

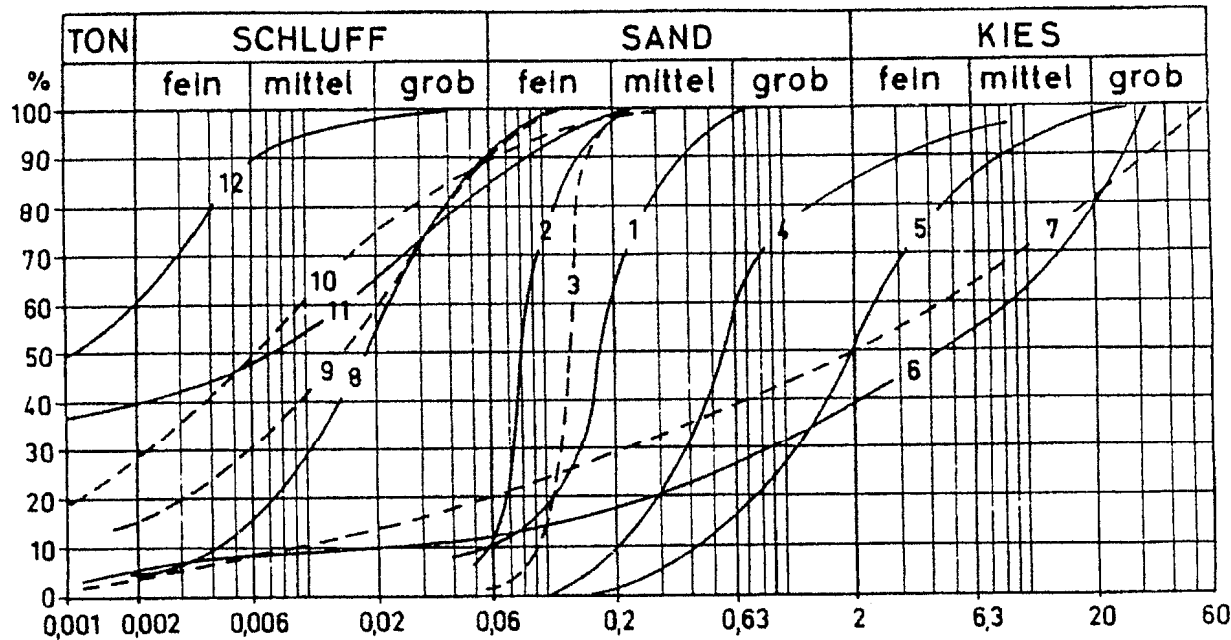
Verwendung und Anforderungen von Geokunststoffen im Ingenieur- und Verkehrswegebau

Dipl.-Ing. (FH) Clemens Haase

- 1 Einleitung
- 2 Geokunststoffe - Übersicht
 - 2.1 Allgemeines - Funktionen
 - 2.2 Technische Eigenschaften - Anforderungen
 - 2.3 Produktübersicht - Begrifflichkeiten
 - 2.4 Anwendungsgebiete
- 3 Bautechnische Anwendungen und Anforderungen
 - 3.1 Trennen
 - 3.2 Filtern
 - 3.3 Dränen / Entwässern
 - 3.4 Bewehren
 - 3.5 Dichten
 - 3.6 Schützen
- 4 Regelwerke - Merkblätter - Bücher

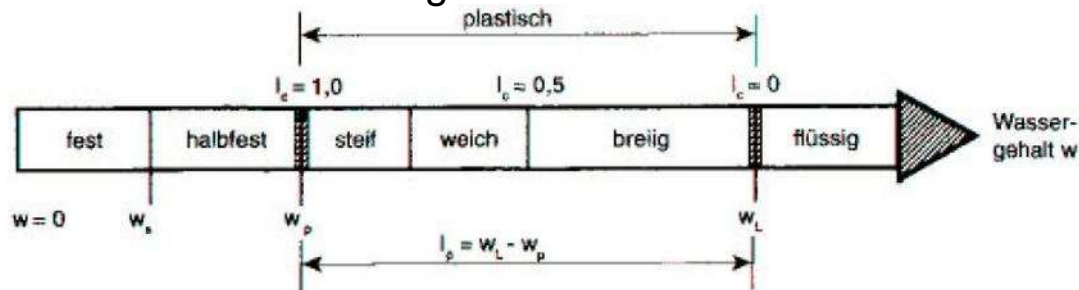
Anstehender Boden

▲ Körnungslinien typischer Bodenarten



- 1 Fein-/Mittelsand (Tertiär)
 - 2 Feinsand (Tertiär)
 - 3 Flugsand (Holozän)
 - 4 Flusssand, nass gebaggert
 - 5 Kiessand
 - 6 Hochterrassenkies (Pleistozän)
 - 7 steinig bis sandiger Verwitterungs- / Geschiebelehm
 - 8 Löss
 - 9 sandiger Schluff
 - 10 toniger Lehm (Schluff, stark tonig, leicht feinsandig)
 - 11 stark schluffiger Ton (Tertiär)
 - 12 schluffiger Ton (Tertiär)
- Quelle: FH Regensburg

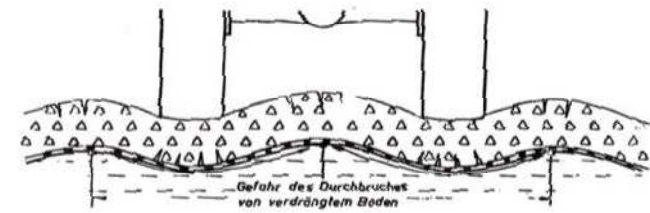
▲ Zustandsform bindiger Bodenarten



Veränderung der Zustandsform bei Zuführung oder Entzug von Wasser

Defizite des Bodens

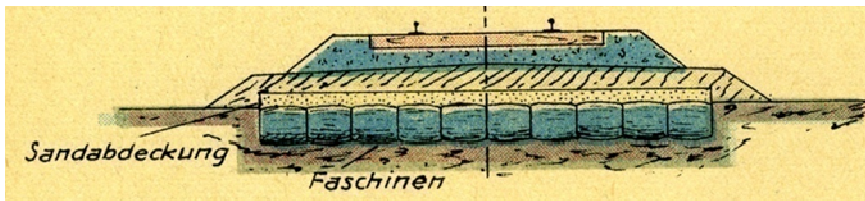
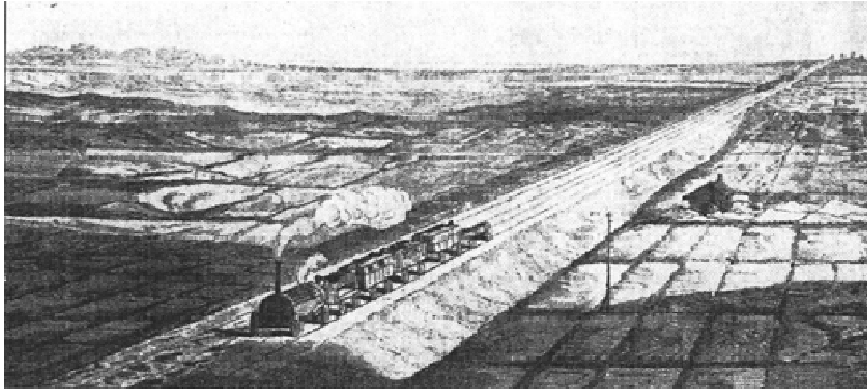
- ▶ Filter- und Trennstabilität
- ▶ Kornumlagerung infolge Wasserdurchströmung und statischer/dynamischer Belastung
- ▶ Vermischungen, Durchdringungen, Verformungen
- ▶ begrenzte Scherfestigkeit
- ▶ Aufnahme von Zugkräften



Anstehender Boden



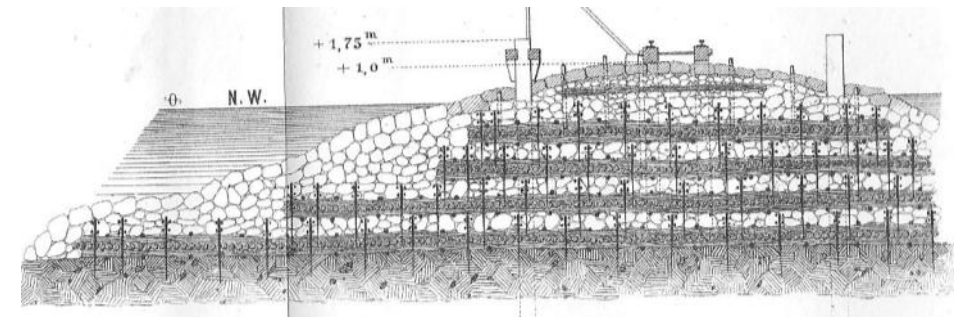
Lösungsansätze mit Naturbaustoffen



Gründung von Bahnen und Wegen mit Faschinen



Bewehrte Erde mit Palmenblättern

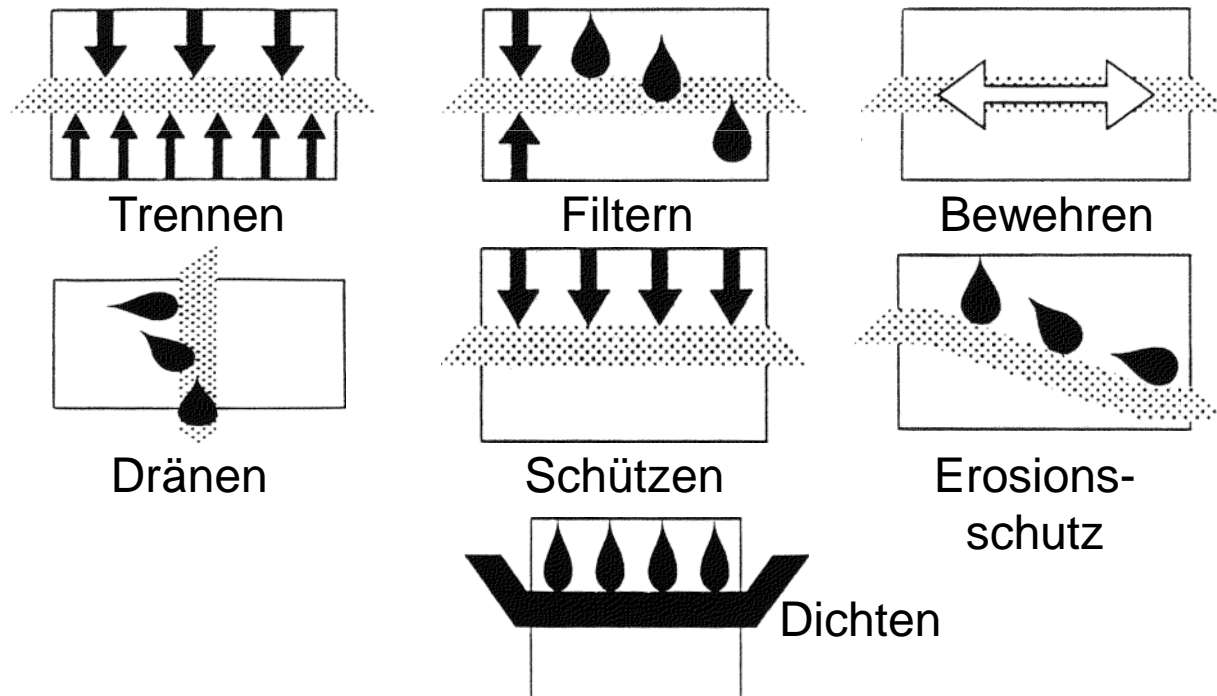


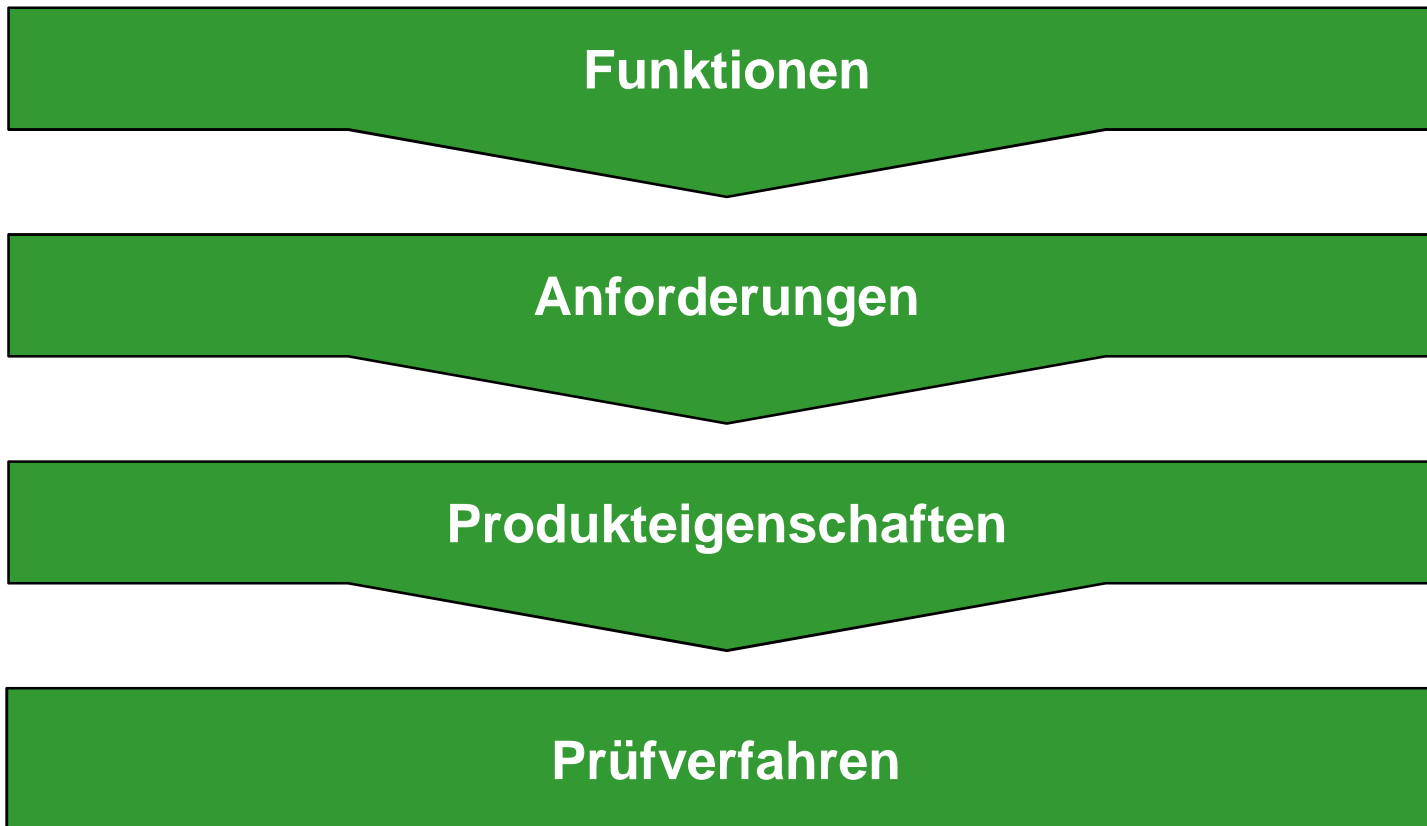
Gründung Eisenbahndamm mit Versenkstücken aus Faschinen und Steinschüttung

2.1 Allgemeines - Funktionen

Geokunststoffe: ...sind Flächengebilde, die vollständig oder zu wesentlichen Teilen aus polymeren Werkstoffen (Synthesestoffen) hergestellt werden und in nahezu allen Gebieten der Geotechnik (Erd-, Tief-, Grund-, Deponie- und Wasserbau) Anwendung finden.

