

## Wasserhaushaltsschicht zur Oberflächensicherung von Deponien und Attablagerungen Teil 2: verwendete Böden

Said Al-Akel<sup>1\*</sup>, Mario Müller<sup>2</sup>, Jens Engel<sup>1</sup>, Enrico Kammel<sup>1</sup>,  
Jürgen I. Schoenherr<sup>2</sup> und Toni Baloun<sup>2</sup>

### Zusammenfassung

Der Einsatz von Wasserhaushaltsschichten als Oberflächenabdichtungssystem insbesondere in regenarmen Gebieten stellt eine Alternative zu den vorhandenen Systemen dar. Der Entwurf erfordert eine einheitliche Betrachtung von bodenmechanischen, bodenkundlichen und geohydraulischen Anforderungen und der Kenntnis über das zeitliche Verhalten des Bodens.

Im Rahmen eines laufenden Forschungsprojekts werden Bemessungsregeln für qualifizierte Rekultivierungsschichten erstellt. Bestandteil des Bemessungskonzepts sind Kriterien und Kennwerte, die eine optimale Auswahl des Bodenmaterials und der Einbaumethode sicherstellen. Der Beitrag gibt einen ersten Überblick zur Verfahrensentwicklung.

*Schlagwörter:* Lysimeter, Rekultivierung, Bodenkunde, Bodenmechanik

### Summary

The use of water balance layer as a capping system particularly in rain poor areas is an alternative to the common systems. The design requires an interdisciplinary evaluation of the soil mechanical and soil physical parameters. The knowledge about the long time behaviour of Soils is also required.

In the context of a research project is the aim to develop a design methods for qualified recultivation layers and to assure an optimal choice of the Soils and the installation method. This paper gives a survey of first results.

*Keywords:* landfill, recultivation, soil physics, soil mechanics

### Einleitung

Im Rahmen eines BMBF geförderten FH<sup>3</sup>-Forschungsprojekts gemeinsam mit der Hochschule Zittau/Görlitz und in Zusammenarbeit mit verschiedenen Praxispartnern und Behörden wurde eine Lysimeteranlage auf dem Gelände der Hausmülldeponie des regionalen Abfallverbandes Oberlausitz Niederschlesien – RAVON in Bautzen/Nadelwitz errichtet und seit September 2007 betrieben. In diesem Beitrag werden die verwendeten Böden kurz beschrieben und ein Modell zur Quantifizierung der Materialeigenschaften vorgestellt.

### Eigenschaften der verwendeten Böden

Im Vorfeld des Baus der Lysimeteranlage wurden regional anstehende Böden auf ihre Eignung für den Einsatz als qualifizierte Rekultivierungsschicht untersucht. Es wurden zwei Bodenarten mit signifikanten Eigenschaftsunterschieden ausgewählt. Als Oberboden kam humusreicher Boden zum Einsatz. In der *Tabelle 1* sind die ausgewählten Böden beschrieben.

Die Eignungsprüfung erfolgte im geotechnischen Labor der HTW Dresden. In der *Tabelle 1* sind einige relevante Versuchsergebnisse dargestellt.

### Modell zur Quantifizierung der Materialeigenschaften

#### *Grundlage des Modells $n_w/(1-n)$ Koordinatensystem*

Grundlage des Modells ist die Idealisierung der Bodenzusammensetzung. Mit Hilfe des rechtwinkligen Koordinatensystems, (RUDERT 1977), nach *Abbildung 1* kann man den Zustand des Bodens mit 2 Bestimmungsgrößen ( $1-n$  und  $n_w$ ) beschreiben. Diese Methode erlaubt es, den Zusammenhang zwischen Phasenzusammensetzung, Formänderung, Spannungen und Scherfestigkeit, s. *Abbildung 1* und *Abbildung 2*, einfach und übersichtlich darzustellen, da sich diese Zusammenhänge mit Geraden gleicher Eigenschaften beschreiben lassen.

Die Linien gleicher Spannung sind in *Abbildung 2* dargestellt. Das Bild zeigt die Ergebnisse von Kompressionsversuchen (Ödometerversuche) im teilgesättigtem Zustand, (ENGEL 2003), bei denen der Wassergehalt konstant gehalten wurde. Die Verbindung der Endpunkte der Phasenzusammensetzung nach jeweils der gleichen Belastung und bei unterschiedlichen Wassergehalten ergibt Linien gleicher Konsolidationsspannungen bzw. äquivalenter Spannungen.

<sup>1</sup> HTW Dresden, Friedrich-List-Platz 1, D-01069 DRESDEN

<sup>2</sup> Hochschule Zittau/Görlitz, Theodor-Körner-Allee 16, D-02763 ZITTAU

\* Ansprechpartner: al-akel@htw-dresden.de

Tabelle 1: Ausgewählte Ergebnisse zu bodenmechanischen Untersuchungen.

