

Bestimmung der Korngrößenverteilung mit dem SEDIMAT 4-12

Schulung in Methodik und Gerät



2016 | Jürgen Kler | Bodenphysik



Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort
2. Bestimmung der Korngrößenverteilung
3. Probenentnahme und Probenvorbereitung
 - 3.1. Vorbereitung Dokumentation und Instrumente für die Probenentnahme
 - 3.2. Probenentnahme im Gelände für SEDIMAT 4-12 und PL-300
 - 3.3. Transport der Bodenproben
 - 3.4. Vorbereitung der Bodenproben für die Analyse
4. Schritte zur Bestimmung der Korngrößenverteilung
5. Erstellen eines Prüfberichtes
6. Physikalischer Hintergrund der Sedimentationsanalyse
7. Literatur



1. Vorwort

Die Korngrößenzusammensetzung (Textur) des Bodens ist ein wesentlicher Faktor für die Bewertung der Bodenfruchtbarkeit. Die Einteilung der Bodenarten nach der Korngrößenzusammensetzung erfolgt auf Grund der unterschiedlichen Eigenschaften der einzelnen Kornfraktionen. Die Sand-Fraktion bildet zusammen mit gröberen Bestandteilen das Gerüst des Bodens (Bodenskelett), was ihm Beständigkeit gegenüber Erosion verleiht und das Zusammenschlemmen von Schluff- und Tonteilchen verhindert. Sie bedingt die günstigen physikalischen Eigenschaften des Bodens, die sich in guter Durchlüftung und leichter Wasserbeweglichkeit auswirken. Andererseits besitzt der Sand nur ein geringes Festhaltevermögen für Wasser und Nährstoffe und begünstigt bei hohen Mengen an Sickerwasser, Durchschlammungs- und Verlagerungsvorgänge im Boden.

Mit zunehmendem Anteil von Ton und Schluff nehmen die wasserhaltende Kräfte des Bodens zu, die Wasserbeweglichkeit und die Durchlüftung jedoch ab. Die Filterwirkung des Bodens steigt erheblich an, da infolge der engen Poren zwischen den Bodenpartikeln aufgeschlammte Bodenteilchen meist mechanisch zurückgehalten werden, so dass das Sickerwasser klar abfließt.

Je nach Korngrößenzusammensetzung weisen die Böden die unterschiedlichsten Merkmale auf. **Tonböden** besitzen im Allgemeinen günstige chemische, jedoch sehr schlechte physikalische Eigenschaften. Wohl sind der Nährstoffgehalt und das Sorptionsvermögen dieser Böden meist sehr hoch, aber andere für das Pflanzenwachstum ebenso wichtige Eigenschaften wie Wasserführung und Durchlüftung sind in den Tonböden sehr ungünstig. Infolge der geringen Durchlüftung sind Mikroorganismen und Wurzelatmung eingeschränkt, so dass die Böden biologisch untätig sind. Der hohe Tonanteil macht sie schwer bearbeitbar. Aus diesem Grund werden sie als schwere Böden bezeichnet, so dass sie häufig nur als Wiesen und Weiden genutzt werden können. Auf der anderen Seite zeigen die **Sandböden** zwar gute Durchlüftung und Wasserführung, aber infolge des Mangels an Sorptionsträgern ein geringeres Wasser- und Nährstoffhaltevermögen. Die Auswaschungsverluste an Pflanzennährstoffen sind dementsprechend sehr hoch. Die Böden sind im Allgemeinen biologisch sehr tätig, erwärmen sich schnell und sind leicht zu bearbeiten (leichte Böden).

Extrem tonarme Sandböden tragen meist Wald- und Heidevegetation und sind für die Ackerkultur häufig nur bei künstlicher Bewässerung geeignet.

Die **fruchtbarsten** Ackerböden liegen in der Mitte zwischen diesen extremen Bodenarten. Demnach sind die fruchtbarsten und ertragreichsten Böden die **Lehmböden** mit etwa 30-40% Sandanteilen und 60-70% Schluff- und Tonanteilen. Die Ermittlung der Bodenart bildet seit Albert Thaer eine wertvolle Grundlage für die Beurteilung des Fruchtbarkeitszustandes eines Bodens und wird auch bei der in Deutschland durchgeführten Bodenschätzung mit herangezogen.

