

**Zeitschrift:** Mittex : die Fachzeitschrift für textile Garn- und Flächenherstellung im deutschsprachigen Europa  
**Band:** 97 (1990)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Die grösste Sturmflutbarriere der Welt : gebaut auf Geotextilien  
**Autor:** Kessels, K.H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-677076>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 19.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die grösste Sturmflutbarriere der Welt – gebaut auf Geotextilien



Die Oosterschelde heute: ein ökologisch ausserordentlich wertvolles Naturschutzgebiet, ein Vogelparadies, Kinderstube zahlreicher Nordseefische und für die niederländischen Fischer auch wirtschaftlich von immenser Bedeutung. Die bewegliche Sturmflutbarriere garantiert den Menschen ein Höchstmass an Sicherheit und sichert Fauna und Flora ihre natürliche Umwelt.

**Seit Jahrhunderten kämpfen die Niederländer gegen das Wasser, bauen Deiche und Wasserstrassen und machen aus Wasser fruchtbares Land. Das Sturmflutwehr in der Oosterschelde bildet das letzte und zugleich aufwendigste Glied in der Kette der Wasserbauwerke, die die niederländische Küste und damit Millionen Menschen gegen künftige Sturmfluten schützen. Geotextilien spielen dabei eine entscheidende Rolle.**

Die Niederlande, an der Nordsee gelegen und am Delta dreier grosser Ströme, des Rheins, der Maas und der Schelde, sind zur Hälfte im Wasser gebaut. Kein Wunder, dass die Niederländer dabei zu Experten im Wasserbau geworden sind. Eindrückliches Beispiel: Der vor 50 Jahren fertiggestellte 30 km lange Abschlussdeich zwischen den

Landesteilen Nordholland und Friesland, durch den die Zuidersee von der Nordsee abgetrennt und teilweise trockengelegt wurde. 160 000 ha fruchtbares Land wurden gewonnen. Der entstandene Binnensee, das IJsselmeer, versorgt fast die Hälfte des Landes mit Süsswasser. Heute verfügen die Niederlande über Deichanlagen von mehr als 3000 km Länge. Das aus dem Wasser gewonnene Neuland, Wasserstrassen und Häfen sind für die Niederlande von immenser industrieller und wirtschaftlicher Bedeutung.

Trotz ihres erfolgreichen Kampfes gegen das Wasser und aller Fortschritte im Wasserbau sind die Niederländer von Flutkatastrophen nicht verschont geblieben. Die jüngste ereignete sich am 1. Februar 1953, als sich ein Orkan mit Windstärke 12 auf die Küste zu bewegte. Dem Orkan folgte eine Springflut, die die Deiche auf einer Länge von mehr als 500 km zum Einsturz brachte und das Land verwüstete (Abb.1). 1835 Menschen fanden den Tod, 70 000 wurden obdachlos, mehr als 35 000 Stück Vieh kamen in den Fluten



**Bild 1**  
Die Flutkatastrophe im Jahre 1953: Anlass für die Niederländer, ihre Küste im Südwesten des Landes durch gewaltige Dämme zu sichern und sie so ein für allemal vor künftigen Sturmfluten zu schützen.

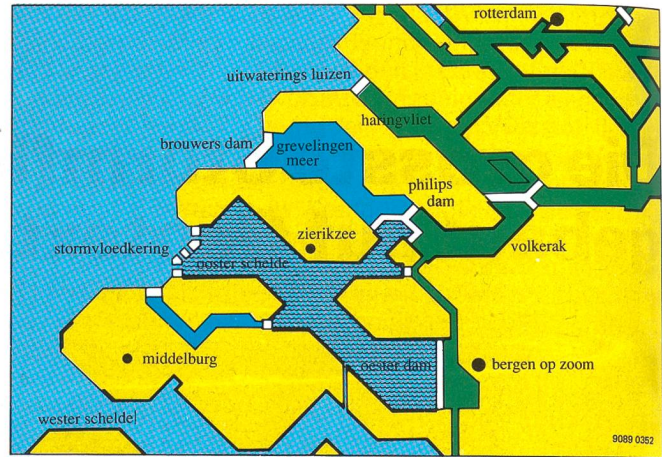
um. 50 000 Gebäude waren zerstört oder schwer beschädigt, 200 000 ha Land standen unter Wasser. Unter dem Eindruck dieser Katastrophe entschlossen sich die Niederländer, ihre Küste im Südwesten des Landes, wo Rhein, Maas und Schelde in die Nordsee münden und ein gemeinsames Delta bilden, durch gewaltige Dämme zu sichern und sie so ein für allemal vor künftigen Sturmfluten zu schützen.

### Der Deltaplan

Wissenschaftler, Wasserbauingenieure und Industrie erarbeiteten ein wasserbauliches Gesamtkonzept, den Deltaplan, der 1958 vom niederländischen Parlament verabschiedet wurde. Der Plan sah vor, die tief in das Land reichenden Meeresarme in den Provinzen Zeeland und Zuid Holland zwischen der Westerschelde und dem Neuen Wasserweg bei Rotterdam zu schliessen und so die Küstenlinie um 700 km zu verkürzen (Abb. 2). Vier mächtige Dämme sollten die Kraft von Wind und Wasser brechen und die dahinterliegenden Mündungsarme schützen. Erstmals sollten die Dämme nicht an der Küste, sondern im offenen Meer errichtet werden, wo die Strömungsverhältnisse besonders schwierig sind. Da keine Fundamente in den Boden getrieben werden konnten, musste buchstäblich auf Sand gebaut werden. 1961 wurde der Veersegetdamm, 1971 der Haringvlietdamm und 1972 der Brouwersdamm fertiggestellt.

