

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

**Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-0
„Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten
Übergreifende Anforderungen“**

vom 04.12.2014

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung und Anwendungsbereich	3
2	Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Nachweise	3
2.1	Abdichtungswirkung	5
2.2	Mechanische Widerstandsfähigkeit	7
2.3	Beständigkeit	9
2.4	Herstellbarkeit	14
2.5	Sonstige Anforderungen	16
3	Qualitätsmanagement	18
3.1	Allgemeines	18
3.2	Qualitätsmanagement bei der Herstellung von Gemischen	19
3.3	Qualitätsmanagement bei der Herstellung der Abdichtung	20
3.4	Qualitätsmanagementplan	20
4	Technische Bezugsdokumente	22

1 Zielsetzung und Anwendungsbereich

Nach Anhang 1, Nr. 2.1 der Deponieverordnung (DepV) dürfen für die Verbesserung der geologischen Barriere und technische Maßnahmen als Ersatz für die geologische Barriere sowie für das Abdichtungssystem Materialien, Komponenten oder Systeme nur eingesetzt werden, wenn sie dem Stand der Technik nach Anhang 1 Nummer 2.1.1 DepV entsprechen und wenn dies der zuständigen Behörde nachgewiesen worden ist.

Für andere Materialien, Komponenten oder Systeme als für Geokunststoffe, Polymere und Dichtungskontrollsysteme kann der Nachweis dadurch erbracht werden, dass eine bundeseinheitliche Eignungsbeurteilung der Länder vorgelegt wird. Nach Anhang 1 Nr. 2.1.2 DepV definieren die Länder Prüfkriterien für diese bundeseinheitlichen Eignungsbeurteilungen sowie für den Einsatz von natürlichem, ggf. vergütetem Boden- und Gesteinsmaterial aus der Umgebung sowie von Abfällen und legen Anforderungen an den fachgerechten Einbau sowie an das Qualitätsmanagement in bundeseinheitlichen Qualitätsstandards fest.

Dieser Bundeseinheitliche Qualitätsstandard ist die technische Grundlage, auf der die Eignung von mineralischen Abdichtungskomponenten in Oberflächenabdichtungssystemen geprüft und beurteilt wird.

Deponieabdichtungen müssen nach dem Stand der Technik errichtet werden. In diesem Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard und einer darauf basierenden Eignungsbeurteilung wird daher auch beschrieben, welche Anforderungen beim Einbau der eignungsgeprüften sonstigen Baustoffe, Abdichtungskomponenten und Abdichtungssysteme erfüllt werden müssen, damit sie im eingebauten Zustand dem Stand der Technik entsprechen.

2 Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Nachweise

Die für die Eignungsbeurteilung der Abdichtungen maßgebenden Maßstäbe und Nachweisverfahren sind in Tabelle 1 zusammengestellt und werden nachfolgend erläutert.

Tabelle 1: Leistungsfähigkeit und Nachweise

Kriterien / Einwirkungen	Leistungsfähigkeit	Nachweise*)
Dichtigkeit	Permeationsraten bei Komponenten, deren Leistungsfähigkeit über den k-Wert beschrieben werden kann DK I / II $q \leq 8 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ DK III $q \leq 8 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$	k-Wert - Bestimmung nach DIN 18 130 Berechnung bei 30 cm Aufstau
	Durchflussrate bei Komponenten, deren Leistungsfähigkeit nicht über den k-Wert beschrieben werden kann DK I / II $q \leq 20 \text{ mm/a}$ DK III $q \leq 10 \text{ mm/a}$	Kipprinnenversuch
	Durchsickerung $\leq 60 \text{ mm/a}$ und 10 % des Jahresniederschlages bzw. 20 mm/a (DepV Anhang 1 Tabelle 2 Fußnote 5)	<u>Wasserhaushaltsschicht:</u> Rechenmodell, Kontrollfeld
Mechanische Widerstandsfähigkeit	dauerhaft standsicher bei Böschungsneigung 1 : 3	Scherkastenversuch
	verformbar bis Krümmungsradius 200 m ohne Erhöhung der Durchlässigkeit	Biegezugversuch
	hydraulisch widerstandsfähig (erosions- und suffosionsbeständig)	Körnungslinien
Beständigkeit	Langzeitbeständigkeit (≥ 100 Jahre)	zeitraffende Reaktorsimulation mineralogische Analogien
	Dauerbeständigkeit der die Standsicherheit beeinflussenden Komponenten	zeitraffende Reaktorsimulation mineralogische Analogien
	beständig gegen aggress. Niederschlagswasser (pH 4 – pH 11)	k-Wert - Bestimmung mit pH-stabilisiertem Wasser
	beständig gegen Mikroorganismen, Pilze (Erhöhung $c_{\text{org}} < 1 \%$)	Eingrabversuch
	beständig gegen Pflanzenwurzeln (Wurzelanteil $< 1 \text{ Gew.-%}$)	Wurzelttest
	schrumpfrissunempfindlich bei relativer Wassergehaltsänderung von bis zu 10 Gew.-%	Trocknen
	deponiegasbeständig	Durchströmungsversuch
Herstellbarkeit	Die Errichtung muss unter Baustellenbedingungen mit Sicherheit erbringbar und reproduzierbar sein.	Probebau / Versuchsfeld

Kriterien / Einwirkungen	Leistungsfähigkeit	Nachweise*)
Sonstige Kriterien (Hinweis: Erfüllung ist nicht in jedem Fall möglich und erforderlich, ggf. ergänzende Maßnahmen und Elemente notwendig z. B. temporärer Frostschutz oder Kontrollelemente.)	systemverträglich	Probepbau / Versuchsfeld Scherversuche
	kontrollierbar (DK III)	z. B. Stellungnahme der BAM
	frostsicher in der Bauphase	Frost-/Tauwechsel
	robust	Probepbau / Versuchsfeld
	umweltverträglich	Einhaltung rechtlicher Vorgaben; beim Einsatz von Abfällen Vorgaben Teil 3 DepV

