

Geosynthetische Tondichtungsbahnen

E. Wehrli, dipl. Ing. ETH, Schoellkopf AG, Rümlang

1. Einleitung

Herkömmliche mineralische Abdichtungen können in vielen Fällen durch geosynthetische Tondichtungsbahnen ersetzt werden. Neben einem sorgfältigen Einbau der Tondichtungsbahnen trägt auch eine umsichtige Planung sehr viel zum Erfolg solcherart abgedichteter Tiefbauwerke bei. Nachfolgend werden diejenigen Punkte, die Bauingenieurinnen und Bauingenieure schon bei der Projektierung beachten sollten, einer näheren Betrachtung unterzogen.

Ein bedeutender Unterschied zwischen geosynthetischen Tondichtungsbahnen (GTD) und Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) besteht darin, dass Tondichtungsbahnen erst in Kombination mit einer geeigneten und genügend starken Überschüttung zu einer dichten Schicht werden. Dieser Tatsache muss unbedingt schon im Planungsstadium grosse Beachtung beigemessen werden. So resultieren zum Beispiel aus einer nicht praxismässigen Planung viel zu steile Böschungswinkel, wodurch die Verlegung der Tondichtungsbahn deutlich erschwert wird. Zudem entstehen beim Überschreiten bestimmter Böschungswinkel Probleme, die notwendige Überschüttung überhaupt aufbringen zu können, da der innere Reibungswinkel des verwendeten Schüttmaterials nicht genügend gross ist.

2. Tondichtungsbahnen

Geosynthetische Tondichtungsbahnen, besser bekannt unter der Bezeichnung Bentonitmatten, sind Verbundprodukte aus polymeren (Geotextilien) und mineralischen (Bentonite) Komponenten. Dabei wird zwischen einem Träger- und einem Deckgeotextil die tonige Dichtschicht eingearbeitet (Abbildung 1). Diese besteht überwiegend aus quellfähigem Natrium-Bentonit, natriumaktiviertem Calcium-Bentonit oder Calcium-Bentonit. Damit Schubkräfte aufgenommen werden können, sind die Träger- und Deckschicht miteinander vernadelt oder vernäht.



Abb. 1: Aufbau von geosynthetischen Tondichtungsbahnen (Quelle: EAG-GTD Empfehlungen [1])

Geosynthetische Tondichtungsbahnen werden unterschiedlich gefertigt und mit verschiedenen Oberflächen Ausführungen (Abbildung 2) versehen. Sie können auch mit einem zusätzlichen Wurzelschutz oder mit einer dickeren Abdichtungsfolie (Abbildung 3) versehen werden.

Mit geosynthetischen Tondichtungsbahnen kann im Vergleich zu mineralischen Abdichtungen eine gleichwertige Dichtungswirkung mit viel geringerer Schichtstärke und wesentlich geringerem Einbauaufwand erzielt werden. Vorausgesetzt, dass bei der Planung die Einsatzgrenzen der Tondichtungsbahnen berücksichtigt werden.

Die geosynthetische Tondichtungsbahn ist dabei immer nur ein Bestandteil der Abdichtung und nie die Abdichtung selbst.

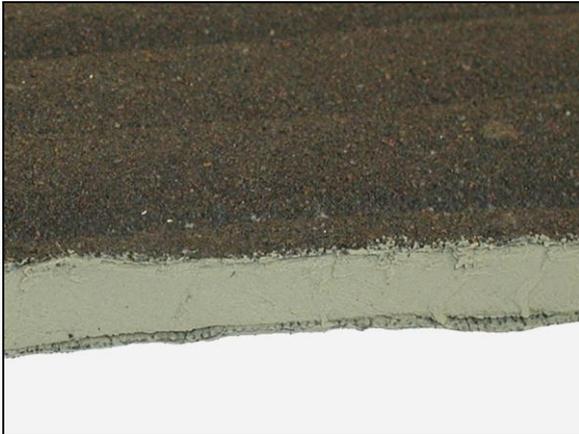


Abb. 2: Sandrau beschichtete Oberflächen
(Schoellkopf AG, NaBento® RL-N)



Abb. 3: Tondichtungsbahn mit HDPE-Folie
(Tonazzi AG, DUALSEAL®)

3. Einsatzbereiche

Geosynthetische Tondichtungsbahnen werden heute vor allem im Deponie-, Wasser- und Verkehrswegebau sowie zur Abdichtung von Gebäuden und Tiefbauwerken eingesetzt.

