

E 2-36 Oberflächenabdichtungssysteme mit geosynthetischen Tondichtungsbahnen

Stand: 11. Januar 2021

1 Allgemeines

Die Empfehlung befasst sich mit geosynthetischen Tondichtungsbahnen (GTD; auch als Bentonitmatten bezeichnet) als Abdichtungskomponente in Oberflächenabdichtungen von Deponien (vgl. E 2-4). Grundsätzliche Anforderungen an geosynthetische Tondichtungsbahnen werden in den Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards 5-0 und 5-5 sowie in den produktspezifischen Eignungsbeurteilungen der LAGA Ad-hoc-AG "Deponietechnik") behandelt.

2 Aufbau geosynthetischer Tondichtungsbahnen

Im Deponiebau kommen industriell gefertigte, dünnsschichtige geosynthetische Tondichtungsbahnen zum Einsatz. Diese mineralischen Dichtungen bestehen als mechanisch erzeugtes Verbundsystem aus einer oder mehreren pulverförmigen oder granulierten Bentonitschichten zwischen zwei oder mehreren miteinander verbundenen Geotextillagen (Bild 2-36.1).

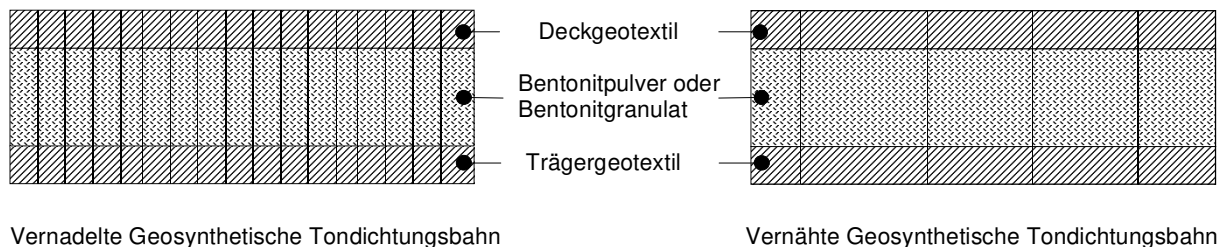


Bild 2-36.1. Aufbau von geosynthetischen Tondichtungsbahnen (EAG-GTD 2002)

Die Verbundstruktur verhindert eine Umverteilung des Bentonits durch äußere mechanische Einwirkungen im Verarbeitungs- und Gebrauchszustand. Die Dicken der Produkte bewegen sich im trockenen Zustand im Bereich von 5 mm bis 10 mm und weisen 4 bis 10 kg Bentonit pro m² auf.

Als Abdichtungsmaterial wird Natrium- oder Calciumbentonit verwendet. Ihre dichtende Eigenschaft erlangen geosynthetische Tondichtungsbahnen durch Hydratation des Bentonits bei Wasserzutritt unter Auflast und unter der Geotextil-Verbundwirkung.

Die Geotextil-Verbundwirkung dient gleichzeitig der langfristig standsicheren Übertragung der Schubkräfte auf Böschungen. Als Geokunststoffkomponenten kommen Vliesstoffe, Gewebe und Vliesstoff-Gewebe-Kombinationen zum Einsatz.

3 Eigenschaften und Wirkungsweise

3.1 Dichtungswirkung bei Ionenaustausch

Mit geosynthetischen Tondichtungsbahnen kann aufgrund des sehr geringen Durchlässigkeitsbeiwertes des gequollenen Bentonits im Vergleich zu mineralischen Dichtungsstoffen eine gleichwertige Dichtungswirkung bei geringerer Schichtdicke erzielt werden.

Die Dichtwirkung geosynthetischer Tondichtungsbahnen ist unmittelbar an den Wasserhaushalt und das feuchte Milieu der Umgebung gebunden. Darüber hinaus ist sie von der Auflast und der Art und Menge des Bentonits abhängig.

