

Qualitätsmanagement im Deponiebau

Im Deponiebau ist die Umsetzung des Stands der Technik für alle Materialien, Komponenten, Systeme sowie deren qualitätsgerechter Einbau sicherzustellen. Dies dient letztendlich der Gewährleistung der Langzeitsicherheit im Deponiedichtungsbau sowohl im Basis- als auch im Oberflächenbereich. Die Durchsetzung erfolgt hierbei über ein 3-stufiges Qualitätssicherungsprinzip. Vorgestellt werden hierzu der Ablauf sowie einige Beispiele.

Mario Müller, Hagen Fabian, Matthias Schrickel und Petra Schneider

Der rechtliche Rahmen für die langzeitsichere Verwahrung von Deponien wird über die Deponieverordnung (DepV) geregelt [1]. Gemäß Punkt 2 des Anhangs 1 der DepV ist im Deponiebau der Stand der Technik für alle Materialien, Komponenten oder Systeme gegenüber der zuständigen Fachbehörde über prüffähige Unterlagen nachzuweisen. Hinsichtlich des Einsatzes von Geokunststoffen wird dieser Nachweis über die Vorlage einer Zulassung des entsprechenden Materials, Komponente oder Systems durch die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) erforderlich. Für spezifische mineralische und bituminöse Materialien, Komponenten oder Systeme kann der Nachweis bzgl. des Standes der Technik über eine bundeseinheitliche Eignungsbeurteilung der Länder (LAGA Ad-hoc Deponietechnik) erbracht werden. Wird beabsichtigt ein Material, eine Komponente oder ein System zur Abdichtung einzusetzen, welches keine BAM-Zulassung (z. B. Geokunststoffe inkl. Dichtungskontrollsysteme) oder LAGA-Eignungsbeurteilung (Mineralik inkl. Geosynthetische Tondichtungsbahn und Asphaltabdichtungen) besitzt, so muss die Gleichwertigkeit hinsichtlich der spezifischen Anforderungen der BAM bzw. der LAGA-Anforderungen gegenüber der Fachbehörde nachgewiesen werden. Der vorliegende Beitrag gibt eine Übersicht über die aktuellen gesetzlichen Anforderungen an das Qualitätsmanagement im Deponiebau.

/ Kompakt /

- Im Deponiebau ist der Stand der Technik für alle Materialien, Komponenten oder Systeme unerlässlich und daher die Umsetzung sicherzustellen.
- Das Qualitätsmanagement ist ein unerlässliches Instrument bei der Herstellung von Ingenieurbauwerken zur Vermeidung und Minimierung von Schadensfällen und der Gewährleistung der Funktion der eingebauten Dichtungselemente.
- Im Deponiebau ist die Nachsorgezeit auf mindestens 30 Jahre orientiert, weshalb den Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen zur Verhinderung von Beeinträchtigungen des Wohles der Allgemeinheit besondere Bedeutung zukommt. Daher sollten die Prüfinstanzen zur Qualitätssicherung in die Phasen zur Vorbereitung sowie während der Errichtung zeitnah mit einbezogen werden.

Der Begriff „Qualität“ ist in DIN 55350 – Begriffe zum Qualitätsmanagement - folgendermaßen definiert: „Gesamtheit von Eigenschaften und Merkmalen eines Produktes oder einer Tätigkeit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen“. Weiterführend ist Qualitätssicherung definiert als „alle organisatorischen und technischen Maßnahmen, die vorbereitend, begleitend und prüfend der Schaffung und Erhaltung einer definierter Qualität eines Produkts (oder einer Dienstleistung) dienen“.

Nach der DepV in der Fassung von 2009 durften sonstige Baustoffe, Abdichtungskomponenten und -systeme u. a. nur eingesetzt werden, wenn sie einem bundeseinheitlichen Qualitätsstandard entsprachen. Die 1. Änderung der DepV konkretisiert dies entsprechend. Danach definieren die Länder Prüfkriterien für die bundeseinheitlichen Eignungsbeurteilungen sowie für den Einsatz von natürlichem, ggf. vergütetem Boden- und Gesteinsmaterial aus der Umgebung sowie von Abfällen (sogenannten Abfällen zur Verwertung bzw. den Einsatz als Deponieersatzbaustoff) und legen Anforderungen an den fachgerechten Einbau fest.

Aus der Öffnung der DepV für den Deponiebau auf EU-Produkte bzw. auf Produkte aus den der EU wirtschaftlich verbundenen Ländern ergaben sich Probleme für die zuständigen Fachbehörden insbesondere bei der Beurteilung, ob diese Produkte das geforderte Schutzniveau und die Funktionstüchtigkeitsdauer von 100 Jahren dauerhaft gewährleisten.

Bundeseinheitliche Qualitätsstandards (BQS) stellen die Grundlage für Eignungsbeurteilungen im Einzelfall durch die zuständige Behörde dar und dienen als Grundlage für Eignungsbeurteilungen durch die Ad-hoc-AG Deponietechnik der LAGA. Gegenwärtig gibt es 24 Bundeseinheitliche Qualitätsstandards, die durch die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ erarbeitet wurden und u.a. den Stand der Technik im Deponiebau definieren. Dabei definieren die BQS 1 bis 4 (inkl. der jeweiligen Untergliederungen) die Qualitätsanforderungen an Basisabdichtungen. Die BQS 5 bis 7 (inkl. der jeweiligen Untergliederungen) die Qualitätsanforderungen an die Oberflächenabdichtungen. Der BQS 8-1 basiert auf der SKZ/TÜV-LGA Güterrichtlinie für Rohre, Schächte und Bauteile und definiert die Qualitätsanforderungen an die Rohr-/Schachtsysteme bzgl. der Sickerwasserfassung, der Oberflächenentwässerung und der Entgasung von Deponien, wobei darauf hinzuweisen ist, dass es keine Nachweisverfahren für die Funktionstüchtigkeitsdauer von 100 Jahren für alle in den Bereich BQS 8-1 fallenden Rohre, Schächte und Bauteile gibt. Der BQS 9 definiert die Anforderungen an die Fremdprüfung (FP). Alle BQS werden durch die entsprechenden Unterarbeitsgruppen der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

