



**Deponieseminar 2017 –
Aktuelles zu Recht und Vollzug**

abfall



Deponieseminar 2017 – Aktuelles zu Recht und Vollzug

Fachtagung am 27. September 2017

UmweltSpezial

Impressum

Deponieseminar 2017 – Aktuelles zu Recht und Vollzug
Fachtagung des LfU am 27.09.2017

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
Fax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: <https://www.lfu.bayern.de/>

Redaktion:

LfU Referat 12

Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt / Autoren

Stand:

September 2017

Der Tagungsband steht als PDF-Datei zum kostenfreien Download zur Verfügung: www.bestellen.bayern.de (Kategorie Umwelt und Verbraucherschutz).

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Deponien in Bayern – Aktuelles aus dem LfU	5
Andreas Schweizer, LfU	
Entwurf LfU-Merkblatt: Beprobung von Boden und Bauschutt	13
Ralf Beck, LfU	
Bewertung und Einsatz von Deponieersatzbaustoffen in Basisabdichtungssystemen aus Sicht der Fremdprüfung	25
Carsten Lesny, Limes GmbH	
Deponiebaupraxis im Spannungsfeld von Bautechnik, Vorschriften und Wirtschaftlichkeit am Beispiel der Reststoffdeponie Nürnberg Süd	40
Jürgen Müller, Max Bögl Stiftung & Co. KG	
Musterimmissionsprognose (Asbest) für DK I-Deponien	51
Walter Grotz, Müller-BBM GmbH	
Fassung, Behandlung und Verwertung von Deponiegas in der Schwachgasphase als Beitrag zum Klimaschutz	65
Dr.-Ing. Roland Haubrichs, LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH	
Netzwerk bayerischer Deponiebetreiber – Stand und Perspektiven	81
Laura Jantz, iDetec Kompetenzzentrum für innovative Deponietechnik	
Tagungsleitung / Begrüßung / Referenten	85

Deponien in Bayern – Aktuelles aus dem LfU

Andreas Schweizer, LfU

Rechtliches

Es werden Hinweise zu rechtlichen Aktualisierungen des

- Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 9 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist
- Deponieverordnung (DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die durch Artikel 2 Absatz 23 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist
- Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV) vom 18. April 2017 (BGBl. I S. 896), die mit Artikel 2 Absatz 3 des Gesetzes vom 5. Juli 2017 (BGBl. I S. 2234) geändert worden ist
- Industriekläranlagen-Zulassungs- und Überwachungsverordnung - IZÜV) vom 2. Mai 2013 (BGBl. I S. 973, 1011), die zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2771) geändert worden ist

für den Deponie-Bereich gegeben.

Deponiesituation in Bayern Stand Ende 2016

Die Abfallbilanz 2016 wird aktuell erstellt.

Nach unseren Daten aus den Jahresberichten und den vorläufigen Angaben der entsorgungspflichtigen Gebietskörperschaften fand eine Ablagerung von vorbehandelten Abfällen oder Abfällen, die gemäß DepV die jeweiligen Zuordnungskriterien einhalten, im Bilanzjahr 2016 auf 33 öffentlich zugänglichen Deponien der Klasse I und II statt. An weiteren zehn Standorten fand im Jahr 2016 keine Ablagerung statt.

Regierungsbezirk	gesamt in t	davon Reste aus der Vorbehandlung in t
Oberbayern	44.707	26.947
Niederbayern	43.988	0
Oberpfalz	23.131	0
Oberfranken	57.228	107
Mittelfranken	62.103	48.534
Unterfranken	318.348	120.159
Schwaben	51.236	1.173
Summe	600.741	196.920

Tab. 1:
2016 Ablagerungsmengen DK I und II

Regierungsbezirk	gesamt in t	davon Reste aus der Vorbehandlung in t
Summe 2016	600.741	196.920
Summe 2015	435.061	67.778
Summe 2014	394.004	110.162
Summe 2013	552.525	67.577
Summe 2012	432.615	77.282
Summe 2011	470.263	140.140
Summe 2010	409.314	127.181

Tab. 2:
Mengenentwicklung der letzten Jahre

Im Rahmen von Baumaßnahmen auf Deponien der Klasse I und II wurden an den Deponiestandorten in Bayern Abfälle zur Verwertung angenommen. Die verwertete Menge belief sich im Bilanzjahr 2016 auf 515.240 t.

Verwertete Mengen in t	
2016	515.240
2015	540.756
2014	397.014
2013	375.439
2012	452.191
2011	538.698
2010	467.749
2009	595.861

Tab.3:
Für Bayern zeigt sich folgende Entwicklung.

Nach den vorläufigen Angaben der entsorgungspflichtigen Gebietskörperschaften wurden in 2016 über 1,2 Mio. t Inertabfälle auf DK 0-Deponien abgelagert. Weiter wurde für DK 0 ein Restvolumen von rund 23 Mio. t gemeldet.

Situation bei Deponien der Klasse (DK) III - Sonderabfalldeponien

Hinsichtlich der öffentlich zugänglichen Sonderabfalldeponien (SAD) ergibt sich folgender Sachstand:

Nach mehr als 40 Jahren endete zum 01.02.2017 die Ablagerung von gefährlichen Abfällen auf der SAD Gallenbach (Regierungsbezirk Schwaben).

Insgesamt wurden ca. 2,3 Mio m³ DK III Abfälle abgelagert.

Mit 01.02.2017 hat der Staatsbetrieb Sonderabfalldeponien Bayern (Staatsbetrieb) zeitgleich den Deponiebetrieb an der SAD Raindorf wieder aufgenommen. Es stehen ca. 312.000 m³ DK III Deponievolumen zur Verfügung.

Ab diesem Zeitpunkt erfolgt die Deponierung von Sonderabfällen auf der Deponie Raindorf (Regierungsbezirk Mittelfranken). Ab Ende 2004 wurden dort keine Abfälle mehr abgelagert; bisher sind knapp 600.000 m³ verfüllt. Es stehen ca. 312.000 m³ DK-III Deponievolumen zur Verfügung. Damit bestehen derzeit ausreichende Ablagerungskapazitäten für DK-III Abfälle; die Entsorgungsautarkie und -sicherheit gemäß Abfallwirtschaftsplan Bayern ist mittelfristig gewährleistet. Die Sonderabfall-Entsorgung Bayern GmbH (gsb) führt die Deponiebewirtschaftung im Rahmen eines Geschäftsbesorgerungsvertrages im Auftrag des Staatsbetriebes durch.

Wichtig ist die konsequente Schonung von Deponievolumen (z. B. durch Verwertung von Abfällen in anderen Anlagen).

SKZ/TÜV-LGA Güterrichtlinie Rohre, Schächte und Bauteile in Deponien – Fortschreibung 2017

Hinsichtlich der Anforderungen an den Stand der Technik ist nach Anhang 1 Nr. 2.1.1 Satz 3 Ziffer 13 DepV bei einer Entwässerung an der Deponiebasis die DIN 19667 „Dränung von Deponien - Planung, Bauausführung und Betrieb“ zu berücksichtigen. Für Oberflächenabdichtungssysteme beinhaltet die Deponieverordnung (DepV) keine konkreten Anforderungen an Rohre, Rohrleitungsteile, Schächte und Bauteile. Es gelten aber mindestens die allgemeinen Anforderungen der Nummer 2.1.1 des Anhangs 1 der DepV.

Um den Forderungen der DepV Rechnung zu tragen, haben Hersteller, Bauausführende, Planer, Überwacher und Behördenvertreter in einer Arbeitsgruppe unter der Federführung vom Süddeutschen Kunststoffzentrum (SKZ), Würzburg, und dem TÜV Rheinland / Landesgewebeanstalt Nürnberg (TÜV/LGA) eine Güterrichtlinie „Rohre, Rohrleitungsteile, Schächte und Bauteile in Deponien“ in den Jahren 2009/2010 erarbeitet.

Gemäß Bundeseinheitlichem Qualitätsstandard (BQS) 8-1 „Rohre, Rohrleitungsteile, Schächte und Bauteile in Basis- und Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien“ der LAGA Ad-hoc-AG Deponietechnik vom 02.12.2015 (veröffentlicht am 18.04.2016) stellt die Güterrichtlinie den Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard dar. Neben der Güterrichtlinie wird im BQS 8-1 auch auf die Empfehlungen GDA E 2-14 zur „Basisentwässerung von Siedlungsabfalldeponien“ sowie die GDA E 2-20 „Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen“ des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ als Bezugsdokumente verwiesen.

Die erste Version der „SKZ/TÜV-LGA Güterrichtlinie Rohre, Schächte und Bauteile in Deponien“ – kurz Güterrichtlinie – wurde mit Stand Juni 2010 veröffentlicht. Die derzeit aktuelle 2. Auflage vom September 2013 wurde erneut überarbeitet und fortgeschrieben (Stand Juni 2017) und wird als 3. Auflage noch in 2017 erscheinen.

Die Güterrichtlinie ist als einheitlicher Qualitätsstandard sowohl für den Bauherrn als auch für den Auftragnehmer für die Herstellung von Deponiebauwerken, der Deponiesanierung und der Wartung heranzuziehen. Es werden Hinweise zu den Änderungen der 3. Auflage, die noch in 2017 veröffentlicht werden soll, gegeben.

Neben dem eigentlichen Textteil enthält die Güterrichtlinie Anhänge für den Anwender in Tabellenform Fragebögen, in denen Angaben zur statischen Berechnung von Rohren und Schächten, zur Ausführung von Sanierungen im Berstliningverfahren und zu erforderlichen Prüfungen an Materialien und Produkten enthalten sind. Die Prüftabellen zu den Produkt- und Materialprüfungen wurden für die Neuausgabe nochmals aufgrund weiterer Erkenntnisse und Erfahrungen aus der Praxis überarbeitet.

Der bisherige Anhang Standardqualitätssicherungsplan „Herstellen und Einbauen der Rohre, Rohrleitungsteile, Schächte und Bauteile aus PE“ des AKGWS wurde als Standard zur Qualitätsüberwachung (SQÜ) für das Herstellen und Einbauen der Rohre, Rohrleitungsteile, Schächte und Bauteile aus PE fortgeschrieben. Auch der Anhang, der die Anforderungen an ausführende Fachbetriebe des Rohrleitungs- und Schachtbaus beinhaltet, wurde überarbeitet.

Neben redaktionellen Änderungen und textlichen Anpassungen, sind inhaltliche Fortschreibungen enthalten.

U. a. wurden Änderungen zu folgenden Punkten vorgenommen:

- Aussage zur Beständigkeit von mehr als 100 Jahren für Dauertemperaturen bis 40°C.
- Bauteile in PE-EL können aus PE 80 – Materialien gefertigt werden, da diese in der Regel nicht Bestandteil der Abdichtungssysteme werden.
- Konkretisierung der Eignungsanforderungen im Einzelfall für „Sonstige Werk- und Kunststoffe“.
- Aussage zur Abweichung zur DIN 19667:2015-08 hinsichtlich der Entfernung von Außenwülsten.
- Anforderungen für die Herstellung von Kunststoffplatten und -formteilen.
- Ausführungen zur Dicke der Schweißnaht (a-Maß) für Verbindungen von Schachtwänden mit Platten.
- Neue Darstellung zur Ausführung der Fugenverbindung bei Betonschutzplatten.
- Konkretisierungen zur Notwendigkeit statischer Nachweise.
- Zwei Ausführungsbeispiele „Rohraufleger“ für die Leitungszone bei der Rohrverlegung gemäß der DIN 19667 für Vollrohre und für profilierte Rohre.
- Aktualisierung des QM hinsichtlich des BQS 9-1 und des Standards zur Qualitätsüberwachung.
- Produkt- und Materialprüfungen im Anhang 4 wurden überarbeitet.

Neue Deponie-Infos

Sämtliche Deponie-Infos sind auf der Homepage des LfU (Abfall) eingestellt.

Deponie-Info 9 – Zwischenlagerung brennbarer Siedlungsabfälle

Im Rahmen des Betriebs von Abfallverbrennungsanlagen (MVA) kann es aus verschiedenen Gründen notwendig werden, Abfälle zwischenzulagern. Mit der Deponie-Info 9 wird der in Bayern einzuhalten- de Stand der Technik innerhalb und außerhalb gedichteter Deponieflächen beschrieben. Dies soll zu einem hohen Umweltstandard und einheitlichen Vollzug führen.

Als letzter Puffer dient der Müllbunker, dessen Kapazität begrenzt ist. Weiterhin können Abfälle über den Ausfallverbund der bayerischen Müllverbrennungsanlagen in beschränktem Umfang umgeleitet werden.

Definitionen

Notfallzwischenlager:

Kurzfristig, wegen nicht vorhersehbarer Ereignisse (Hochwasser, Brand, Betriebsstörung, Streik).

Nicht planbar.

Logistisches, strategisches Zwischenlager:

Ausgleichen von Schwankungen der Abfallmenge / verfügbaren Anlagenkapazität.

Optimierung der energetischen Ausbeute.

Bewirtschaftung ist planbar.

Es werden Praxisbeispiele beschrieben und die rechtlichen Grundlagen ausgeführt.

Weiter werden Lagerungsarten verglichen und eine Wertung vorgenommen. Schließlich werden materielle Anforderungen aufgeführt und Auflagenvorschläge für die Genehmigungsbehörden unterbreitet.

Im Ergebnis ist in vielen Fällen die Ballierung das geeignetste Verfahren zur Zwischenlagerung.

Deponie-Info 10 – Deponien der Klasse 0 – Inertabfalldeponien

Mit dem Merkblatt Deponie-Info 10 „Deponien der Klasse 0 - Inertabfalldeponien“ werden Hinweise für eine einheitliche Umsetzung der Deponieverordnung (DepV) in Bayern gegeben.

Ziel ist es, den Vollzug der Deponieverordnung für Deponien der Klasse 0, bei Wasserwirtschaftsämtern und Kreisverwaltungsbehörden zu erleichtern und zu vereinheitlichen. Den Planungsbüros sollen fachliche Hinweise gegeben werden.

Der Aufbau des Deponie-Info 10 orientiert sich an der Gliederung der Deponieverordnung.

Die einzelnen Gliederungspunkte, zu denen verstärkt Anfragen gestellt worden sind, sind mit Erklärungen und Ergänzungen versehen, um zum besseren Verständnis beizutragen.

Die Anlagen wurden in überarbeiteter Fassung aus dem Merkblatt 3.6/3 übernommen.

Anlage 1: Anforderungen an den Standort

Es werden vor allem die geologischen und hydrogeologischen Eckpunkte aufgezeigt, in dem die Anforderungen an den Standort und die Ausschlusskriterien definiert werden. Neben der Beschreibung der einzelnen Systemkomponenten und Ausführungen zum Qualitätsmanagement wird auf die entsprechenden Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards Bezug genommen.

Anlage 2: Standortkriterien – Naturschutzfachliche Belange

Bei der Beurteilung des Standortes aus naturschutzfachlicher Sicht werden sowohl die relevanten Anforderungen und einzelne Ausschlusskriterien benannt.

Anlage 3: Richtwerte Eluat und Gesamtstoffgehalt

Für chemische Parameter, die in der DepV nicht enthalten sind, werden Richtwerte im Feststoff und im Eluat vorgegeben, um eine Einstufung des Abfalls, hinsichtlich Ablagerung auf einer DK 0 Deponie, vornehmen zu können.

Anlage 4: Vorsorgewerte Grundwasser – Basisparameter

Für die Bewertung der qualitativen Grundwasserüberwachungsergebnisse im Abstrom einer Deponie werden Differenzwerte zu Oberstrom oder Hintergrundwerte vorgegeben. Bei Einhaltung dieser Bereiche sind keine Einflüsse der Deponie auf das Grundwasser vorhanden.

Anlage 5: Vorsorgewerte Grundwasser – Leitparameter

Diese Werte sind zur Bewertung der Grundwasserüberwachungswerte im Abstrom anzuwenden, wenn keine Auslöseschwellenwerte festgelegt worden sind.

Hinweise für den Vollzug in der Praxis

Handlungsempfehlung Öl-Schadensfälle

Im Rahmen von Schadensfällen fallen häufig mineralische Abfälle an, die mit Öl oder Kohlenwasserstoffen kontaminiert sind (Beispiel: belasteter Bodenaushub nach Kfz-Unfall). Sofern eine Verwertung der Abfälle nicht möglich ist, muss eine Beseitigung auf Deponien erfolgen.

Die Handlungsempfehlung beschreibt die Entsorgungsmöglichkeiten für Abfälle aus Öl-Schadensfällen und ist auf der Homepage des LfU (Abfall) eingestellt.

Mineralfaserplatten

Zur Entsorgung von Mineralfaserplatten mit gefährlichen künstlichen Mineralfasern (KMF; AVV 17 06 03* - auch: KMF-Deckenplatten/-Verbundplatten, Akustikdämmplatten, Odenwaldplatten) sowie ohne gefährliche KMF (AVV 17 06 04) ist auf der Homepage des LfU (Abfall) ein Merkblatt eingestellt.

Wegen der hohen Organik Belastung sind diese Abfälle in aller Regel in erster Priorität über Untertagedeponien zu entsorgen, soweit nicht im Falle, dass es sich um nicht gefährliche Abfälle handelt, eine Verwertung durch den Hersteller in Frage kommt.

Wird im Einzelfall dennoch eine Beseitigung auf einer obertägigen Deponie angestrebt, reichen zur Abfallbeurteilung Ergebnisse zu den Schlüsselparametern Glühverlust/TOC, DOC, Fluorid, PCB, AT₄/GB₂₁ (abhängig von pH-Wert) und Brennwert aus, da hinsichtlich der Zusammensetzung i. A. Kenntnisse vorliegen. Bei Verdacht auf weitere herkunfts-/nutzungsbedingte Kontaminationen (z. B. MKW, PAK, Schwermetalle) sind auch diese als relevante Parametern mit zu untersuchen.

Merkblatt 3.4.1 „Umweltfachliche Beurteilung der Lagerung, Aufbereitung und Verwertung von Straßenaufbruch“

Das Merkblatt ist auf der Homepage des LfU eingestellt.

Obwohl ein umweltverträglicher Wiedereinbau von pechhaltigem Material unter engen Rahmenbedingungen prinzipiell möglich ist, soll aus Gründen der Vorsorge und im Sinne einer nachhaltigen Lösung künftig darauf verzichtet werden. Deshalb wollen ab 2018 der Bund und der Freistaat Bayern als Straßenbaulastträger in Bundes- und Staatsstraßen grundsätzlich kein pechhaltiges Material mehr einbauen (Straßenaufbruchmaterial mit PAK-Gehalten < 25 ppm). Um eine Verschiebung des belasteten Materials in den kommunalen und privaten Straßen- und Wegebau und somit eine unkontrollierte Verteilung PAK-haltigen Materials zu vermeiden, soll pechhaltiges Material möglichst vollständig aus dem Stoffkreislauf ausgeschleust und nicht wieder eingebaut werden. Die energetische Verwertung oder die thermische Behandlung zur Schadstoffzerstörung sollte deshalb grundsätzlich bevorzugt werden. Eine weitere Möglichkeit, die Schadstoffe aus dem Stoffkreislauf des Straßenbaus zu entfernen, ist die Verwertung oder Beseitigung auf Deponien.

Mit einer Verwertung von teerhaltigem Straßenaufbruch auf Deponien bestehen bislang gute Erfahrungen. Aus fachlicher Sicht ist künftig auch eine Beseitigung auf Deponien hinnehmbar, unter dem Aspekt, dass Schadstoffe aus dem Wirtschaftskreislauf ausgeschleust werden. Die Vorgaben der Abfallhierarchie sind zu beachten, eine Prüfung auf Verwertbarkeit solchen Materials muss einer Beseitigung auf einer Deponie stets vorausgehen.

Die Deponiebetreiber stellen i. R. eines fortzuschreibenden Verwertungskonzepts bzw. i. R. eines Antrages für ein anstehendes Bauvorhaben ihren jeweiligen Bedarf an teerhaltigem Straßenaufbruch für Verwertungsmaßnahmen auf der Deponie fest. Die Regierung und das LfU sind vom Deponiebetreiber einzubinden.

Immissionsprognose für eine Musterdeponie

Im Auftrag des LfU und mit Finanzierung durch das Bay. Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) hat die Firma Müller-BBM GmbH Ende 2016 eine Mustervorlage für eine Immissionsprognose an einer derzeit üblichen Deponie der Deponieklasse I (DK I) – für den Normalbetrieb, als auch Störungen des regulären Betriebs – konzipiert.

Neben den Grundlagen der Ermittlung von Emission und Immissionen aus Deponien, wurde ergänzend für eine konkrete Musterdeponie eine Muster-Immissionsprognose erstellt. Dabei wurde eine Staubemissions- und -immissionsprognose (ohne Staubinhaltsstoffe) nach TA Luft und VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13 durchgeführt und schwerpunktmäßig die Ermittlung und Abschätzung von Asbest - Faseremissionen bei Störungen des bestimmungsmäßigen Betriebs (Aufplatzen von BigBags) betrachtet.

Im Einzelnen wird auf den gesonderten Beitrag im Tagungsband verwiesen.

Der Abschlussbericht ist auf der Homepage des LfU eingestellt.

Überprüfung der Materialqualität von PE-Rohren und PE-Schächten nach mehrjähriger Nutzungsdauer und Anwendung auf Neubau und Bestand in bayerischen Deponien

Das LfU beauftragte die SKZ-Testing GmbH im September 2015 mit der Durchführung des Vorhabens. Das Projekt wurde durch das LfU fachlich begleitet. Die Finanzierung erfolgte durch das StMUV.

Rohre aus Polyethylen (PE) werden seit den 1980er Jahren in Deponien verbaut. Die Anforderungen hinsichtlich der Spannungsrissbeständigkeit und der Oxidationsstabilität des eingesetzten PE-Werkstoffs wurden jedoch erst seit der Jahrtausendwende normativ verankert.

In der Studie wurden Deponie-Sickerwasserrohre untersucht, die über einen Zeitraum von rund 20 Jahren im Einsatz waren. Um den derzeitigen Zustand zu bewerten und Restnutzungsdauern abzuschätzen, erfolgten umfangreiche Untersuchungen. Dabei wurden die Spannungsrissbeständigkeit und die thermo-oxidative Beständigkeit der ausgebauten Deponierohre sowie neuer Referenzrohre aktueller Qualität ermittelt.

Die Nutzungsdauer hängt von der Betriebstemperatur in der Deponie, der Bettung und der Geometrie der Rohre, der Last durch die Überhöhung sowie von der Deponieart ab.

Überprüft wurde auch, ob die Materialanforderungen, die in aktuellen Normen und Richtlinien festgelegt sind, bezüglich Spannungsrissbeständigkeit und Oxidationsstabilität eine Mindestnutzungsdauer von 100 Jahren gewährleisten. Dies ist nach der Deponieverordnung gefordert.

Die Untersuchungen ergaben, dass in den meisten Fällen auch ältere PE-Rohre, an die noch keine gesonderten Anforderungen hinsichtlich Spannungsrissbeständigkeit und Oxidationsstabilität gestellt wurden, eine Nutzungsdauer von 100 Jahren erreichen. Dies gilt für übliche Deponie-Betriebstemperaturen im Bereich von unter 40 °C.

Der Abschlussbericht ist auf der Homepage des LfU eingestellt.

Ausblick

Massenstromerhebung mineralischer Abfälle

Gemäß Übereinkunft in der 89. ATA-Sitzung sollen die Länder regelmäßig, die über Deponien entsorgten Mengen an mineralischen Abfällen kreisscharf nach Herkunft erheben. Betroffen sind ausschließlich DK I und II Deponien. Die Daten sind länderübergreifend auszutauschen.

Baden-Württemberg hatte diese Erhebung und den Datenaustausch angeregt.

Bayern unterstützt den Vorschlag. Mit einer entsprechenden Datenerhebung soll für das Jahr 2017 mit einem Probelauf begonnen werden.

Hinweis:

In der vorliegenden Deponiebedarfsprognose Bayern wurde vom Auftragnehmer nach durchgeführten Interviews abgeschätzt, dass aus Bayern vermutlich doppelt so viele Abfälle zur Deponierung in andere Bundesländer verbracht werden, wie in Bayern deponiert werden.

Fortschreibung Deponiebedarfsprognose

Die vorliegende „Bedarfsprognose Deponien der Klassen 0, I und II in Bayern“ von 2015 fußt auf dem Datenstand Ende 2013. Sie ist auf der Homepage des LfU verfügbar.

Nachdem damals lediglich ein Vorentwurf der Mantelverordnung (MantelV) berücksichtigt werden konnte, liegt diese mittlerweile als Kabinettsbeschluss vor. Zum Projektbeginn sollte geklärt sein, ob und in welcher Fassung die MantelV verabschiedet wird. Deshalb, und nach den Erfahrungen bei der ersten Datenerhebung sowie der aktualisierten Datenbasis, sollen die zukünftigen Auswirkungen bei einer Fortschreibung gezielter und präziser als 2015 prognostiziert werden.

In der Fortschreibung soll der Bedarf an Deponieraum für Deponien DK 0, I und II bis 2025, mit Ausblick bis 2030, festgestellt werden. Wie die Studie 2015 zeigte, wird die Schaffung von neuem Depo-nievolumen zur Sicherung der Entsorgungssicherheit im Sinne des Abfallwirtschaftsplans Bayern (AbfPV) regional und mittelfristig notwendig werden. Um den Bedarf im kommenden Jahrzehnt, abhängig von der Entwicklung und möglichen rechtlichen Änderungen, genauer und regional schärfer quantifizieren zu können, soll eine Fortschreibung der Studie durchgeführt werden. Mit Ergebnissen ist bis Ende nächsten Jahres zu rechnen.

