Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 15 (1935)

Heft: 1

Artikel: Die Charakterisierung der klastischen Sedimente nach der Kornzusammensetzung

Autor: Niggli, Paul

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-15329

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: 26.04.2025

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

Die Charakterisierung der klastischen Sedimente nach der Kornzusammensetzung

Von *Paul Niggli* in Zürich

Zur Darstellung der Korngemische werden in der Sedimentpetrographie die verschiedenartigsten Methoden verwendet. Das erschwert Vergleiche ausserordentlich. Die nachfolgenden Vorschläge zur Standardisierung stützen sich auf die Ergebnisse vieler Arbeiten und suchen unter Wahrung möglichster Einfachheit verschiedene Gesichtspunkte zu vereinigen. In der Arbeit von ZINGG [1]) wird auf Einzelheiten eingegangen werden.

1. Die Intervallbildung

Jede Korngemischanalyse ist weitgehend abhängig von der Grösse der Intervalle, die zur Trennung der einzelnen Fraktionen Verwendung finden. Durch graphische Darstellung lässt sich ein Ausgleich schaffen, der jedoch nur dann akzeptabel ist, wenn die Unterschiede zwischen den zur Darstellung benutzten Grenzzahlen und den praktisch verwendeten Intervallsgrenzen klein sind.

Innerhalb eines kleinen Gesamtbereiches sind gleichgrosse Intervalle weitaus das zweckmässigste, weil dann die erhaltenen Gewichtsprozentzahlen unmittelbar verglichen werden können. Dabei ergibt sich von selbst die Anlehnung an unser Dezimalsystem, bei Schottern beispielsweise von mittleren Durchmessern von 5 zu 5 oder 10 zu 10 cm. Über grössere Gesamtbereiche ist diese Einteilung unzweckmässig. Je feiner das Material ist, umso schärfere Untereinteilung ist notwendig; je gröber das Korn wird, umso weniger interessieren kleine Abweichungen. Das gilt auch für die Klassifikation. An sich wäre für diese Bereiche am zweckmässigsten eine Intervallsbildung derart, dass die Grösse des Intervalles, dividiert durch die zugehörige mittlere Korngrösse, konstant bleibt. In der UDDEN'schen Darstellung ist diese Grösse $\frac{\Delta}{d} = {}^2/_3$, d. h. das Intervall verdoppelt sich von der einen Stufe zur nächst gröberen. Wie in der Arbeit von ZINGG

[1]) TH. ZINGG: Beitrag zur Schotteranalyse. Diss. E. T. H. 1935. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 15 (1935) 39.

referierend dargestellt wird, sind gewisse Grenzen, z. B. Durchmesser 2 mm, als von Natur aus zweckmässig, von vornherein gegeben. Dann verliert jedoch diese Intervallsbildung nach oben und unten recht bald den Anschluss an das Dezimalsystem und damit auch an feinere Intervallsbildungen mit gleicher Intervallsgrösse innerhalb von näher zu studierenden Sonderbereichen. Es ist daher dem Vorschlag von G. FISCHER [2]) als Zwischenlösung weiteste Verbreitung zu wünschen. Darnach wird innerhalb jeder Zehnerpotenz das erste Intervall etwas grösser gewählt (dreifach so gross wie das vorhergehende statt doppelt so gross).

Man erhält dann folgende Einteilung, nach der alle Angaben zu Vergleichszwecken zu erfolgen hätten:

Durchmesser in mm	$\frac{d}{d}$			
> 200			Block	
200 — 100	2/3	γ-	Grobkiesfraktion	Psephitisches Korn
100 — 50	2/3	β-		
50 — 20	6/7	α-		
20 — 10	2/3	γ-	Feinkiesfraktion	
10 — 5	2/3	β-		
5 — 2	6/7	α-		
2 — 1	2/3	γ-	Grobsandfraktion	Psammitisches Korn
1 — 0,5	2/3	β-		
0,5— 0,2	6/7	α-		
0,2 — 0,1	2/3	γ-	Feinsandfraktion	
0,1 — 0,05	2/3	β-		
0,05 — 0,02	6/7	α-		
0,02 — 0,01	2/3	γ-	Grobschluff-Fraktion	Pelitisches Korn
0,01 — 0,005	2/3	β-		
0,005 — 0,002	6/7	α-		
0,002 — 0,001	2/3	γ-	Feinschluff-Fraktion	
0,001 — 0,0005	2/3	β-		
0,0005 — 0,0002	6/7	α-		
< 0,2 μ			Schweb	

