

Programm Lebensgrundlage Umwelt  
und ihre Sicherung (BWPLUS)

Zwischenbericht anlässlich des Statuskolloquiums  
Umweltforschung Baden-Württemberg 2011

am 16. und 17. Februar 2011  
im KIT-Campus Nord

**Wasserhaushalt qualifizierter Rekultivierungsschichten**

von

P. Wattendorf, O. Ehrmann & W. Konold

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Institut für Landespflege

Förderkennzeichen: BWU 26004

Die Arbeiten des Programms „Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung“  
werden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert.

# Wasserhaushalt qualifizierter Rekultivierungsschichten

P. Wattendorf, O. Ehrmann & W. Konold

Institut für Landespflege, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

## 1. Vorhaben

### 1.1. Ausgangslage

Seit Jahren wird im Interesse einer nachhaltigen Umweltvorsorge der Wasserhaushaltsfunktion von Rekultivierungsschichten im System der Oberflächenabdichtung von Deponien vermehrte Beachtung geschenkt. Aufgabe der Rekultivierungsschicht ist es, Niederschlagswasser zwischenzuspeichern und zu verdunsten, damit die Sickerung gleichmäßiger und geringer wird. Bereits erste Empfehlungen (z.B. BRAUNS et al. 1997, DGGT 2000) zur Herstellung „qualifizierter Rekultivierungsschichten“ legen nahe, hierbei der Auswahl und schonenden Behandlung des Bodenmaterials besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Es ist wichtig, dass der Boden gut durchwurzelbar ist und eine möglichst hohe nutzbare Wasserspeicherkapazität<sup>1</sup> besitzt. Dies ist nur durch die Verwendung geeigneter Bodenarten und durch eine möglichst geringe Bodenverdichtung beim Baubetrieb zu erreichen.

Die seit Juli 2009 geltende Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts trägt dieser Entwicklung der Erkenntnisse unter anderem dahingehend Rechnung, dass für Rekultivierungsschichten eine Untergrenze der nutzbaren Feldkapazität von 140 mm definiert wird. Um dieses Ziel zu erreichen, sind gewisse Vorgaben hinsichtlich der in der Rekultivierung zum Einsatz kommenden Bodenarten und der Bodendichte notwendig. Darüber hinaus werden „Wasserhaushaltsschichten“ als Funktionsschichten zugelassen, die unter bestimmten Voraussetzungen - vor allem in niederschlagsarmen Regionen - Dichtungselemente ersetzen können. An Wasserhaushaltsschichten werden deshalb höhere Anforderungen gestellt.

Bislang wurden in der Deponiebaupraxis nur wenige qualifizierte Rekultivierungsschichten realisiert (WATTENDORF 2005). Dies mag auch darin begründet sein, dass Vorteile, die überwiegend den Wasserhaushalt und die Vegetationsentwicklung betreffen, allgemein noch nicht gebührend wahrgenommen werden. Um praxistaugliche, Boden schonende Einbauverfahren zu erproben sowie mögliche Vorteile unverdichteter Rekultivierungsschichten für die Standortentwicklung (Boden, Vegetation) und den Wasserhaushalt zu untersuchen und vor allem zu quantifizieren, wurde in einem interdisziplinären Forschungsvorhaben (Projekte BWSD 99003 und BWD 21010) auf dem Gelände der Kreismülldeponie Leonberg eine umfangreiche Versuchsanlage installiert. Sicher auch unter dem Einfluss der Versuchsergebnisse aus Leonberg ist seit kurzem ein Umdenken zu erkennen. So wurde beispielsweise eine große Deponie im Landkreis Böblingen in den letzten Jahren rekultiviert und das Bodenmaterial, soweit es die Vorgaben zur Standsicherheit zuließen, unter Berücksichtigung der Leonberger Erkenntnisse eingebaut (EHRMANN & WATTENDORF 2010).

---

<sup>1</sup> Synonym: nutzbare Feldkapazität

## 1.2. Versuchsanlage Leonberger Lysimeterfelder

Die Versuchsanlage der Leonberger Lysimeterfelder besteht im Wesentlichen aus zwei Großlysimetern (Tabelle 1), deren Aufbau einer Regel-Oberflächenabdichtung nach TA Siedlungsabfall (1993) entspricht: Auf dem als mineralische Abdichtung ausgeführten Auflager liegt eine verschweißte 2,5 mm starke Kunststoffdichtungsbahn. Sie wurde zur Begrenzung der Lysimeterfelder über Randdämme hochgezogen, so dass zwei nebeneinander liegende geschlossene Wannen mit Sammeleinrichtungen für das Sickerwasser entstanden. In diese wurden im Herbst 2000 eine 30 cm starke mineralische Entwässerungsschicht und die beiden Versuchsvarianten der Rekultivierungsschicht eingebaut:

- „unverdichtet eingebaute Rekultivierungsschicht“ **Feld U**  
Hier wurde der Boden mit einer leichten Raupe Hang abwärts in der Gesamtmächtigkeit der Rekultivierungsschicht ohne Zwischenverdichtung eingeschoben.
- „konventionell verdichtete Rekultivierungsschicht“ **Feld K**  
Im K-Feld wurde der Boden mit der gleichen Raupe in vier Lagen eingeschoben, die drei unteren Lagen wurden mit einer Vibrationswalze auf circa 0,95  $\rho_{Pr}$  verdichtet.

