



Doctoral Thesis

Die Aufhebung von Stosswellen in Schussrinnenverengungen

Author(s):

Anastasi, Giuliano

Publication Date:

1982

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000263791> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 7066

DIE AUFHEBUNG VON STOSSWELLEN
IN SCHUSSRINNENVERENGUNGEN

Abhandlung
zur Erlangung des Titels eines
Doktors der technischen Wissenschaften

der
Eidgenössischen Technischen Hochschule
Zürich

vorgelegt von

Giuliano Anastasi

dipl. Bauingenieur ETH
geboren am 5. Februar 1951
von Lugano TI

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. D. Vischer, Referent
Prof. Dr. T. Dracos, Korreferent

1982

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Bemessung von Hochwasserentlastungen mit Schussrinnenverengung gestaltet sich meistens schwierig, weil das Stosswellenphänomen berücksichtigt werden muss. Die zu diesem Zweck notwendige rechnerische Erfassung des Abflussbildes in solchen Gerinnen ist aber so aufwendig, dass die Dimensionierungsaufgabe praktisch immer durch die physikalische Modellierung gelöst wird. Andererseits würde die Aufhebung der Stosswellen zu einer wesentlichen Vereinfachung der Erfassung des Abflussbildes führen. Die vorliegende Arbeit soll nun darlegen, wie durch die Aufhebung der Stosswellen das Dimensionierungsproblem bei Schussrinnenverengungen mit unreguliertem Einlauf vereinfacht werden kann. Dieses Ziel wird durch die Anwendung einer gewölbten Gerinnesohle erreicht. Offensichtlich schliesst aber die Aufhebung der Stosswellen einen weiteren Vorteil in sich, nämlich eine Verbesserung der hydraulischen Funktionstüchtigkeit der Anlage.

In einem ersten Teil der Arbeit wird die klassische Methode zur Erfassung des Abflussbildes dazu verwendet, um wichtige Schlüsse über das Verhalten des gestörten schiessenden Abflusses abzuleiten. Dabei werden neue Ansätze entwickelt, die manche Nachteile der Methode beseitigen. Ein Vergleich zwischen Rechnung und Messung zeigt vor allem, dass die Längsneigung und die Auslösung von horizontalen Fliehkräften im Abfluss von grösster Bedeutung sind, während die Reibung eine untergeordnete Rolle spielt. Ausgehend von dieser Erkenntnis, wird eine andere Methode - gestützt auf die numerische Integration der Bewegungsgleichungen einer zweidimensionalen stationären Strömung - weiterentwickelt, um sowohl eine unebene Sohle als auch die horizontalen Fliehkräfte berücksichtigen zu können. Diese Methode würde gestatten, Schussrinnenverengungen so zu dimensionieren, dass die Stosswellen minimalisiert werden. Die mathematische Lösung gestaltet sich aber schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Der praktische Nutzen einer solchen

Methode bleibt also dahingestellt.

Die praktische Anwendbarkeit eines Dimensionierungsverfahrens für Schussrinnenverengungen kann nur durch weitgehende Vereinfachungen erlangt werden. Im zweiten Teil der Arbeit werden darum alle in Frage kommenden Möglichkeiten zur Aufhebung der Stosswellen unter diesem Gesichtspunkt untersucht. Neben dem Erzwingen eines Fliesswechsels erweist sich das Prinzip der Sohlenquerneigung als die zweckmässigste. Dadurch können die Wasserteilchen entlang ideeller Stromlinien gelenkt werden, was die eindimensionale Betrachtung des Abflusses gestattet. Dementsprechend wird ein analytisches Bemessungsverfahren entwickelt, das sich bei einem besonderen Verengungstyp eignet, nämlich dem fächerförmigen Typ. Das Verfahren besteht darin, aufgrund einer gegebenen Verengungsgeometrie - mit klothoidalen Wänden - eine gewöhnliche Spiegellinienberechnung durchzuführen, um daraus diejenige Sohlenkonfiguration zu bestimmen, welche die Aufhebung der Stosswellen bewirkt. Es wird auf alle einflussreichen Parameter Rücksicht genommen, vor allem aber auch auf das Längsgefälle, welchem schon bei niedrigen Werten eine grosse Bedeutung zukommt. Versuche haben die Anwendbarkeit des Verfahrens belegt, auch wenn die zugrundeliegenden, stark vereinfachenden Annahmen und die Einflüsse zweiter Ordnung das Erreichen von optimalen Resultaten verhindern.

Das Verfahren führt schliesslich zum äusserst interessanten Resultat, dass zur Aufhebung der Stosswellen, oder wenigstens zu deren Milderung, auch eine flache Sohle genügt, wenn ein passendes Längsgefälle gewählt wird. Dies ist aus der Sicht der Bauausführung von grosser Bedeutung. Das Vorgehen bei der Gestaltung von Verengungen in diesem Sinne sowie Berechnungsbeispiele sind angegeben.

S U M M A R Y

The design of spillway contractions for high velocity flow is often difficult because of the shock wave phenomena which must be considered. The computation of two dimensional high velocity flow in such structures is so complicated that the final design of spillways is normally achieved by means of hydraulic model tests. Shock wave elimination would simplify computations for the flow surface and thus facilitate the design of the contractions. The present report deals with shaping of the channel bottom to achieve this simplification and applies to spillway contractions without regulating outlet works. Shock wave elimination also has another advantage, namely an improvement of the hydraulic behaviour of the structure.

In the first part of this report the classic method of computation of the two dimensional high velocity flow is used in order to clarify important characteristics of this kind of flow. Some new computational facilities are developed for improving the above-mentioned method. The comparison of computed results with model test results shows that the channel slope and the presence of centrifugal forces are very important, however, the influence of channel roughness is not significant. Based on these observations, a more sophisticated method of computation is proposed taking into account not only the longitudinal channel slope, but also the bottom cross slope and the centrifugal force. With this numerical method for two dimensional flow computation, spillway contractions could be designed in such a way that shock waves disappear. However, the mathematical solution (if there are solutions) is difficult, so that such methods are not expected to be helpful in practical cases.

The practical applicability of a method for contraction design depends on far-reaching simplifications. Therefore, in the

second part of the report, all possibilities of controlling the disturbed high velocity flow are studied from this point of view. For elimination of shock waves the most suitable methods are forcing a hydraulic jump or shaping the channel bottom. The latter allows the flow to follow along ideal streamlines, that is the flow can be considered one dimensional. Based on this simplification, an analytical design method for single curved-wall contractions is developed. The method consists of computing an ordinary flow profile for a given contraction - with clothoidal walls - and working out as a second step the appropriate bottom configuration for shock wave elimination. All influential parameters are taken into account, in particular the longitudinal slope which is very important even at low slopes. Model tests have confirmed the applicability of the method although the basic simplifying assumptions and second order effects prevent perfect results.

Finally, this method leads to the very interesting outcome that even a flat bottom can eliminate shock waves if the longitudinal slope is correctly chosen. This is obviously important for construction. The procedure for designing contractions in this way as well as examples are given.