### Grösstes Bauvorhaben – die Schliessung der Oosterschelde

Die Schliessung der rund 10 km breiten Oosterschelde-Mündung sollte das letzte und zugleich aufwendigste Bauvorhaben im Rahmen des Deltaplans sein (Abb. 3). Zu Beginn der 70er Jahre – 5 km des geplanten Damms waren bereits fertiggestellt – kamen zu den technischen Schwierigkeiten neue Probleme hinzu, die den Weiterbau in Frage stellten. Das Umweltbewusstsein hatte sich verschärft, und auch die Fischer sahen sich in ihrer Existenz bedroht. Tatsächlich hätte die vollständige Schliessung der Oosterschelde das Aus für Fauna und Flora bedeutet, hätte die wertvollen Austern- und Muschelkulturen vernichtet. Immer mehr Menschen forderten deshalb die Offenhaltung der Oosterschelde, zwangen die Regierung, eine neue Lösung zu suchen und zu finden. Die Lösung war weder einfach noch billig. Eine dreiteilige, bewegliche Sturmflutbarriere von insgesamt 3 km Länge sollte sowohl ein Höchstmass an Sicherheit als auch die Erhaltung der Gezeiteneinflüsse und des Salzwassermilieus und damit der natürlichen Umwelt garantieren. Vorgesehen war ein Sturmflutwehr aus 65 gewaltigen monolithischen Pfeilern und 62 riesigen Stahltoeren, die bei Sturmflutgefahr hydraulisch geschlossen wurden. 1976 wurden die Pläne zum Bau des Sturmflutwehrs vom Gesetzgeber gebilligt. Damit hatten die Niederlande eine der wohl wichtigsten wasserwirtschaftlichen Entscheidungen ihrer Geschichte getroffen.



**Bild 2**  
Die Küste im Südwesten der Niederlande, wo Rhein, Maas und Schelde in die Nordsee münden und ein gemeinsames Delta bilden.

### Ein Wasserbauwerk ohne Beispiel

Das Deltaprojekt, das Sturmflutwehr in der Oosterschelde, ist im Wasserbau ohne Beispiel. Neue Techniken und Fabrikationsmethoden, neue Materialien mussten am Reissbrett, im Labor, in zahlreichen Modellversuchen getestet und zur Anwendungsreife entwickelt werden. Häfen und Kaianlagen mussten gebaut, Transporteinrichtungen konstruiert, Fabriken und Baudocks errichtet werden. Ohne Beispiel auch der zeitliche, personelle und vor allem finanzielle Aufwand, mit dem die Sicherheit der Menschen in den Niederlanden erkaufte wurde. Der Bau der gewaltigen Sturmflutbarrieren, der Sekundärdämme und Schleusen, die bei einer Lebensdauer von 200 Jahren das Risiko einer Flutkatastrophe auf 1 in 10 000 Jahren verringern, sollte rund 30 Jahre dauern, 30 000 Menschen beschäftigen und 14 Milliarden Gulden kosten.

### Die Rolle der Geotextilien

Geotextilien, technische Textilien, die im Erd- und Wasserbau eingesetzt werden, vor Jahren noch weitgehend unbekannt, heute ein Wachstumsmarkt mit überdurchschnittlich hohen Zuwachsraten, spielen bei diesem Jahrhundertbauwerk eine herausragende Rolle. Sie dienen nicht nur zur



**Bild 3**  
Die bewegliche Sturmflutbarriere in der Oosterschelde, letztes und aufwendigstes Glied in der Kette der Wasserbauwerke, die die niederländische Küste und damit Millionen Menschen gegen künftige Sturmfluten schützen.

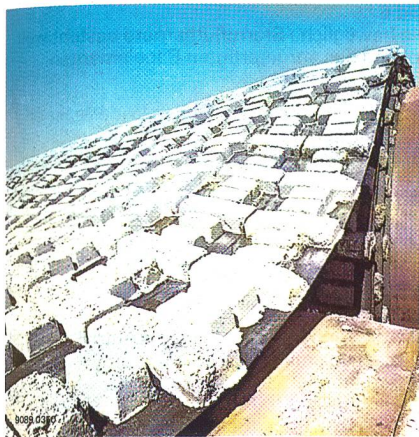


Bild 4  
1200 Tonnen schwere Betonblockmatten von der Grösse eines Fussballfeldes aus einem speziell entwickelten Polypropylengewebe und einer Betonaufgabe dienen zur Befestigung des Meeresbodens zu beiden Seiten der Sturmflutbarriere und schützen ihn gegen Erosion.

Befestigung des Meeresbodens der Oosterschelde-Mündung, schützen ihn gegen Erosion; sie bilden auch das Fundament des Sturmflutwehrs. Eine abenteuerliche, eine phantastische Vorstellung: Die grösste bewegliche Sturmflutbarriere der Welt – gebaut auf Geotextilien. 65 gewaltige Pfeiler mit einer Grundfläche von  $25 \times 50$  m, jeder bis zu 45 m hoch und 18 000 t schwer, an denen 62 riesige, 42 m breite und bis zu 11,90 m hohe Stahltoore aufgehängt sind und über die eine Autostrasse führt, gründen auf mehrlagigen Filtermatratzen aus Geotextilien. Bei ihrer Aufstellung sollten Geotextilien noch eine weitere, wichtige Aufgabe übernehmen. Sie sollten das Eindringen von Sand und Schlack in das Innere der Pfeiler verhindern, bis diese mit einem Sand-Zement-Mörtel aufgefüllt und so fest mit den Gründungsmatten verbunden waren. Zu diesem Zweck wurde eine Tasche entwickelt aus einem gewebten Geotextil, die, mit Kies gefüllt, um den Fuss der Pfeiler gelegt wurde.