Die Angabe der Bodenart allein reicht nicht zur Kennzeichnung der Bodenfruchtbarkeit aus, da Böden gleicher Bodenart einen unterschiedlichen Fruchtbarkeitszustand aufweisen. Es müssen daher zur Kennzeichnung der Fruchtbarkeit eines Bodens auch noch andere Bodeneigenschaften wie unter anderem die Mineralzusammensetzung, Humus-, Struktur- und Nährstoffzustand sowie chemische und biologische Eigenschaften berücksichtigt werden.



Zusammenfassend ist die Bodenart ein außerordentlich wichtiges Merkmal zur Ableitung ökologischer Bodeneigenschaften. Sie bestimmt durch ihre Korngrößenverteilung mit dem Primärgefüge einen Teil des Porenvolumens und damit die Wasserspeicherefähigkeit und die Wasserleitfähigkeit. Durch die Kornoberfläche bestimmt sie das Nährstoff- und Schadstoffspeichervermögen und durch den Anteil an Schluff und Feinsand die Erosionsanfälligkeit des unbedeckten Bodens. Die unten stehende Tabelle fasst die verschiedenen Eigenschaften der Bodenarten zusammen.

Eigenschaften der Bodenarten

Eigenschaft/Bodenart	Sand	Schluff	Ton	Lehm
Bearbeitung	++	±	--	+
Nährstoffspeicherung	--	-	++	+
Nährstoffnachlieferung	-	+	+	++
Schadstoffakkumulation	-	+	++	++
Wasserkapazität	--	+	++	++
Wassernachlieferung	-	++	-	+
mechanische Filterung	+	++	-	+
physiko-chemische Filterung	--	-	++	+
Dränung	++	--	-	±
Erodierbarkeit	±	+	--	-

Legende zur Tabelle

Signatur	Bedeutung
++	sehr gut (sehr hoch)
+	gut (hoch)
±	befriedigend (mittel)
-	schlecht (wenig)
--	sehr schlecht (sehr wenig)

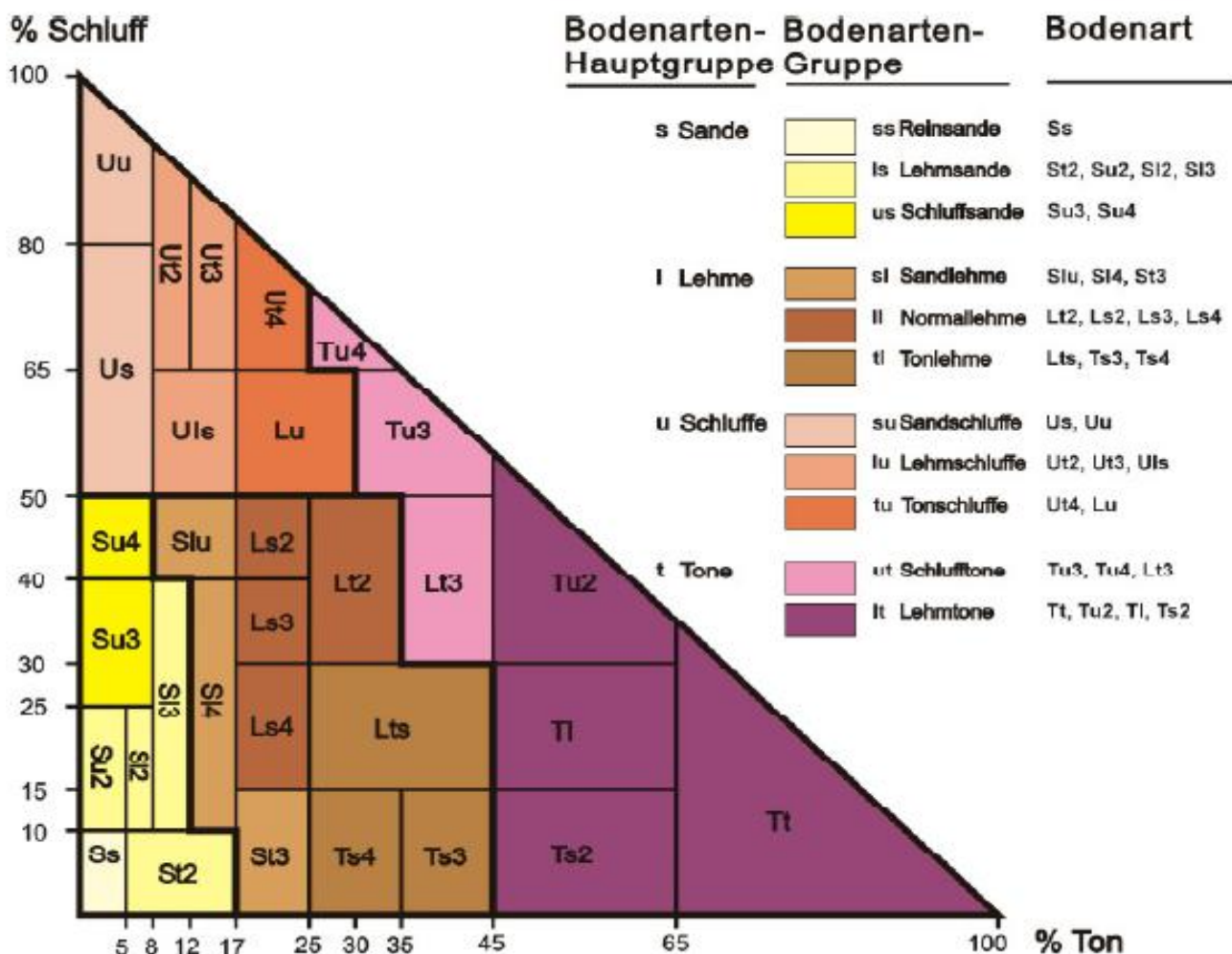
Die Bestimmung der Korngrößenverteilung ist nicht nur für Land- und Forstwirtschaft von großer Bedeutung, sondern auch für Institutionen, die geeignete Flächen zur Errichtung eines Gebäudes suchen. Dazu gehören auch Behörden wie das Straßenbauamt, Finanzamt und Landratsamt, die eine Bodenbewertung für ihre jeweiligen Belange benötigen und auch oft einzelne Bodenbesitzer.



