

MARTIN, D. und SÄNGER, F., VEB Spezialbaukombinat Wasserbau, DDR

## NEUENTWICKLUNGEN VON KONSTRUKTIONEN MIT GEOMEMBRANEN UND GEOTEXTILIEN IM WASSERBAU

### RECENT DEVELOPMENTS IN GEOMEMBRANE/GEOTEXTILE CONSTRUCTION IN HYDRAULIC ENGINEERING

### NOUVEAUX DEVELOPPEMENTS CONCERNANT DES CONSTRUCTIONS A GEOMEMBRANES/GEOTEXTILES EN CONSTRUCTION HYDRAULIQUE

Es wird eine Übersicht über die Anwendung von Geomembranen und Geotextilien und Erläuterungen von herausragenden Anwendungsbeispielen gegeben, wie z.B. außenliegende Dichtungen von Staudämmen und Dichtungen von Flußverlegungen mit Geomembranen, Böschungssicherungen mit Geotextilien im Fluß- und Kanalbau und Geotextilfilter für wasserbauliche Maßnahmen sowie Schutzelemente mit Geotextilien und Geomembranen im Erd- und Tiefbau.

Eine detaillierte Darstellung der Anwendung von Geomembranen in Verbindung mit Geotextilschutz- und Filterelementen für die Kerndichtung von Staudämmen weist auf eine neue Entwicklungsrichtung im Staudammbau hin.

#### 1. Problemdarstellung

Der Zwang nach wirtschaftlichen Bauverfahren im Erd- und Wasserbau führte in den letzten Jahren zu einer intensiven Anwendung von großflächigen Elementen, den Geomembranen und Geotextilien. Die Kombination mit Erdstoffen und eine stoffliche Weiterentwicklung der Elemente hatte die Entwicklung von neuartigen Verbundkonstruktionen zur Folge und eröffnet völlig neuartige bisher unbekannte Wirkprinzipien. Das Bauen mit Geotextilien und Geomembranen erfordert die Kenntnis des Systemverhaltens der Verbundkonstruktion.

Vom VEB Spezialbaukombinat Wasserbau wird seit 15 Jahren die Verfahrensentwicklung mit der Anwendung von über 1.500.000 m<sup>2</sup> Geotextilien für Wasserbaufilter, Drainagesysteme, Böschungsbefestigungen, Dammgründungen, Schutzelemente und für Baustreßen und über 1.000.000 m<sup>2</sup> Geomembranen als Thermoplastdichtungsbahnen für die Dichtung von Flußbauten, Kanälen, Staudämmen und Beckendichtungen sowie Ventilmembranen zur Auftriebssicherung vorgeantrieben.

#### 2. Grundsätze der Verfahrensentwicklung

Das hohe Niveau der technischen Lösung der Verfahrensentwicklung und die industrielle Anwendung neuartiger Bauelemente im Erd- und Tiefbau erfordert eine systemorientierte Betrachtungsweise unter Beachtung der Wechselbeziehungen zwischen

- Ausgangsrohstoffen
- Herstellungsverfahren für Einzel- und Verbundelemente

We present a survey on the use of geomembranes and geotextiles and demonstrate prominent examples of application; for instance impervious blankets in embankment dams and geomembranes in stream diversion, geotextile slope protection in river and canal construction as well as geotextile filters for hydraulic construction and geotextile and geomembrane protective elements in soil and civil engineering.

A more detailed description of use of geomembranes, combined with geotextile protective and filter elements as impervious cores in embankment dams points to a new trend in dam construction.

- Eigenschaften und Anforderungskriterien
- Prüfverfahren für Verbundkonstruktionen (Systemprüfungen)
- Äußeren und inneren Belastungen und funktionellen Einflußgrößen
- Bemessung und konstruktiver Ausbildung
- Ausführungstechnologie und -qualität
- Ökonomische Bewertung.

