

Diss. ETH Nr. 7682

UNTERSUCHUNG DES WASSERHAUSHALTES IN EINEM INHOMOGENEN,
ANISOTROPEN SICKERSYSTEM, DARGESTELLT AN EINEM RENDZINA-BODEN

ABHANDLUNG

zur Erlangung eines

DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZUERICH

vorgelegt von

Buchter Bernhard

dipl. Forstingenieur

geboren am 22. Januar 1955

von Thayngen SH und Zürich

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. H. Flühler, Referent

(in Stellvertretung des verstorbenen em. Prof. Dr. F. Richard)

Prof. Dr. Th. Dracos, Korreferent

1984

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die Struktur und der Wasserhaushalt eines sehr steinigen Bodens, einer Rendzina, untersucht. Ziele der Arbeit waren:

- Untersuchung der Struktur anhand der Grösse, des Anteiles und der Orientierung der Steine (Skelett)
- Analyse des Saugspannungsverlaufes und der Wassersickerung während und ausserhalb der Vegetationsperiode und des Einflusses der Steine auf den Wasserhaushalt
- Entwicklung und Weiterentwicklung von bodenphysikalischen Methoden zur Untersuchung steiniger Böden

Die Versuchsstandorte lagen im Schitterwald (Mull-Rendzina) und am Vorberg (Mull-Moder-Rendzina), d.h. an der Nord- und Südseite des Weissensteins bei Solothurn. Im Schitterwald wurde die Struktur des Bodens untersucht, die Bodenparameter (Dichte, Porosität, Korngrössenverteilung, Desorptionskurven, k-Werte) bestimmt und die Saugspannungen und Niederschläge von Mai 1981 bis November 1983 gemessen; am Vorberg nur die Saugspannungen und Niederschläge von Juli 1981 bis November 1982.

Folgende methodischen Probleme wurden gelöst:

- Konstruktion horizontaler, entlüftbarer Tensiometer
- Setzen der Tensiometer mit Bohrmaschine; Kontakt zur Feinerde mit Feinerdebrei
- Entnahme grosser, ungestörter Bodenproben (40 x 40 x 50 cm) zur Bestimmung der Desorptionskurven und k-Werte mit der Ausflussmethode
- Entnahme, Härtung (mit Araldit) und Zersägen grosser, ungestörter Bodenproben (rund $\frac{1}{2}$ m³) zur Untersuchung der Struktur an Schnitten

Die Strukturuntersuchung ergab folgende Ergebnisse:

- Mit Hilfe dreidimensionaler, gleitender Mittel (Würfel) konnte gezeigt werden, dass das repräsentative Elementarvolumen (REV) hinsichtlich der Stein-Feinerde-Verteilung unterhalb 80 cm Tiefe etwa 2 dm³, oberhalb 80 cm Tiefe 3½ bis 5 dm³ gross ist. Das (würfelförmig gedachte) REV ist kaum grösser als der Durchmesser der grössten Steine.

- Ab 80 cm Tiefe sind die Steine (wie das Muttergestein) parallel zur Oberfläche geschichtet.

Resultate der Wasserhaushaltsuntersuchung:

- Interzeption inkl. Stammabfluss im Schitterwald im Sommer 18 %, exkl. Stammabfluss 10 - 11 % des Freilandniederschlages
- Senkrechte Tensiometer, da in der Hauptflussrichtung angeordnet, ergeben bei Niederschlägen, im Gegensatz zu waagrechten Tensiomern, zu tiefe Saugspannungswerte.
- In allen drei Messjahren wurde das leichtverwertbare Wasser bei Jahresniederschlägen von 1200 bis 1500 mm weder im Schitterwald noch am Vorberg durch die Kraut- und Strauchvegetation völlig aufgebraucht.
- Der Einfluss der Steine war anhand der Streuung der Saugspannungswerte nicht ersichtlich.
- Abweichungen von der lotrechten Sickerichtung waren zufällig und ohne Zusammenhang zur Schichtung der Steine.
- Die im Labor bestimmten Desorptionskurven ergaben im Saugspannungsbereich 0 bis mindestens 40 cm WS zu hohe Wassergehalte und zu hohe spezifische Wasserkapazitäten. Die gewählte quadratische Regression verstärkt diese Tendenz. Eine Korrektur war möglich.
- Die im Labor bestimmten k-Werte waren 10 bis 100 mal grösser als die Feld-k-Werte. Die Feld-k-Wertkurven waren nahe Sättigung sehr steil und unter Umständen nicht einmal eine Funktion der Saugspannung. Nach Niederschlägen sank die Saugspannung kurzfristig und ebenso kurzfristig nahm die Tiefensickerung entscheidend zu.
- Die Eichung der Neutronensonde in einem sehr steinigem Boden war bisher nicht möglich.

