LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“

Eignungsbeurteilung von Bentofix® BZ 6000 zur Herstellung von mineralischen Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien

vom 27.01.2009

Fortschreibung vom 27.04.2018
durch die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

Gelöscht: 02.12.2015

veröffentlicht am 20.09.2018

Gelöscht: 18.04.2015

Gelöscht: 02.12.2015

Inhalt:

1. Zusammensetzung und Eigenschaften 3

1.1 Allgemeines 3
1.2 Produktbeschreibung 3
1.3 Einzelkomponenten (Vorprodukte) 4
1.3.1 Trägergeotextil 5
1.3.2 Trenngeotextil 5
1.3.3 Deckgeotextil 6
1.3.4 Bentonit 6
1.4 Tondichtungsbahn (Endprodukt) 6
1.5 Herstellung, Verpackung, Transport, Lagerung und Kennzeichnung 7
1.5.1 Herstellung 7
1.5.2 Verpackung, Transport, Lagerung 7
1.5.3 Kennzeichnung (Muster siehe Anhang 2) 8
1.6 Konformitätsnachweis 8
1.6.1 Allgemeines 8
1.6.2 Eigenüberwachung / werkseigene Produktkontrolle 8
1.6.3 Fremdüberwachung 9

2 Entwurf und Bemessung 10

2.1 Entwurf des Abdichtungssystems 10
2.1.1 Rekultivierungsschicht 10
2.1.2 Entwässerungsschicht 11
2.1.3 Kombination mit Kunststoffdichtungsbahnen 11
2.1.4 Dichtungsschicht 11
2.1.5 Trag- und Ausgleichsschicht 11
2.1.6 Konstruktive Gestaltung von Details 12
2.2 Bemessung des Abdichtungssystems 14
2.2.1 Nachweis der Standsicherheit 14
2.2.2 Mechanische Eigenschaften, Verformungssicherheit 16
2.2.3 Dichtigkeit 17
2.2.4 Durchwurzelungs- und Austrocknungssicherheit (Schutzmaßnahmen) ... 18

3 Ausführung, Dichtungseinbau 18

3.1 Qualitätsmanagementplan 18
3.2 Probefeld 18
3.3 Witterungsvoraussetzungen 18
3.4 Beschaffenheit des Dichtungsauflagers / Planum 18
3.5 Herstellung der Dichtungsschicht 19

4 Nutzung, Unterhaltung, Wartung 19

5 Qualitätsmanagement 19

6 Technische Bezugsdokumente 20

Anhang 1: Qualitätsmanagement
Anhang 2: Muster der Kennzeichnung
Anhang 3: Schutzmaßnahmen gegen schädliche Wasserspannungen in Bentofix BZ 6000

Gelöscht: Versuchsfeld

Gelöscht: 02.12.2015

1. Zusammensetzung und Eigenschaften

1.1 Allgemeines

Diese Eignungsbeurteilung beurteilt die geosynthetische Tondichtungsbahn (GBR-C) fix®[1] BZ 6000, der Firma NAUE GmbH & Co. KG, Espelkamp-Fiestel. Sie dient zur Herstellung der Abdichtungskomponente in Oberflächenabdichtungssystemen gemäß Deponieverordnung (DepV) [1], sowie den technischen Bezugsdokumenten 2 bis 5.

Diese Eignungsbeurteilung gilt für den Einsatz von Bentofix BZ 6000 auf Deponien nach DepV der Klasse I und in Kombination mit Kunststoffdichtungsbahnen für Deponien der Klasse II.

Bentofix BZ 6000 ist ein Verbundprodukt aus Geotextilien und Bentonit. Es erhält seine dichtende Wirkung im eingebauten Zustand durch Wasseraufnahme und Quellen der zwischen den Geotextilien eingebundenen Bentonitschichten.

Das Dichtungselement besteht aus einer einlagig verlegten Tondichtungsbahn vom Typ Bentofix BZ 6000. Es wirkt in Verbindung mit den anderen darunter und darüber angeordneten Elementen des Abdichtungssystems. Seine Wirksamkeit ist nur gegeben, wenn diese entsprechend den Bestimmungen dieser Eignungsbeurteilung entworfen und bemessen werden.

1.2 Produktbeschreibung

Bei Bentofix BZ 6000 handelt es sich um eine vollflächig vernadelte Tondichtungsbahn (GBR-C) bestehend aus einem unten liegenden Trägergeotextil (Verbundstoff aus Vliesstoff und Gewebe) sowie einem mittig angeordneten Trenngeotextil und einem oben liegenden Deckgeotextil (Vliesstoff), jeweils aus Polypropylen (PP). Dazwischen sind zwei durch das Trenngeotextil voneinander getrennte Schichten aus trockenem Natriumbentonit in Pulverform angeordnet. Die Vernadelung aller Schichten erfolgt von der Deckgeotextilseite her, so dass die im Trägergeotextil verschlauften Fasern des Deckgeotextils den Verbund des Produktes gewährleisten.

Die geforderten Eigenschaften der Vorprodukte und des Endprodukts sind als Erwartungswert / Kenwert (Mittelwert oder Einzelwert über die Rollenbreite) definiert. Die bei der werkseigenen Produktionskontrolle und der Fremdüberwachung zulässigen Abweichungen sind in Kapitel 6 angegeben.

[1] Bentofix ist ein eingetragenes Warenzeichen der NAUE GmbH & Co. KG, Espelkamp-Fiestel

Gelöscht: 02.12.2015

1.3 Einzelkomponenten (Vorprodukte)

Zur Produktion von Bentofix BZ 6000 werden Geotextilien (1.3.1, 1.3.2 und 1.3.3) aus Fasern und Gewebe sowie Bentonit (1.3.4) eingesetzt. Die unter 1.3.1, 1.3.2 und 1.3.3 eingesetzten Formmassen der Faserproduktion, die Fasern und Gewebe sind nachfolgend beschrieben.

Formmassen für die Faserproduktion

Rohstofftyp: Polypropylen (PP)

Produktbezeichnung: *

Hersteller: *

Eigenschaft	Norm	Sabic PP 520 P	INEOS Resin 101-XA 12
Schmelzindex (230/2,16)	BI-AW QPR 108, DIN EN ISO 1133-1	8,5 - 12,5 g/10 min (WPZ) 10,0 - 14,5 g/10 min (WEK)	10,0 - 13,0 g/10 min (WPZ) 10,0 - 14,5 g/10 min (WEK)
Dichte	BI-AW QPR 111	0,899 - 0,905 g/cm³ (WPZ) 0,89 - 0,91 g/cm³ (WEK)	0,903 - 0,907 g/cm³ (WPZ) 0,89 - 0,91 g/cm³ (WEK)

Gelöscht: 53875,¶

Fasern für die Geotextilproduktion

Eigenschaft	Norm	PP 1A, 6,7 *BAM*	PP 1A, 17 *BAM*
Fasertiter	DIN EN ISO 1973	6,7 dtex (± 10 %)	16,5 dtex (± 10 %)
Faserfestigkeit	DIN EN ISO 5079	≥ 40 cN/tex	≥ 36 cN/tex
Faserdehnung	DIN EN ISO 5079	≥ 20 %	≥ 50 %

Gelöscht: 53816

Gelöscht: 53816

* Vertraulich bei LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ hinterlegt

Angaben zur Rezeptur und zur Stabilisierung sind unter der Zulassungsnummer 08/BAM 8.3/10/94 vertraulich bei der BAM, Fachgruppe IV.3 hinterlegt.

Formmasse für die Gewebeproduktion

Rohstofftyp: Polypropylen (PP)

Produktbezeichnung: *

Hersteller: *

Eigenschaft	Norm	Kennwert
Schmelzindex (230/2,16)	ASTM D1238	2,5 - 3,5 g/10 min

* Vertraulich bei LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ hinterlegt.

Gelöscht: 02.12.2015

Gewebe für die Trägergeotextilproduktion

Produktbezeichnung: *

Hersteller: *

Eigenschaft	Norm	Kennwert
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	110 g/m²
Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: 15 kN/m cmd: 15 kN/m
Dehnung bei Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: 15 % cmd: 10 %

md: in Produktionsrichtung

cmd: quer zur Produktionsrichtung

* Vertraulich bei LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ hinterlegt.

1.3.1 Trägergeotextil

Als Trägergeotextil ist ein vernadelter Verbundstoff aus Polypropylen (PP), bestehend aus einem Bändchengewebe und einem Vliesstoff aus PP Fasern (siehe 1.3), zu verwenden.

An die Ausgangsstoffe, Halbzeuge und das daraus hergestellte Trägergeotextil als Vorprodukt werden die im Folgenden genannten Anforderungen gestellt.

Eigenschaft	Norm	Kennwert
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	350 g/m²
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	3,0 mm

1.3.2 Trenngeotextil

Als Trenngeotextil ist ein vernadelter Polypropylen (PP)-Vliesstoff, bestehend aus PP Fasern (siehe 1.3), zu verwenden. An die Ausgangsstoffe, Halbzeuge und das daraus hergestellte Geotextil als Vorprodukt werden die im Folgenden genannten Anforderungen gestellt.

Eigenschaft	Norm	Kennwert
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	500 g/m²
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	4,5 mm

Gelöscht: 02.12.2015

1.3.3 Deckgeotextil

Als Deckgeotextil ist ein vernadelter Polypropylen (PP)-Vliesstoff, bestehend aus PP Fasern (siehe 1.3), zu verwenden. An die Ausgangsstoffe, Halbzeuge und das daraus hergestellte Geotextil als Vorprodukt werden die im Folgenden genannten Anforderungen gestellt.

Eigenschaft	Norm	Kennwert
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	300 g/m²
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	4,5 mm

1.3.4 Bentonit

Für die Bentoniteinlage ist ein Natriumbentonit in Pulverform mit folgenden Eigenschaften zu verwenden:

Eigenschaft	Norm	Kennwert
Quellvolumen	ASTM D5890	≥ 20 ml
Montmorillonitgehalt	VDG P 69	≥ 300 mg/g
Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	≤ 12 %

Gelöscht: 18121

Gelöscht: (5 h, 105° C)

1.4 Tondichtungsbahn (Endprodukt)

Für die Tondichtungsbahn Bentofix BZ 6000 als Verbundprodukt aus den Vorprodukten nach 1.3 gelten die folgenden Anforderungen:

Eigenschaft	Norm	Kennwert
Bentoniteinlage	DIN EN 14196, ρ_{TON} DIN EN 14196, $\rho_{TON,\,0\%}$	6.660 g/m² (in 2 Lagen a 3.330 g/m²) bei ≤12 Gew-% Wassergehalt 5.860 g/m² bei 0 Gew-% Wassergehalt
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN 14196, ρ_{GBR-C}	7.810 g/m² bei ≤12 Gew-% Wassergehalt
Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: 18 kN/m cmd: 18 kN/m
Dehnung bei Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: 50 % cmd: 30 %
Verbindungsfestigkeit bestimmt als mittlere Schälfestigkeit längs	ASTM D6496Ma	400 N/m
K-Wert	DIN EN 16416 (i=150, ca. 30 kPa Auflast)	$1{,}9 \cdot 10^{-11}$ m/s
Permittivität	DIN EN 16416 (i=150, ca. 30 kPa Auflast, d=1 cm)	$1{,}9 \cdot 10^{-9}$ 1/s

Gelöscht: Mittlere Schälkraft

Gelöscht: d=1 cm

Gelöscht: 02.12.2015

1.5 Herstellung, Verpackung, Transport, Lagerung und Kennzeichnung

1.5.1 Herstellung

Bentofix BZ 6000 ist im Werk Espelkamp-Fiestel herzustellen. Der Produktionsvorgang umfasst die Herstellung der Träger-, des Trenn- und des Deckgeotextils durch Vernadelung der Fasern bzw. des Vliesstoffes mit dem angelieferten Bändchengewebe sowie die Herstellung des Endproduktes durch Vernadelung der Geotextilien mit dazwischen aufgebrachten Bentonitlagen.

1.5.2 Verpackung, Transport, Lagerung

In einer vom Hersteller zu erstellenden Anleitung über Verpackung, Transport und Lagerung ist folgendes zu berücksichtigen:

- Die Tondichtungsbahn ist auf einem stabilen Wickelkern aufzurollen.
- Die Rollen sowie das für die Herstellung von Überlappungen notwendige Bentonitpulver sind witterungsgeschützt zu verpacken.
- Werksseitig sind die Rollen liegend auf einem planen, befestigten und überdachten Lagerplatz trocken zu lagern.
- Die Einlagerung und die Verladung hat mit speziellen Hebegeräten zu erfolgen, so dass eine punkt- oder linienförmige Belastung und somit eine Beschädigung der Rollen ausgeschlossen ist.
- Der Transport hat liegend zu erfolgen. Die Transportfläche muss trocken, eben und fremdkörperfrei sein.
- Die Baustellenlagerung hat auf Flächen zu erfolgen, die trocken und eben sind und bei Regen oder Grundwasseranstieg auch trocken bleiben. Wenn die Rollen gestapelt werden sollen, so hat dies parallel zueinander zu erfolgen. Die maximale Stapelhöhe beschränkt sich auf fünf Rollen. Die gelagerten Rollen sind mit einer wetterfesten und UV-stabilen Plane (Schutzfolie) zu bedecken. Die Verpackung ist grundsätzlich erst kurz vor Verlegung der Rollen zu entfernen.
- Beschädigte Rollenverpackungen sind mit Klebeband und Folien wasserdicht zu verschließen.
- Beschädigte Bahnen (mechanische Schäden, vorgequollenes Bentonit) dürfen nicht verlegt werden.
- Der Transport der Rollen auf der Baustelle hat mit geeigneten Geräten zu erfolgen, so dass eine Beschädigung ausgeschlossen ist.

