



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

**Využití stavebních materiálů pro
stavbu skládek**

**Verwendung von Baustoffen im
Deponiebau**

Průkazní zkoušky přírodních, minerálních stavebních materiálů – Požadavky a jejich praktické prosazování v Německu

Eignungsnachweise nach BQS für natürliche mineralische Baustoffe – Anforderungen und praktische Umsetzung

Thomas Egloffstein¹, Ulrich Sehrbrock²

Abstrakt

Do doby vstupu nového Nařízení o skládkách a trvalých úložištích 2009 v platnost, byly v Německu zkoušky vhodnosti minerálních izolačních hmot jasně upraveny. Na třech vzorcích bylo nutno zpracovat přesně předepsané zkoušky. Bylo nutno dodržet určité požadavky (například obsah jílu, jílových minerálů, vápna, organických součástí atd.). Poté, co skončila platnost starých správních předpisů a po vstupu nového Nařízení o skládkách a trvalých úložištích v platnost, nastalo v oblasti požadavků na minerální stavební hmoty vakuum, které bylo v roce 2010 opět zaplněno spolkovými standardy kvality (Bundeseinheitliche Qualitätsstandards, BQS), které byly zpracovány speciální pracovní skupinou pro techniku skládkování "Deponietechnik" pracovní skupiny spolkových zemí LAGA (LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“).

Tento příspěvek pojednává především o minerálních izolačních komponentách z přírodních stavebních hmot (jíly, silty, hlíny) a o hydrologických a rekultivačních vrstvách (především silty a hlíny). Tento příspěvek vychází z realizace průkazní zkoušky jílu, pocházejícího z konkrétního hliniště, který by měl být vhodný jako pro minerální izolaci základové spáry, tak i jako izolace povrchu a geologická bariéra. Základem pro tyto zkoušky jsou kromě Nařízení o skládkách a trvalých úložištích i spolkové standardy kvality BQS 1-0 (geologická bariéra), 2-0 a 5-0 (min. izolace základové spáry a izolace povrchu, zásadní požadavky) a 2-1 a 5-1 pro min. izolace základové spáry a povrchu z přírodních stavebních hmot. Jelikož předmětný jíl měl být vhodný pro použití ve všech třech oblastech, bylo nutno splnit vždy nejpřísnější kritérium při zčásti odlišných požadavcích na izolaci základové spáry a povrchu.

Příspěvek pojednává o požadavcích, formulovaných ve spolkových standardech kvality a z nich (vlastně) vyplývajících technických zkoušek a jejich obtížnosti.

Druhá část tohoto příspěvku pojednává o hydrologických vrstvách, odpovídajících spolkových standardech kvality 7-2 (rovněž 7-1 rekultivační vrstvy) na příkladu realizované hydrologické vrstvy a obsahuje porovnání požadavků, vyplývajících z Nařízení o skládkách a trvalých úložištích, předem provedených výpočtů modelu HELP a výsledků několik let provozovaného testovacího pole. Podle Nařízení o skládkách a trvalých úložištích smí "pětiletá střední hodnota infiltrace činit nejvýše 10 procent dlouhodobé střední hodnoty srážek (zpravidla 30 let), nejvýše však 60 mm ročně, nejpozději pět let po dokončení".

Pro hydrologickou vrstvu byl nejprve vytvořen model očekávané míry infiltrace. Po čtyřech letech provozu testovacího pole se však ukazuje, že požadavky Nařízení o skládkách a trvalých úložištích "pětiletá střední hodnota infiltrace činit nejvýše 10 procent dlouhodobé střední hodnoty srážek (zpravidla 30 let), nejvýše však 60 mm ročně, nejpozději pět let po dokončení" však zřejmě nebude možno dodržet. Jak bylo možno očekávat, během letního pololetí se průsak téměř nevyskytuje, zato během zimního pololetí byl vyšší, nežli očekáváno. V tomto případě model nefungoval. Podobná zjištění byla v odborných kruzích neoficiálně diskutována.

