



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.
Interreg V A / 2014-2020

Skládkový workshop Liberec-Žitava 2016

Skládka jako poslední možnost

Aktuální otázky

vyplývající z hierarchie nakládání s odpady

3.-4. listopadu 2016



Deponieworkshop Liberec-Zittau 2016

Deponie als letzte Möglichkeit

Aktuelle Fragen,

die sich aus der Abfallhierarchie ergeben

03.-04. November 2016

12. Skládkový workshop Liberec-Žitava

Skládka jako poslední možnost

Aktuální otázky vyplývající z hierarchie nakládání s odpady

12. Deponieworkshop Liberec-Zittau

Deponie als letzte Möglichkeit

Aktuelle Fragen, die sich aus der Abfallhierarchie ergeben

Podpora

Tato akce je podpořena z prostředků Evropské unie prostřednictvím Programu spolupráce Česká republika-Svobodný stát Sasko 2014-2020 – číslo projektu 100246598.

Förderung

Diese Veranstaltung wird durch das SN-CZ 2014-2020 - Programm der EU zur Förderung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit zwischen dem Freistaat Sachsen und der Tschechischen Republik gefördert – Projektnr.: 100246598.

odborný editor: Lukáš Zedek

technický editor: Kamil Nešetřil

překlady provedl: Sven Dietrich

Sborník byl připraven s využitím typografického systému \LaTeX .

Obsah

Účinnost evropských předpisů	7
<i>Havelka, P.</i> Odpadové hospodářství v ČR ve světle vyhlášené evropské strategie	9
<i>Stock, U.; Bittrich, S.</i> Požadavky na zpracování odpadů, především diskuse o spalování odpadů proti mechanicko-biologickému zpracování odpadů z německého pohledu	11
<i>Hráská, D.</i> Způsoby energetického využívání odpadů	25
<i>Witkowski, W.; Beyer, G.</i> Plánování, stavba a zprovoznění zařízení pro zpracování odpadu s kompostárnou v Marszowě (Polsko)	31
Využití stavebních materiálů pro stavbu skládek	33
<i>Egloffstein T.; Sehrbrock, U.</i> Průkazní zkoušky přírodních, minerálních stavebních materiálů – Požadavky a jejich praktické prosazování v Německu	35
<i>Sandig, F.; Al-Akel, S.; Thiele, R.; Engel, J.</i> Aplikace technických rekultivačních substrátů - možnosti a hranice	39
<i>Hrabčák, M.</i> Štvrtý rozmer skládky	55
<i>Schneider, P.; Müller, M.; Hebner, A.; Kapielski, K.; Schrickel, M.; Fabian, H.</i> Možnosti alternativní izolace skládky pomocí sekundárních minerálních stavebních hmot v tuzemsku a v zahraničí	63
Aplikovaná informatika a měřicí technika	77
<i>Dunger, V.; Müller, M.; Winter, C.; Winter, J.</i> Hydrologie zajištění povrchu v Sasku a změny klimatu	79
<i>Datel, J. V.</i> Zásady geotechnického a environmentálního monitoringu odkališť	93
<i>Weber K.</i> Automatizovaný monitoring skládky během fáze následné péče	111

<i>Kast, G.</i> Měření objemového obsahu vody při využití kontinuálních a diskontinuálních metod měření v hydrologické vrstvě skládky v Bavorsku	117
Techniky následné péče o skládky	119
<i>Drews, R.</i> Nákladově efektivní a nízkoúdržbové systémy odvodnění povrchů skládek s přihlédnutím ke specifickým požadavkům hydrologické vrstvy.	121
<i>Beck-Broichsitter, S.; Fleige, H.; Horner, R.</i> Dlouhodobá účinnost dočasného minerálního zakrytí povrchu	143
<i>Steinbrecht, D.; Rickert, I.</i> Likvidace a energetické využívání skládkových plynů	153
<i>Nešetřil, K.</i> Informační systém pro monitoring skládek	163
Aplikovaná geologie a další témata	165
<i>Zeman, J.</i> Geochemie složitých interakcí odpadů a infiltračních vod na skládkách	167
<i>Hrabal, J.; Kovářová, K.; Ambrožová, V.</i> Čištění skládkových výluhů kombinovanou membránovou technologií s použitím bio- logických systémů předčištění	179
<i>Gerth, A.; Hebner, A.; Kopielski, K.; Schneider, P.</i> Následné využití lokality skládky Gò Cát v Ho Či Minově městě	187
<i>Clemenz, P.; Weber, I.; Dedek, M.; Pabel, R.; Schoenherr, J.I.; Dunger, V.; Schulz, R.; Engel, J.</i> Vývoj environmentálních inženýrských postupů pro udržitelné využití půd	199
<i>Pelantová, V.</i> Problematika černých skládek	207

Inhaltsverzeichnis

Auswirkung von EU-Richtlinien	7
<i>Havelka, P.</i> Abfallwirtschaft in der Tschechischen Republik angesichts der erklärten europäischen Strategie	9
<i>Stock, U.; Bittrich, S.</i> Anforderungen an die Abfallbehandlung, insbesondere die Diskussion um Abfallverbrennung kontra mechanisch-biologische Abfallbehandlung aus deutscher Sicht	11
<i>Hráská, D.</i> Möglichkeiten einer energetischen Abfallnutzung	25
<i>Witkowski, W.; Beyer, G.</i> Planung, Bau und Inbetriebnahme von Abfall-aufbereitungsanlagen und die Abfallanlage mit Kompostierung in Marszow (Polen)	31
Verwendung von Baustoffen im Deponiebau	33
<i>Egloffstein T.; Sehrbrock, U.</i> Eignungsnachweise nach BQS für natürliche mineralische Baustoffe – Anforderungen und praktische Umsetzung	35
<i>Sandig, F.; Al-Akel, S.; Thiele, R.; Engel, J.</i> Anwendungen für technische Rekultivierungs-Substrate – Möglichkeiten und Grenzen	39
<i>Hrabčák, M.</i> Die vierte Dimension einer Deponie	55
<i>Schneider, P.; Müller, M.; Hebner, A.; Kopielski, K.; Schrickel, M.; Fabian, H.</i> Möglichkeiten alternativer Deponieabdichtungen mit mineralischen Ersatzbaustoffen im In- und Ausland	63
Angewandte Informatik und Umwelt-Messtechnik	77
<i>Dunger, V.; Müller, M.; Winter, C.; Winter, J.</i> Der Wasserhaushalt von Oberflächensicherungen Sachsens im Klimawandel	79
<i>Datel, J. V.</i> Prinzipien des geotechnischen Monitorings und Umweltmonitorings von Klärteichen .	93
<i>Weber K.</i> Automatisierte Deponieüberwachung in der Nachsorgephase	111

<i>Kast, G.</i> Zur Messung des volumetrischen Bodenwassergehaltes bei Einsatz von kontinuierlichen und diskontinuierlichen Messmethoden in einer Wasserhaushaltsschicht einer Deponie in Bayern	117
Umwelttechnik bei der Nachsorge von Deponien	119
<i>Drews, R.</i> Kostengünstige und nachsorgearme Oberflächenentwässerungseinrichtungen auf Deponien bei Berücksichtigung der besonderen Anforderungen einer Wasserhaushaltsschicht	121
<i>Beck-Broichsitter, S.; Fleige, H.; Horner, R.</i> Langzeitwirkung einer temporären mineralischen Oberflächenabdichtung	143
<i>Steinbrecht, D.; Rickert, I.</i> Entsorgung von und Energiegewinnung aus Deponiegasen	153
<i>Nešetřil, K.</i> Informationssystem für das Monitoring einer Deponie	163
Angewandte Geologie, Sonstiges	165
<i>Zeman, J.</i> Geochemie komplexer Wechselwirkungen des Abfalls und des Sickerwassers auf Deponien	167
<i>Hrabal, J.; Kovářová, K.; Ambrožová, V.</i> Reinigung des Deponiesickerwassers mit Hilfe einer kombinierten membranengestützten Technologie unter Anwendung biologischer Systeme der Vorbehandlung	179
<i>Gerth, A.; Hebner, A.; Kopielski, K.; Schneider, P.</i> Nachnutzung des Deponiestandortes Gò Cát in Ho Chi Minh City	187
<i>Clemenz, P.; Weber, I.; Dedek, M.; Pabel, R.; Schoenherr, J.I.; Dunger, V.; Schulz, R.; Engel, J.</i> Entwicklung umweltingenieurtechnischer Verfahren zur nachhaltigen Bodenressourcennutzung	199
<i>Pelantová, V.</i> Problematik der illegalen Abfallablagerung	207

Techniky následné péče o skládky

**Umwelttechnik bei der Nachsorge von
Deponien**

Nákladově efektivní a nízkoúdržbové systémy odvodnění povrchů skládek s přihlédnutím ke specifickým požadavkům hydrologické vrstvy.