Entwurf LfU-Merkblatt: Beprobung von Boden und Bauschutt

Ralf Beck, LfU

Entwurf:
LfU-Merkblatt: Beprobung von Boden und Bauschutt

Bayerisches Landesamt für
Umwelt 

Warum noch ein (novelliertes) Merkblatt?

- PN 98 und Deponie-Info 3 gelten für alle Abfälle, und hier insbesondere für kontaminierte Abfälle, bei denen räumlich relevante Inhomogenitäten möglich sind.
- Bei den Massenabfällen Böden und Bauschutt gibt es einige Besonderheiten, z. B. Menge, großteils geringe Belastung
- 2015/1016: Runder Tisch "Entsorgung von mineralischen Abfällen und Bodenaushub" (StMUV, Recycling-Verbände, LfU, OBB) ⇒ Auftrag an das LfU, ein Merkblatt zu erstellen.
- Die 1. Fassung vom April 2016 beschäftigte sich v.a. mit der Frage der – verhältnismäßigen – Beprobung von bereits bestehenden Haufwerken.
- Orientierung an Vorgaben PN 98 und Deponie-Info 3.
- Vereinbarung: Evaluierung über 1 Jahr.

© LfU / Referat 35 / Ralf Beck / 27.09.2017

Warum noch ein (novelliertes) Merkblatt?

- Im Rahmen der Evaluierung wurde deutlich, dass weitere Themen in das Merkblatt aufgenommen werden müssen, v.a.
 - In welchen Fällen ist keine Untersuchung von Böden und Bauschutt notwendig?
 - In welchen Fällen kann auch eine In-Situ-Beprobung für eine Deklaration ausreichend sein?
- Daneben werden Verbesserungswünsche der Recycling-Verbände und Antworten auf Fragen von Ingenieurbüros eingearbeitet.
- DIN 19698 Teil 2 zur „integralen Beprobung von Haufwerken“
⇒ Änderung des Stands der Technik.
- Veröffentlichung 2. Fassung: voraussichtlich bis Ende 2017

Vortragsinhalt

- Teil 1: Wann ist zu beproben?
- Teil 2: Wie ist zu beproben?
- Praxisbeispiel

Rot kursiv = Änderungen zur Entwurfs-Fassung
vom April 2016

Teil 1: In welchen Fällen sind keine analytischen Untersuchungen notwendig?

Boden (analog DIN 19731, LAGA M 20, KrWG)

- Schadstoffbelastungen $< Z 0$, innerhalb und außerhalb von Baumaßnahmen
- Böden mit erhöhten Hintergrundgehalten bei Verwertung an vergleichbaren Standorten und vergleichbarer Tiefenlage.

Anforderungen des Entsorgungsbetriebes zur Untersuchung bleiben unbenommen.

Teil 1: In welchen Fällen sind keine analytischen Untersuchungen notwendig?

Bauschutt

- Deponierung: evtl. Ausnahmen nach § 8 Absatz 2 DepV und § 8 Absatz 8 DepV, wenn
 - Abfall von nur einer Anfallstelle stammt,
 - keine Anhaltspunkte, dass Zuordnungskriterien DK 0 überschritten,
 - keine Anhaltspunkte für nicht geregelte Schadstoffe
 - Fremdstoffe $< 5 \%$
- Kommunale Sammelstellen: keine Untersuchung, wenn Bestätigung durch gC, dass nur sortenreiner Bauschutt
- Mischhaufwerke aus verschiedenen Baumaßnahmen sind in der Regel zu untersuchen.

Teil 1: In welchen Fällen sind keine analytischen Untersuchungen notwendig?

Bauschutt

*Weitere Entsorgungswege, zum Beispiel Gruben:
Beton, Fliesen, Ziegel, Keramik, sortenrein oder in
Gemischen: keine Deklarationsuntersuchung notwendig wenn*

- wie DepV (siehe vorhergehende Folie)*
- +**
- kontrollierter Rückbau (bei Bedarf in Verbindung mit Untersuchungen)*

Teil 2: Wie ist zu untersuchen?

Welche Fälle sind zu unterscheiden?

1. Boden

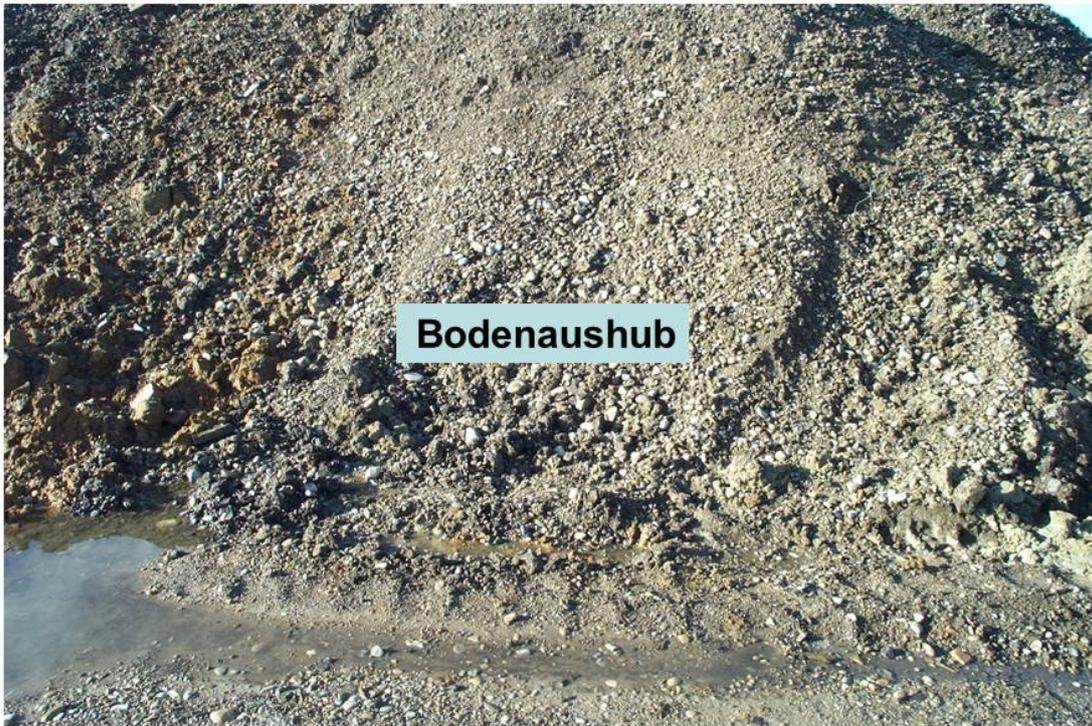
- Belastung bis Z 1.2 (Flächen- und Linienbauwerke (keine Sonderregelung mehr für Verkehrswegebau))*
- Verdachtsflächen (> Z 1.2): unterschiedlich belastete Bereiche wurden separiert*
- Verdachtsflächen (> Z 1.2): keine Aushubüberwachung, keine Separierung*

2. Bauschutt

- kontrollierter Gebäuderückbau, kein Altlastenverdacht*
- kein kontrollierter Gebäuderückbau*

3. Ein- und Ausgangsbeprobung bei Bodenbehandlungsanlagen

Nicht: RC-Baustoffe wegen RC-Leitfaden



9

© LfU / Referat 35 / Ralf Beck / 27.09.2017

DIN 19698 Teil 2: Anleitung für die Entnahme von Proben zur integralen Charakterisierung von Haufwerken

Anwendungsbereich!!:

Zur Bestimmung des repräsentativen Mittelwertes, wenn:

- die Durchschnittseigenschaft der Grundmenge, nicht aber die räumliche Verteilung interessiert,

und

- aus Voruntersuchungen bereits Informationen vorliegen, die eine weitestgehend gleichbleibende Zusammensetzung (wie z. B. durch gleiche Herkunft, gleiche Körnungsverteilung) belegen.

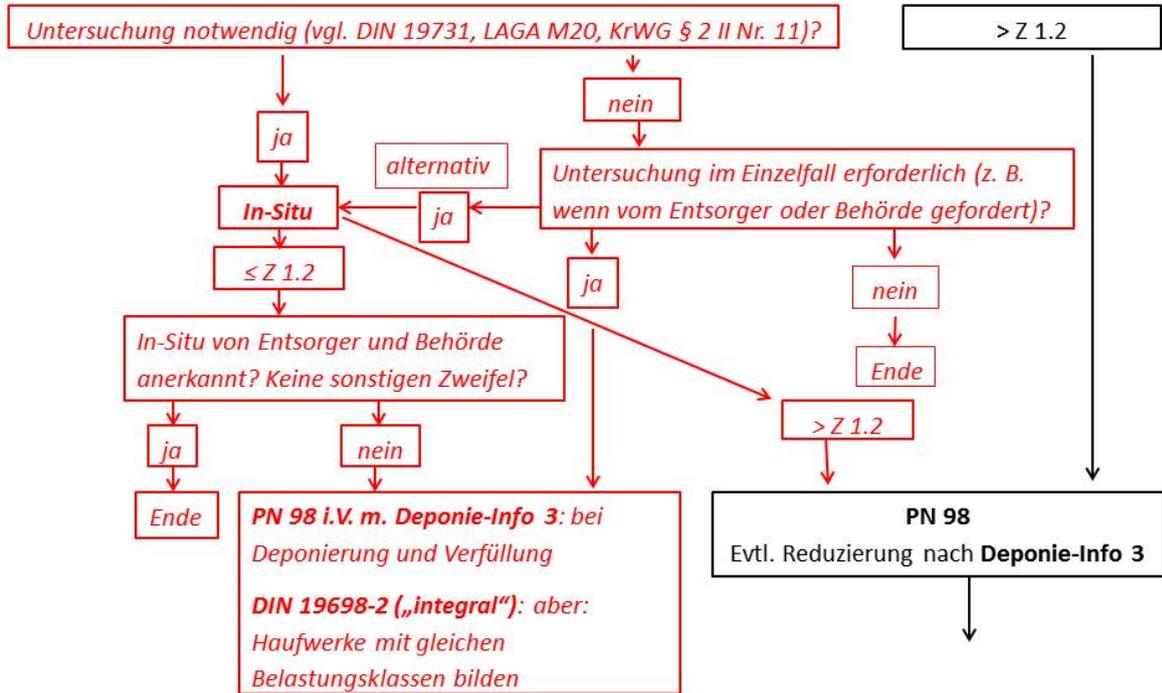
Beispiele:

- voruntersuchter Erdaushub (Einschränkung LfU < Z 1.2!)
- aufbereitete Bodenmaterialien (Einschränkung LfU: nicht bei Deponierung und Verfüllung)
- RC-Baustoffe und Gesteinskörnungen
- mineralische Ersatzbaustoffe

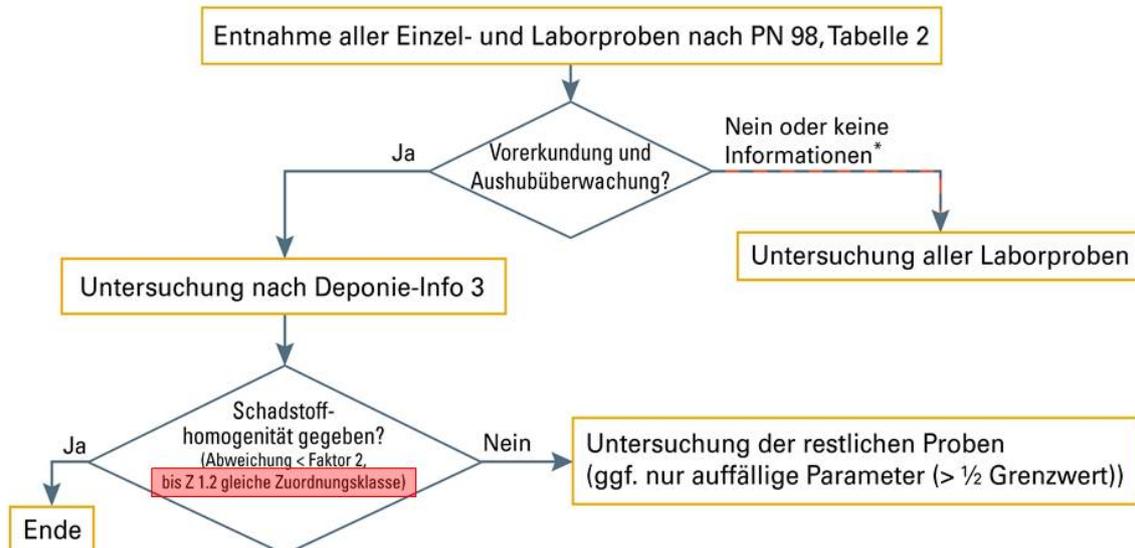
10

© LfU / Referat 35 / Ralf Beck / 27.09.2017

Übersicht Probenahme Böden



Böden mit Verunreinigungen > Z 1.2



*) Im Einzelfall ist bei einer unterlassenen Trennung oder wegen der Vermischung verschieden belasteter Bereiche zu prüfen, ob eine Ordnungswidrigkeit oder in besonders schwerwiegenden Fällen eine Straftat vorliegt.

Homogenitätskriterium LfU-Merkblatt Probenahme

• Kriterium Schadstoffhomogenität

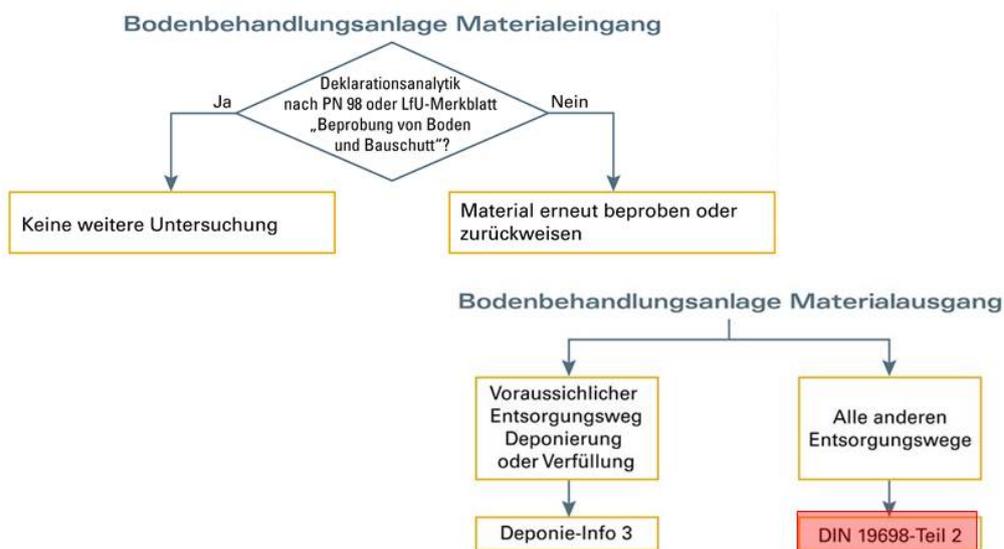
- *Bei Gehalten > Z 1.2 wie Deponie-Info 3*
(Abweichung maximal 100 %)
- Ausnahme: keine weiteren Untersuchungen, wenn keiner der gemessenen Werte > 50 % des Grenzwertes.
Beispiel 1: GW = 100; Messwerte von 2 LP: 10, 50
⇒ Nachuntersuchung der restlichen Sektoren ist nicht erforderlich, obwohl die Abweichung > 100 % ist.
Beispiel 2: GW = 100; Messwerte 10, 55
⇒ Nachuntersuchung der restlichen Sektoren ist erforderlich, da der höchste Wert 50 % des Grenzwertes überschreitet.
- *Bei Gehalten bis Z 1.2: Homogenität gegeben, wenn beide Werte innerhalb einer Z-Klasse (auch bei Abweichung > 100 %)*
(Bsp.: MKW: Z 0 = 100 mg/kg, Z 1.1 = 300 mg/kg)

13

© LfU / Referat 35 / Ralf Beck / 27.09.2017

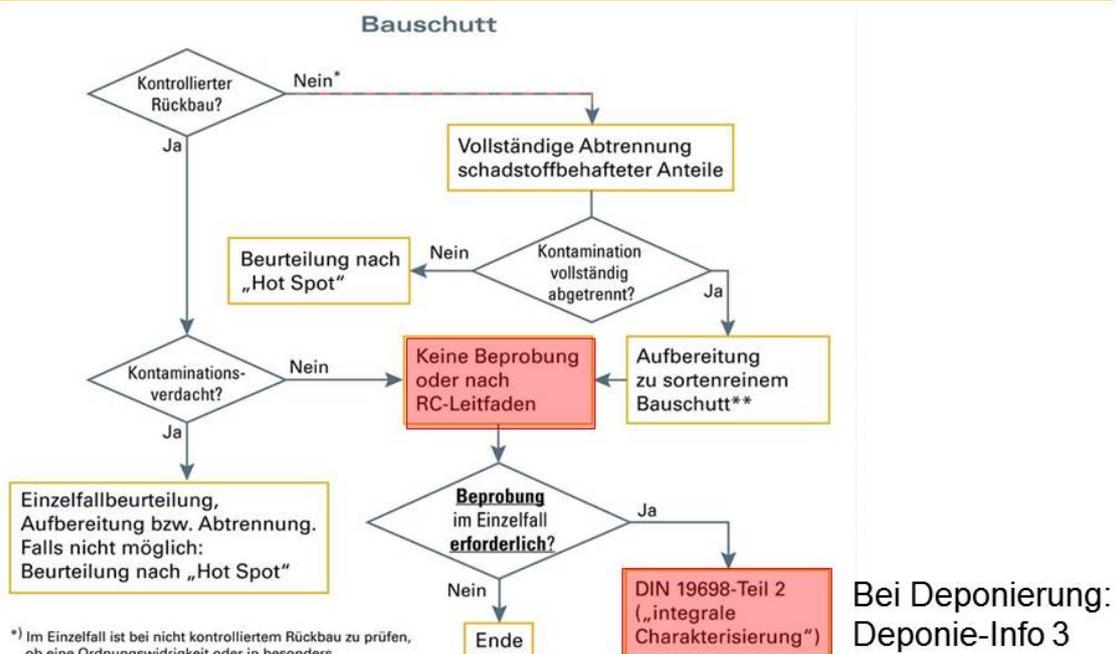
„Bodenbehandlungsanlagen“

(= Anlagen zur Schadstoffreduzierung bei Böden oder Bauschutt)



14

© LfU / Referat 35 / Ralf Beck / 27.09.2017



*) Im Einzelfall ist bei nicht kontrolliertem Rückbau zu prüfen, ob eine Ordnungswidrigkeit oder in besonders schwerwiegenden Fällen eine Straftat vorliegt.

**) Gemische aus oder getrennte Fraktionen von Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik

Boden- Bauschuttgemische

- Wenn möglich:
aufbereiten / trennen
- Wenn nicht: getrennte
Beprobung von Boden
und Bauschutt
- Entsorgung richtet sich
nach der höher
belasteten Fraktion



17

© LfU / Referat 35 / Ralf Beck / 27.09.2017

Checkliste Probenahmeprotokoll

Qualifizierter Probenehmer?

Ziel der Beprobung ist...

Abfallbeschreibung ausreichend?

Probenahmeplan vorhanden?

Lageskizze und Fotos?

Vorgaben PN 98 eingehalten?

Anzahl Laborproben = analysierte Proben?

Auffälligkeiten dokumentiert und analysiert?

Probenbeschaffenheit?

Parameterumfang ausreichend?

Weg der Probe dokumentiert?

18

© LfU / Referat 35 / Ralf Beck / 27.09.2017

Probenahmeprotokoll-Vorschlag

Bayerisches Landesamt für
Umwelt 

Mineralische Abfälle

Probenahmeprotokoll - (in Anlehnung an LAGA-PN 98)

I. Projektdaten (für jedes Projekt einmal ausfüllen)

1 → Auftraggeber: _____

2 → Betreiber/Betrieb: _____

3 → Ort/Landkreis: _____

4 → Etage/Abzweig, Straße, Flurnummer: _____

5 → Projekt: _____

6 → Projektverantwortlicher (Name, Telefon, e-Mail): _____

7 → Anlass/Grund der Probenahme: _____
→ Neuweisung Routine-/Fremdüberwachung Deklaration
→ Sonstiges: _____

9 → Topografische Karte als Anhang? ja → nein

11 → Aktuelle Flächennutzung: Lagerplatz _____

12 → Oberflächenverfestigung/Untergrund ohne Asphalt/Beton _____

13 → Geologischer Untergrund/Boden: _____

14 → Bemerkungen: _____

Ort, Datum, Name, Unterschrift Probennehmer/Projektverantwortlicher: _____

© LfU / Referat 35 / Ralf Beck / 27.09.2017

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Bismarckstraße 103, 80779 München, www.lfu.bayern.de

Praxisbeispiel



9.2017

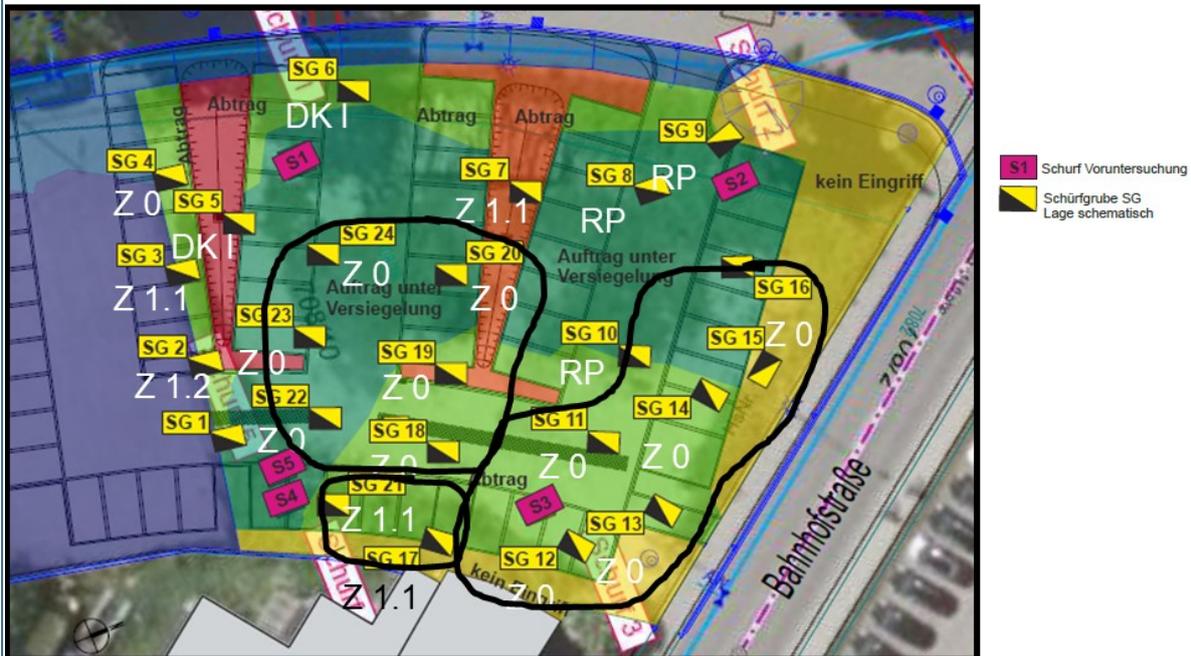
Praxisbeispiel: Parkplatzbau innerstädtisch

- Ziel der Untersuchung: (Schad-)stoffeigenschaften der Auffüllung quantifizieren, um geeignete Verwertung vor Ort oder anderen Entsorgungsweg zu identifizieren
- Potentiell mögliche Verwertung vor Ort: offener Einbau oder Einbau unter technischen Sicherungsmaßnahmen
- Erkundung: 24 Baggerschürfe, 72 schichtenbezogene Bodenproben
- Ergebnisse: flächendeckend anthropogene Auffüllungen zwischen 0,3 bis 1,2 m (überwiegend Ziegel), teilweise Kohle/Ascheschichten

Untersuchungskonzept In-Situ-Untersuchung

- Schürfgruben, bei denen kein baulicher Eingriff erfolgt
→ Rückstellproben
- Schürfgruben in Bereichen mit Materialauftrag:
Untersuchung < 2 mm (Pfad Boden-Grundwasser)
(bodenschutzrechtliche Beurteilung)
- Schürfgruben in Bereichen mit Materialabtrag:
Untersuchung in Gesamtfraktion (abfallrechtliche Beurteilung)

Ergebnisse



Quelle: J. Danzer, boden&grundwasser Allgäu GmbH (2017)

23

© LfU / Referat 35 / Ralf Beck / 27.09.2017

Deklarationsuntersuchungen/Verwertung

- Z 0-Bereiche: Wiederverfüllung auf Gelände ohne erneute Beprobung und ohne Maßnahmen (Z 0 ist in diesem Fall kein Abfall i. S. d. KrWG)
- Z 1.1- und Z 1.2-Bereiche: separieren, Haufwerk mit $V_{\max} = 500 \text{ m}^3 \rightarrow$ integrale Beprobung. Bestätigung der Belastung und bautechnisch geeignet \rightarrow
 - Z 1.1: offener Einbau vor Ort, Grundwasser-Mindestabstand $\geq 1\text{m}$
 - Z 1.2: Einbau mit Oberflächenabdichtung, GW-Abstand $\geq 1\text{m}$
- DK I-Bereiche: Haufwerksbeprobung nach PN 98
- Eventuelle Hot Spots separieren und beproben

24

© LfU / Referat 35 / Ralf Beck / 27.09.2017

Bewertung und Einsatz von Deponieersatzbaustoffen in Basisabdichtungssystemen aus Sicht der Fremdprüfung

Carsten Lesny, Limes GmbH

Inhalt

1. Einleitung
2. Deponieersatzbaustoffe in Basisabdichtungen
3. Grundlagen am Beispiel des BQS 3-2
4. Erfahrungen aus der Praxis
5. Zusammenfassung und Ausblick
6. Literatur

1 Einleitung

Der Einsatz und damit die Verwertung von Deponieersatzbaustoffen in Abdichtungssystemen von Deponiebauwerken ist im Sinne der Kreislaufwirtschaft und im Hinblick auf die Schonung der natürlichen Ressourcen sinnvoll und anzustreben. Die Eignung von Ersatzbaustoffen muss im Vorfeld einer Baumaßnahme sorgfältig geprüft werden, um die langfristige Funktionserfüllung des Materials in der jeweiligen Abdichtungskomponente und das Wohl der Allgemeinheit dauerhaft zu gewährleisten. Diese zumeist aufwendigen und zeitintensiven Eignungsprüfungen können zielgerichtet nur in konstruktiver Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten, insbesondere zwischen einer fachkundigen Eigenprüfung, einer akkreditierten Fremdprüfung sowie der Überwachungsbehörde ausgeführt werden.