*) welche Nachweise erforderlich sind, ist in nachfolgenden Punkten geregelt

2.1 Abdichtungswirkung

2.1.1 Anforderungen an die Abdichtungswirkung gegenüber infiltriertem Niederschlagswasser

a) Komponenten, deren Leistungsfähigkeit über den k-Wert beschrieben werden kann

Bezogen auf eine 50 cm dicke mineralische Abdichtung nach DepV errechnen sich bei einer Aufstauhöhe von 30 cm folgende Permeationsraten:

Deponieklasse	Durchlässigkeitsbeiwert gemäß DepV	Permeationsrate
I und II	$k \leq 5 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$	$q \leq 8 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$
III	$k \leq 5 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$	$q \leq 8 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$

Tabelle 2: maximal zulässige Permeationsraten

Die tatsächliche Aufstauhöhe wird in der Regel deutlich unter der für die Vergleichsberechnung angesetzten Aufstauhöhe liegen. Gleichwohl kann zeit- und bereichsweise eine solche Aufstauhöhe nicht ausgeschlossen werden, was u. a. auch durch die in der DepV vorgegebenen Regeldicke der Entwässerungsschicht zum Ausdruck kommt. Sie ist daher für einen objektunabhängigen Eignungsnachweis anzusetzen. Im Übrigen ist darauf hinzuweisen, dass die angegebenen Permeationsraten keine Rückschlüsse auf die tatsächlich auftretenden Durchflussraten zulassen. Sie dienen lediglich als Vergleichswerte unter angenommenen Einwirkungen zum Nachweis der grundsätzlichen Eignung einer Abdichtung.

Die Anforderungen gelten für die Abdichtung im eingebauten Zustand.

Die geforderten Werte dürfen an keiner Stelle der Abdichtung überschritten werden. Sie müssen auch bei einer Randfaserdehnung, die sich bei einer Krümmung der Abdichtungs-

komponente mit einem Krümmungsradius R von 200 m ergibt, eingehalten werden. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand kann bei natürlichen mindestens mittelplastischem mineralischen Baustoffen ein entsprechender Nachweis entfallen, wenn der zu erwartende Krümmungsradius den Wert von $R = 200$ m nicht unterschreitet.

b) Komponenten, deren Leistungsfähigkeit nicht über den k -Wert beschrieben werden

Mineralische Abdichtungskomponenten, deren Wirksamkeit nicht mit Durchlässigkeitsbeiwerten beschrieben werden kann, können eingesetzt werden, wenn sie im fünfjährigen Mittel nicht mehr als folgende Durchflüsse aufweisen.

Deponieklasse	Durchfluss im fünfjährigen Mittel
I und II	$q \leq 20$ mm/Jahr
III	$q \leq 10$ mm/Jahr

Tabelle 3: maximal zulässige Durchflüsse im fünfjährigen Mittel

2.1.2 Nachweis der Abdichtungswirkung

Beim Nachweis der Abdichtungswirkung ist grundsätzlich folgendes zu beachten:

- Die Abdichtungswirkung ist unter Berücksichtigung der maßgebenden Einwirkungen und Anforderungen nachzuweisen. Materialspezifische Besonderheiten sind zu berücksichtigen.
- Die Nachweise müssen die Materialeigenschaften einschließlich ihrer Streuungen berücksichtigen, wie sie sich nach dem bestimmungsgemäßen Einbau der Abdichtung ergeben. Die Anforderungen müssen an jeder Stelle der Abdichtung erfüllt sein.
- Ein qualitätsgesichertes Herstellungsverfahren muss die geforderten Eigenschaften sicherstellen (s. Nr. 3).
- Günstig wirkende ständige Auflasten können mit max. 15 kN/m^2 , ungünstig wirkende müssen mit mind. 60 kN/m^2 angenommen werden.
- Für die Bewertung der Abdichtungswirkung der Oberflächenabdichtung gegenüber infiltriertem Niederschlagswasser sind grundsätzlich Temperaturen von 0 °C bis 30 °C maßgebend.

- Ggf. mögliche Selbstheilungseffekte können berücksichtigt werden, wenn sie nachgewiesen werden [3].
- Es ist nachzuweisen, dass die in Tabellen 2 und 3 genannten Permeations- und Durchflussraten eingehalten werden.

a) Komponenten, deren Leistungsfähigkeit über den k-Wert beschrieben werden kann

Bei Komponenten, deren Leistungsfähigkeit über den k-Wert beschrieben werden kann, sind darüber hinaus zu beachten:

Die Nachweise können durch Versuche und / oder Rechnungen erbracht werden. Der rechnerische Nachweis der Konvektion erfolgt für mineralische Abdichtungsschichten unter Annahme eines gesättigten Porenraums mit Hilfe der Formel nach Darcy, wonach die Durchflussrate q proportional dem Durchlässigkeitsbeiwert k multipliziert mit dem hydraulischen Gefälle i ist ($q = k \cdot i$).

Folgende Größen werden für den rechnerischen Nachweis benötigt:

- Durchlässigkeitskoeffizient k
- hydraulisches Gefälle $i = h / d$
 - Druckhöhendifferenz h zwischen Ober- und Unterseite der Abdichtung
 - Schichtdicke d gemäß Systemaufbau zu bestimmen

Der rechnerische Nachweis der Dichtigkeit erfolgt mit einem k-Wert, der grundsätzlich für ein hydraulisches Gefälle von $i = 30$ zu bestimmen ist.

b) Komponenten, deren Leistungsfähigkeit nicht über den k-Wert beschrieben werden

Bei Komponenten, deren Leistungsfähigkeit nicht über den k-Wert beschrieben werden, ist die Einhaltung des maximal zulässigen Durchflusses nachzuweisen

- für eine Kapillarsperre mittels Modellrechnung und Kipprinnenversuch und
- für eine Wasserhaushaltsschicht mittels Modellrechnung und Kontrollfeld.