Ergebnisse des Stofftransportexperimentes:

- Zeitweise trat an oder knapp unter der Bodenoberfläche ein hangabwärts gerichteter Fluss statt, ebenso ab 60 cm Tiefe.
- Die Evapotranspiration der Kraut- und Strauchschicht betrug 0.8 mm/d (27.5. - 1.10.1983), rund 30 % der geschätzten Evapotranspiration der gesamten Vegetation, und die Tiefensickerung 1.1 mm/d bei einem mittleren Niederschlag von 1.9 mm/d.

Abstract

The structure and the water regime of a stony Rendzina-soil (Eutrochreptic Rendoll) was investigated. The goals of this research work were as follows: First, to investigate the structure, i.e. the size, the amount and the orientation of the stones (skeleton). Second, to monitor with time the soil-water-suction and deep seepage and thus the influence of the stones on the soil-water regime over an extended period of time (two and one half years). Third, to develop and improve soil physical methods for investigating stony soils.

Two locations were chosen for this investigation in the forest of the Swiss Jura Mountain near Solothurn. One site was located on the northern slope of Weissenstein in Schitterwald and the other on the southern slope of Weissenstein in Vorberg. In both locations the sites were selected at least 5 meters from the surrounding trees in order to minimize the influence of tree roots on the soil water regime. For the Schitterwald site the structure of the soil was investigated. In addition, the density, porosity, grain size distribution, soil-water desorption relationship and the hydraulic conductivity (K) were measured. The soil-water suctions and precipitations were monitored during the period from May 1981 to November 1983. For the Vorberg site the suctions and precipitations were monitored from July 1981 to November 1982.

During the course of the study the following methodical problems were solved:

- Construction of horizontal and de-aeratebal tensiometers was achieved.
- Placement of tensiometers in the soil with a drilling machine and securing good contact with the soil using a fine earth slurry were successful.
- Preparation of a large undisturbed soil column (40 x 40 x 50 cm) for the determination of the desorption curves and the K-values using the outflow method were carried out.
- Preparation of a large undisturbed soil column (about 0.5 m³) prior to hardening of the soil using epoxy resin (Araldit), and sawing, was carried out for the purpose of quantifying soil structure.

Results of the structure investigation:

- Using three dimensional moving averages schema (cubes), it was found that the representative elementary volume (REV) for the skeleton and fine earth distribution was 3500 to 5000 cm³ for soil depths up to 80 cm and 2000 cm³ for depths below 80 cm. The REV was slightly larger than the maximum size of stones found in the samples.
- For depths below 80 cm, the stones (as the underlying rock) were layered and parallel to the soil surface.

Results of the water regime investigation:

- For the Schitterwald site, water interception including stemflow amounted to 18 % of the total rainfall during the summer months. The stemflow alone accounted for 7 % of rainfall amounts.
- During precipitations water suction from vertical tensiometers which were parallel to the water flow direction were lower than suctions from horizontal tensiometers.
- During the three vegetation periods (1981, 1982 and 1983) the soil-water was consistently in the low suction range (matrix potential of 80 to 690 cm or 8 to 68 kPa) which was readily available for plant use by the existing herbs and shrubs. This was the case for both the Schitterwald and the Vorberg location.
- The variances of water suction measurements were small for tensiometers located at the same soil depth. Such values were within the same range as those reported for suction measurements in soils without stones.
- The water flow direction was often not vertically downward. Such deviations from downward flow were small, erratic, and did not necessarily follow the layering sequence of the underlying stones.
- In the suction range between 0 to 40 cm (0 to 4 kPa) the laboratory measured desorption curves provided higher water contents and specific water capacities than could be accounted for on the basis of water balance during periods of precipitation. It was possible to correct for such deviations by adjusting a quadratic regression equation describing the laboratory measured desorption curves.

- The laboratory measured K versus suction curves were one to two orders of magnitude higher than field measured K-values. The field K-values indicated a steep drop with increasing suction and extensive scattering near water saturation. Following precipitations the suction values throughout the soil profile decreased rapidly. In the meantime deep seepage greatly increased.
- The calibration of the neutron moisture probe was not successful in this predominantly stony Rendzina-soil.

Results of the transport experiment:

- At or just underneath the soil surface the direction of chloride and bromide transport was parallel to the sloping soil surface. The same was true for solute transport in the stony-stratified layers at depths below 60 cm.
- The evapotranspiration rate of the herbs and shrubs amounted to 0.8 mm/day during May to October, 1983. It was estimated that such an amount represents 30 % of the total including evapotranspiration from the existing trees. During the same time period, the average deep seepage was 1.1 mm/day and the average precipitation was 1.9 mm/day.

Translation: H.M. Selim