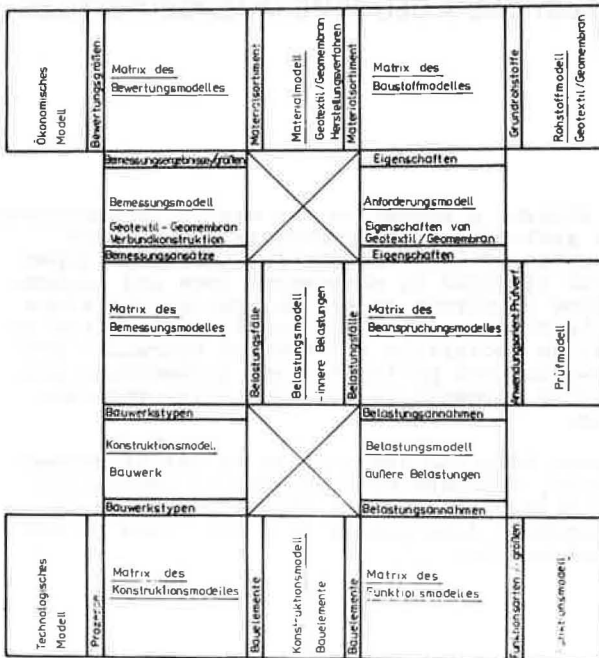
In Tafel 1 werden die Systembeziehungen von Geotextil- und Geomembran-Verbundkonstruktionen dargestellt. Nach diesem Grundsystem erfolgt eine anwendungsorientierte Entwicklung neuer Verbundkonstruktionen für den Erd- und Wasserbau mit den zugehörigen Bemessungs-, Abschätzungs- und Konstruktionsansätzen.

Als Verbundkonstruktion wird dabei das Gebilde aus flächenhaften Elementen, hergestellt mit spezifischen Verfahren der Textil- und Kunststoffindustrie, und den an-, ein- und umlagernden Lockergestein mit seinen gegenseitig beeinflussenden Wechselbeziehungen betrachtet.

#### 3. Materialentwicklungen

##### 3.1. Geotextilien

Für die Anwendung von Geotextilien existiert in der DDR ein abgestimmtes Materialprogramm, das in seinen Parametern den Erfordernissen der Breitenanwendung entspricht. Das Hauptproduktionsortiment wird in (1) vorgestellt. Für Spezialanwendungen werden von der Textilindustrie "maßgeschneiderte" Geotextilien geliefert.



Tafel 1 Darstellung der Systembeziehungen von Geotextil- und Geomembran-Verbundkonstruktionen

Als Sonderentwicklungen sind Geotextilien aus Sekundärrohstoffen zu nennen:

- Florofol 150/180 - Nähgewirke aus Folienflächfäden (PE, PT)  
Flächenmasse 150/200 g/m<sup>2</sup>  
Reißfestigkeit 350/450 N/5 cm
- TVW 400 - Nadelvliesstoff mit Stützgewirke (PE, VI)<sub>2</sub>  
Flächenmasse 600 g/m<sup>2</sup>  
Reißfestigkeit 250/500 N/5 cm

Diese preisgünstigen Geotextilien haben sich ausgezeichnet für die Massen-anwendung für Straßen- und Platzbefestigungen und als Schutzelemente bewährt.

Für die Prüfung von Geotextilien im Verbund mit Erdstoffen wurden Systemprüfungen entwickelt und als Empfehlung vereinheitlicht (2). Die Prüfungen werden für die Anwendung in der DDR vorwiegend von einer autorisierten Prüfeinrichtung des VEB Spezialbaukombinat Wasserbau ausgeführt.

Zum Alterungsverhalten und zur biologischen Belastbarkeit von Geotextilien und Geomembranen liegen Ergebnisse auf der Grundlage

systematischer Auslagerungsversuche über einen Zeitraum von 15 Jahren vor, die die Lebensdauer von Geotextilien und Geomembranen aus den Rohstoffen Polyethylen, Polyvinylchlorid, Polypropylen und Polyester von 50 - 100 Jahren voraussagen lassen.

3.2. Geomembranen

Durchgeführte Marktanalysen (3) haben gezeigt, daß Geomembranen aus folgenden Stoffgruppen zum Einsatz kommen

- Thermoplast
- Elastomere
- Bitumenverbundbahnen.