Wesentliche Funktionen von Geokunststoffen:





Maßgebende technische Eigenschaften

- ▶ Zugfestigkeit
- ▶ Dehnung
- ▶ Kriechneigung
- ▶ Wasserdurchlässigkeit
- ▶ Öffnungsweite
- ▶ Flächenmasse / Dicke
- ▶ Robustheit
- ▶ Beständigkeit:
 - ▶ Licht (UV-Strahlung)
 - ▶ Säuren / Laugen
 - ▶ Mikroorganismen
 - ▶ tierische Angriffe

Anforderungen

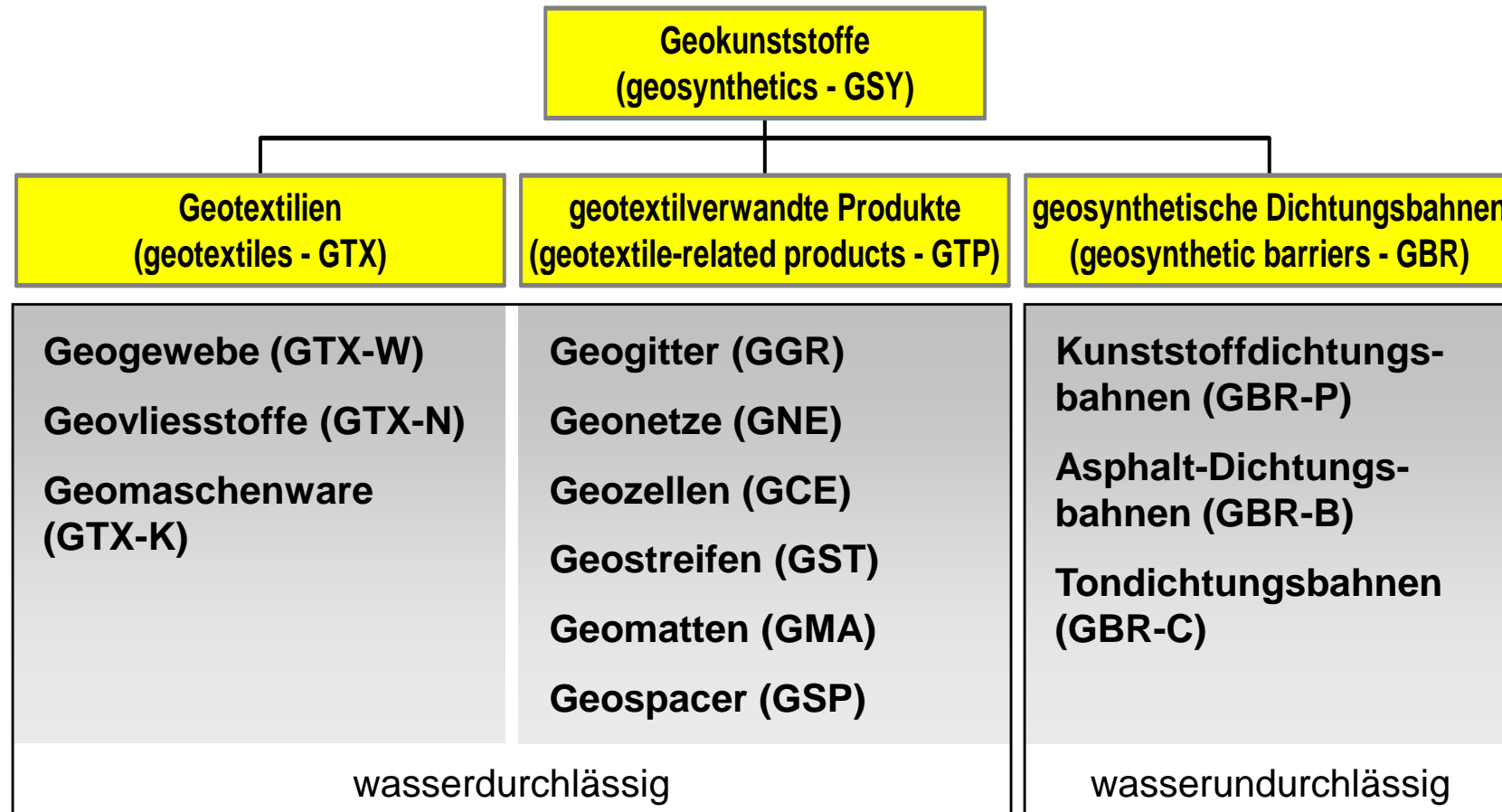
Tabelle 1: Berücksichtigung der Produkteigenschaften bei Auswahl und Ausschreibung

Funktionen	Trennen	Filtern	Entwässern/ Dränen	Bewehren	Erosions- schutz	Schützen von Abdichtung	Abdichten KDB	Abdichten GTD
Eigenschaften								
Masse pro Flächeneinheit	GRK	GRK	–	–	*	KLAS	KLAS	KLAS
Dicke	–	*	BEM	–	*	KLAS	KLAS	–
Zug-/ Durchdrückfestigkeit	GRK	GRK	–	BEM	*	KLAS	KLAS	KLAS
Dehnung Verformbarkeit	*	*	–	BEM	–	KLAS	KLAS	KLAS
Kriechen bei Dauerlast	–	–	BEM	BEM	–	–	KLAS	5)
Scherverhalten	–	–	–	BEM	*	BEM ³⁾	BEM ³⁾	BEM ³⁾
Robustheit gegen Einbaubeschädigung	GRK	GRK	GRK ¹⁾	A-F/ B-V	2)	GRK	4)	4)
Filter: Öffnungsweite	KLAS	BEM	BEM ¹⁾	–	–	–	–	–
Wasserdurchlässigkeit	KLAS	BEM	BEM	–	–	–	–	KLAS
Beständigkeit gegen chemische Beanspru- chung	KLAS	KLAS	KLAS	A-F	KLAS	KLAS	KLAS	KLAS
Witterungsbeständigkeit	KLAS	KLAS	KLAS	KLAS	KLAS	KLAS	KLAS	KLAS

KDB Kunststoffdichtungsbahn
 GTD Tondichtungsbahn
 BEM Bemessung
 KLAS Klassifizierung oder Mindest-/Höchstwerte
 GRK Geotextilrobustheitsklassen
 A–F Abminderungsfaktoren
 B–V Baustellenversuche

* Einfluss vorhanden, aber nicht zu quantifizieren
 – wird nicht berücksichtigt
 1) nur auf Filter bezogen
 2) Einbauverfahren auf Produkt abstimmen
 3) bei Einbau auf geeigneten Flächen
 4) zu schützen
 5) bei Einbau auf geeigneten Flächen innere Scherfestigkeit dauerhaft nachweisen

Einteilung der Geokunststoffe



Geotextilien - Vliesstoffe

▲ Faserart

- ▲ Stapelfaservliese
- ▲ Filamentvliese (Endlosfasern)

▲ Verfestigungsverfahren

- ▲ mechanisch
- ▲ thermisch
- ▲ chemisch



Geotextilien - Gewebe

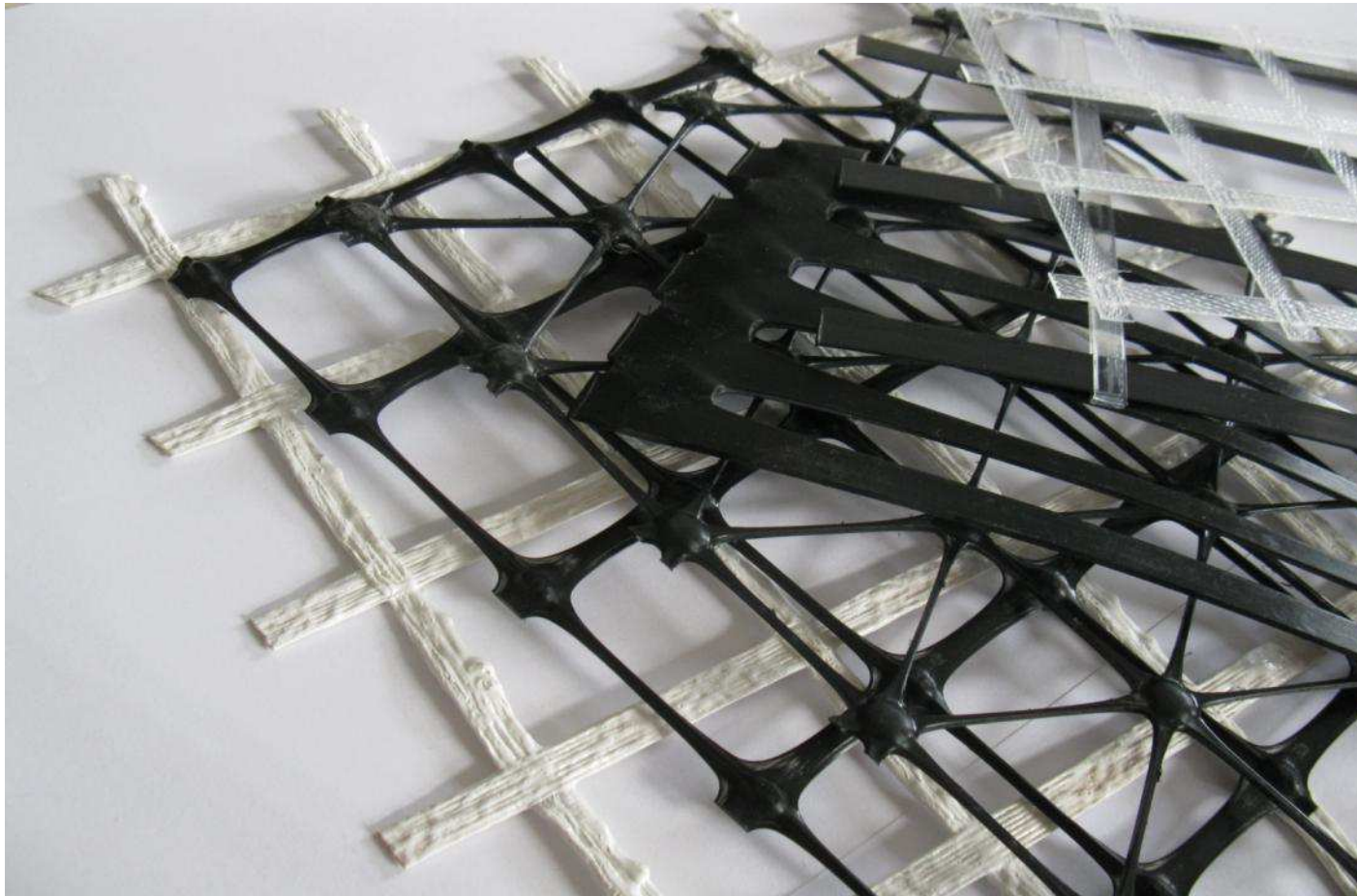
- ▶ Monofilamentgewebe
- ▶ Multifilamentgewebe

- ▶ Bändchengewebe



Geotextilverwandte Produkte - Geogitter

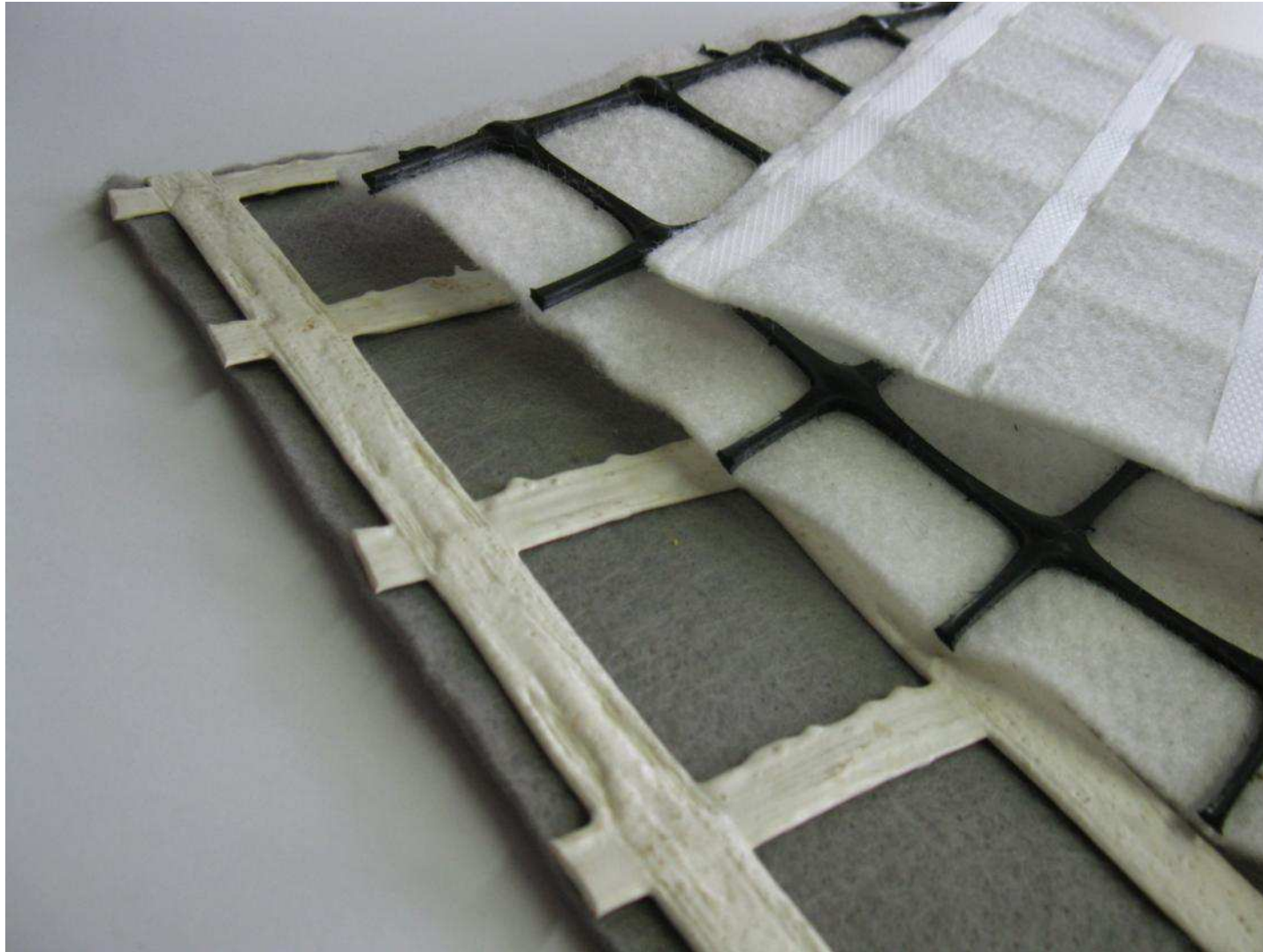
- ▲ Gewebte Geogitter
- ▲ Gestreckte Geogitter
- ▲ Gelegte Geogitter
- ▲ Bänder und stabförmige Elemente



Geoverbundstoffe - Gewebe + Vliesstoff



Geoverbundstoffe - Geogitter + Vliesstoff



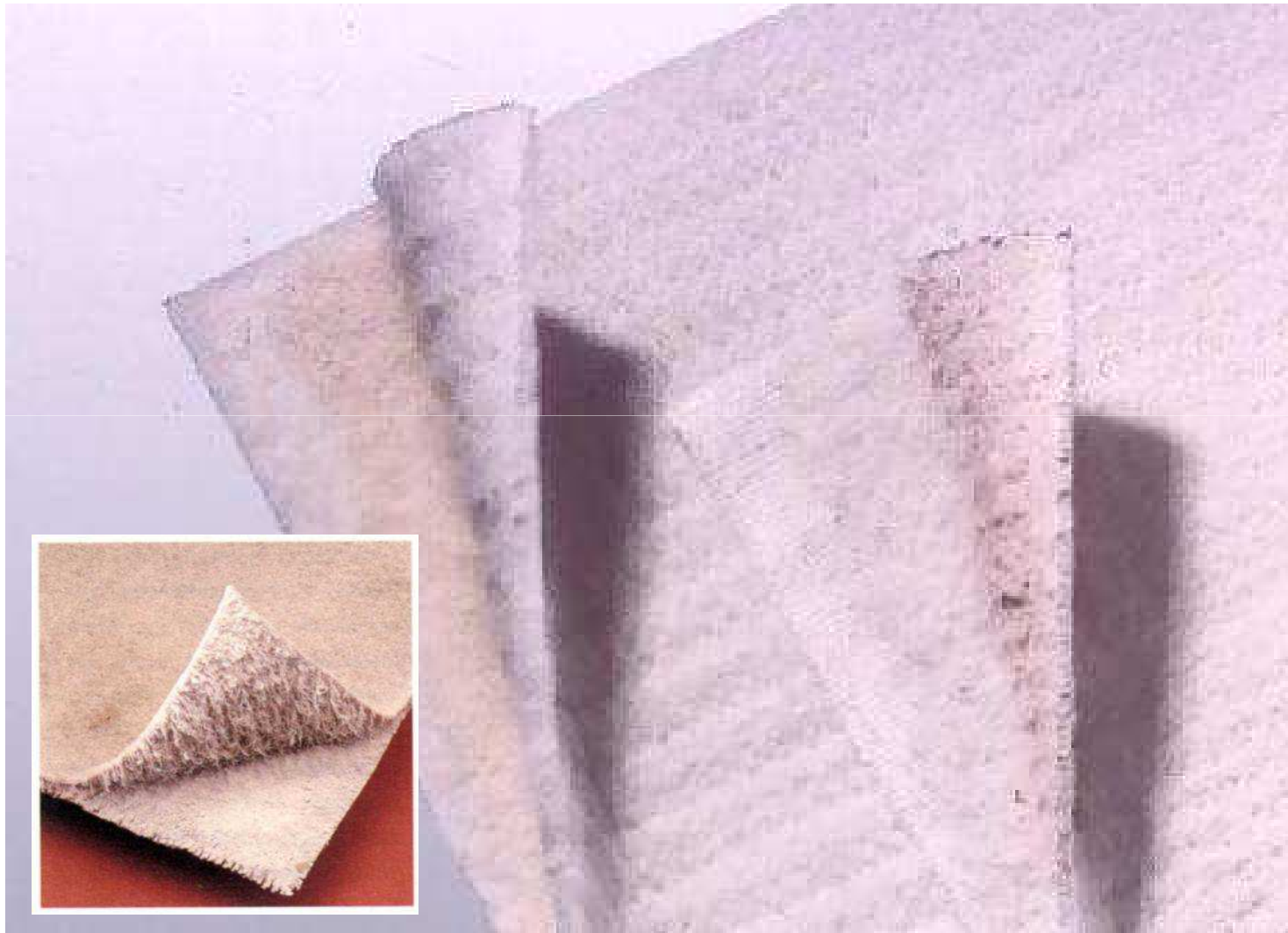
Geoverbundstoffe - Drainmatten



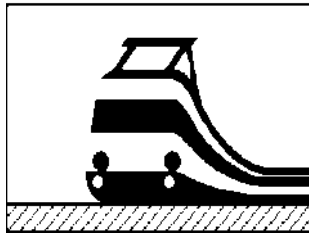
Geosynthetische Dichtungsbahnen - Kunststoffdichtungsbahnen (KDB)



