Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 51 (1953)

Heft: 7

Artikel: Das neue Schema zur Klassifizierung der Böden auf den Dispersitätsklassen von Atterberg und neue kulturtechnische Untersuchungsmethoden

Autor: Ramser, Ernst

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-210091

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

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

Das neue Schema zur Klassifizierung der Böden auf den Dispersitätsklassen von Atterberg und neue kulturtechnische Untersuchungsmethoden

Von Professor Ernst Ramser, Abteilung für Kulturtechnik ETH

Herr Professor E. Ramser hat anläßlich der Konferenz der beamteten Kulturingenieure in Schaffhausen die Teilnehmer durch ein Kurzreferat über das neue Schema zur Klassifizierung der Böden auf Grund der Korngrößenanteile nach Atterberg orientiert. Anschließend erfolgten einige Hinweise über neue, zum Teil auf amerikanischen Arbeiten fußende Untersuchungsmethoden zur Bestimmung der Entwässerbarkeit und der Bodenfeuchtigkeit eines Bodens in seiner natürlichen Lagerung. Für die bereitwillige Überlassung seines Manuskriptes im Hinblick auf eine Wiedergabe des Vortrages in unserer Zeitschrift sei Herrn Professor Ramser an dieser Stelle bestens gedankt.

1. Die neue Bodenklassifikation nach Atterberg

Gestützt auf die Ergebnisse der von Kopecky entwickelten Schlämmanalyse hat der im Jahre 1936 verstorbene Professor Wiegner das in der Schweiz bisher allgemein benutzte Dreieckdiagramm für die Bodenklassifikation auf Grund der mechanischen Bodenanalyse aufgestellt. Jenes Diagramm wurde bekanntlich auch in die 1930 herausgegebene Anleitung für die Einreichung von Subventionsgesuchen für Bodenverbesserungen aufgenommen. Die Korngrößeneinteilung nach Kopecky entsprach dabei den folgenden Teilchendurchmessern und Bezeichnungen:

Fraktion	IV	2,0–0,1 mm Grobsand
„	III	0,1–0,05 mm Feinsand
„	II	0,05–0,01 mm Staubsand
„	I	kleiner als 0,01 mm Ton oder sogenannte abschlämmbare Teilchen.

Die Fraktionen III und IV waren im Diagramm zusammengefaßt. Bereits aus den gewählten Bezeichnungen geht hervor, daß die Sandfraktionen eine übertriebene Berücksichtigung fanden.

Anderseits sind alle abschlämmbaren Bestandteile von unter 0,01 mm Korndurchmesser als Ton bezeichnet, was weder im bodenkundlichen noch im chemischen Sinn richtig ist.

Schon 1912 hatte der Bodenkundler *Atterberg* die folgenden Dispersitätsklassen vorgeschlagen, die heute in fast allen Ländern gebräuchlich sind:

Grobsand	2, –0,2 mm	Durchmesser
Feinsand	0,2–0,02 mm	„
Schluff	0,02–0,002 mm	„
Ton unter	0,002 mm	„

Während somit die Korngröße unterhalb von 0,02 mm nach den bisherigen Kopecky-Untersuchungen in die abschlämmbare Fraktion fiel und deshalb unrichtig als Ton oder toniger Lehm bezeichnet wurde, ist dies auf Grund der Einteilung Atterbergs nicht mehr der Fall. An Stelle der früheren Bezeichnung Staubsand soll die prägnantere Bezeichnung Schluff treten (im Französischen wie bisher limon).

An zwei Beispielen von untersuchten Böden der landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Oerlikon ergibt sich, daß nach der neuen Einteilung für beide Bodentypen die Bezeichnung schwachsandiger Lehm lauten muß, während es sich nach der Kopecky-Analyse in dem einen Fall um tonigen Lehm, im andern dagegen um lehmigen Ton handeln würde.

Die Bestimmung der Kornanteile nach dem Absetzverfahren mit dem Pipette-Apparat von Eisenwein ist zudem viel einfacher und weniger zeitraubend als die alte mechanische Schlämmanalyse.

