

# Eine neuartige Erfassung der Kornverteilung mittels "Kornpotenzen"

Autor(en): **Stern, Ottokar**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **99/100 (1932)**

Heft 20

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-45585>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



ist gemäss dem „erneuerten Gesetz von Abrams“<sup>2)</sup> misch-technisch gleichwertig mit dem letztgenannten Korngemenge, d. h. beide Gemenge sollen für gleiche Flüssigkeitsgrade auch gleiche Wasseransprüche haben  $\left(\frac{W_M}{K_M} = \frac{W_S}{K_S}\right)$ .

Die gleichwertige Stufenlinie  $M$  kann auch sehr einfach in einen gleichwertigen Polygonzug  $M'$  verwandelt werden, wenn die Hilfsstrahlen  $R'c_1$  und  $c_0c_2$ , die das Potenzkreuz erster Ordnung (Kreuzungspunkt  $C$ ) abschliessen, mit der Stufenlinie  $M$  zum Schnitt gebracht werden. Die Polygonseiten  $OACBo$  bilden die Hypotenusen flächengleicher Paare von Dreiecken, die einen gemeinsamen Eckpunkt am betreffenden Hilfsstrahl besitzen, weshalb sich auch die Rückstandsfläche fürs Polygon nicht ändert.

Der Polygonzug  $M'$  bildet die mittlere unter allen Kornverteilungen mit gleich grosser Rückstandsfläche und gleichem Potenzenstrahl  $fCR''$ , wobei die anderen Schaulinien nur geringe Streuungen gegenüber der „mittleren Kornverteilung“ aufweisen können. Als äusserste Streuung kann eben die mehrbesprochene „Stufenlinie“ ( $M$ ) gelten.

Das im vorstehenden zeichnerisch veranschaulichte Verfahren eignet sich aber auch insbesondere zur rein rechnerischen Kennzeichnung jeder gegebenen Kornverteilung.

Die Kornverteilung muss — wie immer — selbstverständlich zunächst durch ein geeignetes Trennungsverfahren, dem das gegebene Gemenge unterzogen wird, ermittelt sein. Hierbei ergeben sich (vergl. Abb. 1) die  $(\log d_x) = m_x$  mit ihren zugehörigen Einzelrückständen  $g_x$ , also auch deren Produkte  $(m_x g_x)$  und Produkt-Summen  $\sum_{x=a}^{x=b} (m_x g_x)$

für beliebig zu begrenzende Bereiche von  $x$ . Diese Summe stellt nichts anderes als die jeweilige Rückstandsfläche dar für ein Korngemenge mit Korngrössen von  $d_a = 10^{ma}$  bis  $d_b = 10^{mb}$ . Die Summe aller prozentualen Gewichtsmengen dieses Korngrössenbereiches sei mit  $g_{ab} = \sum_{x=a}^{x=b} g_x$  bezeichnet.

Dann drückt sich die *Umwandlung* einer solchen Rückstandsfläche in ein höhen- und flächengleiches Rechteck (vergl. auch Abb. 2) rechnerisch durch die Gleichung aus:

$$\sum_{x=a}^{x=b} (m_x g_x) = R_{ab} g_{ab}$$

Die Korngrössen erscheinen in dieser Gleichung wieder durch ihre Potenzen  $m_x$  bzw.  $R_{ab}$  gekennzeichnet (d. h. durch ihre „Kornpotenzen“ oder auch „dekadischen Feinheitsmoduli“). Die unbekannte Kornpotenz der von  $x = a$  bis  $x = b$  reichenden Rückstandsflächenlamelle ergibt sich aus obiger Beziehung mit:

$$R_{ab} = \frac{\sum_{x=a}^{x=b} (m_x g_x)}{\sum_{x=a}^{x=b} g_x}$$

Der Rechnungsvorgang ist hiernach folgender: Zunächst wird die Schlusskornpotenz erster Ordnung  $R'$  (vergl. Abb. 2), d. h. jene für das gesamte Gemenge errechnet, indem  $a = 0$  und  $b = \log D$  gesetzt wird, wo  $D$  die grösste mittlere Kornbreite, also jene der grössten