In beide Lysimeterfelder wurde das gleiche Bodenmaterial (Lösslehm, toniger Schluff) eingebaut. Die Rekultivierungsschichten unterscheiden sich nur durch das Einbauverfahren und die daraus resultierenden Bodeneigenschaften (Tabelle 1). Nach Abschluss der Bodenarbeiten wurden die Testfelder eingesät und überwiegend mit Aspen (*Populus tremula*) bepflanzt (Abbildung 3).

Tabelle 1: Eigenschaften der Leonberger Lysimeterfelder

Lysimeterfeld	K	U	
Fläche	360	360	[m <sup>2</sup> ]
Exposition	Ost-Süd-Ost		
Hangneigung	< 1:2,7		
Mächtigkeit Rekultivierungsschicht*	circa 2,1**		[m]
Bodenart	Ut2 / Ut3		
Steingehalt	< 1		[Vol-%]
Feldkapazität (Mittel)***	34 – 35,5	35,3 – 35,9	[Vol-%]
nutzbare Feldkapazität	ca. 22	ca. 23	[Vol-%]
* Es wurde in beiden Feldern kein humoser Oberboden (Mutterboden) aufgetragen. ** Das U-Feld wurde 20 cm überhöht eingebaut. Durch Setzungen haben sich die Felder angeglichen. *** in Situ Messung			

Die Abflüsse aus der Rekultivierungsschicht werden gesammelt und mit einer zeitlichen Auflösung von 10 Minuten registriert. Der Bodenwassergehalt der Rekultivierungsschicht kann an drei Messstellen pro Lysimeterfeld in jeweils 25, 50, 85 und 135 cm Tiefe gemessen werden. Zusätzlich besteht im K-Feld ein Messprofil mit 10 Sonden, die den Bodenwassergehalt in Schichten unterschiedlichen Verdichtungsgrades erfassen. Weitere Angaben zur Versuchsanlage finden sich in WATTENDORF et al. (2005).

### **1.3. Arbeitsprogramm und Umfang des Vorhabens**

Das Projekt BWU 26004 führt ein im Vergleich zu den vorangegangenen Vorhaben reduziertes Untersuchungsprogramm fort. Es sieht für den Förderzeitraum September 2006 bis August 2011 wissenschaftliche Untersuchungen zur Fortschreibung der langjährigen laufenden Datenreihen sowie Wartungsarbeiten an der Versuchsanlage Leonberger Lysimeterfelder vor<sup>2</sup> und wird in diesem Zeitraum mit einer jährlichen Zuwendung in Höhe von circa 25.000 € gefördert. Das Arbeitsprogramm enthält folgende Untersuchungsschwerpunkte, detaillierte Ausführungen zu den einzelnen Arbeitsschritten finden sich in WATTENDORF et al. (2007):

- kontinuierliche Messung der Absickerungsraten
- Dokumentation des lokalen Wettergeschehens
- Messungen der Bodenwassergehalte und der Stauwasserstände
- Dokumentation der Bodenstruktur
- Dokumentation der Entwicklung der Regenwurmpopulation
- Dokumentation der Vegetationsentwicklung
- Wartung der Lysimeteranlage

## **2. Arbeitsbericht 2010**

Die oben aufgeführten laufenden Arbeiten wurden einschließlich kleinerer außerplanmäßiger Reparaturarbeiten entsprechend des Arbeitsprogramms ausgeführt.

## **3. Ergebnisse**

Wie bereits im Zwischenbericht 2009 - mit Schwerpunkt Wasserhaushalt - angekündigt, stehen im aktuellen Bericht 2010 die Ergebnisse der Untersuchungen zur Entwicklung der Regenwurmpopulation und der Vegetation im Vordergrund.

### **3.1. Regenwurmpopulation**

Die im Ausgangsmaterial vorhandenen Regenwürmer starben im Zuge der Rekultivierung (Winter 2000) praktisch alle aufgrund von Schädigung bei Bodenumlagerung und Bodeneinbau sowie in Folge von Nahrungsmangel ab (Abbildung 1). Daher wurden im Frühjahr 2002 Regenwürmer in den Leonberger Testfeldern ausgesetzt. Dies führte zu einer schnellen Zunahme der Regenwurmabundanzen und -biomassen. Das Maximum an Biomasse wurde im Frühjahr 2008, die höchsten Abundanzen im Frühjahr 2009 erreicht. Seitdem gab es einen mäßigen Rückgang. Die in Leonberg erreichten Werte entsprechen Ergebnissen von guten Grünlandböden in Baden-Württemberg, die Optimalstandorte für Regenwürmer in Baden-Württemberg sind. Wesentlich höhere Werte können daher auf den Leonberger Versuchsflächen nicht erwartet werden. Das extrem trockene Jahr 2003 wirkte sich nur vorübergehend negativ aus. Der Rückgang in den Jahren 2009 und 2010 tritt vorwiegend bei den Biomassen, kaum bei den Abundanzen auf.

---

<sup>2</sup> Umfangreichere Untersuchungen sind zu einem späteren Zeitpunkt bei fortgeschrittener Vegetationsentwicklung in Richtung Waldbestand wieder vorgesehen.

