

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG
Kommission II

Titel der Tagung: Böden verstehen –
Böden nutzen – Böden fit machen

Veranstalter: DBG, September 2011, Berlin
Berichte der DBG

(nicht begutachtete online Publikation),
<http://www.dbges.de>

Wie beeinflussen Kiefern (*Pinus sylvestris* L.) die Entwicklung der Benetzungshemmung auf Sandböden?

Roland Spröte¹, Maik Veste², Thomas Fischer³, Philipp Lange⁴, Oliver Bens⁵, Thomas Raab⁶, Reinhard F. Hüttl^{1,5}

Einleitung

Die Wald-Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) ist in den Wäldern des südlichen Brandenburgs die dominierende Baumart. Als Pionierbaumart besiedelt sie die nährstoffarmen Sandböden der Offenlandschaften und wurde in den vergangenen Jahrzehnten großflächig in Reinbeständen angebaut. Negative Auswirkungen der Kiefer auf die Infiltration wurden von BUZCKO et al. (2005) beschrieben. In Kiefernbeständen wurde eine verstärkte Benetzungshemmung beobachtet. Diese Eigenschaft eines Bodens, hydrophobe Stoffe aus organischen Substanzen anzulagern und damit

¹ Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Postbox 101344, 03013 Cottbus

² CEBra – Centrum für Energietechnologie Brandenburg e. V., Friedlieb-Runge-Str. 3, 03046 Cottbus

³ BTU Cottbus, Zentrales Analytisches Labor, Postbox 101344, 03013 Cottbus

⁴ BTU Cottbus, Forschungszentrum Landschaftsentwicklung und Bergbaufolgelandschaften (FZLB), Postbox 101344, 03013 Cottbus

⁵ Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum - GFZ, Telegrafenberg, 14473 Potsdam

⁶ BTU Cottbus, Lehrstuhl für Geopedologie und Landschaftsentwicklung, Postbox 101344, 03013 Cottbus

die Infiltration in den Boden zu vermindern, ist schon lange bekannt (DEBANO, 1981, DOERR et al., 2000). Benetzungshemmung tritt auf, wenn die kohäsiven Kräfte der Wassermoleküle zwischen den Wassermolekülen und dem Substrat bzw. dem Boden stärker sind als die adhäsiven Kräfte (WESSEL 1988). Dadurch infiltriert das Niederschlagswasser nur langsam oder gar nicht. Verantwortlich dafür sind organische Substanzen wie Wachse (NEINHUIS u. BARTHOLOTT 1997), Lipide und Lignine (GERKE et al. 2001) sowie Exsudate von Pilzhyphen und Algen (BOND u. HARRIS 1964). Diese verminderte Infiltration der Niederschläge hat gerade in den Gebieten Brandenburgs mit relativ großer Sommertrockenheit negative Auswirkungen auf den Bodenwasserhaushalt. Wir untersuchten deshalb die Entwicklung von Benetzungshemmung in verschiedenen alten Kiefernbeständen bei Groß Oßnig, ca. 20 km südlich von Cottbus.

Schlüsselwörter: *Pinus sylvestris* L., Wald-Kiefer, Benetzungshemmung, Hydrophobizität, Sandboden, Bodenhydrologie, Water Drop Penetration Time (WDPT)-Test, Kontaktwinkelmessung, Ökosystementwicklung

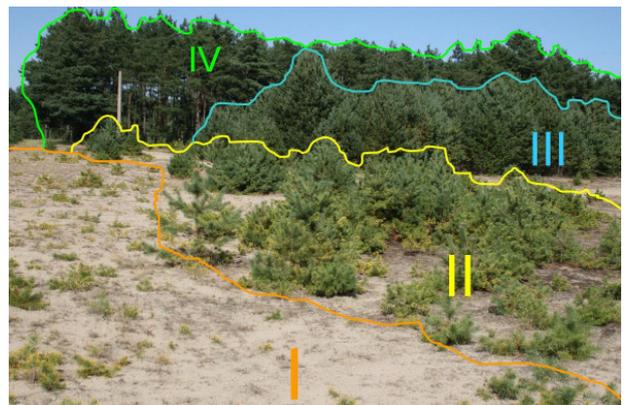


Abb. 1: Untersuchungsstandort bei Groß Oßnig mit vier Altersklassen des Kiefernwachstums (siehe Tab. 1)

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in Kiefernbeständen bei Groß Oßnig durchgeführt. In Folge der ehemaligen militärischen Nutzung des Gebiets findet hier eine natürliche Wiederbesiedlung der offenen

