

Získávání plochy a optimalizace objemu při stavbě skládek s využitím soustavy prudkých svahů

Flächengewinn und Volumenoptimierung durch den Einsatz von Steilböschungssystemen im Deponiebau

Dirk Segtrop, Ralf Ziegler, Fridolin Sturm¹

Abstrakt

Příprava nových lokalit pro skládku je často spojena s vysokými náklady a dlouhou dobou projektování. Využití soustavy prudkých svahů nabízí efektivní řešení, umožňující lepší využití objemu skládky.

Jinak, než v případě konvenčních opěrných konstrukcí, jsou soustavy prudkých svahů vytvářeny z dostupného zemního materiálu a materiálu k vyztužení.

Budou představeny modulární, předmontované soustavy prudkých svahů, které lze provést variantně se zelení nebo kamennou výplní. Dále potom kombinovaný systém, umožňující využít ve ztužených zemních tělesech i zatížené půdy.

Těmito systémy lze vytvářet výrazně strmější svahy (60°, 70°, 80°, 85°), což představuje výhodu díky možnosti využít zvětšeného objemu skládky.

Kurzfassung

Die Erschließung neuer Deponiestandorte ist oft mit viel Aufwand und langwieriger Planung verbunden. Daher bietet sich durch den Einsatz von Steilböschungssystemen eine effektive Lösung, um bestehenden Deponieraum besser nutzen zu können.

Anders als bei konventionellen Stützkonstruktionen werden die Steilböschungssysteme aus dem vorhandenen Erdmaterial sowie Bewehrungsmaterialien aufgebaut.

Es werden modulare, vormontierte Steilböschungssysteme, welche je nach Variante mit einer Begrünung oder einer Steinverfüllung an der Front ausgeführt werden können, vorgestellt. Weiterhin ein Kombinationssystem, welches auch den Einbau von belasteten Böden in den bewehrten Erdkörper ermöglicht.

Durch diese Systeme lassen sich deutlich steilere Böschungen herstellen (60°, 70°, 80°, 85°) und somit entsteht durch den vergrößerten Deponieraum ein deutlicher Nutzensvorteil.

¹BECO Bermüller & Co. GmbH — Rotterdamer Straße 7 — 90451 Nürnberg; dirk.segtrop@beco-bermueller.de; ralf.ziegler@beco-bermueller.de; fridolin.sturm@beco-bermueller.de

1 Einführung und Grundlagen

Da die Erschließung neuer Deponiestandorte aufwendig und langwierig ist, stellt die bessere Raumnutzung der vorhandenen Flächen eine interessante Alternative dar.

Um auf den vorhandenen Flächen mehr Raum zu schaffen besteht die Möglichkeit die Böschungsneigungen wesentlich zu erhöhen. Dadurch wird eine deutliche Vergrößerung des Deponieraumes erreicht. Bisher hat man sich hauptsächlich damit begnügt die Neigung der böschungsparell verlaufenden geschichteten Dichtungssysteme zu erhöhen, indem man auf den Dichtungsschichten Geogitter einsetzt und dadurch das Neigungsverhältnis von 1:3 beispielhaft auf 1:2 zu versteilen. Damit wurde etwas mehr Raum geschaffen. Wieviel mehr wäre aber gewonnen, wenn man Systeme mit Neigungen von 60°, 70° oder sogar 85° einsetzen könnte?

Diese Systeme beruhen im Wesentlichen auf dem Konstruktionsprinzip der „Bewehrte Erde“ in Umschlagtechnik. Eine Bauweise die sich im Bau von Stützkonstruktionen vor allem im Erdbau bei Infrastrukturmaßnahmen und Erschließung von Gewerbe- und Wohnflächen einer stark steigenden Beliebtheit erfreut. Der Gründe sind einleuchtend: Einfacher, schneller und kostengünstiger Raumgewinn bei häufig ansprechenderer Optik, als bei den konventionellen Lösungen für Stützkonstruktionen.

Diese Gründe sprechen ebenso für den Einsatz im Bereich der Deponien, da hier der Nutzensvorteil durch die Schaffung von mehr Deponieraum noch vergrößert wird.

Bei den Systemen, welche in diesem Beitrag vorgestellt werden, handelt es sich um, modulare, vormontierte Steilböschungssysteme mit einer Frontneigung von 60° - 85°. Als Bewehrungsmaterial dient ein Stahldrahtgittergeflecht aus doppelt gedrehtem Stahldraht (Maschenweite 8 × 10 cm). Die Front kann bis 70° begrünt werden. Bei steileren Neigungen empfiehlt sich die Verfüllung der Front mit Steinen.

