

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“

**Eignungsbeurteilung von Bentofix[®] B 4000
zur Herstellung von mineralischen Dichtungen
in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien**

vom 27.01.2009

Inhalt:

1. Zusammensetzung und Eigenschaften	2
1.1 Allgemeines	2
1.2 Produktbeschreibung	2
1.3 Einzelkomponenten (Vorprodukte)	3
1.3.1 Trägergeotextil	4
1.3.2 Deckgeotextil	4
1.3.3 Bentonit	5
1.4 Tondichtungsbahn (Endprodukt)	5
1.5 Herstellung, Verpackung, Transport, Lagerung und Kennzeichnung	6
1.5.1 Herstellung	6
1.5.2 Verpackung, Transport, Lagerung	6
1.5.3 Kennzeichnung (Muster siehe Anhang 2)	7
1.6 Konformitätsnachweis	7
1.6.1 Allgemeines	7
1.6.2 Werkseigene Produktkontrolle	7
1.6.3 Fremdüberwachung	8
2 Entwurf und Bemessung	9
2.1 Entwurf des Abdichtungssystems	9
2.1.1 Rekultivierungsschicht	9
2.1.2 Entwässerungsschicht	9
2.1.3 Kombination mit Kunststoffdichtungsbahnen	10
2.1.4 Dichtungsschicht	10
2.1.5 Ausgleichsschicht	10
2.1.6 Konstruktive Gestaltung von Details	11
2.2 Bemessung des Abdichtungssystems	13
2.2.1 Nachweis der Standsicherheit	13
2.2.2 Mechanische Eigenschaften, Verformungssicherheit	15
2.2.3 Dichtigkeit	15
2.2.4 Durchwurzelungs- und Austrocknungssicherheit (Schutzmaßnahmen) ...	16
3 Ausführung, Dichtungseinbau	17
3.1 Qualitätsmanagementplan	17
3.2 Versuchsfeld	17
3.3 Witterungsvoraussetzungen	17
3.4 Beschaffenheit des Dichtungsaufagers / Planum	17
3.5 Herstellung der Dichtungsschicht	18
4 Nutzung, Unterhaltung, Wartung	18
5 Qualitätsmanagement	18
6 Technische Bezugsdokumente	19

Anhang 1: Qualitätsmanagement

Anhang 2: Muster der Kennzeichnung

Anhang 3: Schutzmaßnahmen gegen schädliche Wasserspannungen
in Bentofix B 4000

1. Zusammensetzung und Eigenschaften

1.1 Allgemeines

Diese Eignungsbeurteilung beurteilt die geosynthetische Tondichtungsbahn (GBR-C) Bentofix®¹ B 4000, 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 B 4000 auf Deponien nach DepV der Klasse I und in Kombination mit Kunststoffdichtungsbahnen für Deponien der Klasse II.

Bentofix B 4000 ist ein Verbundprodukt aus Geotextilien und Bentonit. Es erhält seine dichtende Wirkung im eingebauten Zustand durch Wasseraufnahme und Quellen der zwischen den Geotextilien eingebundenen Bentonitschicht.

Das Dichtungselement besteht aus einer einlagig verlegten Tondichtungsbahn vom Typ Bentofix B 4000. 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 B 4000 handelt es sich um eine vollflächig vernadelte Tondichtungsbahn (GBR-C) bestehend aus einem unten liegenden Trägergeotextil (Verbundstoff aus Vliesstoff und Gewebe) und einem oben liegenden Deckgeotextil (Vliesstoff), jeweils aus Polypropylen (PP). Dazwischen ist eine Lage 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 / Kennwert (Mittelwert oder Einzelwert über die Rollenbreite) definiert. Die bei der werkseigenen Produktionskontrolle und der Fremdüberwachung zulässigen Abweichungen sind in Anhang 1 angegeben.

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

1.3 Einzelkomponenten (Vorprodukte)

Zur Produktion von Bentofix B 4000 werden Geotextilien (1.3.1 und 1.3.2) aus Fasern und Gewebe sowie Bentonit (1.3.3) eingesetzt. Die unter 1.3.1 und 1.3.2 eingesetzten Formmassen der Faserproduktion, die Fasern und Gewebe sind nachfolgend beschrieben.

Formmassen für die Faserproduktion

Rohstofftyp: Polypropylen (PP)

Produktbezeichnung: a) Sabic PP 520 P

b) Resin 101-XA 12

Hersteller: Sabic Deutschland GmbH

INEOS

Eigenschaft	Norm	Sabic PP 520 P	INEOS Resin 101-XA 12
Schmelzindex (230/2,16)	BI-AW QPR 108, DIN 53875, ISO 1133	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/cm ³ (WPZ) 0,89 - 0,91 g/cm ³ (WEK)	0,903 - 0,907 g/cm ³ (WPZ) 0,89 - 0,91 g/cm ³ (WEK)

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 53816	≥ 40 cN/tex	≥ 36 cN/tex
Faserdehnung	DIN 53816	≥ 20 %	≥ 50 %

Weitere 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: Polychim A 10 TB

Hersteller: Polychim

Eigenschaft	Norm	Kennwert
Schmelzindex (230/2,16)	ASTM D 1238	2,5 - 3,5 g/10 min

Gewebe für die Trägergeotextilproduktion

Produktbezeichnung: G112/049
(alter Name: Lystex 112/51 PP, beige)

Hersteller: Beaulieu Technical Textiles S.A.
(alter Name: Lys Fabrics, Belgien)

Eigenschaft	Norm	Kennwert
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	110 g/m ²

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.

Trägergeotextil:

Eigenschaft	Norm	Kennwert
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	350 g/m ²
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	3,0 mm
Zugfestigkeit	DIN EN ISO 10319	md: 9 kN/m cmd: 7 kN/m
Dehnung	DIN EN ISO 10319	md: 9 % cmd: 7 %

md: in Produktionsrichtung

cmd: quer zur Produktionsrichtung

1.3.2 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.

Deckgeotextil:

Eigenschaft	Norm	Kennwert
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	300 g/m ²
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	4,5 mm
Zugfestigkeit	DIN EN ISO 10319	md: 1,3 kN/m cmd: 3,1 kN/m
Dehnung	DIN EN ISO 10319	md: 67 % cmd: 40 %

1.3.3 Bentonit

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

Eigenschaft	Norm	Kennwert
Wasseraufnahme	DIN 18132 (24 h)	≥ 500 %
Quellvolumen	ASTM D 5890	≥ 20 ml
Montmorillonitgehalt	VDG P 69	≥ 300 mg/g
Wassergehalt	DIN 18121-1 (5 h, 105° C)	≤ 12 %

1.4 Tondichtungsbahn (Endprodukt)

Für die Tondichtungsbahn Bentofix B 4000 als Verbundprodukt aus den Vorprodukten nach 1.3 gelten die folgenden Anforderungen:

Eigenschaft	Norm	Kennwert
Bentoniteinlage	DIN EN 14196, ρ_{TON} DIN EN 14196, $\rho_{TON, 0\%}$	4.500 g/m ² bei ≤ 12 Gew-% Wassergehalt 3.960 g/m ² bei 0 Gew-% Wassergehalt
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN 14196, ρ_{GBR-C}	5.100 g/m ² bei ≤ 12 Gew-% Wassergehalt
Zugfestigkeit	DIN EN ISO 10319	md: 12 kN/m cmd: 12 kN/m
Dehnung	DIN EN ISO 10319	md: 50 % cmd: 30 %
Verbundfestigkeit	ASTM D 6496	660 N/m
K-Wert	ASTM D 5887, DIN 18130-1 i=150, 30 kPa Auflast, d=1 cm	$2,5 \cdot 10^{-11}$ m/s
Permittivität	ASTM D 5887, DIN 18130-1 i=150, 30 kPa Auflast	$2,5 \cdot 10^{-9}$ 1/s

1.5 Herstellung, Verpackung, Transport, Lagerung und Kennzeichnung

1.5.1 Herstellung

Bentofix B 4000 ist im Werk Espelkamp-Fiestel herzustellen. Der Produktionsvorgang umfasst die Herstellung des Träger- 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 aufgebrachtener Bentonitlage.

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 planem, befestigten und überdachten Lagerplatz trocken zu lagern.
- Die Einlagerung und die Verladung hat mit speziellen Hebeegeräten 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.

