

Raumgitter- und Stützkörperverfahren zur Böschungssicherung

von J. Feuerbach & E. Krauter*

1 Einleitung

Zur Sicherung von instabilen Fels- bzw. Lockergesteinsböschungen werden häufig Drahtnetzverhängungen eingesetzt. Eine Weiterentwicklung dieses Systems stellt das sogenannte "Raumgitterverfahren" dar, welches eine Kombination aus geotechnischer und ingenieurbioologischer Sicherung darstellt.

Bodenverbesserungen durch Zugabe von hydraulischen Bindemitteln werden seit einigen Jahren erfolgreich ausgeführt. Bislang wurden überwiegend die zu stabilisierenden Böden abgetragen, mit einer Zementsuspension in einer mobilen Mischanlage vor Ort vermischt und das Boden-Zement-Gemisch wieder eingebaut. Eine Weiterentwicklung stellen Verfahren dar, die in-situ den Untergrund verbessern und so eine wirtschaftliche und umweltfreundliche Sanierungsvariante darstellen.

2 Raumgittersystem

Mit dem von der Firma Krismer, Salzburg, entwickelten J. K. S. – Raumgitterverfahren – von der Firma als Erdstabilisierungssystem bezeichnet – sind die Hänge und Böschungen im Locker- und Festgestein zu sichern und zu stabilisieren bzw. Felsböschungen und Stützkonstruktionen umweltfreundlich zu gestalten. Anwendungsmöglichkeiten auf diesem Sektor, die bisher zur Ausführung kamen, umfassen:

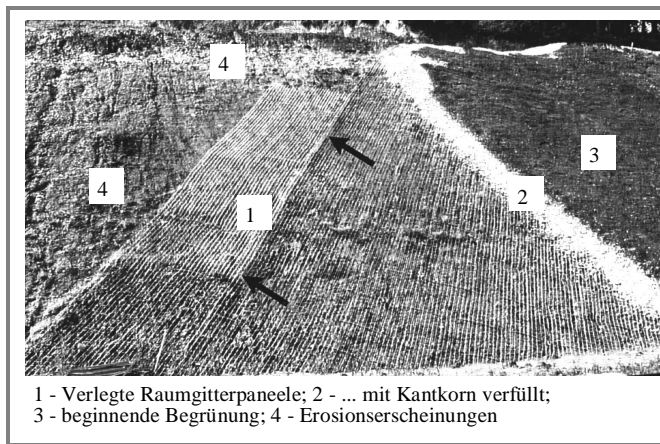
- ⇒ Sicherung und Stabilisierung von Hängen und Böschungen einschließlich Dammböschungen
- ⇒ Erosionsschutz
- ⇒ Flächendränagen und Drängräben
- ⇒ Muren- und Lawinenverbau
- ⇒ Fels- und Spritzbetonbegrünung

Die Bauelemente des J. K. S. – Verfahrens bestehen aus dreidimensionalen, verzinkten Stahlgittermatten (Raumgitter), verzinkten Verteilerstäben aus Betonstahl und verzinkten Erd- bzw. Felsnägeln.

Die Raumgitterpaneele werden in Längs- und Querrichtung überlappend, schräg zum Hanggefälle verlegt. An den Stößen werden die sich überlappenden Paneele mit

*Dr. Johannes Feuerbach & Prof. Dr. Edmund Krauter
geo - international
Mombacher Straße 49-53
D-55122 Mainz

Drahtschlingen befestigt. Zur Erhöhung der Verbundwirkung werden zusätzlich Verteilerstäbe eingelegt, die zusammen mit den unteren Stäben des Raumgitters an den Erd- bzw. Felsnägeln befestigt werden. Die Nägel bewirken den Verbund der Raumgitter mit dem Untergrund und werden in den festen Untergrund mindestens unter die Frostgrenze eingelassen. Durch Ausziehversuche wird der Verbund Nagel/Boden bzw. Nagel/Fels fallweise kontrolliert. Die Nagellänge richtet sich nach dem zu sichernden Objekt und beträgt in der Regel in Lockergesteinsböschungen 0,8 bis 2 m und in Festgesteinsböschungen bis 7 m. Im Lockergestein ist alle 1 bis 1,5 m² und im Festgestein ca. alle 2 m² ein Nagel erforderlich.



Der Bewuchs der mit Kantkorn und/ oder mit einem Boden-/Humusgemisch gefüllten Raumgitter ist meist nach einem halben Jahr meist schon außerordentlich dicht. Die Wurzeln wachsen auch bei geringen Deckschichtenmächtigkeiten oder beim Vorhandensein einer Felsverwitterungszone durch die Kantkornfüllung in die unterlagernden Bodenschichten hindurch.

Selbst Flachwurzler finden auf Hängen und Böschungen mit gering mächtigen Deckschichten ausreichend Halt, da sich die Wurzeln vor allem an den Verteilerstäben und Nägeln fixieren.

Die Haltbarkeit der Bauelemente des J. K. S.- Raumgitterverfahrens beträgt nach Angaben der Herstellerfirma 50 bis 70 Jahre. Bei den bisher über tausend ausgeführten Sicherungs- und Stabilisierungsmaßnahmen mit ca. einer halben Million m² ist es bisher zu keinem Versagen des Verfahrens gekommen.

