

**Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen**

**Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau**

**Merkblatt über die Anwendung von Erosionsschutzprodukten und  
Begrünungshilfen aus natürlichen und synthetischen Materialien im Erd-  
und Landschaftsbau des Straßenbaues (M AEBEL)**

**Gelbdruck - Stand: 09. Juni 2022**

ENTWURF 06/2022

## **Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau Arbeitsausschuss Geokunststoffe Arbeitskreis Erosionsschutz und Begrünungshilfen**

Leiter:

SAATHOFF, Fokke\*

Univ.-Prof. Dr.-Ing., Universität Rostock

Mitarbeitende:

BÖKER, Jochen\*

Dipl.-Geol., FRANK GmbH Mörfelden-Walldorf

BRONSTEIN, Zori

Dipl.-Ing., KIWA GmbH TBU Greven

CANTRÉ, Stefan\*

Dr.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing., Universität Rostock (stellvertretender Leiter)

EHRENBERG, Henning\*

NAUE GmbH & Co KG Espelkamp-Fiestel

ten ELSEN, Gregor

Dipl.-Ing., Staatliches Bauamt Kempten

EPPPEL, Jürgen Dipl.-Ing., Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau Veitshöchheim

HEIDGER. Clemens Dr. rer hort., Sachverständiger für Garten- und Landschaftsbau Hannover

HELBIG, Reinhard

Dipl.-Ing., Sächsisches Textilforschungsinstitut e.V. Chemnitz

HERING, Michael\*

Dipl.-Ing., Freudenberg Performance Materials Obernburg, vormals HUESKER Synthetic Gescher

KROTH, Helmut

Dipl.-Betr.-Wirt. M.Sc, Merzenich

MEYER, Joachim

Dipl.-Ing., MST-Dränbedarf GmbH Twistringen

NEISSER, Reinhold

Neisser Geoprodukte GmbH Schmallingenberg

WEILAND, Ingrid

BonTerra Weiland GmbH Nideggen

WIESE, Sven

Dipl.-Betr.-Wirt., Bestmann Green Systems Tangstedt

ZANZINGER, Helmut\*

Dipl.-Ing., SKZ Testing GmbH, Würzburg

\* Mitglied des Redaktionsausschusses

Ehemalige Mitarbeitende (und damalige Firma):

DÖMLING, Thomas

Dipl. Geogr., BonTerra Weiland GmbH Nideggen

KEITEL, Martin

Dipl.-Ing, Tensar International GmbH Bonn

MAGNUS, Martin

Dr.-Ing., TENAX Kunststoffe GmbH Leipzig

MENKE, Richard

Dipl.-Ing., Johann Bunte Bauunternehmung GmbH & Co KG Papenburg

NÉMETH, Ernö

Dr.-Ing., KIWA TBU GmbH Greven

Für hilfreiche Hinweise danken wir u.a. Peter Bott, Rolf-Dieter Böttcher, Prof. Dr. Eva Hacker, Jan Holland-Moritz, Dr. Gerhard Hoy, Manfred Kinberger, Elke Kirst, Stephan Köhler, Gernot Mannsbart, Kornelia Marzini, Steffen Müller, Jan Olschewski, Ulrich Prinz, Thomas Roess, Dr. Volker Seidel, Jens Sommerburg, Dr. Egon Stalljann, Claus-Luca Tavernini, Dr. Wilhelm Wilmers und Ralf Ziegler.

### **Vorbemerkung**

Das „Merkblatt über die Anwendung von Erosionsschutzprodukten und Begrünungshilfen aus natürlichen und synthetischen Materialien im Erd- und Landschaftsbau des Straßenbaues“ (M AEBEL), Ausgabe 2023, ist von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen im Arbeitskreis 5.4.1 „Erosionsschutz und Begrünungshilfen“ (Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fokke Saathoff) innerhalb des Arbeitsausschusses „Geokunststoffe“ (Leiter: Ltd. RBD Dipl.-Ing. Jens Sommerburg) aufgestellt worden. Es ist unter Einarbeitung der europäischen und internationalen Normung und der Erfahrung, die mit den beschriebenen Produkten und Bauweisen in den letzten Jahren gesammelt wurde, eine Fortschreibung des entsprechenden Kapitels im "Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus" (M Geok E), Ausgabe 2016.

## Inhaltsübersicht

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1      | Allgemeines.....  | 7  |
| 1.1    | Grundlagen der Bodenerosion.....                          | 8  |
| 1.1.1  | Wasserinduzierte Erosion.....                             | 8  |
| 1.1.2  | Winderosion.....  | 9  |
| 1.1.3  | Erosion aus Gravitation.....                              | 9  |
| 1.1.4  | Schutz gegen Oberflächenerosion.....                      | 10 |
| 1.2    | Geltungsbereich.....                                      | 11 |
| 1.3    | Planungsgrundlagen.....                                   | 12 |
| 1.4    | Anforderungen an die Leistungserklärung.....              | 15 |
| 2      | Begriffe.....   | 15 |
| 3      | Materialien und Produkte.....                             | 20 |
| 3.1    | Synthetische Materialien.....                             | 21 |
| 3.2    | Natürliche Materialien.....                               | 21 |
| 3.2.1  | Naturfasern.....  | 21 |
| 3.2.2  | Weitere natürliche Materialien.....                       | 22 |
| 3.3    | Eigenschaften der eingesetzten Rohstoffe.....             | 22 |
| 3.4    | Produkttypen.....   | 24 |
| 3.4.1  | Erosionsschutzmatte (GBL – Geoblanket).....               | 24 |
| 3.4.2  | Geomatte (GMA – Geomat).....                              | 24 |
| 3.4.3  | Vliesstoff (GTX-NW – Geovliesstoff).....                  | 25 |
| 3.4.4  | Gewebe (GTX-W – Geogewebe).....                           | 25 |
| 3.4.5  | Maschenware (GTX-K – Geomaschenware).....                 | 26 |
| 3.4.6  | Böschungsband.....  | 26 |
| 3.4.7  | Faschine.....   | 26 |
| 3.4.8  | Walze (GRO).....  | 27 |
| 3.4.9  | Geozelle (GCE).....                                       | 27 |
| 3.4.10 | Steinmatratze.....  | 27 |
| 3.5    | Produkte.....   | 28 |
| 4      | Aufbau und Funktionsweise von Erosionsschutzsystemen..... | 29 |
| 5      | Anforderungen an Baustoffe und Erosionsschutzsysteme..... | 31 |
| 5.1    | Allgemeines.....  | 31 |
| 5.2    | Böden, Bodenmaterialien und Substrate.....                | 32 |
| 5.3    | Vegetationstechnische Anforderungen.....                  | 32 |
| 5.3.1  | Rohboden und Baugrund.....                                | 33 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.3.2 | Oberboden .....  | 33 |
| 5.3.3 | Bodenmaterialien und Substrate.....  | 34 |
| 5.3.4 | Verfüllstoffe .....  | 34 |
| 5.3.5 | Vegetation .....   | 35 |
| 5.3.6 | Begrünungshilfen .....   | 35 |
| 5.3.7 | Bodenverbesserungsmittel und Dünger.....   | 36 |
| 5.4   | Anforderungen an Erosionsschutzprodukte.....   | 36 |
| 5.5   | Anforderungen an die Befestigung der Erosionsschutzprodukte .....  | 36 |
| 6     | Anwendungen.....   | 37 |
| 6.1   | Erosionsschutz auf Flächen und Böschungen .....  | 37 |
| 6.1.1 | Anwendungsbeispiele.....   | 38 |
| 6.1.2 | Hinweise zu Auswahl.....   | 45 |
| 6.1.3 | Hinweise zum Einbau.....   | 46 |
| 6.2   | Periodisch wasserführende Entwässerungseinrichtungen .....   | 49 |
| 6.2.1 | Anwendungsbeispiele.....   | 49 |
| 6.2.2 | Hinweise zu Auswahl.....   | 53 |
| 6.2.3 | Hinweise zum Einbau.....   | 55 |
| 6.3   | Begrünungshilfen.....  | 55 |
| 6.4   | Empfehlungen für gerutschte Böschungen.....  | 56 |
| 7     | Entscheidungshilfen für die Auswahl geeigneter Erosionsschutzsysteme.....                                  | 57 |
| 7.1   | Entscheidungshilfe für Flächen und Böschungen .....  | 57 |
| 7.1.1 | Erläuterung zur Funktionsdauer der technischen Erosionsschutzkomponente ..                                 | 59 |
| 7.1.2 | Erläuterung zur Bodenoberfläche und Begrünung.....   | 60 |
| 7.1.3 | Erläuterung der Kriterien für die projektspezifische Beurteilung der Produkt- bzw. Systemempfehlungen..... | 60 |
| 7.1.4 | Tabellen zur Auswahl der Produkttypen .....  | 62 |
| 7.2   | Entscheidungshilfe „periodisch wasserführende Entwässerungseinrichtungen“ .....                            | 67 |
| 7.2.1 | Erläuterungen zu Straßenmulden .....   | 68 |
| 7.2.2 | Erläuterungen zu Straßengräben .....   | 69 |
| 7.2.3 | Erläuterungen zu offenen Regenrückhaltebecken.....   | 71 |
| 7.2.4 | Erläuterungen zu Bereichen konzentrierter Strömung und / oder hoher Turbulenz .....                        | 71 |
| 7.2.5 | Erläuterungen Versickerungsanlagen.....  | 71 |
| 7.2.6 | Tabellen zur Auswahl der Produkttypen .....  | 72 |
| 8     | Hinweise zu Ausschreibung und Vertragsgestaltung.....  | 73 |
| 8.1   | Hinweise zur Ausschreibung .....   | 73 |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| 8.1.1       | Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis .....                             | 74  |
| 8.1.2       | Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm .....                                | 74  |
| 8.2         | Hinweise für die Gestaltung der Vertragsbedingungen.....                         | 75  |
| 9           | Checklisten zu Planung, Ausführung und Unterhaltung.....                         | 75  |
| 10          | Prüfverfahren.....   | 76  |
| 10.1        | Allgemeines .....  | 76  |
| 10.2        | Dicke und Höhe .....   | 78  |
| 10.3        | Masse pro Flächeneinheit .....   | 78  |
| 10.4        | Zugfestigkeit und Dehnung bei Höchstbelastung .....                              | 78  |
| 10.5        | Festigkeit produktinterner Verbindungen von Geozellen und Geoverbundstoffen..... | 79  |
| 10.6        | Dickenänderung unter Dauerlast.....  | 79  |
| 10.7        | Rückstellvermögen .....  | 79  |
| 10.8        | Flexibilität .....   | 79  |
| 10.9        | Verhalten bei niedrigen und hohen Temperaturen.....                              | 80  |
| 10.10       | Öffnungsdurchmesser und charakteristische Öffnungsweite.....                     | 80  |
| 10.11       | Erdfüllungsrate.....   | 80  |
| 10.12       | Lichtdurchlässigkeit.....  | 80  |
| 10.13       | Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene .....                                     | 80  |
| 10.14       | Wasserableitvermögen in der Ebene.....   | 81  |
| 10.15       | Wasserrückhaltevermögen.....   | 81  |
| 10.16       | Brandverhalten / Beständigkeit gegen Feuer .....                                 | 81  |
| 10.17       | Schwelverhalten .....  | 81  |
| 10.18       | Mikrobiologische Beständigkeit .....   | 81  |
| 10.19       | Witterungsbeständigkeit .....  | 81  |
| 10.20       | Durchwurzelung.....  | 82  |
| 10.21       | Berechnungssimulation.....   | 82  |
| 10.22       | Überströmungssimulation .....  | 82  |
| 10.23       | Pflanzenwachstum inkl. Durchwuchsverhalten .....                                 | 82  |
| 10.24       | Freisetzen gefährlicher Substanzen.....  | 83  |
| 10.25       | Umweltunbedenklichkeit / Umweltverträglichkeit.....                              | 83  |
| 11          | Schrifttum.....  | 83  |
| Anlage 3:   | Produktbilder .....  | 88  |
| Anlage 6.1: | Fallbeispiel Flächen und Böschungen Nr. 1 .....                                  | 101 |
| Anlage 6.2: | Fallbeispiel Flächen und Böschungen Nr. 2 .....                                  | 104 |
| Anlage 6.3: | Fallbeispiel Flächen und Böschungen Nr. 3 .....                                  | 107 |
| Anlage 6.4: | Fallbeispiel Flächen und Böschungen Nr. 4.....                                   | 110 |

|  |     |
|--|-----|
| Anlage 6.5: Fallbeispiel Flächen und Böschungen Nr. 5 .....  | 113 |
| Anlage 6.6: Fallbeispiel Flächen und Böschungen Nr. 6 .....  | 116 |
| Anlage 6.7: Fallbeispiel periodisch wasserführend Nr. 1 .....  | 119 |
| Anlage 6.8: Fallbeispiel periodisch wasserführend Nr. 2 .....  | 122 |
| Anlage 7: Kriterientabelle .....   | 124 |
| Anlage 8: Hinweise für die Erstellung von Leistungsbeschreibungen mit Leistungsprogramm .....                | 125 |
| Anlage 9.1: Checkliste - Flächen und Böschungen.....   | 130 |
| Anlage 9.2: Checkliste - periodisch wasserführende Entwässerungseinrichtungen .....                          | 132 |
| Anlage 10.1: Verhalten von Erosionsschutzprodukten bei niedrigen und erhöhten Temperaturen .....             | 134 |
| Anlage 10.2: Bestimmung des Öffnungsdurchmessers von Erosionsschutzprodukten .....                           | 138 |
| Anlage 10.3: Prüfverfahren Bestimmung Erdfüllungsrate von Erosionsschutzprodukten ....                       | 140 |
| Anlage 10.4: Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens von Erosionsschutzprodukten.                            | 143 |
| Anlage 10.5: Prüfverfahren Bestimmung der Schwelfestigkeit von Erosionsschutzprodukten .....                 | 145 |
| Anlage 10.6.Prüfverfahren Bestimmung der Wurzelpenetration von Erosionsschutzprodukten (Durchwurzlung) ..... | 147 |
| Anlage 10.7. Prüfverfahren Prüfung der Umweltunbedenklichkeit für Erosionsschutzprodukte .....               | 149 |

# 1 Allgemeines

Dieses Merkblatt enthält Angaben über die Anwendungsmöglichkeiten von Erosionsschutzprodukten und Begrünungshilfen aus natürlichen und synthetischen Materialien im Erd- und Landschaftsbau des Straßenbaus.

Zukünftig spielt im Erd- und Landschaftsbau des Straßenbaus der Klimawandel mit möglicherweise gegenüber heutigen Verhältnissen erhöhten lokalen Starkregenereignissen eine zentrale Rolle. Zudem rückt der vorsorgende Bodenschutz in der neuesten Bodenschutzgesetzgebung in den Fokus, zu dem auch der Schutz gegen Oberflächenerosion gehört. Insofern können auch Böschungsbereiche, die aus bisherigen Erfahrungen nicht gegen Erosion geschützt werden müssten, in Zukunft einen technischen Erosionsschutz erfordern.

Die mitgeltenden Regelwerke und Normen von FGSV, BASt, DWA, FLL und DIN sind zu beachten.

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Merkblatts ist nicht abzusehen, ob und wann es eine CE-Kennzeichnungspflicht für Erosionsschutzprodukte geben wird. Falls es zukünftig eine Kennzeichnungspflicht geben sollte, sind die entsprechenden Regeln einzuhalten. Zudem existieren noch keine harmonisierte Norm und keine ETA. Für Anwendungen des Oberflächenerosionsschutzes ist die ISO/TR 18228-8 (derzeit noch im Entwurf) ggf. zu beachten.

Die Anforderungswerte an die Produkte sind als Grenzwerte zu verstehen.

In diesem Merkblatt sind die deutschen, europäischen und internationalen Normen entsprechend ihrem Bearbeitungsstand berücksichtigt.

Merkblätter sind nach ihrem hauptsächlichen (primären) Verwendungszweck weder als Vertragsgrundlage noch als Richtlinie geeignet. Nach ihrem sekundären Verwendungszweck können Merkblätter auszugsweise oder umgestaltet auch als Vertragsbestandteil in der Leistungsbeschreibung von Bau-, Liefer-, Dienst- und freiberuflichen Leistungen verwendet werden (siehe FGSV 2018: „Grundlagen für das Erstellen von Technischen Regelwerken und Wissensdokumenten für das Straßen- und Verkehrswesen“, Ausgabe 2018).



*Bild 1.1 Versuchspartellen mit verschiedenen Erosionsschutzprodukten und Begrünungshilfen aus synthetischen und natürlichen Materialien am Testfeld Biebelried BAB 3, Herbst 2009 (oben), Winter 2009 (Mitte), Frühjahr 2010 (unten) (Foto: SKZ-Testing GmbH)*

Das vorliegende Merkblatt beschränkt sich auf die oberflächlichen Prozesse der Bodenerosion (Oberflächenerosion), die im Wesentlichen durch Wasser, z.T. auch durch Wind verursacht werden. Diese Prozesse beziehen sich auf den obersten Bodenhorizont. Erosionsformen wie Rutschungen, Massenfließen, Bergstürze oder Eisschliff können durch die Empfehlungen dieses Merkblattes nicht bzw. nicht unmittelbar verhindert werden. Für geotechnische Fragestellungen zur Stabilität von Böschungen an Straßen wird auf das FGSV-Merkblatt M

BLG verwiesen. Bei neu hergestellten Böschungen, die begrünt werden sollen, kann i.d.R. die zusätzliche Bewehrung durch Wurzeln (Begriff Durchwurzelungskohäsion in M BLG und MSD) nicht angesetzt werden.

Die im Merkblatt M AEBEL vorgestellten Lösungen sind Beispiele möglicher Anwendungen verschiedener Erosionsschutzprodukte und Begrünungshilfen. Im konkreten Einzelfall sind diese Lösungen vor Ort zu überprüfen und anzupassen.

## 1.1 Grundlagen der Bodenerosion

Bodenerosion ist ein natürlicher Prozess, bei dem Bodenpartikel und Fels gelöst, transportiert und abgelagert werden. Auslöser der Bodenerosion sind Wasser, Wind, Eis und Gravitation. Natürliche Erosionsprozesse können durch anthropogene Einflüsse verstärkt oder sogar ausgelöst werden. Erosionserscheinungen betreffen zunächst die Bodenoberfläche, können jedoch infolge verschiedener Wirkmechanismen auch große Erdmassen betreffen, die z.B. das geotechnische Versagen von Böschungen zur Folge haben. Im Folgenden werden die für den Oberflächenerosionsschutz relevanten auslösenden Prozesse (Wasser, Wind, Gravitation) beschrieben. Erosion ist grundsätzlich zu unterscheiden von den Prozessen der Verwitterung (physikalisch, chemisch), wobei die Verwitterung von Gesteinen Erosionsprozesse begünstigen kann.

### 1.1.1 Wasserinduzierte Erosion

Die wasserinduzierte Bodenerosion beginnt mit der Tropfenerosion. Wenn Regentropfen auf die unbedeckte Bodenoberfläche auftreffen, werden Bodenpartikel abgelöst und sind dadurch leichter zu transportieren. Gleichzeitig wird die Bodenoberfläche durch die Fallenergie der Tropfen verdichtet, wodurch sich die Infiltrationskapazität des Bodens verringert. Dadurch wird ein erhöhter Oberflächenabfluss begünstigt.

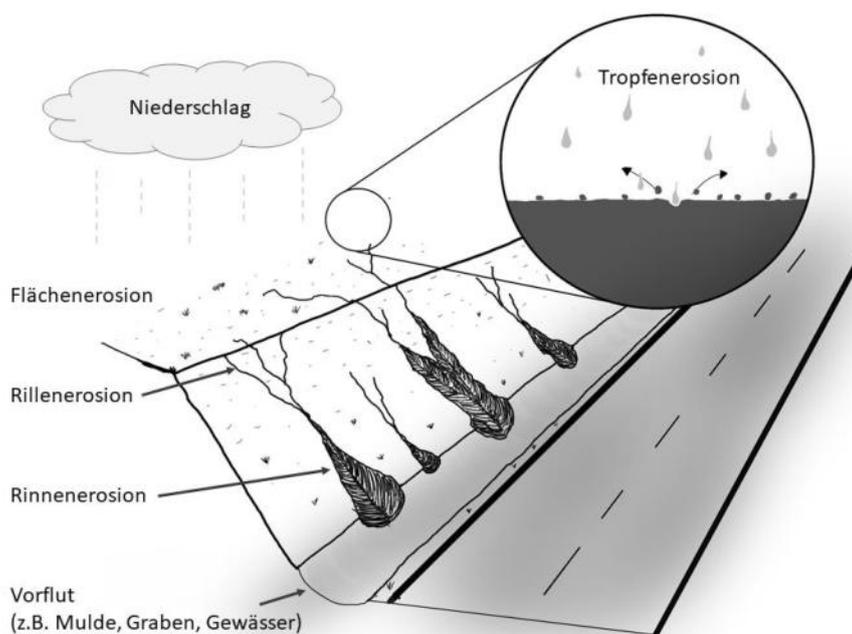


Bild 1.2 Wasserinduzierte Erosionsausprägungen

Wird die Infiltrationskapazität des Bodens durch den Niederschlag überschritten, kommt es zu oberflächlichem Abfluss. Bei gleichmäßig ebener Oberfläche kann dieser Abfluss idealisiert flächig angenommen werden. Hierbei wird oberflächlich gelockertes Bodenmaterial abgetragen (Flächenerosion, Schichterosion).

Störungen in der Bodenoberfläche (z.B. ungleichmäßige Verdichtung im kleinsten Maßstab, Inhomogenitäten und Unebenheiten) führen zur Konzentration des Abflusses in kleinen Rillen (Rillenerosion). Die Konzentration der Strömung führt zu einer erhöhten erosiven Wirkung und zur Vertiefung der Rillen zu Rinnen (Rinnenerosion) und schließlich zu Gräben (Grabenerosion, Gullyerosion). Im Unterschied zur Flächenerosion wird hierbei von linienförmigem Abtrag gesprochen. Hierbei sind die Grundlagen des Sedimenttransports in Fließgewässern (Gerinnehydraulik) zu berücksichtigen. Weitere Hinweise siehe DWA-M 921.

Zur ersten Abschätzung der Stabilität von Bodenpartikeln in Bezug auf deren Erosivität kann das Hjulströmdiagramm (Bild 1.3) herangezogen werden. Dieses beschreibt den Zusammenhang zwischen Fließgeschwindigkeit, Korngröße und Erosivität.

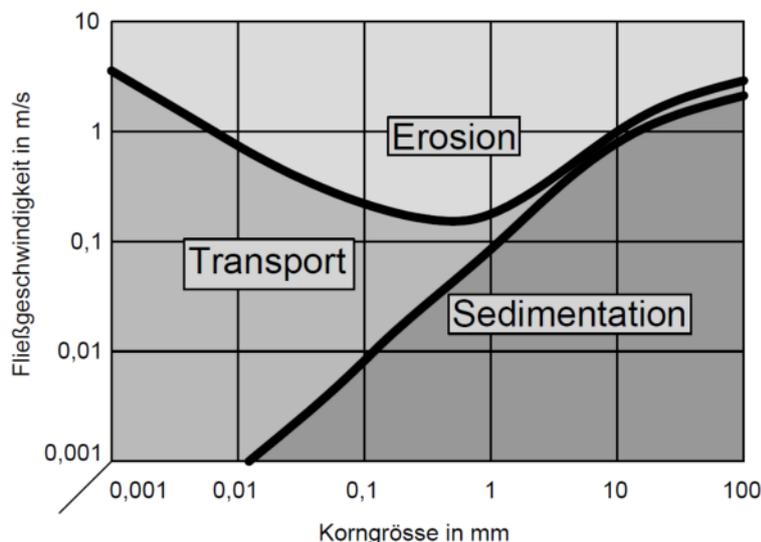


Bild 1.3 Hjulströmdiagramm

### 1.1.2 Winderosion

Winderosion tritt vor allem auf Oberflächen mit trockenen, feinkörnigen, lockeren Böden auf. Die oberflächlichen losen Bodenpartikel werden bei entsprechenden Windgeschwindigkeiten abhängig von ihrer Korngröße unterschiedlich weit transportiert. Die wesentlichen Prozesse sind dabei das Kriechen (größte Partikel), die Saltation (springende Fortbewegung) und die Suspension (feinste Partikel, die über große Entfernungen transportiert werden).

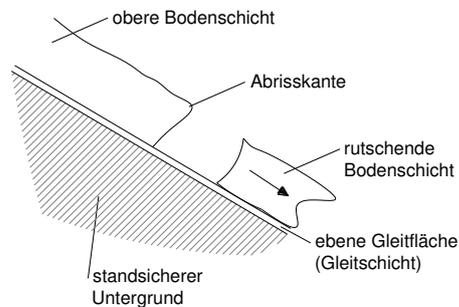
### 1.1.3 Erosion aus Gravitation

An Straßenböschungen treten darüber hinaus häufig weitere Erosionsformen auf, die durch den Einfluss des Wassers (z.B. Durchfeuchtung) begünstigt werden, die jedoch im Wesentlichen auf ein Gleichgewichtsversagen zurückzuführen sind (Erosion aufgrund von Gravitation):

- Abrutschen einer Oberbodenschicht auf der Rohbodenböschung (Translationsrutschung, Bild 1.4 links)

- Rutschung der Rohbodenböschung auf einer tiefer liegenden Gleitfuge (Rotations- oder Translationsrutschung, Bild 1.4)
- Herabfallende Steine und Felsbrocken bei sehr steilen Felsböschungen

#### Translationsrutschung



#### Rotationsrutschung

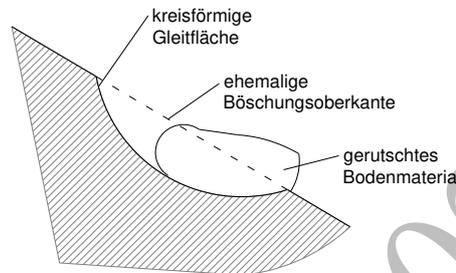


Bild 1.4 Rutschungstypen: Translationsrutschung (links) und Rotationsrutschung (rechts)

### 1.1.4 Schutz gegen Oberflächenerosion

Die Aufgabe des Oberflächen-Erosionsschutzes ist es, die erosive Wirkung des Wassers so zu reduzieren, dass die oberflächlich wirkenden Erosionsauslöser wie Regentropfen, Schichterosion und Rillenerosion verhindert werden und dass sich folglich keine Rinnen- und Grabenerosion ausbilden kann.

Die Erosion durch Wind kann durch Bedecken oder Erhöhung der Rauigkeit der Bodenoberfläche (Reduktion der Windgeschwindigkeit an der Oberfläche) verhindert werden.

Eine standortangepasste Begrünung ist ein entscheidender und nachhaltiger Faktor des Erosionsschutzes. In der Regel übernimmt eine erfolgreich etablierte Vegetation die Funktion des Erosionsschutzes. Bis zum Erreichen dieser Funktion kann der Einsatz von Erosionsschutzprodukten erforderlich sein. Die Wirkung des Erosionsschutzproduktes kann dafür mit der Zeit nachlassen. In bestimmten Situationen sind dauerhafte Erosionsschutzprodukte erforderlich.

An Gewässerböschungen und periodisch wasserführenden Bauwerken des Straßenbaus (z.B. Gräben und Mulden) sind -bedingt durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten- Bauweisen mit hoher Erosionsschutzwirkung anzuwenden.

Das Abrutschen von Oberboden auf dem Rohboden ist zwar eine oberflächennahe Erosionserscheinung, kann jedoch i.d.R. nicht durch den klassischen Oberflächenerosionsschutz verhindert werden. Vielmehr ist hier die Aufmerksamkeit auf die Verzahnung zwischen den Schichten zu lenken.

Rutschungen und Stürze können durch Oberflächenerosionsschutz nicht verhindert werden. Ggf. kann die Gefahr durch die Reduktion von infiltrierendem Wasser (z.B. dränende Wirkung) reduziert werden. Da dies nur im Zusammenhang mit der geotechnischen Bauwerksbemessung sinnvoll geplant werden kann, sind solche Maßnahmen nicht Bestandteil dieses Merkblatts. Hinweise zur entsprechenden Sicherung von Böschungen finden sich im Merkblatt „Böschungen aus Lockergestein“ M BLG der FGSV.

## 1.2 Geltungsbereich

Das Merkblatt gilt für Erosionsschutz- und Begrünungsmaßnahmen im Erd- und Landschaftsbau des Straßenbaues. Anwendungsgebiete sind der Schutz und die Begrünung von z.B.

- Böschungen und
- periodisch wasserführenden Entwässerungseinrichtungen.

Es ergänzt das Merkblatt für einfache landschaftsgerechte Sicherungsbauweisen [FGSV, 1991] und das Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues, M Geok E [FGSV, 2016].

Das Merkblatt dient auch zur Ergänzung und Erläuterung der entsprechenden Abschnitte der Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTV E-StB 17 [FGSV, 2017], in denen die Erosionsschutz- und Begrünungsmaßnahmen grundsätzlich geregelt sind.

In diesem Merkblatt sind die deutschen, europäischen und internationalen Normen entsprechend ihrem Bearbeitungsstand berücksichtigt.

Für die Anwendung der Stoffe und Bauweisen gelten neben den einschlägigen Regelwerken des Straßenbaus die Grundsätze der Ingenieurbiologie gemäß ATV DIN 18320 sowie insbesondere DIN 18918. Weitere einschlägige Normen und Vertragshinweise finden sich in Anlage A 1.

Das Merkblatt gibt Hinweise für Planung, Bau, Unterhaltung und Sanierung eines funktionsgerechten Erosionsschutzes mit standortgerechter Begrünung im Straßenbau bei Anwendung von Erosionsschutzprodukten und Begrünungshilfen aus natürlichen und synthetischen Materialien. Das Merkblatt gilt auch für Maßnahmen, bei denen keine Begrünung vorgesehen ist.

Es bietet Planern und Ausführenden Entscheidungshilfen für die Auswahl der technisch richtigen und wirtschaftlichsten Bauweisen zur Erzielung eines schnell wirksamen und nachhaltigen Erosionsschutzes.

Mit den im vorliegenden Merkblatt empfohlenen Maßnahmen sollen oberflächliche Erosionserscheinungen im Erdbau des Straßenbaus vermieden werden. Bild 1.5 zeigt Beispiele der Oberflächenerosion an ungeschützten Böschungen (links vor Begrünung, rechts im teilbegrüntem, noch nicht ausreichend geschützten Zustand).

Vorliegendes Merkblatt behandelt nicht die weit über eine Erosionserscheinung hinausgehenden Instabilitäten der Böschungen wie zum Beispiel Böschungsrutschungen, (hydraulische) Grundbrüche oder ähnliches, bei denen erdstatische Kräfte wirken, die nicht mehr durch oberflächennah eingebauten Erosionsschutzprodukte und/oder die Durchwurzelung der obersten Bodenschicht fixiert werden können. In Bild 1.6 sind im Vordergrund solche Rutschungen zu sehen. Im Hintergrund sind zudem Rutschungsbereiche erkennbar, die bereits mittels Schotterpackungen saniert wurden. Für Hinweise zum Umgang mit geotechnischen Fragestellungen an Böschungen wird auf das Merkblatt M BLG verwiesen.

Auch bei oberflächennahen Erosionserscheinungen kann es in relativ kurzer Zeit zu großen Materialverfrachtungen kommen. Hierdurch können sie auch Auslöser größerer Schäden sein. Zur Vermeidung oder Minimierung größerer Böschungsinstabilitäten, z.B. tiefgründige oder böschungsparelle Rutschungen, können die nachfolgenden Hinweise zum Oberflächenerosionsschutz folglich hilfreich sein.

Nicht behandelt werden weiterhin Maßnahmen zum reinen Winderosionsschutz (z.B. Silt fences), dauerhaft wasserführende Systeme und Systeme, bei denen bewusst die Begrünung verhindert werden soll. Der Schutz von Böschungen gegen Wasser mit Steinwurf oder Gabionen auf geotextilen Filtern ist im Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus M Geok E 2016 beschrieben. Steinschüttungen und Böschungspflasterungen sind in M BLG 2021 enthalten.



Bild 1.5 Oberflächenerosion an Böschungen (Fotos: S. Bloemer, Bender GmbH & Co. KG)



Bild 1.6 Beispiel einer Rutschung, die nicht durch die im Merkblatt behandelten Methoden zu schützen ist (Einschnitt Staatsstraße 2001, westl. Harbartshofen, LK Lindau, Foto: G. ten Elsen)

### 1.3 Planungsgrundlagen

Die Erosionsschutzmaßnahmen sind schon frühzeitig im Planungsstadium vorzusehen. Kann bei der Planung von Baumaßnahmen Erosion vermieden werden, ist dies vorrangig zu beachten. Geeignete Planungsinstrumente zur Vermeidung der Ursachen für Erosion können z.B. sein

- eine der Landschaft angepasste Linienführung des Verkehrswegs zur Vermeidung hoher Böschungen, z.B. in Anlehnung an ESLa [FGSV, 2003],
- die Durchführung und Beachtung geotechnischer Voruntersuchungen mit Aussagen zur Erosionsempfindlichkeit des anstehenden Baugrunds sowie zu Hangwasserproblematiken,
- eine dem Baugrund angepasste Böschungsneigung mit begründeter Abkehr von der 1:1,5-Regelböschung (z.B. Ausbildung steilerer Felsböschungen, Abflachung

erosionsgefährdeter Auftragsböschungen), wie auch in der ZTV-E StB 17 in Ziff. 6.1 ausdrücklich gefordert,

- die Ausbildung wechselnder Böschungsneigungen mit großzügigen Ausrundungen von Fuß und Krone, auch zur besseren landschaftlichen Einbindung des Bauwerks und als Beitrag zur Eingriffsminimierung sowie
- der Verzicht auf Oberbodenandeckung an nicht erosionsgefährdeten und standsicheren Rohbodenböschungen, auch zur Herstellung naturschutzfachlich wertvoller Magerstandorte.

Im zu bearbeitenden Projekt können die Bodenabtragsmengen mit und ohne Erosionsschutz gegenübergestellt werden. Dies kann nach ISO/TR 18228-8 in Verbindung mit DIN 19708:2017 mit der allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) bestimmt werden. ISO/TR 18228-8 enthält spezielle Berechnungsanforderungen für Geokunststoffe und Beispiele zur Anwendung der ABAG.

Überall dort, wo eine vorbeugende Vermeidung von Erosion nicht möglich ist, sind Maßnahmen zum Schutz und zur Minimierung vorzusehen. Dies können entwässerungstechnische, erd- und landschaftsbauliche Maßnahmen sein, wie z.B.

- die Anlage von Hangfanggräben oberhalb der Böschungskrone zur Ableitung von Oberflächenwasser,
- die Fassung von Hangquellen/Wasseraustritten an/in Böschungen,
- die Rodung von Wurzelstöcken erst unmittelbar vor dem Erdbau,
- die Einhaltung der Bearbeitungsgrenzen nach DIN 18915 beim Umgang mit Oberboden,
- die Verzahnung von Bodenschichten zur Vermeidung potenzieller Gleitebenen,
- die Abstimmung der Stoffe und Bauweisen von Erosionsschutzsystemen auf den anstehenden Baugrund/Untergrund/Unterbau,
- die Anpassung von Erosionsschutzsystemen im Hinblick auf eine Schutzwirkung in der Vegetationsruhe (November bis März) und in Trockenzeiten,
- die Abstimmung der vorgesehenen Begrünung auf den anstehenden Boden und die Standortverhältnisse,
- das zeitnahe Aufbringen eines begrünbaren Erosionsschutzes innerhalb der Vegetationsperiode sowie
- die Sicherstellung einer Fertigstellungs- und Entwicklungspflege nach ATV DIN 18320 bzw. DIN 18918 und DIN 18919 sowie ZTV La-StB18 [FGSV, 2018].

Ist Erosionsschutz erforderlich, sind u.a. folgende Rahmenbedingungen zu beachten:

- Natur- und Landschaftsschutz, z.B. Saatgut und Pflanzenmaterial in der freien Natur, deren genetischer Ursprung mit Bezug zum BNatSchG im Verwendungsgebiet liegen muss (gebietseigene Gehölze und Regiosaatgut mit Herkunfts- und Qualitätsnachweis gemäß FLL-Empfehlungen für Begrünungen mit gebietseigenem Saatgut und Regel-Saatgut-Mischungen Rasen (z.B. RSM 7, RSM 8) oder z.B. Förderung der Biodiversität mit Pflanzenarten zur Verbesserung des Tracht- und Lebensraumangebotes für Bienen und andere Blüten besuchende Insekten gemäß FLL-Fachbericht Bienenweide,
- Geologie und Bodenverhältnisse (z.B. Beschaffenheit des Baugrunds, Oberbodenverwendung, Felshorizont und -lagerung, Verwitterungsanfälligkeit),
- Erosionsgefährdung des zu schützenden Bodens (abhängig von Kornverteilung, organischer Substanz, Bodengefüge, hydraulischer Leitfähigkeit, vgl. bodenkundliche Kartieranleitung)
- Bauliche Verhältnisse (z.B. Auftrag, Abtrag, Be- und Entwässerung),
- Erforderliche Funktionsdauer der technischen Erosionsschutzkomponente,

- Inklination (Böschungsneigung),
- Exposition (z.B. Wind, Sonneneinstrahlung) der Böschung,
- Klimatische Verhältnisse (z.B. UV-Strahlung, Temperatur, Niederschläge),
- Vegetation (z.B. Begrünungsart und -methode),
- Sichtbarkeit (Landschaftsbild) sowie
- Nutzungsart und -intensität (z.B. mechanische Beanspruchung).

Für eine auf die speziellen Projektanforderungen abgestimmte Lösung unterscheidet das Merkblatt zwischen vegetativem und technischem Erosionsschutz.

Der vegetative Erosionsschutz wird in der Regel als permanente Erosionsschutzlösung in Form einer dauerhaften Begrünung vorgesehen. Der technische Erosionsschutz wird unter Verwendung von industriell hergestellten Erosionsschutzprodukten mit und ohne Begrünung für verschiedene Einsatzzeiträume vorgesehen.

Der technische Erosionsschutz kann entweder dauerhaft oder für die erforderliche Funktionsdauer allein wirken, den Erosionsschutz während der Etablierungsphase eines vegetativen Erosionsschutzes sicherstellen und auf diese Weise die Begrünung unterstützen (temporäre Wirkung des Produkts) oder dauerhaft in Kombination als Erosionsschutzsystem aus technischer und vegetativer Komponente wirken.

Bei der Auswahl einer geeigneten technischen Erosionsschutzkomponente ist in Abhängigkeit von den Standortbedingungen einzelfallbezogen die erforderliche Funktionsdauer zu berücksichtigen und in der Planung festzulegen. Diese bezieht sich im vorliegenden Merkblatt ausschließlich auf die industriell hergestellten Erosionsschutzprodukte, unabhängig davon, wie lange darüber hinaus die vegetative Komponente den Erosionsschutz gewährleisten soll.

Die Funktionsdauer der technischen Komponente wird in vier Klassen eingeteilt, um material- und anwendungsbezogene Gegebenheiten zu berücksichtigen.

Die Klassifizierung der Funktionsdauer dient zunächst der Unterscheidung der Produkte für unterschiedliche Anwendungszwecke. Im Einbauzustand ist die Funktionsdauer darüber hinaus unter anderem von den Bodeneigenschaften und der Bodenfeuchte abhängig. Zudem ist es entscheidend, ob ein Erosionsschutzprodukt übererdet wird oder lediglich auf die Oberfläche aufgelegt wird. Eine umfassende Erläuterung der Funktionsdauern ist in Kapitel 7 enthalten.

#### Temporär kurzfristig (bis 0,5 Jahre bzw. eine Vegetationsperiode):

Wirkung für bis zu einer Vegetationsperiode zur Unterstützung der Etablierung der vegetativen Erosionsschutzkomponente, die bereits nach einer Vegetationsperiode sicher in der Lage ist, den Erosionsschutz zu gewährleisten.

#### Temporär mittelfristig (> 0,5 bis 2 Jahre bzw. zwei Vegetationsperioden):

Wirkung für bis zu zwei Vegetationsperioden, bis die Vegetation den Erosionsschutz übernehmen kann.

#### Temporär langfristig (> 2 bis 5 Jahre bzw. drei bis fünf Vegetationsperioden):

Wirkung für bis zu fünf Vegetationsperioden, bis die Vegetation den Erosionsschutz übernehmen kann, z.B. auf Magerstandorten, steilen Böschungen, besonders feuchten oder trockenen Standorten.

#### Permanent (mehr als 5 Jahre bzw. mehr als fünf Vegetationsperioden):

Das Produkt wirkt für eine übliche Lebensdauer des Erdbauwerks je nach Anforderung, entweder als ausschließlicher Erosionsschutz oder im Erosionsschutzsystem.

## 1.4 Anforderungen an die Leistungserklärung

Zum Zeitpunkt der Drucklegung dieses Merkblattes liegen noch keine harmonisierte/n Norm/en vor.

Unabhängig davon soll dem Auftraggeber / Bauherrn eine Leistungserklärung für jedes Erosionsschutzprodukt zur Verfügung gestellt werden, die sich an den üblichen Regelungen für die Leistungserklärung von Geokunststoffen nach M Geok E (2016) orientiert. Die in der Leistungserklärung darzustellenden Eigenschaften entsprechen den H-Prüfungen in Tabelle 10.1. Alle Prüfungen, die auch in den Leistungserklärungen für Geokunststoffe enthalten sind, sind mit den entsprechenden Abweichungen und Toleranzen anzugeben.

## 2 Begriffe

### Anspritzverfahren

Technik zur Mischung und Ausbringung von z.B. Klebstoffen und/oder Mulchstoffen, ggf. mit Ansaat (vgl. Begriff Nass-Ansaat), bei der die Mischungskomponenten ggf. in mehreren Arbeitsgängen über die Bodenoberfläche verteilt werden.

### Baufolie

siehe Folie

### Begrünungshilfe

Im Sinne dieses Merkblatts Maßnahme/Produkt zur Unterstützung der Begrünung (z.B. industriell hergestellte begrünbare Erosionsschutzprodukte) und zur Verbesserung der Standortbedingungen für die Vegetation (z.B. Düngemittel, Bodenhilfsstoffe, Klebstoffe, Mulchstoffe), immer in Verbindung mit Erosionsschutz.

### Begrünungsmatte

Erosionsschutzmatte mit eingelagertem Saatgut.

### Bodenhilfsstoff

Organischer und/oder mineralischer und/oder synthetischer Stoff oder Stoffgemisch, der/das nicht der Düngemittelverordnung (DüMV) unterliegt und der Bodenverbesserung im Hinblick auf Erosionsschutz und Begrünung dient.

### Böschungsband

Streifenförmiges, textiles Gebilde zum Einbau auf Geländeoberfläche i.d.R. in einem Winkel zwischen vertikal (gegenüber der Horizontalen) und senkrecht zur Böschungsoberfläche.

### Durchwurzelbarer Bodenraum

Böden und Substrate, die aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften zur Durchwurzelung geeignet sind.

### Dünger

Sammelbegriff für Stoffe und Stoffgemische gemäß Düngemittelverordnung (DüMV), die dazu dienen, eine art- und standortgerechte Nährstoffversorgung für das Pflanzenwachstum sicherzustellen.

### Erosion (Bodenerosion)

Transport und Umlagerung anstehender Bodenfraktionen durch Wasser, Wind und/oder Gravitation (vgl. Oberflächenerosion).

**Erosionsschutz**

Maßnahme zum Schutz gegen Bodenerosion, technisch oder vegetativ.

**Erosionsschutzband**

siehe Böschungsband.

**Erosionsschutzgewebe**

siehe Gewebe

**Erosionsschutzgitter**

Grobe Gitterstruktur aus natürlichen und/oder synthetischen Fasern und/oder Garnen mit Öffnungsweiten i.d.R. über 100 mm.

**Erosionsschutzmatte (engl. Geoblanket GBL)**

Durchlässige Struktur aus losen natürlichen und / oder synthetischen Fasern und geosynthetischen Elementen, die miteinander verbunden sind, um eine geschlossenflächige Matte zu bilden

**Erosionsschutzprodukt**

Siehe Produkt

**Erosionsschutzsystem**

System bestehend aus Erosionsschutzprodukt, Fixierungselement und Boden, ggf. Begrünung.

**Faschine**

Längliches Bündel aus bewurzelungsfähigen oder toten Ruten, Ästen oder Zweigen.

**Fertigrasen**

Zum Verpflanzen vorbereitete Rasenstücke aus Anzuchtbeständen. Er muss den Anforderungen der TL Fertigrasen entsprechen.

**Fixierungselement**

Bestandteil der technischen Erosionsschutzkomponente zur Fixierung auf der Bodenoberfläche, z.B. Erdnägeln, Stahlhaften, Holzpflocke, U-Krampe, Agraffen.

**Flächenhaftes Produkt**

Flächenhafte Produkte werden i.d.R. als Rollenware geliefert und entfalten ihre Schutzwirkung flächig. Beispiele sind Matten, Gewebe, Vliesstoffe, Gitter usw.

**Folie**

Unter einer Folie wird eine sehr dünne Kunststoffbahn mit einer Dicke  $d < 1,0$  mm verstanden.

**Funktionsdauer**

Zeitspanne, in welcher die Erosionsschutzwirkung der technischen Erosionsschutzkomponente erforderlich ist. Die Funktionsdauer bezieht sich nicht auf die vegetative Komponente, die in der Regel eine permanente Erosionsschutzwirkung entfalten soll.

**Gebietseigenes Saatgut**

Saatgut von Wildformen einheimischer Pflanzenarten bestimmter regionaler Herkunft mit Bezug zum Ausbringungsstandort. Die regionale Herkunft definiert sich dabei über das Ursprungsgebiet (bei Regiosaatgut) oder den Naturraum (bei naturraumtreuem Saatgut) in dem der Ausbringungsort liegt. Beschreibt Pflanzenarten, die mit Bezug zum § 40 (4) BNatSchG als „nicht gebietsfremd“ in der freien Natur ausgebracht werden dürfen. Siehe FLL-Empfehlungen für Begrünungen mit gebietseigenem Saatgut.

**Geoblanket (GBL)**

siehe Erosionsschutzmatte

**Geogitter (GGR)**

Geogitter sind aus synthetischen Fasern, Garnen oder aus Kunststoffen hergestellte Gitterstrukturen mit Öffnungsweiten über 10 mm.

**Geokunststoff**

Geokunststoff im Sinne dieses Merkblattes ist der Oberbegriff für Geotextilien, Geogitter und verwandte Produkte, die aus synthetischen und/oder natürlichen Materialien hergestellt sind und die im Erdbau und in Entwässerungsanlagen des Straßenbaus eingesetzt werden.

**Geomatte (engl. Geomat GMA)**

Flächenhafte, offene, i.d.R. dreidimensionale Mattenstruktur, in unterschiedlichem Maße wasser- und lichtdurchlässig, kann mit Boden gefüllt werden, z.B. Monofilamentgelege.

**Geotextil (GTX)**

Im Sinne dieses Merkblattes ein flächenhaftes, durchlässiges synthetisches/natürliches Textil, entweder Vliesstoff (z.B. Fasermatte), Gewebe, Kettengewirke (Maschenware) oder Verbundstoff.

**Geoverbundstoff**

siehe Verbundstoff.

**Geozelle (GCE)**

Dreidimensionale, durchlässige Waben- oder ähnliche Zellstruktur, hergestellt aus miteinander verbundenen Geokunststoffstreifen (aus synthetischen oder natürlichen Polymeren).

**Gewebe**

bestehen aus sich i.d.R. rechtwinklig kreuzenden Fadensystemen (Kette und Schuss). Im Sinne dieses Merkblattes werden Gewebe (Erosionsschutzgewebe) unterschieden in

- engmaschige Gewebe (mit Öffnungen unter 10 mm) und
- grobmaschige Gewebe (mit Öffnungen über 10 mm).

**Hydrosaat**

siehe Nass-Ansaat.

**Kleber / Klebstoff**

Synthetischer oder natürlicher Klebstoff zur Oberflächenverfestigung und/oder zur Fixierung der Mischungskomponenten beim Anspritzverfahren.

**Kolmation (Kolmatation)**

Verringerung der hydraulischen Leistungsfähigkeit durch Verstopfen und/oder Blockieren (Gegenteil von Suffosion).

**Krallmatte**

siehe Monofilamentgelege.

**Maschenware**

Geotextil, welches durch Verschlingen oder Vermaschen von Garnen, Fasern, Filamenten oder anderen Elementen hergestellt wird (Fadenlagennähgewirke, Kettenwirkwaren, Raschelware). Im Sinne dieses Merkblattes werden Maschenwaren unterschieden in

- engmaschige Maschenware (mit Öffnungen unter 10 mm) und

- grobmaschige Maschenware (mit Öffnungen über 10 mm).

#### Monofilamentgelege

Dreidimensionale Struktur (unbelastet etwa 10 bis 20 mm dick) aus wellig gelegten und ineinander verschränkten Kunststoffdrähten (Monofilamenten).

#### Mulchmatte

Gering lichtdurchlässiges flächenhaftes Produkt, ggf. folienkaschiert, aus organischen oder synthetischen Mulchstoffen mit Beikraut unterdrückender Wirkung.

#### Mulchstoffe

Organische, mineralische oder synthetische Stoffe als Oberflächenbedeckung als Verdunstungsschutz zur Unterstützung des Pflanzenwachstums.

#### Mutterboden

siehe Oberboden.

#### Nass-Ansaat

Ausbringverfahren von Saatgut mit Wasser als Trägersubstanz unter Beimischung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Substraten, Klebstoffen und/oder Mulchstoffen durch Anspritzverfahren gemäß DIN 18918.

