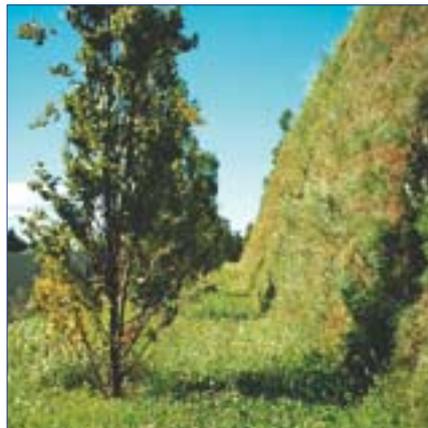
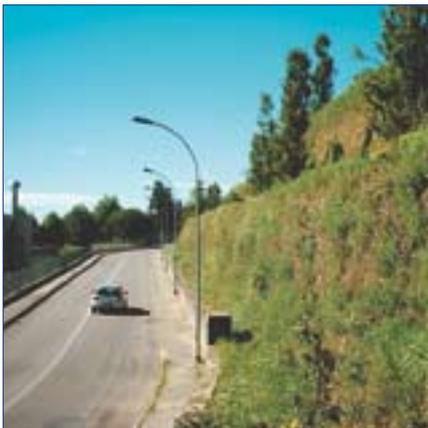




TENAX RIVEL  
INTEGRIERTES SYSTEM FÜR  
**BEWEHRTE ERDE**

Die Entwicklung von Besiedlungen erfolgte oft an Orten, die durch ihre geografische Position und Umweltbedingungen günstig gelegen waren, die aber in einigen Fällen nicht ebenso geeignet für die Errichtung von Wohn-, Produktions- und Handelsgebäuden waren. Abhänge, Steilhänge und unwirtliche Oberflächen sind im Laufe der Zeit durch Techniken und Mittel, die sich in ständiger Weiterentwicklung befinden, verändert worden. Hangverbauungen, Befestigung von Straßenaufschüttungen, Erdbeben gefährdete Abhänge, Steinschlag-Schutzvorrichtungen, Kanäle, Dämme, Mülldeponien: sind nur einige der zahlreichen Anwendungsbereiche für bewehrte Erde mit synthetischen Elementen, einer Konstruktionstechnik, die weltweit in den fortschrittlichsten Werken in den Bereichen Ingenieurbau, Umwelt und Geotechnik unter umfassender Beachtung des Umweltschutzes eingesetzt wird.



# EINFÜHRUNG IN DIE BEWEHRTE ERDE

Unter der Bezeichnung "bewehrte Erde" versteht man einen Verbundstoff, der die Widerstandskräfte zweier unterschiedlicher Materialien vereinigt, des Bodens und des Geokunststoffes für die Bewehrung, so dass auf synergetische Weise die Gesamteigenschaften der zusammen eingesetzten Materialien verbessert werden können. Besonders die geotechnischen Eigenschaften des Bodens (Druckfestigkeit und Scherfestigkeit) werden durch die Kombination mit den Geokunststoffen,

Kunststoffmaterialien mit hoher Zugfestigkeit, verbessert. Damit ist es möglich Böschungen und stabile Ufer mit sehr hohen Neigungswinkeln und kleineren Querprofilen herzustellen und dabei gleichzeitig Raum und Aushubmaterial zu sparen. Das patentierte System **TENAX RIVEL**, eine hochentwickelte Technologie der bewehrten Erde, bei der das Kunststoff-Bewehrungselement aus einem einaxial gestreckte Geogitter aus HDPE (Polyäthylen mit hoher Dichte) aus der

Serie **TENAX TT SAMP** besteht, ordnet sich in den Zusammenhang von Boden-Sicherungsarbeiten ein, die sich durch sehr geringe oder keinerlei Auswirkungen auf die Umwelt auszeichnen.

Das System besteht aus drei Elementen: die Bewehrungs-Geogitter, das Füllmaterial und die Frontseiten-Elemente.

*Die bewehrten Erden mit grasbewachsener Verblendung sind ein gutes Alternativsystem zu Stahlbeton, besonders wenn die Umweltauswirkungen von Werken mit zyklischen Ausmaßen sorgfältig abgeschätzt werden müssen. Im TENAX-Industriegebiet, das im Herzen der grünen Brianzer Hügel liegt, musste eine Erweiterung des Material-Lagerplatzes vorgenommen werden.*

*Die Aufschüttungen wurden mit dem System TENAX **RIVEL** ausgeführt, mit dem der Raum bis zur Grundstücksgrenze genutzt*

*werden konnte. Für diese Arbeit wurden 10 Meter hohe Mauern mit einem Neigungswinkel von 75° hergestellt, die bereits wenige Wochen nach Abschluss der Arbeiten begrünt und mit Büschen und hochstämmigen Bäumen bepflanzt waren.*

*Die beiden Aufschüttungen folgen der Kurve der Grundstücksgrenze und vereinigen sich an der Zufahrtsrampe zum Unternehmen. Im nachstehenden Foto wird die "grüne Mauer" von einer diagonalen Rampe unterbrochen und passt sich leicht an die umliegende Landschaft an.*



# DIE GROSSEN ARBEITEN UND DER PRIVATE BEREICH

Die Technik der bewehrten Erde wird allgemein für die großen Bauvorhaben im Bereich des Umweltingenieurwesens und bei der Landschaftsplanung eingesetzt, da sie ein wertvolles Arbeitsinstrument für die Befestigung von Abhängen und bei der Vorbeugung gegen Erscheinungen hydrogeologisch instabiler Zustände ist. Die Flexibilität des Systems **TENAX RIVEL** und die Einfachheit bei der Installation ermöglichen einen Einsatz auch bei kleineren Arbeiten, wie sie zum Beispiel im privaten Bereich für die Befestigung oder das Profilieren von Abhängen, Böschungen und Ufern bzw. für die Einschränkung von Umweltauswirkungen bei Bauwerken benötigt werden.

Foto 2 und 3: Stützmauer und Kronen-Verbreiterung für neue Wohnsiedlung.

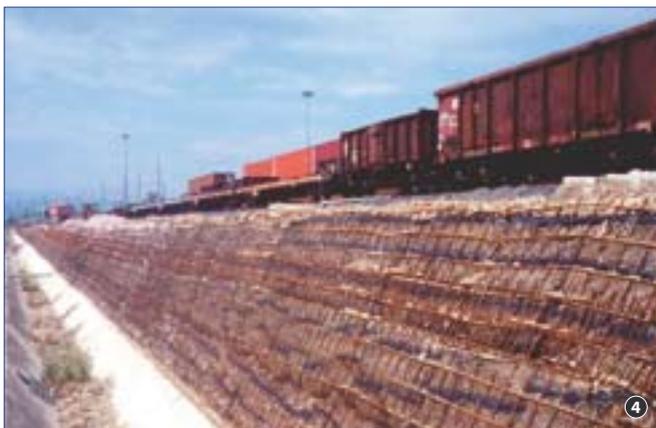


Foto 4: Eisenbahn-Stützaufschüttung für neues Schienengleis (Jesi, Italien).

Foto 5: Architektonische Lösungen mit geringer Umweltauswirkung für die Ausführung von Zufahrten zu einem privaten Wohngebäude.