Das Bodenarten-Dreieck

Sofern keine weiteren Angaben gemacht werden bezieht sich die Bodenart auf den Feinboden (Äquivalentkorndurchmesser < 2 mm). Der Anteil des Grobbodens wird lediglich als Zusatzinformation angegeben. Bei einem Anteil > 75 % des Grobbodens am Gesamtboden wird die Fraktion des Grobbodens statt der Bodenart angegeben. Der Feinboden wird in die Bodenarten Sand, Schluff und Ton unterteilt, die im Körnungsdreieck dargestellt werden können. Lehme enthalten alle drei Fraktionen in ähnlich großen Anteilen.

Jeder Boden kann entsprechend seiner Zusammensetzung als Punkt im Bodenarten-Dreieck abgebildet werden. Die farbig abgesetzten Bereiche kennzeichnen die Zugehörigkeit des Bodens zu einer Bodenart entsprechend der Hauptfraktion. Dominiert eine Fraktion weniger stark wird die zweitstärkste Fraktion durch den Zusatz sandig, schluffig, tonig oder lehmig angegeben und durch ergänzende Kleinbuchstaben dargestellt.



2. Bestimmung der Korngrößenverteilung

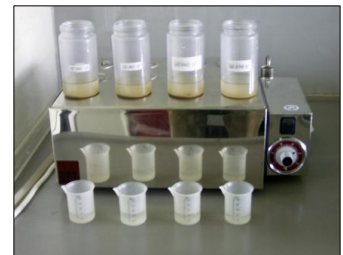
Die Ergebnisse der Korngrößenverteilung dienen zur exakten Bestimmung der Bodenart sowie zur Abschätzung des Speicher- und Austauschvermögen für Wasser, Nähr- und Schadstoffe, der Durchlüftung, Bearbeitbarkeit und Befahrbarkeit von Böden. Die Bestimmung der Korngrößenverteilung wird in zwei Schritten durchgeführt. Anhand einer Nasssiebung werden die Feinteilchen (Korndurchmesser < 0,063 mm) von der Probe getrennt. Die Massenanteile an der Gesamtprobe der Korngrößen im Siebrückstand werden anhand einer Trockensiebung mit Prüfsieben ermittelt, während für die Bestimmung der Feinkornanteile im Siebdurchgang die Sedimentationsanalyse mit dem **SEDIMAT** erfolgt. Im Folgenden werden die einzelnen Schritte für die Bestimmung der Korngrößenverteilung von der Probenentnahme bis hin zur Anwendung des **SEDIMAT** erläutert. Das Verfahren eignet sich zur Bestimmung der Massenanteile mineralischer Korngrößenfraktionen in Mineralböden aller Art mit **Gehalten an organischer Substanz bis 10%**.