Gelöscht: 02.12.2015

1.5.3 Kennzeichnung (Muster siehe Anhang 2)

Die Tondichtungsbahn ist gemäß DIN EN ISO 10320 zu kennzeichnen. Dies beinhaltet:

- einen Rollenaufdruck in Produktionsrichtung bestehend aus Produktname (Oberseite) und Produkttyp (Unterseite) längs der Kante, der sich in regelmäßigen Abständen von höchstens 5 m wiederholt und
- ein Rollenetikett mit den Angaben zu Hersteller, Produktname, Produkttyp, Artikelnummer, Rollennummer, Rollengewicht [kg], Rollenabmessung, Nenngewicht [g/m²], verwendete Polymere und Art des Geokunststoffs = GBR-C

Weiterhin ist das CE-Kennzeichen an jeder Rolle anzubringen.

1.6 Konformitätsnachweis

1.6.1 Allgemeines

Die Übereinstimmung des Produktes mit den Anforderungen dieser Eignungsbeurteilung muss für jedes Herstellerwerk mit einer Konformitätskontrolle auf der Grundlage einer werksseitigen Produktionskontrolle und einer regelmäßigen Fremdüberwachung nachgewiesen werden.

Der Konformitätsnachweis wird

- aufgrund der Werkseigenen Produktionskontrolle,
- mittels Fremdüberwachung nach DIN 18200 durch einen akkreditierten Fremdüberwacher und
- aufgrund DIN EN 13493 durch die mind. 1 x jährliche Auditierung durch den Notified Body erbracht und durch das CE-Zertifikat bestätigt.

1.6.2 Eigenüberwachung / werkseigene Produktkontrolle

In den Herstellwerken ist eine werkseigene Produktionskontrolle (Eigenüberwachung i. S. Anhang 1 Nr. 2.1 DepV) einzurichten und durchzuführen. Unter werkseigener Produktionskontrolle wird die vom Hersteller vorzunehmende kontinuierliche Überwachung der Produktion verstanden, mit der dieser sicherstellt, dass die von ihm hergestellten Bauprodukte den Bestimmungen dieser Eignungsbeurteilung entsprechen.

Die werkseigene Produktionskontrolle hat nach den in Kapitel 6 aufgeführten Bestimmungen zu erfolgen.

Gelöscht: 02.12.2015

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle sind aufzuzeichnen und auszuwerten. Die Aufzeichnungen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Bezeichnung der Tondichtungsbahn einschließlich der Ausgangsmaterialien und seiner Bestandteile
- Art der Kontrolle oder Prüfung
- Datum der Herstellung und der Prüfung der Tondichtungsbahn bzw. der Ausgangsmaterialien und der Vorprodukte
- Ergebnisse der Kontrollen und Prüfungen und Vergleich mit den Anforderungen nach Anhang 1
- Name des für die werkseigene Produktionskontrolle Verantwortlichen

Die Aufzeichnungen sind mindestens zehn Jahre aufzubewahren und der für die Fremdüberwachung eingeschalteten Überwachungsstelle vorzulegen.

Bei ungenügendem Prüfergebnis sind vom Hersteller unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen zur Abstellung des Mangels zu treffen. Tondichtungsbahnen, die den Anforderungen nicht entsprechen, sind so zu handhaben, dass Verwechslungen mit übereinstimmenden ausgeschlossen werden. Nach Abstellung des Mangels ist - soweit technisch möglich und zum Nachweis der Mängelbeseitigung erforderlich - die betreffende Prüfung unverzüglich zu wiederholen.

1.6.3 Fremdüberwachung

Die werkseigene Produktionskontrolle ist durch eine Fremdüberwachung nach DIN 18200 gemäß Anhang 1 regelmäßig, mindestens zweimal jährlich, zu überprüfen. Bei nicht kontinuierlicher Herstellung ist die Häufigkeit der Überwachung auf die Erfordernisse abzustellen.

Die Ergebnisse der Fremdüberwachung sind mindestens zehn Jahre aufzubewahren. Sie sind vom Fremdüberwacher den abfallrechtlich zuständigen Behörden auf Verlangen vorzulegen.

Gelöscht: 02.12.2015

2 Entwurf und Bemessung

2.1 Entwurf des Abdichtungssystems

Damit das Dichtungselement seine Funktionen erfüllen kann, sind die folgenden Bestimmungen beim Entwurf des Abdichtungssystems unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Gegebenheiten einzuhalten. Die Tondichtungsbahn Bentofix BZ6000 ist eine mineralische Dichtung. Gemäß DepV ergibt sich somit folgender Aufbau des Oberflächenabdichtungssystems (von oben nach unten):

- Rekultivierungsschicht einschließlich Bewuchs
- Entwässerungsschicht
- Schutzlage (bei Deponien der Klasse II)
- Kunststoffdichtungsbahn mit BAM-Zulassung (bei Deponien der Klasse II)
- Abdichtungskomponente (Bentofix BZ 6000)
- Ausgleichsschicht
- Ggf. Gasdränage (bei Deponien der Klasse II)

2.1.1 Rekultivierungsschicht

Anforderungen an Rekultivierungsschichten ergeben sich aus dem Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard 7-1 [6] und sind für den Bewuchs in Oberflächenabdichtungssystemen sind in den GDA-Empfehlung E 2-32 [11] beschrieben. Die gültigen Vorschriften zur Verwendung von Bodenmaterialien sind einzuhalten.

Gelöscht: Es gelten die Anforderungen der Deponieverordnung [1] an die Rekultivierungsschicht (Anhang 5).

Die Bentonitmatte ist durch einen geeigneten Aufbau der Rekultivierungsschicht und des Bewuchses vor mechanischer Beschädigung, Temperatureinwirkungen (z.B. Frost), Austrocknung und Durchwurzelung zu schützen. Die Materialien für die Rekultivierungsschicht dürfen die langfristige Funktionsfähigkeit der Entwässerungsschicht und der Bentonitmatte nicht beeinträchtigen.

Die weiteren Anforderungen an die Rekultivierungsschicht bei Einsatz in Deponien der Klasse I ergeben sich aus Anhang 3 zu dieser Eignungsbeurteilung.

Gelöscht: 02.12.2015

2.1.2 Entwässerungsschicht

Für die Entwässerungsschicht gelten die Anforderungen gemäß DepV [1]. Die Entwässerungsschicht kann sowohl mineralisch als auch aus geosynthetischen Stoffen ausgebildet werden. Bei Entwurf und Bemessung sind auch Aspekte des gesamten Oberflächenabdichtungssystems, u. a. Auflastwirkung, Durchwurzelung, Inkrustationen und Strukturstabilität zu berücksichtigen.

Ergänzend dazu ist bei mineralischen Entwässerungsschichten bei Deponien der Klasse I das Größtkorn auf 8 mm zu beschränken, 10 % Überkorn bis 16 mm ist zulässig. Bei geosynthetischen Entwässerungsschichten (Dränagematten) sind die Angaben in der Zulassung zu berücksichtigen.

Gelöscht: im Eignungsgutachten

Durch entsprechende Gestaltung der auf der Bentonitmatte unmittelbar aufliegenden Entwässerungsschicht wird bei Einsatz in Deponien der Klasse I der Schutz gegen Austrocknung der Bentonitmatte erhöht (s. Anhang 3).

2.1.3 Kombination mit Kunststoffdichtungsbahnen

Auf Deponien der Klasse II ist zusätzlich auf der Bentonitmatte eine Kunststoffdichtungsbahn mit BAM-Zulassung erforderlich.

Eine unter einer Kunststoffdichtungsbahn verlegte geosynthetische Tondichtungsbahn Bentofix BZ 6000 kann dahingehend fehlerausgleichend wirken, dass durch den Pressverbund der Ausfluss aus einer Perforation der Kunststoffdichtungsbahn maßgeblich behindert wird [20].

2.1.4 Dichtungsschicht

Die Herstellung der Dichtungsschicht erfolgt aus der flächigen Verlegung und Überlappung der Tondichtungsbahn Bentofix BZ 6000. Stöße und Überlappungen sind entsprechend der Verlegeanleitung des Herstellers auszuführen (siehe Anhang 1 Nr. 3.9).

Die in die Dichtungsschichtebene eingetragene Hangabtriebskraft darf gemäß BAM-Gutachten [8] 20 kN/m² nicht überschreiten.

2.1.5 Trag- und Ausgleichsschicht

Gelöscht: 02.12.2015

Auf der Oberfläche des abgelagerten Abfalls ist es ggf. erforderlich, eine Trag- und Ausgleichsschicht nach den Anforderungen des Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards 4-1 „Trag- und Ausgleichschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ [4] einzubauen. Die Trag- und Ausgleichsschicht ist so zu dimensionieren, dass Unebenheiten in der Abfalloberfläche ausgeglichen werden und die Tondichtungsbahn auf ihr ordnungsgemäß eingebaut werden kann.

Die Oberfläche der Trag- und Ausgleichsschicht muss frei sein von scharfkantigen oder spitzen Bestandteilen, die zu einer mechanischen Beschädigung der geosynthetischen Tondichtungsbahnen führen können.

Die Verdichtung muss so erfolgen, dass bei der Verlegung durch Baustellenfahrzeuge keine Spurrillen mit ≥ 5 cm und keine Sprünge durch z. B. Walzkanten mit ≥ 2 cm entstehen. Hierfür ist ein Nachweis im Probefeld erforderlich.

Gelöscht: Versuchsfeld

Zur Minimierung eines Wasserdampftransports nach unten ist soll die oberen 30 cm der Trag- und Ausgleichschicht weitgestuftes Material (Ungleichförmigkeit U ≥ 6, Krümmungszahl Cc 1 bis 3) im Körnungsbereich von 0 bis 20 mm eingesetzt werden. Der Feinkornanteil (Schluff und Ton) soll nicht mehr als 20 Masse-% betragen. Ein Überkorn bis 32 mm ist zulässig, wenn dieses schwimmend eingebettet ist. Nicht weitgestuftes Material kann eingesetzt und / oder die Dicke auf 15 cm redu-ziert wird, wenn aufgrund der Abfalleigenschaften ein Wasserdampftransport aus der GTD nach unten ausgeschlossen werden kann.

Eine ggf. erforderliche Gasdränage ist unterhalb der Trag- und Ausgleichsschicht anzuordnen.

2.1.6 Konstruktive Gestaltung von Details

Die konstruktive Gestaltung von Rohrdurchführungen und Anschlüssen an Bauteile ist nach Abb. 2 bzw. 3 auszuführen. Die an Anschlüssen und Durchdringungen entstehenden Überlappungen und Zulagen sind grundsätzlich nach den Angaben in Anhang 1 Nr. "Verlegeanleitung" auszuführen. Die handwerklich korrekte Ausführung ist durch den Verarbeiter im Probefeld unter Beisein der Fremdüberwachung nachzuweisen. Andere Ausführungen bedürfen im Einzelfall der Zustimmung der abfallrechtlich zuständigen Behörde.

Gelöscht: 02.12.2015

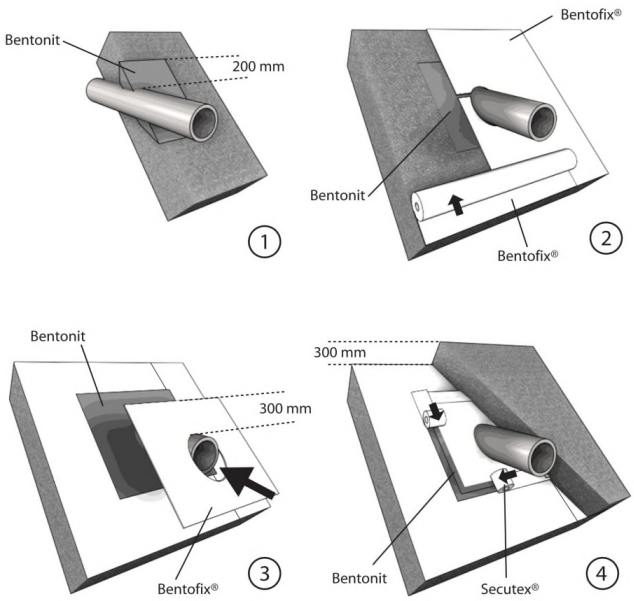


Abb. 2: Ausführung von Rohrdurchdringungen

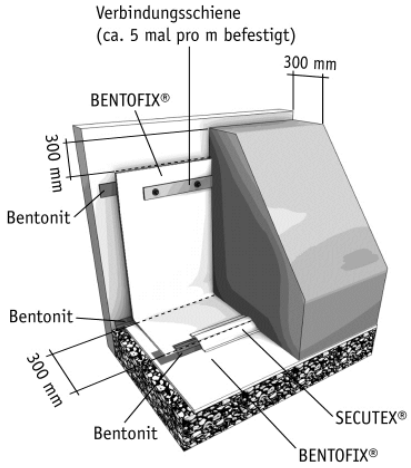


Abb. 3: Anschluss an aufgehende Bauteile

Gelöscht: 02.12.2015

2.2 Bemessung des Abdichtungssystems

Bei der Bemessung des Abdichtungssystems unter Einsatz einer geosynthetischen Tondichtungsbahn Bentofix BZ 6000 sind folgende Nachweise erforderlich:

2.2.1 Nachweis der Standsicherheit

a) äußere Standsicherheit

Der Nachweis der Standsicherheit der Oberflächenabdichtung ist für alle maßgebenden Bau- und Betriebszustände nach den in der Geotechnik üblichen Verfahren, z. B. nach GDA E 2-7 [10], zu erbringen. Dabei dürfen die Tondichtungsbahnen nicht zur planmäßigen Übertragung von Schubkräften herangezogen werden.

Gelöscht: (1997)

Gelöscht: 0

Für den Nachweis der Standsicherheit einer Gleitfläche zwischen der Tondichtungsbahn und angrenzenden Schichten sind die erforderlichen Reibungsparameter für die zur Anwendung kommenden Baustoffe durch geeignete Scherversuche festzustellen. Bei den Festlegungen zur Versuchsdurchführung und der Bewertung der Versuchsergebnisse ist die GDA-Empfehlung E 3-8 [13] zu berücksichtigen.