Die Entwicklung geht dahin, daß Geomembranen sowohl vom Grundmaterial als auch in der Aufmachung (Schichtaufbau und Oberflächenausbildung) den tatsächlichen Anforderungen immer besser angepaßt werden. So sind z.B. neben die ursprünglich verbreiteten einschichtigen Standarddichtungsbahnen mehrschichtige Verbundmembranen getreten, die vielfach zur Erhöhung der Oberflächenrauigkeit eine Profilierung oder Oberflächenkaschierung mit Geotextilien aufweisen. Ausgangspunkt für die Geomembranentwicklung in der DDR waren einschichtig homogene Thermoplastbahnen aus PE-ND, PVC-w und EVA. Im VEB SBK Wasserbau wurden in den letzten Jahren spezielle Geomembranen auf EVA-Basis entwickelt und angewendet. Als Beispiel kann die EVA/POSF-Dichtungsbahn genannt werden, bei der die eigentliche EVA-Dichtungsbahn (> 1,0 mm dick) einseitig oder beidseitig mit bis zu 5 mm dicken Polyolefinschaumfolien (POSF) kaschiert ist.

Diese Geomembran ist Dichtung und Schutzschicht in einem. Gleichzeitig bewirkt die weiche, profilierte Schaumschutzschicht eine höhere Oberflächenrauigkeit zu den angrenzenden Erdstoffen.

Der Einsatz dieser Dichtungsbahn ist vor allem dort sehr kostengünstig, wo Erdstoffe (z.B. Sand), die als Schutzschichten geeignet sind, nicht zur Verfügung stehen. Andere entwickelte EVA-Dichtungsbahnen besitzen Oberflächenkaschierungen aus Geotextilien (z.B. Vlies), die ebenfalls als Schutzschichten dienen und auf Grund ihrer "rauen" Oberfläche und des festen Verbundes mit der eigentlichen Dichtungsbahn wirtschaftlichere Böschungneigungen erlauben. Diese und weitere Spezialverbundmembranen werden auf der werkseigenen Extruderanlage entsprechend den tatsächlichen Erfordernissen produziert. Gegenwärtig laufen verstärkt Untersuchungen zur sinnvollen Verwertung von Recyclingprodukten bei der Herstellung von Verbundmembranen.

4. Anwendung von Geotextil-Verbundkonstruktionen im Wasserbau

Analog zur internationalen Entwicklung wurden in der DDR Geotextilien zuerst als Filterschichten auf Böschungen im Wasserbau und als Befestigungselemente im Küstenschutz eingesetzt. Großtechnische Erstanwendungen fanden bereits zwischen 1965 und 1975 statt.

#### 4.1. Geotextil-Verbundkonstruktionen für Filter und Böschungsbefestigung im Fluß- und Kanalbau

##### 4.1.1. Berechnungsgrundlagen

Der Nachweis der Filtrationseigenschaften erfolgt nach einem Werkstandard des VEB Spezialbaukombinat Wasserbau. Es werden nachgewiesen: die Sicherheit gegen Kontaktrosion Basiserdstoff - Geotextil nach einer Filterregel, Kolmationsnachweis aus der Bewertung der Suffosion des Basiserdstoffes, Wasserdurchlässigkeit mit einem experimentell ermittelten Infiltrationswiderstand auf der Grundlage genormter Prüfverfahren. Die Anwendung von Geotextilien nach dem Berechnungsverfahren ist zugelassen für

- Dränrohrumhüllungen
- Grabenfilter, Talsperren (Klasse II), Hochwasserschutzdeiche, Kanäle, Wasserläufe, Fangedämme

##### 4.1.2. Anwendungsbeispiele

- Flächenfilter unter Steinschüttungen zur Befestigung der Böschungen im Bereich von Einläufen von Tagebaurestlöchern, die mit Wasser gefüllt werden
- Flächenfilter für Flußverlegungen unter Steinschüttungen in Krümmungsbereichen
- Gewässerausbau im organogenen Baugrund zur Verhinderung von Sackungen der Böschungsbefestigung aus Steinschüttungen bzw. Betonplatten
- Filter hinter offenen Fugen von trogartigen Betonelementen für technische Gerinne im Grundwasserbereich

Als Material wird vorwiegend ein Nadelvliesstoff - "Wurzener Bauvlies WT 5" - verwendet. Der Anwendungsumfang beträgt bisher ca. 500.000 m<sup>2</sup>.