Bevor die einzelnen Systeme und Anwendungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, einige Worte zu dem Bewehrungsmaterial, welches für die Bemessung und die Dauerhaftigkeit des Systems von entscheidender Bedeutung ist.

Die statischen Berechnungen für die Terramesh Böschungssicherungssystem werden nach der DIN 1054 bzw. nach DIN EN 1997-1 (EC 7-1) „Eurocode 7“ vorgenommen. Die Berechnungen werden mit üblichen handelsüblichen Bemessungsprogrammen durchgeführt. Für das System liegen europäische Zulassungen und alle notwendigen Nachweise vor. In einem unabhängigen Gutachten sind die Abminderungsfaktoren A1 – A4 zur Berechnung zusammengefasst und bestätigt.

Die Eigenschaften von Stahl sind seit langer Zeit sehr gut bekannt und es handelt sich daher um einen berechenbaren und sicheren Baustoff.

Die in den Böschungssicherungssystemen verwendeten Stahldrahtgeflechte weisen Zugfestigkeiten von 35 kN/m und 50 kN/m auf.

Da Stahl bei den normalen Temperaturen nicht kriecht, sodass für den Abminderungsfaktor A1 = 1,00 anzusetzen ist, wird die Kurzzeitzugfestigkeit nur noch von den weiteren Abminderungsfaktoren reduziert.

Um den Stahl zu schützen und eine hohe Beständigkeit bei einer langen Lebensdauer zu erhalten wird ein Duplexschutz hergestellt. Der Stahldraht ist mit einer Galmac ZN-Al 5% Legierung dickverzinkt und zusätzlich mit 0,5 mm Kunststoffbeschichtung versehen. Die dadurch erreichte hohe Robustheit, welche in Abhängigkeit der Körnung des Schüttmaterials bestimmt werden kann, wird im Abminderungsfaktor A2 berücksichtigt. Dieser Wert fällt sehr gering aus. Dies ermöglicht ein direktes Befahren der Bewehrungslagen im Einbau mit Radfahrzeugen. Dadurch kann der Bauablauf des Erdbaus enorm beschleunigt werden. Auch ist das Material beständig gegen Nagetiere, selbst Nutria und Biber widersteht es.

Der effektive Korrosionsschutz, welcher im so genannten Salznebelprühtest mit mehr als 6000 h nachgewiesen ist, dient als Nachweis für eine Beständigkeit bis zu 120 Jahren.

Von großer Bedeutung im Deponiebau ist auch die Beständigkeit in sauren oder basischen

Milieu. So ist das verwendete Bewehrungsmaterial unter der Berücksichtigung von Abminderungsfaktor A4 im Bereich 3 – 13 bis 120 Jahren beständig. Damit sind die Systeme fast uneingeschränkt einsetzbar.

Statiker und Prüfstatiker bestätigen, dass damit alle Grundlagen zur Berechnung und dem Einsatz nach den oben genannten Normen gegeben sind.

2 Begrünbare Böschungssicherung bis 70°

Am Beispiel des Böschungssicherungssystem Green Terramesh 70° werden nun das System, die Funktion, die Verwendung sowie der Einbau dargestellt.

Green Terramesh ist ein begrünbares, modulares, vormontiertes Steilböschungssystem mit einer Frontneigung von 70°. Das Bewehrungsmaterial besteht aus Stahldrahtgittergeflecht aus doppelt gedrehtem Stahldraht mit Duplexschutz.

Für die Frontausbildung wird zusätzlich zu dem gedrehten Drahtgeflecht, eine Erosionsschutzmatte, eine geschweißte Stahldrahtgittermatte und vorgebogene Neigungsdreiecke aus Rundstahl (Durchmesser 8 mm) vormontiert. Vor Ort sind 1 - 2 Distanzhalter aus Rundstahl (Durchmesser 6 mm) pro lfm einzubauen

Abmessungen:

- Einbindellänge nach Statik vorkonfektioniert
- Breite: 2 oder 3 m
- Höhe: 50 - 85 cm
- Neigung: 45°/ 60°/ 65°/ 70° / (87°)