Gelöscht: der Entwurf der

Gelöscht: -

Gemäß den Untersuchungen beim IGBE Hannover kann grundsätzlich eine ausreichende Standsicherheit für eine Kombination mit einer strukturierten Kunststoffdichtungsbahn (Carbofol Megafriction) bei einer Böschungsneigung von 1:3 gewährleistet werden [21].

b) innere Standsicherheit

Langzeit-Scherfestigkeit

Zum Nachweis der inneren Scherfestigkeit auf geneigten Flächen in Kombination mit dem Alterungsverhalten des sandwichartig aufgebauten Geokunststoff-Verbundproduktes Bentofix BZ 6000 wurden an der Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM) Zeitstandtests [8] im "Scherkriechkasten in Anlehnung an DIN EN ISO 25619-1 durchgeführt. Die Testbedingungen entsprachen den Vorgaben der LAGA Ad-hoc-AG "Deponietechnische Vollzugsfragen" [3].

Bei der Wahl der Prüfbedingungen wurde eine Auflastspannung auf der Böschung von 50 kN/m² und eine Böschungsneigung von 1:n = 1:2,5 (Neigungswinkel 21,8°) simuliert. Dies entspricht einer Hangabtriebskraft bezogen auf die Flächeneinheit von ca. 20 kN/m². Weiterhin wird unterstellt, dass es unter den Einbaubedingungen in wenigen Jahren zu einem Na-Ca-Ionenaustausch im Bentonit kommt und die Proben im Leitungswasserbad geprüft.

Proben aus der Bentonitmatte Bentofix BZ 6000 zeigen in den Zeitstand-Scherversuchen bei 80°C außerordentlich lange Laufzeiten, die Mindeststandzeit von 365 Tagen (10000 Stunden) wurde

Gelöscht: 02.12.2015

weit überschritten und bislang wurde noch in keinem Versuch ein Versagen beobachtet. Mit Hilfe der scheinbaren Aktivierungsenergie (ca. 70 kJ/mol) eines möglichen Schadensmechanismus, die bei der Prüfung im entionisierten Wasser ermittelt wurde, kann eine Arrhenius-Extrapolation des geometrischen Mittelwertes der erreichten Laufzeiten bei 80 °C Prüftemperatur auf eine andere Anwendungstemperatur durchgeführt werden. Unter Berücksichtigung der Anforderungen in den Allgemeinen Grundsätzen [2] mit einer ständigen Einwirkung von 30° C (bei reaktiven Deponien) ist daraus eine Langzeitscherfestigkeit für einen Zeitraum von mindestens 100 Jahren nachgewiesen. Bei einer Temperatur von 15 °C ergibt sich eine untere Grenze der Funktionsdauer von 400 Jahren.

Die in Bentofix eingetragene Schubspannung, in Abhängigkeit von der Böschungsneigung und Bodenauflast, darf gemäß BAM-Gutachten [8] 20 kN/m² nicht überschreiten.

Kurzzeit-Scherfestigkeit

Für den Nachweis der inneren Scherfestigkeit innerhalb der produktionsfrischen Tondichtungsbahn Bentofix BZ 6000 gilt bis zu einer Normalspannung von 80 kPa als Laborwert für den Ersatzreibungswinkel $\varphi'k = 42{,}8°$. Unter Berücksichtigung einer Abminderung um 30% zur Berücksichtigung von Entschlaufungsvorgängen ergibt sich ein Ersatzreibungswinkel φ'_k = arctan ((tan 42,8°) / 1,30) = 35,5°. Der Der Rechenwert im Sinne eines charakteristischen Wertes des Ersatzreibungswinkels beträgt cal φ'_k = arctan (tan 35,5°) / 1,1) = 32,9° mit γ = 1,1 nach EAU [19].

Kurzzeitfestigkeit der Verbundfasern

Die ungünstigste Kurzzeitfestigkeit der Verbundfasern in Abhängigkeit von der Vernadelungsdichte ergibt sich für Bentofix BZ6000 mit Ermittlung der theoretisch übertragbaren Schubspannung:

- Charakteristischer Wert:

Faserfeinheit:	6,7 dtex	16,5 dtex
Faserfestigkeit:	40 cN/tex (4 cN/dtex)	36 cN/tex (3,6 cN/dtex)
Anzahl der Fasern:	$1{,}2\times10^6$	$1{,}2\times10^6$
Übertragbare Kraft pro Faser:		
K_F = 6,7 x 4,0 = 26,8 cN		16,5 x 3,6 = 59,4
Übertragbare Schubkraft T_{KF}		
T_{KF} = 26,8 * 1,2 $\times10^6$ = 32,2 * 10^6 = 322 kPa		59,4 x 1,2$\times10^6$ = 71,3 x 10^6 = 713 kPa
=> (322 + 713) = 1035 kPa		

Gelöscht: 02.12.2015

- Bemessungswert:
  Der Bemessungswert der maximal übertragbaren Schubspannung beträgt:

cal τ $= (\tau_{kF} \times f_{VB} \times f_{Ü} / A_i) / \gamma_m$
$= (1035 \times 0{,}70 \times 0{,}92 / (4{,}0 \times 1{,}0 \times 1{,}2 \times 1{,}75)$
$= 79{,}4\ kN/m^2$

mit
- τ_{kF} - rechnerisch übertragbare Schubspannung
- f_{VB} - Verbundfaktor zur Berücksichtigung einer nur partiellen Auslastung der Verbundfasern/-fäden, $f_{VB} = 0{,}7$ (vernadeltes Produkten)
- $f_{Ü}$ - Abminderung für nicht oder nur partiell bei der Schubkraftübertragung mitwirkende Überlappungsbereiche in Abhängigkeit von der Überlappungsbreite und Fläche der verlegten Bahn, hier: $f_{Ü}$ =0,92 (wegen Überlappungsflächen)
- A - Produkt A_i , i = 1 bis 5 nach EBGEO
- A_1 bis A_3 ist für GTD nicht maßgebend
- A_4 - Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung von Kriechverformung, Entschlaufung $A_4 = 4{,}0$
- A_5 - Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung von Umgebungseinflüssen $A_5 = 1{,}0$ wegen Nachweis der Medienbeständigkeit
- γ_m - Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_m = 1{,}75$ (erhöht für Deponiebauwerke)

2.2.2 Mechanische Eigenschaften, Verformungssicherheit

Der Nachweis der Verformungssicherheit der Tondichtungsbahn ist für die maßgebenden Betriebszustände nach den in der Geotechnik üblichen Verfahren zu erbringen. Im Einzelnen gilt:

Die zulässige Verformung (Flächendehnung, Bemessungswert) für die Tondichtungsbahn, bei der die erforderliche Dichtungsfunktion erhalten bleibt, beträgt 10 %. An Anschlüssen und Durchdringungen sind die Dehnungsbeanspruchungen mit Hilfe konstruktiver Maßnahmen in den zulässigen Grenzen zu halten.

Die Erosionsfestigkeit des Bentonits in der Bentonitmatte ist im Turbulenztest nach RPG [9] nachgewiesen.

Gelöscht: 02.12.2015

2.2.3 Dichtigkeit

Die Anforderungen an die Dichtigkeit von Oberflächenabdichtungen sind in den „Allgemeinen Grundsätzen“ [2] beschrieben. Die zulässige Permittivität von Bentonitmatten beträgt nach den Grundsätzen für die Eignungsbeurteilung [3]:

$$zul\psi = \frac{q}{h} = \frac{8 \cdot 10^{-9}\ m^3}{m^2 \cdot s \cdot 0{,}3\ m} = 2{,}7 \cdot 10^{-8}\ \frac{1}{s}$$

Gelöscht: $zul\psi = \frac{q}{h} = \frac{8 \cdot 10^{-9}$

Der Bemessungswert der unter Berücksichtigung von Materialstreuungen sowie der Einwirkungen während des Einbaues und der anschließenden Exposition für die nach [2] maßgebende Haltbarkeitsdauer anzunehmenden Permittivität ergibt sich zu:

$cal\psi = A_1\ A_2\ \psi_k$

- A_1 - veränderte Dichtigkeit an Überlappungen / Fügestellen $A_1 = 1{,}05$
- A_2 - Veränderungen der Dichtungseigenschaften des Bentonits infolge Kationenaustausch gemäß Laboruntersuchungen $A_2 = 6{,}0$
- ψ_k - charakteristische Permittivität der produktionsfrischen Bentonitmatte Bentofix BZ 6000 als 95 %-Fraktilwert aus der statistischen Auswertung der Produktüberwachung (s. 1.4) $\psi_k = 1{,}9 \cdot 10^{-9}$ 1/s

$cal_\psi = 1{,}05 \cdot 6{,}0 \cdot 1{,}9 \cdot 10^{-9}$ 1/s $= 1{,}2 \cdot 10^{-8}$ 1/s

$cal_\psi = 1{,}2 \cdot 10^{-8}$ 1/s < $zul_\psi = 2{,}7 \cdot 10^{-8}$ 1/s

Der Abminderungsfaktor $A_2 = 6{,}0$ gilt bis zu einer tatsächlichen Salzbelastung der Bodenlösung des Rekultivierungsbodens und der Entwässerungsschicht von 0,005 mol/l (≙ ca. 1000 µS/cm in einer Calciumchloridlösung). Wenn höher mineralisierte Bodenlösungen aus der Rekultivierungsschicht und der Entwässerungsschicht auftreten können, sind zusätzliche Nachweise erforderlich, die auch das Erstquellen des Bentonits mit höher mineralisiertem Wasser berücksichtigen. Der Anpassungsfaktor A2 wäre ggf. entsprechend zu korrigieren.

Eine ausreichende Dichtigkeit wurde grundsätzlich nachgewiesen.

Bei Einwirkung von Deponiegas z.B. auf Deponien der Klasse II sind keine wesentlichen Beeinträchtigungen der Dichtungswirkung des Bentonits zu erwarten [22].

Gelöscht: 02.12.2015

2.2.4 Durchwurzelungs- und Austrocknungssicherheit (Schutzmaßnahmen)

Die Wirksamkeit von Bentofix BZ 6000 kann durch Austrocknung und Pflanzenwurzeln beeinträchtigt werden. Daher sind Schutzmaßnahmen durch Aufbringen einer hierfür geeigneten Rekultivierungsschicht gemäß Anhang 3 zu ergreifen.

3 Ausführung, Dichtungseinbau

3.1 Qualitätsmanagementplan

Nach den Bestimmungen der DepV [1] ist für jede Baumaßnahme ein Qualitätsmanagementplan (QM-Plan) aufzustellen. Im QM-Plan sind die in Anhang 1 genannten Punkte zu berücksichtigen.

3.2 Probefeld

Gelöscht: Versuchsfeld

Vor Ausführung der Baumaßnahmen ist entsprechend den Bestimmungen der DepV [1] unter Berücksichtigung der GDA-Empfehlung E 3-5 [12] ein Probefeld anzulegen, bei dessen Herstellung die erforderlichen Untersuchungen zum Einbauverfahren von Bentofix BZ 6000 auch im Zusammenhang mit den anderen Elementen des Abdichtungssystems vorzunehmen sind (s. Anhang 1).

Gelöscht: Versuchsfeld

3.3 Witterungsvoraussetzungen

Die Witterungsverhältnisse sollten eine trockene Verlegung von Bentofix erlauben und müssen ein Bedecken mit der Bodenauflast zulassen. Das Planum muss den Anforderungen nach Anhang 1 Nr. 3 entsprechen. Ein Einbau der Rollen muss gemäß Anhang 1 Nr. 3 möglich sein. Eingebaute Rollen mit einem Feuchtigkeitsgehalt von ≤ 50 % (Wassergehaltsbestimmung nach DIN EN ISO 17892-1) können, unter Einhaltung der Angaben Anhang 1 Nr. 3 beschüttet werden.

Gelöscht: 18121

3.4 Beschaffenheit des Dichtungsauflagers / Planum

Das Planum soll aus einem weit gestuften Kies-Sand-Gemisch oder feinerem Boden bestehen, abgezogen, abgewalzt, ggf. verdichtet und frei von stehendem Oberflächenwasser sein. Es muss frei von scharfen Gegenständen, großen herausragenden Einzelkörnern und Versatzen (max. 2 cm) sein.

Gelöscht: 02.12.2015

Die Verdichtung des Planums muss so ausreichend sein, dass Verlegefahrzeuge keine Spurrillen > 5 cm erzeugen.

3.5 Herstellung der Dichtungsschicht

Die Dichtungsschicht ist durch einlagige Verlegung von Bentofix BZ 6000 gemäß freigegebenen Verlegeplan auf der vorbereiteten Unterlage von einem qualifizierten Verlegebetrieb herzustellen. Die Verlegung hat nach der Verlegeanleitung des Herstellers zu erfolgen. Die Bestimmungen zur Verlegung sind der Verlegeanleitung zu entnehmen, die der Produkthersteller unter Berücksichtigung der in Anhang 1 genannten Anforderungen zu erstellen hat. Gegebenenfalls sind hierbei auch die sich aus den Untersuchungen im Probefeld ergebenden zusätzlichen Anforderungen zu berücksichtigen.

Gelöscht: Versuchsfeld

Die Verlegung der Tondichtungsbahn ist im Rahmen der abfallrechtlich erforderlichen Eigenprüfung, Fremdprüfung und Überwachung entsprechend Kapitel 6 zu kontrollieren.

4 Nutzung, Unterhaltung, Wartung

Sollen in Ausnahmefällen Fahrstraßen für den Baustellenverkehr über gedichtete Flächen führen ist ohne weiteren Nachweis zum Schutz der Dichtungsschicht eine temporäre Überschüttung mit einer Mindestmächtigkeit von 80 cm vorzusehen. Dabei ist in den unteren 30 cm ein Größtkorn von 8 mm bei ≤ 10 % Überkorn bis 16 mm einzuhalten. Geringere Überschüttungshöhen und abweichende Körnungen können mit Zustimmung der abfallrechtlich zuständigen Behörde verwendet werden. Hierfür ist dann im Probefeld ein Nachweis zu erbringen, dass die Tondichtungsbahn unter Verkehrsbelastung nicht geschädigt wird.