Da heute bereits die meisten Länder diese neuen Korngrößenordnungen verwenden und die Tonfraktion sehr einfach und sicher zu bestimmen ist, halten es die schweizerischen agrikulturchemischen Anstalten für angezeigt, die bisherige Klassifikation nach Kopecky aufzugeben und eine Einteilung anzuwenden, welche den heutigen, international eingeführten Kornfraktionen entspricht. Selbstverständlich wird die Unterteilung des Dreieckschemas entsprechend den praktisch meist auftretenden Bodentypen vorzunehmen sein und die besonderen Verhältnisse der einzelnen Länder berücksichtigen müssen. Die Aufstellung eines völlig einheitlichen Bodenartenschemas ist natürlich ausgeschlossen; die praktischen Bedürfnisse liegen in den USA anders als in Holland und hier wiederum anders als bei uns. Eine Bestimmung der zweckmäßigen Drainentfernungen auf Grund des Anteils an abschlämmbaren Teilchen dürfte heute überholt sein, da ja bei diesem Verfahren die natürliche Lagerung der zu untersuchenden Bodenprobe zerstört wird. Gerade diese natürliche Lagerung ist aber von wesentlichem Einfluß auf die Durchlässigkeit eines Bodens. Man wird inskünftig die Körnung nicht mehr im Hinblick auf die geeignete Draindistanz, sondern vielmehr lediglich zur Klassifikation des Bodens ermitteln.

2. Die Bestimmung der Entwässerbarkeit eines Bodens

Hier handelt es sich um die Untersuchung der physikalischen Eigenschaften eines Bodens in seiner natürlichen Lagerung, wobei alle Einflüsse auf den Wasserhaushalt, nämlich Körnung, Lagerung, Durchwurzelung, vorhandene Wurmgänge und Risse von Würmern und fossilen Pflanzen, der Gehalt an Kalk, Humus, Eisen, Natrium usw., in ihrer Gesamtheit erfaßt werden sollen. Alle diese Faktoren üben einen bestimmenden Einfluß auf diejenigen Kräfte aus, mit denen das Wasser im Boden festgehalten wird. Jeder Boden mit einem guten Wasserregime weist zwei charakteristische Porenklassen auf:

a) Eigentliche Hohlräume oder *Grobporen*, welche sich nach erfolgter Sättigung durch Regen oder künstliche Bewässerung unter dem Einfluß

der Schwerkraft in relativ kurzer Zeit, das heißt praktisch in zwei bis drei Tagen, auf natürliche Weise entleeren. Der Wassergehalt in diesem Zeitpunkt wird heute allgemein als *Feldkapazität* bezeichnet, die natürlich meist viel kleiner ist als die *absolute Wasserkapazität.*

b) *Feinporen*, in denen das Wasser infolge der Kapillarität so sehr haftet, daß sie durch die Gravitation allein nicht entwässert werden können. In diesen Feinporen wird demnach der größte Teil des Wassers aufgespeichert, welches für die Versorgung der Pflanzen in Betracht kommt.

Wenn man versucht, den Poren eines Bodens, die der Durchlüftung dienen müssen, ihren Wassergehalt zu entziehen, so benötigt man bei den größeren Poren kleine und, umgekehrt, bei den feinen Poren große Saugspannungen oder, wie die Amerikaner sich ausdrücken, «Tensionen». Durch fortschreitende Steigerung der Saugspannung können wir die Entwässerung eines Bodens vom Punkt seiner Wassersättigung oder der Feldkapazität bis zur Ofentrockenheit (105° Celsius) beobachten.

