

# Dissertationsschrift

zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)  
an der Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden

## Zwischenauslässe an Talsperren

–

## Beispiele, Bemessung, Konstruktion, Nachrüstung

Dam Mid-Level Outlets – Examples, Design, Construction, Installation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Holger Haufe

am 30.09.2013

Gutachter:

Univ.-Prof. (em.) Dr.-Ing. habil. Hans-B. Horlacher

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jensen

## Kurzfassung

Während des Extremhochwassers im August 2002 kam es an zahlreichen Talsperren in Sachsen zur Überschreitung der damals gültigen Bemessungshochwasserzuflüsse BHQ2. Infolge der begrenzten Vorentlastungsmöglichkeiten wurden die außergewöhnlichen Hochwasserrückhalteräume teilweise fast bis zum Kronenstau in Anspruch genommen und es erfolgten massive Abgaben über die Hochwasserentlastungsanlagen. Die Überschreitung der bordvollen Abflusskapazitäten der Gerinne in Kombination mit kurzen Vorwarnzeiten führte im Unterlauf zahlreicher Talsperren zu großen Überflutungsschäden und teilweise katastrophalen Auswirkungen. Nach der öffentlichen Kritik, dass die Talsperren ihre Hochwasser-schutzfunktion unzureichend erfüllt hätten, ergaben Analysen, dass mit optimierten Steuerungen der Einfluss der Talsperren auf den Hochwasserablauf verbessert werden kann. Voraussetzung hierfür ist jedoch die Vergrößerung der Abgabeleistung, die mit den zur Verfügung stehenden Betriebseinrichtungen nicht erreicht werden kann. Folgerichtig war deshalb die Forderung nach der Prüfung des Einsatzes zusätzlicher Auslässe, mit denen zahlreiche Aspekte (Vorentlastung, Scheitenausflussreduzierung und -verzögerung, Überflutungssicherheit, Wassergüte) positiv beeinflusst werden könnten.

Aus verschiedenen Gründen, die in dieser Arbeit detailliert betrachtet werden, sind Auslässe sinnvoll, die eine leistungsfähige Wasserabgabe aus dem Bereich zwischen den tief liegenden Grundablässen und den hoch liegenden Hochwasserentlastungsanlagen ermöglichen – so genannte Zwischenauslässe. In Deutschland existiert wenig spezifische Fachliteratur, die sich in geschlossener Form vertieft mit der Bemessung, der Konstruktion und der aus o.g. Gründen sinnvollen Nachrüstung von Zwischenauslässen an Talsperren beschäftigt. Die vorliegende Arbeit soll deshalb helfen, diese Lücke zu verkleinern und eine kritische Bewertung ermöglichen.

Im In- und Ausland gibt es viele Talsperren, deren Absperrbauwerke bereits während der Errichtung mit Zwischenauslässen erstausgestattet wurden. Für ausgewählte Beispiele aus mehr als 100 recherchierten Anlagen werden in dieser Arbeit die historische Entwicklung, der gegenwärtige Stand der Technik und die Betriebserfahrungen anhand zahlreicher deutscher, japanischer und US-amerikanischer Quellen analysiert. Für neun recherchierte Talsperren im In- und Ausland, an denen Zwischenauslässe nach der Inbetriebnahme nachgerüstet wurden, erfolgt die Analyse der Veranlassung der Nachrüstung, der verwendeten Entwurfsgrundsätze, des erreichten Standes der Technik und der eingesetzten Bautechnologie.

Die daraus abgeleiteten Erkenntnisse bilden die Basis für weiterführende Untersuchungen, die auf die Nachrüstung von Zwischenauslässen an Talsperren im regionalen Kontext fokussieren. Ausgehend vom Ist-Zustand der Betriebseinrichtungen sächsischer Talsperren sowie der Hochwasserbewirtschaftung und der Betriebserfahrungen während des Hochwassers 2002 werden vorhandene Defizite und der Handlungsbedarf analysiert. Anschließend werden die Konsequenzen des möglichen Einsatzes von Zwischenauslässen zur Verbesserung der Wassermengenbewirtschaftung (Hydrologie, Speicherwirtschaft, Schutzziele) und der Wassergütebewirtschaftung (Sommerstagnationsphasen, ereignisbezogener Hochwasserbetrieb und Entleerung der Hochwasserrückhalteräume) dargelegt.

Mittels einer Parameterstudie für eine Beispielanlage wird aufgezeigt, welchen Einfluss variable hydrologische und bautechnische Größen sowie die Hochwassersteuerung auf die Bewirtschaftung im extremen Hochwasserfall besitzen können. Auf Grundlage dieser Untersuchungen wird eine konstruktive Lösung für die Nachrüstung eines Zwischenauslasses in der Staumauer der Beispielanlage entwickelt, mit der eine signifikante Flexibilisierung der Wassermengen- und Wassergütebewirtschaftung der Talsperre möglich ist und mit der die nach dem Hochwasser 2002 gestellten Forderungen erfüllt werden können. Die Ergebnisse der Arbeit werden abschließend zusammengefasst.

## Abstract

In August 2002 the design flood inflows BHQ2 (10.000 year flood) valid at that time were exceeded at a number of dams in Saxony (Germany). Due to the limited outlet capacities the extraordinary flood control spaces were filled partially almost to the dam crest followed by massive spillway operation. Bankfull discharge capacities of the rivers downstream were exceeded. In combination with short lead times high flood damage and partial catastrophic effects occurred along the rivers downstream of many large dams.

Following public criticism that the dams would have met flood protection requirements insufficiently analysis showed how the influence of reservoirs on flood flow can be improved with optimized reservoir operation. However, a prerequisite is to increase the outlet capacity which can not be achieved with the available dam outlet works. Consequently there was the demand to check the use of additional outlets that can positively influence many aspects (pre-release, peak discharge reduction and delay, safety against flooding, water quality).

For various reasons which will be considered in detail in this paper high capacity outlets are useful to allow an efficient water discharge and should be situated between the low level bottom outlets and the high level spillways. These outlets are called mid-level outlets. In Germany only little specific literature is available that deals in closed form with the design, construction and installation of mid-level outlets at existing dams. The present work may help to reduce this gap and to enable a critical evaluation.

In Germany and abroad many dams were equipped with mid-level outlets already during construction. In this work more than 100 dams were researched in numerous German, Japanese and US-American references. Selected examples were analyzed regarding historical development, state of the art design and operational experience. Nine dams were researched where mid-level outlets were installed after the commissioning of the dams with regard to the cause of the upgrade, used design principle, achieved level of technology and used construction method.

The findings derived from research above are the basis for further studies that focus on the installation of mid-level outlets at dams in the regional context. Deficits and the need for action are analyzed starting from the actual condition of the outlet works of existing Saxon dams and the flood management and operational experience during the flood in 2002. Thereafter the consequences of the possible use of mid-level outlets are presented to improve water quantity management (hydrology, reservoir management, protection goals) and water quality management (summer stagnation phases, event-related flood operation and evacuation of flood control space) issues.

By means of a parametric study for a sample system the impact of variable hydrological and structural factors as well as of flood control operation on the management of extreme floods is shown. Based on these studies a structural solution for the installation of a mid-level outlet in the dam is designed. It allows a significant transition to flexible water quantity and quality management of the reservoir. So the demands made after the flood of 2002 can be met. Finally, a summary of the research results is presented.