Gelöscht: Versuchsfeld

5 Qualitätsmanagement

Das Qualitätsmanagement ist gemäß Anhang 1 zu dieser Eignungsbeurteilung durchzuführen.

Gelöscht: 02.12.2015

6 Technische Bezugsdokumente

[1] DepV - Deponieverordnung (2009):

Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Artikel 1 der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 27.04.2009), BGBl. I, Nr. 22, S. 900 "Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465)

Gelöscht: 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

[2] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ (2005):

Allgemeine Grundsätze für die Eignungsbeurteilung von Abdichtungskomponenten der Deponieoberflächenabdichtungssysteme; 31.01.2005

[3] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ (2008):

Grundsätze für die Eignungsbeurteilung von geosynthetischen Tondichtungsbahnen als mineralische Dichtung in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien „Bentonitmattengrundsätze"; 10.12.2008

[4] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ (2014)

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 4-1 „Trag- und Ausgleichschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 04.12.2014

[5] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ (2015)

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-5 „Oberflächenabdichtungskomponenten aus geosynthetischen Tondichtungsbahnen“ vom 18.04.2018

Gelöscht: 02.12.2015

[6] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ (2015)

Bundeseinheitliche Qualitätsstandard 7-1 „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 13.04.2016

Gelöscht: Deponieoberflächenabdichtungssystemen

Gelöscht: 02.2015

[7] BAM (2017):

Gelöscht: 03

Richtlinie für die Zulassung von Kunststoff-Dränelementen für Deponieoberflächenabdichtungen; Fachbereich 4.3 „Schadstofftransfer und Umwelttechnologien“ vom Mai 2017

Gelöscht: BAM-

Gelöscht: : "Eignungsnachweis

Gelöscht: Dränelemente in Oberflächenabdichtungen von Deponien

Gelöscht: Altlasten", Labor IV.32, Deponietechnik, Oktober 2003

[8] BAM (2005)

IV.32/1343/05, Gutachten über die Langzeit-Scherfestigkeit der Bentonitmatte Bentofix BZ 6000, Fachgruppe IV3 "Abfallbehandlung und Altlastensanierung", 1. November 2005

[9] BAW (1994):

Richtlinien für die Prüfung von Geotextilien im Verkehrswasserbau (RPG), Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, 1994

[10] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (2015):

Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponiebauwerke": GDA E2-7 Gleitsicherheit der Abdichtungssysteme, August 2015, www.gda-online.de

Gelöscht: 02.12.2015

[11] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (2010):

Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponiebauwerke": GDA-Empfehlung E 2-32. Gestaltung des Bewuchses auf Abfalldeponien, Januar 2010, www.gda-online.de

[12] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (1997):

Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponiebauwerke": GDA E 3-5 "Versuchsfelder für mineralische Basis- und Oberflächenabdichtungsschichten, März 1997

[13] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (2015):

Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponiebauwerke": GDA E 3-8: Reibungsverhalten von Geokunststoffen, August 2015, www.gda-online.de

[14] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (1997):

Empfehlungen des AK 5.1 der DGGT "Untersuchung der Reibung zwischen verschiedenen Geokunststoffen und zwischen Geokunststoffen und Erdstoffen", Entwurf 1997

[15] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (2002):

Empfehlungen zur Anwendung geosynthetischer Tondichtungsbahnen EAG-GTD; Ernst & Sohn, 2002

[16] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (2010):

Gelöscht: 1997/2008

Empfehlungen für Bewehrungen aus Geokunststoffen, EBGEO, Verlag Ernst und Sohn, DGGT, 2010

Gelöscht: 1997

[17] AG Boden (2005):

Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Aufl. Hannover 2005, herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und der Geologischen Landesämter Deutschlands, Schweizerische Verlagsbuchhandlung, Stuttgart

[18] Witt, K.-J.; Zeh, M. (2003):

Geosynthetische Tondichtungsbahn Bentofix B 4000, Beurteilung der Zulassungsäquivalenz nach den Grundsätzen des DIBt, Bauhaus Universität Weimar, 2003

[19] Hafenbautechnische Gesellschaft HTG (1996):

Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen Häfen und Wasserstraßen" (EAU), 1996

[20] IGBE der Leibniz Universität Hannover:

Untersuchung des Pressverbundes in Anlehnung an "Versuchsrandbedingungen zum Nachweis des Pressverbundes, Entwurf vom 15.02.2008", Az.: 06/08, IGBE, 16.04.2008

[21] IGBE der Leibniz Universität Hannover:

Nachweis der äußeren Standsicherheit unter Berücksichtigung möglicher Bentonitausquellungen, Az.: 09/08, IGBE, 08.04.2008

Gelöscht: 02.12.2015

[22] ICP Karlsruhe:

Beurteilung des Durchlässigkeitsbeiwertes einer Bentonitmatte B 4000 und der Quellfähigkeit des Bentonits bei Beaufschlagung mit unterschiedlichen Deponiegaskondensaten, ICP, 05.08.2008

Normen

ASTM D1238:2013

Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer

ASTM D5890:2011-10

Standard Test Method for Swell Index of Clay Mineral Component of Geosynthetic Clay Liner

ASTM D6496Ma:2015-07

Standard Test Method for Determining Average Bonding Peel Strength Between the Top and Bottom Layers of Needle Punched Geosynthetic Clay Liners

BI-AW QPR 108

Bereichsinterne Arbeitsanweisung Qualitätsprüfung - Schmelzindex (firmenintern)

BI-AW QPR 111

Bereichsinterne Arbeitsanweisung Qualitätsprüfung - Dichte (firmenintern)

DIN 18132:1995-12

Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens

DIN 18200:2000-05

Fremdüberwachung

DIN EN 13493:2013-11

Geosynthetische Dichtungsbahnen - Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Deponien und Zwischenlagern für feste Abfallstoffe erforderlich sind

DIN EN 14196:2014-10

Geokunststoffe - Prüfverfahren zur Bestimmung der flächenbezogenen Masse von geosynthetischen Tondichtungsbahnen

Gelöscht: DIN 18121-1:1998-04¶
Untersuchung von Bodenproben - Wassergehalt - Teil 1: Bestimmung durch Ofentrocknung¶
¶
DIN 18130-1 . ¶
Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes¶
¶

Gelöscht: DIN 53816 . ¶
Bestimmung der Faserfestigkeit und Faserdehnung¶
¶
DIN 53875 . ¶
Bestimmung des Schmelzindexes¶
¶
DIN EN 13492 . ¶
Geosynthetische Dichtungsbahnen - Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Deponien und Zwischenlagern für flüssige Abfallstoffe erforderlich sind¶
¶

Gelöscht: 02.12.2015

DIN EN 16416:2013-12

Geosynthetische Tondichtungsbahnen - Bestimmung der Durchflussrate - Triaxialzellen-Methode mit konstanter Druckhöhe

DIN EN ISO 5079:1996-02
Textilien - Fasern - Bestimmung der Höchstzugkraft und Höchstzugkraftdehnung an Spinnfasern

DIN EN ISO 10318:2015-10

Geokunststoffe – Begriffe

DIN EN ISO 10319:2015-09

Geotextilien - Zugprüfung am breiten Streifen

DIN EN ISO 10320:1999-04

Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Identifikation auf der Baustelle

DIN EN ISO 1973:1995-12

Fasern - Bestimmung der Feinheit

DIN EN ISO 17892-1:2015-03

Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts

DIN EN ISO 25619-1:2009-06

Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Bestimmung des Druckverhaltens

DIN EN ISO 9863-1:2016-12

Gelöscht: 2014-08

Geokunststoffe - Bestimmung der Dicke unter festgelegten Drücken – Einzellagen

DIN EN ISO 9864:2005-05

Geokunststoffe - Prüfverfahren zur Bestimmung der flächenbezogenen Masse von Geotextilien und geotextilverwandten Produkten

DIN EN ISO 1133-1:2012-03

Kunststoffe - Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten - Teil 1: Allgemeines Prüfverfahren

VDG P 69

Bindemittelprüfung - Prüfung von Bindetonen

Anhang 1 Qualitätsmanagement

1 Produktbeschreibung und Querschnitt

Bentofix BZ 6000 ist eine vollflächig über alle Komponenten kraftschlüssig vernadelte, Schubkraftübertragende geosynthetische Tondichtungsbahn aus einem unten liegenden Trägergeotextil, einem oben liegenden Deckgeotextil aus Polypropylen (PP) sowie zwei dazwischen angeordneten Schichten aus Natriumbentonit in Pulverform, die durch eine geotextile Trennschicht getrennt sind. Die Oberseite ist mit einem Rollenaufdruck "Bentofix" versehen, die Unterseite mit der Typenbezeichnung "BZ 6000". Der 30 cm breite Überlappungsbereich ist auf der Unterseite durch eine farbige Markierung gekennzeichnet. Zusätzlich befindet sich auf beiden Seiten in Längsrichtung unterseitig ein ca. 20 cm breiter Gewebeüberstand, während die Oberseite auf beiden Seiten mit einem ca. 50 cm breiten Bentoniteingestreuten Randstreifen versehen ist.

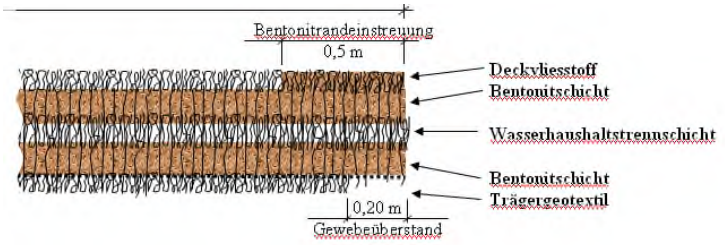


Abb. 1: Schematischer Querschnitt von Bentofix BZ 6000

2 Eigenüberwachung (EÜ) und Fremdüberwachung (FÜ)

2.1 Eigenüberwachung (EÜ)

Die Eigenüberwachung (entsprechend der werkseigenen Produktionskontrolle) ist durch NAUE während der Produktion der Vorprodukte und der Produktion von Bentofix BZ 6000 durchzuführen und entsprechend den Bestimmungen dieser Eignungsbeurteilung zu dokumentieren. Es sind die in den Tabellen der Nr. 2.3 mit "EÜ" gekennzeichneten Kontrollen und Prüfungen vorzunehmen.

2.2 Fremdüberwachung (FÜ)

Die Fremdüberwachung erfolgt durch eine anerkannte Überwachungsstelle in regelmäßigen Abständen mindestens zweimal jährlich. Bei nicht kontinuierlicher Herstellung erfolgt die Überwachung mindestens einmal pro Halbjahr, sofern Bentofix BZ 6000 in diesem Halbjahr mindestens einmal produziert wird. Sie besteht aus der Überprüfung der EÜ (siehe Nr. 2.3) sowie eigenen Stichprobenprüfungen an Bentofix BZ 6000 (siehe Anhang 1 Nr. 2.3.6) durch den Fremdüberwacher.

Gelöscht: 02.12.2015

Es sind die in den Tabellen des Anhangs 1 Nr. 2.3 mit "FÜ" gekennzeichneten Kontrollen/Prüfungen vorzunehmen. Die Ergebnisse der Überwachung sind vom Fremdüberwacher in einem Prüfbericht zusammenzufassen.

2.3 Art und Häufigkeit der Prüfungen bei der Produktherstellung und bei der Fremdüberwachung

In den folgenden Tabellen sind die Eigenschaften, Normen und Kennwerte mit Grenzwerten (GW) und Anzahl der Prüfungen über die Rollenbreite (n) definiert. Wenn n > 1, gilt für Kennwerte und Grenzwerte der Mittelwert aus n Prüfungen, wenn n = 1 gilt der Einzelwert.

EÜ - Eigenüberwachung (entsprechend WPK - Werkseigene Produktionskontrolle

FÜ - Fremdüberwachung

2.3.1 Fasern für die Geotextilproduktion (siehe auch Eignungsbeurteilung Nr. 1.3)

Eigenschaft	Norm	PP 1A, 6,7 *BAM*	PP 1A, 17 *BAM*	EÜ	FÜ
Fasertiter	DIN EN ISO 1973	6,7 dtex (± 10 %)	16,5 dtex (± 10 %)	jede Lieferung	X
Faserfestigkeit	DIN EN ISO 5079	≥ 40 cN/tex	≥ 36 cN/tex	jede Lieferung	X
Faserdehnung	DIN EN ISO 5079	≥ 20 %	≥ 50 %	jede Lieferung	X

Gelöscht: 53816

Gelöscht: 53816

2.3.2 Gewebe für die Trägergeotextilproduktion (siehe auch Eignungsbeurteilung Nr. 1.3)

Eigenschaft	Norm	Kennwert	GW	n	EÜ	FÜ
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	110 g/m²	≥ 100 g/m²	10	jede Lieferung	X
Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: 15 kN/m cmd: 15 kN/m	≥ 13 kN/m ≥ 13 kN/m	5 5	jede Lieferung jede Lieferung	X X
Dehnung bei Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: 15 % cmd: 10 %	≥ 12 % ≥ 8 %	5 5	jede Lieferung jede Lieferung	X X

2.3.3 Trägergeotextil (siehe auch Eignungsbeurteilung Nr. 1.3.1)

Eigenschaft	Norm	Kennwert	GW	n	EÜ	FÜ
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	350 g/m²	≥ 315 g/m²	10	alle 5.000 m²	X
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	3,0 mm	≥ 2,7 mm	10	alle 5.000 m²	X

Gelöscht: 02.12.2015

2.3.4 Trenngeotextil (siehe auch Eignungsbeurteilung Nr. 1.3.2)

Eigenschaft	Norm	Kennwert	GW	n	EÜ	FÜ
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	500 g/m²	≥ 450 g/m²	10	alle 5.000 m²	X
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	4,5 mm	≥ 4,0 mm	10	alle 5.000 m²	X

2.3.5 Deckgeotextil (siehe auch Eignungsbeurteilung Nr. 1.3.3)

Eigenschaft	Norm	Kennwert	GW	n	EÜ	FÜ
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	300 g/m²	≥ 270 g/m²	10	alle 5.000 m²	X
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	4,5 mm	≥ 4,0 mm	10	alle 5.000 m²	X