#### 4.2. Geotextilverbundkonstruktionen im Staudambau

Von den Verfassern wurde nach statistischem Material (4) die Anwendung von Geotextilien an 100 Staudämmen mit 4.000.000 m<sup>2</sup> nach ihrer Anordnung im Staudamm ausgewertet. Danach ergibt sich folgende Verteilung:

1. Luftseitige Böschungsbefestigung	4,6 %
2. Luftseitige Oberflächendränagen	4,0 %
3. Wasserseitige Böschungsbefestigung	57,0 %
4. Temporäre innere Dränage	2,4 %
5. Wasserseitiger innerer Filter an der Grenze mit dem Kern oder Untergrund	13,2 %
6. Luftseitiger innerer Filter im Sohl- und Kernbereich - nicht kontinuierlich durchflossen	10,1 %
7. Luftseitiger innerer Filter im Sohl- und Kernbereich - kontinuierlich durchflossen	4,6 %
8. Umhüllung von Dränageleitungen	4,1 %

Es wurden vorwiegend Geotextilien aus Polyester (47 %) und Polypropylen (25 %), davon

85 % (58 % thermisch verfestigte Vliese und 42 % Nadelvliese) Vliesstoffe mit 0,2 - 0,5 kg/m<sup>2</sup> Flächenmasse und einen nominellen Porendurchmesser im Vorzugsbereich von 0,03 - 0,15 mm verwendet.

Die Auswertung der Statistik zeigt, daß im Staudambau der Geotextileinsatz vorwiegend aus Sicherheitsgründen und unter Beachtung der Reparaturmöglichkeit auf die äußeren Bereiche konzentriert ist.

Die Vorschriften und Anwendungsbeispiele der DDR berücksichtigen diese Tatsache. Schwerpunkte der Anwendung sind in der DDR die Verwendung von wasserseitigen Flächenfiltern unter Steinschüttungen und als Schutz- und Dränageelemente in Verbindung mit Thermoplastdichtungen, bisher für Staudämme bis 15 m Dammhöhe.

Sonderentwicklungen im Erprobungsstadium stellen sogenannte Spritzhautdichtungen als Kombination von Geotextilien und Thermoplastdichtungsbahnen mit Spritzbeton und bituminösen Spritzaufträgen als Verbundkonstruktionen dar.

#### 4.3. Geotextile Schutzelemente

Erprobte und zugelassene Bauweisen sind die Verwendung von Geotextilien aus Sekundärmaterial für

- den Schutz der Außenisolierung von Stahlrohren (Felschutzmatten)
- den Schutz von PVC-weich Dichtungskörpern im Tiefbau

Ausführungsbeispiele mit einem Anwendungsumfang von ca. 500.000 m<sup>2</sup> und Vorschriften werden in (5) erläutert.

#### 5. Geomembran / Geotextil-Verbundkonstruktionen

Wie bereits die Ausführungen zu den entwickelten Verbundmembranen zeigen, ermöglichen sinnvolle Materialkombinationen Geomembran/Geotextil neue technische Lösungen bei der Herstellung von Geomembrandichtungen im Erd- und Wasserbau. Die nachfolgend erläuterten Lösungen wurden im VEB SBK Wasserbau entwickelt und sind nur zwei Beispiele für derartige Verbundkonstruktionen.

##### 5.1. Ventilmembran

Dichtungen aus Geomembranen sind auf Grund der geringen Schichtdicken besonders gefährdet durch Auftrieb infolge wechselnder Grundwasserstände. Da die bekannten Auftriebssicherungen für Membrandichtungen meist wenig geeignet sind und außerdem einen erheblichen Kostenfaktor darstellen, trägt die neue Lösung den besonderen Bedingungen einer Membrandichtung Rechnung und ist unter den technologischen Bedingungen dünner Dichtungselemente einsetzbar.