Trägt man die Werte der Saugspannungen und die entsprechenden Wassergehalte in einem Koordinatensystem auf, so ergibt sich für jede Bodenart eine charakteristische *Entwässerungs- oder sogenannte Sorptionskurve.*

Je größer also der Anteil an entziehbarem Wasser bei Saugspannungen von 0, 50, 100, 150 oder 200 cm Wassersäule, desto besser wird eine Drainage wirken, desto größer darf der Drainabstand gewählt werden und umgekehrt. Ist bei einer Wassersaugspannung von z. B. 80 cm praktisch gleichviel Wasser entziehbar wie bei 120 cm, so wird man sich selbstverständlich mit der minimalen Draintiefe von 80 cm begnügen können, wie dies beispielsweise der Kanton Genf auf empirischem Wege für seine strengen Tonböden ermittelt hat.

Dieses Kriterium der sogenannten Entwässerbarkeit darf als Parallele zur Durchlässigkeits- oder k-Wertbestimmung betrachtet werden. Durch Ermittlung der entziehbaren Wassermenge oder des k-Wertes suchen wir heute die zweckmäßige Draindistanz für verschieden dicht gelagerte Böden zu ermitteln.

Die praktische Durchführung der Entwässerbarkeitsbestimmung ist sehr einfach. Die im Burgerzylinder enthaltene Bodenprobe von 1000 cm^3 Inhalt wird auf die sogenannte *Tensionsplatte* gestellt. Letztere besteht aus Asbest von 2 mm Dicke und ist auf einem weitmaschigen Drahtrost in einem flachen Weißblechgefäß hermetisch eingekittet. Gleich wie der Boden besitzt auch die Asbestplatte Poren in verschiedenen Größen, welchen der Wassergehalt durch Saugspannungen von 0–400 cm entzogen werden kann. Durch Schlauchverbindung eines wassergefüllten Niveaugefäßes mit dem Ausflußstutzen des Weißblechrahmens lassen sich die verschiedenen Saugspannungen zwischen 0 und 200 cm bewerkstelligen. Das entzogene Wasser wird für die verschiedenen Saugspannungen durch Gewichtsverluste ermittelt. Während dieser Meßvorgänge ist die Bodenprobe durch eine Abschlußhaube gegen Verdunstungsverluste zu schützen.

2. *Bestimmung der Bodenfeuchtigkeit*

Bei den Untersuchungen des kulturtechnischen Institutes über Bodenfeuchte in undrainierten, mole- und normaldrainierten Böden des „Rädlibodens" in der Linthebene bediente sich dieses vorerst mit regelmäßigen Bodenentnahmen aus verschiedenen Tiefen und den Bestimmungen ihrer Wassergehalte in Gewichtsprozenten auf Grund der gemessenen Gewichtsverluste nach der Lagerung im Trockenschrank. Bei Böden mit verschiedenen Volumengewichten ist jedoch nur der Vergleich der Wassergehalte in Volumenprozenten angängig. Deren Ermittlung mit den früheren Pyknometern ist aber derart kompliziert und zeitraubend, daß die Anstellung eines besonderen Laboranten notwendig geworden wäre.

Die heutigen Verfahren beruhen auf der elektrometrischen Messung des Widerstandes, den ein Boden dem elektrischen Strom entgegensetzt. Der Widerstand ist um so größer, je kleiner der Wassergehalt. Das *Ohmmeter von Boujoucos*, auf das der Agrikulturchemiker Dr. Deshusses in Genf aufmerksam machte, stammt aus den USA, arbeitet mit *Gleichstrom* und verwendet *Elektroden, bei denen die zwei Pole in einem Gipsblock vereinigt sind.* Der letztere ist sehr hygroskopisch und nimmt bei der Lagerung im Boden dessen Feuchtigkeit an. Die Nachteile bestehen darin, daß die Gipsblöcke im Boden bei dessen Befahren leicht brechen und so der Strom unterbrochen wird. Die elektrolytischen Störungen infolge gewisser, im Boden gelöster Salze kommen bei Gleichstrom zu stark zum Ausdruck. Auch wird hierbei die Bodentemperatur nicht berücksichtigt. Deshalb stellen die Ergebnisse nur Annäherungswerte dar.