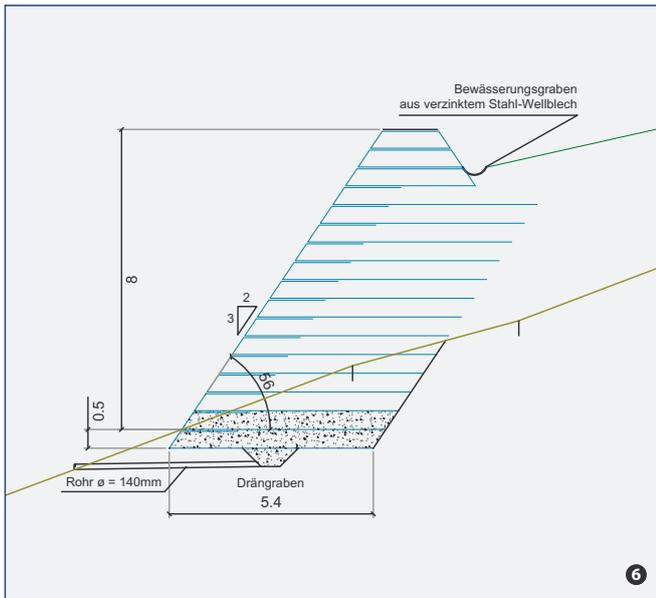


Foto 1 und Abbildung 6: Bei den Arbeiten für die Sanierung des Erdbebens oberhalb des Rastplatzes Grontone an der Autobahn der Cisa waren umfangreiche und sorgfältige Arbeiten zur Dränung des Wassers, eine Neuprofilierung der Hänge mit einer Geometrie, die die Hangstabilität sicherstellte, die Sicherung der Hänge mit Metallnetz

verstärkten Naturstoff-Matten (Biomatten aus Stroh und Kokos) sowie die Errichtung von Stützstrukturen aus vollständig begrünter, bewehrter Erde am Hangfuß erforderlich.

Foto 7: Ein Beispiel für Aufwertung der Umwelt: der ehemalige Bruch der Combi im Landkreis Lecco (Italien). Die Aufschüttungen aus bewehrter Erde sind durch das Pflanzen autochthoner Baumarten vollständig begrünt worden.



Foto 8: Schallschutzwände aus bewehrter Erde am Autobahnabschnitt Bologna-Casalecchio.

Foto 9: Stützmauer in der Nähe des Wohngebietes.



Foto 10: A32 Autobahnabschnitt Savoulx-Bardonecchia: Außerordentliche Wartungsarbeiten für die Verbesserung der Sicherheitsbedingungen und Bau der vierten Fahrspur.

Foto 11: Spundwanddamm in einer Mülldeponie für feste Siedlungsabfälle mit Zufahrtsrampe zur Anlage.

# INSTALLATIONSVERFAHREN UND KONSTRUKTIONSDetails

TENAX **RIVEL** ist ein einfach zu installierendes System und erfordert keinen Einsatz von Fachkräften. Für optimale Ergebnisse müssen allerdings die Auslegungsbestimmungen und die Installationsverfahren eingehalten werden.



## 1. Vorbereitung des Unterbaus:

um eine zu starke Setzung und mögliche Verformungen an der Geometrie des Bauwerkes zu vermeiden, ist es wichtig, dass der Unterbau angemessen auf die vorgesehene Belastung ausgelegt wird. Es sollte auch eine Fundament-Dränschicht vorgesehen werden. Die Trassierung der Straßenaufschüttung vornehmen (Foto 1).

## 2. Montage des Systems:

- 2.1. Die gebogenen Baustahlmatten positionieren, ausrichten und untereinander mit Eisendraht verbinden;
- 2.2. Die Geogitter-Rollen abwickeln und mit einem Cutter auf die im Plan angegebenen Längen zuschneiden (für die Ausführung dieser Arbeiten sollte ein extra Bereich vorgesehen werden); Die Schnittlänge wird von der Verankerungstiefe, dem Umschlag an der Frontseite (ungefähr 70 cm) und der oberen Umschlaglänge (mindestens 150 cm) vorgegeben;
- 2.3. Die Geogitter-Zuschneide innerhalb der gebogenen Baustahlmatten auf die Unterbaufäche legen. Die einzelnen Lagen müssen senkrecht zur Frontseite ausgelegt werden. Das Geogitter muss an der Innenseite der Baustahlmatte verlegt werden und nach außen mit einem Umschlag von ungefähr 150 cm umgelegt werden (Foto 2);
- 2.4. Das hintere Ende der Geogitter-Zuschneide muss mit U-förmigen Eisenpflocken am Boden befestigt werden, so dass das Geogitter in Position gehalten wird;
- 2.5. Auslegen der Erosionsschutzmatte: Die Fronseite komplett unterfüttern. Dazu werden die Matten, die in Rollen mit geeigneter Breite geliefert werden, um ungefähr 100 cm abgewickelt (Foto 3);
- 2.6. Die für die Versteifung benötigten gebogenen Anker anbringen, ungefähr alle 45 cm einen Anker (Foto 4).



## 3. Auslegen und Verdichtung des Füllmaterials:

- 3.1. Das vorgesehene und gelieferte Füllmaterial am Fuß des Bauwerkes oberhalb der Geogitter in Schichten von jeweils ungefähr 30 cm ausbreiten. In der Nähe der Frontseite sollte für ungefähr 25-30 cm Humuserde verwendet werden (Foto 5);
- 3.2. Soweit verdichten, bis eine Verdichtung von nicht weniger als 95% des Proctor-Standards erreicht ist. In der Nähe der Frontseite erfolgt die Verdichtung für eine Tiefe von ungefähr 1,00 m mit Vibrationsverdichtern oder Vibrations-Bodenverdichtungsplatten. Im hinteren Bereich werden Verdichtungswalzen mit ausreichender Leistung verwendet (Foto 6 und 7);
- 3.3. Nach Ende des Auffüllens muss das vorher an der Außenseite der gebogenen Baustahlmatten

- 3.2. Soweit verdichten, bis eine Verdichtung von nicht weniger als 95% des Proctor-Standards erreicht ist. In der Nähe der Frontseite erfolgt die Verdichtung für eine Tiefe von ungefähr 1,00 m mit Vibrationsverdichtern oder Vibrations-Bodenverdichtungsplatten. Im hinteren Bereich werden Verdichtungswalzen mit ausreichender Leistung verwendet (Foto 6 und 7);
- 3.3. Nach Ende des Auffüllens muss das vorher an der Außenseite der gebogenen Baustahlmatten



# DIE SYSTEM-KOMPONENTEN

## Das Bewehrungselement

Die Geogitter **TENAX TT SAMP** sind zweidimensionale Strukturen, die aus HDPE im Extrusions-Verfahren hergestellt und einaxial gestreckt werden. Sie sind vom ITC-CNR (italienisches Institut für Bautechnologie-italienischer Nationaler Forschungsrat) für die Herstellung steiler bewehrter Abhänge mit Neigungswinkeln bis 85° zertifiziert.

### LANGZEIT- BESTÄNDIGKEIT

Die Geogitter **TENAX TT SAMP** sind für mehr als 10 Jahren bei unterschiedlichen Temperaturen Dehnungs-Dauertests ausgesetzt worden. Aus den Testergebnissen, die aus 1.000.000 Stunden (120 Jahren) extrapoliert wurden, kann eine Langzeit-Beständigkeit von über 40% der Spitzen-Festigkeit berechnet werden. Die Langzeit-Beständigkeit der einzelnen im Handel erhältlichen Geogitter kann anhand einer allgemeinen Testmethode verglichen werden, die das Verhalten der Geogitter, und nicht ihrer Komponenten, darstellt. So leiten zum Beispiel Dauertests an der Fasern der gewebten Geogitter in die Irre: der Wert für die Langzeit-Beständigkeit von 60% der Zugfestigkeit bezieht sich auf die Faser, aus dem das gewebte Geogitter besteht,

während der tatsächliche Wert 40% des Spitzenwertes entspricht.

