

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Felkel, Karl

Ein einfaches Rundbecken zum Mischen von Wasser und Koagulieren von Schmutzstoffen

Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/103123>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Felkel, Karl (1962): Ein einfaches Rundbecken zum Mischen von Wasser und Koagulieren von Schmutzstoffen. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 18. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 43-50.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Ein einfaches Rundbecken zum Mischen von Wasser und Koagulieren von
Schmutzstoffen

Von Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Karl Felkel

Im Rahmen eines von der Bundesanstalt für Wasserbau für einen chemischen Großbetrieb ausgearbeiteten Vorschlages über die Gestaltung einer Versuchskläranlage wurde das nachfolgend beschriebene Flockungsbecken entwickelt. Hierbei war auch die Zugabe von chemischen Fällungsmitteln zu berücksichtigen.

Die im Abwasser vorhandenen Schmutzstoffe haben nur zum Teil eine so große Sinkgeschwindigkeit, daß sie sich in verhältnismäßig kurzer Zeit absetzen. Entscheidend für die Klärwirkung ist daneben das Ausfällen der feinen Trübstoffe, die im Abwasser verteilt schweben. Diese sind im allgemeinen derart klein, daß sie sich zunächst zu größeren Haufwerken zusammenschließen müssen, bevor die Klärung in einer praktisch verfügbaren Zeit eintritt. Dieser als Flockung oder Koagulation bezeichnete Vorgang ist selbst bei mineralischen Substanzen wie Kohle, Quarz, Ton und Metallen festzustellen, sofern diese zu Beginn in hinreichend fein verteilter Form auftreten.

Die Theorie der Flockung wird u.a. (z.B. [2]) von Müller-Neuhaus in der Arbeit "Über Klärung und Flockung von Abwasser" [3] behandelt, aus deren Schlußfolgerungen hier zum besseren Verständnis das Folgende zitiert wird:

"Molekular-(perikinetische) Koagulation kommt nur bei hinreichend großer Anfangskonzentration und nur auf kurze Zeit zur Wirkung. Für die Klärung von Abwasser ist die Strömungs-(orthokinetische) Koagulation von wesentlicher Bedeutung. Bei orthokinetischer Koagulation erfolgt die Bindung nur durch das Ausfallen der großen Teilchen; nicht gebundene Teilchen in oberen Schichten, aus denen die größeren Teilchen bereits ausgefallen sind, können im allgemeinen nicht mehr koagulieren, da die verbleibende Restkonzentration nicht ausreichend ist. Eine vollständige Ausnutzung der Wirkung der Strömungskogulation hinsichtlich der Ausfällung kleiner Teilchen auch in den oberen Schichten ist nur möglich, wenn in einem besonderen Flockungsbecken das Abwasser in langsamer vertikaler Bewegung gehalten wird, damit die nach unten absinkenden größeren Teilchen wieder in den oberen Bereich zurückkommen und bis zur kritischen Flockungsgröße mit den kleineren Teilchen koagulieren können.

Da der Effekt der Strömungskogulation vom Verhältnis der Teilchengrößen untereinander abhängig ist, kleinste Teilchen nur von kleinen, größere von größeren gebunden werden können, sollte es durch geeignete Wahl der Umwälzgeschwindigkeit in Flockungsbecken möglich sein, die kritische Flockungsgröße zu erhöhen, um damit ein besseres und schnelleres Abscheiden im Klärbecken zu erreichen".

Auf Grund dieser Zusammenhänge ist es u.U. zweckmäßig, dem Absetzbecken ein Flockungsbecken vorzuschalten. In ihm soll das Abwasser zunächst eine Zeit lang langsam bewegt und vermischt werden, damit sich große Flocken bilden können. Auf dem Weg vom Flockungsbecken zum Absetzbecken dürfen die Flocken nicht zerschlagen werden. Die Wassergeschwindigkeit soll hier daher nicht größer sein als etwa 0,3 bis 0,4 m/s.