Die Namengebung [3]) ist eine etwas verschiedene von der bei

[2]) G. FISCHER: Gedanken zur Gesteinssystematik. Jb. preuss. Geol. L.-Anst. 54. 1933.

[3]) Der durch TERZAGHI's Arbeiten in der Erdbaumechanik eingebürgerte Name Mo umfasst β- und α-Feinsand. Schon der Umstand, dass manche „Schwimmsande" zu einem erheblichen Teil aus Mo-Fraktion bestehen, zeigt die Zugehörigkeit zum allgemeinen Begriff „Sand". — Röntgenometrische Untersuchungen im Zürcher Institut lassen sich vielleicht dahin deuten, dass auch β- und α-Grobschluff gegenüber γ-Grobschluff als Einheit hervorzuheben wären. Doch sind zunächst noch weitere abklärende Untersuchungen notwendig.

G. FISCHER gewählten; die Bezeichnungen Gries, Silt und Schlämm sollen in einem anderen Zusammenhang Verwendung finden. Die Bezeichnungen α-, β-, γ- können durch fein, mittel, grob ersetzt werden; doch ergibt dies oft etwas umständliche Namen. Im grossen und ganzen lässt sich graphisch auf diese Intervalle leicht interpolieren, auch dann, wenn noch die gangbaren Siebe angewandt werden, z. B.

U. S. Bureau of Soils:

Durchmesser				
2 — 1 mm	VCS		=	γ-Grobsandfraktion
1 — 0,5 mm	CS		=	β-Grobsandfraktion
0,5 — 0,25 mm	MS	0,2	=	α-Grobsandfraktion
0,25 — 0,10 mm	FS		=	γ-Feinsandfraktion
0,10 — 0,05 mm	sFS		=	β-Feinsandfraktion
0,05 — 0,01 mm	s	0,02	=	α-Feinsandfraktion + Schluff

Einzelne Intervalle stimmen genau überein, bei anderen ist die Interpolation von ... 25 auf ... 20 nicht schwierig. Viel zu gross ist nur das Intervall für s, wie ja leider häufig bei Sandanalysen die unteren und oberen Grenzen unbestimmt gelassen werden. Das darf nie geschehen, es muss bei jeder Teiluntersuchung über klastische Sedimente mindestens der Anschluss an grösseres und kleineres Korn sinngemäss vollzogen werden, damit Vergleiche durchführbar sind.

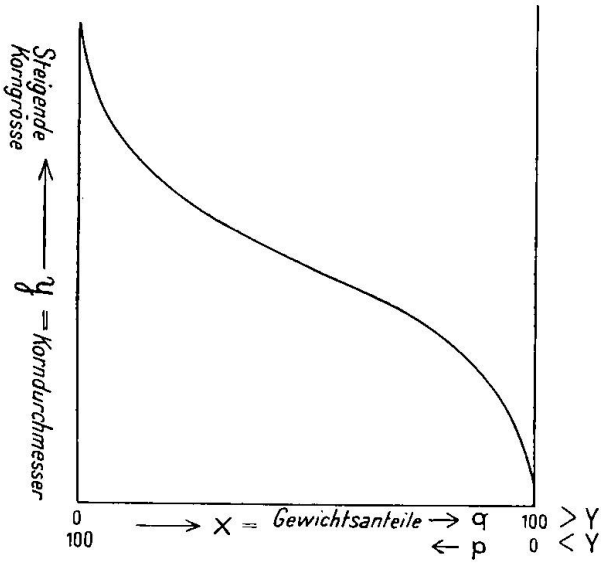
Leicht ergibt sich auch, beispielsweise bei Kiesen, eine weitere Unterteilung in 5 zu 5 oder 10 zu 10 cm. Durch einfache Zusammenfassungen bzw. Unterteilungen kann von der einen zur andern Intervallbildung geschritten werden (siehe Arbeit von ZINGG).

