

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 66 (1948)
Heft: 9

Artikel: Korngrößenanalyse von Altschnee durch Sedimentation
Autor: Quervain, M. de
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-56676>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.01.2026

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

Korngrößenanalyse von Altschnee durch Sedimentation

Von Dr. M. DE QUERVAIN, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos-Weissfluhjoch

DK 539,215.08:551.578.4

1. Die Kornentwicklung von Schnee und Möglichkeiten der Korngrößenbestimmung

In der natürlichen Schneedecke spielt sich ein Prozess ab, der den anfänglich leichten, flockigen Neuschnee im Laufe von Wochen und Monaten in ein körniges Aggregat überführt. Die Ursachen und Auswirkungen dieses als Schneemorphose bezeichneten Vorganges sind seit längeren Jahren Gegenstand eingehender Untersuchungen im Rahmen der allgemeinen Forschung über die Lawinenbildung und Lawinenverhütung¹⁾ ²⁾.

Neben dem Raumgewicht, der Temperatur und der Kornbindung hat sich die Korngröße als eines der wichtigsten Merkmale zur Charakterisierung einer Schneeart und zur Beurteilung des augenblicklichen Umwandlungszustandes erwiesen.

Anfänglich haben die Körner als Zerfallsprodukt der meist sternförmigen oder nadeligen Neuschneekristalle stengeligen Habitus. Später findet man kugelige bis kantige, mehr oder weniger isometrische Körner, die mit zunehmendem Alter infolge der ständig fortschreitenden Umkristallisation immer grösser werden. In bodennahen Schichten, wo die Umwandlung am schnellsten vor sich geht, können Kristalle bis zu 10 mm Durchmesser entstehen. Diese als «Tiefenreif» oder «Schwimmschnee» bezeichneten Kortypen sind allerdings nicht Vollkristalle, sondern meist becherartige, hohle Gebilde. Der Begriff des Korndurchmessers hat hier nicht die gleiche Bedeutung wie bei massiven Formen.

Für rohe, feldmässige Korngrößenbestimmungen wurden bisher transparente Raster verwendet, mit deren Hilfe leicht eine Klassierung in feinkörnigen (unter 2 mm Durchmesser) und grobkörnigen Schnee (über 2 mm Durchmesser) vorgenommen werden konnte. Für eine feinere Unterscheidung, und vor allem für eine Bestimmung der Korngrößenverteilung, genügte diese Methode natürlich nicht.

Um auch in dieser Hinsicht einen Einblick in das Korngefüge des Schnees zu gewinnen, wurden teils von Hand und teils maschinell Siebanalysen ausgeführt. Es zeigte sich aber, dass das Siebverfahren, obwohl es allgemein für Analysen im Korngrößenbereich des Schnees als geeignet gilt, keine befriedigenden Resultate liefert. Die Gründe sind in der quadratischen Siebmaschenform, in Unregelmässigkeiten der Maschenweiten und vor allem in der Beanspruchung des verhältnismässig weichen Schneekorns zu suchen. Bevor die einzelnen Kornfraktionen ausgesiebt sind, macht sich oft schon

¹⁾ H. Bader, R. Haefeli, E. Bucher, J. Nehrer, O. Eckel, Chr. Thams: Der Schnee und seine Metamorphose, Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Hydrologie, 1939.

²⁾ M. de Quervain: Schnee als kristallines Aggregat. «Experientia», Vol. I/7, 1945.

die mechanische Kornabnutzung geltend. Diese Unzulänglichkeit, und nicht zuletzt der für die Siebanalyse benötigte Zeitaufwand, legten den Versuch mit einem andern Kortrennungsverfahren, der Schlammanalyse, nahe. Es beruht auf der unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeit von Partikeln verschiedener Grösse in einer spezifisch leichteren Flüssigkeit (Beziehung von Stokes).

Hinsichtlich der allgemeinen physikalischen Grundlagen der Schlammmethoden sei auf die Darstellung von H. Gessner³⁾ verwiesen. Eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile verschiedener Kortrennungsverfahren haben vor kurzem F. Guye⁴⁾ und F. Matouschek⁵⁾ gegeben. Es sollen daher hier nur kurz die Bedingungen diskutiert werden, unter denen die Sedimentiermethode für ein verhältnismässig grobkörniges Material wie Schnee angewendet werden darf.

Das Absinken von Partikeln in einer Flüssigkeit kann nur dann nach der Stokes'schen Formel berechnet werden, wenn 1. die Partikel kugelförmig und oberflächlich glatt sind; 2. die Partikel gross sind gegen die Molekülgrösse des Sedimentiermediums; 3. die Sinkgeschwindigkeit hinreichend klein ist, dass keine Turbulenz entsteht; 4. die Konzentration der Teilchen in der Flüssigkeit so klein bleibt, dass sich keine gegenseitige Beeinflussung bemerkbar macht⁶⁾; 5. keine Koagulation während des Sedimentiervorganges eintritt.