**Tabelle A - ZUGFESTIGKEIT DER GEOGITTER TT (Zertifikat ITC N° 580/02)**

Eigenschaften	M.E.	TT045 SAMP	TT06 SAMP
Zugfestigkeit	kN/m	45	60
Deformation bei Spitzenbelastung	%	11.5	13
Knotenfestigkeit	kN/m	36	50
Langzeit-Beständigkeit (RPLT) auf 120 Jahre	kN/m	21.2	28.3
Festigkeit bei 2% Dehnung	kN/m	11.0	17.0

### BESCHÄDIGUNGS - FESTIGKEIT

Wenn der Boden, speziell bei Bruchschotter, auf den Geogittern ausgebreitet und verdichtet wird, können die Geogitter durch den Druck und die Abschürfung durch das Zuschlagmaterial beschädigt werden. Ausführliche Testprogramme, die durchgeführt wurden, um die Rest-Zugfestigkeit unterschiedlicher Geokunststoffe zu bewerten, die im Labor und unter tatsächlichen Einsatzbedingungen einem Beschädigungs-Verfahren ausgesetzt waren, haben gezeigt, dass das Verhalten von extrudierten Geogittern und gewebten Geogittern vollständig unterschiedlich ist. Das Produktionsverfahren für die extrudierten TENAX-Geogitter ermöglicht die Herstellung eines Produktes mit Elementen (Längs- und Querelementen), die eine Kontinuität der Molekülketten an der gesamten monolithischen Struktur des Geogitters garantieren. Diese Struktur ist weniger empfindlich für Scherkräfte, Abrieb, Perforation und Beschädigung

durch Verdichtung, auch bei sehr starken Aufprallenergien, wie z. B. beim direkten Abladen des Zuschlagmaterials auf die Geogitter. Der Sicherheitsfaktor gegen Beschädigungen während der Konstruktion kann wie in Tabelle B1 angegeben zusammengefasst werden. Im Gegensatz dazu können die einzelnen Fasern, aus denen die Längs- und Querelemente der gewebten Geogitter bestehen, leicht durch die Teilchen des Zuschlagmaterials zerschnitten werden, und die dünne Abdeckungsschicht aus PVC oder ähnlichem Material reicht nicht aus, um sie zu schützen. Einen Hinweis auf die Reduzierungs-Parameter bei mechanischer Beschädigung einiger Arten im Handel erhältlicher Geokunststoffen für Bewehrungen liefert die Federal Highway Administration der Vereinigten Staaten (Elias, 1996). Siehe Tabelle B2.



**Tabelle B1 - SICHERHEITSFAKTOR GEGEN BESCHÄDIGUNG (I.T.C.)**

Bodenart	D <sub>max</sub> Teilchen (mm)	Faktor f <sub>m21</sub>
Schotter mit Gestein	< 125	1.07
Grob gebrochener Schotter	< 75	1.03
Mittelgrob gebrochener Schotter	< 40	1.00
Sand, Lehm und Schlämme	< 6	1.00

**Tabelle B2 - SICHERHEITSFAKTOR GEGEN BESCHÄDIGUNG (FHWA)**

Bodentypologie Bewehrungstypologie	D <sub>max</sub> 100 mm D <sub>50</sub> 30 mm	D <sub>max</sub> 20 mm D <sub>50</sub> 0.7 mm
PVC-beschichtete, gewebte PET-Geogitter	1.30 – 1.85	1.10 – 1.30
Gewebte Geogitter (PP und PET)	1.40 – 2.20	1.10 – 1.40
Nicht gewebte Geogitter (PP und PET)	1.40 – 2.50	1.10 – 1.40
Geogitterstreifen (PP)	1.60 – 3.00	1.10 – 2.00



Bodkin: Längsverbinding von zwei Geogitter-Teilen TENAX TT SAMP.

## KNOTENFESTIGKEIT

Die Knotenfestigkeit ist ein grundlegender Parameter zur Bewertung des für das Geogitter vorgesehenen seitlichen Einschließens des Bodens und des Kriechverhalten des Geogitters aus dem Boden.

Außerdem erhält die Knotenfestigkeit auch jedes mal dann eine strukturelle Bedeutung, wenn eine Längsverbinding zwischen zwei Geogitter-Teilen (Bodkin) hergestellt werden soll, da diese die Kraftübertragung zwischen den einzelnen Teilen und den einzelnen Fasern ermöglichen muss.

Da die Geogitter anhand ihrer Langzeit-Beständigkeit entwickelt werden, werden sie nie Kräften ausgesetzt, die größer als die Langzeit-Beständigkeit sind. Daher wäre

ein rationaler Annäherungsversuch an die Spezifikationen, dass die Knotenfestigkeit mindestens 1.50 x "Langzeit-Beständigkeit" sein müsste, so wie es bei den Geogittern **TENAX TT SAMP** der Fall ist. Wenn dieses Verhältnis erfüllt ist, braucht kein weiterer Sicherheits-Koeffizient für die Knotenfestigkeit angewandt zu werden. Die Knotenfestigkeit unterscheidet die extrudierten Geogitter erheblich von den gewebten oder verschweißten Geogittern, bei denen die Zugfestigkeit an den Verbindungen maximal 20% des Spitzenwertes entspricht.

## SAMP

NO P	TT090 SAMP	TT120 SAMP	TT160 SAMP
	90	120	160
	13	13	13
	80	110	130
	42.4	56.5	75.4
	26.0	36.0	45.0



## CHEMISCHE BESTÄNDIGKEIT

Chemisch aggressive Umgebungen können das Langzeitverhalten der Geogitter, je nach Zusammensetzung ihrer Polymerverbindungen, beeinflussen. Das HDPE (Polyäthylen mit hoher Dichte) ist das reaktionsträgste Polymer und daher widerstandsfähiger gegen chemisch aggressive Mittel.

In den USA gemäß den EPA-Standards 9090 ausgeführte Tests an den Geogittern **TENAX TT SAMP** bescheinigen, dass diese keine chemischen Angriffe durch normalerweise im Boden enthaltene Stoffe, oder sogar in besonders aggressiven Umgebungen, fürchten (z. B. in einer kontrollierten

Mülldeponie für feste Siedlungsabfälle). Für die chemische Beständigkeit braucht kein Sicherheits-Koeffizient für die HDPE-Geogitter **TENAX TT SAMP** angewendet zu werden. Ist PET hingegen für 20 Monate einer Umgebung mit einem pH-Wert=9 ausgesetzt, kann ein Beständigkeitsverlust von 9% verzeichnet werden (innerhalb eines vergleichbaren Zeitraums verursacht die Hydrolyse sogar in sauberem Wasser einen Beständigkeitsverlust von 3%). Für PET-Materialien (Geokunststoffe oder gewebte Geogitter) ohne geeignete Zertifizierung, die die Beständigkeit garantieren, empfiehlt die FHWA (amerikanische Bundesautobahnbehörde) die Anwendung teilweiser und sehr konservativer Sicherheitsfaktoren (siehe Tabelle C).

# DIE SYSTEM-KOMPONENTEN

## Die Fronseiten-Elemente



### DAS FÜLLMATERIAL

Die Technik der bewehrten Erde gestattet die Verwendung von jeglichen Bodenarten zum Auffüllen. Es sollte aber ein dränierendes körniges Material mit hohem internen Reibungswinkel verwendet werden, das möglichst frei von größeren Kieselsteinen sein sollte, da diese die Verdichtung schwieriger gestalten.

Hat das auf der Baustelle zur Verfügung stehende Zuschlagmaterial geringe geomechanische Eigenschaften, wird ein Zumischen von Sand und Schotter empfohlen.

Es können auch mit Kalk stabilisierte

minderwertige Böden benutzt werden. Diese Böden können nur mit extrudierten HDPE-Geogittern aber nicht mit PET-Bewehrung verwendet werden, da diese in basischer Umgebung einem chemischen Zerfall ausgesetzt sind.

In der Nähe der Wandfläche wird ein Auffüllen mit Humusboden empfohlen, so dass optimale Voraussetzungen für ein Wurzeln und den Verbleib der Grasnarbe geschaffen werden.

Das Füllmaterial muss in mehreren Durchgängen mit Schichtstärken von 0,30 - 0,35 m ausgebreitet und verdichtet werden, bis eine Verdichtung von nicht weniger als 95% des Proctor-Standards erreicht ist.