#### Nicht flächenhaftes Produkt

Nicht flächenhafte Produkte werden punktuell oder linear eingebaut. Beispiele sind Böschungsbänder, Faschinen, Seile, Walzen und Flechtzäune.

#### Oberboden

Im Sinne der DIN 18915 die oberste Schicht des durch physikalische, chemische und biologische Vorgänge entstandenen belebten Bodens. Er ist für vegetationstechnische Zwecke besonders geeignet und enthält Wurzeln und Samen standorttypischer Pflanzen und gegebenenfalls Stoffe anthropogener Herkunft.

#### Oberflächenerosion

Oberflächennahe Erosion meist geringer Schichtdicke bzw. Materialmenge ohne tiefgründige Rutschungserscheinungen oder Grundbrüche.

#### Produkt

Produkte im Sinne dieses Merkblatts sind die aus bestimmten Materialien bestehenden Produkttypen und deren Kombinationen (herstellerneutral).

#### Regelsaatgutmischung RSM Rasen

Saatgut mit nicht gebietseigenen Anteilen, siehe FLL-Empfehlung RSM Rasen.

#### Regiosaatgut

siehe gebietseigenes Saatgut.

#### Rohboden

siehe Unterboden.

#### Röhrichtmatte

Matte mit Naturfaserfüllung (z.B. Kokos) mit ober- und unterseitiger Gewebeumhüllung (z.B. Kokosgewebe) mit vorkultivierten und eingelagerten Röhricht- und/oder Uferpflanzen.

#### Röhrichtwalze

Walzenartiges Produkt mit netzartiger Umhüllung und verdichteter Naturfaserfüllung (z.B. Kokos) als Trägersubstrat, vorkultiviert mit Röhricht und/oder Uferpflanzen.

**Rollrasen**

Als Rollenware gelieferter Fertigrasen.

**Seil**

Im Sinne dieses Merkblatts eine linienförmige Struktur, vorwiegend aus Naturfasern bis 15 cm Durchmesser.

**Steinmatratze**

Flächiges, dreidimensionales Gebilde aus mineralischen Füllstoffen mit einer Umhüllung z.B. aus Geogitter bzw. Draht- oder Textil-Netz.

**Steinwalze**

Walze mit Füllung aus Steinmaterial.

**Substrat**

Stoffgemisch, das aufgrund seiner Zusammensetzung und vegetationstechnischen Eigenschaften für den Bewuchs mit Pflanzen geeignet ist.

**Substratmatte**

Erosionsschutzmatte, Geomatte oder Verbundstoff mit eingelagertem Substrat.

**Suffosion**

Ausspülen kleiner Bodenteilchen aus einem gröberen Korngerüst.

**Technischer Erosionsschutz**

Erosionsschutz, der ausschließlich durch technische Hilfsmittel (z.B. Erosionsschutzprodukte) für eine Funktionsdauer von temporär bis dauerhaft realisiert wird.

**Trocken-Ansaat**

Ausbringverfahren für Saatgut (meist Gräser und Kräuter gemäß RSM Rasen bzw. Regiosaatgut), ggf. Dünger sowie Zuschlagstoffe (Bodenhilfsstoffe), bei denen die Mischungskomponenten in trockenem Zustand von Hand, mit Sämaschinen oder mit Gebläsen ausgebracht werden. Im Gegensatz zur Nass-Ansaat wird bei der Trockensaat auf Trägersubstanzen (z.B. Wasser, Kleber/Klebstoffe) verzichtet.

**Übererdetes Produkt**

Produkt, das nach dem Einbau mit Boden bzw. Bodenmaterial bedeckt wird.

**Unterboden**

Der Unterboden ist nach DIN 18915 die unter dem Oberboden liegende verwittrte Bodenschicht. Er kann durch entsprechende Maßnahmen für Vegetationszwecke verwendbar gemacht werden.

**Unverfülltes Produkt**

Produkt, das auf der Bodenoberfläche aufgelegt und nicht mit Boden bzw. Bodenmaterial bedeckt oder gefüllt wird.

**Vegetationsmatte**

Erosionsschutzmatte, Geomatte oder Verbundstoff mit vorkultivierter Begrünung, z.B. mit Gräsern, Kräutern, Sedum oder Moos.

**Vegetationstragschicht**

Oberste Boden- oder Substratschicht, die auf Grund ihrer Zusammensetzung und Eigenschaften Voraussetzungen für dauerhaftes Pflanzenwachstum bietet. Die Anforderungen z.B. hinsichtlich Dicke, Inhaltsstoffen, Durchwurzelbarkeit, Wasserspeicherfähigkeit und Luftporenvolumen sind der Bauweise und der Zielvegetation anzupassen.

**Vegetativer Erosionsschutz**

Erosionsschutz, der ausschließlich durch vegetative Maßnahmen (z.B. Ansaat, Pflanzung) realisiert wird; i.d.R. dauerhaft. Ggf. ist zur Etablierung eine Unterstützung durch einen technischen Erosionsschutz erforderlich.

**Verbundstoff**

Im Sinne dieses Merkblatts ein vorgefertigtes, aus mindestens zwei oder mehreren Komponenten zusammengesetztes Produkt.

**Verfülltes Produkt**

Produkt, das nach dem Einbau mit Boden gefüllt wird.

**Vliesstoff**

Vliesstoffe entstehen durch die Verfestigung von Vliesen (Faserhaufwerken) aus flächenhaft aufeinander abgelegten Filamenten (endlose Fasern) oder Spinnfasern (3-15 cm lange Stapelfasern).

**Verfüllstoff**

Ein Verfüllstoff im Sinne dieses Merkblatts ist ein Boden oder Substrat zum Befüllen bzw. zum Bedecken von Erosionsschutzprodukten.

**Walze (GRO)**

Walzenartiges, wasserdurchlässiges Produkt mit netzartiger Umhüllung (Netzschlauch) und Füllung aus natürlichen oder synthetischen Fasern oder anderen Füllstoffen.

**Wasserdurchlässigkeit**

Physikalische Eigenschaft eines Stoffes, eine bestimmte Wassermenge in einer bestimmten Zeit durchsickern zu lassen.

### **3 Materialien und Produkte**

Der Begriff *Material* wird oft angewendet, wenn Rohstoffe oder Werkstoffe industriell zu einem Produkt gefertigt werden.

*Rohstoffe* sind gewonnene Naturstoffe. Nach ihren natürlichen Eigenschaften werden organische und anorganische Rohstoffe unterschieden. Auch ist es möglich, eine Unterteilung in biologische (pflanzliche/tierische) und mineralische (metallische/nicht metallische) Rohstoffe zu wählen. Rohstoffe werden in Produktionsprozessen zu Werkstoffen umgewandelt, wobei in der Regel Hilfsstoffe benötigt werden.

*Werkstoffe* entstehen durch Verarbeitung einzelner Rohstoffe.

*Hilfsstoffe* sind in der Regel erforderlich, um Werkstoffe und Produkte aus Rohstoffen zu gewinnen. Hilfsstoffe gehen allerdings nicht in das Produkt ein.

Aus Werkstoffen lassen sich *Produkte* erzeugen.

Nachfolgend werden nur die wichtigsten/gängigsten Materialien und Produkte für den Erosionsschutz erläutert. Darüber hinaus gibt es weitere Materialien, die hier nicht beschrieben sind.

## 3.1 Synthetische Materialien

Zurzeit sind folgende synthetische Rohstoffe gebräuchlich:

- Aramid (AR),
- Polyamid (PA),
- Polyethylen (PE),
- Polyester, vornehmlich als Polyethylenterephthalat (PET) und
- Polypropylen (PP).

Polyethylen und Polypropylen werden als Polyolefine bezeichnet.

Zur Sicherstellung produktspezifischer Eigenschaften oder zur Unterstützung bei der Fertigung können weitere Zusätze (Additive und Ausrüstungen) enthalten sein (z.B. Stabilisatoren, Avivagen).

Weiterhin gehören zu den synthetischen Fasern Biopolymerfasern, z.B. Viskose und PLA (PolyLactidAcid; Polymilchsäure). Biopolymerfasern können unter bestimmten Bedingungen biologisch abbaubar sein.

Bei synthetischen Materialien ist der Einsatz von bis zu 100% Recyclingmaterialien wünschenswert.

## 3.2 Natürliche Materialien

### 3.2.1 Naturfasern

Klassische Naturfasern sind alle Fasern, die organischen, (pflanzlichen oder tierischen) oder mineralischen Ursprungs sind und sich ohne weitere Verarbeitung direkt einsetzen lassen. Diese sind grundsätzlich abzugrenzen gegen Fasern, die auf Zellulose oder Holz als Rohstoff basieren. Im Folgenden werden beide Gruppen als Naturfasern bezeichnet.

#### 3.2.1.1 Klassische Fasern pflanzlichen Ursprungs

##### 3.2.1.1.1 Samenfasern

Zu den Samenfasern zählen u.a. Baumwolle, Kapok (Frucht des Kapokbaumes), Pappelflaum, Rohrkolbenwolle, Wollgras-Wolle und Pflanzenseide. Für die Herstellung von Erosionsschutzprodukten haben Samenfasern nur eine geringe Bedeutung.

##### 3.2.1.1.2 Bastfasern

Zu den Bastfasern gehören u.a. Bambusfaser, Hanffaser, Jute, Flachs (Leinen), Korbweide, Ramie, Palmfaser, Torffaser, Pampasgras, Seegrass, Raffia-Bast, Espartogras und Papyrus. Für die Verwendung als Grundstoff für Erosionsschutzprodukte wird in Europa hauptsächlich Jute eingesetzt. Herkunft der Jutefasern als auch der gebräuchlichen, groben Jutegewebe sind Indien und Bangladesch. Hochwertige, vor allem feinere Jutegewebe werden auch in Europa hergestellt. In Deutschland werden nur Hanf, Flachs und Fasernessel angebaut.

##### 3.2.1.1.3 Hartfasern

Zu den Hartfasern zählen u.a. Kokos, Sisal (Sisalagave), Henequen (Mexikanischer Sisal), Aloe und Dattelpalmen. Für die Herstellung von Erosionsschutzprodukten werden in Europa hauptsächlich Kokosfasern eingesetzt. Die Kokosfasern der in Europa gebräuchlichen Geotextilien und Erosionsschutzmatten stammen hauptsächlich aus Indien und Sri Lanka.

### **3.2.1.2 Fasern auf Zellulose- oder Holzbasis**

#### **3.2.1.2.1 Zellulose**

Zellulose ist der Hauptbestandteil der Zellmembran der meisten Pflanzen. Zellulosefaserstoffe können in natürliche und chemische Fasern eingeteilt werden. Die nach dem Viskoseverfahren hergestellte Viskosespinnfaser wurde früher als Zellwolle bezeichnet.

#### **3.2.1.2.2 Holzwolle**

Holzwohle wird aus dem Vollholz mechanisch gewonnen. Sie besteht aus feinen bis zu 0,5 m langen Holzspänen. Holzwohle wird vor allem in den USA zu leichten und preiswerten Erosionsschutzmatten verarbeitet.

### **3.2.1.3 Fasern tierischen Ursprungs**

Zu dieser Kategorie gehören Wollen und Tierhaare. Derzeit wird ausschließlich Schafwolle für die Herstellung von Erosionsschutzprodukten verwendet.

### **3.2.1.4 Fasern mineralischen Ursprungs**

Mineralfasern sind anorganische Faserstoffe, die nach DIN 52330 in natürliche Mineralfasern wie z.B. Basaltfasern und künstliche Mineralfasern wie z.B. Glas-, Schlacken-, Metall- und Keramikfasern unterteilt werden. Für die Herstellung von Erosionsschutzprodukten spielen diese Fasern derzeit keine Rolle.

## **3.2.2 Weitere natürliche Materialien**

Weitere natürliche Materialien zur Herstellung von Erosionsschutzprodukten sind Stroh, Heu, Esparto, Miscanthus, Seegras, Reisstroh, Schilfrohr und Vollholz, die als Pflanzenteil zum Einsatz kommen.

Stroh und Heu werden vor allen Dingen bei der Herstellung von gesteppten Erosionsschutzmatten (GBL - Geoblanket), Böschungsbänder oder supergroben Geogittern eingesetzt. Heumatten sind heute die Ausnahme. Der Verwendung von Heu als Saatgutspender und Mulchstoff (Heudrusch) kommt ggf. im Zuge der gesetzlichen Vorgabe zur Verwendung von gebietseigenem Saatgut zukünftig eine größere Bedeutung zu.

Esparto, Miscanthus, Seegras, Reisstroh und Schilfrohr spielen für die Herstellung von Erosionsschutzprodukten in Deutschland keine Rolle. Vollholz findet Verwendung bei der ingenieurbioologischen Sicherungsbauweise.

Auf anderen Kontinenten kommen weitere Fasern wie Abaca (auch bekannt unter dem Namen Manila, Fasern aus den Blattscheiden der Faserbanane), Bagasse (Zuckerrohrfasern), Eukalyptus und Palmfasern zum Einsatz. Diese spielen auf dem europäischen Markt bislang keine Rolle.

## **3.3 Eigenschaften der eingesetzten Rohstoffe**

Tabelle 3-1 veranschaulicht die Eigenschaften der organischen und synthetischen Rohstoffe, die für Erosionsschutzprodukte eingesetzt werden. Nicht in der Tabelle enthalten sind Angaben zur UV-Beständigkeit, da diese wesentlich von den Einbaubedingungen (überdacht oder offenliegend) abhängig ist. Produkte, die langfristig offen liegen, müssen nach M Geok E 2016 Tabelle 7 (weitere Anwendungen) mindestens eine hohe Witterungsbeständigkeit erfüllen.

**Tabelle 3.1 organische und synthetische Rohstoffe**

| Rohstoff                      | Typische Herkunftsregion           | Abrieb- und Scheuerbeständigkeit | Mikrobiologische Abbaubarkeit*** | Beständigkeit gegen mikrobiellen Abbau**** | Zugfestigkeit | Wasserspeicherfähigkeit der Einzelfaser |
|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|---------------|---|
| <b>Organische Rohstoffe</b>   |                                    |                                  |                                  |  |               |   |
| Kokos                         | Indien, Sri Lanka                  | mittel**                         | ja                               | mittel                                     | mittel        | mittel                                  |
| Jute                          | Indien, Pakistan, Bangladesch      | gering bis mittel                | ja                               | gering                                     | gering        | hoch                                    |
| Heu/Stroh                     | weltweit* (Samen!)                 | keine                            | ja                               | gering                                     | gering        | hoch                                    |
| Sisal                         | Kenia, Mexiko, Tansania, Brasilien | mittel                           | ja                               | gering                                     | mittel        | gering                                  |
| Seegras                       | weltweit*                          | keine                            | ja                               | gering                                     | gering        | gering                                  |
| Heide                         | EU, China                          | mittel                           | ja                               | gering                                     | gering        | gering                                  |
| Schilfrohr                    | weltweit*                          | mittel                           | ja                               | gering                                     | gering        | gering                                  |
| Bambus                        | China, Thailand                    | mittel                           | ja                               | mittel                                     | mittel        | gering                                  |
| Schafwolle                    | weltweit*                          | keine bis mittel                 | ja                               | mittel                                     | gering        | hoch                                    |
| Baumwolle                     | Naher Osten, Amerika               | keine bis mittel                 | ja                               | gering                                     | gering        | hoch                                    |
| Flachs                        | West- Osteuropa, China             | mittel                           | ja                               | gering                                     | mittel        | gering                                  |
| Hanf                          | Osteuropa, China, Russland         | mittel                           | ja                               | gering                                     | hoch          | mittel                                  |
| Esparto                       | Westl. Mittelmeerraum              | k.A.                             | ja                               | k.A.                                       | gering        | k.A.                                    |
| Miscanthus                    | Europa Asien                       | k.A.                             | ja                               | mittel                                     | mittel        | gering                                  |
| Holzwolle                     | weltweit*                          | k.A.                             | ja                               | gering                                     | gering        | hoch                                    |
| Vollholz                      | weltweit*                          | k.A.                             | ja                               | hoch                                       | hoch          | hoch                                    |
| <b>Synthetische Rohstoffe</b> |                                    |                                  |                                  |  |               |   |
| Polyester                     |                                    | hoch                             | nein                             | hoch                                       | hoch          | keine                                   |
| PP                            |                                    | hoch                             | nein                             | hoch                                       | sehr hoch     | keine                                   |
| PA/AR                         |                                    | sehr hoch                        | nein                             | hoch                                       | sehr hoch     | gering                                  |
| PE                            |                                    | hoch                             | nein                             | hoch                                       | hoch          | keine                                   |
| PLA                           |                                    | mittel                           | bedingt                          | ****                                       | mittel        | gering                                  |
| Recycling-Kunststoffe         |                                    | hoch                             | nein                             | hoch                                       | mittel - hoch | nicht bekannt                           |

\* Achtung auf Einfuhrbeschränkungen und Ökobilanz!

\*\* Unter den Naturfasern besitzt Kokos mit die höchste Abriebbeständigkeit

\*\*\* Organische Rohstoffe mikrobiell abbaubar, synthetische Rohstoffe i.d.R. nicht im Zeitraum der Nutzungsdauer des Bauwerks (Ausnahme Biopolymere, z.B. PLA: bedingt mikrobiell abbaubar)

\*\*\*\* Mikrobiell abbaubar in industriellen Kompostieranlagen bei Temperaturen > 50°C

### 3.4 Produkttypen

Nachfolgend werden die gebräuchlichsten Produkttypen nach diesem Merkblatt beschrieben. Alle Fotos dieses Abschnitts wurden freundlicherweise von SKZ-Testing GmbH, Würzburg, zur Verfügung gestellt. Ausnahmen sind gekennzeichnet.

#### 3.4.1 Erosionsschutzmatte (GBL – Geoblanket)

Erosionsschutzmatten sind Flächengebilde mit definierbarer Masse pro Flächeneinheit aus lose gelegten und mechanisch verbundenen Fasern als Matten. Naturfasermatten werden z.B. auf Kettenstich-Maschinen im Steppverfahren mit einem unteren und / oder oberen Trägermaterial aus einem Synthetiknetz/-steppfaden oder Naturfasergewebe/-steppfaden hergestellt. Die Matten können sich auf Grund ihrer Struktur Bodenunebenheiten sehr gut anpassen.

Übliche Kennwerte: Masse pro Flächeneinheit 100 – 500 g/m<sup>2</sup>  
Rollenabmessungen bis 3,0 m Breite und 50 m Länge



Bild 3.1 Erosionsschutzmatten. Links: Kokos mit PP-Trägernetz; rechts: Stroh-Kokos mit PP-Trägernetz

#### 3.4.2 Geomatte (GMA – Geomat)

Geomatten sind Erosionsschutzmatten, die aus Monofilament / Wirrgelege durch Extrusion von synthetischen Rohstoffen in offener / dreidimensionaler Struktur, ggf. in Kombination mit einem Bewehrungsgitter (synthetisch oder Stahl, GMA-R) hergestellt werden. Die Matten können sich auf Grund ihrer Struktur Bodenunebenheiten sehr gut anpassen.

Übliche Kennwerte: Masse pro Flächeneinheit 100 – 500 g/m<sup>2</sup>  
Rollenabmessungen bis 3,0 m Breite und 100 m Länge

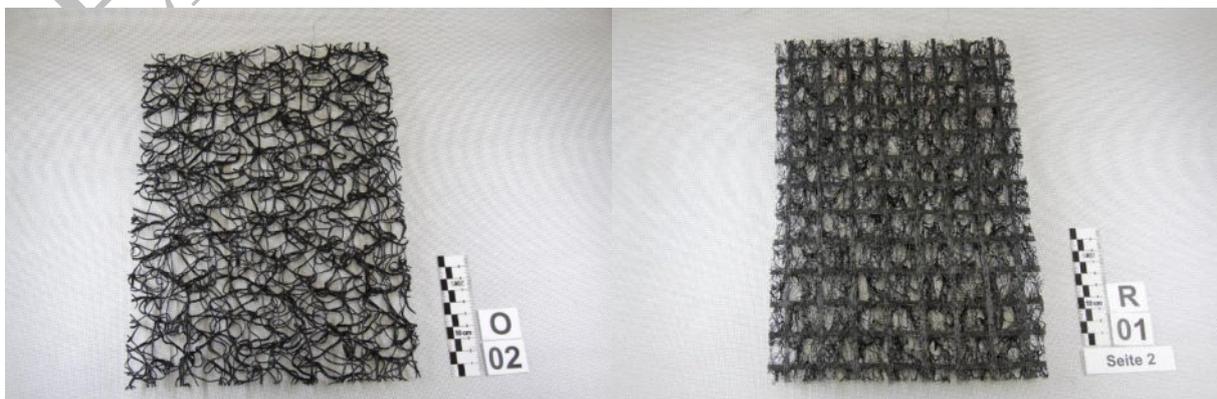


Bild 3.2 Geomatten. Links: GMA; rechts: GMA-R

### 3.4.3 Vliesstoff (GTX-NW – Geovliesstoff)

Vliesstoffe (im Englischen „geotextile, nonwoven“) entstehen durch die Verfestigung von Vliesen (Faserhaufwerk) aus flächenhaft aufeinander abgelegten Filamenten (endlose Fasern) oder 3 bis 15 cm langen Fasern. Nach der Ablage der Fasern werden die Vliese *mechanisch* (Vernadeln oder Vernähen), *kohäsiv* (Verschmelzen) und/oder *adhäsiv* (Verkleben) zu Vliesstoffen verfestigt. Hierbei können synthetische Fasern, natürliche Fasern oder Mischungen eingesetzt werden.

Übliche Kennwerte: Masse pro Flächeneinheit 100 – 300 g/m<sup>2</sup>  
 Rollenabmessungen bis 6,0 m Breite und 100 m Länge



Bild 3.3 Vliesstoffe. Links: PLA mechanisch verfestigt, 500 g/m<sup>2</sup>; rechts: Schafwolle mechanisch verfestigt, 500 g/m<sup>2</sup>

### 3.4.4 Gewebe (GTX-W – Geogewebe)

Gewebe (im Englischen „geotextile, woven“) sind Flächengebilde aus sich rechtwinklig kreuzenden Fäden zweier Fadensysteme, Kette und Schuss. Die für den Erosionsschutz eingesetzten Gewebe bestehen in der Regel aus Kokos-, Jute-, Sisal- oder Flachfasern und besitzen zumeist Öffnungsweiten > 5 mm. Als Bindung ist überwiegend die Leinwandbindung üblich.

Übliche Kennwerte: Masse pro Flächeneinheit 100 – 500 g/m<sup>2</sup> (Jute, Sisal, Flachs)  
 400 – 900 g/m<sup>2</sup> (Kokos)  
 Rollenabmessungen bis 4,0 m Breite und 50 m Länge

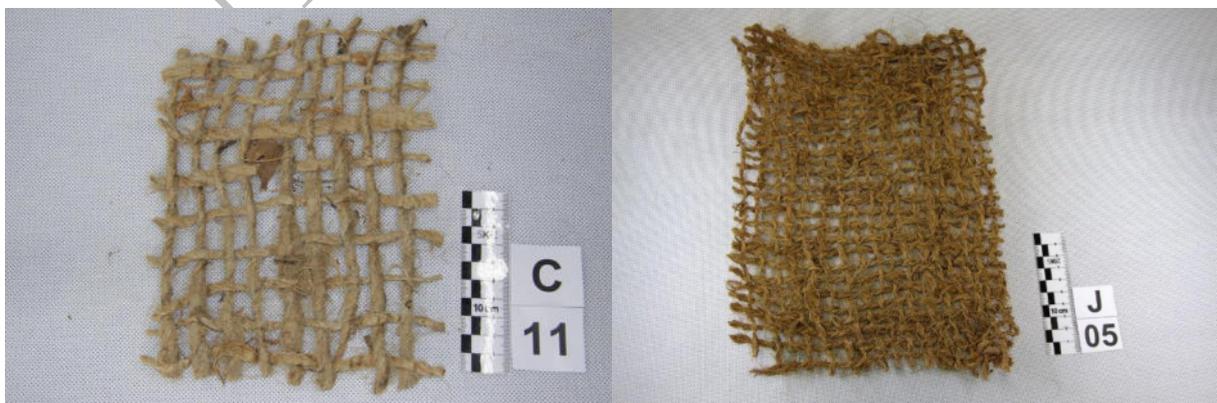


Bild 3.4 Links: Jutegewebe 500 g/m<sup>2</sup>; rechts: Kokosgewebe 700 g/m<sup>2</sup>

Für die Anwendung auf unbegrüntem Böschungen können auch synthetische Bändchengewebe eingesetzt werden (vgl. Anlage 3), mit Öffnungsweiten < 0,2 mm.

### 3.4.5 Maschenware (GTX-K – Geomaschenware)

Maschenware (im Englischen „geotextile, knitted“) ist der Oberbegriff für Flächengebilde, die aus einem oder mehreren Fadensystemen bestehen, die schleifenförmig miteinander verbunden (vermascht) sind oder aus einem oder mehreren geradlinig verlaufenden Fadensystemen bestehen und durch ein weiteres Fadensystem miteinander verbunden werden (Fadenlagennähgewirke, Kettenwirkware, Raschelware). Maschenware steht auch für gestrickte und gewirkte Geotextilien, die durch Vermaschen von einem oder mehr Garnen, Fasern, Filamenten oder anderen Elementen hergestellt werden.

Übliche Kennwerte: Masse pro Flächeneinheit 100 – 1000 g/m<sup>2</sup>  
 Rollenabmessungen bis 4,0 m Breite und 100 m Länge

### 3.4.6 Böschungsband

Flächiges Gebilde z.B. aus natürlichen oder synthetischen Materialien als Streifen in 15 cm oder 20 cm Breite. Es können Vliesstoffe und Gewebe in Streifenform zum Einsatz kommen. Das Gebilde soll die Ableitung des Hangwassers nicht behindern.

Böschungsbänder werden auf der Baustelle zu zellförmigen oder streifenförmigen Strukturen verarbeitet. Böschungsbänder können auch werkseitig als Geozellen (GCE) vorgefertigt werden. Bänder werden an den in die Böschung einzuschlagenden Pflöcken oder Stahlstäben befestigt. Einschlagwinkel vgl. Bild 6.16 Abschnitt 6.1.3.4.

Die aus Böschungsbändern entstehende Struktur wird im Winkel von 30 bis 50° zur Grundlinie als Streifen oder in Rautenform angebracht (Bild 6.16 Abschnitt 6.1.3.4).

Übliche Kennwerte: Masse pro Flächeneinheit etwa 900 g/m<sup>2</sup>  
 Abmessungen 0,15 - 0,20 m Breite und 50 m Länge



Bild 3.5 Böschungsband aus Kokosgewebe (Foto: R. Neisser); Böschungsband aus Schafwollvliesstoff (Foto: S. Wiese)

### 3.4.7 Faschine

Faschinen sind längliche Bündel aus bewurzelungsfähigen oder toten Ruten, Ästen oder Zweigen.

Sie werden nach DIN 18918 unterschieden in Hangfaschinen (waagerechter Einbau zur Hangstabilisierung) und Dränfaschinen (Einbau in Böschungsfalllinie zur Wasserableitung) unterschieden. Bei der diagonalen Anordnung (z.B. im Rautenverband) erfüllen Faschinen beide Funktionen.

Übliche Kennwerte: Abmessungen 0,20 - 0,40 m Durchmesser und 2,0 - 4,0 m Länge  
Die Faschinen werden aus Draht oder Bindematerial aus Naturfasern gebündelt.

### 3.4.8 Walze (GRO)

Walzenartiges, wasserdurchlässiges Produkt (im Englischen „georoll“ oder „wattle“) mit netzartiger Umhüllung (Netzschlauch) und Füllung aus natürlichen oder synthetischen Fasern oder anderen Füllstoffen.

Walzenförmige wasserdurchlässige Gebilde z.B. aus mineralischen (z.B. Schotter) oder organischen (z.B. Kokosfasern, Heu, Schafwolle) Füllstoffen und in der Regel einer netzartigen Umhüllung. Walzen können auch mit KEMAFIL-Technologie umhüllt werden.



Bild 3.6 Faschine mit ungewaschener Schafwolle gefüllt, mit Jutenetz umhüllt, innenlaufende Führungsseile aus Naturgarn; Steinwalzen mit PP-Netz umhüllt (Foto: S. Wiese).

### 3.4.9 Geozelle (GCE)

Dreidimensionale, durchlässige, polymere Waben- oder ähnliche Zellstruktur, hergestellt aus miteinander verbundenen Streifen.



Bild 3.7 Geozellen. Links: PE-HD, dreidimensionale Wabenstruktur, gelocht, Höhe 75 mm, verschweißt; rechts: PET/PA, dreidimensionale Wabenstruktur aus Vliesstoffstreifen, vernäht

### 3.4.10 Steinmatratze

Flächiges, dreidimensionales Gebilde aus mineralischen Füllstoffen mit einer Umhüllung z.B. aus Geogitter bzw. Draht- oder Textil-Netz. Füllung in der Regel auf der Baustelle.

Übliche Kennwerte:

Abmessungen: 1 - 2 m Breite und bis 4 m Länge, 10 - 40 cm Dicke.



Bild 3.8 Steinmatratzen mit Textilnetz (links, Foto: S. Wiese) und Drahtnetz (rechts, Foto: R. Neisser)

### 3.5 Produkte

Produkte im Sinne dieses Merkblatts sind die aus bestimmten Materialien bestehenden Produkttypen und deren Kombinationen. Dies sind z.B. eine Erosionsschutzmatte aus Kokosfasern mit Trägernetz, ein Gewebe aus Jute, eine Begrünungsmatte aus Stroh und Kokos mit integriertem Saatgut oder eine Geomatte kombiniert mit einem Geogitter und ggf. natürlicher oder synthetischer Faserfüllung (Tabelle 3.2). Ein entsprechendes Bildarchiv findet sich in Anlage 3. Weitere Materialkombinationen sind ebenfalls denkbar.

Tabelle 3.2 Produkte als Kombination aus Produkttypen und ausgewählten Materialien für den Erosionsschutz

| Rohstoffe         | natürlich (n) oder synthetisch (s) | Als Zuschlagstoff geeignet | Erosionsschutzmatte GBL | Geomatte GMA | Vliesstoff GTX-NW | Gewebe GTX-W | Böschungsbund | Faschine und Walze GRO | Geozelle GCE | Steinmatratze | Begrünungsmatte | Vegetationsmatte | Geoverbundstoffe (auch mit Geogitter) | Materialkombinationen |
|-------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------|-------------------|--------------|---------------|------------------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| Bitumen           | s                                  | X                          |                         | X            |                   |              |               |                        |              |               |                 | X                | X                                     |                       |
| Esparto           | n                                  |                            | X                       |              |                   |              |               |                        |              |               | X               |                  |                                       | Kokos, Stroh          |
| Flachs, Hanf      | n                                  |                            | X                       |              | X                 |              |               |                        |              |               | X               |                  | X                                     | PP                    |
| Heide, Schilfrohr | n                                  |                            | X                       |              |                   |              |               |                        |              |               |                 |                  |                                       |                       |
| Heu, Stroh        | n                                  | X                          | X                       |              |                   |              |               | X                      |              |               | X               |                  | X                                     | Kokos                 |
| Holzwohle         | n                                  |                            | X                       |              |                   |              |               | X                      |              |               | X               |                  | X                                     |                       |
| Jute              | n                                  | X                          | X                       |              |                   | X            |               | X                      |              |               | X               |                  | X                                     |                       |
| Kokos             | n                                  | X                          | X                       |              |                   | X            | X             | X                      |              |               | X               | X                | X                                     | Heu, Stroh            |
| Mineralfaser      | n                                  |                            |                         |              |                   |              |               |                        |              | X             |                 |                  |                                       |                       |
| Miscanthus        | n                                  |                            | X                       |              |                   |              |               | X                      |              |               | X               |                  |                                       |                       |
| PA/AR             | s                                  |                            |                         | X            | X                 |              |               |                        |              |               |                 | X                | X                                     |                       |
| Papier            |                                    | X                          |                         |              |                   |              |               |                        |              |               | X               | X                |                                       |                       |

|                          |   |     |   |   |     |   |   |     |   |   |   |   |   |                 |
|--------------------------|---|-----|---|---|-----|---|---|-----|---|---|---|---|---|-----------------|
| PE                       | s | (X) | X | X | X   |   |   | (X) | X | X |   |   | X |                 |
| Pflanzen/<br>Saatgut     |   | X   |   |   |     |   | X | X   |   |   | X | X |   |                 |
| Polyester/PP             | s | (X) | X | X | X   | X | X | (X) | X | X | X | X | X | Flachs,<br>Hanf |
| Recycling-<br>Kunststoff | s | (X) | X | X | X   |   | X | X   | X | X | X | X | X |                 |
| Schaf-/<br>Baumwolle     | n | X   | X |   | X   |   | X | X   |   |   | X | X |   |                 |
| Seegras                  | n |     | X |   |     |   |   | X   |   |   |   |   |   |                 |
| Sisal                    | n |     | X |   | (X) | X |   |     |   |   |   |   |   | Hanf,<br>Kokos  |
| Splitt/Kies/<br>Steine   | n | X   |   | X |     |   |   | X   |   | X |   | X | X |                 |
| Stahldraht               |   |     |   |   |     |   |   |     |   | X |   |   |   |                 |
| Substrat/<br>Boden       |   | X   |   |   |     |   |   |     |   |   | X | X |   |                 |
| Vollholz                 | n |     |   |   |     |   | X | X   |   |   |   |   |   |                 |
| Zellulose                | n |     |   |   | (X) | X |   |     |   |   |   |   |   |                 |

#### 4 Aufbau und Funktionsweise von Erosionsschutzsystemen

Ein Erosionsschutzsystem besteht aus einem Erosionsschutzprodukt, dem Fixierungselement, dem angrenzenden Boden und ggf. einem Verfüllstoff sowie der für den Erosionsschutz gewünschten Vegetation. Die verschiedenen Systeme schützen die Bodenoberfläche vor Erosion ausgelöst durch Wasser, Wind und Gravitation (vgl. Abschnitt 1.1).

Die Funktion des Erosionsschutzsystems im Sinne dieses Merkblatts ist beschränkt auf den Schutz gegen Oberflächenerosion sowie gegen das Abrutschen eines neu aufgetragenen Oberbodens auf der Rohbodenböschung.

Die Elemente des Erosionsschutzsystems besitzen verschiedene Funktionen und Funktionsdauern und werden je nach Anwendungsfall unterschiedlich kombiniert.

Die Funktionsdauer des Erosionsschutzsystems ist auf den Anwendungsfall abzustimmen. In der Regel ist bei einer Begrünung von einer dauerhaften Funktion des Systems auszugehen. Dies kann durch ein dauerhaftes Produkt oder ein temporäres Produkt mit anschließender Übernahme des Erosionsschutzes durch die Vegetation sichergestellt werden (vgl. Abschnitt 1.3 bzgl. Funktionsdauer der technischen Komponente).

Im Folgenden werden die verschiedenen Erosionsschutzsysteme mit ihren Komponenten beschrieben. Dazu zählen u.a. die Befestigungsmöglichkeiten, das Zusammenwirken von Komponenten und die Kombination mit Füllstoffen und Substraten.

Bild 4.1 zeigt die verschiedenen Erosionsschutzsysteme für die Anwendung auf Flächen und Böschungen. Die hier gezeigten Erosionsschutzprodukte stehen stellvertretend für Produkte im Sinne dieses Merkblatts (inkl. Begrünungs- und Vegetationsmatten).

Bild 4.1a zeigt ein Erosionsschutzprodukt auf einer Rohbodenböschung.

Bild 4.1b zeigt ein Erosionsschutzprodukt zum Schutz des auf einer Rohbodenböschung aufgetragenen Oberbodens mit Verzahnung zwischen den Bodenschichten durch Baggerriefen.

Bild 4.1c zeigt Details zum Erosionsschutzprodukt auf Oberboden: ohne und mit Verfüllstoff sowie übererdet.

Bild 4.1d zeigt die Verzahnung eines Oberbodens auf einem Rohboden durch ein Erosionsschutzprodukt.

Bild 4.1e zeigt die Sicherung der obersten Bodenschicht bzw. eines Verfüllmaterials durch eine Geozelle und steht stellvertretend für Lösungen mit Böschungsbändern und kassettenförmig angeordneten Faschinen.

Bild 4.1f zeigt beispielhaft die erdbauliche Verzahnung eines aufgetragenen Oberbodens auf einer Rohbodenböschung ohne Erosionsschutzprodukt durch Baggerriefen (ggf. unter Anwendung einer Anspritzbegrünung für den Oberflächenerosionsschutz).

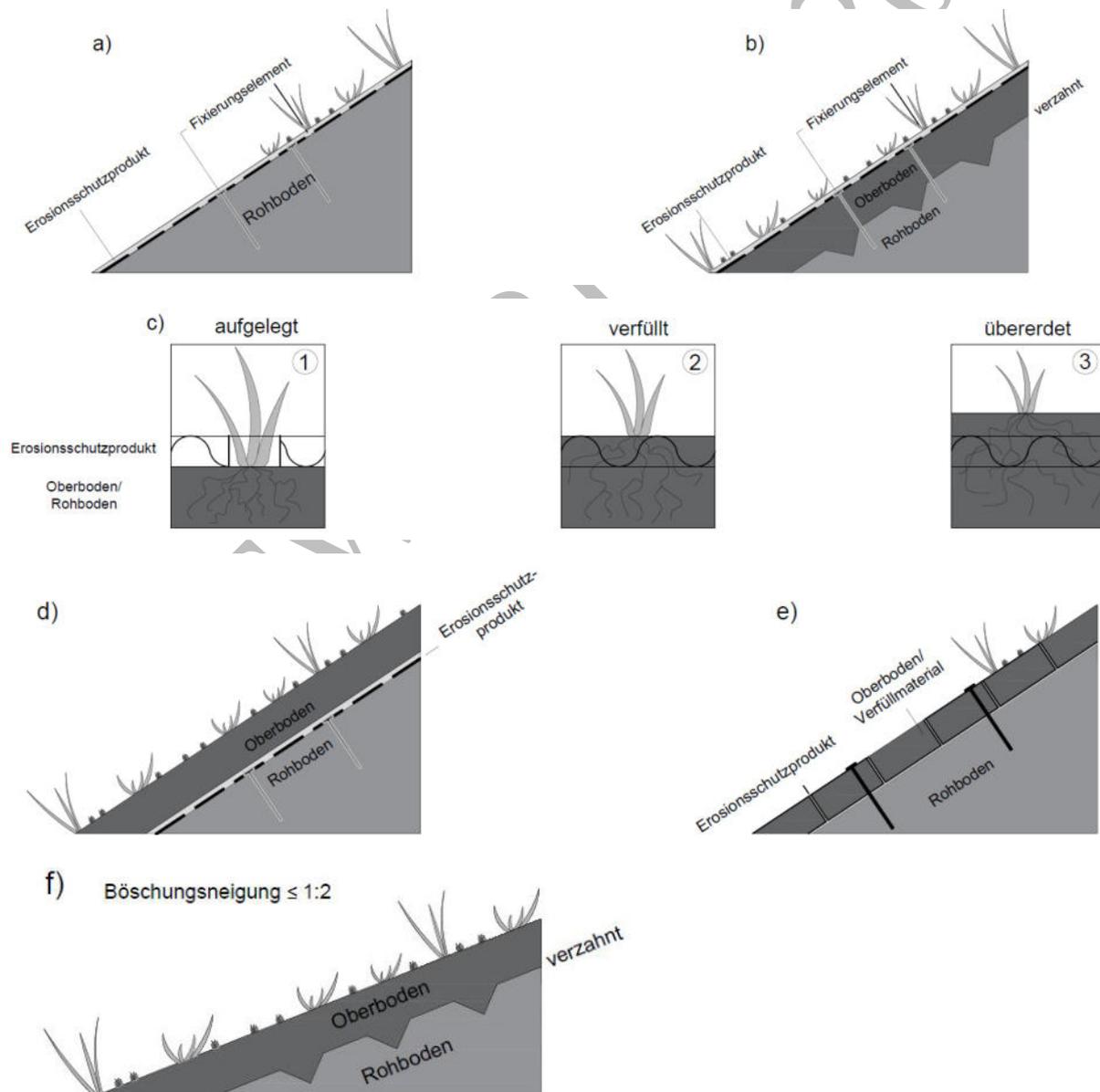


Bild 4.1 Erosionsschutzsysteme auf Flächen und Böschungen

## 5 Anforderungen an Baustoffe und Erosionsschutzsysteme

### 5.1 Allgemeines

Aufbauend auf den in den Kapiteln 3 und 4 dargestellten Materialien, Produkttypen, Produkten und Erosionsschutzsystemen werden im Folgenden die Anforderungen an die Baustoffe und Systeme definiert. Diese beziehen sich im Wesentlichen auf die Böden und Substrate sowie auf die vegetationstechnischen Anforderungen.

Die Erosionsschutzsysteme sind den unterschiedlichen Faktoren am Einsatzort anzupassen (z.B. Bodenverhältnisse, Niederschlagscharakteristik, Fließgeschwindigkeiten, Böschungsgeometrien und -expositionen).

Eine Bemessung ist in der Regel nicht möglich. Es wird davon ausgegangen, dass die zu schützenden Böschungen in sich standsicher sind (in der Geotechnik mit Gesamtstandsicherheit bezeichnet). Die nachfolgend beschriebenen Baustoffe und Materialien dürfen die Standsicherheit (sowohl Gesamtstandsicherheit als auch oberflächennahes Abgleiten z.B. des Oberbodens) der Böschung nicht negativ beeinträchtigen. Die Auswahl der Baustoffe und Materialien darf folglich nicht ausschließlich aus vegetationstechnischen Gründen getroffen werden.

Die Auswahl der wirksamen Erosionsschutzsysteme wird durch die Entscheidungshilfe gewährleistet.

Boden ist so zu gewinnen und zu transportieren, dass die bau- und vegetationstechnischen Eigenschaften erhalten bleiben. Für vegetationstechnische Zwecke ist weiterhin zu berücksichtigen, dass die als Vegetationstragschicht genutzten Böden / Bodenmaterialien / Substrate nicht zu stark verdichtet werden dürfen.

Die Bodenoberfläche ist für den Einsatz von oberflächlichen Erosionsschutzprodukten gleichmäßig eben auszubilden, um einen guten Bodenkontakt zu gewährleisten. Für einen guten Bodenkontakt ist zudem eine formschlüssige flächenhafte Fixierung erforderlich, die auf die Untergrundverhältnisse anzupassen ist

Zusätzlich kann ein Einbindegraben (vgl. Bild 6.18) erforderlich sein. Bei Auftrag von Oberboden auf einer Rohbodenböschung sind diese miteinander zu verzahnen (vgl. Kapitel 4).

Im Folgenden sind spezielle Anforderungen an Böden, Bodenmaterialien und Substrate, vegetationstechnische Anforderungen sowie Anforderungen an die Erosionsschutzprodukte erläutert.

Für die Andeckung mit Oberboden ist der Untergrund aus bau- und vegetationstechnischen Gründen mit mindestens 15 cm tiefen Baggerriefen/Stufen/Rillen zu versehen, um die gewünschte raue Oberfläche herzustellen (Bild 5.1). Bild 5.2 zeigt eine Oberflächenstruktur durch die Raupenkette, die bei Böschungsneigungen steiler als 1:2 nicht ausreichend ist.

Bei der Verwendung von nicht UV-beständigen Erosionsschutzsystemen ist eine Übererdung von 3-5 cm im konsolidierten Zustand vorzusehen.

Die Systeme sind so zu gestalten, dass spätere Pflegemaßnahmen nicht behindert werden und die Funktion des Erosionsschutzsystems nicht beeinträchtigt wird.



*Bild 5.1 Herstellung von Baggerriefen vor (links) und während der Andeckung mit Oberboden (rechts) (Fotos: RK Landschaftsbau Dittersdorf GmbH)*



*Bild 5.2 Raue Böschungsoberfläche der Deponie Bardowick im Jahr 2000, durch Raupenketten hergestellt, nur für Böschungsneigungen bis 1:2 (Foto: E. Stalljann)*

## 5.2 Böden, Bodenmaterialien und Substrate

Böden, Bodenmaterialien und Substrate müssen den Anforderungen nach ZTV E-StB 17 entsprechen. Die TL-Gestein-StB 2018 und die BBodSchV sind zu beachten.

Es darf keine Gefährdung für den Standort (Wasser, Boden, Flora und Fauna) entstehen. Gesetzliche Verschlechterungsverbote und Verbesserungsgebote sowie länderspezifische Regelungen des Bodenschutzes sind zu beachten.

Auf der Baustelle oder regional anfallende Böden und andere Stoffe (z.B. Recycling-Materialien) sollten bei gleicher Eignung gegenüber solchen, die lange Transportwege verursachen, bevorzugt werden. Recyclinggemische (RC-Gemische) dürfen aus RC-Gesteinskörnungen mit natürlichen und industriell hergestellten Gesteinskörnungen hergestellt werden, wenn sie den Anforderungen des Merkblatts M RC der FGSV (Ausgabe 2019) entsprechen. Es sollten vorzugsweise offenporige Baustoffe verwendet werden.

## 5.3 Vegetationstechnische Anforderungen

Für vegetationstechnische Zwecke ist den Pflanzen ausreichend durchwurzelbarer Bodenraum und eine möglichst gute Versorgung mit Wasser, Luft und Nährstoffen zu bieten.

### 5.3.1 Rohboden und Baugrund

Soll der Rohboden / Baugrund zu vegetationstechnischen Zwecken genutzt werden, sind die Vorgaben gemäß ZTV E-StB und BBodSchV zu beachten.

Darüber hinaus gelten die Anforderungen der DIN 18915.

Ist der Rohboden nicht geeignet, ist er im Sinne der DIN 18915 standortspezifisch zu verbessern. Beispiele sind:

- Tiefgründiges Auflockern
- Zuschlag geeigneter Kornfraktionen
- Entwässerungsmaßnahmen nach REwS.

Sind Verbesserungsmaßnahmen nicht möglich, kann ein Bodenaustausch vorgenommen werden.

Bodenverbesserung durch Kalk- oder Zementstabilisierung ist für Vegetationszwecke ungeeignet.

### 5.3.2 Oberboden

Für Oberboden gilt DIN 18915.

Der Oberboden sollte aufgrund seiner Zusammensetzung und Eigenschaften für die vorgesehene Vegetation und Art der Nutzung geeignet sein. Er sollte keine Stoffe enthalten, die den vorgesehenen Gebrauch mindern. Mit phytotoxisch wirkenden Stoffen (z.B. Fette, Öle, Farben) verunreinigter Boden ist auszutauschen.

Im Rahmen der vegetationstechnischen Bewertung ist zu klären, ob die Bodeneigenschaften der vorgesehenen Nutzung und Vegetation entsprechen oder ggf. angepasst werden müssen. Dabei sind folgende Kennwerte zu ermitteln:

#### Korngrößenverteilung

Nach ihrer mineralischen Zusammensetzung sind

- schwach bindiger, sandiger Boden - Bodengruppe 3a (DIN 18915)
- schwach bindiger, kiesiger Boden Bodengruppe 3b (DIN 18915)
- bindiger, sandiger Boden - Bodengruppe 4a (DIN 18915)
- bindiger, kiesiger Boden Bodengruppe 4b (DIN 18915)

i.d.R. für vegetationstechnische Anwendungen im Sinne dieses Merkblattes geeignet.

Aufgrund ihres höheren Steinanteils sind

- schwach bindiger, steiniger Boden - Bodengruppe 3c (DIN 18915)
- bindiger, steiniger Boden Bodengruppe 4c (DIN 18915)

i.d.R. nur dann geeignet, wenn das Bodengefüge einen homogen durchwurzelbaren Bodenraum aufweist.

Nicht bindiger, sandiger Boden (Bodengruppe 2a, DIN 18915), nicht bindiger, kiesiger Boden (Bodengruppe 2b, DIN 18915) und nicht bindiger, steiniger Boden ist ohne bodenverbessernde Maßnahmen i.d.R. nicht geeignet, da die Wasser- /Nährstoffspeicherfähigkeit und -/verfügbarkeit für Pflanzen eingeschränkt ist.

Stark bindiger, sandiger/kiesiger Boden (Bodengruppe 5a, DIN 18915) und stark bindiger, steiniger Boden (Bodengruppe 5b, DIN 18915) ist ohne bodenverbessernde Maßnahmen i.d.R. nicht geeignet, da die Wasserdurchlässigkeit eingeschränkt und kein ausreichendes Luftporenvolumen für eine Durchwurzelung gegeben ist.

Organischer Boden (Bodengruppe 1, DIN 18915) und stark steiniger Boden (Bodengruppe 6, DIN 18915) sind i.d.R. für vegetationstechnische Zwecke ungeeignet.

### **Konsistenzgrenzen**

Gemischt- und feinkörnige Böden nach DIN 18196 sind vor der Bearbeitung hinsichtlich ihrer Konsistenzbereiche zu bewerten und während der Bauausführung hinsichtlich ihrer Bearbeitbarkeit und Befahrbarkeit zu überwachen.

Eine uneingeschränkte Bearbeitbarkeit und Befahrbarkeit sind nur im Konsistenzbereich ko1 (fest) und ko2 (halbfest) gegeben. Boden im Konsistenzbereich ko3 (steif) erfordert vor Bauausführung weiterführende Prüfungen.

### **Gehalt an organischer Substanz**

Neben der Korngrößenzusammensetzung bestimmt der Anteil an organischer Substanz die Eigenschaften des Oberbodens. Für den vorgesehenen Verwendungszweck ist i.d.R. ein Anteil von 1 - 5 M.-% anzustreben.