Zur Analyse eines Materials von übermikroskopischer Korngrösse, wie Schnee, kann das Sedimentierverfahren auch angewendet werden, ohne dass die genannten Bedingungen erfüllt sind, denn man hat die Möglichkeit, unabhängig von der Stokes'schen Formel, die Beziehung zwischen Korngrösse und Sinkgeschwindigkeit empirisch zu bestimmen. Dabei lässt sich auch der Einfluss der Korngestalt berücksichtigen. Diese darf natürlich nicht allzusehr von der Kugelgestalt abweichen, weil sonst der Begriff des Korndurchmessers seinen Sinn verliert. Auf jeden Fall soll die für stengelige Körner aus der Sinkgeschwindigkeit ermittelte Korngrösse, der sogenannte Äquivalentdurchmesser, mit den wahren Abmessungen der Körper in eindeutiger Beziehung stehen.

Von den fünf Bedingungen sind im Fall eines empirischen Vorgehens nur die beiden letzten zu beachten (4 und 5). Beide verlangen, dass mit einer kleinen Kornkonzentration gearbeitet wird. Kornkoagulationen in kolloidchemischem Sinn sind ja nicht zu befürchten, wohl aber Kornzusammen-

³⁾ H. Gessner: Die Schlamm-Analyse.

⁴⁾ F. Guye: Neue Methoden für die Bestimmung der Zementfeinheit. «Schweiz. Bauzeitung» 1947, Nr. 8, S. 96*.

⁵⁾ F. Matouschek: Der Kornaufbau der Zemente. «Schweiz. Archiv f. angew. Wissenschaft und Technik» 1947, Nr. 2, S. 54 und Nr. 3, S. 94.

⁶⁾ Vergl. R. T. Hancock: Interstitial flow. «The Mining Magazine», Oktober 1942, S. 179.

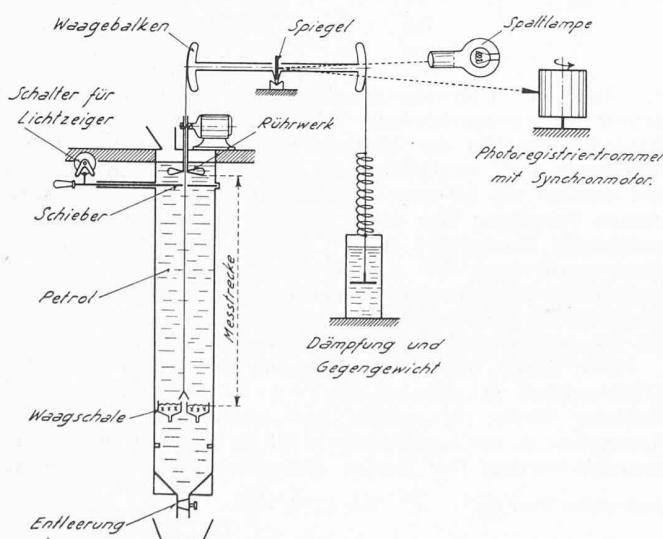


Bild 1. Schema der Schlammwaage

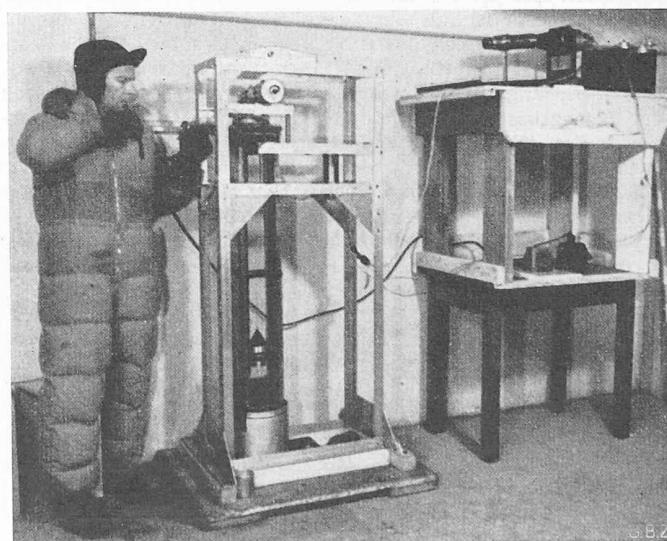


Bild 2. Schlammwaage im Kältelaboratorium; öffnen des Schiebers. Rechts auf dem Gestell Registriervorrichtung