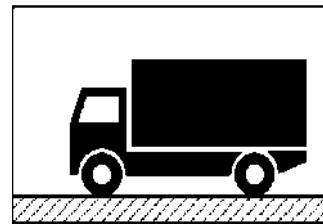
Geosynthetische Dichtungsbahnen - Tondichtungsbahnen (GTD)



Railways



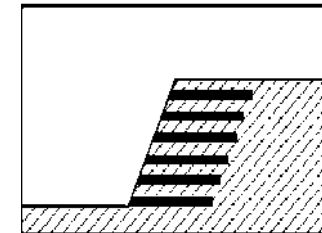
Roads



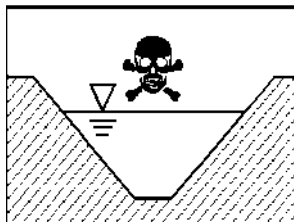
Tunnel



Foundations and retaining walls



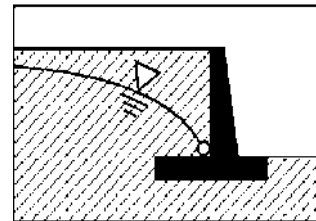
Liquid waste



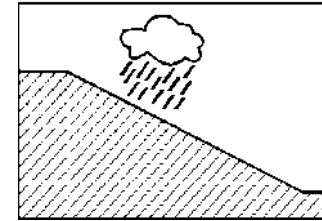
Solid waste



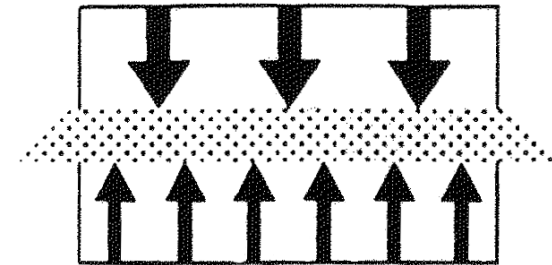
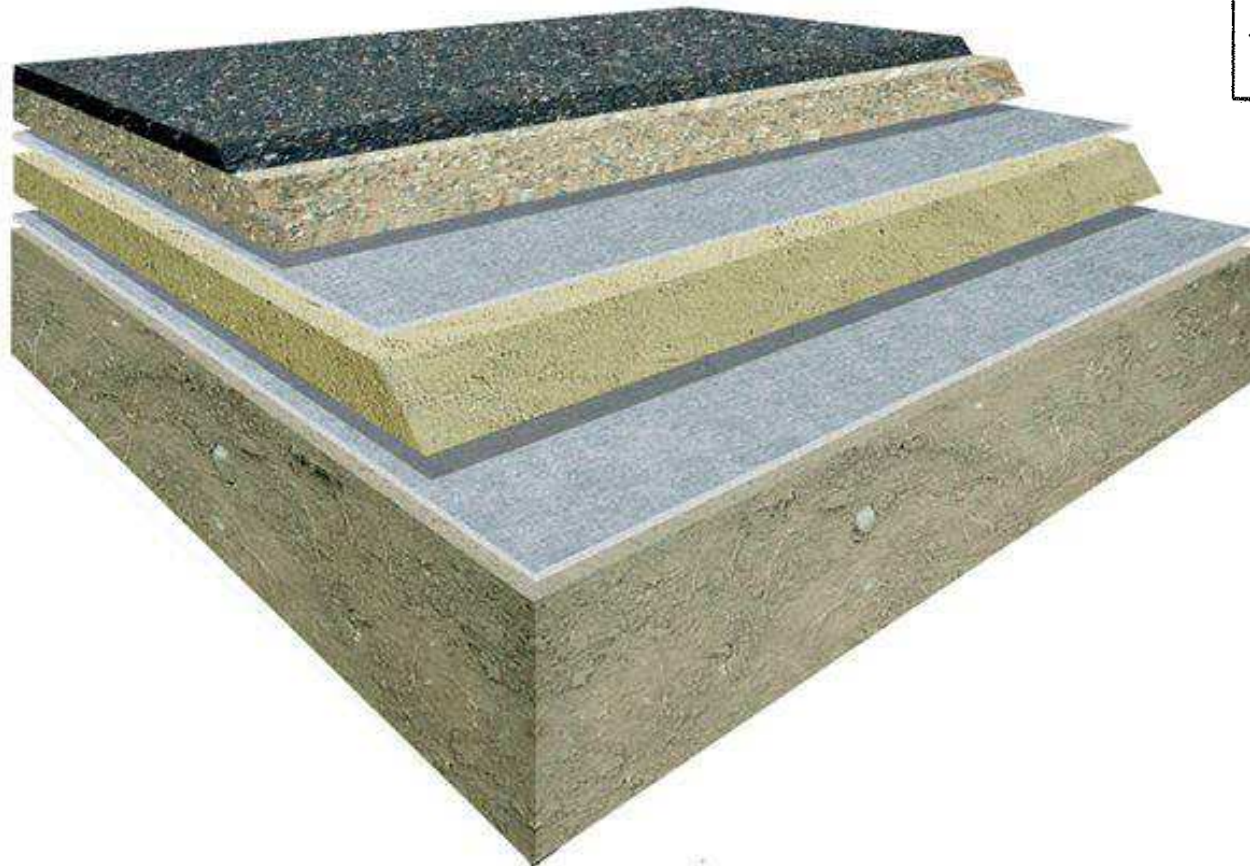
Drainage systems



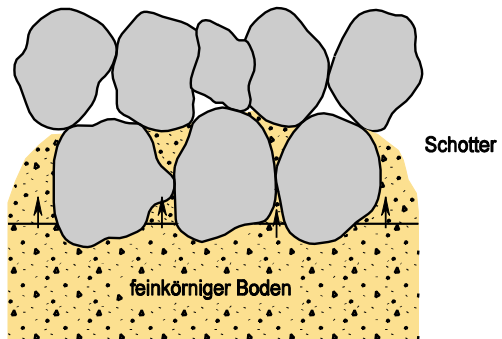
Erosion control systems



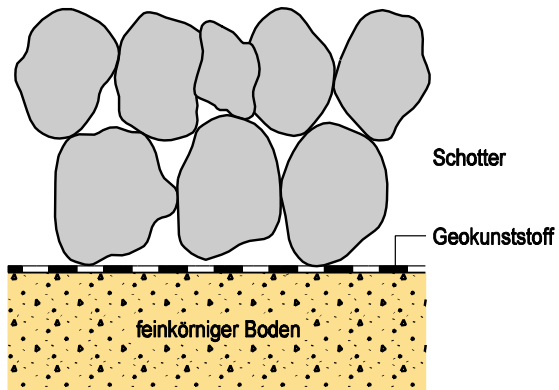
3.1 Trennen



ohne Geokunststoff



mit Geokunststoff

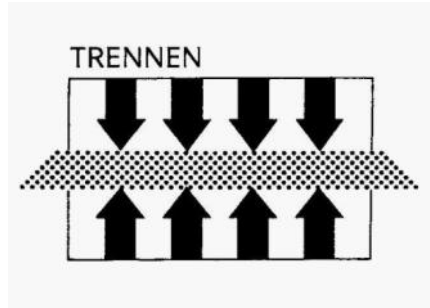


Anwendungsbeispiel



Anwendungsbeispiel





➤ Anforderungen:

- mechanische Festigkeit; dehnfähig
- robust (Einbau)
- anwendungsbezogene Öffnungsweite
- alterungsbeständig

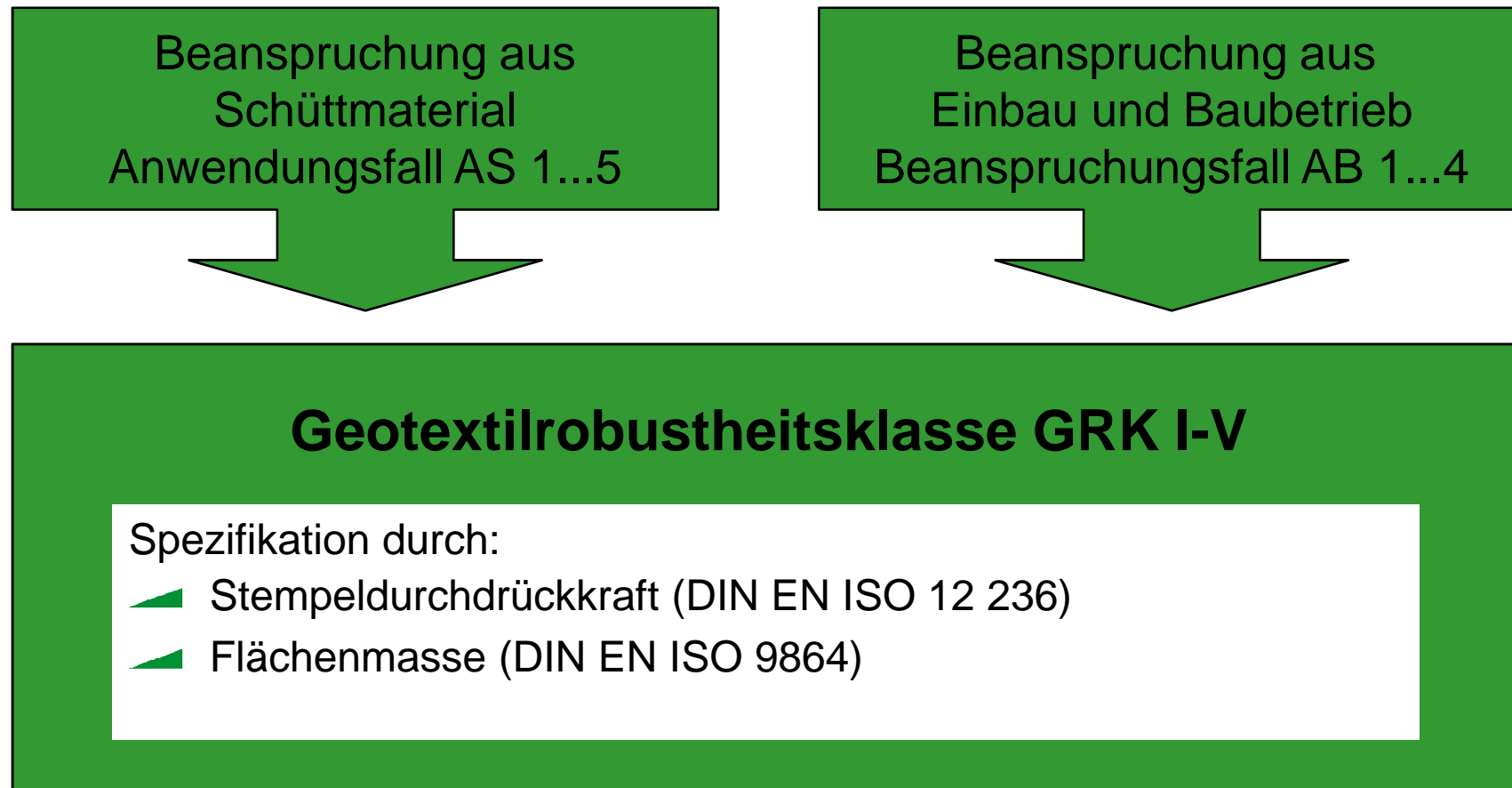
➤ Produkte:

- Vliesstoffe
- Verbundstoffe

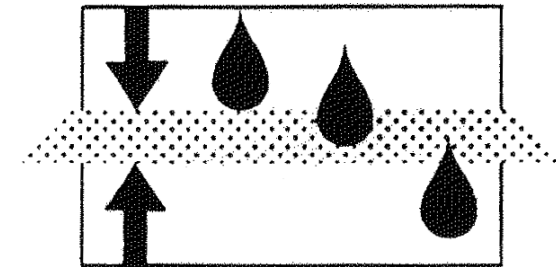
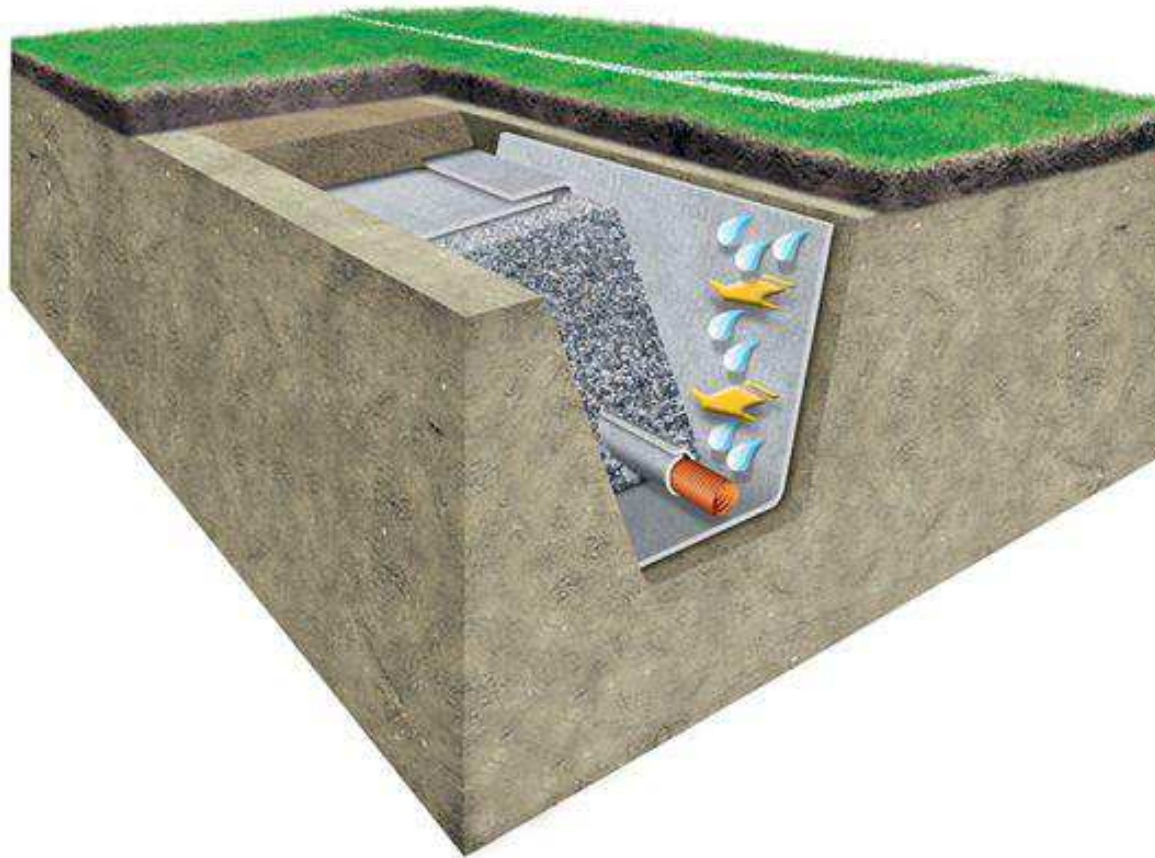
➤ Wesentliche Produkteigenschaften