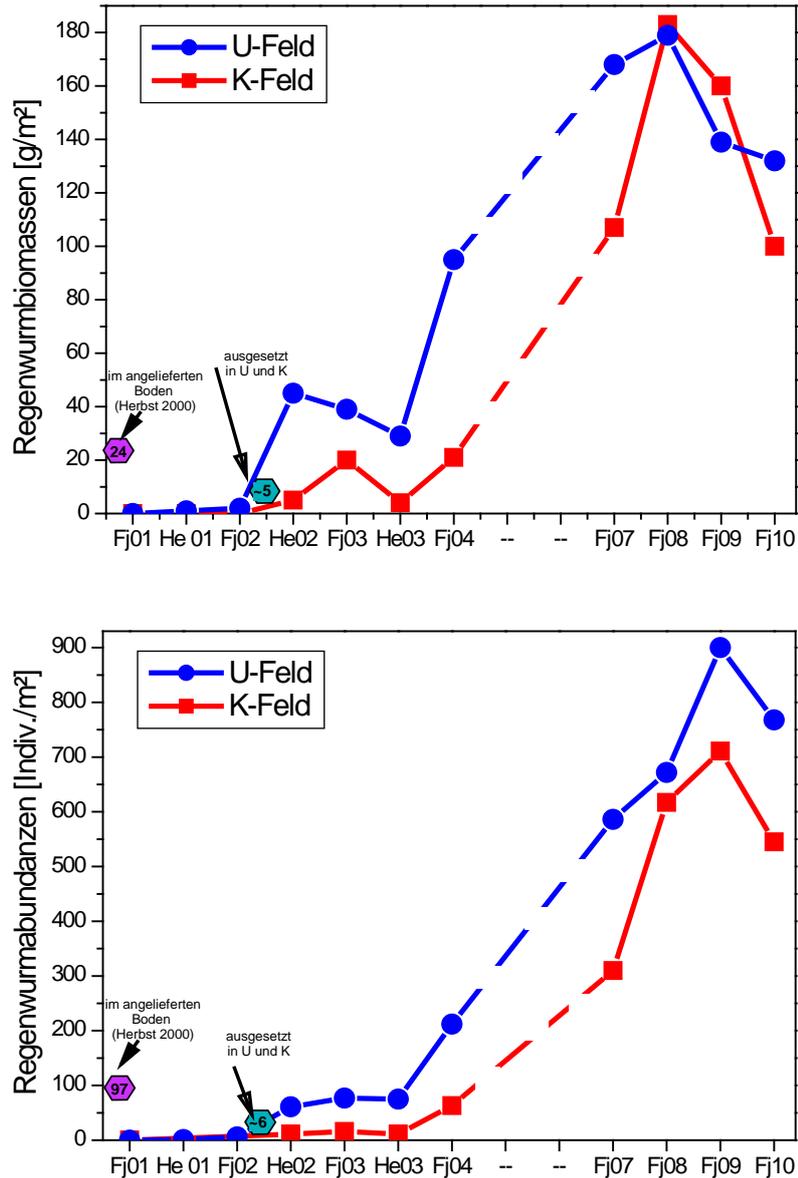


Abbildung 1: Entwicklung der Biomassen (oben) und Abundanzen (unten) von Regenwürmern in den Leonberger Lysimeterfeldern von Frühjahr 2001 (Fj01) bis Frühjahr 2010 (Fj10)

### Vergleich mit anderen Standorten in Baden-Württemberg

Das **Arteninventar** der Leonberger Versuchsfläche ist mit 8 - 9 Arten auffallend umfangreich. Im Mittel kommen pro Standort in Baden-Württemberg meist nur 4 - 5 Regenwurmartarten vor. Nur an einem von fast 200 untersuchten Standorten in Baden-Württemberg konnten mehr Regenwurmartarten als im Leonberger U-Feld gefunden werden (EHRMANN, unveröff.). Ursache ist vermutlich das gezielte zusätzliche Einbringen von Regenwürmern in die Testfelder sowie Zuwanderung aus Böden unterschiedlicher Herkunft in der Testfeldumgebung. Allerdings weist ein so umfangreiches Arteninventar auch auf gute Standortsbedingungen hin.

Die **Abundanzen** und **Biomassen** beider Versuchsflächen liegen seit 2008 weit über dem Durchschnitt von Wäldern in Baden-Württemberg und erreichen fast (Biomassen) oder übersteigen sogar (Abundanzen) die Werte von guten Grünlandböden (Tabelle 2). Beide Versuchsflächen sind derzeit vom Vegetationscharakter her Pionierwälder mit sehr (U-Feld)

beziehungsweise relativ (K-Feld) lichter Krautschicht. Die hier gepflanzten Baumarten, vor allem die Zitterpappeln, liefern eine besonders gut abbaubare Streu und fördern so die Regenwürmer. Durch die große Regenwurmpopulation wird auf beiden Flächen im Laufe der Zeit das Bodengefüge verbessert<sup>3</sup>.

