Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 84 (1992)

Heft: 9

Artikel: Die Schlauchdrossel, ein erprobtes Regulierungsorgan für Kanalisation und Bewässerung

Autor: Volkart, Peter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940583

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Schlauchdrossel,

ein erprobtes Regulierorgan für Kanalisation und Bewässerung

Peter Volkart

Sägt man aus einem Rohr nierenförmige Öffnungen und überspannt dieses Gebilde mit einer Gummimanschette, so hat man im Prinzip eine Schlauchdrossel konstruiert. Gekonnt an Regen- oder Rückhaltebecken oder in Bewässerungskanälen eingesetzt, garantiert die Schlauchdrossel quasi konstante Durchflüsse bei veränderlichem Oberwasserstand.

Diese einfache Reguliereinrichtung, die ohne Fremdenergie arbeitet, ist seit über zehn Jahren in mehreren Ausführungsformen im praktischen Einsatz. Berechnung und projektbezogene Optimierung sind nun möglich.

Konstanter Druck ohne Steuerung

Den Ausfluss aus einem Becken, Behälter oder Zulaufkanal auch dann konstant zu halten, wenn sich die Lage des Wasserspiegels und somit der Wasserdruck ändert, gehört zu den häufigen Zielvorstellungen des Ingenieurs im Wasserbau. Handelt es sich dabei um Druckänderungen von wenigen Metern, wie sie in Rückhaltebecken der Kanalisation oder in Zubringern in Bewässerungssystemen üblich sind, so findet heute zunehmend die sogenannte Schlauchdrossel Verwendung.

Mehrere hundert dieser selbsttätigen Regulierorgane finden sich allein in Deutschland, der Schweiz, Österreich, Kanada oder Togo und Haiti usw. Seit der Erfindung und Entwicklung an der VAW (Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich) sind gut zehn Jahre vergangen; viele Schlauchdrosseln stehen bereits seit jener Zeit erfolgreich im praktischen Einsatz.

Was ist eine Schlauchdrossel?

Bild 1 zeigt deren schematischen Aufbau: Ein Stück einer wasserdurchströmten Rohrleitung wird durch eine flexible Membran ersetzt. Meist handelt es sich um Nitrilkautschuk mit einigen Millimetern Wandstärke.

Würde der Wasserstand und somit der statische Druck in einem Behälter ohne Drossel erhöht, flösse zunehmend mehr Wasser aus. Dies entspräche einem Verlaufe nach der gestrichelten Kurve in Bild 2.

Nun weiss man aber spätestens seit *Daniel Bernouilli* (1700–1782), dass in einem Rohr oder zwischen zwei Wänden der Druck gegen die Berandung nachlässt, wenn die Geschwindigkeit einer Strömung zunimmt. Beispiele finden sich bei Venturikanälen, Düsen und Blenden oder auch beim sogenannten Prandtl-Rohr, das der Geschwindigkeitsmessung im Fluid dient. Dies alles sind letztlich einfache Beispiele dafür, dass in einem geschlossenen System die Summe der Energien konstant bleibt. Im Falle des erwähnten Bernoulli-Effektes können wir diese Anwendung einfach selber prüfen: Hält man zwei Papierstreifen vor den Mund und bläst zwischen diesen hindurch, so werden die Streifen entgegen der landläufigen Meinung nicht auseinandergedrückt, sondern infolge abfallenden Innendruckes zusammengezogen.

Die Schlauchdrossel nun beult infolge Aussendrucks und innerem Sog ein und verkleinert so den durchflossenen Querschnitt. Dies wiederum drosselt den Durchfluss. Bei gekonnter Wahl der Membran gelingt es, trotz variablem Aussendruck, einen quasi konstanten Durchfluss zu halten; dies entspricht unserer Zielvorstellung und der fetten Kurve in Bild 2.