Kostengünstige und nachsorgearme Oberflächenentwässerungs-einrichtungen auf Deponien bei Berücksichtigung der besonderen Anforderungen einer Wasserhaushalts-schicht

Ralf Drews¹

Abstrakt

Podle Tabulky 2 Přílohy 1 Nařízení o skládkách a trvalých úložištích (Deponieverordnung) musejí být systémy izolace povrchů skládek s výjimkou skládek třídy DK0 vybaveny systémovou komponentou - odvodňovací vrstvou o mocnosti nejméně 0,3 m. Za předpokladu důkazu, že je trvale zajištěna hydraulická vodivost odvodňovací vrstvy a stabilita rekultivační vrstvy, může příslušný orgán na žádost provozovatele skládky připustit odchylky od minimální mocnosti, koeficientu propustnosti a spádu.

Provozovatel skládky tak za dodržení stavu techniky má rozmanité možnosti instalace systémů pro odvodňování povrchů. Systém odvodnění povrchu samotný musí ve spojení se systémem izolace povrchu průkazně zajistit plnění své funkce po období nejméně 100 let. Pro projektování, dimenzování a kvalitní výstavbu odvodňovacích vrstev existuje řada specifických úprav, norem a doporučení, která budou následně kompaktně popsána.

Ve vazbě na jímání a odvádění povrchové vody je oproti tomu nutno použít úpravy z hospodaření se sídelními vodami, kterou je však nutno adaptovat na specifický případ skládky.

Na příkladu skládky Spremberg-Cantdorf má být představeno, jak takovýto systém s přihlédnutím ke specifickým požadavkům hydrologické vrstvy může být přesto nákladově příznivě vybudován a provozován.

Kurzfassung

Gemäß Tabelle 2 des Anhangs 1 der Deponieverordnung (DepV) müssen Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien, außer bei DK 0 Deponien, über eine mindesten 0.3 m mächtige Systemkomponente Entwässerungsschicht verfügen. Unter der Voraussetzung des Nachweises, dass die hydraulische Leistungsfähigkeit der Entwässerungsschicht und die Standesicherheit der Rekultivierungsschicht dauerhaft gewährleistet wird, kann die zuständige Behörde auf Antrag des Deponiebetreibers Abweichungen von der Mindestdicke, dem Durchlässigkeitsbeiwert und dem Gefälle zulassen.

Damit bieten sich für den Deponiebetreiber unter Einhaltung des Standes der Technik vielfältige Möglichkeiten Oberflächenentwässerungssysteme zu errichten. Das Oberflächenentwässerungssystem selbst muss im Verbund mit dem Oberflächenabdichtungssystem seine Funktionserfüllung von mindestens 100 Jahren nachweislich gewährleisten.

¹Landkreis Spree-Neiße / Eigenbetrieb Abfallwirtschaft, Heinrich-Heine-Str. 1, D-03149 Forst (Lausitz); r.drews-abfallwirtschaft@lkspn.de

Für die Planung, Dimensionierung sowie den qualitätsgerechten Einbau der Entwässerungsschichten gibt es eine Vielzahl von speziellen Regelungen, Normen und Empfehlungen, die im Folgenden kompakt erläutert werden.

Bezüglich der Fassung und Ableitung der Oberflächenwässer müssen dagegen Regelungen aus der Siedlungswasserwirtschaft verwendet werden, die jedoch auf den speziellen Fall der Deponie anzupassen sind.

Am Beispiel der Deponie Spremberg-Cantdorf soll aufgezeigt werden, wie ein solches System bei Berücksichtigung der besonderen Anforderungen einer Wasserhaushaltsschicht trotzdem kostengünstig und nachsorgearm hergestellt und betrieben werden kann.

1 Einleitung

Die Errichtung von Oberflächenentwässerungssystemen auf Deponien mit Wasserhaushaltsschichten stellt auf Grund der Mächtigkeit der Rekultivierungsschicht von mindestens 1,5 m sowie deren Setzungsempfindlichkeit eine nicht zu unterschätzende Herausforderung dar.

Einerseits kann und soll die Wasserhaushaltsschicht gemäß Punkt 1 des BQS 7-2 Wasserhaushaltsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen [1] eine hydraulische Überlastung der Entwässerungsschicht verhindern, eine Durchwurzelung weitestgehend vermeiden und sonstige Beeinträchtigungen der langfristigen Funktionsfähigkeit ausschließen. Auf der anderen Seite können aber auch Wasserhaushaltsschichten durch Ihre Auflast, durch Setzungen, Sackungen, Verschlammungen oder Lösungs- und Austragsvorgänge Schäden am Entwässerungssystem verursachen. Diese gilt es durch eine vorausschauende Planung, intensive Qualitätssicherung in der Bauphase und eine regelmäßige Nachsorge zu verhindern.

2 Möglichkeiten der Gestaltung von Oberflächenentwässerungssystemen auf Wasserhaushaltsschichten

2.1 Planungsinstrumente und Verordnungen

Für die Planung, Dimensionierung sowie den qualitätsgerechten Einbau sind folgende Regelungen, Normen und Empfehlungen zu berücksichtigen:

- Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV)
- BQS 5-0 „Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten-Übergreifende Anforderungen“
- BQS 6-1 „Mineralische Entwässerungsschichten aus natürlichen Baustoffen in Oberflächenabdichtungssystemen“
- BQS 6-2 „Mineralische Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen aus nicht natürlichen Baustoffen“
- BQS 7-2 „Wasserhaushaltsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“
- BQS 9-1 „Qualitätsmanagement - Fremdprüfung beim Einbau mineralischer Baustoffe in Deponieabdichtungssystemen“
- DIN 19667 Dränung von Deponien
- DWA-A 117 Bemessung von Regenrückhalteräumen
- DWA-A 118 Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen
- DWA-A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser

- DWA-M 153 Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser
- DWA-A 166 Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und – rückhaltung
- DWA-M 176 Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung
- GDA E 2-20 Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen
- GDA E 2-4 Oberflächenabdichtungssysteme Juli 2010
- GDA E 2-30 Modellierung des Wasserhaushaltes der Oberflächenabdichtungssysteme von Deponien
- GDA E 3-5 Versuchsfelder für mineralische Basis- und Oberflächenabdichtungen; GDA E 3-12 Eignungsprüfung mineralischer Entwässerungsschichten
- GDA E 4-2 Herstellung von mineralischen Entwässerungs- und Schutzschichten
- GDA E 5-1 Grundsätze des Qualitätsmanagements
- GDA E 5-6 Qualitätsüberwachung bei mineralischen Entwässerungsschichten
- BAM Richtlinie für die Zulassung von Geotextilien zum Filtern und Trennen für Deponieabdichtungen
- BAM Richtlinie für die Zulassung von Kunststoff-Dränelementen für Deponieoberflächenabdichtungen
- BAM Richtlinie für die Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben einer fremdprüfenden Stelle für Kunststoffkomponenten im Deponiebau

2.2 Allgemeine Anforderungen an Oberflächenentwässerungssysteme

Im Anhang 1 Nummer 2.1.1 der Deponieverordnung ist festgelegt, dass die Materialien und die Herstellung der Systemkomponenten des Oberflächenabdichtungssystems und deren Einbau sowie die Eigenschaften dieser Komponenten im Einbauzustand so gewählt werden müssen, dass die Funktionserfüllung der einzelnen Komponenten und des Gesamtsystems unter allen äußeren und gegenseitigen Einwirkungen über einen Zeitraum von mindestens 100 Jahren zu gewährleisten ist.

