

Zur Vorhersage der $\theta(\psi)$ -Beziehung von künstlichen Rohböden mittels Pedotransferfunktionen

U. Hoepfner¹ K. Weiß² H. Zepp³

1 Problemstellung

Die Bestimmung der $\theta(\psi)$ -Beziehung ist zeit- und kostenaufwändig. In Untersuchungen zum Wasserhaushalt von Böden werden deshalb diese Beziehungen oft mittels Pedotransferfunktionen (PTF) anhand einfacher zu bestimmender Bodenparameter abgeleitet. Software wie ROSETTA oder SOILVISION bietet die Möglichkeit der relativ einfachen und schnellen Generierung von hydraulischen Kennkurven.

Der Ableitung der hydraulischen Funktionen beruht dabei z.B. bei den PTF nach RAWLS u. BRAKENSIEK (1985) oder VERECKEN et al. (1989) auf Regressionsanalysen von Körnung, Lagerungsdichte oder Gehalt an organischer Substanz und den Parametern der hydraulischen Funktion. Einen physikalisch fundierten Ansatz legten zuerst ARYA u. PARIS (1981) vor. Er beruht auf der Herleitung der Porengrößenverteilung bzw. der entsprechenden Porenvolumen und der Porenradien entsprechenden Tensionen aus der Körnung. Eine Weiterentwicklung dieses Ansatzes ist die PTF nach FREDLUND et al. (1997), welche neben der Körnung auch die Packungsdichte des Substrates berücksichtigt. Über diesen Parameter lassen sich die $\theta(\psi)$ -Beziehungen an gemessene Funktionen kalibrieren.

Über die Gültigkeit der PTF für Kippböden, welche z.B. bei der Rekultivierung von Altlasten oder Deponien großtechnisch aufgetragen werden, ist wenig bekannt. Für zwei unterschiedliche Rohbodensubstrate wird die Prognose der $\theta(\psi)$ -Beziehung mittels Pedotransferfunktionen geprüft.

2 Methodik

Es wurden 2 Substrate ausgewählt, welche für die Oberflächenabdeckung von Bergbaualtlasten und Deponien eingesetzt werden (Tab. 1):

- Substrat I: stark steiniger, schluffig-lehmiger Sand; sehr heterogenes Rekultivierungssubstrat einer Haldenabdeckung; hoch verdichtet, z.T. mit Haldenmaterial vermischt.
- Substrat II: sandiger Schluff, steinfrei; relativ homogener Rekultivierungsboden einer Deponieabdeckung.

Die $\theta(\psi)$ -Funktion wurde an ungestört entnommenen 250 cm³ Proben mittels der Verdunstungsmethode bestimmt. Die Parametrisierung der hydraulischen Funktionen erfolgte nach VAN GENUCHTEN (1980) (VGN). Es wurden die PTF nach RAWLS u. BRAKENSIEK (1985), VERECKEN et al. (1989), ARYA u. PARIS (1981) und FREDLUND et al. (1997) mit SOILVISION (2001) berechnet. Die hier dargestellten Prognosen erfolgten auf Grundlage der mittleren Körnung des jeweiligen Substrates sowie den in den $\theta(\psi)$ -Bestimmungen gemessenen Lagerungsdichten bzw. Porenvolumen.

3 Ergebnisse

Die Vorhersage der $\theta(\psi)$ -Beziehung für das sehr steinige, heterogene Substrat I mittels der Regressionsansätze führte zu sehr hohen Abweichungen zu den Laborkurven. Auch die Prognose nach ARYA u. PARIS war nicht zufriedenstellend.

Die mittlere Funktion nach FREDLUND et al. repräsentiert zwar einen Teil der Kurvenschar der Laborbestimmungen relativ gut, jedoch können die Einzelabweichungen sehr hoch sein (Abb. 1). Passt man die FREDLUND-Funktion über eine Erhöhung der Packungsdichte um +10 % an, so ergeben sich sehr gute Übereinstimmungen der prognostizierten und gemessenen $\theta(\psi)$ -Funktionen (Abb. 1, PTF angepasst). Auch die mittlere Funktion stimmt dann mit der mittleren VGN-Parametrisierung der Laborkurven besser überein.

Parametrisiert man die mittleren hydraulischen Funktionen nach VAN GENUCHTEN (Tab. 2), so zeigt sich, daß die Erhöhung der Packungsdichte vor allem zu einer verbesserten Vorhersage des Lufteintrittspunktes führt, der Parameter α dagegen

Tab. 1: Feinbodenanteile und Lagerungsdichte der zwei untersuchten Substrate

	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	Ld [g/cm ³]
Substrat I	11,3	45,9	42,8	1,8
Substrat II	7,6	50,8	41,6	1,7