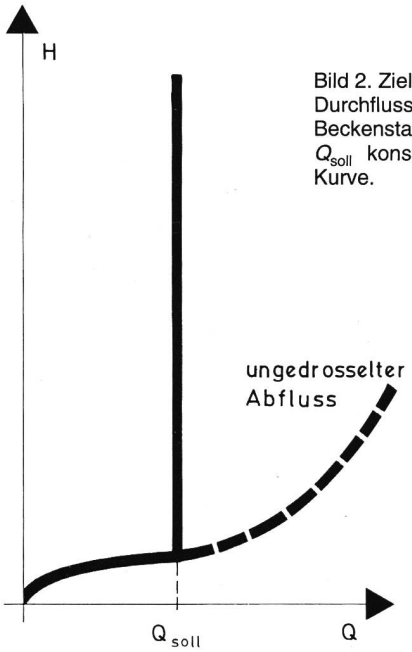


Bild 2. Zielvorstellung ist es, den Durchfluss Q trotz variablem Beckenstand H auf einem Wert Q_{soll} konstant zu halten: fette Kurve.

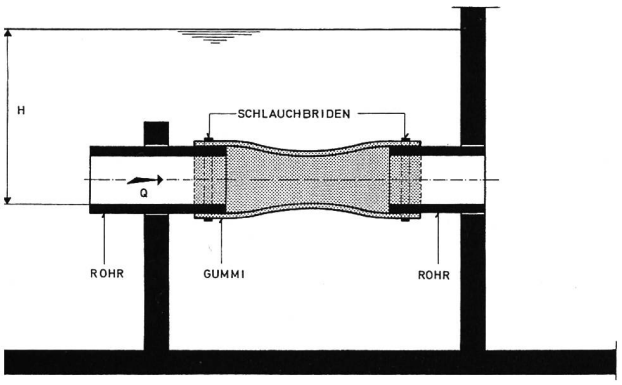


Bild 1. Ursprüngliche Schlauchdrossel in einem Becken angeordnet.
Mit steigendem Wasserspiegel erhöhen sich der Sog im Innern und der äussere Wasserdruck; die elastische Membran beult ein und verengt den Fliessquerschnitt. So wird es möglich, den Durchfluss trotz variablem Beckenstand konstant zu halten.

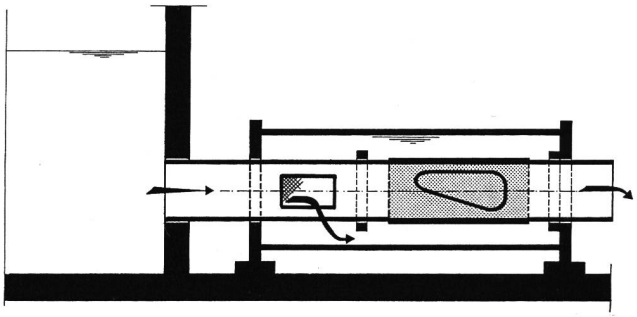


Bild 3. Schlauchdrossel neuerer Bauart, das heisst mit Versteifung an Rohrsohle und -scheitel.
Typ U: Der Aussendruck wird über ein Hüllrohr aufgebracht; die rechteckigen Öffnungen sind mit Filtertuch überspannt, die zwei nierenförmigen Rohrausschnitte sind mit der elastischen Membran überzogen und garantieren die Drosselwirkung.

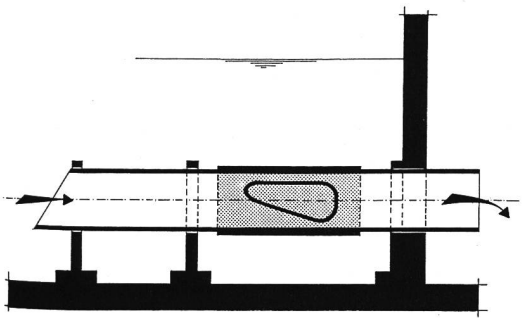


Bild 4. Die einfachste Bauform ist der I-Typ. Die Schlauchdrossel steht direkt im Becken.

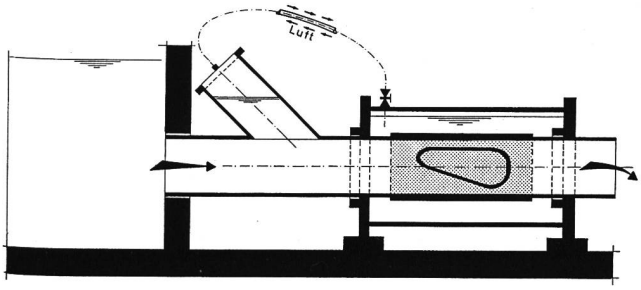


Bild 5. Seltener ist die Bauform Typ Y: Um Verschmutzungen vorzubeugen, wird der Aussendruck über eine Luftleitung übertragen. Heute gelangt allerdings in kritischen Fällen normalerweise der U-Typ zur Anwendung.