Es dürfen daher für Oberflächenentwässerungssysteme nur Materialien, Komponenten oder Systeme eingesetzt werden, die dem Stand der Technik entsprechen und wenn dies der zuständigen Behörde nachgewiesen worden ist. Dazu wurden durch die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ bundeseinheitliche Qualitätsstandards festgelegt.

Für Entwässerungskomponenten aus Geokunststoffen oder Polymeren ist eine Zulassung der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung erforderlich.

Gemäß der GDA 2-20 [2] gehören zum Oberflächenentwässerungssystem die oberhalb der Abdichtungskomponenten angeordnete Entwässerungsschicht sowie die Sickerrohre und Entwässerungsrinnen.

Die Errichtung der Anlagen zur Ableitung der Oberflächenwässer, wie Versickerungsbecken, Verdunstungsbecken oder Ableitungseinrichtungen in die Vorflut, ist in den DWA Arbeits- und Merkblättern geregelt.

Entsprechend DepV sind Oberflächenentwässerungssysteme unabhängig vom Oberflächenabdichtungssystem auf DK II und DK III Deponien zwingend vorgeschrieben. Bei Ausbildung

der Rekultivierungsschicht als Wasserhaushaltsschicht kann für DK I Deponien auf die Errichtung der Entwässerungsschicht verzichtet werden. Bei DK O Deponien ist eine Entwässerungsschicht grundsätzlich nicht erforderlich.

Die Entwässerungsschicht muss eine Schichtdicke von ≥ 30 cm, einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k \geq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s und ein Gefälle ≥ 5 % einhalten. Dabei kann die zuständige Behörde auf Antrag des Deponiebetreibers Abweichungen von der Schichtdicke, dem Durchlässigkeitsbeiwert und dem Gefälle zulassen. Voraussetzung ist, dass die Funktionsfähigkeit des Systems über einen Zeitraum von mindestens 100 Jahren nachgewiesen wird.

2.3 Funktion der Oberflächenentwässerungssysteme

Das Oberflächenentwässerungssystem hat gemäß GDA E 2-4 [3] die Funktion, das durch die Rekultivierungsschicht einsickernde (Dränabfluss) und auf der Rekultivierungssicht und den Betriebswegen oberflächlich anfallende Niederschlagswasser schadlos abzuleiten sowie den hydraulischen Gradienten auf den Abdichtungskomponenten zu minimieren.

Nach der GDA E 2-20 muss die Entwässerungsschicht filterstabil und standsicher ausgeführt werden. Weiterhin soll sie bei mineralischen Dichtungen durch verzögerten Abfluss diese feucht und somit funktionsfähig halten und den Abdichtungskomponenten Schutz vor Durchwurzelung bieten.

Das Entwässerungssystem ist so auszubilden, dass es im Ist-Zustand und bei sich verändernden Bedingungen seine Funktion zur Ableitung des Dränageabfluss und des Oberflächenabflusses langfristig erfüllt. Eventuell noch vorhandene Setzungen des Deponiekörpers müssen ausgeglichen werden. Dies wird damit erreicht, dass die Deponieoberfläche nach dem Abklingen der Sackungen und Setzungen des Deponiekörpers inkl. der Wasserhaushaltsschicht, an allen Stellen ein Mindestgefälle von 5 % einhält.

2.4 Hydraulische Dimensionierung der Oberflächen-entwässerungssysteme

Das Oberflächenentwässerungssystem muss entsprechend den jeweiligen spezifischen Standortbedingungen dimensioniert werden. Dabei sind die jeweils höchsten zu erwartenden hydraulischen Beanspruchungen zu berücksichtigen. Diese sind wiederum abhängig von den lokalklimatischen Besonderheiten, dem Wasserspeichervermögen und der Schichtdicke der Wasserhaushaltsschicht, der Böschungsneigung, Böschungslänge sowie dem anfänglichen und sich entwickelnden Bewuchs.

Die Dimensionierung bzw. der hydraulische Nachweis der Funktionsfähigkeit erfolgt auf Basis wasserwirtschaftlicher Berechnungsverfahren. Unumgänglich für Wasserhaushaltsschichten ist die Verwendung von Wasserhaushaltsmodellen, die die Anforderungen nach Punkt 4.1.1 des BQS 7-2 [4] vollumfänglich erfüllen. Vor dem Hintergrund von immer stärker auftretenden extremen Niederschlagsereignissen sollten, obwohl in der aktuellen Fassung des BQS 7-2 nicht mehr gefordert, die künftigen klimatischen Änderungen mit berücksichtigt werden.

Im Ergebnis der Wasserhaushaltsmodellierung kann der zu erwartende Dränabfluss und somit die Dimensionierung der Entwässerungsschicht relativ genau berechnet werden.

Für die Berechnung der Abflussbildung auf der Wasserhaushaltsschicht und den Betriebswegen ist das Arbeitsblatt DWA-A 118 [5] anzuwenden.

Die Berechnung des Abflusses auf der Oberfläche erfolgt an Hand eines tabellarisch oder mit Hilfe der Wasserhaushaltsberechnung spezifisch ermittelten Spitzenabflussbeiwertes.

Die Berechnung nach DWA-A 118 führt im Allgemeinen immer zu einer Überdimensionierung der Entwässerungseinrichtungen. Verwendet man dagegen ein Niederschlags-Abfluss-Modell speziell für Deponien, wie z. B. das Programm ROHALEP, betragen die Durchflussraten im Starkniederschlagsfall nur ein Viertel bis ein Drittel der nach DWA-A 118 berechneten Durchflussraten [6]. Die Berechnung nach DWA-A 118 liegt daher auf der sicheren Seite.

Das anfallende Oberflächenwasser einer Deponie wird in den überwiegenden Fällen einer zentralen oder dezentralen Versickerung auf dem Deponiegelände zugeführt. Eine Ableitung in die Vorflut ist nicht überall möglich.

Zur Dimensionierung der Versickerungsanlagen ist das DWA-A 138 anzuwenden. Die hydraulische Dimensionierung wird dabei nicht nur von der Höhe und Häufigkeit des Niederschlages, sondern auch von der Art der Versickerungsanlage, dem Durchlässigkeitsbeiwert des vorhandenen Untergrundes, dem Grundwasserflurabstand, der Grundwasserfließrichtung sowie der Hangneigung bestimmt. Zu berücksichtigen sind weiterhin die sich im Laufe der Nachsorge durch Stoffeinträge verringernden Versickerungsraten.

3 Konstruktive Gestaltung der Oberflächenentwässerungssysteme

3.1 Entwässerungsschichten

3.1.1 Mineralische Entwässerungsschichten

Bezüglich der Errichtung wird im BQS 6-1 „Mineralische Entwässerungsschichten aus natürlichen Baustoffen in Oberflächenabdichtungssystemen“ [7] auf die GDA E 2-20, GDA E 3-12, GDA E 4-2 sowie die GDA E 5-6 verwiesen.



Abbildung 1: Aufbau einer mineralischen Entwässerungsschicht

Die GDA- 2-20 rät bei mineralischen Entwässerungsschichten von einer Verringerung der Schichtdicke auf unter 30 cm ab, um Alterungsprozesse, Ausfällungen oder Durchwurzungen zu berücksichtigen. Eine Schichtdicke ≥ 30 cm bietet zudem auch ausreichend Reserven zur Nutzung dieser Schicht als Gasverteilschicht für Methanoxydationsflächen oder Gasfenster.