2.2 Mechanische Widerstandsfähigkeit

2.2.1 Anforderungen an die mechanische Widerstandsfähigkeit

Während die Dichtigkeit von Systemkomponenten in vollem Umfang nach allen Erwartungen zwar für eine lange, aber nur begrenzte Zeit aufrecht erhalten werden kann, muss die Gefahr eines Bruches oder eines Abgleitens der Böschung dauerhaft vermieden werden, da dies zum einen eine Gefahr für Leib und Leben darstellen kann, zum anderen die angestreb-

te dauerhafte, ggf. mit der Zeit verminderte Dichtigkeit der Oberflächenabdichtung gänzlich aufhebt. Die Standsicherheit des Oberflächenabdichtungssystems muss also dauerhaft gewährleistet sein. Die Abdichtungskomponente darf keinen Veränderungen unterliegen, die die Standsicherheit in Frage stellt.

Im Regelfall ist mit Böschungsneigungen bis 1 : 3 zu rechnen. Daher erfolgt die objektunabhängige Eignungsbeurteilung für diese Böschungsneigung.

Kann die Standsicherheit nur unter bestimmten Randbedingungen, z. B. Begrenzung der Böschungsneigungen, oder nur für einen bestimmten Zeitraum gewährleistet werden, wird die Geeignetheit der Abdichtung unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen beurteilt.

Sofern entsprechende Nachweise geführt werden, kann auch eine Eignung für die Anwendung auf steiler als 1:3 geneigten Bereichen beurteilt werden.

Für objektspezifische Eignungsbeurteilungen ist die geplante maximale Böschungsneigung maßgebend.

2.2.2 Nachweis der mechanischen Widerstandsfähigkeit

Im objektunabhängigen Eignungsnachweis sind die materialspezifischen bodenmechanischen Kenngrößen anzugeben. Diese sind durch Versuche zu ermitteln.

Dabei sind zu berücksichtigen:

- Porenwasserüberdrücke in den mineralischen Abdichtungsschichten sowie mögliche Kondensationsausscheidungen an den Schichtgrenzen
- die Auswirkungen von aufstauendem Wasser
- dynamische Lasten bei bestimmten Lastfällen und deren mögliche Auswirkung auf Materialwiderstände.

Haltende Mechanismen sind bei den Versuchen auszublenden, wenn sie beispielsweise durch Alterung nicht dauerhaft wirken.

Der objektunabhängige Eignungsnachweis bezieht sich grundsätzlich auf eine einzelne Systemkomponente. Der Nachweis der Standsicherheit des gesamten Oberflächenabdichtungssystems ist daher in der Regel projektbezogen nach den Regeln der Technik vorzunehmen. Auf die einschlägigen Normen und die diesbezüglichen Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der DGGT wird hingewiesen.

2.2.3 Nachweis der Verformbarkeit

Es ist durch Versuche nachzuweisen, bis zu welcher Verformungsgrenze die Anforderungen an die Dichtigkeit von einem Material erfüllt werden. Dabei sind ggf. Einflüsse aus Wassergehaltsänderungen und Auflasten mit mindestens 15 kN/m² und maximal 60 kN/m² zu berücksichtigen. Zur Ermittlung von Grenzdehnungen können Zug- oder Biegezugversuche vorgenommen werden. Wegen der ggf. großen Streuungen kommt der geeigneten Festlegung der charakteristischen Werte von Grenzdehnungen als vorsichtig abgeschätzte Mittelwerte aus einer ausreichenden Anzahl von Einzelversuchen besondere Bedeutung zu (GDA E 2-13).

2.2.4 Nachweis der hydraulischen Widerstandsfähigkeit

Die hydraulische Widerstandsfähigkeit gegenüber Erosions- und Suffosionsvorgängen muss dauerhaft und auch bei einem bereichsweisen Volleinstau der Entwässerungs- und der Reaktivierungsschicht gewährleistet sein.

Die dauerhafte Erosions- und Suffosionsbeständigkeit des Materials ist für eine Aufstauhöhe von 150 cm nachzuweisen. Sofern aufgrund des vorhandenen Kornaufbaus dieser Nachweis nicht geführt werden kann, sind gemäß dem Stand der Technik ausreichend dimensionierte, langfristig wirksame Filterschichten vorzusehen.

2.3 Beständigkeit

2.3.1 Allgemeines

Im Hinblick auf die Abdichtungswirkung (Nr. 2.1) und mechanische Widerstandsfähigkeit (Nr. 2.2) spielt die Beständigkeit der hierfür erforderlichen Materialeigenschaften eine wichtige Rolle.

Unter der Forderung nach Beständigkeit wird hier ein Materialverhalten verstanden, bei dem sich unter den maßgebenden Einwirkungen die die Dichtigkeit beeinflussenden relevanten Eigenschaften der Abdichtung innerhalb eines Zeitraums von mindestens 100 Jahren nicht unzulässig verändern.

Die die Standsicherheit beeinflussenden relevanten Eigenschaften der Abdichtung dürfen auf Dauer keiner unzulässigen Veränderung unterliegen.

Die langfristig geforderten dichtenden und auf Dauer geforderten mechanischen Eigenschaften der Abdichtungskomponente müssen auch nach Beendigung der Einwirkung (z. B. kurzfristigen Temperatureinflüssen) noch gegeben sein.

2.3.2 Anforderungen an die Beständigkeit

Die Beständigkeit von Abdichtungen kann durch folgende Einwirkungen beeinflusst werden:

- infiltriertes Niederschlagswasser
- Mikroorganismen, Pilze
- Pflanzen
- Tiere
- Temperaturen
- Witterung
- Wassergehaltsänderungen
- Gase

2.3.2.1 Beständigkeit gegenüber infiltriertem Niederschlagswasser

Genauere Angaben zur Zusammensetzung des infiltrierten Niederschlagswassers können nicht gemacht werden, da diese sehr von den örtlichen Verhältnissen abhängig ist. Es muss jedoch damit gerechnet werden, dass SO_2 , CO_2 , O_2 aus der Atmosphäre sowie ggf. Karbonate das Redoxpotenzial der Rekultivierungs- und Dränschicht verändern und infiltriertes Niederschlagswasser mit pH-Werten zwischen 4 und 11 die Abdichtung wiederholt kurzzeitig belasten kann. Auch Salze können sich durch ihren Einfluss auf das Quellvermögen von Tonmineralien negativ auf die Beständigkeit der Abdichtung auswirken.