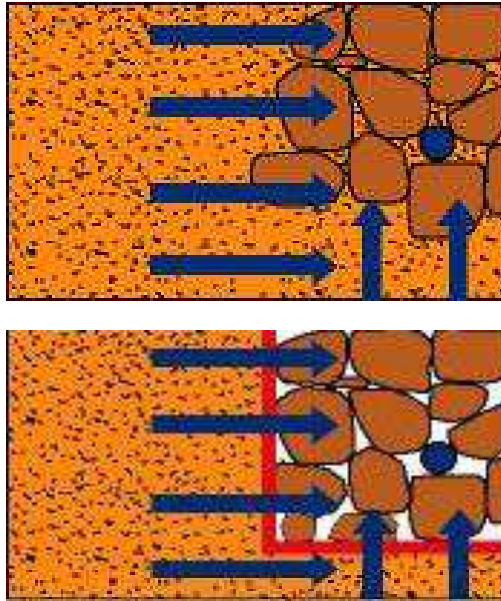
- Geotextilrobustheitsklasse I – V

Bestimmung der Geotextilrobustheitsklasse



3.2 Filtern



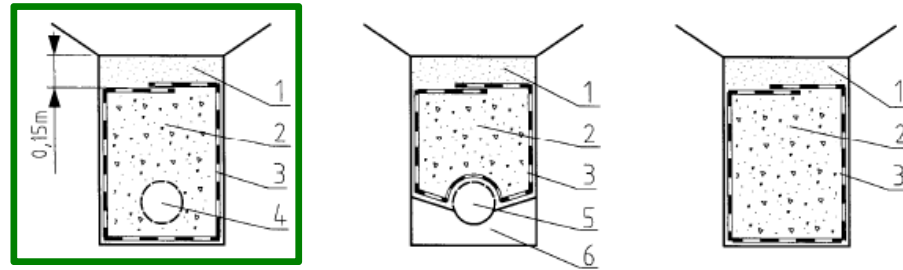


- ▶ Verhinderung der Erosion
- ▶ Gewährleisten der Wasserdurchlässigkeit

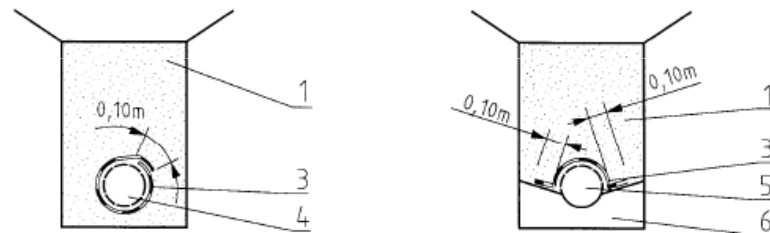


Filter (Graben- und Rohrfilter) in Entwässerungsanlagen

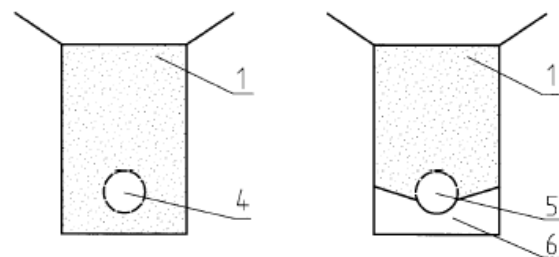
Grabenfilter



Rohrfilter



Einfachfilter

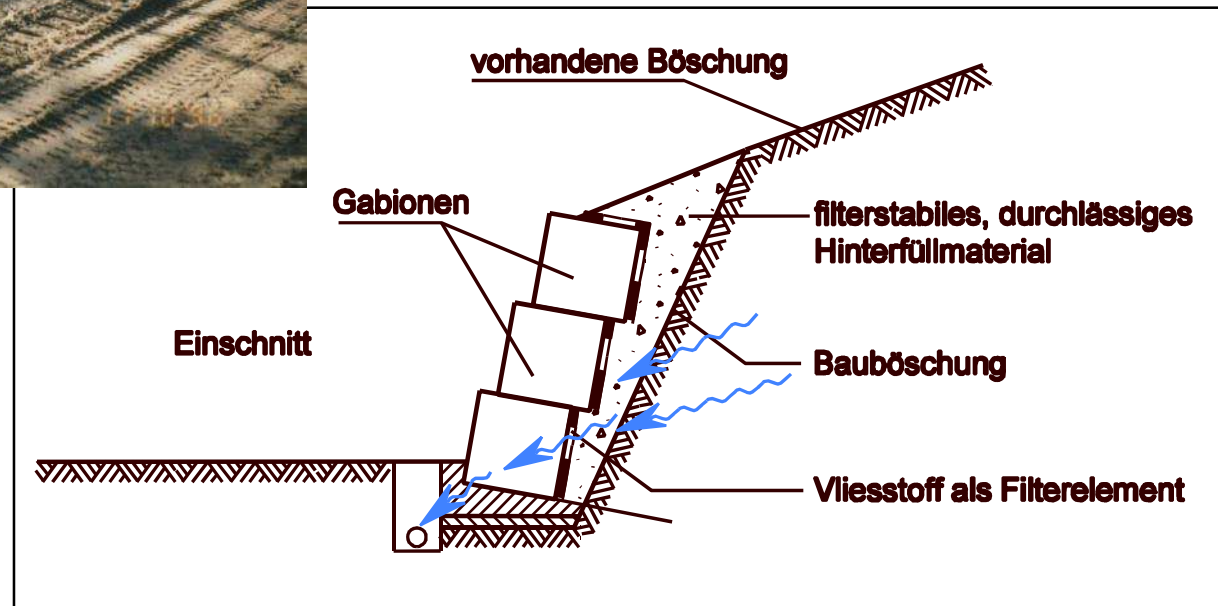


- 1 Filter
- 2 Drän
- 3 Geokunststoff
- 4 Vollsickerrohr
- 5 Teilsicker-/Mehrzweckrohr
- 6 schwach durchlässiger oder bindiger Boden

▶ gute Erfahrungen + großer Nutzen



Geokunststoff als Filterelement - Beispiel Stützbauwerk Gabione



Grundsätze der Filterbemessung

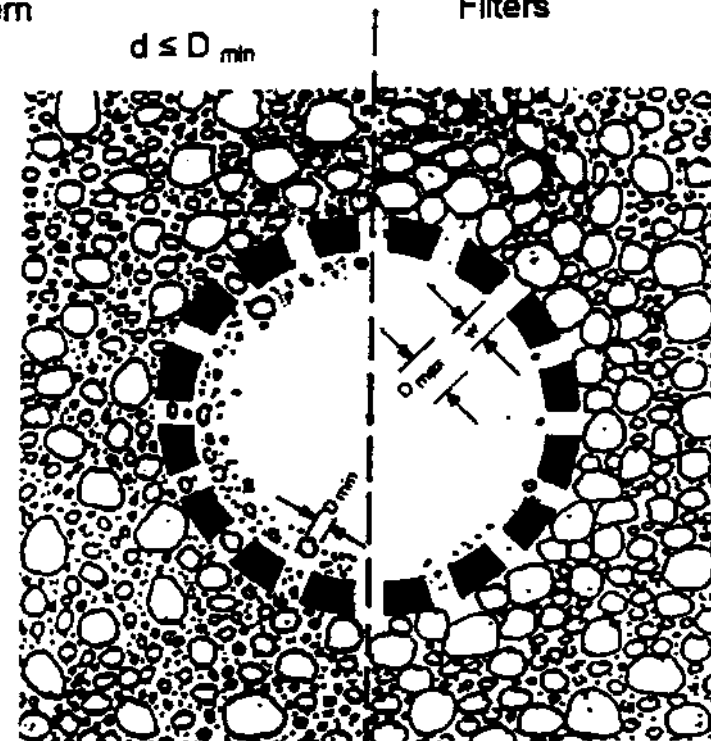
Bemessung der Pore / Öffnung w :

$$D_{\min} < w \leq D_{\max}$$

- ▶ **Erosionssicherheit $w \leq D_{\max}$**
 Zurückhalten des erodierten Korns
- ▶ **Kolmationssicherheit $w > D_{\min}$**
 Passieren des suffodierenden Korns
 Verhindern des An- oder Einlagerns von Körnern
- ▶ **Wasserdurchlässigkeit**
 Sichern der Mindestdurchlässigkeit durch $w > D_{\min}$
 Anstreben einer Maximaldurchlässigkeit durch $w \approx D_{\max}$

Ausspülen von suffodierenden Körnern

Aufbau eines natürlichen Filters



Geokunststoff als Grabenfilter

Geokunststoffe in Kontaktzone I:

Bei Anwendung von Geokunststoffen als Grabenfilter gelten die Nachweise der Filterstabilität als erbracht, wenn folgende Bedingungen erfüllt werden:

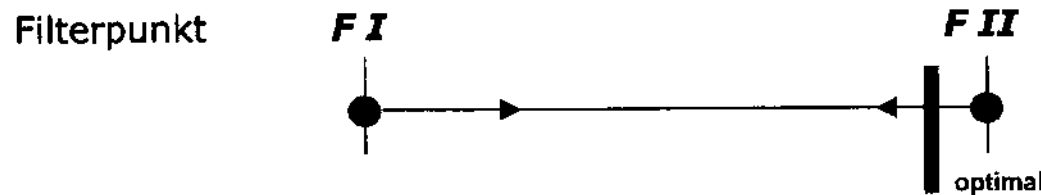
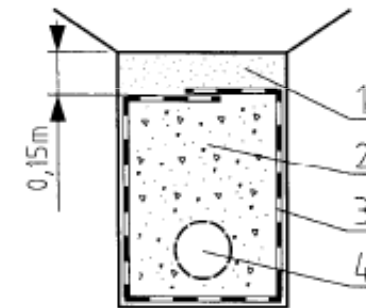
$$0,08 \text{ mm} \leq O_{90,w} \leq 0,16 \text{ mm}$$

(charakteristische Öffnungsweite)

und

$$d \geq 10 \cdot O_{90,w}$$

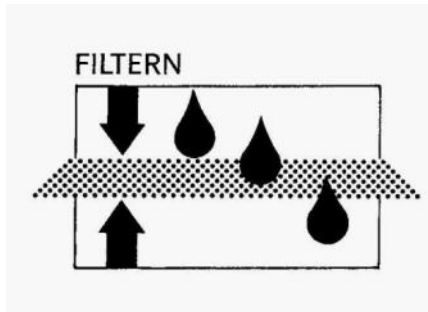
(Dicke)



- Erosionssicherheit:** Öffnungsweite links von *F II* → nicht größer / nicht gröber
- Kolmationssicherheit:** Öffnungsweite rechts von *F I* → nicht kleiner / nicht feiner
- Wasserdurchlässigkeit:** Öffnungsweite zwischen *F I* ... *F II*
Hohe Wasserdurchlässigkeit nahe *F II* → möglichst groß / grob

Unzureichende Filterverhältnisse





➤ Anforderungen

- hohe Wasserdurchlässigkeit
- mechanische und hydraulische Filterstabilität
- Verhinderung der Kolmation
- mechanische Mindestfestigkeit für Transport und Einbau

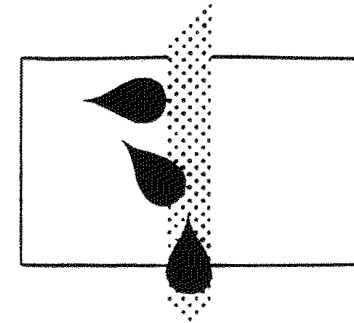
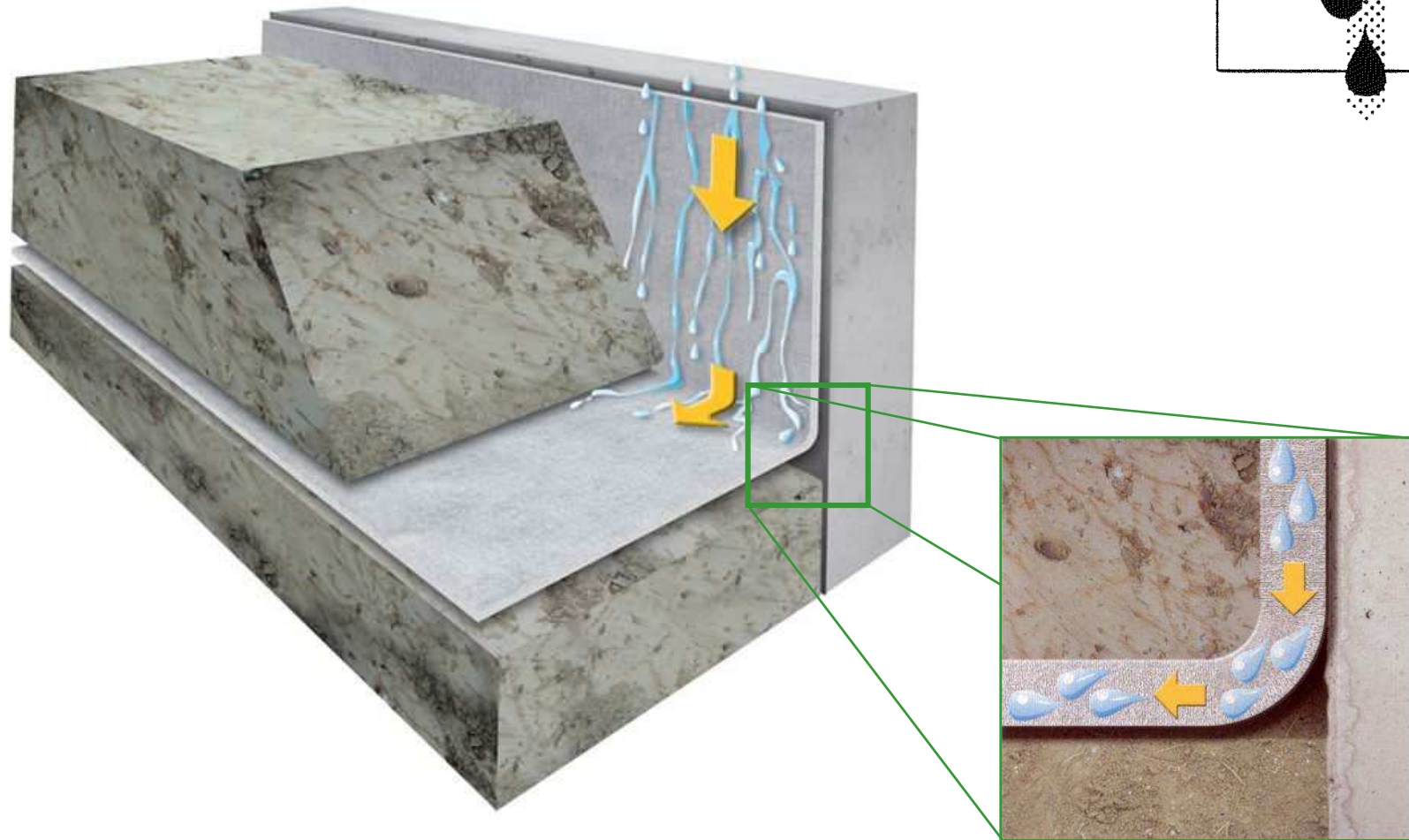
➤ Produkte

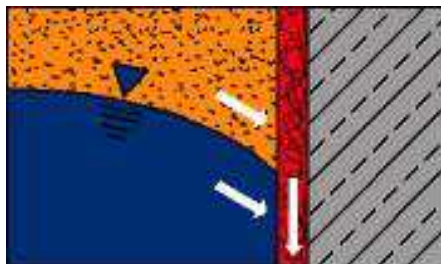
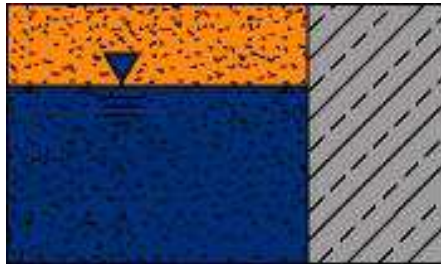
- Vliesstoffe (mechanisch verfestigt)
- Verbundstoffe

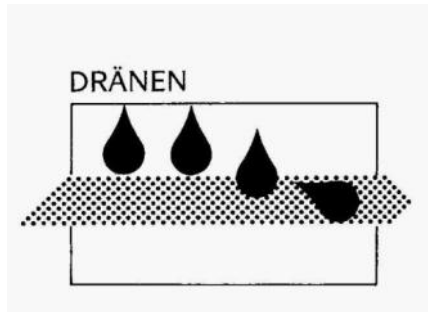
➤ Wesentliche Produkteigenschaften

- Wasserdurchlässigkeit
- Öffnungsweite
- Dicke

3.3 Dränen / Entwässern







▲ Anforderungen

- ▲ gute Wasserdurchlässigkeit vert. / horiz.
- ▲ unter Last konstanter Sickerquerschnitt
- ▲ mechanische und hydraulische Filterstabilität
- ▲ mechanische Mindestfestigkeit für Transport und Einbau