¹Wismut GmbH, Chemnitz; u.hoepfner@wismut.de

²Ruhr-Univ. Bochum; kathrin.weiss@ruhr-uni-bochum.de

³Ruhr-Univ. Bochum; harald.zepp@ruhr-uni-bochum.de

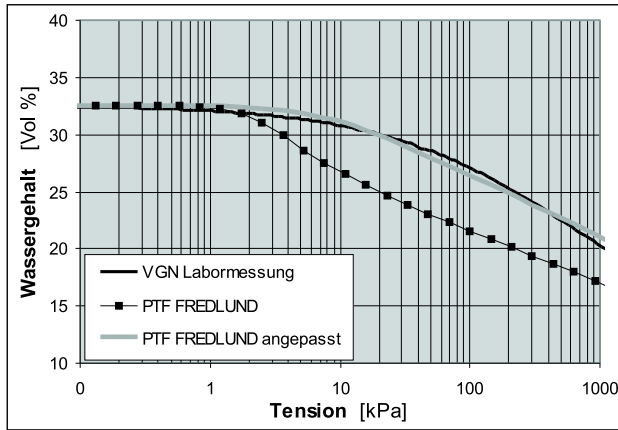


Abb. 1: Beispiel für gemessene $\theta(\psi)$ -Beziehung (Parametrisierung nach VAN GENUCHTEN) und PTF nach FREDLUND et al. für das Substrat I

schlechter prognostiziert wird.

Ebenso wie beim Substrat I führen die Regressionsansätze beim Substrat II zu hohen Abweichungen (Abb. 2). Die PTF nach ARYA u. PARIS zeigt für dieses sandige Substrat eine sehr gute Übereinstimmung mit der Laborfunktion, wohingegen der Ansatz nach FREDLUND et al. in höheren Abweichungen resultiert. Auch eine Variation der Packungsdichte, wie beim Substrat I erfolgreich durchgeführt, erhöhte hier nicht die Prognosegüte.

4 Diskussion

Pedotransferfunktionen für die $\theta(\psi)$ -Beziehungen sollten nicht ungeprüft für Kippböden verwendet werden. Hohe Abweichungen der Lagerungs- bzw. Packungsdichten, der Steingehalte sowie der Kontinuität und Tortuosität des Porenraumes dieser Böden schränken die Prognosegüte dieser Funktionen ein.

Die Ansätze nach ARYA u. PARIS (1981) sowie nach FREDLUND et al. (1997) können auch für diese Rohböden gültig sein, wobei die FREDLUND-Funktion sich anhand der Packungsdichte kalibrieren lässt.

Tab. 2: Median der VGN-Parameter Substrat I: Labormessung sowie PTF nach FREDLUND et al. (1997) ohne und mit Anpassung der Packungsdichte

	α [1/kPa]	n [-]	m [-]	θ_r [Vol%]	AEV [kPa]
Labormessung	0,005	0,75	0,53	0,04	23,2
PTF	0,005	0,46	0,68	0,04	5,2
PTF angepasst	0,001	0,54	0,71	0,03	45,9

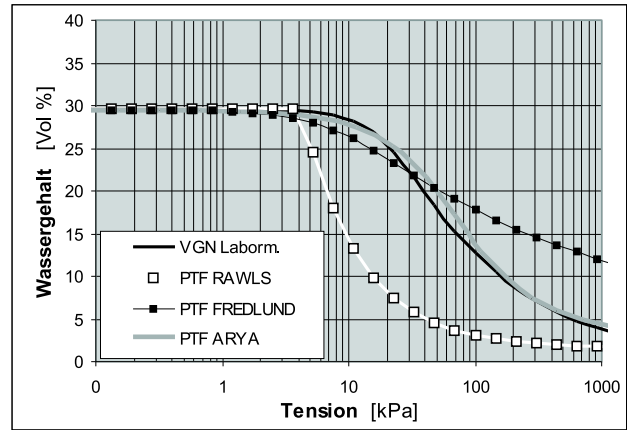


Abb. 2: Beispiel für gemessene $\theta(\psi)$ -Beziehung (Parametrisierung nach VAN GENUCHTEN) und PTF nach RAWLS u. BRAKENSIEK, FREDLUND et al. und ARYA u. PARIS für das Substrat II

Literatur

- ARYA, L. u. PARIS, J. [1981]: A physicoempirical model to predict the soil moisture characteristic from particle-size distribution and bulk density data. *Soil Sci. Soc. Am. J., Bd. 45, S. 1023–1030.*
- FREDLUND, M.; WILSON, G. u. FREDLUND, D. [1997]: Prediction of the soil-water characteristic curve from grain-size distribution curve. *In: 3rd Symposium on unsaturated soil. Proc.; Rio de Janeiro, Brazil, 20.4-22.4.97; S. 13–23.*
- RAWLS, W. u. BRAKENSIEK, D. [1985]: Prediction of soil water properties for hydrologic modelling. *In: JONES, E. u. WARD, T. (Hrsg.): Watershed Management in the Eighties. Proc. Symp. Comm. Watershed Management, ASCE; Denver, CO, 30.4-1.5.85; S. 293–299.*
- SOILVISION [2001]: User's Guide - A knowledge-based database system for soil properties. Version 3.0. *SoilVision Systems Ltd., Saskatoon, Canada.*
- VAN GENUCHTEN, M. [1980]: A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J., Bd. 44, S. 892–898.*
- VERECKEN, H.; MAES, J.; FEYEN, J. u. DARIUS, P. [1989]: Estimating the soil moisture retention characteristics from texture, bulk density, and carbon content. *Soil Sci., Bd. 148, S. 389–403.*