Für die Angabe eines gesättigten Durchlässigkeitsbeiwertes k_f müsste die im Versuch gegebene Fließstrecke l bekannt sein, die der Schichtdicke d der gequollenen Tondichtungsbahn entspricht. Da diese an der gequollenen Dichtungsbahn im Versuch nicht hinreichend genau messbar ist, wird für den Nachweis der Abdichtungswirkung geosynthetischer Tondichtungsbahnen die von der Fließstrecke unabhängige Permittivität Ψ (1/s) des Produktes im Labor (Durchlässigkeitsversuch) bestimmt. Die Permittivität ist definiert als das Wasservolumen, das in Abhängigkeit von der Auflast pro Zeiteinheit, Höhendifferenz und Flächeneinheit durch die geosynthetische Tondichtungsbahn hindurchtritt. Sie entspricht dem Quotienten aus Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k und Schichtdicke d .

$$\psi = \frac{V_w}{\Delta t \cdot \Delta h \cdot A} = \frac{k}{d}$$

ψ	Permittivität [1/s]
V_w	Wasservolumen [m^3]
Δt	Messzeitspanne [s]
Δh	Differenz der Standrohrspiegelhöhen [m]
A	Querschnittfläche [m^2]
k	Wasserdurchlässigkeitsbeiwert senkrecht zur Schichtebene [m/s]
d	Schichtdicke [m]

Bei Langzeitanwendungen von Natriumbentonit ist von einem vollständigen Ionenaustausch von Natrium gegen bevorzugt Calciumionen auszugehen. Infolge Ionenaustausch nimmt die Wasserdurchlässigkeit bzw. Permittivität erfahrungsgemäß um eine halbe bis eine Zehnerpotenz zu (EGLOFFSTEIN, 2000). Für Sickerprognosen sind im Einzelfall produktspezifische Nachweise durch herstellerunabhängige Fachleute zu führen.

3.2 Dichtungswirkung bei Trockenstresseinwirkung

Für das Erzielen und Aufrechterhalten der Dichtwirkung von geosynthetischen Tondichtungsbahnen ist grundsätzlich ein Mindestwassergehalt von etwa $w = 100\%$

erforderlich. In der Regel jedoch ist die geosynthetische Tondichtungsbahn in einem Deponieoberflächenabdichtungssystem von Böden umgeben, die sich in teilgesättigten Zuständen befinden bzw. in denen nur zeitweise mit dem Anfall von freiem Wasser zu rechnen ist. In Abhängigkeit von den örtlichen klimatischen Verhältnissen, dem Wasserhaushalt des jeweiligen Dichtungssystems und der Wurzelentwicklung des Bewuchses sind Austrocknungs- und Wiederbefeuchtungsbeanspruchungen zu beachten, die zu wechselnden Wassergehalten im Bentonit führen. Falls parallel zur Trockenstresswirkung Ionenaustauschvorgänge bereits vollzogen wurden, kann es dabei zu Strukturbildungen im Bentonit kommen, die eine irreversible Erhöhung der Permittivität des Produktes bewirken (MELCHIOR, 1999, 2002, 2010).

Ursächlich hierfür ist die Eigenschaft, dass die Wasserabgabe und Wasseraufnahme von Bentoniten einer Hysterese unterliegen, die eine vollständige Rückquellung bis zum ursprünglichen Volumen vor der Schrumpfung verhindert. Einhergehend mit der Wasseraufnahme finden bei der Wiederbefeuchtung nach Austrocknung jedoch eine Plastifizierung des Bentonits und eine Abnahme der Festigkeit statt. In Verbindung mit der Auflast aus überdeckenden Bodenschichten – in der Regel Entwässerungs- und Rekultivierungsschicht – führt diese Replastifizierung zu einer Annäherung der durch Trockenstresseinwirkung entstehenden Rissufer. Dieser Prozess verläuft auflast- und zeitabhängig und führt wieder zu einer Verbesserung der Dichtungswirkung nach Trockenstress (EGLOFFSTEIN, 2000). Labor- und Feldversuche (REUTER 2006, MÜLLER-KIRCHENBAUER 2009) zeigen, dass unter einer Mindestauflast von 20 kPa im Zuge der Wiedervernässung eine erfolgreiche Rückquellung zuvor ausgetrockneter geosynthetischer Tondichtungsbahnen möglich ist.

