

**Sourisseau, J. H.**

**Sur la cinématique physique des masses granuleuses sans cohésion.** (French) JFM 39.0790.01  
Toulouse Ann. (2) 10, 335-392 (1908).

Der Verf. berichtet über die Versuche über die Kinematik körniger Massen ohne Kohäsion. Benutzt wurden Sand, Wicken und Rapskörner zur Bestimmung folgender Größen: 1. Die Dichtigkeiten, die Sackung und die Lockerung, das Eindringen eines Zylinders in die Masse. 2. Das Ausfließen aus einer Öffnung, die entweder in einer Seitenwand oder in einer horizontalen Wand angebracht war, welche ein nach den übrigen Richtungen unbegrenztes Medium abschloß; das Ausfließen aus Röhren. 3. Die Reibung nach der Methode des Zylinders und der Methode der Scheibe. Unter Sackung (*tassement*) wird das Verhältnis  $(V_0 - V)/V_0 = T$  verstanden, wo  $V_0$  das Anfangsvolumen,  $V$  das Volumen nach Annäherung der Körner ist; Lockerung ist  $= -T$ .

Wir übergehen die Methoden der Versuche der vorliegenden Thèse, die *Boussinesq* gewidmet ist, und führen von den Ergebnissen folgende an. Die Sackung ist eine Funktion der Gestalt der Körner und ihrer Größe. Das Eindringen eines Zylinders in die Masse ist abhängig von der Größe der Körner, von der vorgängigen Sackung, von dem Durchmesser des Zylinders von der Form des Zylinderendes und nur wenig von der Schnelligkeit des Eindringens.

Ausfluß aus einer Öffnung in einer horizontalen Wand. Sorgt man dafür, daß eine konstante Druckhöhe erhalten bleibt, so zeichnet sich in der Masse ein beweglicher Brunnen ab, dessen Symmetrieebene durch die Achse der Mündung geht. Die Dimensionen des beweglichen Brunnens sind nach Herstellung eines stationären Zustandes Funktionen der Höhe der Masse, der Weite der Mündung, der Größe und Form der Körner, der vorgängigen Sackung. Die Ausflußmenge ist unabhängig von der Höhe der Masse und der Dimensionen des Kastens. Sie ist eine Funktion der Dimensionen der Mündung und der Form des Bodens des Kastens in der Umgebung der Mündung; der Strahl ist schlechthin konisch. Die Bahnlinie der axialen Körner ist vertikal in der ganzen Höhe; die Bahnen der anderen Körner sind nur auf einem Teile ihrer Länge vertikal. Die Geschwindigkeit der Körner längs der Achse ist in dem zylindrischen Bereiche des Brunnens konstant, nach unten beschleunigt bis zur Mündung. Die Geschwindigkeit der Körner außerhalb der Achse ist konstant in dem geradlinigen Teile ihrer Bahn. Trägt man die Geschwindigkeiten der Körner als Ordinaten auf, ihre Abstände von der Achse als Abszissen, so erhält man Schichten in Glockenform; die Geschwindigkeiten variieren also stetig. Die Kurve der Geschwindigkeiten ist 1. eine Funktion des Abstandes der Seitenwände konstanten Abstände der Wände. Man kann sie angenähert durch eine unter einem Winkel  $\psi$  gegen die Abszissenachse geneigte Gerade darstellen. Wenn man mit der Speisung aufhört, zeigt die Masse in der Ruhe zwei symmetrische Böschungen.

Ausfluß aus einer Öffnung in vertikaler oder geneigter Wand. Wenn man zur Erhaltung eines konstanten Niveaus speist, so bemerkt man ähnliche Erscheinungen wie die eben beschriebenen für den Fall einer Öffnung in einer horizontalen Wand. Hört man mit der Speisung auf, so zeigt die in Ruhe befindliche Masse eine Grenzböschung, welche eine Funktion der vorgängigen Sackung ist, ferner der Dauer des vorgängigen Ausflusses, der Breite der Ausflußöffnung, d. h. der Art der Bildung der Böschung.

Abfluß längs der Böschung. Wenn man zur Erhaltung eines Abflusses längs der Böschung speist, so bemerkt man eine in Bewegung befindliche Zone. Ist der stationäre Zustand hergestellt, so befindet sich die bewegliche Schicht unterhalb der ruhenden Böschungsebene. Die Bahnen der Körner sind parallel und geradlinig auf einem Teile ihrer Länge; in diesem Teile der Bahn ist die Geschwindigkeit konstant. Trägt man die konstanten Körnerggeschwindigkeiten als Ordinaten auf und ihren Abstand von der Abfluß ebene, normal von der Böschung gerechnet, als Abszissen, so erhält man eine Kurve, welche zeigt, daß die Geschwindigkeiten noch stetig variieren. Die Dicke der rollenden Masse ist eine Funktion von der Größe der Körner, von der Abflußmenge, von der vorgängigen Sackung.

Innerhalb der Röhren. Das Gewicht der ruhenden Masse, das sich auf den Boden der Röhre überträgt, ist von einer gewissen Höhe  $H_0$  an unabhängig von der Höhe  $H$  der Masse in der Röhre;  $H_0$  ist eine Funktion des Durchmessers der Röhre, der Beschaffenheit der Wandung, der vorgängigen Sackung. Der Ausfluß in einer vertikalen Röhre erzeugt eine partielle Leere, die eine Funktion der Größe der Körner ist, ferner der Form des Bodens des Kastens bei seiner Verbindung mit der Röhre; diese Leere variiert auf

der ganzen Länge der Röhre und zeigt ein Maximum. Der Abfluß in einer Röhre mit Biegungen erfolgt nicht, wenn die Böschung des Sandkeils vollständig die Röhre verspundet. Man kann eine sich drehende Reaktionsmaschine mit Sand treiben.

Gesetze der Reibung. Die Gesamtreibung ist proportional der Oberfläche. Die Reibung ist eine Funktion des Wertes der Geschwindigkeitsänderung  $dv/dD$  ( $D$ = Röhrendurchmesser), angenähert dargestellt durch  $\tan \psi$ , d. h. die mittlere Geschwindigkeit  $v$ . Die Reibung variiert sehr schnell mit der scheinbaren Dichtigkeit, wächst mit ihr und nimmt ab mit ihr. Bei gleicher scheinbarer Dichtigkeit ist die Reibung weniger groß, wenn die Wandlung glatt ist. Die Reibung ist beim Beginn der Bewegung größer als während der Bewegung.

Reviewer: Lampe, Prof. (Berlin)

**Full Text:** [DOI](#) [Numdam](#) [EuDML](#)