### **Bodenreaktion**

Auf Einhaltung eines pflanzenverträglichen pH-Wertes ist zu achten. Der pH-Wert sollte i.d.R. im Bereich  $5 < \text{pH} < 8,5$  liegen.

### **Nährstoffvorrat und Verfügbarkeit**

Deklaration nach Düngemittelverordnung. Falls eine Nährstoffzugabe erforderlich wird, ist diese erst mit der Begrünung auszubringen.

### **Wasserdurchlässigkeit**

Ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert im Bereich von  $1 \cdot 10^{-4}$  bis  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s ist anzustreben. Entsprechen die Bodeneigenschaften nicht den vegetationstechnischen Anforderungen, sind Maßnahmen zur Bodenverbesserung vorzusehen. Wenn abzusehen ist, dass keine nachhaltige Bodenverbesserung erzielt werden kann, ist ein Bodenaustausch mit geeignetem Boden/Substrat vorzunehmen.

### **5.3.3 Bodenmaterialien und Substrate**

Bodenmaterialien und Substrate können als Unterboden, Oberboden und Verfüllstoff eingesetzt werden. Als Vegetationstragschicht müssen sie die Anforderungen nach DIN 18915 erfüllen. Substrate mit definierter vegetationstechnischer Eignung, wie z.B. Baumsubstrate, Dachbegrünungssubstrate und Substrate für begrünbare Flächenbefestigungen können verwendet werden, wenn sie den Anforderungen der relevanten FLL-Empfehlungen/Richtlinien entsprechen. Der Nachweis ist durch Eignungsprüfung zu erbringen.

### **5.3.4 Verfüllstoffe**

Sollen Verfüllstoffe begrünt werden, müssen sie für vegetationstechnische Zwecke geeignet sein. Auf eine ausreichende Wasserspeicherfähigkeit und Luftdurchlässigkeit ist zu achten (vgl. Abschnitt 5.2.3). Die Produkte sind so zu verfüllen, dass in diesen Bodenschluss gegeben ist und die zur Verfügung stehende Füllhöhe optimal ausgenutzt wird. Das Setzmaß ist zu berücksichtigen, zusätzliche Verdichtungen sind zu vermeiden. Bei Schüttstoffgemischen zur Verfüllung von Geomatten oder Geozellen ist die Korngrößenverteilung des Verfüllstoffes auf die Öffnungsweite / Zellengröße des Erosionsschutzproduktes abzustimmen. Das Größtkorn des Verfüllstoffs muss kleiner als die

Öffnungsweite / Zellengröße sein. Beim Einbau bindiger Verfüllstoffe ist zusätzlich darauf zu achten, dass durch Agglomeratbildung („Klumpenbildung“) eine vollflächige Verfüllung nicht beeinträchtigt wird.

### 5.3.5 Vegetation

Die Vegetation muss auf die Standortbedingungen und das Begrünungsziel abgestimmt sein und den folgenden Normen entsprechen:

- Pflanzen aus Anzuchtbetrieben: DIN 18916
- Pflanzen aus Wildbeständen und aus bestehenden Pflanzungen: DIN 18916 und DIN 18918
- Rasensaatgut, Saatgut von Leguminosen und sonstigen Kräutern sowie Saatgut-Mischungen: DIN 18917 und DIN 18918
- Fertigrasen, Rasensoden und Vegetationsstücke: DIN 18917
- Lebende Pflanzenteile: DIN 18918.

Anwendungen in der freien Natur erfordern gemäß BNatSchG, § 40 grundsätzlich Pflanz- und Saatgut aus gebietseigener Herkunft. Die folgenden Anforderungen sind zu berücksichtigen:

- Gebietseigene Gehölze: „Leitfaden zur Verwendung gebietseigener Gehölze“, BMU 2012
- Regiosaatgut und Naturraumtreues Saatgut: „FLL-Empfehlungen für Begrünungen mit gebietseigenem Saatgut“, FLL 2014
- Forstliches Vermehrungsgut in Form von Saatgut, Pflanzenteilen und Pflanzgut für forstliche Zwecke: FoVG vom 22. Mai 2002 (BGBl. I S. 1658), letzte Änderung durch Artikel 414 der VO vom 31. August 2015 (BGBl. I S. 1474)

Darüber hinaus sind für die Begrünung zu beachtende Qualitätsanforderungen unter anderem in den folgenden Dokumenten definiert:

- Regel-Saatgut-Mischungen Rasen, RSM Rasen 2021, FLL 2021
- TL-Fertigrasen, FLL 2016
- TL-Baumschulpflanzen (Gütebestimmungen), FLL 2020
- Gütebestimmungen für Stauden, FLL 2015

### 5.3.6 Begrünungshilfen

Als Begrünungshilfe gelten Maßnahmen, die den Standort für die Entwicklung und Etablierung der Zielvegetation verbessern, um das erforderliche Auflaufergebnis durch Keimung bei Ansaaten oder den Anwacherfolg bei Pflanzung sicherzustellen. Dazu zählen Düngemittel, Bodenhilfs-, Mulch- und Klebstoffe, die eigenständig oder additiv in Kombination mit Saatgut ausgebracht werden.

Sind diese Maßnahmen nicht ausreichend, können durch erdbauliche Maßnahmen und/oder die Verwendung von Produkten für einen technischen Erosionsschutz Möglichkeiten für eine dauerhafte Begrünung geschaffen werden.

Begrünungshilfen müssen so ausgeführt werden, dass sich dort dauerhaft Vegetation ansiedeln kann. Grundvoraussetzung ist die Stabilisierung der Bodenstruktur, um der Vegetation eine Durchwurzelbarkeit und damit Zugang zu Wasser und Nährstoffen zu ermöglichen.

Für Stoffe und Bauteile von Begrünungshilfen gelten die unter Punkt 5 der DIN 18918 genannten Anforderungen für ingenieurbiologische Sicherungsbauweisen, die deren Eignung für vegetationstechnische Zwecke beschreiben.

Alle verwendeten Bauteile und Produkte dürfen weder pflanzengefährdende Stoffe enthalten noch freisetzen. Dies kann durch die Umweltunbedenklichkeitsprüfung nach Anlage 10.7 nachgewiesen werden.

### **5.3.7 Bodenverbesserungsstoffe und Dünger**

Mit bodenverbessernden Maßnahmen können bau- und vegetationstechnische Eigenschaften eines Bodens verändert werden, um der Anforderung und Nutzung gerecht zu werden. DIN 18915 unterscheidet u.a. zwischen organischen und mineralischen Stoffen sowie Düngemitteln.

Als Stoffe zur Bodenverbesserung kommen u.a. organische Stoffe (z.B. Kompost, Mulchstoffe, Pflanzenkohle), mineralische Stoffe (z.B. Kalk, Sand, Kies, Splitt, Bims, Lava, Steinmehl, Blähton, Silikat-Kolloid) und Düngemittel zur Anwendung. Die verwendeten Stoffe müssen den Anforderungen der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), der Bioabfallverordnung (BioAbfV) und der Düngemittelverordnung (DüngMV) entsprechen.

Stoffe zur Bodenverbesserung sind so herzustellen und zu lagern, dass sie gleichbleibende Eigenschaften beibehalten und die gesetzlichen Anforderungen erfüllen. Die Düngung ist dem Standort und dem Begrünungsziel anzupassen. Zur Verbesserung des Anwuchserfolges ist bei Gehölzen der Einsatz von Mulchstoffen vorzusehen.

### **5.4 Anforderungen an Erosionsschutzprodukte**

Erosionsschutzprodukte sind Bestandteile des technischen Erosionsschutzes, der dauerhaft selbständig, in Kombination mit einem vegetativen Erosionsschutz oder temporär bis zur Übernahme des Erosionsschutzes durch Vegetation wirksam ist.

Erosionsschutzprodukte dürfen weder phytotoxische Stoffe enthalten noch freisetzen.

Der Nachweis der Umweltunbedenklichkeit des Produktes ist entsprechend M Geok E 2016 zu führen.

Das Erosionsschutzprodukt muss für den entsprechenden Einsatzzweck geeignet sein (siehe Entscheidungshilfe Kapitel 7).

Bei gewünschter Begrünung dürfen die verwendeten Erosionsschutzprodukte das oberirdische und unterirdische Wachstum der Pflanzen nicht einschränken. Dies gilt auch für eine nachträglich geplante Bepflanzung.

### **5.5 Anforderungen an die Befestigung der Erosionsschutzprodukte**

Ziel der Befestigung der Erosionsschutzprodukte ist es, einen vollflächigen Bodenkontakt (bodenschlüssig ohne Hohllage) und eine der Funktionsdauer angepasste Lagesicherung zu erreichen. Die Produkte sind auf der Fläche und an den Außenkanten so zu fixieren, dass sie vom Wind nicht abgehoben und von Wasser nicht unterspült werden können. Die Befestigung muss ein Abgleiten des Systems bzw. des zu haltenden Oberbodens zuverlässig verhindern.

## 6 Anwendungen

Es werden die verschiedenen Anwendungsbereiche auf Böschungen und an periodisch wasserführenden Entwässerungseinrichtungen des Straßenbaus mit technischen und vegetativen Erosionsschutzkomponenten erläutert.

Eine gut verwurzelte Vegetation ist in der Regel der beste Oberflächenerosionsschutz. Im Normalfall haben die Erosionsschutzprodukte (technische Komponente) nach Etablierung der Vegetation ihre Aufgabe erfüllt und können bzw. sollen biologisch abgebaut werden, um die Entwicklung der Wurzeln nicht zu behindern. Andererseits gibt es auch Fälle, in denen die technische Erosionsschutzkomponente dauerhaft wirken muss.

Erosionsanfällige Böden umfassen nichtbindige Grobschluffe, Feinsande und Fein- bis Mittelsande, Schluffe geringer Plastizität (besonders kritisch Löß und Lößlehme), schwach schluffige Sande und Kiese. Besonders schutzbedürftig sind Tone und mittel bis ausgeprägt plastische Schluffe, die bei Aufweichen ausfließen können oder sogar zu Rutschungen mit tieferen Gleitflächen neigen.

Nachfolgend werden zwei Anwendungskategorien unterschieden: Die Anwendung auf Flächen und Böschungen (vorwiegend trocken und durch Niederschläge beansprucht) sowie die Anwendung in periodisch wasserführenden Entwässerungseinrichtungen des Straßenbaus.

### 6.1 Erosionsschutz auf Flächen und Böschungen

Das Erosionsschutzsystem muss in jedem Fall die Oberfläche vor Erosion schützen. Beim Aufbringen einer Oberbodenschicht ist zusätzlich ein mögliches Abgleiten des Oberbodens auf dem Rohboden zu berücksichtigen.

Grundsätzlich ist dafür zu sorgen, dass die Böschung bis in den Rohboden durchwurzelt wird. Falls Oberboden verwendet wird, sollte die Schichtdicke nicht mehr als 20 cm betragen. Bei den kritischeren Böden sind Konstruktionen mit nur dünnem Oberbodenauftrag bis max. 10 cm Schichtdicke vorteilhafter.

## 6.1.1 Anwendungsbeispiele

### 6.1.1.1 Erosionsschutzmatte (GBL – Geoblanket)



*Bild 6.1 Erosionsschutz mit Kokosmatte an einer Böschung, Beispiel für GBL (Foto: R. Neisser)*



*Bild 6.2 Detail Befestigung Überlappungsbereich Kokosmatte (Fixierungselement) (Foto: R. Neisser)*

Im Zuge des Neubaus der Werkshalle für die Regionalbahn Abellio hinter dem Bahnhof Sangerhausen wurde eine neu hergestellte Böschung (Neigung ca. 1:1,5, Länge ca. 200 m) temporär bis zur Etablierung der Vegetation mit einer Kokosmatte mit beidseitig versteppten PP-Netz und PP-Steppfaden (GBL) gegen Erosion geschützt. Die GBL wurde mit 2 Stahlkrampen je m<sup>2</sup> auf der Böschung fixiert. Die nur teilweise mit Oberboden bedeckte Böschung wurde mit einer Regelsaatgutmischung in von Hand angesät.

### 6.1.1.2 Begrünungsmatte



*Bild 6.3 Erosionsschutz mit Begrünungsmatte an einer Böschung, Einbausituation (links) und beginnende Vegetation (4 Wochen nach Einbau) (Foto: R. Neisser)*

Im Zuge einer Baumaßnahme der DB AG waren zur Erweiterung des Einschnittes für die Verbreiterung der Bahntrasse zur Verlegung eines dritten Gleises Erdarbeiten im Bereich des Bahnhofes Pfaffenhofen erforderlich. Zum Schutz der etwa 1:1,5 geneigten Böschung vor Oberflächenerosion wurden Begrünungsmatten (Erosionsschutzmatte aus Kokos mit eingelagertem Saatgut) eingesetzt. Bild 6.3 zeigt die Böschung mit Berme sowie das Produkt mit einer Lage aus Papier unter der Matte, auf das Saatgut bei der Produktion aufgestreut wird. Die Begrünungsmatten wurden mit Buchenholzpflocken, 4 Stk. pro m<sup>2</sup>, 30 cm lang, fixiert.

### 6.1.1.3 Vegetationsmatte

Ein Beispiel für die Anwendung einer Vegetationsmatte (vorkultivierte Erosionsschutzmatte) ist in Abschnitt 6.2.1 (Anwendungsbeispiele für periodisch wasserführende Entwässerungseinrichtungen) enthalten.

### 6.1.1.4 Geomatte (GMA – Geomat)



*Bild 6.4 Erosionsschutz an felsiger Anschnittböschung, Beispiel für GMA (Foto: M. Hering)*



*Bild 6.5 Erosionsschutz an felsiger Anschnittböschung, Beispiel für GMA, Detail Befestigung (Foto: F. Saathoff)*

Im Zuge der Ortsumfahrung Stollberg wurde 2009 eine steile Anschnittböschung (1:1 und steiler) in felsigem Untergrund hergestellt. Zum dauerhaften Erosionsschutz der schwer begrünbaren Felsböschung wurde eine synthetische Geomatte (Enkamat® 7018) eingesetzt und zusätzlich gegen Steinschlag durch ein Stahlgitter ergänzt. Das System aus Stahlgitter und Geomatte wurde mit Bodenankern im felsigen Untergrund fixiert. Es wurde kein Oberboden aufgebracht und die Begrünung folgt der Sukzession.

### 6.1.1.5 Vliesstoff (GTX-NW - Geovliesstoff)



*Bild 6.6 Erosionsschutz Autobahnböschung mit Schafwoll-Vliesstoff, nachträglich mit Steckhölzern bepflanzt (Foto. S. Wiese)*

Im Zuge der Neugestaltung der Autobahnböschung im Bereich des Rastplatzes Bispingen (BAB 7) wurde der Oberflächenerosionsschutz auf einem Lärmschutzwall mit Böschungsneigungen zwischen 1:1 und 1:3 durch einen Vliesstoff aus Schafschurwolle in Kombination mit Gras- und Gehölzsaat sowie Steckholzpflanzen realisiert. Das Erosionsschutzprodukt wurde mit Biohaften auf Stärkebasis unmittelbar auf der Rohbodenböschung fixiert.

### 6.1.1.6 Gewebe (GTX-W Geogewebe)



*Bild 6.7 Erosionsschutz Lärmschutzwall in Attendorn (NRW) mit Nass-Ansaat und aufgelegtem Kokosgewebe (Fotos R. Neisser)*

Im Zuge der Herstellung eines Lärmschutzwalles in Attendorn (NRW) wurden die Böschungen beidseitig mit Nass-Ansaat und einem aufgelegten Kokosgewebe (400 g/m<sup>2</sup>) gegen Erosion gesichert. Die Matte wurde mit Drahthaften (U-Bügel) befestigt.

### 6.1.1.7 Böschungsbänder



*Bild 6.8 Fixierung einer Oberbodenschicht auf einer steilen Böschung, Beispiel für Böschungsbänder (Foto: Neisser Geoprodukte GmbH)*



*Bild 6.9 Fixierung einer Oberbodenschicht auf einer steilen Böschung, Beispiel für Böschungsbänder, Detail (Foto: Neisser Geoprodukte GmbH)*

An der B 54 bei Siegen wurden mehrere Abschnitte von hohen und steilen Damm- und Anschnittböschungen (Höhe zwischen 15 und 20 m, Neigung  $\geq 1:1,5$ ) mit z.T. felsigem Rohboden für eine Andeckung mit Oberboden zur Begrünung vorgesehen. Der Oberboden war aufgrund der Steilheit und der Hanglänge rutschgefährdet. Eine Durchwurzelung bis in die Rohbodenböschung wurde erwartet. Die hierfür erforderliche temporäre Sicherung des Oberbodens auf der Rohbodenböschung wurde mit Böschungsbändern aus Kokos realisiert. Die Abbildung zeigt den Zustand vor dem Einbau des Oberbodens im Jahr 2005. Anschließend wurden die Zwischenräume mit Bodenmaterial gefüllt, begrünt und bepflanzt.

### 6.1.1.8 Faschine



*Bild 6.10 Böschungssicherung mit Faschinen an der BAB 20 (Foto: H. Saathoff)*



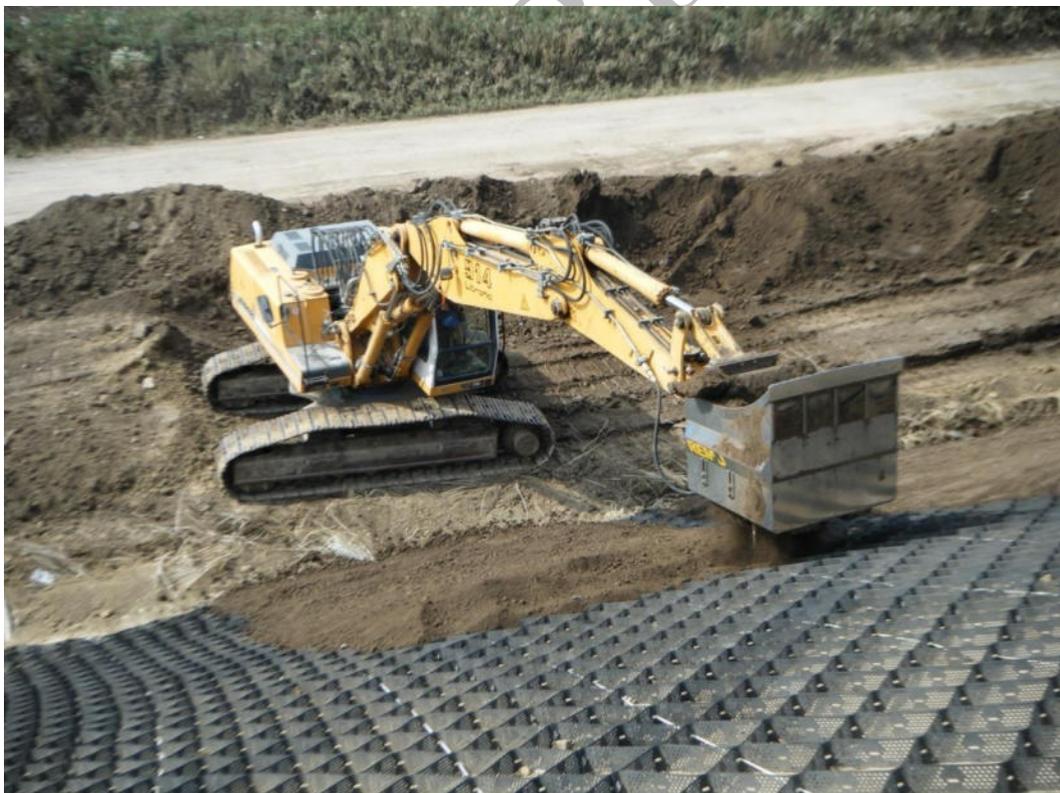
*Bild 6.11 Böschungssicherung mit Faschinen an der BAB 20, Bauzustand (Foto: H. Saathoff)*

An der BAB 20 zwischen Wismar und Lübeck wurden Böschungen mit Totholzfaschinen vor Erosion geschützt. Die Faschinen halten zum einen den Oberboden auf der Rohbodenböschung fest und wirken zum anderen dränend. Die Bilder 6.10 und 6.11 zeigen die Böschung zum Zeitpunkt der Herstellung der Faschinen vor Andeckung mit Oberboden und Begrünung.

### 6.1.1.9 Geozelle (GCE)



*Bild 6.12 Erosionsschutz Geozelle an Straßenböschung / Brückenwiderlager (Foto: Fa. Soiltec GmbH Achim)*



*Bild 6.13 Erosionsschutz Geozelle an Straßenböschung, Einbringen von krümeligem Oberboden (Foto: Fa. Soiltec GmbH Achim)*

Im Zuge der Erweiterung der B6N (Bernburg, Sachsen-Anhalt) wurde im Kreuzungspunkt mit der vorhandenen Bahntrasse ein neues Brückenbauwerk samt Dammkörper und Rampen erstellt. Um den für eine Begrünung der Böschungen (ca. 30.000 m<sup>2</sup>, 45°, Böschungslängen 6-14 m) erforderlichen Oberboden (10 cm) lagestabil aufbringen zu können und gleichzeitig einen dauerhaften Erosionsschutz zu gewährleisten, wurden Geozellen als Stabilisierung eingebaut. Die Geozellen wurden abschnittsweise auf der Böschung aufgespannt, mit Erdkern fixiert und anschließend verfüllt. Die Gleitsicherheit wird ergänzend durch das Abspannen mit Seilen, sog. Tendons, gewährleistet, welche durch hierfür vorgesehene Öffnungen in den Zellen geführt und am Böschungskopf verankert werden.

### **6.1.2 Hinweise zu Auswahl**

Bei der Wahl des Systems sind die Erosionsempfindlichkeit des zu schützenden Bodens und seine Begrünbarkeit zu berücksichtigen. Ferner geht die Jahreszeit mit ein. Geschlossenflächige Erosionsschutzmatten (GBL) sind immer dann sinnvoll, wenn der Boden besonders erosionsempfindlich ist und bei jedem Boden, wenn die Böschung außerhalb oder am Ende der Vegetationsperiode hergestellt wird. Geozellen werden häufig auf Untergründen eingesetzt, die vegetationsunfreundlich und auch schlecht durchwurzelbar sind (z.B. felsige Untergründe).

Systeme z.B. aus grobmaschigen Geweben (GTX-W), Geomatten (GMA) oder Erosionsschutzmatten (GBL) in Verbindung mit dünneren Vegetationsschichten erzwingen das Einwurzeln in den Rohboden. Einige Systeme können für schwierigere Standorte, z.B. steile Böschungen, erosionsempfindliche und rutschempfindliche Böden geeignet sein.

Geozellen (GCE), Böschungsbänder und Faschinen sind Konstruktionen, die auch dickere Oberbodenschichten halten. Je steiler die Böschung ist, desto eher werden Faschinen gitterförmig eingebaut.

Falls davon ausgegangen werden kann, dass eine rasche Einwurzeln erfolgt, sind Produkte aus verrottbaren Fasern zu bevorzugen. Ist ein dauerhaftes Erosionsschutzprodukt erforderlich, sind i.d.R. synthetische Materialien einzusetzen.

Eine Begrünung mit Nassansaat ist dann besonders sinnvoll, wenn die Trockenansaat, z.B. bedingt durch ungünstige Standortverhältnisse, keine Aussicht auf Erfolg verspricht. Wenn die Systeme in der Vegetationsperiode eingebaut werden, kann es sinnvoll sein, diese werkseitig mit Nährstoffen, Bodenhilfsstoffen und Saatgut auszustatten (Begrünungsmatte). Bei der Auswahl des Saatgutes sind die Standortbedingungen zu berücksichtigen. Besonders wichtig ist dies bei steilen Böschungen, die wegen ihrer Neigung ein Niederschlags- bzw. Infiltrationsdefizit haben.

Die genaue Auswahl der Produkte für die relevanten Standortbedingungen kann auf Grundlage einer Entscheidungshilfe vorgenommen werden, die in Kapitel 7 beschrieben ist.

Zusätzlich zu den Entscheidungshilfen dieses Merkblatts sind zu berücksichtigen: DIN 18300, DIN 18320, DIN 18915 bis DIN 18919, ZTV-E StB, ZTV La-StB, RAS-LG3, REwS, das Merkblatt für einfache landschaftsgerechte Sicherungsbauweisen (M Sicherungsbauweisen), das Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus (M Geok E), die Empfehlungen für die landschaftsgerechte Gestaltung von Stützbauwerken und das Arbeitsblatt DWA-A 138 Versickerungsanlagen.

### 6.1.3 Hinweise zum Einbau

#### 6.1.3.1 Allgemeine Hinweise zum Einbau

Flächenhafte Erosionsschutzprodukte sind nach Untergrundvorbereitung mit gutem Bodenschluss auf den zu schützenden Boden aufzulegen und zu fixieren. Im Folgenden sind die Fixierungselemente sowie die Sicherung von Überlappungsbereichen und Stößen detailliert beschrieben. Besonderheiten bei Faschinen, Böschungsbändern, Geozellen und Einbindegräben werden ebenfalls erläutert.

#### 6.1.3.2 Fixierungselemente

Fixierungselemente sind Bestandteil der technischen Erosionsschutzkomponente zur Fixierung auf der Bodenoberfläche, z.B. Erdnägel, Stahlhaften, Holzpflöcke, U-Kramen (U-Bügel, Agraffen). Die Fixierungselemente können aus Stahl, Holz, Kunststoffen oder Biopolymeren bestehen (Bild 6.14). Die Auswahl der Fixierungselemente (Material, Dicke, Länge, Ausführung) ist auf die Bodenverhältnisse abzustimmen. Die Eindringtiefe der Fixierungselemente ist auf das System abzustimmen. Je nach Bodenbeschaffenheit, Lage und Produktvariante sind 0,10 m bis 0,80 m üblich.



*Bild 6.14 Fixierungselemente, v.l.n.r.: Nadelholz mit Kerbe, Nadelholz mit Querstift aus Metall, Hartholz mit Querstift aus Holz, U-Krampe aus Stahl, U-Krampe aus Bewehrungsstahl, Stahlhafte leichte Ausführung, Stahlhafte lange und schwere Ausführung, Hafte aus Biopolymer; unterschiedliche Maßstäbe (Fotos 1-6: R. Neisser; Fotos 7-8: S. Wiese)*

#### 6.1.3.3 Fixierung, Überlappungen und Stöße von flächenhaften Erosionsschutzprodukten

Bei flächenhaften Produkttypen (GBL, GMA, GTX) sollten die Fixierungselemente in einem regelmäßigen Raster von i.d.R. 2-5 Fixierungselementen pro m<sup>2</sup> angeordnet werden (Bild 6.15). Die Fixierung muss so gewählt werden, dass ein vollflächiger Kontakt zwischen Produkt und Bodenoberfläche gewährleistet wird.

Bei der Verlegung ist eine Überlappung in Längs- und Querrichtung von üblicherweise 0,10 – 0,30 m zu berücksichtigen. Vegetationsmatten werden i.d.R. auf Stoß verlegt.

Überlappungsbereiche, Mattenränder und Stöße sind mit 2-4 Fixierungselementen pro lfm zu sichern. Überlappungen sind so anzuordnen, dass die oben liegende Bahn in Hauptwind- bzw. Abflussrichtung zeigt.

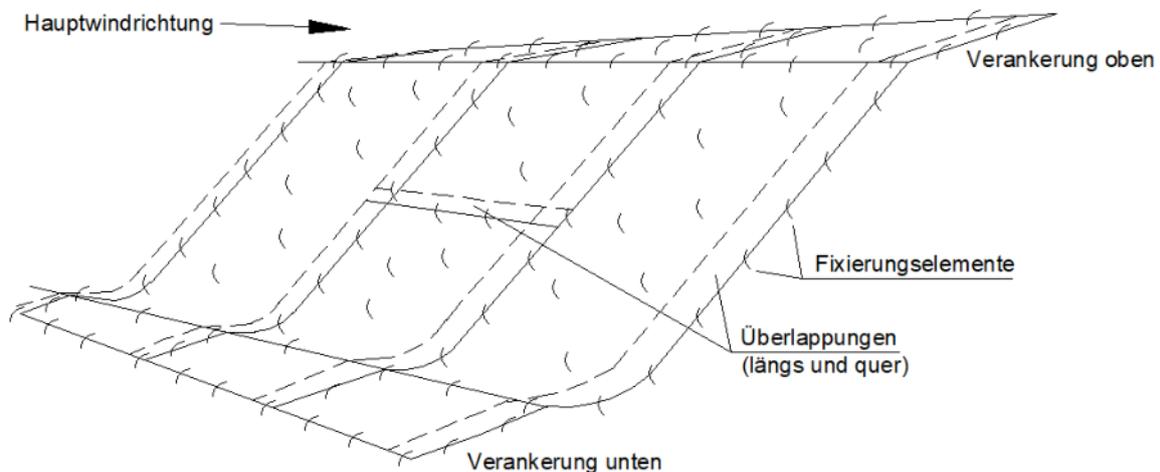


Bild 6.15 Installation und Fixierung eines flächenhaften Erosionsschutzproduktes.

#### 6.1.3.4 Fixierung von Faschinen und Böschungsbändern

Faschinen und Böschungsbänder werden i.d.R. mit ca. 3-4 Fixierungselementen je m auf der Böschung befestigt.

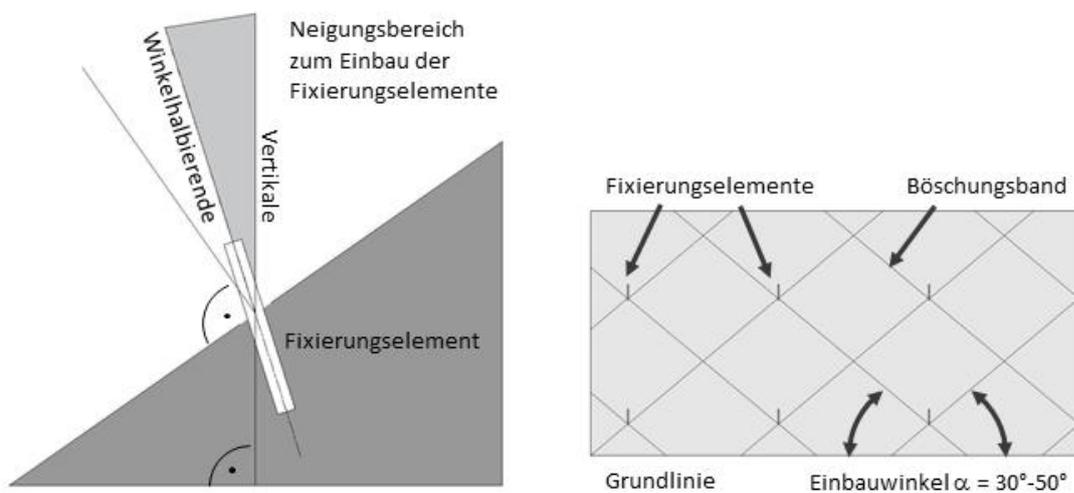


Bild 6.16 Installation und Fixierung von Faschinen und Böschungsbändern auf einer Böschung; links Querschnitt, rechts Draufsicht.

#### 6.1.3.5 Fixierung von Geozellen

Geozellen werden i.d.R. mit 5-10 Fixierungselementen je m<sup>2</sup> auf der Böschung befestigt.

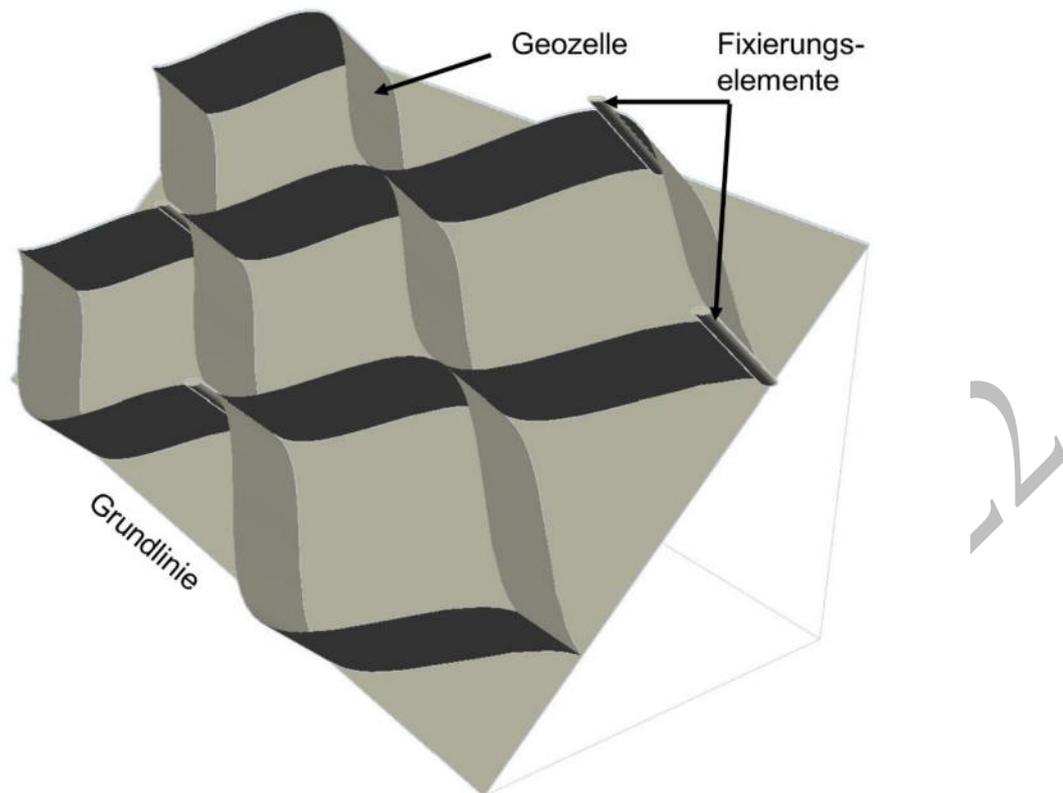


Bild 6.17 Fixierung einer Geozelle

### 6.1.3.6 Einbindegraben

Ist für den Einbau z.B. bei langen und / oder steilen Böschungen ein Einbindegraben zur Verankerung erforderlich, sollte dieser nach Bild 6.18 ausgeführt werden.

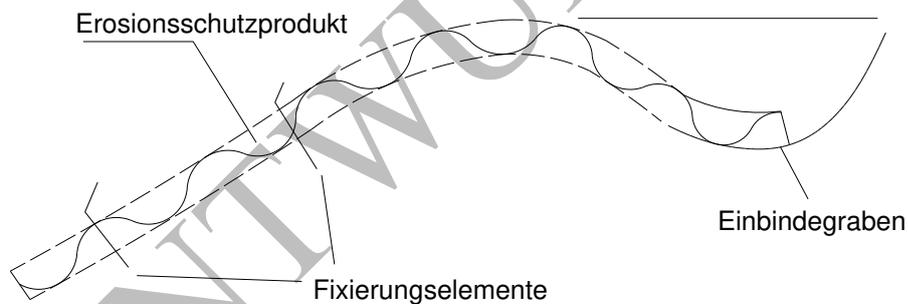


Bild 6.18 Einbindegraben für Erosionsschutzprodukte

### 6.1.3.7 Übererdung

Bei übererdeten Produkten ist auf folgende Punkte zu achten:

Es dürfen keine Hohlräume entstehen (Boden muss in das Produkt eindringen und dieses vollständig bedecken)

Die Übererdung darf bei flächenhaften Erosionsschutzprodukten nicht zu dick sein (ca. 2 cm), damit der Oberboden nicht auf dem Produkt rutscht. Ausnahmen hiervon sind Produkte, die explizit zur Erhöhung der Reibung zwischen Roh- und Oberbodenschicht eingebaut werden.

Für eine Übererdung ist kultivierungsfähiges Bodenmaterial bzw. Substrat zu verwenden, das möglichst wenig große Agglomerate bildet.

## 6.2 Periodisch wasserführende Entwässerungseinrichtungen

Als periodisch wasserführende Entwässerungseinrichtungen im Sinne dieses Merkblatts werden verschiedene Bauwerke angelehnt an die Bauwerkskategorien der REwS 2021 verstanden. So sind z.B. Gräben und Mulden oder Regenrückhaltebecken zeitweise durch Wasser eingestaut bzw. durch fließendes Wasser beeinflusst. Dadurch entstehen vergleichsweise höhere Anforderungen an die zu verwendenden Produkte.

Das Merkblatt bezieht sich dabei auf eine Auswahl an Bauwerken der REwS, für die alternative Erosionsschutzsysteme regelmäßig sinnvoll anwendbar sind. Entwässerungsrinnen (im Bereich des Straßenoberbaus) und dauerhaft überstaute Bereiche (z.B. gedichtete Regenrückhaltebecken) fallen so nicht in den Fokus dieses Merkblatts.

Versickerungsanlagen nach REwS und DWA A 138 (z.B. als Flächen- und Muldenversickerung) sind sinngemäß auszuführen.

Alternativ zu den Bauweisen aus REwS und den in M AEBEL vorgeschlagenen Alternativen sind ggf. auch ingenieurbiologische Bauweisen anwendbar. Diese sind nicht Inhalt dieses Merkblatts.

Im Zusammenhang mit aktuellen Entwicklungen des Wasserrückhalts in Siedlungsgebieten (vgl. Begriff Schwammstadt) können Ansätze für wasserdurchlässige Alternativen für stabile Sicherungsbauweisen aus M AEBEL übertragen werden.

### 6.2.1 Anwendungsbeispiele

#### 6.2.1.1 Begrünungsmatten



*Bild 6.19: Erosionsschutz mit Begrünungsmatte an der Böschung eines Regenrückhaltebeckens (Fotos: J. Meyer)*

Im Zusammenhang mit der Regenwasserableitung auf den versiegelten Stellflächen eines Busunternehmens musste ein Regenrückhaltebecken errichtet werden. Die Böschungen (Länge 5 m, Neigung ca. 1:1) wurden mit Begrünungsmatten (Kokosmatte mit eingearbeitetem Saatgut) vor Erosion geschützt, nachdem es zuvor regelmäßig bei Starkniederschlägen zu erheblichen Erosionserscheinungen kam.

### 6.2.1.2 Vegetationsmatten



Bild 6.20: Erosionsschutz mit Vegetationsmatte in einer Mulde in Riedberg (Foto: S. Wiese)



Bild 6.21: Detail Vegetationsmatte – Aufrollen nach der Anzuchtphase (Foto: S. Wiese)

Zur Herstellung eines periodisch wasserführenden Mulden-Rigolen-Systems in Riedberg wurde als sofort wirksamer Erosionsschutz eine vorkultivierte Vegetationsmatte mit synthetischem Vegetationsträger unmittelbar auf dem Rohboden verlegt. Die Böschungsneigungen betragen ca. 1:4 bis 1:5. Die Mulde soll kurzfristig Wasser mit Fließgeschwindigkeiten bis zu 2 m/s ableiten. Die mit einer überstauresistenten Gräsermischung fertig vorkultivierte Vegetationsmatte enthält ein wasserspeicherndes Sondersubstrat. Sie wurde mit oben gebogenen Stahlhaften (D = 10 mm, L = 500 mm) fixiert. Ein weiterer Vorteil neben dem sofortigen Schutz durch die vorkultivierte Begrünung bietet der permanent wirkende synthetische Vegetationsträger, der auch bei Ausfall der Vegetation den Erosionsschutz gewährleistet.

### 6.2.1.3 Walzen (GRO)



*Bild 6.22: Erosionsschutz mit Walze am Böschungsfuß – Beispiel Straßengraben (Foto: S. Wiese)*



*Bild 6.23: Erosionsschutz mit Walze am Böschungsfuß – Beispiel Straßengraben, Bauzustand (Foto: S. Wiese)*

In der Nähe der A23 bei Pinneberg wurden zur Fußsicherung an einem Straßengraben mit Böschungsneigungen von 1:2 bis 1:1 Walzen aus Miscanthus-Häckselgut, ummantelt mit einem Naturfasernetz, eingebaut. Vom Auftraggeber wurden heimische Rohstoffe gewünscht. Aus diesem Grund wurde Miscanthus-Häckselgut eingesetzt, welches im Wasserwechselbereich eine mindestens vergleichbare Lebensdauer wie Kokosfasern besitzt. Die Walzen wurden mit unbehandelten Holzpfählen fixiert. Sie dienen einerseits als Fußsicherung der Grabenböschung als auch als unteres Widerlager für die Oberbodenandeckung. Bild 6.22 zeigt den fertigen Zustand als wasserführenden Graben, Bild 6.23 zeigt den Einbau.

### 6.2.1.4 Steinwalzen



*Bild 6.24: Steinwalzen zum Schutz des Sohlbereichs (Böschungsfuß) eines Entwässerungsgrabens mit sehr steiler Böschung im Bereich von Durchlässen (Foto: S. Wiese)*



*Bild 6.25: Details: Sicherung des Einlaufbereichs mit Steinwalzen (links), Sicherung der Böschung oberhalb der Fußsicherung mit Begrünungsmatte, vgl. Flächen und Böschungen (rechts) (Fotos: S. Wiese)*

Zum Schutz des Fußbereichs einer sehr steilen Grabenböschung (Entwässerungsgraben) entlang der Farmsener Landstraße in Hamburg wurden Steinwalzen mit einem Durchmesser von ca. 20 cm und Längen von 1-2 m eingesetzt. Aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse nach Neubau eines Radwegs mussten die Böschungen steil ausgebildet werden und es sollte zugunsten der ökologischen Funktion auf eine massive Lösung (z.B. Winkelstützelemente) verzichtet werden. Die Steinwalzen wurden untereinander mit PP-Tauen verrödelt und mit Stahlhaften der Länge 1 m im Untergrund fixiert. Oberhalb der Fußsicherung wurden die Böschungen mit einer Begrünungsmatte gegen Erosion gesichert.

### 6.2.1.5 Steinmatratzen



*Bild 6.26: Erosionsschutz mit Steinmatratzen an einer Grabenböschung als Hochwasserschutz (Foto: S. Wiese)*

Zum Schutz der Straßenböschung an der B110 in der Nähe der Zecheriner Brücke Richtung Usedom wurden Steinmatratzen mit 20 cm Dicke verlegt. Die Beanspruchung entsteht durch Peene-Hochwasser nach einer durchgeführten Deichschlitzung mit Fließgeschwindigkeiten bis ca. 3 m/s. Die Böschungsneigungen betragen 1:1 bis 1:3. Die Steinmatratzen wurden aufgrund der hohen Belastbarkeit bei gleichzeitig kurzer Herstellzeit und geringem Eingriff in die Natur gewählt. Die Steinmatratzen wurden lagestabil miteinander verrödelt, teilweise übererdet und mit Steckhölzern bepflanzt. Die weitere Begrünung unterliegt der Sukzession.

### 6.2.2 Hinweise zu Auswahl

Über die Angaben in 6.1.2 hinaus richtet sich die Auswahl der Erosionsschutzprodukte bzw. -systeme nach der höchsten hydraulischen Beanspruchung, die periodisch in der Entwässerungseinrichtung auftreten kann. Dazu werden im Merkblatt vier hydraulische Belastungsstufen, abhängig von der auftretenden Fließgeschwindigkeit, definiert. Die ausgewählten Produkte und ihre Fixierung müssen auf die daraus resultierenden Kräfte sowie ggf. erforderliche längere Funktionsdauern abgestimmt werden. Darüber hinaus ist auf eine standortangepasste Vegetation zu achten, die mit den wechselnden Wasserständen bzw. Trocken-Nass-Wechseln sowie der zu erwartenden Überstaudauer zurechtkommt.

#### 6.2.2.1 Hydraulische Belastungsstufen

Um die praktische Handhabbarkeit einer Klassifizierung unter der Vielzahl der Standortfaktoren zu gewährleisten, ist die Beschränkung auf einen Unterscheidungsfaktor hilfreich. Für die Klassifikation wird im Unterschied zur REwS (die insbesondere bei Mulden

und Gräben nach dem Sohlengefälle unterscheidet) die „Fließgeschwindigkeit“ als das wesentliche Unterscheidungsmerkmal ausgewählt. Es werden vier Belastungsstufen festgelegt: gering ( $< 0,3$  m/s), mittel ( $0,3 - 1,5$  m/s), stark ( $1,5 - 2,5$  m/s), extrem ( $> 2,5$  m/s).

Auf diese Weise ist innerhalb einer Belastungsstufe (bestimmt durch die Fließgeschwindigkeit) die Charakterisierung eines Ufer- bzw. Sohlenabschnitts hinsichtlich seiner hydraulischen Beanspruchung aber auch hinsichtlich möglicher Erosionsschutzmaßnahmen zur Stabilisierung möglich.

Die Abhängigkeit zwischen der Fließgeschwindigkeit und der Erodierbarkeit eines Bodenmaterials (z.B. bzgl. des Parameters  $d_{50}$ ) zeigt das Hjulström-Diagramm (Bild 1.3).

### 6.2.2.2 Produktauswahl nach hydraulischen Belastungsstufen

Die folgende Tabelle zeigt die Einsatzmöglichkeiten verschiedener Erosionsschutzprodukte / -systeme für die vier hydraulischen Belastungsstufen für Mulden und Gräben. Die Empfehlungen beziehen sich auf die Sohle, den Böschungsfuß und ggf. den unteren, regelmäßig beanspruchten Böschungsbereich (Wasserwechselbereich). Für oberhalb dieses Bereiches weitgehend trocken liegende Böschungen gelten die Hinweise in Abschnitt 6.1.

In der Entscheidungshilfe (Kapitel 7) sind darüber hinaus auch Regenrückhaltebecken, Bereiche konzentrierter Strömung sowie Versickerungsanlagen enthalten. Diese Bauwerke bestehen häufig aus verschiedenen Bauwerkselementen, Böschungen und Gerinnen und sind projektspezifisch zu planen.

*Tabelle 6.1 Auswahl Erosionsschutzprodukte nach Belastungsstufe für Mulden und Gräben*

| Belastungsstufe  | 1<br>gering | 2<br>mittel | 3<br>stark | 4<br>extrem      |
|--|-------------|-------------|------------|------------------|
| Strömungsgeschwindigkeit (m/sec.)                              | $< 0,3$     | $< 1,5$     | $< 2,5$    | $\geq 2,5$       |
| Materialien  |             |             |            |                  |
| Ansaat   | 5.1, 6.1    |             |            |                  |
| Fertigrasen als Rollrasen                                      | 5.1, 6.1    |             |            |                  |
| Erosionsschutzmatte GBL<br>(Stroh/Kokos)                       | 5.1, 6.1    |             |            |                  |
| Begrünungsmatte (Stroh)  | 5.1, 6.1    |             |            |                  |
| Begrünungsmatte (Stroh/Kokos)                                  | 5.1, 6.1    |             |            |                  |
| Ansaat mit Erosionsschutzmatte<br>(Stroh/Kokos)                | 5.1, 6.1    |             |            |                  |
| Vegetationsmatte (teilsynthetisch)                             |             | 5.2, 6.2    |            |                  |
| Vegetationsmatte (vollsynthetisch)                             |             |             | 5.2, 6.3   | 5.2, 5.4,<br>6.3 |
| GRO aus Naturfasern  |             | 6.2         |            |                  |
| Steinmatratzen mit Schotterfüllung<br>(Schotter $\geq 32/64$ ) |             |             |            | 5.3, 5.4         |
| Steinwalze (fertig befüllt)                                    |             |             | 6.3        | 6.3              |

Die Nummern in der Tabelle beziehen sich auf die Produkte und Bauweisen der Entscheidungshilfe, Abschnitt 7.2 periodisch wasserführende Entwässerungseinrichtungen.

### 6.2.3 Hinweise zum Einbau

Für die periodisch wasserführenden Entwässerungseinrichtungen gelten die allgemeinen Hinweise zum Einbau für Flächen und Böschungen aus Abschnitt 6.1.3.1.

Die Fixierungselemente entsprechen grundsätzlich den in 6.1.3.2 beschriebenen Produkten. Je nach Beanspruchung sind ggf. vergleichsweise längere bzw. belastbarere Fixierungselemente oder alternative Lösungen zu wählen. Erosionsschutzmatten können z.B. zusätzlich punktuell mit Steinen beschwert werden.

Die Hinweise zur Fixierung sowie zu Stößen und Überlappungen aus Abschnitt 6.1.3.3 gelten grundsätzlich entsprechend. Je nach Belastungsstufe können größere Überlappungen als auf Flächen und Böschungen erforderlich werden. Überlappungen sind in Fließrichtung auszuführen.

Vegetationsmatten als Röhrichtmatten sollten bis maximal 40 cm über der Mittelwasserlinie eingebaut werden.

Zum Schutz der Begrünung an der oberen Böschung können im Wasserwechselbereich Faschinen oder Walzen mit temporärer Funktionsdauer angeordnet werden.

Steinwalzen werden i.d.R. mit unimprägnierten Holzpfählen mit einer Länge von ca. 1m bzw. in Sonderlängen, je nach Bodenbeschaffenheiten und einem Durchmesser von ca. 6-8cm befestigt.

## 6.3 Begrünungshilfen

Begrünungshilfen sind immer auf das Begrünungsziel abzustimmen.

Die Auswahl an Maßnahmen/Produkten ist neben den standörtlichen Gegebenheiten, wie Geologie und Bodenverhältnissen, abhängig von der Begrünungsmethode (z.B. Ansaat oder Pflanzung), der Zielvegetation (z.B. Gräser, Kräuter, Gehölze) und bei technischen Erosionsschutzkomponenten von der erforderlichen Funktionsdauer.

Wie in Kapitel 4 beschrieben, wird in Erosionsschutzsysteme unterschiedlicher Bauweisen unterschieden. Demzufolge können Begrünungshilfen in Kombination mit technischem Erosionsschutz in Form aufgelegter, verfüllter und übererdeter Erosionsschutzprodukte ausgebildet werden.