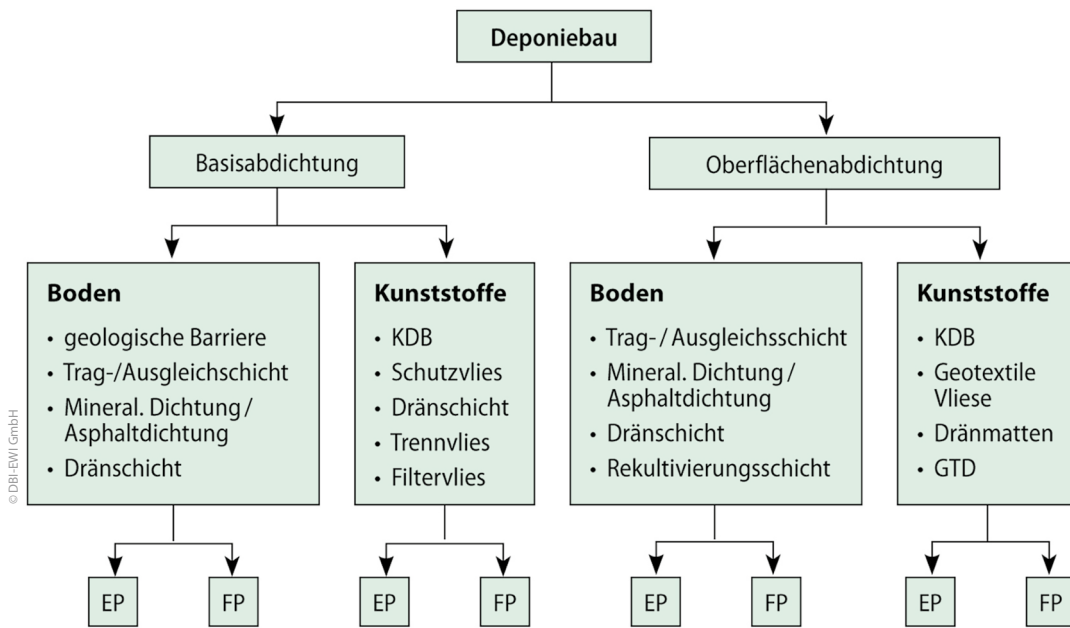


Bild 1: Beispielhafter organisatorischer Ablauf der Qualitätssicherung im Deponiebau für ausgewählte Komponenten der Dichtungssysteme

regelmäßig aktualisiert und veröffentlicht. Der Stand der Technik hinsichtlich der Prüfung und Zulassung von Geokunststoffen (Kunststoffdichtungsbahnen [KDB], Schutzschichten, Kunststoffdränelementen, Bewehrungsgitter aus Kunststoff, Polymere und Dichtungskontrollsysteme) wird durch die BAM definiert.

Des Weiteren wird über die DepV geregelt, dass für jede Maßnahme in Bezug auf die Abdichtung von Deponien (Basis- und Oberflächenabdichtungen) ein Qualitätsmanagement zu erarbeiten ist. Dabei ist folgendes 3-stufiges Qualitätsmanagementsystem Stand der Technik:

- Vorfertigung von Materialien/Komponenten/Systemen
- Eigenüberwachung (EÜ) der Herstellung durch den Hersteller
- Fremdüberwachung (FÜ) der Herstellung durch einen beauftragten Dritten
- Bauausführung auf der Baustelle (inkl. Probefeld)
- Eigenprüfung (EP) der ausführenden Baufirma und Nachauftragnehmer-Fachfirmen (NAN)
- Fremdprüfung (FP) durch einen beauftragten Dritten (vom Auftraggeber beauftragt), der durch die zuständige Fachbehörde zu bestätigen ist
- Behördliche Überwachung erfolgt durch die zuständige Fachbehörde (FB).

Im Anhang 1 der DepV wird die besondere Stellung der unabhängigen Qualitätsprüfung auf der Baustelle im Zuge der Herstellung des Abdichtungssystems insbesondere durch die spezifischen Anforderungen an die fremdprüfende Stelle/den Fremdprüfer (FP) definiert. Der FP muss über ausreichend fach- und sachkundiges Personal verfügen und als Voraussetzung für die behördliche Bestätigung (zum spezifischen Projekt) die entsprechenden Akkreditierungen nach DIN EN ISO/IEC 17020 (als fremdprüfende Stelle) und nach DIN EN ISO/IEC 17025 (als Prüflabor) nachweisen. Die Kosten für die Durchführung der Fremdprüfung obliegen dem Bauherrn.

Alle Elemente des Qualitätsmanagements, die Verantwortlichkeiten, sachlichen Mittel und die Tätigkeiten sind so zu definieren/

festzulegen, dass die Qualitätsmerkmale des Abdichtungssystems eingehalten werden. Vor Baubeginn sollten die Ergebnisse aus dem Probefeld Grundlage zur Präzisierung des Qualitätsmanagementplans (QMP) sein. Ein QMP bedarf der Zustimmung durch die entsprechende Fachbehörde.

Struktur der Qualitätssicherung im Deponiebau

Die Gewährleistung der Langzeitsicherheit im Deponiebau ist charakterisiert durch das 3-stufige Qualitätssicherungsprinzip. Dabei sind insbesondere die spezifischen Prüfungen durch die qualitätssichernden Institutionen (EP, FP und Prüfung/Freigabe durch die Genehmigungsbehörde) für ausgewählte Komponenten der Basis- und Oberflächenabdichtungssysteme ausgewiesen. Die entsprechende grafische Darstellung der praktischen Umsetzung der Qualitätssicherung ist **Bild 1** zu entnehmen.

Spezielle grundsätzliche Anforderungen werden dabei an die FP gestellt. Sie wird durch ein unabhängiges Ingenieurbüro bzw. Prüfinstitut ausgeführt, wobei spezielle Prüfungen auch über akkreditierte Prüflaboratorien als NAN möglich sind. Die akkreditierende Stelle ist dabei die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS). Voraussetzung für die Eignung bzgl. der Tätigkeit als unabhängiges Ingenieurbüro bzw. Prüfinstitut ist die Existenz eines Qualitätsmanagementsystems einschließlich Qualitätsmanagementhandbuch. Außerdem müssen Prüflaboratorien nach DIN EN ISO/IEC 17025 und Inspektionsstellen nach DIN EN ISO/IEC 17020 akkreditiert sein.

Für jede Deponiebaustelle ist im Rahmen der Qualitätssicherung (QS) ein standort- und projektbezogener QMP zu erarbeiten, welcher das zentrale qualitätsdefinierende und -bestimmende Element für die jeweilige Baustelle ist. Der QMP ist vor Beginn der Baumaßnahme durch den objektspezifischen Fachplaner zu erstellen, durch die FP auf Plausibilität zu prüfen und in Abstimmung

