

EINE SEDIMENTATIONSMETHODE ZUR CHARAKTERISIERUNG DER MIKROSKOPISCHEN STRUKTUR VON BÖDEN

Mit 7 mikroskopischen Aufnahmen
von Ewald Schild, Wien

Von DOZ. DR. HANS LINSER, Linz
(Leiter des Biologischen Laboratoriums der Österreichischen Stickstoffwerke Aktiengesellschaft, Linz/Donau)

Im Zusammenhang mit Arbeiten über die Beeinflussung der Krümelstruktur von Böden mit Hilfe von Humusstoffen (1) war es wünschenswert, eine Methode zu besitzen, die sowohl die Zusammensetzung verschiedener Bodenproben aus verschiedenen großen Teilchen (im peptisierten Zustande) sowie die etwaige Krümelstruktur (im nichtpeptisierten Zustande) in sinnfälliger Weise darzustellen und vergleichbar zu machen gestattet. Da von den in Bodenproben vorliegenden Krümeln zunächst nur die wasserbeständigen von Interesse waren, konnte der erwünschte Zweck durch eine Sedimentationsmethode erreicht werden.

Die zahlreichen bisher verwendeten Methoden zur Aufgliederung von Böden in Fraktionen verschiedener Teilchengröße dienten vorwiegend dazu, möglichst genaue quantitative Angaben über die mengenmäßigen Anteile verschiedener Teilchengrößen an der Gesamtmenge einer Bodenprobe zu gewinnen, um auf Grund solcher Zahlen eine Charakterisierung und Klassifizierung verschiedener Bodentypen durchführen zu können. So kann man beispielsweise auf Grund der mengenmäßigen Anteile verschiedener Teilchengrößenklassen unterscheiden zwischen Schluffsand und Sanden, lehmigem Sand, sandigem Lehm, Lehm, tonigem Lehm, Letten oder schwerem Ton (vgl. Tabelle 1), oder aber im Sinne von ATTERBERG nach VAGELER und ALTEN (2) zwischen Sand (2,0 bzw. 0,2 bis 0,02 mm Teilchendurchmesser), Silt (0,02 bis 0,002 mm Teilchendurchmesser) und Ton (Teilchendurchmesser kleiner als 0,002 mm). Im letztgenannten Falle läßt sich eine, die jeweiligen Anteile an Sand, Silt und Lehm berücksichtigende Klassifikation geben, wie sie in Tabelle 2 bzw. in Abb. 1 dargestellt ist.

Tabelle 1

Klassifizierung von Böden auf Grund ihrer mengenmäßigen Zusammensetzung aus (peptisierten) mineralischen Partikelchen verschiedener Korngrößen

Bodentypus	Mengenanteil der einzelnen Teilchendurchmesserklassen in Prozenten			
	2,0—0,05 mm	0,05—0,01 mm	< 0,01 mm	< 0,002 mm
Sande	> 50	10 — 20	< 10	< 10
Lehmiger Sand	50	10 — 30	10 — 20	10 — 25
Sandiger Lehm	30	20 — 40	20 — 40	25 — 40
Lehm	30	30 — 50	20 — 45	40 — 50
Toniger Lehm	30	20 — 40	40 — 60	
Letten.	25	≈ 20	50 — 75	50 — 75
Schwerer Ton	< 20		> 75	> 75

Klassifizierung von Böden nach ihren Gehalten an Sand,
Silt und Ton nach VAGELER und ALTEN (2)

I. Sandboden mit mehr als 50% Grobsand (2,0–0,2 mm Teilchendurchmesser)		
über 75% Grobsand...	Sand	Sa
über 25% Mittelfraktion	Silt-Sand.	Si-Sa
über 25% Ton.	Lehm-Sand	L-Sa
keine Fraktion mehr als 25%	Ton-Sand...	T-Sa
II. Siltboden mit mehr als 50% Mittelfraktion (0,2–0,02 mm Teilchendurchmesser)		
über 75% Mittelfraktion	Silt	Si
über 25% Grobsand.....	Sand-Silt.....	Sa-Si
über 25% Ton.....	Ton-Silt.....	T-Si
keine Fraktion mehr als 25%	Lehm-Silt	L-Si
III. Tonboden mit mehr als 50% Ton (unter 0,002 mm Teilchendurchmesser)		
über 75% Ton	Ton.....	T
über 25% Grobsand.....	Sand-Ton.....	Sa-T
über 25% Mittelfraktion	Silt-Ton..	Si-T
keine Fraktion mehr als 25%..	Lehm-Ton..	L-T
IV. Lehmboden, keine Fraktion über 50%		
jede Fraktion zwischen 30–37,5%	Lehm	L
37,5–50% Grobsand	Sand Lehm	Sa-L
37,5–50% Mittelfraktion..	Silt-Lehm	Si-L
37,5–50% Ton.....	Ton-Lehm	T-L

