

Fertilization induced changes in soil stability at the microscale revealed by rheometry

MSc Dörthe Holthusen

1. Berichterstatter: Prof. Dr. R. Horn

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Einfluss von Düngung auf Bodenstabilität wie sie mit Hilfe der Rheometrie erfasst werden kann. Besonderes Augenmerk gilt hierbei Kalium (K), das in diversen Studien einen positiven Einfluss auf die Wassernutzungseffizienz von Pflanzen gezeigt hat. Neben der seiner absenkenden Wirkung auf die die Transpirationsrate, ist eine Verbesserung der Struktur durch K denkbar, was durch erhöhte mikrostrukturelle Stabilität die Menge pflanzenverfügbaren Wassers erhöhen könnte. Daher wurde in der vorliegenden Arbeit der Einfluss von K, aber auch organischer versus mineralische Düngung auf mikrostrukturelle Stabilität mit Hilfe eines Amplitudentests analysiert, um schlussendlich einen Vergleich der Einflüsse von Düngern über verschiedene Zeit- und Raumskalen zu ermöglichen. Der erste Ansatz war die kurzfristige Beeinflussung des Scherwiderstandes gesättigter Proben durch K. Dazu wurden Proben aus Geschiebemergel mit KCl-Lösungen unterschiedlicher Konzentrationen für unterschiedliche Zeiträume aufgesättigt. Die rheologischen Parameter Scherwiderstand τ am Ende des linearviskoelastischen Bereichs, maximaler Scherwiderstand τ_{max} , Speichermodul G' und Verlustmodul G'' an der Fließgrenze erreichten mit zunehmender K-Konzentration höhere Werte, was durch die längere Einwirkzeit der Lösung noch verstärkt wurde und zeigt, dass „age-hardening“ stattgefunden hat. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass ein abnehmendes Matrixpotential die rheologischen Parameter ebenfalls erhöht, also die Scherfestigkeit durch höhere Entwässerung zunahm. Für die Erfassung des Langzeiteffektes von K wurden Proben verschiedener Dauerdüngungsversuche untersucht. Obwohl ursprünglich für die Untersuchung des Einflusses auf Pflanzenwachstum und -ertrag erstellt, eignen sie sich auch für die Betrachtung bodenkundlicher Fragestellungen. Die Scherfestigkeit wurde nach verschiedenen Vorentwässerungsstufen gemessen und dann mit physikalisch-chemischen Eigenschaften der Böden vernetzt. Sowohl die Betrachtung der Einzelparameter als auch ihre Kombination in multipler linearer Regression und anschließender schrittweiser Modellanpassung zeigt, dass bodenphysikalische Parameter nicht nur von Einzelfaktoren bestimmt werden, sondern von einer Vielzahl an interagierenden Parametern abhängen. Hinsichtlich der K-Düngung wurden sowohl stabilisierende als auch destabilisierende Einflüsse beobachtet. Während Böden mit gröberer Textur durch K stabilisiert wurden, verhielt es sich umgekehrt bei Böden mit mittlerem Tongehalt. Der feinkörnigste Boden hingegen zeigte keinerlei Einfluss durch K. Im Allgemeinen wurden die beobachteten Unterschiede durch Entwässerung auf -3 und -6 kPa verstärkt. Im letzten Teil dieser Arbeit wurden einige Varianten eines Dauerdüngungsversuches des Dikopshofes in der Nähe von Bonn auf ihre physikalischen Eigenschaften auf Mikro- und Mesoebene untersucht. Für die Erfassung des Einflusses von organischer versus mineralischer Düngung erfolgte die Entnahme von ungestörten Proben mit mineralischer, organischer sowie kombinierter Düngung. Sowohl organische als auch mineralische Düngung erhöhten die Porosität des Bodens, jedoch war die Porenfunktionalität bei den organisch gedüngten Böden deutlich besser und auch persistent bei mechanischer Belastung. Die mikrostrukturelle Stabilität wurde durch mineralische Düngung signifikant verringert, aber durch organische Düngung erhöht. Offensichtlich gab es skalenbasierte Unterschiede in der Bodenstabilität mit einer Ausnahme: Die zyklische Kompressibilität c_n war eng korreliert mit dem maximalen Scherwiderstand τ_{max} , was die Übertragung von rheologischen Parametern auf die Mesoskala ermöglicht. Nach Homogenisierung der Proben hatte die organische Düngung eindeutig stabilisierenden Einfluss, sowohl in alleiniger Gabe als auch in Kombination mit mineralischer Düngung. Die Scherfestigkeit wurde scheinbar durch K-Düngung verringert, war jedoch positiv korreliert mit dem tatsächlichen K-Gehalt im Boden. Hier führte das Homogenisieren zu vielfältigen Interaktionen mit organischer Düngung und Matrixpotential, deren umfassende Erklärung weitere Untersuchungen erfordert. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die vorherige Struktur durch organische Düngung zum Teil konserviert wurde. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Einfluss von K-Düngung auf die mikrostrukturelle Stabilität vielfältig ist und immer der zusätzlichen Betrachtung der weiteren bodenspezifischen Eigenschaften sowie des Zeit- und Skaleneffektes bedarf. Darüberhinaus bieten die Ergebnisse einen ersten Ansatz zur Aufskalierung rheologischer Parameter auf die Mesoskala.