Ein immer wiederkehrendes Problem in diesem Zusammenhang ist der zumeist sehr enge zeitliche Rahmen, in dem ein Auftragnehmer oder sein Lieferant versucht, den Nachweis zu erbringen, dass der vorgesehene Deponieersatzbaustoff alle an ihn gestellten Anforderungen erfüllt. Vollständige Eignungsuntersuchungen liegen in der Regel zu Beginn einer Baumaßnahme nicht vor. Häufig werden nur rudimentäre, unvollständige Untersuchungen vorgelegt, die oftmals nur einen orientierenden Charakter aufweisen. Der konkrete Bezug zum geplanten Einsatz fehlt oftmals in Gänze.

Eigene Erfahrungen des Verfassers zeigen, dass bereits in der frühen Projektphase die generellen Anforderungen, z. B. aus einem projektbezogenen Qualitätsmanagementplan, an den konkret vorgesehenen Deponieersatzbaustoff präzisiert werden müssen. Jedes Material hat seine eigenen, spezifischen Eigenschaften und Besonderheiten, es gibt kein „Untersuchungsschema F“, was insbesondere von den bauausführenden Firmen immer wieder gerne gefordert wird. Zunächst muss daher ein material- und projektspezifisches Untersuchungskonzept für den jeweiligen mineralischen Abfall erstellt werden. Das Untersuchungskonzept sollte dabei von Anfang an zwischen Eigen- und Fremdprüfung sowie der Überwachungsbehörde abgestimmt werden. Die Anfangsphase nimmt erfahrungsgemäß bereits einen Zeitrahmen von mehreren Wochen ein. Die Durchführung der Laboruntersuchungen variiert dann in Abhängigkeit des zu untersuchenden Deponieersatzbaustoffes von wenigen Wochen bis hin zu einigen Monaten.

Exemplarisch werden in diesem Beitrag die Erfahrungen des Verfassers bei der Beurteilung und Bewertung sowie dem späteren Einsatz eines spezifischen Deponieersatzbaustoffes vorgestellt, der als Entwässerungsschichtmaterial in einer aktuellen Deponiebasiserweiterung eingesetzt und vom Autor in der Funktion als Fremdprüfer begleitet wurde.

2 Deponieersatzbaustoffe in Basisabdichtungen

Gemäß § 14 der Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) dürfen Deponieersatzbaustoffe auf Deponien der Klasse 0, I, II oder III nur verwendet werden, soweit hierdurch das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird und die Zuordnungskriterien und Zuordnungswerte nach Anhang 3 DepV eingehalten werden. Weiterhin dürfen Deponieersatzbaustoffe nur in einer Menge eingesetzt werden, die für die Durchführung einer genehmigten Baumaßnahme, das heißt für die Errichtung und die Funktionserfüllung einer jeweiligen Abdichtungskomponente, tatsächlich erforderlich ist. Als Deponieersatzbaustoff oder als Ausgangsstoff zur Herstellung von Deponieersatzbaustoffen sind gemäß § 14 DepV ausschließlich mineralische Abfälle zugelassen.

Die Verwendung von mineralischen Abfällen zur Herstellung von Deponieersatzbaustoffen sowie für den unmittelbaren Einsatz als Deponieersatzbaustoffe ist gemäß Anhang 1 DepV nur möglich, wenn sie dem Stand der Technik nach Nummer 2.1 DepV entsprechen und dies der zuständigen Behörde nachgewiesen worden ist. Als Maßstab gilt hierbei für die geologische Barriere, das Abdichtungssystem, die Materialien und die Herstellung der Systemkomponenten und deren Einbau sowie die Eigenschaften dieser Komponenten im Einbauzustand, dass die Funktionserfüllung der einzelnen Komponenten und des Gesamtsystems unter allen äußeren und gegenseitigen Einwirkungen über einen Zeitraum von mindestens 100 Jahren nachgewiesen ist.

Während für Geokunststoffe und Dichtungskontrollsysteme die Eignungsfeststellung bzw. Zulassung dieser industriell gefertigten Produkte durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin (BAM) erfolgt, ist für sonstige Materialien, Komponenten oder Systeme eine bundeseinheitliche Eignungsbeurteilung der Länder als Nachweis vorgesehen. Für die bundeseinheitlichen Eignungsbeurteilungen sowie für den Einsatz von natürlichem, gegebenenfalls vergütetem Boden- und Gesteinsmaterial sowie von Abfällen definieren die Länder gemäß Anhang 1 Nr. 2.1.2 DepV Prüfkriterien und legen Anforderungen an den fachgerechten Einbau sowie an das Qualitätsmanagement in bundeseinheitlichen Qualitätsstandards (BQS) fest. Diese bundeseinheitlichen Qualitätsstandards werden dann von den Ländern in geeigneter Form öffentlich zugänglich gemacht. Im Dezember 2016 waren aktuell auf der Homepage der LAGA (<http://laga-online.de/servlet/is/26509/>) insgesamt 24 BQS veröffentlicht. Die BQS der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ definieren derzeit die Anforderungen und Prüfkriterien für die sog. sonstigen Materialien, Komponenten oder Systeme gemäß Anhang 1 DepV und damit auch den Rahmen für den zu erstellenden Eignungsnachweis für Deponieersatzbaustoffe, die in Deponieabdichtungssystemen eingesetzt werden sollen. Ergänzend hierzu sind die Empfehlungen des Arbeitskreises 6.1 „Geotechnik der Deponiebauwerke“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT) anzusehen. Auch die GDA-Empfehlungen sind online auf der Homepage der DGGT (<http://www.gdaonline.de/empfehlung.html>) verfügbar.

Generell sind damit eine Reihe von mineralischen Abfällen im Deponiebau oder konkret in Basis- und Oberflächenabdichtungssystemen einsetzbar, die beispielweise in der Industrie, in Gewerbebetrieben oder auch bei den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern bzw. deren Entsorgungsanlagen anfallen. Der Einsatz von Deponieersatzbaustoffen ist theoretisch möglich in den folgenden vier Bereichen eines Basisabdichtungssystems:

- Technische Maßnahmen zur Schaffung, Vervollständigung oder Verbesserung der geologischen Barriere,
- Mineralische Abdichtungskomponente,
- Mineralische Schutzlage bzw. Schutzschicht,
- Mineralische Entwässerungsschicht.

Im Bereich der geologischen Barriere ist es an vielen Deponiestandorten der Fall, dass es zwar eine gewisse geologische Barriere im Untergrund gibt, diese aber in ihrer natürlichen Beschaffenheit nicht die Mindestanforderungen gemäß Anhang 1 Nummer 2.2 DepV an die Wasserdurchlässigkeit und/oder die Mächtigkeit erfüllt. Sie kann in diesen Fällen durch technische Maßnahmen vervollständigt oder verbessert werden. Aufgrund der niedrigen Grenzwerte aus Spalte 4, Tabelle 2, des Anhangs 3 der DepV können Deponiersatzbaustoffe hier generell eingesetzt werden, die Möglichkeiten beschränken sich aber zumeist auf natürliche Aushubböden, die keine nennenswerten Schadstoffe innehaben. Weitere Qualitätsanforderungen an die Materialien einer geologischen Barriere sind im BQS 1-0 „Technische Maßnahmen betreffend die geologische Barriere“ der LAGA Ad-hoc-AG Deponietechnik aufgeführt.

Ähnliches gilt für die mineralischen Dichtungskomponenten. Hier bieten die Grenzwerte der Spalte 5 (Tabelle 2, Anhang 3, DepV) etwas mehr Spielraum, was den Einsatz von mineralischen Abfällen wie z. B. Aschen angeht. Die bodenmechanischen Anforderungen an diese Materialien sind jedoch sehr hoch, was in der Praxis die Möglichkeiten bzw. die Materialauswahl wieder stark einschränkt. Zu nennen sind hier exemplarisch bodenphysikalischen Anforderungen an den Ton- und Tonmineralgehalt, die Wasserundurchlässigkeit und die Verformungseigenschaften. Detaillierten Anforderungen an mineralische Dichtungsmaterialien werden bundeseinheitlich in den BQS 2-0 bis 2-3 der LAGA Ad-hoc-AG Deponietechnik definiert.

Im Bereich der mineralischen Schutzschichten sind deutlich mehr Deponiersatzbaustoffe einsetzbar, da einerseits die chemischen Anforderungen je nach Deponieklasse, deutlich geringer sind, aber auch die bodenmechanischen Eigenschaften mehr Möglichkeiten eröffnen. Praxisbeispiele zeigen den Einsatz von z. B. belastetem Bodenaushub, Gießereialtsanden, verschiedene Arten klassifizierter Schlacken und Aschen sowie aufbereiteter Bauschutt.

Die Anforderungen an die Langzeitfunktionalität einer Entwässerungsschicht in einem Basisabdichtungssystem sind gerechtfertigter Weise hoch, was bei einem geplanten Einsatz von Deponiersatzbaustoffen in diesem Bereich zu berücksichtigen ist. Die chemischen Anforderungen sind vergleichbar mit denen der mineralischen Schutzschichten, wenngleich weitergehende Untersuchungen zur Thematik der möglichen Eluierbarkeit von Schadstoffen durchzuführen sind, wie im weiteren Verlauf dieses Beitrages noch erläutert wird. Der Einsatz von HMV-Aschen, EOS-Schlacken, Gleisschotter und anderen mineralischen Abfällen in dieser Systemkomponente ist aus aktuellen Deponieerweiterungsprojekten bekannt. Die einzelnen Nachweisverfahren werden in den BQS 3-1 und 3-2 der LAGA Ad-hoc-AG Deponietechnik beschrieben und in den folgenden Kapiteln weiter behandelt.

3 Grundlagen am Beispiel des BQS 3-2

Wie im vorangehenden Kapitel bereits ausgeführt definieren die bundeseinheitlichen Qualitätsstandards (BQS) der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ die Anforderungen und Prüfkriterien für sonstige Materialien, Komponenten oder Systeme gemäß Anhang 1 Nummer 2.1 DepV. Dies gilt ebenso für die Eignungsbeurteilung von mineralischen Abfällen zur Herstellung von Deponiersatzbaustoffen oder für den unmittelbaren Einsatz als Deponiersatzbaustoff.

Im Falle einer geplanten Deponieerweiterung oder eines Deponieeubaus sind unter anderem der BQS 3-1 für „Mineralische Entwässerungsschichten aus natürlichen Baustoffen in Basisabdichtungssystemen“ oder der BQS 3-2 für „Mineralische Entwässerungsschichten in Basisabdichtungssystemen aus nicht natürlichen Baustoffen“ maßgeblich. Bei einem Einsatz von Deponieersatzbaustoffen sind die im BQS 3-2 definierten Anforderungen einzuhalten und nachzuweisen.

Der BQS 3-2 verweist zunächst auf die Anforderungen an mineralische Entwässerungsschichten in Basisabdichtungssystemen gemäß Anhang 1 der DepV. Weiterhin wird hier der Bezug zu den Anforderungen der DIN 19667 „Dränung von Deponien“ hergestellt. Als bundeseinheitlicher Qualitätsstandard werden unter anderem die GDA-Empfehlungen der DGGT definiert. Hierbei ist insbesondere die GDA E 3-12 „Eignungsprüfung mineralischer Entwässerungsschichten“ zu nennen, in der in Kapitel 3 umfangreiche Anforderungen an das durchzuführende Untersuchungsprogramm für ein potenzielles Entwässerungsschichtmaterial aufgeführt sind. Erwähnt sei hier exemplarisch der Punkt 3.7, in dem der Nachweis der chemischen Beständigkeit eines Baustoffes bzw. Deponieersatzbaustoffes beschrieben ist.

Im BQS 3-2 wird unter anderem in Kapitel 3 unter Punkt 4 gefordert, dass der Umfang und die Art der Eignungsuntersuchungen an Deponieersatzbaustoffen nicht nur bezüglich des projektbezogenen Anwendungsfalls, sondern auch stoffspezifisch festzulegen sind. Zum Nachweis der dauerhaften Funktionserfüllung sind ergänzend zu Kurzzeituntersuchungen zur chemischen, biologischen und physikalischen Beständigkeit Langzeituntersuchungen oder Versuche mit Zeitraffereffekten zu wählen. Die Wahl geeigneter Testmethoden muss unter Hinzuziehung eines für die speziellen Fragestellungen zur Langzeitstabilität erfahrenen Gutachters bestimmt werden. Die speziellen Bedingungen, die dabei beachtet und mit der zuständigen Behörde abgestimmt werden müssen sind unter anderem:

- die Herkunft und Charakteristik der Deponieersatzbaustoffe,
- die Testdauer,
- die Temperatur und
- Einfluss eines Modell-Sickerwassers bei oxidierenden und reduzierenden Bedingungen und pH-Werten zwischen 4 und 13, einer elektrischen Leitfähigkeit bis 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und einem DOC bis 5.000 mg/l.

Die BQS bieten auch die Möglichkeit, die Einhaltung von Anforderungen für bestimmte Materialeigenschaften aufgrund langjähriger Erfahrungen und Untersuchungen aus vergleichbarer Anwendung nachzuweisen. So kann im Einzelfall bei Zustimmung der Behörde der Eignungsnachweis auch anhand einer fachgutachterlichen Beurteilung geführt werden.

Damit bieten die bundeseinheitlichen Qualitätsstandards einen geeigneten Rahmen, in dem sich ein sachkundiger Gutachter bewegen kann. Der erforderliche Sachverstand und eine ausreichende Erfahrung für derartige Fragestellungen können in der Regel bei akkreditierten Inspektionsstellen mit zugehörigen Prüflaboratorien gemäß BQS 9-1 „Qualitätsmanagement - Fremdprüfung beim Einbau mineralischer Baustoffe in Deponieabdichtungssystemen“ vorausgesetzt werden. Natürlich sind auch Sachverständige und Gutachter aus einschlägigen Ingenieurbüros, die sich seit vielen Jahren mit Fragestellungen dieser Art beschäftigen, in der Lage den möglichen Einsatz eines Deponieersatzbaustoffes im Rahmen eines Bauvorhabens zu beurteilen.

Die zuvor genannten Akkreditierungsverfahren sind in DIN EN ISO/IEC 17020 (2012) „Konformitätsbewertung - Anforderungen an den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen“ in Verbindung mit DIN EN ISO/IEC 17025 (2007) „Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“ geregelt.

4 Erfahrungen aus der Praxis

An einem aktuellen Fallbeispiel werden im Folgenden die praktischen Erfahrungen des Autors bei der Bewertung und dem Einsatz eines Deponiersatzbaustoffes geschildert. Es handelt sich um die Basiserweiterung einer bestehenden Deponie der Klasse I, bei der der Autor als akkreditierter Fremdprüfer nach LAGA BQS 9-1 für die mineralischen und nach BAM-Fremdprüferrichtlinie für die polymeren Dichtungskomponenten tätig war.

In der Phase der Ausschreibung der Bauausführung wurde den bietenden Unternehmen neben einer Leistungsbeschreibung und einem Leistungsverzeichnis auch ein vorläufiger Qualitätsmanagementplan (QMP) zur Kalkulation ihrer Bauleistungen zur Verfügung gestellt. Die Ausschreibungsphase verlief über die Wintermonate. In dem vorläufigen QMP wurden unter anderem die Mindestanforderungen an die einzelnen Komponenten des Basisabdichtungssystems beschrieben. An das Material der mineralischen Entwässerungsschicht, auf die im Folgenden näher eingegangen wird, wurden die folgenden Qualitätsanforderungen gestellt:

- Korngruppe d/D = 16/32 mm nach DIN EN 12620:2008
- Abschlämbare Bestandteile $d_{<0,063\text{mm}} \leq 0,5 \%$ im Eignungsnachweis, d. h. vor dem Einbau und $d_{<0,063\text{mm}} \leq 1,0 \%$ nach dem Einbau
- Materialart: Kies (Rundkorn); Kornform: Länge / Breite $> 3 / 1 \leq 20$ Masse-%; Anteil gebrochener Körner ≤ 10 Masse-% oder Splitt (doppelt gebrochen): Kornform: $l / b > 3 / 1 \leq 20$ Masse-%
- Wasserdurchlässigkeit $k_f \geq 1,0 \cdot 10^{-3}$ m/s (langfristig); $k_f \geq 1,0 \cdot 10^{-2}$ m/s (im Einbauzustand)
- Kalziumkarbonatanteil $\text{CaCO}_3 \leq 20$ Masse-%
- Einhaltung der Zuordnungskriterien der DepV, Anhang 3, Tabelle 2, Spalte 6 sowie der landesspezifischen Begrenzungen der Feststoffgehalte für Schwermetalle und organische Parameter wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)
- Langzeitbeständigkeit gemäß der GDA E 3-12 und 5-06 sowie der Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards BQS 3-1 und 3-2.

Die mit der Bauausführung beauftragte Firma musste gemäß QMP zu Baubeginn Eignungsnachweise bzw. Zulassungen für alle von ihr vorgesehenen Materialien vorlegen. Für die Materialien der Entwässerungsschicht wurden dazu in dem vorläufigen QMP folgende Mindestuntersuchungen gefordert bzw. Hinweise gegeben:

- Angabe der Bodengruppe nach DIN 18 196
- Geologische Beschreibung, Gesteinsbeschreibung nach DIN EN 932-3
- Bestimmung der Kornverteilung nach DIN 18 123 oder DIN EN 933-1
- Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes nach DIN 18 121
- Bestimmung der Korndichte nach DIN 18124
- Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes nach DIN 18 130
- Bestimmung der Schüttdichte gemäß DIN EN ISO 1097-3
- Bestimmung der Kornform gemäß DIN EN 933-4
- Bestimmung des Kalkgehaltes nach DIN 18 129
- Bestimmung der Scherfestigkeit nach DIN 18 137
- Nachweis der Filterstabilität gemäß GDA E3-7

- Bestimmung des Widerstandes gegen Zertrümmerung gemäß DIN EN 1097-2 oder GDA E 3-12 Nr. 3.9 bzw. 3.10
- Widerstand gegen Frost-Tau-Beanspruchung gemäß GDA E 3-12
- Nachweis der Raumbeständigkeit DIN EN 1744-1 (bei Aschen und Schlacken)
- Nachweis der Beständigkeit gegenüber biologischen, physikalischen und chemischen Einflüssen (insb. Temperatur, Witterung, Niederschlags- und Sickerwasser) als Langzeitbeständigkeitsnachweis gemäß BQS 3-1 und 3-2 sowie GDA E 3-12
- Chemische Analyse gemäß DepV.

In einer ersten Baubesprechung, die Anfang April 2016 stattfand, wurden den Projektbeteiligten von der bauausführenden Firma die vorgesehenen Materialien vorgestellt. Für die mineralische Entwässerungsschicht war ein Deponieersatzbaustoff, ein aufbereitetes, teerhaltiges Straßenaufbruchmaterial vorgesehen. Zu diesem Material wurde zunächst eine drei Jahre alte gutachterliche Stellungnahme vorgelegt, die auf wenigen Seiten die Eignung eines teerhaltigen Straßenaufbruchs, mit einer abweichenden Körnung, für eine geplante Basisabdichtungsmaßnahme attestierte. Labortechnisch untersucht wurden hierbei die Korngrößenverteilung, der Wassergehalt, die Proctordichte, der Kalkgehalt, der Glühverlust sowie die generelle chemische Beschaffenheit gemäß DepV. Untersuchungen zur Langzeitbeständigkeit oder zum Langzeitverhalten des Materials fehlten in diesem Eignungsnachweis in Gänze. Aus Sicht des Autors kommen derartig unvollständige Eignungsuntersuchungen immer häufiger im heutigen Baugeschehen vor, was in erster Linie sicherlich dem enormen Zeitdruck geschuldet ist, der hinter den meisten Baumaßnahmen steht. Die Hoffnung einiger Baufirmen und/oder deren Lieferanten, mit solchen kurzgefassten Stellungnahmen eine Freigabe zum Einsatz von Deponieersatzbaustoffen zu bekommen, wird jedoch in den meisten Fällen nicht erfüllt.

In dem hier geschilderten Fallbeispiel wurden von Seiten der Fremdprüfung in Abstimmung mit der Behörde weitergehende Untersuchungen und Bewertungen in Form eines vollständigen Eignungsnachweises gemäß den Vorgaben und Hinweisen aus dem QMP, dem BQS 3-2 sowie der GDA E 3-12 von der bauausführenden Firma und deren Eigenprüfer gefordert. Die dazu erforderlichen Untersuchungen wurden intensiv zwischen der Eigen- und Fremdprüfung unter Einbeziehung der Überwachungsbehörde abgestimmt und festgelegt. Auch die Zentrale Unterstützungsstelle Abfall, Gentechnik und Gerätesicherheit (ZUS AGG) des Staatlichen Gewerbeaufsichtsamtes Hildesheim wurde hierbei einbezogen. Als Ergebnis aus diesen gemeinsamen Überlegungen und Diskussionen entstand ein materialspezifisches Nachweiskonzept, mit dem die Beurteilung des teerhaltigen Straßenaufbruchs für den Einsatz als Entwässerungsschicht möglich werden sollte.

Inhaltlich wurden in dem Untersuchungs- und Nachweiskonzept für den vorgesehenen teerhaltigen Straßenaufbruch folgende Punkte berücksichtigt bzw. gefordert, die zum Teil über den Umfang des vorläufigen QMP hinausgingen:

- Grundlegende Charakterisierung der Abfälle (AVV 170301*) gemäß DepV § 8,
- Beschreibung der Aufbereitungsanlage/-technik, Beschreibung der Maßnahmen zur Sicherstellung der Qualität und Homogenität beim Sieben, Lagern und Verladen an der Aufbereitungsanlage,
- Stoffliche Zusammensetzung der Abfälle (nach TL Gestein-StB),
- Einlagerungsversuche des Materials in der vorgesehenen Körnung über einen Zeitraum von mindestens 4 Wochen,
- Salzfrachten im Modellsickerwasser mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$,

- Organische Inhaltstoffe im Modellsickerwasser mit einem DOC von 5.000 mg/l,
- Versuchstemperaturen bei der Einlagerung von 20°C und 40°C,
- Zusätzliche Materialuntersuchung im Trockenofen bei 60°C, Versuchsdauer mindestens 2 Tage,
- Nach den Einlagerungsversuchen zusätzlich Chemie nach DepV, Anh. 3, Tab. 2, Spalte 6 am Feststoffmaterial und am Sickerwasser,
- Nach Einlagerungsversuchen Kornfestigkeit unter dynamischer Einwirkung und hoher statischer Last gemäß GDA 3-12 mit jeweiliger schrittweiser Auswertung der Körnungslinien.