Läßt sich besonders an dem letztgenannten Schema eine Bodenprobe ziemlich klar und eindeutig einordnen und ist auch innerhalb des Dreiecks durch ihre Lage eine brauchbare Charakterisierung für viele Zwecke gegeben, so erhält man auf diese Weise doch keinen unmittelbaren Eindruck von der Struktur des untersuchten Bodens.

Alle die Methoden, die zur Teilchengrößenbestimmung von Böden bzw. zur Bestimmung des quantitativen Anteils der verschiedenen Größenklassen herangezogen werden, beruhen auf einer zahlenmäßigen Auswertung eines Sedimen-

tationsvorganges, wobei zwei Annahmen gemacht werden: einerseits die Gleichheit des spezifischen Gewichtes aller Teilchen einer Bodenprobe und andererseits die annähernde Kugelgestalt der Teilchen. Am bekanntesten von den heute noch benützten Methoden zur Bestimmung der Teilchengröße von Böden sind die Methoden von KÜHN und ATTERBERG (3, 4), die Spülmethode von KOPECKY und KRAUSS (5, 6, 7), die Schlämmanalyse von GESSNER (8), die Pipettmethoden nach KÖHN (9, 10, 11) und KÖTTGEN (12, 13) sowie die neuerdings viel benützte Aräometermethode nach CASAGRANDE (14). Alle diese Methoden liefern Zahlenreihen, durch die sich ein Boden meist nur wenig eindrucksvoll kennzeichnen läßt (vgl. z. B. Abb. 2) und sagen nichts über die Form der einzelnen Teilchen aus, während sie in ihrer Aussage über die Größe der Teilchen das für jedes einzelne Teilchen nicht bestimmbare spezi-

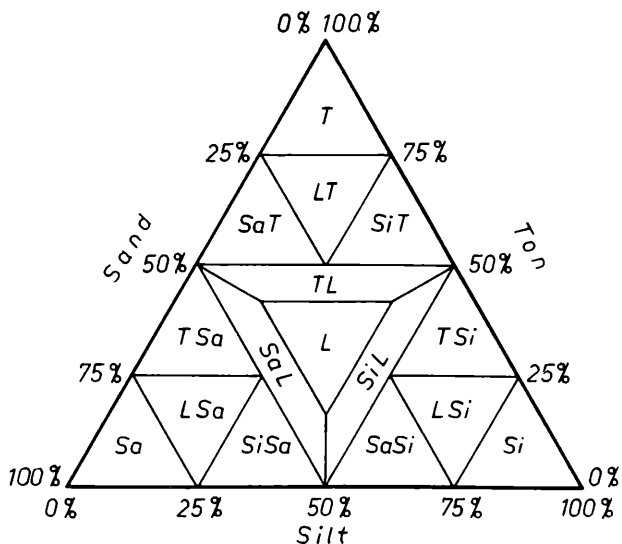


Abb. 1.

Schema der Klassifizierung von Böden nach ihrem Gehalt an Sand, Silt und Ton.
Nach VAGELER und ALTEN

fische Gewicht als unsicheren Faktor einschließen. Solange man nur völlig peptisierte Böden zur Größenbestimmung ihrer Teilchen heranzuziehen beabsichtigt, mag der durch die Unsicherheit des spezifischen Gewichtes hervorgerufene Fehler noch unberücksichtigt bleiben. Wenn jedoch durch Bildung von Aggregaten erster Ordnung (vgl. SEKERA [15]) größere und voluminösere Krümel entstehen, die vielleicht Hohlräume einschließen und deren spezifisches Gewicht mit jenem ihrer Einzelteilchen nicht mehr übereinstimmt, werden größere Fehler entstehen. Es scheint daher angezeigt, in solchen Fällen von der rein rechnerischen Auswertung des Sedimentationsversuches abzusehen und eine direkte Sichtbar- und Meßbarmachung der Bodenteilchen anzustreben. Hierbei kann allerdings die Sedimentations- oder eine Schlämmethode zur Aufgliederung einzelner Fraktionen benützt werden.