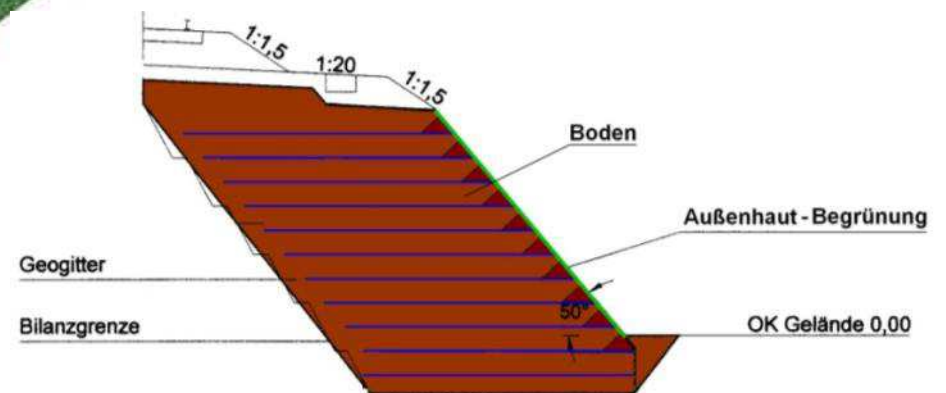
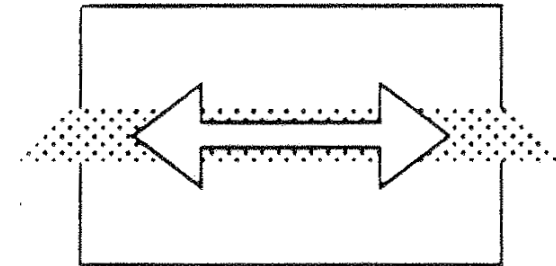
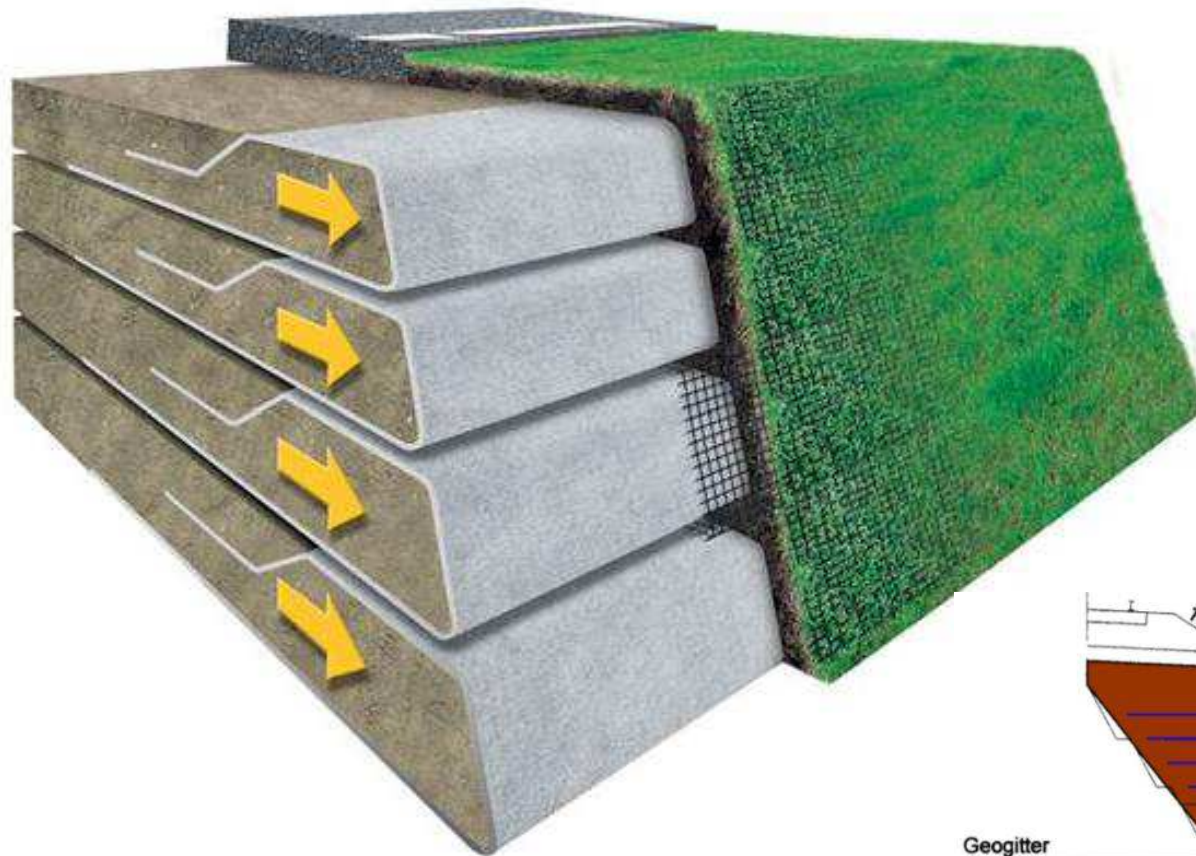
▲ Produkte

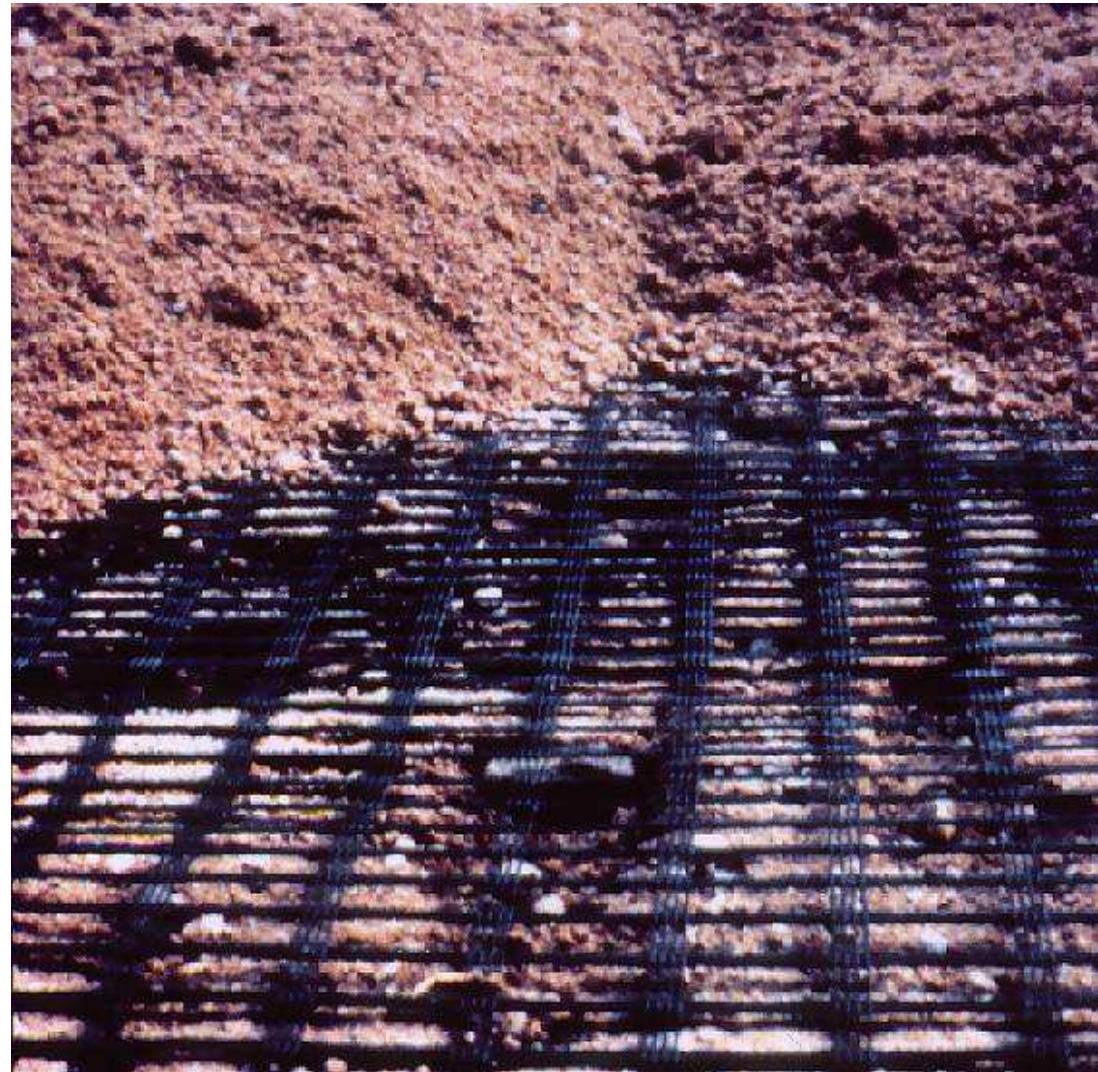
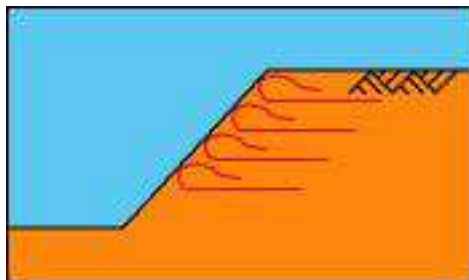
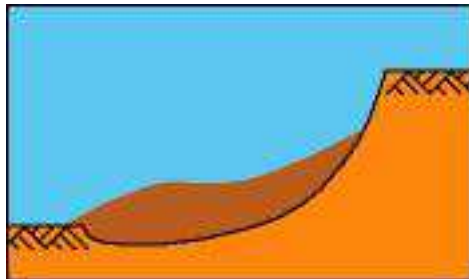
- ▲ Verbundstoffe
- ▲ Vliesstoffe (mechanisch verfestigt)

▲ Wesentliche Produkteigenschaften

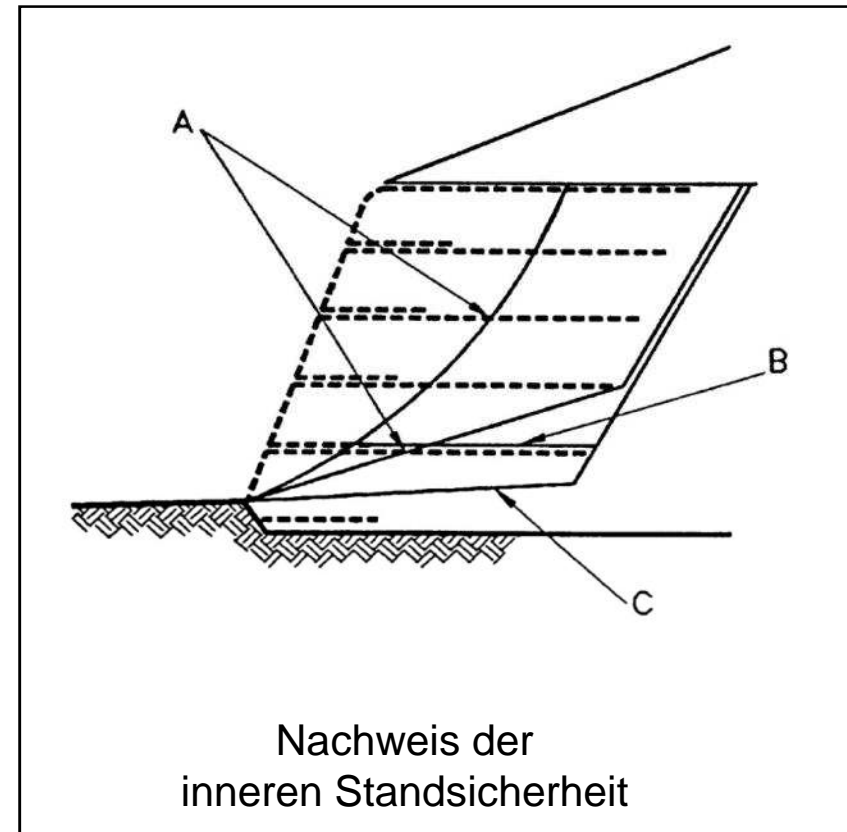
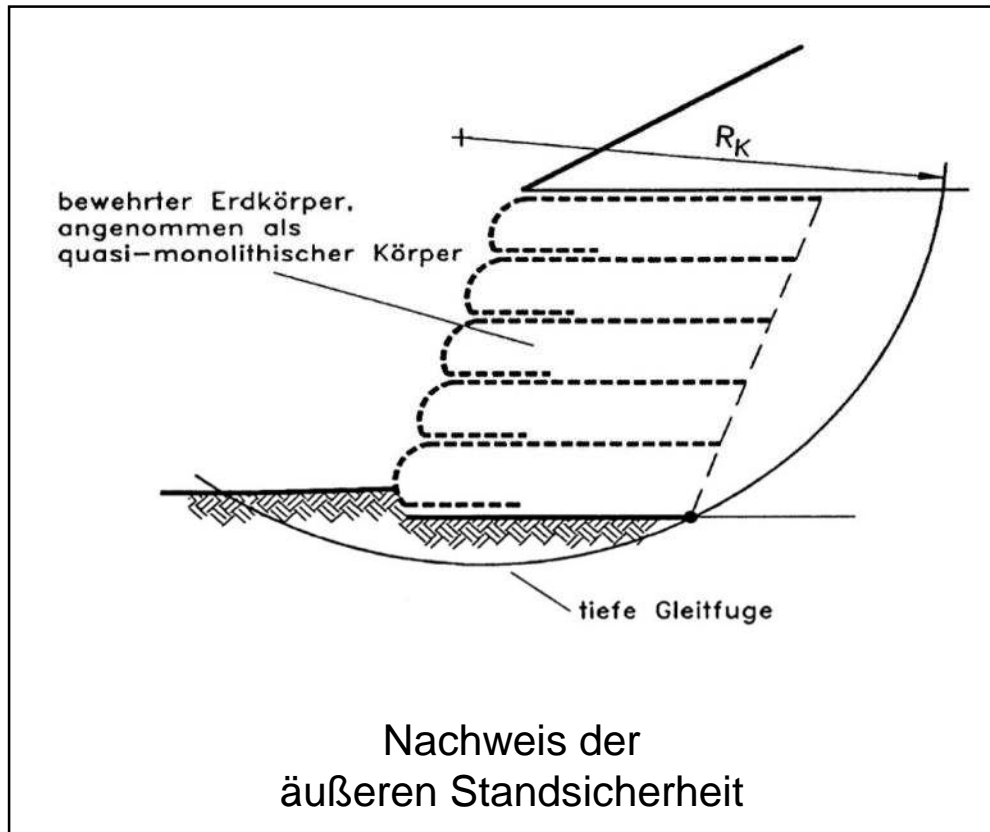
- ▲ Wasserdurchlässigkeit horizontal
- ▲ Öffnungsweite