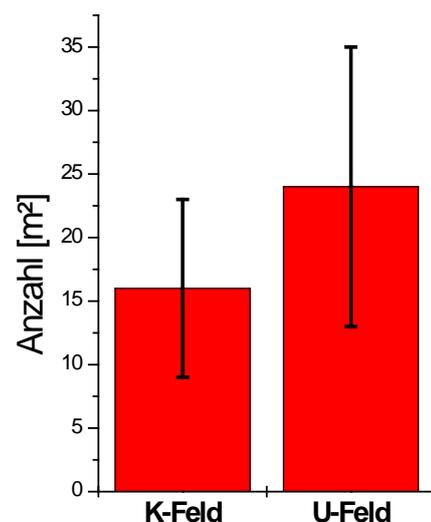
Tabelle 2: Regenwurmpopulation der Leonberger Lysimeterfelder im Vergleich mit anderen Standorten in Baden-Württemberg

	Standorte	Arten	Abundanzen			Biomassen		
			epig.+ anez.**	endog.	Σ	epig. +anez.	endog.	Σ
<b>Grünland in Baden-Württemberg*</b>								
alle Standorte	42	5,2	95	295	389	67	61	128
nur auf Löss	8	5,8	97	407	507	85	94	180
<b>Wald in Baden-Württemberg*</b>								
alle	82	3,8	59	106	167	23	24	48
nur auf Löss	10	3,9	81	62	142	46	17	63
<b>Versuchsflächen Leonberg (Ø 2008 - 2010)</b>								
K-Feld	1	7,7	61	562	624	71	76	147
U-Feld	1	8,7	56	711	780	57	91	150

\* Datengrundlage: Untersuchungen von EHRMANN im Zeitraum von 1989 - 2008 (unveröffentlicht)

\*\* Epigäische und die tiefgrabenden anezischen Regenwürmer nehmen die Nahrung meist an der Bodenoberfläche auf, endogäische Arten fressen vorwiegend im Oberboden.

Abbildung 2: Anzahl der Bauten von tiefgrabenden anezischen Regenwürmern in K- und U-Feld im Frühjahr 2010



<sup>3</sup> Aufgrabungen zur Kontrolle und mikromorphologische Probenahmen sind im Frühjahr 2011 vorgesehen.

## **Vergleich von U- und K-Feld**

Die Unterschiede zwischen U- und K-Feld sind mittlerweile sehr gering. Auch das K-Feld ist ein günstiger Standort für Regenwürmer. Dies ist verständlich, denn in beiden Feldern wurde hochwertiger Lösslehm eingebaut und beide Flächen wurden nach dem Bodeneinbau 50 cm tief gelockert. Diese Bodenqualität reicht in Normaljahren für eine umfangreiche Regenwurmpopulation aus. Dennoch ist das U-Feld der günstigere Standort, es gibt mehr Bauten tiefgrabender Regenwürmer (Abbildung 2) und der weniger verdichtete Unterboden bietet ihnen Schutz in Extremjahren. So war der Rückgang der Regenwurmpopulation im Trockenjahr 2003 im U-Feld viel geringer als im K-Feld. Im trockeneren Oberhang des K-Feldes verschwanden die Regenwürmer 2003 im Gegensatz zum U-Feld vollständig.

## **Besiedeln Regenwürmer rekultivierte Flächen quasi automatisch ?**

Nach dem Bodeneinbau mit Großgeräten sind Rekultivierungsflächen in den meisten Fällen vermutlich fast regenwurmfrei. Dies zeigte sich auf der Versuchsfläche Leonberg und auch bei der vor kurzem rekultivierten Kreismülledeponie Böblingen. Auf dieser circa 20 ha großen Deponie wurde nach Abschluss der Rekultivierung bei 150 Stichproben kein einziger Regenwurm gefunden (EHRMANN & WATTENDORF 2010).

Regenwürmer kommen - in allerdings sehr unterschiedlichen Dichten - an praktisch allen Standorten in Baden-Württemberg vor. Deshalb werden im Lauf der Zeit auch alle geeigneten, durch Rekultivierung neu geschaffenen Standorte wieder besiedelt. Allerdings liegt die durchschnittliche Ausbreitungsgeschwindigkeit von Regenwurmpopulationen unter günstigen Bedingungen nur bei 5 - 10 Meter pro Jahr (MARINISSEN & VAN DEN BOSCH 1992). Daher werden kleine Flächen bis circa einem Hektar in absehbarer Zeit in der Regel ohne weiteres Zutun besiedelt. Auf größeren Rekultivierungsflächen sollten künstlich Regenwürmer eingebracht werden, um die Nährstoffrückführung und Verbesserung des Bodengefüges wesentlich zu beschleunigen.

## **3.2. Vegetation**

Rekultivierungsschichten von Deponien werden heute meist mit Gehölzen bepflanzt, da unter anderem bei Waldbeständen mit dem größten Wasserverbrauch der für Deponiebefpflanzungen in Frage kommenden Vegetationstypen zu rechnen ist (DGGT 2000b). Dies gilt vor allem für wüchsige und gut entwickelte Gehölzbestände. Üblicherweise werden zuerst Vorwald-Baumarten wie Erlen, Pappeln oder Weiden gepflanzt, um den Standort für anspruchsvollere Baumarten zu verbessern.