Das Verfahren zur Texturanalyse basiert auf der **DIN ISO 11277** Norm und ist für Mineralböden und den mineralischen Anteil organischer Böden anwendbar. Nach entsprechender Vorbehandlung auch auf Salz- und Carbonatböden.

Folgende Geräte werden für die Bestimmung der Korngrößenverteilung benötigt:

Wasserbad

- 10 g luftgetrockneten Boden in Zentrifugenbecher einwiegen
- Zerstörung der organischen Substanz mit 30 Gew.-% Wasserstoffperoxid (H_2O_2)-Lösung



Überkopfschüttler

- Dispergieren nach der Entfernung von löslichen Salzen und Gips



Nasssiebung

- Nasssiebung durch Sieb mit 0,063 mm Maschenweite
- auf dem Sieb verbliebener Sand trocknen und wiegen



SEDIMAT 4-12

- Sedimentieren mit SEDIMAT 4-12
- Sedimentierschalen mit Inhalt bis zur Gewichtskonstanz trocknen und wiegen



3. Probenentnahme und Probenvorbereitung

3.1. Vorbereitung Dokumentation und Instrumente für die Probenentnahme

Vorbereitung der Feldnotizen

Die Feldnotizen sind notwendig, um die Umstände auf dem Versuchsfeld genau zu dokumentieren. Sie beinhalten viele wichtige Daten (z.B. den Standort, den Namen des Versuchs, die Art des Versuchs, Datum, usw.). Das Dokumentierte wird später in digitaler Form übertragen, um im Nachhinein Zusammenhänge zur Analyse fest zu stellen.

[illegible]

Das vorgeschlagene Feldnotizen-Beispiel ist für landwirtschaftliche Nutzflächen geeignet.

Für jeden anderen Bereich z.B. (Straßenbau, Tiefbau, Hochbau, usw.) kann eine abweichende Feldnotiz notwendig sein, je nachdem welche Daten gefordert sind.

Instrumente für die Probenentnahme

Stechzylinder (Stahlringe)

Auf dem Bild ist ein Stechzylinder mit einem Volumen von 250 cm^3 zu sehen. Die Wandstärke beträgt ca. 2 mm. Der untere Rand ist von außen angeschärft (Schneidkante). Der Stechzylinder besitzt eine eingravierte Nummer zu genauen Zuordnung der entnommenen Probe. Das Gewicht des Stechzylinders kann durch Auswiegen vor der Probenentnahme ermittelt werden. Dies kann sinnvoll sein, falls das Gewicht der entnommenen Bodenprobe von Interesse ist und die Probe beim Auswiegen nicht zerstört werden soll. Der Probenzylinder wird mit zwei Deckeln verschlossen.



Probenentnahme Instrumente

Auf dem Bild sind die für die Entnahme von Bodenproben benötigten Instrumente dargestellt.



- 1 Zollstock oder Maßband
- 2 Stechzylinder
- 3 Schlaghaube
- 4 Hammer
- 5 Spachtel, Spaten
- 6 Messer, rostfrei und scharf
- 7 Deckel

3.2 Probenentnahme im Gelände für SEDIMAT 4-12 und PL-300

Im Folgenden wird die Entnahme von ungestörten Bodenproben beschrieben. Dieses **Verfahren ist anwendbar bei steinfreien Böden** und Böden mit geringem Steingehalt. Die Entnahme der Bodenkernproben bekannten Volumens erfolgt mit den gezeigten dünnwandigen Stechzylindern aus Metall (100 cm³ oder 250 cm³; jeder Stechzylinder trägt eine eigene Nummer und hat ein eigenes Gewicht, das für die Berechnung wichtig ist).

Der Stechzylinder ist ohne Verbiegen und ohne Verdichtung des Bodens, entweder in eine senkrechte oder waagrechte Bodenfläche, ausreichend tief einzupressen oder einzuschlagen bis der Stechzylinder etwas über die Oberkante hinaus gefüllt ist.