Korngruppe des Gemenges bedeutet. Hier ist  $\sum_{x=0}^{x=\log D} g_x = 100\%$ .

$$R' = \frac{\sum_{x=0}^{x=\log D} (m_x g_x)}{100}$$

Hierauf wird die Lamellen-Kornpotenz erster Ordnung ( $L' = R_{(0, R')}$  vergl. Abb. 3) für die Lamelle der Rückstandsfläche von  $x = 0$  bis  $x = R'$  errechnet, wofür sich  $\sum_{x=0}^{x=R'} g_x = G'$  ergibt:

$$L' = \frac{\sum_{x=0}^{x=R'} (m_x g_x)}{G'}$$

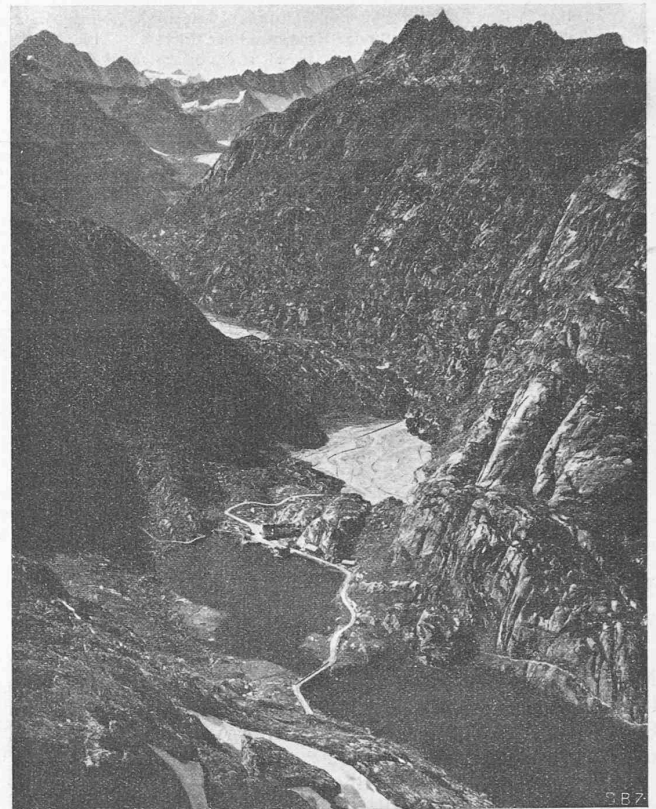


Abb. 1. Ursprüngliches Bild der Grimselseen mit dem alten Hospiz, links im Hintergrund das Finsteraarhorn. Blick vom Nägelsgratweg gegen Westen. Abb. 1, 4, 5 und 6 sind nach Aufnahmen von Phot. A. Krenn, Zürich, Abb. 2, 3, 7, 9, 11 und 12 nach Aufnahmen von Phot. A. Teichmann, Basel.

Es folgt nun die Berechnung der Schlusskornpotenz zweiter Ordnung  $R''$  für die oberhalb der Lamelle erster Ordnung liegende restliche Rückstandsfläche (kürzweiliger als „zweiter Ordnung“ zu bezeichnen), deren Korngrössen von  $x = R'$  bis  $x = \log D$  reichen und deren prozentuale Gewichtsmenge  $(100 - G')$  ist:

$$R'' = \frac{\sum_{x=R'}^{x=\log D} (m_x g_x)}{100 - G'}$$

Kann man sich mit den beiden Stufen der Lamelle erster Ordnung und der Rückstandsfläche zweiter Ordnung begnügen, so kann man nun die „granulometrische Gleichung zweiter Ordnung“ der gegebenen Kornverteilung aufstellen, die nichts anderes ist, als die *Zerlegung der Rückstandsfläche in zwei Rechtecklamellen*:

$$100 R' = G' L' + (100 - G') R''$$

Muss man aber, um das erneuerte Abrams'sche Gesetz anwenden zu können, etwa ein dreistufiges Korngemenge in Betracht ziehen, so hat man bloss mit  $R''$  in gleicher Weise weiter zu verfahren, wie bisher mit  $R'$ :