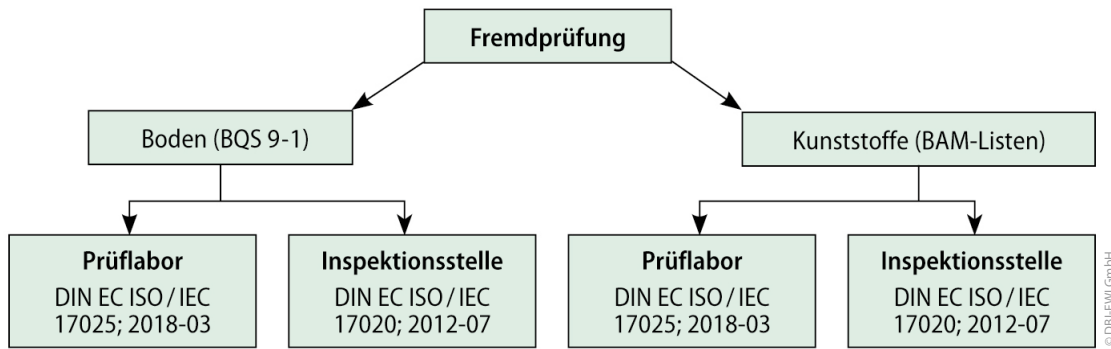


Bild 2: Anforderungen an Prüflabore und Inspektionsstellen im Rahmen der Fremdprüfung

mit der Genehmigungsbehörde für verbindlich zu erklären. Hierbei gilt es zu beachten, dass der QMP über die gesamte Dauer der Baumaßnahme einen vorläufigen Status besitzt, da sich im Bauablauf jederzeit Veränderungen, teils materialtechnisch z. B. bei Materialwechsel, veränderte Technologische Aspekte durch Einsatz anderer Bautechnik/Baugeräte, ergeben können. Diese Veränderungen begründen das Erfordernis von Präzisierungen bzw. Anpassungen im QMP. Auch hier ist die Genehmigungsbehörde bei der verbindlichen Freigabe erneut einzubeziehen. Inhaltlich ist der QMP bzgl. folgender Kernaspekte unter Beachtung des dreistufigen QS-Prinzips zu erarbeiten:

- **Phase 1** – Qualitätssicherung in der Eignungsprüfung bzw. Eignungsnachweisführung (– Laborprüfungen vor Errichtung des Probefelds),
- **Phase 2** – Qualitätssicherung in der Eignungsprüfung bzw. Eignungsnachweisführung (– im Großmaßstab - Probefeld),
- **Phase 3** – Qualitätssicherung im Baufeld.

Die Definition der spezifischen Anforderungen an die Voraussetzung für die Arbeit als fremdprüfende Institution ist in **Bild 2** dargestellt.

Ablauf der Qualitätssicherung im Deponiebau

Zur Sicherstellung der bautechnischen Umsetzung unter Beachtung der objektspezifischen Randbedingungen sowie der spezifischen Materialien und Technologien wird der Nachweis der baupraktischen und qualitätsgerechten Umsetzbarkeit in Form eines Probefeldes/Versuchsfeldes vor Beginn des Regeleinbaus empfohlen. Im Ergebnis sämtlicher Prüfungen (Labor- und Inspektionsprüfungen) werden projektspezifische Abschlussberichte durch die qualitätssichernden Institutionen (EP und FP) erarbeitet, die die entsprechenden Inspektions- und Prüfergebnisse zusammenfassend (im Vergleich zum QMP) dargestellt und bewertet. Der Abschlussbericht der FP endet mit einer fachtechnischen Freigabeempfehlung zur abfallrechtlichen Abnahme der Baumaßnahme auf Basis des Standes der Technik, den Anforderungen der jeweiligen Genehmigung sowie des QMP.

Der Ablauf der Qualitätssicherung im Deponiebau umfasst zwei Arten von Eignungsnachweisen, die Laboruntersuchungen und dem Großmaßstab in Form des Probefelds (**Bild 3**). Beispielhaft wird dies anhand der Errichtung von Kunststoffdichtungsbahn (KDB) und Rekultivierungsschicht illustriert (**Bilder 4 und 5**).

Im Rahmen der Probengewinnung der mineralischen Materialien für die Qualitätssicherung gelten die Vorschriften der LAGA PN 98 (Grundregeln für die Entnahme von Proben aus festen und stichfesten Abfällen sowie abgelagerten Materialien – Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen) sowie der DIN EN 932 – Teil 1 und 2.

Grundsätze der Qualitätsprüfungen und Inspektionsleistungen für die spezifischen Dichtungskomponenten

Über die BQS, die Güterrichtlinie „Abdichtungskomponenten aus Deponieasphalt“ und die LAGA-Eignungsbeurteilungen (für die mineralischen Baustoffe, die GTD) sowie die BAM-Richtlinien, die BAM-Zulassungen, die Standards zur Qualitätsüberwachung für die Geokunststoffe werden die komponentenspezifischen Mindestprüfumfänge und Inspektionsvorgaben für die Eignungs-, Probefeld- und Baufelduntersuchungen definiert. Diese sind bundesweit einheitlich und werden durch die projektspezifische FP in Zusammenarbeit mit der entsprechenden Fach- bzw. Genehmigungsbehörde im Rahmen des QMP’s auf die jeweilige Baustelle angepasst. Die Prüfumfänge und Prüfparameter können bis zum Abschluss der Baumaßnahme an die jeweilige Situation vor Ort angepasst und aktualisiert werden. Dies bedingt i. d. R. eine Fortschreibung des QMP, inkl. Prüfung und Bestätigung durch die Fachbehörde.

Die aktuellen Anforderungen an die Prüfungen (Labor und Inspektion) für die relevanten Komponenten umfassen nach aktuellem Stand der Technik folgende Hauptelemente:

- Trag- und Ausgleichschicht (TAS),
- Kunststoffdichtungsbahn (KDB),
- Deponieasphaltabdichtung (DAD),
- Schutzsystem (Schutzvlies inkl. 10 cm mineralisches Material oder Mineralische-Deponie-Dichtungs-Schutzbahn [MDDS]),
- Mineralische Entwässerungsschicht (EWS),
- Geosynthetische Tondichtungsbahn (GTD),
- Kunststoffdränelement (KDE),
- Geotextilien zum Filtern und Trennen (GT-FT),
- Rekultivierungsschicht (Unterboden) bzw. Wasserhaushaltsschicht (Unterboden),



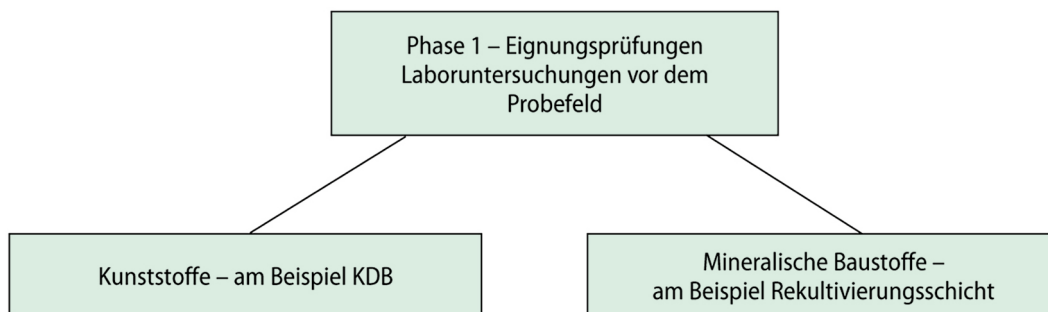
© DBI-EWI GmbH

Bild 3: Struktur der Qualitätssicherung im Deponiebau, Phase 1 – Laborprüfungen vor dem Bau des Probefelds, Phase 2 – Probefelduntersuchungen

- Rekultivierungsschicht (Oberboden) bzw. Wasserhaushaltsschicht (Oberboden).
- Zusätzlich werden noch die Anforderungen (bzgl. der Prüf- und Inspektionsleistungen) für die Hilfselemente mit beschrieben:
- Dichtungskontrollsystem (DKS),
 - Bewehrungsgitter aus Kunststoff (BGK).
- Die wichtigsten Anforderungen werden im Folgenden inhaltlich dargestellt.