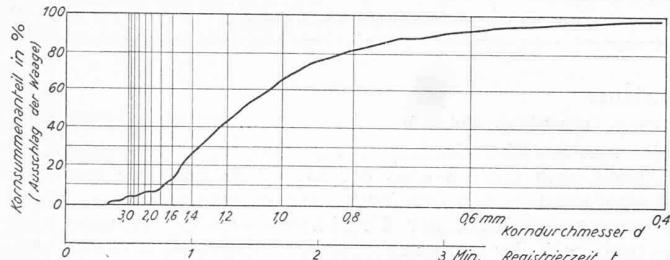


Bild 3. Beispiel einer Registrierkurve der Schlämmwaage (Anteil über 2,2 mm verursacht durch einzelne Kornzusammenballungen)

ballungen beim Absinken, infolge der gegenseitigen hydrodynamischen Beeinflussung. Die höchstzulässige Grenzkonzentration lässt sich leicht experimentell bestimmen.

Es hat sich gezeigt, dass bei geeigneter Wahl der Sedimentierflüssigkeit das Schlämmverfahren in der nachfolgend beschriebenen Anordnung für eine rasche und hinreichend genaue Korngrößenanalyse von Schnee brauchbar ist. Auch für die Untersuchung anderer Materialien kann diese Form der Schlämmanalyse unter Umständen vorteilhaft sein.

2. Schlämmwaage zur Korngrößenbestimmung (Bild 1 und 2)

Ein quaderförmiges Gefäß von 100 cm Länge und 225 cm² Querschnitt, gefüllt mit Petrol, bildet den Sedimenterraum. Oben anschliessend befindet sich eine durch einen horizontalen Schieber abtrennbare zylindrische Kammer von 8 cm Höhe. Sie ist zu etwa $\frac{2}{3}$ mit Petrol gefüllt und enthält ein Rührwerk. Unten im Sedimentiergefäß hängt an einem Stahldraht, der durch einen Schlitz im Schieber und durch die Achse des Rührwerks gezogen ist, eine Waagschale aus spezieller Formgebung. Der Stahldraht ist am Waagbalken einer feinen, flüssigkeitsgedämpften Federwaage befestigt. Der ganze Apparat befindet sich in einem auf -10° gekühlten Laboratorium. Zur Analyse gibt man eine Probe von rd. 5 g Schnee in die obere Kammer und setzt das Rührwerk in Gang, bis der Schnee desaggregiert und in der Petrolschicht von rd. 6 cm Höhe suspendiert ist. Hierauf schaltet man das Rührwerk ab, öffnet den Schieber und lässt die Körner in den Sedimenterraum eintreten. Nach einiger Zeit beginnen sie sich auf der Waagschale abzulagern, zuerst die groben, später die feineren, und verursachen eine stetig zunehmende Belastung, bis alle den Sedimenterraum durchmessen haben. Ein gewisser Anteil der Probe gleitet neben der Schale vorbei und sammelt sich am Grunde des Gefäßes.

Das zur Belastung proportionale Absinken der Waagschale wird mit Hilfe eines Lichtzeigers in seinem zeitlichen Verlauf photographisch registriert. Wegen der gesetzmässigen (empirisch ermittelten) Beziehung zwischen dem Äquivalentdurchmesser eines Kornes und der Sedimentierzeit erhält man als Registrierkurve direkt eine Kornsummenkurve (Beispiel Bild 3). Auf der Ordinate ist in Gewichtsprozenten der Anteil an Körnern abzulesen, deren Durchmesser grösser ist, als der zugehörige Abszissenwert angibt. Im Gültigkeitsbereich des Stokes'schen Gesetzes ist die Verzerrung des Korngrößenmaßstabes quadratisch ($t = k/d^2$). Das Auflösungsvermögen der Schlämmwaage hängt also von der Korngröße ab. Durch geeignete Wahl der Apparaturkonstanten (Viskosität der Flüssigkeit, Abmessungen der Apparatur, Geschwindigkeit der Registertrommel) kann der Messbereich dem interessierenden Korngrößenbereich angepasst werden. In der hier beschriebenen Ausführung erstreckt er sich von rd. 0,2 bis 3,0 mm Korndurchmesser. Aus der Kornsummenkurve wird die Kornverteilungskurve durch Differenzieren gewonnen.