### Teppiche für den Meeresboden

Zunächst galt es, den Boden der Oosterschelde auf einer Breite von 500 bis 600 m zu beiden Seiten der Sturmflutbarriere zu befestigen und gegen Erosion zu schützen. Klassische, mit Steinen beschwerte Bodenschutzkonstruktionen aus Holz, wie sie seit Jahrhunderten im Wasserbau verwendet werden, erwiesen sich angesichts der mehr als 5 Millionen  $m^2$  Meeresboden, die zu schützen waren, als völlig unzulänglich. Es fehlte an Holz, es fehlte an geeigneten Arbeitskräften für die Herstellung und Verlegung. Auch entsprach der konventionelle Bodenschutz in keiner Weise den Anforderungen, die hier gestellt waren. Bodenschutzmatten aus anderen Materialien vermochten ebenfalls nicht zu überzeugen. Schliesslich wurde ein Geotextil gefunden, ein Gewebe aus Polypropylen mit einem Gewicht von  $750 \text{ g/m}^2$ , das in Verbindung mit Holz hohe Festigkeit und beste Filtereigenschaften miteinander verbindet und heute in grossem Massstab mit Erfolg im Wasserbau eingesetzt wird. Allerdings nicht in der Oosterschelde. Schuld war der hier lebende Pfahlwurm. Er hätte das Holz der Sinkstücke befallen und zerstört. Die optimale Lösung gelang mit der Entwicklung von Verbundwerkstoffen, Fixtone- und Betonblockmatten, die im Bereich des Wasserbaues etwas völlig Neues darstellen. In den vergangenen Jahren wurden rund 5,5 Millionen  $m^2$  dieses Materials in der Oosterschelde-Mündung eingesetzt, 1 Million  $m^2$  Fixtone- und 4,5 Millionen  $m^2$  Betonblockmatten.

### Fixtonematten

Die Fixtonematten, bis zu 200 m lang, 17 m breit und 850 t schwer, bestehen aus einem Polypropylengewebe aus 4 Bahnen à 475 cm, überlappt und durch Stahlklammern

verbunden, und einer 12 cm dicken Fixtoneauflage, einer Mischung aus 80% Schotter und 20% Asphaltmastix. Die Matten wurden auf einem Spezialschiff, der «Jan Heijmans», hergestellt und direkt von diesem Schiff aus verlegt.

### Betonblockmatten

Bei den Betonblockmatten handelt es sich um eine Kombination aus einem speziell entwickelten Polypropylengewebe und einer Betonaufgabe (Abb. 4). Das  $1200 \text{ g/m}^2$  schwere Gewebe, wie 80% aller Polyolefinegewebe auf Sulzer Rütli Projektwebmaschinen mit einer Arbeitsbreite bis zu 545 cm hergestellt, besitzt eine Zugfestigkeit von  $250 \text{ kN/m}$  (Abb. 5). Die Maschenweite ist auf einen Korndurchmesser von 300 Mikron abgestimmt. Mit einer Länge von 200 m, einer Breite von 30 m und einer Fläche von  $6000 \text{ m}^2$  haben die Matten fast die Grösse eines Fussballfeldes. Der Verbundwerkstoff hat ein Gewicht von  $200 \text{ kg/m}^2$ . Dies entspricht einem Gesamtgewicht von 1200 t je Matte.

Die Betonblockmatten wurden in einem eigens zu diesem Zweck errichteten Werk am Sophiahaven an der Nordküste von Nordbeveland gefertigt. In einem weitgehend mechanisierten und teilweise automatisierten Arbeitsprozess wurden jeweils 6 Gewebebahnen à 5 m Breite aneinandergelagert. In einem zweiten Arbeitsgang erhielt ein Teil der zur Herstellung der Betonblockmatten benötigten Gewebe zusätzlich eine Vliesstoffauflage. Anschliessend wurde der Beton in Formen auf das Geotextil gegossen, mit diesem durch Plastiknägel verbunden und abgebunden. Auf diese Weise wurden jeweils 18 000 Betonblöcke mit 72 000 Nägeln auf eine Matte aufgebracht. Die fertigen Matten wurden, auf einen Stahlzylinder gewickelt, in die Oosterschelde-Mündung geschleppt, von einem Absenkponton übernommen und mit einer Spezialvorrichtung auf dem Meeresboden ausgelegt.

### Eine Option für die Zukunft

Mit der Entwicklung dieser Verbundwerkstoffe haben die Niederländer einmal mehr Pionierarbeit geleistet. Die Geotextilien erfüllen hohe Anforderungen hinsichtlich Sanddichte und Wasserdurchlässigkeit. Sie sind elastisch und temperaturunabhängig, beständig gegenüber mechanischen, biologischen und chemischen Einflüssen, insbesondere gegen Feuchtigkeit und Verrottung, und sie haben eine erwartete Lebensdauer von 200 Jahren. Damit und mit dem

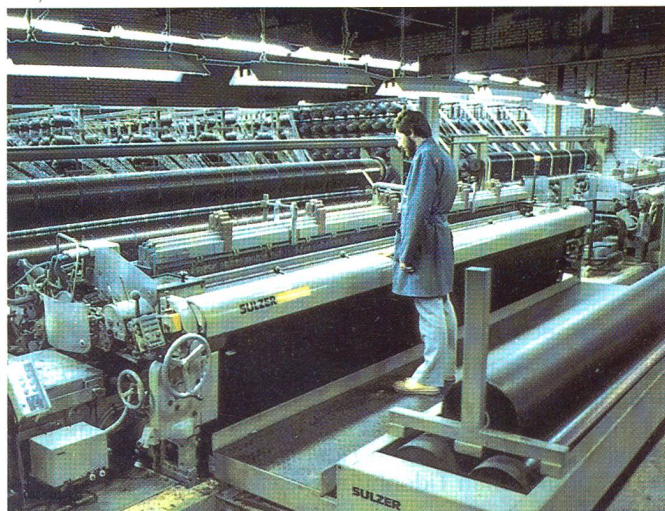


Bild 5  
Blick in die Webmaschinenanlage der Robusta B.V. in Genemuiden in den Niederlanden, führende Herstellerin von Geotextilien und als solche massgeblich an der Entwicklung und Herstellung der beim Bau der Sturmflutbarriere und der Dämme eingesetzten Geotextilien beteiligt.