Zur Erhaltung des natürlichen Gefüges ist der Stechzylinder mit Inhalt vorsichtig zu ziehen. Dafür wird der an den Enden des Stechzylinders überstehende Boden mit einem scharfen Messer oder einem scharfen Spatel entfernt. Das Volumen der Bodenproben entspricht somit dem Volumen des Stechzylinders. Mindestens sechs Bodenkernproben sind aus jeder Bodenschicht zu entnehmen.



Die Stechzylinder werden von dem überschüssigen Boden gereinigt, mit Plastikdeckeln verschlossen und die Nummer in den Feldnotizen eingetragen. Anschließend werden sie für den Transport in einer stabilen Kiste gelagert.

3.3 Transport der Bodenproben

Die ungestört entnommenen Bodenproben werden nach der Entnahme der Zylinder aus dem Boden, dem Glätten der Oberflächen und dem Verschließen mit Deckeln zum Schutz vor Wasserverlust durch Verdunstung in dicht verschließbare Transportbehälter gelegt und in das Laboratorium gebracht.

3.4 Vorbereitung der Bodenproben für die Analyse

In Vorbereitung auf den Versuch wird die zu untersuchende Bodenprobe an der Luft oder im Labortrockenschrank bei maximal 40°C getrocknet und bei Bedarf schonend mechanisch grobzerkleinert. Anschließend wird die Gesamtbodenprobe durch ein Sieb mit einer Maschenweite von 2 mm gedrückt um den Grobboden vom Feinboden zu trennen. Für eine Bodenprobe sollten danach noch mindestens 100 g Feinboden zur Verfügung stehen.

Den Feinboden komplett in einen Probenteiler überführen und die Probenmasse solange teilen, bis die Masse der Teilproben ca. 10 g beträgt. Für eine aussagekräftige Untersuchung müssen mindestens drei parallele Teilproben aus einer Bodenprobe erzeugt werden. Für die Analyse mit dem SEDIMAT sollte die maximale Probenanzahl von 13 Proben (12 Versuchsproben + 1 Probe zur Trockenmasseanteilsbestimmung) jedoch möglichst ausgenutzt werden um ein Maximum an Aussagekraft und Effektivität zu gewährleisten.

An einer der Teilproben wird der Trockenmasseanteil bestimmt. Diese kann nicht für die weitere Untersuchung genutzt werden. Die übrigen Parallelproben werden mit der Feinwaage gewogen und die Trockenmasse wird anhand des ermittelten Trockenmasseanteils berechnet.

Je nach Zusammensetzung der Bodenprobe sind weitere Vorbereitungsschritte nötig. Wenn der Boden mehr als 2 % organische Substanz enthält sollte diese zerstört werden. Für lösliche Salze wird bei einer Konzentration von mehr als 0,5 % deren Entfernung empfohlen.



4. Schritte zur Bestimmung der Korngrößenverteilung

4.1 Lufttrocknen der Probe

Siebdurchgang der Probe, welches das 2 mm Sieb mit passiert hat, wird lufttrocken für die Analyse freigegeben.

4.2 Zerstörung der organischen Substanz

Die Zerstörung der organischen Substanz erfolgt mit ca. 30 ml 30 Gew.-% Wasserstoffperoxid (H_2O_2)-Lösung.

Es werden 10 g der Bodenprobe in einem Zentrifugenbecher mit 30 ml H_2O benetzt, auf ein Wasserbad gestellt, wenige tropfen H_2O_2 zugeben und umgerührt. In den meisten Fällen beginnt eine heftige Reaktion, die länger (ca. 1/2 bis 1 h) anhält. Die Probe wird auf dem Wasserbad solange stehen gelassen bis die Reaktion abklingt. Danach kann erneut ein wenig H_2O_2 zugeben und umgerührt werden. Der Vorgang wird solange wiederholt bis sichtbar ist, dass die Reaktion kein heftiges Aufschäumen mehr verursacht. Nun dann kann restliches Wasserstoffperoxid zugegeben werden. Zur vollständigen Humuszerstörung bleiben die Proben ca. 6 h auf dem beheizten (ca. 95°C) Wasserbad, nachdem die Heizung ausgeschaltet wird bleiben die Proben über Nacht auf dem Wasserbad stehen.



4.3 Entfernen von löslichen Salzen und Gips

Schritt 1

Liegt die elektrische Leitfähigkeit $< 400 \mu\text{S}$ ist die Probe für Dispergierung geeignet.