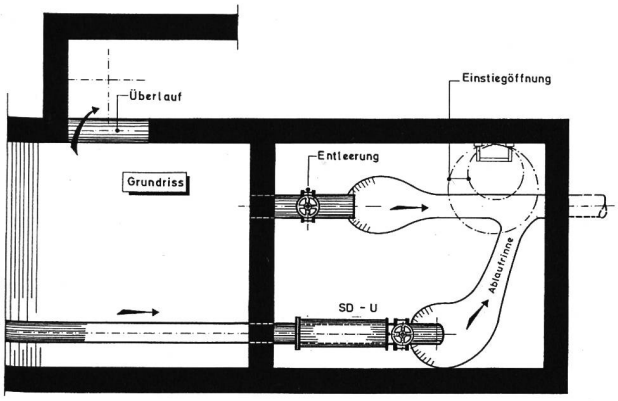


Bild 6. Beispiel einer Schlauchdrossel Typ U in der Gemeinde Alptal, Kanton Schwyz CH.
Q_N = 10 l/s, D = 150 mm, max. Stauhöhe 3 m WS, in Betrieb seit 19. November 1987.

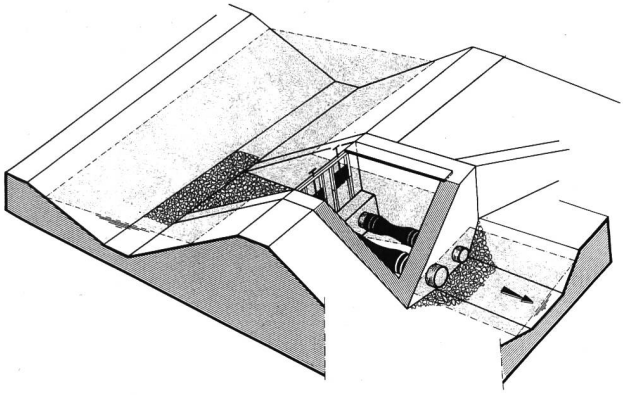


Bild 7. Konstruktiver Vorschlag eines Bauwerkes in der Bewässerungstechnik (nach *Vischer* und *Peter,* 1985). Man beachte die grundsätzliche Möglichkeit, Drosseln in der Höhe gestaffelt oder nach Durchmessern abgestuft anzuordnen.

Wo stehen wir heute?

Im folgenden soll der state of the art zum Thema Schlauchdrossel dem Leser nähergebracht werden. Basis bildet die ausführliche Arbeit von *F. de Vries,* 1991, der ausgehend von den ersten Vorversuchen im Labor unter Einbezug der materialtechnologischen Probleme des Kautschuks die Erfahrungen der Praxis in Kanalisation und Bewässerung aufgreift, umfassende eigene Versuche dokumentiert und schliesslich Bemessungs- und Berechnungsverfahren für die Schlauchdrosseln verschiedener Bauformen angibt.

Die Bilder 3 bis 6 nach *de Vries* (1991) geben erprobte Einbauformen von Schlauchdrosseln im Bereiche von Becken der Siedlungsentwässerung wieder. Man erkennt schematisch, dass in der neuesten Ausführung die frei gespannte flexible Membran durch Versteifungselemente unterlegt wurde. Einbeulfähig verbleiben zwei nierenförmige Rohrausschnitte, die vom noch immer röhrenförmigen Gummimantel überspannt werden. Derart wird eine nahezu konstante Wunschcharakteristik im *H-Q*-Diagramm erzielt, eine abrasionsfeste Zone im Sohlenbereich geschaffen sowie die Gefahr von Pulsationen und Vibrationen eliminiert. Ein für Kautschuke unvermeidlicher Hysterese-Effekt wird auf ein für die Praxis irrelevantes Mass reduziert. Nicht zuletzt wird auch dem Verstopfen und völligen Abschliessen des Durchflusses erfolgreich entgegengewirkt.

