

Über eine Feldmethode zur Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes von Böden

Mitgeteilt von RICHARD KÖHLER nach Versuchen von ANDREJ KARPINSKI

Mitteilung aus dem Laboratorium für Erdbaugeologie des Reichsamts für Bodenforschung

(Mit einer Tabelle)

Fragen nach einfachen Methoden, die schnell ein Ergebnis hinreichender Genauigkeit erwarten lassen, die mit einfachen Mitteln ein Arbeiten direkt an der Baustelle ermöglichen, treten heute mehr denn je in den Vordergrund. Die Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes gehört auf alle Fälle zu den wichtigsten Kennziffern der Böden zur Charakterisierung ihres baulichen Verhaltens, aus denen der Bauerfahrene bereits gewisse Schlüsse auf die Beschaffenheit und Verwendbarkeit eines Erdstoffes ziehen kann, und zwar vor allem dann, wenn z. B. noch die Fließ- und Ausrollgrenze, m. a. W. die Kennziffern für das plastische Verhalten bekannt sind, oder aber sich diese ebenfalls möglichst schnell an Ort und Stelle ermitteln lassen. Die Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze läuft nun bekanntlich lediglich auf die Ermittlung des Wassergehaltes eines Bodens bei bestimmter Konsistenz hinaus. Die Möglichkeit einer schnellen und einfach durchzuführenden Wasserbestimmung, auch unter primitiven Verhältnissen an der Baustelle mit einem nur geringen Aufwand an Apparaturen würde somit ohne weiteres eine genauere zahlenmäßige Charakterisierung der Beschaffenheit des anfallenden Erdstoffes zulassen. Hinzu kommt noch, daß auf diese Weise die teilweise recht zeitraubende Verschickung der Proben zum ortsfesten Laboratorium vermieden würde, und weiterhin die nicht immer leichte Frage einer einwandfreien Verpackung der ungestörten, naturfeuchten Proben umgangen werden könnte.

Der z. Zt. in unserem Laboratorium beschäftigte Prof. KARPINSKI erhielt den Auftrag über eine von ihm in Rußland verwendete Methode der feldmäßigen Wasserbestimmung weitere Untersuchungen anzustellen, über die im folgenden berichtet wird.

Zwei Forderungen mußten hier von vornherein Berücksichtigung finden. Einmal muß auch eine derartige Feldmethode eine gewisse Zuverlässigkeit gewährleisten, das andere Mal muß das Verfahren möglichst rasch und mit möglichst einfachen Apparaturen durchführbar sein.

Die Bestimmung des Wassergehaltes wird immer auf eine doppelte Wägung hinauslaufen, und zwar die Wägung der feuchten und der ge-

trockneten Bodenprobe, so daß eine Waage hierfür unentbehrlich wird. Für Feldbedingungen wird aber eine zusammenlegbare Tafelwaage mit einer Genauigkeit von 0,01 g durchaus genügen. An Stelle des zum Trocknen der Bodenproben üblichen Trockenschrankes, der elektrischen Strom oder Gas verlangt und so an eine bestimmte Zuleitung gebunden ist oder aber zum mindesten eine umständlichere Apparatur verlangt und erst einige Stunden konstante Werte liefert, müssen andere Trocknungsmöglichkeiten gesucht werden. Nach Angaben von KARPINSKI soll in der amerikanischen Literatur (1938) von BOJUKOS ein Hinweis zu finden sein, die Trocknung des Bodens unter Vermeidung des Trockenschrankes in einer Schale über einer Alkoholflamme durchzuführen. In Rußland wurden daraufhin Untersuchungen nach dieser Richtung hin unter Verwendung von denaturiertem Alkohol begonnen, die gute Ergebnisse gezeitigt haben sollen.

