



Doctoral Thesis

## Zuflussbedingte Dichteströmungen in Seen

**Author(s):**

Hauenstein, Walter

**Publication Date:**

1982

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000272203> →

**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](#).

ZUFLUSSBEDINGTE DICHTESTROMUNGEN IN SEEN

Abhandlung  
zur Erlangung  
des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften  
der  
Eidgenössischen Technischen Hochschule  
Zürich

vorgelegt von

Walter Hauenstein  
dipl. Bauingenieur ETH  
geboren am 11. April 1948  
von Unterendingen AG

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. Th. Dracos, Referent  
Prof. Dr. D. Vischer, Korreferent

## ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit zuflussbedingten Dichteströmungen in Seen. Solche Strömungen treten überall dort auf, wo Flüsse oder Kanäle in Seen münden und eine Dichtedifferenz zwischen dem zufließenden Wasser und dem Wasser im See vorhanden ist.

In einer Einführung werden generelle Aspekte im Zusammenhang mit solchen Strömungen diskutiert. Dann folgt eine Diskussion bereits vorhandener Arbeiten über Strömungen in der Art der hier untersuchten Strömungen. In Kapitel 4 wird ein einfaches integrales Modell entwickelt. Das Kernstück der Arbeit bilden drei Serien von Experimenten, welche in den anschliessenden Kapiteln beschrieben werden.

Das Modell wurde für grundberührende durch einen plötzlich einsetzenden und dann konstant anhaltenden Zufluss erzeugte Strömungen entwickelt und betrachtet diese Strömung bestehend aus zwei Teilen, einem instationären "Kopf" an der Front der Strömung und einem als stationär betrachteten nachfolgenden Teil, in homogenem, ruhendem Umgebungswasser. Der stationäre Teil wird in einen impulsdominierten- und einen auftriebsdominierten Bereich unterteilt. Die Grenze zwischen den beiden Bereichen bildet der Abtauchpunkt.

Das Modell beruht ferner auf dem Prinzip der Aehnlichkeit und macht vom Konzept der Einmischgeschwindigkeit Gebrauch. Es definiert charakteristische Grössen für die Breite, Höhe, Geschwindigkeit und Verdünnung der Strömung. Dieses Modell bestätigt die aus dimensionsanalytischen Ueberlegungen zu erwartenden Abhängigkeiten dieser Grössen von den Strömungsparametern. Zur Bestimmung der Lage des Abtauchpunktes wurde das Resultat aus Beobachtungen und Theorien an zweidimensionalen Strömungen, wonach die densimetrische Froudezahl am Abtauchpunkt konstant ist, übernommen.

Zur Bestimmung wichtiger Eigenschaften der Strömung und zur Verifikation des Modells wurden Experimente durchgeführt. Aus einer rechteckförmigen Oeffnung wurde eine Strömung in ein Becken mit einem geneigten, ebenen Boden eingeleitet. Das Becken war in der Regel mit Wasser von konstanter Dichte gefüllt. Eine kleine Anzahl von Versuchen betraf Strömungen in stratifizierter Umgebung. Eine Vorserie von 6 Versuchen wurde mit auftriebsfreien Strömungen durchgeführt.

Die Umrisse der Strömungen wurden photographisch festgehalten. Dazu wurden Temperaturen in der Symmetrieebene der Strömungen und in drei Querprofilen gemessen.

Die Auswertung der Photographien ergab, dass sich der sichtbare Scheitelpunkt und die sichtbare maximale Breite gemäss den durch das Gesetz beschriebenen Abhängigkeiten mit der Zeit veränderten. Die Zunahme der Breite konnte mit der Zunahme des Radius einer radialen Dichteströmung, wie sie von andern Autoren gemessen wurde, verglichen werden.

Die Bestimmung der gleichen Abhängigkeiten aus den Temperaturmessungen ergab eine gute Uebereinstimmung zwischen den beiden Messmethoden.

Die Lage des Abtauchpunktes wurde experimentell ermittelt. Sie konnte mit Messungen anderer Autoren verglichen werden, und es zeigte sich eine gute Uebereinstimmung sowohl mit diesen Messungen, als auch mit der Modellrechnung.

Die gemessenen Temperaturprofile bestätigten, dass sich nach dem Durchgang der Front ein stationärer Zustand einstellte. Die Temperaturverteilung entlang dem Boden im stationären Zustand wurde bestimmt und konnte ebenfalls mit den berechneten Temperaturen verglichen werden. Die seitliche Ausbreitung als Funktion der Zeit war bei allen Versuchen etwa gleich, während die Dicke der Strömungen sehr stark variierte. Strömungen mit kleinen densimetrischen Froudezahlen wurden im auftriebsdominierten Bereich sehr dünn.

## ABSTRACT

The present study analyses properties of density currents in lakes, generated by inflows. These density currents can be observed, where rivers or channels enter lakes and where a density difference between the inflow and the water in the lake exists.

The introduction to this study describes the general aspects of these currents. Previous studies concerning the described or related flows are discussed. A simple integral model is described in chapter 4. The central part of the work is a series of experiments which are discussed in the following chapters.

The model considers the current consisting of two parts, an unsteady area near the front and a steady area behind the front. The steady part is divided in a momentum dominated region and a buoyancy dominated region. These regions are separated by the plunge point. Furthermore the model implies similarity within the various regions and makes use of the entrainment assumption. Characteristic widths, depths, velocities and densities of the currents are defined. The model results coincide with results derived from dimensional arguments. The determination of the location of the plunge point is based on the results of similar studies concerning two-dimensional flows.

In order to determine the most important flow properties and to verify the quality of the model, a series of experiments has been carried out. Out of a rectangular opening, a flow into a basin with a plane, sloping bottom was produced. Normally the basin was filled with water of homogeneous density. A small number of experiments was carried out with stratified ambient water, another small number of experiments considered flows without density differences to the homogeneous ambient.

The contours of the currents were determined from photographs. In addition, temperatures were measured, using a set of 128 thermistor probes arranged in the plane of symmetry and in three cross sections.

The evaluation of the photographs consisted of an analysis of the variation of the length and the maximum width of the flow with respect to time. The growth of the maximum width was compared with the growth of the width of an axisymmetric density current, as analysed by other investigations.

The measurement of the same width based on temperature measurements showed good agreement between the two types of measurement.

The location of the plunge point was determined experimentally. The comparison with experimental observations of previous studies as well as the comparison between experiment and theory showed good agreement.

The observed temperature profiles confirmed that the flow is steady after the front of the current has passed a given point. The change of centerline temperatures showed also good agreement with the results expected based on the model calculations, at least in the momentum dominated region. The results of temperature measurements showed, that the currents with small densimetric Froude numbers become very thin in the buoyancy dominated region.