In die Leonberger Versuchsfelder K und U wurden im Winter 2000/01 je 54 Zitterpappeln (*Populus tremula*) gleicher Herkunft gepflanzt. Im Jahr nach der Pflanzung waren im K-Feld 17 Pappeln und im U-Feld 5 Pappeln abgestorben (WATTENDORF et al. 2005). Weitere Verluste resultieren überwiegend aus späterer Beschädigung der Bäume durch Wildverbiss, Bau- oder Pflegemaßnahmen. Sukzessive wurden weitere Bäume (Schwarzerle, Linde, Wildkirsche und Bergahorn) eingebracht. Heute stehen in jedem Lysimeterfeld noch 18 der anfangs gepflanzten Zitterpappeln, der Bestand ist weitgehend geschlossen (siehe Abbildung 3). Seit 2002 werden Stammdurchmesser und Stammumfang dieser Bäume meist jährlich gemessen

(Abbildung 4). Im Sommer 2010 wurde von SOHRT (2010) zusätzlich flächendeckend die Vegetationshöhe in einem Raster von 50 x 50 cm aufgenommen<sup>4</sup> (Abbildung 5).



Abbildung 3: Luftaufnahme der Leonberger Testfelder im Sommer 2009; links Feld mit Buschlagen, Mitte: Lysimeterfeld K (Boden verdichtet), rechts: Lysimeterfeld U (Boden unverdichtet)

Die Untersuchungen zeigen, dass sich die Bäume in den beiden Versuchsfeldern unterschiedlich entwickelt haben. In Abbildung 4 sind alle Einzelwerte des Stammumfangs jeder Zitterpappel von 2002 bis 2010 und die jeweiligen Mittelwerte der Kollektive K-Feld und U-Feld aufgetragen. Der mittlere Stammumfang der beiden Kollektive unterschied sich bei der ersten Messung zwei Jahre nach der Pflanzung nur wenig. Er betrug im K-Feld 39,2 mm und im U-Feld 45,1 mm. Nach 2004 beginnen die Werte stärker zu streuen und die jährliche Zuwachsleistung der Bäume steigt an, im U-Feld deutlich stärker als im K-Feld (Abbildung 4). Die Tendenz der höheren Zuwachsleistung im U-Feld hat sich inzwischen etwas abgeschwächt. Im Herbst 2010 betrug der Mittelwert des Stammumfangs<sup>5</sup> im U-Feld 568 mm und im K-Feld 412 mm. Auch der Umfang des jeweils stärksten Baumes unterscheidet sich in den Feldern deutlich, er beträgt im K-Feld 587 mm und im U-Feld 702 mm.

Auch die Höhe des Bewuchses ist in den beiden Lysimeterfeldern unterschiedlich (Abbildung 5). Im K-Feld ist ein großer Teil der Fläche von Pflanzen unter 2 m Wuchshöhe bedeckt, also Gräsern, Kräutern und kleinen Sträuchern. Im U-Feld sind diese nicht von großen Gehölzen überschirmten Flächen deutlich kleiner und auf Lücken im Bestand beschränkt. Hier ist die verbreitete Wuchshöhe eher zwischen 4 und 8 m anzusetzen. Dieser Unterschied ist selbst dann offensichtlich, wenn der untere Abschnitt des K-Feldes, in dem die Gehölze überdurchschnittlich durch Eingriffe geschädigt wurden, unberücksichtigt bleibt. Die mittlere Höhe der Vegetation beträgt im K-Feld 3,65 m und im U-Feld 5,71 m, der jeweils höchste Baum des

<sup>4</sup> Die Methodik der Aufnahme ist eingehend in SOHRT (2010) beschrieben.

<sup>5</sup> gemessen in 20 cm Höhe über dem Boden

Feldes ist 12,1 m beziehungsweise 14,2 m hoch. Wuchshöhen bis einschließlich 2 m wurden im K-Feld an 50,3 % und im U-Feld an 20,2 % der Messpunkte registriert.

