

Anisotropie von Bodenstrukturen und Porenfunktionen in Böden und deren Auswirkungen auf Transportprozesse in gesättigten und ungesättigten Zustand

José Miguel Dörner Fernández

Erstberichterstatter: Prof. Dr. R. Horn

Die Belastung von Böden hat in den letzten Jahrzehnten aufgrund einer intensiven Pflanzenproduktion zugenommen. Die durch Landwirtschaft verursachte Umweltbelastung erfolgte nicht nur durch die steigende Nutzung von Düngemitteln oder Pestiziden, sondern auch durch die Verdichtung von Böden. Der Transport von diesen Stoffen in Böden kann in gesättigten sowie in ungesättigten Zustand stattfinden. In Böden kann eine überwiegend eindimensionale Wasserbewegung erfolgen, wenn in der Ebene die hydraulische Leitfähigkeit des Bodens isotrop ist. Dieser vertikale Transport kann aber in der Realität kaum vorkommen, da die hydraulischen Eigenschaften aufgrund der Horizontierung und Strukturierung des Bodens in der Regel anisotrop sind. In hängigem Gelände kann ein mehrdimensionaler Transport sowohl durch die Überlagerung des gravitativen Potentialgradienten durch im Raum wirksame Matrixpotentiale als auch durch die Anisotropie der hydraulischen Leitfähigkeit erfolgen (Tigges, 2000).

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, (i) die Anisotropie von Porenfunktionen (k_f , k_u und k_a) und mechanischen Bodeneigenschaften (t) zu beschreiben sowie (ii) den Wassertransport am Hang zu dokumentieren. Freiland- und Labormessungen wurden in einer typischen Jungmoränenlandschaft Schleswig-Holsteins durchgeführt. Die Richtungsabhängigkeit der genannten Eigenschaften wurde an ungestörten Bodenproben untersucht, die anhand eines modifizierten Probennahmegerätes aus 3 pseudovergleyten Parabraunerden, einer erodierten Parabraunerde und einem Kolluvisol in 3 Richtungen (vertikal, 45° „diagonal“ und horizontal) entnommen wurden. Tensiometermessungen wurden in 15 Standorten 4 Catenen von Mai 2002 bis November 2002 und von April 2003 bis Oktober 2003 durchgeführt. Die Tensoren der hydraulischen Leitfähigkeit für verschiedene pF-Werte wurden auf der Ebene des Bodenhorizontes berechnet. Die an gleichen Bodenproben gemessenen gesättigten Wasser- und Luftpermeabilitäten wurden verglichen. Die Richtungsabhängigkeit des Porenvolumens und seiner Schrumpfung wurde auch untersucht. Bei der Bestimmung der Scherparameter wurden die Schergeraden in 2 Ästen aufgeteilt, damit man Struktur- und Textureffekte unterscheiden kann.

Anisotropie von hydraulischen und mechanischen Eigenschaften wurde auf der Skala von Bodenhorizonten festgestellt. Die Entstehung dieser Anisotropie kann aufgrund von pedogenetischen, anthropogenen und biologischen Ursachen vorkommen. Die räumliche Einregelung von Aggregaten, die sich durch die Scherversuche erkennen lassen, beeinflusst die Spannungssituation eines Bodens und, prägt vor allem durch die Entwicklung von kontinuierlichen Fließwegen die Funktion des Porensystems. In der Regel ist die Kohäsion entlang langen und kontinuierlichen Aggregaten kleiner als durch Aggregate hindurch. Das kommt z.B. in der Pflugsohle vor, wobei das Plattengefüge nicht nur ungünstige Bedingungen für das Pflanzenwachstum durch seine mechanische Anisotropie ausüben kann, sondern auch zum parallelen Fluss führen kann. Aus der Rechnung der Tensoren der hydraulischen Leitfähigkeit lässt sich eine Wasserspannungsabhängigkeit der Anisotropie erkennen. In diesem Zusammenhang spielt die Kontinuität und Tortuosität des Porensystems im Struktur- und Texturbereich eine wichtige Rolle. Dieser Umstand lässt sich durch die Simulation der ungesättigten Wasserleitfähigkeit mittels des klassischen van Genuchten - Mualem Modells nicht erkennen, da in strukturierten Böden die Kontinuität und Tortuosität des Porensystems durch die Porendichteverteilung nicht beschrieben werden kann. Die Anisotropie betrifft auch den Transport von Luft im Boden, welche auch vom Sättigungsgrad abhängig ist. Dieses richtungsabhängige Verhalten der Luftpermeabilität hängt von dem blockierten Porenvolumen und der Kontinuität des luftgefüllten Porenvolumens ab.

Die untersuchten Böden sind keine starren Körper. Eine geringe, in manchen Fällen richtungsabhängige Schrumpfung, wurde festgestellt, was auf eine mechanische Anisotropie zurückzuführen ist. Die gemessene Schrumpfung ruft Veränderungen in den strukturbedingten Poren hervor, wirkt sich auf den Transport von Wasser und Luft aus, und resultiert in isotropem/anisotropem Verhalten. Die mechanische Stabilität der Bodenstruktur und seines anisotropen Verhaltens kann durch die Änderung des Korrelationskoeffizienten zwischen k_o und k_a mit zunehmender Entwässerung der Poren nachgewiesen werden. Diese durch Meniskenkräfte verursachte Quellung und Schrumpfung ruft Veränderungen in der Geometrie des Porensystems hervor, und hat Auswirkungen auf die Beziehung zwischen k_o und k_a . In

der Regel ist die Luftpermeabilität höher als die Wasserpermeabilität, was mit dem „Klinkenberg Effekt“ und Luftinklusiven während der Messung der k_o erklärt werden kann.