Bei Deponien werden Tondichtungsbahnen vor allem in Oberflächenabdichtungssystemen eingesetzt. Im Wasserbau werden Becken, Teiche, Dämme und Kanäle damit abgedichtet und im Strassen- und Bahnbau geht es hauptsächlich um Grundwasserschutzmassnahmen oder Rückhaltebecken von Strassenabwasserreinigungsanlagen (SABA). Für diese Anwendungen gibt es die EAG-GTD Empfehlungen [1] und verschiedene Anwendungsnormen [2] bis [7], welche den heutigen Stand der Technik dieser Bauweise darstellen. In den EAG-GTD Empfehlungen werden nicht nur Hinweise für den Entwurf und die Bemessung gemacht, sondern auch Mindestanforderungen an die geosynthetischen Tondichtungsbahnen gestellt. In Deutschland gibt es für Tondichtungsbahnen, die zur Oberflächenabdichtung im Deponiebau eingesetzt werden, zudem noch die sogenannte LAGA-Beurteilung [8], welche entsprechend beurteilte Produkte für den Einsatz zulässt.

Für die Abdichtung von Gebäuden und Tiefbauwerken kommen speziell entwickelte Folien-Tondichtungsbahnen zum Einsatz, welche den Anforderungen nach SIA 272 [9] entsprechen. Diese Anwendung wird im Folgenden nicht weiter behandelt.

4. Planungsgrundsätze

Der Erfolg einer Massnahme mit geosynthetischen Tondichtungsbahnen hängt neben der fachgerechten Ausführung zu einem grossen Teil auch von einer gewissenhaften Projektierung und Planung ab. Dabei müssen folgende Punkte besonders beachtet werden:

- Dichtigkeitsanforderung (hoch/erhöht)
- Geometrie des abzudichtenden Bauwerks
- Zugänglichkeit des Bauwerks (Verlegung)
- Anschlüsse, etwa an Schachtbauwerke, Zu- und Abläufe
- Böschungswinkel
- Untergrundvorbereitung
- Überdeckung (Schüttmaterial, Schichtstärke)
- Feuchtigkeitshaushalt (Trocken-, Nasszyklus)
- Frosteindringtiefe
- Begrünung, Bepflanzung (Wurzeltiefe)
- Besondere Belastungen (schnelle Wasserstandschwankungen, Wellenschlag, mechanische Beanspruchungen im Betriebszustand)

Während die Dichtigkeitsanforderung durch das zu planende Objekt meist gegeben ist, kann bei der Detailplanung hinsichtlich Geometrie, Anschlüsse von Zu- und Abläufen usw. auf die Verlegungsmöglichkeiten von Tondichtungsbahnen Rücksicht genommen werden. Tondichtungsbahnen weisen eine flächenbezogene Masse von 5 bis 6 kg/m² auf und werden in Rollen mit einem Gewicht von rund einer Tonne angeliefert. Das Verlegen kann deshalb nur maschinell erfolgen (Bagger mit einer ausreichenden Tragfähigkeit und Reichweite, sowie einer speziellen Verlegetraverse). Der Untergrund auf den die Tondichtungsbahnen zu liegen kommen, muss eben sein und frei von groben scharfkantigen Steinen und anderen Fremdkörpern. Je unebener der Untergrund ist, umso schwieriger wird es, die Überlappungen sauber und dicht auszuführen.

Bis zu welchen Neigungen Böschungen angelegt werden können, hängt sowohl von der inneren Scherfestigkeit der Tondichtungsbahn und dem inneren Reibungswinkel der Überschüttung, als auch von den Reibungswinkeln der Tondichtungsbahn zum Untergrund, zur Überschüttung oder zu einer direkt darauf liegenden Drainage-, Schutz-, und/oder Wasserspeicher- mat- te ab. Entsprechende Nachweise für die Standsicherheit in den Gleitfugen müssen geführt werden. Dabei sind alle massgebenden Bau- und Betriebszustände zu berücksichtigen. Man denke nur an schnell steigende und sinkende Wasserstände, bei welchen die Stabilität der Überschüttung sowohl unter Auftrieb (Raumgewicht unter Auftrieb) als auch unter dem gesättigten Raumgewicht gesichert sein muss. Zudem ist auch an spezielle Belastungen im Betriebszustand zu denken wie etwa an Wellenschlag oder an direkt, auf die Überdeckung einwirkende mechanische Belastungen.

