

Zusammenfassung

Im Rahmen der vorgelegten kumulativen Dissertation wurde Rheometrie als Messmethode vorgestellt, die sich dazu eignet, mikrostrukturelle Studien zu betreiben. Ziel der Arbeit war es, bereits bekannte rheologische Methoden aus den Bereichen der Polymerwissenschaften, der Nahrungsmittelbranche, der anorganischen Chemie, Lack- und Farbenindustrie, verwandten Forschungsbereichen sowie den Geingenieurwissenschaften an bodenmechanische Methoden anzupassen. Bislang war es in der Bodenmechanik nur möglich, über Oedometer-, Triaxial- oder direkte Schertests das Deformations- und Drucksetzungsverhalten von Böden anhand von ungestörten Stechzylinderproben zu untersuchen, ohne weitere Berücksichtigung von Kontaktpunktmechanismen. Ein wichtiger Aspekt dieser Arbeit bezieht sich auf skalenübergreifende Prozesse. Die Rheometrie als ein äußerst sensitives Messverfahren, ermöglicht es, mikrostrukturelle Prozesse und Veränderungen zu erfassen. Des weiteren galt es, methodische Unterschiede hinsichtlich der Wassergehalte zu erarbeiten, da sich die Rheologie als solche mit der Untersuchung niederviskoser Substanzen, wie Tonsuspensionen, Ölen oder Schlämmen befasst.

Es wurden so genannte Amplitudentests im Oszillationsmodus an einem Compact Modular Rheometer MCR 300 mit einem Platte-Platte Messsystem durchgeführt. Dazugehörige Prinzipien, Kenngrößen und Methoden wurden auf Belange der Bodenmechanik übertragen, modifiziert und vorgestellt. Um die tatsächliche Anwendbarkeit eines solchen Rheometers zu überprüfen, wurden zahlreiche Untersuchungen an Böden mit unterschiedlichsten Variationen getestet. Homogenisierte Na-Bentonit Pasten wurden zunächst hergestellt, um eine Vergleichbarkeit zu bekannten Methoden zu bewahren. Limitiert durch messtechnische Rahmenbedingungen wurde auf 2mm gesiebtes, gestörtes Probenmaterial in 45cm³ großen Zylindern präpariert, gesättigt und in Parallelen auf -60hPa vorentwässert. An den so vorbereiteten Proben wurden Amplitudentests durchgeführt.

Unter dem Aspekt des Einflusses von Salzen auf das Matrixpotenzial, wurden zusätzlich NaCl und CaCl₂-Lösungen hergestellt, mit denen ein Großteil der Proben behandelt wurde. Zu den untersuchten ton- und schluffreichen Substraten gehören ein reiner Na-Bentonit, carbonathaltiger Löß aus Israel, ein Chernozem aus lehmigem Sand aus Halle/Saale („Ewiger Roggenanbau“), ein Luvisol aus lehmigem Schluff, Kassel (Kalidüngung), ein Gleysol aus Ritzerau sowie ein Planosol aus Wacken, Schleswig-Holstein, Oxisole und ein Vertisol aus Südbrasilien (Rio Grande do Sul). Neben dieser hohen Variabilität an Substraten, wurden Untersuchungsschwerpunkte hinsichtlich von Textur-, Wassergehalts- und Salzeffekten gesetzt. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, war es notwendig, eine einheitliche Messmethode anzuwenden. Auf der Basis der empirisch gewonnenen wie auch kalkulierten Daten, konnten recht eindeutige Interpretationen der Datensätze vorgenommen werden.

Begleitet wurde diese Methode von Rasterelektronenmikroskopie. Durch die visuelle Erweiterung mikrostruktureller Analyse werden nicht nur skalenübergreifende strukturelle Veränderungen und Konsequenzen verdeutlicht, sondern auch die Notwendigkeit der Erforschung bodenmechanischer Prozesse auf der Partikel-Partikel-Ebene. Rheologie kann somit als ein technisches Verfahren angesehen werden, das für diesen Bereich der Bodenmechanik geeignet ist; darunter auch unter dem Gesichtspunkt der praktischen Anwendung für die Untersuchung der Kontaktebene Boden und Bodenbearbeitungsinstrument („soil-tool interface“). Eine Umsetzung bereits existierender Modellierungen derartiger Forschungsbereiche kann mit Hilfe rheologischer Messtechniken, wie sie hier vorgestellt wurden, erzielt werden. Durch die Modifikation von Amplitudentests im Oszillationsmodus, ist die vielfältige Einsetzbarkeit eines Rotationsrheometers gegeben. Weite Bereiche der Bodenmikromechanik können somit einbezogen werden; die gewonnen Daten sind ebenfalls dazu geeignet, auf die jeweils nächst größere Skala transferiert zu werden. Es konnte belegt werden, dass Rheometrie eine anwendbare Methode ist, mikrostrukturelle Veränderungen mit Hilfe eines Rotationsrheometers zu untersuchen.