Bei aufgelegter Bauweise bildet das Planum i.d.R. die Oberfläche der Vegetationstragschicht aus. Bei verfüllten bzw. übererdeten Erosionsschutzprodukten bestimmt die Substrat- bzw. Bodenandeckung die vegetationsfähige Bodenoberfläche. Das Saat- und Pflanzbett soll so beschaffen sein, dass durch eine gleichmäßige Tiefenlage des Saatgutes beste Keimbedingungen geschaffen werden. In Abhängigkeit von der Begrünungsart ist für das Feinplanum bei Ansaaten gemäß DIN 18917 i.d.R. eine Ebenheit mit Abweichung von max. 10 cm unter der 4 m-Latte zulässig. Für Pflanzungen gelten diese Anforderungen, abweichend zur DIN 18916, sinngemäß.

Aufgelegte, nicht übererdete flächenhafte Begrünungshilfen sind hinsichtlich ihrer Öffnungsweite so zu wählen, dass bei einer Begrünung mit Trocken- und Nass-Ansaat ein flächiger Bodenschluss für das Saatgut herbeigeführt werden kann, die Keimung nicht beeinträchtigt wird und im Zuge der Keimentwicklung ein ungehindertes Durchwachsen der Pflanzen möglich wird. Dies kann durch die Prüfung zu Pflanzenwachstum und Durchwuchsverhalten nachgewiesen werden (vgl. Abschnitt 10.23).

Produkte in verfüllter und übererdeter Bauweise sind vollflächig in gesamter Schichtdicke hohlraum- und sackungsarm mit Verfüllstoffen, Substrate oder Bodenmaterialien gemäß

Abschnitten 5.3.3 und 5.3.4 zu verfüllen. Auf eine zusätzliche Verdichtung des eingebauten Materials ist zu verzichten.

Bei übererdeten Produkten ist auf eine gleichmäßige Schichtdicke der Übererdung zu achten. Die Schichtdicke ist abhängig vom verwendeten Erosionsschutzprodukt (z.B. zusätzliche Funktion als Auflast) und den standörtlichen Verhältnissen (z.B. bauseits vorhandenes Verfüllmaterial).

Unabhängig von der Bauweise der Begrünungshilfe sind Pflanzungen mit erforderlichem Eingriff in den technischen Erosionsschutz so auszuführen, dass die Schutzfunktion nicht beeinträchtigt wird. Verletzungen des technischen Erosionsschutzes sind auf das erforderliche Pflanzmaß zu beschränken. Punktuelle Pflanzungen sind flächigen Pflanzungen vorzuziehen. Großflächige Pflanzungen sind bevorzugt erst nach Ablauf der erforderlichen Funktionsdauer des technischen Erosionsschutzes vorzusehen.

Die Durchführung der Begrünung ist für Ansaaten in DIN 18917 und für Pflanzungen in DIN 18916 geregelt. Sollen lebende Pflanzenteile (z.B. Steckhölzer, Setzstangen, Äste, Ruten) und lebende Bauteile (z.B. Fertigrasen, Vegetationsstücke, lebende Faschine) verwendet werden, sind die Ausführungshinweise der DIN 18918 zusätzlich zu beachten.

Neben den technischen Erosionsschutzkomponenten mit Begrünungsoption lassen sich durch Einsatz flankierender Maßnahmen/Produkte bei der Begrünung selbst vergleichsweise günstigere Wachstumsbedingungen am Standort erzeugen. Diese Begrünungshilfen können zusätzlich zu den bereits beschriebenen technischen Begrünungshilfen zur Anwendung kommen. Diese zusätzlichen Maßnahmen sind in Abhängigkeit von der Begrünungsmethode zu wählen.

Im Wesentlichen zielt die Hilfestellung auf eine Verbesserung der Standortbedingungen für die Vegetation in Bezug auf das Mikroklima, die Wasser- und Nährstoffversorgung und den Oberflächenschutz ab. Damit soll im Hinblick auf einen vegetativen Erosionsschutz eine raschere Vegetationsentwicklung, einhergehend mit Wurzelaktivität und oberirdischem Bestandsschluss (Deckung), induziert werden. Die Wirksamkeit der Maßnahmen hängt auch vom Zeitpunkt der Ausbringung ab. Auf Keimung, Anwachsen und Pflanzenernährung ausgerichtete Maßnahmen/Produkte sollen deshalb bevorzugt während der Vegetationszeit von April bis Oktober angewendet werden.

Insbesondere bei Saatverfahren lassen sich durch Mischung von Saatgut, Düngemitteln, Bodenhilfs-, Kleb- und Mulchstoffen unterschiedliche Wirksamkeiten erzielen, die an die Standortansprüche angepasst werden können. Die Stoffe können als Gemisch in einem oder getrennt nach Stoffarten in mehreren Arbeitsgängen, i.d.R. als Nass-Ansaat (Hydrosaat), ausgebracht werden. Hinweise zur Zusammensetzung, Dimensionierung und Ausführung sind der DIN 18918 zu entnehmen.

## **6.4 Empfehlungen für gerutschte Böschungen**

Empfehlungen zum Umgang mit gerutschten Böschungen sind im FGSV-Merkblatt M BLG enthalten und sind nicht Inhalt des vorliegenden Merkblatts zu Erosionsschutz und Begrünungshilfen.

## **7 Entscheidungshilfen für die Auswahl geeigneter Erosionsschutzsysteme**

Die Entscheidungshilfen zur Auswahl geeigneter Erosionsschutzprodukte und –systeme sind ein zentrales Element des Merkblatts. Sie dienen der systematischen Vorgehensweise bei der Planung von Erosionsschutzmaßnahmen und bedienen sich dazu wesentlicher Kategorien und Einflussfaktoren. In diesen Entscheidungshilfen sind die Erfahrungen des Arbeitskreises zur praktischen Umsetzung zusammengefasst.

Basis der Entscheidungshilfen sind zwei Auswahldiagramme für (1) das Einsatzgebiet auf mehrheitlich trockenen Flächen und Böschungen, auf denen Erosion im Wesentlichen durch Regenwasser (und Wind) ausgelöst wird sowie (2) das Einsatzgebiet in periodisch wasserführenden Entwässerungseinrichtungen wie z.B. in Mulden, Gräben und Regenrückhaltebecken.

Anhand wesentlicher Projektrandbedingungen lässt sich die große Menge an verfügbaren Erosionsschutzmaßnahmen auf diese Weise schnell auf eine überschaubare Anzahl empfohlener Systeme eingrenzen.

Die jeweilige Auswahl von Produkten und Systemen entspricht den Empfehlungen des Arbeitskreises. Darüber hinaus sind auch im Hinblick auf die Weiterentwicklung der Produktpalette und die Verwendung alternativer Rohstoffe weitere Produktarten zulässig, sofern deren Eignung durch die Hersteller mit einem nachvollziehbaren Verfahren (vgl. Kapitel Prüfungen) nachgewiesen wurde. Durch separaten Nachweis ist auch für nicht als Standardlösung empfohlene Produkte die Kategorisierung entsprechend der Ausführungen des Merkblatts möglich.

Bei allen Erosionsschutzmaßnahmen ist darauf zu achten, dass die zu schützenden Erdbauwerke sowohl mit als auch ohne den Erosionsschutz standsicher sind.

Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass eine gewünschte Begrünung nicht durch die technische Erosionsschutzkomponente beeinträchtigt werden darf. Dies ist z.B. durch einen zu großen Durchwuchswiderstand (vgl. Prüfung 10.23 Pflanzenwachstum inkl. Durchwuchsverhalten) bei auf das Saatgut aufgelegten Matten oder wachstumshemmenden Hilfsstoffen denkbar. In der Regel unterstützt das Produkt (z.B. Erosionsschutzmatte) jedoch die Begrünung z.B. durch Verhinderung der Saatgutverlagerung oder Reduktion der Verdunstung. Zusätzlich bieten bestimmte Produkte eine spezielle Unterstützung für die Begrünung (Begrünungshilfe) z.B. durch die Wasserspeicherkapazität, die Wirkung als Mulchschicht, zusätzliche Substrate oder Dünger.

Begrünungshilfen, die nicht im Zusammenhang mit Erosionsschutzprodukten bzw. -systemen stehen, sind nicht Inhalt dieses Merkblatts.

Im Folgenden werden die Entscheidungshilfen für mehrheitlich trockene Flächen und Böschungen sowie für periodisch wasserführende Entwässerungseinrichtungen detailliert beschrieben. Gewässer und Entwässerungseinrichtungen, die permanent Wasser führen, werden in diesem Merkblatt nicht berücksichtigt.

### **7.1 Entscheidungshilfe für Flächen und Böschungen**

In der Entscheidungshilfe für Flächen und Böschungen wird zunächst die Funktionsdauer der technischen Erosionsschutzkomponente festgelegt und dann nach dem zu schützenden Boden mit oder ohne Begrünung unterschieden. Die Auswahl der übergeordneten Kategorie wird in der Tabelle in Abschnitt 7.1.4 vorgenommen (12 Kategorien 1.1 bis 4.3). Jede dieser Kategorien wird ergänzt durch eine Klassifikation der Böschungsneigung 1:n (mit den

Kategoriegrenzen  $n = 1,5$  und  $n = 2$ ) und der Erosionsgefährdung des an der Oberfläche anstehenden Bodens. Bei flachen Böschungen mit einer Neigung von  $1:n < 1:2$  und nicht erosionsgefährdetem Boden wird üblicherweise kein technischer Erosionsschutz erforderlich. Entsprechende vegetationstechnische Maßnahmen sind in ATV DIN 18320 und ZTVLa-Stb 18 beschrieben.

Die nachfolgenden Ausführungen gelten auch für die oberhalb des Wasserspiegels liegenden Böschungsbereiche bei den periodisch wasserführenden Entwässerungseinrichtungen nach Abschnitt 7.2.

**Table 7.1** Auswahlschema für die übergeordnete Kategorie nach Funktionsdauer der technischen Erosionsschutzkomponente und dem zu schützenden Oberboden

| Funktionsdauer der techn. Komponente | Bodenoberfläche und Begrünung | Böschungsneigung und Erosionsgefährdung   |
|--------------------------------------|-------------------------------|---|
| 1. Temporär kurzfristig              | 1.1 Rohboden unbegrünt        | Für jede Kategorie ist zusätzlich die Böschungsneigung $1:n$ sowie die Erosionsgefährdung des Bodens zu bewerten:<br><br>a) $n < 1,5$ ; Boden erosionsgefährdet<br>b) $n < 1,5$ ; Boden nicht erosionsgefährdet<br>c) $1,5 \leq n \leq 2$ , Boden erosionsgefährdet<br>d) $1,5 \leq n \leq 2$ , Boden nicht erosionsgefährdet<br>e) $n > 2$ , Boden erosionsgefährdet |
|                                      | 1.2 Rohboden begrünt          |   |
|                                      | 1.3 Oberboden begrünt         |   |
| 2. Temporär mittelfristig            | 2.1 Rohboden unbegrünt        |   |
|                                      | 2.2 Rohboden begrünt          |   |
|                                      | 2.3 Oberboden begrünt         |   |
| 3. Temporär langfristig              | 3.1 Rohboden unbegrünt        |   |
|                                      | 3.2 Rohboden begrünt          |   |
|                                      | 3.3 Oberboden begrünt         |   |
| 4. Dauerhaft                         | 4.1 Rohboden unbegrünt        |   |
|                                      | 4.2 Rohboden begrünt          |   |
|                                      | 4.3 Oberboden begrünt         |   |

Auf Grundlage dieser Informationen ergibt sich eine Empfehlung von durchschnittlich drei, im Einzelfall bis zu sieben verschiedenen Erosionsschutzprodukten oder –systemen. Um eine Vorzugsvariante aus diesen Empfehlungen auszuwählen, wird eine Kriterientabelle (Anlage 7) mit weiteren Informationen herangezogen. Darin sind für die einzelnen Produkt- und Systemtypen weitere Auswahlkriterien bewertet, die je nach Anwendungsfall eine mehr oder weniger große Rolle spielen. Die Bewertung der Kriterien folgt dem deutschen Schulnotensystem (1...6). Die Kriterientabelle stellt zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des Merkblatts einen Arbeitsstand dar, der nach Rückmeldung durch die Nutzer des Merkblatts fortgeschrieben werden soll.

Darüber hinaus können im Einzelfall weitere Kriterien eine Rolle spielen, z.B. Anzahl und Verteilung der Fixierungselemente, Regenerosivität, Untergrund, Exposition, Aussaatzeitpunkt sowie Pflanzenherkunft und Saatgutmischungen.

#### Beispiel

Die technische Erosionsschutzkomponente soll temporär mittelfristig wirken (ca. 2 Jahre bzw. 2 Vegetationsperioden), der erosionsgefährdete Rohboden soll begrünt werden, die Böschung soll mit der Regelböschungsneigung von 1:1,5 hergestellt werden.

Gewählte Kategorie: 2.2c

Empfohlene Produkte: GBL nach Abschnitt 3.4.1, 100% Kokosfüllung,  $\geq 350 \text{ g/m}^2$ ; GBL nach Abschnitt 3.4.1, als Begrünungsmatte; GTX-W nach Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite  $\leq 15 \text{ mm}$  UND Masse pro Flächeneinheit  $\geq 700 \text{ g/m}^2$ .

Die verschiedenen empfohlenen Produktvarianten können nun anhand der Kriterientabelle um projektspezifische Eignungskriterien ergänzt und so endgültig ausgewählt werden.

|   |                      |      |   |   |  |
|---|----------------------|------|---|---|--|
| Funktionsdauer temporär mittelfristig – Bereich 2 | >1:1,5               | nein | 2.1b  | abbaubar oder kompostierbar<br>3. GTX-W, Abschnitt 3.4.3, biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>4. GBL, Abschnitt 3.4.1, Füllung aus Stroh/Kokos oder Heu/Kokos, ≥ 350 g/m <sup>2</sup>   | 4. Nur, wenn Vegetation erlaubt wird.  |
|   | 1:2, 1:1,5           | ja   | 2.1c  | WE 2.1a   | a. 2.1a  |
|   | 1:2, 1:1,5           | nein | 2.1d  | WE 2.1b   | b. 2.1b  |
|   | <1:2                 | ja   | 2.1e  | WE 2.1b   | b. 2.1b  |
|   | 2.2 Rohboden begrünt |      |   |   |  |
|   | >1:1,5               | ja   | 2.2a  | 1. GBL, Abschnitt 3.4.1, 100% Kokosfüllung, ≥ 350 g/m <sup>2</sup><br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1, als Begrünungsmatte<br>3. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite ≤ 10 mm UND Masse pro Flächeneinheit ≥ 700 g/m <sup>2</sup>   | 1. Standardfall<br>2. Zur noch schnelleren Keimung auf der Rohbodenböschung Begrünungsmatte<br>3. engmaschiges Kokosgewebe wegen Erosionsgefährdung  |
|   | >1:1,5               | nein | 2.2b  | 1. GBL, Abschnitt 3.4.1, 100% Kokosfüllung, ≥ 350 g/m <sup>2</sup><br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1, als Begrünungsmatte<br>3. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite ≤ 40 mm UND Masse pro Flächeneinheit ≥ 700 g/m <sup>2</sup>   | 1.-2. 2.2a<br>3. engmaschiges Kokosgewebe, keine Erosionsgefährdung, deshalb gegenüber 2.2a größere Öffnungsweite zulässig   |
|   | 1:2, 1:1,5           | ja   | 2.2c  | 1. GBL, Abschnitt 3.4.1, 100% Kokosfüllung, ≥ 350 g/m <sup>2</sup><br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1, als Begrünungsmatte<br>3. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite ≤ 15 mm UND Masse pro Flächeneinheit ≥ 700 g/m <sup>2</sup>   | 1. Standardfall<br>2. Zur noch schnelleren Keimung auf der Rohbodenböschung Begrünungsmatte<br>3. engmaschiges Kokosgewebe wegen Erosionsgefährdung  |
|   | 1:2, 1:1,5           | nein | 2.2d  | WE 2.2b   | b. 2.2b  |
|   | <1:2                 | ja   | 2.2e  | 1. GBL, Abschnitt 3.4.1, Füllung biologisch abbaubar, ≥ 350 g/m <sup>2</sup> , z.B. aus Stroh/Kokos oder Heu/Kokos<br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1, als Begrünungsmatte<br>3. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite ≤ 40 mm UND Masse pro Flächeneinheit ≥ 700 g/m <sup>2</sup>   | 1. Standardfall (geringere Neigung, deshalb keine 100% Kokos erforderlich)<br>2. Zur noch schnelleren Keimung auf der Rohbodenböschung Begrünungsmatte<br>3. geringere Neigung, deshalb trotz Erosionsgefährdung größere Öffnungsweite als bei 2.2b zulässig |
| 2.3 Oberboden begrünt                             |                      |      |   |   |  |
| >1:1,5  | ja                   | 2.3a | Fixierung Oberboden auf Rohboden:<br>1. Böschungsband, Abschnitt 3.4.6, 100% organisch (z.B. Kokos, Schafwolle)<br>2. Faschine oder ORÖ nach Abschnitt 3.4.7 oder 3.4.8 (z.B. Schafwolle, Miscanthushäkel)<br>3. Faschineartige Zellstrukturen 100% organisch (z.B. Schafwolle) | Trennung des Systems zur Bewertung ggf. unterschiedlicher erforderlicher Funktionsdauern:<br>1./2. Fixieren des Oberbodens auf dem Rohboden bei steilen Böschungen > 1:1,5<br>Für temporär mittelfristig: Es wird erwartet, dass die Begrünung ggf. zusammen mit den erdbaulichen Maßnahmen die Sicherung des Oberbodens auf dem Rohboden in spätestens 2 Jahren übernimmt. |  |

Weitere Auswahl anhand von Zusatzkriterien, z.B. Kriterientabelle oder Checkliste

### 7.1.1 Erläuterung zur Funktionsdauer der technischen Erosionsschutzkomponente

Die angegebenen Funktionsdauern von Erosionsschutzsystemen basieren auf Erfahrungswerten des Arbeitskreises. Die Kategorisierung dient als Anhaltspunkt für die Auswahl geeigneter Erosionsschutzprodukte. In der praktischen Anwendung ist die tatsächliche Funktionsdauer von Erosionsschutzprodukten stark abhängig von den Standortfaktoren. Bei Verbundstoffen bzw. Erosionsschutzmatten aus mehreren Materialien ist zu prüfen, ob die Komponente mit der geringsten Funktionsdauer maßgebend wird.

Die Funktionsdauer wird in die Klassen temporär kurzfristig, temporär mittelfristig, temporär langfristig und dauerhaft eingeteilt. Die Funktionsdauer legt fest, dass die technische Erosionsschutzkomponente für diesen Zeitraum wirksam sein muss. Grundsätzlich sind die Funktionsdauern wie folgt festgelegt:

1. Temporär kurzfristig: Funktion für min. 0,5 a bzw. eine Vegetationsperiode
2. Temporär mittelfristig: Funktion für min. 2 a bzw. zwei Vegetationsperioden
3. Temporär langfristig: Funktion für > 2 bis 5 a bzw. drei bis fünf Vegetationsperioden
4. Dauerhaft: Funktion für mehr als 5 a erforderlich (z.B. je nach Bauwerkskategorie bis 25 Jahre Nutzungsdauer). Die tatsächlich erforderliche Funktionsdauer ist festzulegen.

Die Bedeutung der Funktionsdauer ist darüber hinaus abhängig davon, ob das System begrünt oder unbegrünt ausgeführt wird.

#### Funktionsdauer ohne geplante Begrünung:

Erosionsschutzprodukt schützt ohne Vegetation. Vegetation ist nicht geplant aber nicht in jedem Fall grundsätzlich unerwünscht.

1. Temporär kurzfristig (Einsatzdauer bis 0,5 a, Funktion für min. 0,5 a): z.B. einzelne Bauabschnitte, Rückbau berücksichtigen
2. Temporär mittelfristig (Einsatzdauer bis 2 a, Funktion für min. 2 a): z.B. einzelne Bauabschnitte, Rückbau berücksichtigen
3. Temporär langfristig (Einsatzdauer > 2 bis 5 a, Funktion für > 2 bis > 5 a, für das jeweilige Projekt festzulegen): Längere Baustellensicherungen, Bauwerk mittelfristig
4. Dauerhaft: (Funktion für mehr als 5 a erforderlich): Keine Vegetation zu erwarten, deshalb dauerhafter Erosionsschutz mit technischer Komponente zu gewährleisten. Die Funktionsdauer ist analog zur tatsächlichen Projektdauer festzulegen.

### ***Funktionsdauer mit geplanter Begrünung:***

Das Erosionsschutzprodukt schützt die Bodenoberfläche so lange, bis die Begrünung etabliert ist und den Erosionsschutz bei entsprechender Pflege i.d.R. dauerhaft übernimmt (Ausnahme: Fall 4).

1. Temporär kurzfristig (Funktion für 1 Vegetationsperiode): z.B. Ansaat im Herbst, deren Austrieb (Etablierung) nach der Keimruhe im folgenden Frühjahr erwartet wird und die dann bereits eine vor Erosion schützende Wirkung entwickelt; Ansaat im Frühjahr, Überbrückung der Anwuchsphase.
2. Temporär mittelfristig (Funktion für 2 Vegetationsperioden): z.B. Unterstützung während sich die Vegetation in 2 Jahren etabliert und anschließend den Erosionsschutz übernimmt.
3. Temporär langfristig (Funktion für 3 bis 5 Vegetationsperioden): z.B. Unterstützung während sich die Vegetation in bis zu 5 Jahren etabliert und anschließend den Erosionsschutz übernimmt. Z.B. auf für die Vegetation ungünstigen Böden.
4. Dauerhaft: Es ist nicht zu erwarten, dass die Vegetation allein zukünftig den vollständigen Erosionsschutz übernimmt.

## **7.1.2 Erläuterung zur Bodenoberfläche und Begrünung**

Es wird unterschieden zwischen Böschungen aus Rohboden und Böschungen mit Oberbodenandeckung sowie, ob die Böschung begrünt oder unbegrünt hergestellt werden soll. „Unbegrünt“ wird im Rahmen dieses Merkblatts so verstanden, dass eine Begrünung nicht vorgesehen ist und eine möglicherweise selbst aufkeimende Begrünung nicht in die Überlegungen zur Wirkung des Erosionsschutzes einbezogen wird. Eine Oberbodenandeckung wird nur im Zusammenhang mit einer geplanten Begrünung berücksichtigt. Bei steilen Böschungen mit  $n < 1,5$  und Oberboden muss zusätzlich zum oberflächlichen Erosionsschutz auch das Abrutschen des aufgetragenen Oberbodens auf der Rohbodenböschung berücksichtigt werden. Die Entscheidungshilfe enthält hierzu entsprechende Angaben.

## **7.1.3 Erläuterung der Kriterien für die projektspezifische Beurteilung der Produkt- bzw. Systemempfehlungen**

Zusätzliche Kriterien für die projektspezifische Beurteilung der Produkt- bzw. Systemempfehlungen für Flächen und Böschungen sind in Anlage 7 tabellarisch zusammengestellt und bewertet. Für die periodisch wasserführenden Entwässerungseinrichtungen können diese Kriterien analog genutzt werden, es fehlen aber ggf. spezielle Kriterien, wie z.B. die Einschätzung bezüglich Abriebbeständigkeit. Im Folgenden werden die einzelnen Kriterien erläutert.

### Ausführungsdauer für Verlegung und Fixierung

Bewertung bezüglich des Ausführungsaufwands.

### Ausführung mehr oder weniger witterungsgebunden

Randbedingungen bzgl. Regen, Temperatur und Wind (Windsog, z.B. flatternde Folien). Hierbei spielen sowohl die Verlegung als auch die Fixierung eine Rolle, sowie, ob das System üblicherweise von Hand oder maschinell eingebaut wird.

### Biologische Abbaubarkeit

Bewertung im Hinblick auf die spätere Entsorgung bzw. den Verbleib von Reststoffen im Boden.

### Beständigkeit gegen Schädlingsbefall

Ein Schädlingsbefall kann den biologischen Abbau unterstützen (z.B. Mikroorganismen, Pilze).

Schädlinge können auch negative Auswirkungen haben, z.B. Wühltiergänge unter Stroh.

### Zusätzlicher Winderosionsschutz gegeben?

Besonders bei vollständig bedeckenden Produkten.

### Erosionsschutz auch bei hoher Regenintensität gewährleistet?

Probleme mit dem Ausspülen aus größeren Öffnungen z.B. bei gitterartigen Strukturen sowie ggf. mit Abflüssen unter dem Erosionsschutzprodukt.

### Erosionsschutz auch bei Fremdwassereintrag gewährleistet?

Z.B. Fahrbahnwasser, größere Abflüsse über die Bankette.

Wirkungsweise ähnlich wie bei hoher Regenintensität, jedoch ohne Tropfeneinfluss.

### Eignung für Böschungslängen > 15 m

Hoher Wasseranfall, langer Fließweg, Akkumulation von abfließendem Wasser  
Bei langen Böschungen können vor der Fixierung ggf. hohe Zugkräfte auftreten (Bewertung siehe Zugfestigkeit).

### Zugfestigkeit

Anfangszugfestigkeit, je nach Einsatzzweck insbesondere während der Installation (z.B. lange Böschung, Trittbelastung während Fixierung bei Steilen Böschungen)

### Kosten Material und Einbau ohne Ansaat

Kosten für Material und Einbau des technischen Erosionsschutzes, ohne Ansaat etc.  
Zuzüglich Kosten für Saatgut und Bodenhilfsstoffe (jeweils +1...2) außer bei Begrünungs-/Vegetationsmatten.

Die Angaben stellen eine Momentaufnahme dar, die auf der Erfahrung der Ausschussmitglieder basiert, die jedoch aufgrund verschiedener weltweiter (z.B. geopolitischer) Einflüsse variieren können.

### Durchwuchsfähigkeit

Möglichkeit insbesondere für mehrkeimblättrige Pflanzen, von unten durch das Produkt zu wachsen.

Bei Begrünung bzw. Ansaat oberhalb des Produkts ist die Durchwurzelbarkeit relevant.

Bei Systemen wie z.B. Böschungsbänder, Geozellen und zellenförmig verlegte Faschinen spielt die Durchwuchsfähigkeit des Produktes keine Rolle, da die Bodenoberfläche offen bleibt.

### Bepflanzbarkeit

Eignung für nachträgliche Pflanzungen, ggf. muss das Produkt aufwendig aufgeschnitten werden.

Bei Systemen wie z.B. Böschungsbänder, Geozellen und zellenförmig verlegte Faschinen spielt die Bepflanzbarkeit des Produktes keine Rolle, da die Bodenoberfläche offen bleibt. Ausnahmen bestehen ggf. bei Naturfaserfaschinen, die als Vegetationsfaschinen vorbeegrünt werden.

### Pflegeintensität bis zur Abnahme

Aufwand für eine ggf. erhöhte Pflegeintensität aufgrund der verwendeten Produkte oder Systeme.

### Pflegefreundlichkeit

Empfindlichkeit des Produktes, Einschränkungen bei der Grünpflege, z.B. Beschädigungen beim Befahren oder Begehen.

## **7.1.4 Tabellen zur Auswahl der Produkttypen**

Die folgenden Tabellen enthalten erste Empfehlungen des Arbeitskreises. Andere Lösungen sind ausdrücklich ebenfalls denkbar. Hinweise zu alternativen Lösungen und den Erfahrungen mit dem Umgang mit der Tabelle sind ausdrücklich erwünscht und an den aktuellen Leiter des Arbeitskreises zu richten.

Die Anwendung der Tabellen der Entscheidungshilfe ist in Tabelle 7.1 und dem anschließenden Beispiel erläutert.

| Funktionsdauer techn. Komp. | Bodenoberfläche        | Böschungseigung | Erosionsgefährdung | Kategorie | Empfohlene Produkttypen, Aufzählung ohne Priorisierung  | Erläuterungen zu empfohlenen Produkttypen   | Spalten Kriterienabelle | Produktbild nach Anlage 3   | Anwendungsbeispiel                                   | Fallbeispiel                                     |
|-----------------------------|------------------------|-----------------|--------------------|-----------|---|---|-------------------------|---|--|--|
| 1. temporär kurzfristig     | 1.1 Rohboden unbegrünt | >1:1,5          | ja                 | 1.1a      | 1. Bau-/Mulchfolie, bevorzugt biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>2. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, bevorzugt biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>3. GTX-NW, Abschnitt 3.4.3, bevorzugt biologisch abbaubar oder kompostierbar   | Im Vordergrund steht die schnelle Ableitung des Oberflächenwassers.<br>Falls eine Vegetation unterdrückt werden soll, sind lichtundurchlässige Produkte erforderlich.<br>Für die kurzfristige Funktionsdauer werden abbaubare oder kompostierbare Produkte empfohlen.<br>2. Synthetische Bändchengewebe, Öffnungsweite ≤ 0,1 mm   | B,D,E,F,G,H,I           | ähnlich 15 7D<br>6A,B,D   |  |  |
|                             |                        |                 | nein               | 1.1b      | 1. Bau-/Mulchfolie, bevorzugt biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>2. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, bevorzugt biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>3. GTX-NW, Abschnitt 3.4.3, bevorzugt biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>4. GBL, Abschnitt 3.4.1, Füllung biologisch abbaubar, ≥ 350 g/m², z.B. aus Stroh oder Heu, Versteppung biologisch abbaubar   | 1.-3. s. 1.1a<br>4. Nur, wenn Vegetation erlaubt wird.  | B,E,I                   | ähnlich 15 7D<br>6A,B,D<br>1C, 1D,G (aber mit abbaubarer Versteppung)                           |  |  |
|                             |                        | 1:2...1:1,5     | ja                 | 1.1c      | wie 1.1a  | s. 1.1a   | B,D,E,F,G,H,I           | s. 1.1a   |  |  |
|                             |                        | 1:2...1:1,5     | nein               | 1.1d      | 1. Bau-/Mulchfolie, bevorzugt biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>2. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, bevorzugt biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>3. GTX-NW, Abschnitt 3.4.3, bevorzugt biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>4. GBL, Abschnitt 3.4.1, Füllung bevorzugt biologisch abbaubar, ≥ 350 g/m², z.B. aus Stroh oder Heu, Versteppung biologisch abbaubar<br>5. Anspritzverfahren mit Klebstoff, bevorzugt biologisch abbaubar (ohne Saatgut) | 1.-4. s. 1.1b<br>5. Ähnliche Wirkung wie Bedeckung, bei Regelböschung und geringer Erosionsanfälligkeit ausreichend für temporär kurzfristige Funktionsdauer  | B,E,I                   | ähnlich 15 7D<br>6A,B,D<br>1C, 1D,G (aber mit abbaubarer Versteppung)<br>Anspritzverfahren k.A. |  |  |
|                             |                        | <1:2            | ja                 | 1.1e      | wie 1.1d  | s. 1.1d   | B,E,I                   | s. 1.1d   |  |  |
| 1.2 Rohboden begrünt        |                        | >1:1,5          | ja                 | 1.2a      | 1. GBL, Abschnitt 3.4.1, Füllung biologisch abbaubar, ≥ 350 g/m², z.B. aus Stroh/Kokos, Versteppung biologisch abbaubar<br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1 als Begrünungsmatte<br>3. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite ≤ 10 mm UND Masse pro Flächeneinheit ≥ 400 g/m²   | Erosionsgefährdung: stabile Bedeckung erforderlich, deshalb keine ausschließliche Nass-Ansaat<br><br>1. keine dauerhaften, synthetischen Produkte, deshalb auch keine GMA;<br>2. Zur noch schnelleren Keimung auf der Rohbodenböschung<br>3. engmaschiges Kokosgewebe wegen Erosionsgefährdung; Kokos trotz temporär kurzfristig, da übliche Produkte für geforderte Maschenweite und Stabilität  | B,D,E,F,G,H,I,L,M,N,O   | 1C<br>13A<br>7A   | ähnlich:<br>6.1.1.1<br>6.1.1.2<br>6.1.1.5<br>6.1.1.6 | Anlage 6.1<br>ähnlich:<br>Anlage 6.2             |
|                             |                        |                 | nein               | 1.2b      | 1. GBL, Abschnitt 3.4.1, Füllung biologisch abbaubar, ≥ 350 g/m², z.B. aus Stroh/Kokos, Versteppung biologisch abbaubar<br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1 als Begrünungsmatte<br>3. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Jute oder Kokos, Öffnungsweite ≤ 40 mm UND Masse pro Flächeneinheit ≥ 400 g/m²<br>4. Nass-Ansaat, ggf. mit Substrat oder Zuschlagstoffen, Dünger als Begrünungshilfe   | 1./2. s. 1.2a<br>3. größere Öffnungen wegen geringer Erosionsgefährdung erlaubt, Jute für temporär kurzfristig, Kokos auch möglich<br>4. Nicht erosionsgefährdet, deshalb steht die Fixierung des Saatguts auf der Rohbodenböschung bis zur Keimung im Vordergrund  | B,E,I,L,M,N,O           | 1C<br>13A<br>7C<br>Nass-Ansaat k.A.   | ähnlich:<br>6.1.1.1<br>6.1.1.2<br>6.1.1.5            | Anlage 6.1<br>ähnlich:<br>Anlage 6.2             |
|                             |                        | 1:2...1:1,5     | ja                 | 1.2c      | 1. GBL, Abschnitt 3.4.1, Füllung biologisch abbaubar, ≥ 350 g/m², z.B. aus Stroh/Kokos, Versteppung biologisch abbaubar<br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1 als Begrünungsmatte<br>3. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite ≤ 15 mm UND Masse pro Flächeneinheit ≥ 400 g/m²   | Erosionsgefährdung: stabile Bedeckung erforderlich, deshalb keine ausschließliche Nass-Ansaat<br><br>1./2. s. 1.2a<br>3. engmaschiges Kokosgewebe wegen Erosionsgefährdung; Kokos trotz temporär kurzfristig, da übliche Produkte für geforderte Maschenweite und Stabilität  | B,D,E,F,G,H,I,L,M,N,O   | 1C<br>13A<br>7A   | ähnlich:<br>6.1.1.1<br>6.1.1.2<br>6.1.1.6            | ähnlich:<br>Anlage 6.1<br>ähnlich:<br>Anlage 6.2 |
|                             |                        | 1:2...1:1,5     | nein               | 1.2d      | wie 1.2b  | s. 1.2b   | B,E,I,L,M,N,O           | s. 1.2b   | s. 1.2b  | s. 1.2b  |
|                             |                        | <1:2            | ja                 | 1.2e      | 1. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, z.B. Jute oder Kokos, Öffnungsweite ≤ 40 mm UND Masse pro Flächeneinheit ≥ 400 g/m²<br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1, Füllung biologisch abbaubar, ≥ 350 g/m², z.B. aus Stroh, Versteppung biologisch abbaubar<br>3. Nass-Ansaat, ggf. mit Substrat oder Zuschlagstoffen, Dünger als Begrünungshilfe   | 1. Standardfall Jute- oder Kokosgewebe (flacher, temporär kurzfristig), aufgrund flacherer Böschung trotz Erosionsgefährdung auch Gewebe mit größerer Öffnungsweite geeignet<br>2. flacher, temporär kurzfristig, deshalb Stroh geeignet<br>3. flachere Böschung, deshalb auch bei Erosionsgefährdung möglich   | B,D,E,F,G,H,I,L,M,N,O   | 7B,C<br>1D,E<br>Nass-Ansaat k.A.  | ähnlich<br>6.1.1.1<br>6.1.1.6                        |  |
| 1.3 Oberboden begrünt       |                        | >1:1,5          | ja                 | 1.3a      | Fixierung Oberboden auf Rohboden:<br>1. Faschinenartige Zellstrukturen, 100% organisch (z.B. Heu/Stroh)<br>2. Böschungsbänd, Abschnitt 3.4.6, 100% organisch (z.B. Kokos, Schafwolle)<br><br>Oberflächenerosionsschutz:<br>Falls ein zusätzlicher Schutz der Bodenoberfläche erforderlich ist, dann siehe 1.2a  | Trennung des Systems zur Bewertung ggf. unterschiedlicher erforderlicher Funktionsdauern:<br>1./2. Fixieren des Oberbodens auf dem Rohboden bei steilen Böschungen > 1:1,5<br>Für temporär kurzfristig: Es wird erwartet, dass die Begrünung ggf. zusammen mit den erdbaulichen Maßnahmen die Sicherung des Oberbodens auf dem Rohboden kurzfristig übernimmt.<br><br>Falls ein zusätzlicher Schutz des Oberbodens gegen oberflächliche Erosion erforderlich ist, sind die gleichen Maßnahmen wie auf Rohboden anzuwenden. Für kurzfristige Erfordernis der Fixierung des Oberbodens ist i.d.R. auch nur eine kurzfristige technische Komponente für den oberflächlichen Erosionsschutz erforderlich. | B,C,D,E,F,G,H,I,L,M,N,O | Ähnlich 10D,E<br>9A,B   | 6.1.1.7  | ähnlich:<br>Anlage 6.2                           |
|                             |                        |                 | nein               | 1.3b      | Fixierung Oberboden auf Rohboden:<br>1. Faschinenartige Zellstrukturen, 100% organisch (z.B. Heu/Stroh)<br>2. Böschungsbänd, Abschnitt 3.4.6, 100% organisch (z.B. Kokos, Schafwolle)<br><br>Oberflächenerosionsschutz:<br>Falls ein zusätzlicher Schutz der Bodenoberfläche erforderlich ist, dann siehe 1.2b  | s. 1.3a<br>hier Verweis auf Oberflächenschutz 1.2b  | B,C,D,I,L,M,N,O         | Ähnlich 10D,E<br>9A,B   | Oberfläche: s. 1.2b                                  | 6.1.1.7  |
|                             |                        | 1:2...1:1,5     | ja                 | 1.3c      | Keine Fixierung Oberboden auf Rohboden<br>Oberflächenerosionsschutz wie 1.2c  | Voraussetzung ist die fachmännisch ausgeführte erdbauliche Verzahnung von Unter- und Oberboden  | leer                    | s. 1.2c   |  | Anlage 6.2                                       |
|                             |                        | 1:2...1:1,5     | nein               | 1.3d      | Keine Fixierung Oberboden auf Rohboden<br>Oberflächenerosionsschutz wie 1.2d  | Voraussetzung ist die fachmännisch ausgeführte erdbauliche Verzahnung von Unter- und Oberboden  | leer                    | s. 1.2d   |  | Anlage 6.2                                       |
|                             |                        | <1:2            | ja                 | 1.3e      | Keine Fixierung Oberboden auf Rohboden<br>Oberflächenerosionsschutz wie 1.2e  | Voraussetzung ist die fachmännisch ausgeführte erdbauliche Verzahnung von Unter- und Oberboden  | leer                    | s. 1.2e   |  |  |

| Funktionsdauer techn. Komp. | Bodenoberfläche        | Böschungseigung      | Erosionsgefährdung   | Kategorie  | Empfohlene Produkttypen, Aufzählung ohne Priorisierung   | Erläuterungen zu empfohlenen Produkttypen   | Spalten Kriterientabelle  | Produktbild nach Anlage 3  | Anwendungsbeispiel   | Fallbeispiel  |  |  |                     |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|--|--|--|---|---|--|--|---|--|--|---------------------|
| 2. temporär mittelfristig   | 2.1 Rohboden unbegrünt | >1:1,5               | ja   | 2.1a   | 1. Bau-/Mulchfolie, bevorzugt biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>2. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, bevorzugt biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>3. GTX-NW, Abschnitt 3.4.3, bevorzugt biologisch abbaubar oder kompostierbar                      | Im Vordergrund steht die schnelle Ableitung des Oberflächenwassers und ggf. der Schutz vor Austrocknung.<br>Falls eine Vegetation unterdrückt werden soll, sind lichtundurchlässige Produkte erforderlich.<br>Für die mittelfristige Funktionsdauer werden abbaubare oder kompostierbare Produkte empfohlen. Die erforderlichen Funktionsdauern sind im Vergleich zu 1.1a länger.<br>2. Synthetische Bändchengewebe, Öffnungsweite ≤ 0,1 mm | B,C,D,E,F,G,H,I   | ähnlich 15 7D 6A,B,D   |  |   |  |  |                     |
|                             |                        |                      |  |  | >1:1,5   | nein  | 2.1b  | 1. Bau-/Mulchfolie, biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>2. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>3. GTX-NW, Abschnitt 3.4.3, biologisch abbaubar oder kompostierbar<br>4. GBL, Abschnitt 3.4.1, Füllung aus Stroh/Kokos oder Heu/Kokos, ≥ 350 g/m² | 1.-3. s. 2.1a<br>4. Nur, wenn Vegetation erlaubt wird.   | B,C,D,I   | ähnlich 15 7D (jedoch synthetisch)<br>1C, G (aber mit abbaubarer Versteppung)                  | ähnlich: 6.1.1.1                             |                     |
|                             |                        |                      |  |  |  |   |   | 1.2...1:1,5  | ja   | 2.1c  | wie 2.1a   | s. 2.1a                                      | B,C,D,E,F,G,H,I     |
|                             |                        | 1.2...1:1,5          | nein   | 2.1d   | wie 2.1b   | s. 2.1b   | B,C,D,I   | s. 2.1b  | s. 2.1b  |   |  |  |                     |
|                             |                        | <1:2                 | ja   | 2.1e   | wie 2.1b   | s. 2.1b   | B,C,D,E,F,G,H,I   | s. 2.1b  |  |   |  |  |                     |
|                             |                        | 2.2 Rohboden begrünt |  | >1:1,5   | ja   | 2.2a  | 1. GBL, Abschnitt 3.4.1, 100% Kokosfüllung, ≥ 350 g/m²<br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1, als Begrünungsmatte<br>3. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite ≤ 10 mm UND Masse pro | 1. Standardfall<br>2. Zur noch schnelleren Keimung auf der Rohbodenböschung Begrünungsmatte<br>3. engmaschiges Kokosgewebe wegen Erosionsgefährdung  | B,C,D,E,F,G,H,I, L,M,N,O   | 1A 13A, B 7A  | 6.1.1.1 6.1.1.2  | Anlage 6.3                                   |                     |
| >1:1,5                      | nein                   |                      |  |  |  |   | 2.2b  | 1. GBL, Abschnitt 3.4.1, 100% Kokosfüllung, ≥ 350 g/m²<br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1, als Begrünungsmatte<br>3. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite ≤ 40 mm UND Masse pro  | 1.-2. 2.2a<br>3. engmaschiges Kokosgewebe, keine Erosionsgefährdung, deshalb gegenüber 2.2a größere Öffnungsweite zulässig   | B,C,D,I,L,M,N,O   | 1A 13A, B 7A   | 6.1.1.1 6.1.1.2                              | Anlage 6.3          |
|                             |                        |                      |  | 1.2...1:1,5  | ja   | 2.2c  |   | 1. GBL, Abschnitt 3.4.1, 100% Kokosfüllung, ≥ 350 g/m²<br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1, als Begrünungsmatte<br>3. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite ≤ 15 mm UND Masse pro  | 1. Standardfall<br>2. Zur noch schnelleren Keimung auf der Rohbodenböschung Begrünungsmatte<br>3. engmaschiges Kokosgewebe wegen Erosionsgefährdung  | B,C,D,E,F,G,H,I, L,M,N,O  | 1A 13A, B 7A   | 6.1.1.1 6.1.1.2                              | ähnlich: Anlage 6.3 |
| 1.2...1:1,5                 | nein                   |                      |  |  |  |   | 2.2d  | wie 2.2b   | s. 2.2b  | B,C,D,I,L,M,N,O   | s. 2.2b  | s. 2.2b                                      | s. 2.2b             |
| <1:2                        | ja                     |                      |  | 2.2e   | 1. GBL, Abschnitt 3.4.1, Füllung biologisch abbaubar, ≥ 350 g/m², z.B. aus Stroh/Kokos oder Heu/Kokos<br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1, als Begrünungsmatte<br>3. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite ≤ 40 mm UND Masse pro Flächeneinheit ≥ 700 g/m² | Mittelfristig; anders als bei 1.2e Hydrosaat alleine nicht sinnvoll<br>1. Standardfall (geringere Neigung, deshalb keine 100% Kokos erforderlich)<br>2. Zur noch schnelleren Keimung auf der Rohbodenböschung Begrünungsmatte<br>3. geringere Neigung, deshalb trotz Erosionsgefährdung größere Öffnungsweite als bei 2.2b zulässig   | B,C,D,E,F,G,H,I, L,M,N,O  | 1C 13A, B 7A   | ähnlich: 6.1.1.1 6.1.1.2 6.1.1.6   | Anlage 6.2  |  |  |                     |
|                             |                        |                      |  |  | 2.3 Oberboden begrünt  | >1:1,5  | ja  | 2.3a   | Fixierung Oberboden auf Rohboden:<br>1. Böschungsband, Abschnitt 3.4.6, 100% organisch (z.B. Kokos, Schafwolle)<br>2. Fashine oder GRO nach Abschnitt 3.4.7 oder 3.4.8 (z.B. Schafwolle, Miscanthushäcksel)<br>3. Fashinenartige Zellstrukturen 100% organisch (z.B. Schafwolle)<br>Oberflächenerosionsschutz:<br>Falls ein zusätzlicher Schutz der Bodenoberfläche erforderlich ist, dann siehe 1.2a bzw. 2.2a (abhängig von der erforderlichen Funktionsdauer für den Oberflächenerosionsschutz) | Trennung des Systems zur Bewertung ggf. unterschiedlicher erforderlicher Funktionsdauern:<br>1./2. Fixieren des Oberbodens auf dem Rohboden bei steilen Böschungen > 1:1,5<br>Für temporär mittelfristig: Es wird erwartet, dass die Begrünung ggf. zusammen mit den erdbaulichen Maßnahmen die Sicherung des Oberbodens auf dem Rohboden in spätestens 2 Jahren übernimmt.<br>Falls ein zusätzlicher Schutz des Oberbodens gegen oberflächliche Erosion erforderlich ist, sind die gleichen Maßnahmen wie auf Rohboden anzuwenden. Für mittelfristige Erfordernis der Fixierung des Oberbodens ist i.d.R. maximal eine mittelfristige technische Komponente für den oberflächlichen Erosionsschutz erforderlich. Deshalb wird auf 1.2a und 2.2a verwiesen. | B,C,D,E,F,G,H,I, L,M,N,O   | 9A,B 10A,C 10D,E<br>Oberfläche s. 1.2a, 2.2a | 6.1.1.7             |
| >1:1,5                      | nein                   | 2.3b                 | Fixierung Oberboden auf Rohboden:<br>1. Böschungsband, Abschnitt 3.4.6, 100% organisch (z.B. Kokos, Schafwolle)<br>2. Fashine oder GRO nach Abschnitt 3.4.7 oder 3.4.8 (z.B. Schafwolle, Miscanthushäcksel, Stroh)<br>3. Fashinenartige Zellstrukturen 100% organisch (Schafwolle, etc.)<br>Oberflächenerosionsschutz:<br>Falls ein zusätzlicher Schutz der Bodenoberfläche erforderlich ist, dann siehe 1.2b bzw. 2.2b (abhängig von der erforderlichen Funktionsdauer für den Oberflächenerosionsschutz) | s. 2.3a<br>Verweise auf 1.2b und 2.2b  |  |   |   |  | B,C,D,I,L,M,N,O  | 9A,B 10A,C 10D,E<br>Oberfläche s. 1.2a, 2.2b  | 6.1.1.7  | Anlage 6.4                                   |                     |
|                             |                        |                      | 1.2...1:1,5  | ja   |  |   |   |  | 2.3c   | Keine Fixierung Oberboden auf Rohboden<br>Oberflächenerosionsschutz wie 2.2c  | Voraussetzung ist die fachmännisch ausgeführte erdbauliche Verzahnung von Unter- und Oberboden | leer   | s. 2.2c             |
| 1.2...1:1,5                 | nein                   | 2.3d                 | Keine Fixierung Oberboden auf Rohboden<br>Oberflächenerosionsschutz wie 2.2d   | Voraussetzung ist die fachmännisch ausgeführte erdbauliche Verzahnung von Unter- und Oberboden |  | leer  | s. 2.2d   |  |  |   |  |  |                     |
| <1:2                        | ja                     | 2.3e                 | Keine Fixierung Oberboden auf Rohboden<br>Oberflächenerosionsschutz wie 2.2e   | Voraussetzung ist die fachmännisch ausgeführte erdbauliche Verzahnung von Unter- und Oberboden |  | leer  | s. 2.2e   |  | ähnlich: Anlage 6.2  |   |  |  |                     |