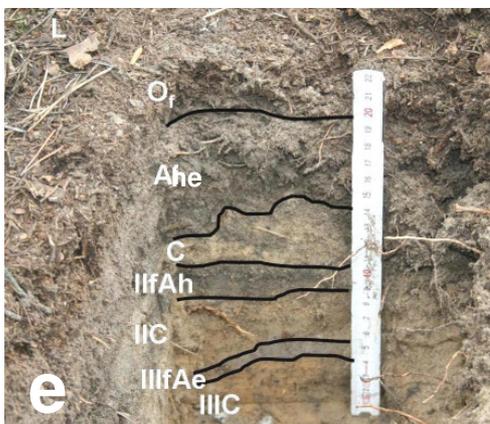
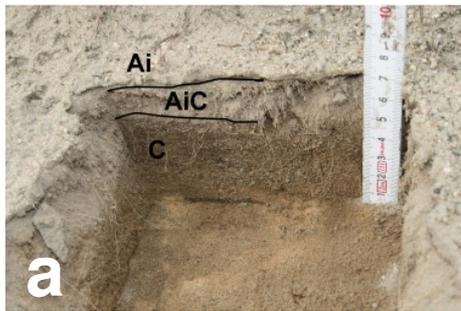


Abb. 2: a – Bezeichnung der Horizonte in Altersklassen I-III, b – Infiltration der Tropfen in Altersklasse I, c – WDPT-Test in Altersklasse II, d – WDPT-Test in Altersklasse III, e – Horizontierungen in der Altersklasse IV

Sandflächen durch die Wald-Kiefer statt. Die Bestände wurden in vier Altersklassen beprobt (Abb. 1, Tab. 1). Zwischen und unter Kiefern wurden in situ WDPT-Tests in verschiedenen Tiefenstufen durchgeführt (Abb. 2a). Dazu wurden 6 Tropfen auf die Substrat- bzw. Bodenoberfläche pipettiert und die Zeit bis zum vollständigen Infiltrieren des Tropfens gemessen (Abb. 2b-d). Dauerte die vollständige Infiltration länger als 300 Sekunden wurde die Messung abgebrochen. Der Test erfolgte auf der Oberfläche und horizontbezogen. In den Altersklassen I – III war dies in Tiefenstufen von 1 cm möglich. Die Messungen wurden in die Tiefe fortgesetzt, bis keine Benetzungshemmung mehr auftrat. In Altersklasse IV wurde der Test nur horizontbezogen angewendet (Abb. 2e). Die getesteten Flächen bzw. Horizonte wurden beprobt, luftgetrocknet und auf < 2mm gesiebt. Dann wurde der WDPT-Test im Labor unter einem Goniometer sechsfach wiederholt, zeitgleich wurden Kontaktwinkel gemessen. Weiterhin erfolgten Korngrößenanalysen (DIN ISO 11277), pH-Wert-Messungen (Boden:H₂O = 1:2,5) und C_{org}-Analysen per trockener Veraschung (Elemental Analyser).

Tab. 1 Bestandsklassifizierung der Kiefern bei Groß Obnig

Klasse	Höhe [m]	Alter [Jahre]
I	0,15 – 0,30	2
II	0,90 – 1,80	6
III	6 – 8	20
IV	20 – 25	60

Ergebnisse und Diskussion

Während in Altersklasse I in situ keine Benetzungshemmung festgestellt wurde, konnte bereits in Altersklasse II auf der Substratoberfläche Benetzungshemmung gemessen werden ($\bar{\theta}$ 27 sec. (n=6)). Bei Altersklasse III trat schon sehr starke Benetzungshemmung bis in 2 cm Tiefe auf (über 300 sec., n=6), jedoch ab 3 cm Tiefe war das Substrat feucht und deshalb keine Benetzungshemmung mehr messbar. In Altersklasse IV nahm die Benetzungs-