Der Durchlässigkeitsbeiwert k darf höchstens $\geq 1 \cdot 10^{-3}$ sein. Der Unterkornanteil ist entsprechend GDA E 3-12 [8] zu begrenzen, wobei der Feinkornanteil unter 1 Weiterhin sind die jeweils zulässigen Schadstoffgehalte entsprechend Tabelle 2, Anhang 3 der DepV zu beachten. Bei grobkörnigem Material ist konstruktiv zu den angrenzenden Bodenschichten hin ein mineralischer oder geotextiler Filter vorzusehen. Der Fußbereich der Böschungen bzw. der Übergang zur Längsentwässerung ist vorzugsweise aus gebrochenen, grobkörnigen Materialien (Schotter 32/45) aufzubauen.

Soll die Entwässerungsschicht auch die Funktion der Gasverteilschicht mit übernehmen, müssen dafür gemäß Punkt 4.1 des BQS 7-3 [9] ausreichende Reserven nachgewiesen werden. Bei Notwendigkeit ist das Wasserleitvermögen oder die Schichtdicke zu erhöhen.

Beim Einbau mineralischer Oberflächenentwässerungsschichten aus nicht natürlichen Baustoffen oder Gemischen mit diesen findet der BQS 6-2 [10] Anwendung. Konstruktiv bestehen

die gleichen Anforderungen wie bei Verwendung ausschließlich natürlicher Baustoffe. Neben den Qualitätsanforderungen an die verwendeten Deponieersatzbaustoffe gemäß Deponieverordnung ist auf eine gleichbleibende Herkunft und Zusammensetzung der Deponieersatzbaustoffe zu achten.

3.1.2 Kunststoff-Dränelemente

Kunststoff-Dränelemente bedürfen gemäß der Richtlinie für die Zulassung von Kunststoff-Dränelementen für Deponieoberflächenabdichtungen einer Zulassung durch die BAM.

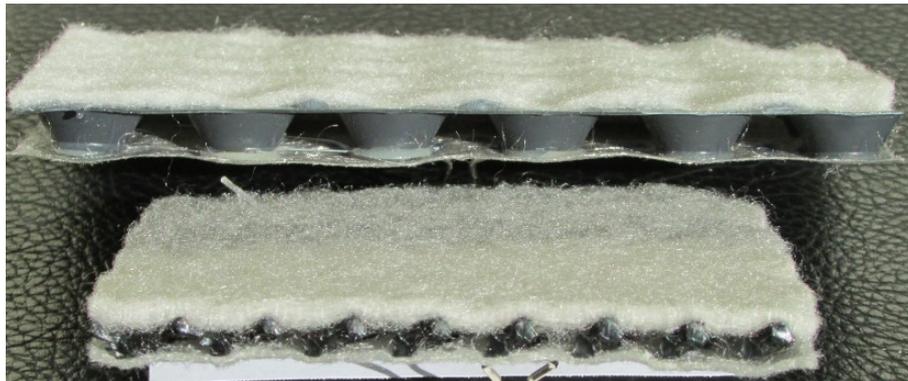


Abbildung 2: Konstruktiver Aufbau von Kunststoffdränelementen

Konstruktiv bestehen Kunststoff-Dränelemente aus industriell vorgefertigten Filtergeotextilien auf der Oberseite, dem Entwässerungskern aus z. B. Geogitter, Noppenbahnen oder Wirrgelege und einem geotextilen Stütz- und Schutzflies aus PE-HD oder PP. Die einzelnen Bestandteile sind fest verschweißt, verklebt oder vernäht.

Die mechanischen Eigenschaften der Filtergeotextilien und der Stütz- und Schutzfliese müssen grundsätzlich der GDA E 2-20 entsprechen.

Der Entwässerungskern ist so groß auszuführen, dass das zugeführte Dränwasser unter allen Randbedingungen, also auch nach auflastbedingter oder bettungsbedingter Verringerung der Dicke dauerhaft ausreichend abgeleitet werden kann. Dies geschieht durch Berücksichtigung von Abminderungsfaktoren aus Planung, Einbau, Querschnittsveränderungen und langwierigen Beeinträchtigungen.

3.2 Oberflächenentwässerungsanlagen

Im Gegensatz zu den Entwässerungsschichten finden sich bezüglich der konstruktiven Gestaltung von Oberflächenentwässerungsanlagen weder in der Deponieverordnung noch in den Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards entsprechende Regelungen. Es ist lediglich abzuleiten, dass auch diese Anlagen als Teil der Oberflächenabdichtung die Funktionsfähigkeit über einen Zeitraum von mindestens 100 Jahren gewährleisten müssen.

Bezüglich der Dimensionierung und Konstruktion sind auf Deponien die Regelungen der DWA Arbeitsblätter DWA-A 117, DWA-A 118, DWA-A 138 sowie DWA-A 166 maßgebend. Diese beziehen sich jedoch in erster Linie auf die Oberflächenentwässerung von Straßen, Plätzen und Gebäuden. Die Regelungen müssen daher mit den spezifischen Anforderungen eines Oberflächenabflusses von Deponien in Einklang gebracht werden. Insbesondere treten immer wieder in der Bauphase, aber auch während der Nachsorgephase Ableitungs- und Versickerungsprobleme auf, die es zu beachten gilt.

Konstruktiv gibt es eine Vielzahl von Gestaltungsmöglichkeiten zur Fassung und Ableitung der Oberflächenwässer. Gemäß den Empfehlungen der DWA-A 138 [11] wird aktuell eine

möglichst naturnahe und flächenhafte Verteilung und Versickerung der Oberflächenwässer favorisiert. Die Vor- und Nachteile der einzelnen Anlagen werden im Punkt 6.2. ausführlicher dargestellt.

4 Einbau der Oberflächenentwässerungssysteme

4.1 Entwässerungsschichten

4.1.1 Mineralische Entwässerungsschichten

Zur Herstellung von mineralischen Entwässerungsschichten gibt die GDA E 4-2 Herstellung von mineralischen Entwässerungs- und Schutzschichten [12] entsprechende Einbauempfehlungen.

Grundsätzlich sind die Einbaugeräte auf die zu verwendenden Materialien und die Böschungsneigung abzustimmen. So können nur auf schwach geneigten Böschungen Geräte eingesetzt werden, die auf der Oberfläche der Entwässerungsschicht fahren können, wie z. B. Radlader oder Planiertrauben. Bei Böschungsneigungen $\geq 1:3$ sind zur Verhinderung von Standsicherheitsproblemen oder Korngrößen-Entmischungen überwiegend Langarmbagger erforderlich. Die Eignung der entsprechenden Einbaugeräte bezogen auf das Dränmaterial und die Böschungsneigung ist im Probefeld nachzuweisen. Dabei muss eine Verdichtung, Kornzertrümmerung oder ein Abrollen des Dränmaterials verhindert werden.



Abbildung 3: Einbau der mineralischen Entwässerungsschicht mittels Langarmbagger

Auf einer geotextilen Schutzlage ist der Einbau so auszuführen, dass ein Verschieben oder eine Wellenbildung des Schutzvlieses weitestgehend vermieden wird. Zu gewährleisten ist dies durch Einsatz eines Langarmbaggers und einen ausreichend stark dimensionierten Fahrdamm. Gleiches gilt bei Nutzung mineralischer Schutzschichten.

4.1.2 Kunststoff-Dränelemente

Die Anforderungen an den Einbau der Kunststoff-Dränelemente sind in der Richtlinie für die Zulassung von Kunststoff-Dränelementen für Deponieoberflächenabdichtungen der BAM festgeschrieben. Der Einbau obliegt danach ausschließlich Verlegebetrieben, die nach der BAM Richtlinie „Verlegebetriebe“ [13] zugelassenen sind oder durch eine Güteüberwachungsgemeinschaft eines Fachverbandes nach der o. g. Richtlinie überwacht werden.

