

# 41. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Straßenbau Heft S 62

**bast**



# 41. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau

Niederschrift der 41. Tagung  
am 8. und 9. April 2008  
in Potsdam

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Straßenbau Heft S 62**

**bast**

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines  
B - Brücken- und Ingenieurbau  
F - Fahrzeugtechnik  
M - Mensch und Sicherheit  
S - Straßenbau  
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BAST-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

## Impressum

**Bearbeitung und Betreuung:**  
Ursula Blume, Roderich Hillmann

**Herausgeber**  
Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0  
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

**Redaktion**  
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

**Druck und Verlag**  
Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven  
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax: (04 71) 9 45 44 77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

ISSN 0943-9323  
ISBN 978-3-86918-007-6

Bergisch Gladbach, Mai 2010

## Kurzfassung – Abstract

### 41. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau

Am 41. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau (EAT) am 8. und 9. April 2008 nahmen neben Vertretern des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung und der Straßenbaubehörden der Länder auch Vertreter der Bundesanstalt für Wasserbau, der Deutschen Bahn AG, des Bundesrechnungshofs und der DEGES teil.

Der Erfahrungsaustausch dient dazu, Erfahrungen mit neuen Bauweisen und der Anwendung neuer Regelwerke und Prüfverfahren mitzuteilen und zu diskutieren. Ein Schwerpunkt des 41. EAT waren Vorträge über Regelwerke für den Einsatz von Böden und Baustoffe im Erdbau. Durch die überarbeiteten ZTV E-StB und die neu erscheinenden Technischen Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe für den Erdbau (TL BuB E-StB) ist deren Einsatz sowohl vertragstechnisch als auch hinsichtlich ihrer Lieferung für den Bereich „Erdbau“ zukünftig geregelt.

In Vorträgen wurden ebenfalls unterschiedliche Aspekte der geplanten Ersatzbauverordnung des Bundes auch aus Ländersicht behandelt. Diese soll zukünftig rechtlich verbindliche Regelungen zum Einsatz von Ersatzbaustoffen, z. B. Recycling-Baustoffen, insbesondere hinsichtlich der umweltrelevanten Anforderungen in technischen Bauwerken regeln.

Bezüglich neuer Entwicklungen und Erfahrungen von Prüfgeräten im Erdbau wurde über ein Mittelschweres Fallgewichtsgeschütz zur Verdichtungskontrolle von Tragschichten und über die französische PANDA-Sonde, die eine zerstörungsfreie Verdichtungskontrolle nach Einbau aller Einbaulagen erlaubt, informiert.

Die Erfahrungsberichte gaben einen Einblick über praktische Erfahrung beim Einsatz von Recycling-Baustoffen, industriellen Nebenprodukten und Glasschaumgranulat. Es wurden sowohl bewährte Baustoffe und Bauweisen und deren Anwendung in Großprojekten als auch das Erkennen von Problemen und deren Umgang bei der Verdichtung von verfestigtem Boden in Widerlagerhinterfüllungen und bei Treibmineralbildung behandelt.

Positiv aufgenommen wurden Berichte von problematischen Erfahrungen. Den anschließenden regen Diskussionen konnte entnommen werden, dass auch Teilnehmer des EAT aus anderen Regionen mit ähnlichen Schwierigkeiten Erfahrungen gemacht hatten.

Bei der Fachexkursion am 9. April 2009 wurde eine Recycling-Anlage für Baustoffe in Potsdam-Satzkorn besichtigt. Im Anschluss erfolgte eine Besichtigung der Baustelle des künftigen Großflughafens BBI Berlin Brandenburg International. Die fachkundige Führung mit Besichtigung des BBI-Infotowers ermöglichte einen Blick aus der Vogelperspektive in die aktuellen Erdarbeiten, die bei der anschließenden Befahrung aus nächster Nähe betrachtet werden konnten.

### 41<sup>st</sup> Congress for Exchange of Experience on Earthworks in Highway Construction

The 41<sup>st</sup> exchange of experiences concerning excavations for road construction (EAT) took place on 8 and 9 April 2008 and was attended by representatives of the Federal Ministry for Transport, Building and Urban Affairs and the road-building authorities of the federal states as well as by representatives of the Federal Waterways Engineering and Research Institute, Deutsche Bahn AG, the Federal Court of Auditors and the DEGES (German Unity highway planning and construction company).