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

Nach DIN EN 13492 und 13493 ist weiterhin das CE-Kennzeichen an jeder Rolle anzubringen, welches bei Bentofix B 4000 auf dem Rollenetikett angebracht ist.

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 13492 und 13493 durch die mind. 1 x jährliche Auditierung durch den Notified Body erbracht und durch das CE-Zertifikat bestätigt.

1.6.2 Werkseigene Produktkontrolle

In den Herstellwerken ist eine werkseigene Produktionskontrolle 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 Anhang 1 aufgeführten Bestimmungen zu erfolgen.

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.

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 B 4000 ist eine mineralische Abdichtungskomponente. 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 B 4000)
- Ausgleichsschicht
- Ggf. Gasdränage (bei Deponien der Klasse II)

2.1.1 Rekultivierungsschicht

Anforderungen an Rekultivierungsschichten und Bewuchs in Oberflächenabdichtungssystemen sind in den GDA-Empfehlungen 2-31 [12] und 2-32 [13] beschrieben. Die gültigen Vorschriften zur Verwendung von Bodenmaterialien sind einzuhalten. 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 Durchwurzeln 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.

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 (Dränmatten) sind die Angaben im Eignungsgutachten zu berücksichtigen.

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 B 4000 kann dahingehend fehlerausgleichend wirken, dass durch den Pressverbund der Ausfluss aus einer Perforation der Kunststoffdichtungsbahn maßgeblich behindert wird [22].

2.1.4 Dichtungsschicht

Die Herstellung der Dichtungsschicht erfolgt aus der flächigen Verlegung und Überlappung der Tondichtungsbahn Bentofix B 4000. Stöße und Überlappungen sind entsprechend der Verlegeanleitung des Herstellers auszuführen (siehe Anhang 1 Nr.3).

Die in die Dichtungsschichtebene eingetragene Hangabtriebskraft darf gemäß BAM-Gutachten [9] 20 kN/m² nicht überschreiten.

2.1.5 Ausgleichsschicht

Gemäß DepV [1] ist als Dichtungsaufleger eine verdichtete Ausgleichsschicht aus nicht bindigem Material von mindestens 0,5 m Dicke herzustellen. Die Ausgleichsschicht ist so zu dimensionieren, dass Unebenheiten in der Abfalloberfläche ausgeglichen werden und die Tondichtungsbahn auf ihr ordnungsgemäß eingebaut werden kann.

Die oberen 30 cm müssen aus einem weitgestuften Sand-Kies-Gemisch (nach DIN 18 196) oder feiner bestehen. Der Kornaufbau des verwendeten Materials soll innerhalb des in Abb. 1 angegebenen Sieblinienbandes liegen.

Zur Vermeidung von Beschädigungen der Tondichtungsbahn durch größere Einzelkörner ist ab 20 mm Größtkorn des Ausgleichsmaterials eine Absandung der Oberfläche vorzunehmen. 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 Versuchsfeld erforderlich.

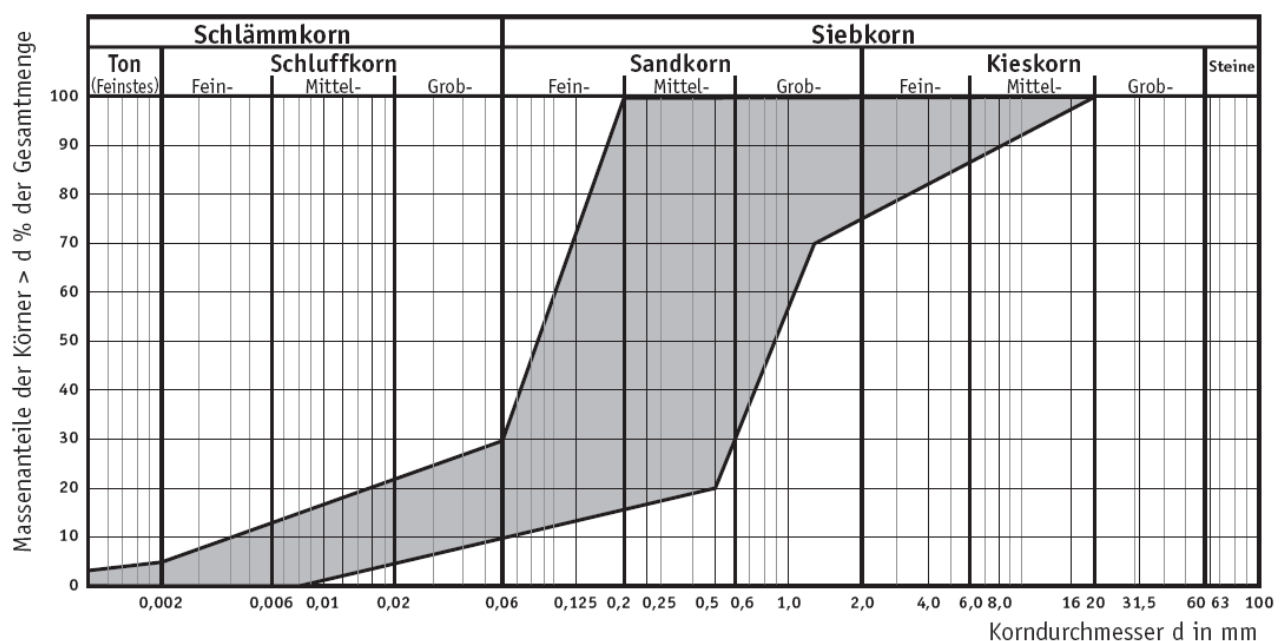


Abbildung 1: Sieblinienband für Ausgleichsschicht / Auflager der Tondichtungsbahn
Bentofix B 4000 in Deponieoberflächenabdichtungen

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. 3 „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.

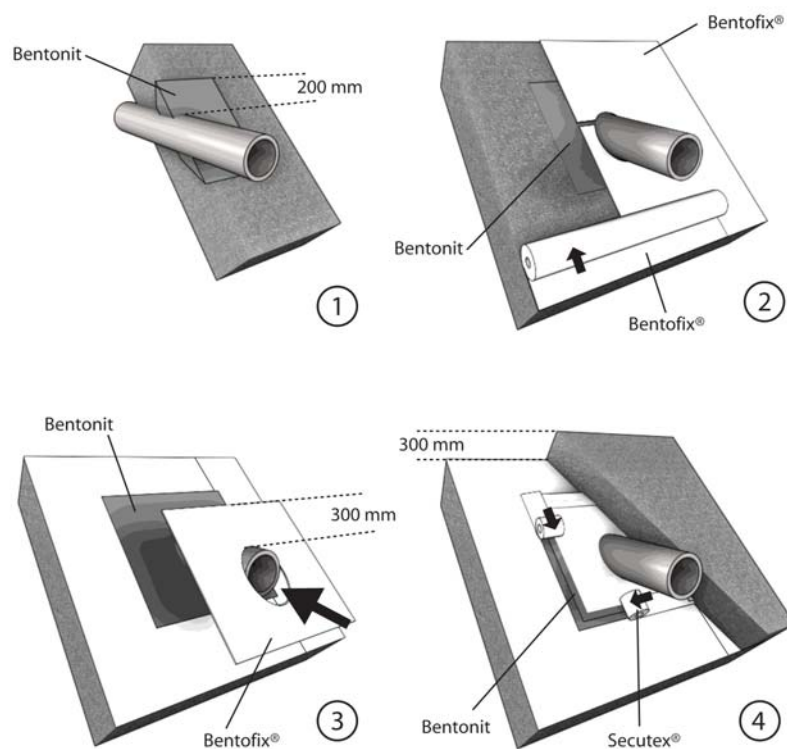


Abb. 2: Ausführung von Rohrdurchdringungen

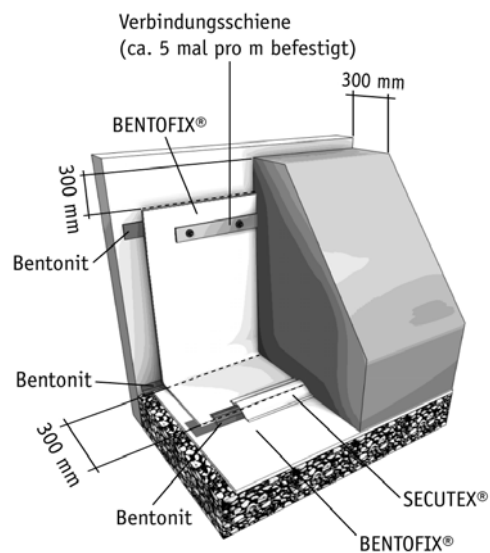


Abb. 3: Anschluss an aufgehende Bauteile

2.2 Bemessung des Abdichtungssystems

Bei der Bemessung des Abdichtungssystems unter Einsatz einer geosynthetischen Tondichtungsbahn Bentofix B 4000 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 E2-7 (1997) [11], zu erbringen. Dabei dürfen die Tondichtungsbahnen nicht zur planmäßigen Übertragung von Schubkräften herangezogen werden.