Trag- und Ausgleichsschicht (TAS)

Die spezifischen Anforderungen an eine TAS ergeben sich u. a. aus den Ansprüchen der darüber einzubauenden Abdichtungskomponente. Diese sind je nach Produkt entweder den spezifischen BAM-Zulassungsrichtlinien und/oder den BQS sowie den bundeseinheitlichen Eignungsbeurteilungen der Länder zu entnehmen. Die Mächtigkeit der TAS ist einzelfallspezifisch durch den Fachplaner festzulegen. Aus bautechnischen Gründen ist eine Min-



- BAM-Zulassung inkl. Datenblatt
- vorläufiger Verlegeplan
- Verlegefachbetrieb
- Schweißerqualifikationen
- Standsicherheitsnachweis (Plausibilität)
- Schutzwirksamkeitsnachweis (Plausibilität)

- Körnungslinie
- Proctorversuch
- Wassergehalt
- nutzbare Feldkapazität / Luftkapazität
- Scherfestigkeit
- Humusgehalt
- DepV., Anh. 3, Tab. 2, Spalte 9
- lösliche Nährstoffe

Bild 4: Beispielhafte Anforderungen der Qualitätssicherung im Deponiebau für Phase 1 – Laborprüfungen für KDB und Rekultivierungsschicht-Material vor dem Probefeld

© DBI-EWI GmbH

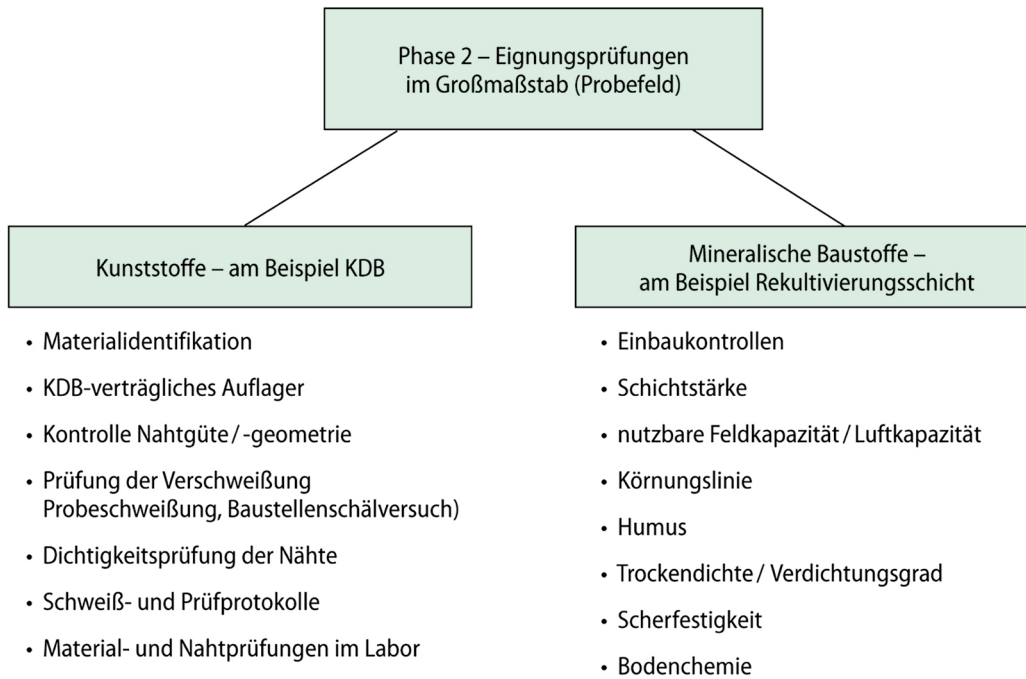


Bild 5: Beispielhafte Anforderungen der Qualitätssicherung im Deponiebau für Phase 2 – Laborprüfungen für KDB und Rekultivierungsschicht-Material im Großmaßstab (Probefeld)

destdicke von $\geq 0,15$ m erforderlich. Die Erfahrungen aus dem Deponiebau zeigen, dass eine Mindestmächtigkeit von $\geq 0,50$ m zielführend ist.

Kunststoffdichtungsbahn (KDB)

Der Standard zur Qualitätsüberwachung KDB (SQÜ KDB) [2] stellt den Stand der Technik bzgl. des QM für die KDB auf Baustellen dar. Er bezieht sich auf das Herstellen, den Einbau und das Überbauen der KDB und beschreibt detailliert die Maßnahmen zur Qualitätsüberwachung. Dadurch kann die fach- und anforderungskonforme Ausführung, Wirksamkeit und Funktion des Abdichtungssystems sichergestellt werden. Die zum Einsatz kommenden KDB müssen BAM-zugelassen sein und folgende Parameter aufweisen:

- BAM-zugelassenes Produkt (mit Eigen- und Fremdüberwachung im Werk),
- Material: PE-HD,
- Mindestdicke: 2,5 mm.

Die KDB sind nach den Einbauvorschriften des Herstellers (Anhang zum Zulassungsschein) durch einen Fachverleger einzubauen, der den Anforderungen der „BAM-Richtlinie Fachbetriebe“ entsprechen muss. Die Anzahl der Proben und der Untersuchungsumfang im Baufeld werden durch die BAM-Richtlinie für die Zulassung von KDB für Deponieabdichtungen geregelt. Der Einbau der aufliegenden Schichten darf nur erfolgen, wenn diese und die KDB weitgehend wellenfrei sind und die KDB entsprechend vollflächig auf der Stützschicht aufliegen.

Geosynthetische Tondichtungsbahn (GTD)

Im BQS 5-5 werden Anforderungen für die GTD, die als mineralische Abdichtungskomponenten in den Oberflächenabdichtungssystemen gemäß Anhang 1 Nr. 2.3 DepV Verwendung finden sollen, formuliert. Er gilt als Grundlage für die bundeseinheitliche Eignungsbeurteilung von GTD als mineralische Abdichtungskomponente

in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien nach DepV. Die sich daraus abzuleitenden erforderlichen Nachweise werden damit zum BQS 5-0 „Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten übergreifende Anforderungen“ mit diesem BQS 5-5 für die GTD entsprechend angepasst.