Bild 6

Die bewegliche Sturmflutbarriere besteht weitgehend aus vorgefertigten Bauelementen:

- 1 Pfeiler
- 2 Bruchsteindamm zwischen Widerlager und Dammansatz
- 3 Trägerbalken für die Aufhängung der Schütze
- 4 Hydraulikzylinder
- 5 Pfeileraufsatz
- 6 Jochbalken
- 7 Schütz
- 8 Schwellenbalken
- 9 Strasse
- 10 Strassenhohlträger mit dem Antriebsmechanismus der Schütze
- 11 Kabeltunnel
- 12 Sandballast
- 13 Deckschicht der Schwelle
- 14 Kern der Schwelle
- 15 Sandballast
- 16 Anschlag und Auflager des Schwellenbalkens
- 17 obere Matte
- 18 Mörtelfüllung
- 19 Ziegelmatte
- 20 untere Matte
- 21 verdichteter Sand
- 22 Kunststoffschlauch mit Schotterfüllung

bei der Entwicklung, Herstellung und Verlegung der Verbundwerkstoffe gewonnenen Know-how eröffnen sich dem Wasserbau neue und interessante Möglichkeiten, Möglichkeiten zur Verwirklichung von Projekten, deren Realisierung bisher kaum möglich schien. Dies um so mehr, als die Verbundwerkstoffe – entsprechende Grössenordnungen vorausgesetzt – trotz hoher Investitionen auch eine äusserst wirtschaftliche Lösung darstellen.

### Das Sturmflutwehr in der Oosterschelde – gebaut auf Geotextilien

Die dreiteilige, bewegliche Sturmflutbarriere in den Strömungsöffnungen Hammen, Schaar van Roggenplaat und Roompot besteht weitgehend aus vorgefertigten Bauelementen (Abb. 6). Die 65 monolithischen Pfeiler, durch eine Schwellenkonstruktion miteinander verbunden, bilden den Rahmen für die 62 riesigen Stahltoore der Sturmflutbarriere. Sie tragen die Konstruktion, an der die Stahltoore aufgehängt sind, und die Hydraulik, die die Tore auf und ab bewegt, die Jochbalken, die die Durchlassöffnungen nach oben abschliessen, und die Hohlträger der Autostrasse mit den Antriebsmechanismen für die Stahltoore.

Die Durchlassöffnungen der Sturmflutbarriere sind auf einen für die Erhaltung der Gezeitenströmungen erforderlichen Durchflussquerschnitt von 14 000 m<sup>2</sup> ausgelegt, entsprechend einem mittleren Tidenhub von 2,70 m oder 77% des ursprünglichen Tidenhubs.

Pfeiler und Schwellenbalken wurden in vier Baudocks auf der Arbeitsinsel Neeltje Jans hergestellt. Der Bau eines Pfeilers dauerte knapp anderthalb Jahre. Zeitweise wurde an 30 Pfeilern zugleich gearbeitet. In vier Jahren wurden dabei 450 000 m<sup>3</sup> Beton verbraucht. Waren die Pfeiler eines Docks

fertiggestellt, wurde das 15 Meter unter dem Meeresspiegel liegende Baugelände geflutet und die Pfeiler einzeln an ihren Standort in eine der drei Strömungsöffnungen transportiert.

18 000 t schwere Betonkolosse zu transportieren und sie auf den Zentimeter genau im Abstand von 45 m in bis zu 30 m tiefen Stromrinnen aufzustellen, war selbst für erfahrene Wasserbaufachleute, wie es die Niederländer sind, alles andere als einfach. Dazu gehörte eine perfekte Organisation, dazu gehörten Spezialeinrichtungen zur Verdichtung des Meeressbodens und zur Untersuchung der Bodenbeschaffenheit. Und dazu gehörten vor allem auch entsprechende Transporteinrichtungen. So entwickelten und bauten die Niederländer für 500 Millionen Gulden das Verdichtungsschiff «Mytilus», die mit Bohrturm und Taucherglocke ausgerüstete «Johan V», das Vermessungsschiff «Wijker Rib» und den Inspektions-Roboter «Portunus», die «Cardium» zur Verlegung der Fundamente, das Hub-, Transport- und Aufstellungsschiff «Ostrea» für den Transport der Pfeiler und die «Macoma», die die «Ostrea» auf Kurs und die Fundamente frei von Sand halten sollte. Und in all diese Einrichtungen bauten sie natürlich auch modernste Elektronik ein: hochentwickelte Ortsbestimmungssysteme, Gyroskopen und Beschleunigungsmessgeräte, Computersysteme zur Überwachung und Steuerung der Arbeitsvorgänge und zur Speicherung der Daten. Weil der Bau der Sturmflutbarriere, die Auslegung, Aufstellung und Montage der Bauelemente, gute Witterungsbedingungen und günstige Strömungsverhältnisse voraussetzte, schufen sie gleichzeitig einen eigenen meteorologisch-hydrologischen Dienst, der die von den Messstellen in der Nordsee eingehenden Daten über Wasserstände, Strömungsgeschwindigkeiten, Wellenfelder, Wassertemperaturen, Salzgehalte und Wind laufend auswertete. Und da für die Arbeiten in der Oosterschelde sehr viel Strom benötigt wurde, bauten sie schliesslich noch ein