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 der Entwurf der GDA-Empfehlung E 3-8 [15] zu berücksichtigen.

Gemäß den Untersuchungen beim IGBE Hannover kann grundsätzlich eine ausreichende Standsicherheit für eine Kombination mit einer strukturierten Kunststoffdichtungsbahn (Carbofol Megafriktion) bei einer Böschungsneigung von 1:3 gewährleistet werden [23].

b) innere Standsicherheit

Langzeit-Scherfestigkeit

Zum Nachweis der inneren Scherfestigkeit auf geneigten Flächen in Kombination mit dem Alterungsverhalten des sandwichartig aufgebauten Geokunststoff-Verbundproduktes Bentofix B 4000 wurden an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Zeitstandtests [9] im "Scherkriechkasten in Anlehnung an DIN EN ISO 25619-1 durchgeführt. Die Testbedingungen entsprachen den Vorgaben der LAGA Ad-hoc-AG "Deponietechnische Vollzugsfragen" [5].

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 werden 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 B 4000 zeigen in den Zeitstand-Scherversuchen bei 80°C außerordentlich lange Laufzeiten, die Mindeststandzeit von 10000 Stunden wurde weit überschritten und bislang wurde noch in keinem Versuch ein Versagen beobachtet. Mit Hilfe der scheinba-

ren 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 [4] 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 [9] 20 kN/m² nicht überschreiten.

Kurzzeit-Scherfestigkeit

Für den Nachweis der inneren Scherfestigkeit innerhalb der produktionsfrischen Tondichtungsbahn Bentofix B 4000 gilt bis zu einer Normalspannung von 80 kPa als Laborwert für den Ersatzreibungswinkel $\varphi'_k = 42,8^\circ$. Unter Berücksichtigung einer Abminderung um 30% zur Berücksichtigung von Entschlaufungsvorgängen ergibt sich ein Ersatzreibungswinkel $\varphi'_k = \arctan((\tan 42,8^\circ) / 1,30) = 35,5^\circ$. Der Rechenwert im Sinne eines charakteristischen Wertes des Ersatzreibungswinkels beträgt $\text{cal } \varphi'_k = \arctan(\tan 35,5^\circ / 1,1) = 32,9^\circ$ mit $\gamma = 1,1$ nach EAU [21].

Kurzzeitfestigkeit der Verbundfasern

Die ungünstigste Kurzzeitfestigkeit der Verbundfasern in Abhängigkeit von der Vernadelungsdichte ergibt sich für Bentofix B 4000 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:	$1,2 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$
Übertragbare Kraft pro Faser:		
$K_F = 6,7 \times 4,0 = 26,8 \text{ cN}$		$16,5 \times 3,6 = 59,4$
Übertragbare Schubkraft T_{KF}		
$T_{KF} = 26,8 \times 1,2 \times 10^6 = 32,2 \times 10^6 = 322 \text{ kPa}$		$59,4 \times 1,2 \times 10^6 = 71,3 \times 10^6 = 713 \text{ kPa}$
$\Rightarrow (322 + 713) = 1035 \text{ kPa}$		

- Bemessungswert:

Der Bemessungswert der maximal übertragbaren Schubspannung beträgt:

$$\begin{aligned}
 \text{cal } \tau &= (\tau_{KF} \times f_{VB} \times f_{\bar{U}} / A_i) / \gamma_m \\
 &= (1035 \times 0,70 \times 0,92 / (4,0 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,75)) \\
 &= 79,4 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

- 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 EBGE0
 - 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 der Bentonitmatte ist im Turbulenztest nach RPG [10] nachgewiesen.

2.2.3 Dichtigkeit

Die Anforderungen an die Dichtigkeit von Oberflächenabdichtungen sind in den „Allgemeinen Grundsätzen“ [4] beschrieben. Die zulässige Permittivität von Bentonitmatten beträgt nach den Grundsätzen für die Eignungsbeurteilung [5]

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

Der Bemessungswert der unter Berücksichtigung von Materialstreuungen sowie der Einwirkungen während des Einbaues und der anschließenden Exposition für die nach [4] maßgebende Haltbar-

keitsdauer anzunehmenden Permittivität ergibt sich zu:

$$\text{cal}_{\psi} = A_1 \cdot A_2 \cdot \psi_k$$

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 B 4000 als 95 %-Fraktilwert aus der statistischen Auswertung der Produktüberwachung (s. 1.4) $\psi_k = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/s}$

$$\text{cal}_{\psi} = 1,05 \cdot 6,0 \cdot 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/s} = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ 1/s}$$

$$\text{cal}_{\psi} = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ 1/s} < \text{zul}_{\psi} = 2,7 \cdot 10^{-8} \text{ 1/s}$$

Der Abminderungsfaktor $A_2 = 6,0$ gilt bis zu einer tatsächlichen Salzbelastung der Bodenlösung des Rekultivierungsbodens und der Entwässerungsschicht von $0,005 \text{ mol/l}$ ($\triangleq$ ca. $1000 \text{ }\mu\text{S/cm}$ 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 A_2 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 [24].

2.2.4 Durchwurzelungs- und Austrocknungssicherheit (Schutzmaßnahmen)

Die Wirksamkeit von Bentofix 4000 kann durch Austrocknung und Pflanzenwurzeln beeinträchtigt werden. Daher sind Schutzmaßnahmen 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 3 genannten Punkte zu berücksichtigen.

3.2 Versuchsfeld

Vor Ausführung der Baumaßnahmen ist entsprechend den Bestimmungen der TA-Siedlungsabfall ein Versuchsfeld anzulegen, bei dessen Herstellung die erforderlichen Untersuchungen zum Einbauverfahren von Bentofix B 4000 auch im Zusammenhang mit den anderen Elementen des Abdichtungssystems vorzunehmen sind (s. Anhang 3).

3.3 Witterungsvoraussetzungen

Die Witterungsverhältnisse sollten eine trockene Verlegung von Bentofix erlauben und müssen ein Bedecken mit der Bodenaufast zulassen. Das Planum muss den Anforderungen nach Anhang 3 entsprechen. Ein Einbau der Rollen muss gemäß Anhang 3 möglich sein. Eingebaute Rollen mit einem Feuchtigkeitsgehalt von ≤ 50 % (Wassergehaltsbestimmung nach DIN 18121) können, unter Einhaltung der Angaben gemäß Anhang 3 beschüttet werden.

3.4 Beschaffenheit des Dichtungsaufagers / 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 Versätzen (max. 2 cm) sein.

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 B 4000 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 Versuchsfeld ergebenden zusätzlichen Anforderungen zu berücksichtigen.

Die Verlegung der Tondichtungsbahn ist im Rahmen der abfallrechtlich erforderlichen Eigenprüfung, Fremdprüfung und Überwachung entsprechend Anhang 3 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 $\leq 10\%$ Überkorn bis 16 mm einzuhalten. Geringere Überschüttungshöhen und abweichende Körnungen können mit Zustimmung der abfallrechtlich zuständigen Behörde verwendet werden. Hierfür ist dann im Versuchsfeld ein Nachweis zu erbringen, dass die Tondichtungsbahn unter Verkehrsbelastung nicht geschädigt wird.

5 Qualitätsmanagement

Das Qualitätsmanagement ist gemäß Anlage 1 zu dieser Eignungsbeurteilung durchzuführen.

