

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“

**Eignungsbeurteilung von Bentomat® LAGA
zur Herstellung von mineralischen Dichtungen
in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien
vom 24.03.2009**

**Fortschreibung vom 18.02.2021
durch die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“**

Das dieser Eignungsbeurteilung zu Grunde liegende Produkt wurde bis zum 31.12.2014 unter der Bezeichnung „**Bentomat® GDA**“ vertrieben.

Inhalt

1	Zusammensetzung und Eigenschaften	3
1.1	Allgemeines	3
1.2	Produktbeschreibung	4
1.3	Einzelkomponenten (Vorprodukte)	4
1.3.1	Trägergeotextil	5
1.3.2	Deckgeotextil	6
1.3.3	Bentonit	7
1.4	Tondichtungsbahn (Endprodukt)	7
1.5	Herstellung, Verpackung, Transport, Lagerung und Kennzeichnung	8
1.5.1	Herstellung	8
1.5.2	Verpackung, Transport, Lagerung	8
1.5.3	Kennzeichnung (Anhang 2)	9
1.6	Konformitätsnachweis	9
1.6.1	Allgemeines	9
1.6.2	Eigenüberwachung / werkseigene Produktionskontrolle	9
1.6.3	Fremdüberwachung	10
2	Entwurf und Bemessung	10
2.1	Entwurf des Abdichtungssystems	10
2.1.1	Rekultivierungsschicht	11
2.1.2	Entwässerungsschicht	11
2.1.3	Dichtungsschicht	12
2.1.4	Kombination mit Kunststoffdichtungsbahn	12
2.1.5	Trag- und Ausgleichsschicht	12
2.1.6	Konstruktive Gestaltung von Details	13
2.2	Bemessung des Abdichtungssystems	13
2.2.1	Nachweis der Standsicherheit	13
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 Dichtungsaufbauers / Planum	18
3.5	Herstellung der Dichtungsschicht	19
4	Nutzung, Unterhaltung, Wartung	19
5	Technische Bezugsdokumente	19

Anhang 1: Qualitätsmanagement

Anhang 2: Produktkennzeichnung (Muster)

Anhang 3: Schutzmaßnahmen gegen schädliche Wasserspannungen in Bentomat LAGA

1 Zusammensetzung und Eigenschaften

1.1 Allgemeines

In dieser Eignungsbeurteilung der geosynthetischen Tondichtungsbahn Bentomat LAGA der Firma

CETCO Europe Ltd
Birkenhead Road
Wallasey
Merseyside
CH44 7BU
UK,

die in Deutschland projektbezogen durch die Vertriebspartner

BECO Bermüller & Co. GmbH
Rotterdammer Straße 7
90451 Nürnberg

und

G-quadrat Geokunststoffgesellschaft mbH
Adolf-Dembach-Straße 4a
Krefeld 47829

vertrieben wird, erfolgt durch die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ eine Beurteilung der Eignung als mineralische Abdichtungskomponente in Oberflächenabdichtungssystemen gemäß der Deponieverordnung (DepV) [1] und den technischen Bezugsdokumenten [2] und [3]. Zur Alterung durch chemische Oxidation der geotextilen Komponenten, zum Einfluss von Deponiegaskondensat und zur Durchlässigkeit im Überlappungsbereich wurden nach Abschluss der Eignungsbeurteilung durch die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ weitere Ergebnisse von Untersuchungen in Gutachten vorgelegt. Die Eignungsbeurteilung wurde auf dieser Grundlage durch die LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ fortgeschrieben. Es wurden Ergebnisse aus Aufgrabungen eines ähnlichen Bentonitmattentyps (Bentomat S.S) vorgelegt. Weitere Ergebnisse aus konkreten Anwendungen konnten nicht geprüft werden.

Diese Eignungsbeurteilung gilt für den Einsatz von Bentomat LAGA auf Deponien der Klasse I und auf Deponien der Klasse II in Kombination mit einer Kunststoffdichtungsbahn nach der DepV.

Bentomat LAGA 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 geosynthetischen Tondichtungsbahn (GTD) vom Typ Bentomat LAGA. Es wirkt in Verbindung mit den anderen, darunter und darüber angeordneten, Elementen des Abdichtungssystems. Seine Wirksamkeit ist gegeben, wenn diese entsprechend der Bestimmungen dieser Eignungsbeurteilung entworfen und bemessen werden.

1.2 Produktbeschreibung

Bei Bentomat LAGA handelt es sich um eine vollflächig vernadelte Tondichtungsbahn bestehend aus einem unten liegenden Trägergeotextil (Vliesstoff) und einem oben liegenden Deckgeotextil (Gewebe), jeweils aus Polypropylen. Dazwischen ist eine Lage aus trockenem, natürlichem Natriumbentonit in Granulatform angeordnet. Die Vernadelung aller Schichten erfolgt von der Trägergeotextilseite, so dass die im Deckgeotextil verschlauften Fasern des Trägergeotextils den Verbund des Produktes gewährleisten.

In Kombination mit einer Kunststoffdichtungsbahn (KDB) ist die Vliesstoffseite von Bentomat LAGA nach oben zur KDB zu verlegen, um die Kontaktscherspannung zu erhöhen.

Die geforderten Eigenschaften der Vorprodukte und des Endproduktes sind als Erwartungswert (Kennwert, Mittelwert oder Einzelwert über die Rollenbreite) definiert. Die bei der werkseigenen Produktionskontrolle und der Fremdüberwachung zulässigen Abweichungen sind im Anhang 1 angegeben.

1.3 Einzelkomponenten (Vorprodukte)

Zur Produktion von Bentomat LAGA werden Geotextilien (siehe 1.3.1 und 1.3.2) aus Vliesstoff und Gewebe, sowie Bentonit (siehe 1.3.3) eingesetzt. Die unter 1.3.1 und 1.3.2 eingesetzten Formmassen der Faserproduktion, die Fasern und Gewebebändchen sind nachfolgend beschrieben.

Formmassen für die Faserproduktion

Rohstofftyp: Polypropylen (PP)

Produktbezeichnung: Beaulieu A001-N

Hersteller: Beaulieu International Group, Belgien

Eigenschaften	Norm	Beaulieu A 001-N
Schmelzindex	DIN EN ISO 1133-1 ASTM D1238	12 g/10 min
Dichte	ASTM1505	0,904 g/cm ³

Fasern für die Vliesstoffe

Eigenschaften	Norm	PP 1A 8,9
Fasertiter	DIN EN ISO 1973	8,9 dtex
Faserfestigkeit	DIN EN ISO 5079	3,2 cN/dtex
Faserdehnung	DIN EN ISO 5079	≥ 50 %

Weitere Angaben zur Formmasse sind vertraulich bei der LAGA Ad-hoc-AG hinterlegt.

Formmasse für die Gewebeproduktion

Rohstofftyp: Polypropylen (PP)

Produktbezeichnung: Ideal Fib

Hersteller: Beaulieu International Group, Belgien

Eigenschaften	Norm	Kennwert
Schmelzindex (230/2,16)	ASTM D1238	2,5 – 3,5 g/10 min
Dichte	DIN 53479	0,903 g/cm ³

Weitere Angaben zur Formmasse sind vertraulich bei der LAGA Ad-hoc-AG hinterlegt.

1.3.1 Trägergeotextil

Als Trägergeotextil ist ein vernadelter Vliesstoff, hergestellt aus Polypropylen (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

Eigenschaften	Norm	Kennwert
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	200 g/m ²
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	3,0 mm
Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: ≥ 1,5 kN/m cmd: ≥ 1,5 kN/m
Dehnung bei Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: ≥ 70 % cmd: ≥ 70 %
Stempeldurchdrückkraft	DIN EN ISO 12236	1,0 kN

md: in Produktionsrichtung; cmd: quer zur Produktionsrichtung

1.3.2 Deckgeotextil

Als Deckgeotextil ist ein Bändchengewebe aus Polypropylen (PP) zu verwenden (siehe 1.3).

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

Deckgeotextil

Eigenschaften	Norm	Kennwert
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	100 g/m ²
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	0,35 mm
Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: ≥ 17 kN/m cmd: ≥ 16 kN/m
Dehnung bei Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: 20 % cmd: 18 %

md: in Produktionsrichtung; cmd: quer zur Produktionsrichtung

1.3.3 Bentonit

Für die Bentoniteinlage ist ein natürlicher Natriumbentonit in Granulatform ohne Polymerzusatz mit folgenden Eigenschaften zu verwenden:

Eigenschaften	Norm	Kennwert
Wasseraufnahme	DIN 18132 (24 h)	≥ 450 %
Quellvolumen	ASTM D5890	≥ 20 ml/2g
Montmorillonitgehalt	VDG P69	≥ 300 mg/g
Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	≤ 12 %

1.4 Tondichtungsbahn (Endprodukt)

Für die Tondichtungsbahn Bentomat LAGA als Verbundprodukt aus den Vorprodukten nach 1.3 gelten die folgenden Anforderungen:

Eigenschaften	Norm	Kennwert
Bentoniteinlage	DIN EN 14196, ρ_{Ton}	4500 g/m ² bei 0 % Wassergehalt
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN 14196, ρ_{GBR-C}	4800 g/m ² bei 0 % Wassergehalt
Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: 10 kN/m cmd: 11 kN/m
Dehnung bei Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: 20 % cmd: 20 %
Verbindungsfestigkeit bestimmt als Schälfestigkeit längs	ASTM D6496Ma	650 N/m
k-Wert	ASTM D5887 i = 150, 35 kPa Auflast	2,0 · 10 ⁻¹¹ m/s
Permittivität	ASTM D5887 i = 150, 35 kPa Auflast, d = 1 cm	2,0 · 10 ⁻⁹ 1/s

md: in Produktionsrichtung; cd: quer zur Produktionsrichtung

1.5 Herstellung, Verpackung, Transport, Lagerung und Kennzeichnung

1.5.1 Herstellung

Bentomat LAGA ist im CETCO – Werk Szczytno (Polen) herzustellen. Der Produktionsvorgang besteht aus dem Aufbringen des Bentonitgranulats auf das angelieferte Trägergeotextil, dem Aufbringen des angelieferten Deckgeotextils auf den Bentonit und die vollflächige Vernadelung der Vorprodukte zum Endprodukt.

1.5.2 Verpackung, Transport, Lagerung

Vom Hersteller sind folgende Anleitungen über Verpackung, Transport und Lagerung zu berücksichtigen:

- Die Tondichtungsbahn ist auf einem stabilen Wickelkern von ca. 10 cm Durchmesser aufzurollen.
- Die Rollen sowie das für die Herstellung der Nahtüberlappung erforderliche Bentonitgranulat sind witterungsgeschützt zu verpacken.
- Werksseitig sind die Rollen liegend auf einem ebenen, befestigten und überdachten Lagerplatz trocken zu lagern.
- Die Einlagerung bzw. Verladung und Entladung hat mit speziellen Hebeegeräten zu erfolgen, so dass eine punkt- oder linienförmige Belastung und somit eine Beschädigung der Rollen ausgeschlossen wird.
- Der Transport hat liegend zu erfolgen. Die Transportfläche muss eben, trocken und fremdkörperfrei sein.
- Die Baustellenlagerung hat auf Flächen zu erfolgen, die eben und trocken sind und bei Regen oder Grundwasseranstieg auch trocken bleiben. Die Rollen sind parallel zueinander zu stapeln. Es dürfen maximal fünf Rollen übereinandergestapelt werden. 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, verquollenes 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 (Anhang 2)

Die Tondichtungsbahn ist gemäß DIN EN ISO 10320, Punkt 4 zu kennzeichnen. Dies beinhaltet:

- Einen Rollenaufdruck in Produktionsrichtung bestehend aus Produktbezeichnung (Oberseite) längs der Kante, der sich in regelmäßigen Abständen von höchstens 5 m wiederholt und
- ein Rollenetikett mit den Angaben zu Hersteller, Produktbezeichnung, Rollennummer, Produktionscharge, Herstellungsdatum, Rollenlänge, Rollenbreite, Gesamtfläche der Rolle und Rollengewicht.