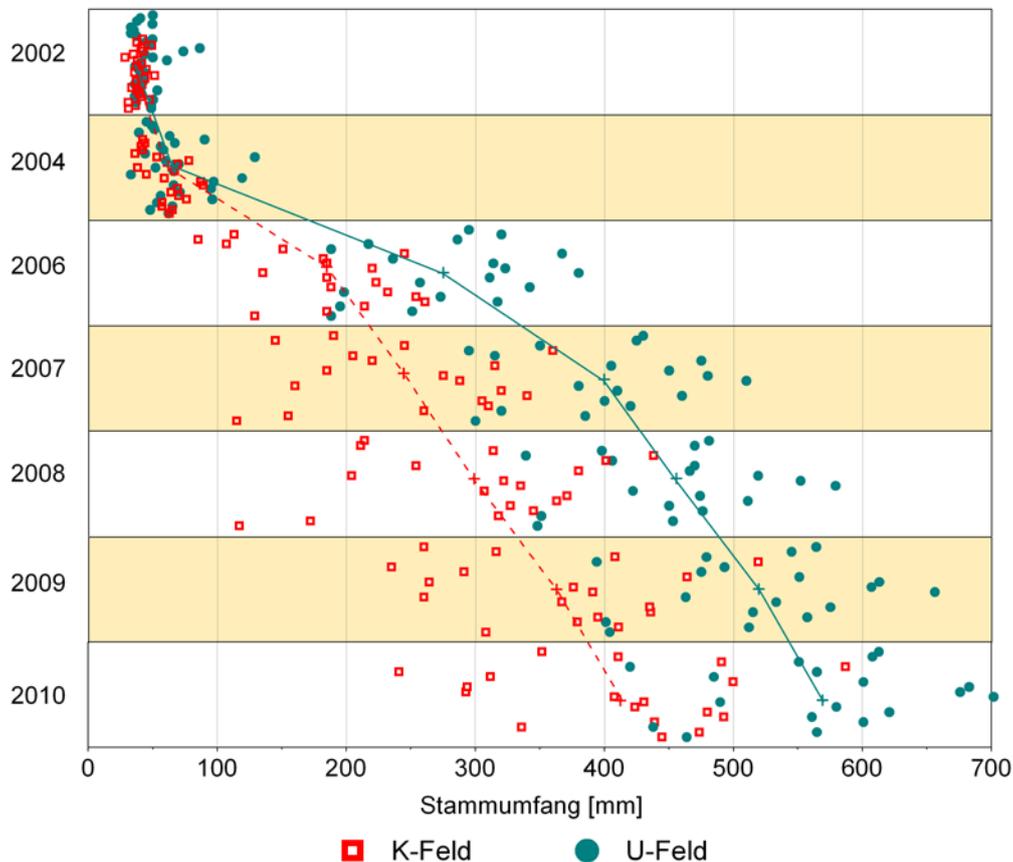


Abbildung 4: Stammumfang der Zitterpappeln (*Populus tremula*) auf den Versuchsfeldern von 2002 bis 2008, gemessen in 20 cm Höhe.

Das bessere Wachstum der Bäume im U-Feld indiziert relativ feine aber bedeutsame Unterschiede in den Standorteigenschaften der beiden Testfelder, die sich mit üblichen bodenkundlichen Messungen nur unzureichend belegen lassen (WATTENDORF et al. 2009). Sie sind in jedem Fall ein Argument für Boden schonende Verfahren bei der Herstellung von Rekultivierungsschichten, insbesondere den ungeschichteten Einbau mit möglichst geringer Verdichtung. Die Unterschiede zwischen den Beständen im K- und U-Feld wirken sich auch auf den Wasserhaushalt der Lysimeterfelder aus. Der besser entwickelte Gehölzbestand im U-Feld verbraucht mehr Wasser, hierdurch reduziert sich die Absickerung aus der Rekultivierungsschicht (siehe WATTENDORF et al. 2010).



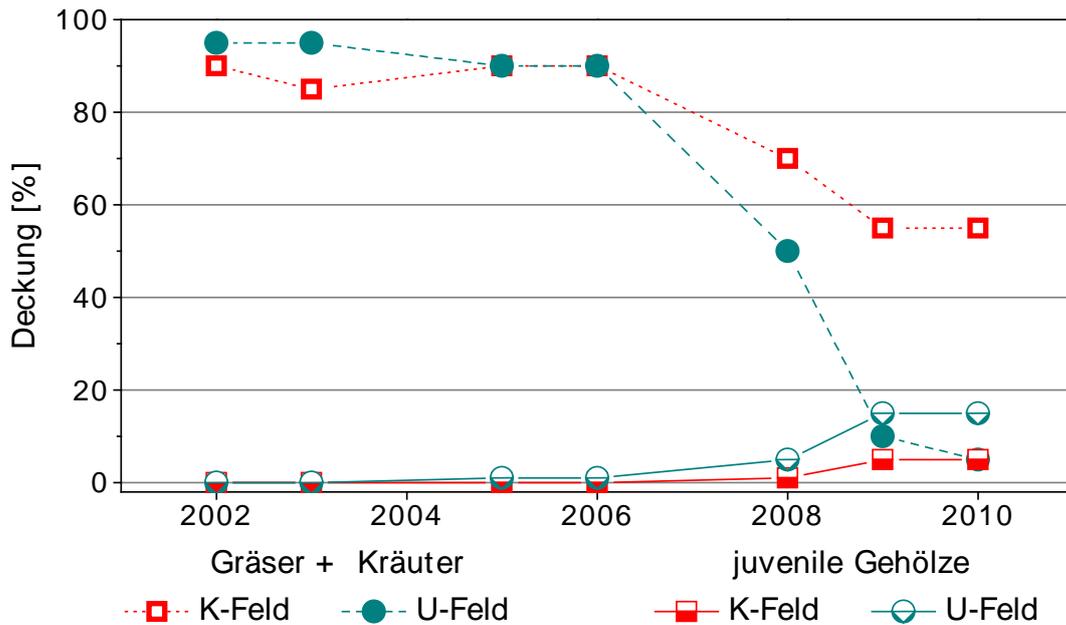


Abbildung 6: Deckungsgrade [%] der Kraut- (Gräser und Kräuter) und Strauchschicht (junge Bäume und Sträucher) in je 40 m<sup>2</sup> großen Probepartzellen in den Testfeldern U und K