2. Die graphische Darstellung

Die graphischen Darstellungen werden sich immer nach dem Zwecke zu richten haben, also mannigfaltiger Art sein. Das schliesst nicht aus, jeder grösseren Arbeit eine Standarddarstellung beizugeben. Folgendes wird vorgeschlagen.

Die Darstellung der Kumulativprozente verdient umso mehr den Vorzug, als sie leicht gestattet, bei etwas abweichender Intervallsbildung den Übergang zu den Normalintervallen zu vollziehen. Sie muss so durchgeführt werden, dass jederzeit nach höheren wie nach niedrigen Korngrössen die Summierung abgelesen werden kann. Die Korngrössen werden häufig logarithmisch abgetragen. Das mag von Vorteil sein, wenn über den ganzen Bereich der klastischen Sedimente Vergleiche in einem Schaubild gezogen werden sollen. Im übrigen ist für Berechnungen und Interpolationen die Verwendung direkter Korngrösse (Durchmesser) weitaus

zweckmässiger. Es ist im allgemeinen durchaus nicht so, dass hiebei zu grosse Figuren resultieren. Man hat nur für die einzelnen natürlichen Lagerstätten den Masstab richtig zu wählen. Untersucht man beispielsweise typische Psephite, so ist es notwendig, die verschiedenen Stufen des Fein- und Grobkieses unterscheiden zu können, während in der Hauptfigur Sand und Schluff wie eine Einheit betrachtet werden dürfen. Wählen wir 1 mm als Einheit für 1 mm Durchmesser, so genügt dies für Kiesuntersuchungen vollkommen. Für Sanduntersuchungen wird man meistenteils auskommen, wenn 1 mm Durchmesser = 10 cm genommen wird, usw. Die feineren Fraktionen lassen sich, wenn nötig, in Detailbildern zu den Hauptfiguren darstellen. Es wird somit vorgeschlagen, neben anderen Graphika stets Bilder beizugeben wie Fig. 1.



Flg. 1

Zweckmässig ist es, die normierten Fraktionsintervalle durch Horizontalen zu markieren und die wirklichen Bestimmungen durch Punkte zu kennzeichnen. Die Punkte sind stets durch gerade Linien zu verbinden. In Dreiecksdarstellungen lassen sich bei Kiesen die Gewichtsprozentanteile der Grob- und Feinkiesfraktion neben Sand + Schluff, in Sanden dagegen von Grob- und Feinsand neben Schluff zur Darstellung bringen (siehe die Figuren in der Arbeit von ZINGG).

3. Die Charakterisierung der Kurven und die Charakterisierung der Korngemische überhaupt

Über ältere Versuche in dieser Hinsicht orientiert die Arbeit von ZINGG. Man hat zu unterscheiden zwischen der approxima-

tiven Darstellung des Kurvenverlaufes und der Güte der Aufbereitung. Da methodisch immer nur Intervalle der Korngrössen bestimmt werden, würde man auch bei idealster Aufbereitung (einerlei Durchmesser) eine schräg verlaufende Gerade erhalten als Diagonale des zugehörigen Kornintervalls. Ist idealste Mischung vorhanden, das heisst von jeder Korngrösse gleichviel vorhanden, so ergibt sich wiederum eine derartige Gerade, die lediglich steiler sein wird, weil sie sich über mehrere Intervalle erstreckt. Kurvenform und Kurvensteilheit (Güte der Aufbereitung) sind daher auseinanderzuhalten.