The exchange of experiences was used to communicate and discuss experiences with new ways of construction and the use of new regulations and test methods. The focus of the 41<sup>st</sup> EAT was on presentations concerning regulations for the use of soils and building materials in earthworks. The revised ZTV E-StB and the newly published Technical Delivery Conditions for Soils and Building Materials for Earthworks (TL BuB E-StB) will in future regulate their use in the “earthworks” sector with regard to contracting issues as well as delivery.

The presentations also dealt with the various aspects of the planned Replacement Building Ordinance of the federal government from the point of view of the federal states. This ordinance is to provide legally binding regulations concerning the

use of replacement building materials, e.g. recycled building materials, in particular with regard to the environmentally relevant requirements of technical structures.

Information concerning new developments and experiences with test devices for earthworks included a medium-sized drop-weight device for compaction measurements on base courses and the French PANDA probe that allows non-destructive testing of compaction after the installation of all layers.

The reports also provided insight into practical experiences with recycling materials, industrial by-products and glass foam granulate; they dealt with proven materials and construction methods and their use in large projects; and they described how to recognise and avoid problems in connection with compacting stabilised soil in abutment backfillings and sulphate expansion.

The reports on problematic experiences were welcomed. The subsequent, lively discussions indicated that EAT participants from other regions had experienced similar difficulties.

The technical excursion on 9 April 2009 involved a visit to a recycling plant for building materials in Potsdam-Satzkorn. This was followed by a visit to the building site of the future, the large-scale airport BBI Berlin Brandenburg International. The competently guided tour included a visit to the BBI information tower with a birds-eye view of the current excavation work that could be seen from close-up during the subsequent drive around the site.

## Inhalt

### Begrüßungen

|  |    |
|--|----|
| Dipl.-Ing. Iris Kralack<br>Ministerium für Infrastruktur und<br>Raumordnung des Landes Brandenburg . . . .                   | 8  |
| Dr.-Ing. Peter Reichelt<br>Bundesanstalt für Straßenwesen . . . . .  | 8  |
| Dr. Elke von Kuick-Frenz<br>Beigeordnete des Geschäftsbereiches<br>Stadtentwicklung und Bauen der Stadt<br>Potsdam . . . . . | 9  |
| Dipl.-Ing. Ulrich Mehlmann<br>Ministerium für Infrastruktur und<br>Raumordnung des Landes Brandenburg . . . .                | 10 |
| Dipl.-Ing. Angelika Gipper<br>Bundesministerium für Verkehr, Bau und<br>Stadtentwicklung . . . . .                           | 13 |

### Regelwerk

|   |    |
|---|----|
| Aktueller Stand der neuen ZTV E-StB<br>und weiterer Regelwerke der AG 5<br>RDir Dipl.-Ing. R. Hillmann . . . . .  | 16 |
| Technische Lieferbedingungen für Böden<br>und Baustoffe für den Erdbau<br>Dipl.-Ing. Tanja Marks . . . . .  | 20 |
| „Änderung“ der Bodenklassifikation<br>gemäß DIN 18300<br>Dipl.-Ing. Maik Schüßler . . . . .   | 27 |
| Die Ersatzbaustoffverordnung – Einführung<br>Dipl.-Ing. Tanja Marks . . . . .   | 30 |
| Kritische Anmerkungen zur Ersatzbaustoff-<br>verordnung aus Sicht des Landes<br>Brandenburg<br>Dipl.-Ing. (FH) Ehrenfried Jäschke . . . . .   | 34 |
| Erwartungen an die Ersatzbaustoffverord-<br>nung aus der Sicht des Landes NRW<br>Dipl.-Ing. Monika Schleiter . . . . .  | 38 |
| Umgang mit Bankettmaterial vor dem<br>Hintergrund des aktuellen Abfall- und<br>Bodenschutzrechtes<br>Dipl.-Geogr. Gerd Dahmen,<br>Dr. Birgit Kocher,<br>Dr. Karl-Gustav Kukoschke . . . . . | 43 |