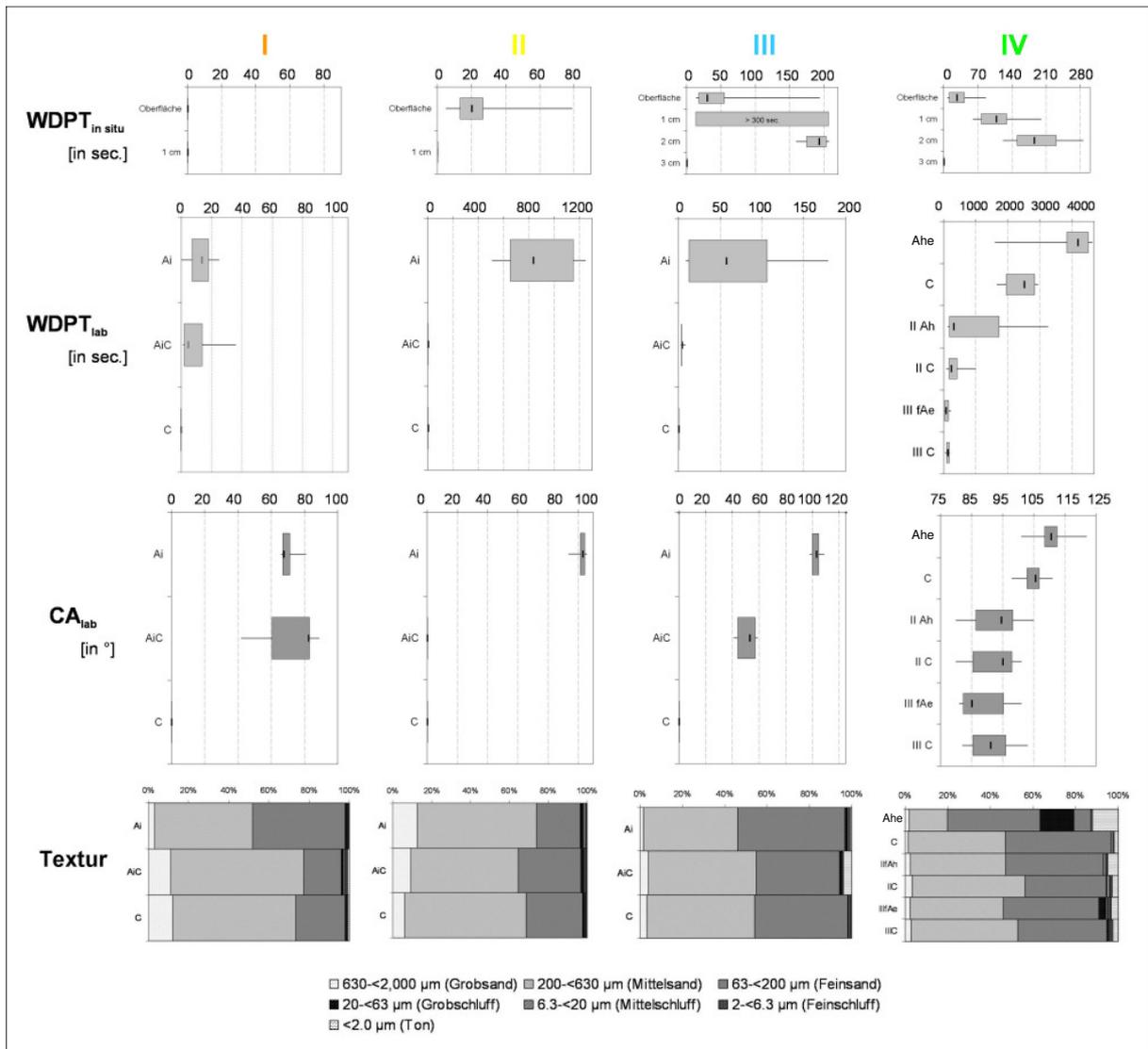


Abb. 3 WDPT-Tests in situ (WDPT_{in situ}) und im Labor (WDPT_{lab}) sowie Kontaktwinkelmessungen im Labor (CA_{lab}) und Textur in den vier Altersklassen des Kiefernwachstums (Tab. 1)

hemmung dann kontinuierlich zu und erreichte in 2 cm Tiefe auch Werte über 300 sec. Die Zunahme der Benetzungshemmung über die Bestände spiegelt sich auch in den im Labor durchgeführten WDPT-Tests und Kontaktwinkelmessungen wider. Im Gegensatz zu den WDPT-Tests in situ war allerdings unter Laborbedingungen Benetzungshemmung bereits ab Altersklasse I messbar. Während die Benetzungshemmung bei den in situ-Messungen in die Tiefe zunimmt (Altersklassen III und IV), nimmt sie bei den Labormessungen in die Tiefe ab. In Klasse I waren Kontaktwinkel mit $\bar{\theta}$ 71° bzw. 72° (n=6) in den oberen beprobten Bereichen (Ai, AiC) messbar, der C-Horizont war benetzbar. Mit $\bar{\theta}$ 102° (n=6) an der Oberfläche (Ai) ist die Oberfläche in

Altersklasse II hydrophob, jedoch bereits im AiC-Horizont war kein Kontaktwinkel mehr messbar. Auch in Altersklasse III war die Substratoberfläche mit $\bar{\theta}$ 103° (n=6) hydrophob. In 1 cm Tiefe (AiC) war immer noch ein Kontaktwinkel von 51° messbar. In Altersklasse IV nimmt die Hydrophobizität von $\bar{\theta}$ 111° (n=6) an der Oberfläche (Ahe) kontinuierlich ab und steigt nur im IIIc-Horizont noch einmal geringfügig (Abb. 3).