2.3.6 Bentonit (siehe auch Eignungsbeurteilung Nr. 1.3.4)

Eigenschaft	Norm	Kennwert	n	EÜ	FÜ
Quellvolumen	ASTM D5890	≥ 20 ml	1	alle 25 to.	X
Montmorillonitgehalt	VDG P 69	≥ 300 mg/g	1	alle 100 to., aber mind. 1 x je Produktionscharge des Lieferanten	X X
Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	≤ 12 %	1	alle 25 to.	X X

Gelöscht: 18121

Gelöscht: (5 h, 105° C)

Gelöscht: 02.12.2015

2.3.7 Tondichtungsbahn (siehe auch Eignungsbeurteilung Nr. 1.4)

Eigenschaft	Norm	Kennwert	GW	n	EÜ	FÜ
Bentoniteinlage bezogen auf einen Wassergehalt 0 Gew.-%	DIN EN 14196, ρ_{TON}	5.800 g/m² (in 2 Lagen a 2.900 g/m²)	≥ 5.200 g/m²	10	alle 5.000 m²	X
Masse pro Flächeneinheit bezogen auf einen Wassergehalt ≤ 12 Gew.-%	DIN EN 14196, ρ_{GBR-C}	7.810 g/m²	≥ 7.030 g/m²	10	alle 5.000 m²	X
Höchstzugkraft längs/quer*)	DIN EN ISO 10319	md: 18 kN/m cmd: 18 kN/m	≥ 17,2 kN/m ≥ 17,2 kN/m	5 5	alle 10.000 m² alle 10.000 m²	X X
Dehnung bei Höchstzugkraft längs/quer*)	DIN EN ISO 10319	md: 50 % cmd: 30 %	≥ 45 % ≥ 27 %	5 5	alle 10.000 m² alle 10.000 m²	X X
Verbindungsfestigkeit bestimmt als mittlere Schälfestigkeit längs	ASTM D6496Ma	400 N/m	≥ 360 N/m	5	alle 10.000 m²	X
K-Wert	DIN EN 16416 (i=150, ca. 30 kPa Auflast)	$1{,}9 \cdot 10^{-11}$ m/s	≤ $2{,}3 \cdot 10^{-11}$ m/s	1	alle 15.000 m²	X
Permittivität	DIN EN 16416 (i=150, ca. 30 kPa Auflast, d=1 cm)	$1{,}9 \cdot 10^{-9}$ 1/s	≤ $2{,}3 \cdot 10^{-9}$ 1/s	1	alle 15.000 m²	X

*) Messung über Traversenweg zulässig

Gelöscht: Mittlere Schälkraft

Gelöscht: , d=1 cm

3 Verlegeanleitung

3.1 Allgemeines

Bentofix ist ein über alle Schichten vollflächig, kraftschlüssig vernadelter, Schubkraftübertragender Verbundstoff (geosynthetische Tondichtungsbahn) nach dem Sandwichprinzip aus drei Geotextilien und zwei eingeschlossenen Bentonitlagen als quellfähige Dichtungsschichten. Das Planum als Stützschicht, Bentofix und die mindestens 30 cm dicke Bodenauflast bilden ein System. Bentofix dient als Dichtungselement und ist daher nur begrenzt geeignet, Zugkräfte aufzunehmen.

Bentofix wird als Qualitätsprodukt nach DIN EN ISO 9001 zertifizierten Abläufen von der Firma NAUE gefertigt. Nur sorgfältige, anwendungsgerechte Handhabung und Verlegung des Dichtungselementes Bentofix gewährleisten den Erfolg der Baumaßnahme.

Diese Verlegeanleitung gilt für Bentofix BZ 6000 für den Einsatz in Deponieoberflächendichtungssystemen.

Gelöscht: 02.12.2015

Diese Verlegeanleitung muss auf der Baustelle dem verantwortlichen Bauleiter vorliegen.

Die zusätzliche werkseitig durchgeführte Bentoniteinstreuung führt zu einer vereinfachten Überlappungsausbildung. Die Ausnahmen sind in Nr. 3.9.4 beschrieben. Hierfür kommen für einen Teil der Überlappungen Bentonitpulver und Vliesstoffstreifen zum Einsatz.

3.2 Verpackung und Transport zur Baustelle

Bentofix wird in Folie witterungsgeschützt als Rollenware geliefert. Jede Rolle ist mit einem Etikett versehen, auf dem Bentofix -spezifische Informationen enthalten sind. Im Regelfall ist für Überlappungen mit Bentofix mit Kanteneinstreuung keine zusätzliche Abspachtelung dieser Überlappung notwendig. Für Sonderfälle sind Bentonitpulver sowie ca. 20 cm breite Vliesstoffstreifen für die Bedeckung der entstehenden Kantenbehandlung erforderlich. Die benötigten Mengen sind vor Lieferung mit der Firma NAUE abzustimmen.

Werkseitig werden die Rollen liegend auf einem planen, befestigten und überdachten Lagerplatz trocken gelagert. Mit einem handelsüblichen Gabelstapler mit spezieller Hebevorrichtung (z. B. Teppichdorn) werden die Rollen werkseitig ein- und ausgelagert.

Vom Hersteller zur Baustelle werden die Rollen liegend in der Regel mit Planen-LKWs (z. B. Sattelzug) transportiert. Die Ladefläche muss trocken, eben und fremdkörperfrei sein.

Die Ladefläche sollte von oben zugänglich sein. Der Bentonit als Sackware sowie die Vliesstoffstreifen werden witterungsgeschützt transportiert.

Transportbeschädigungen sind unmittelbar dem Spediteur und dem Lieferanten zu melden. Eine weitere Verwendung ist in Absprache mit der Firma NAUE zu prüfen.

3.3 Entladung, Lagerung und Transport auf der Baustelle

Vor Ort sind für die Entladung der LKWs befestigte Plätze und Fahrstraßen mit ebenem und trockenem Untergrund vorzusehen.

Der Lagerplatz ist entsprechend den geplanten Teillieferungen mit ausreichenden Abmessungen bereitzustellen. Der Untergrund hat trocken und eben zu sein und bei Regen oder Grundwasseranstieg trocken zu bleiben. Die gelagerten Rollen sind mit einer wetterfesten und UV-stabilen Plane (Schutzfolie) zu bedecken. Geringfügige Beschädigungen der Plane können mit witterungsfesten Klebestreifen wieder zugeklebt werden. Die maximale Stapelhöhe beschränkt sich auf fünf

Gelöscht: 02.12.2015

Rollen.

Für die Entladung der LKWs kommen folgende Möglichkeiten in Betracht:

- Mit zwei breiten (≥ 7 cm) Transportgurten (jeweils ca. 1/3 der Rollenbreite vom Rand), die am Lasthaken oder an der Baggerschaufel befestigt werden, mit der, je nach Tragkraft der Gurte, eine oder mehrere Rollen Bentofix® ohne Beschädigungen befördert werden kann.

- Mit einer Traverse (siehe Abb. 2), die am Lasthaken oder an der Baggerschaufel befestigt wird, bei der seitliche Einschübe in die Rolle hineingeschoben werden oder ein Stahlrohr durch die Rolle geschoben wird. Dabei ist zu beachten, dass die an den Einschüben bzw. an dem Stahlrohr befestigten Ketten oder Gurte die Bentofix Rolle nicht beschädigen.

Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass der Verpackungsschlauch der Rolle unbeschädigt ist. Geringfügige Beschädigungen des Verpackungsschlauches müssen mit einem witterungsfesten Klebestreifen repariert werden. Die Verpackung ist grundsätzlich erst kurz vor Verlegung der Rollen zu entfernen.

Der Transport von Bentofix Rollen auf der Baustelle sollte mit einer Traverse (Abb. 2) oder liegend auf einem geeigneten Baustellenfahrzeug erfolgen.

3.4 Gerätetechnische Ausstattung

Baufahrzeug, z. B. Bagger	☐	Radlader (ggf. hydraulischer Verlängerungsarm)	☐
Traverse (drehbar, eventuell mit Wirbel)	☐	Strom	☐
Aggregat	☐	Kabeltrommel	☐
Wasser	☐	Wasserbehälter	☐
große Bohrmaschine	☐	Quirl o. ä. (hohe Scherkräfte erforderlich)	☐
Maurerkübel (ca. 80 Liter Inhalt)	☐	Schubkarren	☐
10-Liter-Eimer	☐	Kellen	☐
Schaufeln	☐	Teppichmesser, besser Elektroschneider	☐
Filz-, Kreidestifte	☐	Zollstock	☐
Haarbesen	☐	Andrückrolle	☐

3.5 Qualifikation des Einbaupersonals

Das Verlegepersonal muss vor Einbau von Bentofix vom zuständigen Bauleiter über den Inhalt dieser Verlegeanleitung eingewiesen werden. Es empfiehlt sich, die Einweisung im Bautagebuch zu vermerken. Bei einer Erstverlegung durch die Baufirma oder den Verleger muss eine praktische Einweisung in Gegenwart des Fremdüberwachers durch einen Mitarbeiter der Firma NAUE erfolgen. Die Kosten hierfür trägt der Bentofix Verleger.

Gelöscht: 02.12.2015

3.6 Witterungsvoraussetzungen für den Einbau

Die Witterungsverhältnisse sollten eine trockene Verlegung von Bentofix erlauben und müssen ein Bedecken mit der Bodenauflast zulassen. Das Planum muss den Anforderungen nach Abschnitt 3.7 entsprechen. Ein Einbau der Rollen muss gemäß Abschnitt 3.8 bis 3.11 möglich sein. Eingebaute Rollen mit einem Feuchtigkeitsgehalt von ≤ 50 % (Wassergehaltsbestimmung nach DIN EN ISO 17892-1) können, unter Einhaltung der Angaben aus Abschnitt 3.12, beschüttet werden.

Gelöscht: 6

Gelöscht: 7

Gelöscht: 10

Gelöscht: 18121

3.7 Planumsvoraussetzungen

Das Planum soll aus einem weit gestuften Kies-Sand-Gemisch oder feinerem Boden bestehen, abgezogen, abgewalzt, ggf. verdichtet und frei von stehendem Oberflächenwasser sein. Es muss frei von scharfen Gegenständen, großen herausragenden Einzelkörnern und Versatzen (max. 2 cm) sein.

Die Verdichtung des Planums muss so ausreichend sein, dass Verlegefahrzeuge keine Spurrillen > 5 cm erzeugen.

3.8 Verlegen von Bentofix

Die werkseitige Verpackung von Bentofix darf erst kurz vor dem Einbau entfernt werden. Die Unterseite von Bentofix ist in Längsrichtung auf jeder Seite mit einem farbigen Strich markiert und besteht in der Regel aus einem Gewebe oder einer Gewebe/Vliesstoff-Kombination. Die Markierungen kennzeichnen die notwendigen 30 cm breiten Längenüberlappungsbereiche. Alle Überlappungen sind mindestens 30 cm breit auszuführen.

Die Gewebeseite muss immer auf das Planum zum Liegen kommen. Sonderfälle müssen mit dem Planer abgestimmt werden.

Die Bentofix Rollen werden am Einbauort mit einer Traverse (Abb. 2) und einem geeigneten Einbaugerät auf dem Planum liegend ausgerollt (Abb. 3), sodass der Bentofix Schriftzug oben sichtbar liegt.

Mit einem Teppichmesser oder Elektroschneider können die Bahnen auf Einbaulänge zugeschnitten werden. Die folgenden (meistens parallel) zu verlegenden Bahnen werden auf dem Planum so ausgerollt, dass diese faltenfrei in Längs- und Querrichtung mindestens 30 cm breit die vorher verlegte Bahn überlappen. Mit dem farbigen Strich in Längsrichtung kann die Einhaltung der Überlappung von mindestens 30 cm während des Einbaus überprüft werden. Die Verlegefolge ist baustellenabhängig und normalerweise in allen Richtungen möglich. Die Überlappungen sind immer

Gelöscht: 02.12.2015

dachziegelartig in Gefällerichtung auszuführen. Bereits verlegte Bahnen dürfen nicht befahren werden und sollten möglichst wenig betreten werden.

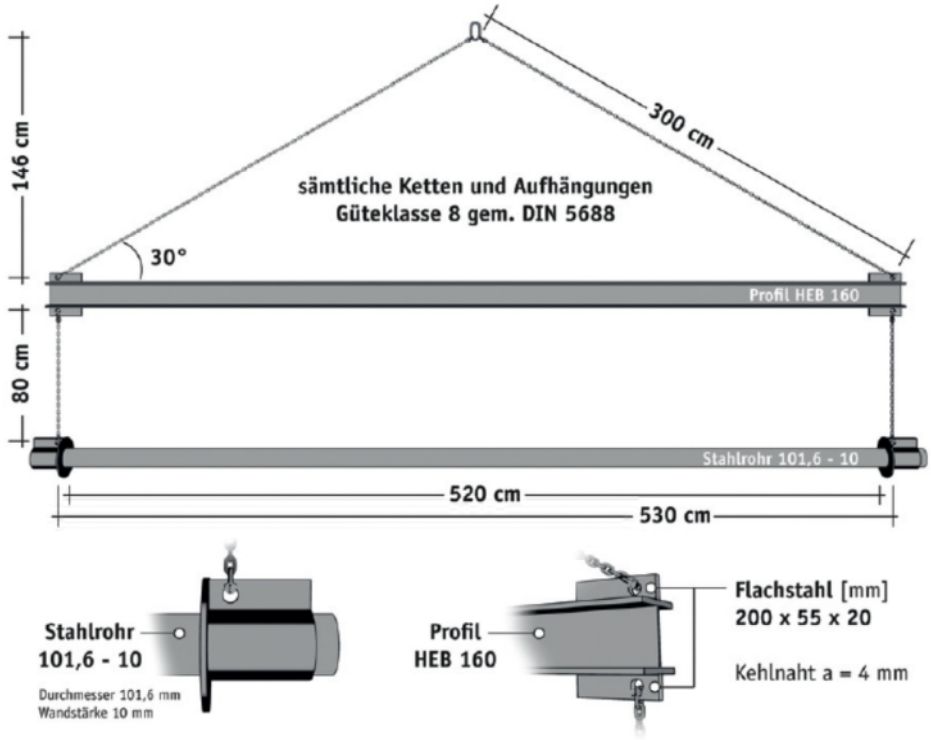


Abb. 2: Traverse geeignet für Rollengewichte bis 1.250 kg

Überlappungen müssen faltenfrei und frei von Fremdkörpern (z. B. Boden) sein. Liegen Bodenteile auf dem offen liegenden Überlappungsbereich, so müssen diese vorsichtig entfernt werden.

