

Einführung

Dieses Handbuch gibt Auskunft über Wasserabdichtungssysteme auf Basis der **Firestone EPDM Geomembran**.

Es gibt drei Teile in diesem Dokument. Der erste Teil informiert Sie über die Vorbereitung der Baustelle und die Bodenarbeiten. Auf den ersten Blick erscheinen der Entwurf und die Durchführung eines Teichbaus einfach zu sein. Aus diesem Grund können der Bauunternehmer, der Planer und der Bauherr manchmal unangenehm überrascht werden, wenn nicht alle mit dem Entwurf und der Verlegung verbundenen Bedingungen beachtet wurden.

Für kleinere Vorhaben von beschränkter Größe kann der Entwurf durchaus vom Bauunternehmer oder vom Bauherrn erstellt werden. Weil die Problematik bei größeren Vorhaben oft viel komplizierter ist, muss der Bauunternehmer sich von einem im Wasserbau spezialisierten Ingenieurbüro beraten lassen, wenn er nicht selbst zum Entwurf solcher Vorhaben befähigt ist. Das Ingenieurbüro muss imstande sein, genaue Fragen über die Bodenarbeiten, das Drainieren, den Schutz der Geomembran, usw. zu beantworten.

Bevor mit der Planung des Vorhabens angefangen wird, muss erst eine geologische und geotechnische Prüfung der Baustelle durchgeführt werden, um genaue Auskunft zu bekommen hinsichtlich:

- *Der Bodenbeschaffenheit*
- *Der Anwesenheit von Hohlräumen (Kalkgestein, Kreide, ...)*
- *Der Höhe und der Schwankung des Grundwasserspiegels*
- *Das Vorkommen von Gasen im Boden (Torf, organische Substanzen, ...)*
- *Der Gefahr von Differentialsetzungen (vulkanischer Boden, jüngere Aufschüttungen, ...)*
- *Der Gefahr der internen Erosion (Karstboden, Deponie, ...)*

Auf jeden Fall müssen die Regeln der Bodenmechanik beachtet werden, um die Stabilität des Untergrundes und somit eine langfristige Wasserabdichtung zu gewährleisten.

Im zweiten Teil dieses Handbuches werden die Durchführung und die Details des Firestone Geomembran Abdichtungssystems besprochen. Nachstehende Themen werden behandelt: Vorbereitung des Bodens, Bodenverdichtung, Einbau der Drainagen, Verlegung der Geomembran, Nahtverbindungen und Detaillösungen.

Zum Schluss wird das Handbuch ergänzt mit drei Anlagen:

- *Technische Datenblätter*
- *Liste mit Werkzeugen zum Einbau von Firestone Geomembran*
- *Chemische Beständigkeit der Firestone Geomembran*

Das Firestone Geomembran Abdichtungssystem muss von einem von Firestone genehmigten Unternehmer, gemäß den Firestone Spezifikationen, verlegt werden. Es ist wichtig, dass alle anwendbaren Regulierungen und Normen eingehalten werden.



1 • Entwurf

1.1 Einsatzbereich

Die Empfehlungen in diesem Handbuch gelten besonders für Zierteiche, Bewässerungsanlagen und -kanäle.

Anwendungen, bei denen eine Druckbildung unter der Firestone EPDM Geomembran, z.B. durch Faulgase, die Funktion der Geomembran beeinträchtigen könnte, sowie Arbeiten, bei denen die Geomembran mit aggressiven Substanzen in Berührung kommt, sollten vermieden werden.

1.2 Geomembranwahl

Firestone EPDM Geomembran ist eine Membran aus Synthetik-Kautschuk. Die Bahnen werden im Werk vor dem Vulkanisieren zusammengefügt, um den Nahtstellenbedarf auf der Baustelle so weit als möglich einzuschränken. Die Kautschukfolien werden zusammengelegt und auf 3,30 m lange Kerne gewickelt. Jede Rolle trägt ein Etikett mit der Marke, der Dicke, den Maßen, dem Datum und dem Produktionsansatz, sowie einen Pfeil mit der Abwickelrichtung.