3.3 Langzeit-Schubkraftübertragung der geotextilen Komponenten

Die auf Deponieböschungen wirkenden hangabwärts gerichteten Schubkräfte müssen über die Geokunststoffkomponenten in die Auflagerschicht abgetragen werden. Eine mittragende Wirkung des Bentonits wird in den geotechnischen Standsicherheitsnachweisen nicht angesetzt. Vor diesem Hintergrund müssen die eingesetzten Geotextilien eine ausreichende Zugfestigkeit über die vorgesehene Nachweisdauer besitzen.

Die in den abfallrechtlichen Verfahren des Deponiebaus üblicherweise anerkannten Zulassungen für Geokunststoffe der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) gehen von einer nachzuweisenden Mindestfunktionsdauer von ≥ 100 Jahren aus. Entsprechende produktspezifische Nachweise zur Langzeit-Schubkraftübertragung der geotextilen Komponenten werden beispielsweise bei der BAM und dem Süddeutschen Kunststoffzentrum durchgeführt. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen den geprüften Produkten bei Böschungsneigungen bis $1:n = 1:3$ mechanische Funktionsdauern von (mindestens) mehreren Jahrhunderten.

4 Planungsgrundsätze

Geosynthetische Tondichtungsbahnen unterscheiden sich in ihren Komponenten und in ihrem Aufbau. Dies wird in den produktspezifischen Eignungsbeurteilungen der LAGA berücksichtigt.

Die Wirksamkeit des vorgesehenen Abdichtungssystems ist für alle Betriebszustände für jedes Bauvorhaben nachzuweisen. Das Abdichtungssystem kann als ausreichend sicher angesehen werden, wenn es die projektspezifischen Anforderungen erfüllt.

Die maßgebenden Mindestanforderungen an die geosynthetischen Tondichtungsbahnen sowie die zu führenden Eignungsnachweise samt Prüfnormen können dem Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard 5-5 und den produktspezifischen Eignungsbeurteilungen der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ entnommen werden.

Beim Entwurf von Deponie-Oberflächenabdichtungssystemen mit geosynthetischen Tondichtungsbahnen muss der Wasserhaushalt des Gesamtsystems zur Bewertung des Einflusses auf die Quell- und Schrumpfeigenschaften des Bentonits objektspezifisch untersucht werden (vgl. E 2-30). Für die Erzielung der gewünschten Abdichtungswirkung ist die Erstquellung der geosynthetischen Ton-Dichtungsbahn mit Wasser unter Auflast erforderlich. Im Bodenwasser gelöste Ionen können die Quellung des Bentonits behindern und die Dichtwirkung der geosynthetischen Tondichtungsbahn gefährden. Die bei der Erstquellung wirksame Konzentration von im Bodenwasser gelösten Ionen darf die im Rahmen der LAGA-Eignungsbeurteilung des jeweiligen Produkts erfolgreich getesteten Maximalkonzentration daher nicht überschreiten. Eingebaute und gequollene Tondichtungsbahnen dürfen nicht so stark austrocknen, dass sie Schrumpfrisse entwickeln. Sie sind daher gegen Wasserabgabe durch kapillaren Aufstieg und gegen Wasserentnahme durch Pflanzenwurzeln zu schützen, indem die Rekultivierungsschicht in Bezug auf die klimatischen Standortbedingungen und den Bewuchs ausreichend dimensioniert (E 2-31) und ggf. mit zusätzlichen wurzelsperrenden Komponenten kombiniert wird. Die Vorgaben der LAGA-Eignungsbeurteilungen zum Schutz vor Austrocknung sind zu beachten. Zusätzliche Schutzmaßnahmen gegen witterungsbedingte Austrocknung, wie sie z.B. bei WITT et al (2004) beschrieben sind, können standortspezifisch erforderlich werden. Mehrjährige Feldmessungen an nicht von Austrocknung und Schrumpfung betroffenen Oberflächenabdichtungssystemen mit 1,0 bis 1,3 m Überdeckung der geosynthetischen Tondichtungsbahn durch Rekultivierungs- und Entwässerungsschichten zeigten jährliche saisonale Durchsickerungen von etwa 5 bis 25 mm/a (RETTIG et al 2005; REUTER 2006; WOLSFELD 2005).