Das „*Soil Moisture Ohmmeter*" aus Richmond in Virginia ist heute das beste Feuchtigkeits-Meßinstrument. Es arbeitet mit *Wechselstrom und sogenannten Sandwichelektroden.* Die eine Batterie von 5 Volt dient zum Anheizen des Instruments, die zweite von 45 Volt zur Messung des Widerstandes. Ein sogenannter Zerhacker wandelt den Gleichstrom in Wechselstrom um, der von den gelösten Salzen im Boden weniger beeinflußt wird. Die Sandwichelektroden bestehen aus den beiden Polen, dem sogenannten *Feuchtigkeitselement* und einem temperaturmessenden Element. Die beiden Pole münden an ihren Enden in feine Drahtnetzchen aus, die gegenseitig mit einer Doppellage von hygroskopischem Nylongewebe isoliert sind und sich gegen mechanische und biologische Zerstörung sehr widerstandsfähig zeigen.

Das Temperaturelement besteht aus einem kleinen runden Körper mit Speziallegierung und ermöglicht Temperaturmessungen auf $^1/_{10}$ ° Celsius genau. Die Bodentemperatur beeinflußt den Widerstand ganz bedeutend; je höher sie ist, desto größer die Leitfähigkeit des Bodenwassers und umgekehrt.

Diese drei Teile sind zum Sandwichelement in zwei flach aufeinanderliegenden gelochten Schutzmetallplättchen vereinigt.

Für jede Bodenschicht, in die eine Elektrode zu liegen kommt, muß eine *Eichkurve, die sogenannte Feuchtigkeitscharakteristik*, erstellt werden.

Im Labor ist hierzu eine Burgerprobe des gewählten Bodenhorizontes vom Punkt der Feldkapazität an so weit als möglich austrocknen zu lassen. Aus der täglichen Ablesung des Widerstandes und dem in diesem Zeitpunkt vorhandenen Wassergehalt in Gewichts- oder Volumprozenten ergibt sich diese Eichkurve. Diese Arbeit beansprucht natürlich für bindige Böden ziemlich viel Zeit, weil es lange dauert, bis der tiefste Punkt des Wassergehaltes erreicht ist. Der absolute Nullpunkt wird nie erreicht, da noch immer sogenanntes hygroskopisches Wasser an den Bodenpartikelchen haftet, das aber für Pflanzen nicht mehr aufnehmbar ist. Schon vorher hat die Austrocknung aber einen Grad erreicht, bei dem die Pflanze zu welken beginnt, der sogenannte *Welkepunkt*. Es gilt nun, diesen Welkepunkt, für jeden Horizont, in dem eine Elektrode liegt, zu bestimmen. Dies geschieht dadurch, daß man 200 Gramm dieser Bodenschicht, mit einem bestimmten Wassergehalt, in ein Gefäß einfüllt und hierin Sonnenblumenkerne zum Keimen und zum Entwickeln bringt, wobei bis zum sogenannten *Vierblattstadium* der Wassergehalt durch Zugießen konstant gehalten wird. Von diesem Stadium an läßt man den Boden langsam austrocknen bis Welkeerscheinungen eintreten. Darauf bringt man die Pflanze wieder mit feuchtigkeitgesättigter Luft in Verbindung, worauf sie sich erholt, um nachher neuerdings zu welken. Diese Prozedur wird wiederholt, bis die Erholung der Pflanze nicht mehr erfolgt, wo der *permanente Welkepunkt* erreicht ist. Der in diesem Moment festgestellte Wassergehalt in Gewichts- oder Volumprozenten ergibt dann in der Eichkurve den Widerstand, bei dem der Welkepunkt erreicht ist. Wir haben damit also ein Mittel, für jede Eichkurve den kritischen Moment zu erfassen, in dem eine Regengabe notwendig wird, um zu vermeiden, daß der permanente Welkepunkt eintritt. Gleichzeitig haben wir die Möglichkeit, übermäßige Anfeuchtungen zu erkennen, durch welche sich eine Verschwendung an Bewässerungswasser und zudem eine Auslaugung des Bodens an Pflanzennährstoffen ergeben würden.