### FEUERWIDERSTAND

Um die tatsächliche Gefahr bewerten zu können, die für die Stabilität und Integrität einer Struktur aus mit Geogittern **TENAX TT SAMP** bewehrten Erde besteht, müssen folgende Situationen berücksichtigt werden:

#### Brand nach Installation, vorm Wachsen der Vegetation

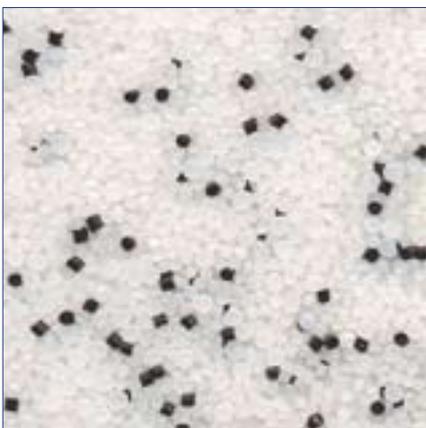
Unter diesen Voraussetzungen kann das Bewehrungselement an der Frontseite durch das Feuer beschädigt werden, auch wenn die im System **TENAX RIVEL** verwendeten Metallwandzellen, nach örtlicher Zerstörung von Bewehrungselementen, dem Boden an der Fronseite einen ausreichend Halt bietet. Die Stabilität des Bauwerkes wird auf keinerlei Weise beeinträchtigt, da sich der Teil der Bewehrung, der für die Stabilität sorgt, im Boden befindet.

Damit sich ein Brand ausbreiten kann, müssen ein Brennmittel und ein Verbrennungsmittel vorhanden sein.

Alle Kunststoffmaterialien, obwohl sie selbstlöschend sind, sind Brennmaterialien. Das für die Ausbreitung der Flamme benötigte Verbrennungsmittel ist der Sauerstoff. Im Boden, aus dem die bewehrte Erde besteht, fehlt das Verbrennungsmittel. Die Flamme findet keine Nahrung, kann sich daher nicht ausbreiten und den für die Stabilität des Bauwerkes wichtigen Teil beschädigen.

#### Brand nach Installation, mit grasbewachsenem Abhang

In diesem Fall ist das Gras das eigentliche Brennmittel: Die Flammen breiten sich oberhalb der Bodenoberfläche aus, da die Flammen dazu neigen sich nach oben auszubreiten. Daher ist die in Flammen stehende Oberfläche vom Bewehrungselement an der Frontseite entfernt.



*Die Geogitter **TENAX TT SAMP** werden durch Verwendung einer Master-Farbe stabilisiert, die Carbon Black enthält, und die das Polymer gegen die durch UV-Strahlung verursachte Zersetzung schützt.*

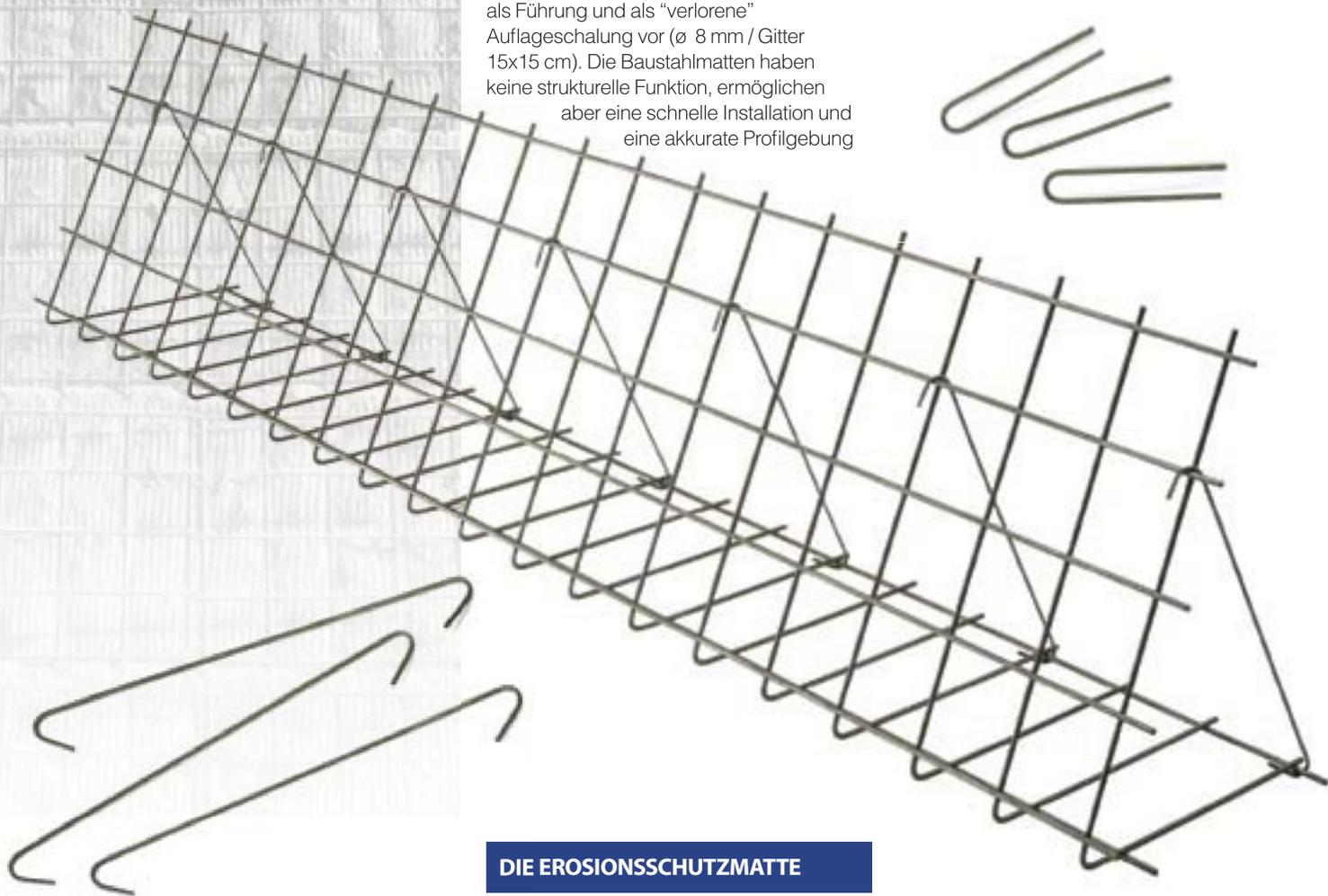
**Tabelle C - MANTELSCHUTZFAKTOREN FÜR CHEMISCHE AGGRESSION BEI UNTERSCHIEDLICHEN BODEN-SÄUREGRADEN (FHWA)**

	$3 \leq \text{pH} < 5$	$5 \leq \text{pH} \leq 8$	$8 < \text{pH} \leq 9$
PET-Geogitter	2.00	1.60	2.00
PVC-beschichtete, gewebte PET-Geogitter	1.30	1.15	1.30

## DIE WANDZELLE AUS ELEKTROGESCHWEIßTEN BAUSTAHLMATTEN

Das System **TENAX RIVEL** sieht an der Frontseite den Einsatz von Wandzellen aus elektrogeschweißten Baustahlmatten als Führung und als "verlorene" Auflageschalung vor ( $\varnothing$  8 mm / Gitter 15x15 cm). Die Baustahlmatten haben keine strukturelle Funktion, ermöglichen aber eine schnelle Installation und eine akkurate Profilgebung

für das Bauwerk. Die Baustahlmatte wird zusammen mit Versteifungsankern (1 jeweils ungefähr 45 cm) und U-förmigen Pflöcken, 30 cm lang, die für die Befestigung des Geogitters am Boden (1 jeweils ungefähr 1 m) benötigt werden.



## DIE EROSIONSSCHUTZMATTE

Bei jeder Arbeit im Bereich der Landschaftstechnik hat die Vegetation eine aktive Rolle beim Hangschutz.

Ohne ihren Beitrag ist der Eingriff unvollständig und weniger wirksam. Ein Grasbewuchs der Wand mittels Nasssaat versteckt die künstlichen Systemelemente vollständig und reduziert deutlich die Umweltauswirkungen des Bauwerks. Für den Grasbewuchs der bewehrten Erde werden ortsübliche Samen Grassorten verwendet.

Die Keimungs- und Begrünungszeiten am Bauwerk können, je nach den jahreszeitlichen Klimabedingungen, zwischen vier bis acht Wochen variieren.

Es wird empfohlen die Nasssaat während der feuchtesten Monate im Jahr vorzunehmen.

Um die Wand des Bauwerks aus bewehrter Erde gegen Erosion zu schützen und für die Nasssaat eine geeignete Oberfläche zu bieten, ist für das System **TENAX RIVEL** an der Frontseite der Einsatz von Biomatten aus

Jute oder Stroh und Kokos vorgesehen. Eine andere Möglichkeit der Begrünung ist die Verwendung eines vorbesäten Biogewebes.