In unserem Laboratorium wurden zunächst mit recht einfachen beheimatlichen Apparaturen einige Vorversuche mit verschiedenartigen Böden unternommen. Alle Versuche wurden durch Wasserbestimmungen nach der üblichen Methode durch mehrstündiges Trocknen im Trockenschrank bei 105° C. kontrolliert. Die Beschaffung einer oder für Feldbedingungen besser mehrerer Apparaturen ist zur Zeit natürlich sehr erschwert, so daß wir uns zunächst mit Vorrichtungen behelfen mußten, die uns im Laboratorium zur Verfügung standen. Bevor die Versuche im einzelnen besprochen werden, soll die Apparatur, mit deren Hilfe wir unsere Versuche hier durchführten, kurz beschrieben werden.

Die notwendige Apparatur ist die folgende:

1. Eine größere Metallschale (Al oder Cu), zylindrische Form, von etwa 30 mm Höhe und etwa 70 mm Ø.
2. Eine kleinere Metallschale (Al, erwünscht Cu), zylindrische Form, von etwa 20 mm Höhe und etwa 50 mm Ø. Der Boden dieser Schale ist siebartig durchlöchert (Lochweite von 1—1,5 mm Ø). Diese Schale hat am Rande zwei Griffe, die auf den Rand der größeren Schale aufgelegt werden, oder 3—4 Füße von 15—18 mm Höhe.
3. Ein Metalldeckel für die kleine Schale.
4. Ein Vorrat von Filterpapier, das nach der Größe des Bodens der kleinen Schale ausgeschnitten sein muß.
5. Vorrat von Alkohol. (Es genügt verbrauchter Alkohol, von der Jödbestimmung z. B. mit rd. 85% oder denaturierter Alkohol.)
6. Eine zusammenlegbare Waage (Genauigkeit 0,01 g).

Die Schalen und der Deckel dürfen keine dicken Wandungen haben (etwa 1 mm genügt), damit ihr Gewicht nicht zu groß ist.

Die Bestimmung der Feuchtigkeit wird folgendermaßen durchgeführt:

1. Die sauberen Metallschalen mit dem Papierfilter und dem Deckel werden auf einer Waage mit einer Genauigkeit von 0,01 g gewogen. Das Papierfilter bedeckt den Boden der kleinen Schale, damit der Boden nicht durch die Sieblöcher der Schale hindurchfällt.

2. In der kleineren Schale wird der zu untersuchende feuchte Boden (etwa 15—20 g) untergebracht. Diese Schale wird in die größere eingesetzt und mit dem Deckel bedeckt.

3. Die Schalen mit dem Boden und dem Deckel werden wieder gewogen.

4. Nun hebt man den Deckel ab, gießt den Alkohol auf den Boden (etwa 25 ccm) und wartet, bis er durch den Boden durchgefiltert ist. Zur Beschleunigung des Durchfließens darf namentlich bindiger Boden nicht dicht auf der ganzen Bodenfläche der Schale aufgebracht werden.

Bei der Untersuchung von Tonböden ist es erwünscht, daß der Boden nicht als ein kompakter Fladen vorliegt, weil er beim Austrocknen im letzten Moment manchmal platzt und in Stücke zerfällt. Der Ton muß mit dem Spatel zweckmäßig dann bis zum Boden der Schale mehrfach durchgeschnitten und zerkleinert werden, wodurch ein Verspritzen weniger zu befürchten ist.

5. Der Alkohol wird in der unteren, größeren Schale nun angezündet. Wenn der ganze eingegossene Alkohol verbrannt ist, läßt man die Schalen mit dem Boden unter dem Deckel abkühlen und wiegt sie.

6. Dann gießt man noch 10 ccm Alkohol in die große Schale und zündet ihn an. Nach dem Ausbrennen des Alkohols werden die Schalen mit dem Boden und dem Deckel nach Erkalten wieder gewogen.

Bei den sandigen Böden geben beide Wägungen (nach der ersten und zweiten Verbrennung des Alkohols) gut übereinstimmende Resultate; das weist darauf hin, daß bei derartigen Böden ein einmaliges Behandeln mit etwa 25 ccm Alkohol bereits genügen wird.

7. Wenn die Ergebnisse der beiden bezeichneten Wägungen jedoch noch verschieden sind, wiederholt man das Behandeln mit 10 ccm Alkohol, bis zwei Wägungen dasselbe Resultat ergeben.

