

## BEITRÄGE ZUR KENNNTNIS DER KORNERTEILUNG VON TONIGEN SEDIMENTEN

T. UNGÁR

Planungsbüro, Szeged

Die Korngrösseanalyse der tonigen Sedimente wird durch Fällung am meisten nur bis 0,002 mm oder höchstens bis 0,001 mm Korndurchmesser durchgeführt. Das wird dadurch verursacht, dass die Fällungsgeschwindigkeit der Körner unter dieser Korngrösse schon sehr klein, bzw. die Fällungszeit zu lang ist. Demnach ist die Kornverteilung der charakteristischen ungarischen Sedimenttypen in allgemein nur bis 0,002 mm bzw. 0,001 mm bekannt. Das Ziel dieser Untersuchungen war die Kenntnis der Kornverteilung der tonigen Sedimente erweitern.

Im Auswahl der Methode haben wir folgende Gesichtspunkte in Rücksicht genommen:

1. Demnach die verschiedenen Methoden bei den Analysen der Kornzusammensetzung zu mehr oder weniger entscheidenden Ergebnisse führen — und nur diese Ergebnisse können verglichen werden, welche mit der selben Methode erreicht wurden — wollten wir keine neue Methode einführen. Deshalb haben wir die Methode mit Zentrifuge vernachlässigt. Im Hinsicht der Messung mit Elektronenmikroskop (4) sind auch einige kritischen Bemerkungen bekannt (6).

2. Es war zu erwarten, dass zum Hindern der Koagulation bei der Fällung Natriummetasilicat als Stabilisator verwendet werden muss und das die Glasinstrumente korrodieren wird. Deswegen müssten wir der Verwendung des Köhnschen-Apparates entsagen.

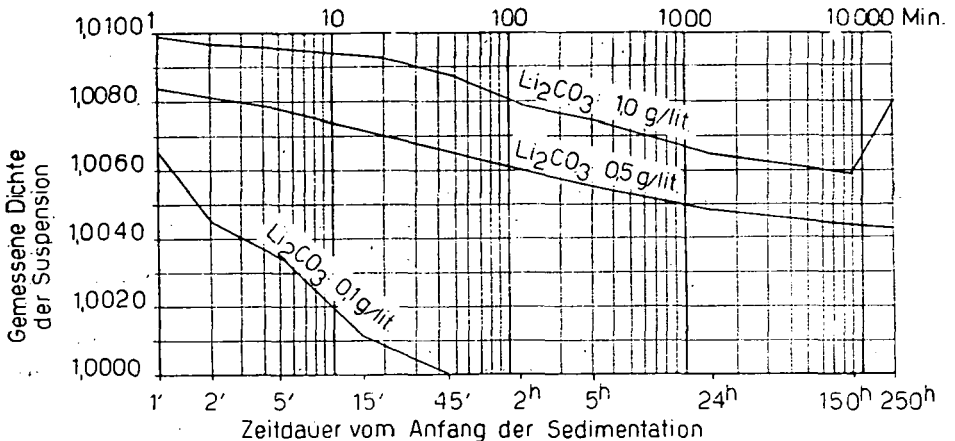
3. Demnach die Untersuchung des feinen Kornteiles eine wesentliche Verlängerung der Fällungszeit bedeutete, konnte man die sowieso lange Atterbergsche-Methode nicht in Hinsicht nehmen.

Auf Grund der oben erwähnten haben wir die folgende Methode benützt. Der von 0,06 mm grobere Teil wurde mit Siebanalyse untersucht. Das Messen wurde zwischen 0,06—0,001 mm mit Aräometer, darunter mit einer Pipette mit Robinson-Methode durchgeführt. Diese letztere Methode ermöglichte, dass — zur Abkürzung der Fällungszeit — am Ende der Fällung eine kleinere Gefällehöhe benützt wird. Das letzte Messen wurde mit Aräometer 150 Stunden nach dem Anfang der Fällung, das letzte Messen mit Pipette — abhängig von der Temperatur — ungefähr nach 25 Tagen (auf 20 °C gerechnet nach 504 Stunden) aus 2 cm Tiefe durchgeführt.