Das vorbesäte Biogewebe besteht aus biologisch abbaubaren Viskosefasern, mit Samen unterschiedlicher Grassorten und Düngemittel, welches ein rasches, verbreitetes und gleichförmiges Wachstum der Vegetation und garantiert. Die Keimung wird durch den langsamen biologischen Abbau des Gewebes erleichtert, bei dem keine chemisch-physikalischen Reste hinterlassen werden und das umliegende Ökosystem nicht beeinträchtigt wird. Die Auswahl der Samenmischung sowie die Samenmenge pro Quadratmeter kann für besondere Planungsanforderungen, bodenkundliche und klimatische Bedingungen entsprechend vorbereitet werden.

Die Pflanzenabdeckung der Wand kann auch durch Pflanzen von Stecklingen, Wurzelstöcken und Stauden, erfolgen, die zwischen zwei Bewehrungsschichten eingesetzt werden: auf diese Weise wird ein gleichmäßiger Abdeckungseffekt sichergestellt.



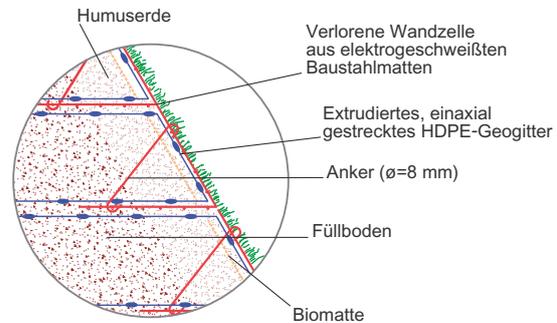
gelassene Teil des Geogitters auf die verdichtete Aufschüttung umgeschlagen, leicht gezogen und mit U-förmigen Eisenpflocken befestigt werden.

4. Die Montage-Arbeitsschritte von Punkt 2.1 bis Punkt 3.3 sooft wiederholen, bis die Planungshöhe erreicht ist.

5. Sind keine eingesäten Biogewebe verwendet worden, kann die Fronseite mit Nasssaat oder durch Pflanzen von bodenbedeckenden Pflanzen, Gebüsch oder Stecklingen begrünt werden.

Foto 8: Beispiel für die Anbringung einer Brüstung oder Leitplanke.

Foto 9: Detail eines Verbindungswinkels der bewehrten Erde mit bereits bestehenden Stahlbeton-Strukturen (Mauerflügel, Brücken-Widerlager).



Obenstehende Abbildung: Schematisches Detail der Fronseite.

Foto 10: Verbergen von Stahlbeton-Hangars für die Eingliederung in das Landschaftsbild.

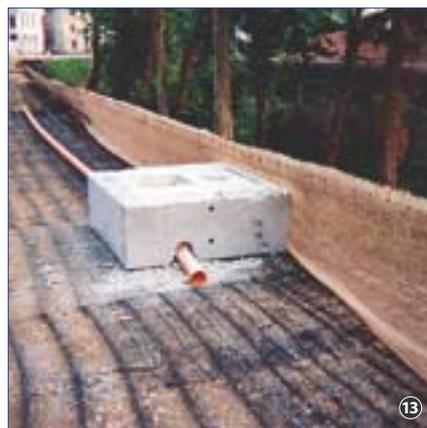
Foto 11: Je nach dem, ob es sich um einen konkaven oder konvexen Abschnitt handelt, werden die Geogitter am Kopf- oder Heckteil übereinander gelegt.

Foto 12: Brüstung gemäß den Baustellen-Sicherheitsvorschriften.

Foto 13: Vor dem Auffüllen der letzten Aufschüttungslage können Zement-Schächte für das Aufstellen der Straßenbeleuchtungs-Masten hergestellt werden.

#### Für eine schnelle Installation empfohlenes, hilfreiches Zubehör:

- ▶ Stützbock mit Baum zum Abwickeln der Geogitter-Rollen;
- ▶ Cutter oder Schere zum Schneiden der Geogitter;
- ▶ Schneidzange für das gelegentliche Abschneiden von Teilen der gebogenen Baustahlmatte;
- ▶ Metalldraht zum Verbinden der gebogenen Baustahlmatten.



# HINWEISE ZUR THEORIE

Ein einfaches Modell hilft bei der Erklärung des Prinzips, auf der die Technik der bewehrten Erde basiert.

Ein Bodenelement (Fig. 1a), Teil einer unbestimmten Masse, erfährt nach Anbringen einer vertikalen Kraft  $\sigma_v$ , eine horizontale Verformung  $\epsilon_h$ ; dieser Verformung setzt sich der umliegende Boden mit einer horizontalen Eingrenzung  $\sigma_h$  entgegen.

Ist ein Bewehrungselement in den Boden eingesetzt (Fig. 1b) verursacht die vom Boden erlittene horizontale Verformung  $\epsilon_h$ , eine Verformung der Bewehrung, der die Bewehrung eine Reaktionskraft  $F$  entgegengesetzt, die in eine zusätzliche Druckbeanspruchung  $\sigma_h^*$  umgewandelt wird. Die Einbeziehung eines Bewehrungselementes ermöglicht daher die Druckfestigkeit des Bodens zu erhöhen.

Unter Berücksichtigung der Scherspannungen (Fig. 2) in einem schwimmenden Bodenelement, ergibt sich:

$$(\tau_{xy})_{\max} = \sigma_y \cdot \tan \phi_{\max}$$

wo:

$\phi_{\max}$  = Maximaler Winkel der Boden-Scherfestigkeit;

$(\tau_{xy})_{\max}$  = maximale vom Boden gelieferte Scherbeanspruchung.

Wird das Bodenelement von einem Bewehrungselement durchquert, das mit einem Winkel  $\theta$  in Bezug auf die Vertikale geneigt ist (Fig. 3), ist der Spannungszustand geändert, weil die Beanspruchung  $T$  eine Scherkraft erzeugt, die das Produkt der tangentialen Komponente  $T \cdot \sin\theta$  ist, während die normale Komponente  $T \cdot \cos\theta$  durch den Reibungswinkel  $\phi_{\max}$  des Bodens eine weitere Kraft  $\tau_{xy}$  erzeugt.

$$(\tau_{xyr})_{\max} = \sigma_{yr} \cdot \tan \phi_{\max} + (T/A_s) \cdot \cos\theta \cdot \tan \phi_{\max} + (T/A_s) \cdot \sin\theta$$

*Gesamt-Scherfestigkeit*

*Scherfestigkeit des Bodens*

*Durch Normal-komponente von T erzeugte Scherbeanspruchung*

*Durch Tangential-komponente von T erzeugte Scherbeanspruchung*

wo:

$A_s$  = Bereich des Bewehrungselements.

$(\tau_{xyr})_{\max}$  = maximaler Wert für die Scherfestigkeit des bewehrten Bodens.