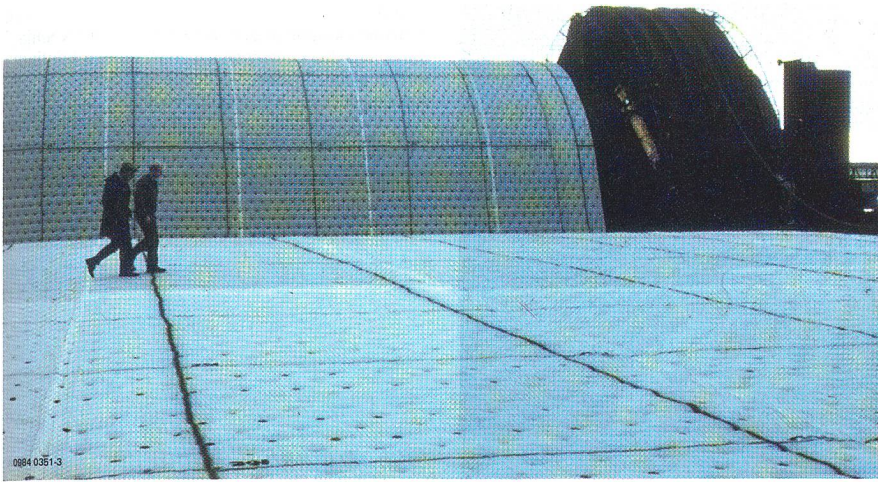


Bild 7  
5000 Tonnen schwere, mehrlagige Filtermatratzen aus Geotextilien bilden das Fundament der Pfeiler und garantieren die Stabilität der Sturmflutbarriere auch unter extremen Bedingungen.

eigenes Kraftwerk mit einer Leistung von 12 000 kVA, genug, um eine Stadt mit 45 000 Einwohnern mit Strom zu versorgen. Das Kraftwerk liefert heute den Strom zur Bedienung der Sturmflutbarriere.

### Das Fundament aus Filtermatratzen

Die Sturmflutbarriere muss gewaltigen Kräften standhalten. Diese Kräfte übertragen sich auf den Untergrund. Entscheidend sind deshalb die Fundamente. Das Problem: «Wie baut man eine Sturmflutbarriere auf Sand, auf einen Meeresboden, der ständigen Veränderungen unterworfen ist?» Erfahrungen lagen keine vor. Die Niederländer lösten auch dieses Problem, unkonventionell, dafür ausserordentlich erfolgreich. Sie entwickelten Filtermatratzen aus Geotextilien, eine völlig neue Technologie und – wie alle bahnbrechenden Entwicklungen – verblüffend einfach (Abb. 7). 130 Matratzen, 65 Unter- und 65 Obermatratzen, bilden das Fundament für die Pfeiler, halten den feinkörnigen Oosterscheldesand trotz des hohen Wasserdruckgradienten, der auf die Pfeilerbasis wirkt, an Ort und Stelle und garantieren die Stabilität der Sturmflutbarriere auch unter extremen Bedingungen, bei starker Strömung und schwerem Wellengang.

Die Untermatratze, 200 m lang, 42 m breit und 36 cm hoch, mit einem Gewicht von 5000 t, ist nach Art eines Filters aufgebaut (Abb. 8). Sie besteht aus drei Lagen körnigen Materials mit einer von Lage zu Lage grösseren Korngrösse. Auf eine 110 mm dicke Sandschicht mit einer Korngrösse von 0,3 bis 2 mm baut sich eine ebenfalls 110 mm dicke Lage Feinkies mit Korngrössen zwischen 2 und 8 mm auf und auf diese eine 140 mm dicke Schicht Grobkies mit einem Korndurchmesser bis zu 40 mm. Die einzelnen Lagen sind in ein System von Geotextilien eingebettet. Dies macht sie für Festteile undurchlässig und gewährleistet gleichzeitig einen einwandfreien Durchfluss des Wassers. Zwischen der Sand- und Feinkieschicht ist ein Polypropylen-Spinnvlies, zwischen der Feinkies- und Grobkieschicht ein Polyäthylen-Monofilamentgewebe eingefügt. Die bis zu 5 m breiten Geotextilien sind 500 mm überlappt verlegt. In jede Lage eingebaute vertikale Unterteilungselemente, mit einem Geotextil ausgelegte Stahlkörbe, stabilisieren die Matratzen und stellen sicher, dass sich die Filtermaterialien nicht verlagern.

Die Unterseite der Matratze besteht aus einem in Kettrichtung mit Stahldraht verstärkten Polypropylengewebe und einem zwischen Gewebe und Sandschicht eingefügten Spinnvlies. Das 4,90 m breite und 4400 g/m<sup>2</sup> schwere, als Stützgewebe ausgebildete Geotextil weist in Kettrichtung eine Zugfestigkeit von 800 kN/m und in Schussrichtung eine solche von 80 kN/m auf, genug, um den bei starker Strömung in Wassertiefen bis zu 35 m auftretenden hohen Bela-

stungen standzuhalten. Das die Matratze umgebende Deckgewebe aus Polyamid in der Kette und Polyester im Schuss verbinden hohe Elastizität mit grosser Reissfestigkeit. Das 4,90 m breite Gewebe besitzt in Kettrichtung bei einer Zugfestigkeit von 100 kN/m eine Dehnung von 25%, in Schussrichtung bei einer Zugfestigkeit von 80 kN/m eine Dehnung von 15%. Stahlstifte, durch das Stützgewebe getrieben und auf der Oberseite durch Schnappverschlüsse gesichert, verbinden Stützgewebe, Filterschichten und Deckgewebe zu einer kompakten Matratze.