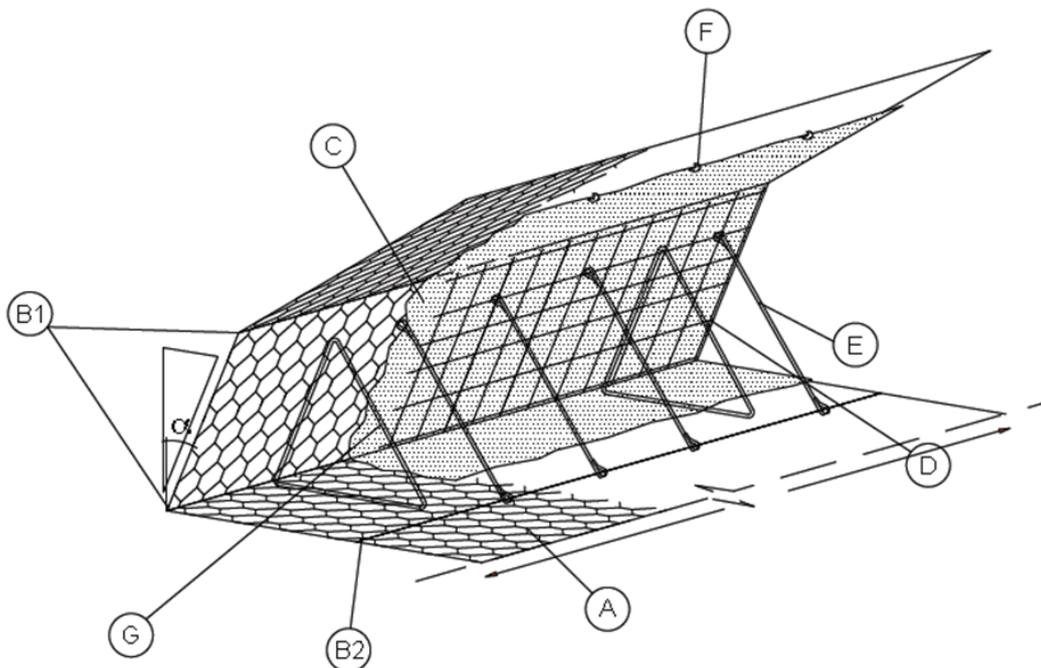


Abbildung 1: Bestandteile des Terramesh Elements.

Bestandteile:

A: gedrilltes sechskantiges Stahldrahtgittergeflecht mit Duplexschutz

B: quer eingezogene Stahldrahtstäbe

C: Erosionsschutzmatte nach Wahl

D: geschweißte Baustahlmatte

E: Spannhaken

F: C - Klammern

G: Neigungsdreieck

2.1 Funktionsweise

Wie bereits erwähnt basiert das System auf dem Konstruktionsprinzip der „Bewehrte Erde“ in Umschlagtechnik. Die Bewehrungslagen werden nach dem Prinzip der Umschlagtechnik verwendet und ergeben im Zusammenwirken, mit den lageweise eingebauten Schüttgütern, das bewehrte Stützbauwerk.

2.2 Aufbau

Die Frontausbildung wird durch eine vormontierte, formgebende verlorene Schalung aus Baustahlelemente (Neigungsdreiecke, geschweißte Stahldrahtgittermatte, Spannstäben) sichergestellt. Die Front wird aufgeklappt und mit Haken gesichert. Nach der Bodenverfüllung wird der Umschlag, vor dem Einbau des darüber liegenden Elementes, zurückgeschlagen und fixiert.

Das System zeichnet sich durch einfache, schnelle und sichere Handhabung aus. Bei dem Standardelement mit 70° benötigen 2 Mann ca. 5 – 10 Minuten für die Montage eines Elementes, Das entspricht 2,28 m² senkrechter Ansichtsfläche. Als Kalkulationsansatz für die Montage /m² senk. ca. 8 €.

Da das Bewehrungsmaterial mit Radfahrzeugen befahren werden kann, wird der Erdbau nicht behindert und es können Schüttmaterialien mit vergleichsweise großen Einzelkörnern verwendet werden. Dadurch entsteht ein enormer Zeitvorteil während der gesamten Bauzeit der Stützkonstruktion.

Durch die Vorkonfektion der Elemente ist auch ein Abschnittsweises Bauen leicht ausführbar. Dies bringt Vorteile für die Zwischenbauzustände. Nach dem Einbau der Verfüllung werden die nächsten Lagen analog aufgebaut.

Hinter der Front kann auch je nach Wunsch mit Oberboden oder Substrat verfüllt werden um die Begrünbarkeit zu verbessern.

3 Böschungssicherung bis 85° in Gabionenoptik

Eine Variante stellt die Ausführung des Systems Green Terramesh 5 × 5 dar.