Das Raumgitterverfahren überzeugt aus folgenden Gründen:

- ⇒ Einfache und rasche Einbautechnik
- ⇒ Händige Transportmöglichkeit der Bauelemente im Baustellenbereich
- ⇒ Im Regelfall keine besonderen Vorarbeiten
- ⇒ Anwendung im geneigten bis extrem steilen Gelände
- ⇒ Möglichkeit kombinierter Bauweisen
- ⇒ Geforderte Standsicherheiten statisch nachweisbar
- ⇒ Flächenhafte Dränagewirkung
- ⇒ Wirtschaftlichkeit insbesondere im Vergleich zu Stützbauwerken
- ⇒ Einfache Kalkulation durch Tabellen mit Richtpreisen
- ⇒ Umweltfreundlichkeit durch Anpassung an die vorgegebenen Geländeformen und durch die Begrünungs- und Bepflanzungsmöglichkeiten

3 Das Hydro-Zementationsverfahren

Mit dem patentierten Hydro-Zementationsverfahren (HZV), wird eine in-situ-Behandlung des Bodens durchgeführt, d.h., eine Bodenverbesserung ohne Bodenaustausch. Dabei werden die rutschgefährdeten Bodenmassen bis unterhalb der Gleitfläche partiell durch Stützkörper verbessert. Dies geschieht mit speziellen Schreit- (Kletter) baggern durch Zugabe im wesentlichen von Zement, gelegentlich auch durch Silikat oder Kunststoff. In der Regel wird dieses Verfahren mit einem Entwässerungssystem kombiniert.

Die Herstellung des Schurfs geschieht mit einem geländegängigen Schreitbagger, der 2 m breite Schlitze bis 12 m tief unter Geländeoberkante ausgräbt. Der Achsabstand zwischen den Stützkörpern beträgt in der Regel 6 m. Die Stützkörper werden abschnittsweise hergestellt und können je nach Erfordernis vom Böschungsfuß aus oder inselartig im Rutschareal angelegt werden. Durch den Einsatz mehrerer Schreitbagger können beide Möglichkeiten kombiniert werden. Zur besseren Verzahnung mit dem Untergrund wird die Sohle des Stützkörpers stufenförmig angeordnet. Die Lage der Gleitflächen und Wasseraustrittsstellen können beim Aushub der Schlitze bereits lokalisiert werden. Da das System ohne weiteres hinsichtlich Lage und Abmessungen zu verändern ist, kann es der tatsächlichen Situation sofort angepaßt werden. Auch die Entwässerung ist dadurch optimierbar.



Das ausgehobene Material wird seitlich gelagert. Über eine Schlauchleitung wird die Zementsuspension in den Schurf eingefüllt (unter Zugabe des ausgehobenen Bodenmaterials) und mit Hilfe der Baggerschaufel vermischt (mixed in place). Hierbei entstehen maximal 10 bis 15 % Überschußmaterial, so daß nur geringe Massen zu deponieren sind.

Die Zementsuspension wird in einer speziellen Mischanlage hergestellt. Die Zementzugabemenge ist abhängig von der zu verbessernden Bodenart und kann bis 20 % (bezogen auf den zu verbessernden Boden) betragen. Der Wasserzementwert der Zementsuspension beträgt in Abhängigkeit des zu stabilisierenden Bodens 0,5 bis 1,0. Zur Beschleunigung des Erhärtungsvorgangs wird in der Regel Wasserglas (< 2 M.-%, bezogen auf das Zementgewicht) zugegeben.

Im allgemeinen wird der Stützkörper bis möglichst dicht unter das Sollprofil hergestellt. Anschließend wird dann das überschüssige Bodenmaterial bis zum Sollprofil aufgebracht. Um Erosionsschäden zu vermeiden, hat sich bei steilem Gelände eine zusätzliche flächenhafte Verbesserung der abdeckenden Bodenmassen mit geringen Mengen Zementsuspension bewährt.

Je nach den hydrogeologischen Verhältnissen und den Eigenschaften des nicht verbesserten Bodens werden 0,8 m breite Rigolen zwischen den Stützkörpern angelegt. Diese dienen bei geringem Wasseranfall der Oberflächenentwässerung, können bei Bedarf jedoch tiefer bis hin zur Gleitfläche geführt werden. In diesem Fall wird der Bereich zwischen Gleitfläche und Geländeoberkante als 0,8 m breiter kiesverfüllter Schlitz ausgebildet.

Das Hydrozementationsverfahren kann in allen bindigen und nicht bindigen Böden und in der Felsverwitterungszone angewendet werden. Durch die Geländegängigkeit der Schreitbagger ist das Verfahren besonders in steilem und unwegsamem Gelände, auch in durchweichten Rutschmassen, vorteilhaft. Die Herstellung der Stützkörper ist daher auch witterungsunabhängig. Die Verwitterungsbeständigkeit ist in den entsprechenden Laborversuchen nachgewiesen.

Schlußbemerkungen

Beide vorgestellten Verfahren zur Sicherung bzw. Stabilisierung von labilen Böschungen und Hängen stellen vor allem wirtschaftlich und ökologisch eine Alternative zu den gängigen ingenieurgeologisch-geotechnischen Sanierungsmaßnahmen dar. Voraussetzung für deren erfolgreichen Einsatz ist eine ausführliche ingenieurgeologisch/geotechnische Vorerkundung und die hieraus entstehende Beurteilung der Anwendbarkeit beider Systeme.