Auf diese Weise wird die Normalbeanspruchung auf das Bodenelement erhöht um:

$$\sigma_y^{\wedge} = (T/A) \cdot \cos\theta$$

während die maximale Scherbeanspruchung, die der Boden aushalten kann, erhöht um:

$$\tau_{xyr}^{\wedge} = (T/A_s) \cdot \cos\theta \cdot \tan \phi_{\max} + (T/A_s) \cdot \sin\theta$$

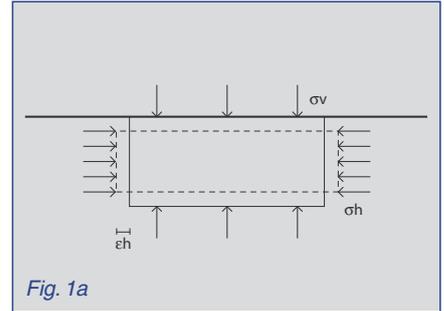


Fig. 1a

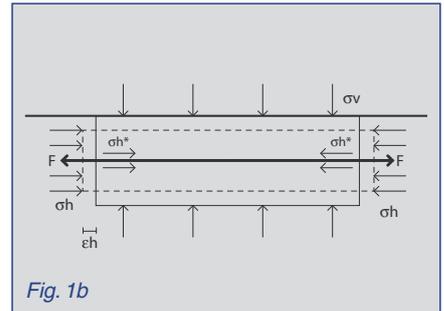


Fig. 1b

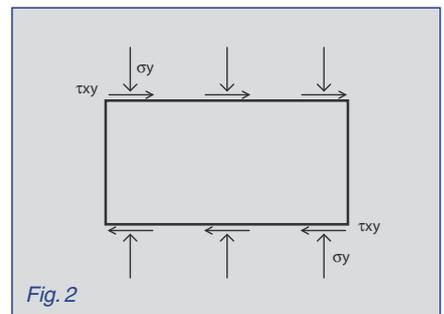


Fig. 2

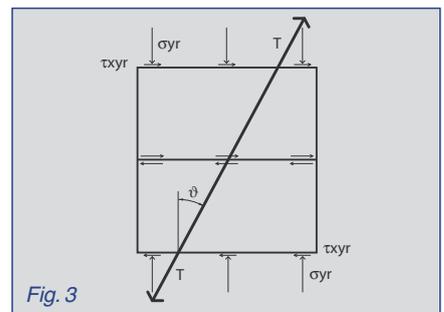


Fig. 3



Die Faktoren, die die Scherfestigkeit des bewehrten Bodens beeinflussen, sind:

- ▶ Festigkeit und Steife der Bewehrung in Bezug auf den umliegenden Boden;
- ▶ Position der Bewehrung;
- ▶ Form der Bewehrung, die einen hohen Reibungswinkel mit dem Boden haben muss;
- ▶ Eigenschaften der Langzeit-Beständigkeit (Dehnung unter Dauer-Zugbelastung) der Bewehrung während der Projekt Lebensdauer;
- ▶ Beständigkeit der Bewehrung.

Besonders die geometrische Struktur der Bewehrung muss einen hohen Reibungswert garantieren, so dass ein Herausziehen der Bewehrung durch die Zugkraft  $T$ , der sie ausgesetzt ist, vermieden wird. Es sollte hervorgehoben werden, dass eine zu starre Bewehrung, z. B. ein Metallelement, auf Grund kleiner Verformungen brechen kann ohne hohe Widerstandswerte zu entwickeln. Zu stark dehnbare Materialien (Typ nicht gewebte Geokunststoffe) schaffen es nicht eine ausreichende Bewehrung zu bieten, falls nicht vorher starke Verformungen aufgetreten sind, die normalerweise mit der Lebensdauer einer Struktur nicht vereinbar sind.

*Schertest ausgeführt im Labor der TENAX SpA.*

# DIE DIMENSIONIERUNG DER BEWEHRTEN ERDE

## Hilfselemente für die Planung und Berechnungs-Software

Die Überprüfung der Stabilität eines Bauwerks aus bewehrter Erde ist allgemein eine nicht sehr komplexe, aber notwendige Arbeit. Eine Unterschätzung der Bedeutung dieser Überprüfungen, wie auch eine Vernachlässigung der nachstehend aufgeführten bodenkundlichen Untersuchungen, können Fehler bei der Dimensionierung oder Herstellung verursachen und mittelfristig zu Problemen bei der Stabilität des Bauwerks führen.

Vor der Planung sollte daher wie folgt vorgegangen werden:

- ▶ Eine Vermessung mit Höhenschichtenlinien des betreffenden Eingriffs-Bereiches machen, um Planimetrie und Querprofile zu erstellen.
- ▶ Die geotechnischen und hydrogeologischen Daten des Standorts erfassen: Struktur, Verlauf der Schichten, Vorhandensein von Wasser am Abhang oder im Unterboden, Seismizität, geomechanische Eigenschaften (wirksamer Reibungswinkel  $\phi'$ , Bindigkeit  $c'$  und spezifisches Gewicht des Bodens  $\gamma$ ) und Korngrößenanalyse des Bodens. Die Auswertung bezüglich des Vorhandenseins von Wasser ist unverzichtbar für die richtige Planung eines Bauwerks, bei dem angemessene Systeme zum Auffangen und der Dränung des Wassers vorgesehen werden müssen.
- ▶ "Historische" Informationen bezüglich eventueller Erdbeben sowie zu aktiven bzw. potentiellen Gleitflächen sammeln, die den Bereich betroffen haben.

- ▶ Die Geometrie des Bauwerks festlegen und Überlastungen in Betracht ziehen. Die Bemessung einer Struktur aus bewehrter Erde folgt einem extrem einfachen, logischen Verfahren.

Für jedes Material gibt es einen Grenz-Neigungswinkel  $\beta_{lim}$ , innerhalb dessen ein nicht bewehrter Abhang unter Sicherheit hergestellt werden kann. Im Fall von fließendem und trockenem Material ist der Grenz-Neigungswinkel gleich dem Reibwinkel im Boden:

$$\beta_{lim} = \phi$$

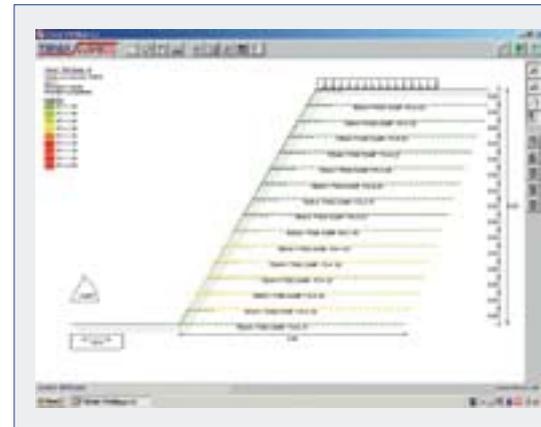
Ein Hang mit einem Neigungswinkel, der größer als der Grenz-Neigungswinkel ist, wird als steiler Abhang bezeichnet. Um Aufschüttungen an einem steilen Abhang herzustellen, müssen Zusatzkräfte hinzugefügt werden, um das Gleichgewicht beizubehalten. Die Technologie der bewehrten Erde besteht darin durch das Auslegen von Bewehrungsschichten diese Zusatzkräfte zu liefern.

Die für ein Gleichgewicht am steilen Hang erforderlichen Zusatzkräfte können, mit einer ausreichenden Sicherheitsmarge in Bezug auf jeden möglichen Bruchmechanismus,

anhand einer Analyse des Sicherheits-Grenzwertes festgelegt werden. Bei der Analyse müssen mögliche Bruchflächen berücksichtigt werden und für jede dieser Bruchflächen untereinander die Kräfte verglichen werden, die Bodenbewegungen verursachen können (Eigengewicht, Überlastung, dynamische Beanspruchung durch Erdbeben oder Aufprall, Hohlraumdruck) sowie die Widerstandskräfte (Reibung, Bindigkeit und, natürlich, die Festigkeit der Geogitter). Es können Flächen mit unterschiedlichen Formen verwendet werden: Runde, lineare, doppel-lineare, logarithmische Spirale, gebrochene Linien. Oberflächen mit komplexen Formen erfordern Analysen, die sehr nahe an der Realität sind, die aber einen größeren Berechnungsaufwand erfordern. Für jede Fläche wird der Sicherheitsfaktor als Verhältnis zwischen der maximalen Kraft der Scherfestigkeit und der einwirkenden Kraft berechnet, die sich entlang der betreffenden Fläche entwickelt. Die Fläche, die sich durch den niedrigsten Sicherheitsfaktor auszeichnet, ist die kritische. Im Handel sind unterschiedliche Berechnungsprogramme erhältlich, die auf unterschiedlichen Bruchmechanismen basieren, aber tatsächlich das gleiche Prinzip nutzen. Sie ermöglichen die Durchführung der Überprüfung, indem eine erhebliche Anzahl von Oberflächen analysiert wird, und unter diesen dann die kritischste ausgewählt wird.