Nach DIN EN 13492 und 13493 ist weiterhin die CE – Markierung an jeder Rolle anzubringen, welche bei Bentomat LAGA in Verbindung mit 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 Eigenüberwachung / werkseigene Produktionskontrolle

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 dem 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 Kontrolle 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 zu Abstellung des Mangels zu treffen. Tondichtungsbahnen, die den Anforderungen nicht entsprechen, sind so zu handhaben, dass Verwechslungen mit einwandfreiem Material ausgeschlossen werden. Nach Abstellung des Mangels ist – soweit technisch möglich – 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 Funktion erfüllen kann, sind die folgenden Bestimmungen beim Entwurf des Abdichtungssystems unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Gegebenheiten einzuhalten. Die Tondichtungsbahn Bentomat LAGA ist eine mineralische Abdichtungskompo-

nente. Gemäß DepV ergibt sich somit folgender Aufbau des Oberflächenabdichtungssystems (von oben nach unten):

- Rekultivierungsschicht einschließlich Bewuchs
- Entwässerungsschicht gemäß Anhang 3
- Kunststoffdichtungsbahn (BAM-zugelassen bei Deponien der Klasse II)
- Abdichtungskomponente Bentomat LAGA
- Ausgleichsschicht

2.1.1 Rekultivierungsschicht

Anforderungen an Rekultivierungsschichten ergeben sich aus dem Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard 7-1 [6] und sind für den Bewuchs in Oberflächenabdichtungssystemen in der GDA-Empfehlung E 2-32 [9] beschrieben. Die gültigen Vorschriften zur Verwendung von Bodenmaterialien sind einzuhalten. Es gelten die Anforderungen der Deponieverordnung [1] an die Rekultivierungsschicht.

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 ergeben sich aus Anhang 3 zu dieser Eignungsbeurteilung.

2.1.2 Entwässerungsschicht

Für die Entwässerungsschicht gelten Anforderungen gemäß DepV [1] und der GDA-Empfehlung E 2-20 [8]. 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 auf Deponien der Klasse I das Größtkorn auf 8 mm zu beschränken, 10 % Überkorn bis 16 mm ist zulässig. Bei geosynthetischen Entwässerungsschichten (Dränmatte) sind die Angaben in der Zulassung zu berücksichtigen.

Die Anordnung einer mindestens 10 cm dicken Sandschicht (SE, SW, SU) als untere Lage der Entwässerungsschicht erhöht den Schutz gegen Austrocknung der Bentonitmatte.

2.1.3 Dichtungsschicht

Die Herstellung der Dichtungsschicht gemäß [10] und [13] erfolgt aus der flächigen Verlegung und Überlappung der Tondichtungsbahn Bentomat LAGA. Stöße und Überlappungen sind entsprechend der Verlegeanleitung des Herstellers auszuführen (siehe Anhang 1).

Die in die Dichtungsschichtebene eingetragene Hangabtriebskraft darf 20 kN/m² nicht überschreiten. Bei höheren Hangabtriebskräften sind entsprechende Nachweise erforderlich.

2.1.4 Kombination mit Kunststoffdichtungsbahn

Auf Deponien der Klasse II wird zusätzlich auf der Bentonitmatte eine Kunststoffdichtungsbahn verlegt. Bentomat LAGA wird in diesem Fall mit der Vliesstoffseite nach oben in Kontakt mit der Kunststoffdichtungsbahn verlegt. Eine unter der Kunststoffdichtungsbahn eingebaute geosynthetische Tondichtungsbahn Bentomat LAGA kann dahingehend fehlerausgleichend wirken, dass der Ausfluss aus einer Perforation der Kunststoffdichtungsbahn maßgeblich behindert wird.

2.1.5 Trag- und Ausgleichsschicht

Auf der Oberfläche des abgelagerten Abfalls ist es ggf. erforderlich, eine Trag- und Ausgleichsschicht nach den Anforderungen des Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards 4-1 „Trag- und Ausgleichsschichten 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.

Zur Minimierung eines Wasserdampftransports nach unten soll für die oberen 30 cm der Trag- und Ausgleichsschicht weitgestuftes Material (Ungleichförmigkeit $U \geq 6$, Krümmungszahl C_c 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 reduziert werden, wenn aufgrund der Abfalleigenschaften ein Wasserdampftransport aus der GTD nach unten ausgeschlossen werden kann.

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

2.1.6 Konstruktive Gestaltung von Details

Die konstruktive Gestaltung von Durchdringungen, Anschlüssen an Bauteile und die dabei entstehenden Überlappungen und Zulagen sind grundsätzlich nach den Angaben in Anhang 1 „Verlegeanleitung“ auszuführen. Die handwerklich korrekte Ausführung ist durch den Verarbeiter im Probefeld unter Beisein des Fremdprüfers nachzuweisen [11]. Andere Ausführungen bedürfen im Einzelfall der Zustimmung der abfallrechtlich zuständigen Behörde.

2.2 Bemessung des Abdichtungssystems

Bei der Bemessung des Abdichtungssystems unter Einsatz einer geosynthetischen Tondichtungsbahn Bentomat LAGA sind folgende Nachweise erforderlich:

2.2.1 Nachweis der Standsicherheit

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 der GDA E 2-7 [7], zu erbringen. Dabei darf die Tondichtungsbahn 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 die GDA-Empfehlung E3-8 [12] zu berücksichtigen.

Gemäß den Untersuchungen der SKZ-TeConA GmbH kann in Kombination mit einer strukturierten „PEHD Dichtungsbahn MST+/MSB“ bis zu einer Böschungsneigung von 1 : 3 grundsätzlich eine ausreichende Standsicherheit gewährleistet werden.

Innere Standsicherheit

Langzeit – Scherfestigkeit

Zum Nachweis der inneren Scherfestigkeit auf geneigten Flächen in Kombination mit dem Alterungsverhalten des sandwichartig aufgebauten Geokunststoff-Verbundproduktes wurden an der SKZ – TeConA GmbH, Würzburg, Zeitstandtests im „Scherkriechkasten“ durchgeführt. Die Testbedingungen entsprachen den Vorgaben der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugfragen“ [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 werden.

Proben aus der Bentonitmatte Bentomat LAGA zeigen in den Zeitstand-Scherversuchen bei 80°C lange Laufzeiten, die Mindeststandzeit von 10.000 Stunden (417 Tage) wurde überschritten und bislang wurde noch in keinem Versuch ein Versagen beobachtet. Mit Hilfe der scheinbaren Aktivierungsenergie (ca. 65 kJ/mol) eines möglichen Schadensmechanismus, die bei der Prüfung im entionisierten Wasser ermittelt wurde, kann eine ARRHENIUS – Extrapolation des geometrischen Mittelwertes der erreichten Laufzeiten bis 80 °C Prüftemperatur auf eine andere Anwendungstemperatur durchgeführt werden. Unter Berücksichtigung der Anforderungen in den Allgemeinen Grundsätzen [2] mit einer ständigen Einwirkung von 15 °C für DK I und 30 °C für DK II sind daraus Langzeitscherfestigkeiten nachzuweisen.

Im Rahmen der Langzeituntersuchungen werden die Messproben bis zu einer Abnahme der Restfestigkeit auf mindestens 50 % der Ausgangs-Zugfestigkeit einer Beanspruchung im Hochdruck-Autoklaven bei einer Temperatur von 80 °C und einem Sauerstoffüberdruck von 50 bar in einer wässrigen Lösung bei einem pH-Wert von 10 ausgesetzt. Es wurden der Vliesstoff (SKZ – Prüfbericht 79848/07-XIV) und das Gewebe (SKZ – Prüfbericht 79848/07-XVII) geprüft. Die Autoklaventests haben gezeigt, dass der Vliesstoff im Vergleich zum Gewebe das kritischere Element der beiden Geokunststoffkomponenten ist. Zum Erreichen der Restfestigkeit von 50 % bei einer Temperatur von 80 °C und einem Sauerstoffüberdruck von 50 bar ergab die Prüfung dieses Vliesstoffs eine Standzeit von 107 Tagen. Eine detaillierte Prognose hinsichtlich der Langzeitbeständigkeit ist auf Basis der derzeit vorliegenden Ergebnisse noch nicht möglich. Allerdings lässt sich aufgrund vorliegender Erfahrungen von ähnlichen Geotextilien eine Lebensdauererwartung für eine Bezugstemperatur von 30 °C von > 100 Jahren einschätzen (SKZ 10.09.2010).

Bei einer ständigen Einwirkung von 15 °C ist eine Langzeitscherfestigkeit der Bentomat LAGA für einen Zeitraum von mindestens 191 Jahren zu erwarten. Die in Bentomat LAGA eingetragenen Schubspannungen, in Abhängigkeit von der Böschungsneigung und Bodenauflast, dürfen 20 kN/m² nicht überschreiten.

Kurzzeit – Scherfestigkeit

Für den Nachweis der inneren Scherfestigkeit innerhalb der produktionsfrischen Tondichtungsbahn Bentomat LAGA gilt bis zu einer Normalspannung von 60 kPa und Temperaturen bis 40 °C als Laborwert ohne Berücksichtigung der Adhäsion ein Ersatz-Reibungswinkel von $\varphi_k = 43^\circ$. Bei einer Abminderung um 30 % wegen Entschlaufungsvorgängen, ergibt sich ein Ersatzreibungswinkel $\varphi_k = \arctan(\tan 43^\circ / 1,3) = 35,6^\circ$.

Der Rechenwert im Sinne eines charakteristischen Wertes des Ersatzreibungswinkels beträgt $\text{cal } \varphi_k = \arctan((\tan 35,6^\circ) / 1,1) = 33^\circ$ mit $\gamma = 1,1$ nach EAU [16].

Kurzzeitfestigkeit der Verbundfasern

Die ungünstigste Kurzzeitfestigkeit der Verbundfaser in Abhängigkeit von der Vernadelungsdichte ergibt sich bei Bentomat LAGA mit Ermittlung der theoretisch übertragbaren Schubspannung:

- Charakteristischer Wert:

Faserfeinheit:	8,9 dtex
Faserfestigkeit:	32 cN/tex (3,2 cN/dtex)
Anzahl der Fasern:	$3,2 \times 10^6$
Übertragbare Kraft pro Faser:	$K_F = 8,9 \cdot 3,2 \cdot 10^{-6} = 28,5 \text{ cN}$
Übertragbare Schubkraft T_{KF} :	$T_{KF} = 28,5 \cdot 3,2 \cdot 10^6 = 912 \text{ kPa}$

- Bemessungswert:

Der Bemessungswert der maximal übertragbaren Schubspannung beträgt:

$$\begin{aligned} \text{calt} &= (\tau_{KF} \cdot f_{VB} \cdot f_{\ddot{U}}/A_i)/\gamma_m \\ &= (912 \cdot 0,70 \cdot 0,92) / (4 \cdot 1,0 \cdot 1,75) \\ &= 84 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

mit

τ_{KF} = rechnerisch übertragbare Schubspannung

f_{VB} = Verbundfaktor zur Berücksichtigung einer nur partiellen Auslastung der Verbundfasern/-fäden, $f_{VB} = 0,7$ (vernadeltes Produkt). Die hohe Verbundfestigkeit von Bentomat LAGA auch im gequollenen Zustand ist nachgewiesen worden.

$f_{\ddot{U}}$ = Abminderung für nicht oder nur partiell bei der Schubkraftübertragung mitwirkende Überlappungsbereiche in Abhängigkeit von der Überlappungsbreite und Fläche der verlegten Bahn, hier: $f_{\ddot{U}} = 0,92$ (wegen Überlappungsflächen)

A = Produkt A_i , $i = 1$ bis 5 nach EBGE0 [14]

A_1 bis A_3 ist für Bentomat LAGA nicht maßgebend

A_4 = Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung von Kriechverformung, Entschlaufung

$A_4 = 4,0$ (Kriechverhalten von PP und hohe Verbundfestigkeit)

A_5 = Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung von Umgebungseinflüssen $A_5 = 1,0$

γ_m = Teilsicherungsbeiwert $\gamma_m = 1,75$ (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 der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) nach RPG [15] nachgewiesen.
- Der Durchschlagwiderstand ist nachgewiesen, es sind keine Schäden festgestellt worden.
- Nach dem Prüfbericht der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) über die Erosionsfähigkeit (es wurde nahezu kein Bodendurchgang festgestellt) ist ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert ($i = 500$, Probenhöhe 1 cm) von $k = 5 \cdot 10^{-11}$ m/s nach dem Turbulenztest gemessen worden.

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]

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

Der Bemessungswert der unter Berücksichtigung von Materialstreuungen sowie der Einwirkungen während des Einbaus und der anschließenden Exposition für die nach [4] maßgebende Haltbarkeitsdauer anzunehmende 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 vorläufig $A_2 = 6,0$.

Erste Ergebnisse der Durchlässigkeitsversuche der ICP, Karlsruhe von Bentomat LAGA mit CaCl_2 -Lösung haben keine Zunahme bei der Durchlässigkeit ergeben.