2.3.2.2 Beständigkeit gegenüber Mikroorganismen, Pilzen

Mikroorganismen können eine Metabolisierung organischer und anorganischer Stoffe von der angegriffenen Oberfläche her bewirken. Ihre Ausscheidungen können weitere Einwirkungen verursachen.

Pilze können aufgrund der sehr geringen Dicke ihrer Hyphen ($\varnothing \sim 5 \mu\text{m}$) von der Oberfläche her in sehr kleine Hohlräume eindringen und durch ihr Saugvermögen Feinporenanteile entwässern.

Das Auftreten derartiger Beanspruchungen ist sehr von dem spezifischen stofflichen Aufbau des Abdichtungsmaterials abhängig. Entsprechende Einwirkungskriterien sind materialspezifisch festzulegen.

2.3.2.3 Beständigkeit gegenüber Pflanzen

Die Abdichtung soll wurzelbeständig sein.

Falls dies nicht nachgewiesen werden kann, ist durch den Aufbau der überlagernden Bodenschichten oder durch geeignete Schutzschichten eine Durchwurzelung weitgehend auszuschließen.

2.3.2.4 Beständigkeit gegenüber Tieren

Die Abdichtung sollte gegenüber Wühltieren beständig sein.

Kann dies nicht gewährleistet werden, ist die Dicke der Rekultivierungsschicht auf die Grabtiefe der Tiere abzustimmen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Grabtiefe wühlender Tiere mehrere Meter betragen kann [1], [2]. Alternativ sind spezielle mechanische Sperren mit einer entsprechenden Materialfestigkeit und einem hohen Eindringwiderstand ähnlich einer 30 cm dicken mineralischen, grobkörnigen Entwässerungsschicht vorzusehen.

2.3.2.5 Beständigkeit gegenüber Temperaturen

Temperaturen können die Beständigkeit von Abdichtungen maßgeblich beeinflussen. Unter der Voraussetzung eines frostsicheren Einbaus der Abdichtungskomponente sind die nachfolgend aufgeführten Temperaturen maßgebend:

- ständige Einwirkungen von 30 °C
- wechselnde Einwirkungen von 0 bis 30 °C
- 3-jährige Einwirkungsdauer von 40 °C

2.3.2.6 Beständigkeit gegenüber Witterung

Die Witterung wirkt nur während der Herstellung unmittelbar auf die Abdichtung. Einflussgrößen sind Niederschlag, Temperatur, Wind und UV-Strahlung.

Feuchtigkeitseinwirkung muss während der Herstellung angenommen werden. Sofern sich dies negativ auf die Qualität auswirken kann, müssen geeignete Schutzmaßnahmen ergriffen oder der Einbau bei Regen ausgeschlossen werden.

Kurz nach Fertigstellung ist bei den projektbezogenen Nachweisen der Standsicherheit der maßgebende Regen zu berücksichtigen.

Oberflächentemperaturen können im jahreszeitlichen Wechsel zwischen -20 und 60°C betragen.

Die Einwirkungsmöglichkeit für UV-Strahlung ist durch entsprechende Schutzmaßnahmen in ihrer Intensität stark zu reduzieren oder auszuschließen, wenn eine entsprechende Empfindlichkeit bei bestimmten Materialien besteht.

2.3.2.7 Beständigkeit gegenüber Wassergehaltsänderungen

Abnehmende Wassergehalte in einer mineralischen Abdichtungsschicht stehen in direktem Zusammenhang mit zunehmenden Wasserspannungen, die sich auf die Matrix des Materials übertragen. Hierdurch werden Schrumpfvorgänge im Material hervorgerufen, was bei behinderten Verformungsmöglichkeiten Risse zur Folge haben kann. Überlagernde Bodenspannungen aus Auflasten sind bei Oberflächenabdichtungen i. d. R. nicht ausreichend, um der Rissbildung entgegenzuwirken. Materialzusammensetzung und Einbautechnik sind daher so zu wählen, dass die Gefahr der Trockenrissbildung minimiert wird (LANUV Fachbericht 25).

Erforderlichenfalls sind zusätzliche Anforderungen an die weiteren Komponenten des Abdichtungssystems festzulegen, um dieses Ziel zu erreichen.

Wassergehaltsänderungen können gleichzeitig zu einer Änderung der mechanischen Eigenschaften (Steifigkeit, Bruchdehnung) der Abdichtungsmaterialien führen. Diese Vorgänge haben unmittelbare Auswirkung auf die Dichtigkeitseigenschaften (Nr. 2.1) und die mechanische Widerstandsfähigkeit (2.2) und sind bei entsprechenden Nachweisen zu berücksichtigen.

2.3.2.8 Beständigkeit gegenüber Gasen

Die Abdichtungskomponente kann Deponiegas ausgesetzt sein. Sie muss daher gegenüber wesentlichen Deponiegasinhaltsstoffen (z. B. CH₄, CO₂, H₂, N₂, H₂S) in den durchschnittlich auftretenden Konzentrationen beständig sein.

2.3.3 Nachweis der Beständigkeit

Ist die Einhaltung von Anforderungen dieses BQS für bestimmte Materialeigenschaften aufgrund langjähriger Erfahrungen und Untersuchungen aus vergleichbarer Anwendung nachgewiesen, z.B. bei natürlichen Böden oder Gesteinsmaterialien, kann der Eignungsnachweis anhand einer fachgutachterlichen Beurteilung geführt werden.