Die Folien haben eine:

- *Dicke (mm) von* : 1,02 - 1,14 - 1,52
- *Breite (m) von* : 3,05 - 6,10 - 7,62 - 9,15 - 12,20 oder 15,25
- *Länge (m) von* : 30,50 - 45,75 oder 61,00

Die 1,02 mm dicke Firestone EPDM Membran wurde speziell für Zierteiche entworfen und ist unter dem Markenname **Firestone Pond Liner™** auf dem Markt. Dank seiner speziellen Zusammensetzung und des Herstellungsverfahrens **ist nur die Firestone Pond Liner™ Membran garantiert für Wasserlebewesen verträglich**, dies gemäß den Untersuchungsergebnisse des Water Research Centre in Großbritannien.

1.3 Standortwahl

Bei der Wahl des Standortes muss man verschiedene Faktoren und Determinanten Rechnung tragen. Die Verantwortung dafür muss spezialisierten Ingenieurbüros überlassen werden, da dies meist besondere Kenntnisse im Bereich der Bodenmechanik voraussetzt.

Nachstehend finden Sie eine Übersicht der zu beachtenden Parameter.

1.3.1 Der Boden

Eine gründliche Prüfung des Bodens ist erforderlich, damit die Bodenstabilität zu jeder Zeit gewährleistet ist. Man muss die Beschaffenheit, die Durchlässigkeit und die Dicke der geologischen Schichten unter der Abdichtung kennen. Die nachstehende Tabelle bietet dem Unternehmer die Möglichkeit, die Risiken besser einzuschätzen.

Bodenbeschaffenheit	Risiko	Lösung
<ul style="list-style-type: none"> Zusammendrückbar (Torf, feiner Sand, ...) 	<ul style="list-style-type: none"> Beträchtliche Gasentwicklung Druckbildung unter der Geomembran (Gas) 	<ul style="list-style-type: none"> Gasdrainage Das Bodengefälle muss angepasst werden, um die Gasdrainage zu erleichtern
<ul style="list-style-type: none"> Lose Aufschüttungen 	<ul style="list-style-type: none"> Setzungen Zu hohe Verdichtung der Aufschüttungen 	<ul style="list-style-type: none"> Entsprechende Verdichtung
<ul style="list-style-type: none"> Enthält organische Substanzen (frühere Zuckerfabrikbecken, Papierwerke) 	<ul style="list-style-type: none"> Gärung Druckbildung durch Gasblasen unter der Geomembran 	<ul style="list-style-type: none"> Gasdrainage
<ul style="list-style-type: none"> Boden mit interner Erosionsgefahr (Mülldeponien, Kalkboden, Gipskreide) 	<ul style="list-style-type: none"> Auflösen des Bodens durch gelagerte Flüssigkeit bei einem Leck Einsturz durch erodierende Wasserströmung 	<ul style="list-style-type: none"> Standort ändern oder eine gute geologische Prüfung, um mögliche Hohlräume zu finden Sonderverdichtung oder doppelte Wasserabdichtung
<ul style="list-style-type: none"> Vulkanischer Boden (weicher Lehm, kompressionsfähiges Löss) 	<ul style="list-style-type: none"> Absorptionsfähigkeit Unterschiedliche Setzung, durch die die Geomembran an den Nahtstellen zerreißt 	<ul style="list-style-type: none"> Zwischenschicht Sonderdrainage und Sonderverdichtung um Detaillösungen herum

1.3.2 Der Grundwasserspiegel

Falls der Grundwasserspiegel über dem Geländespiegel und dem Boden des Vorhabens liegt, kann dies Druck unter dem Geomembransystem bilden. Außerdem kann Luft eingeschlossen werden, die bei ansteigendem Grundwasserspiegel zu Gasdruckbildungen führen kann. Aus diesen Gründen sollte die Höhe des Grundwasserspiegels (Mittel- und Höchstwert) ermittelt werden.

Falls schließlich die Höhe des Grundwasserspiegels über die Höhe der Geomembran ansteigt, besteht die Gefahr des Abhebens der Geomembran und das Gasdrainagesystem kann gestört werden. In diesem Fall sollte ein angepasstes Drainagesystem unter dem Beckenboden eingeplant werden. Die Gestaltung eines solchen Systems muss einem Projektgenieur übertragen werden.