3.4 Bewehren





Anwendung in Sützbauwerken - Bewehrte-Erde

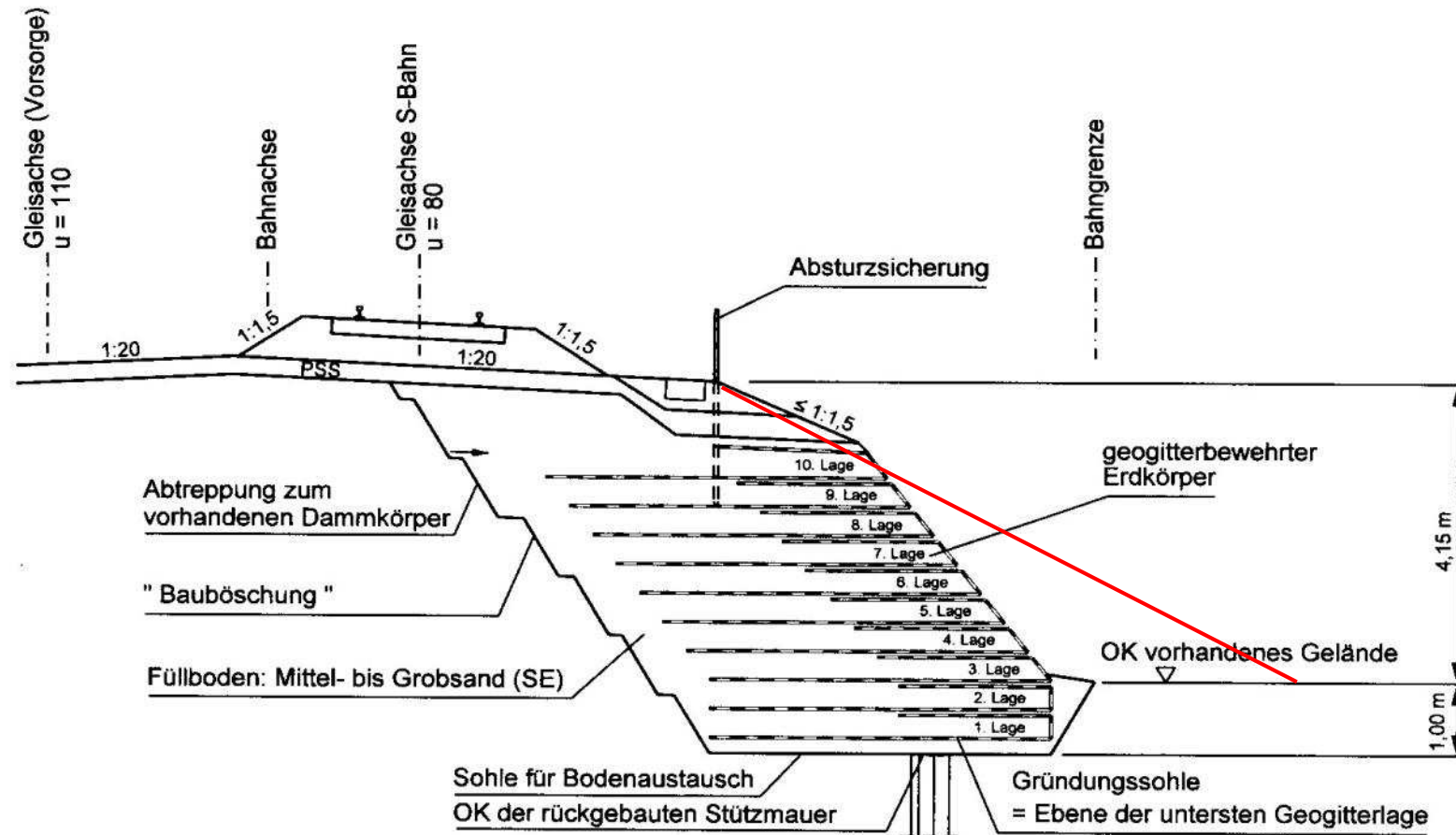


- Geländebruch / Böschungsbruch
- Grundbruch
- Gleiten und Kippen

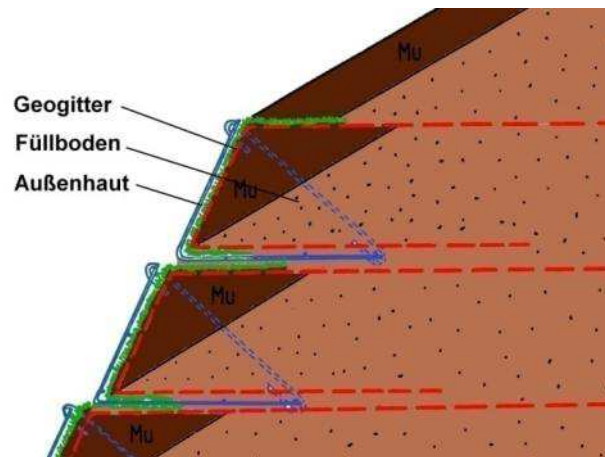
- Bruch d. Bewehrung / Bemessungsfestigkeit
- Herausziehen der Bewehrung
- Nachweis Anschlüsse u. Frontausbildung

Beispiel - Dammverbreiterung Hennigsdorf

Alternative – Bewehrte Erde:



Beispiel - Dammverbreiterung Hennigsdorf



Beispiel - Dammverbreiterung Hennigsdorf

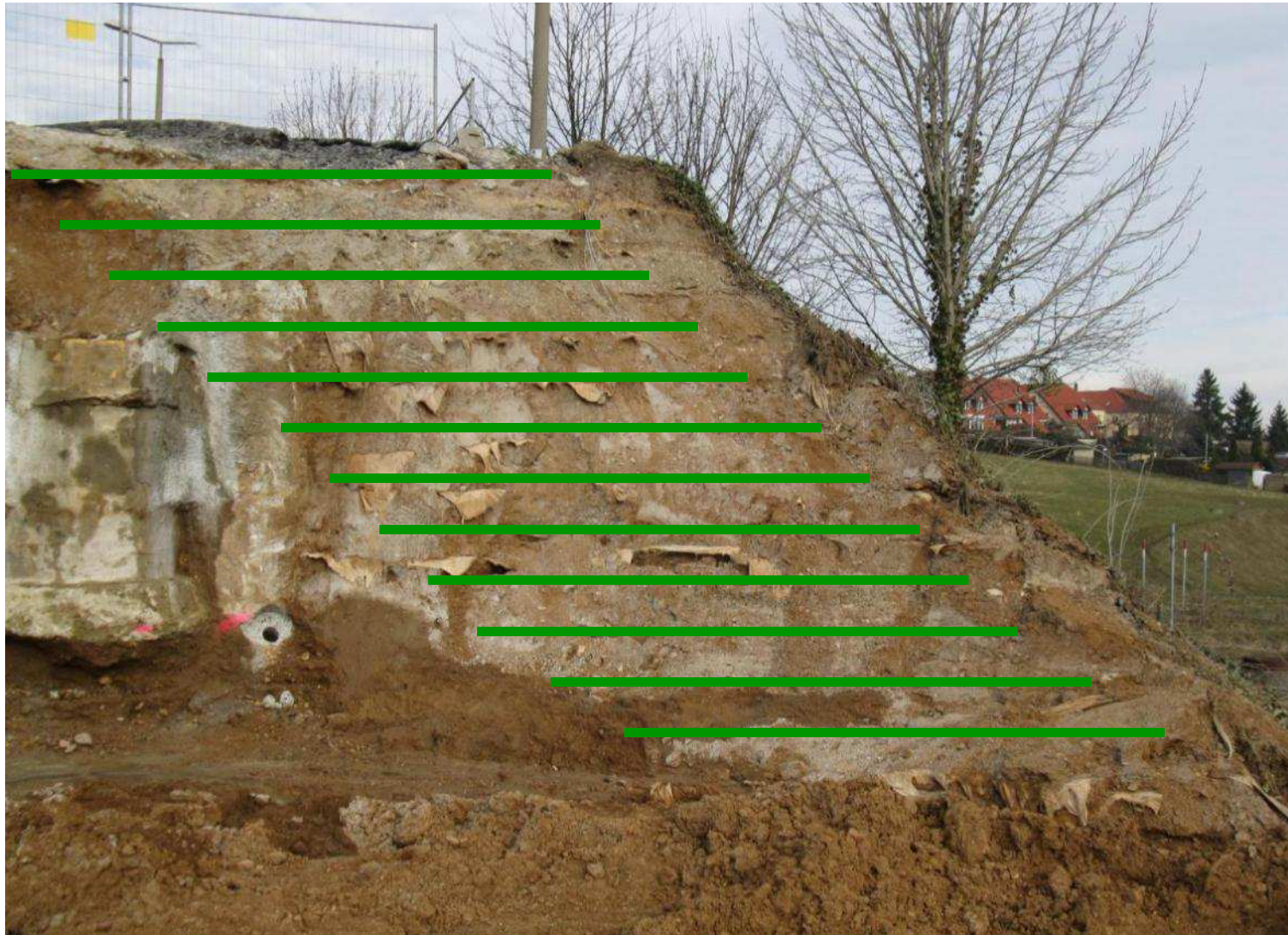


vor Fertigstellung 1998

Zustand 2012

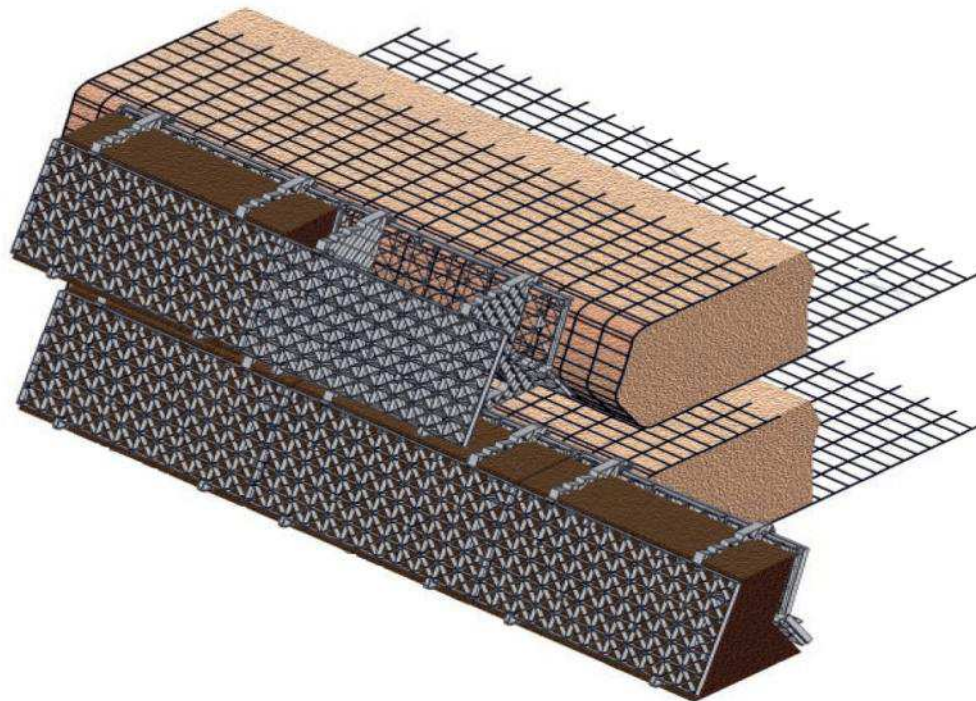


Beispiel – Bewehrte Erde Bannewitz bei Dresden



Beispiel „Dynatex“

- ▶ zweischaliges System mit klarer **Trennung** von Füllboden (Polsterwand) und Kulturboden (Außenhaut)
- ▶ örtliche Anpassung der Neigung des Bewehrten Erdkörpers an bestehendes Gelände durch versetzte Anordnung der Außenhautelemente

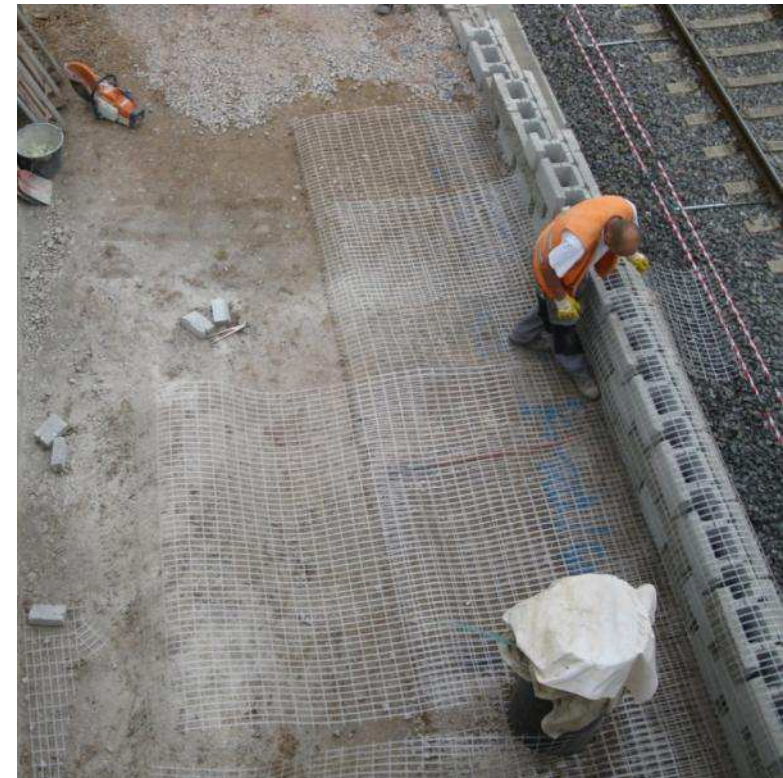


Beispiel „Dynatex“

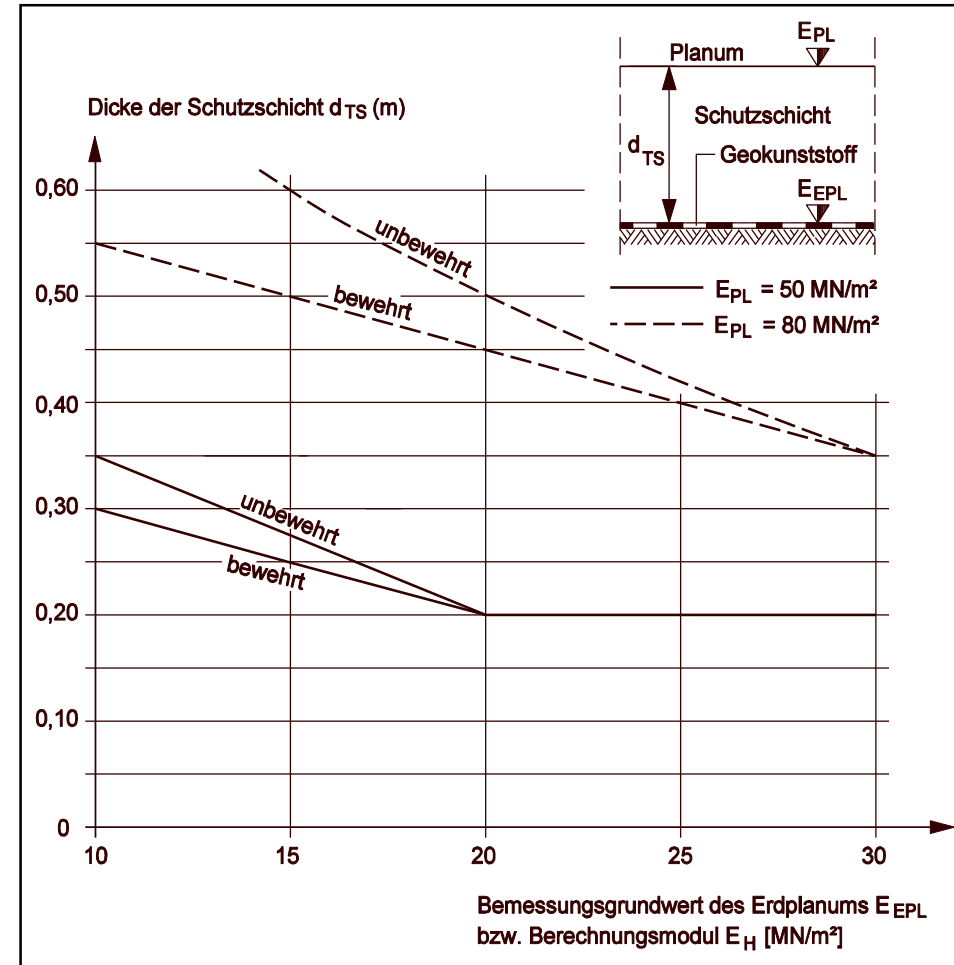
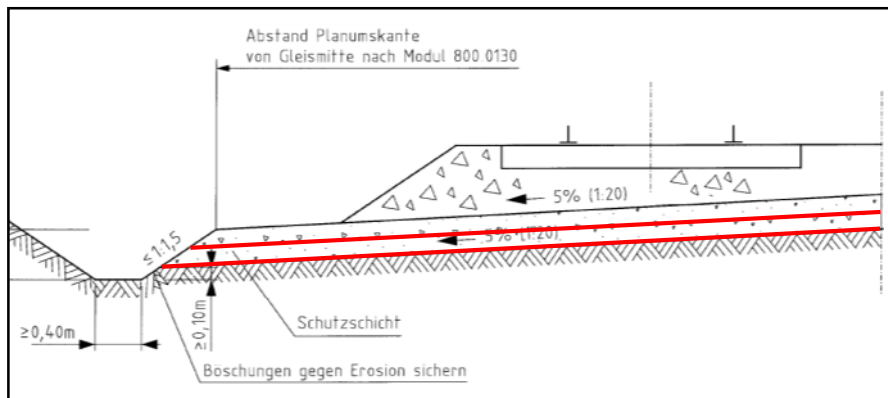
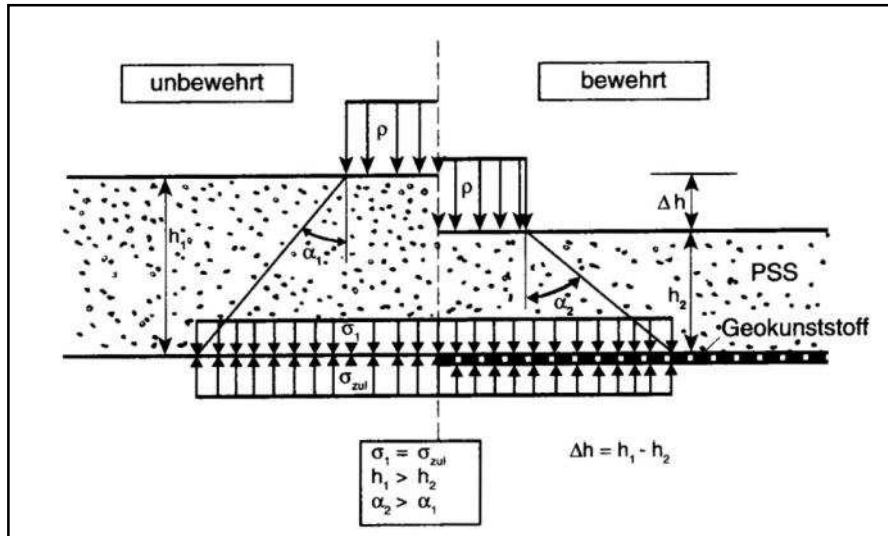
- ▶ fast vollständige Begrünung des Bauwerkes 40 Tage nach Fertigstellung