Schritt 2

Liegt die elektrische Leitfähigkeit $> 400 \mu\text{S}$ wird die Probe mit H_2O auf 150 g Gesamtgewicht aufgefüllt, zentrifugiert, dekantiert, dann erneut mit H_2O auf 150 g Gesamtgewicht aufgefüllt, homogenisiert, 1h geschüttelt, zentrifugiert und die elektrische Leitfähigkeit gemessen. Liegt die elektrische Leitfähigkeit $< 400 \mu\text{S}$ ist die Probe für Dispergierung geeignet. Wenn nicht dann Schritt 2 wiederholen.



4.4 Dispergierung

Dem Zentrifugenbecher wird ausreichen Wasser zugesetzt, so dass das Gesamtvolumen ca. 200 ml beträgt.

Der Inhalt wird geschüttelt, bis sich der gesamte Boden in Suspension befindet und mit 25 ml $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (Tetra-Natriumdiphosphat-Decahydrat) versetzt. Der Zentrifugenbecher 18 h im Überkopfschüttler schütteln.



4.5 Nasssiebung mit dem 0,063 mm Sieb

Für die Nasssiebung wird die Probensuspension durch ein Sieb mit einer Maschenweite von 0,063 mm gewaschen. Die verwendete Wassermenge sollte dabei nicht mehr als 1000 ml betragen. Hierbei ist es wichtig, dass der Siebdurchgang komplett aufgefangen wird. Die Nasssiebung kann daher so wie auf dem Bild dargestellt durchgeführt werden. Anhand der Spritzflasche wird Wasser in das Sieb gegeben und die Probe durch das Sieb gewaschen. Der Siebdurchgang wird komplett in dem Standzylinder aufgefangen. Für eine leichtere Handhabung kann von diesem Aufbau auch abgewichen werden, solange der komplette Siebdurchgang aufgefangen wird.



Das Sieb wird aus dem Trichter genommen und der Rückstand im Sieb durch leichtes Besprühen aus der Spritzflasche in eine Abdampfschale gespült. Die Schale wird bei einer Temperatur zwischen 105 °C und 110 °C im Trockenschrank gestellt bis der Rückstand (Sandanteil) trocken ist.

Alle, an der Innenseite des Trichters haftende Partikel, werden in den Sedimentationszylinder gespült. Der trockene Rückstand (Sandanteil) wird abgekühlt und auf Sieben mit Öffnungsweiten < 2 mm bis 0,063 mm weitergesiebt (Trockensiebung). Die Rückstandfraktionen auf jedem Sieb 0,63 mm (Grobsandanteil), 0,20 mm (Mittelsandanteil), 0,10 mm (Feinsandanteil), >0,10 mm (feiner Feinsandanteil); werden gewogen und ihre Massen protokolliert. Die Suspension im Sedimentationszylinder wird auf 1000 ml mit Wasser aufgefüllt.

4.6 Sedimentationsanalyse der Feinpartikel

Die Analyse des Feinkornanteils im Siebdurchgang erfolgt automatisiert mit dem SEDIMAT 4-12 (Laborautomat zur Bestimmung der Korngrößenfraktionen der mineralischen Bodensubstanz nach DIN ISO 11 277 an 12 Proben mit 4 Fraktionen). Die Bestandteile des SEDIMAT sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

Laborautomat



1



2

3

4

5

1 Grundgestell für die Aufnahme von Linearachsen; 2 Magazine für Probenentnahmen der Pipette;
3 Reinigungsstation für Rührer und Pipette; 4 Temperierbecken; 5 Sicherheitsverkleidung und Gehäuse

Schalten Sie den SEDIMAT ein. Mit dem Einschalten der Stromversorgung beginnt der SEDIMAT das Wasserbad auf die eingestellte Temperatur zu erhitzen. Für die Versuchsdurchführung entsprechend DIN ISO 11277 beträgt diese 25°C. Tauchen Sie den Sedimentationszylinder (Messzylinder) in dem Temperierbecken bis zur 1000 ml Messmarke ein. Der Messzylinder und dessen Inhalt müssen die Temperatur des Temperierbeckens (+ 25 °C) annehmen können. Werden nicht alle 12 Stellplätze genutzt müssen die Messzylinder entsprechend der Nummerierung fortlaufend lückenlos eingesetzt werden, beginnend mit Stellplatz Nr. 1. Der Inhalt des Messzylinders (Suspension) wird mit dem Rührer umgerührt, so dass kein Probengut am Boden haften bleibt. Sobald das Rühren eingestellt wurde, wird das Programm für die Sedimentationszeiten gestartet.