Beim Nachweis der Beständigkeit der Abdichtungskomponenten sind grundsätzlich folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Die Nachweise können durch Versuche, theoretische Verfahren oder belegte Praxiserfahrung erbracht werden.
- Die Beständigkeitsnachweise müssen auf die besonderen Empfindlichkeiten des zu untersuchenden Materials abgestimmt sein.
- Bei der materialspezifischen Untersuchung sind innere und äußere Alterungsvorgänge zu betrachten.
- Die Beständigkeitsnachweise sind unter Berücksichtigung von Art, Dauer, Richtung und Angriffspunkt der Einwirkungen auf die Abdichtungskomponente im eingebauten Zustand zu erbringen. Dabei sind gleichzeitig Temperatureinwirkungen zu berücksichtigen.
- Durch Temperatur- und/oder Konzentrationserhöhungen einwirkender Medien oder Erhöhung mechanischer Beanspruchungen können Zeitraffungen vorgenommen werden, die eine Abschätzung der Funktionsdauer für die geforderten Zeiträume ermöglichen. Die Zulässigkeit derartiger verschärfender Prüfungen ist materialspezifisch nachzuweisen. Die für den Nachweis der Dichtigkeit erforderlichen Prüfmedien müssen daher nicht in jedem Fall identisch sein mit denen, die für die Nachweise der Beständigkeit verwendet werden.
- Beim Beständigkeitsnachweis können günstig wirkende Auflasten von max. 15 kN/m² auf der Oberflächenabdichtung berücksichtigt werden.
- Für zeitlich begrenzte Einwirkungen ist ggf. zu untersuchen, ob und in welchem Umfang sich bei Beendigung dieser Einwirkungen veränderte Materialeigenschaften regenerieren.
- Die Beständigkeit ist gegeben, wenn die geforderten dichtenden und mechanischen Eigenschaften der betrachteten Abdichtungskomponente erhalten bleiben. Ggf. sind

Veränderungen durch entsprechende Korrekturfaktoren, additive Sicherheitskomponenten oder andere Maßnahmen zu berücksichtigen.

2.4 Herstellbarkeit

2.4.1 Allgemeines

Die Errichtung einer Oberflächenabdichtung muss unter Baustellenbedingungen mit Sicherheit erbringbar und reproduzierbar sein.

Die Abdichtungskomponenten müssen unter Bedingungen, wie sie auf Deponiebaustellen herrschen, so verarbeitet werden können, dass sie die in der Eignungsprüfung nachgewiesenen Leistungen mit ausreichender Sicherheit im eingebauten Zustand erbringen.

Die Herstellbarkeit hängt dabei von folgenden Faktoren ab:

- Herstellungsvoraussetzungen
- Handhabbarkeit und Fehlerempfindlichkeit des Herstellungsverfahrens
- Empfindlichkeit der Abdichtungsmaterialien gegenüber Einbaubeanspruchungen
- Prüfbarkeit
- Nachbesserungsmöglichkeit und Reparierbarkeit

Die Herstellbarkeit ist im Rahmen der Eignungsprüfungen grundsätzlich nachzuweisen. Die örtlichen Herstellungsgegebenheiten sind projektbezogen durch die Anlage eines Probefeldes (siehe auch Nr. 3) zu untersuchen. Die hierfür notwendigen Anforderungen müssen in der Eignungsbeurteilung für die Abdichtungskomponente angegeben werden.

2.4.2 Herstellungsvoraussetzungen

Zu den Herstellungsvoraussetzungen gehören:

- Witterungsvoraussetzungen, Objekt- und Lufttemperaturen, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und deren tageszeitliche Änderungen,
- Anforderungen an die jeweilige Unterlage auf der die Abdichtungskomponenten aufgebracht werden wie: Standfestigkeit, Ebenheit, Neigung, Rauigkeit, Sauberkeit, Feuchtigkeit, Temperatur,
- Anforderungen an die nachfolgend aufzubringenden Komponenten des Abdichtungssystems, damit diese die darunterliegende Abdichtung nicht schädigen.

2.4.3 Herstellungsverfahren

Das Herstellungsverfahren muss in seinen Einzelheiten und Abläufen festgelegt sein. Es muss gewährleistet sein, dass im Böschungs- und Plateaubereich die gleichen Dichtigkeitseigenschaften erreicht werden.

Im Einzelnen sind Festlegungen zu folgenden Punkten zu treffen:

- Verpackung, Transport und Lagerung von Baustoffen und Produkten
- Einbauverfahren in der Böschung und in der Ebene
- Einbaudicke, Lagenzahl
- Verdichtung
- Ebenheit
- Geräteeinsatz
- Stoß- und Nahtausführung
- Verbundherstellung zwischen Lagen und Schichten
- Herstellung von Anschlüssen und Durchdringungen
- Einbautoleranzen
- Anschlüsse nach Arbeitsunterbrechungen
- Schutzmaßnahmen
- Maßnahmen bei ungünstigen Abweichungen von den Witterungsvoraussetzungen während des Einbaus
- Nachbesserungsverfahren, Reparaturverfahren

In einer Einbauanleitung sollen entsprechende Festlegungen vom Hersteller des Produktes zusammenfassend vorgelegt werden.

Der Einbau der Abdichtungskomponenten muss von qualifizierten Fachbetrieben vorgenommen werden.

2.4.4 Empfindlichkeit gegenüber Einbaubeanspruchungen

Die Abdichtungskomponenten müssen mechanisch so stabil sein, dass sie durch Beanspruchungen bei der Herstellung der Abdichtung nicht geschädigt werden. Gegebenenfalls müssen dafür die Schichtdicken einzelner Abdichtungskomponenten erhöht werden.

Für den Einbau nachfolgender Komponenten des Abdichtungssystems oder wenn Bereiche der Abdichtung planmäßig begangen oder befahren werden sollen, ist nachzuweisen, dass die Abdichtungskomponenten dabei nicht geschädigt werden. Hierfür sind ggf. Schutzmaßnahmen vorzusehen.

2.4.5 Prüfung der Qualitätsmerkmale

Die Einhaltung der Qualitätsanforderungen des Abdichtungsmaterials im nicht eingebauten Zustand muss ohne weitere Hilfsmittel erkennbar bzw. auf einfache Art und Weise prüfbar sein, um ungeeignetes Material rechtzeitig aussondern zu können (z. B. Identitätskontrolle).

