

# Eindimensionale Modellierung pneumatischer Netzwerkkomponenten

## **Kurzfassung**

Die Simulation pneumatischer Systeme begann in den 70er und 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Ziel war die Voraussage des dynamischen Verhaltens komplexer Systeme, das für die Ingenieure direkt nicht mehr erfassbar war.

Zunächst konzentrierten sich die Entwickler auf die grundlegenden Systemkomponenten wie Antriebe, Widerstände und Ventile. Diese sind heutzutage als Submodelle hinterlegt und können, häufig mithilfe grafischer Programmierung, zu komplexen Schaltungen verbunden werden.

Dabei wurden die verbindenden Elemente lange vernachlässigt bzw. nur stark vereinfacht als Volumenknoten modelliert, an denen die ein- und ausströmenden Massen und Energien bilanziert wurden. In der Folge wurde das Verhalten der Leitungen durch Widerstandsmodelle oder empirische Formeln angenähert, so dass das vorausgesagte Verhalten häufig von der realisierten Lösung abwich.

Diese Dissertation beschäftigt sich deshalb mit der Frage nach Verbesserungen bei der Modellierung der verbindenden Elemente. Zunächst werden grundlegende technische Widerstandsmodelle untersucht und mithilfe von CFD-Berechnungen durch Parametervariation optimiert. Anschließend erfolgt die verteilt-parametrische Modellierung von Leitungen zur genaueren Abbildung des zeitlichen Verhaltens, der Reibungsverluste und der Druckwellenausbreitung. Darauf aufbauend wird der Versuch einer Modellierung von Verteilern unter besonderer Berücksichtigung der Richtungsabhängigkeit der Ein- und Auslässe unternommen.

## One-Dimensional Modeling of Pneumatic Network Components

### **Abstract**

The simulation of pneumatic systems began in the 70's and 80's of the previous century. Its aim was to predict the dynamic behavior of pneumatic systems too complex for direct interpretation by the engineers

In the beginning the developers concentrated on basic components like drives, resistances and valves. Today those are available as submodels that can often be connected using graphic programming tools to approximate complex systems.

For a long time the connecting elements were neglected or only modelled as volume nodes where in- and outflowing masses and energies were balanced. Subsequently, the behavior of lines and distributors was approximated by simple flow resistance models and empiric equations. Results often deviated from the real system's behavior.

This thesis deals with the question on how to improve the way connecting elements are modeled. Firstly, basic resistance models are investigated and optimized. By analyzing a huge number of CFD calculations of technical resistances the relevant parameters are identified and integrated into the descriptive equations. Furthermore, pneumatic lines were described as distributed parameter models which allow a more accurate analysis of the time dependent behavior, friction and pressure wave propagation. Based on this trial versions of distributor models were developed that consider the dependency on the directions of the in- and outlets.