| Funktionsdauer techn. Komp. | Bodenoberfläche        | Böschungseignung | Erosionsgefährdung  | Kategorie   | Empfohlene Produkttypen, Aufzählung ohne Priorisierung   | Erläuterungen zu empfohlenen Produkttypen   | Spalten Kriterientabelle  | Produktbild nach Anlage 3  | Anwendungsbeispiel  | Fallbeispiel |   |  |            |  |  |                                      |
|-----------------------------|------------------------|------------------|---|---|--|---|---|--|---|--------------|---|--|------------|--|--|--------------------------------------|
| 3. temporär langfristig     | 3.1 Rohboden unbegrünt | >1:1.5           | ja  | 3.1a  | 1. GTX-W, Abschnitt 3.4.3, synthetisch, dauerhaft oder kompostierbar<br>2. Baufolie, UV-stabilisiert für 5 Jahre<br>3. GMA-R Abschnitt 3.4.2, synthetisch mit Bewehrungsgitter | Im Vordergrund steht die schnelle Ableitung des Oberflächenwassers und ggf. der Schutz vor Austrocknung.<br>Falls eine Vegetation unterdrückt werden soll, sind lichtdurchlässige Produkte erforderlich.<br>Für die langfristige Funktionsdauer werden UV-stabilisierte Produkte empfohlen.<br>1. Synthetische Bändchengewebe, Öffnungsweite ≤ 0,1 mm<br>2. Die gleiche Funktion kann auch mit Folien erreicht werden, welche die Funktionsdauer nicht erfüllen, wenn diese ausgetauscht werden.<br>3. Hier wird nicht von einer vollständigen Bedeckung ausgegangen, sondern z.B. von einer Sicherung von bröckeligem Gestein o.ä., das nicht begrünt wird und sich selbst nur spärlich begrünt. Begrünung wird nicht unterdrückt. | 1)  | 7D<br>ähnlich 15<br>5A-F   | ähnlich:<br>6.1.1.4   |              |   |  |            |  |  |                                      |
|                             |                        |                  |   |   | <1:1.5   | nein  | 3.1b  | wie 3.1a   | s. 3.1a   | 1)           | s. 3.1a   |  |            |  |  |                                      |
|                             |                        |                  |   |   | 1.2...1:1.5  | ja  | 3.1c  | 1. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, synthetisch, dauerhaft oder kompostierbar<br>2. Baufolie, UV-stabilisiert<br>3. GMA Abschnitt 3.4.2, synthetisch  | s. 3.1a,<br>3. GMA statt GMA-R (Regelböschung)  | 1)           | 7D<br>ähnlich 15<br>4A-C  |  |            |  |  |                                      |
|                             |                        |                  |   |   | 1.2...1:1.5  | nein  | 3.1d  | 1. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, synthetisch, dauerhaft oder kompostierbar<br>2. Baufolie, UV-stabilisiert<br>3. GMA, Abschnitt 3.4.2, synthetisch<br>4. GBL, Abschnitt 3.4.1, mit 100% Kokosfüllung, ≥ 350 g/m²   | 1.-3. s. 3.1a,<br>3. GMA statt GMA-R (Regelböschung)<br>4. Begrünung wird wie bei GMA nicht unterdrückt. Funktionsdauer abhängig von den Bodeneigenschaften.  | 1)           | 7D<br>ähnlich 15<br>4A-C<br>1A  | ähnlich:<br>6.1.1.1  |            |  |  |                                      |
|                             |                        |                  |   |   | <1:2   | ja  | 3.1e  | wie 3.1d   | s. 3.1d   | 1)           | s. 3.1d   | s. 3.1d  |            |  |  |                                      |
|                             |                        |                  |   |   | >1:1.5   | ja  | 3.2a  | 1. GMA-R Abschnitt 3.4.2, synthetisch mit Bewehrungsgitter<br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1, 100% Kokosfüllung ≥ 350 g/m²<br>3. GBL, Abschnitt 3.4.1, teilsynthetisch PP-Gitter-Netz mit 100% Kokosfüllung ≥ 350 g/m²<br>4. Verbindungsstoff aus GBL, Abschnitt 3.4.1, 100% Kokosfüllung ≥ 350 g/m², verstrept mit GTX-W, Abschnitt 3.4.4, 100% Kokos, Masse pro Flächeneinheit ≥ 700 g/m²<br>5. GBL, Abschnitt 3.4.1, als Begrünungsmatte | 1. Wenn Bedeckung eine geringere Rolle spielt, sonst ggf. in Kombination<br>2.-5. Steil und erosionsgefährdet: Bedeckung ist sinnvoll.<br>3. Teilsynthetisch, wenn aufgrund der Standortbedingungen die Abbaubarkeit von Kokos als zu schnell beurteilt wird bzw. wenn an die obere Grenze der Funktionsdauerklasse gegangen wird (4-5 Jahre) | 1)           | 5A-F<br>1A<br>2A-B<br>1A + 7A-B<br>13A aber mit dauerhafterer Versteppung<br>14A  | 6.1.1.2<br>ähnlich:<br>6.1.1.1<br>6.1.1.3<br>6.1.1.4   | Anlage 6.5 |  |  |                                      |
|                             |                        |                  |   |   |  |   |   | >1:1.5   | nein  | 3.2b         | 1.-6. wie 3.2a<br>7. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite ≤ 10 mm UND Masse pro Flächeneinheit ≥ 900 g/m²   | 1.-6. s. 3.2a<br>7. Engmaschiges Kokosgewebe, nur dann, wenn die Standortbedingungen es zulassen. Keine Erosionsgefährdung, aufgrund Funktionsdauer ≥ 900 g/m².  | 1)         | 5A-F<br>1A<br>2A-B<br>1A + 7A-B<br>13A aber mit dauerhafterer Versteppung<br>14A<br>7A | 6.1.1.2<br>ähnlich:<br>6.1.1.1<br>6.1.1.3<br>6.1.1.4 | ähnlich:<br>Anlage 6.3<br>Anlage 6.5 |
|                             |                        |                  |   |   |  |   |   | 1.2...1:1.5  | ja  | 3.2c         | 1. GMA, Abschnitt 3.4.2, synthetisch<br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1, 100% Kokosfüllung ≥ 350 g/m²<br>3. GBL, Abschnitt 3.4.1, teilsynthetisch PP-Gitter-Netz mit 100% Kokosfüllung ≥ 350 g/m²<br>4. Verbindungsstoff aus GBL, Abschnitt 3.4.1, 100% Kokosfüllung ≥ 350 g/m², verstrept mit GTX-W, Abschnitt 3.4.4, 100% Kokos, Masse pro Flächeneinheit ≥ 700 g/m²<br>5. GBL, Abschnitt 3.4.1, als Begrünungsmatte<br>6. Vegetationsmatte | 1. ohne Bewehrung<br>Sonst wie 3.2a  | 1)         | 4A-C<br>1A<br>2A-B<br>1A + 7A-B<br>13A aber mit dauerhafterer Versteppung<br>14A       | 6.1.1.1<br>6.1.1.2<br>ähnlich:<br>6.1.1.3<br>6.1.1.4 | ähnlich:<br>Anlage 6.5               |
|                             |                        |                  |   |   |  |   |   | 1.2...1:1.5  | nein  | 3.2d         | 1.-6. wie 3.2c<br>7. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite ≤ 10 mm UND Masse pro Flächeneinheit ≥ 900 g/m²   | 1. s. 3.2c<br>2.-6. s. 3.2a<br>7. Engmaschiges Kokosgewebe, nur dann, wenn die Standortbedingungen es zulassen. Keine Erosionsgefährdung, aufgrund Funktionsdauer ≥ 900 g/m².  | 1)         | 4A-C<br>1A<br>2A-B<br>1A + 7A-B<br>13A aber mit dauerhafterer Versteppung<br>14A<br>7A | 6.1.1.1<br>6.1.1.2<br>ähnlich:<br>6.1.1.3<br>6.1.1.4 | ähnlich:<br>Anlage 6.3<br>Anlage 6.5 |
|                             |                        |                  |   |   |  |   |   | <1:2   | ja  | 3.2e         | 1. GBL, Abschnitt 3.4.1, 100% Kokosfüllung ≥ 350 g/m²<br>2. GBL, Abschnitt 3.4.1, teilsynthetisch PP-Gitter-Netz mit 100% Kokosfüllung ≥ 350 g/m²<br>3. GBL, Abschnitt 3.4.1, als Begrünungsmatte<br>4. GTX-W, Abschnitt 3.4.4, Kokos, Öffnungsweite ≤ 15 mm UND Masse pro  | 1./2. dauerhafteste (teil-)abbaubare Produkte. Aufgrund geringerer Neigung keine Verbindungsstoffe erforderlich.<br>3. Begrünungsmatte beschleunigt die Keimung.<br>4. Engmaschiges Kokosgewebe, nur dann, wenn die Standortbedingungen es zulassen. Keine Erosionsgefährdung, aufgrund Funktionsdauer ≥ 900 g/m². | 1)         | 1A<br>2A-B<br>13A (aber mit dauerhafterer Versteppung)<br>7A                           | ähnlich:<br>6.1.1.1<br>6.1.1.2                       |                                      |
| >1:1.5                      | ja                     | 3.3a             | Fixierung Oberboden auf Rohboden:<br>1. Faschine, Abschnitt 3.4.7 aus Totholz<br>2. GRO, Abschnitt 3.4.8 mit Kokosfüllung<br>Oberflächenerosionsschutz:<br>Falls ein zusätzlicher Schutz der Bodenoberfläche erforderlich ist, dann siehe 1.2a, 2.2a bzw. 3.2a (abhängig von der erforderlichen Funktionsdauer für den Oberflächenerosionsschutz) | Trennung des Systems zur Bewertung ggf. unterschiedlicher erforderlicher Funktionsdauern:<br>1./2. Fixieren des Oberbodens auf dem Rohboden bei steilen Böschungen > 1:1,5 für temporär langfristig. Es wird erwartet, dass die Begrünung ggf. zusammen mit den erdbaulichen Maßnahmen die Sicherung des Oberbodens auf dem Rohboden nach spätestens 5 Jahren übernimmt.<br>Falls ein zusätzlicher Schutz des Oberbodens gegen oberflächliche Erosion erforderlich ist, sind die gleichen Maßnahmen wie auf Rohboden anzuwenden. Für eine langfristige Fixierung des Oberbodens ist i.d.R. maximal eine langfristige technische Komponente für den oberflächlichen Erosionsschutz erforderlich. Deshalb wird auf 1.2a, 2.2a und 3.2a verwiesen. | 1)   | Totholzfaschine k.A.<br>ähnlich 10C<br>Oberfläche s. 1.2.a, 2.2a, 3.2a  | 6.1.1.8   |  |   |              |   |  |            |  |  |                                      |
|                             |                        |                  | >1:1.5  | nein  | 3.3b   | s. 3.3a<br>Verweise auf b-Varianten bzgl. Oberflächenerosionsschutz (nicht erosionsgefährdeter Oberboden)   | 1)  | Totholzfaschine k.A.<br>ähnlich 10C<br>Oberfläche s. 1.2.b, 2.2b, 3.2b   | 6.1.1.8   |              |   |  |            |  |  |                                      |
|                             |                        |                  | 1.2...1:1.5   | ja  | 3.3c   | Keine Fixierung Oberboden auf Rohboden.<br>Oberflächenerosionsschutz:<br>I.d.R. kein technischer Erosionsschutz erforderlich (falls doch, dann wie 3.2c)  | Voraussetzung ist die fachmännisch ausgeführte erdbauliche Verzahnung von Unter- und Oberboden.<br>Ein temporär langfristiger Oberflächenerosionsschutz ist auf Oberboden i.d.R. nicht erforderlich, da üblicherweise innerhalb von max. 2 Jahren eine funktionsfähige Begrünung etabliert ist. | leer   | Oberfläche s. 1.2.b, 2.2b, 3.2b   | 6.1.1.1      |   |  |            |  |  |                                      |
|                             |                        |                  | 1.2...1:1.5   | nein  | 3.3d   | Keine Fixierung Oberboden auf Rohboden.<br>Oberflächenerosionsschutz:<br>I.d.R. kein technischer Erosionsschutz erforderlich (falls doch, dann wie 3.2d)  | Voraussetzung ist die fachmännisch ausgeführte erdbauliche Verzahnung von Unter- und Oberboden.<br>Ein temporär langfristiger Oberflächenerosionsschutz ist auf Oberboden i.d.R. nicht erforderlich, da üblicherweise innerhalb von max. 2 Jahren eine funktionsfähige Begrünung etabliert ist. | leer   | Oberfläche s. 1.2.b, 2.2b, 3.2b   | 6.1.1.1      |   |  |            |  |  |                                      |
|                             |                        |                  | <1:2  | ja  | 3.3e   | Keine Fixierung Oberboden auf Rohboden.<br>Oberflächenerosionsschutz:<br>I.d.R. kein technischer Erosionsschutz erforderlich (falls doch, dann wie 3.2e)  | Voraussetzung ist die fachmännisch ausgeführte erdbauliche Verzahnung von Unter- und Oberboden.<br>Ein temporär langfristiger Oberflächenerosionsschutz ist auf Oberboden i.d.R. nicht erforderlich, da üblicherweise innerhalb von max. 2 Jahren eine funktionsfähige Begrünung etabliert ist. | leer   | Oberfläche s. 1.2.b, 2.2b, 3.2b   | 6.1.1.1      |   |  |            |  |  |                                      |



## 7.2 Entscheidungshilfe „periodisch wasserführende Entwässerungseinrichtungen“

Die Entscheidungshilfe für periodisch wasserführende Anlagen ist angelehnt an die Bauwerkskategorien der REwS 2021. Im Ergebnis werden Empfehlungen für Ergänzungen bzw. Alternativen zu den in der REwS vorgeschlagenen Bauweisen gegeben. Die Entscheidungshilfe bezieht sich dabei auf eine Auswahl an Bauwerken der REwS, für die alternative Erosionsschutzsysteme regelmäßig sinnvoll anwendbar sind. So fallen z.B. Rinnen (im Bereich des Straßenoberbaus) und dauerhaft überstaute Bereiche (z.B. gedichtete Regenrückhaltebecken) nicht in den Fokus dieses Merkblatts. Zudem werden Sonderbauwerke, wie z.B. Bodenretentionsfilter nicht berücksichtigt. Tabelle 7.2 dient der Kategorisierung der Bauwerke bzw. Bauteile, auf deren Grundlage die empfohlenen Produkte und Systeme ausgewählt werden.

**Tabelle 7.2** Auswahlschema für die Kategorisierung der Erosionsschutzmaßnahmen an periodisch wasserführenden Entwässerungseinrichtungen

| Entwässerungsanlage angelehnt an REwS 2021  | Elemente, Bauteile, Ausprägungen der Anlagen                             |
|---|--|
| 5. Straßenmulden  | 5.1 Rasenmulde   |
|   | 5.2 Mulde mit rauer Sohlbefestigung                                      |
|   | 5.3 Alternativen zu Raubettmulden  |
|   | 5.4 Kaskaden   |
| 6. Straßengräben nach REwS, Sicherung der Sohlenbereiche (Böschungsbereiche s. 1.-4.)   | 6.1 Straßengräben ohne Sohlenbefestigung                                 |
|   | 6.2 Straßengräben mit Profilsicherung                                    |
|   | 6.3 Straßengräben mit Profilsicherung und Fußsicherung durch Steinwalzen |
| 7. Offene Regenrückhaltebecken - Einlauf- und Sohlbereiche (Böschungsbereiche s. 1.-4.) |  |
| 8. Bereiche konzentrierter Strömung und hoher Turbulenz                                 | 8.1 Temporäre Wasserableitung (bauzeitlich, bis zur Abnahme)             |
|   | 8.2 Durchlässe (Ein- und Auslaufbereiche)                                |
|   | 8.3 Zusammenflüsse   |
| 9. Versickerungsanlagen   | 9.1 Versickerungsmulden und -gräben                                      |
|   | 9.2 Versickerungsbecken  |

Bei der Anwendung technischer Erosionsschutzsysteme in Gewässern (dazu zählen nach WHG auch die periodisch wasserführenden Entwässerungseinrichtungen) ist grundsätzlich das Verschlechterungsverbot der EU-WRRL zu berücksichtigen. Das bedeutet, dass insbesondere die Vorfluter der Entwässerungseinrichtungen nicht durch potenzielle Stoffausträge oder Partikel (z.B. durch Abrieb) belastet werden dürfen. Dies ist im Einzelfall zu prüfen und ggf. nachzuweisen.

Die Auswahl der Produkte und Systeme richtet sich dann nach den in Abschnitt 6.2 festgelegten Belastungsstufen (abhängig von der auftretenden Fließgeschwindigkeit). Die Nummerierung aus Abschnitt 7.1 wird fortgeführt.

*Beispiel zur Vorgehensweise zur Auswahl der empfohlenen Bauweisen nach Abschnitt 7.2.6*

Es wird eine Straßenmulde mit rauer Sohlbefestigung geplant mit auftretenden Fließgeschwindigkeiten bis zu 1,5 m/s (Belastungsstufe 2). Bezeichnung: 5.2/2, empfohlenes Erosionsschutzsystem: Vegetationsmatte (dauerhaft, z.B. teilsynthetisch), Rauheit abhängig von der Vegetation.

## 7.2.1 Erläuterungen zu Straßenmulden

Straßenmulden nach REwS 2021 sind Rasenmulden, Mulden mit glatter und rauer Sohlenbefestigung, Raubettmulden und Kaskaden. Im vorliegenden Merkblatt werden folgende Kategorien aufgegriffen und entsprechende Alternativen vorgeschlagen:

- Rasenmulden
- Mulden mit rauer Sohlenbefestigung
- Raubettmulden
- Kaskaden

Für Mulden mit glatter Sohlenbefestigung werden in diesem Merkblatt keine Alternativen vorgeschlagen.

Die folgenden Abbildungen zeigen schematisch die vorgeschlagenen Lösungen, die in Abschnitt 7.2.6 detailliert beschrieben sind.

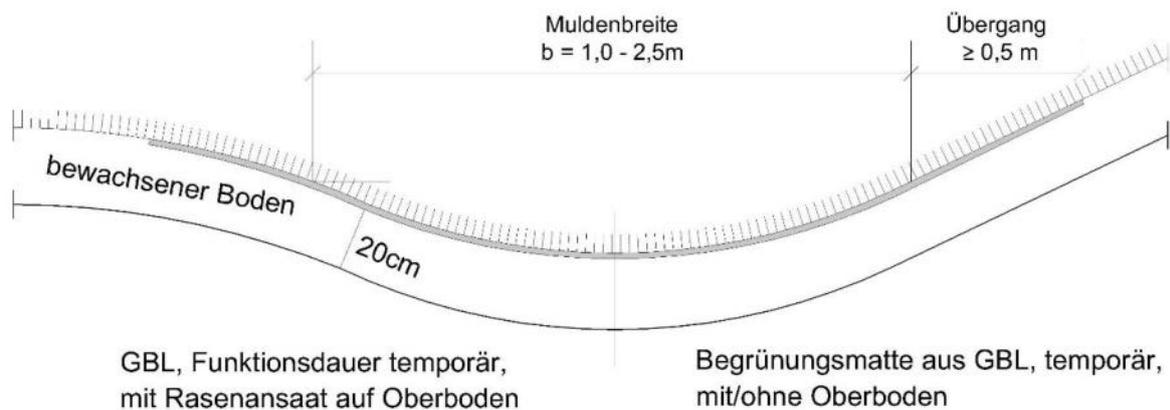


Bild 7.1 Rasenmulde, Alternativen nach M AEBEL

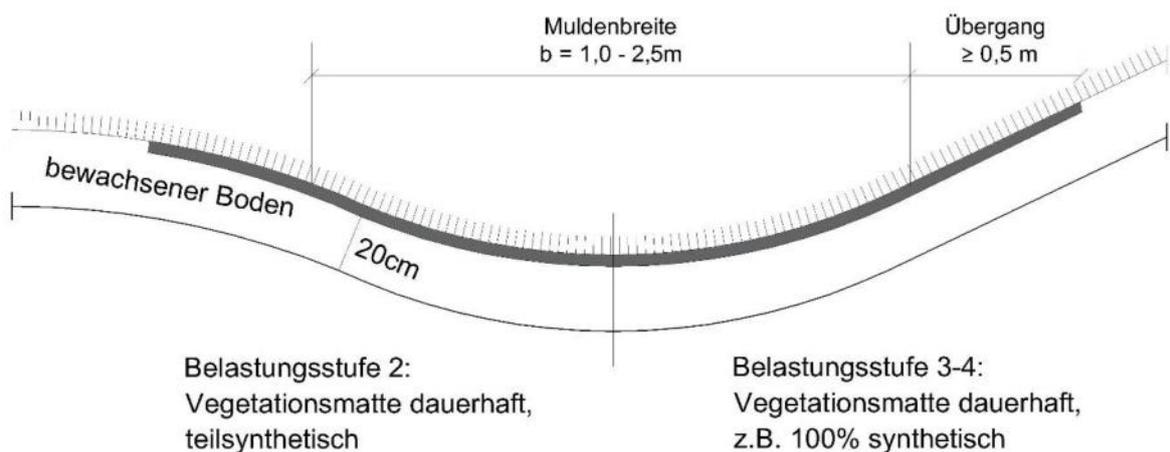


Bild 7.2 Mulde mit rauer Sohlenbefestigung, Alternativen nach M AEBEL, wenn die Energieumwandlung nicht im Vordergrund steht

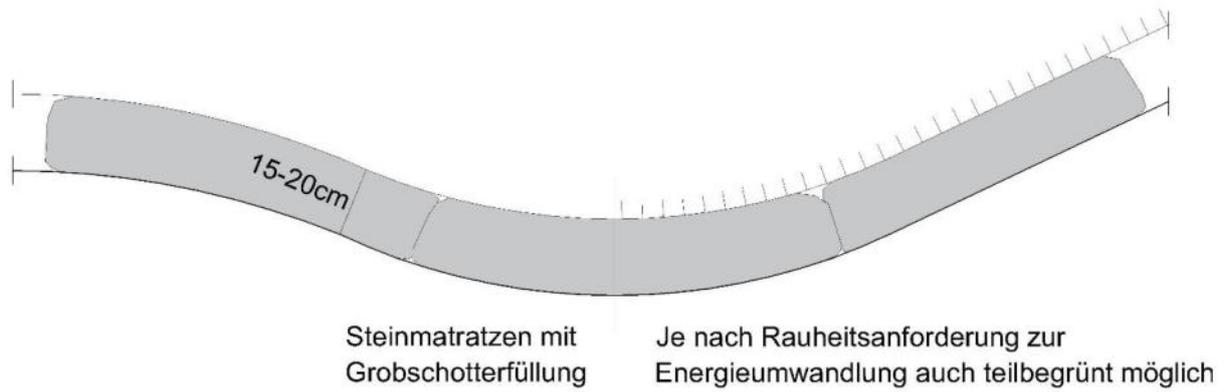


Bild 7.3 Raubettmulde, Alternativen nach M AEBEL

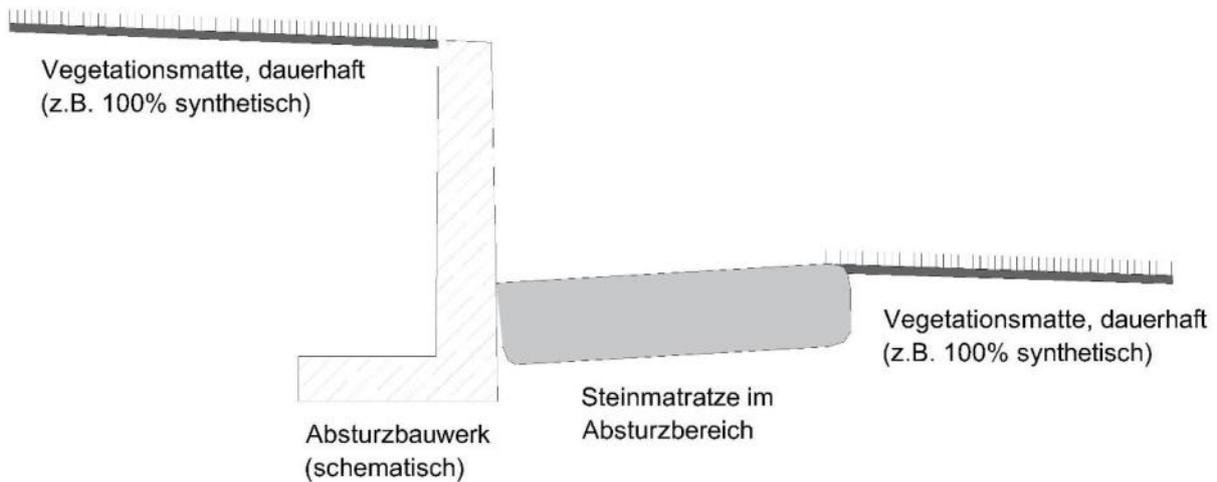


Bild 7.4 Kaskade, Alternative nach M AEBEL, schematischer Längsschnitt

### 7.2.2 Erläuterungen zu Straßengräben

Für die Auswahl von Produkten und Systemen in periodisch wasserführenden Straßengräben wird nur der Sohlenbereich und der der Sohle zugeordnete untere Böschungsbereich berücksichtigt. Für höher liegende Böschungsbereiche ist die Entscheidungshilfe aus Abschnitt 7.1 anzuwenden. Die Einteilung der Erosionsschutzmaßnahmen ist in Bild 7.5 dargestellt. In der Regel wird der Übergangsbereich noch zur Grabensohle gezählt, um eine ausreichende Sicherheit gegen Erosion zu gewährleisten. Es ist abhängig von den Projekttrandbedingungen zu entscheiden, wo die Sohlensicherung in die Böschungssicherung übergeht.



Bild 7.5 Straßengraben, Einteilung in die Bereiche Grabensohle, Übergangsbereich und Grabenböschung

Die folgenden Abbildungen zeigen schematisch die vorgeschlagenen Lösungen, die in Abschnitt 7.2.6 detailliert beschrieben sind.

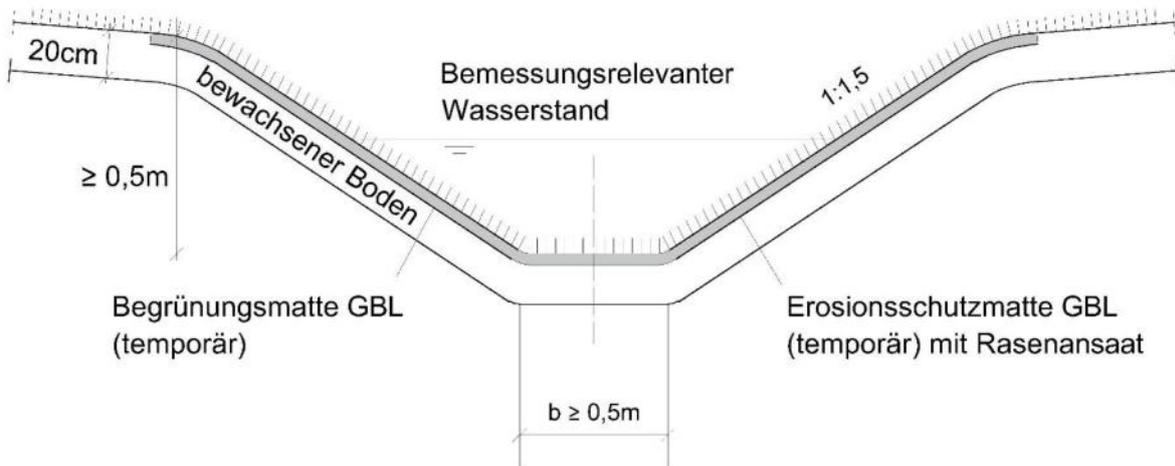


Bild 7.6 Straßengraben ohne Sohlenbefestigung, Alternativen nach M AEBEL

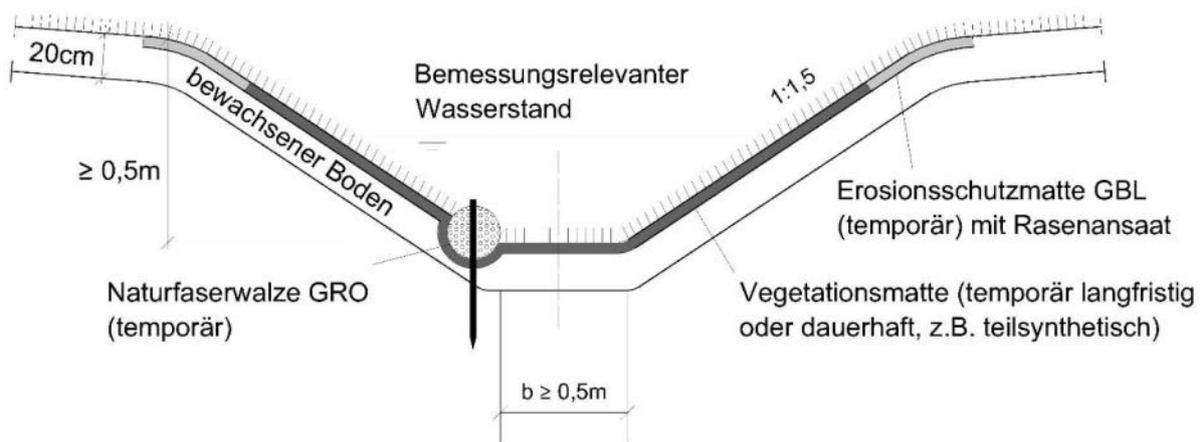


Bild 7.7 Straßengraben mit Profilsicherung, mit und ohne Fußsicherung durch Naturfaserwalzen (GRO)

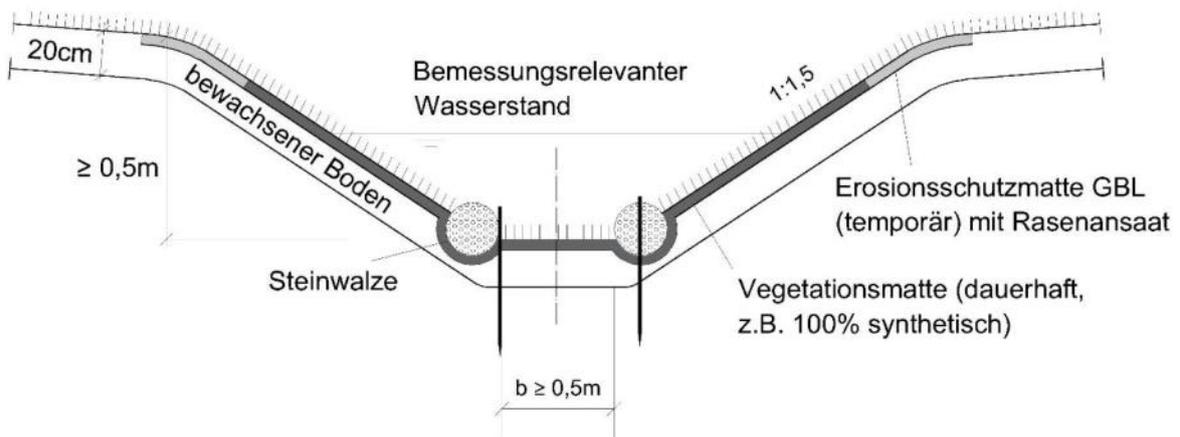


Bild 7.8 Straßengraben mit Profilsicherung, Fußsicherung durch Steinwalzen

### **7.2.3 Erläuterungen zu offenen Regenrückhaltebecken**

Da sich das Merkblatt auf periodisch wasserführende Entwässerungsanlagen beschränkt, werden lediglich trockene Regenrückhaltebecken berücksichtigt. Gedichtete Rückhaltebecken sind dagegen dauerhaft wasserführend. Sohlengerinne in Rückhaltebecken sind wasserbaulich zu sichern und führen i.d.R. ebenfalls dauerhaft Wasser.

Für Böschungsbereiche oberhalb der regelmäßig wechselnden Wasserstände ist die Entscheidungshilfe aus Abschnitt 7.1 anzuwenden.

Offene Regenrückhaltebecken sind individuelle Bauwerke mit vielen Randbedingungen, für die im Einzelfall die entsprechenden Elemente wie Einlaufbereiche, Böschungen, Sohlensicherung, Gerinne und Überlaufbauwerke separat geplant werden müssen. Die Hinweise zu trockenen Straßenböschungen sowie periodisch wasserführenden Mulden und Gräben aus diesem Merkblatt sind zu berücksichtigen.

In den durch die periodischen Wasserstände belasteten Böschungsbereichen ist auch die Absinkgeschwindigkeit beim Entleeren analog zu den Fließgeschwindigkeiten / Belastungsklassen zu berücksichtigen.

Die Pflanzenauswahl ist je nach Überstauzeiträumen zu treffen. Diese ist nicht Inhalt dieses Merkblatts.

### **7.2.4 Erläuterungen zu Bereichen konzentrierter Strömung und / oder hoher Turbulenz**

Zur temporären Wasserableitung (bauzeitlich, bis zur Abnahme) über neu hergestellte Böschungen werden häufig Dränrohre in Verbindung mit Asphaltaufkantungen hergestellt. Grundsätzlich ist die temporäre Entwässerung zur Verhinderung von Erosionsschäden zu planen und zu bemessen und in Verbindung mit der ausgewählten Erosionsschutzmaßnahme festzulegen. Bei ordnungsgemäßem Erosionsschutz auf der Böschung (vgl. Abschnitt 7.1) kann in vielen Fällen auf temporäre Lösungen zur Wasserableitung über die Böschung, z.B. mit Entwässerungsrohren, verzichtet werden.

In den Ein- und Auslaufbereichen von Durchlässen kommt es zur Strömungskonzentration sowie zu Turbulenzen und Verwirbelungen und dadurch zu einem erhöhten Energieeintrag in die angrenzenden Sohlen- und Böschungsbereiche. Über die Standardbauweisen der REwS hinaus enthält die Entscheidungshilfe sinnvolle Alternativen.

Auch die Zusammenflüsse mehrerer Mulden oder Gräben sind häufig durch Strömungsumlenkung, erhöhten Abfluss, etc. besonders belastet und bedürfen einer gezielten Sicherung. Die Entscheidungshilfe enthält ergänzende Lösungen für diese Bereiche.

### **7.2.5 Erläuterungen Versickerungsanlagen**

Im Rahmen dieses Merkblatts werden Versickerungsmulden und –gräben sowie Versickerungsbecken beschrieben. Versickerungsmulden und –gräben werden grundsätzlich vergleichbar mit den andern Mulden und Gräben vor Erosion geschützt. Die Fließgeschwindigkeit in den Versickerungsmulden und –gräben ist häufig geringer, wobei besonders auf die Querriegel zur Retention zu achten ist, die ggf. gesondert gegen Erosion zu schützen sind, wenn diese aus Erdstoffen hergestellt werden (vgl. überströmbare Dämme). I.d.R. sind dies kleine Überfallbauwerke, die bei entsprechendem Abfluss erhöhten hydraulischen Belastungen ausgesetzt sind.

Versickerungsbecken sind individuelle Bauwerke mit vielen Randbedingungen, für die im Einzelfall die entsprechenden Elemente wie Einlaufbereiche, Böschungen, Sohlensicherung, Gerinne und Überlaufbauwerke separat geplant werden müssen. Die Hinweise zu trockenen

Straßenböschungen sowie periodisch wasserführenden Mulden und Gräben aus diesem Merkblatt sind zu berücksichtigen. Für Böschungsbereiche oberhalb der regelmäßig wechselnden Wasserstände gilt Abschnitt 7.1 analog.

Die Planung und Dimensionierung solcher Anlagen wird in REwS und DWA A138 behandelt.

## 7.2.6 Tabellen zur Auswahl der Produkttypen

Die folgenden Tabellen enthalten erste Empfehlungen des Arbeitskreises. Andere Lösungen sind ausdrücklich ebenfalls denkbar. Hinweise zu alternativen Lösungen und den Erfahrungen mit dem Umgang mit der Tabelle sind ausdrücklich erwünscht und an den aktuellen Leiter des Arbeitskreises zu richten.

| Entwässerungsanlage angelehnt an REwS 2021  | Elemente, Bauteile, Ausprägungen der Anlagen                             | Kategorie | Belastungsstufe | Empfohlene Produkte / Systeme als Alternativen zu den Bauweisen der REwS 2021  | Anwendungsbeispiel  | Fallbeispiel           |
|---|--|-----------|-----------------|--|---------------------|------------------------|
| 5. Straßenmulden  | 5.1 Rasenmulde   | 5.1       | 1               | Ansaat & Erosionsschutzmatte (GBL, temporär), Begrünungsmatte (temporär), abhängig von der Jahreszeit und den Einsatzbedingungen.<br>Füllung i.d.R. 100% organisch, z.B. Stroh/Kokos oder Kokos<br>Die erforderliche Funktionsdauer ist abhängig von den Projektbedingungen festzulegen.<br>vgl. MAEBEL Abbildung 7.1  | ähnlich:<br>6.2.1.1 |                        |
|   | 5.2 Mulde mit rauer Sohlbefestigung                                      | 5.2/2     | 2               | Vegetationsmatte (dauerhaft, z.B. teilsynthetisch), Rauheit abhängig von der Vegetation<br>vgl. MAEBEL Abbildung 7.2   | 6.2.1.2             |                        |
|   |  | 5.2/3-4   | 3-4             | Vegetationsmatte (dauerhaft, z.B. 100% synthetisch)<br>Alternative zu REwS, wenn die Energieumwandlung durch die raue Sohle nicht im Vordergrund steht.<br>Die Rauheit ist abhängig von der Vegetation, deren Pflege und dem eingesetzten Produkt.<br>vgl. MAEBEL Abbildung 7.2  | 6.2.1.2             |                        |
|   | 5.3 Alternative zur Raubettmulde   | 5.3       | 4               | Steinmatratzen z.B. mit Grobschotterfüllung.<br>Es ist ein dauerhaftes Netz bzw. Gitter als Umhüllung erforderlich.<br>vgl. MAEBEL Abbildung 7.3   | ähnlich:<br>6.2.1.5 |                        |
|   | 5.4 Kaskaden   | 5.4       | 4               | Das Kaskadenbauwerk ist nach REwS herzustellen.<br>Im Kaskadenzwischenraum wird ein System aus einer Vegetationsmatte im Bereich der abgeflachten Sohlineigung und Steinmatratzen im Absturzbereich zur Energieumwandlung empfohlen.<br>Alle Materialien (Vegetationsmatte, Netz/Gitter der Steinmatratzen) sind dauerhaft auszuführen (z.B. 100% synthetisch).<br>vgl. MAEBEL Abbildung 7.4   |                     |                        |
| 6. Straßengräben nach REwS, Sicherung der Sohlenbereiche (Böschungsbereiche s. 1.-4.) | 6.1 Straßengräben ohne Sohlenbefestigung                                 | 6.1       | 1               | Analog zur Rasenmulde:<br>Ansaat & Erosionsschutzmatte (GBL, temporär), Begrünungsmatte (temporäre), abhängig von der Jahreszeit und den Einsatzbedingungen.<br>Füllung i.d.R. 100% organisch, z.B. Stroh/Kokos oder Kokos<br>Die erforderliche Funktionsdauer ist abhängig von den Projektbedingungen festzulegen.<br>vgl. MAEBEL Abbildung 7.5   |                     | ähnlich:<br>Anlage 6.7 |
|   | 6.2 Straßengräben mit Profilsicherung                                    | 6.2       | 2               | Straßengräben mit Profilsicherung und ggf. Fußsicherung durch Naturfasenwalzen (Alternative zu REwS Bild 17):<br>Ausbildung des Sohlenbereichs analog zur Mulde mit rauer Sohlenbefestigung (Vegetationsmatten, temporär langfristig oder dauerhaft, z.B. teilsynthetisch)<br>Falls erforderlich, Sicherung des Böschungsfußes (Profilsicherung) mit Naturfasenwalze GRO (Füllung z.B. Kokos, Miscanthus, Xylith)<br>Sicherung der Böschung oberhalb der Wasserlinie nach MAEBEL Kapitel 7.1 | 6.2.1.3             |                        |
|   | 6.3 Straßengräben mit Profilsicherung und Fußsicherung durch Steinwalzen | 6.3       | 3-4             | Ausbildung des Sohlenbereichs analog zur Mulde mit rauer Sohlenbefestigung (Vegetationsmatten, dauerhaft, z.B. 100% synthetisch)<br>Sicherung des Böschungsfußes (Profilsicherung) mit Steinwalze<br>Sicherung der Böschung oberhalb der Wasserlinie nach MAEBEL Kapitel 7.1   | 6.2.1.4             |                        |

| Entwässerungsanlage angelehnt an REwS 2021  | Elemente, Bauteile, Ausprägungen der Anlagen                 | Kategorie | Belastungsstufe | Empfohlene Produkte / Systeme als Alternativen zu den Bauweisen der REwS 2021   | Anwendungsbeispiel             | Fallbeispiel |
|---|--|-----------|-----------------|---|--------------------------------|--------------|
| 7. Offene Regenrückhaltebecken - Einlauf- und Sohlenbereiche (Böschungsbereiche s. 1.-4.) |  | 7         | n/a             | Im Bereich der periodisch Wasser führenden Entwässerungseinrichtungen sind nur die Trockenbecken relevant.<br>Dies sind individuelle Bauwerke mit vielen Randbedingungen, für die im Einzelfall die entsprechenden Elemente wie Einlaufbereiche, Böschungen, Sohlsicherung, Gerinne und Überlaufbauwerke separat geplant werden müssen. Die Hinweise aus dem Merkblatt zu Flächen und Böschungen sowie periodisch Wasser führenden Mulden und Gräben sind zu berücksichtigen.<br>In den Böschungsbereichen ist zusätzlich die Absunkgeschwindigkeit beim Entleeren analog zu den Fließgeschwindigkeiten / Belastungsklassen zu berücksichtigen.<br>Böschungsbereiche oberhalb der regelmäßig wechselnden Wasserstände sind nach den Empfehlungen für Flächen und Böschungen vor Erosion zu schützen!<br>Die Artenauswahl richtet sich unter anderem nach den Überstauzeiträumen (nicht Inhalt dieses Merkblatts). | 6.2.1.1                        | Anlage 6.8   |
| 8. Bereiche konzentrierter Strömung und hoher Turbulenz                                   | 8.1 Temporäre Wasserableitung (bauzeitlich, bis zur Abnahme) | 8.1       | n/a             | Die temporäre Entwässerung (z.B. von neu hergestellten Straßen) ist zu planen und zu bemessen und in Verbindung mit der ausgewählten Erosionsschutzmaßnahme festzulegen.<br>Bei ordnungsgemäßem Erosionsschutz auf der Böschung (nach Kapitel 7.1) kann in vielen Fällen auf temporäre Lösungen zur punktuellen Wasserableitung über die Böschung, z.B. mit Entwässerungsrohren, verzichtet werden.   |                                |              |
|   | 8.2 Durchlässe (Ein- und Auslaufbereiche)                    | 8.2       | 4               | Steinmatratzen, lagestabil verlegt  | ähnlich:<br>6.2.1.4<br>6.2.1.5 |              |
|   | 8.3 Zusammenflüsse   | 8.3       | 3-4             | Wenn mehrere Mulden oder Gräben zusammengeführt werden, sind die erhöhten Fließgeschwindigkeiten zu berücksichtigen, hydraulisch belastetere Bereiche sind zu schützen, z.B. analog zu Gräben in Belastungsstufe 3 und 4.   |                                |              |
| 9. Versickerungsanlagen   | 9.1 Versickerungsmulden und -gräben                          | 9.1/1     | 1               | Ausführung analog zur Rasenmulde nach 5.1   |                                |              |
|   |  | 9.1/2     | 2               | Ausführung analog zur Mulde mit rauer Sohlenbefestigung nach 5.2  |                                |              |
|   |  | 9.1/3-4   | 3-4             | Ausführung analog zur Kaskade nach 5.4  |                                |              |
|   | 9.2 Versickerungsbecken                                      | 9.2       | n/a             | Versickerungsbecken sind individuelle Bauwerke mit vielen Randbedingungen, für die im Einzelfall die entsprechenden Elemente wie Einlaufbereiche, Böschungen, Sohlsicherung, Gerinne und Überlaufbauwerke separat geplant werden müssen. Die Hinweise aus dem Merkblatt zu Flächen und Böschungen sowie periodisch Wasser führenden Mulden und Gräben sind zu berücksichtigen.<br>Böschungsbereiche oberhalb der regelmäßig wechselnden Wasserstände sind nach den Empfehlungen für Flächen und Böschungen (M AEBEL Kapitel 7.1) vor Erosion zu schützen!   |                                |              |

## 8 Hinweise zu Ausschreibung und Vertragsgestaltung

### 8.1 Hinweise zur Ausschreibung

Es sind Produkte auszuschreiben bzw. anzubieten, welche die Anforderungen nach M AEBEL erfüllen. Die Produktpalette in M AEBEL stellt den Stand der zum Zeitpunkt der Veröffentlichung gebräuchlichen Produktarten dar. Die Entscheidungshilfe (M AEBEL Kapitel 7) kann für die Auswahl geeigneter Produkte genutzt werden. Falls der Anbieter ein (ggf. neues) Produkt wählt, das nicht in der Entscheidungshilfe enthalten ist, soll dieses in eine Kategorie nach M AEBEL Kapitel 7 eingeordnet werden.

Die VOB/A lässt zwei Arten der Leistungsbeschreibung zu: Die Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis (§ 7b VOB/A) und die Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm (§ 7c VOB/A). Erstere beschreibt die Leistung nach den für den vertraglichen Erfolg erforderlichen Arbeitsschritten und Materialien. Bei letzterer definiert der Auftraggeber keinen detaillierten Leistungskatalog, der erbracht werden soll, sondern er beschreibt das erwartete Resultat der zu erbringenden Leistung (§ 7 VOB/A, § 7 VOL/A, § 31 VgV, § 23 UVgO). In der Regel ist eine Vergabe nach Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis zu bevorzugen. Wird eine funktionale Ausschreibung gewählt, sollten die Hinweise zur Ausgestaltung der Vergabeunterlagen als Leistungsprogramm in Anlage 8 angewendet werden.

Die Anwendung mit ihren Randbedingungen ist Grundlage für das Leistungsverzeichnis und das Leistungsprogramm. Insbesondere sind folgende Punkte zu beachten:

- Verzahnung zwischen Unter- und Oberboden bei Oberbodenauftrag beschreiben
- Funktionsdauer der technischen Erosionsschutzkomponente nach M AEBEL Kapitel 7 angeben
- Für Erosionsschutzprodukte mit einer geforderten Funktionsdauer von maximal 5 Jahren ist die Alterungsbeständigkeit unerheblich. An ihre Stelle tritt der Nachweis der Mindestfunktionsdauer
- Für synthetische Produkte mit einer geforderten Funktionsdauer von mehr als 5 Jahren ist der Nachweis nach DIN EN 13249:2016 Anhang B zu erbringen
- Für das Erreichen eines abnahmefähigen Zustandes bei Ansaaten und Pflanzungen ist eine Fertigstellungspflege nach DIN 18916, DIN 18917 und DIN 18918 auszuschreiben

### **8.1.1 Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis**

Die Ausschreibung kann nach Standardleistungskatalog STLK 106 Erdbau und STLK 107 Landschaftsbau vorgenommen werden.

Erforderliche Ergänzungen z.B. hinsichtlich Bezeichnung (z.B. alternativ zu Pos. 551 in STLK 107) sowie Produkt- und Materialeigenschaften (z.B. Öffnungsweite, Funktionsdauer) sind anhand der Anforderungen aus M AEBEL, insbesondere der Entscheidungshilfe in Kapitel 7, vorzunehmen.

### **8.1.2 Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm**

Die Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm ist Bestandteil einer funktionalen Ausschreibung. Sie kann sich entweder auf ein gesamtes Bauwerk beziehen oder auch nur auf Teile davon. Vom Auftraggeber werden dazu lediglich Funktion, Zweck und weitere Rahmenbedingungen des Vorhabens vorgegeben, die es dem Bieter ermöglichen, ein Angebot zu erstellen. Dem Auftragnehmer werden neben der Ausführung auch die Planung und Konzeption der zu erbringenden Leistung übertragen. Ziel ist, dass die Bieter bei der Ermittlung der technisch, wirtschaftlich und gestalterisch besten und funktionsgerechtesten Lösung mitwirken und es so dem Auftraggeber ermöglichen, unter verschiedenen Konzepten zu wählen.

Spezielle Anforderungen zur Zweckmäßigkeit einer funktionalen Ausschreibung bei öffentlichen Bauaufträgen (z.B. Innovation bei Produkten oder Einbautechnologien) sind in Richtlinie Nr. 100 Tz. 4.4 im Vergabe- und Vertragshandbuch für die Baumaßnahmen des Bundes (VHB 2017, Stand 2019) aufgeführt. Die Wahl einer funktionalen Ausschreibung steht im Ermessen der ausschreibenden Stelle. Demnach kann sie u. a. zweckmäßig sein, wenn mehrere technische Lösungen für eine Baumaßnahme möglich sind, die nicht im Einzelnen neutral beschrieben werden können und vom Auftraggeber eine Entscheidung zur Wirtschaftlichkeit und Funktionsgerechtigkeit des Bauwerks erst auf Grundlage von Angeboten zu treffen wäre.

Für eine funktionale Ausschreibung mit definiertem Leistungsprogramm sind i.d.R. folgende Angaben erforderlich:

- Allgemeine Beschreibung der Rahmenbedingungen

- Genaue Beschreibung des gewünschten Resultats
- Konkrete Mindestanforderungen an die Planung und Ausführung

Hinweise zur Ausgestaltung der Vergabeunterlagen als Leistungsprogramm sind in Anlage 8 aufgeführt.

## 8.2 Hinweise für die Gestaltung der Vertragsbedingungen

Die wesentlichen Kriterien für die Vertragsgestaltung (z.B. Angaben zu Produkt und Qualitätssicherung) sind aus den Checklisten in Anlage 9 sinngemäß zu übertragen. Die Vertragstexte sind mit den Inhalten aus Anlage 9 projektspezifisch anzupassen.

In den besonderen Vertragsbedingungen zur Leistungsbeschreibung sind Festlegungen zu treffen, die den abnahmefähigen Zustand des Erosionsschutzes hinreichend und eindeutig beschreiben. Dazu sind Kriterien für den technischen Erosionsschutz sowie ggf. den vegetativen Erosionsschutz vorzugeben. Bei der Kombination aus technischem und vegetativem Erosionsschutz wird nach dem Einbau des technischen Erosionsschutzes eine Abnahme empfohlen. Die Begrünung ist anschließend separat abzunehmen.

Der abnahmefähige Zustand des technischen Erosionsschutzes entspricht den Angaben der Leistungsbeschreibung und der Verlegeanleitung.