Man bildet diesfalls die Lamellen-Kornpotenz zweiter Ordnung ( $L'' = R_{R' R''}$ ) — kurz „die Ordnung  $(-2)$ “ — für den Körnungsbereich  $x = R'$  bis  $x = R''$ , für den die prozentuale Gewichtsmenge  $G'' = \sum_{x=R'}^{x=R''} g_x$  ist:

$$L'' = \frac{\sum_{x=R'}^{x=R''} (m_x g_x)}{G''}$$

und die Schlusskornpotenz dritter Ordnung für die oberhalb der Lamelle zweiter Ordnung verbleibende Rück-

<sup>2)</sup> Vergl. „Sparwirtschaft“, Wien 1932, Heft 4, S. 127: „Kornpotenz loser Haufwerke“, Punkt B. 6. Ferner „Beton und Eisen“, 1932, Heft 13: „Die baupraktisch wichtigsten Grundlagen der Betontechnologie“, Punkt II.





Abb. 2. Gesamtbild aus Nordost über Seufereggmauer, Nollen, Spitalamm-Mauer und Grimsel-Stausee. Rechts im Hintergrund das Finsteraarhorn.

standsfläche dritter Ordnung mit Korngrößen von  $x=R''$  bis  $x = \log D$ :

$$R''' = \frac{\sum_{x=R''}^{x=\log D} (m_x g_x)}{100 - G' - G''}$$

Die „granulometrische Gleichung dritter Ordnung“ der mittleren Kornverteilung umfasst dann die Zusammensetzung aus drei Rechteck-Lamellen:

$$100 R' = G' L' + G'' L'' + (100 - G' - G'') R'''$$

Wiewohl praktisch kaum nötig, lassen sich auf gleiche Weise auch noch höhere Ordnungen bilden.

Man erkennt auch aus dieser Erfassung der Kornverteilung, dass sie umso genauer erfolgen kann, je genauere Werte für die einzelnen Glieder der Gleichung der mittleren Kornverteilung im Versuchswege ermittelt werden können. Es ist daher auch ganz allgemein geradezu geboten, dass schon der Prüfungsvorgang des Haufwerkes die Trennung der Korngruppen tunlichst nahe den aufeinanderfolgenden Kornpotenzen  $L' R' R''$  und  $\log D$  bzw. bei noch weitergehender Kornabstufung auch nahe an  $L'' R'''$  usf. vornimmt. Hieraus ergibt sich eine wichtige Richtlinie für die Normung von Prüfsieben, da diese nichts weiter als eine richtige Auswahl des jeweils zu verwendenden Siebsatzes ermöglichen sollte.<sup>3)</sup> Denn nur diese richtige Auswahl kann die grundsätzliche Annahme eines stetigen Körnungsverlaufes zwischen den Nachbarsieben rechtfertigen und eine „mittlere Schaulinie der wirklichen Kornverteilung“ liefern. Unsere derzeit üblichen Sieblinien sind aber von letztgenannter oft recht weit entfernt und können unbewusst zu irriger Beurteilung der Kornverteilungen führen.

Zu jeder Gleichung der mittleren Kornverteilung kann für irgend eine andere durch sie gekennzeichnete Kornverteilung jeweils jener physikalisch wichtige Wert im Versuchswege bestimmt werden, der dann auch für alle (dieser Gleichung entsprechenden) Kornverteilungen des untersuchten Haufwerkes Geltung hat. („Gleichwertige“ Kornverteilungen mit dem selben Potenzenstrahl  $f C R''$ .) Beispielsweise kommen für gewisse Zwecke als solche physika-

lische Werte der höchsterreichbare Dichtigkeitsgrad des Gemenges oder aber der Wasseranspruch für einen bestimmten Flüssigkeitsgrad des Feuchtgemenges u. dergl. m. in Betracht.