6 Technische Bezugsdokumente

[1] Deponieverordnung (2002):

Deponieverordnung - Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV) vom 24. Juli 2002 (BGBl I Nr. 52 Seite 2807), zuletzt geändert am 13. Dezember 2006 durch Artikel 2 der Verordnung vom 13.12.2006 (BGBl. I Nr. 59 vom 16.12.2006 S. 2860)

[2] TA Abfall (1991):

Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz, Teil 1: Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen, April 1991

[3] TA Siedlungsabfall (1993):

Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz: Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen, Mai 1993

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

Allgemeine Grundsätze für die Eignungsbeurteilung von Abdichtungskomponenten der Deponieoberflächenabdichtungssysteme; 31.01.2005

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

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

[6] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (2006):

Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponiebauwerke": GDA E 2-31: Rekultivierungsschichten, Bautechnik 9 (2006), H. 9

[7] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (2000):

Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponiebauwerke": GDA E 2-32: Gestaltung des Bewuchses auf Abfalldeponien (Entwurf), 2000

[8] BAM (2003):

BAM-Richtlinie: "Eignungsnachweis für Kunststoff-Dränelemente in Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten", Labor IV.32, Deponietechnik, Oktober 2003

[9] BAM (2005):

IV.32/1312/03-2, Gutachten über die Langzeit-Scherfestigkeit der Bentonitmatte Bentofix B 4000, Fachgruppe IV3 "Abfallbehandlung und Altlastensanierung", 1. Juni 2005

[10] BAW (1994):

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

- [11] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (1997):
E2-7 Gleitsicherheit der Abdichtungssysteme, Empfehlungen des Arbeitskreises Geotechnik der Deponien und Altlasten – GDA, Verlag Ernst und Sohn, DGGT, 1997
- [12] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (2000):
GDA-Empfehlung E 2-31. Rekultivierungsschichten, Bautechnik, 9/2000
- [13] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (2000):
GDA-Empfehlung E 2-32. Gestaltung des Bewuchses auf Abfalldeponien, Bautechnik, 9/2000
- [14] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (2005):
Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponiebauwerke": GDA E 3-5 "Versuchsfelder für mineralische Basis- und Oberflächenabdichtungsschichten, März 1997
- [15] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (2005):
Empfehlungen des Arbeitskreises "Geotechnik der Deponiebauwerke": GDA E 3-8: Reibungsverhalten von Geokunststoffen (E), Bautechnik 9 (2005), H. 9
- [16] 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
- [17] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (2002):
Empfehlungen zur Anwendung geosynthetischer Tondichtungsbahnen EAG-GTD; Ernst & Sohn, 2002
- [18] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (1997/2008):
Empfehlungen für Bewehrungen aus Geokunststoffen, EBGeo, Verlag Ernst und Sohn, DGGT, 1997
- [19] 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
- [20] Witt, K.-J.; Zeh, M. (2003):
Geosynthetische Tondichtungsbahn Bentofix B 4000, Beurteilung der Zulassungsäquivalenz nach den Grundsätzen des DIBt, Bauhaus Universität Weimar, 2003
- [21] Hafenbautechnische Gesellschaft HTG (1996):
Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen Häfen und Wasserstraßen" (EAU), 1996
- [22] 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

[23] IGBE der Leibniz Universität Hannover:

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

[24] ICP Karlsruhe:

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

Normen

ASTM D 1238	Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer
ASTM D 5887	Standard Test Method for Measurement of Index Flux Through Saturated Geosynthetic Clay Liner Specimen Using a Flexible Wall Permeameter
ASTM D 5890	Standard Test Method for Swell Index of Clay Mineral Component of Geosynthetic Clay Liner
ASTM D 6496	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 18130-1	Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes
DIN 18132	Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens
DIN 18200	Fremdüberwachung
DIN 53816	Bestimmung der Faserfestigkeit und Faserdehnung
DIN 53875	Bestimmung des Schmelzindex
DIN EN 13492	Geosynthetische Dichtungsbahnen - Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Deponien und Zwischenlagern für flüssige Abfallstoffe erforderlich sind
DIN EN 13493	Geosynthetische Dichtungsbahnen - Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Deponien und Zwischenlagern für feste Abfallstoffe erforder-

lich sind

DIN EN 14196	Geokunststoffe - Prüfverfahren zur Bestimmung der flächenbezogenen Masse von geosynthetischen Tondichtungsbahnen
DIN EN ISO 10318	Geokunststoffe – Begriffe
DIN EN ISO 10319	Geotextilien - Zugprüfung am breiten Streifen
DIN EN ISO 10320	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Identifikation auf der Baustelle
DIN EN ISO 1973	Fasern - Bestimmung der Feinheit
DIN EN ISO 25619-1	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Bestimmung des Druckverhaltens
DIN EN ISO 9863-1	Geokunststoffe - Bestimmung der Dicke unter festgelegten Drücken – Einzellagen
DIN EN ISO 9864	Geokunststoffe - Prüfverfahren zur Bestimmung der flächenbezogenen Masse von Geotextilien und geotextilverwandten Produkten
ISO 1133	Kunststoffe - Bestimmung der Schmelze-Massefließrate (MFR) und der Schmelze-Volumenfließrate (MVR) von Thermoplasten
VDG P 69	Bindemittelprüfung - Prüfung von Bindetonen

Anhang 1: Qualitätsmanagement

1 Produktbeschreibung und Querschnitt

Bentofix B 4000 ist eine vollflächig über alle Komponenten kraftschlüssig vernadelte, Schubkraftübertragende geosynthetische Tondichtungsbahn aus einem unten liegenden Trägergeotextil, einem oben liegenden Deckgeotextil aus Polypropylen (PP) sowie einer dazwischen angeordneten Schicht aus Natriumbentonit in Pulverform. Die Oberseite ist mit einem Rollenaufdruck "Bentofix" versehen, die Unterseite mit der Typenbezeichnung "B 4000". 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 Bentoniteingestauten Randstreifen versehen ist.

Bentofix B 4000 wird mit folgendem Aufbau produziert (Abb. 1).

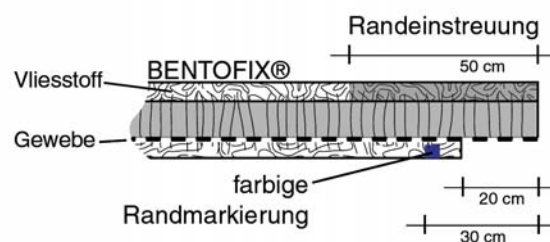


Abb. 1: Schematischer Querschnitt von Bentofix B 4000

2 Werkseigene Produktionskontrolle (WPK) und Fremdüberwachung (FÜ)

2.1 Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)

Die werkseigene Produktionskontrolle ist durch NAUE während der Produktion der Vorprodukte und der Produktion von Bentofix B 4000 durchzuführen und entsprechend den Bestimmungen dieser Eignungsbeurteilung zu dokumentieren. Es sind die in den Tabellen des Abschnittes 2.3 mit "WPK" 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 B 4000 in diesem Halbjahr mindestens einmal produziert wird. Sie besteht aus der Überprüfung der WPK (siehe 2.3) sowie eigenen Stichprobenprüfungen an Bentofix B 4000 (siehe 2.3.6) durch den Fremdüberwacher.

Es sind die in den Tabellen des Abschnittes 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.