Die Temperaturschwankung war  $\pm 2$  °C, welche nach CASAGRANDE (2) auf der Kornverteilungskurve ungefähr 2% Fehler zeigt. Diese Fehlergrenze ist

nach GESSNER (4) entsprechend. Übrigens — nach unseren vorherigen Untersuchungen (7) — kommt so grosser, sogar etwas grösserer Unterschied bei unter vollständig selben Verhältnissen, parallel durchgeführten Untersuchungen auch vor.

Wegen der sehr langen Fällungszeit bedeutete das Verhindern der Koagulation grosse Schwierigkeiten. Das dispergierende Material und dessen günstigste Konzentration musste vorher bei jeden einzelnen Mustern extra mit Epruvettenuntersuchung bestimmt werden. Die folgenden Materialien wurden zum Dispergieren ausprobiert: Lithiumcarbonat, Natriummetasilicat, Natriumcarbonat, Natriumzitat, Natriumpyrophosphat. Bei diesen Mustern, die kein organisches Material enthielten, hat das Natriummetasilicat in 2 ml/l Konzentration das günstigste Ergebnis gegeben. Bei den organische Stoffe enthaltenden (humusartige) Materialien haben wir mit Lithiumcarbonat sehr stabile Suspensionen bekommen. Wesentlich ist aber — gelegentlich der Verwendung von Lithiumcarbonat — die günstigste Konzentration ganz genau bestimmen. Dies bezüglich wurde auf **Abb. 1.** die Veränderung der Suspensionsdichte mit der Zeit eines stark humusartigen Tons (Wiesenton) abhängig von der Konzentration des verwendeten Lithiumcarbonats dargestellt.



Zu den Messungen wurde 25 g vom Bodenmuster verwendet. Bei der ersten Untersuchung war das dispergierende Material 1,0 g/l. Am Anfang schien die Suspension ganz stabil zu sein; nach 24 Stunden konnte man mit Aräometer nur ganz geringes Sinken der Dichte bemerken. Nach 150 Stunden hat die Innenreibung der Suspension auffallend zugenommen, und nach 250 Stunden war die mit Aräometer gemessene Dichte grösser, als die nach 150 Stunden. Das kann dadurch erklärt werden, dass in Folge der Koagulation eine — den grössten Teil der Suspension ausfüllende, aus lockeren Flocken bestehende Ablagerung entstanden ist. Bei der zweiten Untersuchung — gelegentlich der Verwendung des dispergierenden Materials 0,1 g/l — wurde die Suspension schon nach 15 Minuten stark koaguliert, nach 45 Minuten waren schwebende Teile sozusagen, überhaupt nicht. Die dritte Untersuchung, — welche mit 0,5 g/l Lithiumcarbo-

nat durchgeführt wurde — hat im Hinblick der Suspension und aus der bestimmten Kornverteilung ausgenügende, wahrscheinliche Ergebnisse gegeben.

Da muss erwähnt werden, dass bei einigen, hohen kalkhaltigen Materialien eine entsprechende Stabilität der Suspension überhaupt nicht erreicht werden konnte; deren Untersuchung müssten wir entsagen.

Die Muster wurden so zusammengewählt, dass die meisten Typen der einheimischen, besonders geologisch jungen Sedimenten untersucht werden sollen.

1. Grauer, Holozän-alluvialer Ton. Fundort Uj-Szeged, das ehemalige Überschwämmungsgebiet der Tisza. Das Liegende schlammartiger, alluvialer Sand, das Hängende humusartiger Ton.

2. Grau-braun fleckiger pannoner Ton, Kaposgyarmati.

3. Gelber Ton von Oberen-Pleistozän, Szeged. Das Hängende Löss.

4. Schwarzer, stark humusartiger Ton vom Holozän (Wiesenton), Gyulavár. Das Liegende hellgelber Löss.

5. Gelber, Sodaerde-artiger Ton vom Oberen-Pleistozän (Sodaerde-artiger Löss), Nagylak. Das Liegende Löss, das Hängende brauner, humus- und Sodaerde-artiger Ton.

