



Doctoral Thesis

Die Strömung nach einem Gasleitungsbruch berechnet mit Spektralmethoden

Author(s):

Lang, Egon

Publication Date:

1988

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000502276> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 8587

**Die Strömung
nach einem Gasleitungsbruch
berechnet mit Spektralmethoden**

ABHANDLUNG

zur Erlangung
des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

EGON LANG
dipl. Masch.-Ing. ETH
geboren am 9. August 1954
von Büsingen (BRD)

Angenommen auf Antrag von:
Prof. Dr. T.K. Fanneløp, Referent
Prof. Dr. I.L. Ryhming, Korreferent

1988

Kurzfassung

Rohrleitungen oder Systeme von Rohrleitungen, die giftige oder brennbare Gase unter hohem Druck transportieren, stellen eine potentielle Gefahrenquelle dar. Sie enthalten sehr grosse Mengen dieser Gase. Deshalb wird in dieser Arbeit die Strömung nach einem plötzlichen Bruch einer Rohrleitung berechnet und untersucht. Die Gleichungen sind stark nichtlinear und sie werden singular, wenn die Strömungsgeschwindigkeit gleich der Schallgeschwindigkeit wird.

Die bisher verwendeten Methoden waren entweder sehr rechenintensiv oder lieferten ungenaue Resultate.

Das Ziel dieser Arbeit ist deshalb, eine Methode zu finden, die die Strömung im Rohr nach einem Bruch effizient und genau berechnet. Die Methode soll später benützt werden, um die Strömung in komplexen Netzwerken nach dem Bruch einer Leitung zu berechnen.

Verwendet und verglichen wurden die Tau- und die Kollokationsversion aus der Familie der Spektralmethode. Die verschiedenen Methoden wurden an Hand der Resultate aus zwei Testfällen miteinander verglichen. Als erster Testfall wurde die Strömung in einer Rohrleitung bei langsam änderndem Verbrauch betrachtet. Der Ausströmungsprozess nach einem Pipelinebruch, für Zeiten lange nach dem die Wellenprozesse abgeklungen sind, war der zweite Testfall.

Die Kollokationsmethode wurde auf Grund der Resultate aus diesen Testrechnungen verwendet, um die Strömung nach einem Rohrbruch zu berechnen. Gute Resultate sowohl in der Genauigkeit als auch in der Rechenzeit konnten mit relativ wenigen Kollokationspunkten erzielt werden. Die Methode ist umso effizienter je kleiner die Gradienten sind.

Mit der Kollokationsmethode ist es möglich die Strömung in komplexen Netzwerken nach einem Bruch einer Leitung zu berechnen.

Schwer abschätzen lässt sich die Wärmeübertragung für Zeiten kurz nach einem Bruch. Ein Vergleich der zeitlichen Verläufe der Stromdichte an der Bruchstelle für die adiabate und die isotherme Strömung zeigte jedoch, dass die Unterschiede für kurze Zeiten nach den Bruch sehr klein sind.

Für alle genauen Berechnungen der eindimensionalen, kompressiblen, reibungsbehafteten Rohrströmungen nach einem Bruch ist ein Knick im Dichte- und Geschwindigkeitsverlauf charakteristisch. Eine Analyse der einzelnen Terme des Impulssatzes zeigte, dass der Knick den Übergang markiert vom Gebiet, in dem die Trägheits- und die Druckkräfte die Strömung bestimmen, zum Gebiet, das durch die Singularität an der Bruchstelle beherrscht wird.

Abstract

Breaks in long pipelines or pipeline systems containing a large amount of flammable or poisonous gas under high pressure represent a safety hazard. The flow following a sudden rupture is analysed and computed in this work.

The governing equations are highly nonlinear and singular at the break at early times when the internal pressure is high enough for choking to occur.

The known methods used to solve these equations are either time consuming or inaccurate. The aim of the present work is to find a new method which is both efficient and accurate.

Two procedures in the family of the Spectral Methods were chosen and compared. These are the Tau and the Collocation methods. The computed results for two test cases were used to select the best of the two alternatives. One test case used, was the unpacking of a high-pressure pipeline due to a change in demand. The other was the blowdown process for times after the initial wave processes had subsided. The best results in terms of accuracy and efficiency were obtained by the Collocation Method. This method was therefore used to compute the whole blowdown process. Accurate results were obtained for short computing times with only a few collocation points.

Efficient computation of the complete blowdown process for pipeline networks should be possible by this procedure.

It is difficult to assess the effect of heat transfer at early times, but it is found that the difference in the mass-flow rate between the adiabatic and isothermal flow cases is very small.

All accurate computations of onedimensional, compressible, viscous pipeline flows following a sudden rupture show a "kink" in the pressure and the velocity distribution at early times. An analysis of the separate terms in the momentum equation reveals that the kink marks the transition between the flow region where the inertia and the pressure forces govern the flow and the region where the singularity determines the flow characteristics.