

Entwicklung und Prüfung eines verbesserten Untersuchungsverfahrens zur Bestimmung der Korngrößenverteilung im Feinkornbereich

FA 5.120

Forschungsstelle: Dr.-Ing. Hans Haas, Rösrath

Bearbeiter: Haas, H. / Deutler, T.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Juni 2003

1. Aufgabenstellung

Die Eignung des Tauchwägewerfahrens sollte durch Vergleiche der Ergebnisse zahlreicher Analysen geprüft werden, die nach dem Aräometerverfahren einerseits und nach dem Tauchwägewerfahren andererseits jeweils am selben Prüfgut vorgenommen worden waren.

Das durch die Forschungsarbeit zu prüfende Untersuchungsverfahren gleicht dem Untersuchungsverfahren nach DIN 18123 im Analysenprinzip, doch werden die Suspensionsdichten nicht mittels Aräometer sondern durch Tauchwägungen von Glaskörpern ermittelt, die an eine Analysewaage mit Datenübertragung an einen PC gehängt werden. Im Folgenden wird deshalb das Analyseverfahren nach DIN 18123 als "Aräometerverfahren", das neue Verfahren als "Tauchwägewerfahren" bezeichnet.

2. Untersuchungsmethodik und -ergebnisse

Fünfzehn in der Bodenanalyse erfahrene Laboratorien haben die Korngrößenverteilung eines tonigen Bodens, eines Schluffbodens, eines zur Koagulation neigenden Schluffbodens und eines gemischtkörnigen Bodens nach einem festgelegten Testprogramm untersucht. Die Untersuchungsproben von jeweils gleicher Masse für alle Labors wurden aus sorgfältig homogenisierten Bodenmassen hergestellt.

Nach Fertigstellung der Analysen wurden die von den Laboratorien erhaltenen Untersuchungsergebnisse daraufhin geprüft, ob die Untersuchungen den zu Grunde liegenden Prüfvorschriften und dem Arbeitsplan für den Ringversuch entsprachen. Dabei wurden korrigierbare und nicht korrigierbare Mängel bzw. Verfahrensfehler festgestellt.

Darüber hinaus zeigte sich eine Fehlerquelle, die bei nicht wenigen Analysen und Prüfstellen wirksam war. Diese Fehlerquelle wird durch ungenügende Dispergierung des Prüfgutes verursacht und hat erhebliche Auswirkungen auf die Prüfergebnisse. Bei dem zur Koagulation neigenden Schluffboden bewirkte sie Streubereiche der Ergebnisse von rund 60 % beim Aräometerverfahren bzw. rund 50 % beim Tauchwägewerfahren. Sie hat damit eine über den Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit hinausgehende Bedeutung.

2.1 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse hat ergeben:

1. Im Bereich der Fraktionen zwischen $d \leq 0,02$ mm und $d \leq 0,002$ mm treten bei keinem der untersuchten Böden signifikante systematische Unterschiede zwischen den Ergebnissen beider Verfahren auf.

Bei den Kornfraktionen $d \leq 0,06$ mm und $d \leq 0,04$ mm weisen die Ergebnisse der beiden Verfahren aber Differenzen auf, deren Größen einmal – z. B. durch falsche Zuordnungen in die Klassifikation der Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94 – von Bedeutung sein können. Bei diesen Fraktionen blieben die Prüfergebnisse der Aräometeranalysen unter denen der Analysen des Tauchwägewerfahrens. Diese Unterschiede sind auf die Fehlerquelle

"Kornablagerungen auf der Aräometerbirne" des Aräometerverfahrens zurückzuführen. Sie erreichen bei dem Schluffboden wegen seiner relativ großen Anteile an schnell sinkendem Korn mit $d \geq 0,02$ mm Werte von 5 %.

2. Die Streuungen der Analyseergebnisse des tonigen, des schluffigen und des gemischtkörnigen Bodens fallen unter Vergleichbedingungen beim simultanen Präzisionsvergleich aller Kornfraktionen beim Tauchwägewerfahren signifikant kleiner aus als beim Aräometerverfahren. Unter den für den Verfahrenvergleich besonders wichtigen Vergleichbedingungen prüft demnach das Tauchwägewerfahren mit größerer Präzision als das Aräometerverfahren.
3. Die Streuungen der Analyseergebnisse des tonigen Bodens und des Schluffbodens unter Wiederholbedingungen sind – bei beiden Analyseverfahren – relativ klein in Bezug auf die Vergleichstreuungen. Sie sind daher für den Vergleich der beiden Analyseverfahren von untergeordneter Bedeutung. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Wiederholstreuungen beider Prüfverfahren liegt nicht vor.
4. Die Prüfergebnisse des gemischtkörnigen Bodens brachten erheblich geringere Vergleichstreuungen als diejenigen der beiden feinkörnigen Böden. Bei der Analyse von gemischtkörnigen Böden ist daher eine sehr gute Präzision der beiden Analyseverfahren, vornehmlich des Tauchwägewerfahrens, zu erwarten.

2.2 Untersuchungen am Schluffboden

Mit den Untersuchungen am zur Koagulation neigenden Schluffboden konnte, trotz der genannten Störeffekte durch Dispergierungsmangel, nachgewiesen werden:

Das Tauchwägewerfahren liefert während der Analyse frühzeitige und deutliche Hinweise auf Koagulationswirkungen. Bei Auftreten einer Koagulation kann die betreffende Bodenprobe – im Gegensatz zum Aräometerverfahren – mit gesteigerter Dosierung des Dispergierungsmittels ohne nennenswerten Zeitverlust analysiert werden.

Das Tauchwägewerfahren ist demnach in der Lage, den Mangel des Aräometerverfahrens bei zur Koagulation neigenden Böden zu beheben.

3. Schlussfolgerungen

Zur Eignung des Tauchwägewerfahrens ist demnach festzustellen:

- Das Verfahren ist für die Korngrößenanalyse feinkörniger Böden und Bodenbestandteile geeignet.
- Es übertrifft das Aräometerverfahren in der Genauigkeit unter Vergleichbedingungen.
- Es ist frei von systematischen Abweichungen, wie sie dem Aräometerverfahren im Bereich der Fraktionen zwischen $d \leq 0,06$ mm und $d \leq 0,02$ mm anhaften, prüft in dem genannten Bereich demnach korrekter.
- Es ist auch für die Analyse von Böden geeignet, die zur Koagulation neigen.
- Durch die erhebliche Reduzierung der Analysendauer kann den Baustellen bei bodenmechanischen Problemen oft rascher geholfen werden, die nicht zu korrigierenden Temperaturschwankungen während der beim Aräometerverfahren unumgänglichen Nachtstunden werden ausgeschaltet und schließlich reduzieren sich die zeitabhängigen Betriebskosten der Korngrößenanalysen. □