Beispiel - Bewehrter Erdkörper mit Außenhaut aus Betonelementen



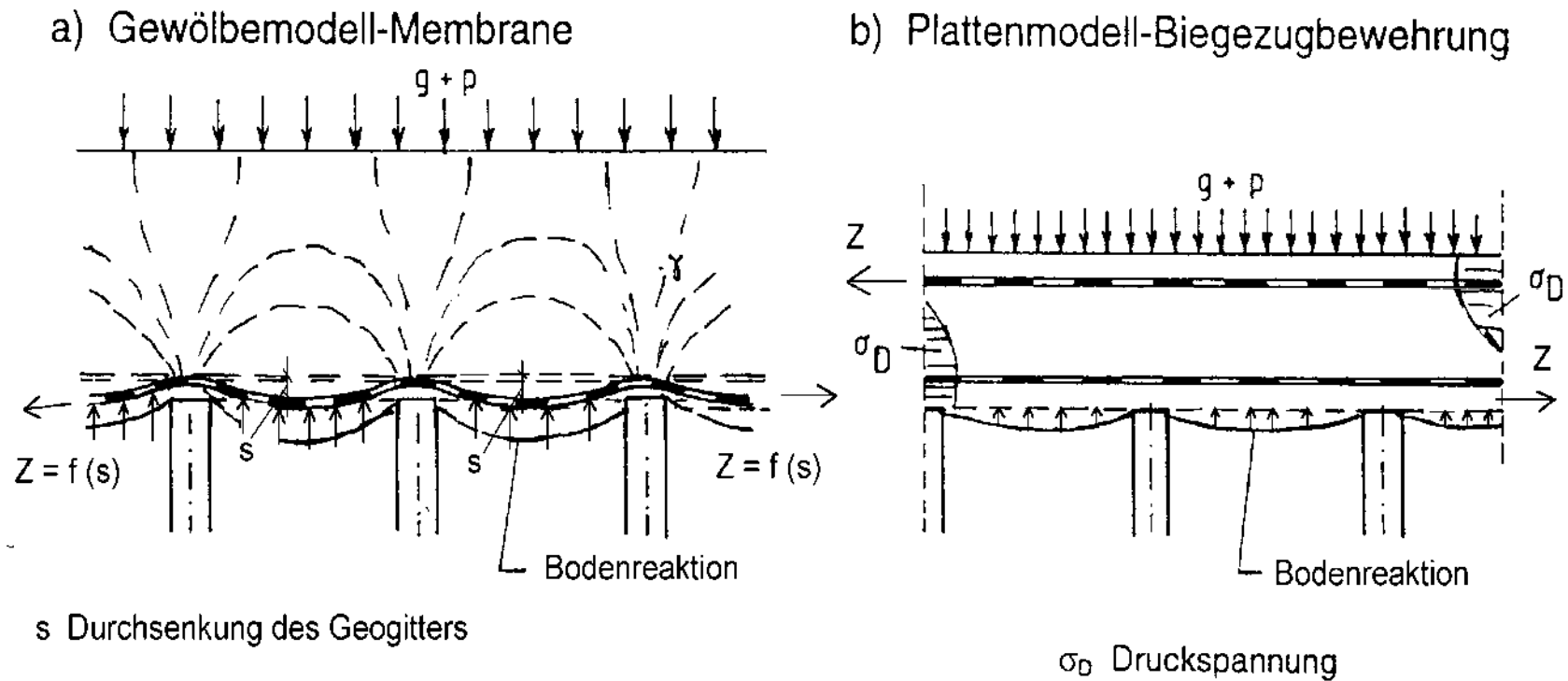
Geokunststoff in Trag- / Schutzschichten zur Verbesserung der Lastabtragung bzw. Tragfähigkeit



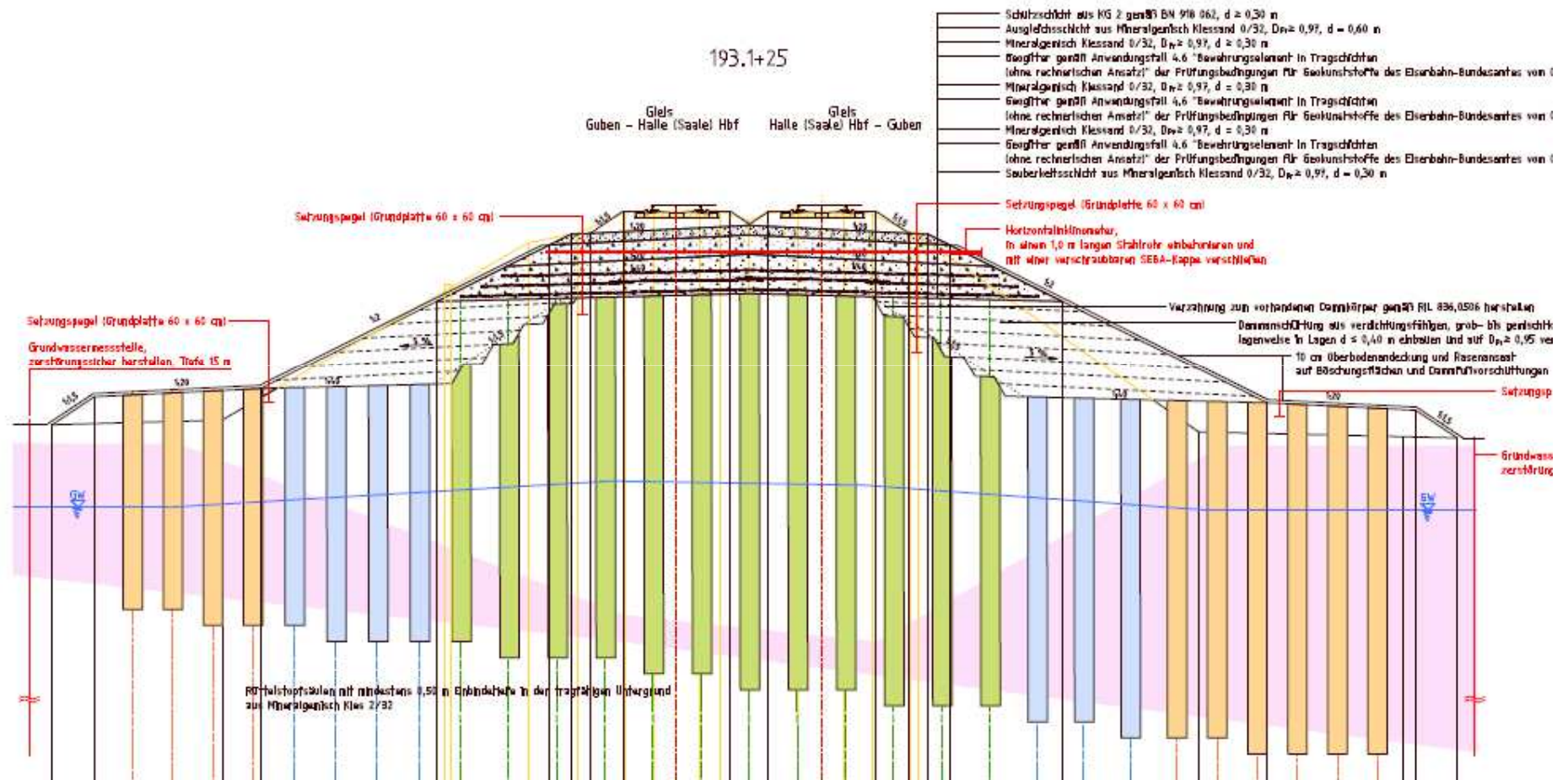
Gleisgebundener Einbau eines Bewehrungselements in einer Schutzschicht



Geokunststoffe zur Lastverteilung über Pfählen / pfahlartigen Tragsystemen

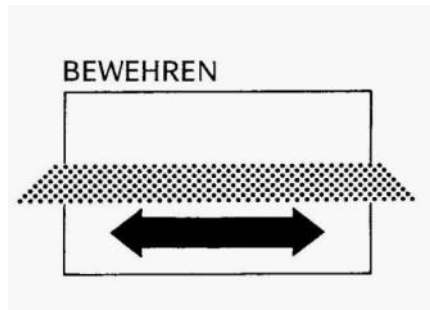


Beispiel - Geogitter über Rüttelstopfsäulen



Beispiel - Geogitter über Rüttelstopfsäulen





➤ Anforderungen

- große Zugfestigkeiten bei geringen Dehnungen
- hoher Reibungsbeiwert Geokunststoff / Boden
- geringe Kriechneigung unter Dauerlast
- hohe Beständigkeit

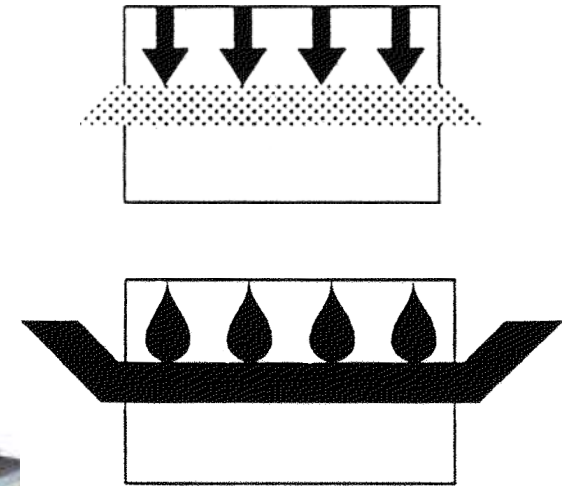
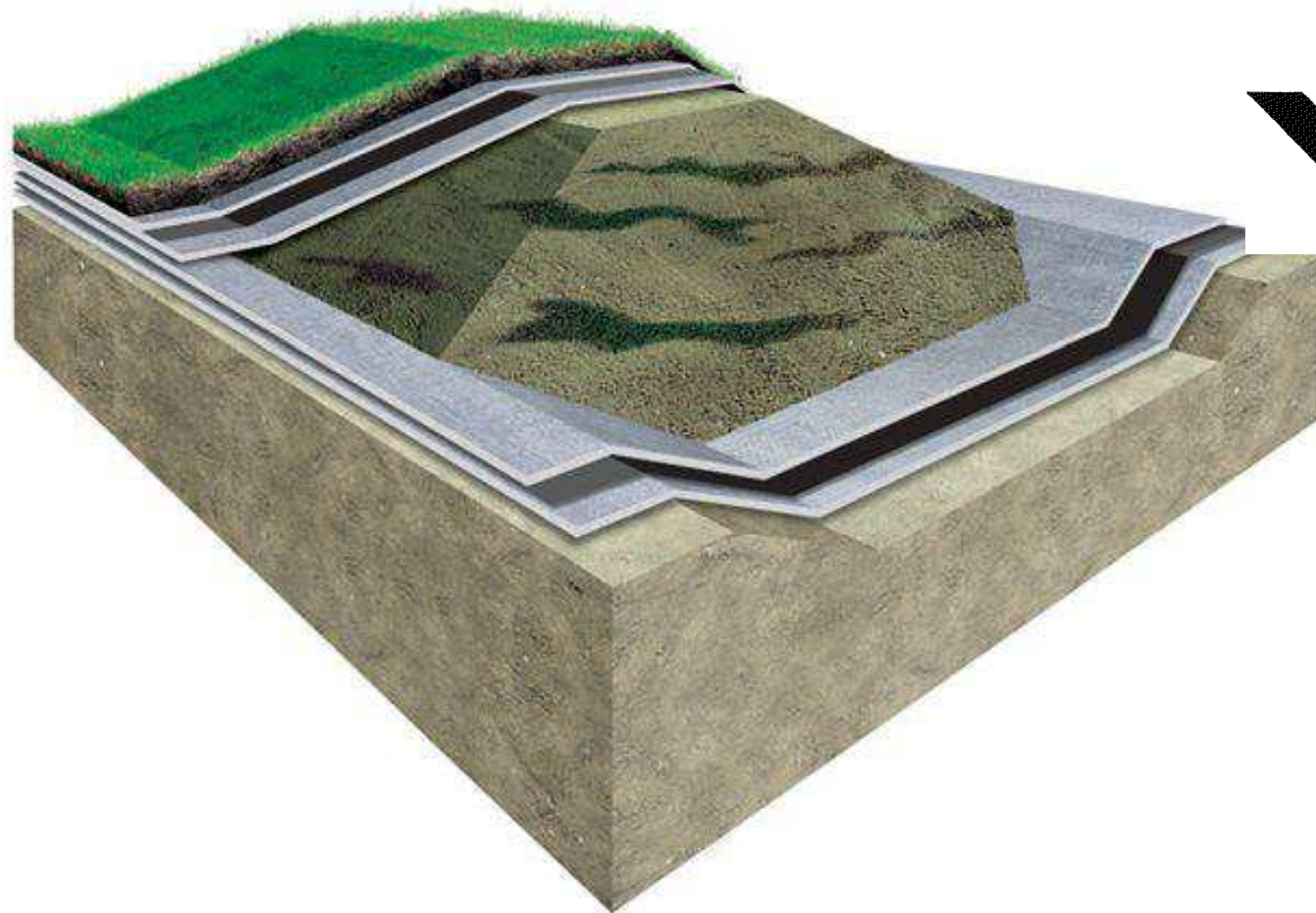
➤ Produkte

- Geogitter
- Verbundstoffe

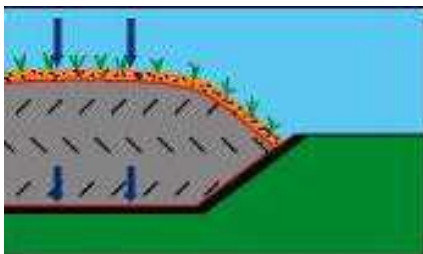
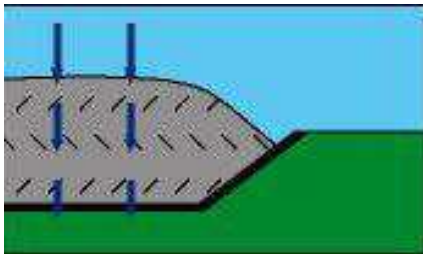
➤ Wesentliche Produkteigenschaften

- Zugfestigkeit, Dehnung
- Reibungsbeiwert
- Beständigkeit, Kriechneigung

3.5 Dichten / 3.6 Schützen



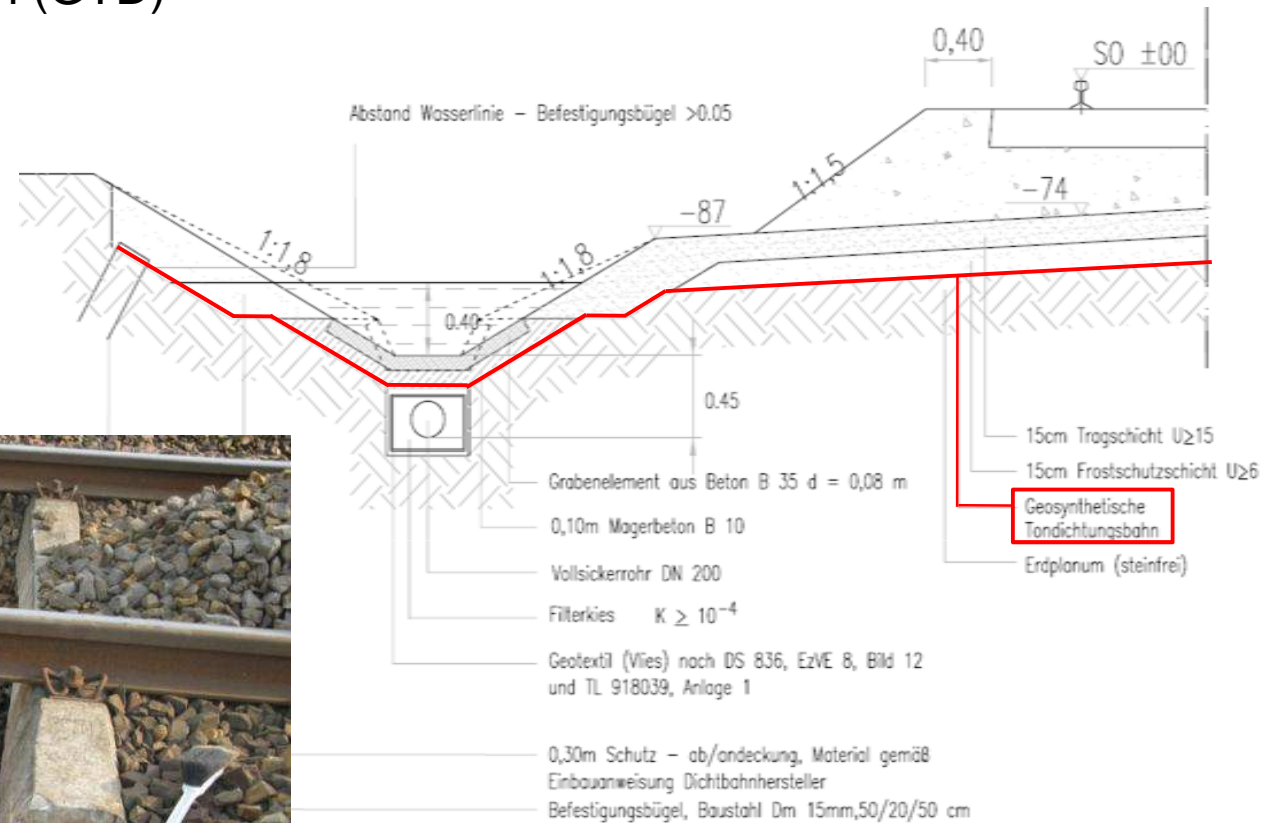
3.5 Dichten



Retentionsbecken

Geotextile Tondichtungsbahn (GTD)