ψ_k charakteristische Permittivität der produktfrischen Bentonitmatte Bentomat LAGA als 95% - Fraktilwert aus der statischen Auswertung der Produktüberwachung (siehe 1.4).

$$\psi_k = 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/s}$$

$$\text{cal}\psi = 1,05 \cdot 6,0 \cdot 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ 1/s} = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ 1/s}$$

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

Der Abminderungsfaktor $A_2 = 6,0$ gilt bis zu einer tatsächlichen Salzbelastung der Bodenlösung des Rekultivierungsbodens und der Entwässerungsschicht von $0,005 \text{ mol/l}$ (\cong 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.

Der labortechnische Nachweis der ausreichenden Permittivität nach den Bentonitmattengrundsätzen [3] Nr. 2.1.3 b) liegt noch nicht vor. Gemäß Felduntersuchungen mit dem Produkt besitzt die Bentonitmatte Bentomat LAGA jedoch eine ausreichende Dichtigkeit.

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

2.2.4 Durchwurzelungs- und Austrocknungssicherheit (Schutzmaßnahmen)

Die Wirksamkeit von Bentomat LAGA 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) auszustellen. Im QM – Plan sind die in Anhang 1 genannten Punkte zu berücksichtigen.

3.2 Probefeld

Vor Ausführung der Baumaßnahme ist entsprechend den Bestimmungen der DepV [1] und unter Berücksichtigung der GDA-Empfehlung E 3-5 [11] ein Probefeld anzulegen, bei dessen Herstellung die erforderlichen Untersuchungen zum Einbauverfahren von Bentomat LAGA, auch im Zusammenhang mit den anderen Elementen des Abdichtungssystems, vorzunehmen sind (Anhang 1).

3.3 Witterungsvoraussetzungen

Die Witterungsvoraussetzungen müssen eine trockene Verlegung von Bentomat LAGA und ein Bedecken mit der Bodenauflast zulassen. Das Planum muss den Anforderungen nach Anhang 1 entsprechen. Ein Einbau der Rollen muss gemäß Anhang 1 möglich sein. Eingebaute Rollen mit einem Feuchtigkeitsgehalt von $\leq 50\%$ (Wassergehaltsbestimmung nach DIN EN ISO 17892-1) können unter Einhaltung der Angaben gemäß Anhang 1 beschützt werden.

3.4 Beschaffenheit des Dichtungsaufagers / Planum

Das Planum soll aus einem weit gestuften Kies-Sand-Gemisch oder feineren Böden (Ausgleichsschicht siehe 2.1.4) 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 Bentomat LAGA gemäß freigegebenem 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. Ggf. sind hierbei auch die, sich aus den Untersuchungen im Probefeld ergebenden, zusätzlichen Anforderungen zu berücksichtigen.

Die Verlegung der Tondichtungsbahn ist im Rahmen der abfallrechtlichen erforderlichen Eigenprüfung, Fremdprüfung und Überwachung entsprechend Anhang 1 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 Probefeld ein Nachweis zu erbringen, dass die Tondichtungsbahn unter Verkehrsbelastung nicht geschädigt wird.

5 Technische Bezugsdokumente

- [1] DepV - Deponieverordnung (2009):
Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I S. 1533)
- [2] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ (2005):
Allgemeine Grundsätze für die Eignungsbeurteilung von Abdichtungskomponenten der Deponieoberflächenabdichtungssysteme.
- [3] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ (2007):
Grundsätze für die Eignungsbeurteilung von geosynthetischen Tondichtungsbahnen als mineralische Dichtung in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien „Bentonitmattengrundsätze“
- [4] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“
Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 4-1 „Trag- und Ausgleichschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 04.12.2014

- [5] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“
Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-5 „Oberflächenabdichtungskomponenten aus geosynthetischen Tondichtungsbahnen“ vom 12.06.2018
- [6] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“
Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-1 „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 02.12.2020
- [7] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e. V. (August 2015):
Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“ GDA E 2-7:
Gleitsicherheit der Abdichtungssysteme
- [8] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e. V. (Mai 2015):
Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“ GDA E 2-20:
Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen
- [9] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e. V. (Januar 2010):
Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“ GDA E 2-32:
Gestaltung des Bewuchses auf Abfalldeponie
- [10] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e. V. (April 2010):
Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“ GDA E 2-36:
Oberflächenabdichtungssysteme mit geosynthetischen Tondichtungsbahnen
- [11] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e. V. (Oktober 2019):
Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“ GDA E 3-5:
Probefelder für Basis- und Oberflächenabdichtungssysteme
- [12] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e. V. (August 2015):
Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“ GDA E 3-8:
Reibungsverhalten von Geokunststoffen
- [13] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e. V. (2002):
Empfehlungen zur Anwendung geosynthetischer Tondichtungsbahnen EAG-GTD,
Ernst & Sohn, 2002
- [14] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e. V. (2010):
Empfehlungen für Bewehrungen aus Geokunststoffen, EBGEO, Verlag Ernst und Sohn,
DGGT, 2010
- [15] BAW (1994):
Richtlinie für die Prüfung von Geotextilien im Verkehrswasserbau (RPG),
Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe
- [16] Hafenbautechnische Gesellschaft HTG (2008):
Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen Häfen und
Wasserstraßen“ (EAU)

Normen:

DIN EN ISO 1133-1:2012-03

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

DIN EN ISO 1973:1995-12

Fasern – Bestimmung der Feinheit - Gravimetrisches Verfahren und Schwingungsverfahren

DIN EN ISO 5079: 2021-02

Textilfasern - Bestimmung der Höchstzugkraft und Höchstzugkraftdehnung an einzelnen Fasern

DIN EN ISO 9863-1:2020-04

Geokunststoffe – Bestimmung der Dicke unter festgelegten Drücken – Teil 1: Einzellagen

DIN EN ISO 9864:2005-05

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

DIN EN ISO 10318-1:2018-10

Geokunststoffe - Teil 1: Begriffe

DIN EN ISO 10319:2015-09

Geotextilien – Zugprüfung am breiten Streifen

DIN EN ISO 10320:2019-07

Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Identifikation auf der Baustelle

DIN EN ISO 12960:2020-09

Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Screening-Prüfverfahren zur Bestimmung der Beständigkeit gegenüber sauren und alkalischen Flüssigkeiten

DIN EN ISO 13438:2019-05

Geokunststoffe - Auswahlprüfverfahren zur Bestimmung der Oxidationsbeständigkeit von Geotextilien und geotextilverwandten Produkten (ISO 13438:2018); Deutsche Fassung EN ISO 13438:2018

DIN EN ISO 17892-1:2015-03

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

DIN EN ISO 17892-12:2020-07

Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 12: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen (ISO 17892-12:2018); Deutsche Fassung EN ISO 17892-12:2018

DIN EN ISO 25619-1:2020-04

Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Bestimmung des Druckverhaltens - Teil 1: Eigenschaften des Druckkriechens

DIN EN 12224:2000-11

Geotextiles and geotextile-related products – resistance to weathering

DIN EN 12225: 2021-01

Geokunststoffe - Prüfverfahren zur Bestimmung der mikrobiologischen Beständigkeit durch einen Erdeingravingsversuch; Deutsche Fassung EN 12225:2020

DIN EN 13493:2018-07

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

DIN EN 14196:2016-08

Geokunststoffe – Prüfverfahren zur Bestimmung der flächenbezogenen Masse von geosynthetischen Tondichtungsbahnen

DIN EN 14415:2004-08

Geosynthetische Dichtungsbahnen – Prüfverfahren zur Bestimmung der Beständigkeit gegen Auslaugen.

DIN EN 16416:2013-12

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

DIN 4020:2010-12

Geotechnische Untersuchungen für Bautechnische Zwecke

DIN 18127:2012-09

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte, Proctorversuch

DIN 18132:1995-12

Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens

DIN 18137-1:2010-07

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte, Bestimmung der Scherfestigkeit, Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen

DIN 18200:2018-09

Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte - Werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung

VDG P 69

Bindemittel – Prüfung von Bindetonen

ASTM D 1238:2020

Prüfung der Fließfähigkeit von Thermoplasten mit dem Plastometer

ASTM D 5887:2020

Messung der Indexdurchflußrate durch Proben von Auskleidungen aus gesättigtem geosynthetischem Ton unter Verwendung eines Permeameters mit flexiblen Wänden

ASTM D 5890:2019

Bestimmung der Blähzahl der Tonmineralkomponente von Auskleidungen aus geosynthetischem Ton

ASTM D 6496Ma:2020

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

Anhang 1: Qualitätsmanagement

1 Produktbeschreibung

Bentomat LAGA ist eine geosynthetische Tondichtungsbahn (GTD), bestehend aus einem PP-Träger- und Deckgeotextil und einer Einlage aus natürlichem Natriumbentonit in Granulatform. Der Verbund aller Komponenten wird durch eine vollflächige, schubkraftübertragende Vernadelung des Träger- mit dem Deckgeotextil gewährleistet (Abb. 2). Der 30 cm breite Überlappungsbereich ist auf der Oberseite farbig markiert. Zusätzlich befindet sich auf der Oberseite der Aufdruck der Produktbezeichnung.

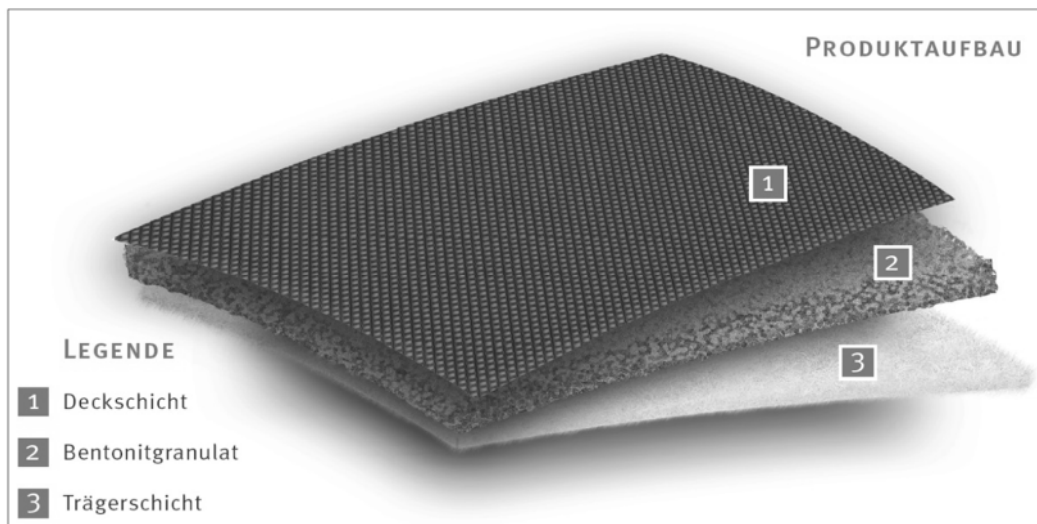


Abb. 1: Schematischer Aufbau von Bentomat LAGA

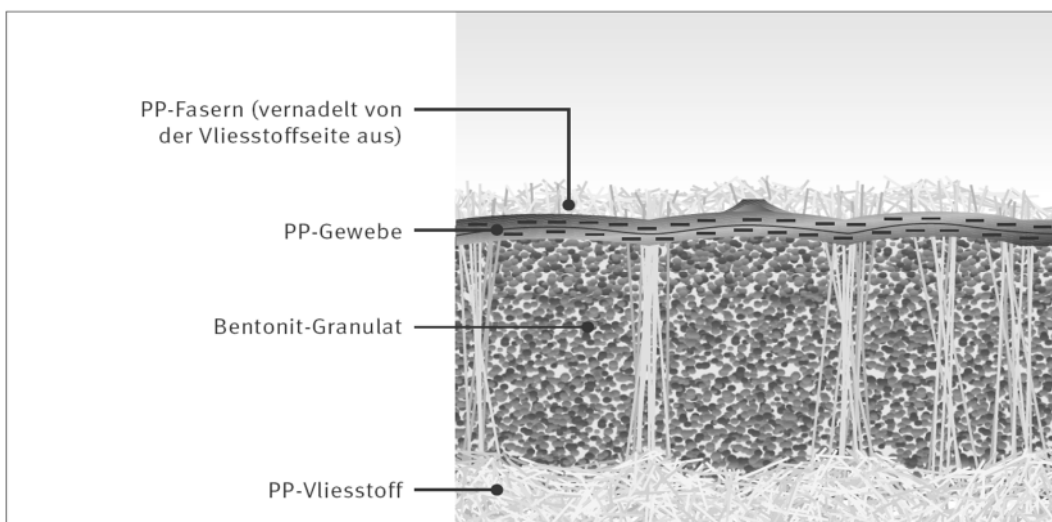


Abb. 2: Querschnitt von Bentomat LAGA

2 Eigenüberwachung (EÜ) und Fremdüberwachung (FÜ)

2.1 Eigenüberwachung (EÜ)

Die Eigenüberwachung (entsprechend der werkseigenen Produktionskontrolle) ist durch CETCO – Poland während der Produktion der Vorprodukte und der Produktion 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 Bentomat LAGA in diesem Halbjahr mindestens einmal produziert wird. Sie besteht aus der Überprüfung der WPK (siehe 2.3) sowie eigenen Stichprobenprüfungen an Bentomat LAGA 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 nachfolgenden Tabellen sind die Eigenschaften, Normen und Kennwerte mit Grenzwerten (GW) und Anzahl der Prüfungen (n) über die Rollenbreite definiert. Wenn $n > 1$, gilt für die Kennwerte und Grenzwerte der Mittelwert aus n Prüfungen, wenn $n = 1$ gilt der Einzelwert.