Gelöscht: 02.12.2015

3.9 Herstellen von Überlappungen

3.9.1 Allgemeines

Die Sorgfalt der Ausbildung und Ausführung aller Überlappungsbereiche bestimmt entscheidend die Qualität der gesamten Dichtung. Der Überlappungsbereich darf grundsätzlich nicht betreten werden.

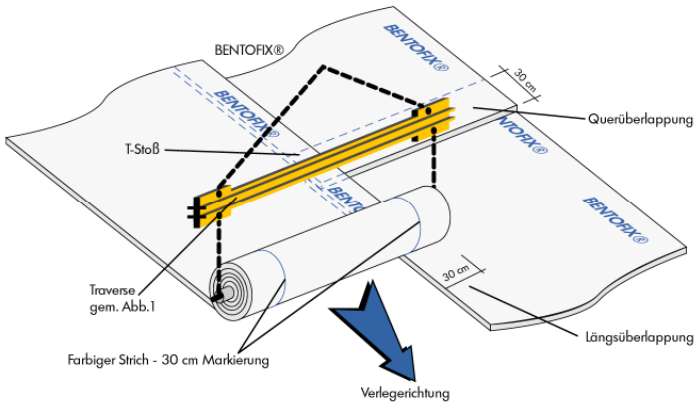


Abb. 3: Bentofix Verlegung (T-Stoß)

Alle Überlappungen müssen in Gefällerichtung dachziegelartig ausgeführt werden. T-Stöße (Abb. 2) sind auf ein Minimum zu reduzieren. Kreuzstöße dürfen nicht ausgeführt werden. Überlappungen in Tiefpunkten sind zu vermeiden.

3.9.2 Längsüberlappungen

Bei Bentofix mit einer bentonitgefüllten Kanteneinstreuung ist keine zusätzliche Abspachtelung des Überlappungsbereiches vor Ort erforderlich.

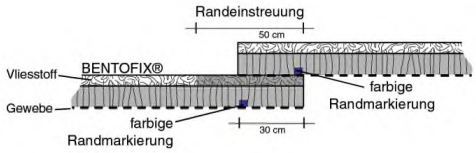


Abb. 4: Schematischer Längsüberlappungsbereich bei einer Kanteneinstreuung

Gelöscht: 02.12.2015

Hierbei ist nur zu beachten, dass der Gewebebereich der oberen Bahn mindestens 20 cm im Bereich der Bentoniteinstreuung zum Liegen kommt (Abb. 4).

Längsüberlappungen (keine Bentonitkanteneinstreuung) von Bentofix Typen sind gemäß Nr. 3.9.4 (Abb. 5 bis 7) auszuführen.

3.9.3 Querüberlappungen

Bei Bereichen ohne Kanteneinstreuung muss eine bauseitige Einstreuung von Bentonitpulver (0,8 kg/m², ca. 20 cm breit) im Überlappungsbereich erfolgen (gemäß Abschnitt 3.9.4 (Abb. 5 bis 7)).

3.9.4 Kantenbehandlung

3.9.4.1 Allgemeines

Die Abdichtung von Überlappungen ohne werkseitige Kanteneinstreuung besteht aus vier Arbeitsschritten, die in Abschnitt 3.9.4.2 bis 3.9.4.5 detailliert beschrieben sind. Bei ordnungsgemäßem Transport und ordnungsgemäßer Verlegung ist im Überlappungsbereich der Längsüberlappungen eine durchgängige Bentonitschicht vorhanden.

3.9.4.2 Vorbereitung des Überlappungsbereiches

Um einen Bezugspunkt für das Einbringen der bauseitige Einstreuung von Bentonitpulver bei Überlappungen zu haben, wird auf der Oberseite der unten liegenden Bentofix Bahn eine Markierung erstellt. Anschließend wird der Überlappungsbereich der oben liegenden Bentofix Rolle umgeklappt (Abb. 5).

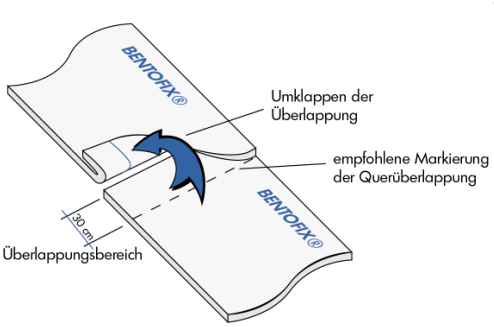


Abb. 5: Umklappen der Überlappung

Gelöscht: 02.12.2015

3.9.4.3 Aufstreuen von Bentonit

Im Überlappungsbereich wird bei Bereichen ohne Kanteneinstreuung eine bauseitige Einstreuung von Bentonitpulver (0,8 kg/m², ca. 20 cm breit) im Überlappungsbereich eingebracht. Üblicherweise wird der Bentonit als Sackware geliefert. Mit einer Schaufel oder Kelle wird der trockene Bentonit ca. 5 mm dick aufgebracht und gleichmäßig verstrichen. Die Bentonitlage im Überlappungsbereich wird gemäß Abb. 6 in einer Breite von 20 cm (15 cm in dem Überlappungsbereich und 5 cm vor dem Überlappungsbereich) verstrichen.

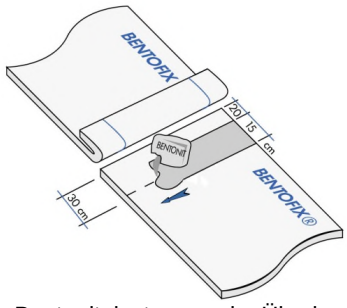


Abb. 6: Bentoniteinstreuung im Überlappungsbereich

3.9.4.4 Kantenabdichtung

Der umgeklappte Bereich wird zurückgelegt und angedrückt. Zur Vermeidung von Fließwegen dürfen dabei keine Falten oder Wellen zurückbleiben.

Die Überlappungskante wird zusätzlich mit Bentonit ca. 1 bis 2 cm dick und ca. 5 cm breit ohne Fehlstellen abgestreut. Der Bentonit wird glatt gestrichen (Abb. 7).

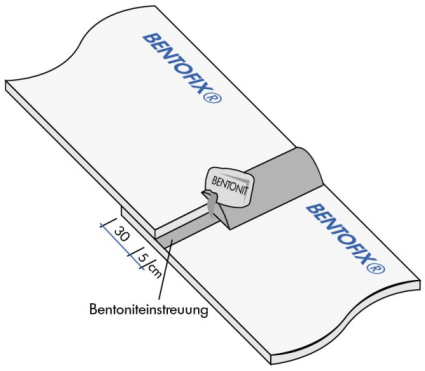


Abb. 7: Bentoniteinstreuung im Kantenbereich

Gelöscht: 02.12.2015

3.9.4.5 Aufbringen des Vliesstoffstreifens

Um u. a. Verunreinigungen des Bentonits zu vermeiden, ist der Überlappungsbereich sofort nach der Abstreuung mit dem mitgelieferten Secutex Vliesstoffstreifen zu bedecken und mit einer Rolle anzudrücken (Abb. 8). Bei T-Stößen darf der Vliesstoffstreifen nicht zwischen die überlappenden Bentofix Bahnen gelegt werden.

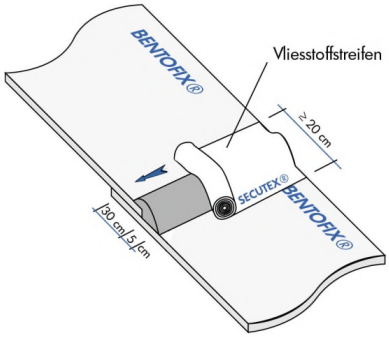


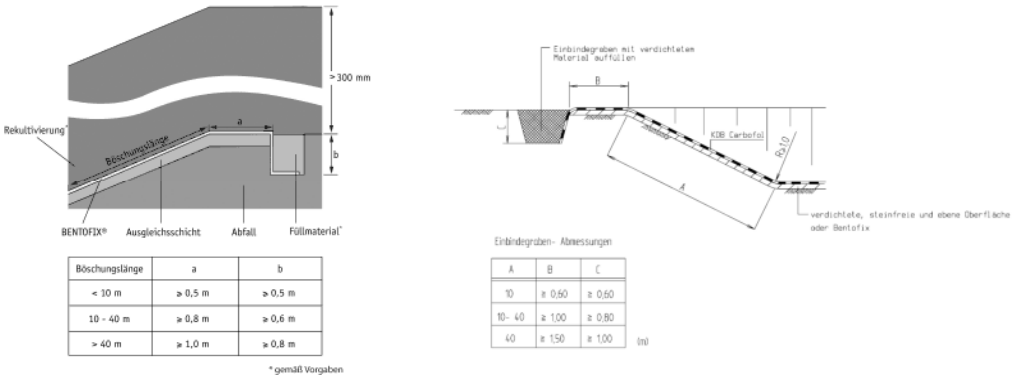
Abb. 8: Bentoniteinstreuung im Überlappungsbereich

3.10 Verlegen an Böschungen

Die Standsicherheit von Dichtungselementen an Böschungen ist für alle Bauzustände nach den allgemein anerkannten Regeln der Geotechnik vor dem Einbau von unabhängigen Fachleuten nachzuweisen.

Bentofix sollte bei Böschungen (ab Neigungen von 17 % und Längen ≥ 3 m) in Böschungsfallrichtung verlegt werden. Querüberlappungen in Böschungsfallrichtung sind zu vermeiden. Ist dies unumgänglich, ist die Überlappung dachziegelartig und gemäß Abschnitt 3.8 auszuführen. Gegebenenfalls sind bei Neigungen von 1:3,5 oder steiler, bei denen Querüberlappungen unvermeidlich sind, verdeckte Bermen in Absprache mit dem Planer empfehlenswert. Sollte aus standsicherheitsrelevanten Gründen ein Einbindegraben notwendig sein, so kann dieser nach Freigabe gemäß Abb. 9 hergestellt werden.

Gelöscht: 02.12.2015



Böschungslänge	a	b
< 10 m	≥ 0,5 m	≥ 0,5 m
10 - 40 m	≥ 0,8 m	≥ 0,6 m
> 40 m	≥ 1,0 m	≥ 0,8 m

* gemäß Vorgaben

A	B	C
10	≥ 0,60	≥ 0,60
10- 40	≥ 1,00	≥ 0,80
40	≥ 1,50	≥ 1,00

(m)

Abb. 9: Einbindegraben – links nur GTD, rechts GTD/KDB (schematische Darstellung)

3.11 Herstellen von Anschlüssen und Durchdringungen

Die bei Anschlüssen entstehenden Überlappungen mit Formteilen und Zuschnitten sind grundsätzlich nach Abschnitt 3.9.4 auszuführen. Zuschnitte müssen bauseits aus Rollenware zugeschnitten werden.

Bei Anwendungen von Bentofix als Oberflächendichtung erfolgt die Anbindung an die Basisdichtung (falls vorhanden) gemäß Abb. 10 oder in Abstimmung mit dem Planer.

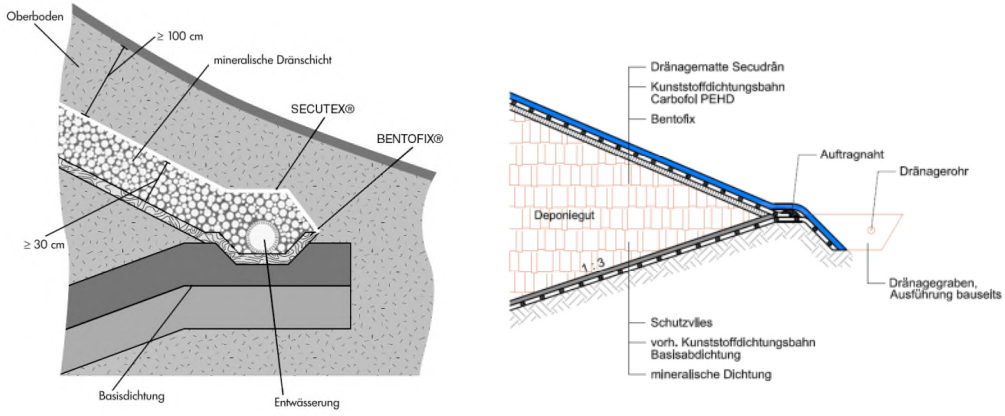


Abb. 10: Anbindung an Basisdichtung

Gelöscht: 02.12.2015

Durchdringungen und/oder Rohrdurchführungen von Bentofix können prinzipiell nach Abb. 11 ausgeführt werden.