Der Eigenprüfer untersuchte das teerhaltige Straßenaufbruchmaterial auf die bodenmechanische Eignung sowie unter Hinzuziehung eines externen chemischen Labors auf die Schadstoffgehalte. Mitte Mai 2016 wurde das Ergebnis der bis zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Untersuchungen von der bauausführenden Firma und der Eigenprüfung vorgestellt. Die Prüfung der eingereichten Unterlagen bzw. der Untersuchungsergebnisse durch die Fremdprüfung und die Behörde ergab folgendes:

- Der geforderte Grenzwert für PAK (nach EPA) von 500 mg/kg wurde eingehalten. Es lag jedoch zunächst nur eine Untersuchung vor, d. h. über eine mögliche Schwankungsbreite der zu erwartenden PAK-Belastungen konnte keine Aussage getroffen werden.
- Die Feststoffgehalte für PAK nach EPA beim Rohmaterial lagen zwischen 272 und 311 mg/kg.
- Zur Bestimmung möglicher PAK-Emissionen ins Sickerwasser wurden die Einlagerungswässer im Nachgang chemisch untersucht. Die Untersuchung der Einlagerungswässer zeigen PAK-Gehalte von 0,11 bis 0,25 µg/l auf.
- Die teilweise festgestellten Grenzwertüberschreitungen für die organischen Parameter TOC, Glühverlust und die lipophilen Stoffe konnten über die Fußnotenregelung der DepV bei Asphalt vernachlässigt werden.
- Der Bitumen-/Teeranteil wurde vom Anlagenbetreiber mit 2,5 bis 3,5 % angegeben. Es war jedoch nicht ersichtlich, ob es sich bei den Angaben um Annahmen oder um Versuchsergebnisse, um langjährige Mittelwerte oder um Momentaufnahmen handelt.
- Die Bindemittelgehaltsuntersuchung der Eigenprüfung zeigte einen Ergebniswert von 2,3 %.
- Die stoffliche Zusammensetzung des aufbereiteten Materials nach TL-Gestein StB wurde von der Eigenprüfung nicht untersucht. Somit war nach wie vor nicht sichergestellt, ob nicht noch andere Inhaltstoffe (z. B. Schlacken, Metalle, Kunststoffe, o. a.) als Hartgestein in dem Material enthalten sind.
- Die Körnungslinien zeigten u. a. eine Zunahme der abschlämmbaren Bestandteile von anfangs 0,3 auf bis zu 0,9 % nach den Kornzertrümmerungsversuchen. Damit liegt das Material bereits kurz vor dem zulässigen Grenzwert von $d_{0,063\text{mm}} \leq 1,0 \%$ nach mechanischer Beanspruchung.
- Die Beschreibungen des Anlagenbetreibers wiesen verschiedene Herkunftsquellen aus, ohne dass diese konkret benannt wurden. Eine Mengen- und Herkunftsnachweisführung für die von der Eigenprüfung untersuchten Haufwerke, war mit diesen Auskünften im Sinne einer grundlegenden Charakterisierung gemäß DepV nicht möglich.
- Die für das Entwässerungsschichtmaterial vorgesehenen qualitätssichernden Maßnahmen zur Gewährleistung der Homogenität und anforderungsgerechten Lieferqualität wurden nicht beschrieben.

Unter Berücksichtigung der zuvor beschriebenen Sachverhalte wurde Folgendes von der bauausführenden Firma bzw. deren Eigenprüfung nachgefordert:

1. Eine exakte Beschreibung der Aufbereitungstechnik sowie der Abläufe innerhalb der Aufbereitungsanlage, bezogen auf das vorgesehene 16/32er Material und die gesamte für die Deponieerweiterung erforderliche Menge. Bestandteil dieser Beschreibung sollten auch die von dem Anlagenbetreiber oder deren Eigenüberwachung vorgesehenen qualitätssichernden Maßnahmen für das Material von der Annahme bis zur Verladung innerhalb der Aufbereitungsanlage sein.
2. Die versuchstechnische Untersuchung der stofflichen Zusammensetzung nach TL-Gestein StB.
3. Weiterhin sollte eine Bewertung der PAK-Gehalte im Eluat des Rohmaterials im Hinblick auf mögliche Emissionen ins Sickerwasser bzw. in die Sickerwasserbehandlungsanlage des Deponiebetreibers durch die Eigenprüfung erfolgen.
4. Die zusätzlichen chemischen Materialuntersuchungen nach der Einlagerung mussten ausgeführt werden, um quantitativ mehr Analyseergebnisse zur Verfügung zu haben und damit die Aussagekraft des Eignungsnachweises zu erhöhen.

Anfang Juni 2016 fand ein Ortstermin in der Aufbereitungsanlage statt, um vor Ort einen realen Eindruck über die Betriebsabläufe und Einrichtungen zu gewinnen. Der Anlagenbetreiber stellte seinen Betrieb dabei ausführlich vor und erklärte sich bereit, zusätzliche Ausgangskontrollen an dem Liefermaterial für die geplante Deponiebaumaßnahme auszuführen. Vereinbart wurden Kontrollversuche am fertigen Liefermaterial zur Überprüfung der Korngrößenverteilung sowie chemische Kontrolluntersuchungen auf die Schlüsselparameter PAK und Phenole.

Mitte Juni 2016 wurde von der Eigenprüfung ein ergänzender Bericht zur Eignungsuntersuchung vorgelegt. Darin wurden die Anlagenbeschreibung und die Betriebsabläufe nochmals mittels eines Fließschema dargestellt, in dem auch die im Rahmen des Ortstermins vereinbarten Ausgangskontrollen am Liefermaterial enthalten waren.

Die zusätzlich geforderten chemischen Analysen am Feststoff ergaben PAK-Gehalte von 223 bis 226 mg/kg. Die nachträgliche chemische Untersuchung der Proben der Einlagerungsversuche ergaben Werte von 57 bis 237 mgPAK/kg. Somit lagen insgesamt 6 chemische Feststoffuntersuchungen für den organischen Summenparameter PAK vor, die insgesamt eine Bandbreite von 57 bis 439 mgPAK/kg aufwiesen.

Die Nachuntersuchung der weiteren organischen Summenparameter KW, BTX und LHKW zeigten erwartungsgemäß unauffällige Ergebnisse.

Die stoffliche Zusammensetzung wurde durch den Eigenprüfer untersucht und zeigte keine weiteren Auffälligkeiten. Der Anteil des Asphaltgranulates, das heißt des Naturstein- / Bindemittelgemisches wurde mit 17 % ermittelt. Fremdbestandteile wie Kunststoffe, Holz, o. ä. wurden nicht angetroffen.

Negative Auswirkungen durch die Einlagerung in den verschiedenen Medien konnten nicht festgestellt werden. Weder chemisch noch bodenmechanisch wurden nachteilige Veränderungen am Probenmaterial registriert.

Zusammenfassend wurde festgestellt, dass die nachträglich eingereichten Unterlagen bzw. Untersuchungsergebnisse die bisherigen Werte bzw. Ergebnisse der Eigenprüfung und des Anlagenbetreibers weitestgehend bestätigten und die Anforderungen an das aufbereitete Straßenaufbruchmaterial erfüllt wurden. Auf dieser Grundlage wurde der nächste Schritt der Eignungsuntersuchung freigegeben, ein erweiterter Probefeldbau. Basierend auf den vorhandenen Untersuchungsergebnissen sollte

das Material im Rahmen eines Probefeldes über das im QMP geforderte Maß hinaus durch die Eigen- und Fremdprüfung vor Ort nochmals intensiv untersucht werden. So sollte erreicht werden, dass weitergehende Kenntnisse und aussagekräftige Ergebnisse zur Homogenität und Qualität des Materials gewonnen werden. Zum Beispiel sollten anhand von zu bestimmenden Korngrößenverteilungen vor und nach dem Einbau, Kornzertrümmerungsbetrachtungen und Durchlässigkeitsbeiwerten sowie der generellen stofflichen Zusammensetzungen und den chemischen Eigenschaften des Materials zulässige Bandbreiten definiert bzw. festgelegt werden.

Um eine möglichst aussagekräftige Basis zu erlangen wurde eine Probefeldgröße von mindestens 50 x 20 m festgelegt. Der Umfang der Probefelduntersuchungen gemäß QMP in Bezug auf die Entwässerungsschicht wurde um zusätzliche Untersuchungen erweitert und das Untersuchungsrastraster in einigen Bereichen erhöht. Die nachfolgende Tabelle 1 gibt einen Auszug der Untersuchungen der Eigen- und Fremdprüfung aus dem QMP beim Probefeldbau.

Tab.1: Untersuchungsumfang Probefeld Entwässerungsschicht

Mineralische Entwässerungsschicht					
Prüfmerkmal	Prüfung gem.	Soll-Wert	Durchführung/Raster		
			BÜ	EP	FP
- Körnungslinie	DIN 18 123 o. DIN EN 933-1	$d_{0,063\text{mm}} \leq 0,5 \% \text{ vor,}$ $d_{0,063\text{mm}} \leq 1,0 \% \text{ nach}$ Einbau		4 4	4 4
- Kalkgehalt	DIN 18 124	$V_{\text{Ca}} \leq 20 \%$		2	2
- Glühverlust	DIN 18 128	$V_{\text{Gl}} \leq 3 \%$		2	2
- Durchlässigkeitsbeiwert	DIN 18 130	$k_f \geq 1,0 \times 10^{-2} \text{ m/s}$		4	4
- Korndichte	DIN 18 124	gem. EN		2	2
- Schüttdichte	DIN EN 1097-3	gem. EN		2	2
- Kornform	DIN EN 933-3 o. DIN EN 933-4	gem. EN		2	2
- Kornfestigkeit	GDA E 3-12 bzw. DIN EN 1097-2 (LA-Versuch)	gem. EN		2	2
- stoffliche Zusammensetzung	TL-Gestein bzw. DIN EN 933-11	gem. EN		3	3
- Bindemittelgehalt	TP Asphalt	2,3 – 3,5%		2	2
- Chemische Analyse	DepV, Anhang 3, Tabelle 2 PAK nach EPA Asbest (VDI 3866)	Spalte 6 $\leq 500 \text{ mg/kg}$ $\leq 0,008 \%$		4 4 2	4 4 2

Von Seiten der Fremdprüfung wurden über das zuvor aufgeführte Untersuchungsprogramm hinaus weitere Laborversuche ausgeführt, mit denen unter anderem die Wasserdurchlässigkeit nach Temperatur- und Lasteinwirkung bestimmt werden sollte. Weiterhin sollten im Rahmen dieser Versuchsreihen Auswirkungen auf die Körnungslinie bzw. die Tendenzen einer möglichen Konglomeratbildung untersucht werden.

Das Probefeld wurde Mitte Juli 2016 ausgeführt. Augenscheinlich wies das Material bei der Anlieferung auf der Deponie leichte Beimengungen von Fremdbestandteilen wie Holz und Wurzelreste, Kunststoffe sowie Ziegelreste auf. Organoleptisch auffällige, offensichtlich teerhaltige Bestandteile fielen in Form von agglomeriertem Bindemittel, Deckschichtaufbruch und bitumenbehafteten Tragschichtmaterialien auf.



Abb. 1a und 1b: Material bei Anlieferung am Probefeld

Im Rahmen der Erstellung des Probefeldes wurde das Entwässerungsschichtmaterial aus teerhaltigem Straßenaufbruch der Körnung 16/32 mm auf der zuvor fachgerecht hergestellten Schutzschicht im klassischen Vor-Kopf-Verfahren mittels Hydraulikbagger eingebaut. Die Materialanlieferung an das Baufeld erfolgte mittels Dumper.

Im Folgenden werden einige der Untersuchungsergebnisse der Fremdprüfung zusammenfassend wiedergegeben, die für den hier geschilderten Zusammenhang von Bedeutung sind.

Im Rahmen des Probefeldes wurde das Material der mineralischen Entwässerungsschicht bei der Anlieferung hinsichtlich der Korngrößenverteilung untersucht. Hier zeigte sich, dass der untersuchte Schotter in sehr enger Bandbreite eingestuft werden konnte. Das Material war gemäß DIN 18196 der Bodengruppe der enggestuften Kiese zuzuordnen. Der Anteil der abschlämmbaren Bestandteile lag bei der Anlieferungskontrolle bei 0,3 bis 0,4 Gew.-%. Der Sandanteil betrug bei den untersuchten Proben 0,3 bis 0,5 Gew.-%. Die Kiesgehalte lagen zwischen 99,1 und 99,3 Gew.-%. Der Anteil der Kornfraktion $d < 8$ mm lag zwischen 0,7 und 1,5 Gew.-% und der Anteil der Kornfraktion $d < 16$ mm zwischen 2,5 und 3,6 Gew.-%. Die Anforderungen an die abschlämmbaren Bestandteile und den Unterkornanteil bei Anlieferung wurden somit eingehalten.

Nach dem Einbau wurde wiederum die Korngrößenverteilung untersucht. Der Anteil der abschlämmbaren Bestandteile lag nach Einbau bei 0,4 bis 0,7 Gew.-%. Der Sandanteil betrug bei den untersuchten Proben 0,6 bis 2,2 Gew.-%. Die Kiesgehalte lagen zwischen 97,0 und 98,9 Gew.-%. Der Anteil der Kornfraktion $d < 8$ mm lag zwischen 1,9 und 10,2 Gew.-% und der Anteil der Kornfraktion $d < 16$ mm zwischen 23,8 und 42,9 Gew.-%. Die Anforderungen an die abschlämmbaren Bestandteile wurden auch nach dem Einbau eingehalten.

Eine Bestimmung der Proctordichte nach DIN 18127 ist für ein einkörniges Material auf Grund der sehr steilen Körnungslinie mit einer Ungleichförmigkeitszahl von $U = 1,49$ bis $2,54$ nicht sinnvoll. Insbesondere, da bei diesem Material keine signifikanten Änderungen in der Beziehung Trockendichte zu Wassergehalt zu erwarten ist. Entsprechend wurde die Schüttdichte gemäß DIN EN 1097-3 ermittelt; sie lag bei $1,35$ bis $1,43$ t/m³. Die Korndichte wurde gemäß DIN 18124 bestimmt und variierte zwischen $2,70$ und $2,75$ t/m³. Der Hohlraumgehalt ergab sich rechnerisch zu $47,1$ bis $50,8$ % und entsprach damit einem vergleichbaren Porenraum eines Drainagekieses, Rundkorn 16/32 mm.

Die Bestimmung der Kornform erfolgte nach DIN EN 933-4. Die Kornformkennzahl lag bei den Untersuchungen bei $SI = 7,0$ bis $18,0 \%$. Die Kornform war somit als günstig für den Anwendungsfall in der Entwässerungsschicht zu bewerten. Die Kornformkennzahl erfüllte die Anforderung von $SI \leq 20 \%$.

Die stoffliche Zusammensetzung wurde gemäß TP Gestein-StB-3.1.4 für RC-Baustoffe und Hausmüllverbrennungsaschen ermittelt. Der Hauptanteil bestand aus Hartgesteinen in der Bandbreite von $63,0$ bis $79,8 \%$. Asphaltgranulat wurde zu $20,0$ bis $37,0 \%$ bestimmt. Bei einer Probe wurde ein untergeordneter Anteil an Ziegel/Klinker/Steinzeug mit $0,2 \%$ festgestellt. Die im Probefeld offensichtlich vorhandenen geringen Beimengungen an Holzspäne konnten bedingt durch ihr sehr geringes Gewicht in Bezug auf die Gesamtmasse der jeweiligen Laborprobe nicht ausgewertet werden.



Abb. 2: Stoffliche Zusammensetzung des teerhaltigen Straßenaufbruchs

Bei der Anlieferung des Materials, das heißt vor der mechanischen Beanspruchung durch die Einbaugeräte, wurde der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert versuchstechnisch im Standzylinder bestimmt. Die Ergebnisse der Laborversuche lagen bei $k_f = 2,6 \times 10^{-1}$ bis $3,6 \times 10^{-1}$ m/s. An weiteren Proben wurde der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert nach mechanischer Beanspruchung, das heißt nach dem Einbau im Probefeld labortechnisch bestimmt. Diese Versuchsergebnisse lagen bei $k_f = 1,2 \times 10^{-1}$ bis $1,4 \times 10^{-1}$ m/s und damit in recht enger Bandbreite. Alle Untersuchungsergebnisse lagen im Anforderungsbereich von $k_f \geq 1,0 \times 10^{-2}$ m/s.

Die Bestimmung der Kornzertrümmerung wurde gemäß GDA-Empfehlung E-3-12 durchgeführt. Der Zertrümmerungsgrad schwankte in Abhängigkeit der Schlagbelastung zwischen $0,4$ und $8,8 \%$ und entsprach damit der Kurve „Diabas“, so dass die mechanische Stabilität des untersuchten Materials gegeben war (vgl. Bild 3-12.2, S. 8 aus GDA E 3-12).

Ebenfalls wurde der Widerstand gegen Zertrümmerung gemäß DIN EN 1097-2 (Los-Angeles-Verfahren) ermittelt. Es wurden die Kornklassen $16,0 - 22,4$ mm und $22,4 - 31,5$ mm untersucht. Der Los-Angeles-Koeffizient beträgt $LA = 19 \%$ und ist der Kategorie LA20 gemäß TL-Gestein-StB zuzu-

ordnen. Die Anforderung der TL-Gestein für den Einsatz von Gesteinskörnungen in Frostschutz- oder Schottertragschichten des Straßenbaus mit einer Widerstandskategorie LA40 wurde eingehalten.

Die Bestimmung der Bindemittelgehalte erfolgte an insgesamt vier Mischproben gemäß TP Asphalt-StB 07. Im Sinne einer worst-case Betrachtung wurde eine Probe ausschließlich aus Asphaltgranulat zusammengestellt. Die Bindemittelgehalte liegen im Bereich von 1,6 bis 3,7 M.-%, wobei der Höchstwert erwartungsgemäß von der reinen Asphaltgranulatprobe erreicht wurde. Die Bindemittelgehalte schwanken erwartungsgemäß in einem ähnlichen Rahmen wie bereits die Eignungsuntersuchungen aufzeigten.

An insgesamt vier Mischproben wurde die Einhaltung der Zuordnungskriterien der DepV, Anhang 3, Tabelle 2, Spalte 6 kontrolliert. Ergänzend wurden diese Proben auch nach einem landesspezifischen Runderlass für die Ablagerung von Abfällen auf Deponien der Klasse I und II untersucht. Eine Sonderprobe, augenscheinlich bestehend aus „reinem“ Asphaltgranulat, wurde auf deren PAK-Gehalt hin untersucht. Hierbei war ähnlich wie schon bei der Bindemittelgehaltsbestimmung eine worst-case Betrachtung Ziel der Untersuchung. An zwei Proben wurde der Asbestgehalt nach VDI 3866 untersucht. Asbest konnte in den Proben nicht nachgewiesen werden.

Die PAK-Gehalte lagen insgesamt in einer Bandbreite von 173 bis 415 mg/kg, wobei der Höchstwert von 415 mgPAK/kg erwartungsgemäß von der Sonderprobe aus Asphaltgranulat erreicht wurde. Die vier Mischproben zeigten PAK-Gehalte von 173 bis 363 mg/kg auf. Die chemischen Grenzwerte, insbesondere auch der PAK-Grenzwert von 500 mg/kg, wurden von allen untersuchten Proben eingehalten.

Keine der untersuchten Proben zeigte besondere Auffälligkeiten. Die Grenzwerte der DepV, Anhang 3, Tabelle 2, Spalte 6 sowie die ergänzenden Feststoffgrenzwerte des Runderlasses für Deponien der Klasse I werden vollumfänglich eingehalten.

In Sonderversuchen im Prüflabor der Fremdprüfung wurde untersucht, ob sich das Straßenaufbruchmaterial unter hohen Temperaturen negativ verändert. Dazu wurden Materialproben im Trockenofen auf 60°C über einen längeren Zeitraum erhitzt. Verklumpungen oder Verschmelzungen durch aufweichende anhaftende Bindemittel oder reine Bindemittelpartikel konnten hierbei augenscheinlich nicht festgestellt werden. Das erhitzte Probenmaterial wurden anschließend in einen Proctortopf eingebaut um auch nach der mechanischen Lasteinwirkung zu untersuchen ob das Material verklumpt oder verklebt. Auch hier konnten keine negativen Veränderungen oder Auswirkungen am Probenmaterial festgestellt werden.

Seitens der Fremdprüfung wurde Ende Juli 2016 zusammenfassend festgestellt, dass der untersuchte Deponieersatzbaustoff alle an ihn gestellten Anforderungen einhält und für den Einsatz als Entwässerungsschichtmaterial in der Deponiebasiserweiterung geeignet ist. Die folgerichtige Freigabe der zuständigen Überwachungsbehörde zum Regeleinbau des teerhaltigen Straßenaufbruchs erfolgte Anfang August 2016.



Abb. 3 und 4: Vor-Kopf-Einbau der Entwässerungsschicht im Baufeld

Der Prozess der Eignungsuntersuchung und -beurteilung dieses Deponieersatzbaustoffes zog sich über einen Zeitraum von insgesamt 4 Monaten hin. Dabei handelte es sich keinesfalls um die Winterperiode, sondern um die Sommersaison und damit um die Regelausführungszeit im hiesigen Deponiebau.

Trotz des verspäteten Beginns des Regeleinbaus konnte der Erweiterungsabschnitt der Deponie noch bis Ende des Jahres fertiggestellt werden. Ein milder Herbst mit wenig Niederschlägen trug positiv dazu bei. Die abfallrechtliche Abnahme erfolgte kurz vor Jahresende, so dass der Deponiebetreiber rechtzeitig mit der Abfalleinlagerung beginnen konnte.

Die Kontrollen der Fremdprüfung während der Bauausführung zeigten keinerlei Auffälligkeiten am Material der Entwässerungsschicht. Alle Vorgaben und Anforderungen des mittlerweile durch den Fremdprüfer fortgeschriebenen QMP wurden eingehalten.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Bei der Untersuchung eines aufbereiteten, teerhaltigen Straßenaufbruchs wurden umfangreiche Labor- und Feldversuche über einen Zeitraum von insgesamt etwa 16 Wochen ausgeführt. Neben bodenmechanischen Standardversuchen wurden auch spezielle Einlagerungsversuche, Zertrümmerungsversuche, Warmlagerungsversuche und andere Untersuchungen ausgeführt. Aus chemischer Sicht wurden neben den Eluatkriterien des Anhang 3 der DepV auch Schadstoffe im Feststoff wie PAK und Asbest untersucht.

Die Festlegungen des Untersuchungs- bzw. Nachweiskonzeptes erfolgten unter Zugrundelegung der Vorgaben und Hinweise der BQS 3-2, der GDA E 3-12 sowie unter Hinzuziehung der Überwachungsbehörde und der ZUS AGG in Hildesheim. Die BQS und die GDA-Empfehlungen können hierbei immer nur einen Rahmen für die Nachweisführung und Untersuchungen liefern. Jeder Deponieersatzbaustoff hat seine eigene Abfallcharakteristik und auch jedes Projekt hat seine Besonderheiten. Aus diesem Grund kann es hier kein „Schema F“ für einen Eignungsnachweis geben. Die Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten, insbesondere einer sachkundigen Eigen- und Fremdprüfung, ist erforderlich, um eine sichere Eignungsbeurteilung zu gewährleisten.

So wurde in dem vorgestellten Praxisbeispiel nach der Entwicklung eines abfall- und projektspezifischen Untersuchungs-/Nachweiskonzeptes mit der eigentlichen Eignungsuntersuchung begonnen. Nach der positiven Beurteilung aller Laborergebnisse wurde dann ein erweiterter Probefeldbau auf der

Deponie ausgeführt. Im Rahmen dessen wurden sowohl vor Ort als auch im Labor weitergehende bodenmechanische und chemische Untersuchungen durch Eigen- und Fremdprüfung durchgeführt. Erst nach der Vorlage aller Untersuchungsergebnisse konnte das Material durch die Fremdprüfung und die Überwachungsbehörde abschließend positiv beurteilt und zum Einsatz als Entwässerungsschichtmaterial in der Basisabdichtung freigegeben werden.

Der Prozess der Eignungsprüfung bis zur Freigabe des Deponieersatzbaustoffes vollzog sich über einen Zeitraum von insgesamt etwa vier Monaten. Alternativ hätte auch ein natürlicher Kies eingesetzt werden können. Die Kostenvorteile durch den Einsatz des mineralischen Abfallstoffes waren aber offensichtlich groß genug, um den zeitlichen und auch finanziellen Untersuchungsaufwand zu akzeptieren. Oftmals führt aber der nur begrenzt vorhandene zeitliche Puffer zwischen der Auftragsvergabe und dem Beginn einer Baumaßnahme dazu, dass Deponieersatzbaustoffe erst gar nicht in Betracht gezogen werden. Baufirmen, Bauherren und Planer scheuen häufig den Weg, Deponieersatzbaustoffe gezielt einzuplanen, da sie mögliche Verzögerungen gerade in der Bauanlaufphase befürchten. Aufgrund der oftmals unzureichenden Vorarbeiten kommt es leider in der Tat häufig zu zeitlichen Verschiebungen zu Projektbeginn. Dennoch sollte dies niemanden davon abschrecken, sich mit dem Einsatz von Deponieersatzbaustoffen in Deponiebaumaßnahmen auseinander zu setzen.

Grundsätzlich ist der Einsatz von Deponieersatzbaustoffen in Basis- und Oberflächenabdichtungssystemen sinnvoll und auch möglich. Es muss jedoch im Vorfeld sorgfältig und mit der erforderlichen Erfahrung und Sachkunde die Eignung des spezifischen Materials auf das Projekt oder den Anwendungsfall bezogen untersucht und beurteilt werden. Bei der festgestellten Eignung des Materials sollte einem fachgerechten Einsatz dann nichts mehr im Wege stehen.

Vielleicht ist es zukünftig sinnvoll oder zielführend, die aufwendigen und zeitintensiven Eignungsprüfungen für Deponieersatzbaustoffe im Einzelfall durch grundsätzliche Eignungsbeurteilungen für einen jeweiligen Massenabfall zu ersetzen? Wer müsste dies veranlassen, die Lieferanten bzw. Produzenten von Deponieersatzbaustoffen oder die bauausführenden Unternehmen oder gar die Bauherren selber? Und wäre beispielsweise die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ in Hildesheim in der Lage, diese Beurteilungen für verschiedene mineralische Massenabfälle durchzuführen? Dies sollte diskutiert werden und dieser Beitrag soll genau dazu einen Anstoß geben.