6. Graugelber Ton vom Oberen-Pleistozän; Orosháza. Das Hängende brauner, humusartiger Ton.

7. Blaugrauer Ton vom Oberen-Pleistozän, Szeged. Das Hängende gelber Ton.

8. Schwarzer, stark humusartiger holozäner Ton (Wiesenton) von der Oberfläche, Algyó. Das Liegende Löss.

9. Rotbrauner Ton vom Oberen-Pleistozän (Abhängeton), Mikófalva. Das Hängende schwarzer, humusartiger Ton.

10. Schwarzer, humusartiger Ton vom Oberen-Pleistozän von der Oberfläche, Jászberény. Das Liegende gelber Löss.

Die Kornverteilungskurven der untersuchten Materialien sind auf **Ab. 2.**, die Kornverteilungsparameter (nach TRASK), die Ergebnisse der im Hinblick physikalischer und chemischer Eigenschaften durchgeführten Ergänzungsuntersuchungen der Sedimente auf **Tabelle 1.** demonstriert. Die Zeichen der Tabelle:

*M*: Median, Mittelkorndurchmesser; *Q*<sub>1</sub>: Unter Quartil; *Q*<sub>3</sub>: Oberquartil; *So*: Sortierung; *Sk*: Kurvensymmetrie; *F*: Fließgrenze; *P*: Ausrollgrenze; *P*<sub>i</sub>: Plastizitätszahl.

Auf Grund der Kornverteilungskurven **Abb. 2.** ist feststellbar, dass die Verhinderung der Koagulation gelungen ist, so eine Brechung auf den Kurven, die auf Koagulation hinweisen möchten nicht bemerkbar ist. Es ist weiterhin klar, dass die Menge der Körner, die kleiner als 0,0001 mm sind, im allgemeinen noch wesentlich, in jedem Fall gut messbar, bei einem Teil der Muster sogar über 10% ist. Obwohl ein jeder der Muster stark tonartig ist, hohen „Kolloidgehalt“ hat, das mittlere Korndurchmesser zeigt doch grosse Entscheidungen, es schwänkt ung. binnen einer Ordnungsgrösse (0,022—0,0025 mm). Im Hinblick der Klassifikation finden wir auch wesentliche Unterschiede. Das Wert der Kurvensymmetrie ist bei jedem Muster kleiner als 1, das ist aber von den bisherigen, bis 0,001 mm durchgeführten Analysen auch bekannt. Auf Grund der **Tab. 1.** können wir die Kornverteilungs- und Plastizitätseigenschaften vergleichen. Mit der Zunahme des mittleren Korndurchmessers zeigt sich die Abnahme der Fließgrenze und der Plastizitätszahl. Das weist darauf hin, dass — wenigstens bei den untersuchten, hauptsächlich jungen Tonen — die Plastizi-

tätigkeits-eigenschaften in erster Reihe von der Kornzusammensetzung abhängig sind. Der Zusammenhang ist natürlich nicht eindeutig, denn die Plastizitätseigenschaften von anderen Eigenschaften (Mineralzusammensetzung, adsorbierte Ionen usw.) wesentlich beeinflusst sind; aber die mineral-chemischen Eigenschaften verdrängen nicht den grundlegenden Einfluss der Kornzusammensetzung. Die