8. Die Berechnung der Bodenfeuchtigkeit wird nach der üblichen Weise durchgeführt:

Das Gewicht der Schalen mit dem Papierfilter und dem Deckel = T.
Das Gewicht der Schalen mit dem Papierfilter, dem Deckel und dem feuchten Boden = A.

Das Gewicht der Schalen mit dem Papierfilter, dem Deckel und dem ausgetrocknetem Boden = B.

$$A - B = \text{Wasser.}$$

$$B - T = \text{Trockenboden.}$$

Die Feuchtigkeit des Bodens W ist:

$$W \% = \frac{A - B}{B - T} \cdot 100 \text{ auf Trockensubstanz berechnet.}$$

9. Die bezeichnete Methode ist anwendbar für sandige, schluffige und tonige Böden, aber nicht für Böden, die Kohlenreste und größere Mengen von Humus enthalten, denn diese verbrennen bei der Bestimmung und ergeben so Abweichungen.

Bei der Bestimmung der Feuchtigkeit ist die Benutzung des Deckels für die kleinere Schale nicht unbedingt notwendig.

Das Filter verkohlt zuweilen ein wenig am Rande während der Bestimmung, die Gewichtsverminderung ist aber nur so gering, daß dies praktisch keinen Einfluß auf das Resultat der Berechnung hat.

Ein völliges Abbrennen des Filters kommt i. a. nie vor, weil der Boden fest am Filter haftet und so genügend Sauerstoff nur schwer hinzukommen kann. Bei teilweisem Verbrennen kann das trockene Filter nach Ablösen vom Trockenboden zurückgewogen werden, aber auch diese Differenzen sind so gering, daß sie im allgemeinen praktisch belanglos erscheinen.

Für die Arbeit unter Feldbedingungen kann die ganze Apparatur für die Bestimmung (außer den Alkoholvorräten, die aus Apotheken oder Drogerien bezogen werden können) in einem kleinen flachen, tragbaren Kästchen eingepackt werden. Die Herstellung eines solchen Kästchens ist sehr einfach.

Da das Verbrennen des Alkohols (25 ccm) gewöhnlich etwa 20 bis 25 Minuten dauert, ist es zu empfehlen, parallel mehrere Bestimmungen nebeneinander durchzuführen, besonders weil für jeden Boden eine zweimalige Bestimmung wünschenswert ist. Darum müßten sich im Kästchen für die Feldarbeit mehrere vollständige Apparaturen (Metallschalen usw.) befinden.

Besonders interessant erscheint auch die Frage, welche brennbaren Flüssigkeiten zur Verwendung gelangen können. In Amerika werden alle Bestimmungen mit reinem Alkohol durchgeführt, in Rußland wurde mit Erfolg auch denaturierter Alkohol verwendet.

Zu den vorliegenden Versuchen benutzten wir zunächst reinen Alkohol (96%), den wir bald durch einen Alkohol (85%) ersetzten, der als Destillat von Jodbestimmungen in größerer Menge zur Verfügung stand. Dieser unreine Alkohol (rd. 85%) hat sich durchaus bewährt.

Die Frage über die Eignung auch anderer Flüssigkeiten als Alkohol für diese Bestimmungen muß noch geklärt werden. Stark rußende Flüssigkeiten wie Benzol scheiden jedoch von vornherein aus.

Um die Genauigkeit dieser Feldmethode unter Beweis zu stellen, haben wir mit verschiedenen Bodenarten Wassergehaltsbestimmungen sowohl mit der Alkoholmethode unter Verwendung von rd. 85%igem verunreinigten Alkohol, wie auch nach der üblichen Labormethode durch mehrstündiges Trocknen einer bestimmten Bodenmenge in einem Wägegglas im Trockenschrank bei 105° durchgeführt und diese Ergebnisse in der Tabelle zusammengestellt.