Die erste nähere Bestimmung eines Korngemisches erfolgt durch drei Grössen, die maximal vorhandene Korngrösse, die mittlere Korngrösse, die kleinste Korngrösse. Sie seien als d_{max}, d und d_{min} bezeichnet. In den natürlichen Korngemischen kann man meistens $d_{min} = 0$ setzen, da bis zu kleinsten Teilchengrössen Partikelchen vorhanden sind und für die weiteren Berechnungen Differenzen unter $^1/_{10}$ oder $^1/_{100}$ mm kaum eine Rolle spielen. Leider wird d_{max} selten genau bestimmt. Es genügt nicht, das letzte Intervall anzugeben, man sollte es weiter einengen. Das ist in Zukunft zu beachten, da dadurch die übrigen Grössen stark beeinflusst werden können. Zur Bestimmung der mittleren Korngrösse d hat BAKER eine graphische Methode (die nur bei nichtlogarithmischer Darstellung Gültigkeit hat) angegeben. Es sei daran erinnert, dass jederzeit ohne Integrationsverfahren d rein rechnerisch bestimmt werden kann [4]). Wäre ein ideales Gemisch vorhanden, so müsste die Kurve eine gerade Linie zwischen d_{max} und d_{min} sein, d selbst wäre dann $\frac{d_{max} + d_{min}}{2}$. Zugleich läge d bei 50 %. Der Vergleich zwischen d und $\frac{d_{max} + d_{min}}{2}$ gestattet daher bereits eine erste Aussage über den Kurvenverlauf.

$\frac{2\,d}{d_{max} + d_{min}}$ sei δ genannt. Die Zahl der Gewichtsprozente (von d_{min} aus gerechnet), bei der d ein Wert der Summationskurve ist, sei mit p bezeichnet, dann gibt $\frac{p}{50} = \frac{2\,p}{100} = \pi$ die Verlagerung gegenüber dem Wert 50 an.

[4]) $100 \cdot d = m_0 \frac{d_0 + d_1}{2} + m_1 \frac{d_1 + d_2}{2} + m_2 \frac{d_2 + d_3}{2} + \ldots m_{max-1} \frac{d_{max-1} + d_{max}}{2}$,
wobei m_n die prozentuale Menge ist, die in das Intervall $d_n - d_{n+1}$ fällt.

Die Abweichung von δ und π von den Werten 1, z. B. graphisch veranschaulicht in Figur 2, mag als erstes Charakteristikum dienen. $\delta > 1$, meist verbunden mit $\pi < 1$, bedeutet in der Hauptsache bessere Aufbereitung des groben Anteils. $\delta < 1$, meist verbunden mit $\pi > 1$, tritt auf, wenn die feinere Fraktion gut, die gröbere schlecht aufbereitet ist (siehe Beispiele in der Arbeit von ZINGG). Durch d_{max}, d, d_{min} und p sind nur drei Punkte der Summationskurve festgelegt. In verschiedener Weise hat man versucht, durch weitere Faktoren den Kurvenverlauf näher zu präzisieren. Folgender Vorschlag ist zweckmässig, logisch und der beliebigen Anpassung und Ausdehnung fähig.