Sedimentationszeiten für Fraktionen- F1; F2; F3; F4

F1-	49 s
F2-	04:07 min
F3-	45:52 min
F4-	06:52:50 h

Nach Ablauf dieser Zeiten wird jeweils eine Probe mit der Pipette entnommen.



Die Pipette wird in der Mitte des Messzylinders abgesenkt bis ihre Spitze die entsprechende Tiefe unter der Oberfläche der Suspension erreicht hat. Der Hubkolben der Pipetten bewegt sich nach oben, so dass die Pipette auf 10ml mit Suspension gefüllt ist. Die Pipette wird aus der Suspension gezogen und der Inhalt automatisch in die gewünschte Petrischale abgelegt. Die an den Innenwänden der Pipette haftende Suspension wird mit Wasser aus dem Spülbad in die gleiche Petrischale gespült. (Für die gewünschten Fraktionen (F1-F4) sind die zugehörigen Magazine mit sauberen und ausgewogenen Petrischalen entsprechend den installierten Messzylindern (Bodenproben) zu bestücken.)

Die Petrischalen werden nach dem Versuch in den Trockenschrank bei einer Temperatur zwischen 105°C und 110 °C gesetzt und zur Trocknung eingedampft. Danach werden die Petrischalen im Exsikkator abgekühlt und anschließend mit dem Inhalt auf 0,0001 g gewogen und die Masse des Rückstandes auf 0,0001 g bestimmt. Erforderlichenfalls werden zu den angegebenen Zeiten und nach dem gleichen Verfahren wie oben weitere Proben entnommen.

4.7 Berechnung der Ergebnisse für die Fraktionen < 2 mm

Das Berechnungsverfahren geht davon aus, dass die Probenmasse die Summe der Teilfraktionen und nicht die Masse der Probe ist.

Die Masse [in g] der Schwebstoffe in der 1000 ml Suspension (m_{f1} , m_{f2} , m_{f3} , usw.) für jeden Zeitpunkt der Probenahme mit der Pipette wird nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$m_{fx} = m_{sx} (1000 / V_c)$$

Hierin bedeuten:

m_{fx} = Masse der Schwebstoffe in 1000 ml Suspension, in g;

m_{sx} = Masse des Materiales bei der x-ten Probenahme mit der Pipette;

V_c = kalibriertes Volumen der Pipette, in ml.

Das Volumen der Pipette beträgt standardgemäß 10 ml. Das tatsächlich angesaugte Volumen kann mit dem „Zusatzprogramm für Volumenermittlung der Pipette“ kontrolliert werden.

Geben Sie nach dem Programmstart im Programmauswahl-Dialog die „110“ für „Volumenermittlung der Pipette“ ein. Bei diesem Programm werden aus dem Spülwasserzylinder P1 jeweils 10ml Wasser entnommen und in die Petrischale von Fraktion 1 abgelegt. Das tatsächlich pipettierte Volumen kann über eine Wägung ermittelt werden.



Analog wird die Masse des Dispergiermittels in der Pippetierfraktion ermittelt (Blindwert). Die Masse des Dispergiermittels muss bekannt sein, da sie von der Masse der gewonnenen Pipettenfraktionen abzuziehen ist.

Eine sehr genaue Herstellung der Natriumdiphosphatlösung vorausgesetzt, kann man den theoretischen Blindwert von 0,0067g für ein Volumen von 10 ml der verdünnten Lösung ansetzen.

Alternativ kann dieser Wert ermittelt werden, indem 25 ml des Dispergiermittels in einen KÖHN-Zylinder geben werden und dieser mit Wasser auf 1000 ml aufgefüllt wird. Die Lösung gut mischen, danach 1 h stehen lassen. Mindestens dreimal 10 ml entnehmen und in die Petrischalen oder Bechergläser (nicht in Gefäße aus Aluminium) überführen, ebenso trocknen wie die Bodenproben, wiegen, den Mittelwert der Wäageergebnisse bilden und notieren.

Feststoffgewicht in den 1000 ml der Dispergiermittellösung, m_d , in g, ist gegeben durch:

$$m_d = m_r (1000 / V_c)$$

Hierin bedeuten:

m_r = Masse des bestimmten Rückstandes, in g;

V_c = kalibriertes Volumen der Pipette, in ml.