1.4 Die Geometrie der Bauarbeit

1.4.1 Boden

Ein Gefälle von 2% wird empfohlen für:

- *Richtiges Funktionieren des Drainagesystems*
- *Einfaches Reinigen der Baustelle (falls schutzlos)*
- *Positive Bewegungen des Gases*

Dieses Gefälle wird um so wichtiger, je größer die Oberfläche des Beckens ist und es sollte den voraussehbaren Setzungen angepasst sein.

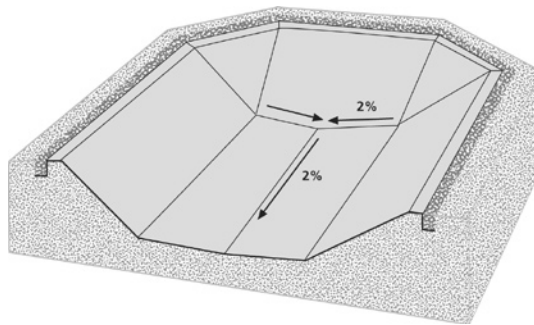


Abb. 1 : Bodengefälle

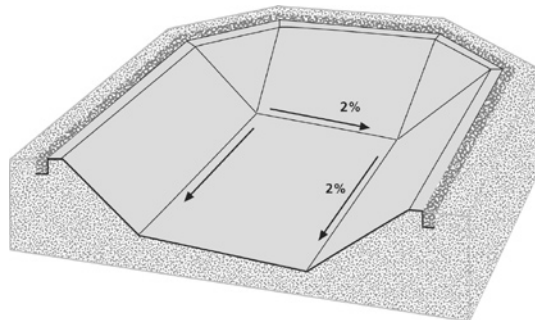


Abb. 2 : Bodengefälle

1.4.2 Böschungsgefälle

Die Böschungsstabilität ist eine geotechnische Frage. Die Anwesenheit von Grundwasser und die Bodenbeschaffenheit spielen bei der Böschungsstabilität eine wichtige Rolle. Die Firestone Geomembran darf nicht verwendet werden, um zur Stabilität der Böschung beizutragen. Hierfür sind gesonderte Systeme erhältlich.

Die Stabilitätsprüfung sollte folgendes einbeziehen:

- *Die Stabilität des Drainagesystems, ebenso wie der anderen Schichten zwischen dem Boden und der Firestone Geomembran*
- *Der Wellenschlag*
- *Die Folgen einer raschen Entleerung*
- *Die Folgen eines Leckes*
- *Die Stabilität einer eventuellen Folienschutzschicht*
- *Eine einfache Folienverlegung*

Falls keine Stabilitätsprüfung durchgeführt wird, muss der Unternehmer ein Mindestgefälle von 2/1 beachten. Wenn die Höhe der Böschung (über der Bodenebene) zwischen 5 und 10 Metern beträgt, so ist eine Böschung von 3/1 geeignet.

Die Werte der nachstehenden Tabelle können als Leitfaden verwendet werden. Diese Werte geben Hinweise zur Planung, gemäß der Bodenbeschaffenheit. Aus den obengenannten Gründen sollten diese Werte mit äußerster Sorgfalt eingehalten werden.

Bodenbeschaffenheit	Gefälle
Tonhaltige Erde	2,5 H/1 V
Sand-tonhaltige Erde	2-3 H/1 V
Sand-kieshaltige Erde	2 H/1 V
Weiches Gestein	1,5 H/1 V

1.4.3 Die Böschungskrone

Die Böschungskrone muss eine Mindestbreite vorweisen von:

- 1,0 m zur Durchführung einer Befestigung
- 3,0 m falls während des Baus oder des Betriebs des Beckens Maschinen oder Fahrzeuge eingesetzt werden

Falls eine solche Breite nicht möglich ist, sollten entsprechende Befestigungsmethoden verwendet werden. Außerdem wird ein leichtes Gefälle von 1% zur Aussenseite des Beckens hin empfohlen.