WPK - Werkseigene Produktionskontrolle

FÜ - Fremdüberwachung

2.3.1 Fasern für die Geotextilproduktion (siehe auch 1.3)

Eigenschaft	Norm	PP 1A, 6,7 *BAM*	PP 1A, 17 *BAM*	WPK	FÜ
Fasertiter	DIN EN ISO 1973	6,7 dtex ($\pm 10\%$)	16,5 dtex ($\pm 10\%$)	jede Lieferung	X
Faserfestigkeit	DIN 53816	≥ 40 cN/tex	≥ 36 cN/tex	jede Lieferung	X
Faserdehnung	DIN 53816	$\geq 20\%$	$\geq 50\%$	jede Lieferung	X

2.3.2 Gewebe für die Trägergeotextilproduktion (siehe auch 1.3)

Eigenschaft	Norm	Kennwert	GW	n	WPK	FÜ
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	110 g/m ²	≥ 100 g/m ²	10	jede Lieferung	X

2.3.3 Trägergeotextil (siehe auch 1.3.1)

Eigenschaft	Norm	Kennwert	GW	n	WPK	FÜ
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	350 g/m ²	≥ 315 g/m ²	10	alle 1.500 m ²	X
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	3,0 mm	$\geq 2,7$ mm	10	alle 1.500 m ²	X
Zugfestigkeit	DIN EN ISO 10319	md: 9 kN/m	≥ 8 kN/m	5	alle 7.500 m ²	X
		cmd: 7 kN/m	≥ 6 kN/m	5	alle 15.000 m ²	X
Dehnung	DIN EN ISO 10319	md: 9 %	$\geq 8\%$	5	alle 7.500 m ²	X
		cmd: 7 %	$\geq 6\%$	5	alle 15.000 m ²	X

2.3.4 Deckgeotextil (siehe auch 1.3.2)

Eigenschaft	Norm	Kennwert	GW	n	WPK	FÜ
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	300 g/m ²	≥ 270 g/m ²	10	alle 3.000 m ²	X
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	4,5 mm	≥ 4,0 mm	10	alle 3.000 m ²	X
Zugfestigkeit	DIN EN ISO 10319	md: 1,3 kN/m	≥ 1,1 kN/m	5	alle 15.000 m ²	X
		cmd: 3,1 kN/m	≥ 2,8 kN/m	5	alle 30.000 m ²	X
Dehnung	DIN EN ISO 10319	md: 67 %	≥ 60 %	5	alle 15.000 m ²	X
		cmd: 40 %	≥ 36 %	5	alle 30.000 m ²	X

2.3.5 Bentonit (siehe auch 1.3.3)

Eigenschaft	Norm	Kennwert/GW	n	WPK	FÜ
Wasseraufnahme	DIN 18132 (24 h)	≥ 500 %	1	alle 50 to.	X
Quellvolumen	ASTM D 5890	≥ 20 ml	1	alle 50 to.	X
Montmorillonitgehalt	VDG P 69	≥ 300 mg/g	1	1 x je Produktionscharge des Lieferanten	X X
Wassergehalt	DIN 18121-1 (5 h, 105° C)	≤ 12 %	1	alle 50 to.	X
					X

2.3.6 Tondichtungsbahn (siehe auch 1.4)

Eigenschaft	Norm	Kennwert	GW	n	WPK	FÜ
Bentoniteinlage bezogen auf einen Wassergehalt ≤ 12 Gew.-%	DIN EN 14196, ρ_{TON}	4.500 g/m ²	≥ 4000 g/m ²	10	alle 600 m ²	X
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN 14196, ρ_{GBR-C}	5.100 g/m ²	≥ 4.600 g/m ²	10	alle 600 m ²	X
Zugfestigkeit	DIN EN ISO 10319	md: 12 kN/m	$\geq 10,8$ kN/m	5	alle 15.000 m ²	X
		cmd: 12 kN/m	$\geq 10,8$ kN/m	5	alle 15.000 m ²	X
Dehnung	DIN EN ISO 10319	md: 50 %	≥ 45 %	5	alle 15.000 m ²	X
		cmd: 30 %	≥ 27 %	5	alle 15.000 m ²	X
Verbundfestigkeit	ASTM D 6496	660 N/m	≥ 600 N/m	5	alle 6.000 m ²	X
K-Wert	ASTM D 5587 i=150, 30 kPa Auflast, d=1 cm	$2,5 \cdot 10^{-11}$ m/s	$\leq 3,7 \cdot 10^{-11}$ m/s	1	alle 10.000 m ²	X
Permittivität	ASTM D 5587 i=150, 30 kPa Auflast	$2,5 \cdot 10^{-9}$ 1/s	$\leq 3,7 \cdot 10^{-9}$ 1/s	1	alle 10.000 m ²	X

3 Verlegeanleitung

3.1 Allgemeines

Bentofix ist ein über alle Schichten vollflächig, kraftschlüssig vernadelter, Schubkraftübertragender Verbundstoff (geosynthetische Tondichtungsbahn) nach dem Sandwichprinzip aus zwei Geotextilien und eingeschlossenem Bentonit als quellfähige Dichtungsschicht. Das Planum als Stützschiicht, Bentofix und die mindestens 30 cm dicke Bodenauflost 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 B4000 für den Einsatz in Deponieoberflächendichtungssystemen.

Diese Verlegeanleitung und der freigegebene Verlegeplan müssen auf der Baustelle dem verantwortlichen Bauleiter vorliegen.

Die zusätzliche werkseitig durchgeführte Bentoniteinstreuung führt zu einer vereinfachten Überlappungsbildung. Die Ausnahmen sind in Abschnitt 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 Rollen.

Für die Entladung der LKWs kommen folgende Möglichkeiten in Betracht:

- Mit zwei breiten (≥ 10 cm) Transportgurten (jeweils ca. 1/3 der Rollenbreite vom Rand), die am Lasthaken oder an der Baggerschaufel befestigt werden, mit der eine Rolle Bentofix ohne Beschädigungen befördert werden kann.
- Mit einer Traverse (siehe Abb. 1), 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. 1) 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)	☐
Mauerkübel (ca. 80 Liter Inhalt)	☐	Schubkarren	☐
10-Liter-Eimer	☐	Kellen	☐
Schaufeln	☐	Teppichmesser, besser Elektroschneider	☐
Filz-, Kreidestifte	☐	Zollstock	☐
Haarbesen	☐	Anrückrolle	☐

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 Fremdprüfers durch einen Mitarbeiter der Firma NAUE erfolgen. Die Kosten hierfür trägt der Bentofix Verleger.

3.6 Witterungsvoraussetzungen für den Einbau

Die Witterungsverhältnisse sollten eine trockene Verlegung von Bentofix erlauben und müssen ein Bedecken mit der Bodenaufast zulassen. Das Planum muss den Anforderungen nach Abschnitt 6 entsprechen. Ein Einbau der Rollen muss gemäß Abschnitt 7 bis 10 möglich sein. Eingebaute Rollen mit einem Feuchtigkeitsgehalt von $\leq 50\%$ (Wassergehaltsbestimmung nach DIN 18121) können, unter Einhaltung der Angaben aus Abschnitt 12, beschüttet werden.

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 Versätzen (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.

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

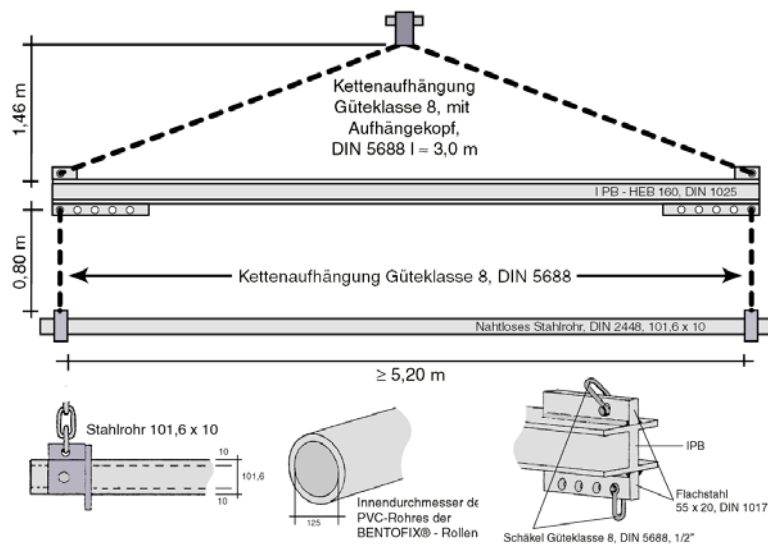


Abb. 2: Traverse geeignet für Rollengewichte bis 1.250 kg

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

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.