Es werden die für die Beurteilung grundsätzlich zu erbringenden Angaben und Nachweise für den vorgesehenen Anwendungsbereich beschrieben. Damit wird der Rahmen für entsprechende Eignungsprüfung vorgegeben und ist im Einzelnen an das jeweilige Produkt anzupassen. Grundsätzlich geeignet sind Produkte, die folgenden Anforderungen entsprechen:

- Natürliche Mineralstoffe müssen als Ausgangsstoffe bei ihrer Gewinnung einer Qualitätsüberwachung unterliegen.
- Zusätze werden als Vorprodukte i. d. R. werkmäßig hergestellt oder aufbereitet und müssen einer Qualitätsüberwachung unterliegen.
- Ausgangsstoffe und Vorprodukte müssen sich durch Angabe geeigneter Merkmale eindeutig kennzeichnen lassen.
- Für die Zusammensetzung des Produktes sind die zulässigen Bandbreiten so festzulegen, dass es sich bodenmechanisch und hydraulisch gleichartig verhält.
- Die Qualitätssicherung der Herstellung muss durch eine werkeigene Produktionskontrolle und eine FÜ durch einen unabhängigen Dritten erfolgen.

Auf der Basis der bestandenen Eignungsprüfung werden in der Eignungsbeurteilung u. a. die Anforderungen an die Ausgangsstoffe, die Bandbreite der zulässigen Zusammensetzungen, die Art und der Umfang der ggf. erforderlichen projektbezogenen Eignungsprüfung, die bei der Herstellung des Produktes zulässigen Toleranzen, die für den Verwendungsfall erforderlichen Einbaurandbedingungen festgelegt. Es werden weiterhin der Umfang der Qualitätssicherung der Herstellung des Dichtungsmaterials festgelegt sowie Hinweise für die Qualitätssicherung des Einbaus gegeben.

Eine Verwendung einer bundeseinheitlichen Eignungsbeurteilung auf der Grundlage dieses BQS ist nach Maßgabe der abfallrechtlichen Genehmigungsbehörde auch bei Altdeponien (TA Abfall, TA Siedlungsabfall Nr. 11.2) und im Rahmen der Übergangsvorschriften (TA Abfall, TA Siedlungsabfall Nr. 12) möglich, wenn dies unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse, z. B. Dichtigkeit und Beständigkeit gegenüber Deponiegaseinwirkung und Setzungen infolge biochemischen Abbaus erfolgt.

Deponieasphaltabdichtung (DAD)

Deponieasphalt ist ein Gemisch aus Gesteinskörnungen bestimmter Art [3] sowie Bitumen bestimmter Sorten [3] als Bindemittel. Hinsichtlich der Zusammensetzung und den Eigenschaften des Deponieasphaltes wird unterschieden zwischen Deponieasphalt zur Verwendung für die Tragschicht und Deponieasphalt für die Dichtungsschicht [4]. Der Stand der Technik bzgl. den DAD wird primär über die Güterrichtlinie „Abdichtungskomponenten aus Deponieasphalt“ [3] in Kombination mit den BQS 2-4 und 5-4 definiert. Dabei sind gegenwärtig zwei DAD-Ausführungsvarianten beschrieben [3]:

- **Variante A** ≥ 6 cm Deponieasphalttragschicht + ≥ 4 cm Deponieasphaltdichtungsschicht,
- **Variante B** ≥ 8 cm Deponieasphalttragdichtungsschicht – LAGA Eignungsbeurteilung aktuell zurückgezogen.

Beim Einbau von Deponieasphalt sind eine reibungslose Asphaltmischgutlogistik und ein gutes Baustellenmanagement aller zugehörigen Gewerke sowie Sauberkeit maßgeblich für die Qualität der Dichtungskomponente entscheidend [3]. Die Detailausführungen hinsichtlich der Anforderungen an die Baustoffe und Baustoffgemische für Deponieasphalte sind in [3] ausführlich beschrieben. Sie stellen die Grundlage für die qualitätssichernden Prüfungen im Herstellungs-, Anlieferungs- und Einbauprozess während der Abdichtungsmaßnahme dar und betreffen hauptsächlich:

- Allgemeine Hinweise/Empfehlungen,
- Transport und Übergabe des Mischgutes,
- Auflager,
- Einbau des Mischgutes,
- Qualitätssicherung vor, während und nach dem Einbau des Mischgutes.

Schutzsysteme für die KDB in Deponieabdichtungen

Die DepV fordert ausdrücklich, dass „die Abdichtungskomponenten vor auflastbedingten Beschädigungen zu schützen (sind)“ (s. Anhang 1 Nummer 2.2). Dies gilt primär für Basisabdichtungen, jedoch auch für Oberflächenabdichtungen. Nach dem Stand der Technik werden drei verschiedene Arten von Schutzschichten unterschieden:

- Schutzschichtsystem aus einer geotextilen Schutzlage (mit BAM-Zulassung) und einer zusätzlichen, die Last verteilenden, mineralischen Schutzlage (Kombischutzschicht),
- Schutzschichtsystem aus verpacktem Sand (Sandmatten),
- Rein geosynthetische Schutzschicht (mit BAM-Zulassung).

Die Details hinsichtlich der spezifischen Anforderungen an die drei Varianten der Schutzsysteme sind in [5] ausgewiesen. Der Einbau der aufliegenden Schichten darf nur erfolgen, wenn diese und die Kunststoffdichtungsbahnen weitgehend wellenfrei sind und die

Kunststoffdichtungsbahnen entsprechend vollflächig auf der Stüttschicht aufliegen.

Geotextilien zum Filtern und Trennen (GT-FT)

GF-FT (mit BAM-Zulassung) können in Oberflächenabdichtungen eingesetzt werden, da unterhalb einer mindestens 1 m mächtigen Bodenschicht (i. d. R. Rekultivierungsschicht) bei den in Deutschland herrschenden klimatischen Verhältnissen eine Dauertemperatur von 15 °C nur selten überschritten wird. Die zugelassenen Geotextilien können daher oberhalb der Abdichtungskomponenten der Oberflächenabdichtung ohne Einschränkung eingesetzt werden [6]. Zum Filtern werden Vliesstoffe eingesetzt, zum Trennen Vliesstoffe oder Gewebe. Grundsätzlich muss bei jedem Bauvorhaben eine Bemessung nach den Filterregeln des DVWK-Merkblatts 221 [7] bzw. des DWA Merkblattes 511 [8] durchgeführt werden. Der Einbau der aufliegenden Schichten darf nur erfolgen, wenn die GT-FT entsprechend vollflächig auf der Stüttschicht aufliegen.

Kunststoff-Dränelemente (KDE)

KDE (mit BAM-Zulassung) werden zur Flächenentwässerung in Deponieoberflächenabdichtungen (alternativ und gleichwertig) zur mineralischen Entwässerungsschicht eingesetzt. Ein KDE besteht aus einem Dränkern aus Kunststoff und einem geotextilen Filter. Zumeist ist auf der Unterseite des Dränkerns ein Trägergeotextil angebracht. Das Filtervlies bzw. Eintrittsvlies kann gleichfalls als filterstabiles Element zum Einsatz kommen. Grundsätzlich muss bei jedem Bauvorhaben eine Bemessung nach den Filterregeln des DVWK-Merkblatts 221 [7] bzw. des DWA-Merkblattes 511 [8] durchgeführt werden. KDE sind im Regelfall innerhalb von zwei Werktagen nach Einbau zu überbauen. Das setzt die fachtechnische Freigabe durch den FP voraus. Dadurch sollen temperaturbedingte Verformungen und Verschiebungen der KDE und der darunterliegenden KDB vermieden werden. Zusätzlich sind die Vorgaben der Zulassung im Hinblick auf die zulässige Temperaturbeanspruchung und UV-Einwirkung zu berücksichtigen [9].