Hiermit können Böschungen mit 70°, 80° oder 85° hergestellt werden. Bei diesem System wird die verlorene Schalung aus Baustahl sowie die Erosionsschutzmatte durch eine geschweißte und galvanisierte Stahldrahtgittermatte mit einer Maschenweite von 5 × 5 cm und einem Drahtdurchmesser von 5 mm ersetzt. Hierbei wird in der Regel die Front verfüllt mit frostsicherem Gestein und einer Körnung von z.B. 60/120 mm.

4 Steilböschungssicherungen mit integrierter Abdichtung

Bisher sind wir davon ausgegangen, dass wir Stützkonstruktionen vor das Deponiegut stellen. Bei dem System Terrabent wird das Deponiegut, bei entsprechenden boden-mechanischen Werten Teil der Stützkonstruktion.

In dem System wird das Terramesh System mit einer Bentonitmatte vom Typ Bentomat GDA kombiniert und zusammen verbaut.

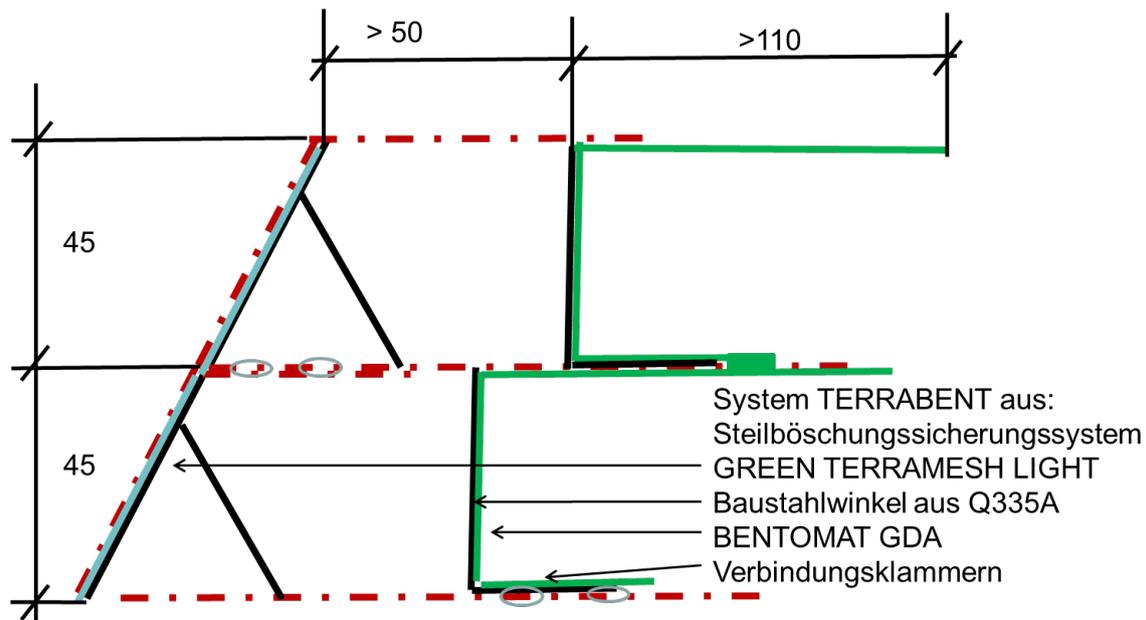


Abbildung 2: Schematischer Aufbau des Systems Terrabent.

Der Aufbau erfolgt grundsätzlich nach dem gleichen Prinzip wie bisher gezeigt. Als zusätzlich Schritte sind die ebenfalls vorkonfektionierten Bentonitmatten lagenweise einzubauen. Dazu ist in einem Abstand von mindestens 50 cm hinter der Front eine weitere verlorene Schalung einzusetzen, an der die Bentonitmatte hochgeführt wird. Die entstehenden Überlappungen werden mit Bentonitpasten, welche auch zur Herstellung von Abdichtungen im Hochbau verwendet werden, abgedichtet.

5 Übersteile Wallbauwerke als Liniendeponie

Bei dem System Terramesh Duo handelt es sich um ein doppelseitiges Green Terramesh im Baukastensystem mit beidseitigen Böschungsneigungen $60^\circ / 65^\circ / 70^\circ$. Die Aufstandsweite ist abhängig von der Bauhöhe und der Frontneigung. Größere Höhen sind entsprechend dem dargestellten System herstellbar. Die Herstellung des Walls erfolgt aus werkseitig vorgefertigten Einzelelementen.