Um zu einer Aufgliederung der verschiedenen großen Teilchen einer Bodenprobe zu einzelne Fraktionen zu gelangen, die eine annähernde Bestimmung des mengenmäßigen Anteils jeder Größengruppe gestattet und daher eine näherungsweise Einordnung in das Schema von VAGELER und ALTEN ermöglicht und um zugleich eine mikroskopische Kontrolle des Aussehens, der Form und der Größe der Teilchen zu ermöglichen, wurde die folgende Methode gewählt.

In einer röhrenförmigen, etwa 30 cm langen, segmental auf etwa 15 mm Breite aufgeschnittenen Aluminiumküvette mit einer lichten Weite von 25 mm, die mit einem aufgeklebten Glasfenster versehen ist (vgl. S in

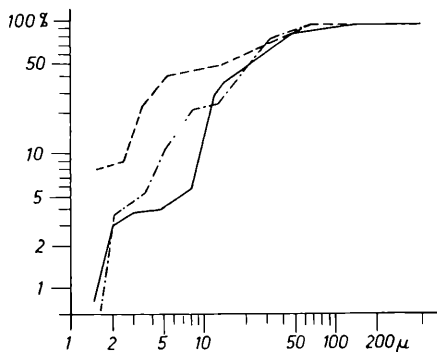


Abb. 2.

Vergleich dreier Bodencharakterisierungskurven nach CASAGRANDE.

A Krume (0—25 cm Tiefe), B Mittelgrund (25—85 cm Tiefe) und C Untergrund (85—125 cm Tiefe) eines lehmigen Ackerbodens aus Thening, Oberösterreich. Ordinate: prozentueller Anteil der Teilchengrößenklassen. Abszisse: maximale Teilchengröße in μ (experimentelles Ergebnis meines Mitarbeiters Ing. F. BENTZ).

Abb. 3) und die Wasser enthält, werden etwa 13 ccm der zu untersuchenden Bodenprobe (die gegebenenfalls vorher peptisiert wurde) eingebracht und gut durchgeschüttelt. Dann wird die Küvette lotrecht in ein Stativ eingespannt (Abb. 3) und die Bodenprobe vollständig sedimentieren gelassen. Bei seitlicher Betrachtung durch das Fenster wird nun ein Sedimentationsprofil des Bodens sichtbar, bei dem sich die größten Teilchen unten, die feinsten als oberste Schicht vorfinden und das gestattet, durch Messung der Schichtdicken der einzelnen Größenklassen im Verhältnis zur Gesamthöhe des Sedimentes, die mengenmäßigen Anteile der einzelnen Fraktionen direkt zu bestimmen. Durch das seitliche Fenster kann das Sediment nun mit Hilfe eines waagrecht angebrachten Mikroskops (F in Abb. 3) beobachtet werden. Man verwendet hierbei, je nach dem interessierenden Größenbereich der Teilchen, zweckmäßig etwa 30- bis 100fache Vergrößerung. Um eine genaue

Beobachtung bzw. Messung der Teilchengrößen in verschiedenen Höhen des entstandenen Sedimentes zu ermöglichen, muß der Mikroskoptubus auf einem Stativ angebracht werden, das nach Art eines Horizontalmikroskops dessen Verschiebung um meßbare Längenbeträge von oben nach unten und umgekehrt bei waagrecht Lage des Tubus ermöglicht (vgl. Abb. 3).

