

la norme EN 13036-5), on a pu caractériser ce dernier par «l'énergie par bandes d'ondes» du profil des défauts d'uni. Les études réalisées en France durant les années quatre-vingts permettent le traitement et le filtrage du signal suivant trois gammes d'ondes (OC: 0,8 – 3,2 m/OM: 3,2 – 13 m/OL: 13 – 45 m). La qualité de la surface de la chaussée, du point de vue du confort et de la sécurité, est exprimée avec une notation allant de 0 à 10 pour chacune de ces bandes. Cette caractérisation de l'uni par une «notation par bandes d'ondes (NBO)» tend à se généraliser en Europe. Ce type d'indicateur, outre sa relation claire avec le confort et la sécurité d'utilisation de la route, permet aussi d'orienter les procédures de construction pour obtenir un meilleur uni de la surface de la chaussée. Cet indice, comme l'IRI, peut être calculé sur la base de tout relevé profilométrique selon EN 13036-5.

La nouvelle méthode du profil longitudinal pondéré est actuellement dans une phase intense de tests au niveau européen. De part la pondération différentielle du signal sur 9 bandes de longueurs d'ondes, elle semble avoir l'aptitude de très bien décrire tous les différents types de défauts de planéité longitudinale: ondulations de longueurs d'ondes et d'amplitudes variables, défauts aléatoires, défauts isolés. Certains pays comme l'Allemagne et l'Autriche ont déjà annoncé vouloir en faire à court terme leur méthode officielle.

DE

## FORSCHUNGSBERICHT NR. 1402

### Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen

Berner Fachhochschule – Architektur, Holz und Bau  
Kompetenzzentrum Geotechnik, 3400 Burgdorf

MARTIN STOLZ, Prof. für Geotechnik  
FRANZISKA NYFFENEGGER, Geologin

Tecnotest AG, 8803. Rüschlikon

NORBERT THOLL, Ing. phys. Technik

Forschungsauftrag VSS 2008/403 auf Antrag des  
Schweizerischen Verbandes der Strassen- und  
Verkehrsfachleute (VSS)

Die Norm SN 670 241 «Geotextilien; Anforderungen an die Funktionen Trennen, Filtern und Drainieren» wurde im Jahre

2007 redaktionell überarbeitet. Aufgrund der neu eingeführten Prüfverfahren aus der europäischen Normung muss in den nächsten Jahren die SN 670 241a fachlich revidiert werden.

Das vorliegende Projekt VSS 2008/403 widmet sich den Eigenschaften Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geotextilien, wozu neue anwendungsspezifische Anforderungswerte zu erarbeiten sind.

#### Witterungsbeständigkeit (Wetterbeständigkeit)

Die EN 12224 sieht eine siebenmal längere Bestrahlungsdauer gegenüber der SN Norm vor. Dazu werden Zugversuche am schmalen Streifen an bewitterten und unbewitterten Probekörpern für Geovliese nach EN 29073-3 und für Geogewebe nach EN ISO 13934-1 durchgeführt, um die Restfestigkeit zu ermitteln.

Das Primärziel ist, die Anforderungswerte nach dem bisher angewandten Prüfverfahren mit Anforderungswerten nach dem neuen Prüfverfahren zu ersetzen. Zu den Eigenschaften mit der längeren Laborbewitterung lagen bis anhin keine Erfahrungen vor. Im Projekt werden 11 Geotextilien nach beiden Verfahren geprüft und die Ergebnisse verglichen, um ein Vorschlag für neue Anforderungswerte zu unterbreiten. Die mittlere Restfestigkeit der untersuchten normkonformen Produkte wird nach 430 Stunden Laborbewitterung zu 60% ermittelt, was der geforderten Restfestigkeit gemäss EN 13249 Anhang B entspricht.

Als Sekundärziel wird der Zusammenhang zwischen der neuen Laborbewitterung und einer Freibewitterung von bis zu 12 Monaten gesucht. Dazu wurden vier Geotextilien in Burgdorf freibewittert. Es zeigt sich, dass trotz grösserer Bestrahlungsmenge im Freien, die Restfestigkeit gegenüber der laborbewitterten Produkte nicht geringer ist. Diese Erkenntnis rechtfertigt den zukünftigen Gebrauch des Verfahrens nach der EN 12224.

#### Durchdrückverhalten

In der SN 670 241 werden Anforderungen an den Durchschlagwiderstand (Kegelfallversuch) nach EN ISO 13433 gestellt, nicht jedoch an die Stempeldurchdrückkraft (Durchdrückverhalten) nach EN ISO 12236. Zwischen den beiden Eigenschaften Durchdrückverhalten und Durchschlagwiderstand soll ein allfälliger Zusammenhang gefunden werden, aufgrund dessen bei der Revision der SN 670 241a neue Anforderungen an die

Stempeldurchdrückkraft für die Funktionen Trennen und Filtern gestellt werden können.