Bild 7 zeigt eine mögliche Anordnung in der Bewässerungstechnik. Erstaunlicherweise hat in diesem Anwendungsgebiet die Schlauchdrossel noch nicht den angemessenen Stellenwert erreicht. Dies, obschon Erfahrungen aus tropischen Ländern vorliegen. Es hat sich gezeigt, dass die Befürchtungen wegen Einwirkungen der UV-Strahlung auf den Gummi oder wegen des Zerstörens der Membran durch Nagetiere kaum begründet waren. Man vergesse nicht, wie einfach es ist, einige Metallbriden und vulkanisierte Gummielemente im Fluggepäck mitzuführen. Ein Ersatz der Membran vor fünf Jahren ist nicht zu erwarten.

Bild 8 gibt vereinfacht die *H-Q*-Verläufe der getesteten Drosseln wieder. Anordnungen, die für höhere Drücke, das heisst bis 10 m Wassersäule und Durchflüsse der Grössenordnung 100 bis 200 l/s ausgelegt sind, zeigen ein nahezu ideales Durchflussverhalten; bei geringeren Druckdifferenzen und kleinen Durchflüssen bleibt die *H-Q*-Kurve leicht gekrümmt, da u.a. elastische Randeffekte der Membran entlang der Kanten der Rohrausschnitte wirken und auch der Aussendruck (in Metern Wassersäule) noch von der Grössenordnung des Rohrdurchmessers sein kann.

Parameter und Systematik

Bild 9 gibt die Vielzahl der Parameter wieder, die eine ausführliche Beschreibung der Schlauchdrossel benötigt. Es wird aber an dieser Stelle auf eine vollständige Herleitung der Berechnung verzichtet und auf die Arbeit von *de Vries* (1991) verwiesen. Immerhin soll mit Bild 10 ein Augenmerk darauf gelegt werden, dass gewisse unterschiedliche Strömungstypen zu unterscheiden sind. Das Druckverhalten im Innern der Schlauchdrossel wird vor allem dadurch nachhaltig beeinflusst, ob ein Rückstau von unterstrom wirkt oder nicht. Entsprechend sind drei verschiedene – allerdings einfache – Verfahren der Berechnung zu wählen.

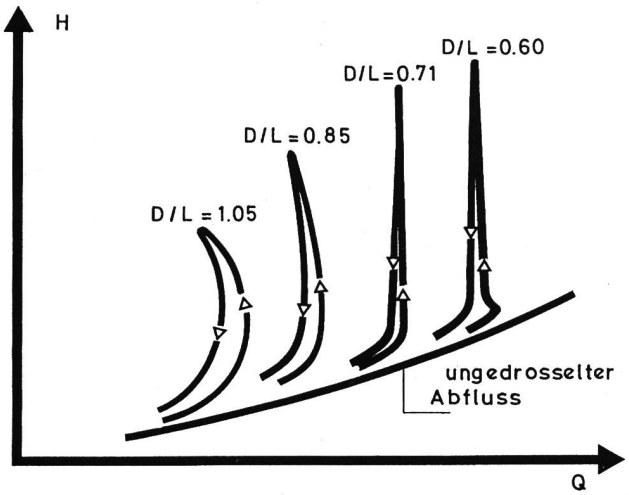


Bild 8. Typische *H-Q*-Charakteristiken der Schlauchdrosseln neuerer Bauart. *D* = Rohrdurchmesser, *L* = Einspannlänge der Membran.