**TNXSLOPE** ist die Software, die von der Abteilung Geokunststoffe der TENAX für die Bemessung unter statischen Bedingungen, bei homogenen Böden und einfacher Geometrie von Bauwerken für bewehrte Erde mit einaxial ausgerichteten HDPE-Geogittern, entwickelt worden ist. Die Software nimmt eine Analyse der internen Stabilität vor und bestimmt die Art der für diesen Eingriff benötigten Bewehrungs-Geogitter, die Tiefe, die Anzahl und den Abstand der Bewehrungsschichten. Das Programm basiert auf der Berechnungsmethode, die von Prof. Jewell vorgeschlagen, im Artikel "Application of Revised Design charts for Steep Reinforced slopes" vorgestellt und in der Zeitschrift "Geotextiles and Geomembranes" im Jahr 1991 veröffentlicht wurde.

Basierend auf den Berechnungen, die in der Veröffentlichung von Prof. Jewell vorgestellt werden, legt **TNXSLOPE** den Druck-Koeffizienten und den Abstand der Geogitterschichten, die Länge der Bewehrungen und den Umschlag fest. Die Software liefert außerdem das Ergebnis der Kraftanalysen und schätzt die benötigte Geogitter-Menge pro Quadratmeter Frontseite. Die Ergebnisse der Berechnung werden graphisch dargestellt. Die Software geht davon aus, dass eine



stabile und gut verfestigte Installationsfläche vorhanden ist.

Für Fälle, die sich durch eine komplexe Geometrie auszeichnen, mit seismischen Belastungen oder heterogenen Böden, sollten spezifischere Software verwendet und eine allgemeine Stabilitätsanalyse vorgenommen werden.

Für Bauwerke in Erdbeben gefährdeten Gebieten werden, gemäß der Ministerratsverordnung 3274 vom 20/03/2003 weitere Stabilitätskontrollen benötigt.

Ist die interne Stabilität gegeben, ist auch die Gleitstabilität an der Basis garantiert, die einzige bedeutende Kontrolle der externen Stabilität. Im Fall von bewehrter Erde ist die Kontrolle der Kipp-Stabilität dank der extremen Flexibilität der Struktur, die nicht steif drehen kann, der Position des Schwerpunkts und dessen Geometrie, immer erfüllt.

Bezüglich der Tragfähigkeit sollte betont werden, dass eine Struktur aus bewehrter Erde weniger "schwer" ist als traditionelle Bauwerke aus Stahlbeton oder mit Schanzkörben, und dass sie auch auf Böden mit geringerer Tragfähigkeit errichtet werden können. Gegebenenfalls können hier dann "erleichterte" Füllmaterialien verwendet werden.

Wird das Bauwerk an Hängen errichtet, und ist der Boden auf der Rückseite des Bauwerks anders als das verwendete Füllmaterial, müssen auch Kontrollen zur Gesamtstabilität vorgenommen werden, um die Oberflächen auf Tiefenrisse zu untersuchen und gegebenenfalls die Struktur der bewehrten Erde so zu ändern, dass ein ausreichender Sicherheitsfaktor erhalten wird. Siehe dazu das Gesetzesdekret vom 11.03.88 "Technische Vorschriften zu Untersuchungen an Böden und Felsgestein, der Stabilität natürlicher Abhänge und Böschungen, allgemeine Kriterien und Vorschriften für die Planung, Ausführung und Abnahme von Bauwerken zur Bodenbefestigung und Fundamentbauten".

Die gleichen Kontrollen müssen ausgeführt werden, wenn Erdbebengefahr besteht.

# SONDERANWENDUNGEN: STEINSCHLAGSCHUTZDÄMME



Um Wohngebäude oder Durchfahrtsstraßen an Bergabhängen gegen Steinschlaggefahr zu schützen, können aktive technische Lösungen (die ein Ablösen der Steine verhindern sollen) oder passive Lösungen (zum Auffangen der Steine) angewendet werden. Diese Bauwerke können geplant und bemessen werden, um das Risiko oder die Verletzbarkeit zu verringern, die beim Ablösen und Absturz von Erdrutschen besteht. Besonders die Bauwerke zum passiven Schutz sind normalerweise so aufgestellt, dass sie die Bahn der herabstürzenden Massen abfangen. Die Definition der Steinmassenbewegung und der aufzunehmenden kinetischen Energie sind äußerst wichtige Faktoren für eine richtige Planung. Die Aufschüttungen gegen Steinschlag, die mit dem System **TENAX RIVEL** hergestellt

werden, sind passive Schutzbauwerke, die effizienter sind als Metallbarrieren mit hoher Energieabsorption. Und zwar aus folgenden Gründen:

- ▶ Sie bieten einen wirkungsvollen Schutz auch bei Erdrutsch-“Schauern”, d. h. bei wiederholten Brüchen entlang der gleichen Leitlinie;
- ▶ Der Wartungsaufwand ist auch nach stärkeren Abbrüchen sehr gering und sie sind nicht von Korrosion betroffen;
- ▶ Sie sind lange haltbar und keinen Schäden und Zerfall ausgesetzt;
- ▶ Die Umweltauswirkungen können vernachlässigt werden, besonders wenn das Bauwerk mit entsprechenden landschaftsplanerischen Eingriffen verkleidet wird;
- ▶ Die Bauwerke können unter Wiederverwendung früher abgerutschten Materials hergestellt werden.

Es gibt zahlreiche Vorteile die eine Aufschüttung mit bewehrter Erde **TENAX RIVEL** in Bezug auf traditionelle Aufschüttungen hat:

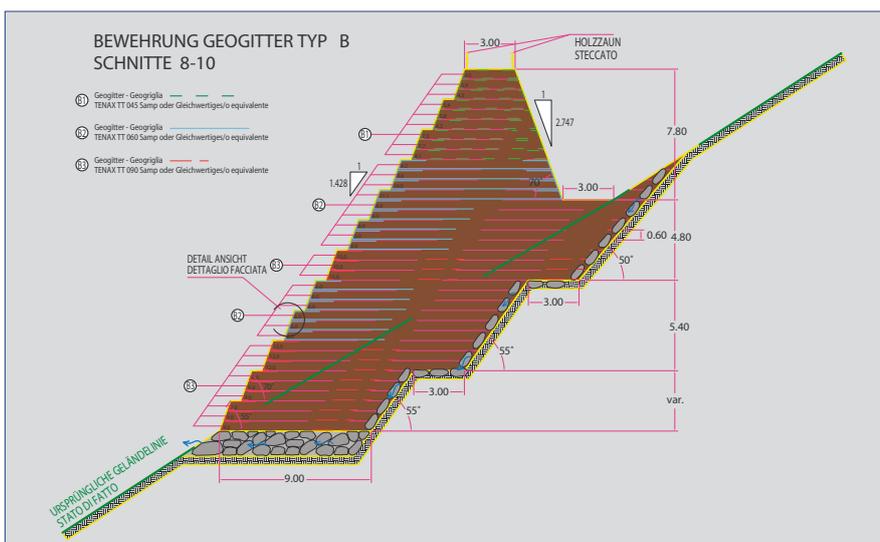
- ▶ Geringerer Raumbedarf an der Basis, daher muss auch weniger Boden bewegt werden;
- ▶ Unter dem Gesichtspunkt der Höhenschichtenlinien gibt es weniger Schwierigkeiten geeignete Bereiche zu finden;
- ▶ Wegen des größeren Neigungswinkels an der Frontseite ist die Gefahr geringer, dass Felsblöcke über das Bauwerk rollen.

Bei Aufschüttungen mit bewehrter Erde wird der Boden mit den Geogittern verbunden. Die von den Geogittern gebotene Zugfestigkeit und die hohe Herauszieh-Festigkeit verhindern, dass der Felsblock die Aufschüttung durchbrechen kann, auch wenn die Ge-

ometrie im Vergleich zu einer traditionellen Aufschüttung erheblich verkleinert ist. Ist die Krone des Bauwerks kleiner als 2,00 m, sollte zur Erhöhung des Bindeeffekts eine zweite Reihe von Bewehrungen quer zur Hauptbewehrung angebracht werden.