Mineralische Entwässerungsschicht

Wasser über Abdichtungskomponenten im Oberflächenabdichtungssystemen ist schnell und schadlos abzuleiten. Deshalb wird an dieser Stelle zur Fassung, Sammlung und Ableitung eine Entwässerungsschicht hergestellt. Diese kann aus mineralischen Baustoffen hergestellt werden. Die grundsätzlichen Anforderungen an mineralische Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen sind in Anhang DepV wie folgt festgelegt [10]:

- Schichtdicke: $d \geq 0,30 \text{ m}$,
- Durchlässigkeitsbeiwert: $k \geq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$,
- Gefälle > 5 %.

Weitergehende qualitätssichernde Maßnahmen bzgl. der langzeit-sicheren Funktionalität der mineralischen Entwässerungsschicht sind im BQS 3-1 beschrieben.

Rekultivierungsschicht/Wasserhaushaltsschicht

Eine Rekultivierungsschicht ist immer im Zusammenwirken mit dem Bewuchs zu sehen. Durch Auswahl eines geeigneten Bewuchses soll die Oberfläche frühzeitig vor Erosion geschützt und langfristig eine hohe Evapotranspiration erreicht werden. Der Bewuchs ist standortspezifisch festzulegen. Sofern die Rekultivie-

rungsschicht spezielle Aufgaben als Wasserhaushaltsschicht erfüllt, gelten die Anforderungen des BQS 7-2 „Wasserhaushaltsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ [11]. Durch die DepV wird der Rekultivierungs- bzw. Wasserhaushaltsschicht eine große Bedeutung im Sinne einer „Ewigkeitskomponente“ beigemessen. Die Rekultivierungsschicht muss so gestaltet sein, dass sie die darunterliegende Entwässerungs- und/oder Abdichtungskomponente schützt und in ihrer Funktion unterstützt. Ein weiterer Aspekt ist die Einbindung des Deponiekörpers in die umgebende Landschaft. Dies wird durch die Nutzung der Rekultivierungsschicht als Pflanzenstandort erreicht. Gleichzeitig bieten die Pflanzenwurzeln mechanischen Halt, i. S. des Erosionsschutzes und der Langzeitstabilität [12]. Grundsätzlich werden an die Rekultivierungs- sowie die Wasserhaushaltsschicht nachfolgende Anforderungen gestellt:

- Mindestmächtigkeit: Rekultivierungsschicht ≥ 1 m; Wasserhaushaltsschicht $\geq 1,5$ m,
- Nutzbare Feldkapazität (nFK) über die Gesamtmächtigkeit: Rekultivierungsschicht ≥ 140 mm; Wasserhaushaltsschicht ≥ 220 mm,
- Luftkapazität (LK): ≥ 8 Vol.-% jedoch nicht < 5 Vol.-% (Schadverdichtung).

Dichtungskontrollsystem (DKS)

BAM-zugelassene DKS dienen der Prüfung der Funktionalität von Konvektionssperren (KDB und DAD) im Oberflächenabdichtungssystem von Deponien. DKS sollen die flächige Überwachung eines fertig hergestellten Oberflächendichtungssystems ermöglichen und auf diese Weise einen unzulässigen Wasserdurchtritt durch eine Abdichtungskomponente nachweisen. Technische Grundlage hierfür ist die Messung und Analyse von örtlichen Verteilungen physikalischer Größen in einem technischen Abdichtungssystem.

DKS müssen sich in den Dichtungsaufbau ohne Einbußen bei der Qualität anderer Abdichtungskomponenten integrieren lassen. Die Verbundwirkung der Abdichtungskomponenten und die Standsicherheit des Gesamtsystems dürfen nicht durch sie beeinträchtigt werden. Die Konstruktion und die Bauart eines DKS müssen den Betrieb auf Teilabschnitten ermöglichen. Durch den Einbau des DKS dürfen umgebende Schichten wie z. B. KDB nicht beschädigt oder in anderer Weise nachteilig beeinflusst werden. Insbesondere ist jede Art der Befestigung von Komponenten des

DKS (Kabel, Sensoren etc.) auf der KDB nicht zulässig. Durchdringungen von Abdichtungsschichten durch das DKS sind auf ein Minimum zu begrenzen [13].

Besondere Anforderungen ergeben sich bei der Verwendung von DKS in Verbindung mit Asphaltabdichtungen. Derzeit liegen keine Erfahrungen beim Einbau von DKS in dieser Konstellation im Deponiebau vor. Es wird aus diesem Grund empfohlen, die DKS nur in Konfigurationen einzusetzen, bei denen keine Komponenten unterhalb der Asphaltsschicht eingebaut werden [13].

Bewehrungsgitter aus Kunststoff (BGK)

BGK (mit BAM-Zulassung) werden im Deponiebau zur Gewährleistung der Standsicherheit des Oberflächenabdichtungssystems bei Bedarf eingesetzt. Es werden gemäß [14] Erddruckgitter (Bewehrungen, bei denen neben der Reibung auch der Erdwiderstand vor den Querelementen rechnerisch zum Herausziehwiderstand beiträgt) und Reibungsgitter (Bewehrungsgitter, bei denen rechnerisch nur die Oberflächenreibung der Längselemente in der Kontaktfläche mit den Bodenpartikeln den Herausziehwiderstand bedingt) unterschieden. Die Wechselwirkung von Bewehrungsgitter und Boden entsteht durch die Verzahnung von Bodenteilchen in den Öffnungen des Gitters und durch die Reibung zwischen den Bodenpartikeln und der Oberfläche der Gitterelemente.

Wesentliche Bedeutung bzgl. der Funktionalität haben folgende projektbezogenen Unterlagen [15]:

- Standsicherheitsnachweis,
- Herausziehwiderstand aus den angrenzenden Bodenschichten,
- Reibungsparameter zu den angrenzenden Bodenschichten,
- Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung der Einbaubeschädigung.

Diese Nachweise sind durch entsprechende qualifizierte Fachleute beziehungsweise Fachinstitutionen zu führen und durch Prüfzeugnisse qualifizierter Prüflabore zu belegen. Die projektbezogenen geführten Nachweise müssen spätestens ab Baubeginn auf der Baustelle vorliegen.