Für Begrünungsmaßnahmen zum Erzielen eines vegetativen Erosionsschutzes ist der abnahmefähige Zustand an den Kriterien des in den Fachnormen DIN 18916, DIN 18917 und DIN 18918 definierten Anwucherfolges zu bemessen. In diesen Fällen sind die dafür erforderlichen Maßnahmen zur Fertigstellungspflege in Art und Anzahl erforderlicher Pflegegänge in der Leistungsbeschreibung anzugeben. Darüber hinaus ist eine weiterführende Entwicklungspflege bis zum Erreichen des funktionsfähigen Zustands erforderlich. Die Art und Anzahl erforderlicher Pflegegänge ist dem Pflegeziel anzupassen. Es wird empfohlen, die Begrünung zusammen/ zeitnah mit dem technischen Erosionsschutz auszuführen. Ansaaten mit Kräuteranteil sind bevorzugt im Frühjahr auszuführen.

Die Dauer der Gewährleistung richtet sich nach der in der Leistungsbeschreibung vorzugebenden Funktionsdauer des Erosionsschutzproduktes im eingebauten Zustand und den gültigen Bauvertrags- und Werkvertragsbestimmungen. Innerhalb des objektspezifisch festzulegenden Zeitraums ist ein mängelfreier technischer Erosionsschutz zu gewährleisten.

## 9 Checklisten zu Planung, Ausführung und Unterhaltung

Checklisten stellen eine Hilfe für die Bauvorbereitung und die Bauausführung dar und rufen die jeweils wichtigen Handlungen oder Entscheidungen in Erinnerung. Zu den wesentlichen Arbeitsschritten von der Bauvorbereitung bis zur Bauausführung werden nachfolgend stichwortartig Hinweise auf die jeweils zu beachtenden Punkte gegeben.

Entscheidungsgrundlagen werden abgefragt, Entscheidungsvorschläge unterbreitet und sich daraus ergebende Aktivitäten skizziert. Die hier dargestellten Checklisten basieren auf im November 2019 von der FGSV zurückgezogene *Checklisten für die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues C Geok E, Ausgabe 2005*. Erfahrungen mit diesen Checklisten existieren derzeit noch nicht. Über Rückmeldungen (an den aktuellen Leiter des Arbeitskreises) würde sich der Arbeitskreis freuen.

Getrennte Checklisten für Flächen und Böschungen sowie periodisch wasserführende Entwässerungseinrichtungen finden sich in Anlage 9.

## 10 Prüfverfahren

### 10.1 Allgemeines

Die folgend aufgeführten Prüfverfahren entsprechen dem aktuellen Stand Juni 2022. Grundlage der folgenden Erläuterungen ist das M Geok E. Gegenüber dem M Geok E spielen im vorliegenden Merkblatt allerdings natürliche Materialien eine größere Rolle, sodass insbesondere zu Themen wie Gleichmäßigkeit der Materialien und einhergehend der Messwerte besondere Bedingungen herrschen können, z.B. höhere Toleranzen.

Prüfverfahren sind für alle Erosionsschutzprodukte festgelegt. Im Zusammenhang mit der Begrünung sind lediglich Qualitätsbestimmungen formuliert, die auch für Erosionsschutz zu beachten sind. Diese sind in Abschnitt 5.3.5 zusammengefasst.

Zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieses Merkblatts sind DIN Normen für die Prüfung von Erosionsschutzprodukten in Entwicklung. Bis zu deren Veröffentlichung gelten ausschließlich die Prüfverfahren dieses Merkblatts, welche die Expertenmeinung der FGSV darstellt.

Für die Probenahme von flächenhaften Produkten gilt DIN EN ISO 9862. Bei allen anderen Produkten ist die Probenahme und ggf. die Prüfmethode zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer abzustimmen, solange es keine allgemeingültigen Prüfnormen für diese Produktgruppen gibt.

Zum Verständnis der nachfolgenden Ausführungen sollen folgende Abkürzungen gelten:

- H: Prüfungen, deren Ergebnisse für die werkseigene Produktionskontrolle empfohlen werden; Grundanforderungen, die nach Meinung dieses Arbeitskreises in der Produktbeschreibung und Produktkennzeichnung (z.B. Rollenetikett) anzugeben sind und für die Kontrolle im Rahmen der Baustoffeingangsprüfung heranzuziehen sind.
- A: Prüfungen, deren Ergebnisse nach Meinung dieses Arbeitskreises in der Produktbeschreibung anzugeben sind.
- S: Prüfungen, deren Ergebnisse nach Meinung dieses Arbeitskreises für spezielle Anwendungsfälle anzugeben sind.

Bei den Prüfergebnissen sind grundsätzlich jeweils der Mittelwert, die Standardabweichung und der Variationskoeffizient anzugeben.

Im Rahmen von Prüfungen der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers ist mindestens der Mittelwert der Prüfung anzugeben. Bei weniger als 5 Einzelwerten sind diese aufzuführen.

Nach TL Geok E-StB wird empfohlen, in der Produktbeschreibung den Mittelwert und die zulässige Abweichung (ein- oder zweiseitig) anzugeben.

Erläuternd und teilweise ergänzend zu den jeweils gültigen Normen und zu Abschnitt 4 der TL Geok E-StB gelten die Festlegungen in den folgenden Abschnitten. Sie sind grundlegend für die Prüfungen zur Qualitätssicherung.



|   |                            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Schwelverhalten   | Anhang 10.5 M<br>AEBEL     | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Mikrobiologische Beständigkeit<br>(Erdeingravingsversuch) | EN 12225                   | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| Witterungsbeständigkeit                                   | EN 12224                   | H | H | H | H | H | H | H | H | H |
| Durchwurzelung  | Anhang 10.6 M<br>AEBEL     | S | S | - | S | S | - | - | - | - |
| Berechnungssimulation                                     | DIN CEN/TS<br>17445:2021   | A | A | A | A | A | A | A | A | A |
| Überströmungssimulation                                   | ggf.<br>Sondermethode      | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| Pflanzenwachstum und<br>Durchwuchsverhalten               | Angelehnt an<br>ASTM D7322 | S | S | S | S | S | S | S | S | S |
| Freisetzen gefährlicher Substanzen                        | EN 16637                   | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Umweltunbedenklichkeit                                    | Anhang 10.7 M<br>AEBEL     | H | H | H | H | H | H | H | H | H |

## 10.2 Dicke und Höhe

Für einlagige Geokunststoffe und die Bestimmung der Gesamtdicke von Verbundstoffen gilt EN ISO 9863-1. Prüfdruck ausschließlich 0,2 kPa, Prüffläche 200 mm x 200 mm, 5 Messproben. Größe der Druckplatte: 205 mm x 205 mm.

Für nicht flächenhafte Produkte und die Höhenmessung gelten besondere Regelungen (vgl. evtl. EN 1848-2). Die Höhe sollte mit einer Messgenauigkeit von 1 mm angegeben werden.

## 10.3 Masse pro Flächeneinheit

Die Masse pro Flächeneinheit wird bei flächenhaften Produkten nach DIN EN ISO 9864 geprüft.

Für nicht flächenhafte Produkte können andere Werte, z.B. die Masse pro Längeneinheit relevant sein, die nicht in der Norm enthalten sind.

Für eine Identifikationsprüfung auf der Baustelle kann nach dem DIN-Fachbericht CEN/TR 15019 ein Streifen von ca. 1 m in Produktionsrichtung quer über die Bahn mit geraden Schnitten entnommen und auf einer Baustellenwaage mit einer Genauigkeit von +/- 5 g gemessen werden. Die Länge und Breite ist jeweils an den Probenrändern und an drei gleichmäßig verteilten Stellen dazwischen möglichst mit einer Genauigkeit von +/- 0,5 cm zu messen. Dabei ist die Wasseraufnahme / Feuchtigkeit der Materialien zu berücksichtigen.

## 10.4 Zugfestigkeit und Dehnung bei Höchstbelastung

Der Nachweis wird nach DIN EN ISO 10319 durchgeführt. Dazu sind Messproben in einer Breite von 200 mm mit freier Einspannlänge von 100 mm und einer Messprobenzahl von je 5 längs und quer zu prüfen. Eine typische Kraft-/Dehnungskurve muss geliefert werden.

Für alle grobmaschigen Gewebe und Geogitter gilt zusätzlich, dass die freie Einspannlänge mindestens 2 Querriegel enthalten muss und die Dehnung zwischen diesen zu messen ist (Messprobenbreite mindestens 200 mm). Für Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen sind auch Prüfungen an Einzelrippen, Einzelfäden bzw. Einzelstreifen zugelassen, wenn eine Korrelation zum Versuch am breiten Streifen vorliegt, jedoch muss die Zahl der Messproben dann auf 10 vergrößert werden.

Für Geomatten und Erosionsschutzmatten ohne Bewehrungselement gilt abweichend von DIN EN ISO 10319 eine Prüfgeschwindigkeit von 100 mm/Min. Die Dehnung darf über den Traversenweg gemessen werden.

Bei nicht flächenhaften Produkten sind ggf. Sonderprüfungen durchzuführen.

Üblicherweise wird der Messwert pro Meter Breite angegeben. Bei nicht flächenhaften Produkten kann die Bezugsgröße der Zugkraft abweichen (z.B. Zugfestigkeit je Einzelstrang bei den Netzen für Stein- oder Kokoswalzen).

## **10.5 Festigkeit produktinterner Verbindungen von Geozellen und Geoverbundstoffen**

Für Geozellen und Verbundstoffe ist die interne Verbindungsprüfung relevant. Dafür gelten die DIN EN ISO 13426-1 bzw. DIN EN ISO 13426-2.

Naht- und Verbindungsprüfungen nach DIN EN ISO 10321 treffen für die hier vorliegenden Produkte i.d.R. nicht zu.

## **10.6 Dickenänderung unter Dauerlast**

Eine Dickenänderung unter Dauerlast nach DIN EN ISO 25619-1 (Eigenschaften des Druckkriechens) ist für die hier beschriebenen Produkte i.d.R. nicht relevant. Selbst eine kurzzeitige Dickenänderung nach DIN EN ISO 25619-2 (Bestimmung des Kurzzeitdruckverhaltens) ist i.d.R. nicht relevant.

## **10.7 Rückstellvermögen**

Die Ermittlung des Rückstellvermögens (Rückverformung in die Ausgangsdicke / -form nach Belastung) ist i.d.R. nicht relevant. Für spezielle Produkte und Anforderungen gelten ggf. besondere Regelungen.

## **10.8 Flexibilität**

Die Flexibilität bzw. Anschmiegsamkeit der Produkte für Längs- und Querrichtung wird angelehnt an DIN EN ISO 9073-7 (Bestimmung der Biegelänge) geprüft. Die Mindestlänge der Probe sollte 200 mm betragen. Die Prüfung ist in Aufrollrichtung (MD) und quer dazu (CMD) durchzuführen. Die Biegelänge ist anzugeben.

## 10.9 Verhalten bei niedrigen und hohen Temperaturen

Bei Anwendungen in Gebieten mit besonders hohen oder niedrigen Temperaturen bzw. schnellen Temperaturwechseln kann das Verhalten der Produkte, insbesondere bei oberflächlicher, teilweise frei bewitterter Anwendung (z.B. Geozellen) von Interesse sein. Die Prüfung wird nach Anlage 10.1 dieses Merkblatts durchgeführt.

In Deutschland i.d.R. nicht erforderlich.

Sofern anwendbar, ist eine Druckprüfung oder eine Zugprüfung bei relevanten Temperaturen durchzuführen. Die Zug-/Druckfestigkeit bei einer gegebenen Temperatur, die festgestellte Zug-/Druckfestigkeit und Beanspruchung bei maximaler Belastung (gemessen zwischen den Klemmen) sind anzugeben.

## 10.10 Öffnungsdurchmesser und charakteristische Öffnungsweite

Für flächenhafte Produkte mit Öffnungen zwischen 1 und 10 mm wird nach Anhang 10.2 der Öffnungsdurchmesser ermittelt. Produkte mit Öffnungen  $\geq 10$  mm sind produktabhängig auszumessen.

Die Bestimmung der charakteristischen Öffnungsweite nach DIN EN ISO 12956 (Siebversuch nass mit weitgestuftem Boden) gilt für Öffnungsweiten  $\leq 1$  mm und ist deshalb i.d.R. für Erosionsschutzprodukte nicht relevant.

## 10.11 Erdfüllungsrate

Die Erdfüllungsrate ist relevant für Produkte, die vor Ort mit Bodenmaterial verfüllt werden (i.W. Geomatten und Geomatten mit Bewehrung GMA, GMA-R). Die Prüfung wird nach Anlage 10.3 dieses Merkblatts durchgeführt. Das Ergebnis ermöglicht die Einschätzung, wie gut eine offene dreidimensionale Struktur mit Bodenmaterial gefüllt werden kann und ob das vorgesehene Produkt seine dreidimensionale Struktur nach Befüllung mit Boden behält.

Die Aussage dieses Versuches liefert keine Aussage über die Füllungsrate des örtlich verwendeten Bodens. Es empfiehlt sich ein vergleichbares Verfahren mit dem örtlich verwendeten Boden.

## 10.12 Lichtdurchlässigkeit

Die Lichtdurchlässigkeit ist für die Produktbewertung relevant, um bewerten zu können, ob für Lichtkeimer ausreichend Sonnenlicht durch das Produkt dringt.

Gilt nur für flächenhafte Produkte, die nicht mit Boden übererdet werden bzw. für Mulchmatten.

## 10.13 Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene

Gilt nur für Vliesstoffe und Erosionsschutzmatten (GBL) mit Öffnungsweiten  $< 1$  mm und falls für den Einsatzzweck erforderlich. DIN EN ISO 11058: Prüfung einlagig ohne Auflast.

## **10.14 Wasserableitvermögen in der Ebene**

Die Prüfung nach DIN EN ISO 12958 ist für die hier behandelten Produkte nicht erforderlich.

## **10.15 Wasserrückhaltevermögen**

Mit der Prüfung des Wasserrückhaltevermögens bei GBL und GTX-NW aus natürlichen Rohstoffen nach Anhang 10.4 wird der maximale Feuchtigkeitsgehalt nach Eintauchen und Aufsättigung in Wasser festgestellt.

Dieser Wert (analog: Wasserkapazität) kann für den dauerhaften Begrünungserfolg relevant sein.

## **10.16 Brandverhalten / Beständigkeit gegen Feuer**

Beständigkeit gegen Feuer nach EN ISO 11925-2 wird im Erdbau i.d.R. nicht geprüft. Im Einzelfall kann die Forderung nach Feuerbeständigkeit relevant werden.

Flächenbeflammung nach EN ISO 11925.

## **10.17 Schwelverhalten**

Die Schwelfestigkeit dient dazu, das Risiko eines Feuers, z.B. ausgelöst durch eine Zigarette, zu bestimmen.

Die Prüfung wird nach Anhang 10.5 dieses Merkblatts durchgeführt.

## **10.18 Mikrobiologische Beständigkeit**

Produkte, bei denen der Abbau des Materials kalkuliert wird, werden nach DIN EN 12225 mit dem Erdeingrabetest geprüft.

Geokunststoffe aus synthetischen Rohstoffen sind beständig – dieser Test wird i.d.R. nicht durchgeführt.

Erosionsschutzprodukte aus natürlichen Rohstoffen bauen sich ab. Dafür ist keine Prüfung erforderlich. Für die Einschätzung der Funktionsdauer abbaubarer Produkte ist der Test in der vorliegenden Form nicht geeignet.

Für neue Produkte aus neu entwickelten Kunststoffen könnte der Test relevant sein.

## **10.19 Witterungsbeständigkeit**

Empfohlen wird eine Prüfung nach DIN EN 12224 für eine Funktionsdauer von 6 Monaten (175 MJ/m<sup>2</sup>). Alternativ können die Ergebnisse von Feldversuchen herangezogen werden.

## 10.20 Durchwurzelung

Im Gegensatz zur DIN EN 14416, die die Beständigkeit von Dichtungsbahnen gegen Durchwurzelung prüft, steht hier der Wunsch nach Durchwurzelung im Vordergrund.

Proben werden in Boden eingelegt und dem Wurzelwachstum bestimmter Pflanzen ausgesetzt. Geprüft werden nur Produkte mit Öffnungsweiten unter 1 mm.

Die Prüfung wird nach Anhang 10.6 dieses Merkblatts durchgeführt.

## 10.21 Berechnungssimulation

Prüfung des Bodenrückhaltevermögens eines Produktes auf einer 1: 1,5 geneigten Ebene nach einer simulierten Berechnung im Labor nach PD CEN/TS 17445:2021.

## 10.22 Überströmungssimulation

Die in Vorbereitung befindliche EN wird wahrscheinlich wasserbauliche Rinnen in den Vordergrund stellen. Für die hier behandelten trockenen Böschungen mit flächenhafter Überströmung nach einem Regenereignis sind diese Prüfungen nicht sinnvoll. Für die Simulation der Wassererosion in periodisch wasserführenden Gräben sind verschiedene Prüfungen in Entwicklung (z.B. nach Briaud oder Modifikationen einer Berechnungssimulation).

## 10.23 Pflanzenwachstum inkl. Durchwuchsverhalten

Für die Prüfung eventueller Beeinträchtigungen des Pflanzenwachstums durch die Produkte und insbesondere zur Sicherstellung der Durchwuchsmöglichkeit und gesicherten Weiterentwicklung von mehrkeimblättrigen Pflanzen wird der Test nach ASTM D 7322 mit den folgenden Ergänzungen angewandt.

Als standardisierte Mischung zur Durchführung der Prüfung auf Pflanzenwachstum nach ASTM D 7322 ist im Unterschied zu den dort definierten Nordamerikanischen Sorten Saatgut der Regel-Saatgut-Mischung 8.1. Biotopflächen (artenreiche Grünflächen) als Variante 1 (Grundmischung für Standorte ohne extreme Ausprägung) gemäß RSM Rasen 2021 der FLL zu verwenden. Die Prüfmischung ist in einer Regelaussaatmenge von 5 g/m<sup>2</sup> als Trockensaat auszubringen.

Ergänzend zur Regel-Saatgut-Mischung ist für die Prüfung des Durchwuchsverhaltens noch eine Prüfung mit folgenden Einzelarten vorzunehmen:

a) *Lolium perenne* (Deutsches Weidelgras), stellvertretend für einkeimblättrige Pflanzen, in einer Regelaussaatmenge von 10 g/m<sup>2</sup>

und

b) *Sanguisorba minor* (Kleiner Wiesenknopf), stellvertretend für zweikeimblättrige Pflanzen, in einer Regelaussaatmenge von 1 g/m<sup>2</sup>

Folglich sollten zum Behälter mit der Nullprobe immer drei Behälter (unter Berücksichtigung der geforderten Wiederholungen) mit dem Erosionsschutzprodukt geprüft werden (je einer mit Regelsaatgutmischung, *Lolium perenne* und *Sanguisorba minor*).

Im Ergebnisreport sind nach ASTM D 7322 standardmäßig auch qualitative Parameter und eine Photodokumentation zu erstellen. Diese ist im Sinne dieses Merkblatts um Aussagen zum Durchwuchsverhalten ein- und mehrkeimblättriger Pflanzen zu ergänzen.

## 10.24 Freisetzen gefährlicher Substanzen

Untersuchungen zum Freisetzen gefährlicher Substanzen sind im Entwurf zu DIN EN 16637-2:2021-03 bzw. DIN CEN/TS 16637-2:2014-11 / DIN SPEC 18046-2:2014-11 beschrieben. Diese Versuche können ggf. für entsprechende Prüfungen an Erosionsschutzprodukten genutzt werden bzw. relevant werden. Ob sich diese Prüfvorschriften für die Prüfung von Geokunststoffen / Erosionsschutzprodukten durchsetzen werden, ist zum Zeitpunkt der Merkblatterstellung nicht absehbar. Im Wirkungsbereich der Bundesanstalt für Wasserbau mit Veröffentlichung der RPG, Ausgabe 2021 ist die Prüfung nach DIN CEN/TS 16637-2:2014-11 bereits verbindlich eingeführt.

Bewertungskriterien für die o.g. Prüfverfahren bestehen derzeit noch nicht.

Bislang wird dieses Thema im Rahmen der Umweltunbedenklichkeitsprüfung nach 10.25 behandelt.

## 10.25 Umweltunbedenklichkeit / Umweltverträglichkeit

Die Prüfung dient dem Nachweis, dass vom Produkt keine negativen Beeinträchtigungen im Sinne der BBodSchV ausgehen. Sie wird nach Anhang 10.7 dieses Merkblatts durchgeführt. Die Prüfung und Bewertung entspricht bisher dem M Geok E (2016). Festgelegt ist das Elutionsverfahren sowie die Bewertung anhand der für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser festgelegten Sickerwasserprüfwerte der BBodSchV (1999).

Aktuelle gesetzliche Änderungen (z.B. Neufassung BBodSchV mit Gültigkeit ab 01.08.2023) können sich auch auf die zukünftigen Prüfungen auswirken.

# 11 Schrifttum

## DIN-Normen

- DIN 1961:2016-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil B: Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen
- DIN 18299:2016-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art
- 18300:2016-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten
- DIN 18320:2016-09 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Landschaftsbauarbeiten
- DIN ISO 10381-4:2004-04 Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 4: Anleitung für das Vorgehen bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten
- DIN EN 13253:2016-12 Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Geforderte Eigenschaften für die Anwendung in Erosionsschutzanlagen (Küstenschutz, Deckwerksbau)
- DIN EN ISO 14689:2018-05 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels

- DIN EN 17097:2017-03 - Entwurf Geokunststoffe - Geforderte Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Oberflächenerosionsschutz für Böschungen und Mulden erforderlich sind
- DIN 1185-1:2015-12 Dränung - Regelung des Bodenwasser-Haushaltes durch Rohrdränung und Unterbodenmelioration - Teil 1: Allgemeine Grundlagen
- DIN 1185-2:2015-12 Dränung - Regelung des Bodenwasser-Haushaltes durch Rohrdränung und Unterbodenmelioration - Teil 2: Planung und Bemessung
- DIN 1185-3:2015-12 Dränung - Regelung des Bodenwasser-Haushaltes durch Rohrdränung und Unterbodenmelioration - Teil 3: Ausführung und Dokumentation
- DIN 1986-100:2016-12 Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056
- DIN 4047-7:1993-01 Landwirtschaftlicher Wasserbau; Begriffe; Erosionsschutz
- DIN 4220:2008-11 Bodenkundliche Standortbeurteilung - Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten (normative und nominale Skalierungen)
- DIN 4220:2017-12 – Entwurf Bodenkundliche Standortbeurteilung - Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten (normative und nominale Skalierungen)
- DIN 18196:2011-05 Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- DIN 18915:2018-06 Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Bodenarbeiten
- DIN 18916:2016-06 Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Pflanzen und Pflanzarbeiten
- DIN 18917:2018-07 Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Rasen und Saatarbeiten
- DIN 18918:2002-08 Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Ingenieurbioologische Sicherungsbauweisen - Sicherungen durch Ansaaten, Bepflanzungen, Bauweisen mit lebenden und nicht lebenden Stoffen und Bauteilen, kombinierte Bauweisen
- DIN 18919:2016-12 Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Instandhaltungsleistungen für die Entwicklung und Unterhaltung von Vegetation (Entwicklungs- und Unterhaltungspflege)
- DIN 18920:2014-07 Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Schutz von Bäumen, Pflanzenbeständen und Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen
- DIN 19639:2019-09 Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben
- DIN 19657:1973-09 Sicherungen von Gewässern, Deichen und Küstendünen; Richtlinien
- DIN 19682-1:2007-11 Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 1: Bestimmung der Bodenfarbe
- DIN 19682-2:2014-07 Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 2: Bestimmung der Bodenart
- DIN 19682-5:2007-11 Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 5: Bestimmung des Feuchtezustands des Bodens
- DIN 19682-7:2015-08 Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 7: Bestimmung der Infiltrationsrate mit dem Doppelring-Infiltrometer
- DIN 19682-8:2012-07 Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 8: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit mit der Bohrlochmethode
- DIN 19682-9:2011-04 Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 9: Bestimmung der Luftdurchlässigkeit
- DIN 19682-10:2014-07 Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 10: Beschreibung und Beurteilung des Bodengefüges
- DIN 19682-10:2014-07 Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 10: Beschreibung und Beurteilung des Bodengefüges
- DIN 19660:1991-04 Landschaftspflege bei Maßnahmen der Bodenkultur und des Wasserbaus
- DIN 19706:2013-02 Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind
- DIN 19708:2017-08 Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG
- DIN CEN/TS 16637-2:2014-11 / DIN SPEC 18046-2:2014-11: Bauprodukte - Bewertung der Freisetzung von gefährlichen Stoffen – Teil 2: Horizontale dynamische Oberflächenauslaugprüfung; Deutsche Fassung CEN/TS 16637-2:2014

### Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen ZTV

- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB 17), Ausgabe 2017, FGSV-Nr.599
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Entwässerungseinrichtungen im Straßenbau (ZTV Ew-StB 14), Ausgabe 2014, FGSV-Nr.598
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Landschaftsbauarbeiten im Straßenbau (ZTV La-StB 18), Ausgabe 2018, FGSV-Nr.224

### DWA-Merkblätter

- Merkblatt DWA-M 153 Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Ausgabe 2007, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- Merkblatt DWA-A 102 - Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer, Entwurf Oktober 2016, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- Merkblatt DWA-A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Ausgabe 2005, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- Merkblatt DWA-M 921 Bodenerosion durch Wasser - Kartieranleitung zur Erfassung aktueller Erosionsformen, Ausgabe 2021, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

### FGSV-Merkblätter und Lieferbedingungen

- FGSV 229: Merkblatt über einfache landschaftsgerechte Sicherungsbauweisen (M Sicherungsbauweisen), Ausgabe 1991
- FGSV 254: Empfehlungen für die Einbindung von Straßen in die Landschaft (ESLa), Ausgabe 2003
- FGSV 293/3: Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil Landschaftsgestaltung, Abschnitt 3: Lebendverbau (RAS LG3), Ausgabe 1983
- FGSV 535: Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus (M Geok E), Ausgabe 2016
- FGSV 539: Richtlinie für die Entwässerung von Straßen (REwS), Ausgabe 2021
- FGSV 541: Merkblatt Böschungen aus Lockergestein (M BLG), Ausgabe 2021
- FGSV 549: Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus (TL Geok E-StB), Ausgabe 2019
- FGSV 559: Merkblatt über Bauweisen für technische Sicherungsmaßnahmen beim Einsatz von Böden und Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen im Erdbau (M TS E), Ausgabe 2017

### Empfehlungen, Richtlinien und Lieferbedingungen der FLL

- FLL-Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung, Ausgabe 2005, Forschungsgesellschaft für Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e. V.
- FLL-Gütebestimmungen für Baumschulpflanzen, Ausgabe 2004, Forschungsgesellschaft für Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e. V.
- FLL-Gütebestimmungen für Stauden, Ausgabe 2015, Forschungsgesellschaft für Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e. V.
- FLL-Empfehlungen für Begrünungen mit gebietseigenem Saatgut, Ausgabe 2014, Forschungsgesellschaft für Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e. V.
- RSM Rasen: Regel-Saatgut-Mischungen Rasen, Ausgabe 2018, Forschungsgesellschaft für Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e. V.

- TL Fertigrasen: Technische Lieferbedingungen für Rasensoden aus Anzuchtbeständen, Ausgabe 2016, Forschungsgesellschaft für Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e. V.

#### Literatur und weitere Quellen

- BAW Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD), Ausgabe 2011, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe, 2011
- BAW Richtlinie: Prüfung von Geokunststoffen im Verkehrswasserbau (RPG), Ausgabe 2021; Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
- Bundes- Bodenschutz und Altlasten Verordnung (BBodSchV) von 1999, zuletzt geändert durch Artikel 126 der Verordnung vom 19. Juni 2020, BGBl I S. 1328
- FLEISCHER, P.; BORELBACH, P.; DUHME, M. & SCHLÜTER, V.: Entwicklung eines biologisch abbaubaren Geotextilfilters für umweltfreundliche Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen; KW – Korrespondenz Wasserwirtschaft 2022
- FLEISCHER, P.; GESING, C. & STELZER, O.: Technisch-biologische Ufersicherungen. geotechnik, Heft 3, Ernst & Sohn Berlin, S. 178-190 (13 Seiten), ISSN 0172-6145, 2021
- NEMETH, E. & EPPEL, J.: Erarbeitung und Verifizierung von Auswahlkriterien für geosynthetische Erosionsschutzsysteme, Schlussbericht AiF-Nr.: 15717 N, 2011
- KOSTRA-DWD-2010R: koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertung; eine Software des Instituts für Technisch-Wissenschaftliche Hydrologie, Ausgabe 12/2017, Deutscher Wetterdienst (Hrsg.), Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Vertrieb)
- SAATHOFF, F. & BRÄU, G.: Geokunststoffe in der Geotechnik und im Wasserbau. Grundbau-Taschenbuch, Teil 2 Geotechnische Verfahren, Hrsg. K.J. Witt, Verlag Wilhelm Ernst & Sohn Berlin, 8. Auflage 2018
- SAATHOFF, F. & BROERS, A.: Geotextile Vliesstoffe aus Flachs. geotechnik, Sonderheft 5. Informations- und Vortragsveranstaltung über „Kunststoffe in der Geotechnik“, März 1997, VGE Verlag Glückauf Essen, S. 87-92 (6 Seiten), ISSN 0172-6145
- Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz-Altlastenverordnung, und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung vom 09.07.2021, BGBl I S. 2598
- WERNER, A.: Beitrag zur Wirkung von Gehölzwurzeln in oberflächennahen Böschungszonen als natürliche Bewehrung. Mitteilungen des Institutes und der Versuchsanstalt für Geotechnik der Technischen Universität Darmstadt, Heft 111, 306 Seiten, Dezember 2020

**Anlage 3: Produktbilder**

**Anlage 6: Fallbeispiele**

**Anlage 7: Kriterientabelle**

**Anlage 8: Hinweise für die Erstellung von Leistungsbeschreibungen mit Leistungsprogramm**

**Anlage 9: Checklisten**

**Anlage 10: Prüfverfahren nach M AEBEL**

ENTWURF 06-2022

## Anlage 3: Produktbilder

Die meisten Fotos dieser Anlage wurden freundlicherweise von SKZ-Testing GmbH, Würzburg zur Verfügung gestellt. Ausnahmen sind gekennzeichnet.

### 1. Erosionsschuttmatten (GBL)



**A. Kokos-Matte** 100% Kokosfaser, beidseitig mit PP-Netz, mit PP-Faden versteppt



**B. Stroh/Kokos-Matte** 50% Kokos / 50% Stroh/Heu, beidseitig mit PP-Netz, mit PP-Faden versteppt



**C. Stroh/Kokos-Matte** 50% Kokos / 50% Stroh/Heu, beidseitig mit Jute-Netz, mit Jute-Faden versteppt



**D. Stroh-Matte** beidseitig mit PP-Netz, mit PP-Faden versteppt



**E. Esparto-Matte** 100% Esparto, beidseitig mit PP-Netz, mit PP-Faden versteppt



**F. Holzwolle-Matte** 100% Espen-Holzfasern, beidseitig mit PP-Netz, mit PP-Faden versteppt

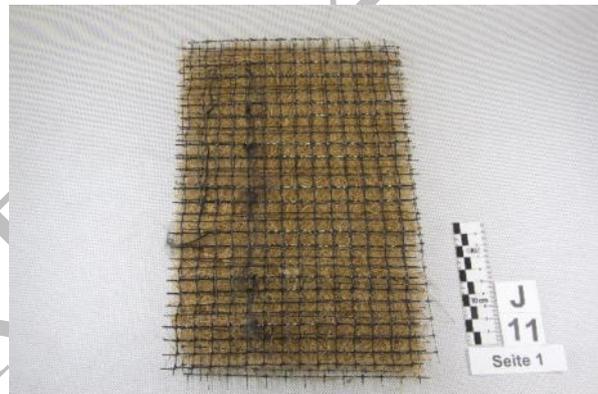


**G. Heu-Kokos-Matte** beidseitig mit PP-Netz, mit PP-Faden versteppt

## 2. Erosionsschutzmatten teilsynthetisch (GBL)



**A. Verbundstoff** aus PP-Geomatte und Kokosfasern, beidseitig PP-Netz, mit PP-Faden versteppt



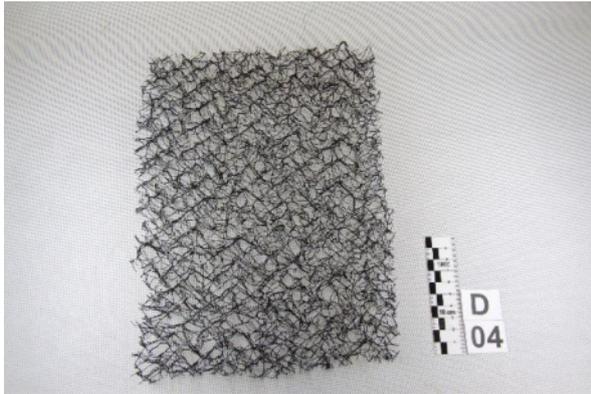
**B. Verbundstoff** aus gewelltem PP-Gitter und Kokosfasern, beidseitig grobes PP-Netz, mit PP-Faden versteppt

## 3. Erosionsschutzmatten vollsynthetisch (GBL)

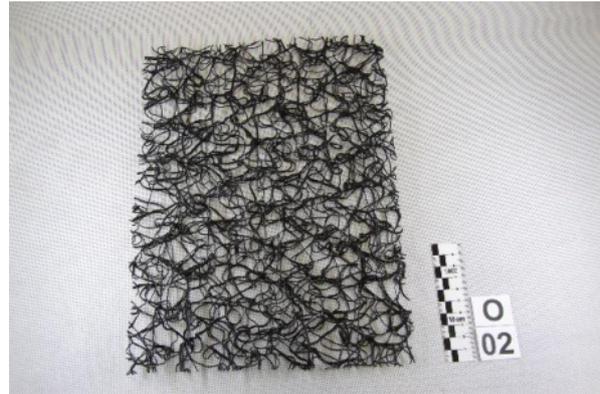


**Verbundstoff** aus gewelltem PP-Gitter und PP-Fasern, beidseitig grobes PP-Netz, mit PP-Faden versteppt

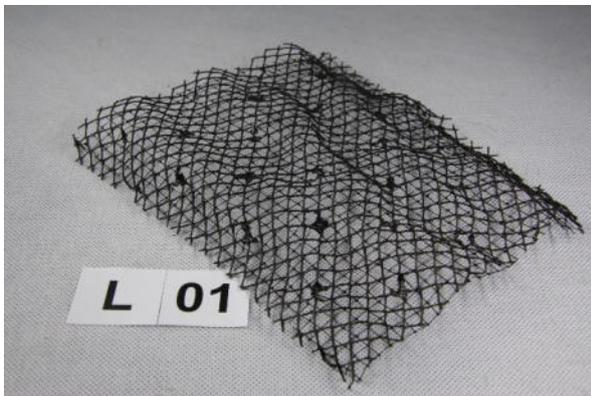
#### 4. Geomatten synthetisch (GMA)



**A. Geomatte** aus Polyamid (PA)  
Monofilamenten



**B. Geomatte** aus Polypropylen (PP)  
Monofilamenten



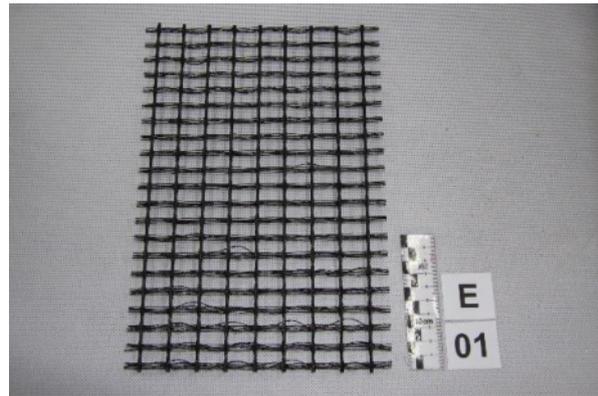
**C. Geomatte** aus einem gewellten und einem  
ebenen PE-Gitter, thermisch verbunden

ENTWURF 06-2022

## 5. Geomatten synthetisch mit Geogitter (GMA-R)



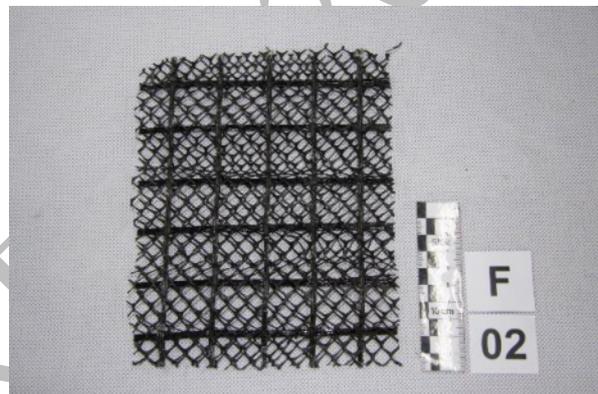
**A. Verbundstoff** aus einer PP-Geomatte und einem PVC beschichteten PET-Geogitter



**B. Geogitter** mit 3D-Struktur, aus PET-Multifilamenten in Rollenlängsrichtung (Ketttrichtung), geraschelt, PVC beschichtet



**C. Verbundstoff** aus einer PP-Geomatte und Stahlmaschendraht



**D. Verbundstoff** aus einer Geomatte (aus einem ebenen und einem gewellten PP-Gitter) und einem PVC beschichteten PET-Geogitter, thermisch verbunden

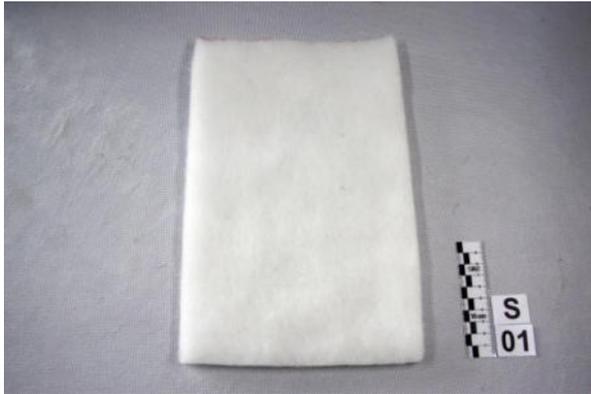


**E. Verbundstoff** aus PP-Geomatte und einem geraschelten Netz („Raschelgewebe“)



**F. Verbundstoff** aus einer PP-Geomatte und einem PP-Geogitter

## 6. Vliesstoffe (GTX-NW)



**A. Vliesstoff** aus Polymilchsäure (PLA),  
mechanisch verfestigt



**B. Vliesstoff** aus Schafwolle, mechanisch  
verfestigt



**C. Vliesstoff** aus Flachsfasern und PP-Fasern,  
mechanisch verfestigt

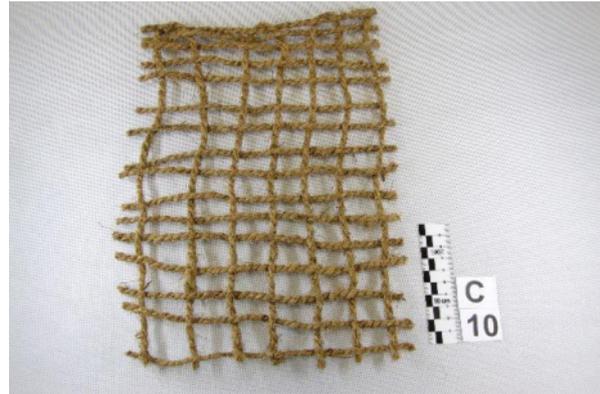


**D. Vliesstoff** aus Flachsfaser, mechanisch  
verfestigt

## 7. Erosionsschutzgewebe (GTX-W)



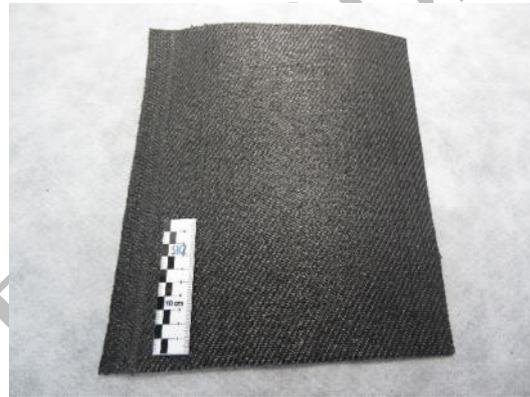
**A. Kokos-Gewebe** mit vergleichsweise kleiner Öffnungsweite



**B. Kokos-Gewebe** mit vergleichsweise großer Öffnungsweite



**C. Jute-Gewebe** mit vergleichsweise großer Öffnungsweite



**D. Bändchengewebe**, synthetisch, UV-stabilisiert

ENTWURF

## 8. Maschenware (GTX-K)



**A. Geozellähnliche Maschenware** aus PE-HD, wird bei Verlegung auf erforderliche Breite gezogen

## 9. Böschungsbänder



**A. Böschungsbänder** aus Kokosgewebe (Foto: R. Neisser)



**B. Böschungsbänder** aus Schafwollvliesstoff, hier geozellenförmig eingebaut (Foto: S. Wiese)

## 10. Walzen (GRO)



**A. Schafwollwalze** mit Füllung aus Schafwolle, mit Jutenetz umhüllt, innenlaufende Führungsseile aus Naturgarn



**B. Strohwalze** mit Füllung aus Stroh und Umhüllung aus PP-Netz (Foto: S. Wiese)



**C. Kokoswalze** Durchmesser 30 cm mit Füllung aus Kokosfasern und Umhüllung aus PP-Netz (Foto: S. Wiese)



**D. Kettengewirk** aus groben walzenartigen Einzelsträngen mit KEMAFIL-Technologie, Rollenware (Foto: S. Wiese)

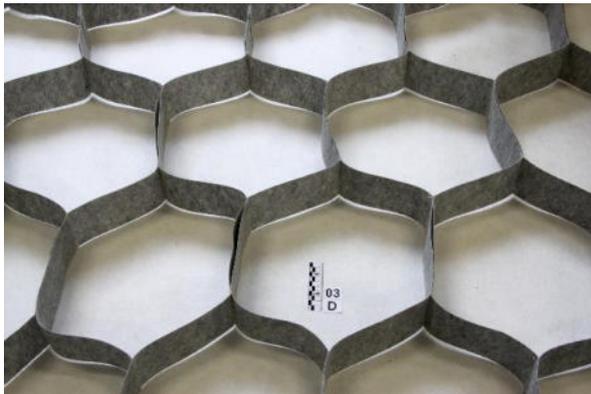


**E. Zellenartig verlegte walzenartige Schafwollfaschine** in Naturfaserschlauch (Foto: S. Wiese)

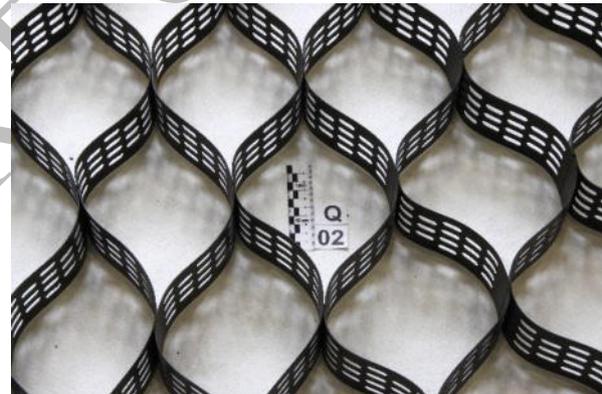


**F. Steinwalze mit Umhüllung aus PP-Netz (Foto: S. Wiese)**

### 11. Geozellen (GCE)



**A. Geozelle** aus PET/PA-Vliesstoff, vernäht



**B. Geozelle** aus PE-HD, perforiert, verschweißt



**C. Geozelle** aus PE-HD, extrudiert

## 12. Steinmatratzen



**A. Steinmatratze mit Umhüllung aus PP-Netz (Foto: S. Wiese)**



**B. Steinmatratze mit verzinkten Stahlnetzen (Foto: R. Neisser)**

### 13. Begrünungsmatten



**A. Begrünungsmatte** aus Kokosfasern mit Jutegewebe versteppt, eingearbeitetes Saatgut, Unterseite mit Papier (zur Fixierung des Saatguts in der Matte) (Foto: R. Neisser)

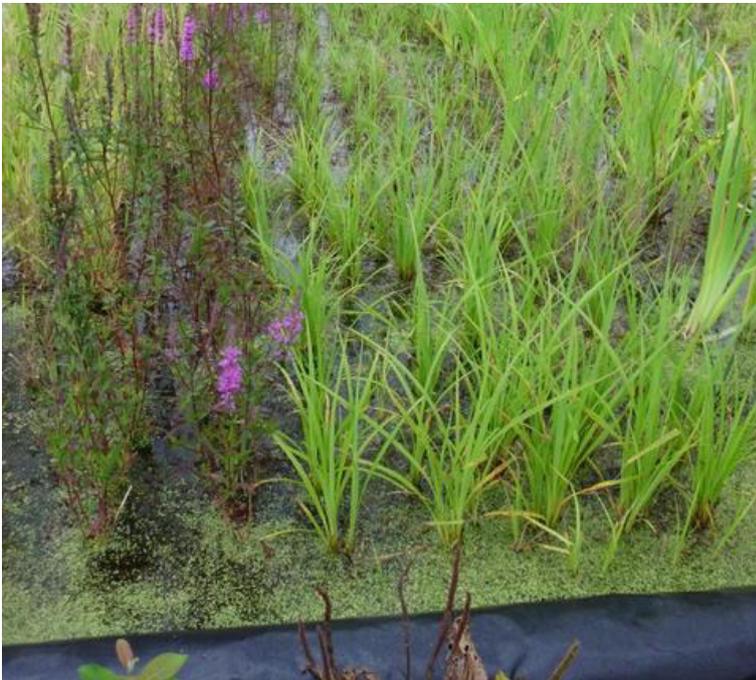


**B. Begrünungsmatte** aus Schafwollvliesstoff mit eingearbeitetem Saatgut (Foto: S. Wiese)

## 14. Vegetationsmatten



**A. Vegetationsmatte** in der Anzuchtstätte, Kokosmatte vorbegrünt mit Rasenmischung (Foto: S. Wiese)



**B. Vegetationsmatte** in der Anzuchtstätte, Kokosmatte vorbegrünt mit Vegetation für die Wasserwechselzone (Röhrichtmatte) (Foto: S. Wiese)

## 15. Baufolie



**Baufolie** aus Polyethylen (PE)

ENTWURF 06-2022

# Anlage 6.1: Fallbeispiel Flächen und Böschungen Nr. 1

## Sanierung Lärmschutzwall Rheinau-Freistett

### 1 Allgemeines

|                   |  |
|-------------------|--|
| Einsatzort:       | 77866 Rheinau-Freistett, Neubaugebiet Menzbühnd, an der B 36 |
| Auftraggeber:     | Stadt Rheinau  |
| Planung:          | Ing.-Büro Zink, Lauf   |
| Bauausführung:    | Bauunternehmung Reif GmbH und Co. KG, Rastatt                |
| Produktlieferant: | BOTT Begrünungssysteme GmbH, Bühl                            |

### 2 Situationsbeschreibung, Problemstellung und Lösung

Der Geogitter bewehrte Lärmschutzwall wurde mit örtlichem Boden in mehreren Lagen aufgebaut und verdichtet. Als Vegetationstragschicht wurde 20 cm humusreicher, schwach bindiger Oberboden aufgetragen, mit einer GMA gesichert und anschließend mit einer Anspritzbegrünung versehen. Für Pflegemaßnahmen wurde auf dem Wall ein geschotterter Fahrweg hergestellt.

Nach anhaltenden Regenfällen kam es auf der Westseite in den Jahren 2008 und 2009 großräumig zu Abrutschungen des Oberbodens einschließlich der GMA. Obwohl der Hang schon vollständig begrünt war, konnte keine Einwurzelung der aufgelaufenen Gräser und Kräuter in die Rohbodenschicht festgestellt werden. Im Jahr 2011 kam es zudem zu Abrutschungen auf der Ostseite des Lärmschutzwalles.

Gelöst wurden diese Probleme durch Abtrag und Entsorgung des Oberbodens einschließlich der GMA. Auf das hergestellte Rohbodenplanum wurde eine flexible, sich an die Oberfläche anschmiegende Begrünungsmatte aufgebracht (ohne Oberbodenbedeckung).

### 3 Standortbedingungen

Region: Rheinebene, mediterran geprägt

Exposition: West und Ost

Geometrie: Höhe ca. 4,50 m, Basisbreite ca. 12,50 m, Kronenbreite ca. 2,50 m, Länge der sanierten Westböschung ca. 1.000 m

Hangneigung ca. 1:1

Geplante Funktionsdauer des Erosionsschutzproduktes: 1 Vegetationsperiode

### 4 Verwendete Materialien für den Erosionsschutz

Begrünungsmatte „greentex®“ 700 g/m<sup>2</sup>, Rollenbreite 120 cm, Mattenlänge 20 m, ca. 6.500 m<sup>2</sup>, bestehend aus 200 g/m<sup>2</sup> Zellulose-Faservlies mit eingearbeitetem Spezialsaagut aus Gräsern und Kräutern, sowie Bodenhilfsstoffen und einem aufkaschierten Jutegewebe mit 500 g/m<sup>2</sup>.

Fixierung: Erdnägel aus gebogenem Baustahl, Gesamtlänge ca. 50 cm, Menge ca. 6.500 Stück

### 5 Einbauverfahren

Die Matte oben in einem Schlitzgraben einschlagen und befestigen. Ausrollen von oben nach unten auf dem Rohbodenplanum. Überlappen der ca. 5 cm überstehenden Zellulose-Faservliesstreifen und dort im Überlappungsbereich sichern mit Erdnägeln (1 Stk. / lfd m).