So ergeben sich auch physikalische Grenzwerte, sobald nur die Glieder auf der rechten Seite der Gleichung der Kornverteilung selbst bestimmte Grenzwerte erreichen. (Also für „Grenzgemenge“ mit gewissen Grenzlagen des Potenzenstrahles  $f C R''$ .)<sup>4)</sup> In solchen Fällen genügt es, die physikalischen Festwerte für die Grenzgemenge gleicher Rückstandsfläche ( $100 R'$ ) im Versuchswege zu bestimmen, weil sich dann die entsprechenden Werte irgend einer gegebenen Kornverteilung (für die die rechte Seite der granulometrischen Gleichung verschiedene Glieder enthalten kann) nach einem geeigneten Interpolationsgesetz berechnen lassen.<sup>5)</sup> („Vergleichbare“ Kornverteilungen mit verschiedenen Potenzenstrahlen!)

Weitergehend als durch Vermeidung aller Zeichnungsarbeiten ist die Erfassung der Kornverteilung mittels Kornpotenzen noch zu vereinfachen, falls auch die Berechnung aller Kornpotenzen durch blosse Ablesungen auf der Kornpotenzwaage<sup>6)</sup> ersetzt wird. Die granulometrische Gleichung kann dann für jedes Haufwerk nach seinen Siebergebnissen ohne weiteres angeschrieben werden.

<sup>4)</sup> Bezeichnet  $\alpha$  die Abweichung des Potenzenstrahles von der Senkrechten, so sind seine Grenzlagen gegeben durch die jeweilige Richtungskonstante  $\operatorname{tg} \alpha$ . Für das Einkorn gemenge:  $\operatorname{tg} \alpha_1 = \infty$ ; für das Zweikorn gemenge (Spindel'sche Extrem)  $\operatorname{tg} \alpha_2 = \log D$ ; für nach Parabeln vom Grade  $\frac{1}{n}$  abgestufte Gemenge  $\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{e}{e-1} \frac{\log e}{n} = \frac{0,687}{n}$ . Die Ordinaten der Potenzpunkte  $C$  sind: Für das Einkorn gemenge  $g_1' = 0$ ; für das Zweikorn gemenge  $g_2' = 100 \frac{RD - R'}{RD}$ ; für alle parabolischen Gemenge  $g_3' = \frac{100}{e} = 36,8\%$ . (Siehe die Ableitungen in: „Zu jeder ungleichförmigen Kornverteilung gehören drei physikalisch kennzeichnende Grenzgemenge“. Tonindustrie-Zeitung 1932, Heft 66. Ferner Zeitschrift der Oesterr. Ing. u. Arch. Ver. (noch im Druck): „Kornoberflächen und Kornpotenzen“.)

<sup>5)</sup> Siehe „Zeitschrift des Oesterreichischen Ing.- und Arch.-Vereins“ Heft 17/18, Jahrgang 1932, S. 88 und „Sparwirtschaft, Zeitschrift für wirtschaftlichen Betrieb“, Heft 4, Jahrgang 1932: S. 130, Schluss des Punktes F und S. 132, Schluss des Punktes H, I.

<sup>6)</sup> „Sparwirtschaft“, ebenda, S. 129, Punkt E, I und „Zeitschrift des Oesterreichischen Ing.- und Arch.-Vereins“ Heft 47/48, Jahrgang 1931, S. 348 u. f.: ferner ausführlicher „Die Kornpotenzwaage und ihre Anwendung“, im Selbstverlag der Sterngesellschaft, Wien, Porzhaus.

<sup>3)</sup> Die von der International Standardization Association (JSA-Comité 24) in wiederholten Konferenzen angestrebte Vereinheitlichung der zu erzeugenden Prüfsiebgrößen kann den Erfolg der allgemein leichteren und billigeren Beschaffung der jeweils angezeigten Siebe haben. Dagegen verliert eine genormte Reihung der Siebgrößen an sich infolge der Theorie der Kornpotenzen ihre bisherige grundlegende Bedeutung.