Boden	$D_{pr}^*$ [%]	$\rho_d$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$k_f$ [m/s]	$w^*$ [%]	FK [%]	nFK [%]	pWP [%]	LK [%]
<b>Gemischtkörniger Boden</b>	92	1,83	$8,7 \cdot 10^{-6}$	5	18	13	5	12
feinkiesiger, leicht schluffiger Sand	100	1,99	$5,8 \cdot 10^{-7}$	5	20	14	6	12
<b>Bindiger Boden</b>	92	1,65	$2,9 \cdot 10^{-8}$	12	38	23	15	8
leicht toniger, leicht sandiger Schluff	100	1,8	$1,3 \cdot 10^{-8}$	12	39	23	16	7
<b>Oberboden</b>								
mittel- bis grobsandiger, leicht kiesiger, leicht feinsandiger Schluff	62	1,26	$1,0 \cdot 10^{-7}$	8	30	23	7	8

\* Verdichtungsgrad und Wassergehalt als Vorgabe für den Bodeneinbau in den Lysimetern

Der Vergleich der Phasenzusammensetzung mit der Phasenzusammensetzung bei Erstbelastung und gleichem Überlagerungsdruck lässt die Vorhersage von Sacken oder Schwellen, *Abbildung 2*, zu.

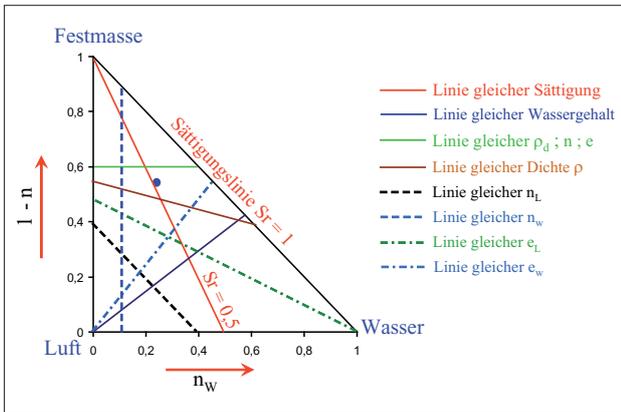


Abbildung 1: Geraden gleicher Eigenschaft im modifizierten Dreiecksnetz nach RUDERT.

### Auswahl der Böden für Rekultivierungsschichten mit Hilfe des $n_w / (1-n)$ Koordinatensystems

Im Vorfeld mussten die Einbauparameter des Bodens so festgelegt werden, dass Schrumpfen vermieden und eine ausreichende nutzbare Feldkapazität und Festigkeit sichergestellt wird, (AL-AKEL et al. 2007). Dazu wurde das  $n_w / (1-n)$  Koordinatensystem eingesetzt. Durch Einzeichnen der entsprechenden Linien für die Feldkapazität, den permanenten Welkepunkt und die mindest nutzbare Feldkapazität in das modifizierte Dreieck, siehe *Abbildung 3*, unter Berücksichtigung der Verdichtungskurve aus dem Proctorversuch, wird der zulässige Bereich für den Einbau des Bodens begrenzt.

Die Schrumpfgrenze  $w_s$  wurde bei der Bestimmung der Einbaukriterien des bindigen Bodens als maximaler Grenzwert des Einbauwassergehaltes festgelegt. Im Ergebnis konnten die Einsatzgrenzen des jeweiligen Bodens bestimmt und visualisiert werden. Die schraffierte Fläche in *Abbildung 3* definiert den zulässigen Bereich der Phasenzusammensetzung des untersuchten Bodens. Außerhalb dieser Fläche erfüllt der Boden die Vorgaben nicht.