Die Gras-/Krautvegetation der Lysimeterfelder geht infolge der Beschattung durch die Gehölze tendenziell zurück (Abbildung 6). In den ersten Jahren war der Boden zwischen den Gehölzen in der 40 m<sup>2</sup> großen Aufnahme­fläche noch zwischen 85 % und 95 % mit kurzlebigen Pflanzen bedeckt. Mit zunehmendem Gehölzwachstum sanken die Deckungsgrade der Gräser und Kräuter (ohne Gehölzjungwuchs) nach 2006 deutlich ab und betragen heute noch 10 % (2009) bzw. 5 % (2010) im U-Feld. Im K-Feld mit seinem weniger dichten Baum­bestand (Abbildung 3, Abbildung 5) deckte die Krautschicht 2009 und 2010 noch 55 % der Aufnahme­fläche. Die Krautschicht beider Lysimeterfelder ist noch immer geprägt durch Gräser, die in der Saatmischung im Jahr 2001 enthalten waren (Knäuelgras, Wiesenrispe, Wiesenlieschgras) sowie eingewanderte Ruderalarten (z. B. Quecke, *Elymus repens*). Es finden sich jedoch mit Knoblauchsrauke (*Alliaria petiolata*) und Nelkenwurz (*Geum urbanum*) schon seit einigen Jahren zumindest zwei Pflanzenarten der lichter­en Wälder, Schläge oder Waldränder mit mäßig beschatteten Standorten. Echte Waldarten wurden bis dato aber noch nicht auf den Flächen gefunden.

#### 4. Literatur

- BRAUNS, J., KAST, K., SCHNEIDER, H., KONOLD, W., WATTENDORF, P. & B. LEISNER (1997): Forstwirtschaftliche Rekultivierung von Deponien mit TA Siedlungsabfallkonformer Oberflächenabdichtung, Handbuch Abfall Band 13, 97 S. + Anhang, Karlsruhe
- DGGT = DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK (2000a): GDA-Empfehlung E 2-31 Rekultivierungsschichten (Entwurf), Bautechnik 77 (9): 617 – 626
- DGGT = Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (2000b): GDA-Empfehlung E 2-32 Gestaltung des Bewuchses auf Abfalldeponien (Entwurf), Bautechnik 77 (9): 627 – 629

- EHRMANN, O. & P. WATTENDORF (2010): Rekultivierung der Kreismülldeponie Böblingen, Standortgutachten und Pflanzempfehlung – Schlussbericht –, unveröff. Gutachten Büro für Bodenmikromorphologie und Bodenbiologie Dr. Otto Ehrmann im Auftrag der Abfallwirtschaft Landkreis Böblingen, 27 S. + Anhang
- MARINISSEN, J.C.Y. & F. VAN DEN BOSCH (1992): Colonization of new habitats by earthworms, *Oecologia* 91: 371 - 376
- SCHABER-SCHOOR, G. (2006): Regulierung des Wasserhaushalts von Deponien durch Gehölzbewuchs, *AFZ-Der Wald* 19/2006: 1050 - 1056
- SOHRT, J. (2010): Modellierung des Wasserhaushaltes von Rekultivierungsschichten mit BROOK90, unveröff. Bachelorarbeit am Institut für Landespflege, Universität Freiburg, 69 S. + Anhang
- Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts, BGBl 2009 Teil I Nr. 22, vom 29.4.2009, S. 900 - 950
- WATTENDORF, P. (2005): Konzeption einer Wasserhaushaltsschicht für die Deponie Neuenburg (BA I), in: Institut für Landespflege [Hrsg.]: Tagungsband der Fachtagung „Qualifizierte Rekultivierungsschichten“: 130 – 145, Freiburg
- WATTENDORF, P., W. KONOLD & O. EHRMANN [Hrsg.] (2005): Rekultivierungsschichten und Wurzelsperren, Herstellung – Eigenschaften – Bodenentwicklung – Funktion, *Culterra* Band 41, 269 S., Freiburg
- WATTENDORF, P., W. KONOLD & O. EHRMANN (2007): Wasserhaushalt qualifizierter Rekultivierungsschichten (BWU 26004), 11 S., <http://www.bwplus.fzk.de>
- WATTENDORF, P., W. KONOLD & O. EHRMANN (2009): Wasserhaushalt qualifizierter Rekultivierungsschichten (BWU 26004), 11 S., <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de>
- WATTENDORF, P. & V. SOKOLLEK (2003): Gestaltung und Entwicklung des Bewuchses auf Rekultivierungsschichten von Deponien und Altlasten, Schriftenreihe Geotechnik, Heft 10/1: 171 –183, Weimar

## Vorhaben BWU 26004

### Zusammenfassung

Forschungsvorhaben BWU 26004 befasst sich mit der Optimierung von Rekultivierungsschichten in Deponie-Oberflächenabdichtungssystemen. Boden schonender Einbau soll dazu beitragen, die Evapotranspiration zu steigern und die Absickerung zu reduzieren. In vorangegangenen Vorhaben wurden auf der Kreismülldeponie Leonberg (Landkreis Böblingen) zwei Großlysimeterfelder eingerichtet und mit Bäumen bepflanzt. Das erste Lydimeterfeld enthält eine unverdichtet eingebaute Rekultivierungsschicht (Feld U), das zweite eine in Lagen verdichtet eingebaute Variante (Feld K). U- und K-Feld unterscheiden sich nur durch das Einbauverfahren, denn Bodenmaterial, Bepflanzung und Behandlung der Felder sind identisch. Mit dieser Versuchsanlage wird der Wasserhaushalt unterschiedlich verdichteter Rekultivierungsschichten sowie die ihn beeinflussenden Faktoren untersucht.

