

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 81 (1963)  
**Heft:** 34

**Artikel:** Dehnungsmessungen ohne Aufkleben der Messtreifen  
**Autor:** Moser, Alexander  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-66861>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 13.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

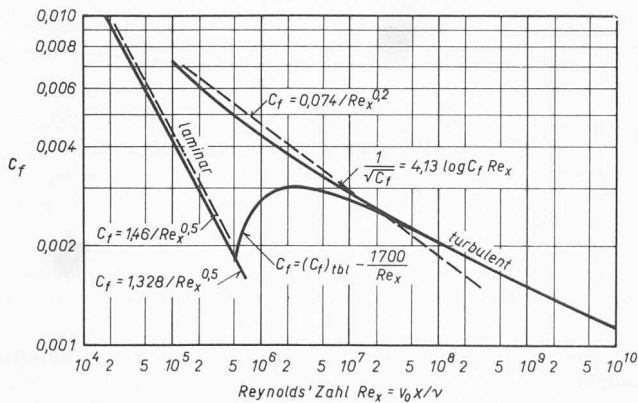


Bild 7. Widerstandskoeffizient  $C_f$  in dimensionsloser Darstellung für die ebene, glatte, in Strömungsrichtung eingetauchte Platte nach Blasius, Prandtl, Schlichting u. a. ( $C_f$  bezieht sich auf beide Plattenseiten)

Auch darf nicht ausser acht gelassen werden, dass die Grenzschicht sich als Folge ausgeprägter Gerinneunebenheiten verformt und eventuell sogar ablöst, wodurch zusätzliche Kräfte auf die Sohle und sohlennahen Teile wirken [5].

Es ist ausserdem zu erwähnen, dass in Bächen und Flüssen die Mächtigkeit  $\delta$  der turbulenten Grenzschicht meist der Wassertiefe gleichgesetzt werden kann. Dies trifft jedoch seltener zu für Kanäle und kaum mehr für Laboratoriumsrinnen. Bei Untersuchungen im Laboratorium ist deshalb den Belangen der Strömungsarten und dem Einfluss der Grenzschicht auf den Sedimenttransport besonders Beachtung zu schenken. Da dort die Gerinnedimensionen meist relativ klein sind und derart das Verhalten der Grenzschicht, besonders in Einlaufnähe, sowie die der Rinne «zugeordnete» Turbulenz die Messungen beeinflussen, können die Versuchsergebnisse grundsätzlich nicht durchwegs als allgemein gültig angesprochen werden.

Sämtliche Darlegungen über die Strömungsvorgänge bedürfen noch einer Korrektur. Bis anhin beruhten unsere Betrachtungen auf reinem Wasser, in dem einzelne Partikel sich bewegen. Leider ist es aber meist so, dass, besonders bei Sedimenten mit einem weiten Bereich der Kornverteilung, die Sedimentkonzentration im Wasser, insbesondere bei sehr grosser Schwebstoffführung derart ist, dass die Flüssigkeitseigenschaften sich ändern und somit die Geschwindigkeitsverteilung, speziell in Sohlennähe, nicht mehr unseren Annahmen entspricht. Verändert sind: «spez. Gewicht, Viskosität und die Turbulenzeigenschaften des Gemisches»<sup>11)</sup>. In Bild 8 ist das Beispiel einer homogenen Feinsand-Suspension dargestellt.

Die Geschwindigkeitsverteilung gehorcht dem Gesetz

$$(15) \quad v = v_0 + \frac{1}{K} \sqrt{g h J} \left( 1 + 2,3 \log \frac{z}{h} \right)$$

<sup>11)</sup> Man hat es mit einer sich mit der Tiefe kontinuierlich ändernden Mehrschichtenströmung zu tun.