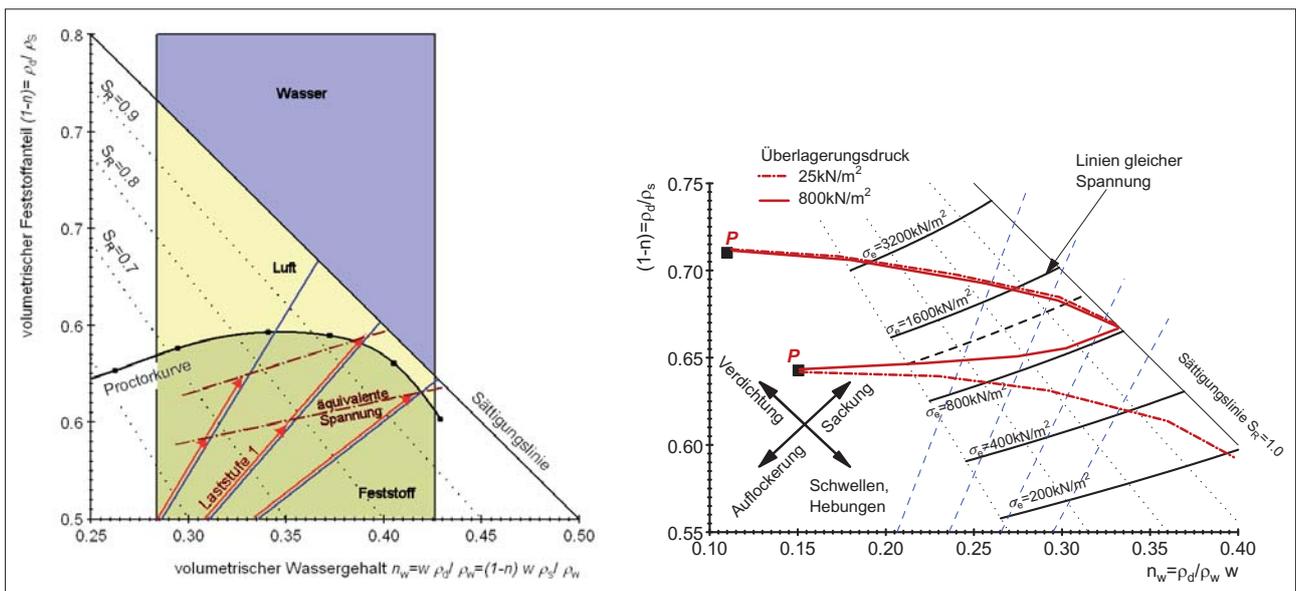


Abbildung 2: Linien äquivalenter Spannungen sowie Sacken und Schwellen künstlich verdichteter Böden in Abhängigkeit von Phasenzusammensetzung und Spannungszustand, (ENGEL 2003).

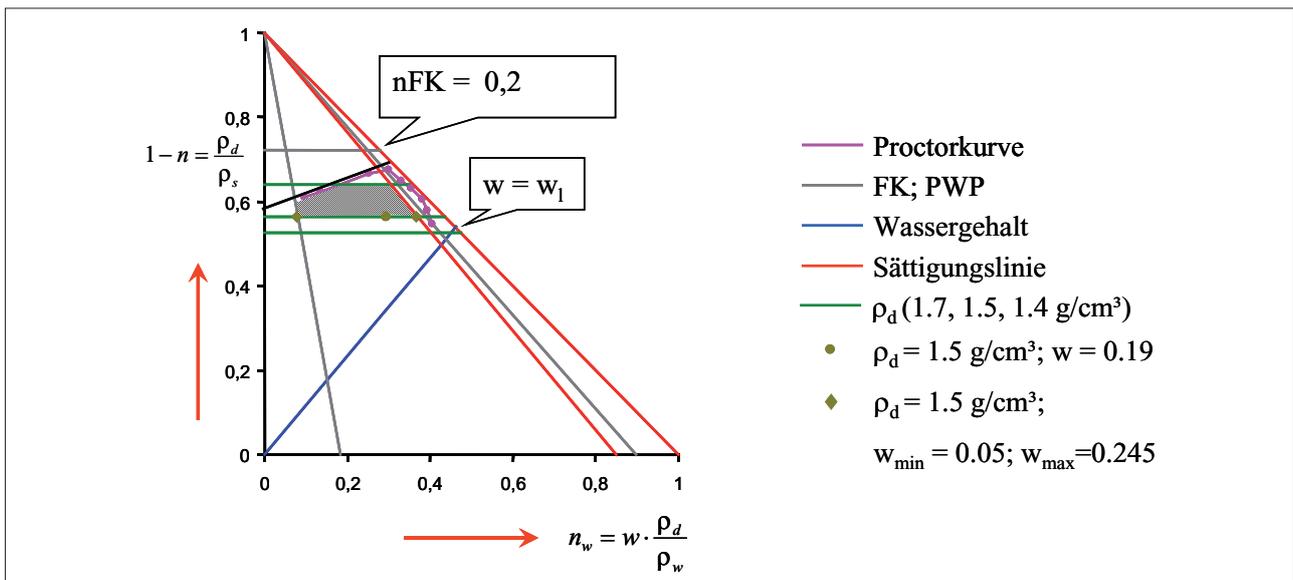


Abbildung 3: Eigenschaften des verwendeten bindigen Bodens in der Lysimeteranlage Bautzen/Nadelwitz.

## Literatur

AL-AKEL, S., J. ENGEL, C. LAUER, M. MÜLLER, R. BAUMERT und J.I. SCHOENHERR, 2007: Zusammenhängende Betrachtung geotechnischer und bodenkundlicher Aspekte bei der Planung von qualifizierten Rekultivierungsschichten. Deponieworkshop Zittau - Liberec, Tagungsband, ISBN 978-3-9811021-6-1.

ENGEL, J., 2003: Verfahren zur Vorhersage der Eigenschaften verdichteter Böden. Workshop Bodenverdichtung, Technische Universität Hamburg-Harburg, Arbeitsbereich Geotechnik und Baubetrieb.

RUDERT, J., 1977: Beitrag zur quantitativen Erfassung der Abhängigkeit mechanischer Eigenschaften feinkörnig-bindiger Lockergesteine von Lockergesteinsart und Phasenzusammensetzung. Habilitation, TU Dresden.