Um ein anschauliches und zugleich meßbar auswertbares Dokument von einer Bodenprobe zu erlangen, ist es zweckmäßig, eine photographische Aufnahme anzufertigen. Durch Aufsetzen einer Kleinbildkamera auf den Mikroskoptubus (vgl. Abb. 3) und seitliche Beleuchtung des Sedimentes beispielsweise mit einer REICHERT'schen Mikroskopierlampe (vgl. eben-

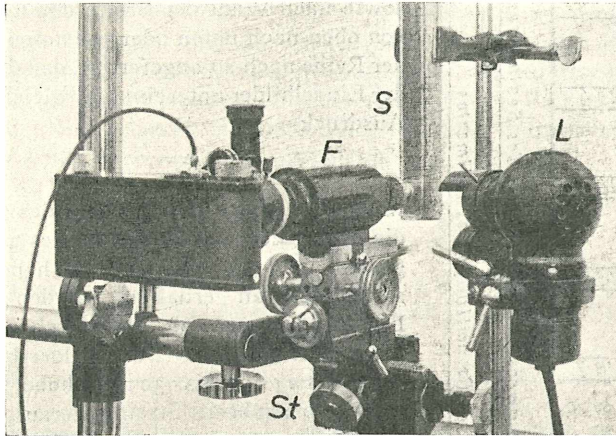


Abb. 3.

Apparatur zur Mikrophotographie von Bodensedimenten.

falls Abb. 3) ist auf einfache Weise eine Aufnahmeapparatur zusammenzustellen, die die mikrophotographische Aufnahme des Bodensedimentes bei seitlichem Auflicht ermöglicht. Die Vergrößerung wird zweckmäßig je nach der Teilchengröße so gewählt, daß die Bodenteilchen auf der auf das Format 9×12 cm vergrößerten Aufnahme etwa 30fach oder 100fach vergrößert erscheinen.

Wollte man die Gesamthöhe des Sedimentes photographieren, die mit etwa 25 mm gewählt werden soll, so würde man bei 100facher Vergrößerung ein Band von 2,5 m Länge erhalten. Da jedoch zur Einteilung von Böden nach den üblichen Klassifizierungsweisen die Genauigkeit der Bestimmung der Anteile der einzelnen Größenklassen nicht so groß zu sein braucht und außerdem deren Abgrenzung durch die kontinuierlichen Übergänge erschwert ist, genügt es, aus der Gesamthöhe des Sedimentes zehn einzelne Bereiche

so auszuwählen, daß sie über die Gesamthöhe gleichmäßig verteilt sind. Man erhält so zehn einzelne Aufnahmen, aus denen man Streifen herausschneiden und diese zu einem Gesamtbild vereinigen kann. Die Anordnung der Einzelbilder wird dabei am besten so gewählt, wie dies in Abb. 4 schematisch dargestellt ist. Man erfaßt auf diese Weise sowohl die unterste wie die oberste Schicht des Sedimentes vollständig und ist durch die gleichmäßige Verteilung der übrigen 8 Aufnahmen von der Varianz der Sedimenthöhe bei verschiedenen Proben ziemlich unabhängig. Die Einzelaufnahmen werden nach Bestimmung der Gesamtlänge des Sedimentes sowie nach Wahl der Breite des Einzelbildes von oben nach unten oder von unten nach oben der Reihe nach so angefertigt, daß der Abstand der Einzelbilder untereinander gleich wird dem Ausdruck

$$A = \frac{L-x}{9},$$

wobei die Breite des Einzelbildes mit x und die Höhe des Gesamtsedimentes mit L eingesetzt ist (vgl. Abb. 4). Um handliche Gesamtbilder zu erhalten, werden aus den Einzelaufnahmen an der durch die geforderte Anordnung der Einzelbilder bestimmten Stelle etwa 20 bis 30 mm hohe und etwa 100—110 mm breite Streifen herausgeschnitten und diese zu einem Gesamtbild vereinigt, das, ähnlich einem Spektrum, einen Gesamtüberblick über die Aufgliederung eines Bodens auf die verschiedenen Teilchengrößen vermittelt. Zwei Beispiele solcher Gesamtbilder sind — bei 30facher Vergrößerung kopiert — in Abb. 5 nebeneinandergestellt.

Es handelt sich hierbei um nicht peptisierte, aber von den über 0,2 mm großen Bestandteilen abgeseibte Proben von Garten Erde im Vergleich zu Ackerboden, bei denen die wasserbeständigen Aggregate erster Ordnung (15) noch erhalten sind.