Ziel des laufenden Projekts ist, die Forschungsarbeit zum Wasserhaushalt und zur Boden- und Vegetationsentwicklung fortzuführen, um lückenlose Datenreihen vom Initialstadium bis zum ausgebildeten Waldbestand zu gewinnen und durch regelmäßige Kontrollen und Wartung den Bestand der Leonberger Lydimeteranlage für den Langzeitbetrieb zu sichern. Das Arbeitsprogramm beinhaltet das Erfassen von Wetterdaten, Absickerungsraten und Bodenwassergehalten in den Lydimeterfeldern sowie Untersuchungen zur Entwicklung der Vegetation, der Regenwurmpopulation und der Bodenstruktur.

Die im Ausgangsmaterial vorhandene Regenwurmpopulation starb beim Bau der Testfelder im Zuge der Rekultivierung im Winter 2000 fast vollständig aus. Da Regenwürmer auch unter günstigen Bedingungen nur sehr langsam einwandern, wurde die Population durch Einbringen von Regenwürmern im Frühjahr 2002 gefördert. Bis 2008 nahmen Biomassen und bis 2009 auch Abundanzen zu. Seitdem ist ein moderater Rückgang zu verzeichnen. Die heute in den Lydimeterfeldern vorhandene Population ist sehr artenreich und entspricht bezüglich Abundanz und Biomasse guten Grünlandböden, was auf sehr gute Standortbedingungen schließen lässt. Die Unterschiede zwischen den Testfeldern U und K sind mittlerweile sehr gering. In Feld U gibt es jedoch mehr Bauten tiefgrabender Regenwürmer, der weniger verdichtete Unterboden bietet ihnen bessere Rückzugsmöglichkeiten: So war der Rückgang der Regenwurmpopulation im Trockenjahr 2003 im U-Feld viel geringer als im K-Feld. Die Regenwürmer verbessern sukzessive die Bodenstruktur, es wird aber noch einige Zeit dauern bis das Bodengefüge von altem Wald oder Grünland erreicht wird.

Die Messungen des Stammumfangs der im Winter 2000 gepflanzten Zitterpappeln (*Populus tremula*) belegen eine unterschiedliche Entwicklung in den Testfeldern. Seit 2004 weisen die Bäume im U-Feld ein stärkeres Dickenwachstum auf. 2010 betrug der Mittelwert des Stammumfangs im U-Feld 568 mm und im K-Feld 412 mm. Auch die mittlere und maximale Höhe des Bewuchses unterscheiden sich. Die mittlere Wuchshöhe beträgt im K-Feld 3,65 m und im U-Feld 5,71 m, der jeweils höchste Baum im K-Feldes ist 12,1 m und im U-Feld 14,2 m hoch.

Diese Ergebnisse lassen auf relativ feine, aber für die Standortqualität bedeutsame Bodenunterschiede zwischen den Testfeldern schließen. Bodenschonende Verfahren, insbesondere der ungeschichtete Einbau mit möglichst geringer Verdichtung, sollten deshalb bei der Rekultivierung bevorzugt werden.

## **Project BWU 26004**

### **Summary**

The research project BWU 26004 deals with characters and water balance of recultivation layers in waste dump surface sealing systems. Optimized recultivation layers with uncompacted soil should minimize the leakage by means of evapotranspiration. In preceding projects on the Leonberg landfill (Landkreis Böblingen) two large lysimeter fields were constructed and planted with trees. The only difference between these two fields is the manner of the installation of the recultivation layers. In field U the soil installed was not compacted, whereas in field K it was mechanically compacted in three single layers. Employing this experimental set-up, the water balances of the two different recultivation layers as well as the most important factors influencing it can be ascertained and compared.

Targets of the project are to continue the examinations on the water regime and the development of soil and vegetation to obtain continuous data series from the outset and to maintain the test field facility for long-term operations. The working program includes the collecting of weather data, leakage rates and soil moisture values including backwater levels in the lysimeter fields as well as examinations of the vegetation development, the earthworm population and the soil structure.

The earthworm population originally existing in the soil material completely died off with the construction of the test fields in the year 2000. Because the resettlement of large areas by earthworms is very slow, earthworms were brought in to foster the populations rehabilitation in spring 2002. Up to 2008 biomasses and until 2009 also abundances of earthworms increased. Since then a moderate decrease is to be registered. Today the lysimeter fields' populations are very rich in species and correspond to good grassland soils, which suggests very good site conditions in the test fields. By now, the differences between Field U and K are very small. In field U however more middens of anecic earthworms are found. The uncompacted subsoil is a better shelter for these animals: During the dry year 2003 for example the earthworm population in the K-field diminished much stronger than in the U-field.

The measurements of the stem girth of the *Populus tremula* trees evidence a different thriftiness in the two test fields. Since 2004 the trees in the U-field show higher growth rates. In 2010 the average stem girth in the U-field is 568 mm and in the K-field 412 mm. Also the average height and the maximum height of the vegetation are different. The average growth height of vegetation in the K-field is 3.65 m and in the U-field 5.71 m. The highest trees height amounts in the K-field to 12.1 m and in the U-field to 14.2 m.

These results indicate differences in soil characteristics between the test fields, which are relatively fine, but nonetheless important for site conditions. Soil protecting procedures, in particular the installation of recultivation layers with merest compaction possible, should be favoured therefore.