- EÜ - Eigenüberwachung (EÜ) (entsprechend WPK – werkseigene Produktionskontrolle)
- FÜ - Fremdüberwachung

2.3.1 Vliesstoff als Trägergeotextil (siehe auch 1.3.1)

Eigenschaften	Norm	Kennwert	GW	n	EÜ
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	200 g/m ²	≥ 180 g/m ²	10	alle 5.000 m ² 2 x je Lieferung
Schichtdicke	DIN EN ISO 9863-1	3,0 mm	≥ 2,7 mm	10	alle 5.000 m ² 2 x je Lieferung

2.3.2 Gewebe als Deckgeotextil (siehe auch 1.3.2)

Eigenschaften	Norm	Kennwert	GW	n	EÜ
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	100 g/m ²	≥ 90 g/m ²	10	jede Lieferung
Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: 17 kN/m cmd: 16 kN/m	≥ 15 kN/m ≥ 14 kN/m	5 5	jede Lieferung
Dehnung bei Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	md: 20 % cmd: 18 %	≥ 18 % ≥ 16 %	5 5	jede Lieferung

2.3.3 Bentonit (siehe auch 1.3.3)

Eigenschaften	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. oder 1x je Produktionscharge des Lieferanten	X
Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	≤ 12 %	1	alle 25 to.	X

2.3.4 Tondichtungsbahn (siehe auch 1.4)

Eigenschaften	Norm	Kennwert	GW	n	EÜ	FÜ
Bentoniteinlage bezogen auf einen Wassergehalt von 0 Gew.-%	DIN EN 14196 $\rho_{\text{Ton}, 0\%}$	4500 g/m ²	≥ 4250 g/m ²	5	alle 5.000 m ²	X
Masse pro Flächeneinheit bezogen auf einen Wassergehalt von 0 Gew.-%	DIN EN 14196 $\rho_{\text{GBR-C}}$	4800 g/m ²	≥ 4550 g/m ²	5	alle 5.000 m ²	X
Höchstzugkraft längs/quer*)	DIN EN ISO 10319	md: 10 kN/m cmd: 11 kN/m	≥ 8 kN/m ≥ 9 kN/m	5 5	alle 15.000 m ² alle 15.000 m ²	X X
Dehnung bei Höchstzugkraft längs/quer*)	DIN EN ISO 10319	md: 20 % cmd: 20 %	≥ 10 % ≥ 10 %	5 5	alle 15.000 m ² alle 15.000 m ²	X X
Verbindungs-festigkeit bestimmt als mittlere Schälfestigkeit längs	ASTM D6496Ma	650 N/m	≥ 600 N/m	5	alle 10.000 m ²	X
k-Wert	DIN EN 16416 (i=150, ca. 30 kPa Auflast)	$2,0 \cdot 10^{-11}$ m/s	$\leq 4 \cdot 10^{-11}$ m/s	1	alle 15.000 m ²	X
Permittivität	DIN EN 16416 (i=150, ca. 30 kPa Auflast, d=1 cm)	$2,0 \cdot 10^{-9}$ 1/s	$\leq 4 \cdot 10^{-9}$ 1/s	1	alle 15.000 m ²	X

*) Messung über den Traversenweg zulässig

3 Verlegeanleitung

3.1 Allgemeines

Als geosynthetische Tondichtungsbahn (GTD) bezeichnet man einen sandwichartigen Verbundstoff, bei dem zwischen zwei Lagen Geokunststoffen, der so genannten Deck- und Trägerlage, Bentonit als Dichtungsschicht eingelagert ist. Bei Bentomat LAGA wird ausschließlich Bentonit in granulierter Form verwendet. Die einzelnen Komponenten werden in einem kontrollierten Produktionsprozess mittels mechanischer Vernadelung vollflächig und kraftschlüssig miteinander verbunden. Das vollständige Dichtungssystem beinhaltet neben der Bentomat LAGA - Tondichtungsbahn auch das vorbereitete Planum und die notwendige Überdeckung mit geeigneten Schüttmaterialien. Auf den Bentomat LAGA - Rollen befinden sich Etiketten mit produktspezifischen Informationen.

Den für die Baustelle verantwortlichen und ausführenden Mitarbeitern muss diese Verlegeanleitung in vollständiger Ausfertigung vorliegen. Nur eine sorgfältige und anwendungsgerechte Handhabung und Verlegung von Bentomat LAGA stellen den Erfolg der Baumaßnahme sicher (siehe Punkt 3.6).

3.2 Transport zur Baustelle

Die Lieferung von Bentomat LAGA erfolgt in einzelnen Rollen auf einem stabilen Wickelkern (Durchmesser des Wickelkernes ca. 95 mm). Die Bentomat LAGA - Rollen sind werksseitig in witterungsfeste Schlauchfolie verpackt. Diese ist bei der Anlieferung durch das empfängerseitige Personal auf äußere Beschädigung zu kontrollieren. Geringfügige Schadstellen der Folie können vor Ort mit witterungsfesten Klebestreifen wieder verklebt werden.

Sichtbare Transportbeschädigungen der Bentomat LAGA - Tondichtungsbahn sind auf den Lieferdokumenten des Frachtführers zu vermerken und dem Lieferanten mitzuteilen. Beschädigtes Material darf erst nach Rücksprache mit dem projektbeteiligten Vertriebspartner verwendet oder entsorgt werden. Die Hinweise für Lagerung, Transport auf der Baustelle und Schutz vor Witterung sind auch für beschädigtes Material gültig und einzuhalten.

Die Anlieferung zur Baustelle erfolgt mittels LKW, welcher in der Regel nach oben oder zur Seite entladbar ist. Die Rollen werden auf der trockenen, ebenen und fremdkörperfreien Ladefläche liegend, und je nach Rollenanzahl auch gestapelt, transportiert. Um Ladungsverschiebungen zu vermeiden sind die Rollen im Bedarfsfall noch zusätzlich gesichert. Die handelsüblichen Rollenabmessungen von Bentomat LAGA sind 5 m x 40 m, bei einem Außendurchmesser von ca. 600 mm. Das Rollengewicht beträgt ca. 1.000 kg.

Das für die Verlegung notwendige Bentonit - Granulat wird in Säcken à 25 kg geliefert und muss ebenfalls witterungsgeschützt transportiert und gelagert werden.

3.3 Entladen und Transport auf der Baustelle

Die Entladung der LKWs erfolgt auf der Baustelle mit Kran, Radlader oder Bagger. Der Bereich für

die Entladung sollte zudem eben, befahrbar und ausreichend tragfähig sein (Eigengewicht Bentomat LAGA mit Hebegerät). Um unnötige Beschädigungen der Matte zu vermeiden, ist eine der nachfolgenden Möglichkeiten zur Entladung zu wählen:

Entladung mit Traverse

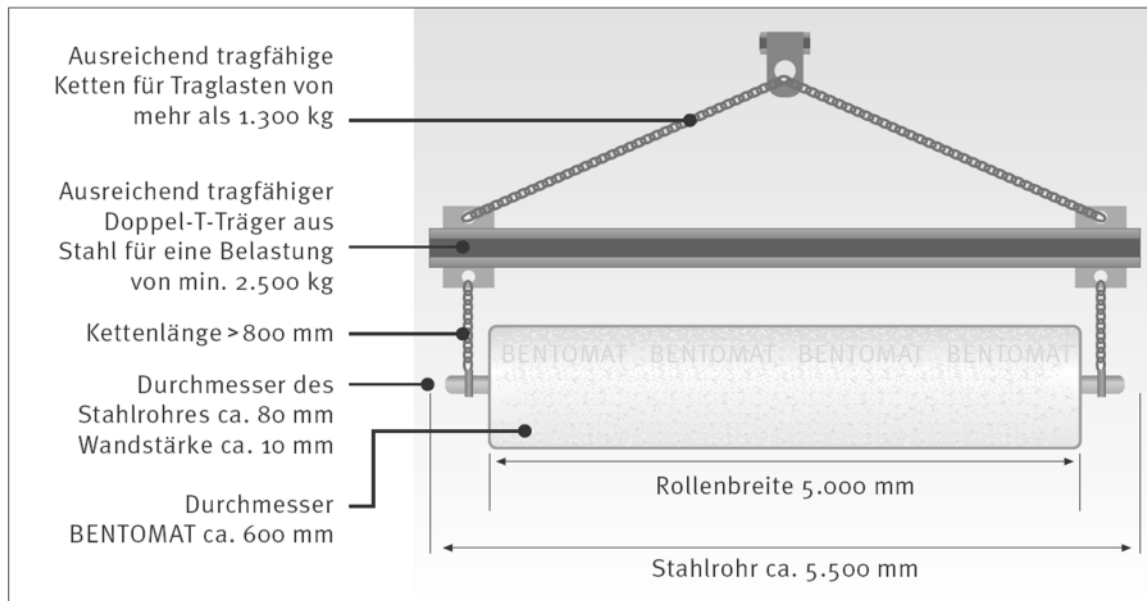


Abb. 3: Schemazeichnung einer Traverse

Eine geeignete Traverse (siehe Abb. 1) wird am Hebegerät fachgerecht befestigt. Mittels eines Einschubrohres (Durchmesser max. 80 mm), welches durch den Wickelkern geführt und an den Enden durch Ketten, Gurte oder Seile an die Traverse angehängt wird, kann die Bentomat LAGA - Rolle vom LKW gehoben werden. Die Entladung erfolgt hierbei nach oben.

Entladung mit Gurten

Falls keine geeignete Traverse vorhanden ist, kann Bentomat LAGA auch mit Gurten (Breite ≥ 10 cm) abgeladen werden. Dabei sind mindestens 2 Gurte um die Bentomat LAGA - Rolle zu legen. Als Befestigungspunkt ist jeweils ca. 1/3 der Gesamtbreite von jedem Rollende aus zu wählen. Die Entladung erfolgt dabei schonend nach oben oder zur Seite mittels eines geeigneten Hebegeräts. Bei Bedarf können die Gurte auch werksseitig angebracht werden.

Entladung mit Gabelstapler

Eine weitere Entlademöglichkeit besteht mit einem üblichen Gabelstapler, an dem eine stabile Hebevorrichtung, ein so genannter Dorn, angebracht ist. Hierbei wird der LKW von hinten heraus entladen. Bei dem Gabelstapler ist auf eine ausreichende Hebekraft zu achten.

Bei der Entladung ist generell darauf zu achten, dass die Rollen auf keinen Fall abgeworfen werden. Durch unsachgemäßes Abladen kann Bentomat LAGA erheblich beschädigt werden. Grundsätzlich sind die Rollen beim Entladevorgang auf offene Mängel hin zu untersuchen. Beschädigungen der Verpackung sind unverzüglich zu reparieren.

3.4 Lagerung auf der Baustelle

Die Lagerfläche sollte ausreichend groß dimensioniert sein und ein leichtes Gefälle aufweisen, so dass auftretendes Oberflächenwasser abgeführt wird. Der Boden muss trocken, steinfrei, eben und ausreichend tragfähig sein. Die Entlade- und Transportgeräte sollten auf dem Grund keine nennenswerten Fahrspuren hinterlassen. Der Lagerplatz der Rollen ist vor starker Bodenfeuchtigkeit und auftretendem Grundwasser zu schützen. Die Rollen sind vor Niederschlägen durch Abdecken mit einer wetterfesten Plane oder Schutzfolie zu schützen. Die Lagerflächen sind vor unbefugtem Zutritt von Menschen und Tieren zu sichern.

Die Lagerung von Bentomat LAGA kann pyramidenförmig in maximal 5 Lagen erfolgen. Es ist darauf zu achten, dass die Rollen gerade liegen. Sollten die Rollen gekrümmt liegen, kann später die Traverse nicht mehr in den Wickelkern der Bentomat LAGA – Rolle eingeführt werden.