### 6 Bauzeit und Kosten

Bauzeiten

Mai 2008, Mai 2009, September 2009 (Westseite in 3 Abschnitten)  
September 2011 (Ostseite)

### Materialkosten

Begrünungsmatte: ca. 4,30 €/m<sup>2</sup>

Erdnägel: je nach Tages-Stahlpreisen und Größe ca. 0,80 bis 1,80 €/Stück

## **7 Erfahrungen**

Natürlicher Niederschlag reichte für das Anwachsen aus. Die Abnahme erfolgte nach einer Vegetationsperiode bei einer projektiven Bedeckung von > 50 %. Die Gräser und Kräuter wurzelten direkt in den Rohboden ein.

Aufgrund der positiven Erfahrungen mit dieser Begrünungsmatte bei der Sanierung im Mai 2008 wurde für alle weiteren Sanierungsabschnitte dieses Verfahren angewendet.

Nach der Sanierung kam es zu keinen weiteren Abrutschungen mehr.

Feinteile wurden nicht abgespült und es wurden keine Unterspülungen festgestellt. Die Begrünungsmatte war zwei Jahre nach Einbau auf ca. 20 % der Einbaumasse verrottet.



*Bild FB1.1: Zustand vor der Sanierung (Foto: Bott Begrünungssysteme GmbH)*



*Bild FB1.2: Begrünter Zustand nach einer Vegetationsperiode (Foto: Bott Begrünungssysteme GmbH)*



*Bild FB1.3: Einbaudetail: Begrünungsmatte und Fixierungselemente (Foto: Bott Begrünungssysteme GmbH)*

## **Anlage 6.2: Fallbeispiel Flächen und Böschungen Nr. 2**

### **Böschungssicherung Neubau L163 Umgehung Weilerswist**

#### **1 Allgemeines**

Einsatzort: L 163 Umgehung Weilerswist/Rhld.  
Auftraggeber: Landesbetrieb Straßenbau NRW  
Bauausführung: Kohlbau, Bitburg – welche Art Firma?  
Produktlieferant: BonTerra Weiland GmbH, Stolberg

#### **2 Situationsbeschreibung, Problemstellung und Lösung**

Beidseitig der neu gebauten Umgehungsstraße L163 bei Weilerswist mussten Einschnittböschungen gegen Erosion gesichert und begrünt werden. Dies sollte durch eine Nassansaat mit Gräsern, ergänzt durch eine spätere Bepflanzung mit Gehölzen, erreicht werden. Bis zur Übernahme durch die Vegetation soll der Erosionsschutz durch eine Erosionsschutzmatte GBL aus Stroh-Kokos sichergestellt werden. Bereits während der Baumaßnahme gab es Rutschungen, die durch Steinschüttungen saniert wurden.

#### **3 Standortbedingungen**

Böschungshöhe: ca. 10 m  
Hangneigung: 1:2  
Exposition: Ost und West  
Oberboden: Bodengruppe 4 (DIN 18915 alt) Schluff, sandig, kiesig, schwach tonig, leicht humos  
Niederschlagsintensität: gering (501 – 700 mm/Jahr)

#### **4 Verwendete Materialien für den Erosionsschutz**

GBL: 15.000 m<sup>2</sup> BonTerra SK PP: Stroh-/Kokosmatte ca. 350 g, mit PP-Netz  
Fixierung: ca. 50.000 Stahlkrampen.

Ansaat: Regelsaatgutmischung mit überwiegend Lolium perenne (Dt. Weidelgras) und Festuca-Arten, Untersaat: Ammengräser.

#### **5 Einbauverfahren**

Auf den sandigen Rohboden der Böschung wurde der zuvor abgetragene humushaltige Oberboden in einer Schichtdicke von ca. 7 cm aufgebracht.

Die GBL wurden nach der Nassansaat aufgebracht und mit 3-4 Stahlkrampen pro m<sup>2</sup> fixiert. Nach der erfolgreichen Begrünung wurde die Böschung nachträglich mit Gehölzen bepflanzt.

#### **6 Bauzeit und Kosten**

##### Bauzeiten

Straßenböschung: 2006 – Juni 2007.

Nassansaat: Juni 2007

Gehölzbepflanzung: Frühjahr 2008

Lieferkosten für GBL frei Baustelle: ca. 0,64 €/m<sup>2</sup>.

## 7 Erfahrungen

Im Mai 2009 erreichte die Begrünung einen Deckungsgrad von ca. 85 % in Ost-Ausrichtung und ca. 65 % in West-Ausrichtung (höhere Sonneneinstrahlung). Dabei wurden folgende Einzelarten nachgewiesen: *Lolium perenne*, *Festuca rubra*, *Trifolium repens*, *Convolvulus arvensis*, *Poa pratensis* sowie einige weitere Arten in geringer Anzahl. Die Bewurzelungstiefe betrug im Durchschnitt ca. 11 cm, bei *Lolium* bis 15 cm. Aufgrund der sehr guten Durchwurzelung ist die Verzahnung mit den unteren Bodenschichten gegeben.

Zum gleichen Zeitpunkt waren die GBL nur leicht verrottet und an den weniger dicht begrüneten Stellen zwischen den Gräsern noch zu sehen. Die Schutzwirkung der Matten war somit trotz erfolgter Begrünung und Durchwurzelung immer noch gewährleistet.



Bild FB2.1: Einbauzustand (Foto: BonTerra Weiland GmbH)



*Bild 2: Zustand nach einer Vegetationsperiode (Foto: BonTerra Weiland GmbH)*



*Bild 3: Zustand nach Bepflanzung (Foto: BonTerra Weiland GmbH)*

## **Anlage 6.3: Fallbeispiel Flächen und Böschungen Nr. 3**

### **Sicherung und Begrünung einer Einschnittböschung (Sanierung) an der B 55 in Griesemert bei Olpe**

#### **1 Allgemeines**

|                   |  |
|-------------------|--|
| Einsatzort:       | 57462 Olpe / Biggensee, ehem. belgisches Nato-Tanklager „Griesemert“ |
| Auftraggeber:     | Fa. AKM privates Abfall-Entsorgungsunternehmen                       |
| Planung:          | Ing.-Büro Joh. Schmidt in Lennestadt                                 |
| Bauausführung:    | Fa. Anton Feldhaus & Söhne GmbH Tiefbaufirma                         |
| Produktlieferant: | Fa. Internationale Geotextilgesellschaft mbH, Schmallenberg          |

#### **2 Situationsbeschreibung, Problemstellung und Lösung**

Die ursprünglich geplante Lösung zur Sicherung der Einschnittböschung (Spritzbeton) wurde während der Bauausführung 2004 aufgrund eines Böschungsbruches verworfen.

Der Böschungsbruch wurde einschließlich einer vorhandenen Störzone aus Ton vollkommen abgetragen. Dränungen und eine vorhandene Quelle wurden an neue Entwässerungsleitungen angeschlossen und dem Vorfluter am Böschungsfuß zugeführt. Im Bereich des Böschungsbruches wurde am Fuß eine Schwergewichtsmauer aus großen Steinquadern (Kantenlänge > 1,0 m) errichtet und die Böschung oberhalb der Mauer auf 2/3 der Höhe mit einer Neigung von 1:1 abgebösch, darüber in der Neigung 1:1,5. Alle Böschungen wurden dann mit einer Ansaatmischung versehen und mit einem Erosionsschutzgewebe GTX-W aus Kokos gesichert.

#### **3 Standortbedingungen**

Region: Sauerland, Höhe 556 m  
Niederschlagsregion: Sauerland-Südwestfalen Jahresmittel ca. 1.200 mm  
Fremdwassereintrag: Fremdwassereintrag oberhalb Böschung und Hangwasser-austritte aus Schichtenwasser und durchtrennten Dränagen  
Bodenart: Fels und Lockergestein, GU, GT, ST nach DIN EN ISO 14689-1  
Geometrie: Böschung ohne Berme  
Böschungshöhe: ca. 12 m  
Böschungsneigung: 1:1  
Exposition: N und NO

#### **4 Verwendete Materialien für den Erosionsschutz**

1.900 m<sup>2</sup> Erosionsschutzgewebe GTX-W aus 100 % Kokosgarn in Kette und Schuss, KGW 700, 700 g/m<sup>2</sup>, Öffnungsweite 8 – 12 mm. Rollenabmessung 3,0 x 33,5 m

Fixierung: ca. 5.700 Stück Holzpflocke gespitzt mit Kerbe, 30 cm lang, 5.750 Stück Drahtbügel 3,5 x 230 mm

Ansaat: Spezialmischung Rieger – Hofmann Nr. 8, aus 30 % Kräutern und 70 % Gräsern (Aufwandmenge 15 g/m<sup>2</sup>, gemischt mit Sojaschrot)

#### **5 Einbauverfahren**

Einbau der Gewebe und Fixierung mit Pflöcken und Drahtbügeln von Hand

Trockenansaat von Hand

## 6 Bauzeit und Kosten

Bauzeit: März bis Mai 2005

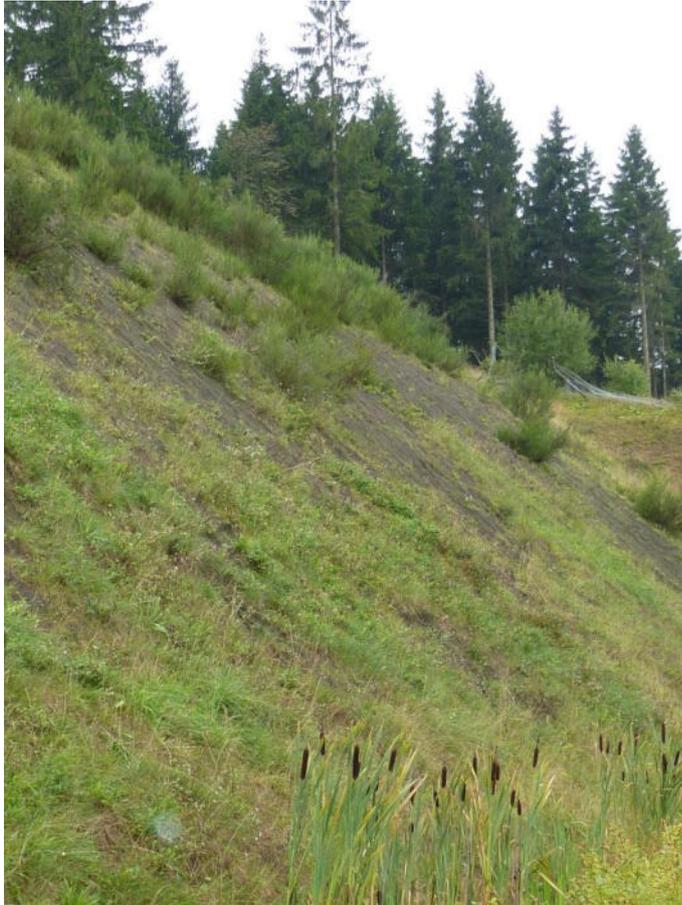
Herstellkosten: Sanierung inkl. Begrünung und Schwergewichtsmauer am Böschungsfuß ca. 35.000 €

## 7 Erfahrungen

Die Begrünung konnte sich in den Jahren bis 2007 sehr gut etablieren und erreichte bis dahin einen Bedeckungsgrad von ca. 70 – 80 % auf den Flächen mit vegetationsfähigem Untergrund. Das Naturfaser-Geotextil hat die geplante Funktionsdauer erfüllt und war im Jahr 2011 noch fast vollflächig erhalten.



*Bild FB3.1: Einbau Juli 2005 (Foto: R. Neisser)*



06-2022

*Bild FB3.2: Begrünter Zustand September 2010 (Foto: R. Neisser)*



*Bild FB3.3: Detail, Zustand im September 2009 (Foto: R. Neisser)*

## **Anlage 6.4: Fallbeispiel Flächen und Böschungen Nr. 4**

### **Böschungssicherung mit Oberboden an der BAB A11 bei Erkner**

#### **1 Allgemeines**

|                   |   |
|-------------------|---|
| Einsatzort:       | BAB A11, Nähe Anschlussstelle Erkner  |
| Auftraggeber:     | Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg, Niederlassung Autobahn, Stolpe, Hohen Neuendorf |
| Planung:          | Ingenieurgesellschaft ILF, Straußberg   |
| Bauausführung:    | Matthäi Bauunternehmen, Velten  |
| Produktlieferant: | BGS Ingenieurbiologie und -ökologie GmbH, Tangstedt                                     |

#### **2 Situationsbeschreibung, Problemstellung und Lösung**

Während eines Böschungsneubaus an der BAB A11 Nähe Erkner im Februar 2009 kam es auf einer Strecke von ca. 250m zu mehrmaligen Oberbodenabrutschungen inklusive der Grasnarbe. Daraufhin entschied sich der Auftraggeber alternative Böschungssicherungssysteme zu testen. Die Baumaßnahme wurde direkt nach Wiederherstellung und Profilierung der Böschung durchgeführt.

#### **3 Standortbedingungen**

Niederschlagsgebiet: Berlin.

Niederschlags-/Oberflächenwasser von der Böschungskrone sowie Sickerwasser aus der Böschung.

Rohboden lehmig/sandig.

#### **4 Verwendete Materialien für den Erosionsschutz**

Erosionsschutzprodukte:

Armaflor® Faschine / Walze GRO, Typ BF-M/300, Biofliessschläuche befüllt mit Miscanthushäcksel, Durchmesser 300mm, Länge: 2m

WollTerra® Faschinen / Walze GRO, Typ BF-W/100 aus Schafschurwolle, Durchmesser ca. 100-120mm, Länge: 25m, zur Herstellung von Böschungsgittern, Typ BG-W50-50 bzw. BG-W100-100 in einem Rastermaß von 50x50 bzw. 100x100cm. Faschinen aus reiner Schafschurwolle ungewaschen, umhüllt mit Jutegewebe

Fixierungen:

BesFix® Stahlhaften, Typ SH060, Durchmesser: ca. 10 mm, Länge: 60cm, oberes Ende gebogen

BesFix® Stahlhaften, Typ SH040 Durchmesser: ca. 4 mm, Länge: 40cm

#### **5 Einbauverfahren**

Die Böschung wurde zunächst geräumt und mit dem vorhandenen Rohboden neu profiliert. Zunächst wurde der Böschungsfuß mit GRO aus Miscanthushäckselgut gesichert und mit Stahlhaften (Länge 60 cm, alle 50 cm) fixiert. Auf die Böschung wurden GRO aus Schafschurwolle in Längs- und Querrichtung gitterförmig verlegt und mit Stahlhaften an den Kreuzpunkten (Länge 60 cm) und zwischen den Kreuzungspunkten (Länge 40 cm) befestigt. Die Rastermaße wurden abhängig von der Böschungsneigung gewählt: Neigung 1:2 bis 1:1 Rastermaß 50x50 cm; Neigung bis 1:3 Rastermaß 100x100 cm.

Die Gitterstruktur wurde anschließend mit Oberboden befüllt und eine Ansaat per Hand durchgeführt.

## 6 Bauzeit und Kosten

Bauzeit: 1 Woche.

Gesamtkosten: ca. 27 €/m<sup>2</sup>

## 7 Erfahrung

Bereits nach wenigen Wochen keimte die Ansaat und es bildete sich eine neue Grasnarbe ohne erneute Böschungsrutschung. Das Sickerwasser der Böschung wurde durch die Gitterstruktur aufgefangen und an den so gesicherten Böschungsfuß in die Entwässerungsmulde abgeleitet.



*Bild FB4.1: Einbauzustand (Böschungsfuß mit Miscanthuswalze, Böschungssicherung mit Schafwollfaschinen, gitterförmig, Raster 0,5 x 0,5 m) (Bild: S. Wiese)*



*Bild FB4.2: Einbauzustand, Befüllung mit Oberboden, Raster 1x1 m, Böschungsneigung 1:3 (Bild: S. Wiese)*



*Bild FB4.3: Detail, Fixierung, Raster 0,5 x 0,5 m (Bild: S. Wiese)*

## **Anlage 6.5: Fallbeispiel Flächen und Böschungen Nr. 5**

### **Böschungssicherung K 7778 bei Summerau**

#### **1 Allgemeines**

Einsatzort: K 7778, 88099 Summerau (47.636535, 9.692044)  
Auftraggeber: Landratsamt Bodenseekreis  
Planung: Landratsamt Bodenseekreis  
Produktlieferant: Tensar International GmbH

#### **2 Problemstellung und Lösung / Situationsbeschreibung**

An der K7778 bei Summerau kam es im Böschungsbereich immer wieder zu Erosion durch das Oberflächenwasser, das von der Fahrbahn über die steile, kiesige Böschung entwässert. Um die Oberfläche vor Erosion zu schützen, wurde eine teilsynthetische Erosionsschutzmatte GBL auf der Böschung vernagelt und am Fahrbahnrand mit Bankettschotter überbaut.

#### **3 Standortbedingungen**

Böschungsneigung: >1:1,5  
Exposition: Süd  
Fahrbahn entwässert über das Bankett und die steile Böschung.  
Oberboden war auf der Böschung nicht mehr vorhanden und konnte auch nicht mehr aufgebracht werden.

#### **4 Verwendete Materialien**

Erosionsschutzprodukt: Teilsynthetische Erosionsschutzmatte GBL, bestehend aus drei Lagen extrudierter Netze aus UV-stabilisiertem PP und einer Füllung aus Kokosfasern. Produkt: Vmax<sup>3</sup> C350.

Fixierung: Baustahlkrampen

#### **5 Ansaat**

Die Ansaat erfolgte vor Verlegung der GBL.

#### **6 Bauzeit**

Herbst 2010



06-2022

*Bild FB5.1: Bauzustand (Foto: Tensar International GmbH)*



*Bild FB5.2: Zustand nach Fertigstellung (Foto: Tensar International GmbH)*



*Bild FB5.3: Produktdetail (Foto: Tensar International GmbH)*

ENTWURF 06

## **Anlage 6.6: Fallbeispiel Flächen und Böschungen Nr. 6**

### **Dammsicherung B 104, Malchin**

#### **1 Allgemeines**

|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| Einsatzort:       | Straßendamm           |
| Auftraggeber:     | Straßenbauamt Güstrow |
| Planung:          | Schüßler Plan         |
| Bauausführung:    | Georg Koch GmbH       |
| Produktlieferant: | Colbond GmbH & Co. KG |

#### **2 Situationsbeschreibung, Problemstellung und Lösung**

Die B104 musste aufgrund von Setzungen und Straßenschäden im Bereich zwischen dem Knoten B104 / L20 OA Remplin und Malchin (Mecklenburgische Schweiz, Landkreis Demmin) erneuert werden. In diesem Zuge wurde ein Radwegneubau vorgenommen.

Die Straße in Dammlage durchquert in diesem Gebiet Flächen, welche bei Starkregenereignissen oder langanhaltenden Niederschlägen überflutet werden. So kann das Wasser über längere Zeiträume 1,0 bis 1,5 m über GOK anstehen. Daraus bedingt sich eine dauerhafte Erosionsgefahr für die Dammaußenhaut. Aus diesem Grund wurden Schutzmaßnahmen getroffen, um Erosion durch Bodenausspülungen zu verhindern. Eine GMA (Enkamat 7018) wurde vollflächig verlegt, um Erosion an den Straßendämmen und in den Entwässerungsgräben zu verhindern.

#### **3 Standortbedingungen**

Böschungsneigungen zwischen 1:2 und 1:1,5

#### **4 Verwendete Materialien für den Erosionsschutz**

Produkt: Enkamat 7018

Menge: 37.000 m<sup>2</sup>

#### **5 Einbauverfahren**

Verlegung mit Traverse, Überdeckung mit ca. 5 cm Oberboden, Fixierung mit Erdnägeln.

#### **6 Bauzeit**

Einbau Erosionsschutzprodukt: Juni bis August 2010



*Bild FB6.1: Bauzustand Einbau GMA (Foto: Colbond GmbH & Co. KG)*



*Bild FB6.2: Begrünter Zustand (Foto: Colbond GmbH & Co. KG)*



*Bild FB6.3: Detail Fixierung der GMA auf der Böschung (Foto: Colbond GmbH & Co. KG)*

ENTWURF

## **Anlage 6.7: Fallbeispiel periodisch wasserführend Nr. 1**

### **Sicherung und Begrünung einer Einschnittsböschung inkl. Entwässerungsgraben an der BAB A38 (Neubau)**

#### **1 Allgemeines**

|                   |   |
|-------------------|---|
| Einsatzort:       | BAB A38 AS Breitenworbis – AS Bleicherode   |
| Auftraggeber:     | DEGES   |
| Planung:          | DEGES   |
| Bauausführung:    | Fa. Bender GmbH & Co. KG, Begrünungsunternehmen (als Subunternehmer der Herrmann Kirchner GmbH, Bad Hersfeld) |
| Produktlieferant: | NAUE GmbH & Co. KG, Espelkamp   |

#### **2 Situationsbeschreibung, Problemstellung und Lösung**

Im Vorhaz kommt es immer wieder zu kräftigen Niederschlägen. Um die Gräben und die Böschungen im Einschnittsbereich dauerhaft gegen Erosionserscheinungen zu sichern, wurde eine permanent wirkende, UV-stabilisierte Geomatte (GMA) geplant und umgesetzt. Die Geomatten wurden vom Fahrbahnrand durch den Entwässerungsgraben bis in Höhe der Böschungsmittle verlegt. Durch den UV-stabilisierten PP-Kunststoff soll die Funktionsfähigkeit des Erosionsschutzes dauerhaft sichergestellt werden. Ergänzend dazu soll durch eine Nassansaat und zusätzliche Spontanbegrünung ein weiterer Schutz erreicht werden.

#### **3 Standortbedingungen**

Geometrie: Straßengraben und Einschnittsböschung  
Böschungshöhe: 3-6 m  
Böschungslänge: 5-8 m  
Böschungsneigung: 1:1,5  
Exposition: Nord und Süd  
Bodenart: nach DIN 18196: Verwitterungsboden des Buntsandsteins z.T. lehmhaltig  
Geplante Funktionsdauer des Erosionsschutzproduktes: dauerhaft

#### **4 Verwendete Materialien für den Erosionsschutz**

GMA: 36.500 m<sup>2</sup> Geomatte Typ „Secumat® ES 601 G4“

Fixierung: Ca. 50.000 Erdnägeln

Nass-Ansaat: Gemisch aus Saatgut (Landschaftsrassen Typ RSM 7.2.2), Klebstoff, Dünger und Zellulose

#### **5 Einbauverfahren**

Die GMA-Bahnen wurden faltenfrei und straff gemäß Herstellerverlegeanleitung direkt auf dem profilierten Untergrund auf Stoß verlegt und mit 1 bis 2 Erdnägeln je m<sup>2</sup> fixiert. U-förmige Erdnägeln sichern die Stoßbereiche.

Die GMA wurde nicht mit Boden verfüllt, sondern partiell mit einer Nassansaat versehen, welche die zu erwartende Spontanbegrünung unterstützen soll.

#### **6 Bauzeit und Kosten**

Einbau GMA: Frühjahr bis Herbst 2008, baubegleitend.

Materialkosten einschließlich aller Nebenkosten wie Erdnägel etc. und Einbau: ca. 4-5 €/m<sup>2</sup>.

Kosten der Anspritzbegrünung: ca. 0,5 €/m<sup>2</sup>.

## 7 Erfahrungen

Die offene Wirrgelestruktur sorgt in der Keimphase für eine zusätzliche Beschattung und Tropfenbildung bei Tau und beeinflusst dadurch positiv den Wasserhaushalt.

In kleinen Teilbereichen traten nach einigen Wochen minimale Erosionserscheinungen unter der Geomatte auf. Dort wurde im August/September 2009 unterstützend ein Landschaftsrasen vom Typ RSM 7.1.2 mit einem Kräuteranteil von 2-3 % und einem Langzeitdünger aufgespritzt. Der Bewuchs stellte sich innerhalb kurzer Zeit ein.

Knapp 3 Jahre nach dem Einbau ist das Erosionsschutzsystem flächendeckend begrünt und daher nicht mehr wahrzunehmen. Die Vegetation verankert die Geomatte zusätzlich. Erosionsgefahr bestand zu keinem Zeitpunkt. Selbst nach starken Regenfällen finden keine Feinteilverlagerungen durch Abspülungen mehr statt.

Im weiteren Verlauf der BAB A38 in Richtung Sangerhausen kam es in Teilabschnitten ohne entsprechendes Erosionsschutzsystem bereits kurz nach Inbetriebnahme der Autobahn zu erheblichen Böschungsrutschungen, die zwischenzeitlich saniert wurden.



*Bild PW1.1: Secumat® an BAB A 38, Böschung Fahrtrichtung Göttingen, vor Überschüttung (Foto: NAUE GmbH & Co. KG)*



*Bild PW1.2: Secumat® an BAB A 38, Begrünungszustand noch vor Inbetriebnahme der BAB (Foto: NAUE GmbH & Co. KG)*



*Bild PW1.3: Secumat® an BAB A 38, Erdnagel zur Fixierung auf der Böschung (Foto: NAUE GmbH & Co. KG)*

## **Anlage 6.8: Fallbeispiel periodisch wasserführend Nr. 2**

### **Böschungssicherung Regenrückhaltebecken (RRB), Industriepark Leipzig-Nord**

#### **1 Allgemeines**

Einsatzort: Teilbereiche an Böschungen von Regenrückhaltebecken  
Auftraggeber: Stadt Leipzig, Tiefbauamt  
Planung: ISWT GmbH, Leipzig  
Bauausführung: Fa. HALL - BAU GmbH  
Produktlieferant: TENAX Kunststoffe GmbH

#### **2 Situationsbeschreibung, Problemstellung und Lösung**

Sicherung der Böschungen im unteren Bereich der Erdbecken (ein ca. 4m breiter Streifen von der Sohle aus im unteren Bereich der Böschung) sowie als Streifen um die Einlaufbauwerke. Ziel: Schutz des Initialzustandes dieser Böschungsbereiche bei Teilfüllung der Becken und ggf. bei Wellenschlag.

#### **3 Standortbedingungen**

Niederschlagsregion: Leipzig

Herkunft Niederschlagswasser: aus Straßenoberflächen und von Industriedächern, sowie Direkteinwirkung auf den Böschungen

Bodenart (Rohböschung): gemischtkörniger Boden

Geometrie: Böschung ohne Bermen

Böschungshöhe: ca. 10m

Böschungsneigung: ca. 1:1,5 bis 1:2

Wasserführung (der Becken): periodisch

Zeitpunkt der Baumaßnahme: Direkt nach Profilierung der Böschungen, sofortiger Erosionsschutz der Böschungsteilbereiche, maßgebend aber periodische Nutzungsphasen mit höherem Wasserstand und Wellenschlag.

Geplante Funktionsdauer des Erosionsschutzproduktes: Dauerhaft

#### **4 Verwendete Materialien für den Erosionsschutz**

Geomatte TENAX Multimat 100; Strukturmaten aus 3 Lagen PP-Gittern (je eine Lage Gitter oben und unten und eine mittlere Lage aus gewelltem Gitter); Verbindung der Lagen (werkseitig) durch Vernähung; dadurch hohlraumreiche, räumliche Struktur; Dicke ca. 17mm.

Fixierung auf der Böschung mittels Erdnägeln / Stahlagriffen.

Ca. 10.000 m<sup>2</sup> Böschungsfläche, verteilt auf mehrere Becken.

Anspritzbegrünung mit Rasenmischung (Zusammensetzung nicht bekannt).

#### **5 Einbauverfahren**

Ausrollen und Befestigung der GMA von Hand auf der Oberfläche der Rohböschung. Fixierung mit Stahlagriffen, Länge ca. 15cm, etwa 4 Stück je m<sup>2</sup>.

## 6 Bauzeit

Mai - Oktober 2003, Begrünung von Juli bis September 2003.



*Bild PW2.1: Bauzustand Juli 2003 (Foto: TENAX Kunststoffe GmbH)*



*BildPW2. 2: Begrünter Zustand April 2010 (Foto: TENAX Kunststoffe GmbH)*

| Anlage 7<br>Kriterientabelle  |  | Ausführungsdauer (für Verlegung und Fixierung (1 kurz, 6 lang)) | Ausführung witterungsgebunden (1 nicht, 6 stark gebunden) | Biologische Abbaubarkeit (1 100% bio, abbaubar, 6 nicht abbaubar) | Beständigkeit gegen Schädlingsbefall (1 beständig, 6 nicht beständig) | Zusätzlicher Windschallschutz gegeben? (1 vollständig, 6 überhaupt nicht) | Erosionsschutz auch bei hoher Regenintensität gewährleistet? (1 sehr gut, 6 nicht gegeben) | Erosionsschutz auch bei Frost/Winterlasten? (1 besonders gut, 6 besonders schlecht) | Eignung für Böschungslängen > 15 m (1 sehr gut, 6 nicht gegeben) | Zugfestigkeit (1 hoch, 6 niedrig) | Kosten Material und Einbau ohne Kosten (1 meagre Kosten, 12 hohe Kosten) | Durchwurfsfähigkeit (1 sehr gut, 6 nicht durchwurfsfähig) | Befüllbarkeit (1 sehr gut, 6 nicht befüllbar) | Prägnanz bis zur Abnahme (1 wenig Pflege erforderlich, 6 pflegeintensiv) | Pflegeaufwand (1 pflegefreundlich, 6 nicht pf) |
|---|--|---|---|---|---|---|--|---|--|-----------------------------------|--|---|---|--|--|
| Produkte/ Lösungen  |  | Begrünnungskriterien  |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| <b>Ansaaten/Rasen/Anspritzenverfahren</b>   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Nassansaat  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Fertigrasen/ Rollrasen  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Anspritzenverfahren mit Klebstoff, ggf. Fasern als Erosionsschutz                                       |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 1   | 6   | 1   |   | 2   | 6  | 6   | 6  |                                   | 1  |   |   |  |  |
| <b>Erosionsschutzmatten GBL</b>   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| 100% organisch (Füllung Stroh)  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 3   | 3   | 1   | 3...6   | 1...3   | 2...4  | 3...4   | 1...5  | 5                                 | 2...4  | 2...5   | 2...5   | 2...5  | 2...4  |
| 100% organisch (Füllung Stroh/Kokos o. Heu/Kokos 50/50) 350-400g/m²                                     |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 3   | 2   | 1   | 5   | 2   | 3  | 3   | 3  | 5                                 | 5  | 4   | 3   | 3  | 3  |
| 100% organisch (Füllung Kokos) 900-1100g/m²   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 3   | 2   | 1   | 3   | 1   | 2  | 2   | 2  | 4                                 | 5...6  | 4   | 3   | 3  | 3  |
| Füllung 100% organisch (Stroh), Trägernetz/Versteppung synthetisch                                      |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 3   | 3   | 1   | 5   | 2   | 3  | 3   | 3  | 4                                 | 4  | 4   | 3   | 3  | 4  |
| Füllung 100% organisch (Stroh/Kokos o. Heu/Kokos 50/50) 350-400g/m², Trägernetz/Versteppung synthetisch |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 3   | 3   | 5   | 2   | 3   | 3  | 3   | 3  | 4                                 | 4  | 4   | 3   | 4  | 4  |
| Füllung 100% organisch (Kokos) 350-400g/m², Trägernetz/Versteppung synthetisch                          |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Füllung 100% organisch (Kokos) 900-1100g/m², Trägernetz/Versteppung synthetisch                         |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Teilsynthetisch (z.B. Kombination synthetisch und Kokosfaser)   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 3   | 2   | 4   | 2   | 1   | 2  | 2   | 2  | 3                                 | 6  | 4   | 3   | 4  | 4  |
| 100% synthetisch  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 3   | 1   | 6   | 1   | 1   | 2  | 2   | 2  | 3                                 | 6...7  | 4   | 3   | 3  | 3  |
| <b>Begrünnungsmatten GBL (mit Saatgut)</b>  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| 100% organisch (Füllung z.B. Stroh/Kokos)   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 3   | 3   | 1   | 5   | 2   | 3  | 3   | 3  | 5                                 | 5  | 3   | 3   | 3  | 3  |
| Füllung 100% organisch (z.B. Kokos), Trägernetz/Versteppung synthetisch                                 |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 3   | 3   | 3   | 3   | 1   | 2  | 2   | 2  | 4                                 | 6  | 3   | 3   | 3  | 4  |
| Teilsynthetisch   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 3   | 3   | 4   | 2   | 1   | 2  | 2   | 2  | 3                                 | 7  | 3   | 3   | 3  | 4  |
| <b>Vegetationsmatten</b>  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Vegetationsmatte Trägermaterial 100% synthetisch, biologisch abbaubar                                   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Vegetationsmatte Trägermaterial teilsynthetisch   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 5   | 5   |   | 3   | 1...2   | 1...3  | 2...4   | 3...5  |                                   | 5...6  | 1...3   | 1...6   | 1...5  | 1...5  |
| Vegetationsmatte Trägermaterial 100% synthetisch, dauerhaft   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 5   | 5   |   | 3   | 1...2   | 1...3  | 2...4   | 3...5  |                                   | 5...6  | 1...3   | 1...6   | 1...5  | 1...5  |
| <b>Geomatten GMA / GMA-R</b>  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| GMA, z.B. PP-Wirngelge, hoch UV-stabilisiert  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| GMA-R, z.B. Wirngelge mit deutlich sichtbareren Gitter  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2...4   | 2   | 6   | 1   | 2...3   | 1...5  | 2...5   | 1...3  |                                   | 4...6  | 2...4   | 3...5   | 3...6  | 2...5  |
| GMA-R, z.B. Wirngelge mit Stahlbewehrung  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| <b>Viessstoffe GTX-NW</b>   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| 100% organisch  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2   | 2   | 1   | 2...6   | 1   | 2  | 2   | 2  | 3                                 | 4  | 4...5   | 3...5   | 2  | 2...4  |
| 100% synthetisch, dauerhaft   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2   | 2   | 6   | 1   | 1   | 2  | 2   | 2  | 3                                 | 3  | 3...5   | 3...5   | 1...2  | 2...5  |
| 100% synthetisch, biologisch abbaubar   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| <b>Erosionsschutzgewebe GTX-W</b>   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Jute 500 g/m²   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2   | 1   | 1   | 2...6   | 3   | 5  | 4   | 4  | 4                                 | 3  | 1...4   | 1...4   | 2...6  | 2...5  |
| Kokos 400 g/m²  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2   | 1   | 1   | 3   | 3   | 5  | 5   | 5  | 3                                 | 6...7  | 2   | 2   | 3  | 3  |
| Kokos 700 g/m²  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Kokos 900 g/m²  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2   | 1   | 1   | 3   | 3   | 5  | 5   | 5  | 3                                 | 6...7  | 2   | 2   | 3  | 3  |
| Synthetisch (z.B. Bändchengewebe)   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2   | 1   | 6   | 1   | 3   | 5  | 5   | 5  | 2                                 | 7...8  | 2   | 2   | 3  | 3  |
| <b>Böschungsbänder</b>  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| 100% organisch (z.B. Kokos, Schafwolle)   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 3...5   | 4...6   | 1   | 3   | 2...5   | 2...6  | 2...6   | 2...4  | 4                                 |  |   | 1...6   | 1...6  | 1...3  |
| 100% synthetisch  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 3...5   | 4...6   | 1...3   | 2...3   | 2...5   | 2...6  | 2...6   | 2...4  |                                   | 5  |   | 1...6   | 1...6  | 1...3  |
| <b>Faschinen und Walzen (GRO)</b>   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Naturfaser-Faschine (Linien- oder Gitterförmig verlegt)   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2...6   | 3...6   | 1...4   | 2...6   | 2...5   | 2...6  | 2...6   | 2...4  |                                   | 3...6  |   | 1...5   | 1...6  | 1...3  |
| Böschungsfaschine aus Stroh / Strohwalze  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2...6   | 3...6   | 1...4   | 4   | 5   | 2...6  | 2...6   | 2...4  | 4                                 | 3...6  |   | 1   | 1...6  | 1...3  |
| Böschungsfaschine aus Totholz / Totholzfmaschine  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2...6   | 3...6   | 1...4   | 2   | 5   | 2...6  | 2...6   | 2...4  | 2                                 | 3...6  |   | 6   | 1...6  | 1...3  |
| Böschungsfaschine aus Schafwolle oder Kokos / Schafwoll- bzw. Kokosfaschine                             |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2...6   | 3...6   | 1...4   |   | 5   | 2...6  | 2...6   | 2...4  |                                   | 3...6  |   |   | 1...6  | 1...3  |
| Böschungsfaschine aus Miscanthushäckseln  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2...6   | 3...6   | 1...4   | 2   | 5   | 2...6  | 2...6   | 2...4  | 3                                 | 3...6  |   | 2   | 1...6  | 1...3  |
| Faschinenartige Zellstrukturen 100% synthetisch   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 4...5   | 3   | 5...6   | 1   | 3...5   | 1...6  | 1...6   | 2...5  |                                   | 4...6  |   | 1...5   | 1...6  | 1...3  |
| Faschinenartige Zellstrukturen 100% organisch (z.B. Schafwolle)   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 5   | 4...6   | 1   | 5   | 3   | 3  | 3   | 3  | 3                                 | 10...11  |   | 4   | 3  | 4  |
| <b>Geozellen (GCE)</b>  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Geozellen, 100% synthetisch   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 4...5   | 3   | 5...6   | 1   | 1...5   | 1...6  | 1...6   | 1...3  |                                   | 3...6  | 1...3   | 1...5   | 1...6  | 2...3  |
| <b>Verbundstoffe</b>  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| 100% organisch, GBL Kokos 350 g/m² + GTX-W Kokos 400 g/m²   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| 100% organisch, GBL Kokos 350 g/m² + GTX-W Kokos 700 g/m²   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Verbund aus synthetischem (z.B. Geogitter) und natürlichem Produkt (z.B. GBL Kokos)                     |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2...3   | 2   | 6   | 2...3   | 1...3   |  |   | 2...3  |                                   | 3...5  |   | 3...5   |  | 2...5  |
| Verbund aus synthetischem (z.B. GMA) und Stahlprodukt (z.B. Netz/Gitter)                                |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2...4   | 2   | 6   | 1   | 2...3   | 2...4  | 2...5   | 1...3  |                                   | 4...6  | 2...4   | 3...5   | 2...6  | 2...5  |
| <b>Folien</b>   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Standardbaufolie  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 1   | 3   | 6   | 1   | 1   | 1  | 1   | 1  | 6                                 | 2  | 6   | 5...6   | 1  | 1...6  |
| Baufolie, UV-stabilisiert   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Bau-/Mulchfolie biologisch abbaubar / kompostierbar   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| <b>Gitter / Netze</b>   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
| Geogitter GGR 100% synthetisch  |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 2...3   | 2   | 5...6   | 1   | 2...3   | 1...5  | 2...5   | 1...3  |                                   | 3...4  | 1...4   | 2...5   | 1...6  | 2...4  |
| Stahlgitter   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 3...5   | 4   | 5...6   | 1   | 3...5   | 2...5  | 3...5   | 1...3  |                                   | 5...6  | 1...4   | 3...6   | 1...6  | 2...5  |
| Stahlnetz   |  |   |   |   |   |   |  |   |  |                                   |  |   |   |  |  |
|   |  | 4...6   |   | 5...6   | 1   | 3...5   | 2...6  | 3...6   | 1...5  |                                   | 4...6  | 1...4   | 3...6   | 1...6  | 2...6  |

Ausführliche Erläuterungen zu den Kriterien (Kopfzeile) sind in M AEBEL Abschnitt 7.1.3 enthalten.

## **Anlage 8: Hinweise für die Erstellung von Leistungsbeschreibungen mit Leistungsprogramm**

Es sind Produkte anzubieten, welche die Anforderungen nach M AEBEL erfüllen. Die Produktpalette in M AEBEL stellt den Stand der zum Zeitpunkt der Veröffentlichung gebräuchlichen Produktarten dar. Die Entscheidungshilfe (M AEBEL Kapitel 7) kann für die Auswahl geeigneter Produkte genutzt werden. Falls der Anbieter ein (ggf. neues) Produkt wählt, das nicht in der Entscheidungshilfe enthalten ist, soll dieses in eine Kategorie nach M AEBEL Kapitel 7 eingeordnet werden.

Nachfolgend wird unterschieden zwischen dem technischen Erosionsschutz (Pos. 1) und der eventuell dazugehörenden Begrünung (Pos. 2). Die Positionen beschreiben Anforderungen für Flächen und Böschungen, die bei Bedarf anzupassen sind. Für periodisch wasserführende Entwässerungseinrichtungen sind die Anforderungen sinngemäß zu übertragen.

### **Pos. 1 Technischer Erosionsschutz**

*Funktionale Anforderungen (Vom Ausschreibenden anzugeben)*

**Schutzwirkung**

- Oberfläche (Rohboden / Oberboden)
- Oberbodenauftrag bis ..... cm Dicke (max. 40 cm) gegen Abrutschen

**Begrünung**

- Ohne Begrünung
- Mit Begrünung:
  - » Nur Ansaat oder mit späterer Bepflanzung
  - » Zeitpunkt des Einbaus des Erosionsschutzprodukts

**Funktionsdauer nach M AEBEL Abschnitt 7.1.1**

- Temporär kurzfristig (bis 0,5 Jahre bzw. 1 Vegetationsperiode)
- Temporär mittelfristig (> 0,5 bis 2 Jahre bzw. 2 Vegetationsperioden)
- Temporär langfristig (> 2 bis 5 Jahre bzw. 3-5 Vegetationsperioden)
- Dauerhaft (> 5 bis 25 Jahre)

Die tatsächlich erforderliche Funktionsdauer ist festzulegen.

**Mikrobielle Abbaubarkeit nach Funktionsdauer**

- Erforderlich
- Erwünscht
- Nicht erforderlich

**Standortbedingungen** (Vom Ausschreibenden anzugeben) **Höhenlage**

- Angabe: ... m. ü. N.N.

 **Mittlerer Jahresniederschlag und Starkregen nach KOSTRA-DWD**

- Angabe: mittlerer Jahresniederschlag ... mm
- Angabe: Starkniederschlag ... mm, mit Angabe der Zeitdauer

 **Böschungslänge in Längsrichtung**

- Längenangabe: ... m

 **Böschungsneigung / Steigungsverhältnis**

- Flacher als 1:2
- 1:2 bis 1:1,5
- Steiler als 1:1,5

 **Böschungshöhe**

- Von ... bis ... m

 **Böschungslänge in der Abwicklung (Falllinie)**

- Von ... bis ... m

 **Exposition**

- Süd / Süd-West / West / ....

 **Bauweise**

- Damm
- Einschnitt

 **Bodenverhältnisse**

- Oberboden:
  - » Bodengruppen 1-10 nach DIN 18915, Schichtdicke: ... cm
- Rohboden / Unterboden:
  - » Homogenbereiche nach DIN 18300, differenziert durch Angabe von:
    - Ortsübliche Bezeichnung
    - Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern nach DIN 18123
    - Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1
    - Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2
    - Undrännierte Scherfestigkeit nach DIN 22476-9 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2
    - Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1
    - Plastizitätszahl nach DIN 18122-1
    - Konsistenzzahl nach DIN 18122-1
    - Lagerungsdichte: Def. nach DIN EN ISO 14688-2, Bestimmung nach DIN 18126

- Organischer Anteil nach DIN 18128
- Bodengruppen nach DIN 18196

**Fremdwasser**

- Mit Fremdwassereintrag
- Ohne Fremdwassereintrag

**Bieterangaben** (Vom Bieter anzugeben)

Es dürfen nur Produkte angeboten werden, die wie folgt beschrieben und gekennzeichnet sind:

- Produktbeschreibung / Datenblatt gemäß M AEBEL Tabelle 10.1
- Produktkennzeichnung, z.B. Verpackungsetikett, Rollenummer
- Kennzeichnung von Rollenwaren nach DIN EN ISO 10320 (ausgenommen fortlaufende Rollenkennzeichnung)
- Identifikationskriterien, z.B. Masse pro Flächeneinheit, Öffnungsweite, Rollenlänge und -breite, müssen in der Produktkennzeichnung enthalten sein.

Das Angebot muss folgende Angaben enthalten:

- Angebotenes Produkt: .....
- Lieferant: .....
- Art der Befestigung
  - Fixierung: Material: ..... Anzahl: ... .....St. pro m<sup>2</sup>
  - Verankerung/ Einbindegraben: ja / nein  Wenn ja, Längenangabe: ..... m

Die Produktbeschreibung des Inverkehrbringers (z.B. Hersteller) sowie die Einbau- bzw. Verlegeanleitung des angebotenen Produkts sind beizufügen!

**Pos. 2 Begrünung für den technischen Erosionsschutz aus Pos. 1** **Art der Begrünung, Mehrfachauswahl möglich**

- Ansaat (Trocken- oder Nass-Ansaat)
- Rollrasen / Fertigrasen
- Begrünungsmatte
- Vegetationsmatte
- Bepflanzung

**Weitere Funktionale Anforderungen (Vom Ausschreibenden anzugeben)** **Erosionsschutzwirkung der Vegetation**

- Keine (technischer Erosionsschutz muss den Erosionsschutz vollständig übernehmen)
- Oberfläche (Rohboden / Oberboden)
- Oberbodenauftrag bis ..... cm Dicke (max. 40 cm) gegen Abrutschen

 **Erwartete Funktionsübernahme durch Vegetation (Nur, wenn die Vegetation eine Schutzwirkung übernimmt)**

- nach .... Vegetationsperiode(n)  
Korrespondiert mit der Funktionsdauer des technischen Erosionsschutzes aus Pos. 1

 **Vegetation**

- Ansaaten (Gräser mit Kräuteranteil)
  - » RSM 7.1.2 und RSM 7.2.2 (Aufbringungsmenge ca. 5-10 g/m<sup>2</sup>)
  - » Mischungen mit Kräuter-Anteil 10 - 30 Gew.-%, davon  $\geq 1/3$  tiefwurzelnende Arten mit Anteil an zweijährigen Kräutern, Aufbringungsmenge: ca. 5 g/m<sup>2</sup>
  - » Mischungen mit Kräuter-Anteil 30 - 50 Gew.-%, davon  $\geq 1/3$  tiefwurzelnende Arten mit Anteil an zweijährigen Kräutern, Aufbringungsmenge: ca. 5 g/m<sup>2</sup>
- Pflanzungen
  - » Aus Anzuchtbetrieben gemäß DIN 18916 sowie „FLL-Gütebestimmungen für Baumschulpflanzen“ bzw. „FLL-Gütebestimmungen für Stauden“
  - » Aus Wildbeständen und Pflanzungen gemäß DIN 18916

 **Saatgut- und Pflanzenherkunft**

- Pflanz- und Saatgut aus gebietseigener Herkunft (Regio)
- Kein Regio

**Standortbedingungen** gemäß Pos. 1

**Bieterangaben** (Vom Bieter anzugeben)

- Angebotene bzw. verwendete Saatgut-Mischung:  
Artenliste, Gewichtsanteile
- Lieferant:.....
- Angebotenes bzw. verwendetes Pflanzgut:  
Artenliste, Stückzahl, Qualität
- Lieferant:.....

Für Ansaaten zusätzlich anzugeben:

- Art der Ansaat: Trockenansaat  / Nass-Ansaat   
Aussaatmenge:.....g/m<sup>2</sup>.

Für Nass-Ansaat zusätzlich anzugeben:

- Art des Klebstoffs:.....
- Art und Menge des Düngemittels (inkl. Anteile N, P, K, Mg):.....
- Art und Menge enthaltener Bodenhilfsstoffe:.....
- Art und Menge enthaltener Mulchstoffe:.....
- Art und Menge enthaltener Substrate:.....

Die Zusammensetzung und das Mischungsverhältnis der angebotenen bzw. verwendeten Saatgut-Mischung sind beizufügen! Regiosaatgut ist durch einschlägige Zertifizierungssysteme nach FLL Empfehlungen für Begrünungen mit gebietseigenem Saatgut nachzuweisen.