Um eine dauerhaft hohe Dichtigkeit erreichen zu können, sollte die Tondichtungsbahn weder austrocknen noch gefrieren. Daraus ergeben sich je nach klimatischen Verhältnissen relativ grosse notwendige Überschüttungen, welche auf jeden Fall grösser als die Frosteindringtiefe sein müssen. Um eine vollständige Austrocknung der Tondichtungsbahn vermeiden zu können, ist eine Überdeckung von etwa einem Meter einzurechnen. Tondichtungsbahnen haben ein sogenanntes Selbstheilungsvermögen, um nach einer Trockenperiode Risse durch erneute Wasseraufnahme wieder schliessen zu können. Dieses tritt verzögert auf, so dass zwischenzeitlich mit einer erhöhten Durchlässigkeit zu rechnen ist. Da das Selbstheilungsvermögen bei wiederkehrenden Trocken/Nasszyklen mit der Zeit nachlässt, soll dieses bei der Anforderung nach hoher Dichtigkeit nicht eingeplant werden, d.h., es sind Massnahmen zu treffen, welche das Austrocknen verhindern (Wasserspeicherschicht).

Grosse Überschüttungen schützen die Tondichtungsbahn in den meisten Fällen auch vor Durchwurzlung. Diese wird vor allem dann zum Problem wenn Pflanzen absterben und die verrottenden Wurzeln die Tondichtungsbahn immer mehr mit organischem Material durchsetzen. Insbesondere bei Schilfpflanzen ist besondere Vorsicht geboten. Einige Tondichtungsbahnen sind mit Wurzelschutzfolien versehen, die zwar in der Fläche ihre Bestimmung erfüllen können, jedoch das Problem des Durchwurzeln bei den Stössen (Überlappungen) ungelöst lassen. Entsprechend sollte für eine hohe Dichtigkeitsanforderung die Tondichtungsbahn immer so tief verlegt werden, dass sie für Wurzeln unerreichbar bleibt.

5. Beispiele

Anhand der nachfolgenden Beispiele sollen einige Gedanken verbildlicht werden, die bereits bei der Planung gemacht werden können.

Je kleiner ein Teich (Abbildung 4) ist, umso weniger kommt der Einsatz von Tondichtungsbahnen in Frage. Einerseits wird für die Grösse des Teiches ein überdimensionierter Aushub notwendig, andererseits wird zu viel Wasser in der Überdeckung kapillar weggezogen. Entsprechend sollen kleine Biotope und Gartenteiche konventionell mit Folie abgedichtet werden.

Bei grösseren Biotopen (Abbildung 5) ohne natürlichen Zufluss muss eine hohe Dichtigkeitsanforderung an das Abdichtungssystem gestellt werden. Dies bedeutet, dass die Tondichtungsbahnen in den Flachwasserbereichen, welche gefrieren, und von Pflanzen besiedelt werden können, genügend tief gelegt werden.

Auch muss damit gerechnet werden, dass in längeren Trockenperioden der Wasserstand durch Verdunstung erheblich sinken kann. Auch in diesen, schon bei der Planung zu definierenden Bereichen soll die Tondichtungsbahn so tief liegen, dass ein Austrocknen unwahrscheinlich ist.

Sollen bei Retentionsfilterbecken (Abbildung 6) die Böschungen begrünt werden, ist darauf zu achten, dass diese entweder nicht zu steil sind, oder durch spezielle Massnahmen (Tondichtungsbahnen mit sandrauen Oberflächen, Antigleitbewehrung etc.) gesichert sind.



Abb. 4: Kleine Teiche nie mit Bentonitmatten



Abb. 5: Grössere Biotope



Abb. 6: Retentionsfilterbecken

Hochwasserrückhaltebecken müssen bei unwetterartigen Starkniederschlägen vorübergehend Wasser zurückhalten können (Abbildung 7). Während in den meisten Fällen das Wasser im Untergrund versickern darf müssen die Dämme der Becken vor gefährlichen Sickerströmungen geschützt werden. Es geht also nicht um eine absolute, sondern um eine erhöhte Dichtigkeit, welche durch geosynthetische Tondichtungsbahnen bestens gewährleistet werden kann.