3.5 Gerätetechnische Ausstattung

In der Regel können die Hebegeräte für das Entladen (ausgenommen Gabelstapler) auch für die Verlegung der Rollen verwendet werden. Man benötigt insbesondere eine Traverse (siehe Abb. 1) und ein Einschubrohr, welche für ein Gewicht von > 1.300 kg geeignet sind, ohne sich unter der Last zu verbiegen. Der maximale Durchmesser des Einschubrohres sollte 8 cm sein. Die Ketten, Gurte und Verbindungen der Traverse sollen vor und während der Verlegung immer auf ausreichende Festigkeit überprüft werden.

Für die Verlegung der Rollen werden geländegängige Baugeräte (z.B. Radlader oder Bagger) mit geringem Bodendruck verwendet, die in der Lage sind, die Bentomat LAGA - Rollen zu heben und sanft und präzise abzusetzen. Vorteilhaft sind Hebegeräte mit hydraulischem Verlängerungsarm oder Kräne, welche einen großen Wirkungsradius ohne Fahrzeugbewegung ermöglichen.

Für die Verlegung ist es weiterhin notwendig, Bentomat LAGA auf der Baustelle zu schneiden. Hierzu benötigt man ein scharfes Messer mit einer glatten Klinge (z.B. Teppichmesser) oder ein Elektromesser. Um das Bentonit - Granulat gleichmäßig und zügig im Überlappungsbereich einzubringen, ist eine Gießkanne, Eimer oder ein Linienmarkierungsstreuer zu empfehlen. Um Bentomat LAGA vor auftretenden Niederschlägen schützen zu können, sollte am Ort der Verlegung stets eine ausreichend groß dimensionierte Abdeckplane vorgehalten werden, welche bei Bedarf über die verlegte und noch nicht überschüttete Fläche ausgebreitet wird.

Sonstige Utensilien, wie Maßband, Kellen, Schaufeln, Schubkarren, Besen, Messer usw. sollten üblicherweise verfügbar sein. Die ausreichende Versorgung mit Strom und Wasser am Einbauort ist zu gewährleisten.

3.6 Qualifikation des Einbaupersonals

Die Verlegung von Bentomat LAGA darf nur von Personal durchgeführt werden, welches nachweislich über den Inhalt dieser Verlegeanleitung eingewiesen wurde und mindestens eine der folgenden Qualifikationen vorweisen kann:

- Mitarbeiter eines Fachbetriebes mit Zulassung nach WHG § 19.I
- Verantwortlicher Vorarbeiter des Verlegepersonals hat bereits Bentonitmatten auf einer Baustelle mit ähnlichem Schwierigkeitsgrad verlegt
- Der vorgesehene Verlegetrupp wurde im Vorfeld durch einen Mitarbeiter des projektbeteiligten Vertriebspartners, oder durch einen vom projektbeteiligten Vertriebspartner autorisierten Fachverleger, eingewiesen.

3.7 Witterungsvoraussetzungen für den Einbau

Für die Verlegung von Bentomat LAGA - Tondichtungsbahnen ist eine trockene Witterung erforderlich. Falls dies nicht gewährleistet werden kann, ist die Verlegung notfalls zu verschieben. Bentomat LAGA - Tondichtungsbahnen können aufgrund einer vorzeitigen Hydrierung (Sättigung mit Wasser) bei der Verlegung oder Beschüttung irreparabel beschädigt werden.

Bentomat LAGA darf nicht verlegt werden bei:

- Niederschlägen wie Regen, Schnee und Hagel
- stehendem Wasser
- Nebel bzw. sehr hoher Luftfeuchtigkeit
- nicht standfestem oder aufgeweichtem Untergrund
- Temperaturen unter 5°C

Nach der Verlegung und in der Zeit bis zur Überdeckung der Bentonitmatte gelten die vorgenannten Bedingungen ohne Einschränkung weiter. Der Wassergehalt der Tondichtungsbahn darf vor dem Überdecken jedoch nicht über 50 % liegen.

3.8 Anforderungen an das Planum

Das Planum soll aus einem weit gestuften Kies-Sand-Gemisch oder feiner Boden bestehen, abgezogen, abgewalzt, ggf. verdichtet und frei von stehendem Oberflächenwasser sein. Es muss frei von scharfen Gegenständen, großen herausragenden Einzelkörnern und Versatzungen (max. 20 mm) sein.

Die Verdichtung des Planums muss so ausreichend sein, dass Verlegefahrzeuge keine Spurrillen > 50 mm erzeugen.

3.9 Verlegung von Bentomat LAGA

Vor der Verlegung ist die Folienverpackung vorsichtig zu entfernen. Dies sollte aus Sicherheitsgründen jedoch erst am Ort der Verlegung geschehen. Der Einsatz von Messern ist dabei möglichst zu vermeiden um Beschädigungen der Matte zu verhindern.

Die Verlegung von Bentomat LAGA erfolgt in der Regel mit der Vliesstofflage nach unten. In Kombination mit einer KDB erfolgt die Verlegung mit der Vliesstofflage nach oben.

Grundsätzlich hat die Verlegung von Bentomat LAGA faltenfrei und in Gefällerrichtung zu erfolgen. Dabei werden die Rollen mittels geeignetem Hebegerät und Traverse auf dem Planum sauber und spannungsfrei ausgerollt. Ein direktes Befahren von Bentomat LAGA ist nicht zulässig. Sollten die für die Verlegung notwendigen Baugeräte auf dem Planum Spurrillen hinterlassen, so sind diese vor der Verlegung der Tondichtungsbahn zu beseitigen.

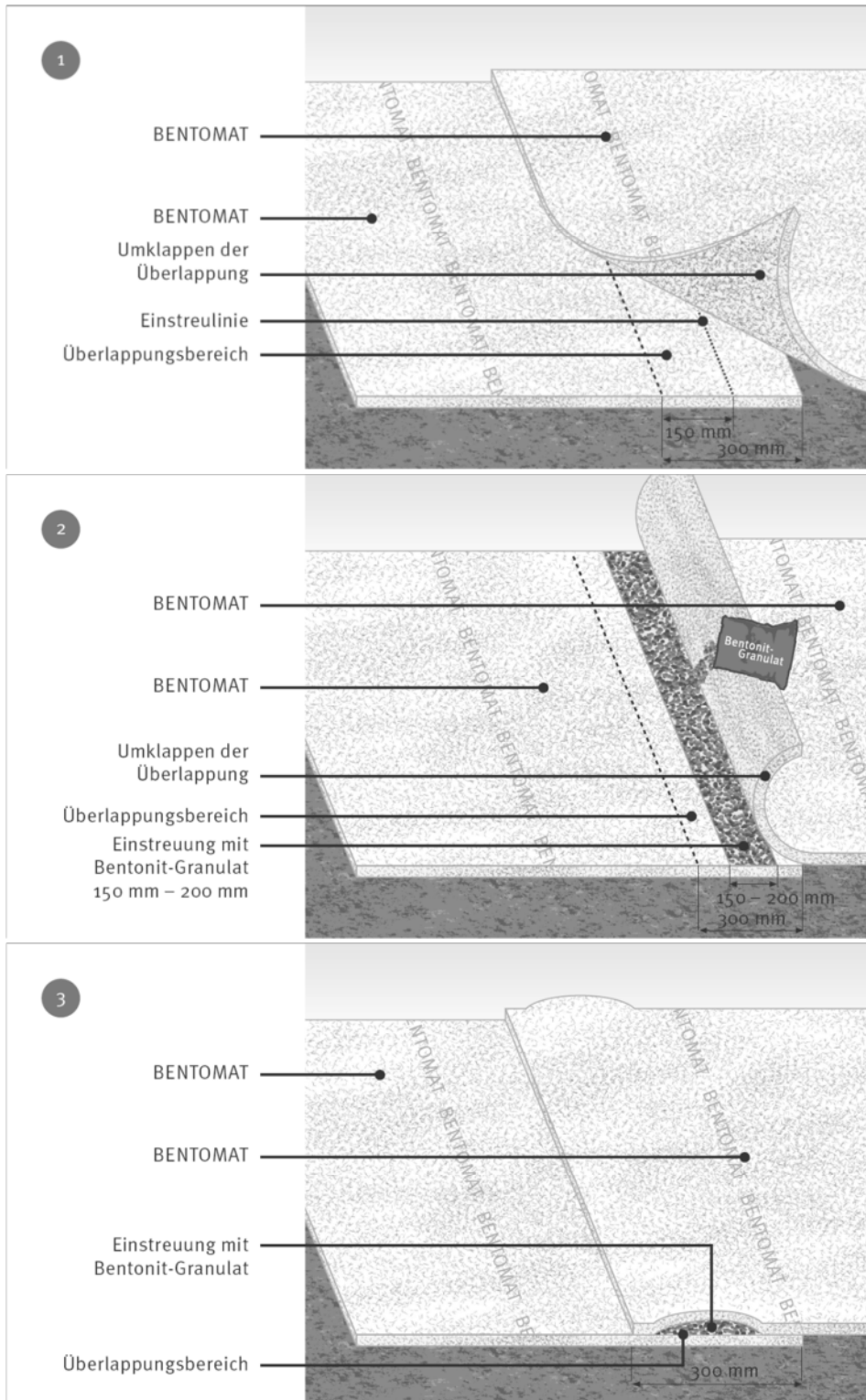
Notwendige Zuschnitte werden mit einem Teppichmesser oder einem Elektromesser ausgeführt. Bahnenzuschnitte sind so auszuführen, dass alle Schichten von Bentomat LAGA glatt durchtrennt werden und ein übermäßiger Verlust an Bentonit - Granulat an den Schnittkanten vermieden wird.

Besonderes Augenmerk ist bei der Verlegung auf die Überlappungen zu richten. Die Funktion des gesamten Abdichtungssystems hängt zwingend von einer sauberen und sorgfältigen Ausführung aller Überlappungsbereiche ab. Die Längsüberlappungen sind in einer Breite von 300 mm herzustellen. Eine Führungslinie für den Überlappungsbereich ist auf Bentomat LAGA in einem Abstand von 300 mm von der Bahnenkante aufgedruckt um eine einwandfrei Überlappung zu erleichtern. Bentomat LAGA muss auch im Überlappungsbereich stets faltenfrei verlegt werden, um einen bestmöglichen Kontakt zu gewährleisten.

Überlappungen vom Ende einer Rolle zum Anfang der nächsten Rolle (Querüberlappungen) sind grundsätzlich schindelförmig auszuführen, d.h., dass vom Böschungskopf kommende Rollenende liegt grundsätzlich über dem Anfang der weiter unten beginnenden Rolle. Handgeschnittene Überlappungsbereiche und Querüberlappungen sollten mindestens 400 mm betragen.

Der Überlappungsbereich darf nicht begangen werden und muss frei von Verunreinigungen sein, um eine einwandfreie Abdichtung sicherzustellen. Das Bentonit - Granulat wird im Überlappungsbereich gleichmäßig, auf der in einem Abstand von 150 mm von der Bahnenkante werksseitig aufgedruckte Einstreulinie aufgetragen. Als Hilfsmittel für die Einstreuung können Eimer, Gießkannen oder Linienmarkierungswagen verwendet werden.

Die Dosierung des Bentonit – Granulats soll 0,5 – 0,6 kg/lfm. betragen. Ein 25 kg Sack Bentonit – Granulat entspricht etwa der Einstreumenge für 45 lfm, die für die Überlappungsbereiche bei der Verlegung einer Rolle Bentomat LAGA (5,00 X 40 m) benötigt wird. Die Einstreuung ist optimal in einer Breite von 150 – 200 mm auszuführen. Die Bentomat LAGA – Bahn muss in diesem Einstreubereich vollständig mit Bentonit – Granulat bedeckt sein. Etwaige Fehlstellen sind umgehend nachzubessern.



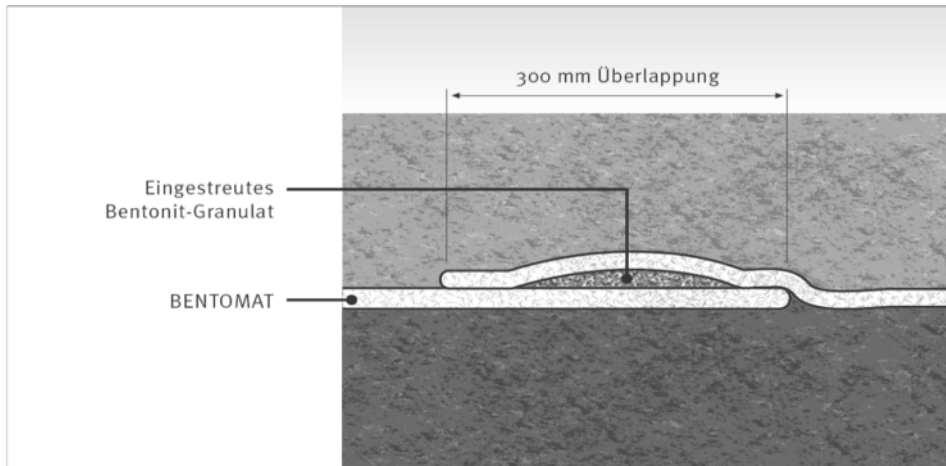


Abb. 4.1 – 4.4: Ausführung Überlappungsbereich

Überlappungen in Tiefpunkten und am Böschungsfuß sind zu vermeiden bzw. 1 m darüber auszuführen. Nach Möglichkeit sind auch T – Stöße und Querüberlappungen im Böschungsbereich zu vermeiden. Kreuzstöße sind nicht zulässig.