Die statistische Auswertung der CE-Datenblätter zeigt, dass zwischen Stempeldurchdrückkraft und Durchschlagwiderstand ein verlässlicher Zusammenhang besteht. Durch die nachgewiesene Korrelation werden neue Anforderungswerte an die Stempeldurchdrückkraft zur Revision der Norm SN 670 241a für die Funktionen Trennen und Filtern vorgeschlagen.

DE

## FORSCHUNGSBERICHT NR. 1400

### Begrünte Stützgitterböschungssysteme

SKK Landschaftsarchitekten AG, Wettingen

BEAT STÖCKLI, lic. phil. nat., Biologe

PETER STEINAUER, Dipl.-Ing. Landschaftsarchitekt

FH BSLA/SIA

CSD INGENIEURE AG, St. Gallen

JENS BOHNE, Dipl. Ing. Agronom SIA

DAVID SCHWARZ, BSc LST Umwelttechnologie FH

NATURALBLUE, Belp

BEAT SCHEUTER, Dipl.-Ing. Landschaftsarchitekt FH

Forschungsauftrag VSS 2009/601 auf Antrag des  
Schweizerischen Verbandes der Strassen- und  
Verkehrsfachleute (VSS)

#### Zustand, Vegetation und Verbesserungsvorschläge für Systemwahl und nachhaltige Begrünung

Begrünte Stützgitterböschungssysteme gemäss Norm SN 640 621 gelten als kostengünstig und umweltfreundlich. Über die Nachhaltigkeit der Begrünung ist allerdings wenig bekannt. Deshalb wurden im Jahr 2011 40 ältere Objekte in der Schweiz bezüglich Stützelementen und Vegetation begutachtet und 14 dieser Objekte boden- und vegetationskundlich untersucht.

Die technischen Bauteile erwiesen sich grossmehrheitlich als einwandfrei, die Vegetation bei einem Drittel der Objekte hingegen, vor allem bei südexponierten, als mangelhaft bis ungenügend. Die geringsten Wassergehalte wurden in der Böschungsmitte gemessen und die Nährstoffgehalte der Substrate lagen im eher tiefen bis mittleren Bereich. An den untersuchten Stützgitterböschungen konnten auf 12 m<sup>2</sup> grossen Stichprobenflächen im Schnitt 16, auf sämtlichen Flächen insgesamt 148 Pflanzenarten gefunden werden. 82% aller Arten sind mehrjährig,

18% ein- oder zweijährig; 26% wahrscheinlich angesät oder gepflanzt, 74% spontan aufgekommen, darunter viele neophytische Hochstauden. Aufgrund des Artenspektrums lässt sich die Vegetation der mehr als drei Jahre alten Stützgitterböschungen am ehesten den halbruderalen Halbtrockenrasen sowie den frischen Saumgesellschaften zuweisen. Die durchschnittliche Gesamtdeckung der Vegetation betrug 66% bei einer sehr grossen Standardabweichung. Mit zunehmendem Alter der Objekte verlieren die angesäten Arten an Deckung, während die spontan aufgekommenen ihre Flächenanteile vergrössern. Deutlich zeigte sich die Abhängigkeit von der Exposition: In sonnigen Lagen ist die Gesamtdeckung am geringsten, in schattigen Lagen relativ am höchsten. Dies ist vor allem den Moosen zu verdanken, die sich auf offenen Böschungsbereichen feuchter Lagen etablieren können.

Aus den Ergebnissen ist zu schliessen, dass sich an voll sonnigen Standorten begrünte Stützgitterböschungen nicht bewähren. Für die Stützfunktion sind andere Lösungen zu wählen. Stützgitterböschungen über 2,5 m Höhe müssen wegen der kritischen Wasserversorgung mit Bermen abgestuft und die Bermen mindestens 60 cm breit angelegt werden. Für die Stützgitter sind verzinkte Stäbe und als Geokunststoffe der Front nur Wirrgelege einzusetzen. Geeignete Ansaatmischungen, steinverfüllte Fronten mit eingelegten, vor Mäusen geschützten Sträuchern sowie differenzierte Mahd verbessern Aspekt und Nachhaltigkeit der Begrünung.

DE

## FORSCHUNGSBERICHT NR. 1396

### Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut

Remy Gubler Beratung, Thusis

R. GUBLER, Dr. sc. nat.

IMP Bautest AG, Oberbuchsitzen

CH. ANGST, Dr. sc. techn.