Die Ventilmembran besitzt folgenden Regelaufbau (von oben nach unten)

- wasserbauliches Deckwerk
- Geotextil (als Schutzschicht und Filter)
- Dichtungsmembran (mit Ventilcharakter als Klappen- oder Schlauchventil ausgebildet)

- Geotextil (wie oben)
- planierter Untergrund.

Das gewählte Geomembran/Geotextil-Verbundsystem gewährleistet hier bei eindeutiger Funktionszuweisung eine langfristig wirkende Entlastungsleistung. Langzeitige Versuchsreihen unabhängiger Forschungseinrichtungen haben die Funktionssicherheit des Systems nachgewiesen. Es wurden zahlreiche charakteristische Durchflußdiagramme als Grundlage für eine Bemessung aufgestellt. In dieser Art realisierte Auftriebssicherungen an Flußdichtungen haben sich bewährt. Bild 1 zeigt den konstruktiven Aufbau der Ventilmembran, und in Bild 2 ist die Anwendung der Lösung auf einer Flußbaustelle zu sehen.

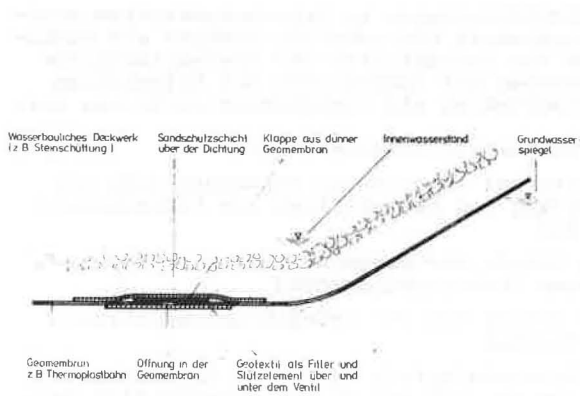


Bild 1 Konstruktionsaufbau Ventilmembran



Bild 2 Einbau Ventilmembran auf einer Flußbaustelle

Ein großer Vorteil dieser Lösung besteht darin, daß vorgefertigte "Ventilbänder" in die Dichtung eingebaut werden können; außerdem

sind keine zusätzlichen Erdarbeiten erforderlich.

5.2. Kerndichtung für Stauanlagen als Geomembran/Geotextil-Verbundkonstruktion

Die funktionellen Vorteile von Kerndichtungen im Staudammbau sind allgemein bekannt. Aus diesen Gründen wurde eine vertikal ausgebildete Kerndichtung unter Verwendung eines Geomembran/Geotextil-Verbundsystems entwickelt und die Realisierbarkeit in der Praxis nachgewiesen (6). Die Lösung sieht vor, daß im Kern eines Schüttdammes vorzugsweise zwei, durch einen Dränagekern getrennte, Geomembranen in Verbindung mit Geotextilien Schutz- und Filterschichten und einer Spezialschalung mit dem Baufortschritt nach oben geführt werden.

Beide Geomembranen sind z.B. über einen Sporn dicht an den Untergrund angeschlossen, so daß eine eventuelle Leckstelle in der ersten Dichtung über Pegelrohre im Kern erkannt und bei ausgebildetem Schüttdammes auch eingegrenzt werden kann. Eine "Flutung" des Dränagekernes während der Dammschüttung erlaubt eine sichere Dichtigkeitsprüfung vor Einstau.

Die vorrangig als Schutzschichten wirkenden Geotextilien (Vliese) gewährleisten gleichzeitig ein ausgezeichnetes Verformungsverhalten der Konstruktion. Sie sind aber auch so auszuwählen, daß sie im Havariefall die Filterfunktion erfüllen können.

Durch eine bewußt zusammengestellte Materialkombination kann diese Kerndichtungs-konstruktion den auftretenden technologischen und funktionellen Beanspruchungen kostengünstig angepaßt werden.