3.10 Verlegen an Böschungen

Die Standsicherheit der Bentomat LAGA – Tondichtungsbahn ist beim Einsatz an Böschungen nach den entsprechenden Normen nachzuweisen. Bentomat LAGA ist bei Böschungslängen von ≥ 3 m immer längs in Böschungsfallrichtung zu verlegen. Insbesondere Querüberlappungen die in Böschungsfallrichtung verlaufen sind nach Möglichkeit zu vermeiden. Überlappungen sind grundsätzlich schindelförmig und entsprechend der Vorgaben unter Punkt 3. 9 auszuführen. Aus Gründen der Standsicherheit kann es erforderlich sein Bentomat LAGA an der Böschungsoberkante in einem Graben einzubinden (siehe Punkt 3.11).

3.11 Einbindungen

In Bentomat LAGA dürfen planmäßig keine Zugkräfte eingeleitet werden. Einbindegräben sind für Bentomat LAGA dank der guten Verbundreibung gegenüber dem Untergrund nicht unbedingt notwendig. Eventuell können je nach Bauwerksgeometrie und -beschaffenheit aber auch Einbindegräben für den Einbau erforderlich sein (siehe Abb. 3). Die Dimensionierung des Einbindegrabens ist an die Projektgegebenheiten anzupassen. Typische Abmessungen des Einbindegrabens können der Abbildung 3 entnommen werden.

Die Böschungsoberkante und die Grabenkanten müssen abgerundet sein, um scharfe Kanten zu vermeiden, welche die Bentonitmatte punktuell belasten könnten. Der Einbindegraben ist vor der Verlegung zu verdichten. Grundsätzlich darf vom Einbindegraben und seiner Zusammensetzung kein Risiko einer Beschädigung der Tondichtungsbahn ausgehen. Die Bentonitmatte muss den Boden des Einbindegrabens vollständig bedecken, jedoch nicht die hintere Grabenwand. Projektbezogen kann es auch genügen, Bentomat LAGA ca. 100 cm über die Oberkante der Böschung zu verlegen und danach zu beschweren.

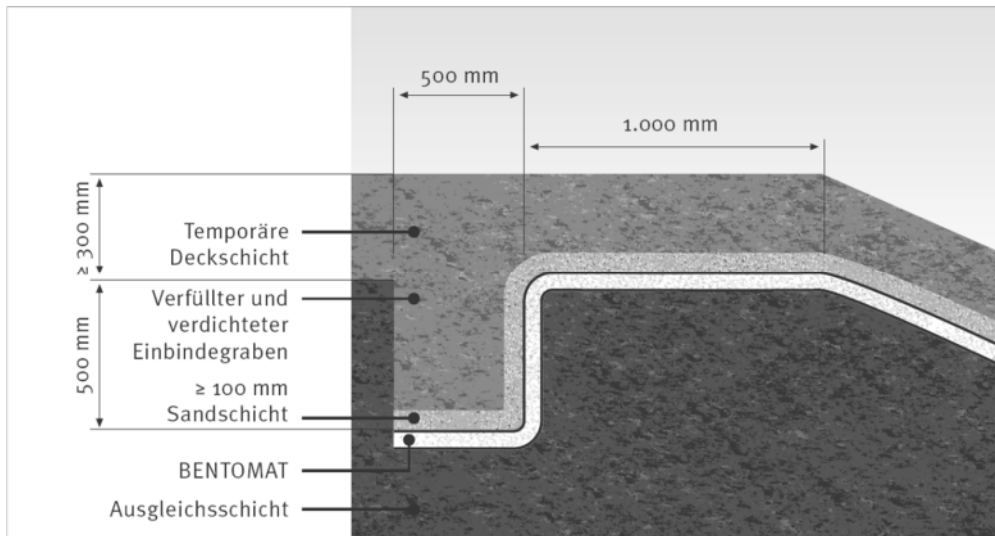


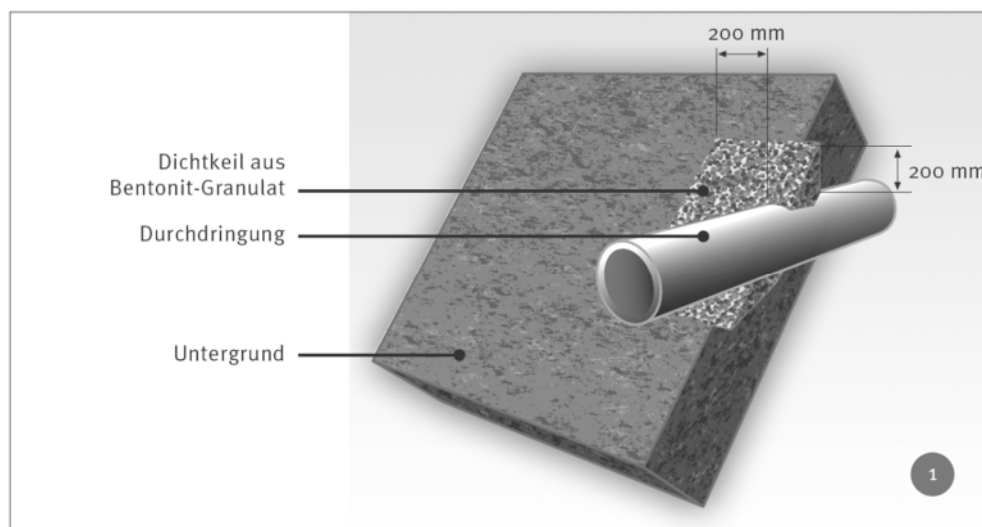
Abb. 5: Schemazeichnung Einbindegraben

3.12 Anschlüsse und Durchdringungen

Rohrdurchführungen und Anschlüsse sind gemäß den Abbildungen 4 bis 6, und mit besonderer Sorgfalt auszuführen. Beim Anschluss von Bentomat LAGA an ein Bauwerk ist darauf zu achten, dass die Anbindung oberhalb des maximal auftretenden Wasserstandes erfolgt.

Die an Anschlüssen und Durchdringungen entstehenden Überlappungen, mit Zuschnitten und Zulagen, sind grundsätzlich wie unter Punkt 3.9 beschrieben auszuführen.

Andere Bauwerksanbindungen, Bauwerksanschlüsse und Durchdringungen sind im Einzelfall mit dem projektbeteiligten Vertriebspartner abzustimmen.



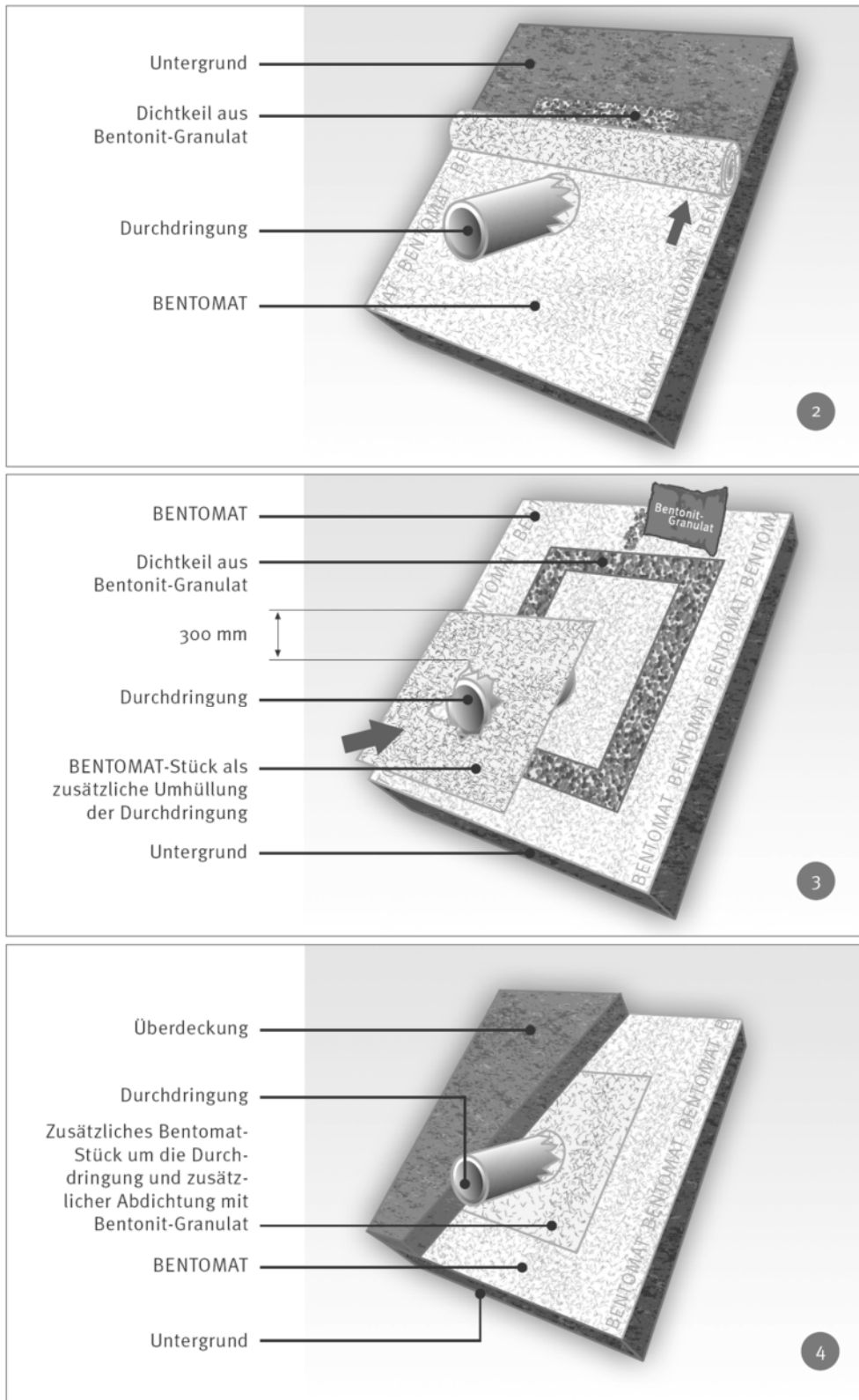


Abb. 6.1 – 6.4: Schemazeichnungen für Ausführung von Durchdringungen

Bei der Ausführung von Durchdringungen ist besonders darauf zu achten, dass vor der Verlegung von Bentomat LAGA rund um die Durchdringung ein Dichtkeil aus Bentonit – Granulat eingebracht wird.

Da Durchdringungen immer Schwachstellen in Dichtungssystemen darstellen, wird in diesem Bereich noch ein zusätzliches Bentomat LAGA – Stück aufgebracht. Der Überlappungsbereich zur darunter liegenden Bahn wird dabei wie unter Punkt 3.9 angegeben ausgeführt.