6 Literatur

DEPV (2016): „Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV)“ vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 4. März 2016 (BGBl. I S. 382) geändert worden ist, BMUB

DIN 19667 (2015) „Dränung von Deponien – Planung, Bauausführung und Betrieb, Deutsches Institut für Normung

DIN EN ISO/IEC 17020 (2012) „Konformitätsbewertung - Anforderungen an den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen“, Deutsches Institut für Normung

DIN EN ISO/IEC 17025 (2007) „Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien“, Deutsches Institut für Normung

BQS 1-0 (2014) „Technische Maßnahmen betreffend die geologische Barriere“, LAGA Ad-hoc-AG Deponietechnik

BQS 2-0 (2014) „Mineralische Basisabdichtungskomponenten – Übergreifende Anforderungen“, LAGA Ad-hoc-AG Deponietechnik

BQS 2-3 (2014) „Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen“, LAGA Ad-hoc-AG Deponietechnik

BQS 3-1 (2013) „Mineralische Entwässerungsschichten aus natürlichen Baustoffen in Basisabdichtungssystemen“, LAGA Ad-hoc-AG Deponietechnik

BQS 3-2 (2014) „Mineralische Entwässerungsschichten in Basisabdichtungssystemen aus nicht natürlichen Baustoffen“, LAGA Ad-hoc-AG Deponietechnik

BQS 9-1 (2015) „Qualitätsmanagement - Fremdprüfung beim Einbau mineralischer Baustoffe in Deponieabdichtungssystemen“, LAGA Ad-hoc-AG Deponietechnik

GDA E 3-12 (2011) „Eignungsprüfungen mineralischer Entwässerungsschichten“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, Arbeitskreises 6.1 Geotechnik der Deponiebauwerke

GDA E 5-6 (2011) „Qualitätsüberwachung bei mineralischen Entwässerungsschichten“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, Arbeitskreises 6.1 Geotechnik der Deponiebauwerke

Deponiebaupraxis im Spannungsfeld von Bautechnik, Vorschriften und Wirtschaftlichkeit am Beispiel der Reststoffdeponie Nürnberg Süd

Jürgen Müller, Max Bögl Stiftung & Co. KG

Kurzfassung

Anhand der Oberflächenabdichtung auf der Reststoffdeponie Nürnberg Süd des Abfallwirtschaftsbetriebes Nürnberg (ASN) wird die gängige Baupraxis bei der Herstellung einer Kombinationsabdichtung vorgestellt. Nach den charakteristischen Merkmalen der Deponie wird auf die einzelnen Abdichtungselemente eingegangen. Die Einbauweise speziell der mineralischen Tonabdichtung mit darüber liegender Kunststoffdichtungsbahn und der aus drei Schichten bestehende Rekultivierungsschicht wird beschrieben. Die Geokunststoffe haben alle eine Zulassung der Bundesanstalt für Materialprüfung. Für die eingesetzten mineralischen Böden ist nach Deponieverordnung der Stand der Technik nachzuweisen. Es sind Eignungsbeurteilungen nach den Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards vorzulegen. Die Prüfungen sind sehr umfangreich und nehmen einen langen Zeitraum in Anspruch. Dies hat Auswirkungen auf die Kalkulationsphase des Projektes und es ist in Einklang zu bringen mit den gängigen Vorschriften des Abfallrechts. Im folgenden Beitrag ist dargestellt, wie das bei der vorzustellenden Maßnahme umgesetzt wurde.

1 Einleitung

Der bundeseinheitliche Qualitätsstandard im Besonderen für Mineralische Oberflächenabdichtungen BQS 5-1 und für Rekultivierungsschichten BQS 7-1 war charakteristisch für die Abwicklung der Sanierung der Reststoffdeponie Nürnberg Süd. Es galt die intensiven Forderungen nach der nutzbaren Feldkapazität mit $n_{Fk} > 140$ mm bezogen auf die Gesamtdicke der Rekultivierungsschicht und die Langzeitbeständigkeit der mineralischen Materialien nachzuweisen und in der Bauphase umzusetzen.

2 Charakteristik der Deponie Nürnberg Süd

Die Reststoffdeponie Nürnberg Süd befindet sich im Marthweg am südlichen Rand der Stadt Nürnberg im Stadtteil Königshof. Sie liegt zwischen dem Nürnberger Hafenbecken als Bestandteil des Main-Donau-Kanals im Westen und ist im Norden und Osten im Wesentlichen begrenzt durch die Autobahn BAB A 73. (Abb. 1)



Abb. 1:
Geografische Lage
Quelle: GoogleMaps

Der zu sanierende Deponieabschnitt der Kassetten A bis E liegt zwischen dem Altbereich und dem derzeitigen Verfüllabschnitt der Kasette F bis P. (Abb. 2) Vor gut zwanzig Jahren wurde dieser Abschnitt damals wie heute mit demselben Auftraggeber und dem gleichen planenden Ingenieurbüro Batke und Partner, dem heutigen Planungsbüro Lippert Ingenieure, von der Firmengruppe Max Bögl als Basisabdichtung nach den damaligen aktuellen Vorgaben der TA Siedlungsabfall ausgebaut. Eine Deponie lebt generationenübergreifend.

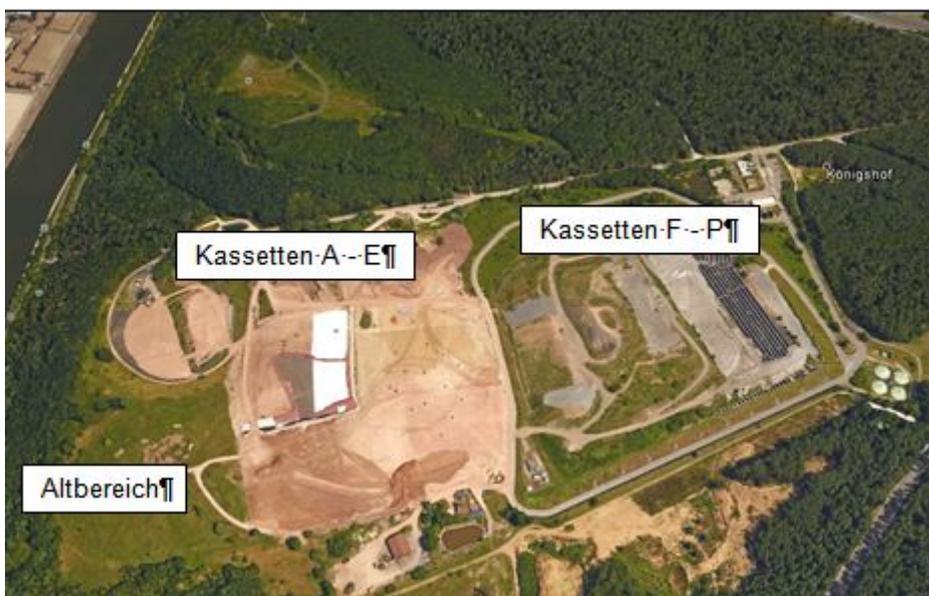


Abb. 2:
Übersichtslageplan
Quelle: GoogleMaps

Unter der Leitung des Abfallwirtschaftsbetriebes der Stadt Nürnberg (ASN) ließ nun die Stadt Nürnberg von 2014 bis 2015 auf den Deponiekassetten A bis E eine Oberflächenabdichtung der Deponieklasse II nach den Vorgaben der Deponieverordnung aufbringen. Die Kassetten umfassen eine Fläche von ca. 5,7 ha. Bis in das Jahr 1990 wurden in diesem Deponiebereich mehr als eine Million Tonnen mineralische Abfälle wie Bauschutt, Erdaushub, Asphalt und Straßenkehricht, aber auch Hausmüll der Städte Nürnberg, Schwabach und Fürth sowie aus den Landkreisen Nürnberger Land und Fürth abgelagert. Nach Beendigung der Verfüllung wurde der Deponiekörper temporär mit einer zweilagigen

mineralischen Abdichtung gesichert. Die Setzungen im Deponiekörper waren abgeklungen und das endgültige Abdichtungssystem konnte aufgebracht werden. Den Auftrag zur Erstellung der finalen Oberflächenabdichtung im Bereich der Kassetten A bis E und damit zur Renaturierung der Teilfläche erhielt nach einem umfangreichen öffentlichen Teilnahmewettbewerb mit nachfolgender beschränkter Ausschreibung die Firmengruppe Max Bögl. Als Bestandteil des Naturschutzprojektes „Sandachse Franken“ soll so zukünftig ein Rückzugsraum für seltene und bedrohte Vogelarten geschaffen werden – eine grüne Fläche für die Artenvielfalt.

2.1 Elemente und Aufbau des Abdichtungssystems

Im Zuge der Maßnahme wurde der bestehende Deponiekörper profiliert und die Gefälleverhältnisse mit einer Neigung von maximal 1:3 hergestellt. Da der Deponiekörper noch immer aktiv entgast wird, war der Einbau einer 30 cm starken gasgängigen Ausgleichsschicht aus Deponieersatzbaustoffen notwendig. Als Trenn- und Filtervlies wurde ein PEHD- Geotextil darauf verlegt. Das Dichtungssystem besteht aus einer 50 cm dicken zweilagig eingebauten mineralischen Tonabdichtung mit einer im Pressverbund darüber liegenden Kunststoffdichtungsbahn. Als Flächendrainage und gleichzeitiges Schutzsystem kam eine beidseitig vlieskaschierte Drainagebahn zum Einsatz. Im letzten Schritt erfolgte der Einbau einer dreischichtigen zwei Meter mächtigen Rekultivierungsschicht, die mit Magerrasen und flachwurzelndem Buschwerk begrünt wurde. Das bestehende Entgasungssystem wurde ertüchtigt und an zwei neu zu installierende Gassammelstationen angeschlossen. Das Oberflächenwasser wurde über Grabenmulden gefasst, in Oberflächenwasserteiche gesammelt und an die Vorflut abgegeben. Die Betriebswege und Infrastrukturmaßnahmen wurden mit dem Einbau der Rekultivierungsschicht angelegt.

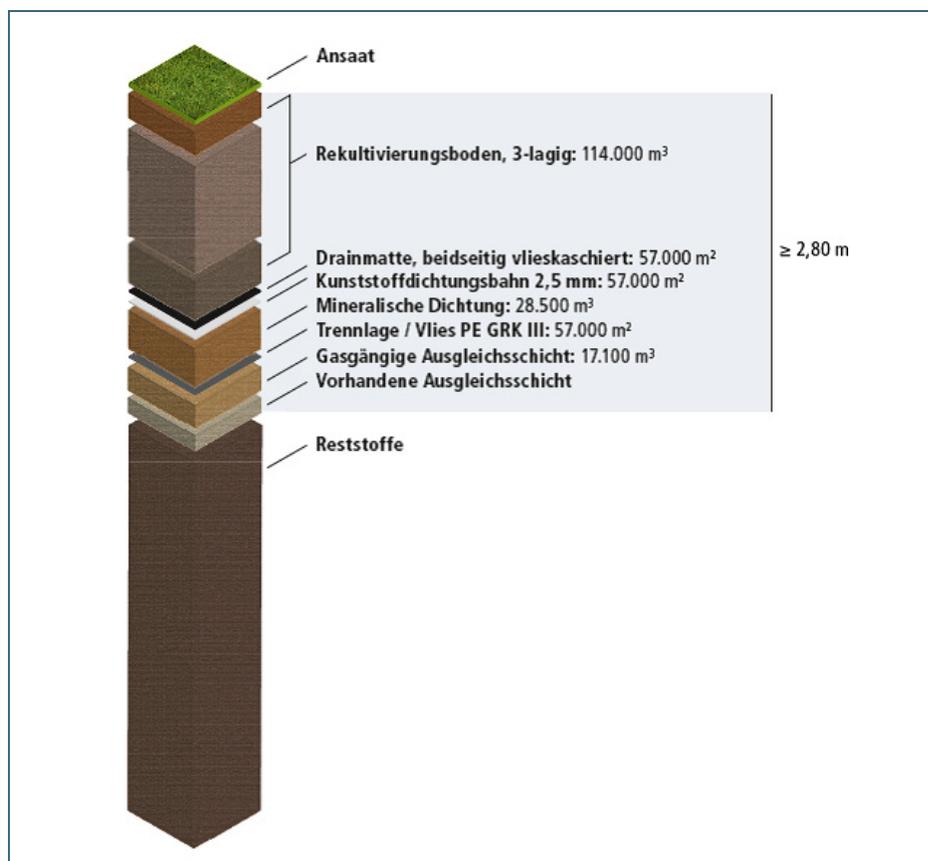


Abb. 3:
Regelaufbau der Oberflächenabdichtung
Quelle: Max Bögl

Die Rekultivierungsschicht bestand dabei aus drei Schichten mit unterschiedlichen Funktionsweisen. Der erste halbe Meter der Rekultivierungsschicht war die Übergangsschicht und sie gewährleistete Filterstabilität gegenüber der Drainagebahn und schützte diese beim weiteren Einbau der eigentlichen Rekultivierungsschicht. Diese Bewuchsschicht wurde in einer Stärke von 1,20 m bzw. 1,40 m eingebaut. Die höhere Einbaustärke kam hauptsächlich in den Böschungsbereichen zum Tragen und wurde mit einer 10 cm starken Oberbodenschicht überdeckt. Der Oberboden diente dabei einem besseren Erosionsschutz und einer schnelleren Entwicklung des Pflanzenwachstums. Vor allem in den flachen Kuppenbereichen der Deponie wurde auf die geringer mächtige Rekultivierungsschicht eine 30 cm dicke Sandschicht aufgebracht. Dies war eine Forderung des Projektes „Sandachse Franken“. Die Deponie Nürnberg Süd liegt auf der Achse Bamberg, etwa 60 km nördlich der Deponie gelegen, und Weißenburg mit einer Entfernung von ca. 50 km südlich zur Deponie. Diese Region ist auf dieser Nord-Süd-Achse seit je her durch große Sandvorkommen geprägt. Das Projekt „Sandachse Franken“ kümmert sich seit dem Jahr 2000 um den Erhalt der durch Bebauung und Sandabbau immer mehr schwindenden Sandlebensräume für die Tier- und Pflanzenwelt. Bis auf geringe Teilmengen waren sämtlich zum Einsatz kommende Bodenmaterialien von der ausführenden Firma zu liefern.

2.2 Anforderungen an die einzubauenden Materialien

Das Abdichtungssystem besteht aus polymeren und mineralischen Abdichtungskomponenten. Als Geokunststoffe kamen ausschließlich BAM- zugelassene Produkte entsprechend den Vorgaben der Deponieverordnung DepV zum Einsatz. Die Forderungen der DepV, Anhang 1, Absatz 2.1 nach dem Stand der Technik waren erfüllt. Zur Erhöhung des Reibungsverhaltens war eine 2,5 mm dicke beidseitig sandraue Kunststoffdichtungsbahn KDB als zweites Dichtungselement gefordert. Für die mineralischen Materialien musste entsprechend der DepV der Nachweis nach den strengen Kriterien der Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards BQS im Rahmen der Eignungsprüfungen geführt werden. Dies waren für die Rekultivierungsschicht die Anforderungen nach BQS 7-1 und für die mineralische Tonabdichtung die Anforderungen nach BQS 5-0 und 5-1. Die Anforderung an den Stand der Technik umfasst hierbei die 100-jährige Langzeitbeständigkeit der einzelnen Schichtelemente und des Gesamtsystems. Zusätzlich unterlag das Tonmaterial noch den Vorgaben aus dem LfU-Deponie-Info-Merkblatt 1 für „Mineralische Deponieabdichtungen“, das im Wesentlichen dem früheren Anhang E der TA Abfall bzw. TA Siedlungsabfall entspricht. Die gasgängige Ausgleichsschicht musste den Zuordnungskriterien DK 0 der DepV, Anhang 3, Tabelle 2, Spalte 5 genügen und gemäß BQS 4-1 geprüft sein. Die Verlegung und der Einbau von Rohren, Schächten und Bauteilen aus PE- Kunststoffen unterlagen dem BQS 8.1. Die Firmengruppe Max Bögl war mit eine der ersten Firmen, die nach BQS 8.1 zertifiziert wurden. In der nachfolgenden Abb. 4 sind die Hauptkriterien der einzelnen Dichtungselemente nochmal zusammengefasst dargestellt.

Schicht	Dicke	
Rekultivierungsschicht nach BQS7-1 (bestehend aus verschiedenen Schichten)	≥	200 cm
Dränmatte mit Schutzfunktion für Kunststoffdichtungsbahn mit BAM-Zulassung	ca.	1 cm
Kunststoffdichtungsbahn (KDB) mit BAM-Zulassung		0,25 cm
Mineralische Dichtung, bestehend aus 2 Lagen je ≥ 25 cm, $k_f \leq 5 \text{ E-}10 \text{ m/s}$ bei $i = 30$, $D_{Pr} \geq 95 \%$, $w_{Pr} < w$, nach BQ5-1 und Deponie-Info-Merkblatt 1	≥	50 cm
Geotextil als Trenn- und Filtervlies, PEHD, Flächengewicht ≥ 300 g/m ² , mit BAM-Zulassung	ca.	0,5 cm
Ausgleichsschicht, gasgängig, $k_f \geq 1 \text{ E-}4 \text{ m/s}$, CaCO₃-Gehalt ≤ 30 Gew.-% nach BQS4-1	≥	30 cm
Profilierungsschicht (vorhandene Bodenabdeckung)	≥	20 cm
Dicke des Gesamtaufbaus	≥	302 cm

Abb. 4: Übersicht der Qualitätsanforderungen
Quelle: Lippert Ingenieure

Die Böden für die Rekultivierungsschicht mussten die Zuordnungskriterien gemäß DepV, Anhang 3, Tabelle 2 erfüllen. Das Material für die Sandachse sollte dabei einen pH- Wert von < 6 haben, also abweichend von den geforderten Werten der Tabelle 2 von pH = 6,5 bis 9. Zudem sollte es sich um einen Quarzsand ohne Überkorn mit einem Feinkornanteil < 10 % handeln. Die Übergangs- und Schutzschicht auf der Drainmatte musste im vorgegebenen Körnungsband aus deren BAM- Zulassung liegen und die Filterstabilitätskriterien erfüllen. Die Schutzschicht musste eine höhere Durchlässigkeit als die darüber liegende Schicht aufweisen, um keinen Wassereinstau im System zu bekommen und somit die Standsicherheit nicht zu gefährden.

2.3 Einbau der Oberflächenabdichtung

Die Kassetten A bis E der abzudichtenden Fläche von ca. 57 000 m² sind in Nord-Süd- Richtung angelegt. Die Einbauabschnitte bewegten sich von Nordwesten aus beginnend im Uhrzeigersinn Richtung Osten und weiter an der Südflanke in Richtung Westen. Die Verlege- und Einbaurichtung erfolgte entlang der Böschungfalllinie. Die Größe der Einbaufelder gestaltete sich abhängig von der Witterungslage und wurde im Wesentlichen bestimmt durch die Verlegeleistung der Kunststoffdichtungsbahn. Eine ursprünglich geplante feste Einteilung in Sektoren erfolgte deshalb nicht.

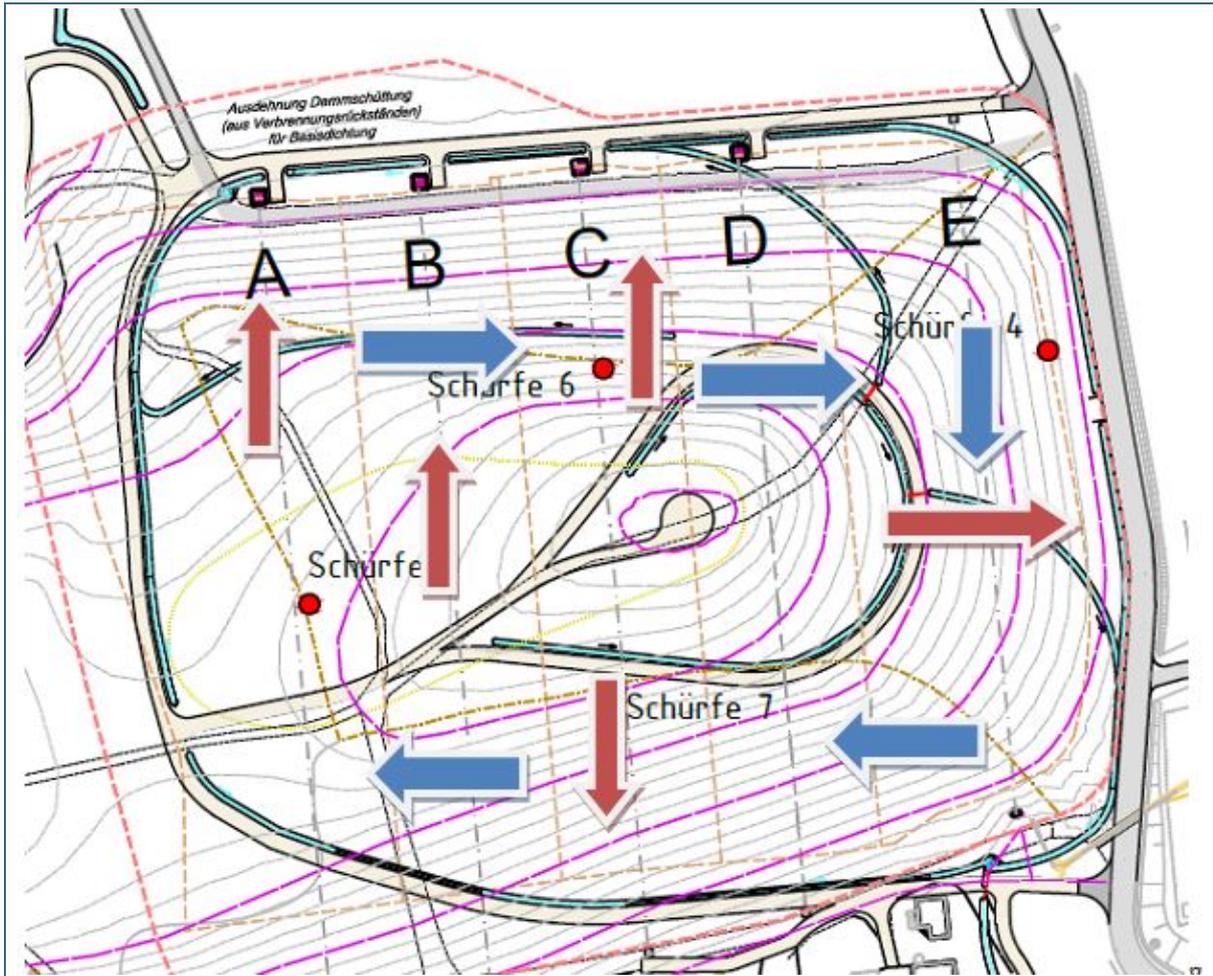


Abb. 5: Verlege- und Einbaurichtung

Vor Beginn des Dichtungsbaus wurden die Einbauverfahren und die Materialqualität in einem Probe-feld nachgewiesen und von den Fremdprüfern und Behörden freigegeben. Die einzelnen Dichtungs-elemente mussten beim flächigen Einbau an der Flanke von Nordwesten bis Nordosten über den Hochpunkt gezogen werden. Damit war ein Wasserabfluss außerhalb des momentanen Bau-feldes gewährleistet und Unterläufigkeiten unter die Abdichtung konnten verhindert werden.

Vor Beginn der Arbeiten wurde ein digitales Geländemodell erstellt und so aufbereitet, dass alle not-wendigen Erdbaugeräte über Satellit GPS- gesteuert werden konnten. Das Global Positioning System (GPS) bietet weltweit eine genaue Positionsbestimmung rund um die Uhr und arbeitet unabhängig von klimatischen Bedingungen (Regen, Sonne, Kälte, Nebel), wobei Abschattungs-bereiche die Funktionalität einschränken können. Das Zusammenspiel von Basisstation und Empfänger (Rover) an den Baumaschinen gewährleistet Genauigkeiten im cm- Bereich. Der Einsatz einer vollautomatischen Steuerung reduzierte den hohen vermessungstechnischen Aufwand für die Absteckung der verwun-denen Flächen. Für die einzelnen Schichten mussten Mindesteinbaustärken eingehalten werden. Durch den gesteuerten Einbau konnte besonders für die mineralische Tonabdichtung ein schonender Schichtstärkennachweis geführt werden, der nur punktuell durch Aufgrabungen kontrolliert wurde. Zu-sätzlich gewährleistet diese Technik einen schnelleren und somit wirtschaftlicheren Einbau.



Abb. 6: GPS- Steuerung, Quelle: Max Bögl

Im Folgenden wird der Einbau der Kombinationsdichtung und der Rekultivierungsschicht näher betrachtet. Als Tonmaterial für die erste Dichtungskomponente kam ein Feuerletten aus einer nahegelegenen Tongrube zum Einsatz. Es handelt sich hierbei um Tone des Oberen Keuper mit einem hohen Tonanteil von > 60 %. Die Aufbereitung des Materials auf die geforderte Korngröße von $d < 32$ mm und die Einstellung des Einbauwassergehaltes erfolgte in der Tongrube. Das einbaufähige Dichtungsmaterial wurde mit Sattelzügen zur Einbaustelle geliefert. Die Tonabdichtung wurde zweilagig auf dem Trenn- und Filtervlies über der gasgängigen Ausgleichsschicht mit GPS- gestützten Schubraupen eingebaut. Die Verdichtungsarbeit leisteten böschungstaugliche Schafffußwalzen. Die einzelnen Lagen wurden einige Zentimeter überhöht eingebaut, um genügend Puffer für die Einhaltung der Schichtstärke, als Witterungsschutz und für die Herstellung eines ebenflächigen Planums zu haben.