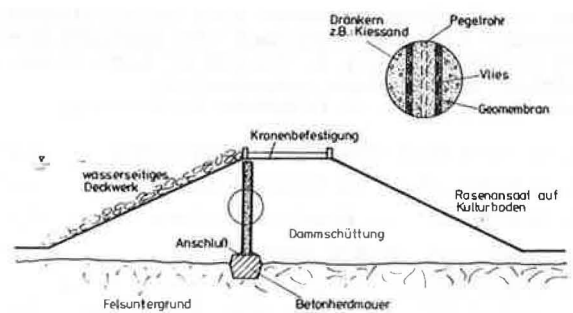


Bild 3 Systemaufbau Geomembran/Geotextil-Kerndichtung

Neben den funktionellen Vorteilen der 100%igen Prüfbarkeit hat diese Geomembran/Geotextil-Verbunddichtung vor allem bei kleineren und mittleren Dämmen wirtschaftliche Vorteile gegenüber Zementbeton- oder bituminösen Kerndichtungen.

Bild 3 zeigt den Systemaufbau der Geomembran/Geotextil-Kerndichtung und Bild 4 den Einbau der neuen Kerndichtung in einem Staudamm.

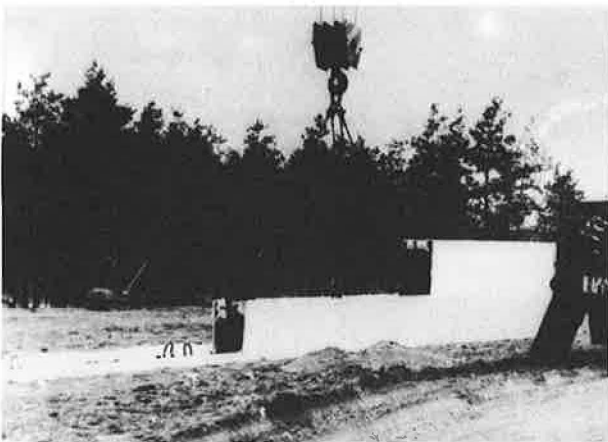


Bild 4 Einbau Kerndichtung in einem Staudamm

#### 6. Zusammenfassung

Das Bauen mit Geotextilien und Geomembranen führte zu einer Weiterentwicklung zu Verbundkonstruktionen und systemorientierten Prüf- und Berechnungsverfahren. In der DDR wurden vom VEB Spezialbaukombinat Wasserbau Neuentwicklungen, wie Geomembranen mit Schaum- bzw. Geotextiloberflächenkaschierungen, Ventilmembranen zur Auftriebssicherung und eine neuartige Kerndichtung für Stauanlagen mit Geomembran/Geotextil-Verbundkonstruktion in Verbindung mit einem Dränagekern, der eine Prüfung und nachträgliche Rekonstruktion zulässt, an Staudämmen und Fluß- und Kanalbaustellen ausgeführt. Die Verbundkonstruktionen erlauben kostengünstige materialsparende Konstruktionen mit ständigen Prüf- und Rekonstruktionsmöglichkeiten im Wasserbau.

- (1) Knaupe, W.; Martin, D., Anwendung von Geotextilien im Bauwesen, Bauplanung-Bautechnik 36 (1982) 12, S. 531-534
- (2) Batereau, Ch.; Martin, D.; Schneckenberg, H., Empfehlungen für die Prüfung von Geotextilien, Technische Textilien 27(1984) 2, S. 31-35
- (3) Sänger, F., Beitrag zur Entwicklung der Foliendichtung im Erd- und Wasserbau, Dissertation Hochschule für Architektur und Bauwesen, Weimar 1984
- (4) Report des British Committee an Large Dams, Aug. 1984, Geotextiles as filters and transitions in fill dams

- (5) Martin, D., Anwendung von Geotextilien im Erd- und Tiefbau, Technische Textilien 27(1984) 5, S. 121-128
- (6) Sänger, F.; Boden, F.; Jentzsch, H., Neue technische Lösungen beim Einsatz von Thermoplastdichtungsbahnen im Erd- und Wasserbau, Bauplanung-Bautechnik 38 (1984) 5, S. 232-234