Freilich sind die Untersuchungen im Labor mit der Anlage der Eichkurve und eine Ermittlung des Welkepunktes eine langwierige Arbeit, namentlich deshalb, weil wir bei einer Meßstation im Terrain gewöhnlich drei Schichten untersuchen müssen, nämlich die Humusschicht, die zweite in der Wurzelzone und die dritte im Untergrund. Die Drähte der drei Elektroden werden in einem galvanisierten Eisenrohr ein- und hochgezogen und an dessen Ende in ein Schaltbrett geführt, wo die regelmäßige Ablesung der Widerstände mit dem Ohmmeter durch Einstecken des Kontaktes in wenigen Minuten möglich ist. Aus diesen Widerstandswerten ergibt sich in der Eichkurve der jeweilige Wassergehalt in Gewichts- oder Volumprozenten.

Weiter setzt uns dieses Instrument in die Lage, Feuchtigkeitsmessungen in drainierten Böden zur Beurteilung der Entwässerungswirkung vorzunehmen.

Ferner bietet sich damit die Möglichkeit, eine Bilanz über den Wasserhaushalt der Luft und im Boden aufzustellen, sofern die Größe der Niederschläge mit Pluviographen, die Drainwassermengen mit Limni-

graphen und der Wasservorrat im Boden durch Ohmmeter genügend genau ermittelt werden. Die fehlende Wassermenge entspricht dann dem Verdunstungsbetrag, sofern im betreffenden Boden keine Abgabe oder Zufuhr aus dem Grundwasser erfolgen kann.

Anläßlich eines für das Frühjahr 1954 in Aussicht genommenen Vortragskurses an der ETH soll eine umfassende Darstellung dieser neuen Untersuchungsmethoden geboten werden.

Die astronomisch-gravimetrische Bestimmung des mittleren Erdellipsoides

Von Dr. K. Ledersteger, Wien

Autorreferat eines Vortrages, gehalten in der Schweizerischen Gesellschaft für Photogrammetrie

Um dieser neuen Methode zur Bestimmung der Normalfigur der Erde ihre richtige systematische Stellung innerhalb des großen Zentralproblems der Geodäsie zuweisen zu können, ist es notwendig, die älteren Lösungsversuche zur Frage nach der Erdfigur in ihren wesentlichen Zügen zu umschreiben. Es liegt dies vor allem in der Eigenheit der neuen Methode begründet, die die Kenntnis der Undulationen des Geoides zur Voraussetzung hat, so daß eigentlich die Abweichungen des Geoides von der Normalfigur der Erde bekannt sein müssen, ehe diese selbst möglichst hypothesenfrei bestimmt werden kann.

Vorerst läßt sich zeigen, daß die Normalfigur der Erde fast vollständig mit einem Rotationsellipsoid zusammenfällt, das wir als mittleres Erdellipsoid bezeichnen. Demgegenüber stellen die „bestanschließenden Ellipsoide" Approximationen von Geoidausschnitten dar. Ihre Achsen sind infolge der stärkeren Krümmung des Geoides über den Kontinenten im allgemeinen zu klein. Somit kann entgegen den früheren Bemühungen aus der Kombination noch so vieler Gradmessungen oder bestanschließender Ellipsoide niemals das mittlere Erdellipsoid gewonnen werden.

Für das geometrische und physikalische Problem der Erdfigur gibt es vier Lösungswege:

1. die astronomisch-geodätische Bestimmung bestanschließender Ellipsoide;
2. die astronomisch-geodätische Bestimmung des mittleren Erdellipsoides auf Grund isostatisch reduzierter Lotabweichungen;
3. die gravimetrische Bestimmung der Geoidundulationen auf Grund des *Stokes*schen Integrales oder einer Kugelfunktionsentwicklung der Schwerestörungen und
4. die astronomisch-gravimetrische Bestimmung des mittleren Erdellipsoides.

Schließlich können noch Geoidprofile und flächenhafte Geoidausschnitte auf dem Wege des astronomischen Nivellements gewonnen werden.