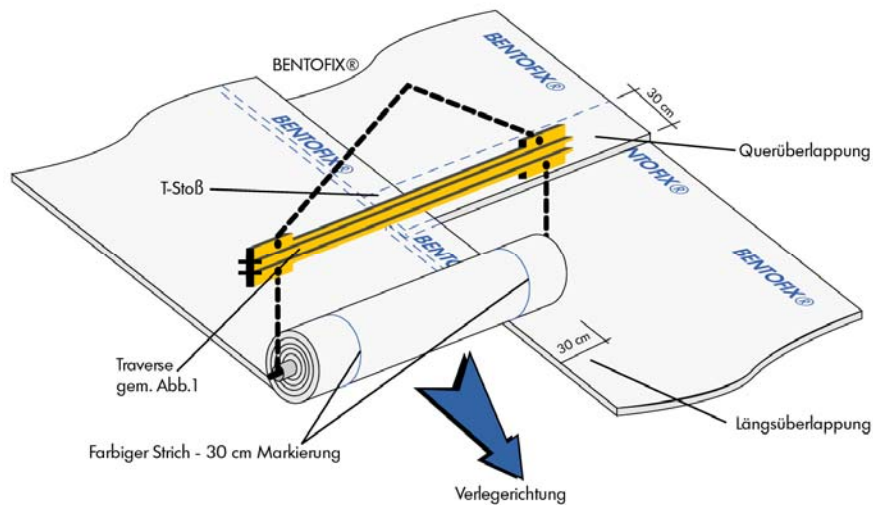


Abb. 3: Bentofix Verlegung (T-Stoß)

Alle Überlappungen müssen in Gefällerrichtung dachziegelartig ausgeführt werden. T-Stöße 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 Kanteneinstreung ist keine zusätzliche Abspachtelung des Überlappungsbereiches vor Ort erforderlich.

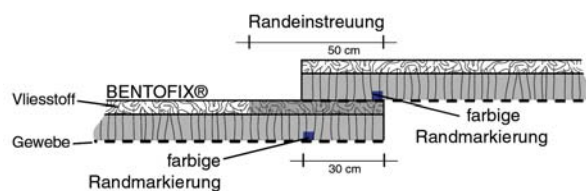


Abb. 4: Schematischer Längsüberlappungsbereich bei einer Kanteneinstreung

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

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

3.9.3 Querüberlappungen

Bei Bereichen ohne Kanteneinstreuung muss eine bauseitige Einstreuung von Bentonitpulver ($0,8 \text{ kg/m}^2$, 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 ordnungsgemäßigem 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 bauseitigen 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).

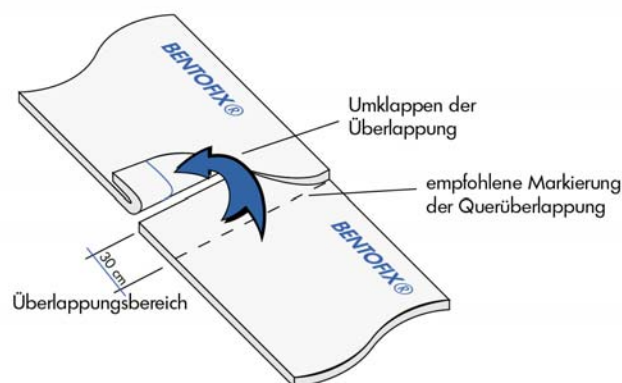


Abb. 5: Umklappen der Überlappung

3.9.4.3 Aufstreuen von Bentonit

Im Überlappungsbereich wird bei Bereichen ohne Kanteneinstreuung eine bauseitige Einstreuung von Bentonitpulver ($0,8 \text{ kg/m}^2$, 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 Überlap-

pungsbereich wird gemäß Abb. 6 in einer Breite von 20 cm (15 cm in dem Überlappungsbereich und 5 cm vor dem Überlappungsbereich) verstrichen.

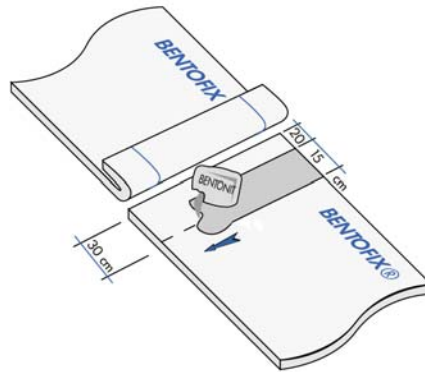


Abb. 6: Bentoniteinstreuung im Überlappungsbereich

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).

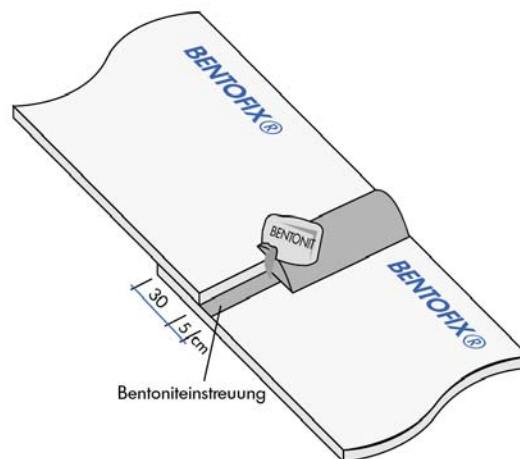


Abb. 7: Bentoniteinstreuung im Kantenbereich

3.9.4.5 Aufbringen des Vliesstoffstreifens

Um u. a. Verunreinigungen des Bentonits zu vermeiden, ist der Überlappungsbereich sofort nach der Abstreung 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.

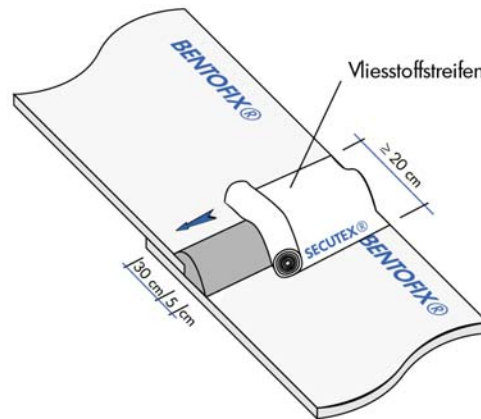


Abb. 8: Bentoniteinstreuung im Überlappungsbereich

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.

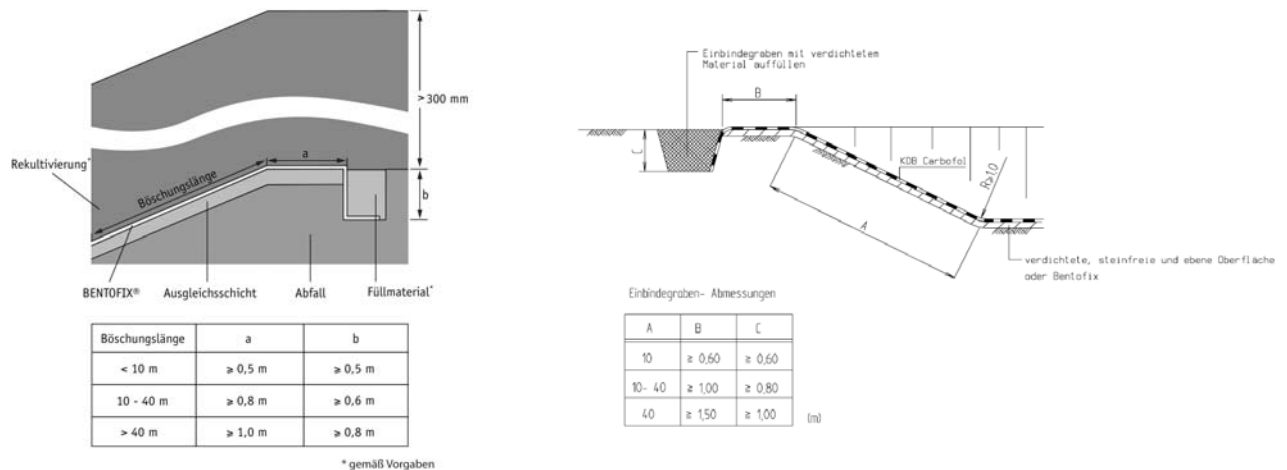


Abb. 9: Einbindegraben – links nur GTD, rechts GTD/KDB (schematische Darstellung)

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.