Einbauabhängige Eigenschaften sollen möglichst während oder unmittelbar nach dem Einbau prüfbar sein, um Einbaufehler zu beheben oder die Einbaubedingungen ggf. rechtzeitig korrigieren zu können. Die Prüfungen sollen nach Möglichkeit zerstörungsfrei erfolgen.

Voraussetzung für einen wirksamen Einsatz der Prüfverfahren bei der Herstellung der Abdichtung ist die entsprechende Qualifikation der mit der Eigen- und Fremdprüfung betrauten Personen und Prüfstellen (siehe auch Nr. 3).

2.4.6 Nachbesserungsmöglichkeit, Reparierbarkeit

Abdichtungskomponenten müssen mit geeigneten Methoden auf der Baustelle nachgebessert oder repariert werden können, um Qualitätsminderungen oder Beschädigungen, die beim Einbau oder nach Probenentnahmen entstanden sind, beheben zu können. Die so behandelten Stellen müssen die gleichen Eigenschaften aufweisen wie die übrigen Abdichtungsbereiche.

2.5 Sonstige Anforderungen

2.5.1 Materialstreuungen, Fehlerausgleich

Streuungen von Einwirkungen und Materialeigenschaften sind zu berücksichtigen. Nachteilige Auswirkungen zu großer Streuungen von Materialeigenschaften oder einer besonderen Empfindlichkeit von Produkten gegenüber Einbaubeanspruchungen können z. B. auch durch die Vergrößerung der Lagendicke oder durch zusätzliche Lagen der Abdichtungsschicht ausgeglichen werden.

2.5.2 Empfindlichkeit

Die Empfindlichkeiten gegenüber einbaubedingten Veränderungen der Eigenschaften von Abdichtungskomponenten sind zu untersuchen und zu bewerten. Folgende Gesichtspunkte sind dabei zu beachten:

- Verschlechterung von Eigenschaften im eingebauten Zustand gegenüber Laboreigenschaften, die trotz Qualitätskontrollen nicht zu vermeiden sind
- Vergrößerung der Streuungen maßgebender Produkteigenschaften
- Bewertung der geänderten Eigenschaften im Hinblick auf ihre Tolerierbarkeit

2.5.3 Verbund von Lagen und Schichten

Besteht eine Abdichtung aus mehreren Dichtungskomponenten oder -schichten, ist sicherzustellen, dass es nicht durch Unterläufigkeit zwischen den Dichtungskomponenten oder -schichten zu einer Beeinträchtigung der Standsicherheit des Systems kommt.

Die Stand-/GLEITSicherheit von potentiellen Gleitfugen muss gewährleistet sein.

Ein Pressverbund zwischen zwei Abdichtungskomponenten kann hinsichtlich des Fehlerausgleichs der Dichtungswirkung positiv wirken.

2.5.4 Imperfektionen

Die Abdichtung soll in der Lage sein, die Auswirkungen von ggf. entstandenen Imperfektionen (Risse, Löcher, ...) zu begrenzen. Selbstheilungsmöglichkeiten sind ggf. nachzuweisen. Die Auswirkungen von nicht vollständig auszuschließenden lokalen Imperfektionen, insbesondere auf das Abdichtungsverhalten, sind in geeigneter Weise abzuschätzen und ggf. durch geeignete Maßnahmen zu begrenzen.

2.5.5 Verträglichkeit der Materialien

Materialien, die in angrenzenden Schichten zum Einbau kommen, dürfen sich nicht gegenseitig nachteilig beeinflussen.

2.5.6 Kontrollierbarkeit

Bei Oberflächenabdichtungen von Deponien der Klasse III oder unter bestimmten Voraussetzungen bei Anwendung der Ausnahmemöglichkeit der Fußnote 6 zur Tabelle 2 des Anhangs 1 der DepV wird eine Kontrollierbarkeit gefordert. Deshalb ist bei Abdichtungen von diesen Deponien zumindest eine Abdichtungskomponente vorzusehen, deren Dichtigkeit im eingebauten Zustand kontrollierbar ist. Im Eignungsnachweis ist darzustellen, ob und wie die Abdichtungskomponente kontrollierbar ist.

Dichtungskontrollsysteme für Konvektionssperren in Oberflächenabdichtungssystemen werden von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin zugelassen.

2.5.7 Frostsicherheit

Bereits hergestellte, frostempfindliche Schichten, die vorübergehend dem Frost ausgesetzt sein können (Winterpause), sind ausreichend gegen Frosteinwirkung durch entsprechende Abdeckung mit mineralischen Stoffen oder sonstigen Isolierstoffen zu sichern.

2.5.8 Robustheit

Abdichtungskomponenten müssen so beschaffen sein, dass sie den Beanspruchungen aus der zunehmenden Belastung durch weitere Überschüttung sicher widerstehen. Die Dicken der Abdichtungskomponenten sind ggf. darauf abzustimmen. Zur Verminderung von Einbaubelastungen aus nachfolgenden Schichten sind erforderlichenfalls spannungmindernde Fahrwege anzulegen oder zusätzliche Schutzschichten anzuordnen.

3 Qualitätsmanagement

3.1 Allgemeines

Das Qualitätsmanagement hat das Ziel, im Rahmen der für die Deponie nach dem Stand der Technik festgelegten Qualitätskriterien die einwandfreie Herstellung der Abdichtung zu gewährleisten. Hiermit soll die Wahrscheinlichkeit von Material- und Herstellungsfehlern minimiert werden. Das Qualitätsmanagement bezieht sich dabei sowohl auf die werksmäßige Herstellung von Produkten für die Abdichtung als auch auf die Herstellung der Abdichtung durch entsprechenden Einbau der Produkte auf der Deponie.

Das Qualitätsmanagement umfasst Tätigkeiten der Qualitätsplanung, der Qualitätslenkung, der Qualitätssicherung und der Qualitätsverbesserung (s. GDA E 5-10 und BAM).