Durch einfache Installation und durch die Doppelseitigkeit der Elemente wird der Montageaufwand nochmals reduziert. Das System ist noch schneller herstellbar und es sind keine Spezialfirmen oder Spezialtechnik erforderlich.

Ursprünglich ist das System als Schutzwallsystem mit Steinschlagschutzwirkung entwickelt worden. Dabei hat es eine fast unbegrenzte Energieaufnahmekapazität >12.000 kJ werden erfolgreich gestoppt. Aber auch als Sichtschutz oder Lärmschutzwall wird das System eingesetzt.

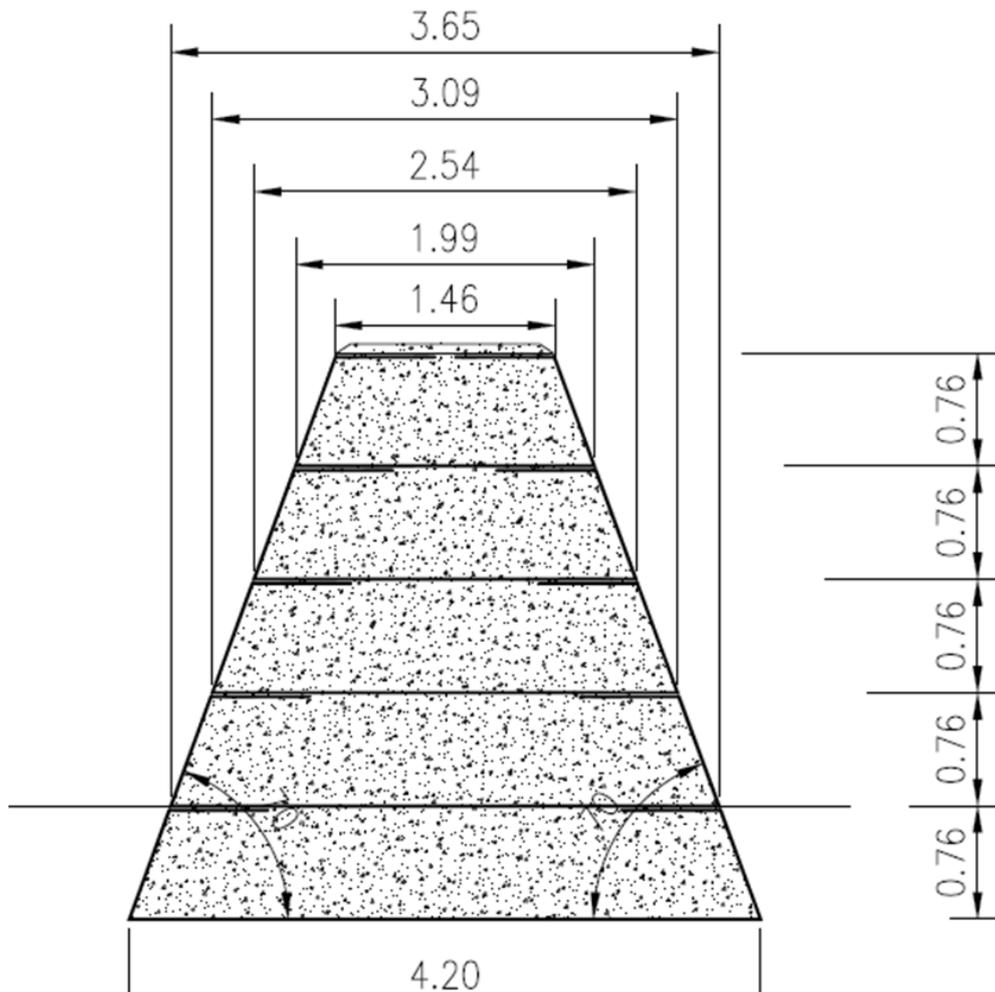


Abbildung 3: Darstellung des System Terramesh Duo mit den vorkonfektionierten Aufstandsbreiten.

In Kombination mit der Bentonitmatte Bentomat GDA nach dem System Terrabent kann es einerseits als Hochwasserschutzwall, aber auch als Liniendeponie für belastete Erdstoffe verwendet werden.

6 Fazit

Mit den Terramesh und Terrabent Systemen ergeben sich viele neue Möglichkeiten den Deponieraum, ohne gesteigerten Flächenbedarf, zu erweitern und bieten dadurch sehr wirtschaftliche Alternativen.

Zusätzlich bieten sie eine hohe Systemsicherheit durch die Umschlagtechnik. In der Anwendung sind sie handhabungssicher durch die Vorkonfektion und kostensparend durch Vormontage.