Das mineralische Auflager (Tondichtung) für die Kunststoff-Dränelemente muss vor der Verlegung fest abgewalzt, glatt und ohne größere Stufen sowie frei von Fremdkörpern sein. Bei

Verlegung der Kunststoff-Dränelemente auf einer Kunststoffdichtungsbahn ist ebenfalls auf eine Glattlage ohne Faltenbildung und Stufen zu achten.

Der Einbau erfolgt in der Hauptgefällerrichtung durch Ausrollen der Bahnen entsprechend einem vorher mit dem Fremdprüfer festgelegten Verlegeplan. Die einzelnen Bahnen sind so übereinanderzulegen, dass eine hydraulisch durchgehende Verbindung an den Überlappungen entsteht. Weiterhin sind die jeweiligen Verlegevorschriften des Herstellers zu beachten.

Die dauerhafte Glattlage ist arbeitstäglich durch Aufbringen einer Auflast (z.B. Sandsäcke) oder umgehender Überdeckung mit der Rekultivierungsschicht zu sichern. Dabei dürfen die verlegten Bahnen nicht direkt mit Baugeräten oder Fahrzeugen befahren werden. Zur Vermeidung von Beschädigungen der Kunststoff-Dränelemente sind zum Einbau der Rekultivierungsschicht Einbaustraßen von mindestens 1 m Höhe erforderlich und ist als Vor-Kopf-Einbau auszuführen.

4.2 Oberflächenentwässerungsanlagen

Zum Einbau der Oberflächenentwässerungsanlagen enthalten die DWA Arbeitsblätter 138 und 166 sowie die DWA Merkblätter 153 und 176 entsprechende Hinweise.

Nach der DWA-A 138 sind neben den produktspezifischen Anforderungen der Hersteller der Anlagenteile oder der verwendeten Baustoffe vor allem Maßnahmen zum Bodenschutz (kein Einbau von Bauschutt oder Abfall) und zur Verhinderung einer Bodenverdichtung des Untergrundes durch Baufahrzeuge und Geräte zu beachten. Oberirdische Anlagen sollten bereits vor der eigentlichen Benutzung gebaut werden, um z. B. der Bepflanzung ausreichend Zeit zur Entwicklung zu geben. Auch bei Versickerungsmulden oder Versickerungsrigolen ist eine Bepflanzung mit flachwurzelnden Bodendeckern oder Hochstauden ohne weiteres möglich.



Abbildung 4: Schutz der fertiggestellten Entwässerungsgräben durch Vliesabdeckung

Zu beachten ist insbesondere der Schutz der fertiggestellten Anlagen vor schlammigen oder schluffigen Einträgen aus der Rekultivierungsschicht oder den Betriebswegen z. B. durch Geotextilien.

5 Qualitätsüberwachung der Oberflächenentwässerungssysteme

5.1 Entwässerungsschichten

5.1.1 Mineralische Entwässerungsschichten

Nach dem BQS 9-1 „Qualitätsmanagement - Fremdprüfung beim Einbau mineralischer Baustoffe in Deponieabdichtungssystemen“ [14] bedarf der Einbau mineralischer Entwässerungsschichten einer Qualitätsüberwachung durch eine fremdprüfende Stelle die nach DIN EN ISO/EC 1720 als Inspektionsstelle und nach DIN EC ISO 17025 als Prüflabor akkreditiert sein muss. Die erforderlichen Qualitätsprüfungen der Eigen- und Fremdprüfung sind in einem möglichst schon in der Planungsphase aufzustellenden Qualitätsmanagementplan aufzunehmen.

Die Eignung der für die mineralische Entwässerungsschicht verwendeten natürlichen Materialien, z.B. Dränkies oder Schotter, ist nach der GDA E 3-12 nachzuweisen. Dazu sind vor Anlieferung und Einbau Untersuchungen bezüglich der Kornverteilung nach DIN EN 933-1, bei Materialien kleiner der Körnung 16/32 die Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18130-1, die Rohdichte nach DIN EN 1097-6, die Kornform nach DIN EN 933-4, die organischen Bestandteile nach DIN 18128, der Gesamtcarbonatgehalt nach DIN 18129, die Kornfestigkeit unter Zuhilfenahme der Geräte für den Proctorversuch nach DIN 18127 oder im Feldversuch nach den Vorgaben der GDA E 3-5, die Scherfestigkeit nach DIN 18137-3 oder DIN 18137-2 sowie die Frostbeständigkeit nach DIN EN 1367-1 erforderlich.

Die Verwendung mineralischer Recyclingbaustoffe (Deponieersatzbaustoffe) erfordert gemäß BQS 6-2 zusätzlich eine Untersuchung zum Auslaugverhalten nach Tabelle 2, Anhang 3 der DepV sowie bei gleichzeitiger Nutzung als Gasverteilschicht zur Beständigkeit gegenüber Gasen, z. B. durch einen Durchströmungsversuch. Zum Nachweis der dauerhaften Funktionserfüllung sind stoffspezifisch neben den Kurzzeitversuchen auch Langzeitversuche oder Versuche mit Zeitraffereffekt notwendig. Liegen für solche Deponieersatzbaustoffe (z. B. Stahlwerkschlacken) bereits Untersuchungen oder langjährige Erfahrungen vor, ist auch eine gutachterliche Beurteilung ausreichend. Da bei Verwendung von Deponieersatzbaustoffen bei Änderung der Herkunft oder Beschaffenheit der Materialien jeweils wieder neue Eignungsuntersuchungen erforderlich werden, sollte auf eine gleichbleibende Herkunft und Zusammensetzung geachtet werden.

Im Rahmen der Qualitätsüberwachung sind durch den Eigenprüfer alle 500 Mg bzw. mindestens einmal pro Woche die o. g. Qualitätsanforderungen zu untersuchen.

Die Qualitätsüberwachung ist auch während des Einbaus durchgehend weiterzuführen und durch stichprobenhafte Kontrollen, Probenahmen und durch Laboruntersuchungen zu begleiten. Die Einhaltung der Schichtstärke ist gemäß GDA E 5-6 [15] in einem Raster von 10 m x 10 m durch die Eigenüberwachung zu überprüfen. Alle 1.000 m² sind aus Schurfen Laborproben zu entnehmen und die Gesteinsart, Kornverteilung und der Anteil der abschlämmbaren Bestandteile zu untersuchen. Kornform und Carbonatgehalt sind alle 5.000 m² zu bestimmen.

Die Untersuchungen erfolgen sowohl durch die Eigen- als auch die Fremdprüfung entsprechend Qualitätsmanagementplan.

Erst nach Erteilung der Freigabeempfehlung des Fremdprüfers und der Freigabe durch die Überwachungsbehörde kann die mineralische Entwässerungsschicht mit der Rekultivierungsschicht überbaut werden.

5.1.2 Kunststoff-Dränelemente

Die Qualitätsüberwachungsmaßnahmen bei Verwendung von Kunststoff-Dränelementen ist in der BAM Richtlinie für die Zulassung von Kunststoff-Dränelementen für Deponieoberflächenabdichtungen verankert. Diese umfassen umfangreiche Qualitätsprüfungen bei der Produktion der einzelnen Bestandteile durch das herstellereigene Qualitätsmanagement entsprechend

den jeweiligen Zulassungsanforderungen. Zusätzlich ist die Produktion durch eine fremdprüfende Stelle zu überwachen.

Die Qualitätssicherung zum Einbau ist ebenfalls im Qualitätsmanagementplan zu regeln und beginnt bereits mit Angebotsabgabe des Verlegebetriebes. Vor Baubeginn sind die Drainage- und Filterwirksamkeit und die Scherparameter zu überprüfen sowie der Gleitsicherheitsnachweis und der Verlegeplan zu erstellen. Visuelle Anliefer- und Einbaukontrollen sind weitere Bestandteile der Eigen- und Fremdprüfung. Die ordnungsgemäße Überlappung von ≥ 20 cm der Filtervliese ist stichprobenhaft zu messen. Alle 5.000 m² sind durch den Fremdprüfer Dicke, flächenbezogene Masse, Höchstzugkraft, Dehnung und die Verbundfestigkeit sowie je Bauabschnitt einmalig die Kurzzeit-Druckfestigkeit, das Wasserableitvermögen sowie die charakteristische Öffnungsweite zu überprüfen.

