Dies ermöglicht es, Kv-Werte zukünftig mit Hilfe von CFD-Simulationen zu ermitteln. Ebenso kann mit Hilfe des Simulationsmodells die Geometrie der Ventile bereits in einer frühen Entwicklungsphase strömungstechnisch optimiert werden.

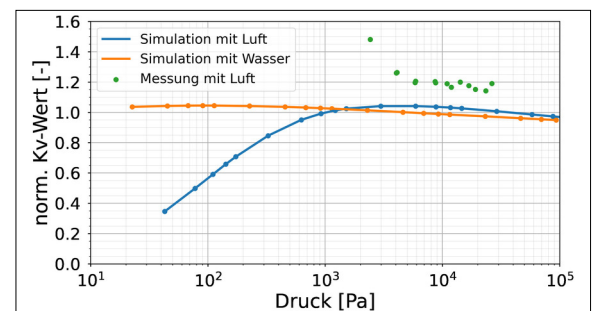
Visualisierung der Strömungslinien der Geschwindigkeit von Luft durch das simulierte Ventil
Eigene Darstellung



Vergleich der normierten Kv-Werte zwischen den verschiedenen Berechnungsformeln der Normen und Literaturen
Eigene Darstellung



Vergleich der normierten Kv-Werte zwischen Simulation und Messung
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Michael Schreiner

Korreferent

Dr. Marco Lüchinger

Themengebiet

Computational Engineering

Projektpartner

VAT Vakuumventile,
9469 Haag, St.Gallen