Im Beispiel werden die Massen der pipettierten Fraktionen wie folgt bezeichnet:

Fraktion < 0,063 mm = m_{f1} ;

Fraktion < 0,020 mm = m_{f2} ;

Fraktion < 0,002 mm = m_{f3} .

Die zuerst mit der Pipette entnommenen Proben enthalten neben der Zielkornfraktion auch Partikel der kleineren Kornfraktionen. Weiterhin enthält jede Probe dieselbe Masse des Dispergierungsmittels m_r .

Daher ergeben sich die Massen der Fraktionen (in g) zu:

Masse der Fraktion

0,063 mm bis 0,020 mm = $m_{f1} - m_{f2} = m(0,063 \text{ mm})$;

Masse der Fraktion

0,020 mm bis 0,002 mm = $m_{f2} - m_{f3} = m(0,020 \text{ mm})$;

Masse der Fraktion

<0,002 mm = $m_{f3} - m_d = m(0,002 \text{ mm})$.

Das Prinzip wird auf die anderen beprobten Fraktionen erweitert.



Damit ist die Masse der Probe <2 mm gleich der Summe der Massen der einzelnen Fraktionen aus der Trockensiebung und der Sedimentationsanalyse. Diese Gesamtprobenmasse wird mit m_t bezeichnet (in g)

Der Anteil in jeder Fraktion <2 mm wird wie folgt berechnet:

Anteil = Masse der Fraktion / m_t

Die Ergebnisse werden in Form einer Tabelle angegeben, in die der Anteil jeder Größenfraktion auf zwei signifikante Stellen eingetragen wird. Die Grundlage, auf der die Ergebnisse dargestellt sind, d.h. als Anteil des Siebgutes <2 mm oder als Anteil des Gesamtbodens, ist deutlich anzugeben.

5. Erstellen eines Prüfberichtes

In einigen Einrichtungen ist es sinnvoll zur Nachkontrolle der Proben einen Prüfbericht zu erstellen, der folgende die folgenden Angaben enthalten sollte:

- einen Hinweis auf die verwendete internationale Norm
- das Datum der Laboranalyse
- die verwendete Prüfverfahren unter Angaben der verwendeten Teile der Norm; bei Alternativen entsprechend die Anleitungen, die in der Norm angegeben sind
- die Ergebnisse der Sieb- und Pipetten-Analyse
- ausreichende Angaben zur eindeutigen Identifizierung der Probe in den Laborprotokollen
- den Namen der durchführenden Person
- den Namen und die Adresse des Laboratoriums



6. Physikalischer Hintergrund der Sedimentationsanalyse

Die Pippettieranalyse nach Köhn beruht auf folgender Überlegung:

Ein fester Körper bewegt sich beim Sinken in einer Flüssigkeit mit gleichbleibender Geschwindigkeit. Für kleine Geschwindigkeiten (bis etwa 10^{-2} cm/s) bedient man sich der Näherungsformel von Stoke:

$$V = \frac{d^2 \cdot (\rho_K - \rho_{fl}) \cdot g}{18 \eta} \quad [\text{cm/s}]$$

Hierin bedeuten:

- V** = Sinkgeschwindigkeit [cm/s]
- d** = Korndurchmesser [cm]
- ρ_K** = Dichte des Kornes [g/cm^3]
- ρ_{fl}** = Dichte der Flüssigkeit [g/cm^3]
- g** = Fallbeschleunigung [cm/s^2]
- η** = dynamische Viskosität der Flüssigkeit [g/cm]

Nach dieser Formel hängt die Fallgeschwindigkeit von folgenden Größen ab:

1. dem Durchmesser der Kugel
 2. dem spez. Gewicht der Kugel – beide sind durch das Versuchsmaterial gegeben
 3. der Dichte der Flüssigkeit
 4. der Zähigkeit (Viskosität) der Flüssigkeit
3. und 4. ändern sich stark mit der Temperatur, die während des Versuches sich nicht ändern darf.



7. Literatur

DIN ISO 11277. Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in Mineralböden.
Beuth- Verlag Berlin 2002-08.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2005: Bodenkundliche Kartieranleitung.

Umwelt-Geräte-Technik GmbH 2003: Laborautomat zur Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in Mineralböden nach DIN ISO 11277.

Lehrbuch für Landwirtschaftsschulen „Pflanzliche Erzeugung“ Bodenkundliche Grundlagen.
München 2006.