5.2 Oberflächenentwässerungsanlagen

Die erforderlichen Maßnahmen zur Qualitätssicherung beim Bau der Oberflächenversickerungsanlagen sind in der Leistungsbeschreibung oder in einem Bauhandbuch zu beschreiben und durch die örtliche Bauüberwachung zu kontrollieren. Die Inbetriebnahme der Oberflächenversickerung oder Einleitung in die Vorflut bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis und der Abnahme durch die zuständigen Wasserbehörden. Eventuell zusätzliche Anforderungen aus der wasserrechtlichen Erlaubnis sind zu beachten.

6 Konstruktive und Bautechnische Probleme von Oberflächenentwässerungsanlagen auf Rekultivierungs- und Wasserhaushaltsschichten

6.1 Entwässerungsschichten

6.1.1 Mineralische Entwässerungsschichten

Bezüglich der Verwendung mineralischer Entwässerungsschichten liegen jahrzehntelange Erfahrungen aus dem Wasserbau, z. B. dem Deichbau, vor. Bei Einhaltung der Anforderungen an die Kornverteilung, Wasserdurchlässigkeit, Rohdichte, Kornform, Gehalt an organischen Bestandteilen, Gesamtcarbonatgehalt, Kornfestigkeit, Scherfestigkeit sowie Frostbeständigkeit kann problemlos der Forderung der DepV nach einer mindesten 100 jährigen Gewährleistung der Funktionsfähigkeit entsprochen werden.

Bei Verwendung natürlicher Baustoffe (Schotter, Kies) sind Veränderungen der o. g. Materialeigenschaften durch den Einbau oder die Auflast der Rekultivierungsschicht inkl. des Bepflanzungssystems durch mechanische Beanspruchung nach Frost-Tauwechsel oder durch Witterungseinflüsse nicht zu erwarten. Eine Funktionseinschränkung kann jedoch durch die darüber liegende Rekultivierungsschicht verursacht werden, wenn es in Folge fehlender, falscher oder defekter Filter zu Materialverlagerungen, insbesondere von Feinstkorn aus dem Rekultivierungsboden, in die Entwässerungsschicht kommt.



Abbildung 5: Deponie Spremberg-Cantdorf: Aufgrabung der Wasserhaushaltsschicht fünf Jahre nach Herstellung

Aber auch ein Zusetzen des Filters selbst, ist bei Nichtberücksichtigung der Suffusionssicherheit des Rekultivierungsbodens nicht auszuschließen.

Wasserhaushaltsschichten können dagegen durch Mischen vorher ausgewählter Bodenmischkomponenten eine hohe innere Filterstabilität und somit hohe Suffusionssicherheit erreichen. Bei den auf diese Weise hergestellten Wasserhaushaltsschichten im Landkreis Spree-Neiße wurden im Zuge von Aufgrabungen keine größeren Materialverlagerungen festgestellt.

Mineralische Entwässerungsschichten aus Recyclingbaustoffen (Deponieersatzbaustoffen) bergen die Gefahr einer Funktionseinschränkung, wenn durch fehlende oder nicht ordnungsgemäß ausgeführte Kurzzeit- und Langzeitversuche bezüglich der Beständigkeit gegenüber den Oberflächenwässern oder durch Deponiegas Materialveränderungen auftreten. Sichtbar werden diese Funktionseinschränkungen durch Verkrustungen oder durch Auskristallisationen insbesondere aus den Unterkornanteilen. Durch die Begrenzung des Unterkornanteils gemäß GDA 3-12 auf $\leq 10\%$ bei der Eignungsprüfung und $\leq 15\%$ im eingebauten Zustand kann einer Funktionsbeeinträchtigung entgegengewirkt werden.

Gemäß der GDA 3-12 wird vermutet, dass es bei Nutzung der Entwässerungsschicht als Gasverteilschicht durch erhöhte Gehalte an Calciumcarbonat ebenfalls zu Funktionseinschränkungen in Folge von Korrosion oder Materialverlagerung der Reaktionsprodukte kommen kann. Belege dafür wurden in der Literatur jedoch nicht gefunden.

Selten werden braune Verfärbungen der mineralischen Entwässerungsschichten am Deponiefuß festgestellt. Diese haben ihre Ursache in Ausfällungen von Eisen aus den verwendeten Schottermaterialien.

Verfärbungen des Dränwassers bei Verwendung von Glasabfällen, insbesondere aus der Getränkeindustrie, wurden ebenfalls schon beobachtet. Eine Funktionseinschränkung ist in beiden Fällen damit nicht verbunden.

6.1.2 Kunststoff-Dränelemente

Im Rahmen von Testfeldern und Aufgrabungen liegen zahlreiche Erfahrungen zu bautechnischen Problemen bzw. zu Versagensfällen vor. Zu verweisen ist hier auf die zahlreichen Gutachten und Fachbeiträge der BAM unter anderem zu Eignungsnachweisen, Belastungsgrenzen oder Scherfestigkeiten.

Ausgehend von festgestellten Versagensfällen, wie völliges Zusammendrücken des Dränkerns, Einknicken der Dränmatte in Folge von Setzungen, Verschluss des Filters, Eindringen von Wurzeln in den Dränkern oder Einbaubeschädigungen, wurden in den letzten Jah-

ren die Zulassungsverfahren und Einbauanleitungen ergänzt. Weiterhin wurden und werden die gemäß Tabelle 9 der BAM Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdränelementen für Deponieoberflächenabdichtungen [16] bei der Dimensionierung zu berücksichtigenden Abminderungsfaktoren D1 bis D4 ständig aktualisiert.

Einem Versagen der Oberflächenentwässerung kann durch den Aufbau einer zusätzlichen mineralischen Dränageschicht entgegengewirkt werden. Es erhebt sich diesbezüglich die Frage, welchen Sinn eine solche Kombination gegenüber der reinen mineralischen Entwässerung hat. Kosten- und Bauzeiteinsparungen sind damit auf jeden Fall nicht verbunden. Weiterhin sind die unter 6.1.1. beschriebenen bautechnischen Probleme für den mineralischen Bestandteil ebenfalls vorhanden.

Sicher werden auf diesem Gebiet in den nächsten Jahren weitere Erfahrungen gesammelt, so dass künftig generell auf eine zusätzliche mineralische Dränschicht verzichtet werden kann.

6.2 Oberflächenentwässerungsanlagen

Im Gegensatz zu Oberflächenentwässerungsanlagen sind die vorgehend beschriebenen bautechnischen Probleme bei der Errichtung von mineralischen Entwässerungsschichten und Kunststoffdränelementen sehr gering. Insbesondere in der Bauphase dürfte es auf fast jeder Deponie zu einem zeitweiligen Versagen der Funktionsfähigkeit der Oberflächenentwässerungsanlagen auf dem Deponiekörper oder in dessen Randbereich, insbesondere in Folge extremer Niederschlagsereignisse, gekommen sein.



Abbildung 6: Deponie Spremberg-Cantdorf: Schaden in der Bauphase nach einem Starkregeneignis

Fallen wie z. B. bei der Deponie Spremberg ein Extremniederschlagsereignis und der Bau der Deponieumfahrung, der Ableitungsgräben, Versickerungsanlagen und der Rekultivierungsschicht zusammen, sind trotz aller Vorsichtsmaßnahmen Schäden oder zusätzliche Aufwendungen nicht zu vermeiden.

Bautechnische Probleme an Kaskaden, Mulden, Durchlässen oder Versickerungsanlagen sind bereits wenige Jahre nach Herstellung zu beobachten, auch wenn diese nicht immer veröffentlicht werden.