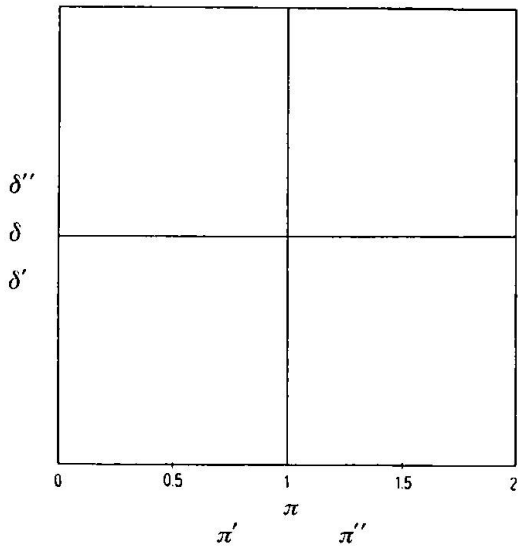


Fig. 2

Da durch d und p das Korngemisch in eine feinere und gröbere Fraktion getrennt wird, bestimmt man für jede dieser beiden in analoger Weise die mittlere Korngrösse und den dazugehörigen p-Wert. Die mittlere Korngrösse der feinen Fraktion sei d', der groben Fraktion d'', die zugehörigen p-Werte seien p' und q'' genannt, wobei letzteres von d_{max} an gerechnet wird (also $q'' = 100 - p''$, wenn p'' wie p und p' so gezählt wird, dass $d_{min} = 0$ ist) [5]). Bei einfach geradlinigem Verlauf der Summationskurve wäre $d' = \frac{d + d_{min}}{2} = \frac{d_{max} + 3\,d_{min}}{4}$, $p' = 25$,

d'' würde unter gleichen Bedingungen sein

$$d'' = \frac{d + d_{max}}{2} = \frac{3\,d_{max} + d_{min}}{4},\quad q'' = 25,$$

[5]) $p \cdot d' = m_0 \frac{d_0 + d_1}{2} + m_1 \frac{d_1 + d_2}{2} + \ldots m_{n'} \frac{d_n + d}{2}$.

Ob zwischen d und d_{min} bezw. d_{max} die Kurve einfach verläuft, zeigen die Werte

$$\frac{2d'}{d+d_{min}} = \delta', \quad \frac{2d''}{d+d_{max}} = \delta''; \quad \frac{2p'}{p} = \pi' \text{ und } \frac{2q''}{(100-p)} = \frac{2q''}{q} = \pi''$$

Sie sollten bei geradlinigem Gesamtkurvenverlauf alle = 1 sein. Mit δ und p lassen sie sich in Figur 2 durch Punkte eintragen. Durch Verbindung der drei Punkte erhält man ein charakteristisches Dreieck.

Durch	d_{max}	d″	d	d′	d_{min}	und dazugehörige
p	100	p″ bezw. q″	p bezw. q	p′		q - Werte

ist der Kurvenverlauf bereits durch fünf Punkte bestimmt, die zugleich ganz bestimmte Bedeutung haben: d = mittlere Korngrösse, d′ = mittlere Korngrösse der feinen Fraktion, d″ = mittlere Korngrösse der groben Fraktion. Das genügt in den meisten Fällen vollkommen, sonst ist naturgemäss der Weiterführung des Prinzips keine Grenze gesetzt.

Zur Charakterisierung ist übrigens noch die Differenz p″—p′ wichtig. Sie gibt an, wie gross der Gewichtsprozentanteil zwischen d″ und d′ ist. Manchmal mag es von Interesse sein, die Grössen d_{max}—d″, d″—d′, d′—d_{min}, die sich bei einfach geradlinigem Verlauf der Summationskurve wie 1:2:1 verhalten sollten, miteinander zu vergleichen. Auf die Summe 100 gebracht, d. h. durch $d_{max} - d_{min}$ dividiert und mit 100 multipliziert, nennen wir die Grössen D″, D und D′. Wie in der Arbeit von ZINGG gezeigt wird, entsprechen bestimmten Punkten im Dreieck D, D″, D′ gewisse charakteristische Kurvenverläufe. Alle diese Bestimmungen kennzeichnen in erster Linie den Kurvenverlauf und nur mit den absoluten Grössen die Güte der Aufbereitung. Es ist zweckmässig, auch dafür einen Zahlenwert zu haben, der von der Korngrösse unabhängig ist. Wir vergleichen zu diesem Zwecke die Differenz d″—d′ mit der entsprechenden Differenz, die bei vollkommener Aufbereitung innerhalb der benutzten Korngrössenintervalle vorhanden sein sollte. Für die UDDEN'schen Intervalle wäre im Idealfall $\frac{d''-d'}{d} = \frac{1}{3}$. Da nur periodisch gegenüber dieser Skala Abweichungen auftreten, wollen wir als Aufbereitungsindex die Grösse $\alpha = \frac{3(d''-d')}{d}$ bezeichnen. Sie ist ungefähr 1 bei guter Aufbereitung der mittleren Korngrösse und > 1 bei schlechter Aufbereitung der mittleren Korngrösse.