Für das jeweilige Projekt ist gemäß Anhang 1 DepV ein Qualitätsmanagementplan zu erstellen. Darin werden die speziellen Elemente der Qualitätssicherung, die Zuständigkeiten, Verantwortlichkeiten, sachlichen Mittel und Tätigkeiten festgelegt. Weiterhin sind Prüfspezifikationen (Prüfmerkmale), Merkmalswerte, Prüfanweisungen und Prüfverfahren zu bestimmen.

Die Eignungsbeurteilungen für Abdichtungskomponenten werden so abgefasst, dass aus ihnen alle wesentlichen Angaben für das Qualitätsmanagement der Herstellung und des Einbaus der Produkte entnommen und bei der Erstellung eines projektbezogenen abfallrechtlichen Qualitätsmanagementplanes verwendet werden können.

Angaben werden zu folgenden Punkten gemacht:

- Gegenstand und Anwendungsbereich
- Zusammensetzung und Eigenschaften
- Herstellungsverfahren
- Übereinstimmungsnachweis-Verfahren
- Kennzeichnung
- Verpackung, Transport, Lagerung
- Bestimmungen für Entwurf und Bemessung
- Bestimmungen für die Verarbeitung des Produkts
- Bestimmungen für Nutzung, Unterhaltung und Wartung

3.2 Qualitätsmanagement bei der Herstellung von Gemischen

Für Produkte, die werkmäßig hergestellt werden, ist ein Qualitätsmanagementsystem erforderlich. Die Einzelheiten hierzu sind in die Eignungsbeurteilung aufzunehmen. Folgende Elemente sind zu berücksichtigen:

- Ausgangsstoffe, Rohstoffe und Zwischenprodukte
- Herstellungsprozess

Die sachgerechte Ausführung der erforderlichen Tätigkeiten muss durch den Hersteller eines Produktes sichergestellt werden. Dazu ist es erforderlich, dass der Hersteller über entsprechende Voraussetzungen für eine werkseigene Produktionskontrolle in Anlehnung an GDA E 5-10 verfügt. Sie beziehen sich auf folgende Punkte:

- Organisation im Hinblick auf Verantwortlichkeiten und Vollmachten der Personen, die mit der Qualitätskontrolle befasst sind
- Qualifikation von Personal und Einrichtungen
- Dokumentation von Herstellungsverfahren, Produktionskontrolle, Art und Häufigkeit von Qualitätsprüfungen, Anforderungen an die Prüfergebnisse, Maßnahmen bei Abweichungen von den Anforderungen
- Dokumentation der Ergebnisse von Prüfungen
- Kennzeichnung, Lagerung, Verpackung, Transport
- Aus- und Fortbildung des Personals.

Die Produktion ist durch eine in der Eignungsbeurteilung zu benennende, fremdüberwachende Stelle zu überwachen. Die Fremdüberwachung besteht aus einer Erstprüfung des Produkts, der Überwachung der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers sowie einer stichprobenartigen Produktprüfung. Die werkseigene Produktionskontrolle und die stichprobenartige Produktprüfung sind bei laufender Produktion regelmäßig, mindestens

jedoch zweimal pro Jahr vorzunehmen. Die Häufigkeit der Überwachung bei zeitweiliger Produktion ist an die Erfordernisse anzupassen.

Die Übereinstimmung mit den besonderen Bestimmungen der Eignungsbeurteilung ist auf dem Produkt oder dem Lieferschein kenntlich zu machen. Die Art der Kennzeichnung wird in der Eignungsbeurteilung festgelegt.

3.3 Qualitätsmanagement bei der Herstellung der Abdichtung

Für das Qualitätsmanagement der Herstellung der Abdichtung durch den Einbau der Abdichtungskomponenten auf der Deponie sind die Anforderungen an die zu verwendenden Produkte, die Prüfmerkmale, die Prüfanweisungen und Prüfverfahren sowie Angaben zur Bauausführung festzulegen. Dabei sollen die Bestimmungen in den bundeseinheitlichen Qualitätsstandards bzw. gegebenenfalls in der Eignungsbeurteilung für eine ordnungsgemäße Verarbeitung der Produkte berücksichtigt werden. Das Qualitätsmanagement muss sich sowohl auf die angelieferten Produkte als auch auf deren Einbau beziehen.

Voraussetzung für den Einbau ist bei werkmäßig hergestellten Produkten der Nachweis der Übereinstimmung mit den Bestimmungen der Eignungsbeurteilung. Die angelieferten Produkte müssen mit den für die Identifizierung und Verwendung notwendigen Angaben versehen sein. Eine stichprobenartige Überprüfung der Produkte zur Identifikation anhand der in der Zulassung angegebenen Materialkennwerte soll mit wirksamen und möglichst schnell durchzuführenden Prüfverfahren möglich sein.

Eine weitere Voraussetzung ist, dass die mit der Verarbeitung beauftragten Firmen über eine ausreichende Qualifikation und Erfahrung bei der Herstellung von Abdichtungen mit den jeweiligen Produkten verfügen müssen.

Durch Nachweise und Prüfungen während der Bauausführung muss die Einhaltung der bestimmungsgemäßen Eigenschaften der Abdichtung sichergestellt werden.

3.4 Qualitätsmanagementplan

3.4.1 Anforderungen an den Qualitätsmanagementplan

Der Qualitätsmanagementplan bezieht sich vornehmlich auf die Herstellung der Abdichtung durch den Einbau der Abdichtungskomponenten auf der Deponie. Im Qualitätsmanagementplan werden die Anforderungen an die zu verwendenden Materialien, den Einbau und die durchzuführenden Kontrollen (Überwachungswerte, -maßnahmen, -intervalle, Prüfmethoden) unter Berücksichtigung der diesbezüglichen Bestimmungen in der Eignungsbeurteilung festgelegt. Der Qualitätsmanagementplan ist vor Beginn der Baumaßnahmen zu erstellen und von der abfallrechtlich zuständigen Behörde zu genehmigen.