Folgende konstruktive Elemente werden in Oberflächenentwässerungsanlagen verwendet:

Tabelle 1: Konstruktive Elemente in Oberflächenentwässerungsanlagen

Anlagenteil	Bauart
Bermengraben	Beton-Kastenrinne
	Beton-Muldenrinne
	gedichteter Bermengraben (mineralische Dichtung, KDB, Trennvlies, Schotter)
Kaskaden	Raubettkaskade (Wasserbausteine in Magerbeton)
	Betonkaskadenrinne
	Natursteinkaskade (gemauerte Natursteine)
Durchlässe	Rohrdurchlässe (Stahl, Kunststoff, Beton)
	Kastendurchlässe (Beton)
Randgraben	Beton-Kastenrinne
	Beton-Muldenrinne
	gedichteter Randgraben (mineralische Dichtung oder KDB, Trennvlies, Schotter)
	Rasenrinne
Versickerungsanlagen	Versickerungsmulde
	Versickerungsgraben
	Versickerungsbecken
	Versickerungsbecken mit vorgeschaltetem Regenrückhaltebecken
	Flächenversickerung
	Sickerschächte
	Rohrrigolen
Anlagen zur Einleitung in die Vorflut	Schotter- oder Kiesrigolen
	Einleitungsschächte
	Absetzschächte
	Absetzbecken Beton
	Absetzbecken (Naturstein gemauert)

Grundsätzlich kann zwischen Anlagen aus natürlichen Baustoffen und Anlagen aus nicht natürlichen Baustoffen unterschieden werden.

Für Anlagen der Siedlungswasserwirtschaft aus Beton wird von einer normativen Nutzungsdauer von 40 Jahren ausgegangen. Es sollte daher bei Verwendung von Betonprodukten zur Fassung und Ableitung der Oberflächenwässer von einem Ersatz in der Nachsorgephase ausgegangen werden. Probleme mit Betonbauprodukten in Folge einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion sind ebenfalls bekannt und können die Lebensdauer dieser Produkte erheblich verkürzen. Die Vorteile dieser Produkte bezüglich der Herstellungskosten auf Grund von standardisierten Fertigungen und einem problemlosen Einbau sind dann schnell aufgebraucht.

Bei Verwendung von Beton-Kasten- oder Muldenrinnen sowie Betonkaskaden auf den Bermen kommt es in Folge von Setzungen des Deponiekörpers und der Rekultivierungsschicht zu erheblichen Verformungen oder Rissen an den Übergängen. Bei locker geschütteten Wasserhaushaltsschichten ist eine qualitätsgerechte und langlebige Gründung von Kaskaden von vornherein nicht möglich. Die glatten Oberflächen bilden zudem immer Angriffspunkte für Erosionen und Unterspülungen. Bermen, Randgräben und Kaskaden aus Beton oder gemauerten Natursteinen weisen weiterhin eine geringe Rauigkeit auf. Dies führt zwar zu einem schnellen Abführen der Oberflächenwässer, aber auch zu einer sehr starken Beanspruchung der Anlagenteile im Unterlauf, insbesondere bei Starkregenereignissen.

Insbesondere Kasten- und Muldenrinnen erfordern in der Nachsorge eine regelmäßige Reinigung und Neuausrichtung.

Im Bereich der Randgräben spielt die Setzungsproblematik keine große Rolle. Kastenrinnen erfordern jedoch zusätzliche Naturschutzmaßnahmen (z. B. Ausstieghilfen für Reptilien).



Abbildung 7: Teilweise zugewachsene Betonkaskade einer Betriebsdeponie

Da bei Betonbauprodukten bezüglich der hydraulischen Dimensionierung kaum Reserven mit eingeplant werden, sind neben der regelmäßigen Reinigung und Instandhaltung auch die Beseitigung von Schnee- und Eisablagerungen in den Wintermonaten erforderlich. Bei Ableitgräben oder Versickerungsbecken mit einer Auflage aus Rasengittersteinen besteht die Gefahr eines Wasserstaus oder des Ausspülens des unterliegenden KieSES.



Abbildung 8: Deponie Spremberg-Cantdorf: Aus Schotter aufgebaute Versickerungsrigole auf dem Deponiekörper

Aus Naturstein gemauerte Bermengräben, Durchlässe oder Kaskaden haben materialbedingt eine sehr lange Lebensdauer. Jedoch spielen derartige Anlagen ihre Vorteile im Bereich der Randgräben und als Bestandteile von Versickerungsanlagen oder Ableiteinrichtungen

in die Vorflut voll aus. Funktionseinschränkungen durch Setzungen sind jedoch ebenfalls zu berücksichtigen, wie auch eine regelmäßige Reinigung zur Gewährleistung der hydraulischen Dimensionierung. Naturnah ausgebaute Bermen, Randgräben bzw. Kaskaden aus natürlichen Materialien (Wasserbausteine, Schotter) sind setzungsunempfindlicher. Die hohe Rauigkeit führt zur Verringerung des Abflussbeiwertes und somit zu einer Vergleichmäßigung des Abflussverhaltens. Konstruktiv ist bei den Gräben durch die flache Muldenform eine ausreichende hydraulische Reserve vorhanden.



Abbildung 9: Deponie Spremberg-Cantdorf: Unterspülung und Abrutschen der gemauerten Regenwasserableitung in der Bauphase nach einem Starkregenereignis

In der Errichtungsphase bzw. bis zur Ausbildung der geschlossenen und stabilen Vegetationsdecke besteht aber die Gefahr einer Unterspülung oder des Eintrages von Sedimenten aus der Rekultivierungsschicht, den Baustraßen oder Betriebswegen. Durch eine zeitweilige Vliesabdeckung lassen sich diese Gefahren minimieren.

Gegenüber den meist auf Deponien angewendeten Versickerungsbecken bietet sich bei ausreichenden Platzverhältnissen auch die Anlage von Versickerungsgräben oder Flächenversickerungen an. Insbesondere die Flächenversickerung (Waldversickerung, Rasenversickerung) entspricht, neben der Ableitung in die Vorflut, den natürlichen Verhältnissen am besten. Eine langfristige nachsorgearme und kostengünstige Versickerung kann damit gewährleistet werden.

Die Ausbildung einer Vegetationsdecke bzw. sogar die gezielte Bepflanzung ist dabei zu befürworten. Zusätzlich verfügt der Durchwurzelungsbereich über ein sehr gutes Schadstoffadsorptionsvermögen. Das DWA Arbeitsblatt 138 sowie das DWA Merkblatt 153 [17] geben diesbezüglich entsprechende Hinweise. Insbesondere ist zu beachten, dass zwischen Bau und Beaufschlagung mit dem Oberflächenwasser ein ausreichender Vorlauf zur Ausbildung der Vegetationsdecke eingeplant wird. Durch Pflanzenausfall oder Tierfraß verursachte Schäden an der Vegetationsdecke sind umgehend wieder zu beseitigen.



Abbildung 10: Deponie Spremberg-Cantdorf: Aus Naturstein gemauerte Absetzanlage

Beeinträchtigungen der Versickerungsleistung durch Sedimentationseinträge können mittels vorgeschalteter Absetzanlage (Absetzbecken oder Absetzschächte) minimiert werden.

Bei durchzuführenden Pflegearbeiten oder angrenzenden Bauarbeiten an den Versickerungseinrichtungen sind Bodenverdichtungen durch die eingesetzten Maschinen und Geräte unbedingt zu verhindern.

Bei Beachtung der vorgenannten Hinweise kann durch den naturnahen Ausbau die geforderte, mindestens 100-jährige Funktionserfüllung erreicht werden.

Die höheren Kosten bei der Errichtung und der zusätzlich benötigte Platzbedarf naturnah ausgebaute Elemente werden durch die lange Haltbarkeit und die geringen Nachsorgeaufwendungen mehr als ausgeglichen.