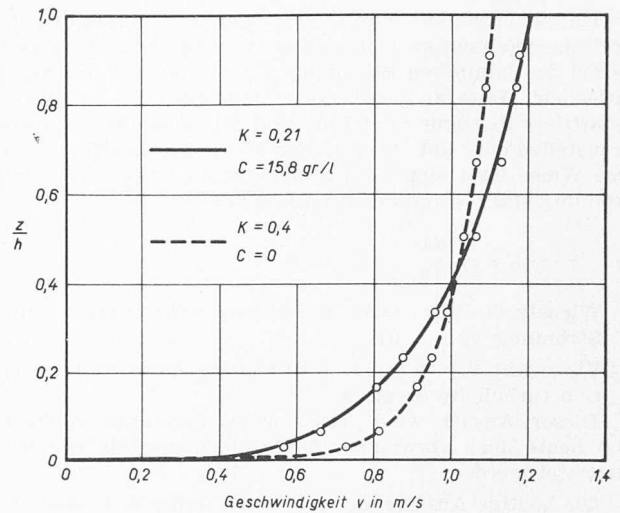


Bild 8. Geschwindigkeitsverteilung in offenem Gerinne von Reinwasser und einer Wasser-Sand-Suspension nach Vanoni-Brooks-Kennedy. (Wassertiefe 8,95 cm, Gerinnebreite 75,5 cm, Gefälle  $J_e = 2,5 \text{ ‰}$ ,  $K =$  Konstante nach v. Kármán,  $c =$  Schwebstoffkonzentration)

mit der Kármán-Konstanten

$K = 0,4$  für Reinwasser (Konzentration  $c = 0$ ) und  $K = 0,21$  für die Suspension ( $c = 15,8 \text{ g/l}$ )

Obwohl schon viele Untersuchungen vorliegen, ist man leider heute noch nicht so weit, irgendwelche ausreichenden Auskünfte über die Veränderung der Strömungsvorgänge durch das transportierte Material geben zu können.

Aus diesen Betrachtungen geht hervor, dass der Sedimenttransport vor allem beeinflusst wird durch

- Primär- und Sekundärströmungen im Gerinne
- Turbulenz- und Diffusionsvorgänge, besonders auch in der Nachbarschaft von Grenzflächen
- Strömungsvorgänge entlang Grenzflächen (Grenzschichten)
- Physikalisch-chemische Eigenschaften des flüssigen Mediums mit den zwei Phasen Wasser und Sediment und eventuell Luft (Zwei- bzw. Dreiphasenströmung) usw.

Leider ist demnach mit der eingangs erwähnten Berechnung der Schubbeanspruchung (Gl. 4), die auf der mittleren Strömungsgeschwindigkeit im betreffenden Gerinnequerschnitt beruht, kaum auszukommen. Die darauf aufgebauten Sedimenttransportformeln benötigen deshalb Korrekturfaktoren, die leider nur in den seltensten Fällen den hydraulischen Aehnlichkeitsgesetzen gehorchen, so dass diese Korrekturfaktoren von Fall zu Fall mehr oder weniger angepasst werden müssen. Diese Gleichungen sind deshalb nur streng gültig, wenn die den Untersuchungen zugrunde gelegten Randbedingungen eingehalten werden.

Fortsetzung folgt

## Dehnungsmessungen ohne Aufkleben der Messtreifen

DK 624.001.57

Von A. Moser, Ing. ETH, Zumikon-Zürich

Wenn ein Modellversuch für neuartige Konstruktionen gemacht wird, ist es oft nicht leicht vorzusehen, wo die grössten Spannungen auftreten werden. Die Kenntnis dieser Stellen und die Uebersicht über den Spannungsverlauf ist meistens wichtiger als die genaue Messung von Dehnungen an willkürlich gewählten Punkten.

Wird ein Dehnungsmesstreifen zwischen die Oberfläche des Modells und ein Stück zäh elastisches Material (z. B. Neopren), gelegt, und wird dieses Stück kräftig auf die Messfläche gepresst, so zeigt der Streifen, verglichen mit einem aufgeklebten Messtreifen, die Dehnungen des Modells mit einem Minderwert von rd. 10 bis 20 Prozent. Bei Verwendung von Neopren wirkt sich die grosse Querdehnung dieses Materials so aus, dass das

Verhältnis zwischen zueinander senkrechten Messungen verzerrt erscheint. Ist es jedoch möglich, durch eine geeignete Vorrichtung das Anpressen immer konstant und gleichmässig vorzunehmen, so kann die Vorrichtung geeicht werden, so dass die umgerechneten Messresultate gut brauchbar werden.

Bekanntlich sind die beiden Dehnungen unter  $45^\circ$  zu den Hauptaxen gleich gross. Werden zwei Messtreifen senkrecht zueinander angebracht und einer davon als Kompensationsstreifen verwendet, so kann sehr genau die Richtung gefunden werden, für welche die Messbrücke keinen Ausschlag zeigt. Die Hauptaxen liegen dann unter  $45^\circ$  zu den Messtreifen. Bei dieser Operation spielen alle Eichkonstanten keine Rolle.