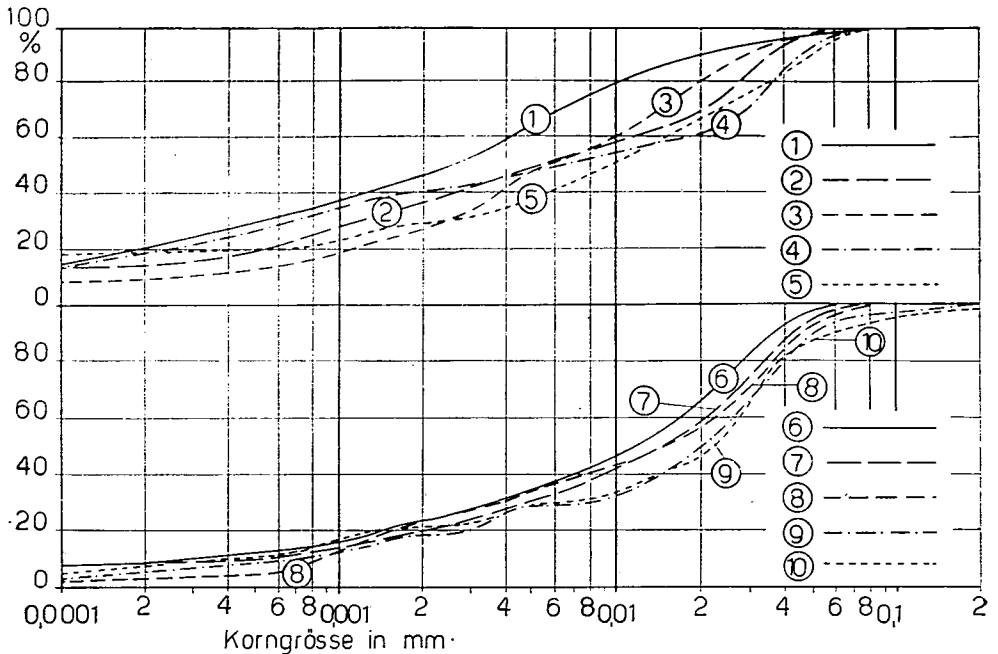


Abb. 2. Die Kornverteilung der untersuchten Materialien

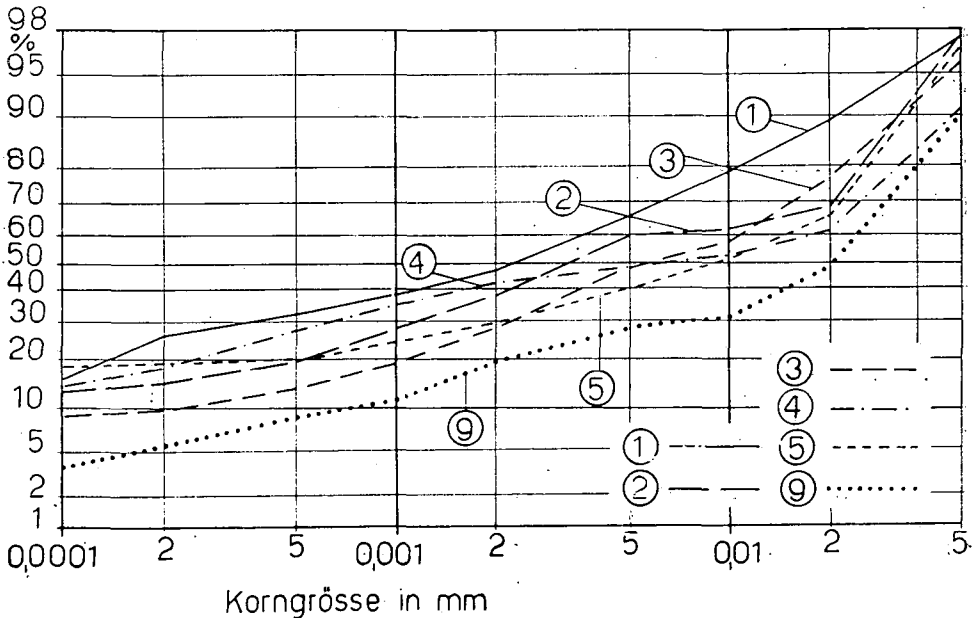
Ausrollgrenze verändert sich auf relative kleinem Gebiet. Auf Grund der bisherigen Untersuchungen scheint es so, dass die Muster, welche relative kleinere Plastizitätszahl besitzen, bei einer Ausrollgrenze höher als 30, auf organischen Materialgehalt weisen; bei den Mustern, die höhere Plastizitätszahl haben, kann aber ohne organischem Materialgehalt ein Wert grösser als 30 vorkommen.