Da das im vorliegenden Falle zu klärende Abwasser sehr sauer (pH-Wert von etwa 1,7 bis 2,0) und damit stark aggressiv ist, war seitens des Bauherrn zunächst die Errichtung von Erdbecken vorgesehen. Dies bedingte eine verhältnismäßig flache Böschungsneigung von 1:2. Bei der Ausführung sollen die Böschungen jedoch mit einer dünnen Betonschicht befestigt werden, auf die aggressionsbeständige Schutzschichten aufgebracht werden, wobei in der Versuchsanlage zugleich Erfahrungen über deren Beständigkeit im zu behandelnden Abwasser gewonnen werden. Diese Erfahrungen sind wichtig im Hinblick auf die später zu errichtende Großkläranlage. Neben ihrem ursprünglichen Zweck, spezielle Unterlagen auf klärtechnischem Gebiet zu erbringen, dient somit die Versuchsanlage auch der Materialprüfung.

In ausgeführten Anlagen wird die Umwälzung des Wassers meist durch Rührwerke oder durch das Einblasen von Luft bewirkt (vgl. z.B. [4]). Beim vorgeschlagenen Versuchsflockungsbecken wird hingegen versucht, die angestrebte Umwälzung des Wassers ohne zusätzliche maschinelle Einrichtungen allein durch hydraulische Bewegungsvorgänge zu erreichen, indem eine stationär drehende Wasserwalze mit senkrechter Achse erzeugt wird.

Bei ihr wird durch das tangential einströmende Wasser in das kreisrunde Becken ein dauernder Wasserumlauf längs des Beckenumfanges erreicht. Bei dieser Art von Drehströmung besteht bei den in einem größeren Abstand von der Sohle umlaufenden Wasserteilchen Gleichgewicht zwischen der Zentrifugalkraft und dem radialen Druckgradienten. Die in Bodennähe infolge der Reibung abgebremste Umfangsgeschwindigkeit ergibt hier für die Teilchen eine abgeminderte Zentrifugalkraft bei gleichbleibendem, nach innen gerichteten Druckgradienten. Die Folge ist eine nach innen gerichtete Sekundärströmung in Bodennähe sowie aus Gründen der Kontinuität eine aufsteigende Strömung in axialer Richtung (vgl. [5]).

Durch diese aufsteigende Strömung wird ein Teil der Flocken immer wieder mit dem Wasser umgewälzt. Nach längerer Aufenthaltszeit im Flockungsbecken fließt ein dem Zufluß entsprechender Teil des mit Flocken beladenen Wassers über eine Überlaufschwelle in das Absetzbecken.

Da für die hier auf Grund der besonderen Gegebenheiten gewählte Gestalt des Flockungsbeckens keine Erfahrungen im Hinblick auf den genaueren Verlauf der Drehbewegung vorliegen oder der Literatur entnommen werden können, wurden in einem verkleinerten Modell entsprechende Untersuchungen vorgenommen.

Dieses Modell besitzt die Gestalt eines Kreiskegels mit unten liegender Spitze. Es hat 1:2 geneigte Kegelerzeugende und in Höhe

des Wasserspiegels einen Durchmesser von 2,0 m. Der Modellzufluß kann nach dem Froude'schen Gesetz auf die Großausführung übertragen werden. Es ist also $Q = k^{2,5} \cdot q$, wobei k das Verhältnis der Längen der Großausführung zu denen des Modells bedeutet.

Bei der ersten Modellvariante wurde der Einlauf tangential am Beckenumfang in Höhe des Wasserspiegels als offenes Gerinne angeordnet. Die Bilder 1 bis 4 lassen die ungünstige Wirkung einer solchen Anordnung erkennen. Im Bild 1 wurden die Bahnen schwimmender Kerzen festgehalten, wobei das Objekt der Kamera laufend je 1 Sekunde lang geöffnet und geschlossen wurde. Hinter dem Einlauf (im Bilde unten) längs der linken Hälfte des Kreisumfanges verläuft die Strömung relativ rasch (lange, mattgraue Striche). Ein Teil des Zuflusses verläßt das Becken bereits wieder, nachdem er es nur halb durchwandert hat. Die gleiche Erscheinung zeigt Bild 2, in dem die Strömungen durch Papierschnitzel (auf der Oberfläche) und eine im Einlauf zugegebene weiße Farbwolke sichtbar gemacht wurden. Der Auslauf weist bei diesen beiden Bildern noch keine radialen Leitwände auf und man erkennt (am oberen Bildrand), daß die Strömung das Becken tangential verläßt, so daß das benachbarte Absetzbecken unsymmetrisch angeströmt wird.