Die 60 × 31 m grosse und 110 t schwere Obermatratze, die das Gewicht des Pfeilers auf die Untermatratze verteilt und diese gleichzeitig schützt, ist in ihrem Aufbau mit der Untermatratze identisch, besteht jedoch im Gegensatz zu dieser ausschliesslich aus drei Lagen Grobkies mit einer Korngrösse bis zu 40 mm.

Die Filtermatratzen wurden in einer eigenen, mit einem Aufwand von 55 Millionen Gulden errichteten Produktionsstätte auf der Arbeitsinsel Neeltje Jans hergestellt (Abb. 9/10). In einem kontinuierlich ablaufenden, vollautomatisierten Arbeitsprozess wurden jeweils 9 Bahnen des Stützgewebes



Bild 8  
Schnitt durch die als Filter aufgebaute Fundierungsmatratze.  
Aufbau der Matratze:

- Polyamid-Polyestergewebe
- Stahlkörbe, ausgelegt mit einem Polypropylen-Spinnvlies, gefüllt mit Grobkies
- Polyäthylen-Monofilamentgewebe
- Stahlkörbe, ausgelegt mit einem Polypropylen-Spinnvlies, gefüllt mit Feinkies
- Polypropylen-Spinnvlies
- Stahlkörbe, ausgelegt mit einem Polypropylen-Spinnvlies, gefüllt mit Sand
- Polypropylen-Spinnvlies
- Stahldrahtverstärktes Polypropylengewebe



Bild 9  
Produktionsstätte auf der Arbeitsinsel Neeltje Jans, wo die Filtermatratzen in einem kontinuierlich ablaufenden, vollautomatisierten Arbeitsprozess hergestellt wurden.

zur Gesamtbreite von 42 m zusammengenäht und die Spinnvliesauflage zugeführt. Gleichzeitig wurden die Stahlkörbe gefertigt und mit einem Geotextil ausgelegt. Nacheinander wurden die Körbe der unteren Schicht plaziert, mit Sand gefüllt, das Spinnvlies aufgebracht, die Körbe der mittleren Lage in Position gebracht, mit Feinkies gefüllt, das Polyäthylen-Monofilamentgewebe zugeführt, die Körbe der oberen Lage plaziert und mit Grobkies gefüllt. Anschließend wurde das Deckgewebe aus 9 Bahnen zusammengenäht, auf die Filterschichten aufgebracht und mit dem Stützgewebe verbunden. In einem letzten Arbeitsgang wurden die Stahlstifte durch das Stützgewebe, die Filterschichten und das Deckgewebe getrieben und die fertige Matratze auf eine gigantische, schwimmende Walze aufgewickelt. Insgesamt wurden – um die Grössenverhältnisse deutlich zu machen – für die Unter- und Obermatratzen mit einer Gesamtfläche von 700 000 m<sup>2</sup> 6 Millionen m<sup>2</sup> Geotextilien, Gewebe und Vliesstoffe benötigt.

Für den Transport und die Verlegung der Matratzen setzten die Niederländer ein eigens zu diesem Zweck gebautes Spezialschiff, die 110 Millionen Gulden teure «Cardium» ein (Abb. 11). Natürlich genügte es nicht, die Matratzen einfach auf dem Meeresboden auszulegen. So waren bereits vorher Feinsand, Schlick und Schlamm an den für die Fundamente vorgesehenen Stellen weggebaggert und durch Sand besserer Qualität ersetzt worden. Nachdem dieser zusätzlich bis auf eine Tiefe von 15 m verdichtet worden war, transportierte die «Cardium», ausgerüstet mit Kehrschaufelsaugköpfen und Schwimmbaggerpumpen, die Matratzen an ihren Standort, egalisierte den Grund unter den Fundamenten und legte die Matratzen zentimetergenau auf dem Meeresboden aus.

### Die Kiestasche

Die Pfeiler mit Hilfe der «Ostrea» auf die Matratzen aufzusetzen war eine, sie zu stabilisieren und mit dem Fundament fest zu verbinden eine andere Sache. Keine leichte Aufgabe,

die den holländischen Wasserbauexperten da gestellt war. Zunächst betteten sie die Pfeiler in eine als Filter aufgebaute Schwelle aus 1 bis 10 Tonnen schweren Basalt- und Granitsteinen, wobei sie in zwei Jahren 5 Millionen Tonnen Gestein verbauten. Dann schlossen sie die zwischen Pfeilerunterseite und Fundament verbliebenen Hohlräume mit einer Sand-Zement-Füllung, die sie in das Pfeilerinnere injizierten. Das Problem war, dass alle diese Arbeiten im offenen Meer in bis zu 30 Meter tiefem Wasser durchgeführt werden mussten. Das Problem waren auch der Sand und Schlick und die Meeresorganismen, die in der Zeit zwischen dem Aufstellen der Pfeiler, dem Bau der Schwellenkonstruktion und dem Schliessen der Pfeilerhohlräume in ebendiese Hohlräume eindringen konnten. Die Niederländer lösten auch diese Probleme – mit neuen Techniken, neuen Technologien und – neuen Geotextilien. Sie entwickelten eine Tasche aus einem gewebten Geotextil, füllten sie mit Kies mit einem Korndurchmesser von 8 bis 40 mm und befestigten sie oberhalb der Pfeilerbasis. Nach dem Aufsetzen der Pfeiler lösten sie die Kiestasche aus ihrer Aufhängung. Die Tasche fiel auf die Fundamentmatratze, umschloss die Hohlräume rund um die Pfeilerbasis und schützte sie so gegen Sand, Schlick und Meeresorganismen. Gleichzeitig diente sie als Verschalung für die spätere Schliessung der Hohlräume mit Zement.