Es wurde bei den durch künstlichen Zerkleinerung dargestellten Materialhäufen schon längst, später aber auch bei den klastischen Sedimenten das Beschreiben der Kornverteilung durch Wahrscheinlichkeitskurven probiert. Unter den Wahrscheinlichkeitsgesetzen ist die GAUSSsche längst bekannt, das ist aber im Originalform zum Beschreiben der Kornverteilung der klastischen Sedimente nicht geeignet. Nämlich die GAUSSsche Verteilung ist symmetrisch, aber die Verteilung der klastischen Sedimente, besonders der tonartigen ist asymmetrisch in dem Sinne, dass die Klassifikation in die Richtung der kleineren Korngrössen schlechter ist, als in die Richtung der grösseren. Mit entsprechender Umformung wurde ein Zusammenhang aufgestellt, welcher mit der asymmetrischen Kornverteilung der klastischen Sedimente besser übereinstimmte. HAZEN hat ein spezielles Koordinatensystem konstruiert, in dem dem Wahrscheinlichkeitsgesetz folgende Verteilungen in einer geraden Linie erscheinen

(in 5). Zur Beschreibung der künstlichen Tonhäufen wird eher der ROSIN-RAMMLERSche Zusammenhang bzw. dessen BENNETTSche Form benutzt (in 1). Zu diesem Zusammenhang kann auch ein Koordinatensystem konstruiert werden, in welchem der BENNETTSchen Verteilung folgenden Kornverteilungen auf einer Linie erscheinen.

Die Verteilungskurve von 6 untersuchten, unter verschiedenen Verhältnissen entstandenen Muster ist im HAZENSchen Koordinatensystem in **Abb. 3.**, im BENNETTSchen in **Abb. 4.** dargestellt.

Die Untersuchung von **Abb. 3.** und **4.** weist darauf hin, dass die Kornverteilungen von der regelmässigen Wahrscheinlichkeitsverteilungen mehr oder weniger abweichen. Die Verschiedenheit ist besonders in groben Korngrösseteilen (über 0,01–0,02 mm) weiterhin in den feinsten Korngrösseteilen bemerkbar. Die Kornverteilung der Tonsorten wird von den zwei Wahrscheinlichkeitsgesätzen durch das BENNETTSche besser ernähert. Wenn wir die Grösse der Abweichung von der BENNETTSchen Verteilung bei den einzelnen Sedimentsorten untersuchen, können wir – wegen der relative kleinen Zahl der untersuchten Materialien nur bedingungsweise – die Folgenden feststellen. Die kleinste Abweichung von dem Wahrscheinlichkeitsgesetz ist bei dem von der Überschwemmungsablagerung stammenden Ton (Muster 1.). Das ist damit zu erklären, dass obwohl



**Abb. 3.** Kornverteilung von Sedimenten im HAZENSchen Koordinatensystem.  
Die Nummer der Muster ist gleich mit dem im Text und mit dem der **Tabelle 1.**

es langsam, aber doch aus einem strömenden Wasser abgelagert wurde und so schon eine gewisse Sortierung entstanden ist. Die Abweichung ist klein, aber grösser als die vorherige bei von Meer- und Teichablagerungen stammenden Mustern. (Muster 2. und 3.). Bei dem stark humusartigen Material finden wir einen grossen Unterschied, (Muster 4.) denn die Menge der feineren Teile

durch das nachträglich entstandene organische Material vermehrt wurde. Der natronhaltige Ton zeigt eine ähnliche abweichung, dafür ist die Mineralkörner aufschliessende Wirkung der sodahaltigen Bodenlösung verantwortlich, welche zum Anwachsen der feinen Teile führte. Im Falle des „Nyirok“-Musters (Mus-