In den Bildern 3 und 4, sowie in allen folgenden, bewirken 5 radial in den Auslauf gestellte Leitwände ein gleichmäßig verteiltes Abströmen. Im übrigen verläßt jedoch auch hierbei ein großer Teil des Zuflusses bereits nach dem Durcheilen einer halbkreisförmigen Bahn das Becken. Ein tangentialer Einlauf in Höhe des Wasserspiegels ist somit unbrauchbar. Im Bild 4 sind die Reste einer bereits früher eingeleiteten Farbwolke in der Mitte des Beckens erkennbar. Die Durchmischung ist mangelhaft.

Um für den gesamten Zufluß eine annähernd gleich lange Aufenthaltswegdauer zu erreichen, wurden als nächstes andere konzentrierte Einläufe untersucht, wobei das Wasser in einem Rohr zu verschiedenen an der Sohle gelegenen Stellen geleitet wurde. Hierüber sind keine Bilder beigelegt, denn die Strömungsverhältnisse waren auch hierbei unbefriedigend.

Als beste Lösung erwies sich ein gerades Einlaufrohr, das, radial verlaufend, auf der Beckensohle aufliegt und auf der vom Auslauf wegzeigenden Seite in halber Rohrhöhe Auslaßöffnungen aufweist. Die Lichtweite des Einlaßrohres beträgt 6 cm im Modell. Auslaßöffnungen in Abständen von 10 cm mit einem Lochdurchmesser von 1 cm waren im Modell beim Maximalzufluß von 0,625 l/s sowie bei kleineren Zuflüssen gut wirksam. Die Bilder 5 (Kerzen) und 6 (Papierschnitzel) lassen die Oberflächenströmung und -geschwindigkeit beim Maximaldurchfluß erkennen.

Aus einem Film sind im Bild 7 einzelne Zustände für eine Bildfolge von ca. 4 Sekunden (Modellwert) entnommen. Sie geben für einen Durchfluß von 0,41 l/s ($\frac{2}{3}$ von q_{max}) das Fortschreiten einer in das Einlaufrohr mit eingeführten weißen Farbwolke wieder. Dabei ist hervorzuheben, daß sich die Wolke bereits nach einer einzigen Kreisbewegung nahezu über das gesamte Becken annähernd gleichmäßig