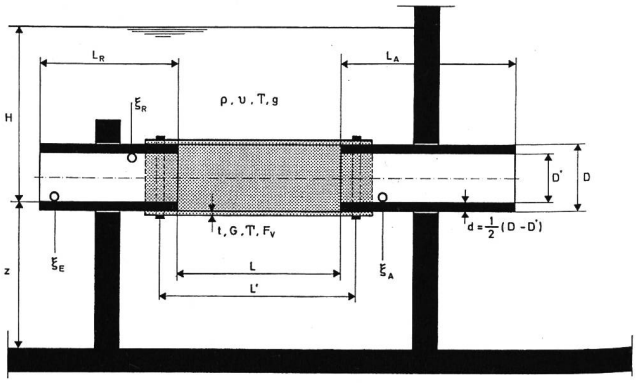


Bild 9. Definition der bestimmenden Parameter:
D: Aussendurchmesser des Drosselrohres [mm]
L: freie Schlauchlänge [mm]
G: Materialkennwert der Schlauchmembran [N/mm²]
t: Dicke der Schlauchmembran [mm]
ρ: Dichte der Flüssigkeit [kg/m³]
g: Erdbeschleunigung [m/s²]
v: kinematische Viskosität der Flüssigkeit [m²/s]
T: absolute Temperatur [°K]
F_V: Vorspannung der Schlauchmembran [N/mm²]
D': Innendurchmesser des Drosselrohres [mm]
L': Abstand der Schlauchbefestigungen [mm]
L_R: Länge des Einlaufrohres [mm]
L_A: Länge des Auslaufrohres [mm]
ξE: Einlaufverlustfaktor [-]
ξR: Reibungsverlustfaktor [-]
z: Höhe der Rohrsohle über dem Beckenboden [mm]

Beispiel

Ein Beispiel nach dem weitaus häufigsten Verfahren III soll kurz erläutert werden.

Gesucht: Schlauchdrossel an einem Rückhaltebecken für folgende Randbedingungen:

Q_N 30 l/s Nenndurchfluss
H_{max} 3,5 m maximaler Aufstau
freier Ausfluss ohne Rückstau von unterstrom.

Man kann von nachstehender Bemessungsformel für den Nenndurchfluss ausgehen, die die Dichte des Wassers und die Erdbeschleunigung in den Koeffizienten bereits berücksichtigt:

$$Q_N = 0{,}023\, D^{3{,}70}\, L^{-2{,}25}\, G^{0{,}54}\, t^{0{,}51}$$

mit
Q_N: Nenndurchfluss [l/s]
D: Aussendurchmesser des Drosselrohres [mm]
L: Ausschnittslänge [mm]
G: Materialkennwert des Schlauchgummis [N/mm²]
t: Schlauchdicke [mm].

Um Überlastung, Pulsieren oder Vibrieren der Membran aus Nitrilkautschuk zu vermeiden, ist noch folgende Bedingung für den höchsten Überdruck H_{max} einzuhalten:

$$H_{max} = 120 \left(\frac{G}{d}\right)^{3/4} t.$$

Geht man nach *de Vries* (1991) davon aus, dass für ein Verhältnis *D/L* von etwa 0,7 das beste Drosselverhalten beobachtet wurde, so erhält man nach kurzer Zwischenrechnung – *G* ist geringfügig von *t* abhängig – folgendes Resultateset:

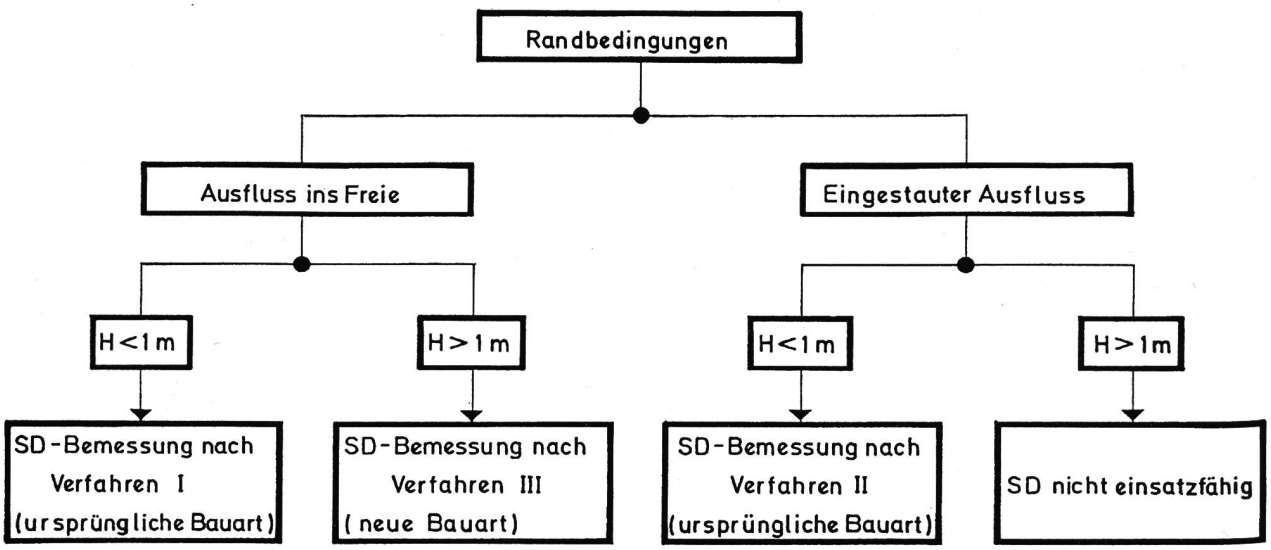


Bild 10. Grundschema für die Wahl der Berechnungsverfahren. Wesentlich ist, ob die Schlauchdrossel von unten eingestaut ist oder nicht. Kleine Überdrücke werden mit Drosseln ohne Versteifung (ursprüngliche Bauart) bewältigt; Normalfall stellt aber die versteifte neue Bauart für höhere Drücke dar.

D [mm]	L [mm]	t [mm]	D/L [-]	G [N/mm²]	H_{max} [mWS]
160,5	215,2	3,8	0,75	0,72	7,9
200	294,2	2,9	0,68	0,74	5,2
249	395,7	2,1	0,63	0,75	3,2

Wegen des zu kleinen Wertes von H_{max} kann die letzte Kombination nicht verwendet werden. Aus den beiden übrigen Möglichkeiten wird die Variante mit D = 200 mm gewählt, weil in diesem Fall die relative Länge D/L am besten der optimalen von 0,70 entspricht.

Ausblick

Die Schlauchdrossel hat sich als selbsttätiges Organ im harten Einsatz bewährt. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass weder mechanisch bewegliche Teile noch Elektronik verwendet werden müssen. Auf Fremdenergie kann verzichtet werden. In einem Druckbereich bis theoretisch 10 m, praktisch ≤ 7 m sind mehrere Bauformen erfolgreich erprobt worden. Die entsprechenden einfachen Berechnungsverfahren liegen vor. Nitrilkautschuk als Membranmaterial steht im Vordergrund; es wurden aber auch andere Materialien getestet. Obschon dem Rohrdurchmesser theoretisch keine Grenzen gesetzt sind – untersucht wurde von 2 cm bis 40 cm –, liegt der praktische Einsatz meist im Durchmesserbereich 10 bis 30 cm.

Nun hat jede Einrichtung nicht nur Vorteile. Der Schlauchdrossel schaden grössere scharfkantige metallische Objekte oder sehr grosse Glasscherben. Einzelobjekte sind dann mit Vorteil der engsten Stelle fernzuhalten, wenn die Abmessung dieses Schwemmgutes den halben Rohrdurchmesser übersteigt, da bei teilweisem Verstopfen die Drossel die Eigenheit hat, infolge des steigenden Wasserdruckes noch mehr zu schliessen; dies vorwiegend bei der ursprünglichen Bauform ohne Versteifung. Die gute Drosselcharakteristik und ein pulsationsfreier Durchfluss sind durch gewisse Einschränkungen in den Parameterkombinationen sicherzustellen (Beziehung für H_{max}). Allerdings liegen die Verhältnisse nach Rückhaltebecken bezüglich gefährdender Objekte meist günstig. Kies, Sand und Schlamm sind problemlos durchzuleiten. Bei minimaler Wartung und einer Einbaudauer der Membran von zehn Jahren sind in Kanalisationen keine nennenswerten Ausfälle bekannt geworden.

Neuerdings findet man die Schlauchdrossel auch an Deponieabläufen und bei Ölabscheidern.

In der Bewässerungstechnik fallen die zitierten Schwachstellen ganz weg. Mit einfachen Mitteln ist es möglich, die Membran vor intensivem Licht zu schützen und feucht zu halten. Hier eröffnen sich dem Ingenieur noch kaum genutzte Anwendungsmöglichkeiten.

Literatur

Bernouilli, D. (1738): «Hydrodynamica», Strassburg, in Latein. Deutsche Übersetzung: *K. Flierl,* Deutsches Museum für Geschichte der Naturwissenschaft und Technik, 1965.

Brombach, H. (1987): «Eine späte Nutzung des Bernouilli-Effekts: Die Schlauchdrossel. «Wasser und Boden», 11, 564–571.

de Vries, F. (1984): «The Automatic Throttle Hose – A Flow Regulating Device for Irrigation Turnouts and Storm-Water Retention Basins.» Proceedings of the First International Conference on Hydraulic Design in Water Resources Engineering; University Southampton, England, 1.1555–1.166.

de Vries, F. (1991): «Die Schlauchdrossel – Ein selbsttätiges Regulierorgan.» Diss. ETH Zürich Nr. 9475 und VAW Mitteilung Nr. 112; 210 Seiten.