Natürlich kann es sich hier nur um die rudimentäre Darstellung höchst komplexer und komplizierter Vorgänge handeln. Die Realisierung dieser genial einfachen Idee stellte ausserordentlich hohe Anforderungen an Material, Konstruktion und Verfahrenstechnik. Die Anforderungen ergaben sich aus der Grösse der Tasche von 100 × 8 Metern, dem Füllgewicht von 1400 kg pro Meter, dem Aufhängen, Befestigen und Lösen der Tasche. Gefordert waren bestimmte Filtereigenschaften und ein geringstmöglicher Reibungskoeffizient des Füllmaterials. Besonders hoch waren die Ansprüche an das Material, an das gewebte Geotextil hinsichtlich seiner Belastbarkeit. Die Belastungen resultierten aus dem Eigengewicht der Füllung, dem Fall der Tasche auf das Fundament und dem Abwurf bis zu 40 kg schwerer Steine auf die Kiestasche als zusätzliche Abdichtung. Immer wieder wurden



Bild 10  
Produktionsstätte «Neelte Jans»,  
Innenaufnahme

Bild 11  
Die «Cardium», mit der die Filtermatratzen transportiert und zentimetergenau auf dem Meeresboden ausgelegt wurden.



die verschiedenen Belastungssituationen durchgespielt und die kritischen Belastungsgrenzen ausgelotet. Unter Berücksichtigung der Festigkeitsverluste durch Wasserabsorption, Alterung, von alkalischem Milieu und Verdehnung wurde das Anforderungsprofil erstellt, in dem Festigkeit und obere Beanspruchungsgrenze, Sand- und Schlickundurchlässigkeit der Gewebe sowie die Festigkeit der Schlingen und Nähte genau definiert waren. Aufgrund dieses Anforderungsprofils entwickelten Chemiefaser- und Gewebehersteller gemeinsam mit den Wasserbauexperten ein Polyamidgewebe, das hohe Festigkeit mit grosser Elastizität verband. Das Polyamidgewebe wurde in einer Breite von 5 Metern auf Projektilewebmaschinen hergestellt. Zur Belastungsaufnahme im Bereich der Aufhängeschlingen wurde das Gewebe durch Verdreifachung der Kettfadendichte in einer Breite von 50 cm je Gewebemeter in Kettrichtung verstärkt. Anschliessend wurde das Gewebe zur Kiestasche konfektioniert. Da auf Pfeilerseite das Kriterium der Schlickfestigkeit eine besondere Rolle spielte, das der Permeabilität dagegen von untergeordneter Bedeutung war, wurde die Tasche auf dieser Seite zusätzlich mit einem praktisch waserdichten Gewebe gefüttert.

### Technische Textilien – ein High-Tech-Markt mit guten Chancen

Der Deltaplan, die Schliessung der Oosterschelde, ist das wohl eindrucklichste und sicher spektakulärste Beispiel für den erfolgreichen Einsatz technischer Textilien. Geotextilien, technische Textilien insgesamt, haben sich zu einem ausserordentlich interessanten Markt entwickelt. Ihre herausragenden technischen Eigenschaften, ihr geringes spezifisches Gewicht, ihre Elastizität und Stabilität, ihre Hitze-, Kälte- und Erosionsbeständigkeit machen technische Textilien, technische Gewebe zu attraktiven und höchst wirtschaftlichen Werkstoffen. Spezielle Fasern und Garntypen mit spezifischen Eigenschaften, hochfeste Synthetics, Polyester und Polyamide, Polyolefine, Polypropylen und Polyäthylen, Glasfasergarne und neue Hochleistungsfasern wie die Aramide und Kohlenstoffasern haben herkömmliche und nichttextile Materialien substituiert. Eine innovative und erfolgreiche Produkteentwicklung, neue Verfahren und Technologien haben bestehende Märkte ausgeweitet, den technischen Geweben neue Märkte erschlossen. Ohne technische Gewebe geht und läuft heute nichts mehr, weder im

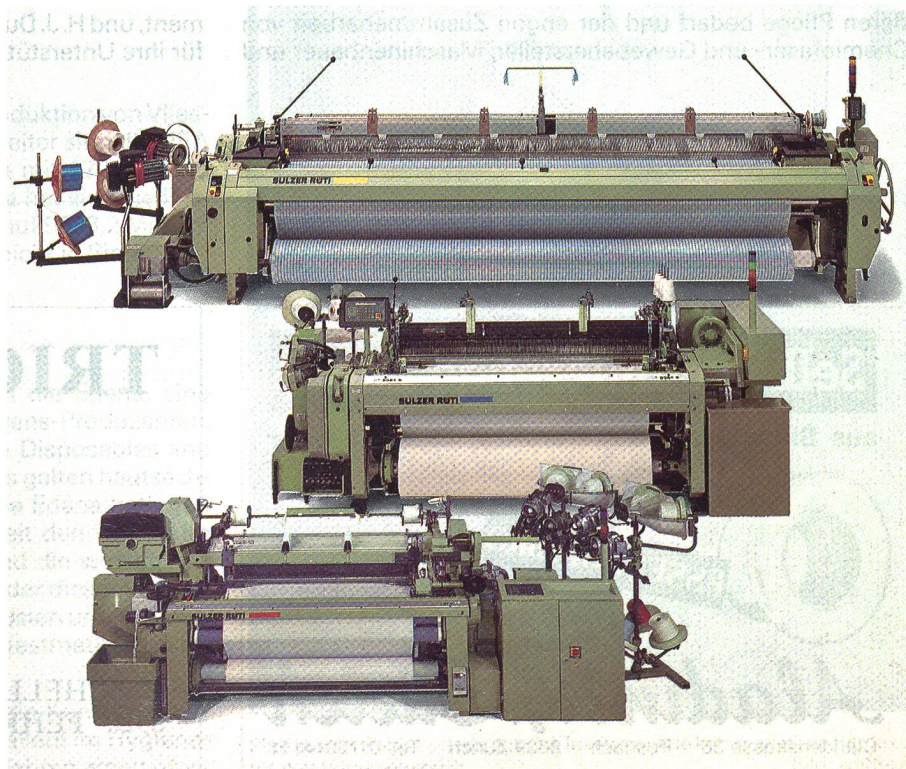


Bild 12  
Ein Grossteil aller technischen Gewebe wird auf Sulzer Rüti Hochleistungwebmaschinen hergestellt, die diesem Bereich entscheidende Vorteile bieten.