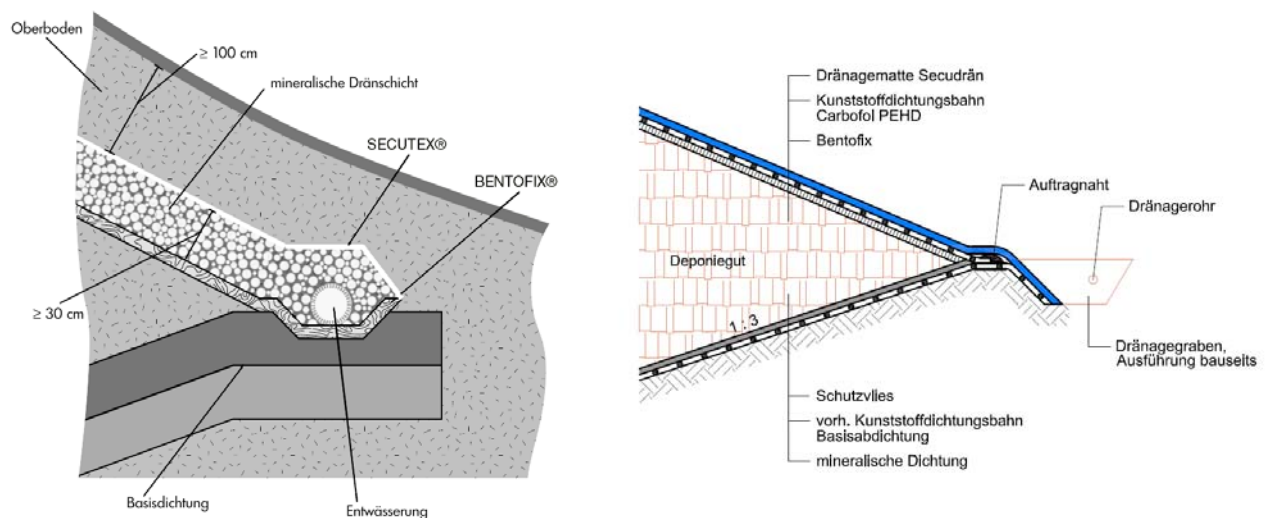
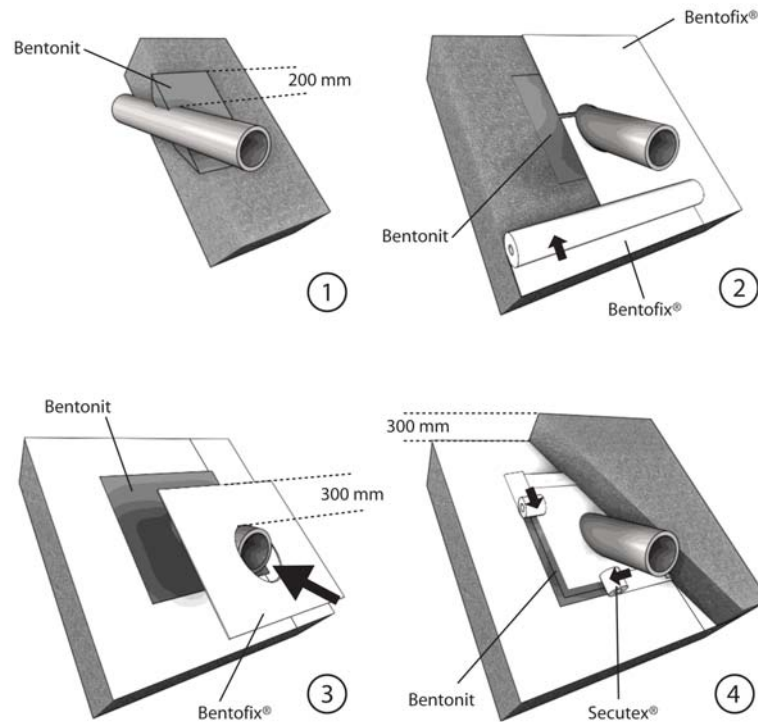


Abb. 10: Anbindung an Basisdichtung

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



Anschlussbeispiel ans PEHD-Rohr

Ohne Maßstab

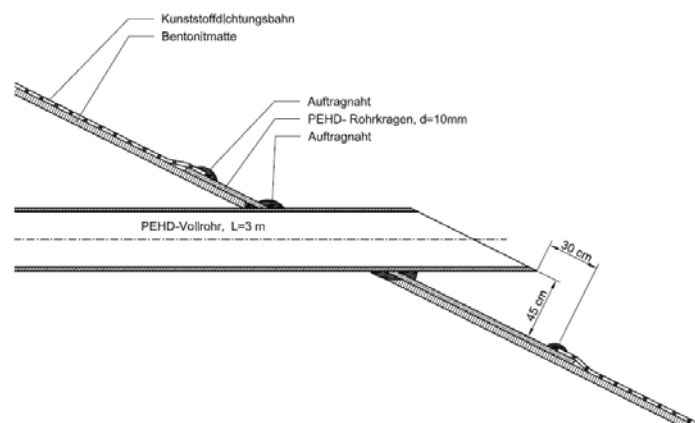


Abb. 11: Beispiele für Durchdringungen

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, Anschlussmöglichkeiten und Durchdringungen sind mit der Firma NAUE festzulegen.

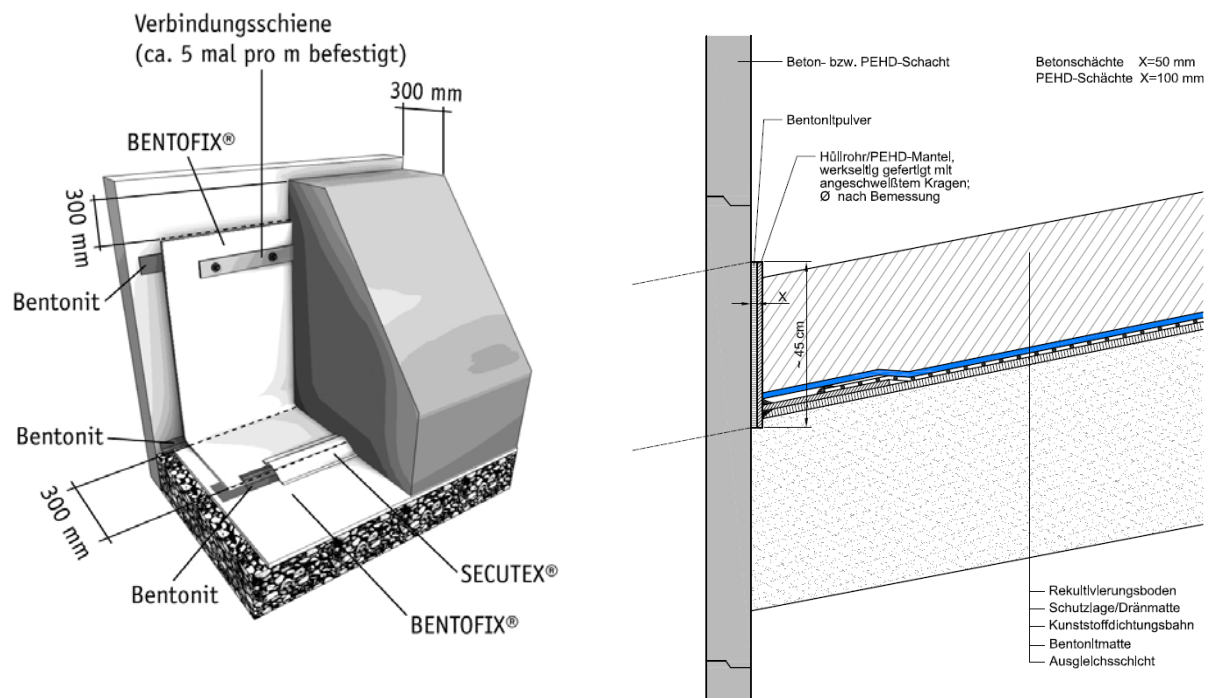


Abb. 12: Bauwerksanschlüsse

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.

Als Bodenauflast muss geeignetes Material in einer Dicke von mindestens 0,30 m (mindestens 5 kN/m²) mit einem maximalen Korndurchmesser von

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

oder

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

unmittelbar nach Freigabe der Dichtungsfläche (mindestens arbeitstäglich) aufgebracht werden.. Bei einem Wassergehalt von $\leq 50 \%$ ist eine Beschüttung möglich. Der Feuchtigkeitsgehalt von Bentofix darf nicht so hoch sein, dass die Schicht oberhalb von Bentofix (z. B. Kunststoffdichtungsbahn, Dränschicht, etc.) während des Einbaus durch Walkbewegung, Verschiebung, etc. eine Schädigung der Matte erzeugt. Eine direkte Beschüttung von Bentofix bei einem Wasserge-

halt über 50 % ist nicht zulässig. Bentofix Matten, die über 50 % vorgequollen sind müssen ausgebaut werden oder durch trockene Matten überdeckt 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.