¹ICP Ingenieurgesellschaft mbH, Eisenbahnstr. 36, D-76229 Karlsruhe; egloffstein@icp-ing.de

²ICP Braunschweig GmbH, Berliner Str. 52, D-38104 Braunschweig; sehrbrock@icp-ing.de

Kurzfassung

Eignungsprüfungen für mineralisches Dichtungsmaterial waren bis zum Inkrafttreten der neuen Deponieverordnung (Deponievereinfachungsverordnung 2009, Artikel 1 Deponieverordnung (DepV)) in den Anhängen E der Technischen Anleitungen Abfall (TA Abfall 1991) und TA Siedlungsabfall (TA-Si 1993) klar geregelt. An drei Proben mussten genau vorgegebene Untersuchungen durchgeführt und bestimmte Anforderungen (z.B. Tongehalt, Tonminerale, Kalkgehalt, organische Bestandteile etc.) eingehalten werden. Mit dem Außerkrafttreten der beiden Verwaltungsvorschriften und Inkrafttreten der Deponievereinfachungsverordnung tat sich im Bereich Anforderungen an mineralische Baustoffe ein Vakuum auf, das ab 2010 durch die Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards (BQS) der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ wieder gefüllt wurde. In diesen Beitrag soll es vornehmlich um die mineralische Abdichtungskomponente aus natürlichen Baustoffen (Tone, Schluffe, Lehme) und um Wasserhaushalts- und Rekultivierungsschichten (i. W. Schluffe und Lehme) gehen. Ein Hintergrund dieses Beitrages ist die Durchführung einer Eignungsprüfung eines Tones einer Tongrube, der sowohl für die mineralische Basisabdichtung als auch Oberflächenabdichtung und zur Verbesserung der geologischen Barriere geeignet sein sollte. Grundlage der Eignungsuntersuchung bilden neben der DepV die BQS 1-0 (geol. Barriere), 2-0 und 5-0 (min. Basis- und Oberflächenabdichtungen, grundsätzliche Anforderungen) sowie 2-1 und 5-1 für min. Basis- und Oberflächenabdichtungen aus natürlichen Baustoffen. Da der Ton der Tongrube für alle drei Bereiche geeignet sein sollte, musste das jeweils schärfste Kriterium bei z.T. abweichenden Anforderungen an Basis- und Oberflächenabdichtungen erfüllt werden. Grundsätzlich kann ausgesagt werden, dass die vorgegebenen Untersuchungen zu den grundsätzlichen Materialanforderungen zum früheren Anhang E der TA-A/TA-Si weitgehend identisch sind. Einige Anforderungen sollten überdacht werden (z.B. die Anforderung an organische Bestandteile $\text{TOC} \leq 1 \text{ M.-%}$). Für andere Untersuchungen sollten Anforderungen definiert werden (z.B. BQS 5-1 Verformbarkeit des Dichtungselementes im Hinblick auf die Dichtigkeitseigenschaften auch unter Berücksichtigung veränderlicher Wassergehalte bzw. Dichtigkeit des verformten Dichtungselements bei ein- und zweiachialer Verformung). Hier werden versuchstechnische Nachweise verlangt, aber nur allgemeine Anforderungen definiert (der natürliche mineralische Baustoff muss im eingebauten Zustand den zu erwartenden Verformungen plastisch folgen können). Dies übersteigt i.d.R. den Rahmen einer Eignungsuntersuchung für Dichtungsmaterialien, da hier noch weitere Kenntnisse über den Deponiekörper vorliegen müssen, die dem geotechnischen Büro, das die Eignungsuntersuchungen durchführt, in der Regel nicht zur Verfügung stehen. Relativ schwierig wird die Eignungsuntersuchung mit dem Kapitel "Beständigkeit". So wird z.B. in dem BQS 2-1 zur Beständigkeit gegenüber infiltriertem Niederschlagswasser und Sickerwasser der Einfluss des Sickerwassers beioxidierenden und reduzierenden Bedingungen und pH-Werten zwischen 4 und 13, einer elektrischen Leitfähigkeit bis $30.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ und einem DOC bis 1.000 mg/l (Plausibilitätsbetrachtung) genannt. Als Nachweisgrundlagen werden zeitraffende Reaktorsimulationen oder mineralogische Analogien bzw. k-Wert-Bestimmungen mit pH-stabilisiertem Wasser angeführt. Zur Beständigkeit gegenüber Wassergehaltsänderungen gemäß BQS 2-1 / 5-1 sind Austrocknungs- und Rissgefährdung projektbezogen nachzuweisen. Neben der Beständigkeit gegenüber Temperaturen und Temperaturschwankungen sind für die Beurteilung der Auswirkungen von Wassergehaltsänderungen auf die Verformungseigenschaften und die Dichtigkeit im Rahmen der Eignungsprüfung folgende Nachweise zu erbringen:

- Wassergehalts-/Wasserspannungscharakteristik unter Berücksichtigung von ggf. auftretenden Synärese Effekten
- Einfluss veränderlicher Wasserspannungs-/Wassergehalte auf die Verformungseigenschaften und auf die Dichtigkeit
- Einfluss von zyklischen Wassergehaltsänderungen auf das Schrumpf und Quellverhalten

und auf die Dichtigkeit

Diese vorgenannten Untersuchungen übersteigen in der Regel die ausstattungsbedingten Fähigkeiten vieler Geotechnikbüros, die traditionell Fremdprüfungen durchführen. Auch die seit 01.05.2015 geforderte Akkreditierung als Prüflabor einer fremdprüfenden Stelle bildet diese Versuchsanforderungen nicht ab. In der Praxis beobachten wir, dass bei Eignungsuntersuchungen, die gemäß BQS 9-1 durch die Eigenprüfung des AN ausgeführt werden, diese Beständigkeitsuntersuchungen überwiegend nicht thematisiert werden, sondern lediglich der Teil 5 „Eignungsuntersuchungen“ von BQS 2-1 / 5-1 durchgeführt wird. Fordert man als Fremdprüfung Nachweise zu den o.g. genannten Punkten, i. W. Dichtigkeit und Verformbarkeit, Beständigkeit, so wird i.d.R. ein mehr oder weniger ausführlicher gutachterlicher Nachweis geliefert. Dieser wird nach unserer Erfahrung von der zuständigen Behörde akzeptiert. Als fremdprüfende Stelle den Bauablauf massiv zu stören, in dem umfangreiche und zeitaufwendige Untersuchungen nachgefordert werden, sehen wir uns ohne die notwendige Unterstützung durch die zuständige Behörde nicht berufen. Dies ist möglicherweise durch die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ auch nicht gewünscht. In dem relativ neuen BQS 2-1, veröffentlicht am 20.03.2015, steht geschrieben:

„Ist die Einhaltung von Anforderungen dieses BQS für bestimmte Materialeigenschaften aufgrund langjähriger Erfahrungen und Untersuchungen aus vergleichbarer Anwendung nachgewiesen, z.B. bei natürlichen Böden oder Gesteinsmaterialien, kann der Eignungsnachweis anhand einer fachgutachterlichen Beurteilung geführt werden“. Ist das die Öffnungsklausel, die sehr umfangreichen Beständigkeitsanforderungen in den BQS allesamt gutachterlich abzuhandeln? Wenn ja, dann sollten viele Formulierungen in den BQS überdacht werden, weil sie so zu interpretieren sind, dass hier versuchstechnische Nachweise gefordert sind.

In dem Beitrag wird auf die formulierten Anforderungen der sich (eigentlich) daraus ergebenden versuchstechnischen Nachweise sowie deren Schwierigkeiten eingegangen.