Bild 1

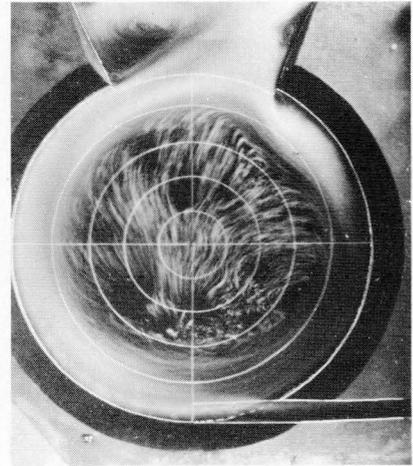


Bild 2

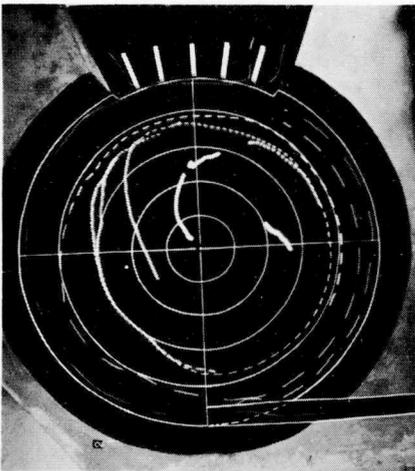


Bild 3

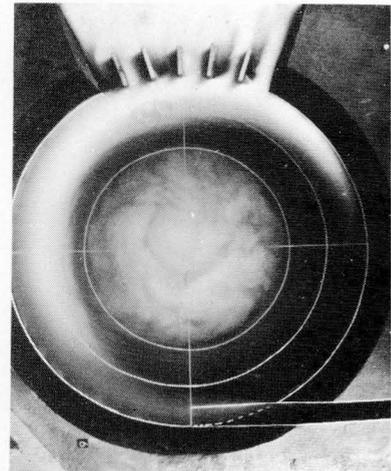


Bild 4

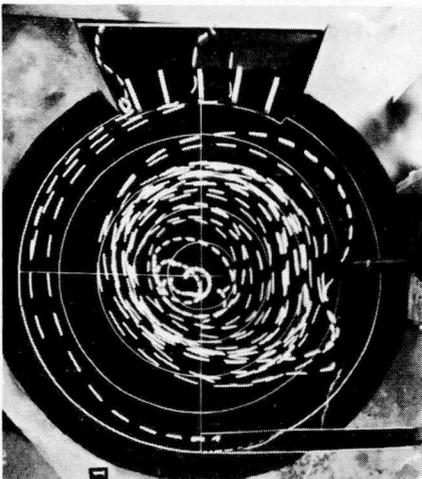


Bild 5

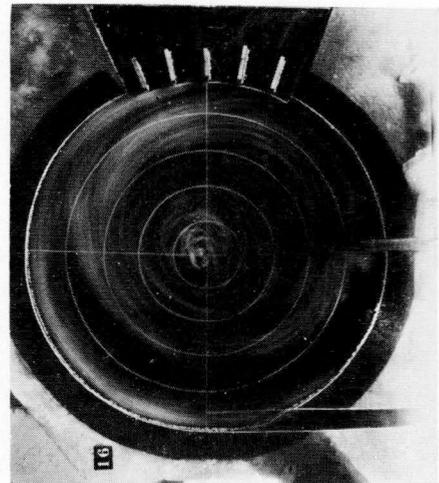


Bild 6

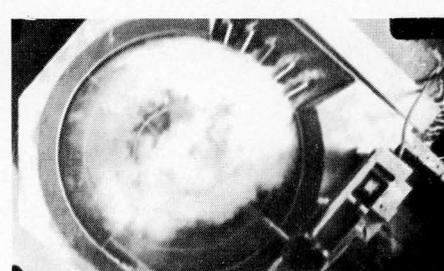
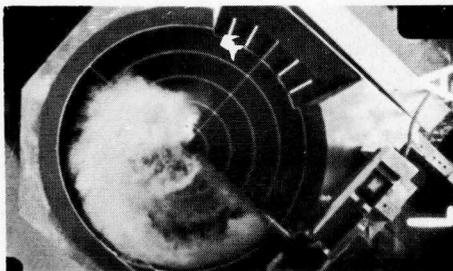
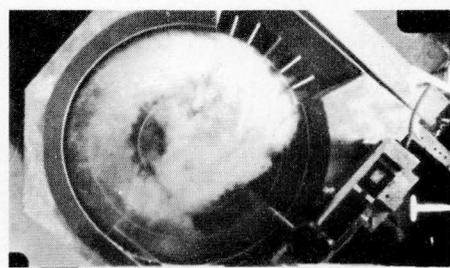
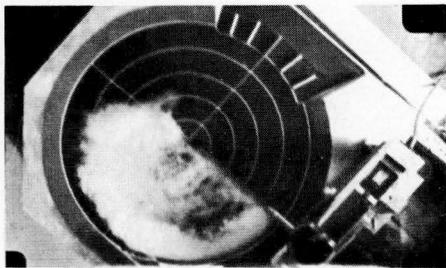
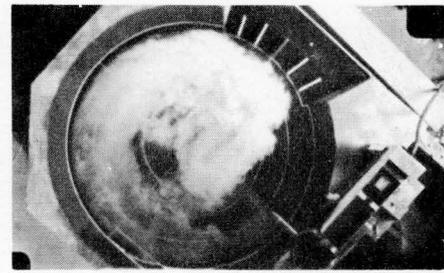
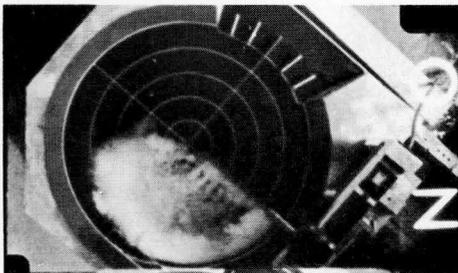
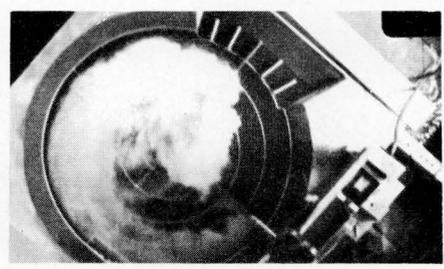
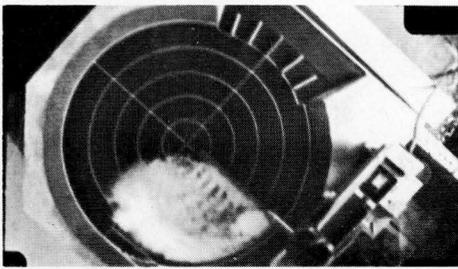
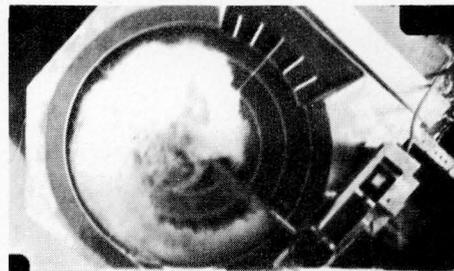