Beispiele aus der Praxis

Im Folgenden wird die Qualitätssicherung im Deponiebau anhand einiger praktischer Beispiele illustriert. **Bild 6** zeigt beispielhaft die repräsentative Probenahme der ersten Lage der mineralischen Dichtung

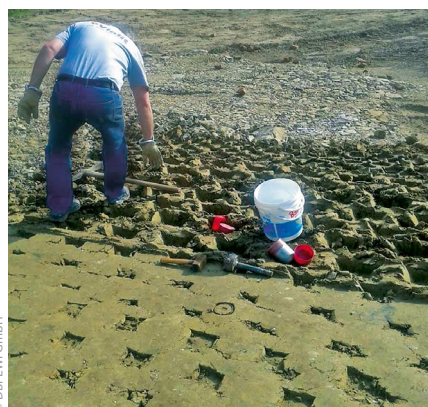


Bild 6: Repräsentative Probenahme der ersten Lage der mineralischen Dichtung eines Basisdichtungssystems



© DBI-EWI GmbH



Bild 7: Beprobung und Schichtstärkenüberprüfung der zweiten Lage der mineralischen Dichtung eines Basisdichtungssystems



© DBI-EWI GmbH

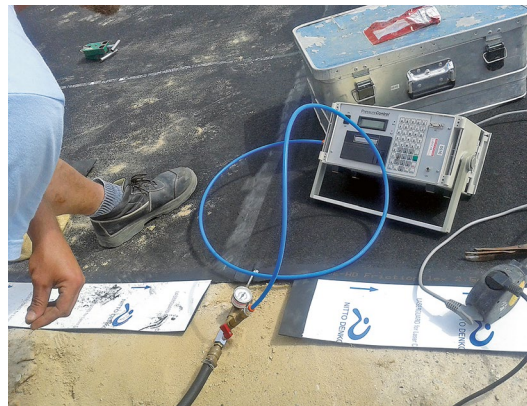


Bild 8: Vorbereitung und Durchführung der Druckprüfung an einer Doppelnah an einer KDB eines Oberflächenabdichtungssystems

Dichtung eines Basisdichtungssystems, **Bild 7** die Beprobung und Schichtstärkenüberprüfung der zweiten Lage der mineralischen Dichtung.

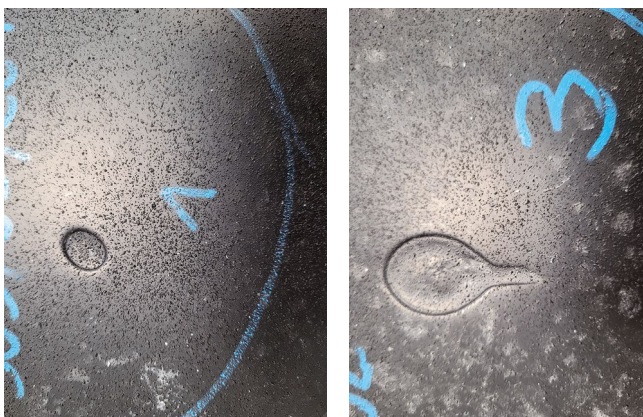
Insbesondere die qualitätsgesicherte Herstellung der KDB erfordert Sorgfalt und mehrere Prüfschritte, und zwar die sachgerechte Vorbereitung des Untergrundes, die fachgerechte Vorbereitung der Verlegung, das fachgerechte Verschweißen der KDB (Doppelnah) mit Schweißautomat (quer und längs) und die Dichtigkeitsprüfungen an Doppel- und Auftragsnähten.

Bild 8 zeigt beispielhaft die Vorbereitung und Durchführung der Druckprüfung an einer KDB-Doppelnah mit Prüfkanal an

einem Oberflächenabdichtungssystem. Besondere Sorgfalt ist bei der Einbindung von Durchdringungsbauwerken (z. B. Gasbrunnen) in das Oberflächenabdichtungssystem an den Tag zu legen. KDB mit Schäden aus dem Produktionsprozess (**Bild 9**) sind Garantiefälle des Herstellers und werden im Rahmen der Qualitätssicherung auf der Baustelle nicht zum Einbau zugelassen.

Unterlassene bzw. unzureichend durchgeführte Qualitätssicherung im Deponiebau hat nicht nur die fehlende Funktionalität des Dichtungssystems zur Folge, sondern kann auch lebensgefährlich für die Beschäftigten auf der Baustelle sein, da abgerissene Abschnitte einer KDB extrem scharfkantig sind, wie die in **Bild 10** dargestellten folgende Schadensbilder KDB durch Unwettereinflüsse zeigen.

In **Bild 11** sind Unterspülungen zu sehen, die aus einer mangelhaften Sicherung gegen Unterläufigkeiten resultierten, in diesem Fall sogar nach Aufbringung der Schutzlage und des Rekultivierungsbodens.



© DBI-EWI GmbH

Bild 9: Schäden an Kunststoffdichtungsbahnen aus dem Produktionsprozess

Fazit

Das QM ein unerlässliches Instrument bei der Herstellung von Ingenieurbauwerken zur Vermeidung und Minimierung von Schadensfällen. Eine rechtzeitige Einbindung der Qualitätsüberwachung bereits in den Planungsphasen ist zielführend, insbesondere um die Anforderungen an die Prüfinstitutionen festzulegen, aber auch um die Unabhängigkeit der EP und FP sicher zu stellen. Erfah-



Bild 10: Schäden an Kunststoffdichtungsbahnen durch Unwettereinflüsse in der Bauphase



Bild 11: Unterspülungen unter der KDB in bereits überbauten Bereichen

rungsgemäß hat die permanente Qualitätsüberwachung im Baufeld (vor-Ort-Präsenz) durch EP und FP einen höheren Qualitätsstandard im Baufortschritt zur Folge. In diesem Rahmen ermöglicht die ständige Fortschreibung des QMP eine zeitnahe Anpassung der Qualitätsanforderungen an das aktuelle Baugeschehen.

Nachsorge von Deponien

Im Deponiebau ist die Nachsorgezeit auf mindestens 30 Jahre orientiert und die Deponiebetreiber müssen entsprechende finanzielle Rücklagen dafür bilden. Eine Deponie als ingenieurtechnisches Bauwerk unterliegt per Definition einer Dauerhaftigkeit als Beseitigungsanlage im Sinne einer umweltverträglichen Schadstoffsenske. Entsprechend den Regelungen in der aktuellen DepV ist die Nachsorgephase als Phase definiert, in der der Deponiebetreiber bei einer endgültig stillgelegten Deponie alle Maßnahmen, insbesondere die Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen durchzuführen hat (s. § 12 DepV), die zur Verhinderung von Beeinträchtigungen des Wohles der Allgemeinheit erforderlich sind. Hier sollten die Prüfinstanzen im Rahmen des QMS während der Errichtung verantwortlich agieren und sinnvollerweise auch in diese Phase mit einbezogen werden.