Patentamt der Bundesrepublik Deutschland: Patentschrift Nr. DE 3210718 C2, erteilt am 25. September 1986. Erfinder *D. Vischer* und *P. Volkart;* Anmelder H. Brombach.

Universal Engineering Corporation (1982): «The Automatic Throttle Hose – An Irrigation Outlet with Near Constant Discharge». Leaflet Universal.

Vischer, D. (1979): «Die selbsttätige Schlauchdrossel zur Gewährleistung konstanter Beckenausflüsse». «Wasserwirtschaft» *69,* 12, 371–375.

Vischer, D. (1985): «Die Schlauchdrossel – ein einfaches Regulierorgan für die Bewässerungstechnik». «ETH Bulletin» 192, 18–19.

Vischer, D., Peter, P. (1985): «Le manchon souple d'étranglement – organe autorégulateur de répartition des débits constants dans des canaux d'irrigation». «La Houille Blanche» 2, 123–132.

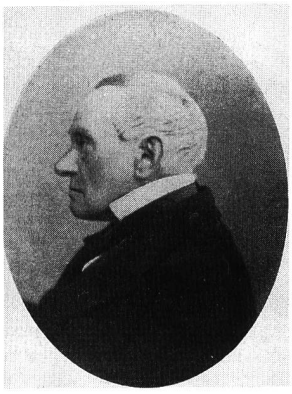
Volkart, P. U., de Vries, F. (1985): «Automatic Throttle Hose – New Flow Regulator». «ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering», 111, 3, 247–264.

Anschrift des Verfassers: *Dr. Peter Volkart,* Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, VAW, ETH Zentrum, CH-8092 Zürich.

Gotthilf Heinrich Ludwig Hagen (1797–1884)

Der am 3. März 1797 in Königsberg geborene *Hagen* las zuerst an der dortigen Universität Mathematik und Astronomie. Während einer 18 Monate dauernden Reise durch Zentraleuropa lernte er die Wasserbauten der verschiedenen Landesteile kennen. Er ging dann nach Berlin, um eine neue Karriere als Wasserbauprofessor zu beginnen.

Hagens Hauptinteresse in Hydraulik war der Widerstand von Wasser in Rohren und Kanälen. Davon zeugen Arbeiten wie «Über die Bewegung des Wassers in engen cylindrischen Röhren» (1839), wo zum erstenmal der Einfluss der Viskosität erscheint und zwischen zwei Fliessarten, nämlich laminar und turbulent, unterschieden wird; dann «Einfluss der Temperatur auf die Bewegung des Wassers in Röhren» (1854); oder «Untersuchungen über die gleichförmige Bewegung des Wassers» (1876). Herausragend aus allen Publikationen ist jedoch das zwischen 1841 und 1865 in drei Teilen erschienene «Handbuch der Wasserbaukunst», eines der ersten derartigen Werke. Darin werden nicht nur Flussbau, Wasserbau, Turbinen, Verkehrswasserbau und Meeresbauten beschrieben, sondern auch maschinentechnische und handwerkliche Verfahren, um die genannten Arbeiten durchzuführen. Ebenfalls ausführlich erwähnt werden meteorologische und hydrologische Methoden der Abflussermittlung sowie die Ermittlung von Durchfluss und Geschwindigkeit in Rohren und Flüssen. Das Unglück Hagens war, dass eine Anzahl von Entdeckungen vorerst nicht wahrgenommen und erst durch die Arbeit von *Reynolds* (1883) ins wahre Licht gerückt wurde. Da es Hagen nicht gelang, einen allgemeinen Ähnlichkeitsparameter für die zähe Strömung abzuleiten, wurden Reynolds verschiedene Wahrnehmungen zugeschrieben, die eigentlich auf Hagen zurückgingen. Hagen starb am 3. Februar 1884 in Berlin, kurz nach der Veröffentlichung von Reynolds weltberühmter Arbeit über den Rohrwiderstand. Der Name Hagen bleibt uns aber erhalten im Gesetz nach Hagen-Poiseuille, welches sich auf den laminaren Abfluss in Rohren bezieht.



WHH