Die Korngrößenzusammensetzung (Abb. 3) zeigt, dass der Sandgehalt im Untersuchungsgebiet am höchsten ist. Auffällig ist der hohe Gehalt an Feinmaterial (Schluff und Ton) in Altersklasse IV gerade im Oberboden (Ahe), jedoch auch im IIIfAe-Horizont.

Die je Profil zusammengefassten pH-Wer-

te sind durchgehend mäßig sauer und durch eine Abnahme von 5,2 (Klasse I) bis 4,3 (Klasse IV) gekennzeichnet (Tab. 2). Die über das jeweilige Profil zusammengefassten C_{org} -Gehalte (Tab. 2) nehmen von 0,5 (Klasse I) über 0,7 (Klasse II), 0,9 (Klasse III) zu 10,6 (Klasse IV) zu.

Tab. 2 zusammengefasste pH-Werte und C_{org} -Gehalte der vier Bestandsklassen

Klasse	pH-Werte	C_{org} -Gehalte
I	5,2	0,50
II	4,9	0,71
III	4,7	0,91
IV	4,3	10,58

Die verkrustete Substratoberfläche sowie das Substrat unmittelbar unter der Oberfläche waren trocken. In diesem Bereich war die Intensität und Persistenz der Hydrophobizität deutlich erkennbar. Erst das feuchte Substrat darunter mit fehlendem Eintrag neuer bzw. zusätzlicher hydrophober organischer Substanz war nicht mehr benetzungshemmend. Wo das Substrat trocken war, stieg wie erwartet die Benetzungshemmung mit fortschreitendem Bestandsalter und steigender Menge organischer Substanz auch in der Tiefe. Dennoch zeigen die relativ niedrigen Werte unseres Initialstandortes und der relativ jungen Kiefern im Vergleich mit wesentlich höheren Werten bei älteren Populationen im nördlichen Brandenburg und in der Slowakei (BUZCKO et al. 2005, LICHNER et al. 2010), wie sich die Benetzungshemmung eventuell weiter entwickeln kann. Auch die Abnahme der pH-Werte und die Zunahme des C_{org} -Gehalts entsprachen den Erwartungen.

Bemerkenswert sind die unterschiedlichen Werte zwischen den in situ und den im Labor gemessenen WDPT-Werten, was die verschiedenen Verhältnisse zwischen Freiland und Labor dokumentiert.

Der höhere Gehalt an Feinmaterial an der Oberfläche in Altersklasse IV kann durch den äolischen Eintrag von den spärlich bewachsenen Flächen des Offenlandes hin zu den dichter bewachsenen Flächen mit älteren Kiefern erklärt werden. Insgesamt zeigt sich der Einfluss der benet-

zungshemmenden Eigenschaften der Kiefernadelstreu bereits in jungen Kiefernbeständen. Somit kann Benetzungshemmung ein wichtiger Faktor für hydrologische Prozesse schon im Initialstadium sein und bedeutsame Folgen für das Funktionieren eines Gesamtsystems haben.

Literatur

- BOND, R.D., HARRIS, J.R. (1964): The influence of the microflora on physical properties of soils. – I. Effects associated with filamentous algae and fungi. *Australian Journal of Soil Research* 2 (1), 111-122
- BUZCKO, U., BENS, O., HÜTTL, R.F. (2005): Variability of soil water repellency in sandy forest soils with different stand structure under Scots pine (*Pinus sylvestris*) and beech (*Fagus sylvatica*). – *Geoderma* 126, 317-336
- DEBANO, L.F. (1981): Water repellent soils: a state-of-the-art. – USDA Forest Service General Technical Report PS W-46. Berkeley, CA, 21 pp.
- DOERR, S.H., SHAKESBY, R.A., WALSH, R.P.D. (2000): Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. – *Earth-Science Reviews* 51, 33-65
- GERKE H.H., HANGEN, E., SCHAAF, W., HÜTTL, R.F. 2001. Spatial variability of potential water repellency in a lignitic mine soil afforested with *Pinus nigra*. – *Geoderma* 102, 255-274
- LICHNER, L., HALLETT, P.D., ORFÁNUS, T., CZACHOR, H., RAJKAI, K., ŠÍR, M., TESÁŘ, M. (2010): Vegetation impact on the hydrology of an aeolian sandy soil in a continental climate. – *Ecohydrology* 3, 413-420
- NEINHUIS, C., BARTHLOTT, W. (1997): Characterization and distribution of water repellent, self-cleaning plant surfaces. – *Annals of Botany* 79, 667-677
- WESSEL, A.T. (1988): On using the effective contact angle and the water drop penetration time for classification of water repellency in dunesoils. – *Earth Surface Processes and Landforms* 13, 555-561.

Danksagung

Wir danken Herrn Oberförster Thomas Conrad, Landesbetrieb Forst Brandenburg, für die umfangreichen Informationen und die Unterstützung des Projektes.