Abb. 7: Hochwasserrückhaltebecken

Fluss- und Hochwasserschutzdämme (Abbildung 8), die bei Hochwasser zu stark durchströmt werden, stellen ein unberechenbares, grosses Risiko dar. Auch hier können die gefährlichen Sickerströmungen durch den Einbau von Tondichtungsbahnen verhindert werden. Wie bei den Hochwasserrückhaltebecken genügt auch hier eine erhöhte Dichtigkeit.



Abb. 8: Fluss- und Hochwasserschutzdämme

Im Deponiebau (Abbildung 9) wird vom Abdichtungssystem sowohl bei der Basis- als auch bei der Oberflächenabdichtung eine hohe bis sehr hohe Dichtigkeit verlangt.

Während für die Basisabdichtung vor allem mineralische Abdichtungen und Kunststoffdichtungsbahnen oder die Kombination dieser beiden Systeme eingesetzt werden, kommen für die Oberflächenabdichtung sehr häufig geosynthetische Tondichtungsbahnen zur Anwendung. Diese müssen unbedingt durch eine genügend mächtige Überdeckung vor Austrocknung, Frost und Durchwurzelung geschützt werden.



Abb. 9: Deponie Oberflächenabdichtung

In den meisten hier gezeigten Beispielen haben geosynthetische Tondichtungsbahnen mit beschichteten, sandrauen Oberflächen (Abbildung 2) entscheidende Vorteile:

- Durch die Beschichtung trocknet die Bentoniteinlage wesentlich langsamer aus, was sich positiv auf die Lebensdauer der Tondichtungsbahn auswirkt.
- Die besandeten, rauen Oberflächen bewirken einen guten Reibungswinkel zwischen der Tondichtungsbahn und dem Untergrund, bzw. der Tondichtungsbahn und der Überschüttung, und führen zu einer dauerhaft erhöhten Scherfestigkeit zu den Kontaktmaterialien und dadurch zu einer verbesserten Standfestigkeit.

- Die Beschichtung bewirkt eine erhöhte Anfangsdichtigkeit, die im Ereignisfall auch nach einer längeren Trockenperiode einen zusätzlichen Schutz darstellt.
- Die Beschichtung schützt die Bentoniteinlage vor innerer Erosion, die selbst bei einer geringen Restströmung auf der Tondichtungsbahn langfristig zu Problemen führen könnte.

6. Schlussbemerkung

Geosynthetische Tondichtungsbahnen fachgerecht geplant und eingebaut stellen in vielen Anwendungen eine technisch gute und kostengünstige Lösung dar. Der fachgerechte, sorgfältige Einbau ist aber nur dann möglich, wenn der Planer die Einsatzgrenzen der Tondichtungsbahnen kennt und die genannten Planungsgrundsätze in der Projektierung berücksichtigt.

Literaturverzeichnis

- [1] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (2002)
Empfehlungen zur Anwendung geosynthetischer Tondichtungsbahnen EAG-GTD, Verlag Ernst und Sohn, 2002
- [2] SN 670 270-NA / EN 13361
Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Rückhaltebecken und Staudämmen erforderlich sind, 2008
- [3] SN 670 271-NA / EN 13362
Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Kanälen erforderlich sind, 2008
- [4] SN 670 272-NA / EN 13491
Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Tunneln und Tiefbauwerken erforderlich sind, 2008
- [5] SN 670 273-NA / EN 13492
Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Deponien, Zwischenlagern und Auffangbecken für flüssige Abfallstoffe erforderlich sind, 2008
- [6] SN 670 274-NA / EN 13493
Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Deponien und Zwischenlagern für feste Abfallstoffe erforderlich sind, 2008
- [7] SN 670 275 / EN 15382
Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung in Verkehrsbauten erforderlich sind, 2010
- [8] LAGA Ad-hoc AG
Eignungsbeurteilung von geosynthetischen Tondichtungsbahnen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien
- [9] SIA 272 (2009)
Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagebau, 2009