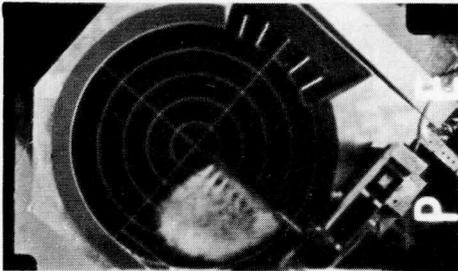
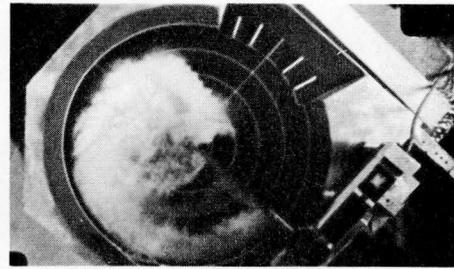
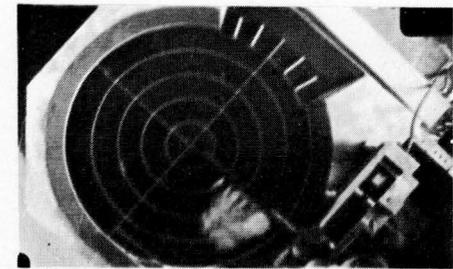


Bild 7

verteilt, ohne daß sich dabei ein erheblicher Anteil über den Auslauf entfernt hat. Es findet eine gute Durchmischung statt.

Bei einem anderen Versuch wurde gewässerter Zellstoff beigegeben. Er eignet sich wegen der geringen Farbkontraste nicht für Photoaufnahmen, ließ jedoch gut den andauernden und sich auf den gesamten Wasserraum erstreckenden Durchmischungsvorgang im Flockungsbecken erkennen.

Auf Grund dieser Untersuchungsergebnisse wurde das Flockungsbecken wie im Bild 8 angegeben, ausgebildet.