Abb. 7: Einbau mineralische Tonabdichtung
Quelle: Max Bögl

Nach der Freigabe der mineralischen Abdichtung durch die Fremdprüfung Geotechnik, die das Ingenieurbüro IFB Eigenschenk GmbH innehatte, und des Feinplanums durch die Fremdprüfung Kunststoff des TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH erfolgte die Verlegung der Kunststoffdichtungsbahn im Pressverbund mit der Tonabdichtung. Die Überlappnähte wurden im Heizkeilschweißverfahren verfügt. Durch den Einsatz der Satellitensteuerung konnten zur Kontrolle die Abschlussbahnen einzelner Abschnitte mit dem GPS- Handrover aufgenommen werden und bildeten so die Grundlage und die notwendige Lagegenauigkeit für den zu erstellenden Verlegeplan. Als Flächendrainage und Schutzlage für die Kunststoffdichtungsbahn wurde zeitnah das Drainelement verlegt. Die Drainbemessung und die hydraulische Filterwirksamkeit wurden mit den eignungsgeprüften Böden durchgeführt. Die stein-

freie Übergangs- und Schutzschicht wurde auf der Drainmatte etwa 0,20 m stark unter Einsatz eines Raupenbaggers nach der kurzfristigen Freigabe der Fremdüberwachung vorgelegt. Unter Berücksichtigung der Tagestemperaturen und der engen Abstimmung mit den beiden fremdüberwachenden Büros vor Ort konnte somit einer Wellenbildung in den polymeren Dichtungselementen entgegengewirkt werden. Danach erfolgte der Einbau auf die volle Schichtstärke von 50 cm. Der eigentliche Rekultivierungsboden mit einer Mächtigkeit von 1,20 m bzw. 1,40 m wurde mit einer Schubraupe im Vorkopfeinbau eingebracht. Es wurden überhöhte Einbautrassen als Fahrwege angelegt, um das Material an die Einbaustelle transportieren zu können. Die Schubraupe war wegen der geringeren Bodenpressung mit einem Moorlaufwerk ausgestattet und beförderte das Material über die Einbaukante auf die vorgegebene Schichtstärke. Durch diese Einbaumethode konnte der Boden unverdichtet und in möglichst lockerer Lagerung unter Einhaltung der nutzbaren Feldkapazität und Luftkapazität eingebaut werden. Bodenschadverdichtungen konnten ausgeschlossen werden. Zur Herstellung der Schichtstärke für die Rekultivierungsschicht musste der lockere Einbau mitberücksichtigt werden. Die mittlere Bewuchsschicht wurde mit etwa 15 cm Überhöhung eingebaut. Damit wurden die erfahrungsgemäß im Bereich von etwa 10 % zu erwartenden Setzungen ausgeglichen. Die genehmigungsrechtlich geforderte endgültige Einbaustärke wurde eingehalten. Dieselbe Schubraupe verteilte flächig als letzte Schicht den Oberboden und den Sand in den Bereichen des Magerstandortes für die „Sandachse Franken“. Der schluffige Boden, der unverdichtete Einbau und die Oberbodenschicht boten einen guten Erosionsschutz bis zur Ansaat und flächigen Verwurzelung. Alle Dichtungskomponenten wurden sukzessive aufgebracht und zeitnah nach den erteilten Freigaben mit den nachfolgenden Elementen überbaut. Da es sich bei den mineralischen Böden um sehr homogenes Material handelte, hatten die Einbautrupps vor Ort die Sicherheit, eine konstante Einbauqualität mit kontinuierlichem Baufortschritt gewährleisten zu können.

3 Eignungs- und Einbauprüfungen nach BQS

Im Falle des vorbeschriebenen Projektes wollte der Deponiebetreiber und Bauherr absolute Material-sicherheit hinsichtlich Verfügbarkeit und Qualität haben. Er hat sich gemeinsam mit den beratenden Ingenieurbüros und in enger Abstimmung mit Genehmigungs- und Fachbehörden für einen öffentlichen Teilnahmewettbewerb entschieden. Es wurde ein umfangreiches Prüfprogramm speziell für die Bearbeitung nach BQS 5-0 und 5-1 sowie nach BQS 7-1 erstellt. Für die Durchführung der Eignungsprüfungen wurde in weiser Voraussicht ein Zeitraum von sechs Monaten angesetzt. In der Zeit galt es für die interessierten Anbieter den Prüfumfang abzuarbeiten. Die Zeitspanne wurde dringend benötigt. Es ist anzumerken, dass zum damaligen Zeitpunkt die Lockerungen hinsichtlich Luftkapazität und fachgutachterlicher Beurteilung im BQS von 2016 noch nicht relevant waren. Es musste eine Menge von ca. 30 000 m³ Ton und ca. 100 000 m³ Rekultivierungsboden zur Verfügung stehen. Grundsätzlich ist anzumerken, dass es sich bei einigen Versuchen um sehr langwierige Versuchsdurchführungen handelt, gerade was die Nachweisführung zur Langzeitbeständigkeit oder die versuchstechnische Bestimmung der nutzbaren Feldkapazität im Labor anbelangt. Die gasgängige Ausgleichsschicht mit dem Nachweis nach BQS 4-1 wird hier nicht näher betrachtet, da es zunächst als natürliches Hartgestein vorgesehen war. Letztendlich kam zwar der in einer Alternativposition vorgesehene Gleisschotter zum Tragen, aber um die Zuordnungswerte DK 0 nach DepV einhalten zu können, musste das Material abgesiebt werden. Dadurch handelte es sich um reines Hartgestein, bei dem aufgrund von Erfahrungswerten und nach Abstimmung mit den Behörden auf den Nachweis der Langzeitbeständigkeit verzichtet werden konnte.

3.1 Ton für Mineralische Abdichtung

Das Material für die Mineralische Dichtung musste aus natürlichen Vorkommen gewonnen werden. Deponieersatzbaustoffe kamen dafür nicht in Frage. Dies war aber auch dem geschuldet, dass in Bayern und besonders im nordbayerischen Raum zahlreiche Tonlagerstätten zur Verfügung stehen. Die Eignungsprüfung wurde für den momentanen Abbaubereich der Tonlagerstätte erstellt. Da es sich um ein relativ homogenes Vorkommen handelt, lässt sich die Eignungsprüfung problemlos und mit geringerem zeitlichem Aufwand auf neue Abbaufelder ergänzen. Der Vorteil war, dass die komplette Lagerstätte bereits nach den Kriterien des Anhanges E der damals gültigen TA Siedlungsabfall eignungsgeprüft war und schon seit mehr als zwei Jahrzehnten Erfahrungswerte für dieses Material vorlagen. Das kam auch den Einbautrupps vor Ort zu Gute. Es genügte für den Polier, wenn er in einer einfachen Mikrowelle den optimalen Einbauwassergehalt bestimmte. Bei ansonsten gleichbleibenden Einbaukriterien hatte er die Sicherheit für die Einhaltung und Gewährleistung der Qualität. Das Risiko beim Weiterbau und bei der Abnahme durch die Eigen- und Fremdprüfung war gering. Bei einem Einsatz von Deponieersatzbaustoffen wäre diese Sicherheit nicht gegeben gewesen. Alleine die zeitaufwendigen Eignungsprüfungen hätten dies unmöglich gemacht. Es sei denn, im Vorfeld hätte eine ausreichende und homogene Menge zur Verfügung gestanden.

3.2 Rekultivierungsschicht

Wie bereits beschrieben bestand die Rekultivierungsschicht aus drei Schichten. Die eigentliche Rekultivierungsschicht war die mittlere 1,20 m bis 1,40 m starke Bewuchsschicht. Der Boden für diese Schicht musste die Kriterien des BQS 7-1 erfüllen. Auch hier konnten die Gesamtmassen des Materials aus einer Lagerstätte bzw. einem Zwischenlager gewonnen werden. Nach dem damaligen Stand des BQS war es nicht möglich ein zeitnahes, effektives und qualitätssicheres Stoffstrommanagement zu betreiben. Durch die vorteilhaften geologischen Voraussetzungen im Nürnberger Raum mit dem anstehenden sandig-schluffigen Felssand aus dem Buntsandstein war eine ausreichende Bodenverfügbarkeit gegeben. Trotzdem waren wieder einige Monate bis zur Fertigstellung der Eignungsprüfungen notwendig. Sehr zeitraubend waren der Nachweis der Langzeitbeständigkeit und die labortechnische Bestimmung der nutzbaren Feldkapazität. Es lagen homogene Böden vor, die fast ausschließlich in die Kategorie A nach BQS 7-1 einzuordnen waren. Durch die hohe Qualität der regional anstehenden Böden war für den Einbau eine große Sicherheit zur Einhaltung der Qualitätskriterien gegeben. Die Laborprüfungen zur Bestimmung der nutzbaren Feldkapazität sind sehr langwierig. Das lag zum einen an der Dauer der Versuchsdurchführung, zum anderen sind die Laborgeräte bei der Vielzahl der Prüfungen auf längere Sicht hin ausgelastet. Die Hilfsbeurteilung über die Sieblinie und Ermittlung der nutzbaren Feldkapazität nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5 ergab bei den Böden der Kategorie A eine hohe Einbausicherheit. Vorteilhaft wirkte sich zudem die mit 1,20 – 1,40 m mächtige Einbaustärke aus, die damit dicker war als der geforderte Wert von mindestens einem Meter aus der DepV. Das ergab einen zusätzlichen Puffer für die Einhaltung der Werte. Der Einbaufortschritt wurde durch die Prüfungen nicht gebremst und das Risiko des eigenverantwortlichen Weiterbaus minimiert. Bei Böden der Kategorie B können durchaus erhebliche Unterschiede zwischen beiden Prüfverfahren bestehen. Aus Erfahrungswerten kann gesagt werden, dass bei unterschiedlichen Böden einmal die Prüfung nach KA 5 positivere Werte und andern Mals die Laborprüfung die besseren Werte für die nutzbare Feldkapazität lieferte. Das ist für die Praxis vor Ort mit gewaltigen Unsicherheiten verbunden und es sind zwangsläufig die langen Zeiträume abzuwarten, bis die Laborergebnisse vorliegen.

4 Auswirkungen auf die Kalkulation

Deponiebau- und Deponiesanierungsmaßnahmen werden vornehmlich von öffentlichen Auftraggebern ausgeschrieben. Es darf nach VOB/A selbst bei Dringlichkeit eine Bearbeitungsfrist von zehn Tagen nicht unterschritten werden. Im Regelfall stehen nach Eingang der Ausschreibung zwei bis vier Wochen zur Verfügung. Der im Vorfeld beschriebene umfangreiche und langwierige Prüfungsaufwand ist in dieser Zeit nicht zu bewältigen. Das bedeutet für die Kalkulation, dass gerade bei Bodenmaterialien und Deponieersatzbaustoffen immer eine gewisse Unsicherheit bleibt. Die Marktsituation kann sich zwischen der Angebots- und Auftragsphase speziell bei den mineralischen Stoffströmen, wo es zum Teil um enorme Zuzahlungen geht, gänzlich verändern. Das Risiko dafür trägt der Bieter. Im vorliegenden Fall stand das Material aufgrund der aufwendigen und vorab geforderten Eignungsprüfungen fest. Damit waren die Material- und Frachtkosten für die Preisbildung vorgegeben. Es war in der Ausschreibung eine Einbaustärke gefordert, die nach Abklingen der Setzungen eingehalten werden musste. Durch die genaue Kenntnis des Bodens, war die faire Möglichkeit gegeben, den Mehreinbau mit einzukalkulieren. Der Bauherr hat mit dieser Ausschreibungsform entsprechend der VOB/A zu erkennen gegeben, dass es sich wegen der Eigenart der Leistung bei der Bearbeitung des Angebotes um einen außergewöhnlich hohen Aufwand handelt. In der nachfolgenden Abb. 9 sind die Vor- und Nachteile aufgeführt, die jedoch keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit haben.

Tab.: Tabellarische Gegenüberstellung

Vorteile	Nachteile
Zuverlässige Materialverfügbarkeit entsprechend den rechtlichen Vorgaben für Bauherr und ausführende Firma	Verwendung von Rohstoffquellen
gleichbleibende Materialqualität	kein Stoffstrommanagement und Verwertungsmöglichkeiten während der Bauzeit
Kostensicherheit für AG und AN entsprechend der Auftragssumme	kaum Zuzahlungen für Deponieersatzbaustoffe möglich
Unabhängigkeit von der jeweiligen Marktsituation bei Stoffströmen	dadurch möglicherweise höhere Angebotskosten
Einhaltung der geplanten Bauzeit	geringere Bieterzahl
dadurch fixe Kosten für Bauleitung und Fremdprüfer	
Sicherheit bei der Einbauqualität	

5 Diskrepanz zwischen den Rechtsvorschriften

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz KRWG fordert in seiner fünfstufigen Hierarchie, dass Abfälle vorrangig zu vermeiden und zu verwerten sind. Erst an letzter Stelle steht die Beseitigung. Deponiebaumaßnahmen waren und sind immer noch gängige Verwertungsmöglichkeiten bei der Herstellung von Trag- und Ausgleichsschichten und bei Rekultivierungsschichten. An günstigen Standorten können sogar geeignete Böden für mineralische Abdichtungen anfallen. Die Deponieverordnung fordert, wie im vorangegangenen Bericht ausführlich dargestellt, für die Abdichtungskomponenten einen Stand der Technik. Für nichtpolymere Systeme kann dies durch eine länderspezifische bundeseinheitliche Eignungsbeurteilung BQS erbracht werden. Zudem sind die Mindesteinbaustärken definiert, wie zum Beispiel für die Rekultivierungsschicht ein Minimum von einem Meter. Ein funktionierendes Stoffstrommanagement berücksichtigt zeitliche und räumliche Puffer. Doch ist es kaum möglich bei Baumaß-

nahmen, auf denen mineralische Abfälle zur Verwertung anfallen, den dortigen Projektbeteiligten zuzumuten, das Material bis zum Vorliegen einer BQS- Eignungsbeurteilung zwischenzulagern. Es entstehen Zwangspunkte zwischen den Projekten. Die Anfallstelle muss aus Zeit- und Platzgründen die Verwertung vorantreiben, die Einbaustelle darf das Material aber wegen fehlender Freigaben noch nicht annehmen. Im schlimmsten Fall steht das eignungsgeprüfte Material nicht mehr zur Verfügung. Teilweise müssen dann weitere Transportwege mit in Kauf genommen werden, was weder ökologisch noch ökonomisch vertretbar ist. Problematisch gestalten sich ebenso die unterschiedlichen Prüfverfahren bei der Erstellung der Schadstoffanalysen. bei vielen Ausschreibungen basieren die Entsorgungspositionen noch auf den Zuordnungswerten der LAGA M 20. Diese wird aber in den Bundesländern durch eigene Verwaltungsvorschriften oder wie in Bayern durch das Eckpunktepapier ersetzt bis die Mantelverordnung und damit die Ersatzbaustoffverordnung bundeseinheitlich in Kraft tritt. Die Probenahme nach LAGA PN 98 ist einheitlich geregelt, die Probenaufbereitung wird aber in den verschiedenen Vorschriften unterschiedlich gehandhabt. Hier gilt es die Gesetzeslage kompatibel zu machen und praktikable Lösungen herbeizuführen. Der Verfasser möchte sich nicht anmaßen zu behaupten, dass diese Unwegbarkeiten einer der Gründe waren, warum bei oben beschriebener Maßnahme im Vorfeld höchster Wert auf Materialsicherheit gelegt wurde.

6 Zusammenfassung und Anregungen

Die Anwendung des BQS und eine Möglichkeit der praktischen Umsetzung wurde am Beispiel der Oberflächenabdichtung der Reststoffdeponie Nürnberg Süd dargestellt. Der Bauherr hat sich mit dem planenden Ingenieurbüro und den Behörden anhand des Qualitätsmanagementplanes ein Prüfprogramm erarbeitet. Für die Ausführung ist es von wesentlichem Vorteil, wenn bereits in der Planungsphase die Materialverfügbarkeit und die Qualität der regional anstehenden Böden geprüft werden. Als besonders günstig hat sich die höhere Einbaustärke der Rekultivierungsschicht erwiesen. Damit war die Einhaltung der geforderten Werte kein Problem. Aus Sicht eines bauausführenden Unternehmens sollte die Beurteilung der Prüfergebnisse praxisbezogen erfolgen. Es sollten nicht blanke Zahlenwerte, sondern die Funktionalität des Gesamtsystems im Vordergrund stehen. Eine enge und vertrauensvolle Zusammenarbeit unter allen Beteiligten ist für einen zufriedenstellenden und umweltfreundlichen Abschluss des Bauvorhabens unerlässlich.

Musterimmissionsprognose (Asbest) für DK I-Deponien

Walter Grotz, Müller-BBM GmbH

MÜLLER-BBM

Inhalt

- Veranlassung
- Aufbau des Teil I (Grundlagen) der Musterimmissionsprognose
- Aufbau des Teil II der Musterimmissionsprognose
- Auszug aus den Grundlagen der Musterimmissionsprognose
- Auszug aus der Musterimmissionsprognose
- Fazit



Veranlassung

- Regelmäßig Genehmigungsverfahren (Planfeststellung) für DK I-Deponien mit vielen Einwendungen
- Keine Methoden über Emissionen und tatsächliche Gefährdung der Anwohner im Regelbetrieb und bei Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs
- Wunsch des LfU nach Standardisierung

→ "Mustervorlage für eine Immissionsprognose an einer derzeit üblichen Deponie der Klasse I"

Aufbau der Musterimmissionsprognose

- Zwei Teile
 - Teil I: Grundlagen der Ermittlung von Emissionen und Immissionen aus Deponien
 - Teil II: Immissionsprognose für eine Musterdeponie

(zusätzlich Beschreibung eines Versuchsaufbaus zur Ermittlung der Faserfreisetzung bei Platzen eines Asbestsackes)

MÜLLER-BBM

Teil I: Grundlagen (wesentliche Kapitel)

- Potentielle Emissionen bei Deponien
 - Deponiegasemissionen (CO₂ und CH₄ aus Organik, stark rückläufig)
 - Geruchsemissionen (seit 2005, i. d. R. kein großes Thema)
 - Staubemissionen (Arbeitsvorgänge, Fahrbewegungen, Winderosion)
 - Emissionen von Stickstoffoxiden
 - KMF- und **Asbestfaseremissionen**
 - Einfluss der Abfallart und der Anlagentechnik auf Art und Höhe der Emissionen

Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

5

MÜLLER-BBM

Teil I: Grundlagen (wesentliche Kapitel)

- Berechnung der Immissionen durch Ausbreitungsrechnung
 - **Regulärer Betrieb**
 - **Sonderfallbetrachtung – Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebs**
- Standortfaktoren
 - Deponietypische Eigenschaften beachten (Mulde, Einbauabschnitte,...)!
 - Kaltluft: Betrieb tagsüber → i. d. R. untergeordnet

Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

6

Teil II: Immissionsprognose für eine Musterdeponie (wesentliche Kapitel)

- **Beurteilungsgrundlagen**
 - **Asbest**
 - **Staub**
- Örtliche Verhältnisse
- Meteorologische Verhältnisse
- Anlagenbeschreibung
- **Schadstoffe und emissionsrelevante Vorgänge**

Teil II: Immissionsprognose für eine Musterdeponie (wesentliche Kapitel)

- Abschätzung der Emissionen für Luftschadstoffe
 - Staubemissionen aus dem Umschlag
 - Staubemissionen aus der Abwehung
 - Emissionen aus dem Fahrverkehr
 - Emissionsabschätzung für Asbestfasern
 - Zusammenfassung und Beurteilung der Emissionen
- Immissionsprognose
 - ...
 - **Sonderfallbetrachtung Asbest**

MÜLLER-BBM

Teil II: Immissionsprognose für eine Musterdeponie (wesentliche Kapitel)

- Darstellung und Bewertung der Ergebnisse
 - Zusatzbelastung an Asbestfasern im Regelbetrieb
 - Vor- und Gesamtbelastung
 - Sonderfallbetrachtung Asbest-Faserimmissionen im nicht bestimmungsgemäßem Betrieb

Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

9

MÜLLER-BBM

Grundlagen: Beurteilungswerte

Staub

- Immission: Nr. 4.2 TA Luft (I_{JW} 40 µg/m³, I_{TW}: 50 µg/m³) und 4.3 TA Luft
- Arbeitsplatzgrenzwert: A-Staub: 1,25 mg/m³
E-Staub: 10 mg/m³
- Diskrepanz: Regelung für benachbarte staubexponierte Arbeitsplätze?
- Vorschlag Müller-BBM: I_{JZ} Irrelevanzkriterium **37,5 µg/m³** = 3,0 % des Immissionswertes für Schwebstaub PM₁₀ bei einem AGW von 1,25 mg/m³.

Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

10

Grundlagen: Definitionen

- Asbest (griech: *asbestos* = „unvergänglich“).
 - Gruppe natürlicher silikatischer Minerale mit charakteristischer feinfaseriger Struktur, z. B. Aktinolith; Amosit; Anthophyllit; Chrysotil; Krokydolith; Tremolit
 - kritische Fasern („WHO-Fasern“) **lungengängige** Fasern mit einer Länge $< 250 \mu\text{m}$ und:
 - Länge $> 5 \mu\text{m}$
 - Durchmesser $< 3 \mu\text{m}$
 - Verhältnis von Länge zu Durchmesser größer 3 : 1
- „Asbestose“
- vs. „künstlich erzeugten Mineralfasern“ (KMF)

Grundlagen: Unterschied Asbestfaser/KMF

Eigenschaft	Asbestfasern	KMF
Faserbrüche	Längsspaltung der Minerale erzeugt lungengängige Fasern (0,1 – 3 μm)	i. d. R. keine Längsspaltung der Fasern, Brüche erfolgen quer zur Längsachse
Verweildauer in der Lunge	100 Jahre	„alte Mineralwolle“ 150 – 200 Tage „neue Mineralwolle“ < 20 Tage
Faserabmessung	Chrysotil (längsspaltbare Hohlfasern): 2 – 4 μm Massivfaser-Asbeste: 0,1 – 0,2 μm	3 – 8 μm (Median ca. 4 – 5 μm) herstellungsbedingt z. T. variierender Anteil

MÜLLER-BBM

Grundlagen: Abfallarten, die Asbest enthalten

Abfallschlüssel	Abfallbezeichnung nach AVV
06 07 01*	asbesthaltige Abfälle aus der Elektrolyse
06 13 04*	Abfälle aus der Asbestverarbeitung ^[1]
10 13 09*	asbesthaltige Abfälle aus der Herstellung von Asbestzement ^[1]
15 01 11*	Verpackungen aus Metall, die eine gefährliche feste poröse Matrix (z. B. Asbest) enthalten, einschließlich geleerte Druckbehälter
15 02 02*	Aufsaug- und Filtermaterialien (einschließlich Ölfilter a. n. g.), Wischtücher und Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind.
16 01 11*	asbesthaltige Bremsbeläge
16 02 12*	Gebrauchte Geräte, die freies Asbest enthalten
16 02 15*	aus gebrauchten Geräten entfernte gefährliche Bestandteile ^[2]
17 06 01*	Dämmmaterial, das Asbest enthält
17 06 05*	asbesthaltige Baustoffe

^[1] Entfällt, da in Deutschland die Herstellung und Verarbeitung von Asbest verboten ist
^[2] mit Anmerkung „asbesthaltig“

Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

13

MÜLLER-BBM

Grundlagen: Abschätzung der Asbestemissionen

Anlieferung, Einbau der asbesthaltigen Abfällen in die Deponie richtet sich nach den Anforderungen

- Gefahrgutverordnung (Transport),
- der DepV,
- der TRGS 519, und der
- LAGA-Vollzugshilfe zur Entsorgung asbesthaltiger Abfälle M23

→ Vorsichtige Handhabung, Verpackung: i. d. R. kein Faseraustritt.

Aber: Undichtigkeiten, Beschädigungen unvermeidbar

Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

14

Grundlagen: Abschätzung der Emissionshöhe

Regelbetrieb

Annahme: Entweichen von 5 l faserhaltiger Abluft aus einem Big Bag (je Umschlagvorgang)

Faserkonzentration?