Empa, Dübendorf

C. RAAB, Dr., Dipl.-Ing.

Forschungsauftrag VSS 1999/128 auf Antrag des

Schweizerischen Verbandes der Strassen- und

Verkehrsfachleute (VSS)

Die Erfahrung zeigt, dass aus der Affinität eines Bindemittels zu Mineralstoffen nicht leicht auf das Verhalten des entsprechenden Asphalt unter Praxisbedingungen geschlossen werden kann. Eine Validierung der Methode zur Bestimmung der Affinität ist deshalb wesentlich und Voraussetzung für das Festlegen von Grenzwerten.

#### Welche Umhüllung gewährleistet noch einen dauerhaften Belag?

Die Forschungsstellen wurden beauftragt, die praktische Bedeutung in der Haftprüfnorm [SN 670460] ermittelten Werte zu ermitteln sowie entsprechende Vorschläge für eine Anforderungsnorm zu formulieren. Die Ziele wurden deshalb nach Absprache mit der zuständigen Begleitkommission wie folgt definiert:

- Suche nach einem optimalen Prüfverfahren mit dem die Effekte von Wasser möglichst gut aufgezeigt werden können.
  - Evaluation eines praxistauglichen, einfachen Prüfverfahrens.
  - Dabei wurden folgende Prüfverfahren eingesetzt:
    - Spaltzugprüfung nach verschiedenen Lagerungsarten. Je nach Lagerungsarten wurden geringe bis deutliche Unterschiede zwischen Mischgütern aus wasserempfindlichen und wasserunempfindlichen Kombinationen von Bindemitteln und Mineralstoffen gefunden.
    - Wasserempfindlichkeit ITSr, es konnte keine relevante Abnahme der Festigkeit als Folge der Wasserlagerung festgestellt werden.
    - Druck-Schwellversuch mit zwei unterschiedlichen Lagerungsarten. Es wurde entweder keine eindeutige Veränderung der mechanischen Eigenschaften festgestellt oder die Ergebnisse waren kontrovers.
    - Modulbestimmung im Spaltzugversuch. Es wurde entweder kein systematischer Trend festgestellt oder die Wasserlagerung führte zu einer nur mässigen Abnahme der Festigkeit.
    - Entwicklung des Moduls im koaxialen Schubtest CAST während der Wasserlagerung. Die Unterschiede waren gering.
    - Wasserempfindlichkeit CAST. Es wurden deutliche Unterschiede zwischen wasserempfindlichen und wasserunempfindlichen Mischgütern festgestellt.
- Folgende Verfahren schneiden gemäss dieser Untersuchung besonders gut ab:
- Wasserlagerung 72 h bei 60 °C gefolgt von Spaltzugversuch. Das Verfahren

ist einfach und hat gemäss dieser Forschung das Potenzial, den ITSr abzulösen, der zu wenig differenziert.

- Für vertiefte wissenschaftliche Untersuchungen empfiehlt sich die Wasserempfindlichkeit mit dem CAST. Das Verfahren ist aufwendig, führt aber zu vertieften Einsichten in das Materialverhalten.
- Die in der Schweiz übliche Forderung eines Umhüllungsgrades von 80% kann beibehalten und sollte auf keinen Fall verschärft werden.

DE

## FORSCHUNGSBERICHT NR. 1404

### Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen

Forschungsauftrag VSS 2009/707 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS).

2008 wurde im Rahmen eines umfangreichen Forschungsprogramms zur Massnahmenplanung in der Fahrbahnerhaltung ein Modell zur Ermittlung von Kosten und geldwertem Nutzen von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen entwickelt (siehe dazu VSS-Bericht 1244). Dieses Modell wurde in der vorliegenden Forschungsarbeit anhand von aktuellen Fallbeispielen validiert. Dabei wurden Erhaltungsmassnahmen auf Autobahnen, vor allem aber auch im untergeordneten Strassensystem untersucht. Die Modellanwendungen zeigen – erwartungsgemäss – den grössten Nutzen von Fahrbahnerhaltungsmassnahmen in Form von tieferen Kosten des betrieblichen Unterhalts. Insgesamt zeigt das Modell auch einen deutlichen Nutzen durch bessere Verkehrssicherheit. Das Bewertungsmodell ist brauchbar und plausibel, sowohl bei grösseren als auch bei kleinen Erhaltungsmassnahmen. Die Modellanwendung braucht aber lokale Sachkenntnis und Erfahrung. Das Modell liefert zwar einen Mechanismus, kann aber nur in wenigen Fällen mit Standards und Normwerten hinterlegt werden. Parameter und Zustandsverläufe müssen in Kenntnis der Bewertungssituation und der Modellzusammenhänge gewählt und angepasst werden – das Modell erlaubt das.