Um einen Vergleich solcher Bilder mit Teilchen zu ermöglichen, die durch Siebe bekannter Maschenweite hindurchgehen, wurde eine vorher peptisierte Bodenprobe¹⁾ in einer Siebmaschine durch Siebe aus schweizerischer

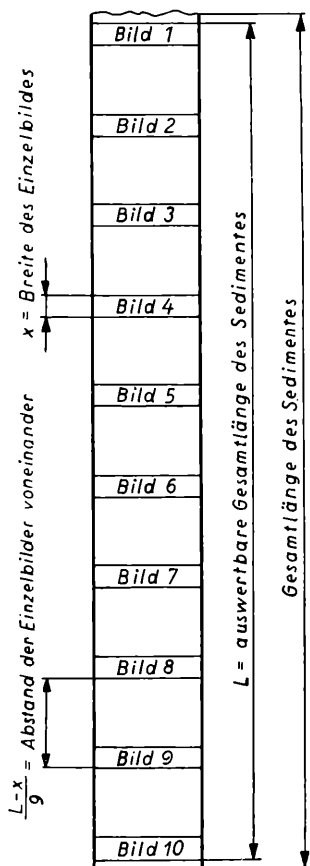


Abb. 4. Anordnung der Einzelbilder bei Reihen-aufnahmen von Bodensedimenten.

1) Sandiger Lehm aus Hofkirchen, O.-Ö., Verwitterungsboden aus Gneis.

MÜLLER-Gaze gemessener Maschenweiten fraktioniert. Jede einzelne dieser Fraktionen wurde sedimentiert und aufgenommen. Hieraus wurde eine Größenskala gewonnen, die in Abb. 6 wiedergegeben ist und im direkten Vergleich eine ziemlich genaue Abschätzung der Größenordnung der Teilchen beliebiger Aufnahmen aus beliebigen Bodenproben ermöglicht. Um sie bei verschiedenen Vergrößerungen gebrauchen zu können, wurde ihr eine maßstäbliche Skala für verschiedene Maßstäbe seitlich angefügt.

Verwendet man nun diese Skala zum Vergleich mit Bodenproben als eine Standardskala, so erhält man für jede der zehn Einzelaufnahmen einer Probe eine Größenklassifizierung und jede Einzelaufnahme bedeutet zugleich einen Anteil von 10% am Gesamtvolumen des Sedimentes.

In Abb. 7 sind nun vier Bodenproben aus einem Profil eines Aubodens nebeneinandergestellt. Sie sind bei 100facher Vergrößerung ausgewertet und ergeben beim Vergleich mit der Standardskala Zahlen, die in Tabelle 3 zusammengestellt sind. Allein die Betrachtung der vier Bilder nebeneinander zeigt jedoch schon, in welcher Hinsicht sich die vier Proben voneinander unterscheiden. Sie geben ein eindrucksvolles Bild ihres unterschiedlichen Aufbaues, das kaum noch einer Auswertung in Zahlen bedarf.

Tabelle 3

Teilchengrößenbestimmung an einem Bodenprofil (Auboden Linz) mittels der hier beschriebenen Sedimentationsmethode

Tiefe, aus der die Bodenprobe entnommen wurde	Prozent des Gesamtvolumen besitzen Teilchengrößen entsprechend einer Siebfraction von							
	< 5 μ	5,0 bis 7,5 μ	7,5 bis 10 μ	10 bis 15 μ	15 bis 20 μ	20 bis 50 μ	50 bis 100 μ	100 bis 200 μ
0 — 15 cm	20	0	0	10	30	40	0	0
30 — 65 cm	10	10	10	10	20	20	20	0
85 — 110 cm	0	0	10	—	10	—	10	70
155 — 165 cm	0	10	—	—	20	20	50	6

Besonders zu betonen ist hierbei, daß es sich im vorliegenden Falle um eine volumemäßige Bestimmung des Anteiles der verschiedenen Größenklassen der Teilchen am Gesamtsediment handelt und daß daher ein unmittelbarer Vergleich mit jenen Methoden, die gewichtsmäßige Anteile feststellen, von vornherein nicht möglich ist. Hierin kommt die besondere Zielsetzung der vorliegenden Methode zum Ausdruck, die darauf gerichtet ist, über Form und Zusammensetzung der Teilchen durch mikroskopische Beobachtung Auskunft zu erhalten und doch gleichzeitig ihre Mengenver-



Abb. 5 links. Sediment-Reihenaufnahmen. 30 : 1 im Original.