Für den Fall, dass auf Bentofix ein geosynthetisches Dränsystem oder eine Kunststoffdichtungsbahn verlegt wird, muss zusätzlich ebenfalls eine geeignete Bodenauflast von mindestens 0,30 m unmittelbar nach Freigabe der Dichtungsfläche (mindestens arbeitstäglich) aufgebracht 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 Auftrags der Bodenauflast keine Überlappungskanten oder Überlappungsbereiche verdrückt oder verschoben werden.

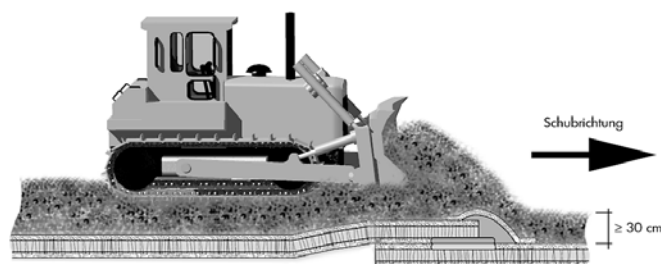


Abb. 13: Bodeneinbau und -verteilung

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

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. Zwischen dem Aufbringen der Mindestüberdeckung von 30 cm in der Verlegephase und dem Aufbringen der weiteren Deckschichten dürfen nicht mehr als zwei bis drei Wochen vergehen.

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.

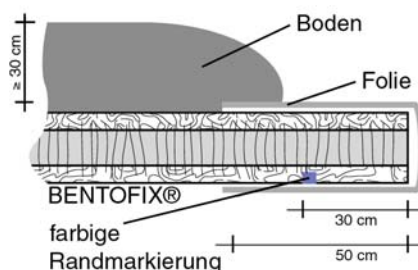


Abb. 14: Baufolienabdeckung

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.

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.

3.16 Sonstiges

Die Verlegeanleitung entspricht dem derzeitigen Stand der Technik. Gewährleistungsansprüche sind nicht ableitbar. Vorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz sind zu beachten.

4. Qualitätsmanagement bei der Verlegung von Bentofix B 4000

4.1 Allgemeines

Die Verlegung von Bentofix B 4000 als Dichtungselement in einem Oberflächenabdichtungssystem erfolgt unter abfallrechtlicher Überwachung. Das Qualitätsmanagement 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 Qualitätsmanagementplans 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 Probearbeit im Versuchsfeld,
- den Transport, die Entladung und die Zwischenlagerung,
- die Kontrolle des angelieferten Produkts vor der Verlegung,
- die Verlegevoraussetzungen,
- die Verlegung.

Die mit der Verlegung von Bentofix B 4000 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 Versuchsfeldes durchzuführen.

Regelungen über geeignete Qualifikationsnachweise bleiben den abfallrechtlich zuständigen Behörden überlassen.

4.2 Versuchsfeld

Die Verlegung von Bentofix B 4000 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 Versuchsfeldes hat nach den Anforderungen TA-Siedlungsabfall [3] in Verbindung mit Anhang E der TA-Abfall [2] unter Berücksichtigung der GDA-Empfehlung E 3-5 [14] zu erfolgen. Die vorgesehene Größe muss die Ausführung einer ausreichenden Anzahl von Längs- und Querüberlappungen ermöglichen.

Die Verlegung von Bentofix B 4000 erfolgt durch die Bauausführende Firma nach der Verlegeanleitung, die der Hersteller unter Berücksichtigung von Anhang 1 Nr.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 B 4000 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 [16] zu beachten.

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 B 4000 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 13492 und 13493	-	jede Lieferung	jede Lieferung	X
Wassergehalt des Bentonits					
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN 14196, ρ_{GBR-C}	5.100 g/m ²	alle 2.500 m ²	alle 2.500 m ²	X
Zugfestigkeit	DIN EN ISO 10319	md: 12 kN/m cmd: 12 kN/m	-	alle 10.000 m ² alle 10.000 m ²	X
Dehnung	DIN EN ISO 10319	md: 50 % cmd: 30 %	-	alle 10.000 m ² alle 10.000 m ²	X
Verbundfestigkeit	ASTM D 6496	660 N/m	-	alle 7.500 m ²	X
Permittivität	ASTM D 5587 i=150, 30 kPa Auflast	$2,5 \cdot 10^{-9}$ 1/s	-	alle 7.500 m ²	X

4.5 Verlegevoraussetzungen

Eigenschaft	Anforderung	Häufigkeit		
		EP ¹⁾	FP ¹⁾	B ²⁾
Verlegepläne mit Darstellung des zeitlichen Ablaufs der Arbeiten	Prüfung auf Vollständigkeit	x	x	x
Planumseigenschaften	Einhaltung der Vorgaben aus der Zulassung und dem Versuchsfeld	x	x	x
Böschungslängen und -neigungen	Einhaltung der Vorgaben aus der Deponieplanung und den Verlegeplänen	x	x	x
Abmessungen von Verankerungsgräben	Einhaltung der Vorgaben aus der Deponieplanung	x	x	x
Witterungsbedingungen	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung	x	x	x
Art des Überschüttungsmaterials	Einhaltung der Vorgaben aus der Zulassung und dem Versuchsfeld	x	x	x

¹⁾ Kontrollen vor Beginn der Verlegung

²⁾ stichprobenartige Überprüfung durch die abfallrechtlich zuständige Behörde

4.6 Verlegung

Die Verlegung erfolgt nach der Verlegeanleitung des Herstellers (siehe Anhang 1 Nr .3), bzw. einer genehmigten Variante der Verlegeanleitung. Bei der Verlegung ist die Anwesenheit des Fremdprüfers erforderlich.

Eigenschaft	Anforderung	Häufigkeit		
		EP ¹⁾	FP ¹⁾	Ü ²⁾
Transport auf der Baustelle	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung	x	x	x
Verlegeverfahren	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung und dem Versuchsfeld	x	x	
Verlegerichtung	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung und dem Verlegeplan	x	x	x
äußere Beschaffenheit und Planlage	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung	x	x	x
Überlappungsausführung	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung	x	x	x
Überlappungsbreiten	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung	x	x	x
Ausführung von Anschlüssen, Durchdringungen	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung und dem Versuchsfeld	x	x	x
Teilabnahme vor Ausführung der Überschüttung	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung	x	x	x
Aufbringen der Überschüttung	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung und dem Versuchsfeld	x	x	x
Witterungsschutz bei Bauunterbrechungen	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung	x	x	x
Reparaturmaßnahmen	Einhaltung der Vorgaben aus der Verlegeanleitung	x	x	x

1) ständige Kontrollen während der Verlegung

2) stichprobenartige Überprüfung durch die abfallrechtlich zuständige Behörde

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 Rollenummer, Zeitpunkt der Verlegung, Zeitpunkt der Überschüttung, Witterungsbedingungen, Probenahmen, besondere Vorkommnisse u. a.) im Verlegeplan, erforderlichenfalls ergänzt durch Protokolle, zu dokumentieren.

Anhang 2: Muster der Kennzeichnung

		 0799 - CPD - 20 Bentofix Typ B 4000
Rollen-Nr.:	0013086510	
Produkt:	Bentofix Typ B 4000 4,85 m x 30 m	
Artikel-Nr.:		
Article-No.:		
Art d. Geokunststoffes:	Bentonitmatte/GBR-C	
kind of geosynthetic product:		
Rohstoff:	PP/Bentonit	
raw material:		
Masse/Flächeneinheit (g/m ²):	5100	
mass per unit area (g/m ²):		
Breite (m):	4,85	
width (m):		
Länge (m):	30,000	
length (m):		
Rollengewicht, ca. (kg):	797	
Roll weight, approx. (kg):		

Made in Germany

Anhang 3: Schutzmaßnahmen gegen schädliche Wasserspannungen in Bentofix B 4000

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 GDA-Empfehlungen E2-31 [12] und E2-32 [13]).

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 $\geq 1,50$ m; je nach örtlichen klimatischen und pflanzenstandortspezifischen Gegebenheiten sowie ggf. auch abhängig von der späteren Nutzung (z. B. Wald) 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 hervorgerufenen 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® B 4000 in Folge konvektiver Luftströmung ist die unmittelbar auf der Bentofix® B 4000 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 Frage².

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