

DIE SCHLAUCHDROSSEL - Ein selbsttätiges Regulierorgan

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Frits de Vries , ir. Technische Hogeschool Delft (NL)

geboren am

19. Dezember 1954

niederländischer Staatsangehöriger

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. D. Vischer , Referent

Prof. R. Heierli , Korreferent

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit beschreibt die Weiterentwicklung der Schlauchdrossel, eines selbsttätigen Regulierorgans ohne bewegliche Teile. Diese besteht aus einer Rohrstrecke, die entweder Ausschnitte oder einen Unterbruch aufweist. Diese sind mittels einer elastischen Membran überspannt. Die Schlauchdrossel wird derart eingebaut, dass ihre Aussenseite mit dem Oberwasserdruck beaufschlagt ist, während der zu regulierende Abfluss durch die Rohrstrecke fließt. Die Idee für dieses Gerät, das auf Basis des Bernoulli-Effektes funktioniert, wurde Ende der siebziger Jahre an der VAW geboren.

Mit den vorliegenden Resultaten können nun Schlauchdrosseln für unterschiedliche Einsatzbedingungen bemessen werden. Der untersuchte Einsatzbereich reicht bis zu einem Oberwasserdruck von etwa 10 m WS sowie einem Nenndurchfluss von etwa 180 l/s. Unter bestimmten in der Arbeit formulierten Bedingungen kann sogar ein Einstau vom Unterwasser her zugelassen werden.

Neben der Analyse von schon vorhandenen Resultaten zweier VAW-Versuchsanlagen sind Daten von drei weiteren Anlagen, die an der Versuchsanstalt konstruiert wurden, für die Erarbeitung der Dimensionierungsunterlagen verwendet worden. Letztere bestehen nicht nur aus Regeln für die Bestimmung des Durchflusses in Abhängigkeit der Parameter Rohrdurchmesser D , Membranlänge L und -dicke t sowie Membranelastizität G , sondern es sind ebenfalls Randbedingungen formuliert worden, die für die erfolgreiche Bemessung von Schlauchdrosseln berücksichtigt werden müssen.

Weitere Abklärungen zur Herleitung jener Bemessungsregeln betrafen die Methode, mit der das zu verwendende Membranmaterial charakterisiert werden kann. Diverse Theorien, die das Verformungsverhalten solcher hochelastischer Werkstoffe beschreiben, wurden miteinander verglichen. Die sogenannte statistische Theorie nach Treloar, die einen einzigen Materialparameter aufweist, wurde ihrer Einfachheit und trotzdem guten Genauigkeit wegen ausgewählt. Mit einem eigens dafür gebauten Prüfgerät ist der Kennwert der gebrauchten Gummiplatten bestimmt worden.

Damit Ist- und Sollwert des Abflusses im ganzen Einsatzbereich nur um $\pm 10\%$ verschieden sind, musste die Abflusscharakteristik stark verbessert werden. Dafür wurde die Schlauchdrossel herkömmlicher Bauart, die aus zwei mit der Membran verbundenen Rohrstutzen besteht, auf Basis intensiver Versuchstätigkeit abgeändert. Das Ziel konnte mit der Drossel neuer Bauart, die aus einem durchgehenden Rohr mit zwei symmetrisch angeordneten und durch die Membran überspannten Ausschnitte besteht, erreicht werden. Im

Rahmen dieser Arbeiten wurde ebenfalls ein numerisches Simulationsmodell eingesetzt, das die Wechselwirkung zwischen der Zugkraft in der Membran und dem resultierenden Druck, der durch die Strömung beeinflusst wird, berücksichtigt. Dieses Modell, das die Verformung eines Streifens simuliert und den Abfluss pro Meter Breite berechnet, war hilfreich bei der Bestimmung der wichtigsten Einflussparameter.

Abschliessend beschreibt der Autor verschiedene Schlauchdrosseln, die teilweise schon einige Jahre in Abflusskontrollbauwerken in der Kanalisationstechnik im Einsatz stehen. Die Gespräche, die während der Begehungen mit den jeweiligen Betreibern und mit dem Unterhaltspersonal geführt wurden, dienten der Abklärung der Betriebserfahrungen mit den Anlagen. Ohne Ausnahme war man zufrieden mit der einfachen Handhabung und Reinigung der Schlauchdrossel, sowie mit der Regulierqualität. Auf Basis dieser Angaben scheint die Praxistauglichkeit der Schlauchdrossel in der Kanalisations-technik gegeben.

ABSTRACT

The present report deals with the development of the so-called 'Automatic Throttle Hose' (in german: 'Schlauchdrossel'), an automatic flow regulator without mechanically moving parts. Basically, it consists of a piece of pipe which either is interrupted or has sideholes, around which a flexible membrane is pulled like a stocking. The device is operated such that the surrounding water pressure works on the outside, while the outflow to be regulated flows through. Its regulating principle is the so-called 'Bernoulli effect'. The initial idea for the device was born in the late seventies in the Laboratory of Hydraulics (VAW) of the Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETHZ).

The results of this study enable the design of throttle hoses for different operating conditions up to a differential pressure of 10 m water pressure and a nominal discharge of about 180 l/s. Within certain formulated limits tailwater effects are tolerated.

The analysis of measurement data of five different testing facilities which were constructed and operated in the Laboratory are presented. These data served as basis for the derived design formulae for the nominal discharge Q as a function of the pipe diameter D , the membrane length L , its thickness t and its elasticity G . Furthermore, formulae describing the decisive boundary values are given.

In order to characterize the membrane material several theories which describe the highly elastic behaviour of such materials were reviewed. One of these, the statistical theory formulated by Treloar, was chosen because of its simplicity (it contains only one elasticity parameter) and nevertheless good precision in predicting the deformations under pressure loading. The verification measurements were performed in a testing apparatus which was especially designed and constructed for this purpose. In this device a plane circular sheet of material is loaded from one side with an equally distributed pressure. The pressure, the central deformation perpendicular to the original sheet as well as laterally was recorded. With these tests the elasticity parameter G was determined.

The aim to design throttle hoses to perform within 10 % of the nominal discharge in the entire operating pressure range induced decisive changes to the original form consisting of two pieces of pipe connected by the cylindrical membrane. By means of several testing setups in which numerous tests with alternative design forms were conducted as well as based on a numerical simulation model, the throttle hose design was optimized. This

form consists of only one piece of pipe with two cut out sideholes which are covered with the elastic membrane.

Finally, the author describes several throttle hoses operating since a few years in control structures of sewer systems. The on-site visits during which valuable information was collected from discussions with the maintenance operating staff revealed that the experiences with the automatic throttle hose are very positive and that this device is a valuable alternative to the commonly used flow regulators in control structures. Experiences gathered during a test phase in field irrigation canals of an irrigation system in Togo (Africa) indicate that the throttle hose can also be used for this purpose.