*Vergleich von **Gartenerde** ohne Vorbehand-
Der Maßstab der Abb. 5 (links und rechts) verhält*



*Abb. 5 rechts. Sediment-Reihenaufnahmen. 30:1 im Original.
lung und **Ackerboden** ohne Vorbehandlung.
sich zu dem der Originalaufnahmen wie 1:1,25.*

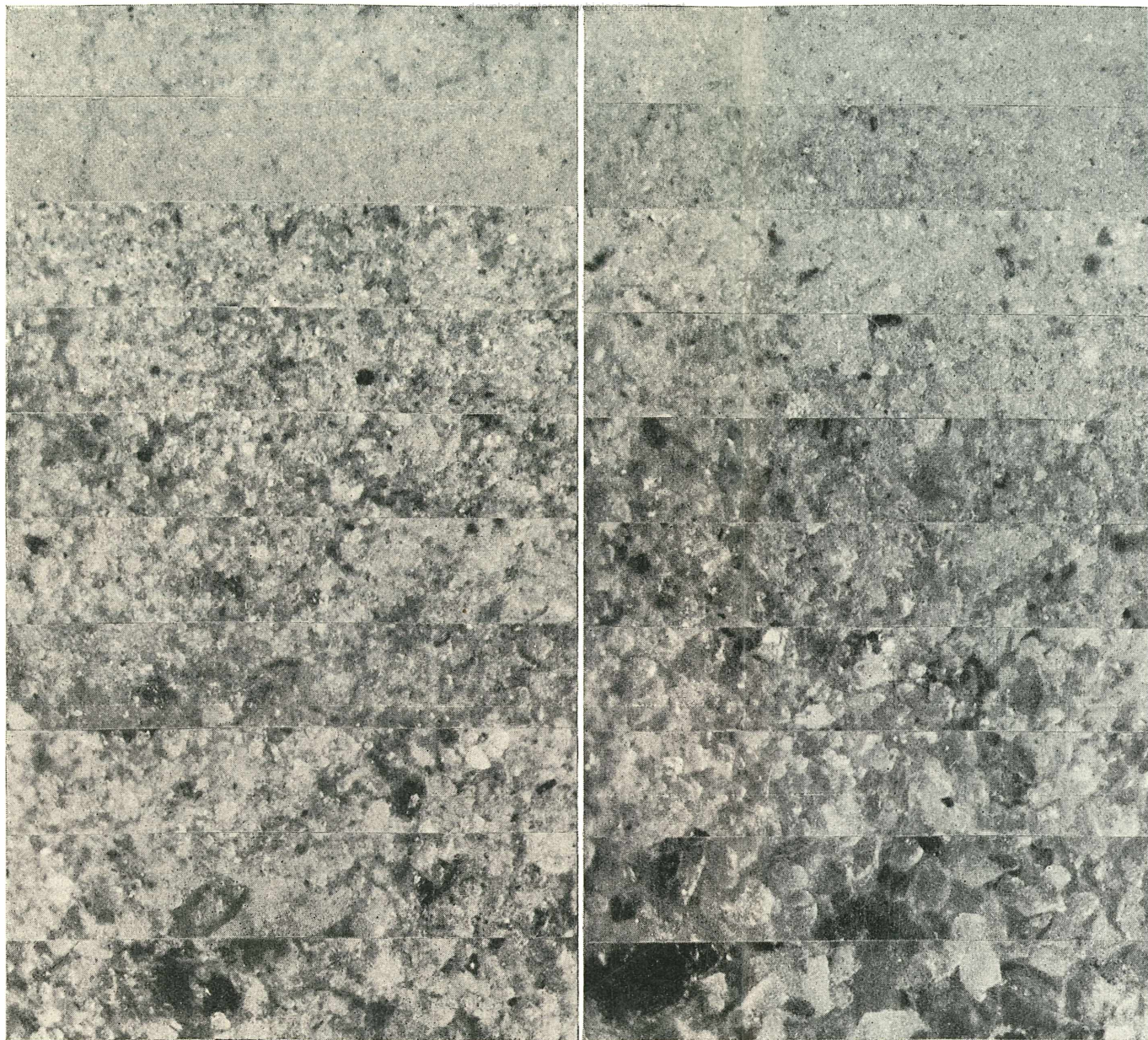
Vergleichsskala www.biologiezentrum.at

(Der Maßstab der untenstehenden Abbildung verhält sich zu dem der Originalaufnahme wie 1:1,43 Die Größenangaben beziehen sich auf die Originalaufnahme.)