Literatur

[1] Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I S. 3005) geändert worden ist“

[2] SQÜ-KDB (2016): AKGWS Fremdprüfer - Standard zur Qualitätsüberwachung KDB, Herstellen, Einbauen und Überbauen der Kunststoffdichtungsbahn (KDB). Stand: 15.11.2026 verfügbar online: https://tes.bam.de/TEST/Content/DE/Downloads/anlage4-1_sque-kdb.pdf?__blob=publicationFile

[3] ARBEITSKREIS 2.3 DER DGGT: Güterrichtlinie für Abdichtungskomponenten aus Deponieasphalt. Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V., Arbeitskreis 2.3 – Asphaltbauweisen im Wasserbau und der Geotechnik, 1. Ausgabe, 2015

[4] LAGA ad-hoc-AG Deponietechnik (2020). Eignungsbeurteilung von Deponieasphalt zur Basis- und Oberflächenabdichtung von Deponien vom 02.03.2015. Fortschreibung am 03.12.2019, veröffentlicht am 02.03.2020, online verfügbar: <https://www.laga-online.de/Publikationen-50-Informationen-Bundeseinheitliche-Eignungsbeurteilungen.html>

[5] BAMZRSV (2020): BAM FB 4.3 „Schadstofftransfer und Umwelttechnologien“ - Richtlinie für die Zulassung von Schutzschichten für Kunststoffdichtungsbahnen in Deponieabdichtungen. Stand: überarbeitete 8. Auflage 05/2019, veröffentlicht 03/2020, verfügbar online: https://tes.bam.de/TEST/Content/DE/Downloads/rili_aug_schutzschicht_zulassung-rili.pdf?__blob=publicationFile

[6] BAMZRTV (2020): BAM FB 4.3 „Schadstofftransfer und Umwelttechnologien“ - Richtlinie für die Zulassung von Geotextilien zum Filtern und Trennen für Deponieabdichtungen. Stand: 7. Auflage 05/2019, veröffentlicht 03/2020, verfügbar online: https://tes.bam.de/TEST/Content/DE/Downloads/rili_geotextilien.pdf?__blob=publicationFile

[7] DVWK MERKBLATT 221: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.), Anwendung von Geotextilien im Wasserbau. Hamburg und Berlin: Verlag Paul Parey, 1992, 31 Seiten (vergriffen). Siehe auch Krug, M. und Heyer, D., Geotextile Filter im Erd-, Straßen- und Deponiebau, Geotechnik, 21(1998), Nr. 4, S. 314-32, 1992.

[8] DWA MERKBLATT 511: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.): DWA, Filtern mit Geokunststoffen. Eigenverlag DWA, 08/2017

[9] SQÜ-GT-KDE (2018): AKGWS Fremdprüfer - Standard zur Qualitätsüberwachung GT-KDE, Herstellen, Einbauen und Überbauen der Kunststoff-Dränelemente (KDE). Stand: 28.08.2018 verfügbar online: https://tes.bam.de/TEST/Content/DE/Downloads/anlage4-3_sque-kde.pdf?__blob=publicationFile

[10] BQS 6-1 (2020): LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 6-1 „Mineralische Entwässerungsschichten aus natürlichen Baustoffen in Oberflächenabdichtungssystemen“, Stand: 02.12.2020, veröffentlicht: 15.03.2021, verfügbar online:

https://www.laga-online.de/documents/bqs-6-1-mines-0a-20-12-02_2_1615544651.pdf

- [11] BQS 7-2 (2020): LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-2 „Wasserhaushaltsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“, Stand: 02.12.2020, veröffentlicht: 15.03.2021, verfügbar online: https://www.laga-online.de/documents/bqs-7-2-whs-20-12-02_1615544740.pdf
- [12] BQS 7-1 (2020): LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-1 „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“, Stand: 02.12.2020, veröffentlicht: 15.03.2021, verfügbar online: https://www.laga-online.de/documents/bqs-7-1-reku-20-12-02_1615544705.pdf
- [13] BAMZRDKS (2019): BAM FB 4.3 „Schadstofftransfer und Umwelttechnologien“ - Richtlinie für die Zulassung von Dichtungskontrollsystemen für Konvektionssperren in Deponieoberflächenabdichtungen. Stand: 4. Auflage 05/2019, veröffentlicht 03/2020, verfügbar online: https://tes.bam.de/TES/Content/DE/Downloads/rili_zulassung_konvektionssperren.pdf?__blob=publicationFile
- [14] BAMZRBGK (2019): BAM FB 4.3 „Schadstofftransfer und Umwelttechnologien“ - Richtlinie für die Zulassung von Bewehrungsgittern aus Kunststoff (Geogitter) für Deponieoberflächenabdichtungen. Stand: 5. Auflage 05/2019, veröffentlicht 03/2020, verfügbar online: https://tes.bam.de/TES/Content/DE/Downloads/zulassungsrichtlinie-geogitter-beschluss-fachbeirat-b.pdf?__blob=publicationFile
- [15] SQÜ-GT-BGK (2016): AKGWS Fremdprüfer - Standard zur Qualitätsüberwachung GT-KDE, Herstellen, Einbauen und Überbauen der Bewehrungsgitter aus Kunststoff (BGK). Stand: 15.11.2016 verfügbar online: https://tes.bam.de/TES/Content/DE/Downloads/anlage4-7_sque-bgk.pdf?__blob=publicationFile

Autoren

Dr.-Ing. Mario Müller
DBI-EWI GmbH, Hauptsitz
Halsbrücker Straße 34
09599 Freiberg
m.mueller@dbi-ewi.de

Dipl.-Ing. Hagen Fabian
Dipl.-Ing. Matthias Schrickel
DBI-EWI GmbH, Niederlassung Blankenburg
Karl-Zerbst-Straße 28
38889 Blankenburg
h.fabian@dbi-ewi.de
m.schricket@dbi-ewi.de

Prof. Dr. Petra Schneider
Hochschule Magdeburg-Stendal
Fachbereich Wasser, Umwelt, Bau und Sicherheit
Breitscheidstraße 2
39114 Magdeburg
petra.schneider@h2.de
und
DBI-EWI GmbH
Halsbrücker Straße 34
09599 Freiberg



5. BWK Rheintag am 23.11.2023 in Lahnstein



Mit diesen Vorträgen:



- Das Niedrigwasserereignis 2022 und seine Auswirkungen auf die Schifffahrt
- Das Niedrigwasserereignis 2022 und seine Auswirkungen auf die Wasserversorgung
- Das Niedrigwasserereignis 2022 und seine Auswirkungen auf die Gewässerökologie
- Das Programm Rhein 2040 zur Abmilderung negativer Auswirkungen von Niedrigwasser im Rheineinzugsgebiet
- Aktionsplan Niedrigwasser Rhein
- Abladeoptimierung der Fahrrinnen am Mittelrhein
- Ergebnisse des Baggerversuchs AOMR bei Rhein-km 541,4 – 541,8 und Rhein-km 552,0 - 552,3
- DryRivers – Ziele, Anforderungen, Strategien und Werkzeuge für ein zukunftsfähiges Niedrigwasserrisiko-management



Anmeldung über untenstehenden QR Code oder https://www.verbandonline.org/BWK_Bund/?veranstaltung=13127



Aktionsplan

Niedrigwasser

Rhein

Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V.
www.bwk-bund.de



BWK
die Umweltingenieure