Die Analyse einer Schneeprobe benötigt ohne Entwicklung des Registrierstreifens etwa 10 Minuten. Vier Analysen können ohne Entleerung der Waagschale hintereinander ausgeführt und auf einem Streifen aufgezeichnet werden. Ist die Schale voll, wird sie am Waagbalken ausgehängt und abgesenkt. Dabei öffnet sich der Boden und der Schnee fällt auf den Grund des Sedimentiergefäßes. Von dort wird er nach Bedarf (nach etwa 12 Analysen) durch einen weiteren Schiebverschluss entfernt, worauf das mitausfliessende Petrol dekantiert und oben wieder eingegossen wird.

Gegenüber den Vorteilen des raschen Arbeitens, der einfachen Auswertung und der schonenden Behandlung des

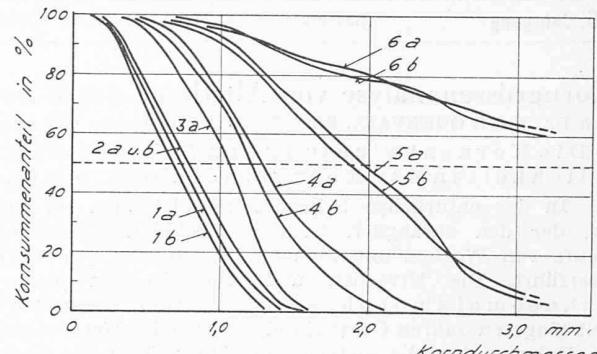


Bild 4. Kornsummendiagramme von Schneeproben aus der natürlichen Schneedecke (auf einen linearen Kornmasstab umgezeichnet)

Schneekorns, hat das Verfahren auch seine Mängel. Im Moment, da der Schieber geöffnet wird, befinden sich die Körner nicht alle auf gleicher Höhe, sondern sie sind über einen Höhenbereich verteilt, der etwa 5 % der gesamten Sedimentierstrecke ausmacht. Die Kornsummenwerte werden dadurch allerdings nicht stark verfälscht; hingegen können Feinheiten der Kornverteilung verloren gehen, besonders wenn diese sehr unregelmässig ist. Praktisch bedeutungslos ist die Veränderung der Messtrecke beim Absinken der Waagschale, da sie durch die Auflagerung des Schnees nahezu kompensiert wird.

3. Erste Messungen und Resultate

Mit Hilfe einer Anzahl verschiedener grosser, mit dem Mikroskop ausgemessener isometrischer Einzelkörner wurde zunächst die Eichung der Apparatur vorgenommen. Es zeigte sich, dass kurzstellige Formen auch berücksichtigt werden können, wenn als Äquivalentdurchmesser die Grösse $\sqrt[3]{a^2 c}$ ($a^2 = \text{Querschnitt}$, $c = \text{Länge}$) eingesetzt wird. Nach einigen Versuchsmessungen an verschiedenen Schneearten sind die Korngrößenverhältnisse in 6 verschiedenen Schichten der natürlichen Schneedecke auf Weissfluhjoch untersucht worden. Bild 4 veranschaulicht die Kornsummendiagramme, umgezeichnet auf einen linearen Korngrößenmaßstab. Einer Schicht wurden je 2 Proben entnommen. Die näheren Angaben sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1. Eigenschaften der Schneeproben zur Korngrößen-Bestimmung (17. März 1947, Weissfluhjoch)

Schichthöhe über Boden cm	Alter der Schicht Tage	Raumgewicht kg/m ³	Korn-Diagramm
149	6	214	1a und b
128	15	292	2a und b
98	42	323	3a
62	96	285	4a und b
30	118	357	5a und b
4	175	228	6a und b

Aus der Uebereinstimmung der Kornsummenkurven zweier zusammengehörender Proben geht eine annehmbare Reproduzierbarkeit der Methode hervor. Auffallend ist der durchwegs fast verschwindende Gewichtsanteil an Körnern mit weniger als 0,2 mm Durchmesser, dann die weitgehend lineare Verteilung über einen Bereich, der mit zunehmender maximaler Korngröße immer breiter wird. Die ständige Kornvergrößerung mit zunehmendem Schichtalter ist auch augenfällig. Nach unseren Kenntnissen über die Schneemeta-morphose ist aber primär weniger das Alter massgebend als die Temperaturerhöhung mit zunehmender Bodennähe.

Die Form der Kornsummenkurven erlaubt es, den Schneeproben mittlere Korngrößen als charakteristische Werte zuzuordnen, und zwar darf als mittlere Korngröße d_m der Abszissenwert für die Ordinate 50 % angenommen werden. Der lineare Korngrößenbereich erstreckt sich dann von $d_m - \frac{d_m}{2}$ bis $d_m + \frac{d_m}{2}$.

Da hier die Darstellung der Messmethode im Vordergrund steht, soll auf eine weitere Beleuchtung der Messergebnisse nicht eingetreten werden.