

**Simulation instationärer
Strömungsverhältnisse eines Gasnetzes
mit Temperaturverfolgung**

—Diplomarbeit—

erstellt von: Dirk Lasse

Gutachter: Prof. Dr. U. Mertins
Dr. H. Behnke
Betreuer: Dr. H. Behnke
Dr. W. Schacht

Vorwort

Über Hochdruckgasnetze wird den Verbrauchern Erdgas in der vertraglich vereinbarten Menge, Qualität und auf dem dazu erforderlichen Druckniveau bereit gestellt. Die Verdichtung oder Druckreduzierung erfolgt über Kompressor- oder Regelstationen, die den jeweiligen Versorgungsnetzen oder Verbrauchern vorgeschaltet sind. Für die kostengünstige Auslegung und sichere Funktion derartiger Anlagen ist die Berechnung der sich einstellenden Gastemperatur sehr wichtig. Bei der Druckreduzierung kann es durch die damit verbundene Abkühlung des Erdgases (Joule-Thompson-Effekt) zur Kondensat- und Hydratbildung kommen. Diese Ausfallstoffe können Regler und Kompressoren verkleben, und damit die Funktionsfähigkeit beeinträchtigen. Zur Vermeidung der damit verbundenen Probleme werden Druckreduzierungsstationen mit einer Gasvorwärmung ausgerüstet und Kondensatabscheider an kritischen Punkten im nachgeschalteten Netz eingebaut. Die Optimierung der Vorwärmung auf der Grundlage eines nicht-isothermen Modells der Gasnetzströmung bietet das Potential, Energie- und Investitionskosten einzusparen. Ein erster Schritt in Richtung Optimierung ist die Simulation eines Hochdruckgasnetzes mit gemessenen Randwerten.

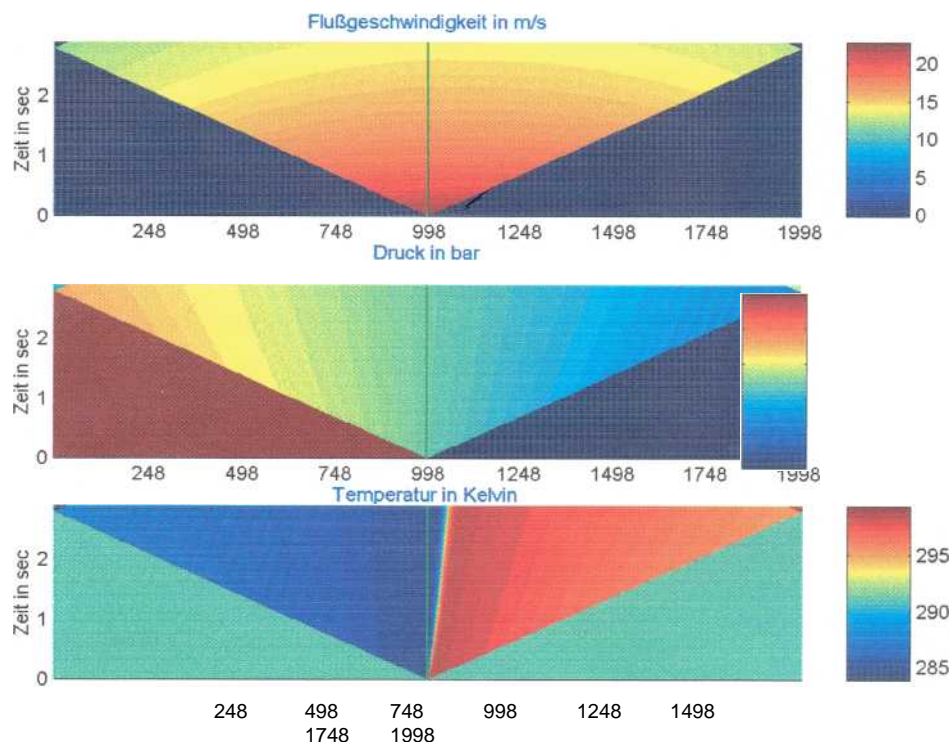


Abbildung 1: Verlauf von Druck Fluss und Temperatur bei einem Druckausgleich zwischen zwei Rohrleitungen über Ort und Zeit

In einem Gemeinschaftsprojekt des Institutes für Mathematik der Technischen Universität Clausthal und der Gasversorgung Thüringen GmbH (GVT) ist diese Diplomarbeit entstanden. Als Vorarbeit wurde ein mathematisches Praktikum durchgeführt, welches ebenfalls eine Kooperation der GVT und der Technischen Universität Clausthal war. Im Praktikum wurde ein System partieller Differentialgleichungen, welches das Verhalten von Druck und Fluss in einem Hochdruckgasnetz über die Zeit beschreibt, numerisch mit dem Charakteristikenverfahren in ein Programm in C-4--I- umgesetzt, das einzelne Leitungen an den Randwerten verknüpft und das Verhalten von Unterschallströmungen in einem Gasnetz simuliert.

In der Diplomarbeit soll ein System partieller hyperbolischer Differentialgleichungen, welches das Verhalten von Druck, Fluss und Temperatur in einem Hochdruckgasnetz über die Zeit beschreibt, numerisch gelöst werden. Ein numerisches Lösungsverfahren, welches die Physik von hyperbolischen Differentialgleichungen wiedergibt, ist das Charakteristikenverfahren, weil sich entlang der Charakteristiken die Funktionen von Druck, Fluss und Temperatur durch gewöhnliche Differentialgleichungen beschrieben werden.

In Abbildung 1 wird der Verlauf von Flussgeschwindigkeit, Druck und Temperatur in zwei Rohrleitungen mit unterschiedlichen Drücken zum Zeitpunkt $t = 0$, die durch einen Schieber getrennt sind, über den Ort und die Zeit wiedergegeben. Die beiden Leitungen sind an den äußeren Enden verschlossen. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Schieber entfernt und somit ein Druckausgleich zwischen den beiden Rohrleitungen bewirkt. Man kann in allen drei Graphen sehen, wie sich die Schockfronten von der Mitte aus zu den Seiten bewegen. Im unteren, dem Temperaturgraph, sieht man, wie sich von der Mitte aus die Wärmefront in Abhängigkeit von der Flussgeschwindigkeit langsam nach rechts bewegt. Entlang der Fronten und mit ihnen verlaufen und verändern sich die Charakteristiken. Weil das Charakteristikenverfahren die Physik dieser Aufgabe mit berücksichtigt, wurde es zum Lösen des Systems partieller Differentialgleichungen gewählt.

Als Programmiersprache wurde MATLAB R11 gewählt, weil damit sehr leicht grafische Benutzeroberflächen erstellt werden können, die den Komfort der Eingabe und Datenauswertung erhöhen. Die meisten Formelmanipulationen wurden mit Mathematica vorgenommen und dann nach MATLAB R11 portiert.

In diesem Rahmen möchte ich mich noch einmal recht herzlich bei der Gasversorgung Thüringen GmbH bedanken, ohne die diese Diplomarbeit nicht entstanden wäre. **Besonderer Dank gilt den Herren Dr. Wolfgang Schacht von der Gasversorgung Thüringen GmbH und Dr. Henning Behnke von der Technischen Universität Clausthal für die fachliche Unterstützung.**