



Doctoral Thesis

## Deckschichtverhalten bei der Filtration mit Deanströmung

**Author(s):**

Blöchliger, Heinz

**Publication Date:**

1999

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-003831037> →

**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](#).

Dissertation ETH Nr. 13'034

# **Deckschichtverhalten bei der Filtration mit Deanströmung**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

HEINZ BLÖCHLIGER

Dipl. Masch.-Ing. ETH

Bürger von Embrach und Ernetswil

Angenommen auf Antrag von  
Prof. Dr. F. Widmer, Referent  
Prof. Dr. S. Ripperger, Korreferent  
Prof. Dr. H. B. Winzeler, Korreferent

Zürich 1999

## Zusammenfassung

Die Filtration stellt ein weit verbreitetes wirtschaftliches Trennverfahren dar. Mit der Querstromfiltration gelingt es, die unerwünschte Deckschichtbildung weitgehend zu unterdrücken. Dann wird die Leistung druckgetriebener Filtrationen praktisch durch die Qualität des Filtermaterials bestimmt. Die Schiebewirkung der Strömung im Modulkanal kontrolliert das Ablagerungsverhalten suspendierter Teilchen. Damit entscheidet die Grösse der Schubspannung an der Filteroberfläche über die Bildung einer Deckschicht. Bei Verringerung der Geschwindigkeit kommt es auch bei Querstromfiltration zu Ablagerungen.

In gekrümmten Kanälen bilden sich unter Einfluss der Zentrifugalkraft sogenannte Deanwirbel aus. Mittels numerischer Methoden gelingt es, die Bildung und Stabilisierung dieser Sekundärströmungen zu untersuchen. Bei den gegebenen geometrischen Bedingungen bildet sich die Deanströmung vollständig innerhalb des ersten Kreisumfanges im Modulkanal aus. Sie zeigt mit veränderlicher Geschwindigkeit und Krümmung verschiedene Erscheinungsformen; die Deanwirbel als Ganzes bleiben aber erhalten. Die Strömungsuntersuchungen erfolgen für zwei Modulkanäle mit unterschiedlichem Querschnitt, einem flachen rechteckigen und einem beinahe halbrunden: Mit den Dean-Wirbeln gelingt es, bei laminarer Strömung die Wandschubspannung zu verdreifachen. Eine Abnahme der Krümmung des Modulkanals im untersuchten Bereich hat nur eine geringe Abschwächung zur Folge. Mit einer Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit steigt die Wandschubspannung kontinuierlich an. Bei turbulenter Deanströmung steigt sie bis zum doppelten Wert der reinen Axialströmung an. Der Kanal mit halbrundem Querschnitt zeigt bei laminarer Deanströmung rund fünfzig Prozent höhere Wandschubspannung als der Rechteckkanal. Im turbulenten Fall steigt die Wandschubspannung vom halbrunden zum rechteckigen Kanal mit zunehmender Krümmung sogar von fünfzig auf hundert Prozent an. Etwa ein Drittel der eingetragenen Energie wird in den gekrümmten Modulkanälen als Scherkraft an der Filterwand wirksam. Im Modul mit Rechteckkanal verdoppelt sich die Effizienz, weil zwei Seiten für die Filtration nutzbar sind.

Die numerischen Strömungs-Simulationen zeigen, dass Deanströmungen zu einer deutlichen Erhöhung der Wandschubspannung führen. Dadurch wird bei druckgetriebenen Filtrationen die Deckschichtbildung stark vermindert. Bau und Betrieb einer speziellen Testanlage ermöglichen die Untersuchung des Ablagerungsverhaltens bei der Filtration. Die Messungen mit einem Lasersensor zeigen eine deutliche Verringerung der Deckschicht durch Deanwirbel. Die berechnete (mittlere) Wandschubspannung und die gemessene (mittlere) Deckschichthöhe verhalten sich umgekehrt proportional zueinander. Dies belegt die erwartete Wirkung der Deanströmung auf das Ablagerungsverhalten bei druckgetriebenen Filtrationen. Darüber hinaus zeigt sich, dass numerische Simulationen ein geeignetes Mittel sind, komplexe Strömungen und deren Wirkungen zu untersuchen.

## Summary

Filtration is a widely used economical separation process. With dynamic filtration the undesired formation of a cake can be prevented. In this case the performance of filtration is controlled by the quality of the filter material. The pushing force of the flow in module channels is responsible for the deposition of suspended particles. This means that the shear stress on the surface of the filter controls the building of a layer. With decreasing velocity even modules for dynamic filtration start to cover.

Under the influence of centrifugal force in curved channels Dean vortices are generated. With numerical methods it is possible to study the generation and stabilization of these secondary flows. Under the given geometrical conditions Dean flow develops completely within the first circle of the curved channel. It shows different patterns with changing speed and curvature but it stays stable. The flow is investigated for two kinds of modul channels, one with rectangular and another with a semi circle cross section: With Dean vortices the lateral tension rises three times already under laminar conditions. A reduction of the curvature in the examined sector leads only to little reduction. With increasing velocity the tension grows proportionally. Under turbulent Dean flow the lateral force doubles compared to axial flow. In a curved channel about a third of the inserted energy affects the deposition on the filter wall by the lateral tension. In a module with rectangular cross section the effect doubles because there are two faces that can be used for filtration.

The numerical simulation of flows show clearly an enhancement of the wall shear stress in curved module channels. With the construction and the operation of a special test facility the formation of covering under Dean flow is experimentally confirmed too: Measurements with a laser sensor show evident reduction of layer formation with Dean flow. The reverse correlation of calculated shear stress and measured height of deposition proves the effectiveness of Dean flow. Furthermore numerical simulation prove to be an excellent tool for the examination of flows and their effects.