1.4.4 Höchstlänge des Beckens

Die vom Wind oder durch Bootsfahrt hervorgerufenen Wellen üben auf die Ufer eine Stoßkraft aus. Der Wellenschlag wird um so größer sein, als das Becken in der Hauptwindrichtung länger und das Gefälle der Böschungen größer ist. Man kann daher die Wirkung des Wellenschlags vermindern, indem man:

- Ein Becken mit einer geringeren Oberfläche, aber größeren Tiefe baut
- Eine andere Form wählt, mit einem kürzeren Maß in der Hauptwindrichtung
- Statt eines großen Beckens verschiedene kleineren Becken baut

Gemäß der spezifischen Wellenhöhe, der Unterbodenbeschaffenheit und dem Gefälle der Böschung empfehlen wir:

- Einen dem Gefälle entsprechenden Schutz der Geomembran (mittels Betons, Ripraps, Bodenschicht)
- Eine gute Befestigung der Firestone Geomembran
- Eine gute Befestigung des Unterbodens
- Ein Geotextil unter der Firestone Geomembran

1.4.5 Maximale Füllhöhe

Je höher der Wasserspiegel im Becken, desto höher der hydrostatische Druck. Die Gefahr einer Setzung des Unterbodens und des Zerreißens der Folie erhöht sich. Trotz der erheblichen Reißdehnung der Folie, können im Boden Hohlräume vorhanden sein, die Löcher verursachen, besonders, wenn der Boden Kiesel enthält. Um dieses Risiko zu vermeiden, empfehlen wir, eine dünne Zwischenschicht aus Sand oder Erde und/oder ein Geotextil in die vorbereitete Beckengrube einzubringen.

1.5 Die Vorbereitung des Bodens

1.5.1 Natürlicher Boden

Der Untergrund (die Bodenschicht mit unmittelbarer Berührung zur Folie) muss eine regelmäßige und saubere Oberfläche vorweisen, ohne scharfe Unebenheiten und ohne kleine Hohlräume. Diese Schicht muss auch imstande sein, die Differentialsetzungen des Unterbodens abzufangen und die Verlegung eines Drainagesystems zu vereinfachen.

Der Untergrund kann auf verschiedene Art und Weise angefertigt werden:

- *Beckenboden nach Entfernen des Gesteins, der Wurzeln, Gewächse, usw. einebnen und verdichten*
- *Aufgeschütteten Boden aus kontrollierter Körnung verdichten (Sand, feste Erde, ...)*

Gewächse

Alle Gewächse müssen vor der Verdichtung aus dem Boden entfernt werden, um jegliche Gasbildung und Kompression des Bodens zu vermeiden. Gemäß der Lage empfehlen wir, ein dauerhaftes Herbizid zu verwenden. Das Herbizid darf keine Stoffe enthalten, die das Abdichtungssystem angreifen können.

Verdichtung

Der Untergrund muss optimal verdichtet sein (bis zu einer Densität zwischen 85% und 95% des normalen Proctor Optimum-Werts), entweder durch eine natürliche oder eine mechanische Verdichtung. Die Verdichtung am Böschungsdamm sollte besonders behutsam ausgeführt werden.

(Hinweis : Der Proctor Optimum-Wert entspricht einem Gleichgewichtszustand der Erde zwischen völliger Bodenverdichtung und Bodenquellung.)

Geotextil

Es ist immer vorteilhaft, zwischen Untergrund und Geomembran ein Geotextil zu verlegen. Es ist in jedem Fall erforderlich an Böschungen, wo es oft schwierig ist eine extra Schutzschicht aufzutragen. Gemäß der Bodenart variiert das empfohlene Gewicht des Geotextils zwischen 200 und 500 g/m².

Falls das Geotextil auch als Drainage dienen soll, muss ein drainierendes Geotextil verwendet werden. Bitte fragen Sie den Hersteller des Geotextils.

1.5.2 Harter Untergrund (Beton, behandelter Boden, ...)

Auf hartem Untergrund, wie Beton, muss immer eine Schutzschicht verlegt werden, es sei denn, die Firestone Geomembran wird vollflächig verklebt. Auf einem Bitumenuntergrund (Bitumenbeton, mit einer Bitumenemulsion gefestigter Boden), muss ein Geotextil von mindestens 300 g/m² verwendet werden.