4. Die Bezeichnung der natürlichen Korngemische

Alle natürlichen Korngemische enthalten mehr als eine der eingangs unterschiedenen Fraktionen. Dennoch hat es keinen Sinn, diesen Fraktionen reine Kunstnamen zu geben oder den Korngemischen Bezeichnungen, die von den üblichen geologischen abweichen. Diese müssen nur in Anlehnung an den Sprachgebrauch näher definiert werden, derart, dass in Zukunft die Kontrolle, ob gewisse Bedingungen erfüllt sind, vorausgesetzt werden darf.

Es wird vorgeschlagen, die Bezeichnungen auf Grund der Grössen d, d″, d′ zu erteilen. Feinkies wäre ein Korngemisch, dessen drei Werte d″, d, d′ innerhalb der Feinkiesfraktion fallen, Kies kurzweg wäre ein Korngemisch, dessen Werte d″, d, d′ teils in das Intervall der Feinkies-, teils in das Intervall der Grobkiesfraktion fallen. Zumeist streuen die drei Werte über nicht mehr als zwei angrenzende Grossintervalle der nachstehenden Tabelle. Liegt die Streuung zwischen 20 mm und 0,2 mm (also Feinkies- und Grobsandfraktion umfassend), so sprechen wir von Gries; liegt sie innerhalb Feinsand- und Schluffraktion, von Silt. Schlämm könnte das Gemisch genannt werden zwischen Feinschluff und Schweb. Doppelnamen sind nur dann notwendig, wenn schon d″, d und d′ sich über drei oder mehr Grossintervalle verteilen. Dann ist wegen der schlechten Aufbereitung tatsächlich auch die Doppelbezeichnung am Platz.

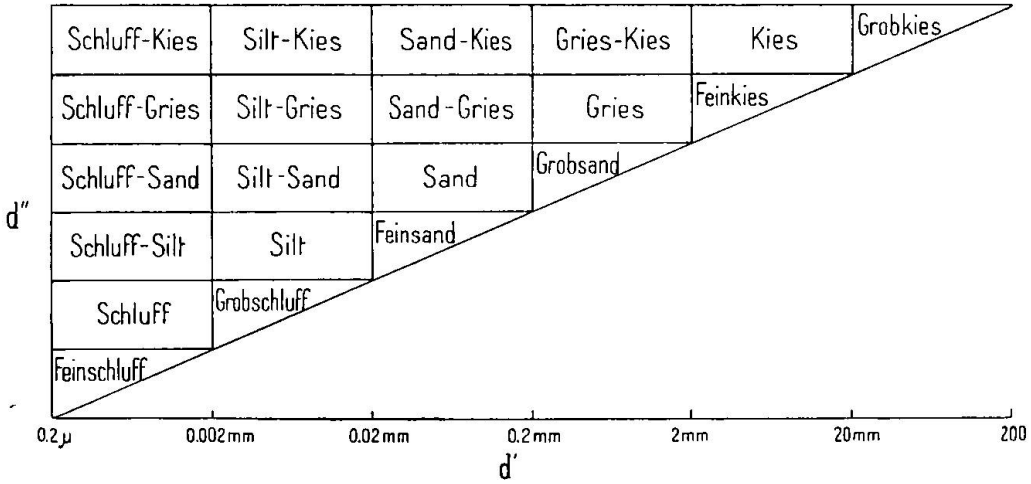


Fig. 3

Die obenstehende Tabelle Fig. 3 bedarf wohl kaum der Erläuterung. Dass die zusammengesetzten Namen selten in Gebrauch zu nehmen sind, wird wiederum die Untersuchung von Zingg zeigen.

Eingegangen: 22. März 1935.