7 Vorschlag für eine setzungsunempfindliche und nachsorgearme Ableitung der Oberflächenwässer am Beispiel der Deponie Spremberg-Cantdorf

Die Sicherung und Rekultivierung der Deponie Spremberg-Cantdorf erfolgte von 2011 bis 2013. Als Dichtungssystem fungiert eine Kunststoffdichtungsbahn in Verbindung mit einer mineralischen Oberflächenentwässerung und eine im Mittel 1,65 m mächtige Wasserhaushaltsschicht.



Abbildung 11: Deponie Spremberg-Cantdorf: Luftbildaufnahme (Quelle: GIS System Landkreis Spree-Neiße)

Zur Vermeidung der unter Punkt 6.2. beschriebenen bautechnischen Nachteile einer Ableitung der Oberflächenwässer über Betonbermenmulden, Beton-Kaskaden und Durchlässe wurde eine an natürliche Verhältnisse angelehnte Entwässerungslösung ausgewählt. Kernpunkt ist der Verzicht einer Beton-Kaskade sowie der Durchlässe und eine direkte Ableitung des von der Berme sowie dem Plateau anfallenden Oberflächenwassers in die Entwässerungsschicht. Dazu wird das Oberflächenwasser über eine an den Bermen verlaufende Versickerungspackung direkt in die mineralische Entwässerungsschicht (Schotter 16/32, kf-Wert $3,1 \times 10^{-0}$ m/s) eingeleitet. Die 1,5 m hohe Versickerungspackung wurde ebenfalls aus dem gleichen Material wie die mineralische Entwässerungsschicht aufgebaut.



Abbildung 12: Deponie Spremberg-Cantdorf: Einbau der Versickerungsrigole auf dem Deponiekörper

Der Fuß der Versickerungspackung ist auf Grund des natürlichen Schüttwinkels ca. 3 m

und der Kopf ca. 1,5 m breit. Dieser wurde zusätzlich mit einem Grabenprofil versehen.



Abbildung 13: Deponie Spremberg-Cantdorf: Herstellung der Versickerungsrigole auf dem Deponiekörper

Bei der bautechnischen Umsetzung gab es keine Probleme. Zu beachten war nur die saubere Auflage der Entwässerungspackung auf der Dränschicht und die Abgrenzung bzw. Zwischenabdeckung zur Wasserhaushaltsschicht und zum Betriebsweg mittels geotextilem Filter.

Das setzungs- und witterungsunempfindliche System funktioniert seit Beginn ohne Probleme. Starkregenereignisse, Schnee oder Frost führen zu keiner Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit. Ein Einwachsen von Pflanzen in die Versickerungspackung ist durch das Fehlen von Wasser und Nährstoffen nicht möglich.

Durch den zusätzlichen Eintrag der Oberflächenwässer in die Dränschicht kommt es im Ergebnis der durchgeführten Wasserhaushaltsberechnung nur zu einem maximalen Aufstau von 2 cm in der Dränschicht. Ob das System auch bei Verwendung einer Dränmatte ohne zusätzliche zweite Dränauflage funktionsfähig ist, wurde nicht berechnet.

Soll bei einer solchen Variante die Entwässerungsschicht auch die Funktion der Gasverteilungsschicht übernehmen, erweist sich dieses System als problematisch, obwohl die gemäß BQS 7-3 geforderten ausreichenden Reserven für die Gasverteilung, insbesondere bei Verwendung von 16/32 Grobschotter, vorhanden sind. Die Versickerungsrigole stellt einen kritischen Bereich für mögliche Methangasaustritte aus der Gasverteilungsschicht dar. Auf der Deponie Spremberg musste daher auf eine flächige Methanoxydation verzichtet werden. Eine ordnungsgemäße Ableitung der Restgase wird hier über separate Gasfenster mit einer gesonderten Gasverteilungsschicht sicher gewährleistet.



Abbildung 14: Deponie Spremberg-Cantdorf: Herstellung des Oberflächenwasserableitgraben

Die mittels 1,5 mm Kunststoffdichtungsbahn gedichteten Randgräben wurden ebenfalls naturnah aus gebrochenem Schotter der Körnung 32/45 aufgebaut und zusätzlich bis zur Ausbildung der stabilen Vegetationsdecke mittel Filtervlies zwischengesichert. Die Nachsorgearmut zeigt sich auch daran, dass trotz der intensiven Begrünung der Wasserhaushaltsschicht Pflegemaßnahmen an den Entwässerungsgräben zur Vegetations- oder Sediment Beräumung auch nach vier Jahren noch nicht absehbar sind.

Die Versickerungsbecken, davon eines ausgeführt mit vorgeschaltetem Regenwasser-sam-

melbecken, verfügen bezüglich der Einläufe, Sedimentabsetzung und Überläufe ebenfalls über einen langlebigen naturnahen Ausbau mit Wasserbausteinen.

Die Bepflanzung der Böschungen des Versickerungsbeckens dient einerseits dem Erosionsschutz sowie der Verringerung der Nachsorgeaufwendungen. Gleichzeitig erfolgt durch das hohe Adsorptionsvermögen der Mutterboden- und Wurzelschicht eine zusätzliche Reinigung des Oberflächenwassers und die Versickerungsfähigkeit wird langfristig durch das Wurzelsystem der Bäume, Sträucher und Gräser erhalten.



Abbildung 15: Deponie Spremberg-Cantdorf: Bepflanzung des Versickerungsbeckens

Das auf der Deponie Spremberg gewählte System verringerte durch den Entfall der Kaskade, der Durchlässe und der Betonelemente sowie der kurzen Bauzeit die Herstellungskosten um ca. 25 %. Nachsorgekosten vielen bisher nicht an und sind künftig auch noch nicht zu erwarten. Eine bei Verwendung von Betonbauprodukten notwendige Erneuerung ist nach einer Nutzungszeit von ca. 40 Jahren nicht erforderlich.

Literaturverzeichnis

- [1] *Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27. April 2009, zuletzt geändert am 4. März 2016*
- [2] *GDA E 2-20 Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. DGGT, Mai 2015*
- [3] *GDA E 2-4 Oberflächenabdichtungssysteme, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. DGGT, Juli 2010*
- [4] *Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-2 „Wasserhaushaltsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ vom 02.12.2015*
- [5] *DWA-A 118 - Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen - März 2006 inkl. Korrekturblatt von September 2011*
- [6] *Wasserhaushaltsberechnung für die Deponie Guben-Wilschwitzer Weg- G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft MbH Freiberg-2015*
- [7] *Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 6-1 „Mineralische Entwässerungsschichten aus natürlichen Baustoffen in Oberflächenabdichtungssystemen“ LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ vom 07.06.2011*
- [8] *GDA E 3-12 „Eignungsprüfung mineralischer Entwässerungsschichten“ Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. DGGT, April 2011*
- [9] *Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-3 Methanoxidationsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen, LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ vom 20.10.2011*
- [10] *Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 6-2 Mineralische Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen aus nicht natürlichen Baustoffen, LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ vom 04.12.2014*
- [11] *DWA-A 138 - Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser - April 2005 inkl. Korrekturen von März 2006*
- [12] *GDA E 4-02 „Herstellung von mineralischen Entwässerungs- und Schutzschichten“ Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. DGGT, April 2011*
- [13] *Richtlinie für die Anforderungen an Fachbetriebe für den Einbau von Kunststoffdichtungsbahnen, weiteren Geokunststoffen und Kunststoffbauteilen in Deponieabdichtungssystemen, BAM-Arbeitsgruppe „Kunststoffe in der Geo- und Umwelttechnik“, April 2011*
- [14] *Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 9-1 „Qualitätsmanagement Fremdprüfung beim Einbau mineralischer Baustoffe in Deponieabdichtungssystemen“ LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ vom 02.12.2015*

- [15] *GDA E 5-6 Qualitäts-Überwachung bei mineralischen Entwässerungsschichten Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. DGGT, April 2011*
- [16] *BAM-Richtlinie für die Zulassung von Kunststoff-Dränelementen für Deponieoberflächenabdichtungen, Februar 2015*
- [17] *DWA-M 153-7, Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, korrigierter Stand August 2012*