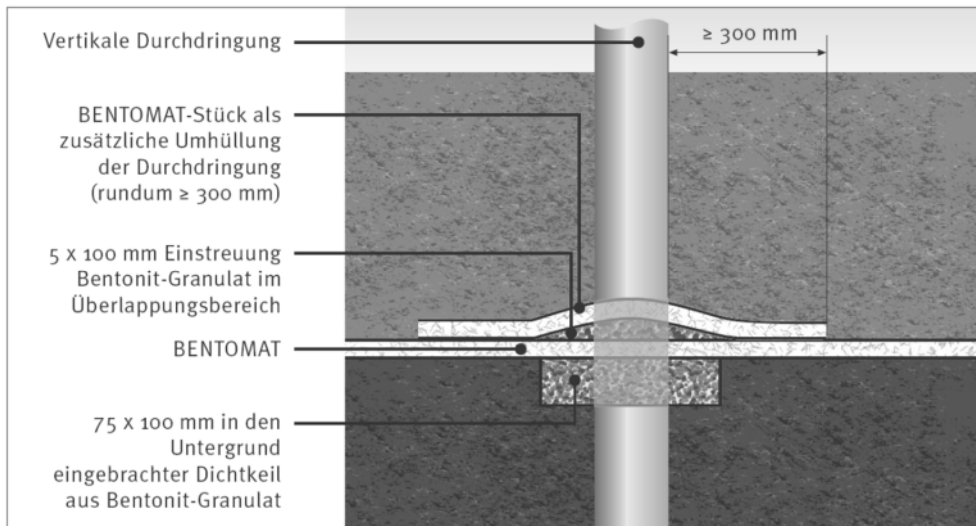


Abb. 7a: Vertikale Durchdringung

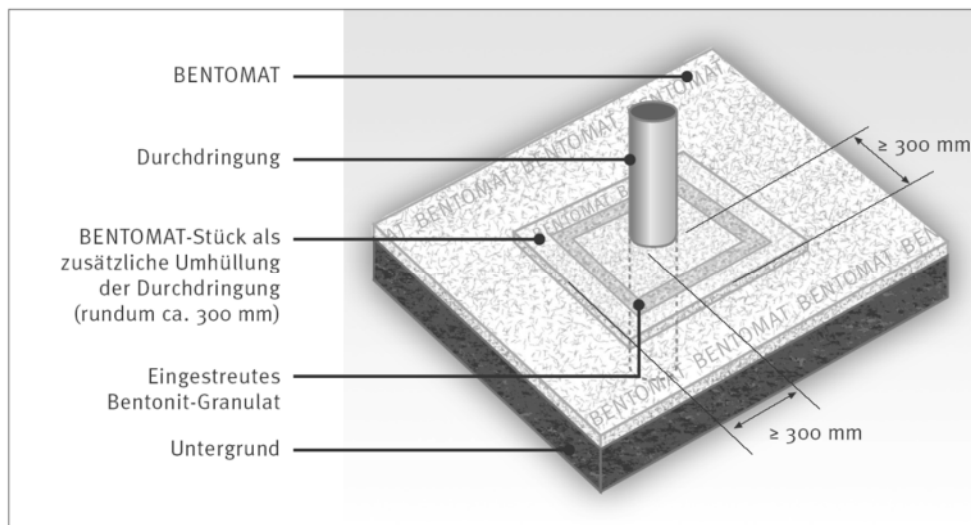


Abb. 7b: Vertikale Durchdringung

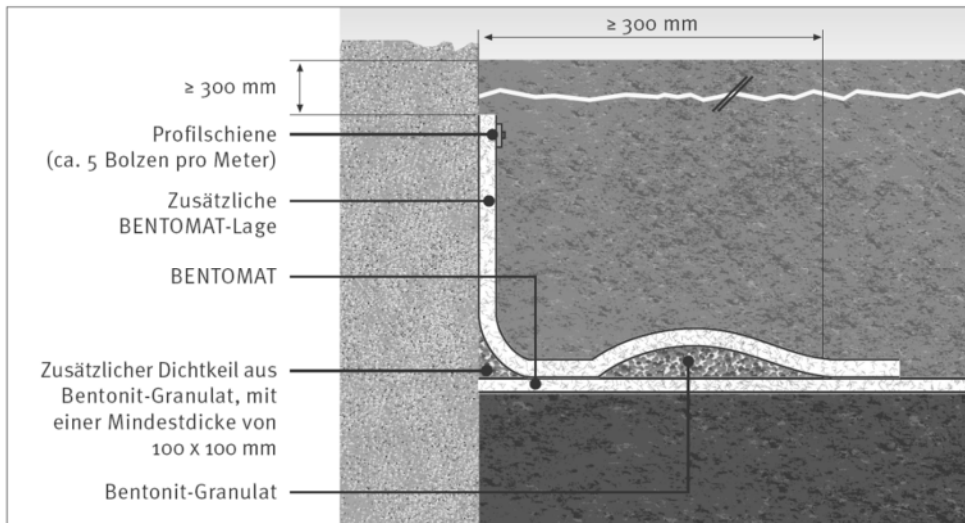


Abb. 8a: Anschluss an Bauteile

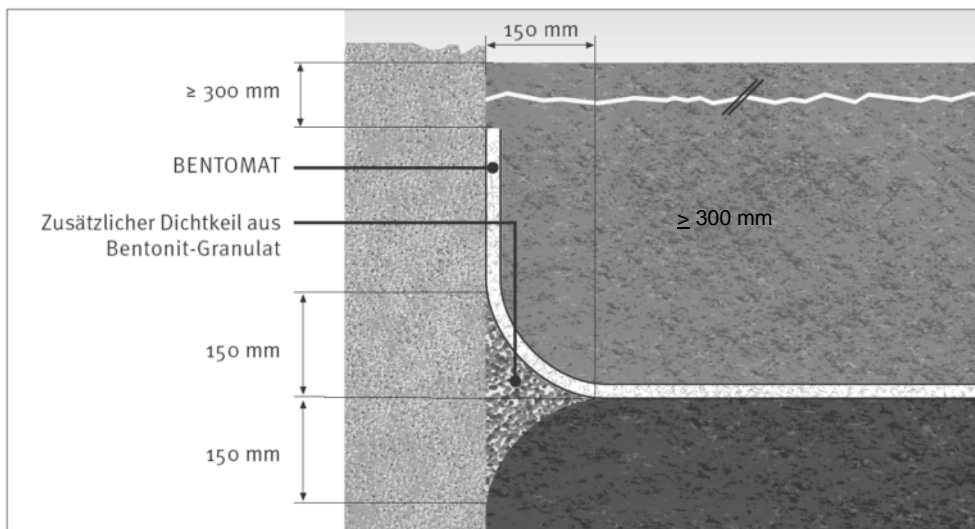


Abb. 8b: Alternativer Anschluss an Bauteile

3.13 Witterungsschutz und Auflast

Die verlegte Matte muss unbedingt vor Niederschlag mit der Entwässerungs- und Abdeckschicht überbaut sein.

Die bereits verlegten Bentomat LAGA - Rollen dürfen nicht direkt befahren werden.

Um ein vorzeitiges Quellen ohne Auflast zu verhindern, ist unverzüglich eine Auflast von mindestens 5 kN/m², 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. Sofern die GTD infolge von Feuchtigkeit Zutritt 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 Fremdprüfer 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.

Beim maschinellen Aufbringen der Auflast dürfen die Überlappungsbereiche nicht beschädigt oder verschoben werden. Sollte dies unvermeidbar sein, so muss die Beschüttung des Überlappungsbereiches in Handarbeit und unter größter Sorgfalt erfolgen. Bereiche von Bauwerksanschlüssen und Durchdringungen sind generell von Hand zu beschüttet.

In Böschungsbereichen darf Bentomat LAGA nur vom Böschungsfuß nach oben überdeckt werden. Ein Beschütten der Matte hangabwärts vom Böschungskopf aus ist nicht zulässig.

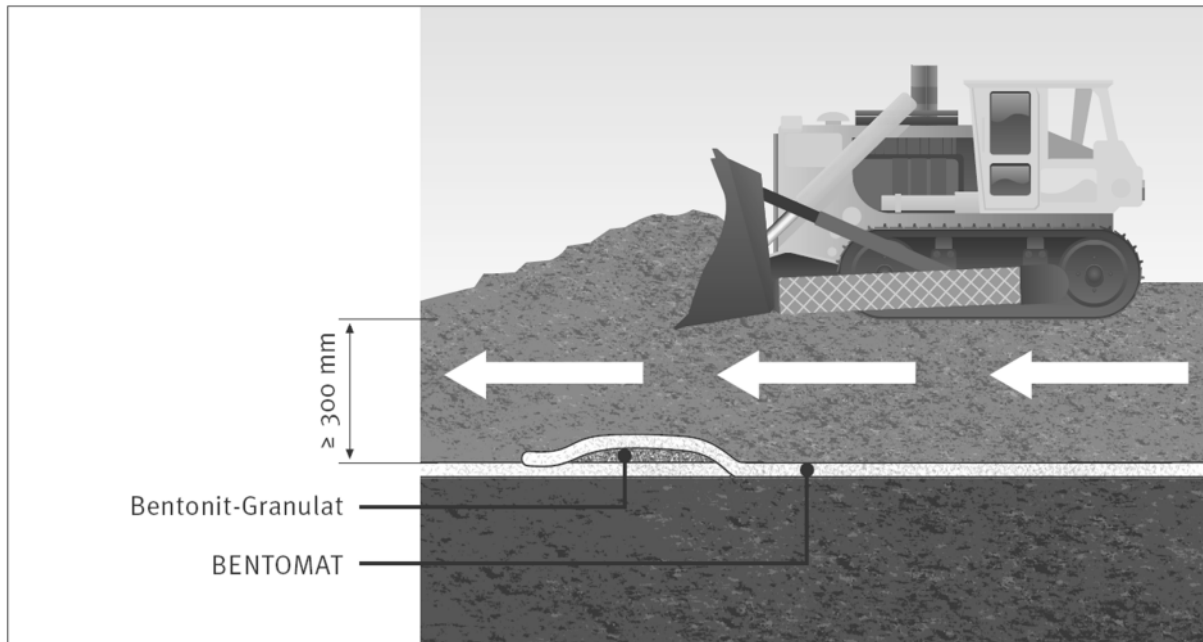


Abb. 9: Überschüttung

Die überschüttete Bentomat LAGA – Tondichtungsbahn darf ausschließlich durch geländegängige Baugeräte wie z.B. Radlader oder Bagger mit geringem Bodendruck befahren werden. Ein Befahren mit LKW oder anderen Fahrzeugen ist nicht zulässig. In Ausnahmefällen kann durch den Einsatz geeigneter Schutzmaßnahmen, wie eine höhere Überdeckung, die Befahrbarkeit sichergestellt werden. Dies kann jedoch nur unter Berücksichtigung der Standsicherheit und der allgemeinen geotechnischen Regelwerke erfolgen. Eine Beschädigung des Dichtungssystems ist aber in jedem Fall auszuschließen.

Sollten die Arbeiten unterbrochen werden, so muss die bereits ausgelegte Bentomat LAGA - Tondichtungsbahn vor der Witterung geschützt werden (z.B. mit einer Folie). Gleiches gilt bei unbeständiger Wetterlage. Grundsätzlich sollte die Tondichtungsbahn unverzüglich (mindestens arbeitsfähig) überdeckt werden.

3.14 Reparaturen

Flächenbereich

- a) Die Schadstelle ist freizulegen und zu säubern.
- b) Die Schadstelle ist in einem Abstand von 50 cm mit Bentonit - Granulat in einer Breite von ca. 150 mm gleichmäßig abzustreuen.
- c) Auf die abgestreute Fläche ist ein Stück Bentomat LAGA, welches rundum mindestens 300 mm größer als der abgestreuten Bereich ist, aufzulegen und anzudrücken.
- d) Die ausgebesserte Fläche ist umgehend zu überdecken. Dabei ist darauf zu achten, dass sich das Reparaturstück nicht verschiebt.