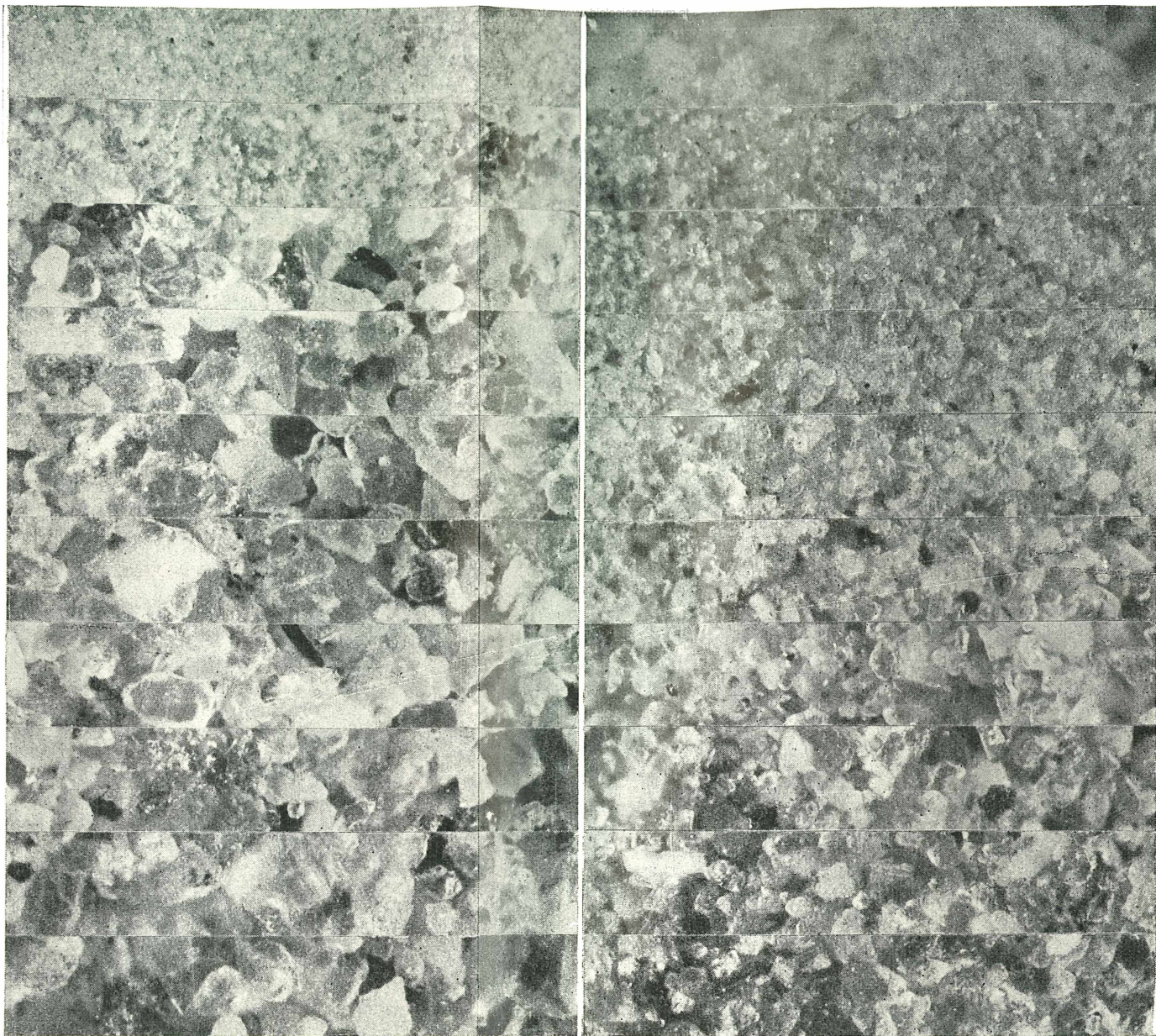


Teilchengrößen bei Vergrößerung		
10fach mm	30fach μ	100fach μ
0,05 bis 0,07	16,7 bis 25,0	5,0 bis 7,5
0,07 bis 0,10	25,0 bis 33,3	7,5 bis 10,0
0,10 bis 0,15	33,3 bis 50,0	10,0 bis 15,0
0,15 bis 0,20	50,0 bis 66,7	15,0 bis 20,0
0,20 bis 0,50	66,7 bis 166,7	20,0 bis 50,0
0,50 bis 1,00	166,7 bis 333,3	50,0 bis 100,0
1,00 bis 2,00	333,3 bis 666,7	100,0 bis 200,0

Abb. 6. Vergleichsskala von gesiebter Erde, 10 1 im Original.



*Abb. 7. Bodensedimente aus verschiedenen Profilstufen eines Au
Von links nach rechts: Oberflächenboden (Krume) bis 15 cm Tiefe; Boden aus 30 bis 65 cm Tiefe; Boden aus 85—110 cm Tiefe;*



odens an der Donau bei Linz (im Original 100fache Vergrößerung).

Boden aus 155—165 cm Tiefe. Der Maßstab der obenstehenden Abbildungen verhält sich zu dem der Originalaufnahmen wie 1:1,25.

hältnisse abschätzen können. Es ist dabei weniger wichtig, die Gewichtsverhältnisse der einzelnen Fraktionen zueinander zu kennen als vielmehr diejenigen Volumina, die sie im Boden auszufüllen in der Lage sind.

In Anbetracht dieser Zielsetzung ist es selbstverständlich, daß die vorliegend beschriebene Methode nicht geeignet sein kann, eine der eingangs genannten, üblichen quantitativen Methoden zur Teilchengrößenbestimmung in Böden zu ersetzen, sondern daß sie nur in der Lage ist, sie im Hinblick auf unsere besondere Zielsetzung zu ergänzen.

Literatur

1. *Linser H.*, Über eine bodenverbessernde Wirkung von „humonisiertem Torf“. *Die Bodenkultur* **3** (1949): 192.
2. *Vageler P.* und *Alten F.*, Die Böden des Nil und Gash, ein Beitrag zur Kenntnis arider Irrigationsböden. *Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. A* **21** (1931), 47: 323.