## Anlage 9.1: Checkliste - Flächen und Böschungen

| <b>Bauvorbereitung</b>  | <b>Aufstellung der Ausschreibungsunterlagen</b>   |
|---|---|
| <b>Beschreibung der Baumaßnahme:</b>                                    | Beschreibung der Anwendung: zu schützende Fläche  |
| - Allgemeine Beschreibung der Rahmenbedingungen:                        | - Böschungsneigung und -länge<br>- Exposition<br>- Klimatische Bedingungen<br>- Zeitraum der Bauausführung<br>- Standsicherheit der Böschung (muss immer gegeben sein)<br>- Oberboden auf Rohboden mit Verzahnung<br>- Ebenheit der Oberfläche als Auflager des Erosionsschutzproduktes<br>- ...  |
| - vorgesehene Funktionsdauer der technischen Erosionsschutzkomponente:  | z.B. temporär mittelfristig (0,5-2 Jahre)   |
| - Boden- und Grundwasserverhältnisse:                                   | - Boden in zu schützender Fläche (z.B. Rohboden, Oberboden)<br>- zu erwartende Verformungen<br>- Erosionsempfindlichkeit<br>- Wasserzusickeung: z.B. lokale Wasseraustritte, Schichtwasser<br>- ...   |
| - besondere Umgebungsbedingungen:                                       | - natürliche Böden<br>- bindemittelbehandelte Böden<br>- Recyclingbaustoffe<br>- Industrielle Nebenprodukte<br>- Wasserchemismus<br>- ...   |
| - Sonstige Anforderungen:   | - Auswahl und Einbau produkt- und projektabhängig nach M AEBEL<br>- Vorgesehenes Erosionsschutzprodukt / Erosionsschutzsystem<br>- Art der Fixierung<br>- Mit / ohne Übererdung<br>- vorgesehene Art der Begrünung:<br>- Oberbodenauftrag (mit Verzahnung)<br>- Nass-Ansaat / Trockenansaat / Bepflanzung<br>- Saatgut in Begrünungsmatte enthalten<br>- Art des Saatgutes (z.B. RSM / Regiosaatgut)<br>- Pflanzenherkunft (gebietseigen / gebietsfremd)<br>- Maßnahmen der Fertigstellungspflege (z.B. Bewässerung, Mahd)<br>- ... |
| - Auswahl Erosionsschutzprodukt/-system:                                | Überprüfung des ausgeschriebenen Produkts / Systems nach M AEBEL  |
| <b>Angebotswertung</b>  |   |
| - Überprüfen angebotenes Produkt / System:                              | Übereinstimmung mit den Anforderungen der Leistungsbeschreibung   |
| <b>Bauausführung</b>  |   |
| <b>Überprüfen:</b>  | <b>Überprüfen:</b>  |
| - Feststellung der Baustellensituation inkl. geotechnische Untersuchung | - Übereinstimmung der Planung (insbes. örtliche Boden- und Grundwasserverhältnisse und Rahmenbedingungen) mit der Baustellensituation<br>- Überprüfung der Vorunternehmerleistungen (z.B. Erdbau)<br>- Verzahnung Oberboden auf Rohboden<br>- ...   |
| - Unterlage/Auflager des Erosionsschutzproduktes:                       | - Verdichtung<br>- Planum / Ebenheit<br>- ...   |

|   |   |
|---|---|
| - Bauablauf:                                    | - Auswirkungen von Abweichungen von dem vorgesehenen Bauzeitenplan (Baufristen) auf Produkte und Begrünung<br>- künstliche Bewässerung erforderlich/vorgesehen<br>- ...   |
| <b>Überprüfen geliefertes Produkt:</b>          | Übereinstimmung mit Leistungsbeschreibung, mit Anforderungen der Baustelle, mit Angebot   |
| - Produktbeschreibung und Produktkennzeichnung: | - Produktbeschreibung<br>- Produktkennzeichnung, z.B. Verpackungsetikett, Rollnummer<br>- Kennzeichnung von Rollenwaren nach DIN EN ISO 10320 (ausgenommen fortlaufende Rollen Kennzeichnung)<br>- Identifikationskriterien, z.B. Masse pro Flächeneinheit, Öffnungsweite, Rollenlänge und -breite, müssen in der Produktkennzeichnung enthalten sein.<br>- ... |
| <b>Wareneingangsprüfung:</b>                    | Mit einfachen Prüfungen sind identifizierende Produktkennwerte (z.B. Masse pro Flächeneinheit, Rollengewicht oder Öffnungsweite) auf der Baustelle stichprobenartig als Grundlage zur Freigabe zum Einbau zu bestimmen.   |
| <b>Überprüfen Einbau:</b>                       | Nach Leistungsbeschreibung und nachrangig Herstellerangaben<br>- Verlegeart und Fixierung<br>- Begrünungsarbeiten (z.B. Saatgutmenge, Pflanzenstückzahl)<br>- ...   |
| <b>Abnahme:</b>                                 | - Abnahmefähiger Zustand des Erosionsschutzsystems nach Leistungsbeschreibung<br>- Abnahmefähiger Zustand für Begrünung gemäß DIN 18916 für Pflanzarbeiten, DIN 18917 für Ansaaten, DIN 18918 für ingenieurbioologische Bauweisen (z.B. Faschinen)  |
| <b>Instandhaltung</b>                           | Inspektion, Wartung und Pflege  |
| - Inspektion und Wartung                        | - Flächenschluss überprüfen<br>- Fixierung überprüfen<br>- Erosionserscheinungen unter dem Produkt<br>- ...   |
| - Pflege der Begrünung                          | Maßnahmen zur Entwicklungs- und Unterhaltungspflege<br>- Bewässerung in Trockenphasen<br>- Nachsaat und Nachpflanzungen bei Vegetationsausfall<br>- Mahd<br>- ...   |

## Anlage 9.2: Checkliste - periodisch wasserführende Entwässerungseinrichtungen

| <b>Bauvorbereitung</b>  | <b>Aufstellung der Ausschreibungsunterlagen</b>   |
|---|---|
| <b>Beschreibung der Baumaßnahme:</b>                                    | Beschreibung der Anwendung: zu schützende Fläche, Art der periodisch wasserführenden Entwässerungseinrichtung   |
| - Allgemeine Beschreibung der Rahmenbedingungen:                        | - Böschungsneigung und -länge<br>- Exposition<br>- Klimatische Bedingungen<br>- Zeitraum der Bauausführung<br>- Standsicherheit der Böschung (muss immer gegeben sein)<br>- Oberboden auf Rohboden mit Verzahnung<br>- Ebenheit der Oberfläche als Auflager des Erosionsschutzproduktes<br>- Abflussverhältnisse, Fließgeschwindigkeit<br>- Sohlgefälle<br>- ...  |
| - vorgesehene Funktionsdauer der technischen Erosionsschutzkomponente:  | z.B. temporär mittelfristig (0,5-2 Jahre)   |
| - Boden- und Wasserverhältnisse:  | - Boden in zu schützender Fläche (z.B. Rohboden, Oberboden)<br>- zu erwartende Verformungen<br>- Erosionsempfindlichkeit<br>- Höhe Grundwasserspiegel<br>- Wasserzulauf (z.B. punktuell, linear, flächig)<br>- ...  |
| - besondere Umgebungsbedingungen:                                       | - natürliche Böden<br>- bindemittelbehandelte Böden<br>- Recyclingbaustoffe, industrielle Nebenprodukte<br>- Flora und Fauna (z.B. Zugang für Amphibien, Pflanzgebote)<br>- Wasserchemismus (z.B. Qualität zu bewirtschaftendes Wassers, Grundwasser)<br>- ...  |
| - Sonstige Anforderungen:   | - Auswahl und Einbau produkt- und projektabhängig nach M AEBEL<br>- Vorgesehenes Erosionsschutzprodukt / Erosionsschutzsystem<br>- Art der Fixierung<br>- Mit / ohne Übererdung<br>- vorgesehene Art der Begrünung:<br>- Oberbodenauftrag (mit Verzahnung)<br>- Nass-Ansaat / Trockenansaat / Bepflanzung<br>- Saatgut in Begrünungsmatte enthalten<br>- Art des Saatgutes (z.B. RSM / Regiosaatgut)<br>- Pflanzenherkunft (gebietseigen / gebietsfremd)<br>- Maßnahmen der Fertigstellungspflege (z.B. Bewässerung, Mahd)<br>- ... |
| - Auswahl Erosionsschutzprodukt/-system:                                | Überprüfung des ausgeschriebenen Produkts / Systems nach M AEBEL  |
| <b>Angebotswertung</b>  |   |
| - Überprüfen angebotenes Produkt / System:                              | Übereinstimmung mit den Anforderungen der Leistungsbeschreibung   |
| <b>Bauausführung</b>  | <b>Überprüfen:</b>  |
| - Feststellung der Baustellensituation inkl. geotechnische Untersuchung | - Übereinstimmung der Planung (insbes. örtliche Boden- und Wasserverhältnisse und Rahmenbedingungen) mit der Baustellensituation<br>- Überprüfung der Vorunternehmerleistungen (z.B. Erdbau)<br>- Verzahnung Oberboden auf Rohboden<br>- ...  |
| - Unterlage/Auflager des Erosionsschutzproduktes:                       | - Verdichtung<br>- Planum / Ebenheit  |

|   |   |
|---|---|
|   | - ...   |
| - Bauablauf:                                    | - Auswirkungen von Abweichungen von dem vorgesehenen Bauzeitenplan (Baufristen) auf Produkte und Begrünung<br>- Bauen im Trockenen oder unter periodischen Abflussereignissen<br>- künstliche Bewässerung erforderlich/vorgesehen<br>- ...  |
| <b>Überprüfen geliefertes Produkt:</b>          | Übereinstimmung mit Leistungsbeschreibung, mit Anforderungen der Baustelle, mit Angebot   |
| - Produktbeschreibung und Produktkennzeichnung: | - Produktbeschreibung<br>- Produktkennzeichnung, z.B. Verpackungsetikett, Rollnummer<br>- Kennzeichnung von Rollenwaren nach DIN EN ISO 10320 (ausgenommen fortlaufende Rollenkennzeichnung)<br>- Identifikationskriterien, z.B. Masse pro Flächeneinheit, Öffnungsweite, Rollenlänge und -breite, Abmessungen Faschinen und Walzen müssen in der Produktkennzeichnung enthalten sein.<br>- ... |
| <b>Wareneingangsprüfung:</b>                    | Mit einfachen Prüfungen sind identifizierende Produktkennwerte (z.B. Masse pro Flächeneinheit, Rollengewicht oder Öffnungsweite) auf der Baustelle stichprobenartig als Grundlage zur Freigabe zum Einbau zu bestimmen.   |
| <b>Überprüfen Einbau:</b>                       | Nach Leistungsbeschreibung und nachrangig Herstellerangaben<br>- Verlegeart und Fixierung<br>- Begrünungsarbeiten (z.B. Saatgutmenge, Pflanzenstückzahl)<br>- ...   |
| <b>Abnahme:</b>                                 | - Abnahmefähiger Zustand des Erosionsschutzsystems nach Leistungsbeschreibung<br>- Abnahmefähiger Zustand für Begrünung gemäß DIN 18916 für Pflanzarbeiten, DIN 18917 für Ansaaten, DIN 18918 für ingenieurbioologische Bauweisen (z.B. Faschinen)  |
|   |   |
| <b>Instandhaltung</b>                           | Inspektion, Wartung und Pflege  |
| - Inspektion und Wartung                        | - Flächenschluss überprüfen<br>- Fixierung überprüfen<br>- Erosionserscheinungen unter dem Produkt<br>- ...   |
| - Pflege der Begrünung                          | Maßnahmen zur Entwicklungs- und Unterhaltungspflege<br>- Bewässerung in Trockenphasen<br>- Nachsaat und Nachpflanzungen bei Vegetationsausfall<br>- Mahd<br>- ...   |

## Anlage 10.1: Verhalten von Erosionsschutzprodukten bei niedrigen und erhöhten Temperaturen

### *Anwendungsbereich*

Dieses Prüfverfahren beschreibt die Bestimmung der Zugeigenschaften, der Verbindungseigenschaften und der Druckeigenschaften von Geokunststoffen bei niedrigen und erhöhten Temperaturen, unter Verwendung von Zugversuchen am breiten Streifen, Prüfungen interner struktureller Verbindungen von Geozellen und Druckprüfungen. Dieses Verfahren ist für die meisten Geokunststoffe anwendbar und ist für die Handhabung und den Einbau relevant.

### *Begriffe und Definitionen*

#### **Standard-Zugdehnung** $\varepsilon_{STD}$

Verhältnis der Zunahme des Abstands zwischen den Klemmen während eines Zugversuchs zum Abstand zwischen den Klemmen bei Vorlast, ausgedrückt in Prozent

#### **Stauchung** $\varepsilon$

Verhältnis der Dickenreduzierung des Prüfkörpers zu seiner Ausgangsdicke  $d_0$ , gemessen in Belastungsrichtung bei einer Spannung von 5 kPa und ausgedrückt in Prozent

#### **Stauchung** bei einer definierter Druckspannung $\varepsilon_\sigma$

Verhältnis der Dickenabnahme des Prüfkörpers zu seiner Ausgangsdicke  $d_0$  bei einer bestimmten Druckspannung, gemessen in Belastungsrichtung ausgedrückt in Prozent

#### **Standard-Zugdehnung** bei maximaler Belastung $\varepsilon_{STD\ max}$

Verhältnis der Zunahme des Abstands zwischen den Klemmen bei maximaler Belastung in einem Zugversuch zum Abstand zwischen den Klemmen bei Vorlast, ausgedrückt in Prozent

#### **Zugfestigkeit** bei vorgegebener Temperatur $T_{maxT}$

Maximale Zugkraft pro Meter Breite, die der Probekörper während eines Zugversuchs bei einer bestimmten Prüftemperatur aufnehmen kann, in Kilonewton pro Meter (kN/m)

#### **Restzugfestigkeit** $R_T$

Verhältnis der Zugfestigkeit  $T_{maxT}$  bei einer bestimmten Temperatur und der Zugfestigkeit  $T_{max}$  (bei 20°C)

#### **Zug-Scherkraft für Geozellen (Methode A)** bei vorgegebener Temperatur $F_{tsT}$

Maximale Zug-Scherkraft, die der Probekörper während eines Zug-Scherversuchs bei einer bestimmten Prüftemperatur aufnehmen kann, in Newton (N)

#### **Schälkraft an Geozellen (Methode B)** bei vorgegebener Temperatur $F_{pT}$

Maximale Schälkraft, die der Probekörper während eines Schälversuchs bei einer bestimmten Prüftemperatur aufnehmen kann, in Newton (N)

#### **Spaltzugprüfung für Geozellen (Methode C)** bei vorgegebener Temperatur $F_{splitT}$

Maximale Spaltzugkraft, die der Probekörper bei einem Spaltzugversuch bei einer bestimmten Prüftemperatur aufnehmen kann, in Newton (N)

**Kraft gegen örtliche Überbeanspruchung für Geozellen (Methode D)** bei vorgegebener Temperatur  $F_{loT}$

Maximale Kraft, die der Probekörper während einer lokalen Überlastungsprüfung bei einer bestimmten Prüftemperatur aufnehmen kann, in Newton (N)

**Druckfestigkeit** bei vorgegebener Temperatur  $\sigma_{\max T}$

Kurzzeitdruckfestigkeit als Quotient der Höchstdruckkraft  $F_{\max}$  und der ursprünglichen Querschnittsfläche des Probekörpers bei einer vorgegebenen Prüftemperatur, in Kilonewton pro Quadratmeter (kN/m<sup>2</sup>)

**Restdruckfestigkeit**  $R_{\sigma}$

Verhältnis der Druckspannung  $\sigma_{\max T}$  bei einer vorgegebenen Temperatur und der Druckspannung  $\sigma_{\max}$  (bei 20°C)

### **Ausführung**

Das Prüfverfahren simuliert die Auswirkungen der Temperatur auf die physikalischen Eigenschaften von Geokunststoffen.

Das Prüfverfahren orientiert sich an spezifischen Zug- oder Druckversuchen.

Die Prüfungen werden in einer Universalprüfmaschine mit einer Kammer für niedrige oder erhöhte Temperaturen durchgeführt.

Die Kammer muss für eine Temperaturregelung mit einer Genauigkeit von  $\pm 2$  °C der angegebenen Prüftemperatur geeignet sein. Die Temperatur muss kontrolliert und aufgezeichnet werden. Die Lufttemperatur im Inneren der Kammer sollte in Höhe des zu prüfenden Prüfkörpers gemessen werden. Die Kammer muss eine ausreichende Größe haben, um die Prüfungen mit der entsprechenden Belastungseinrichtung durchführen zu können. Der Prüftemperaturbereich der Kammer muss mindestens zwischen -40 °C und +60 °C liegen.

Die Anzahl und die Abmessungen der Probekörper sowie die Vorbereitung der Probekörper müssen den Anforderungen der spezifischen Prüfnormen EN ISO 10319, EN ISO 13426-1 und EN ISO 25619-2 entsprechen.

Probekörper, die bei niedriger oder erhöhter Temperatur geprüft werden sollen, müssen in der Kammer der Universal-Zugprüfmaschine konditioniert werden, die auf die Prüftemperatur mit einer Genauigkeit von  $\pm 2$  °C gehalten wird.

Es ist eine Wartezeit von 15 min pro 1 mm Dicke vor Testbeginn einzuhalten.

### **Berechnungen**

Zusätzlich zu den Standardprüfverfahren für Zug- und Druckprüfungen sind folgende Werte zu berechnen:

**Restzugfestigkeit** in Prozent bei einer vorgegebenen Temperatur im Vergleich zu Prüfungen bei 20 °C

Restzugfestigkeit  $R_{TT}$ , berechnet für z.B. -30°C.

$$R_{T-30^{\circ}\text{C}} = \frac{T_{\max-30^{\circ}\text{C}}}{T_{\max}} \cdot 100 \quad (1)$$

**Restdruckfestigkeit** in Prozent bei einer vorgegebenen Temperatur im Vergleich zu Prüfungen bei 20 °C

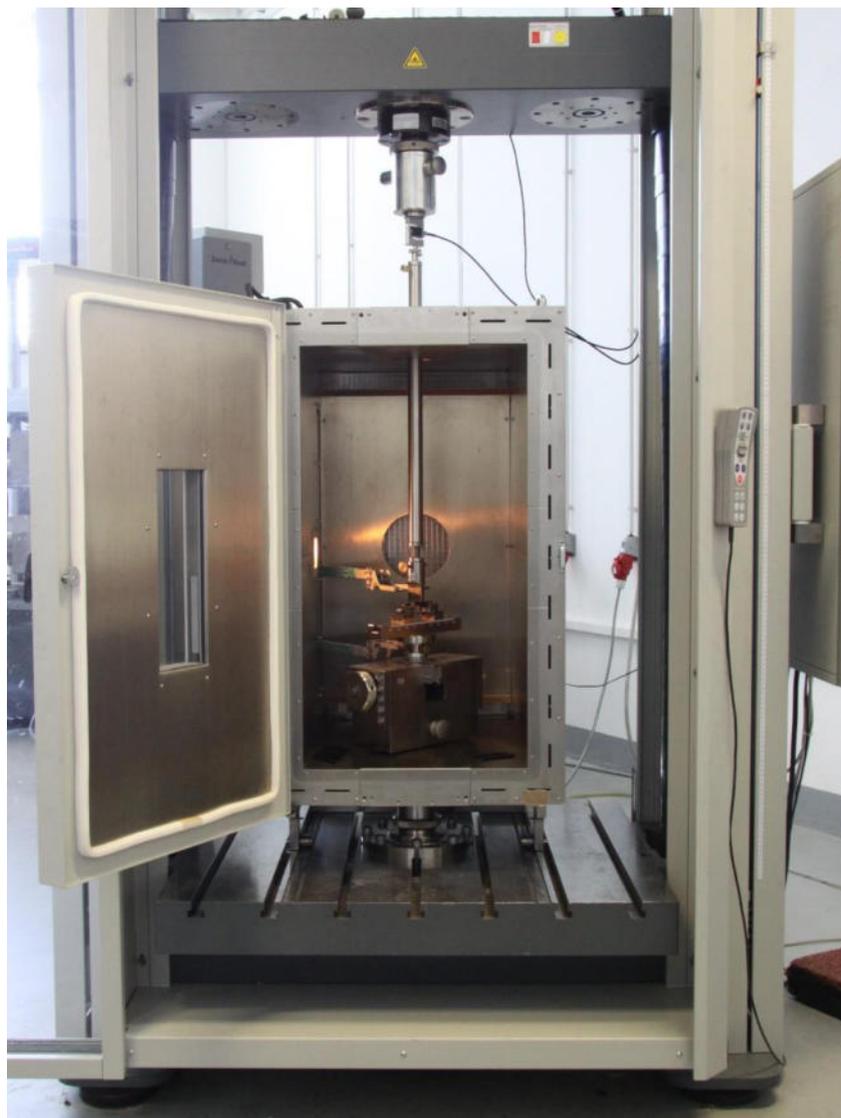
Restdruckfestigkeit  $R_{\sigma T}$ , berechnet für z.B. -30°C.

$$R_{\sigma-30^{\circ}\text{C}} = \frac{\sigma_{\text{max}-30^{\circ}\text{C}}}{\sigma_{\text{max}}} \cdot 100 \quad (2)$$

### **Prüfbericht**

Der Prüfbericht muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- Verweisung auf diese Spezifikation und auf dieses Verfahren;
- Prüflaboratorium;
- Kennzeichnung des geprüften Produktes;
- die mittlere Zugfestigkeit und Restzugfestigkeit bei einer gegebenen Temperatur in MD und CMD und, falls erforderlich, die Einzelwerte, und, falls erforderlich, die mittlere Zugfestigkeit bei anderen Temperaturen;
- die mittlere Standard-Zugdehnung bei der maximalen Belastung bei einer gegebenen Temperatur sowohl in MD als auch in CMD sowie die Einzelwerte;
- die mittlere Druckfestigkeit und Restdruckfestigkeit bei einer gegebenen Temperatur und, falls erforderlich, die Einzelwerte und, falls erforderlich, die mittlere Druckfestigkeit bei anderen Temperaturen;
- die mittlere Druckstauchung bei maximaler Belastung bei einer gegebenen Temperatur und die Einzelwerte;
- die mittlere Druckstauchung bei einer definierten Spannung bei einer bestimmten Temperatur und die Einzelwerte;
- die mittlere Zugscherkraft / Schälkraft / Spaltzugkraft / Kraft gegen örtliche Überbeanspruchung für Geozellen (Methode A-D) bei einer gegebenen Temperatur, in der jeweiligen Richtung;
- die Standardabweichung oder der Variationskoeffizient jeder der ermittelten Eigenschaften;
- die Prüftemperatur;
- Anzahl der Messproben;
- Prüfdauer;
- Prüfdatum.



**Bild A10.1.1:** Universalprüfmaschine mit einer Kammer für niedrige oder erhöhte Temperaturen  
(Foto: SKZ – Testing GmbH)

## Anlage 10.2: Bestimmung des Öffnungsdurchmessers von Erosionsschutzprodukten

### Anwendungsbereich

Es werden die Öffnungen in Erosionsschutzprodukten bestimmt, indem diese als Sieb für Glaskugeln verwendet werden.

### Begriffe und Definitionen

#### Öffnungsdurchmesser OD

90% der Öffnungen eines Geokunststoffs sind kleiner als der Öffnungsdurchmesser (OD).

### Ausführung

Die Korngrößenverteilung eines Glaskugelgemisches wird nach dem Durchsieben einer unbelasteten Einzellage eines Erosionsschutzproduktes als Sieb im Trockensiebprinzip bestimmt. Der Öffnungsdurchmesser entspricht einem definierten Durchmesser der durchgegangenen Glaskugeln.

Zunächst wird das Glaskugelgemisch mit dem zu prüfenden Produkt gesiebt (Handsiebung). Danach wird die Korngrößenverteilung des Durchgangs mit einer Siebmaschine in Anlehnung an EN ISO 12956 ermittelt.

Die Größenverteilung der Glaskugelmischung ist in Tabelle 1 definiert.

**Tabelle A10.2.1: Glaskugelmischung (Nominalwerte)**

| Durchmesser der Glaskugeln [mm] | Gewichtsvorgabe [g] |
|---------------------------------|---------------------|
| 1,0 – 1,2                       | 80 ± 2              |
| 2,0                             | 120 ± 2             |
| 4,0                             | 120 ± 2             |
| 6,0                             | 150 ± 3             |
| 8,0                             | 150 ± 3             |
| 10,0                            | 170 ± 3             |
| 12,0                            | 150 ± 3             |
| 14,0                            | 150 ± 3             |
| 16,0                            | 150 ± 3             |
| 18,0                            | 150 ± 3             |
| 20,0                            | 150 ± 3             |

Es sind mindestens drei Probekörper in der Größe 330 mm x 250 mm ± 1% zu schneiden. Die Probekörper sind für 24 h nach EN ISO 291 (Normklima 23/50, Klasse 1) zu konditionieren.

Der Probekörper ist über der Öffnung des Kunststoffgefäßes zu fixieren. Das Glaskugelgemisch wird auf die Oberfläche des Probekörpers gelegt und von Hand mit mäßig kreisenden Bewegungen gesiebt (Abbildung 1).

Der Behälter für die Handsiebung muss aus Kunststoff hergestellt sein. Im Inneren des Behälters muss ein Stahldrahtgeflecht (Maschenweite: 50 mm x 50 mm) für eine

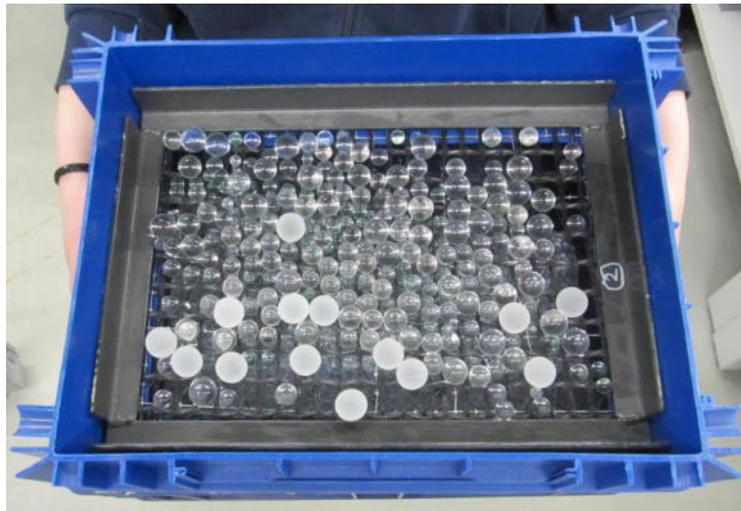
gleichmäßige und stabile Auflage der Prüfkörper sorgen. Ein Metallrahmen (lichte Innenmaße: 303 mm x 210 mm; Gewicht: 1,3 kg) soll die Prüfkörper im Gefäß fixieren.

Die Innenabmessungen des Kunststoffgefäßes sind: 340 mm x 260 mm; (Länge x Breite).

Die Gesamthöhe des oberen Teils, mit Öffnung, beträgt 66,5 mm. Die Gesamthöhe des Unterteils beträgt 132 mm mit einer lichten Tiefe von 122 mm.

Die lichten Maße der Öffnung betragen 300 mm mal 200 mm.

Alle Maße sind mit einer Toleranz von  $\pm 1\%$  angegeben.



**Bild A10.2.1:** Bestimmung des Öffnungsdurchmessers eines Produkts (Foto: SKZ – Testing GmbH)

Für die Siebmaschine sind folgende Maschenweiten zu verwenden: 2,00 mm / 3,55 mm / 5,00 mm / 7,10 mm / 9,00 mm / 10,00 mm / 11,20 mm / 13,20 mm / 16,00 mm / 19,00 mm.

### **Berechnung**

Die Größenverteilung der durchlaufenen Glaskugeln ist zu bestimmen und als Summenkurve in ein halblogarithmisches Koordinatensystem einzuzeichnen. Der Öffnungsdurchmesser ist definiert als die Größe der Partikel bei 90% Gewicht in der Kurve.

Der mittlere Öffnungsdurchmesser (OD) wird als arithmetisches Mittel aus drei Einzelwerten bestimmt.

### **Prüfbericht**

Der Prüfbericht muss die folgenden Informationen enthalten:

- Verweisung auf diese Spezifikation und auf dieses Verfahren;
- Prüflaboratorium;
- Kennzeichnung des geprüften Produktes;
- verwendete Klimabedingungen;
- Anzahl der Probekörper;
- die Prüfergebnisse: arithmetisches Mittel des Öffnungsdurchmessers (OD), grafische Darstellung der Ergebnisse;
- ggf. Bemerkungen, wie z.B. Abweichungen von der festgelegten Vorgehensweise, Besonderheiten bei der Qualität der Materialien und/oder der Probekörper.

## Anlage 10.3: Prüfverfahren Bestimmung Erdfüllungsrate von Erosionsschutzprodukten

### *Anwendungsbereich*

Dieses Prüfverfahren beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der Erdfüllungsrate von Erosionsschutzprodukten. Die Ergebnisse können in technischen Datenblättern verwendet werden.

### *Kurzbeschreibung*

Eine Kontrollmessprobe wird auf einer geneigten Ebene platziert (Bild 1) und mit Glaskugeln mit definiertem Durchmesser befüllt (Bild 2). Der Gewichtsunterschied vor und nach der Prüfung definiert die Erdfüllungsrate. Das Ergebnis wird in  $[\text{kg}/\text{m}^2]$  angegeben.

### *Ausführung*

#### Prüfeinrichtung

- Geneigte Ebene (260 mm × 400 mm)
- Zwei Metallprofile (30 mm × 400 mm) zur Befestigung der geneigten Ebene
- Glaskugeln mit definierten Durchmessern (2 mm, 4 mm, 6 mm)
- Metallkasten mit einem Schlitz (200 mm × 7 mm)
- Gefäße
- Prüfsiebe

#### *Kontrollmessprobe*

Für die Prüfung sind 3 Kontrollmessproben mit den Maßen 200 mm × 260 mm × 400 mm vorzubereiten. Die Kontrollmessproben müssen für 24 Stunden in Übereinstimmung mit EN ISO 291 (Normalklima 23/50, Klasse 1) konditioniert werden.



*Bild A10.3.1: Geneigte Ebene (Foto: SKZ – Testing GmbH)*



**Bild A10.3.2:** Kontrollmessprobe gefüllt mit Glaskugeln auf der geneigten Ebene (Foto: SKZ – Testing GmbH)

### Verfahren

Die Glaskugeln werden zur Bestimmung der Erdfüllungsrate verwendet. Die Korngrößenverteilung der Glaskugelmischung ist wie folgt definiert.

Durchmesser der Glaskugeln in mm mit Angabe des vorgegebenen Gewichts in Gramm für die Glaskugelmischung (Nennwert):

2,0 mm: (500 ± 2) g

4,0 mm: (500 ± 2) g

6,0 mm: (500 ± 2) g

Bei dieser Prüfung wird die Kontrollmessprobe an verschiedenen Punkten der geneigten Ebene befestigt. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Kontrollmessprobe flach auf der geneigten Ebene liegt. Die geneigte Ebene wird in einem Winkel von 37 Grad aufgehängt. Anschließend wird die Glaskugelmischung auf die Oberfläche der Kontrollmessprobe gegeben. Hierzu wird der geschlitzte Kasten mit der eingefüllten Glaskugelmischung von oben nach unten entlang der Metallprofile der geneigten Ebene bewegt. Der Kasten ist mehrmals zu bewegen, bis sich die Glaskugeln auf der Messprobe befinden (Bild 3). Die Füllzeit muss (15 ± 5) Sekunden betragen.



**Bild A10.3.3:** Befüllen der Kontrollmessprobe (Foto: SKZ – Testing GmbH)

**Berechnung**

Nach dem Füllprozess wird die Kontrollmessprobe zusammen mit der Einrichtung und den Glaskugeln gewogen. Das Bruttogewicht wird von dem Gewicht der Kontrollmessprobe und des Geräts vor der Befüllung abgezogen. Das Gewicht der Glaskugeln auf der freiliegenden Oberfläche der Kontrollmessprobe (hier 200 mm × 400 mm) beschreibt die Erdfüllungsrate. Diese ist definiert als flächenbezogenes Gewicht der Glaskugeln in [kg/m<sup>2</sup>].

Falls erforderlich, kann die Korngrößenverteilung der in der Kontrollmessprobe verbliebenen Glaskugelmischung bestimmt und angegeben werden.

Das arithmetische Mittel von 3 einzelnen Werten wird berechnet.

**Prüfbericht**

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- eine Bestätigung, dass die Prüfung gemäß diesem Dokument durchgeführt wurde;
- die Kennzeichnung der Probe, das Datum des Erhalts der Probe und das Prüfdatum oder die Prüfzeitspanne;
- angewendete Klimabedingungen;
- Anzahl der Kontrollmessproben;
- arithmetisches Mittel der Erdfüllungsrate;
- falls erforderlich, Anmerkungen zur Qualität der Materialien und/oder der Kontrollmessproben;
- und jegliche Abweichungen von dem definierten Verfahren.

## Anlage 10.4: Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens von Erosionsschutzprodukten

### Anwendungsbereich

Es wird die Fähigkeit von Produkten geprüft, Wasser entweder auf (Retention) oder in (Absorption) dem Material durch Eintauchen in Wasser zurückzuhalten.

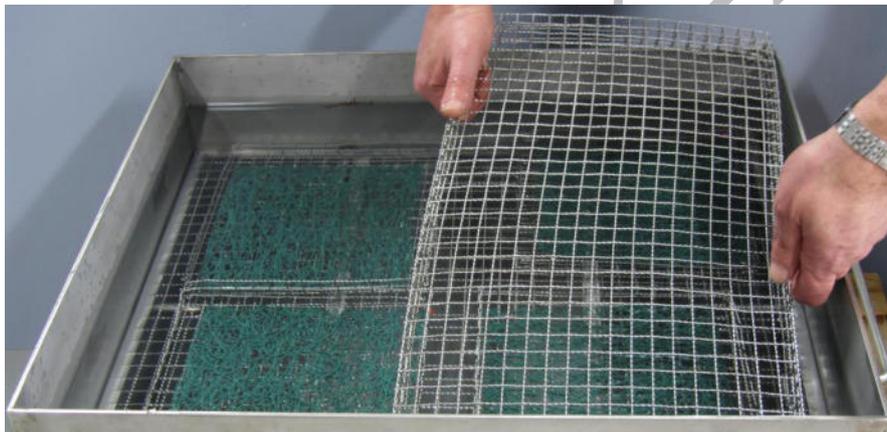
### Begriffe und Definitionen

#### Wasserrückhaltevermögen WRV

Retentionswasser in Liter pro Quadratmeter

### Ausführung

Das Wasserrückhaltevermögen eines Probekörpers ist nach 6 h Lagerung in entmineralisiertem Wasser zu bestimmen. Die Probekörper werden in einem Drahtkorb der Größe 205 mm mal 205 mm in einem Behälter gelagert.



*Bild A10.4.1: Testaufbau zur Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens durch Eintauchen (Foto: SKZ – Testing GmbH)*

Es sind mindestens drei Probekörper in der Größe 200 mm x 200 mm  $\pm 1\%$  zu schneiden. Die Probekörper sind 24 h lang nach EN ISO 291 (Normklima 23/50, Klasse 1) zu konditionieren.

Nach dem Einlegen jedes Prüfkörpers in einen Drahtkorb und der Akklimatisierung wird das Trockengewicht von beiden zusammen bestimmt. Anschließend werden die Drahtkörbe mit je einem Prüfkörper 6 h  $\pm 0,25$  h in entmineralisiertem Wasser (Grad 2 oder Grad 3 nach EN ISO 3696) mit einem Wasserspiegel von mindestens 2 cm über den Prüfkörpern eingeweicht. Für die Bestimmung des Gewichts im nassen Zustand werden die Proben nach dem Einweichen 10 min  $\pm 10$  s lang außerhalb des Gefäßes in horizontaler Lage auf einem Drahtgitter abgetropft, bevor sie gewogen werden.

### Berechnung

Aus der Differenz zwischen dem Gewicht im trockenen Zustand und dem Gewicht im nassen Zustand kann das Wasserrückhaltevermögen berechnet werden. Für die Berechnungen muss das Gewicht der Drahtkörbe nass bzw. trocken berücksichtigt werden.

Das Wasserrückhaltevermögen (WRC) in  $l/m^2$  wird wie folgt berechnet:

$$\text{WRC (in } l/m^2) = \frac{m_E - m_0}{\rho_w \cdot A} \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

$$m_0 = m_{EP,d} - m_{DK,d} \quad (2)$$

$$m_E = m_{EP,w} - m_{DK,w} \quad (3)$$

mit

- $\rho_w$  spezifisches Gewicht des Wassers in  $g/cm^3$ , vereinfacht auf  $1,0 g/cm^3$   
 $A$  projizierte Fläche des Probekörpers in  $m^2$   
 $m_{EP,w}$  Gewicht Probekörper nass (nach Abtropfen) in g  
 $m_{DK,w}$  Gewicht Drahtkorb, nass (nach Abtropfen) in g  
 $m_{EP,d}$  Gewicht des Probekörpers, trocken in g, bezogen auf Standardatmosphäre (23/50)  
 $m_{DK,d}$  Gewicht des Drahtkorbes, trocken in g, bezogen auf Normatmosphäre (23/50)  
 $m_0$  Gewicht des Drahtkorbes, trocken in g, bezogen auf Normatmosphäre (23/50)  
 $m_E$  Gewicht des Probekörpers in g, nach der Tauchzeit

Das mittlere Wasserrückhaltevermögen in  $l/m^2$  wird als arithmetisches Mittel von drei Einzelwerten ermittelt.

### **Prüfbericht**

Der Prüfbericht muss die folgenden Informationen enthalten:

- Verweisung auf diese Spezifikation und auf dieses Verfahren;
- Prüflaboratorium;
- Kennzeichnung des geprüften Produktes;
- verwendete Klimabedingungen;
- Anzahl der Probekörper;
- die Prüfergebnisse: arithmetisches Mittel des Wasserrückhaltevermögens in  $l/m^2$ ;

ggf. Bemerkungen, wie z.B. Abweichungen von der festgelegten Vorgehensweise, Besonderheiten bei der Qualität der Materialien und/oder der Probekörper.

## Anlage 10.5: Prüfverfahren Bestimmung der Schwelfestigkeit von Erosionsschutzprodukten

### *Anwendungsbereich*

Dieses Verfahren beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung des Schwelverhaltens von abbaubaren, nicht übererdeten Erosionsschutzprodukten.

Der Abstand zwischen einer gelöschten Zigarette und der maximale Schwelweg werden gemessen, um die Schwelfestigkeit der Kontrollmessprobe zu bestimmen. Materialien abbaubarer Erosionsschutzdecken können anfällig für Entflammbarkeit durch Zigaretten sein. Dies ist ein Problem während des Einbaus und der Nutzung. Dieses Prüfverfahren dient dazu, eine Indexmessung der relativen Schwelfestigkeit zu erhalten.

### *Prüfeinrichtung*

Gebläse, das in der Lage ist, eine Luftgeschwindigkeit von 15 Metern pro Minute zu erzeugen. Feuerfester quadratischer Behälter mit einem Volumen von 28 Litern und zwei Löchern mit einem Durchmesser von 7,6 cm, gebohrt in gegenüber liegende Wände und mittig 8,9 cm über der unteren Kante (Bild 1). Das Gebläse wird in einem der Löcher installiert. Das dem Gebläse gegenüber liegende Loch wird mit einer geschlitzten Abdeckplatte versehen, die als Lüftungsklappe plan auf der Außenseite angebracht wird. Eine zusätzliche Abdeckplatte wird über der Gebläseöffnung als Ablenkplatte zur Steuerung der Luftströmung und zur Reduzierung von Turbulenzen angebracht.

Zigarette (ohne Filter, Länge:  $(60 \pm 3)$  mm).

Lineal mit einer Genauigkeit von 1,0 mm.



*Bild A10.5.1: Messeinrichtung zur Bestimmung der Schwelfestigkeit (Foto: SKZ – Testing GmbH)*

### *Probenentnahme*

Entnahme von Kontrollmessproben aus der gesamten Rollenbreite, um die Repräsentativität der Proben des zu prüfenden Materials zu gewährleisten.

### ***Kontrollmessprobe***

Drei Kontrollmessproben mit den Abmessungen 305 mm × 305 mm werden zugeschnitten. Die Kontrollmessproben sind so zu handhaben, dass ein Verlust des losen Füllmaterials und der Webelemente vermieden wird.

### ***Vorbereitung***

Die Kontrollmessproben werden für 12 Stunden in einem Luftofen bei 45 °C konditioniert und für mindestens 2 Stunden unter Laborprüfbedingungen angeglichen.

### ***Verfahren***

Die Prüfeinrichtung wird unter einer Abzugshaube platziert oder der Abzug des erzeugten Rauchs wird auf andere Weise unterstützt. Die Kontrollmessprobe wird flach auf dem Boden des Prüfbehälters platziert. Die Geschwindigkeit des Gebläses wird auf eine Luftgeschwindigkeit von 15 m pro Minute über die Mitte der Kontrollmessprobe eingestellt. Die Geschwindigkeit wird mit einem Luftgeschwindigkeitsmesser gemessen.

Eine frisch angezündete Zigarette wird mit dem brennenden Ende in Richtung des Gebläses auf die Mitte der Kontrollmessprobe gelegt.

Die Zigarette muss vollständig herunterbrennen und erlöschen. Nach dem Erlöschen der Zigarette und der Kontrollmessprobe wird die maximale Schwelstrecke der Kontrollmessprobe ab der Zigarettenasche in mm gemessen. Die Prüfeinrichtung wird gereinigt und die Prüfung wird mit jedem der beiden weiteren Kontrollmessproben wiederholt. Die für jede Kontrollmessprobe ermittelten Messwerte sowie der Durchschnitt und die Standardabweichung für die drei Kontrollmessproben werden angegeben.

## **Anlage 10.6.Prüfverfahren Bestimmung der Wurzelpenetration von Erosionsschutzprodukten (Durchwurzelung)**

### ***Anwendungsbereich***

Dieses Verfahren beschreibt ein Laborverfahren zur schnellen Prüfung der Wurzelpenetration von Erosionsschutzprodukten.

### ***Kurzbeschreibung***

Ein Abschnitt der Erosionsschutzmatte wird in Erde eingelegt, in die Samen gesät sind. Nach sechs bis acht Wochen wird die Erosionsschutzmatte überprüft, um festzustellen, ob die Wurzeln der jungen Pflanzen sie durchdrungen haben.

### ***Prüfeinrichtung***

Die folgende Ausrüstung wird benötigt:

- drei trockene unglasierte Tonblumentöpfe mit einer Höhe von etwa 220 mm. Der Durchmesser des Topfbodens muss etwa 140 mm betragen, der Durchmesser oben 250 mm und der Winkel zwischen Seiten- und Mittelachse etwa 13°. Etwa 100 mm über dem Topfboden wird auf der Innenseite des Topfes eine ungefähr 40 mm breite Linie aufgemalt und trocknen lassen;
- kalkfreie Erde ( $5 < \text{pH} < 6$ ), gemischt mit etwas Gartenerde oder Qualitäts-Blumenerde.
- Grassamen (RSM 7.1.2);
- Silikon-Mastix-Dichtmasse oder Mörtelsand-Mischung;
- Glasrohre;
- Mittel gegen Schimmelpilz.

### ***Durchführung***

- Töpfe bis zur Höhe der Unterkante der aufgemalten Linie mit Erde füllen, dann verschließen und anfeuchten.
- Drei Scheiben aus der Erosionsschutzmatte so ausschneiden, dass sie die Erde genau abdecken.
- Die Messprobe auf drei der Töpfe mit der Oberseite nach oben auf die Erde legen.
- Den Spalt zwischen Messprobe und Topf sorgfältig mit der Dichtmasse oder der Mörtelsand-Mischung verschließen.
- Die Messprobe mit 1 cm Erde bedecken, dann verschließen und anfeuchten.
- In jeden Topf etwa 20 g/m<sup>2</sup> Grassamen gleichmäßig auf der Erde aussäen und mit einem Mittel gegen Schimmelpilz vorbehandeln.
- Die Samen mit 10 mm Erde leicht bedecken.
- Im Sommer die Töpfe ins Freie stellen. Im Winter in ein beheiztes Treibhaus mit zusätzlicher künstlicher Beleuchtung stellen.



## **Anlage 10.7. Prüfverfahren Prüfung der Umweltunbedenklichkeit für Erosionsschutzprodukte**

### ***Anwendungsbereich***

Die Umweltunbedenklichkeit von Erosionsschutzprodukten in Bezug auf wasserlösliche/ auswaschbare Substanzen und Additive muss durch ein staatlich zertifiziertes oder akkreditiertes Umweltchemikalien-Prüflabor oder ein Hygieneinstitut oder ein öffentliches Gesundheitsamt oder Amt für Hygiene nachgewiesen werden.

Für Begrünungshilfen nach Abschnitt 5.3.6 dieses Merkblatts sind für den Nachweis pflanzengefährdender Stoffe im Hinblick auf den möglichen (Schad)Stoffübergang in die Pflanzen bzw. die auflaufende Begrünung (Keim- / Wachstumshemmung, Pflanzenqualität) ggf. weitere Untersuchungen durchzuführen.

### ***Verweisung***

Die Anforderungen und die Beschreibung der Bestimmung der Umweltunbedenklichkeit erfolgen gemäß Verfahrensanweisung „Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues M Geok E Ausgabe 2016“, 6.29 und 7.7.

### ***Terminologie***

TOC: Gesamter organischer Kohlenstoff in Wasser- und Abwasseranalysen. Der TOC ist ein Summenparameter für den Gehalt oder die Konzentration organischer Substanzen in einer Wasser-/ Suspensionsprobe.

Aldrin, DDT: Chlorierte organische Insektizide

PAK: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Naphthalin: einfaches PAK (besteht aus zwei Benzolringen)

PCB: Polychlorierte Biphenyle

Kongenere: Chemische Gemische mit derselben grundlegenden Struktur

### ***Kurzbeschreibung***

Ein Material wird in fünf Schritten in demineralisiertem Wasser eluiert. Die Eluate werden anschließend im Hinblick auf ihren Gehalt an anorganischen und organischen Schadstoffen chemisch analysiert.

### ***Ausführung***

Zur Bestimmung der Umweltunbedenklichkeit wird eine Messprobe in demineralisiertem Wasser durch das Trogverfahren gemäß EN 1744-3 oder Batchprüfung gemäß EN 12457-1 für 24 Stunden mit einem Flüssigkeits-/Feststoffverhältnis von 80 zu 1 eluiert. Das Auslaugverfahren wird fünfmal jeweils mit frischem Wasser durchgeführt.

Der TOC des ersten, dritten und fünften Eluats wird bestimmt. Bei dem fünften Eluat wird die Konzentration verschiedener anorganischer und organischer Schadstoffe analysiert. Die Parameterliste, die Grenzwerte und die Analyseverfahren basieren auf den Prüfwerten für Sickerwasser hinsichtlich des Boden-Grundwasserwegs gemäß der deutschen „Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)“. Die Bestimmung des TOC erfolgt in Übereinstimmung mit EN 1484. Das Gewicht der Kontrollmessprobe sollte 1 kg betragen.

**Parameterliste und Bewertung**

Die Tabellen A10.4.1 und 2 zeigen die Sickerwasserprüfwerte für den Wirkungspfad Boden - Grundwasser gemäß der deutschen „BBodSchV“. Die Konzentration des fünften Eluats sollte diese Werte nicht überschreiten. Darüber hinaus darf der TOC im fünften Eluat eine Konzentration von 20 mg/l nicht überschreiten.

**Tabelle A10.7.1: Anorganische Stoffe**

|                                 | Prüfwert [ $\mu\text{g/l}$ ] |
|---------------------------------|------------------------------|
| Antimon (Sb)                    | 10                           |
| Arsen (As)                      | 10                           |
| Blei (Pb)                       | 25                           |
| Cadmium (Cd)                    | 5                            |
| Chrom (Cr), gesamt              | 50                           |
| Chromat (Cr VI)                 | 8                            |
| Kobalt (Co)                     | 50                           |
| Kupfer (Cu)                     | 50                           |
| Molybdän (Mo)                   | 50                           |
| Quecksilber (Hg)                | 1                            |
| Nickel (Ni)                     | 50                           |
| Selen (Se)                      | 10                           |
| Zink (Zn)                       | 500                          |
| Zinn (Sn)                       | 40                           |
| Cyanid (CN), gesamt             | 50                           |
| Cyanid (CN), leicht freisetzbar | 10                           |
| Fluorid (F)                     | 750                          |

**Tabelle A10.7.2: Organische Stoffe**

|                               | Prüfwert [ $\mu\text{g/l}$ ] |
|-------------------------------|------------------------------|
| Mineralölkohlenwasserstoff 1) | 200                          |
| BTEX 2)                       | 20                           |
| Benzol                        | 1                            |
| LHKW 3)                       | 10                           |
| DDT                           | 0,1                          |
| Aldrin                        | 0,1                          |
| Phenole                       | 20                           |
| PCB, gesamt 4)                | 0,05                         |
| PAK, gesamt 5)                | 0,2                          |
| Naphthalin                    | 2                            |

- 1) N-Alkane (C10 bis C39), Isoalkane, Cycloalkane und Aromaten
- 2) Flüchtige Aromaten (Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol, Styrol, Cumol)
- 3) Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (C1- und C2-Kohlenwasserstoffe)
- 4) PCB gesamt: Summe der polychlorierten Biphenyle; üblicherweise Bestimmung von 6 Kongeneren, Ballschmied-Methode in Übereinstimmung mit „Altöl-VO“ (= deutsche Altölverordnung) in Übereinstimmung mit DIN EN 12766-2 multipliziert mit fünf, oder, sofern das Spektrum der Substanzen bekannt ist, durch einfache Summierung der Konzentrationen der einzelnen relevanten Substanzen (DIN 38407-3-2 bzw. -3-3).
- 5) PAK, gesamt: Summe der polyzyklischen Aromaten mit Ausnahme von Naphthalin und Methylnaphthalen; Bestimmung üblicherweise von 15 einzelnen Substanzen gemäß der EPA-Liste mit Ausnahme von Naphthalin, sofern anwendbar, unter Berücksichtigung weiterer PAH (z.B. Chinolin).

*ANMERKUNG* Im Hinblick auf die Dicke und Masse von Erosionsschutzprodukten im Vergleich zur Masse und Fläche des potenziell von diesen Produkten betroffenen Bodens können geringfügige Überschreitungen im fünften Eluat als sicher gemäß der Broschüre M Geok E, 7.7 klassifiziert werden, wenn die TOC-Konzentrationen des ersten bis fünften Eluats eine erhebliche Reduzierung aufweisen, die darauf hindeutet, dass diese Überschreitung nur von kurzer Dauer ist.

### **Prüfbericht**

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- eine Bestätigung, dass die Prüfung gemäß diesem Dokument durchgeführt wurde;
- Kennzeichnung der Probe, das Datum des Erhalts der Probe und die Prüfdauer;
- die Prüfergebnisse einschließlich der Grenzwerte;
- angewendete chemische Analyseverfahren;
- falls erforderlich, Anmerkungen wie etwa der Erkennungsgrenzwert, Toleranzen der Prüfergebnisse, spezifische Eigenschaften in Bezug auf die Qualität des Materials und/oder der Kontrollmessprobe;
- Bewertung der Prüfergebnisse.