3 Grundlagen

1. Analyse von Asbestgestein: 5.000 F/mg faserhaltiger Staub; konservativ: 50.000 F/mg
2. Rohgaskonzentration in der Abluft von Kanalballenpressen für KMF: 250.000 F/m³
3. Faserkonzentration von 150.000 F/m³, die gemäß TRGS 519 (i. d. F. 2007) bei Arbeiten an Asbestzementprodukten erwartet wird

→ Faserkonzentration **250.000 F/m³ / 50.000 F/mg Staub**

Grundlagen: Abschätzung der Emissionshöhe

Regelbetrieb: Entweichen von 5 l faserhaltiger Abluft aus einem Big Bag

→ Faserkonzentration **250.000 F/m³ * 5 l = 1,25 * 10³ F/Ereignis**

Störung (Platzen eines Big Bags): Entweichen der gesamten freien faserhaltigen Abluft aus einem Big Bag:

Annahme **2 g Staub (Volumen ist sehr unterschiedlich)**
50.000 F/mg > 1 x 10⁸ Fasern/Ereignis

MÜLLER-BBM

Grundlagen: Beurteilungswerte für Asbestfasern und KMF

- LAI (2004):
 - IJW 220 F/m³; Irrelevanz: 3,0 % (6,6 F/m³)
 - (Hintergrundkonzentration: 88 – 150 F/m³)
- Zum Vergleich Innenraumwerte:
 - TRGS 519: 500 F/m³ nach Sanierung
 - Ehem. BGA: 1.000 F/m³
- AGW nach TRGS 519: 10.000 F/m³ (= Müller-BBM-Vorschlag für Spitzenwertbegrenzung (ISZ; ITZ))
- KMF: 500 F/m³ (Irrelevanz 15 F/m³) basierend auf TRGS 521 mit AGW 50.000 F/m³

Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

17

MÜLLER-BBM

Grundlagen: Spitzenimmissionswerte bei Aufplatzen eines Big Bags

- Annahmen:
 - 10⁸ Fasern (Volumenquelle 3 m x 3 m x 3 m)
 - Keine Sedimentation/keine Deposition
- Zwei Szenarien
 - Ungünstigstes Szenario: Windgeschwindigkeit 1 m/s, stabile Ausbreitungsklasse (I)
 - Durchschnittliches Szenario: Windgeschwindigkeit 2,5 m/s, neutrale Ausbreitungsklasse (III/1)
- bei jeweils vier Rauigkeitslängen

Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

18

Grundlagen: Aufplatzen eines Big Bags - Kurzzeitwerte

Prognostizierte Faseranzahl (Halbstundenmittel) am Immissionsort in Abhängigkeit der Rauigkeitslänge und der Entfernung des Immissionsortes

		Entfernung Immissionsort [m]										
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000	
Rauigkeitslänge [m]	0,1	1.184	676	478	357	297	252	217	188	167	151	Ungünstiges Szenario
	0,2	832	484	295	218	174	147	127	109	96	86	
	0,5	334	186	110	79	63	53	46	39	34	30	
	1,0	102	51	34	24	20	17	14	12	11	10	
		Entfernung Immissionsort [m]										mittleres Szenario
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1.000	
Rauigkeitslänge [m]	0,1	138	59	34	21	15	12	10	8	6	6	
	0,2	121	49	27	17	12	10	7	6	5	4	
	0,5	59	25	14	9	7	5	4	3	3	2	
	1,0	21	9	6	4	3	2	2	2	1	1	

Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

19

Musterimmissionsprognose: Anlage

Titel: „Immissionsprognose für eine Musterdeponie“

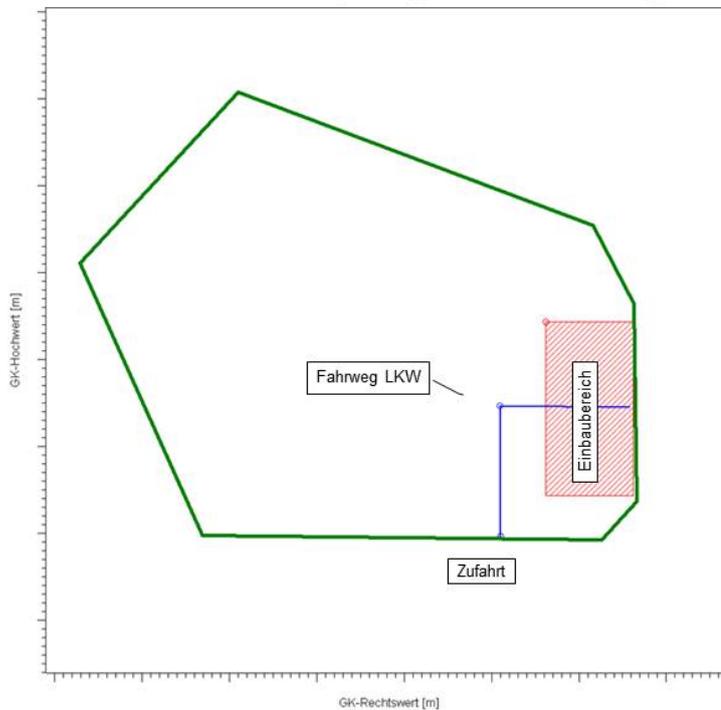
Musterdeponie:

- Jährlich ca. 10.000 t Asbestabfälle (ca. 10.000 Big Bags)
10 t Asbest/Lkw = 1.000 Lkw/a
- 10.000 t Abdeckmaterial (Bodenaushub)
17 t für Abdeckmaterial pro Lkw = 590 Lkw/a
- 220 Arbeitstage; 8 Uhr bis 18 Uhr Montag bis Freitag
- Radlader: max. 5 Stunden pro Arbeitstag in Betrieb.

Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

20

Musterimmissionsprognose: Anlage



Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

21

Musterimmissionsprognose: emissionsrelevante Vorgänge

- Anlieferung Abdeckmaterial mit Lkw
- Abkippen Abdeckmaterial vom Lkw auf Halde
- Aufnahme Abdeckmaterial mit Radlader und Abkippen an Einbaustelle
- Anlieferung Asbestabfall in Big Bags mit Lkw
- Aufnahme Big Bags mit Radlader und Einbau
- Fahrbewegungen Radlader im Einbaubereich
- Fahrbewegungen LKW zur Zu- und Abfahrt

Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

22

Musterimmissionsprognose: Asbestfaseremissionen

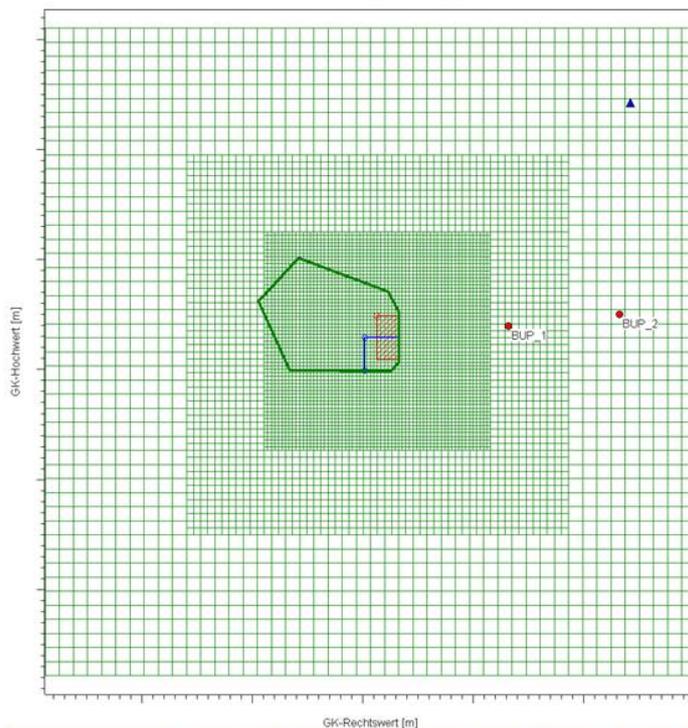
Regelbetrieb

- Aufnahme + Einbau = $2 \times 1,25 \times 10^3$ F/je Big Bag = $2,5 \times 10^3$ Fasern je Big Bag
- 45,5 Big Bags /d
- **$1,14 \times 10^4$ F/h (10 h/d)**

Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs (Aufplatzen)

- Eintrittswahrscheinlichkeit = 1 % = 100 Ereignisse à 10^8 Fasern / Jahr
- **$4,55 \times 10^6$ F/h (10 h/d)**

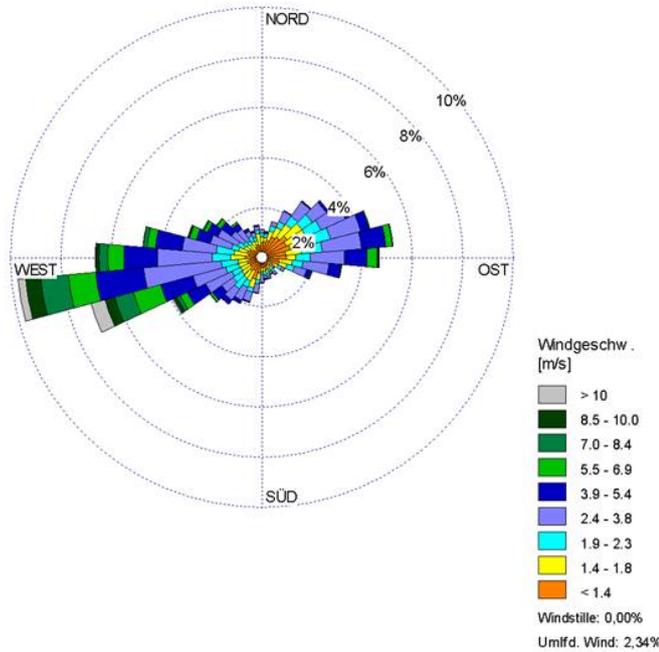
Musterimmissionsprognose: Rechengebiet



Anemometer

Aufpunkt	Nutzun
BuP_1	g Wohn- nutzung
BuP_2	Kinder- garten

Musterimmissionsprognose: Meteodaten



Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

25

Musterimmissionsprognose: Ergebnisse

Regelbetrieb

Beurteilungs- punkt	IW	Irrelevanz	IJZ
	Fasern/m ³	[% vom IW]	Fasern/m ³
BuP_1	220	3,0	9,7E-06
BuP_2	220	3,0	2,8E-06

Störung des bestimmungsgemäßen Betriebs (Aufplatzen)

(Rauigkeit 0,2 m) **Halbstundenmittelwerte:**

- **174 Fasern/m³** (Wohnbebauung, 500 m Abstand)
 - **86 Fasern/m³** (Kindergarten, 1.000 m Abstand)
- (Im Jahresmittel Zusatzbelastung hierdurch < 1 F/m³)

Deponieseminar 2017 – "Aktuelles zu Recht und Vollzug" am 27.09.2017 in Augsburg

26

Fazit

- Asbestfasern nach wie vor aktuelles Thema (Nomen est Omen)
- Möglichkeit der Emissionsabschätzung vorhanden
- Auswirkungen auch bei nicht bestimmungsgemäßem Betrieb außerhalb des Betriebsgeländes überschaubar

Musterimmissionsprognose im Internet

<https://www.lfu.bayern.de/abfall/deponieforschung/immissionsprognose/index.htm>

The screenshot shows the website interface for the 'Musterimmissionsprognose'. At the top, there is a navigation bar with links like 'Startseite', 'Wir', 'Kontakt', 'Impressum', 'Datenschutz', 'Ausschreibungen', and 'Stellenangebote'. Below this is a header for 'Bayerisches Landesamt für Umwelt' with its logo. A secondary navigation bar lists various topics: 'Themen', 'Wirtschaft', 'Kommunen', 'Bürger', 'Presse', 'Veranstaltungen', 'Publikationen', and 'Daten'. A search bar is located on the right. The main content area features a sidebar with a 'Abfall' menu and a central article titled 'Immissionsprognose Grundlagen der Ermittlung von Emissionen und Immissionen aus Deponien' and 'Immissionsprognose für eine Musterdeponie'. The article includes a photograph of a yellow truck at a landfill and a brief text description. Below the article, there are links to PDF documents. At the bottom, there is a footer with '© Bayerisches Landesamt für Umwelt 2017' and a grid of service links.

Fassung, Behandlung und Verwertung von Deponiegas in der Schwachgasphase als Beitrag zum Klimaschutz

Dr.-Ing. Roland Haubrichs, LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH

Gliederung



- **Einleitung-Deponieschwachgas**
- **Klimaschutz durch**
Anaerobe Deponieentgasung
Aerobe in-situ Stabilisierung
- **Projektbeispiele**
- **Zusammenfassung**

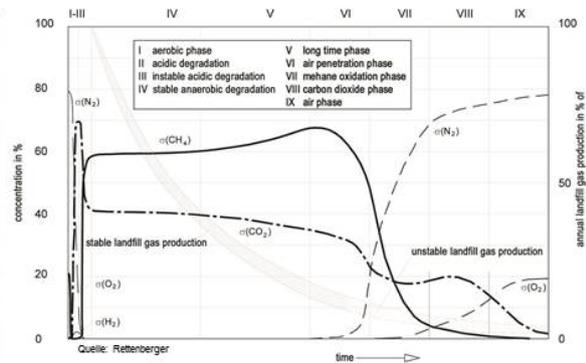
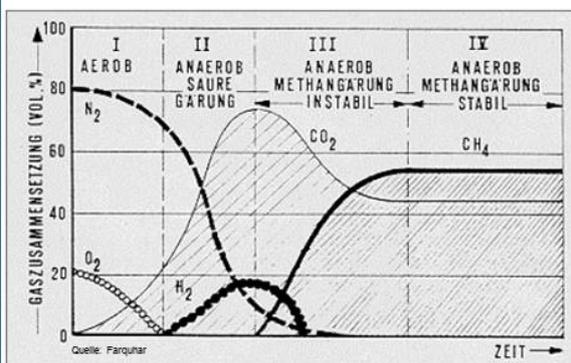
Einleitung-Deponiegasphase

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

- **Langfristig Deponienachsorge verbunden mit nachlassender Gasproduktion -> „Schwachgasphase“**
- **Deponiestandorte, auf denen seit mindestens 12 Jahren kein unvorbehandelter Abfall mehr abgelagert wurde**



LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

3

Einleitung-Schwachgas

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

- **Ursprung des Methans/des Deponiegases**
Produkt methanogener Bakterien
Umsetzung organisch verfügbaren Kohlenstoffs unter anaeroben Bedingungen
- **Entstehung von „Bakterienabgas“**
mit rund 60 Vol.-% CH₄ und 40 Vol.-% CO₂
- **Stickstoffanteil im Deponiegutgas (weniger) und Deponieschwachgas (mehr)**
- **Deponieschwachgas entsteht immer durch Verdünnung**

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

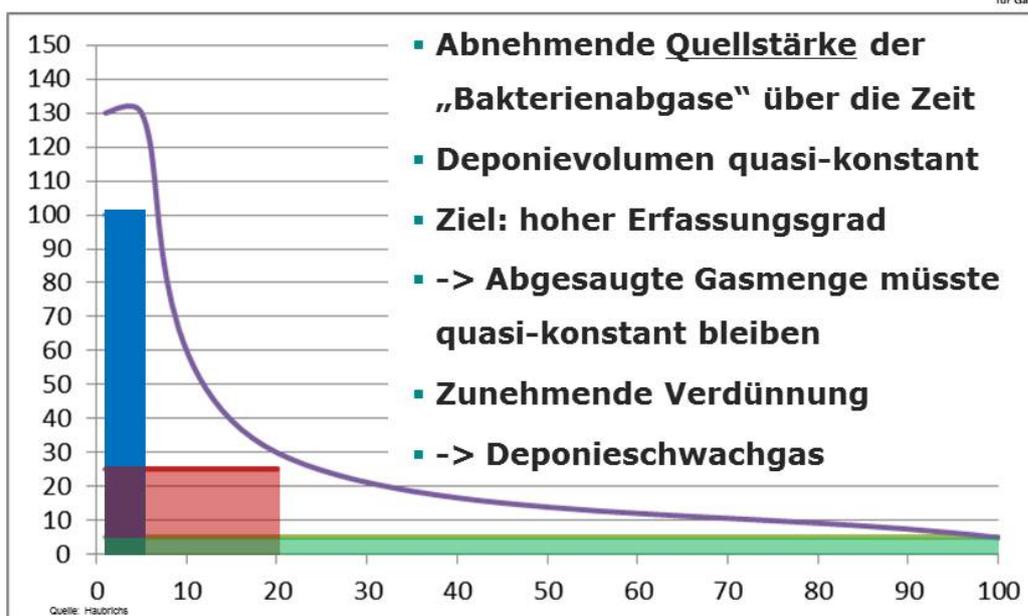
Einleitung-Schwachgas



- **Deponieinventar enthält biologisch verfügbaren Kohlenstoff, der leicht, mittel und schwer abbaubar ist**
- **Menge Gas aus 1 kg biologisch verfügbarem Kohlenstoff ist physikalisch/biologisch aber immer gleich**
- **Zeitraum, in dem das Gas aus organisch verfügbarem Kohlenstoff entsteht ist je nach Ausgangsstoff unterschiedlich lang**

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

Einleitung-Schwachgas



LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

Klimaschutz-Ziele-Schwachgas



- **Hoher Erfassungsgrad**
Möglichst weitreichende Vermeidung von Methan- und Spurenstoffemissionen
- **Vollständige Behandlung**
Niedrige Emissionen an C-Gesamt, CO, NO_x, S, ... aus der thermischen Behandlung
- **Hohe Energieeffizienz**
Vermeidung indirekter Emissionen durch Strombezug

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

Konzepte für die Deponieschwachgasphase



- **Anaerobes Entgasungskonzept**
- **Vermeidung der Verdünnung des entstehenden Gases**
- **-> Bau einer Oberflächenabdichtung**
- **Fassung und Behandlung des Restgases**
- **-> Bau einer Restgasbehandlungsanlage**

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

Konzepte für die Deponieschwachgasphase



- **Anaerobes Entgasungskonzept**
- **Auslegung und Betrieb der Restgasbehandlungsanlage**
- **Methangehalten > 15-20 Vol.-% !!!**
(eine gewisse Verdünnung ist unvermeidlich)
- **Behandlungsmenge etwas größer als das Gasbildungspotential der Deponie**

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

Konzepte für die Deponieschwachgasphase



- **Anaerobes Entgasungskonzept**
- **Erfassungsgrad entsteht durch das Zusammenwirken der Abdichtung und der Einrichtung zur Restgaserfassung und -behandlung**
- **Reichweite der Brunnen entsteht durch „dichte Oberfläche“**

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

Umsetzung Restgasbehandlung EFRE-Projekt Deponie Görzitz

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

Optimierung der Deponiestoffgasverwertung mittels Eigenstromversorgung und Netzanspeisung auf der Deponie Görzitz

EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung
Investition in Ihre Zukunft!

LAND BRANDENBURG
Ministerium für Ländliche
Entwicklung, Umwelt und
Lebensqualität

Bauherr: Kommunaler Abfallentsorgungsverband "Niederlausitz" Frankfurter Straße 45 15907 Lübben (Spreevald)	Genehmigungs- und Überwachungsbehörde: Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Regionalabteilung West Seeburger Chaussee 2 14476 Potsdam, OT Groß Glienicke	Planung: SEE SEF Energietechnik GmbH Lessingstraße 4 06058 Zwickau STIG Beratende Ingenieure für Umweltgeotechnik und Grundbau GmbH Schillerstraße 30 01968 Seiffen/berg	Ausführung: LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH Hartenner Mark 3 45699 Harten
---	--	--	--

- Ablagerungsfläche ca. 6,5 ha
- Abfallvolumen ca. 876.000 m³
- Errichtung von 10 Gaskollektoren, Ausbau der Gasbrunnenköpfe und der Saugleitungen sowie der Oberflächenabdichtung in den Jahren 2005-2007
- Deponiegaserfassung und -behandlung seit 2005

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

11

Umsetzung Restgasbehandlung EFRE-Projekt Deponie Görzitz

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH



- IBN: 09/2015
- LAMBDA CHC25
und 2 Stirling-
Motoren
- Strom- und
Wärmenutzung
- Gefördert durch das
EFRE-Programm

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

12

Umsetzung Restgasbehandlung EFRE-Projekt Deponie Görzitz

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

Optimierung der Deponierestgasenergieerzeugung mittels Eigenstromversorgung und Netzeinspeisung auf der Deponie Görzitz

EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
Investition in Ihre Zukunft!

Bauherr:
Kommunaler Abfallwirtschaftsbetrieb
„Jägerbusch“
Frankfurter Straße 45
13007 Lübben (Spreewald)

**Gemeinigungs- und
Überschneigungsbehörde:**
Landesamt für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz
Regionalabteilung West
Steinbocker Chaussee 2
14476 Finkenfl. OT Groß Glienke

Finanzier:
SEE
SEF Energietechnik GmbH
Lehringstraße 4
09109 Zwickau

Ausführung:
LAMBDA
Gesellschaft für Gastechnik mbH
Hafenstr. 3
49088 Haren

EFRE
Bundeswide Eigenbetriebe für
Umwelttechnik und Grundbau GmbH
Schulstraße 20
01968 Seifhardsberg

- **Betriebsmenge im Mittel mit ca. 35-40 m³/h kontinuierlich oberhalb der Deponiegasneubildung**
- **Wirkungsvolle Oberflächenabdichtung -> Methangehalte zwischen 30 und 40 Vol.-% -> wenig Verdünnung**
- **Paralleler Betrieb von Stirling-Motoren und LAMBDA-CHC**
- **Vermeidung direkter und indirekter Emissionen**
- **-> Ziel Klimaschutz wird mit diesem Konzept voll erreicht.**

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

13

Stand der Technik - LAMBDA CHC VDI Richtlinie 3899 Teil1

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH

- **seit 2007 mehr als 100 Projekte mit LAMBDA-CHC**
- **Wiederholung ist die Mutter aller Fertigkeiten**



Quelle: LAMBDA GmbH

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

14

Konzepte für die Deponieschwachgasphase



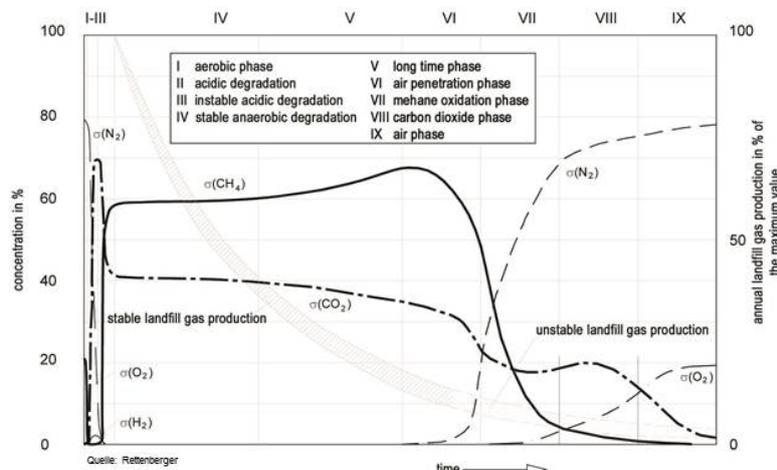
- **Aerobe in-situ-Stabilisierung**
- **Luftzutritt in die Deponie bewusst herbeiführen**
- **Übersaugung/Belüftung**
- **Fassung und Behandlung des verdünnten Deponiegases**
- **-> Bau einer Schwachgasbehandlungsanlage**
- **konstante Absaugmengen bei zurückgehenden Methankonzentrationen**

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

In-situ Stabilisierung



- **Beschleunigung der Phasen VI bis IX, wenn möglich...**



LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

16

Konzepte für die Deponieschwachgasphase



- **Aerobe in-situ-Stabilisierung**
- **Auslegung der Schwachgasbehandlungsanlage**
- **Methangehalte > 3-5 Vol.-% im autothermen Betrieb über zehntausende von Betriebsstunden**
- **Verhältnis $\text{CH}_4 : \text{CO}_2 \ll 1$**
- **Behandlungsmenge erheblich größer als das Gasbildungspotential der Deponie**
- **Entgasung des gesamten Deponievolumens**

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

Aktionsprogramm Klimaschutz 2020



- **Höhe der Förderung:**
- Die Zuwendung wird als Anteilfinanzierung durch einen **nicht rückzahlbaren Zuschuss in Höhe von bis zu 50 Prozent der Ausgaben für Investition und Installation der notwendigen technischen Ausrüstungen sowie für projektbegleitende Ingenieurdienstleistungen** innerhalb des Bewilligungszeitraumes gewährt.
- Der Zuschuss ist begrenzt auf **maximal 450.000 Euro**.



LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

18

Schwachgasbehandlung FLOX®-Brenner LAMBDA



	Deponie	Landkreis/AG	Menge [m³/h]	FWL [kW]	Inbetriebnahme
1	Titisee-Neustadt	Breisgau-Hochschwarzwald	100	300	Jun 11
2	Ringgenbach	Sigmaringen	50	150	Jun 12
3	Dörpen	Emsland	100	400	Okt 12
4	Neuenburg	Breisgau-Hochschwarzwald	100	300	Mai 13
5	Ramsklinge	Esslingen	250	250	Dez 14
6	Leonberg	Böblingen	500	500	Mrz 15
7	Tuningen/Talheim	Schwarzwald-Baar-Kreis	600	1.000	Mai 15
8	Litzholz	Alb-Donau-Kreis	250	250	Okt 15
9	Hüfingen	Schwarzwald-Baar-Kreis	250	250	Dez 15
10	Blumentobel	Esslingen	250	250	Dez 16
11	Kirschenplantage	Kassel	500	500	Dez 17
12	Castrop-Rauxel	AGR mbH	250	300	Mrz 18
	Summe		3.200	4.450	

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

19

NKI-Klimaschutzprojekt Deponie Leonberg



- Ca. 5 Mio. m³ Siedlungsabfall abgelagert
- Fläche ca. 21 ha
- Ablagerungsbetrieb von 1962 bis 1999 (37 Jahre)
- IBN Entgasung 1979, IBN Verwertung 1994
- 70 Gasbrunnen, 9 Gassammelstationen
- Temporäre Oberflächenabdeckung



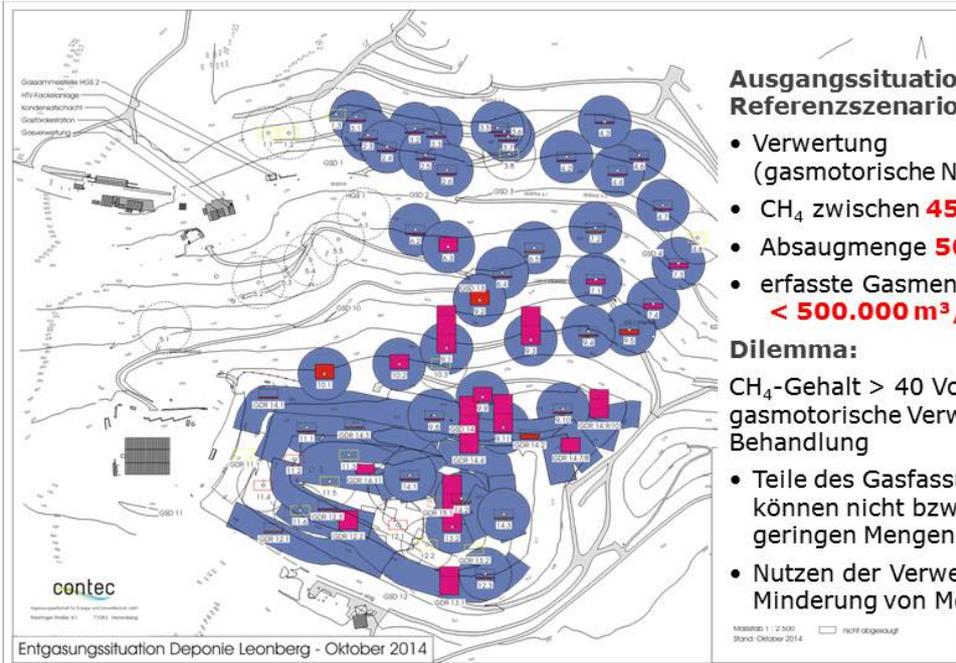
LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

NKI-Klimaschutzprojekt Deponie Leonberg

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH



Ausgangssituation - Referenzszenario

- Verwertung (gasmotorische Nutzung)
- CH₄ zwischen **45 und 55 Vol.-%**
- Absaugmenge **50-60 Nm³/h**
- erfasste Gasmengen seit 2008 **< 500.000 m³/a**

Dilemma:

CH₄-Gehalt > 40 Vol.-% für die gasmotorische Verwertung oder Behandlung

- Teile des Gasfassungssystems können nicht bzw. nur mit sehr geringen Mengen besaugt werden
- Nutzen der Verwertung kontra Minderung von Methanemissionen

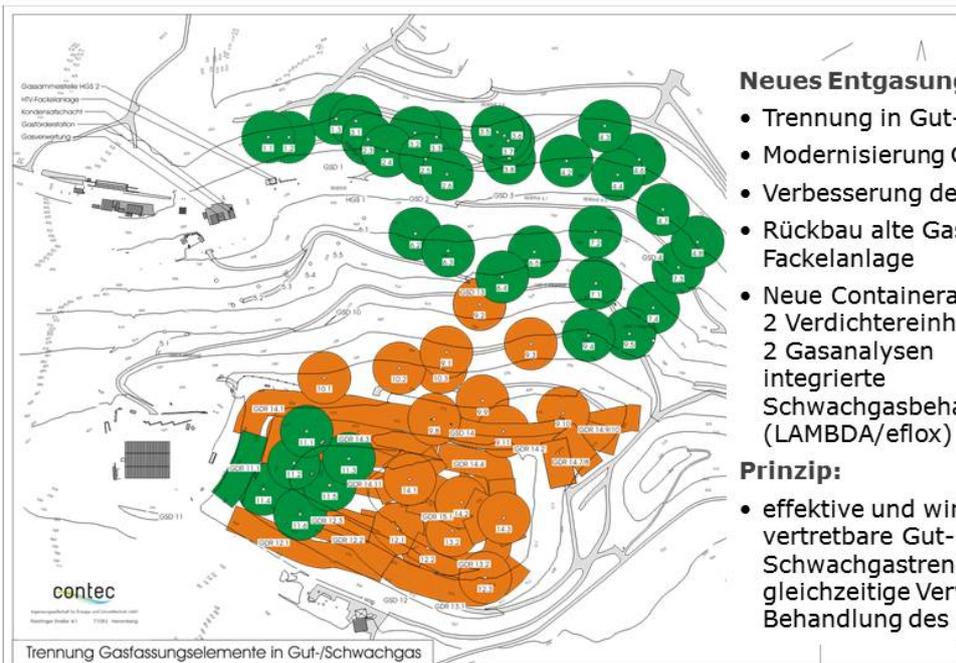
LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

NKI-Klimaschutzprojekt Deponie Leonberg

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft
für Gastechnik mbH



Neues Entgasungskonzept:

- Trennung in Gut-Schwachgas
- Modernisierung Gassammelstellen
- Verbesserung der Regelbarkeit
- Rückbau alte Gasförderstation und Fackelanlage
- Neue Containeranlage mit 2 Verdichtereinheiten und 2 Gasanalysen integrierte Schwachgasbehandlung (LAMBDA/eflox)

Prinzip:

- effektive und wirtschaftlich vertretbare Gut-Schwachgastrennung gleichzeitige Verwertung und Behandlung des Deponiegases

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

NKI-Klimaschutzprojekt Deponie Leonberg

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH

- Schwachgasmenge 250 m³/h
- Druckerhöhung max. 250 mbar
- Leistung 50-500 kWth
- „Notfackel“ bei BHKW-Ausfall
- Methangehalt 5 - 60 Vol.-%
- Gutgasmenge 150 m³/h
- Verwertung im Gasmotor
- Container 12,2 x 3,0 x 2,8 m
- Stromverbrauch ca. 70.000 kWh/a



Quelle: efor GmbH



Quelle: LAMBDA GmbH



Quelle: LAMBDA GmbH

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

23

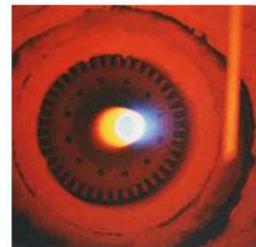
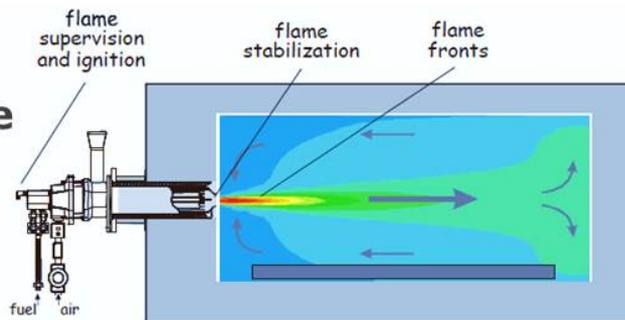
FLammenlose OXidation (FLOX[®]) zur Schwachgasbehandlung

LAMBDA

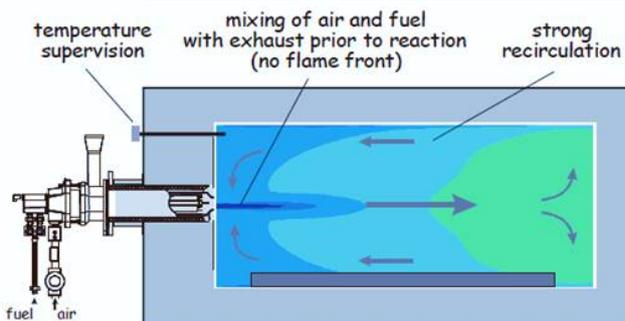


LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH

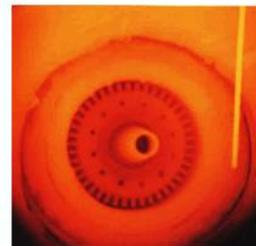
Flamme



FLOX[®]
eflox



Quelle: efor GmbH



LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

24

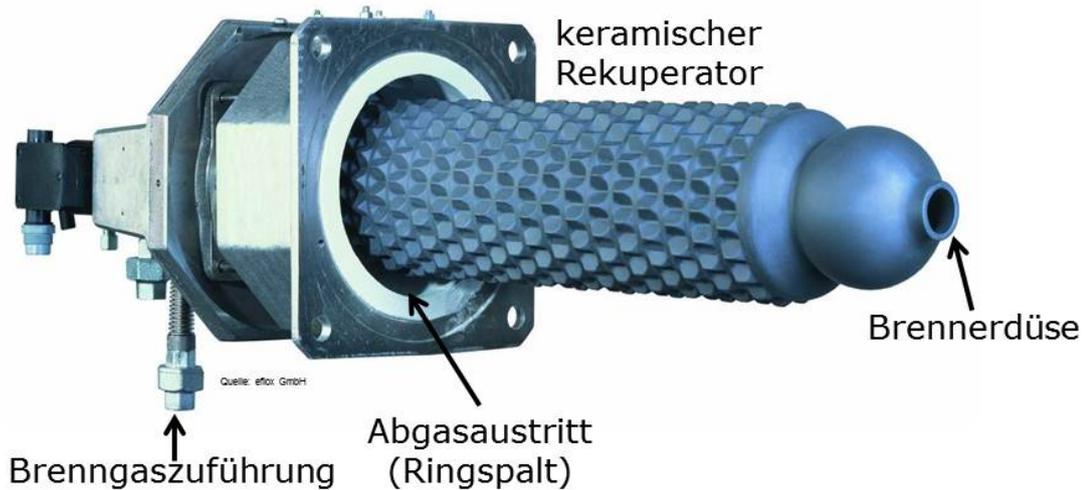
FLammenlose OXidation (FLOX[®]) zur Schwachgasbehandlung

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH

- Betriebsdaten pro Brenner: 50 m³/h bzw. 50 kWth
- unter Deponiebedingungen 3 - 60 Vol.% Methan



LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

25

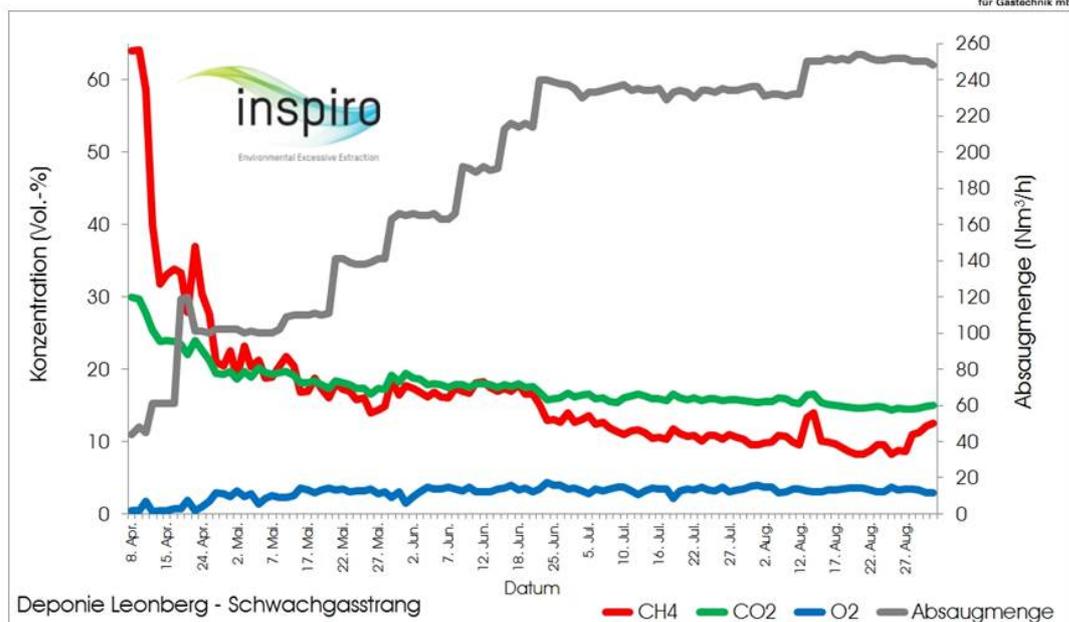
NKI-Klimaschutzprojekt Deponie Leonberg

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH

Einfahrbetrieb - inspiro[®]-Prozess - erste Ergebnisse



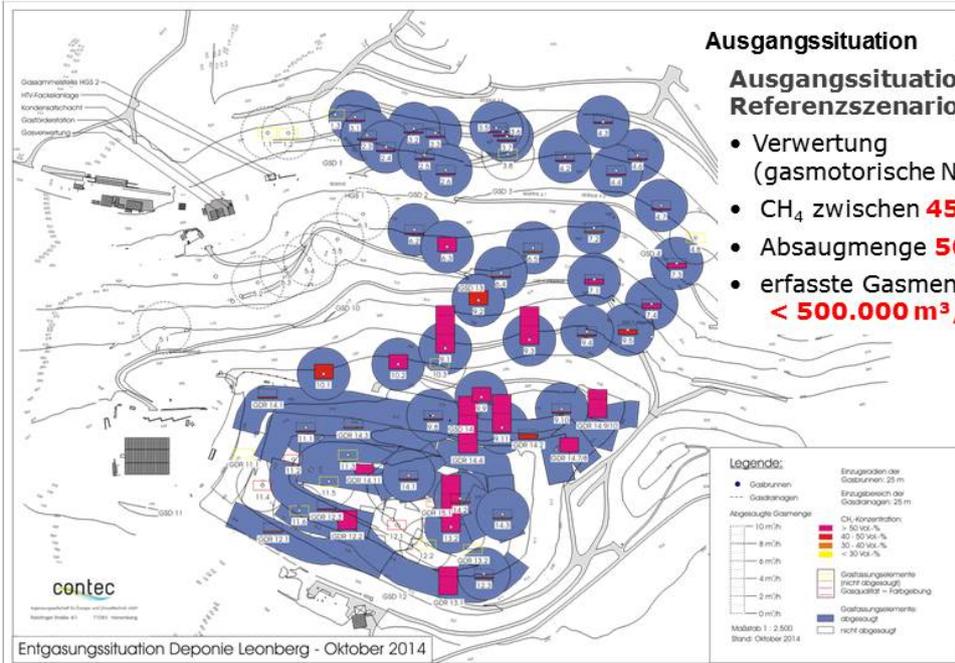
LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

NKI-Klimaschutzprojekt Deponie Leonberg

LAMBDA



LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH



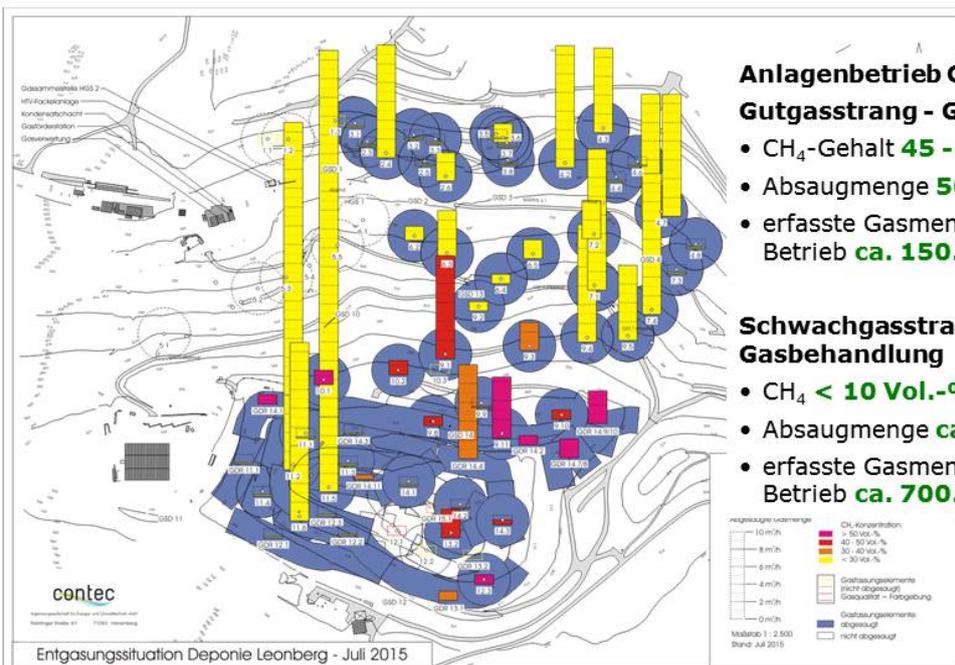
LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

NKI-Klimaschutzprojekt Deponie Leonberg

LAMBDA



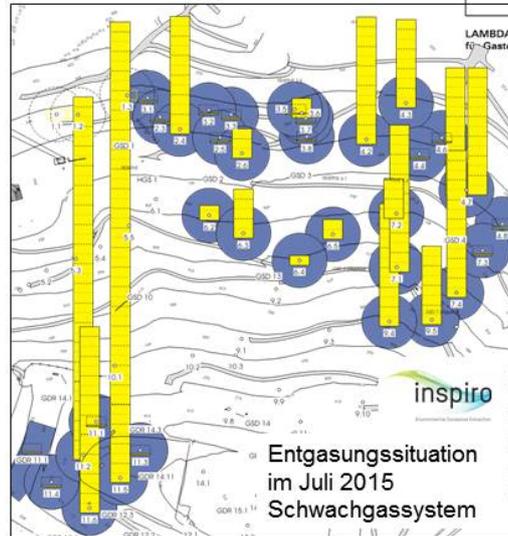
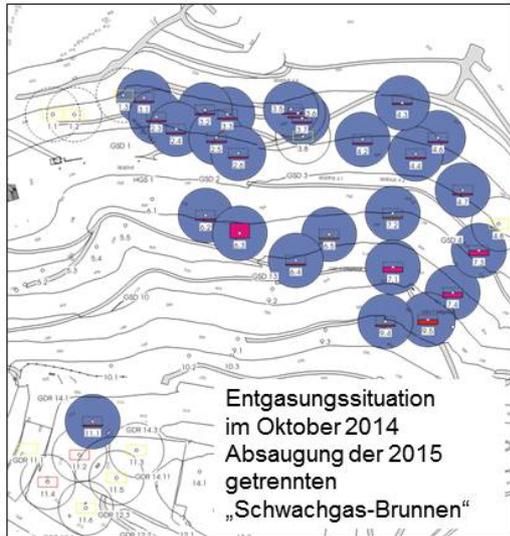
LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH



LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

NKI-Klimaschutzprojekt Deponie Leonberg

LAMBDA



39 Gasfassungselemente wurden nicht bzw. nur sehr schwach abgesaugt

Gesamtabsaugmenge **ca. 5 Nm³/h!!!**

Umstellung der 39 Gasfassungselemente auf das inspiro®-Verfahren (50-fache Steigerung)

Gesamtabsaugmenge **ca. 250 Nm³/h**

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

Referenzszenario für 2015								
Q	CH ₄	CO ₂	CH ₄ /CO ₂	CH ₄ + CO ₂	Q	CH ₄	CO ₂	CH ₄ + CO ₂
Nm ³ /h	Vol.-%	Vol.-%	-	Vol.-%	Nm ³ /d	Nm ³ /d	Nm ³ /d	Nm ³ /d
32	49,0	26,5	1,85	75,5	771	378	204	582
Deponie Leonberg - nach Umstellung und Abschluss der Optimierung 2015								
Q	CH ₄	CO ₂	CH ₄ /CO ₂	CH ₄ + CO ₂	Q	CH ₄	CO ₂	CH ₄ + CO ₂
Nm ³ /h	Vol.-%	Vol.-%	-	Vol.-%	Nm ³ /d	Nm ³ /d	Nm ³ /d	Nm ³ /d
Gutgasstrang								
50	44,0	25,5	1,73	69,5	1.200	528	306	834
Schwachgasstrang								
250	8,5	14,5	0,59	23,0	6.000	510	870	1.380
Gesamt - Gutgas + Schwachgas								
300	14,4	16,3	0,88	30,8	7.200	1.038	1.176	2.214
Entwicklung - Zu-/Abnahme								
Q	CH ₄	CO ₂	CH ₄ /CO ₂	CH ₄ + CO ₂	Q	CH ₄	CO ₂	CH ₄ + CO ₂
Nm ³ /h	Vol.-%	Vol.-%	-	Vol.-%	Nm ³ /d	Nm ³ /d	Nm ³ /d	Nm ³ /d
933%	-71%	-38%	-52%	-59%	933%	275%	575%	380%
↑↑↑↑↑	↓↓↓	↓	↓↓	↓↓	↑↑↑↑↑	↑↑↑	↑↑↑↑↑	↑↑↑
Gutgas - Verwertung			Schwachgas - eflox			Summe		
Anlagenverfügbarkeit			70%			88%		
Absaugmenge			120.000 Nm ³			530.000 Nm ³		
Emissionsminderung gegenüber dem Referenzszenario netto - Hochrechnung für 2015							ca. 5.000	↑ CO ₂ Eq
833%	-71%	-38%	-52%	-59%	833%	175%	475%	280%

LAMBDA | Da bin ich mir sicher.

Zusammenfassung



- **Klimaschutz in der Schwachgasphase kann im wesentlichen durch zwei Konzepte erreicht werden**
- **Abdichtung der Oberfläche und Restgasbehandlung**
-> hoher Erfassungsgrad
- **Übersaugung und/oder Belüftung und Schwachgasbehandlung**
-> hoher Erfassungsgrad
- **Oberstes Gebot:**
konsequente Umsetzung des eingeschlagenen Weges...

Netzwerk bayerischer Deponiebetreiber – Stand und Perspektiven

Laura Jantz, iDetec Kompetenzzentrum für innovative Deponietechnik

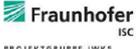
i
iDetec – Kompetenzzentrum für innovative Deponietechnik seit 2012

- iDetec als Plattform für Akteure im Deponiebereich seit 2012
- Austausch 3x / Jahr + Workshops für Deponiebetreiber
- ✓ Bedarf an Vernetzung: Deponie-Arbeitskreise u.a. in Hessen, Niedersachsen und NRW (InwesD)
- ✓ 2 Deponienachbarschaften in Bayern: Donau-Wald und Isar-Inn
- ✓ Abfallwirtschaft und Deponien Schwerpunktthema des Umweltcluster Bayern
- ✓ Umweltcluster an Schnittstelle zwischen Politik/Behörden, Wirtschaft und Wissenschaft
- **Gründung Betreiber-Netzwerk im Januar 2017**




Bayerisches Landesamt für Umwelt 









Betreiber-Netzwerk für Bayern

Aufgaben und Ziele



1. Plattform für den Austausch untereinander

- Austausch zu Fragestellungen rund um die Deponie

2. Kommunikation zwischen Deponiebetreibern und Genehmigungs- wie auch Überwachungsbehörden

- Herantragen von Informationen zu neuen Richtlinien, Verordnungen, Merkblättern etc. an die Deponiebetreiber
- Gebündelte Weitergabe von Feedback der Betreiber an die Behörden

3. Beratung zu deponierelevanten Themen

- Durch iDetec

Betreiber-Netzwerk für Bayern

Mitglieder



- AWG Donau - Wald mbH
- AWV Nordschwaben
- CEB - Coburger Entsorgungs- und Baubetrieb AöR
- GfA A.d.ö.R. der Landkreise Fürstentfeldbruck und Dachau
- Landkreis Neustadt a. d. Aisch - Bad Windsheim
- Landratsamt Aschaffenburg
- Landratsamt Kulmbach
- Landratsamt Schweinfurt
- Landkreis Tirschenreuth
- Stadt Bayreuth
- Stadt Weiden i.d.OPf.
- Zweckverband Abfallwirtschaft in der Stadt Erlangen
- Zweckverband Abfallwirtschaft Raum Würzburg

Stand 08.09.2017

Betreiber-Netzwerk für Bayern

Aktivitäten



- 23.02.2017 Gründung und Auftakttreffen in Erlangen (Deponie Herzogenaurach)
- 13.07.2017 Betreiber-Workshop in Bayreuth und Besichtigung der Baumaßnahme Deponie auf Deponie (Heinersgrund)
- 16.11.2017 Betreiber-Treffen in Tirschenreuth (Deponie Steinmühle)
- Allgemein: Informationen zu Mitgliedern und Literatur im Login-Bereich, Weiterleiten von Anliegen und Anfragen unter den Mitgliedern

Betreiber-Netzwerk für Bayern

Impressionen



Betreiber-Netzwerk für Bayern Impressionen



Tagungsleitung / Begrüßung / Referenten

Dr. Wolfgang Güntner
Bayer. Landesamt für Umwelt
Dienststelle Hof
Hans-Högn-Str. 12
95030 Hof
Tel.: 09281 1800-4660
E-Mail: Wolfgang.Guentner@lfu.bayern.de

Andreas Schweizer
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-5358
E-Mail: Andreas.Schweizer@lfu.bayern.de

Martin Meier
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-5346
E-Mail: Martin.Meier@lfu.bayern.de

Laura Jantz
iDetec – Kompetenzzentrum für innovative
Deponietechnik
c/o Trägerverein Umwelttechnologie-Cluster
Bayern e.V.
Am Mittleren Moos 48
86167 Augsburg
Tel.: 0821 455798-24
E-Mail: Laura.Jantz@i-de-tec.de

Carsten Lesny
LIMES GmbH
Am Brambusch 24
44536 Lünen
Tel.: 0231 9860-176
E-Mail: Lesny@limes-luenen.de

Jürgen Müller
Max Bögl Bauservice GmbH und Co. KG
Postfach 1120
92301 Neumarkt i. d. Opf.
Tel.: 09185 920-12074
E-Mail: Juemueller@max-boegl.de

Ralf Beck
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-5372
E-Mail: Ralf.Beck@lfu.bayern.de

Walter Grotz
Müller-BBM GmbH
Robert-Koch-Str.11
82152 Planegg
Tel.: 089 85602-305
E-Mail: Walter.Grotz@mbbm.com

Dr.-Ing. Roland Haubrachs
LAMBDA Gesellschaft für Gastechnik mbH
Hertener Mark 3
45699 Herten
Tel.: 02366 9344-200
E-Mail: Roland.Haubrachs@lambda.de