Hinweise zu Entwurf, Bemessung, Ausführung und Einbau sind in den produktspezifischen Eignungsbeurteilungen der LAGA zu finden. Bei der Planung werden demnach Wechselwirkungen mit Rekultivierungsschicht, Entwässerungsschicht, Kunststoffdichtungsbahn, anderen mineralischen Dichtungsschichten und Ausgleichsschicht sowie konstruktive Gestaltung von Details berücksichtigt. Bei der Bemessung wird zwischen Nachweis der Standsicherheit,

mechanische Eigenschaften, Verformungssicherheit, Dichtigkeit, Durchwurzelungs- und Austrocknungssicherheit (Schutzmaßnahmen) unterschieden.

5 Ausführung

Bei Ausführung und Verlegung einer geosynthetischen Tondichtungsbahn sind die produktspezifischen Eignungsbeurteilungen der LAGA und die darin enthaltenen Verlegeanleitungen und Qualitätsmanagementpläne zu beachten. Mögliche Überlappungs- und Durchdringungskonstruktionen sind in der Verlegeanleitung des jeweiligen Herstellers beschrieben und genau zu befolgen.

Die geosynthetische Tondichtungsbahn ist vom Hersteller mit Typenaufdruck und Etikett zu versehen. Für Versand, Transport und Lagerung sind die GTD-Rollen zum Schutz vor Feuchtigkeit in Folie zu verpacken. DIN EN ISO 10320 ist zu beachten. Bei Anlieferung sind der Lieferschein und die Dokumente zur werksseitigen Qualitätsüberwachung auf Vollständigkeit und Übereinstimmung mit der Bestellung zu prüfen. Zwischenlagerflächen auf der Baustelle müssen eben, trocken und frei von Oberflächen- oder Grundwasserzufluss sein. Die zwischengelagerten Rollen sind vor Beschädigung und Vernässung zu schützen.

Die Auflagerfläche muss gemäß den Vorgaben verdichtet, eben und frei von scharfkantigen Gegenständen oder schädlichen Stoffen sein. Kleinere Unebenheiten sind unbedenklich, soweit sie das Maß von 2 cm in der Höhe nicht überschreiten. Als Auflagermaterial sind mit Ausnahme der eng und intermittierend gestuften Kiese (GE, GI) und dementsprechenden Lieferkörnungen alle Bodengruppen nach DIN 18196 geeignet.

Bereits verlegte Bahnen dürfen ohne ausreichende Überschüttung nicht befahren werden. Verlegte Bahnen, die vor dem Überschütten durch Niederschlagseinwirkung gequollen sind, sind auszubauen und durch einwandfreie Bahnen zu ersetzen.

Aufgrund ihrer großen Saugspannung können Bentonitmatten bei Erstquellung ihren maximalen Wassergehalt allein in Kontakt mit erdfeuchten Böden innerhalb von wenigen Wochen erreichen. Ionenreiches Bodenwasser ist dabei zu vermeiden (siehe LAGA). Verlegte Bentonitmatten dürfen nicht frei quellen und sind arbeitstäglich mit einer Auflast von mindestens 5 kN/m², z. B. 30 cm Kies der Entwässerungsschicht, zu überschütten. Innerhalb von 14 Tagen nach Verlegung ist die Auflast auf mindestens 80 cm Boden zu erhöhen. Spätestens nach sechs Monaten muss die Rekultivierungsschicht in ihrer gesamten Mächtigkeit eingebaut sein. Die verlegte Bentonitmatte muss immer vor Frost geschützt sein.

Sofern bei der geosynthetischen Tondichtungsbahn ein Unterschied zwischen Träger- und Deckgeotextil besteht, dürfen Ober- und Unterseite der geosynthetischen Tondichtungsbahn nicht verwechselt werden. Bzgl. der Überlappungsbereiche sind produktspezifische Lösungen in den LAGA-Eignungsbeurteilungen vorgegeben.