Der zweite Teil dieses Beitrages handelt sich inhaltlich um Wasserhaushaltsschichten, den entsprechenden BQS 7-2 (auch 7-1 Rekultivierungsschichten) am Beispiel einer ausgeführten Wasserhaushaltsschicht und den Vergleich der Anforderungen der DepV, den zuvor durchgeführten HELP-Berechnungen und den Ergebnissen eines inzwischen vier Jahre lang betriebenen Testfeldes. Gemäß DepV darf im fünfjährigen Mittel die Durchsickerung höchstens 10 Prozent vom langjährigen Mittel des Niederschlags (in der Regel 30 Jahre), höchstens 60 mm pro Jahr, spätestens fünf Jahre nach Herstellung betragen“.

Zunächst jedoch zur baupraktischen Umsetzung und Überwachung der Wasserhaushaltsschicht. Die nutzbare Feldkapazität (nFk) ist einer der bzw. der wesentlichste Parameter im Anforderungskatalog zur Wasserhaushaltsschicht. Anfangsschwierigkeiten bereiteten den bodenkundlich nicht vorgebildeten fachlich Beteiligten die Tatsache, dass die nutzbare Feldkapazität keine reine Materialeigenschaft ist, sondern auch von der Verdichtung (Dichte) abhängig ist. Dass der volumetrische, nicht der in der Geotechnik verwendete gravimetrische Wasserhalt verwendet wird. Dass nur der Feinboden < 2 mm verwendet wird, d.h. bei Böden mit nennenswerten Kornanteilen > 2 mm eine Grobkornkorrektur durchgeführt werden muss.

Bei sehr locker eingebauten Böden sind ungestörte Probenahmen mit dem Ausstechzylinder zur Probengewinnung für den Sandsaugtisch nicht sehr sinnvoll, weil das Material spätestens beim Transport in Ausstechzylinder zusammenfällt. Beim Transport mit Paketdienst (nicht jeder Fremdprüfer hat die Ausrüstung zur Bestimmung der nFk) ist dies noch ausgeprägter.

Bei sehr lockerem Einbau ist es deshalb häufig erforderlich, dass die Proben im Labor mit entsprechender Dichte „nachgebaut“ werden müssen.

Aufgrund von Ringversuchsergebnissen zur Genauigkeit der Ergebnisse zum permanenten Welkepunkt (PWP) im Drucktopf bei 15 bar, ist es gemäß BQS 7-1 vom 04.02.2015 zwischenzeitlich zulässig, diesen Wert aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 5) zu entnehmen. Ein Vergleich von experimenteller Bestimmung FK und PWP (Sandsaugtisch und Drucktopf nach DIN ISO 11274) mit der „Hybridlösung“ (FK versuchstechnisch mit Sandsaugtisch und

PWP aus KA5) sowie FK + PWP nur aus der KA 5 zeigten, dass die „Hybridlösung“, FK Sandsaugtisch + PWP aus der KA 5, gut funktioniert. Beide Werte (FK und PWP) aus der KA 5 zu entnehmen, ergibt nicht die erforderliche Bandbreite und ist nach BQS 7-1 / 7-2 auch nicht zulässig.

Für die Wasserhaushaltschicht war zuvor eine HELP-Modellierung zu den erwarteten Durchsickerungsraten durchgeführt worden. Nach vier Jahren Betrieb des Testfeldes zeichnet sich jedoch ab, dass die Anforderung der DepV „im fünfjährigen Mittel darf die Durchsickerung höchstens 10 Prozent vom langjährigen Mittel des Niederschlags, höchstens 60 mm pro Jahr, spätestens fünf Jahre nach Herstellung betragen“, voraussichtlich nicht eingehalten werden kann. Wie zu erwarten stand, gibt es im Sommerhalbjahr kaum Durchsickerung, im Winterhalbjahr ist sie jedoch höher als erwartet. Im vorliegenden Fall funktionierte die HELP-Modellierung nicht. In Fachkreisen werden ähnliche Beobachtungen an anderer Stelle unter vorgehaltener Hand diskutiert. Mehr dazu im Vortrag.