Die Methode kann für Platten und Schalen gut angewendet werden. Auf Bild 1 ist eine Vorrichtung gezeigt, bei der vier Messstreifen (oder zwei Rosetten) verwendet werden. Sie sind mit einer Gummilösung auf die Neoprenstücke leicht geheftet. Ist

$$O_x + U_x - (O_y + U_y) = 0$$

so sind die Haupttrichtungen für die Normalkraft gefunden. Ist aber

$$O_x + U_y - (O_y + U_x) = 0$$

so entspricht die Stellung den Haupttrichtungen für Biegemomente. Anschliessend können durch Drehung der Neopren-Kerne und entsprechende Schaltung mit Berücksichtigung der Eichkonstanten die Dehnungen in den beiden Haupttrichtungen gemessen werden.

Die in Bild 1 dargestellte Gabel darf an keiner Stelle ausserhalb der Einspannungen am Messpunkt aufgelagert werden, damit während der Belastung des Modells keine zusätzlichen Auflagerkräfte entstehen.

Die Wahl eines durchsichtigen Modells (Plexiglas) erleichtert bei dieser Anordnung das parallele Einstellen der oberen und unteren Streifen. Die Methode erlaubt das Abtasten von Hunderten von Stellen, das Auftragen der Trajektorien usw. ohne das zeitraubende und kostspielige Aufkleben der Messstreifen mit der oft lästigen Verdrehung. Natürlich können am Ende der Versuche an den interessanten Stellen noch Messstreifen aufgeklebt werden.

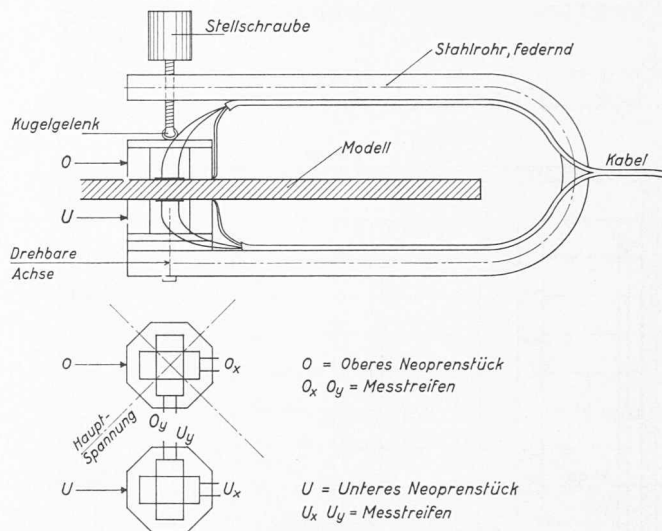


Bild 1. Ermittlung der Haupttrichtungen

Für Mitteilung über weitere Erfahrungen bei Anwendung dieser Messmethode ist der Verfasser sehr dankbar.

Adresse des Verfassers: Alexander Moser, Ing. ETH, Heurüti 12, Zumikon bei Zürich.

## Klimatechnische Gesichtspunkte bei Entwurf und Betrieb von Stallungen

DK 628.841:728.94

Von A. Ostertag, dipl. Ing., Zürich

Schluss von Seite 590

### 6. Schweine-Maststall von 15 x 16 m Grundfläche

Die klimatischen Verhältnisse weichen bei Schweine-Mastställen von denen bei Grossviehställen in wesentlichen Belangen beträchtlich ab, weshalb sie besonders untersucht werden sollen. Die jungen Tiere werden mit einem Gewicht von etwa 25 kg in den Maststall gebracht und erreichen dort in etwa 120 Tagen ein Gewicht von rd. 110 kg, worauf sie den Stall verlassen und neuen Jungtieren Platz machen. Die Belegung erneuert sich somit fortwährend; sie bleibt normalerweise das ganze Jahr hindurch angenähert gleich, ist also unabhängig von den jahreszeitlichen Schwankungen des Ausenklimas. Deshalb soll auch das Stallklima während des ganzen Jahres möglichst unverändert bleiben. Nun können sich allerdings infolge Unregelmässigkeiten in der Aufzucht, Krankheiten, Marktverhältnissen oder aus anderen Gründen beträchtliche Abweichungen von diesem Normalzustand mit mittlerer Belegung ergeben. Dementsprechend sind die Einrichtungen so vorzusehen, dass sie auch bei extremen Belegungen zu befriedigen vermögen.