Einige der verwendeten Böden lagen in naturfeuchtem Zustande vor (lfde. Nr. 2, 3, 4, 5, 8, 11, 13, 15), die übrigen waren bereits luftgetrocknet und gepulvert, so daß sie vor den Bestimmungen mit Wasser wieder angefeuchtet werden mußten. In der Tabelle wurde für die Berechnung der Feuchtigkeit nach der Alkoholmethode einmal das Gewicht der getrock-

neten Probe mit den Schalen sogleich nach dem Abbrennen des Alkohols (im warmen Zustand), das andere Mal nach dem Abkühlen an der Luft zugrunde gelegt; dabei vergrößert sich das Gewicht des Bodens meistens nur um 0,02—0,04 g. Für den Boden: lfde. Nr. 2 wurde die Wasserbestimmung mit Alkohol zweimal durchgeführt, weil die erste Bestimmung eine geringere Feuchtigkeit ergab als die, wie sie für den im Trockenschrank getrockneten Boden erhalten wurde, während die Alkoholmethode bei den übrigen Böden meistens etwas höhere Werte zeigte.

Tabelle

	Wassergehalt im Trocken- schrank bestimmt	Wassergehalt nach der Alkoholmethode bestimmt			
		Berechnung nach dem Gewicht im warmen abgekühlten			
		Zustände			
		% H ₂ O	Abwei- chung von Spalte 2	% H ₂ O	Abwei- chung von Spalte 2
1	2	3	4	5	6
1. Sandiger Lehm (Rammsen)	19,8	20,1	0,3	20,1	0,3
2. Lehm (Emden)	42,3	41,9	0,4	41,5	0,8
3. Lehm (Emden)	42,3	43,2	0,9	42,8	0,5
4. Lehm (Brūx) I	27,8	29,3	1,5	28,9	1,1
5. Lehm (Brūx) II	27,6	28,9	1,3	28,0	0,4
6. Ton (Brūx)	37,3	38,2	0,9	37,7	0,4
7. Sand (0,5—0,2 mm)	16,9	17,7	0,8	17,7	0,8
8. Lehmiger Sand (Garten vom RfB., Tiefe 20 cm)	4,9	5,7	0,8	5,6	0,7
9. Lehmiger Sand (Garten vom RfB., Tiefe 35 cm)	12,9	a) 13,9	1,0	13,7	0,8
10. Lehmiger Sand (Garten vom RfB., Tiefe 35 cm)		b) 13,7	0,8	13,4	0,5
		Mittlere Abweichung 0,8 ±		Mittlere Abweichung 0,5 ±	
11. Lehmiger Sand mit Humus (RfB., Tiefe 10 cm)	10,7	0,5 %	3,1	0,5 %	2,8
12. Lehm mit Kohle (Brūx)	32,5	verbrannt			
13.*) Lehmiger Sand	15,1 13,7			15,0 15,0	
14. Magerer Ton	30,5 31,8			33,0 31,3	
15. Fetter Ton	46,9 51,0			53,0 54,6	

*) Die Bestimmungen der laufenden Nummern 13—15 wurden doppelt von zwei Laboranten durchgeführt, es sind hier nur die Mittelwerte aus je zwei Einzelbestimmungen angegeben.

Unter Berücksichtigung der in der Tabelle zusammengestellten Zahlenwerte ergibt sich zusammenfassend:

1. Für den Boden mit einer größeren Beimischung von Humus (Nr. 11) zeigt die Alkoholmethode eine Abweichung von einigen Prozenten, der Wassergehalt erscheint hier somit erhöht.
2. Für Böden mit kohligen Beimengungen ist diese Methode nicht brauchbar, weil die Kohle verbrennt und so einen höheren Wassergehalt vortäuschen muß.
3. Für alle anderen Böden, namentlich für sandige, schluffige und bei gewisser Vorsicht auch für tonige, gibt die Alkoholmethode durchaus befriedigende Werte.
4. Die Abweichung von den genauen Laboratoriumsmethoden ist im Durchschnitt kleiner als 1%.

Die Alkoholmethode zur Bestimmung des Wassergehaltes von Böden ist demnach als Feldmethode durchaus brauchbar.