Bereich der Arbeits-, Schutz- und Sicherheitsbekleidung, im Sanitäts- und Rettungswesen, noch in den Bereichen Ferien und Sport. Im Automobilbau unterscheiden wir mehr als 25 textile und technische Anwendungen, vom Reifencord über die Filtergewebe bis zu den Innenauskleidungen und den Verbundwerkstoffen. Ähnlich ist die Situation im Flugzeug- und Schiffsbau oder in der Raumfahrt. Im Erd- und Wasserbau werden herkömmliche Baustoffe durch gewebte Geotextilien substituiert. Textiles Bauen ist längst zu einem Begriff geworden. Es gibt keinen Industriezweig, in dem technische Gewebe nicht eine wichtige Rolle spielen, als Präzisionsgewebe, Sieb- und Filtergewebe, als Schablonengewebe für die Druckindustrie oder für Armierungen und Isolationen. Förderbänder und Pipelines, flexible Silos und Container-Innenhüllen, Schüttgut- und Flüssigkeitsbehälter, LKW- und Abdeckplanen aus beschichteten, hochfesten Synthetics haben heute schon einen beträchtlichen Anteil am technischen Gewebemarkt. Auch in der Landwirtschaft, im medizinischen und ökologischen Bereich werden in zunehmendem Masse technische Gewebe eingesetzt. Ein Grossteil aller technischen Gewebe wird auf Sulzer Rüti Hochleistungswebmaschinen hergestellt, die diesem Bereich entscheidende Vorteile bieten (Abb. 12).

Technische Textilien, technische Gewebe sind Werkstoffe mit Zukunft, ein Wachstumsmarkt mit guten Chancen vor allem für die Textilindustrie in den hochindustrialisierten Ländern. In Westeuropa gehen heute schon 20% der textilen Produktion in technische Anwendungen, in den USA und in Japan bereits 30% und mehr. Fachleute sagen den technischen Textilien bis zum Jahre 2000 eine weitere beträchtliche Erhöhung ihres Anteils voraus. Der Vorsprung der Industrieländer erklärt sich aus dem ausserordentlich hohen Forschungs- und Entwicklungsaufwand, den dieser technisch anspruchsvolle Markt erfordert, und den hohen Qualitätsansprüchen, die hier gestellt werden. Die Herstellung technischer Textilien, technischer Gewebe setzt ein Know-how voraus, über das die Schwellen- und Entwicklungsländer nicht oder noch nicht verfügen. Dieses «gewusst wie» macht selbst Unternehmen in den Industrieländern den Einstieg in diesen Markt nicht einfach. Ein weiteres entscheidendes Kriterium: Technische Gewebe setzen Marktnähe voraus, handelt es sich hier doch mehrheitlich um High-Tech-Produkte, um Textilien nach Mass, um einen Markt also, der der besonderen Pflege bedarf und der engen Zusammenarbeit von Chemiefaser- und Gewebehersteller, Maschinenbauer und

Anwender. Die in den Niederlanden eingesetzten gewebten Geotextilien, von Wasserbauexperten gemeinsam mit Chemiefaser- und Gewebeherstellern entwickelt und von namhaften niederländischen und deutschen Textilunternehmen mehrheitlich auf Sulzer Rüti Projektilwebmaschinen mit einer Arbeitsbreite bis zu 545 cm hergestellt, zeigen dies deutlich.

K. H. Kessels, Sulzer Rüti

#### Quellen:

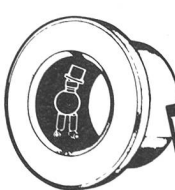
Rijkswaterstaat  
Deltadienst  
Robusta B.V.  
Genemuiden, NL  
Delta-Phot  
Luchtfotografie, Middelburg, Holland  
Aerocamera  
Bart Hofmeester  
Aeroview B.V.  
Rotterdam

#### Literaturhinweise:

Visser, T. and Mouw, K.A.G.  
Rijkswaterstaat Delta Department  
The Development and Application of Geotextiles on the Oosterschelde-Project  
Second International Conference on Geotextiles, Las Vegas, USA  
Dorr, H.C. and De Haan, D.W.  
Dobouw Contractors  
The Oosterschelde Filter Mattress and Gravel Bag  
Second International Conference on Geotextiles, Las Vegas, USA  
Das Sturmflutwehr in der Oosterschelde  
DOSBOUW v.o.f. und Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Siggi Weidemann  
Küstenschutz - Holland hält dicht  
hobby-magazin der technik 7/1986  
Den Herren K.A.G. Mouw, Rijkswaterstaat, Delta Department, und H. J. Dunnewind, Robusta B.V., sei an dieser Stelle für ihre Unterstützung besonders gedankt.

## Selbstschmierende Lager

aus Sintereisen, Sinterbronze, Graphitbronze



Glissa  
ESSEM/GLIBRO  
Glissec

Über  
500 Dimensionen  
ab Lager Zürich  
lieferbar

**Aladin AG. Zürich**

Claridenstrasse 36 Postfach 8039 Zürich Tel. 01/2014151

## TRICOTSTOFFE

bleichen  
färben  
drucken  
ausrüsten

E. SCHELLENBERG TEXTILDRUCK AG  
8320 FEHRALTORF TEL. 01-954 12 12