Vor Baubeginn sind auch die Verarbeitungsvoraussetzungen sowie die Eignung der Einbaugeräte und Bauverfahren unter Feldbedingungen in einem Probefeld, das Plateau- und Böschungsbereiche repräsentativ erfassen muss, zu untersuchen (DepV und GDA E 5-10). Die Ergebnisse der Untersuchungen im Prüffeld werden als Bezugsgrößen in den Qualitätsmanagementplan aufgenommen.

Im Qualitätsmanagementplan sind festzulegen:

- Verantwortlichkeiten für die Aufstellung, Durchführung und Kontrolle der Qualitätssicherung
- Herstellungsbeschreibung und Einbauverfahren der Abdichtung mit Angabe der zu überprüfenden Vorgänge
- Art und Anzahl der Qualitätsprüfungen an den angelieferten Produkten (Eingangsprüfung), bei der Verarbeitung (Verarbeitungsprüfung) und an der fertigen Abdichtung (Abnahmeprüfung).

Probefelder können in Abstimmung mit der zuständigen Behörde Bestandteil der Abdichtung werden, wenn alle Anforderungen an das Abdichtungssystem und dessen Komponenten nachgewiesen sind, alle Probenahmestellen ordnungsgemäß verschlossen und alle Anschlüsse ordnungsgemäß hergestellt werden.

3.4.2 Verantwortlichkeiten und Umfang der Qualitätsprüfungen

Verantwortlich für die Qualitätssicherung beim Einbau sind:

- der Hersteller (Baufirma) für die Eigenprüfung
- der Fremdprüfer für die Fremdprüfung
- die zuständige Behörde für die Überwachung

Personen und Stellen, die mit der Eigen- und Fremdprüfung auf der Deponiebaustelle beauftragt sind, müssen über eine ausreichende Erfahrung oder Fachkenntnisse mit der Verarbeitung, Prüfung und Bewertung der jeweiligen Produkte verfügen. Die fremdprüfende Stelle muss nach DIN EN ISO/IEC 17020 als Inspektionsstelle für die Fremdprüfung im Deponiebau und nach DIN EC ISO/IEC 17025 als Prüflaboratorium akkreditiert sein. Spezielle Prüfungen können vom Fremdprüfer an eine unabhängige Institution vergeben werden, die für diese Prüfungen akkreditiert ist. Die Aufgaben und die Qualifikation der Fremdprüfung für mineralische Komponenten in Abdichtungssystemen ergeben sich für mineralische Komponenten aus dem Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard 9-1, für Kunststoffkomponenten aus der Richtlinie der BAM.

Soweit die Eigenprüfung nicht behördlich oder in der Eignungsbeurteilung vorgegeben ist, legt sie den Umfang ihrer Untersuchungen eigenverantwortlich fest. Er sollte aber mindestens dem der Fremdprüfung entsprechen.

Der Mindestumfang der Qualitätsprüfung durch die fremdprüfende Stelle wird unter Berücksichtigung der Eigenschaften der Abdichtungskomponente in der Eignungsbeurteilung festgelegt.

Es ist sicherzustellen, dass die bereits fertiggestellten Teilflächen weder durch nachfolgende Baumaßnahmen noch durch andere Einflüsse in ihren Eigenschaften nachteilig beeinflusst werden.

Die Überwachung und die abfallrechtliche Abnahme erfolgen durch die zuständige Behörde.

4 Technische Bezugsdokumente

REGELUNGEN DES BUNDES UND DER LÄNDER

Bund

Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV); Artikel 1 der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 27. April 2009 (BGBl. I Nr. 22 vom 29. April 2009 S. 900) zuletzt geändert durch Art. 7 der Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie über Industrieemissionen, zur Änderung der Verordnung über Immissionsschutz- und Störfallbeauftragte und zum Erlass einer Bekanntgabeverordnung vom 2. Mai 2013 (BGBl. I, Nr. 21, S. 973)

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Richtlinie für die Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben einer fremdprüfenden Stelle für Kunststoffkomponenten im Deponiebau Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin, November 2014

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Richtlinie für die Zulassung von Dichtungskontrollsystemen für Konvektionssperren in Deponieoberflächenabdichtungen; November 2014

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 9-1 „Qualitätsmanagement - Fremdprüfung beim Einbau mineralischer Baustoffe in Deponieabdichtungssystemen“ vom 09.04.2014

Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS)

Zusätzliche Akkreditierungskriterien für Stellen, die an der Fremdprüfung beim Einbau mineralischer Baustoffe in Deponieabdichtungssystemen entsprechend der Deponieverordnung (DepV) beteiligt sind, Mai 2014

NORMEN

DIN EN ISO/IEC 17020:2012-07

Konformitätsbewertung – Anforderungen an den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen

DIN EC ISO/IEC 17025:2005-08, 2. Berichtigung 2007-05

Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien

DIN 50035:2012-09

Begriffe auf dem Gebiet der Alterung von Materialien, Grundbegriffe

EMPFEHLUNGEN TECHNISCHER FACHVERBÄNDE

GDA E 2-13

„Verformungsnachweis für mineralische Abdichtungsschichten“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; 3. Auflage 1997; Verlag Ernst & Sohn;

GDA E 3-1

„Eignungsprüfung mineralischer Oberflächen- und Basisabdichtungen“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; Stand: April 2010; www.gdaonline.de

GDA E 3-5

„Versuchsfelder für mineralische Basis- und Oberflächenabdichtungen“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; 3. Auflage 1997; Verlag Ernst & Sohn;

GDA E 5-10

„Aufgaben und Qualifikation einer fremdprüfenden Stelle für mineralische Komponenten in Abdichtungssystemen“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; Stand: Bautechnik 2014

LITERATUR

- [1] Brehms neue Tierencyklopädie 1974: Säugetiere, Herder Verlag
- [2] Grzimeks Tierleben, 1977: Säugetiere, Kindler Verlag
- [3] Horn, Schick, Wunsch; 1995: Verformbarkeit, Rißsicherheit und Dichtigkeit von mineralischen Deponiedichtungen; Mitteilungen des Instituts für Bodenmechanik und Grundbau der Universität der Bundeswehr München, Heft 10