3. *Kühn J.*, Untersuchung landwirtschaftlich und landwirtschaftlich-gewerblich wichtiger Stoffe, I, 8—10. Paray, Berlin, 1923.
4. *Atterberg A.*, *Int. Mitt. Bodenk.* **2** (1912): 312.
5. *Kopecky J.*, *Int. Mitt. Bodenk.* **4** (1914): 199.
6. *Wiegner G.*, Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum. *Borntraeger*, Berlin, 1926.
7. *Sugihara S.*, Vorschlag zur Verbesserung des Spülapparates nach Kopecky-Krauss. *Kulturtechn.* **32** (1929): 414.
8. *Gessner H.*, Die Schlämmanalyse. *Ak. Verl. Ges.*, Leipzig, 1931.
9. *Köhn M.*, *Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. A* **11** (1928): 50.
10. — *Landw. Jb.* **67** (1928): 524.
11. *Hensoldt H.*, Über die theoretischen Grundlagen der Pipettanalyse und ihre Ausdehnung auf die Bestimmung gröberer Bodenzerteilungen. *Wetzlar*, 1933.
Köttgen P., *Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. A* **9** (1927): 35.
13. — und *Häuser H.*, ebd., *A* **13** (1929) 137, und *A* **19** (1931): 257.
14. *Casagrande A.*, Die Aräometermethode zur Bestimmung der Kornverteilung von Böden und anderen Mineralien. *Springer*, Berlin, 1934.
15. *Sekera F.* und *Brunner A.*, *Beitr. Methodik Gareforsch., Bodenk. Pflanzenern.* **29** (1943): 169.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mikroskopie - Zentralblatt für Mikroskopische Forschung und Methodik](#)

Jahr/Year: 1949

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Linser Hans

Artikel/Article: [Eine Sedimentationsmethode zur Charakterisierung der mikroskopischen Struktur von Böden. 335-345](#)