Querung von
 Wasserschutzgebieten
 durch Verkehrswege

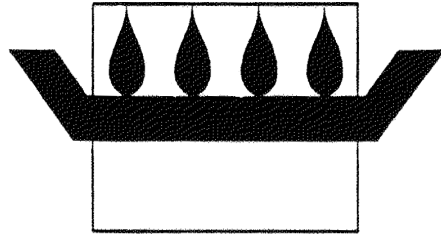


Geotextile Tondichtungsbahn (GTD)



Kunststoffdichtungsbahn (KDB)





▲ Anforderungen

- ▲ sehr geringe Wasserdurchlässigkeit
- ▲ hohe chemische u. Mikrobiologische Beständigkeit
- ▲ mechanische Mindestfestigkeit für Transport und Einbau
- ▲ ausreichender Reibungsbeiwert Geokunststoff / Boden

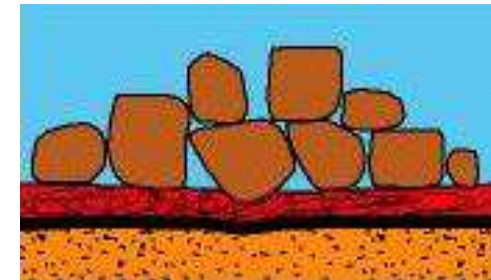
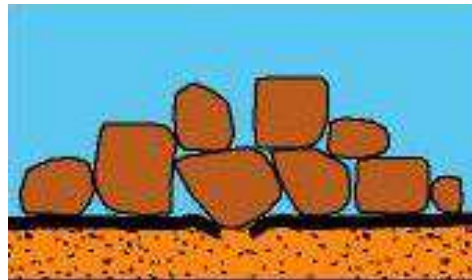
▲ Produkte

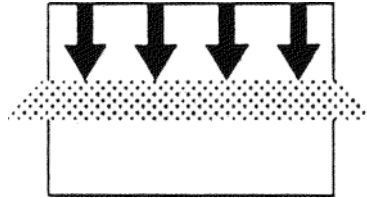
- ▲ Geotextile Tondichtungsbahnen (GTD)
- ▲ Kunststoffdichtungsbahnen (KDB)

▲ Wesentliche Produkteigenschaften

- ▲ Wasserdurchlässigkeit
- ▲ chemische und mikrobiologische Beständigkeit

3.6 Schützen





▲ Anforderungen

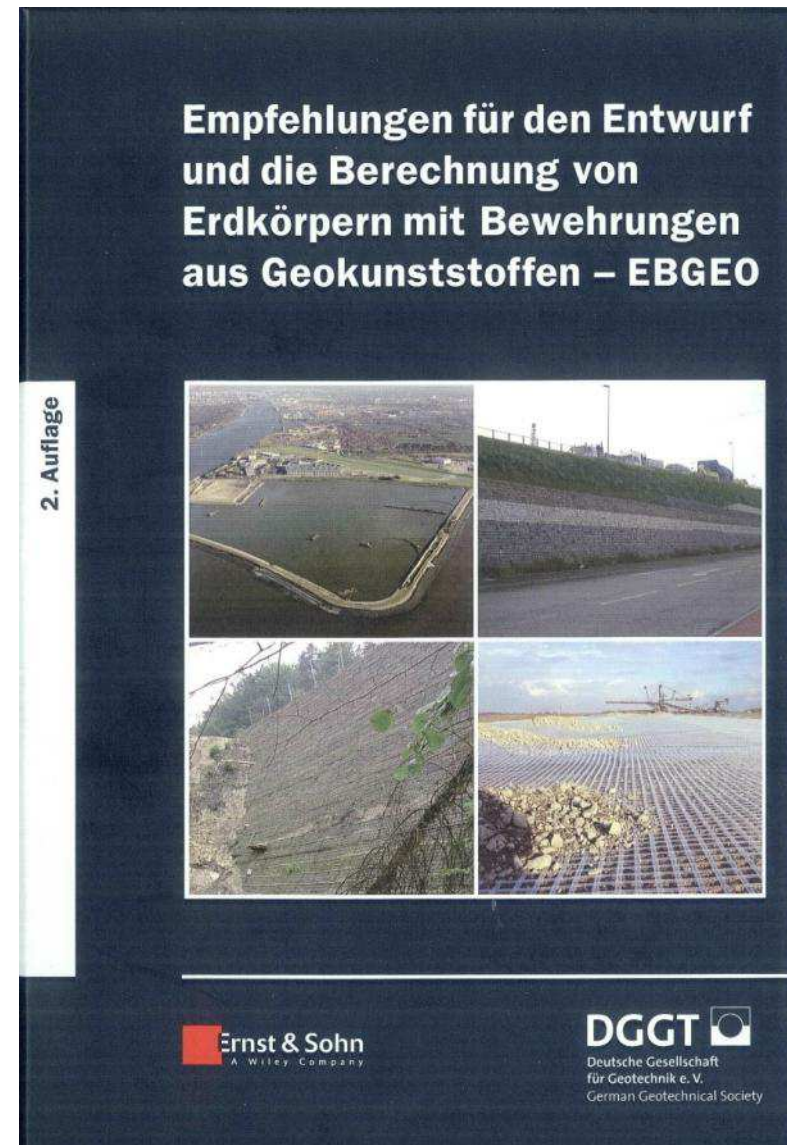
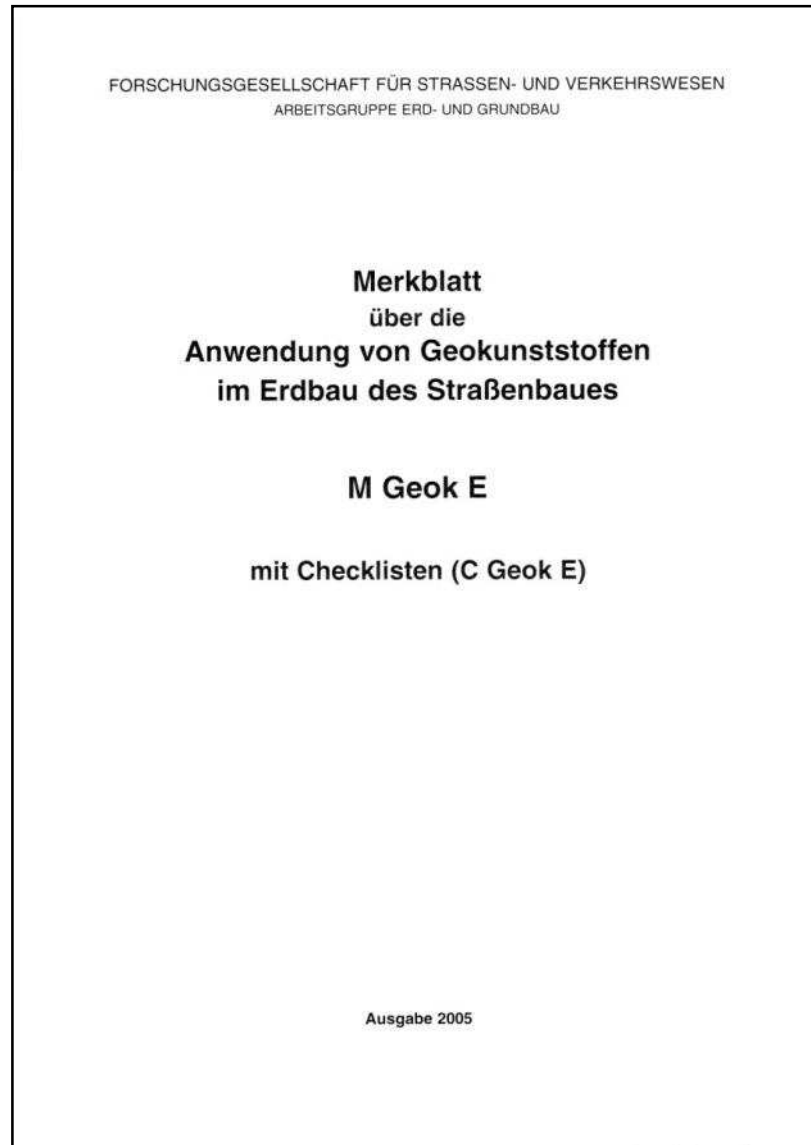
- ▲ robust
- ▲ große Dicke / hohe Flächenmasse
- ▲ hohe chemische und mikrobiologische Beständigkeit

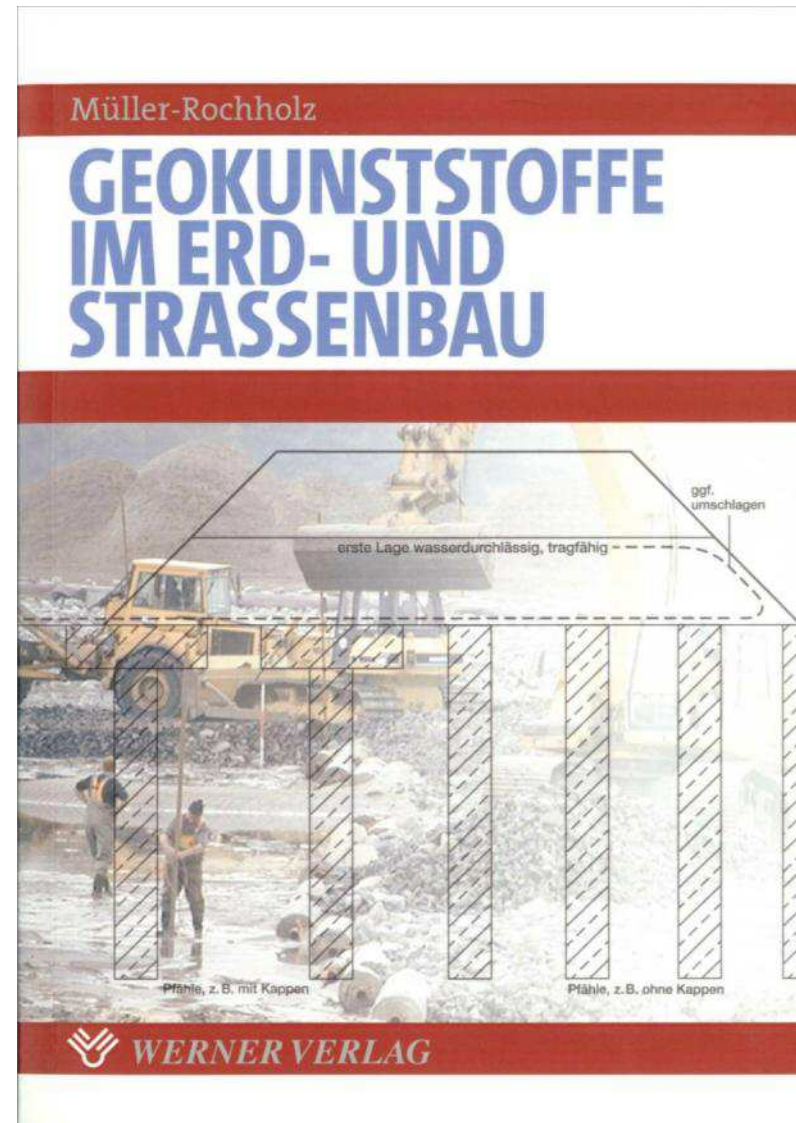
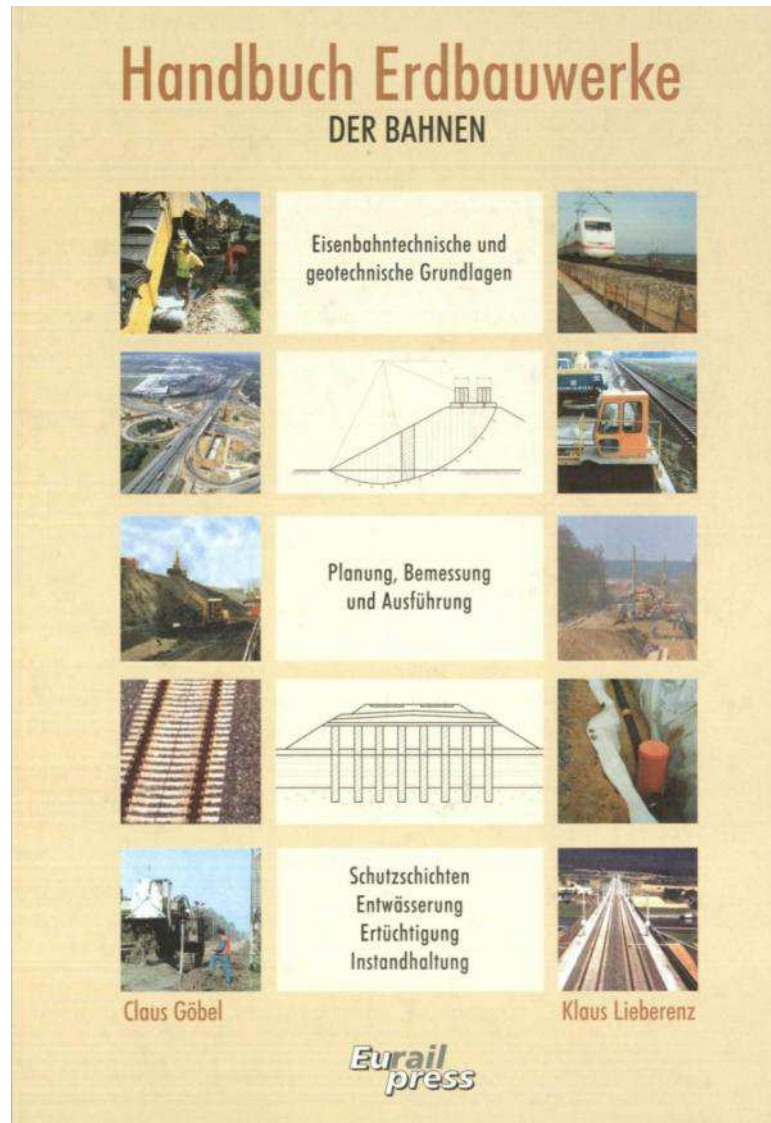
▲ Produkte

- ▲ Vliesstoffe, insbesondere mechanisch verfestigte Stapelfaservliese

▲ Wesentliche Produkteigenschaften

- ▲ Dicke / Flächenmasse
- ▲ chemische und mikrobiologische Beständigkeit





- ▶ Checklisten für die Anwendung von Geotextilien und Geogittern im Erdbau des Straßenbaues.
FGSV 553, Köln
- ▶ Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen - EBGEO - 2. Auflage.
Ernst & Sohn / DGGT 2010
- ▶ Technischen Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaues - TL GeoK E-StB.
- ▶ Anwendung von Geotextilien im Wasserbau.
DVWK 221, Bonn
- ▶ Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien im Wasserbau.
MAG, BAW Karlsruhe
- ▶ ZTV E-StB
- ▶ ZTV Ew-StB
- ▶ RAS-Ew

Regelungen im Eisenbahnbau:

- ▶ **RIL 836** enthält Planungsgrundsätze, Anwendungsempfehlungen und Einbaubedingungen
- ▶ RIL 836 verweist hinsichtlich der Eignung der Geokunststoffe für die jeweiligen Anwendungsfälle auf Technische Lieferbedingungen „Geokunststoffe“ - DB AG - TL 918 039
- ▶ DB AG - TL 918 039 wurde durch „**Prüfungsbedingungen für Geokunststoffe des Eisenbahn-Bundesamtes vom 01.02.2007**“ ersetzt
- ▶ Prüfungsbedingungen des EBA wurden mit **TM 2007-058a I.NVT(K) - „Umsetzung der Prüfungsbedingungen für Geokunststoffe des Eisenbahnbundesamtes...“** eingeführt
- ▶ grundsätzlich gilt **ELTB** in aktuell gültiger Fassung

Dipl.-Ing. (FH) Clemens Haase

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!**