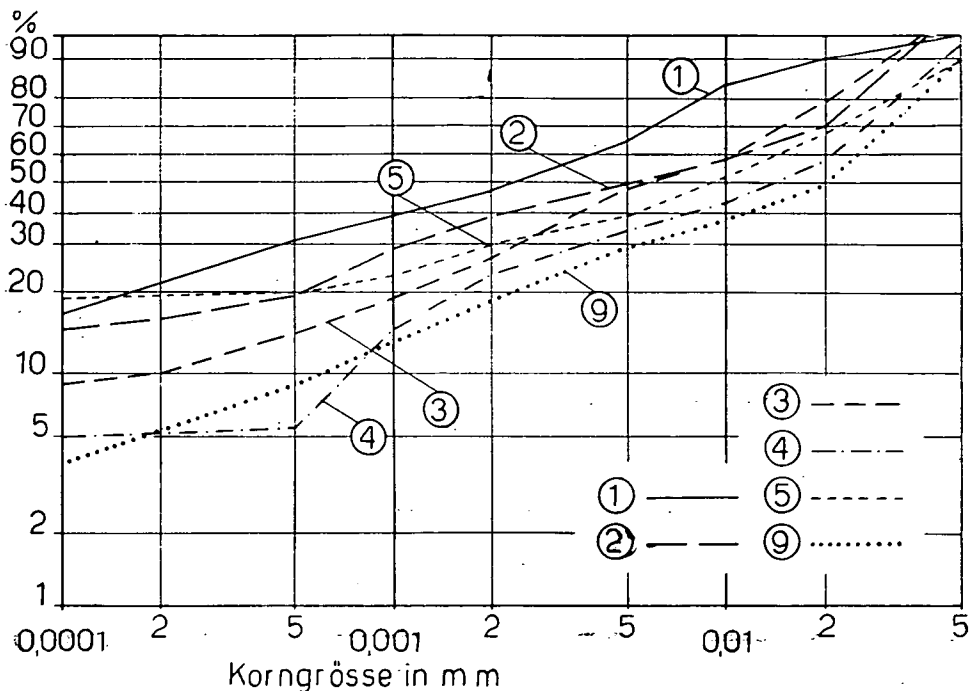


Abb. 4. Kornverteilung von Sedimenten im BENNETSchen Koordinatensystem

ter 9.) können wir die im Gebiet der groben Körner entstehende Abweichung mit dem ortsfesten-Sediment-Karakter dieses Materials in Verbindung bringen.

Die Feststellung des in Tonsedimenten vorkommenden „kleinsten Korndurchmessers“ hat hauptsächlich eine theoretische Bedeutung, aber manche Darstellungen der Kornverteilung machen auch unentbehrlich die willkürliche Aufnahme dieses Durchmessers (8). Im Kenntnis des Wahrscheinlichkeitscharakters der Kornverteilung der klassifizierten klastischen Sedimente ist offenbar, dass der Begriff des „kleinsten Korndurchmessers“ nur definitionartig festzustellen ist, denn in feinkörnigen klastischen Sedimenten kommen die Körner in abnehmender Menge ganz bis zum 0 (zero) in allerlei Massen vor. Wenn aber als „kleinstes Korndurchmesser“ dieses angenommen wird, mit welchem die Körner in übereinstimmendem Masse, wenn auch in geringer, aber in einer gewisser Menge der Häufung teilnehmen, dann hat der Begriff des „kleinsten Korndurchmessers“ eine genaue Bestimmung gewonnen, und das kann als charakteristisches Wert angenommen werden. Es scheint zweckmässig zu sein, dass als „kleinstes Korndurchmesser“ dieses angenommen wird, mit welchem die Körner in ganzer Menge nur 1% betragen. Deren Bestimmen ist durch Extrapolation (Abb. 2.) der einfachen summierenden Kurve nicht möglich, denn sie

nähert sich asymptotisch zur Achse des Korndurchmessers; aber es ist feststellbar mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsdiagramme. Im BENNETSchen ergibt sich das „kleinste Korndurchmesser“ 0,0002–0,008 m, im HAZENSchen 0,0016–0,014 m. Das durchschnittliche Wert – 0,006 m – ist noch auch wesentlich kleiner, als vom CORRENS vorgeschlagene untere Grenze mit 0,02 m.

