

DISS ETH Nr. 19983

HYDRAULICS OF DIKE BREACHING

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER WISSENSCHAFTEN

der

ETH ZÜRICH

vorgelegt von

LUKAS SCHMOCKER

Dipl. Bauing. ETH Zürich

geboren am 3. Oktober 1981

von Unterseen, Kt. Bern

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Willi H. Hager

Prof. Dr. Robert M. Boes

Prof. Yves Zech

2011

Abstract

Dikes along rivers protect a valley and its people and property from floods. However, due to increased flood discharges during the past years and a lack of maintenance, overtopping has caused large damages in the past. Recent dike failures due to overtopping highlight the need to understand the damage processes in detail. The hydraulics of dikes subjected to overtopping are still poorly understood despite some recent advances, including the dike performance in terms of hazard scenarios, damages to be expected and the risk protection which are only available mainly from standard flood risk evaluation procedures. The accurate prediction of a dike breach process is essential to develop effective emergency action plans and to design early warning systems and hazard maps.

This research project particularly adds to the understanding of the dike breach processes due to overtopping. Hydraulic model tests were conducted to investigate the main features of both plane and spatial dike breaching due to overtopping. Laboratory tests of breach processes are related to scaling issues currently not understood. Therefore, a series of plane dike breach tests due to overtopping were conducted to examine the model limitations. The temporal dike breach progress was optically recorded to allow for a detailed analysis of the sediment and water surfaces. A systematic variation of both the dike dimension and the sediment diameter resulted in basic findings relative to: (1) Test repeatability; (2) Side wall effect; and (3) Scale effects. The results indicate definite minimum dimensions for both dike height and width, grain size and overtopping discharge. Systematic plane dike breach tests further resulted in findings regarding the (1) Breach process; (2) Effect of seepage; (3) Breach discharge; and (4) Bed shear stresses including sediment transport. The governing parameters for the dike breach process were identified as the dike height, the grain size and the critical flow depth.

Finally, basic spatial dike breach tests were conducted to apply a new 3D-videometric recording system, developed by AICON 3D Systems Ltd., Germany. This system allows for a continuous, non-intrusive recording of the sediment surface through the water surface during a dike breach using a rectangular grid projection and a set of four cameras. Preliminary tests provide motivating results and a feasible, non-intrusive method seems therefore to be available for determining the sediment topography.

Kurzfassung

Deiche entlang von Flüssen schützen Siedlungen und Landschaften vor Überflutungen. Überschwemmungen infolge Überströmung eines Deichs haben in den letzten Jahren aufgrund der steigenden Hochwasserintensität zugenommen. Obwohl diese Überflutungen immense Infrastrukturschäden und finanzielle Konsequenzen zur Folge haben, ist die Hydraulik von Deichbrüchen nur wenig erforscht. Um Gefahrenkarten und Überflutungsszenarien zu definieren und entsprechende Evakuierungsszenarien zu planen, müssen hydraulische Angaben über den zeitlichen und räumlichen Ablauf eines Deichbruchs bekannt sein. Dieses Forschungsprojekt soll mittels hydraulischen Modellversuchen zum Verständnis des ebenen sowie des räumlichen Deichbruchs beitragen und Ansätze zur zeitlichen und örtlichen Entwicklung eines Deichbruchs liefern.

In einem ersten Schritt wurden ebene Deichbruchversuche infolge Überströmen durchgeführt, um die Reproduzierbarkeit der Versuche, Wandeffekte sowie Massstabeffekte zu untersuchen. Bei allen Versuchen wurde der Deichbruch mittels Kamera seitlich durch die Kanalscheibe aufgezeichnet, um die Entwicklung der Wasser- und der Sedimentoberfläche zu analysieren. Mit der Einhaltung minimaler Deichdimensionen, Korndurchmesser sowie Breschen-Durchflüsse können Massstabeffekte im hydraulischen Modell weitgehend ausgeschlossen werden.

Weiterhin resultierten systematische, ebene Deichbruchversuche und deren Auswertung in Ergebnissen hinsichtlich: (1) Bruchprozess; (2) Einfluss der Durchsickerung; (3) Breschen-Durchfluss; sowie (4) Schubspannungen und Sedimenttransport. Die wichtigsten Parameter, die den Deichbruch im vorliegenden Fall beeinflussen, sind dabei die Deichhöhe, der Korndurchmesser sowie die kritische Abflusstiefe.

Schliesslich wurden Prinzipversuche zum räumlichen Deichbruch infolge Überströmen durchgeführt. Dabei wurde ein neues videometrisches Messsystem der Firma AICON 3D Systems GmbH verwendet. Das System erlaubt die berührungslose Aufnahme von Sohlenstrukturen durch die Wasseroberfläche mittels einer Gitterprojektion und vier Kameras. Die kontinuierliche Aufnahme dreidimensionaler Bruchprofile während des Deichbruchs wurde in ersten Testversuchen erfolgreich durchgeführt.