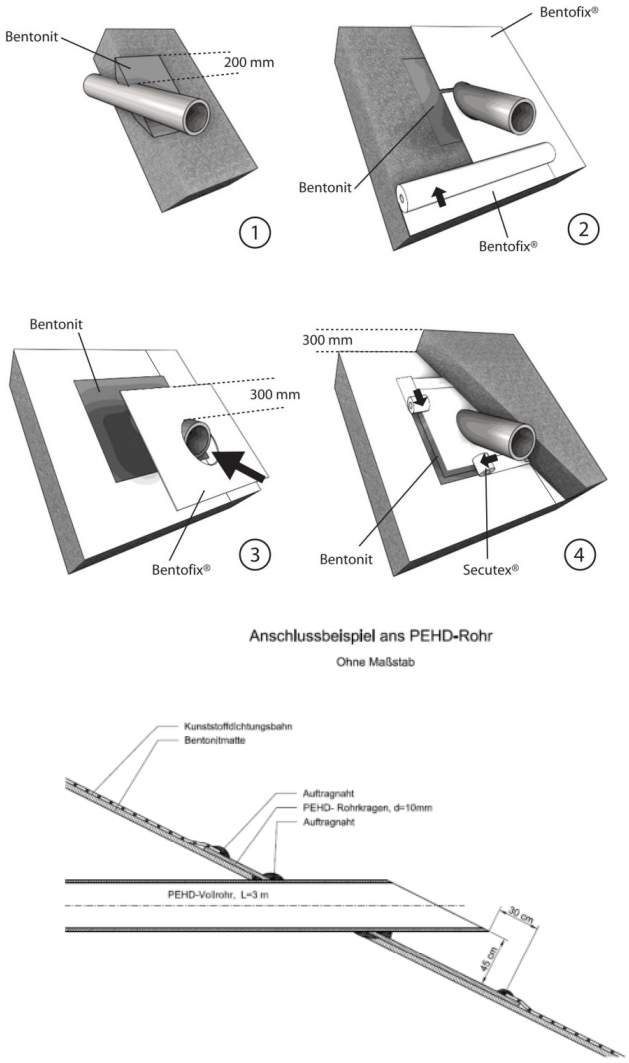


Abb. 11: Beispiele für Durchdringungen

Bei Bauwerksanschlüssen ist Bentofix oberhalb des maximalen Wasserspiegels am Bauwerk hoch zu führen und beispielsweise gemäß Abb. 12 zu befestigen. Im Einzelfall kann Bentofix z. B. mit einem bituminösen Verguss an Flächen angeschlossen werden. Weitere Anbindungen, An-

Gelöscht: 02.12.2015

schlussmöglichkeiten und Durchdringungen sind mit der Firma NAUE festzulegen.

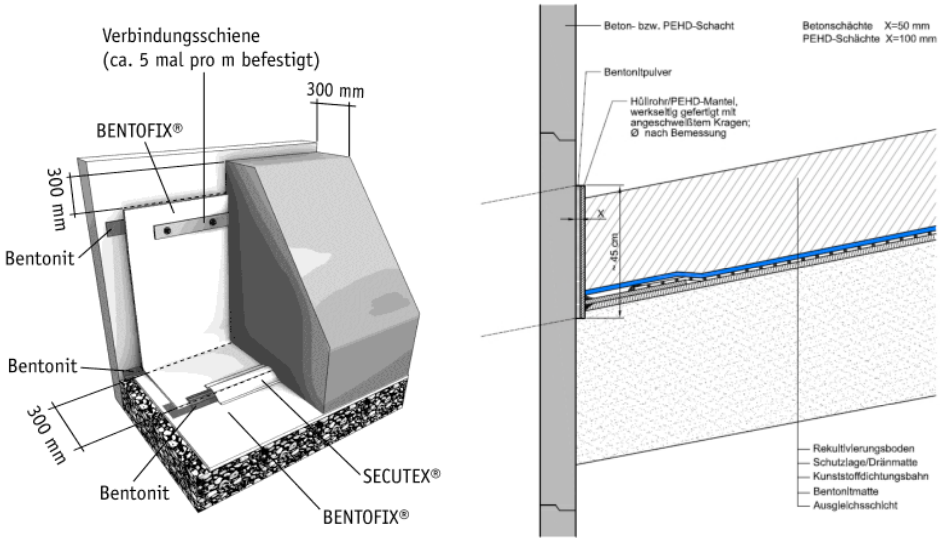


Abb. 12: Bauwerksanschlüsse

3.12 Witterungsschutz und Aufbringen der Bodenauflast

Die Standsicherheit von Dichtungselementen an Böschungen ist für alle Bauzustände nach den allgemein anerkannten Regeln der Geotechnik vor dem Einbau von unabhängigen Fachleuten nachzuweisen.

Eine Auflast von mindestens 5 kN/m² ist unverzüglich, in der Regel innerhalb von 24 Stunden, aufzubringen. Diese kann aus der wasserspeichernden Sandschutzschicht gemäß Anhang 3 der Eignungsbeurteilung, der Entwässerungsschicht und einem Teil der Rekultivierungsschicht resultieren. Maximale Korndurchmesser betragen

$$d_{max} = 16 \text{ mm}$$

oder

$$d_{max} = 32 \text{ mm bei } U \geq 5$$

Sofern die GTD infolge von Feuchtigkeitszutritt ohne Auflast frei quellen konnte, ist vor dem Aufbringen der Auflast nachzuweisen, dass ein Wassergehalt der GTD von 50 Masse-% nicht überschritten ist.

Bis spätestens 14 Tage nach dem Aufbringen der Auflast aus einer 30 cm mächtigen Bodenschicht ist im Vor-Kopf-Verfahren die Dicke des aufliegenden Bodens auf insgesamt mindestens 80 cm zu erhöhen. Wird diese Frist überschritten und kann aufgrund der zwischenzeitlichen Witterung in Bereichen, in denen die Überdeckung weniger als 80 cm betrug, nicht ausgeschlossen werden, dass eine bereits gequollene GTD austrocknen konnte, ist die GTD durch den Fremd-

Gelöscht: 02.12.2015

prüfer mineralische Baustoffe hinsichtlich Strukturveränderungen durch Austrocknung, ggf. in Abstimmung mit dem Hersteller, zu bewerten. Im Zweifelsfall ist die GTD diesbezüglich zu untersuchen.

Innerhalb von vier Wochen nach Verlegung der GTD sollte, spätestens aber nach sechs Monaten muss die Rekultivierungsschicht in ihrer gesamten Dicke fertiggestellt sein. Aus Frostschutzgründen kann standortbezogen eine kürzere Frist zur Fertigstellung der Rekultivierungsschicht erforderlich werden.

Wenn durch Aufbringen der Bodenauflast die Gefahr besteht, dass der Überlappungsbereich verschoben werden kann (z. B. bei maschinellem Einbau der Bodenauflast), muss dieser Bereich separat (z. B. manueller Einbau der Bodenauflast) überdeckt werden.

Bentofix darf nicht direkt befahren werden. Fahrstraßen sollten grundsätzlich nicht über gedichtete Flächen führen. Lassen sich Fahrstraßen mit entsprechender dynamischer Belastung durch LKWs (z. B. für den Antransport des Deckmaterials) nicht umgehen, sind zusätzliche Schutzmaßnahmen mit der Firma NAUE abzustimmen. Im Bereich von Baustraßen für LKW-Verkehr ist ohne weiteren Nachweis für Bentofix eine Mindestbedeckung von 80 cm einzuhalten.

Geringere Mindestbedeckungen und abweichende Körnungen für die Fahrstraße als oben angegeben sind bei entsprechenden Nachweisen (ggf. im Probefeld) zulässig.

Einbau und Verteilung der Bodenauflast direkt auf Bentofix® dürfen nur im Vor-Kopf-Verfahren (z. B. mit Bagger oder Planierraupe) erfolgen und Bodenmaterial darf nicht gegen Überlappungen geschoben werden (Abb. 13). Die Schütthöhe für Bodenmaterial soll 50 cm nicht überschreiten. Hierbei ist darauf zu achten, dass während des Auftragens der Bodenauflast keine Überlappungskanten oder Überlappungsbereiche verdrückt oder verschoben werden.

Das Befahren der Bodenauflast (≥ 30 cm) ist nur zum Zwecke der Verteilung der Bodenauflast zulässig.

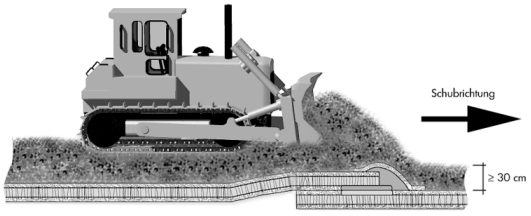


Abb. 13: Bodeneinbau und –verteilung

Das Aufbringen der Bodenauflast an Böschungen hat sorgfältig von unten nach oben zu erfolgen. Bentofix darf nicht hangabwärts beschüttet werden. Ist dies unumgänglich, ist vorher mit dem Planer Rücksprache zu halten. Eine optimale Dichtwirkung wird erreicht, wenn zwischen dem Aufbringen der Mindestüberdeckung von 30 cm in der Verlegephase und dem Aufbringen der weiteren Deckschichten nicht mehr als zwei bis drei Wochen vergehen.

Gelöscht: 02.12.2015

Bei Aufbringen einer Bodenauflast auf der Kombinationsdichtung, bestehend aus einer unten liegenden Bentofix® GTD und einer darüber liegenden Kunststoffdichtungsbahn, sind zusätzlich die Verlegevorschriften der Kunststoffdichtungsbahnen und das Reibungsverhalten des Systems zu beachten.

3.13 Maßnahmen bei Arbeitsunterbrechungen

Freiliegende Bereiche sind bei Arbeitsunterbrechungen (> 24 Stunden) und/oder unsicherer Wetterlage (Regen etc.) z. B. mit Baufolie (Abb. 14) zu bedecken und trocken zu halten.

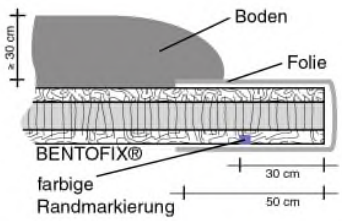


Abb. 14: Baufolienabdeckung

3.14 Reparaturen

Für den Fall, dass Bentofix während des Einbaus beschädigt wird, ist es möglich, diese Stellen durch Bedecken mit einem überlappenden Passstück nachzubessern. Das überlappende Passstück soll so zugeschnitten werden, dass jede beschädigte Stelle mindestens 0,50 m überlappt wird. Im Überlappungsbereich wird wie in Abschnitt 3.8 bis 3.12 beschrieben vorgegangen.

Gelöscht: 02.12.2015

3.15 Verlegung einer KDB über Bentofix bei Deponien der Klasse II

Grundsätzlich sind bei der Verlegung einer KDB über Bentofix® die Anforderung der Ausschreibung an die KDB zu berücksichtigen, z. B. die Verlegerichtlinien in einer BAM Zulassung.

Zusätzlich gelten bei der KDB Verlegung auf einer Bentofix GTD folgende Anforderungen, wenn nicht anders in der Ausschreibung ausgewiesen:

- Es ist sicherzustellen, dass zwischen der KDB und Bentofix keine Fremdkörper > 2 mm enthalten sind.
- Grundsätzlich hat der Verleger der KDB dafür Sorge zu tragen, dass bei der Verlegung und beim Ausrichten der KDB über Bentofix® keine Verschiebungen von Bentofix oder deren Überlappungen auftreten.
- Die Verlegung der KDB hat so zu erfolgen, dass keine Befahrung von Bentofix® erfolgt, z. B. mit einem Langarmbagger.
- Schweißbereiche der KDB über Überlappungsbereichen von Bentofix® werden im Vorfeld markiert. Bei Ausführung von Schweißnähten in diesen Bereichen (mit einem fahrbaren Schweißgerät) muss der Schweißer dafür Sorge tragen, dass der Schweißautomat kontinuierlich über diesen Bereich fährt/schweißt, z. B. durch Anheben des Schweißautomaten.
- Ist eine sofortige Überdeckung von Bentofix® mit einer KDB nicht möglich, sind Schutzmaßnahmen nach 3.13 durchzuführen.
- Für das Aufbringen der Auflast auf der KDB sind die Anforderungen der Zulassungsrichtlinie für Kunststoffdichtungsbahnen einzuhalten. Danach muss die Auflast in der Regel am selben oder am folgenden Tag, spätestens jedoch am zweiten Arbeitstag nach dem Einbau der KDB aufgebracht werden. Um ein freies Quellen der GTD auch unter einer KDB zu verhindern, muss die Auflast mindestens 5 kN/m² betragen. Diese kann aus der Entwässerungsschicht und einem Teil der Rekultivierungsschicht resultieren. Sofern die GTD infolge von Feuchtigkeitszutritt ohne Auflast frei quellen konnte, ist vor dem Aufbringen der Auflast nachzuweisen, dass ein Wassergehalt der GTD von 50 Masse-% nicht überschritten ist.
- Innerhalb von vier Wochen nach Verlegung der GTD sollte, spätestens aber zu Beginn der Frostperiode muss die Rekultivierungsschicht in ihrer gesamten Dicke fertiggestellt sein.

3.16 Sonstiges

Das Recht auf Produktänderungen sowie Änderungen der Verlegeanleitung ist vorbehalten. Die Verlegeanleitung entspricht dem derzeitigen Stand der Technik. Gewährleistungsansprüche sind nicht ableitbar. Vorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz sind zu beachten.

Gelöscht: 02.12.2015

4 Qualitätsmanagement bei der Verlegung von Bentofix BZ 6000

4.1 Allgemeines

Die Verlegung von Bentofix BZ 6000 als Dichtungselement in einem Oberflächenabdichtungssystem erfolgt unter abfallrechtlicher Überwachung. Die Qualitätssicherung bei der Verlegung besteht aus:

- Eigenprüfung durch die Bauausführende Firma - EP
- Fremdprüfung durch einen in Abstimmung mit der abfallrechtlich zuständigen Behörde beauftragten Fremdprüfer - FP
- Überwachung durch die zuständige Behörde - B

Im Folgenden werden Hinweise zur Erstellung des Qualitätssicherungsplans gegeben. Die verbindlichen Festlegungen sind unter Berücksichtigung der Besonderen Bestimmungen dieser Eignungsbeurteilung und den jeweiligen projektspezifischen Erfordernissen in Abstimmung mit der abfallrechtlich zuständigen Behörde zu treffen.

Die Kontrollen und Prüfungen beziehen sich auf:

- den Probeeinbau im Probefeld,
- den Transport, die Entladung und die Zwischenlagerung,
- die Kontrolle des angelieferten Produkts vor der Verlegung,
- die Verlegevoraussetzungen,
- die Verlegung.