Literatur

- BRÄCKER, W. (2009): Ergebnisse der LAGA-Ad-hoc-AG "Deponietechnische Vollzugsfragen", AbfallwirtschaftsFakten 18, Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, April 2009
- DIN EN ISO 10320: 2019-07: Geokunststoffe – Identifikation auf der Baustelle
- DIN 18196: 2011-05: Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- EAG-GTD (2002): Empfehlungen für die Anwendung von geosynthetischen Tondichtungsbahnen (Bentonitmatten). Empfehlungen des Arbeitskreises 5.1 „Kunststoffe in der Geotechnik und für den Wasserbau“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik DGGT. Ernst & Sohn, 2002
- EGLOFFSTEIN, T. (2000): Der Einfluss des Ionenaustausches auf die Dichtwirkung von Bentonitmatten in Oberflächenabdichtungen von Deponien. ICP Eigenverlag, Bauen und Umwelt Band 3, Karlsruhe 2000
- LAGA AD-HOC-AG „DEPONIETECHNIK“ (2018): Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-0 Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten – Übergreifende Anforderungen. Stand 4. Dezember 2014 (www.laga-online.de)
- LAGA AD-HOC-AG „DEPONIETECHNIK“ (2018): Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-5 Oberflächenabdichtungskomponenten aus geosynthetischen Tondichtungsbahnen. Stand 12. Juni 2018 (www.laga-online.de)
- MELCHIOR, S. (1999): Bentonitmatten als Elemente von Oberflächenabdichtungssystemen. In: Süddeutsches Kunststoff-Zentrum (Hrsg.): Die sichere Deponie. 15 Fachtagung 18./19.02.1999 in Würzburg, 34. S.
- MELCHIOR, S. (2002): Field studies and excavations of geosynthetic clay barriers in landfill covers. In: Zanzinger, H. et al. (eds.): Clay geosynthetic barriers. Balkema Publishers, Lisse, Abingdon, Exton, Tokyo. S. 321-330
- MELCHIOR, S., V. SOKOLLEK, K. BERGER, B. VIELHABER & B. STEINERT (2010): Results from 18 Years of In Situ Performance Testing of Landfill Cover Systems in Germany. Journal of Environmental Engineering, 136, 8, 815 – 823
- MÜLLER-KIRCHENBAUER, A., BLÜMEL, W. (2010): Funktionsnachweis für Bentonitmatten in Deponieoberflächenabdichtungen – Physikalische Vorgänge bei der Austrocknung und der Rissbildung dünner Bentonitschichten. Tagungsband der 26. Fachtagung "Die sichere Deponie 2010- Abdichtung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen"

- RETTIG, R.; RAABE, S.; MELCHIOR, S. & STEINERT, B. (2006): Zwischenergebnisse der Versuchsfelder der MEAB zu alternativen Oberflächenabdichtungssystemen auf der Deponie Deetz/Brandenburg. 2. Leipziger Deponiefachtagung 2006
- REUTER, E. (2006): Bentonitmatten als Abdichtungselemente in Oberflächenabdichtungssystemen. Statusworkshop Anforderungen an Oberflächenabdichtungssysteme, Arbeitskreis 6.1 der DGGT, Fachhochschule Lippe und Höxter, 2006
- WITT, K.-J.; ZEH, R.M. & FABIAN, F. (2004): Kapillarschutzschichten für mineralische Dichtungskomponenten in Oberflächenabdichtungen. Müll und Abfall, Heft 11, 2004
- WOLSFELD, N. (2005): Bodenphysikalische Eignung mineralischer Oberflächenabdichtungssysteme für Monodeponien der Stahlindustrie. Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen, Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., Heft 43, 2005

Ansprechpartner/Bearbeiter:

Dr. habil. Stefan Melchior
melchior + wittpohl Ingenieurgesellschaft
Rödingsmarkt 43
20459 Hamburg
e-mail: melchior@mplusw.de

Dr.-Ing. Antje Müller-Kirchenbauer
MKP Müller-Kirchenbauer Ingenieurgesellschaft mbH
Eilveser Hauptstraße 56
31535 Neustadt
e-mail: amk@mkp-ingenieurgesellschaft.de