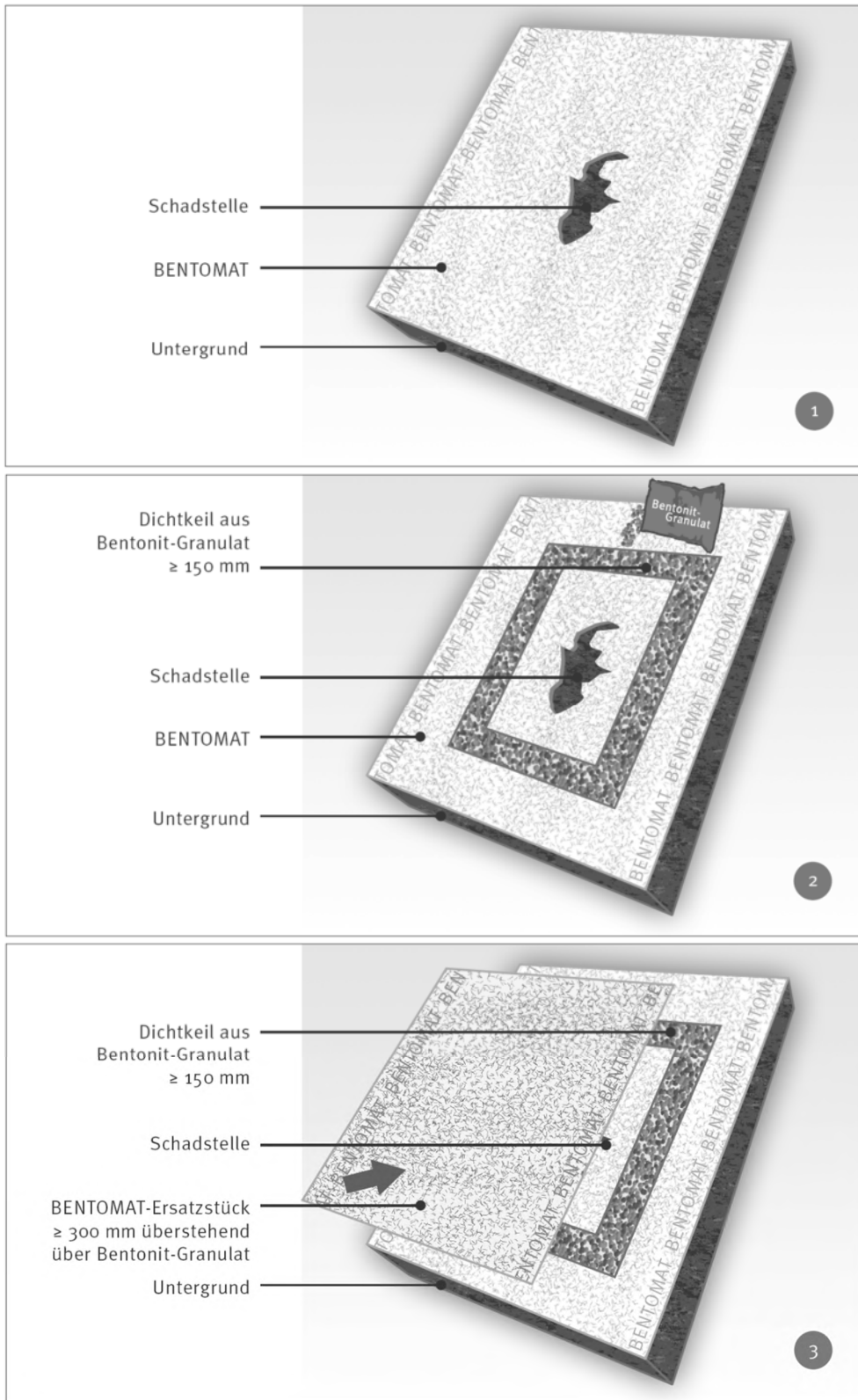


Abb. 10.1 – 10.2: Reparatur von Schadstellen

Überlappungsbereich

Nach Klärung der Schadensursache kann, analog zur Reparatur im Flächenbereich, die beschädigte Stelle mit Bentonit - Granulat in einem ca. 150 mm breiten Streifen eingestreut und anschließend mit einem Stück Bentomat LAGA überdeckt werden. Falls eine Verschiebung eingetreten ist, besteht die Möglichkeit eine kraftschlüssige Verbindung herzustellen. Hier eignen sich besonders doppelseitiges Klettklebeband, bauseitiges Vernähen, eine punktuelle thermische Fixierung.

3.15 Einbau in einer Kombinationsdichtung unter einer Kunststoffdichtungsbahn (KDB)

Vor der Verlegung der Kunststoffdichtungsbahn ist die abzudeckende Fläche der Bentomat LAGA auf Schäden bzw. Verschiebungen visuell zu untersuchen und ggf. sind diese zu beheben. Fremdkörper mit einer Körnunggröße von über 4 mm (Mittelkiesfraktion) sind zu entfernen.

Aufgrund des vergleichbaren hohen Scherwiderstandes zwischen einer KDB mit strukturierter Oberfläche und Bentomat LAGA ist das Ausrichten / Verschieben der KDB nach der Verlegung nur bei kleinen Flächen (einige Quadratmeter) per Handkraft möglich. Bei fehlerhafter Verlegung in größeren Flächen ist für ein nochmaliges Auf- und Ausrollen der KDB eine Traverse und geeignetes Hebegerät erforderlich.

Im Normalfall werden Bentomat LAGA und die KDB zeitnah verlegt. Nach dem Verlegen von zwei Bahnen Bentomat LAGA mit der entsprechenden Überlappungsbildung wird die erste KDB – Bahn mittels einer Traverse und nebenherfahrendem Hilfsgerät auf der Böschung ausgerollt. Nach dem Verlegen einer weiteren Bentomat LAGA – Bahn wird dann die nächste KDB – Bahn passend, mit gleicher Gerätschaft aufgebracht und mit der bereits ausgelegten Bahn verschweißt. Auf ebenen Flächen können die Bahnen auch per Hand ausgerollt und ausgerichtet (nur bei Kunststoffdichtungsbahnen mit glatten Oberflächen) werden. In diesem Fall können auch größere Flächen in einem Zug belegt werden. Eine weitere Alternative stellt die Verlegung der KDB mit Hilfe eines Autokranes oder eines Baggers mit einem Teleskoparm. Die verlegten Bahnen dürfen dabei nicht direkt befahren werden. Die Vorgaben der BAM-Zulassung an die Verlegung der KDB sind zu beachten.

Die Herstellung von Schweißnähten der Kunststoffdichtungsbahn im Überlappungsbereich von Bentomat LAGA ist nach Möglichkeit zu vermeiden.

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 Re-kultivierungsschicht resultieren. Sofern die GTD infolge von Feuchtigkeitzutritt ohne Auflast freiquellen 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.

4 Qualitätsmanagement bei der Verlegung von Bentomat LAGA

4.1 Allgemeines

Die Verlegung von Bentomat LAGA 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 - Ü

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 abfallrechtlichen zuständigen Behörde zu treffen.

Die Kontrollen und Prüfungen beziehen sich auf:

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

Die mit der Verlegung von Bentomat LAGA beauftragten Firmen müssen über ausreichende Erfahrungen mit der Verlegung von Tondichtungsbahnen und entsprechend qualifiziertes Personal verfügen. Dies gilt ebenso für die mit der Fremdüberwachung beauftragten Stellen. Der Produkthersteller oder die projektbeteiligten Vertriebspartner sind gehalten, Einweisungen für die Verlegung ihrer Produkte durchzuführen. Diese sind ggf. im Zuge der Herstellung des Probefeldes durchzuführen.

Regelungen über geeignete Qualifikationsnachweise bleiben den abfallrechtlich zuständigen Behörden überlassen.

4.2 Probefeld

Die Anlage des Probefeldes hat nach den Anforderungen der DepV [1] unter Berücksichtigung der GDA-Empfehlung E 3-5 [11] zu erfolgen. Die vorgesehene Größe muss die Ausführung einer ausreichenden Anzahl von Längs- und Querüberlappungen ermöglichen.

Die Verlegung von Bentomat LAGA 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 abfallrechtlichen 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
- Aufbringung 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 Bentomat LAGA 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 Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“ GDA E 3-8 Reibungsverhalten von Geokunststoffen [12] zu beachten.

4.3 Transport, Endladung und Zwischenlagerung

Bei 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 Bentomat LAGA zu identifizieren und im Hinblick auf die Übereinstimmung wesentlicher Eigenschaften mit den besonderen Bestimmungen der Zulassung zu überprüfen.

Eigenschaften	Norm	Kennwert (GW und n siehe 2.3.4)	EP	FP
Lieferidentität anhand der Lieferpapiere und Etiketten	DIN EN 13493		jede Lieferung	jede Lieferung
Masse pro Flächeneinheit bezogen auf einen Wassergehalt von 0 Gew.-%	DIN EN 14196 <i>ρ_{GBR-C}</i>	4.800 g/m ²	-	mind. 1 x je Lieferung, alle 2.500 m ²
Bentoniteinlage bezogen auf einen Wassergehalt 0 Gew.-%	DIN EN 14196, <i>ρ_{TON, 0%}</i>	≥ 4.500 g/m ²		alle 2.500 m ²
Höchstzugkraft längs/quer*)	DIN EN ISO 10319	md: 10 kN/m md: 11 kN/m	-	alle 10.000 m ² alle 10.000 m ²
Dehnung bei Höchstzugkraft längs/quer*)	DIN EN ISO 10319	md: 20 % cmd: 20 %	-	alle 10.000 m ² alle 10.000 m ²
Verbindungs-festigkeit bestimmt als mittlere Schäl-festigkeit längs	ASTM D6496Ma	650 N/m	-	alle 7.500 m ²
Permittivität	DIN EN 16416 (i=150, ca. 30 kPa Auflast)	2,0 · 10 ⁻⁹ 1/s	-	alle 7.500 m ²

*) Messung über den Traversenweg zulässig

4.5 Verlegevoraussetzungen

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

Kriterien	Anforderung
Verlegepläne mit Darstellung des zeitlichen Ablaufs der Arbeiten	Prüfung auf Vollständigkeit
Planumseigenschaften	Einhaltung der Vorgaben aus der Eignungsbeurteilung und dem Probefeld
Böschungslängen und -neigungen	Einhaltung der Vorgaben aus der Deponiezulassung und den Verlegeplänen
Abmessungen von Einbindegräben	Einhaltung der Vorgaben aus der Deponiezulassung
Witterungsbedingungen	Einhaltung der Vorgaben aus der Eignungsbeurteilung und der Verlegeanleitung
Art des Überschüttungsmaterials	Einhaltung der Vorgaben aus der Eignungsbeurteilung und dem Probefeld

Eignungsbeurteilung von Bentomat LAGA zur Herstellung von mineralischen Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien vom 24.03.2009; Fortschreibung vom 18.02.2021	Anhang 1 Seite 24
---	----------------------

4.6 Verlegung

Die Verlegung ist nach der Verlegeanleitung des Herstellers (siehe Anhang 1 Nr. 3), bzw. einer genehmigten Variante der Verlegeanleitung durchzuführen. Die nachfolgenden Kriterien sind während der Verlegung ständig zu kontrollieren. Bei der Verlegung ist daher die ständige Anwesenheit des Fremdprüfers erforderlich.

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

4.7 Abnahme

Die Abnahme des fertigen Dichtungselementes 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, Richtung und Größe der 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.

Anhang 2: Produktkennzeichnung (Muster)



GBR - C Declaration of Performance No.:
WMLOHI480TA0/Bentomat LAGA

Product: **Bentomat LAGA**
Roll no.: **LRPL15--39183**
Lot: **151214**
Date: **15-12-14**
Length: **40 m**
Width: **5 m**
Quantity: **200,00** **SCM**
Gross Mass: **1 327 kg**



Made in EU



DoP No.: WMLOHI480TA0

CETCO Poland, Cetco Sp. z o.o. S.K.A.
Korpele 13A-Strefa, 12-100 Szczecin, Poland
Tel.: +48 89 624 7300; Fax.: +48 89 624 7301; e-mail: biuro@cetco.pl

PN-EN 13492:2004; PN-EN 13493:2005; PN-EN 13361:2004;
PN-EN 13362:2005; PN-EN 15382:2008

Including annexes

PRODUCT NAME: Bentomat LAGA

Geosynthetic Clay Barrier (GBR-C) for use in:

construction of liquid waste disposal sites, transfer stations or secondary containment, solid waste storage and disposal sites, reservoirs, dams and canals, transportation infrastructure

Intended use : Fluid barrier

Declared performance

Essential characteristics	Mean value	Tolerance	Test standard
Tensile strength MD	10.0 kN/m	- 2.0 kN/m	EN ISO 10319
Tensile strength CMD	11.0 kN/m	- 2.0 kN/m	EN ISO 10319
Static puncture resistance	1.3 kN	- 0.2 kN	EN ISO 12236
Water permeability	$5.0 \times 10^{-09} \text{ m}^2/\text{m}^2/\text{s}$	$+0.5 \times 10^{-09} \text{ m}^2/\text{m}^2/\text{s}$	ASTM D 5887
Durability (Annex B)	Predicted to be durable for a minimum of 25 years in natural soils with $4 < \text{pH} < 9$ and soil temperature $< 25^\circ\text{C}$. To be covered within one day after installation.		

Main polymer: PP

Anhang 3: Schutzmaßnahmen gegen schädliche Wasserspannungen in Bentomat LAGA

Sofern der Austrocknungs- und Wurzelschutz der Bentomat LAGA 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 Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-1 [6] und GDA-Empfehlung E 2-32 [9]).

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 der Rekultivierungsschicht $\geq 1,50$ m; je nach örtlich klimatischen und pflanzenstandortspezifischen Gegebenheiten sowie ggf. auch abhängig von der späteren Nutzung können größere Rekultivierungsschichtdicken erforderlich sein (z. B. 2,00 m bei Baumbewuchs).
- 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 Bentomat LAGA in Folge konvektiver Luftströmung ist die unmittelbar auf der Bentomat LAGA aufliegende Entwässerungsschicht in geeigneter Weise auszuführen. Hierfür kommt z. B. eine mindestens 10 cm dicke wasser speichernde Sandschicht (SE, SW, SU nach DIN 18196) in Frage¹.

¹ Für die Sandschicht und ähnliche Ausführungen liegt ein Patent der Jena-Geos GmbH, 07743 Jena vor