Zusammenfassend können wir feststellen, dass mit der beschriebene Methode die Aufnahme der Kornverteilungskurve bis 0,0001 mm bei mehreren tonartigen Sedimenten gelungen ist. Es ist zu betonen, dass diese Methode wegen der Umständlichkeit des Vorbereitens und wegen der Langweiligkeit der Fällung zur Serienuntersuchung nicht geeignet ist, aber dazu ja, dass wir die Kornverteilung der charakteristischen *Sedimenttypen* im Gebiet der feinen Korngröße erkennen.

Schon die bisherigen Untersuchungen weisen darauf hin, dass die längeren Kornverteilungskurven – besonders bei der im Wahrscheinlichkeitskoordinatensystem durchgeführten Darstellung – aus *geologischem* und *petrologischem* Gesichtspunkte gewisse genetische Folgerungen ermöglichen. In der *Bodenkunde* weist die relative abnehmende Menge der feinsten Körnteile den einzelnen Bodenschichten auf während der Bodenbildung entstandene Auslauge-, die zunehmende Menge auf Akkumulationsvorgänge hin.

Es ist weiterhin allgemein angenommen, dass die fisikalischen Eigenschaften der Kornhäufungen entscheidend von den feinsten Körner bestimmt werden, so ist die quantitative Untersuchung der feinen Körnteile auch vom *bodenmechanischen* und *keramischen* Gesichtspunkt begründet.

**Tabelle 1.**

Die Kornverteilungs-, einige physikalische und chemische Angaben der untersuchten Muster

Nº des Musters	Petrologische Benennung	Erdzeitalter	$M$ mm	$Q_1$ mm	$Q_3$ mm	$S_0$	$S_k$	$F\%$	$p\%$	$p_i$	$CaCO_3$ %
1.	Gräuer Ton,	Holozän	0,0025	0,0003	0,008	5,1	0,38	113	32	81	4
2.	Bunter Ton,	Pannon	0,0050	0,0008	0,025	5,6	0,80	82	37	45	1
3.	Gelber Ton,	Pleistozän	0,0055	0,0015	0,017	3,3	0,84	85	27	58	4
4.	Schwarzer, humusarti- ger Ton	Holozän	0,0060	0,0004	0,032	2,8	0,37	91	39	52	0
5.	Gelber, natronhalti- ger Ton	Pleistozän	0,0090	0,0011	0,029	5,1	0,39	80	23	57	15
6.	Gelber Ton,	Pleistozän	0,012	0,0023	0,025	3,3	0,40	89	24	65	23
7.	Gräuer Ton,	Pleistozän	0,014	0,0030	0,030	3,2	0,46	66	28	38	1
8.	Schwarzer, humusarti- ger Ton	Holozän	0,014	0,0021	0,032	3,9	0,34	62	30	32	0
9.	Rotbräuner Ton,	Pleistozän	0,020	0,0037	0,036	3,1	0,33	56	25	31	0
10.	Schwarzer, humusarti- ger Ton	Pleistozän	0,022	0,0032	0,035	3,3	0,26	48	22	12	12

## LITERATUR

- [1] BEKE B.: Aprítás és fajtázás. Budapest, 1952.
- [2] CASAGRANDE, A.: Die Aräometer-Methode zur Bestimmung der Kornverteilung von Böden u. anderen Materialien. Berlin, 1934.
- [3] CORRENS, C. W.: Die Sedimente des äquatorialen Atlantischen Ozeans. „Meteor“ Exped. Berlin—Leipzig, 1935.
- [4] GESSNER, H.: Die Schlämmanalyse. Leipzig, 1931.
- [5] KÉZDI A.: Talajmechanika, I. Budapest, 1960.
- [6] NEMECZ, E.: Halloysit Gyöngyösorsziból. Földtani Közl., 83., 10—12., 1953.
- [7] UNGÁR T.: Szemecösszetételi elemzési módszerek összehasonlítása. Földtani Közl., 87., 1., 1957.
- [8] VENDL M.: Szemcsenagyság-elemzések grafikus ábrázolásáról. Mat. és Term.-tud. Ért., 61., 1942.
- [9] VENDEL M.: A kőzetmeghatározás módszertana. Budapest, 1959.