1.5.3 Boden um Betoneinbauten

Die an einem Betongewerk befestigte Firestone Geomembran muss alle durch Bodenbewegungen verursachten Spannungen abfangen. Darum muss die Verdichtung des natürlichen Bodens um solche Gewerke herum besonders sorgfältig durchgeführt werden, um die Setzungen möglichst gering zu halten. Das um ein Gewerk herum aufgeschüttete Material muss bis 95% des normalen Proctor Optimum-Wertes verdichtet werden.

1.6 Drainagesystem

Die Notwendigkeit einer Drainageschicht hängt von den örtlichen Umständen ab. Überall dort, wo Wasser oder Gas eine Gleichgewichtsstörung des Untergrundes hervorrufen können, sollte die Wirkung von Wasser im Boden eingeschränkt werden. Dies kann mittels eines speziellen Drainagesystems oder einer doppelten Abdichtung mit Drainageschicht zwischen zwei Geomembranen erfolgen.

1.6.1 Anwendungskriterien

Falls die Durchlässigkeit des Untergrundes mehr als 10^{-4} m/s beträgt, oder wenn keine Wasser- oder Gasdruckbildung zu befürchten ist, ist keine Drainageschicht erforderlich. Oft aber hilft die Anwesenheit eines Drainagesystems schnell Lecks zu orten.

Eine Wasser/Gasdrainage ist immer erforderlich bei den nachstehenden Umständen:

- *Wenn Wasserströmung unter der Geomembran möglich ist*
- *Böden mit organischen Substanzen (Gasentwicklung)*
- *Tonhaltige Böschungen (Stabilität bei der Entleerung)*
- *Risiko einer Schwankung des Grundwasserspiegels*
- *Nichtbefestigung und Bewegung der Firestone Geomembran (Wind, ...)*
- *Becken mit organischen Substanzen*

Die nachstehende Abbildung gibt einen Überblick über die wichtigsten Gründe der Druckbildung unter einer Geomembran, die mittels eines Wasser- und Gasdrainagesystems vermieden werden können.

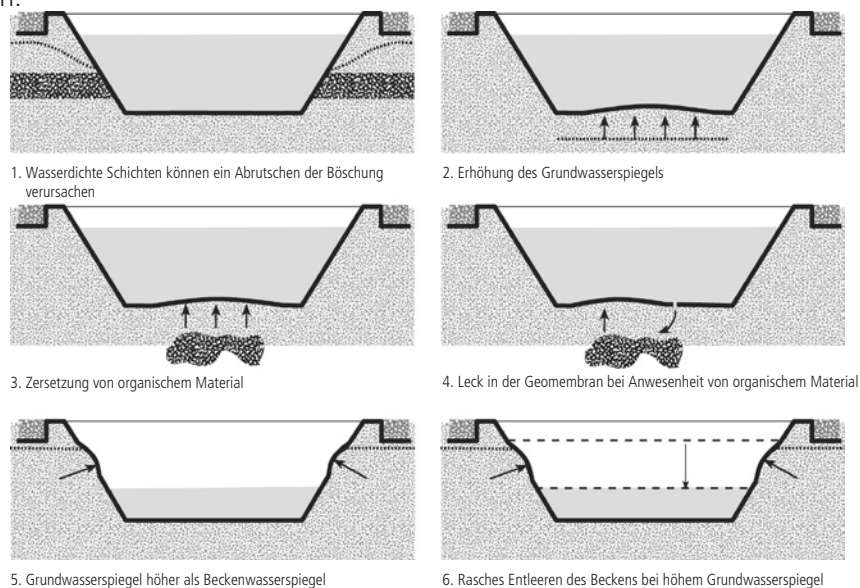


Abb. 3: Ursachen der Druckbildung unter der Geomembrane

1.6.2 Wasserdrainage

Die Wasserdrainage wird oft mit der Gasdrainage kombiniert. Daher empfiehlt sich eine Neigung von 1 bis 2% des Bodens zur Böschung hin.