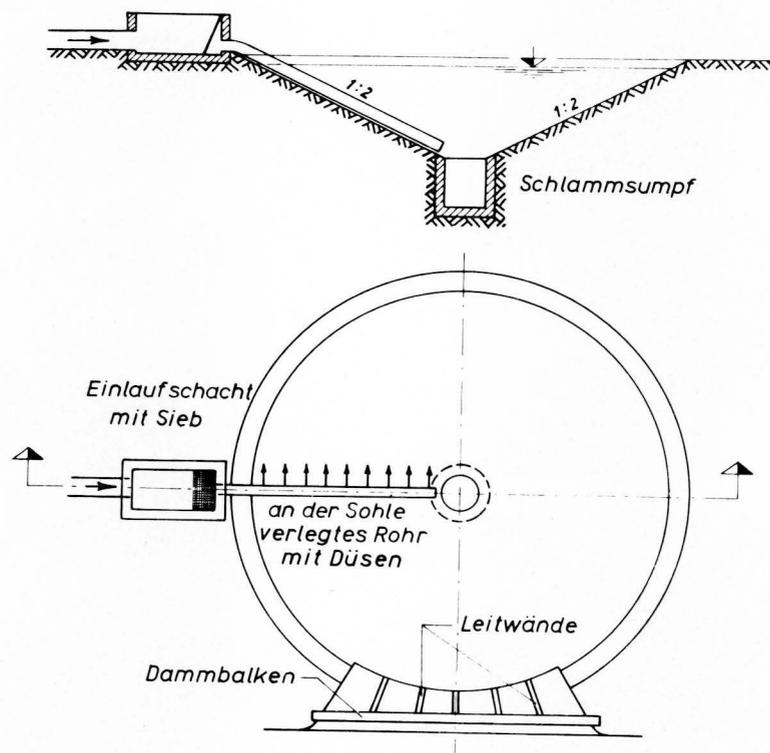


Bild 8

Demnach mündet das zufließende Wasser in einen Einlaufschacht, dessen Oberkante wegen des erforderlichen Druckgefälles genügend hoch über dem Wasserspiegel des Flockungsbeckens liegt. Von hier aus wird das Wasser an der Beckensohle mittels des beschriebenen Einlaufrohres eingeleitet. 9 Einlaßöffnungen liegen in Höhe der Rohrachse auf der von der Auslaufschwelle weggerichteten Rohrseite. Zum Zwecke des Reinigens sollte das Einlaufrohr herausnehmbar sein. Um dem Verstopfen der Düsen vorzubeugen, wird das Vorschalten eines Siebes mit kleinerer Maschenweite vor den Einlauf empfohlen, wie dies ja auch sonst bei Kläranlagen (häufig Rechen anstatt Siebe) zum Fernhalten grober Stoffe üblich ist. Auf der Überfallschwelle sind 5 radial verlaufende Leithölzer in gleichen Abständen angeordnet.

Ein Teil der gröberen Stoffe wird sich bereits im Flockungsbecken absetzen. Durch die darin herrschende Drehbewegung sowie das Sohlgefälle werden die Ablagerungen zur Beckenmitte befördert, von wo aus sie zu entfernen sind. Zu diesem Zwecke ist im Beckentiefpunkt ein Pumpensumpf angeordnet. Für das Fördern des Schlammes kommt z.B. ein Druckluftheber in Verbindung mit einer Ablaufrinne in Frage, wie sie etwa beim Geiger-Sandfang (vgl. [1]) üblich sind.

Literatur:

- 1 Geiger, H.: Sandfänge für Abwasserkläranlagen. Archiv für Wasserwirtschaft, Nr.58, Berlin 1942.
- 2 Knop, E.: Über den Einfluß der Strömung auf Flockung und Absetzvorgänge in Klärbecken. Gesundheits-Ingenieur 73(1952)H.9/10, S. 157 - 163.
- 3 Müller-Neuhaus, G.: Über Klärung und Flockung von Abwasser. Gesundheits-Ingenieur 73 (1952) H. 7/8, S. 132 - 136 und H. 11/12, S. 194 - 198.
- 4 Pöpel, F.: Die mechanische Ausflockung der Schwebstoffe gemeindlicher und industrieller Abwässer. Gesundheits-Ingenieur 66(1943) H.17, S.213-219.
- 5 Schlichting, H.: Grenzschicht-Theorie. 3. Aufl. Karlsruhe: Braun 1958, S. 168.