Die Geogitter **TENAX TT SAMP** haben ein elastisch-plastisch-visköses Verhalten in Bezug auf die Belastungsgrößen und die Aufbringungsmodalitäten. Die Analyse eines durch einen Aufprall verursachten Belastungs-Status (der als augenblickliche Belastung mit hoher Intensität modelliert werden kann), hat es ermöglicht eine Versteifung des Systems Geogitter-Boden hervorzuheben. D. h. eine Zunahme des Elastizitätsmoduls (nach diesen Belastungen ist die Kurve Kraft-Verformung geneigter, das Geogitter reagiert mit geringeren Verformungen auf die Belastungen). Angesichts der Dauer dieses Vorgangs, der fast augenblicklich erfolgt, hat die visköse Verformung (Creep) keine Möglichkeit in Erscheinung zu treten. Die Bewehrung ist daher in der Lage eine Zugfestigkeit freizusetzen, die nahe am Spitzenwert liegt, und nicht mehr die Langzeit-Festigkeit zu nutzen, die sich auf das Aufbringen von statischen Lasten bezieht. Die größere “Bindung” des Bodens führt zu einer Verteilung der dynamischen Belastung auf einem Kegel mit größerer Öffnung. Damit wird eine größere Bodenmasse in den Aufprall-Widerstand und der Energie-Zerstreue einbezogen.

Zahlreiche Tests und die daraus folgenden wissenschaftlichen Veröffentlichungen zeigen die Wirkung zwischen den Geogittern **TENAX TT SAMP** und dem Boden.



*Die im Ahrntal (Italien) hergestellte Aufschüttung gegen Steinschlag hat eine Länge von 165 Metern. Die Höhe auf Talseite reicht bis 21 Metern und mit einem Neigungswinkel von 70° (darüber: ein schematischer Querschnitt der Aufschüttung, mit freundlicher Genehmigung des Ingenieurbüros Von Pföstl & Helfer).*



## DIE ZERTIFIKATIONEN DER TENAX-STEINSchLAGSCHUTZDÄMME

Die Dämme aus bewehrter Erde mit Geogittern **TENAX TT SAMP** sind auf dem Testfeld Vigo di Meano (Italien) wiederholten Tests ausgesetzt worden, die vom Polytechnischen Institut Turin bescheinigt wurden. Nach diesen Tests wurde das TENAX-System vom Polytechnischen Institut Turin zertifiziert und die Effizienz der Mauern mit einer Höhe von 4,20 m, Kronen-Mindestbreite von 0,90 m, bewehrt mit extrudierten Geogittern **TENAX TT 045 SAMP** bescheinigt.

Die für die mit Geogittern **TENAX TT 045 SAMP** bewehrten Dämmen ausgestellten Zertifikate zeigen, wie es möglich ist Dämme sowohl mit Boden mit Reibungsverhalten (mit Material guter Qualität) als auch mit bindendem Kunststoffmaterial herzustellen. In beiden Fällen haben die Dämme gezeigt, dass sie auch einem wiederholten Aufprall von Felsblöcken mit einer Energie von ungefähr 4500 kJ widerstehen können. Die Ergebnisse können auch auf all die Strukturen ausgedehnt werden, bei deren Geometrie die Proportionen der zertifizierten Bauwerke beachtet wird.



## Vergleich zwischen Aufschüttungen gegen SteinSchlag TENAX RIVEL und Aufschüttungen mit Gesteinsmasse gefüllten Gabbionen

Der Aufprall eines Felsbrockens auf der Frontseite einer Aufschüttung mit Gesteinsmassen gefüllten Gabbionen verursacht Gesteinssplitter, die über die Aufschüttung gelangen können, da ihre Flugbahn vorher nicht bekannt ist. Im Gegensatz dazu ist die TENAX-Aufschüttung in der Lage den aufrallenden Felsbrocken zu "empfangen", ohne dass dieser dabei zersplittert.

Nach dem Aufprall kann das Drahtnetz der Gabbionen beschädigt sein, und sich der Gabbionen teilweise oder sogar vollständig entleeren. Dadurch wird die Stabilität der überliegenden Gabbionen beeinträchtigt, und es besteht die reale Gefahr, dass ein nicht zu kontrollierender, gefährlicher Dominoeffekt ausgelöst wird. Die Funktion des Drahtnetzes ist nur das Zusammenhalten des Füllmaterials. Anders bei Geogitter und Boden, die eine permanente Wechselwirkung haben und damit die Festigkeit des Bauwerks verbessern.

Jede Gabbione in der SteinSchlagschutzmauer überträgt den Aufprall elastisch an die nebenliegende Gabbione. Die letzte Gabbione überträgt den Aufprall an den Boden weiter, der dadurch nach außen geschleudert werden kann. Das System **TENAX RIVEL** sieht vor, dass der Boden ausgebreitet und verdichtet wird. Damit wird die Verformbarkeit des Materials erheblich reduziert und gleichzeitig sichergestellt, dass die einzelnen Elemente, aus denen das Bauwerk besteht, auch nach einem heftigen Aufprall auf die Frontseite fest miteinander verbunden bleiben. Die größere "Bindung" des Bodens ermöglicht eine bessere Verteilung der Belastung auf ein größeres Volumen. Der Einflussbereich, der mehr oder weniger kegelförmig ist, hat daher eine größere Öffnung und bezieht eine größere Bodenmasse in den Aufprall-Widerstand und in die Zerstreung der Energie mit ein.

Die Auswertung der Videoaufzeichnungen der Tests unter realen Maßstäben, die an Aufschüttungen gegen SteinSchlag mit TENAX-Geogittern ausgeführt wurden, hat gezeigt, dass nach dem Verschiebungs-Spitzenwert an der Tal-Frontseite eine Rückführungsbewegung stattfindet. Dieser Effekt ist mit Sicherheit auf das Vorhandensein und die Wirkung der Geogitter zurückzuführen. Dieser Rückführungseffekt, zusammen mit der Beobachtung der Bildung von Crack-Spannung an der Krone der Aufschüttung, erlauben die Behauptung, dass, in Abwesenheit einer Verbindung zwischen den Tal- und Hang-Frontseiten, die Wand nicht durchschlagen werden kann, oder zumindest die von den Crack-Spannungen isolierte Bodenmasse in Richtung Tal zusammenbrechen kann.



Foto 1: Der SteinSchlagschutzdamm aus bewehrter Erde ist nach dem Aufschlag beschädigt aber intakt.

Foto 2: Geringe Auswölbung an der Tal-Frontseite der Aufschüttung.



TENAX ist eine internationale Gruppe, die eine breite Palette von Geokunststoffen herstellt, die von den bedeutendsten technischen internationalen Körperschaften zertifiziert sind, und die weltweit für Bauwerke jeder Größe und Komplexität eingesetzt werden. Seit mehr als dreißig Jahren gehört TENAX zur Avantgarde bei der ständigen Verfahrens- und Produktforschung, um in jeder Situation maximale Qualitätsstandards garantieren zu können.

Einige Beispiele für die Anwendungsbereiche der Geokunststoffe betreffen:

- ▶ Die Stabilisierung und Befestigung nachgiebiger Untergründe und die Verbesserung ihrer Tragfähigkeit (**TENAX LBO SAMP, GT, MS**);
- ▶ Die horizontale und vertikale Dränung durch den Transport von Flüssigkeiten und Gasen (**TENAX CE, GNT, TENDRAIN, TN, TNT, TDP, NDP**);
- ▶ Die Bewehrung von Erdaufschüttungen mit begrünten Wandflächen oder Wandflächen aus Fertigbaublöcken (**TENAX TT SAMP, RIVEL**);
- ▶ Den Erosionsschutz und die Begrünung von Böschungen, auch von abgedichteten (**TENAX TENWEB, MULTIMAT**).

Fachtechniker stehen Ihnen pünktlich und schnell von der Planung bis zur Herstellung des Bauwerks zur Seite, und arbeiten mit Ihnen zusammen bei der Auswahl geeigneter Lösungen zu Problemen in den Bereichen Ingenieurbau und Umweltingenieurwesen.



SGS ITALY Certificate no. IT93/0008a  
SGS U.K. Certificate no. IT93/2568.01



0799-CPD-25



DVT-0001 del 02/03/2006