Die Wasserdrainage kann realisiert werden mittels:

- *Einer Schicht aus durchlässigem Material mit einer Mindestdicke von 100 mm*
- *Eines durchlässigen geosynthetischen Materials*
- *Ein Netz von Drainagekanälen, die miteinander durch ein durchlässiges Geotextil oder durch eine dünne Schicht durchlässigen Materials, verbunden sind*

Um Verstopfungen der Drainage zu vermeiden, muss zwischen Boden und Drainageschicht ein natürlicher oder synthetischer Filter eingebaut werden. Die Vorschriften hinsichtlich des Funktionierens der Filter müssen hier beachtet werden. Das Wasser muss an den niedrigsten Stellen des Beckens in einem Netz von Hauptrohren gesammelt werden. Bei größeren Flächen wird empfohlen, das Drainagenetz in separate Sektoren einzuteilen, um mögliche Lecks leichter orten zu können.

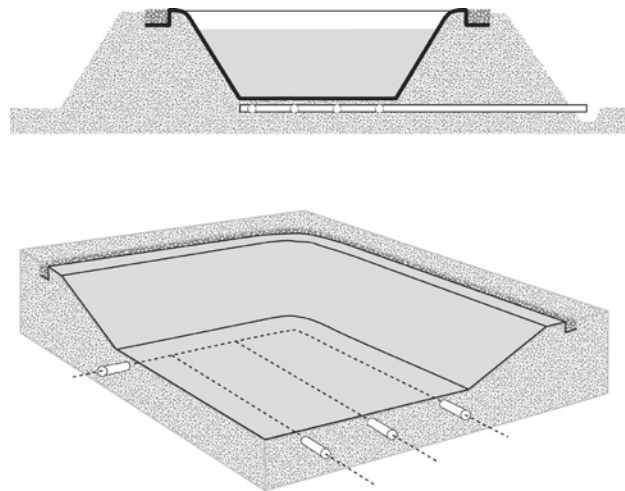


Abb. 4: Wasserdrainage

Die Abmessungen und das Gefälle des Wasserdrainagesystems hängen von den nachstehenden Faktoren ab:

- *Der erlaubten Leckagerate*
- *Der Menge des von außerhalb des Beckens stammenden Wassers*
- *Der maximal zulässigen Druckbildung unter der Geomembran*

Für kleinere Anlagen empfehlen wir, perforierte Drainagerohre mit einem Durchmesser von 60 mm oder flache Abflussrohre zu verwenden. Bei größeren Anlagen müssen die Auslegung und die Dichte des Netzes genau berechnet werden, wie auch die Druckfestigkeit der Rohre. Bitte fragen Sie Ihren Hersteller.

1.6.3 Gasdrainage

Für die Gasdrainage empfiehlt sich in einem wenig durchlässigen Boden den Einsatz von perforierten Rohren. Zwischen den Rohren wird ein Sandbett (oder vergleichbares Material), ein Geotextil oder ein sonstiges durchlässiges synthetisches Geomaterial eingebracht. Man kann auch flache Kunststoffdrainagesysteme verwenden.

Jede unmittelbare Berührung zwischen der Folie einerseits und rauhen Oberflächen des Drainagesystems andererseits soll vermieden werden.

Die Gasauslässe werden immer an der höchsten Stelle der Anlage eingebaut und durch Kappen geschützt.

Das Gasdrainagesystem muss immer so geplant werden, dass es nie unter Wasser steht. Es muss immer mit einer Wasserdrainage verbunden sein.

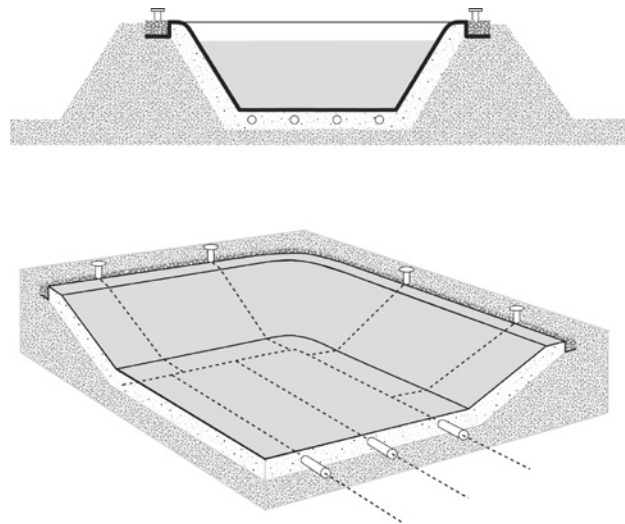


Abb. 5 : Gasdrainage