Gelöscht: Versuchsfeld

Die mit der Verlegung von Bentofix BZ 6000 beauftragten Firmen müssen über ausreichende Erfahrungen mit der Verlegung von Tondichtungsbahnen und entsprechend qualifiziertes Personal verfügen. Dies gilt ebenso für die mit der Fremdprüfung beauftragte Stelle. Der Produkthersteller ist gehalten, Schulungskurse für die Verlegung seiner Produkte durchzuführen. Diese sind ggf. im Zuge der Herstellung des Probefeldes durchzuführen.

Gelöscht: Versuchsfeldes

Regelungen über geeignete Qualifikationsnachweise bleiben den abfallrechtlich zuständigen Behörden überlassen.

Gelöscht: 02.12.2015

4.2 Probefeld

Gelöscht: Versuchsfeld

Die Verlegung von Bentofix BZ 6000 als Dichtungselement in einem Oberflächenabdichtungssystem erfolgt unter abfallrechtlicher Überwachung. Die Qualitätssicherung bei der Verlegung besteht aus:

- Eigenprüfung durch die Bauausführende Firma - EP
- Fremdprüfung durch einen in Abstimmung mit der abfallrechtlich zuständigen Behörde beauftragten Fremdprüfer - FP
- Überwachung durch die zuständige Behörde - B

Die Anlage des Probefeldes hat nach der DepV [1] unter Berücksichtigung der GDA-Empfehlung E 3-5 [12] zu erfolgen. Die vorgesehene Größe muss die Ausführung einer ausreichenden Anzahl von Längs- und Querüberlappungen ermöglichen.

Gelöscht: Versuchsfeldes

Gelöscht: Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

Die Verlegung von Bentofix BZ 6000 erfolgt durch die Bauausführende Firma nach der Verlegeanleitung, die der Hersteller unter Berücksichtigung von Kapitel 3 dieser Eignungsbeurteilung zu erstellen hat. Sie wird vom Eigenprüfer, dem Fremdprüfer und der abfallrechtlich zuständigen Behörde kontrolliert.

Im Einzelnen sind dabei auszuführen und zu kontrollieren:

- Beschaffenheit des Auflagers
- Einbauverfahren, Geräte für die Verlegung
- Einbau in der Ebene und im Gefällebereich
- Ausführung von Längs- und Querüberlappungen
- Ausführung von Anschlüssen und Durchdringungen
- Aufbringen der Überschüttung
- Überprüfung auf Beschädigung nach erfolgtem Einbau

Es müssen alle für die Verlegung vorgesehenen Baustoffe und Geräte zum Einsatz kommen. Ihre Eignung ist nachzuweisen. Ggf. ist die Verlegeanleitung auf die projektspezifische Situation anzupassen.

In zusätzlichen Laborversuchen an den zum Einbau vorgesehenen Materialien sind die Scherparameter zwischen Bentofix BZ 6000 und den angrenzenden Systemelementen (z. B. Auflager, Entwässerungsschicht) zu ermitteln. Sie sind Grundlage für die Festlegung von charakteristischen Werten zum Nachweis der Standsicherheit entsprechend den Bestimmungen der Zulassung. Dabei sind die Empfehlungen des AK 5.1 der DGGT "Untersuchung der Reibung zwischen verschiedenen Geokunststoffen und zwischen Geokunststoffen und Erdstoffen", Entwurf 1997 [14] zu beachten.

Gelöscht: 02.12.2015

4.3 Transport, Entladung und Zwischenlagerung

Die Einhaltung der Anforderungen des Abschnitts 1.5.2 der Besonderen Bestimmungen dieser Eignungsbeurteilung sind vom Eigenprüfer und vom Fremdprüfer zu kontrollieren.

4.4 Produktidentifikation vor der Verlegung

Vor der Verlegung ist Bentofix BZ 6000 zu identifizieren und im Hinblick auf die Übereinstimmung wesentlicher Eigenschaften mit den Besonderen Bestimmungen der Zulassung zu überprüfen.

Eigenschaft	Norm	Kennwert (GW und n siehe 2.3.6)	EP	FP	B
Lieferidentität anhand der Lieferpapiere und Etiketten	DIN EN 13493	-	jede Lieferung	jede Lieferung	X
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN 14196, ρ_{GBR-C}	7.810 g/m²	-	mind. 1 x je Lieferung, alle 2.500 m²	X
Bentoniteinlage bezogen auf einen Wassergehalt 0 Gew.-%	DIN EN 14196, $\rho_{TON,\ 0\%}$	5.800 g/m²	-	alle 2.500 m	X
Höchstzugkraft längs/quer*)	DIN EN ISO 10319	md: 18 kN/m cmd: 18 kN/m	-	alle 10.000 m² alle 10.000 m²	X
Dehnung bei Höchstzugkraft längs/quer*)	DIN EN ISO 10319	md: 50 % cmd: 30 %	-	alle 10.000 m² alle 10.000 m²	X
Verbindungsfestigkeit bestimmt als mittlere Schälfestigkeit längs	ASTM D6496Ma	400 N/m	-	alle 7.500 m²	X
Permittivität	DIN EN 16416 (i=150, ca. 30 kPa Auflast)	$1{,}9 \cdot 10^{-9}$ m/s	-	alle 7.500 m²	X

Gelöscht: Mittlere Schälkraft

*) Messung über den Traversenweg zulässig

Gelöscht: 02.12.2015

4.5 Verlegevoraussetzungen

Die nachfolgenden Kriterien sind von Eigen- und Fremdprüfung vor Beginn der Verlegung zu kontrollieren.

Eigenschaft	Anforderung
Verlegepläne mit Darstellung des zeitlichen Ablaufs der Arbeiten	Prüfung auf Vollständigkeit
Planumseigenschaften	Einhaltung der Vorgaben aus der Zulassung und dem Probefeld
Böschungslängen und -neigungen	Einhaltung der Vorgaben aus der Deponieplanung und den Verlegeplänen
Abmessungen von Verankerungsgräben	Einhaltung der Vorgaben aus der Deponieplanung
Witterungsbedingungen	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung
Art des Überschüttungsmaterials	Einhaltung der Vorgaben aus der Zulassung und dem Probefeld

Gelöscht: Versuchsfeld

Gelöscht: Versuchsfeld

Gelöscht: 02.12.2015

4.6 Verlegung

Die Tondichtungsbahn ist nach den Vorgaben der Verlege- bzw. Einbauanleitung zu verlegen. Die nachfolgenden Kriterien sind während der Verlegung ständig zu kontrollieren. Dies setzt die ständige Anwesenheit des Fremdprüfers voraus.

Gelöscht: stän-dige

Eigenschaft	Anforderung
Transport auf der Baustelle	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung
Verlegeverfahren	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung und dem Probefeld
Verlegerichtung	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung und dem Verlegeplan
äußere Beschaffenheit und Planlage	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung
Überlappungsausführung	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung
Überlappungsbreiten	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung
Ausführung von Anschlüssen, Durchdringungen	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung und dem Probefeld
Teilabnahme vor Ausführung der Überschüttung	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung
Aufbringen der Überschüttung	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung und dem Probefeld
Witterungsschutz bei Bauunterbrechungen	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung
Reparaturmaßnahmen	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung

Gelöscht: Versuchsfeld

Gelöscht: Versuchsfeld

Gelöscht: Versuchsfeld

4.7 Abnahme

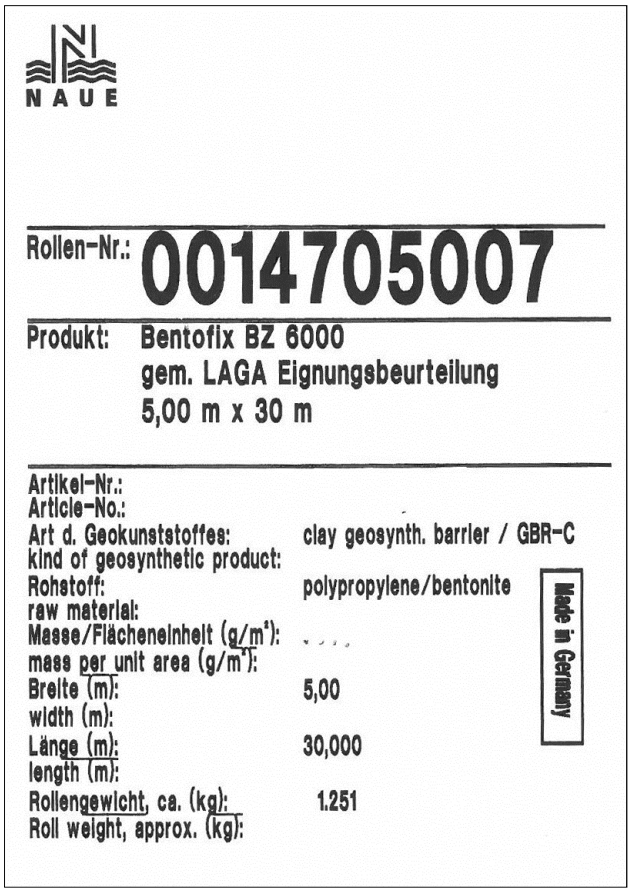
Die Abnahme des fertigen Dichtungselements hat nach abfallrechtlichen Vorgaben zu erfolgen. Vor dem Aufbringen der Überschüttung ist eine Teilabnahme der verlegten Bahnen vorzunehmen.

4.8 Dokumentation

Vor Ausführung der Verlegearbeiten ist ein Verlegeplan zu erstellen, aus dem Ort, Abfolge und Richtung sowie Größen und Zuschnitte der zu verlegenden Bahnen hervorgehen. Im Zuge der Baumaßnahme ist arbeitstäglich der Ist-Zustand der Verlegung (mit Rollennummer, Zeitpunkt der Verlegung, Zeitpunkt der Überschüttung, Witterungsbedingungen, Probenahmen, besondere Vorkommnisse u. a.) im Verlegeplan, erforderlichenfalls ergänzt durch Protokolle, zu dokumentieren.

Gelöscht: 12.10.2015

Anhang 2: Muster der Kennzeichnung



Gelöscht: 12.10.2015

Name and adress of the company: NAUE GmbH & Co. KG
Gewerbestrasse 2
D - 32339 Espelkamp-Fiestel

CE

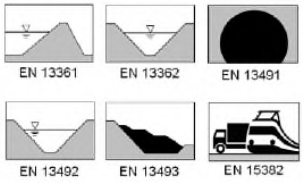
Product description: **Bentofix BZ 6000 (LAGA)**

Product Code / DoP no.: BZ6000(LAGA)-CPR-2014-05-13

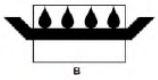
First CE-marking (year): 9

Notified Body (code): 0799, Kiwa GmbH, Greven

European standards (Annex ZA):



Intended function:



Characteristics	Standard	Values	Unit
Tensile strength MD:	EN ISO 10319	**18,0** (- 1,8)	kN/m
Tensile strength CMD:	EN ISO 10319	**18,0** (- 1,8)	kN/m
Static puncture behaviour:	EN ISO 12236	**4,5** (- 0,45)	kN
Index Flux (q_{10}):	EN 16416 / ASTM D5887	**2,8E-9** (+ 0,6E-9)	$m^3 \times m^{-2} \times s^{-1}$

Durability: The resistance according to Annex B of the above mentioned application standards is given.

In principle, the product has to be covered on the day of installation. However, the weather conditions may require immediate covering.

Dangerous Substances: NPD *(no performance determined)*

Gelöscht: 12.10.2015

Anhang 3: Schutzmaßnahmen gegen schädliche Wasserspannungen in Bentofix BZ 6000

Sofern der Austrocknungs- und Wurzelschutz der Bentonitmatte nicht durch eine aufliegende Kunststoffdichtungsbahn gewährleistet wird, sind diese vorrangig von der Rekultivierungsschicht und durch entsprechende Gestaltung der auf der Bentonitmatte unmittelbar aufliegenden Entwässerungsschicht sicherzustellen.

Die Rekultivierungsschicht muss einen ausreichenden Bodenwasservorrat und den Pflanzen einen genügenden Wurzelraum zur Verfügung stellen (siehe auch BQS 7-1 [6] und GDA-Empfehlung E2-32 [11]).

Die Dicke der Rekultivierungsschicht ist unter Berücksichtigung

- der Empfindlichkeit der mineralischen Abdichtungskomponente
- der meteorologischen Standortbedingungen
- der möglichen Wurzeltiefe der natürlichen potenziellen Vegetation des Standortes und
- der eingesetzten Böden

so zu dimensionieren, dass keine schädlichen Wasserspannungen auf die mineralische Abdichtungskomponente einwirken können.

Bei Einhaltung der nachfolgenden Kriterien kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass die o.g. Ziele erreicht werden:

- Mächtigkeit ≥ 1,50 m; je nach örtlichen klimatischen und pflanzenstandortspezifischen Gegebenheiten sowie ggf. auch abhängig von der späteren Nutzung (z. B. Wald) können größere Rekultivierungsschichtdicken erforderlich sein.
- Die eingebaute Bodenschicht soll eine ausreichende nutzbare Feldkapazität (nFK) aufweisen, damit die Pflanzen in sommerlichen Trockenperioden nicht absterben und ein durch den Trockenstress hervorgerufenes Tiefenwachstum der Wurzeln verhindert wird. Hierfür soll die nutzbare Feldkapazität mindestens 200 mm betragen.
- Zur Sicherstellung einer ausreichenden Nährstoffversorgung sollte im oberen Bereich der Rekultivierungsschicht (≈ 30 cm) humoses Material verwendet werden (Oberboden). § 12 BBodSchV ist zu beachten.

Zur Vermeidung von Feuchtigkeitsentzug aus der Bentofix BZ 6000 in Folge konvektiver Luftströmung ist die unmittelbar auf der Bentofix BZ 6000 aufliegende Entwässerungsschicht in geeigneter Weise auszuführen. Hierfür kommt z. B. eine mindestens 10 cm dicke Wasser speichernde Sandschicht (SE, SW, SU nach DIN 18 196) in Frage[2].

[2] Für die Sandschicht und ähnliche Ausführungen liegt ein Patent der Jena-Geos GmbH, 07743 Jena vor