

Bericht – Lehr- und Forschungsgebiet
Wasserwirtschaft und Wasserbau

Band 16

Daniel B. Bung

**Zur selbstbelüfteten Gerinneströmung auf
Kaskaden mit gemäßigter Neigung**

Shaker Verlag
Aachen 2009

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Wuppertal, Univ., Diss., 2009

Copyright Shaker Verlag 2009

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-8382-7

ISSN 0179-9444

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Kurzfassung

Diese Dissertation befasst sich mit der selbstbelüfteten Gerinneströmung auf Kaskaden mit gemäßigter Neigung. Hierunter werden getreppte Gerinne mit einer Längsneigung von 1:3 bis 1:2 verstanden. Sowohl die hydromechanischen Vorgänge als auch der Gasaustauschprozess werden in physikalischen Modellversuchen im Maßstab 1:10 untersucht. Messungen des Luftgehalts und der Fließgeschwindigkeit mit einer doppelköpfigen Nadelsonde liefern Informationen zum Belüftungsprozess und der erzielbaren Energiedissipation. Das Wiederbelüftungspotential des Bauwerks wird durch Absorptionsmessungen bestimmt. Da nicht nur hydraulische sondern auch geometrische Randbedingungen das Fließgeschehen beeinflussen, erfolgt neben der Änderung des Durchflusses auch eine Variation des Neigungswinkels ($18,4^\circ$ und $26,6^\circ$) und der Stufenhöhe (3 cm und 6 cm). Weitere Untersuchungen ermitteln den Einfluss kleinerer auf die horizontalen Stufenflächen aufgebracht Formwiderstände und den Einfluss der Stufen im Vergleich zu herkömmlichen Schussrinnen.

Die Darstellung aller hydraulischen Parameter erfolgt in dimensionsloser Form, um die Übertragung auf Prototypen zu ermöglichen. Durch die Entwicklung empirischer Gleichungen, welche auch bei nicht erreichtem Normalabfluss Gültigkeit haben, ist die Anwendung aller Ergebnisse auf Bauwerke beliebiger Höhe zulässig. Neben einer funktionalen Beschreibung des Selbstbelüftungspunkts werden Gleichungen zur Abschätzung der Fließtiefe, der Fließgeschwindigkeit und des zu erwartenden Luftgehalts sowie zum Fließwiderstand und der Energiedissipation entwickelt. Die für den Gasaustausch zur Verfügung stehende Oberfläche und die Geschwindigkeit des Massenübergangs von Sauerstoff werden ebenso beschrieben wie die Belüftungseffizienz.

Die Arbeit bietet somit eine vollständige Dimensionierungshilfe für Gerinneströmungen auf Treppenschussrinnen mit gemäßigter Neigung. Bemessungsbeispiele erläutern die Anwendung der entwickelten Formeln anhand in der Praxis relevanter Fragestellungen.

Abstract

This dissertation deals with self-aerated skimming flows on embankment stepped spillways with slopes from 1:3 to 1:2. Hydrodynamic processes and gas transfer are investigated on a physical model with a scale of 1:10. Measurements of air concentration and flow velocities with a double-tip conductivity probe provide information about the aeration process and the achievable energy dissipation. Re-aeration potential of the building is determined by applying the absorption method. Since flow pattern is influenced by hydraulic and geometric boundary conditions, the spillway slope (18.4° and 26.6°) is varied as well as the step height (3 cm and 6 cm) and the discharge. Further analyses quantify both the effect of a micro-scale surface roughness fixed on the horizontal treads and the influence of the macro-roughness enhanced by the steps in comparison to smooth spillways.

Hydraulic parameters are presented in dimensionless form for scaling to prototypes. By developing empirical equations valid for both non-uniform and uniform flow region, formulas are applicable for all drop heights. In addition to the description of the inception point of air-entrainment approaches for estimation of the flow depth, flow velocity, air concentration, friction factor and energy dissipation are developed. The specific surface available for gas transfer and the mass transfer coefficient of oxygen are described as well as the aeration efficiency.

Hence, this work offers a complete guidance for the design of embankment stepped spillways with skimming flow regime. Design examples demonstrate the application of developed formulas to practical problems.