Ein weiterer Gesichtspunkt ergibt sich aus der Empfindlichkeit der Tiere auf niedrige Temperaturen. Da Schweine keinen Pelz tragen, müssen sie sich durch Ansetzen von Fett gegen Kälte schützen, was aber den Mast-erfolg verringert und wegen dem geringeren Wert von Fett gegenüber Fleisch unerwünscht ist. Ausserdem treten leicht Erkältungskrankheiten auf. Aus diesen Gründen sollte die Stalltemperatur nicht unter etwa +15 °C absinken. Das ist aber bei ausreichender Lüftung ohne künstliche Heizung nicht zu erreichen, ganz besonders bei schwacher Belegung.

Schliesslich ist einer genügend leistungsfähigen und richtig angeordneten Frischluftzuteilung grosse Aufmerksamkeit zu schenken. Schweine bedürfen je GVE mehr Frischluft als Rindvieh und sind auf Zugserscheinungen viel empfindlicher.

Unsere Untersuchungen sei ein freistehender Stall nach Bild 12 von nahezu quadratischer Grundfläche mit zwei Futtergängen und vier Mistgängen zugrunde gelegt, dem auf einer Seite ein schmaler Vorraum angebaut ist. Dieser steht mit dem Dachraum in Verbindung, der als Lager für Futtermittel dient. Wie aus den eingetragenen Wärmedurchgangszahlen ersichtlich ist, soll das ganze Bauwerk gut wärmedicht sein. Es werden gleiche Erdbodenverhältnisse wie beim

Viehstall nach Bild 5 vorausgesetzt, wobei aber nur mit den Zahlen für «Aussenräume» nach Weyh gerechnet wird. Dagegen sei im Fussboden eine 8 cm dicke Isolierschicht (mit  $\lambda = 0,05 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$ ) angenommen; deren Vorteile, auf die bereits oben hingewiesen wurde, fallen bei Schweineställen besonders stark ins Gewicht.

Als Belegung wird zunächst mit 60 Tieren von 67 kg mittlerem Gewicht, also mit 8 GVE gerechnet. Damit ergibt sich ein Wärmeanfall von  $Q_i = 9600 \text{ kcal/h}$  und eine Feuchtigkeitsmenge von 3200 g/h, die sich infolge Wasserverdunstung auf schätzungsweise 4800 g/h erhöht. Die minimale Frischluftzuteilung soll 1200 kg/h (1020 m<sup>3</sup>/h), also 127 m<sup>3</sup>/h · GVE betragen.

Bild 13 zeigt als Ergebnis der Durchrechnung die einander zugeordneten Zustandspunkte der Frischluft (A) und der Raumluft (R) und Bild 14 die Wärmeumsätze, die angenommenen Frischluftzuteilungen sowie Temperatur und relative Feuchtigkeit der Raumluft in Abhängigkeit von der Aussentemperatur. Wie ersichtlich, ergeben sich im Winter bei einer Stalltemperatur von +15 °C und einer Frischluftzuteilung von 1200 kg/h verhältnismässig niedrige relative Feuchtigkeiten. Da sie meist nur kurzzeitig vorkommen, dürften sie zulässig sein. Bei wärmerem Wetter stellen sich ähnliche klimatische Verhältnisse wie beim Rindviehstall ein. Allerdings sind dazu auch hier die Frischluftzuteilungen  $V_1$  beträchtlich zu erhöhen, was unter Vermeidung von Zugserscheinungen im Aufenthaltsbereich der Tiere zu verwirklichen ist.

Die grösste Heizleistung (Tagesmittelwert) bei einer Aussentemperatur von -15 °C liegt mit 13 350 kcal/h wesentlich über dem Wärmeanfall durch die Tiere (9600 kcal/h). Es muss bis zu Aussentemperaturen von +6,5 °C, in Zürich also während rd. 145 Tagen, geheizt werden. Der jährliche Wärmebedarf lässt sich wie der des Rindviehstalles mit Hilfe der Temperaturhäufigkeiten am Aufstellungsort graphisch ermitteln, Bild 16. Er ergab sich bei mittleren Witterungsverhältnissen zu 12 Mio kcal (s. auch Tabelle 2). Ihm entspricht eine Kohlenmenge (Heizwert 7000 kcal/h, Wirkungsgrad 66 %) von 2,6 t oder eine Heizölmenge (10 000 kcal/h, 70 %) von 1,7 t. Die jährlichen Brennstoffkosten im Betrag von rd. 400 Fr. bei Kohlenfeuerung bzw. 350 Fr. bei Oelfeuerung dürften im Verhältnis zum Umsatz kaum ins Gewicht fallen.