### Entwicklung von und Erfahrungen mit neuen Prüftechniken

|   |    |
|---|----|
| Entwicklung eines mittelschweren<br>Fallgewichtsgeschützes<br>RDir Dipl.-Ing. Roderich Hillmann . . . . .                       | 54 |
| Informationen zur Rammsondierung<br>mit einer leichten Rammsonde mit<br>variabler Energie<br>Dipl.-Geol. Ursula Blume . . . . . | 59 |

### Erfahrungsberichte

|  |     |
|--|-----|
| Einsatz von Recycling-Baustoffen in NRW<br>Dr.-Ing. Christoph Dröge,<br>Dipl.-Ing. Monika Schleiter . . . . .  | 66  |
| Erfahrungen mit EOS – Schlacke beim<br>Bau der Umfahrung Meitingen im Zuge<br>der B 2<br>Dipl.-Ing. Andreas Walter . . . . .   | 70  |
| Einbau von Glasschaumgranulat als<br>Leichtschüttung an der Bahnbrücke Bernau,<br>BAB A 8 München – Salzburg<br>Dr. Michael Dietrich . . . . .   | 76  |
| Fahrbahnanhebungen infolge von<br>Treibmineralbildung in bindemittelver-<br>besserten gipshaltigen Böden<br>Dipl.-Ing. T. Hecht . . . . .  | 83  |
| BAB A73 Suhl – Lichtenfels, Abschnitt<br>Ebersdorf – Lichtenfels – Füllbachdamm –<br>bewährte Bauweise in neuem Gewand:<br>Geogitterbewehrter Erddamm mit Vertikal-<br>dräns und Intervallschüttung<br>Dipl.-Geol. Sibylle Radecke . . . . . | 86  |
| Erfahrung bei der Verfestigung von<br>Widerlagerhinterfüllungen zur Redu-<br>zierung von Setzungen<br>Dipl.-Phys. Reinhard Nickol . . . . .  | 96  |
| <b>Teilnehmerliste</b> . . . . .   | 101 |





## **Begrüßungen**

Dipl.-Ing. Iris Kralack

Direktor und Professor Dr.-Ing. Peter Reichelt

Beigeordnete Dr. Elke von Kuick-Frenz

Dipl.-Ing. Ulrich Mehlmann

Dipl.-Ing. Angelika Gipper

### **Dipl.-Ing. Iris Kralack**

Leiterin des Referates „Straßenbau“ vom Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung des Landes Brandenburg

Frau Dipl.-Ing. Kralack, Leiterin des Referates „Straßenbau“ im Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung des Landes Brandenburg (MIR), begrüßt Herrn Dir. Prof. Dr.-Ing. Peter Reichelt als Vertreter der Bundesanstalt für Straßenwesen, Frau Dr. von Kuick-Frenz, Beigeordnete des Geschäftsbereiches Stadtentwicklung und Bauen der Stadt Potsdam, als Vertreterin der Stadt Potsdam, Herr Dipl.-Ing. Ulrich Mehlmann, Leiter der Abteilung Verkehr, MIR, als Gastgeber sowie Frau Dipl.-Ing. Angelika Gipper als Vertreterin des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Ihr Dank gilt den Mitarbeitern des MIR und des Landesbetriebs Straßenwesen Brandenburg.

Frau Kralack stellt das Programm für den 08. und 09. April 2008 vor und wünscht allen Teilnehmern eine interessante Veranstaltung.

### **Dr.-Ing. Peter Reichelt**

Direktor und Professor  
Vertreter des Präsidenten und Abteilungsleiter  
Straßenbautechnik der Bundesanstalt für Straßenwesen

Herr Prof. Dr. Reichelt dankt dem MIR als Gastgeber und Herrn Hillmann, BAST, Referatsleiter „Erdbau, Mineralstoffe“, und seinen Mitarbeiterinnen für die Organisation des Erfahrungsaustausches.

Die auf einer Karte dargestellten Orte, an denen bisher bereits ein Erfahrungsaustausch stattgefunden hat, visualisieren dessen Tradition und Bedeutung.

Herr Prof. Dr. Reichelt dankt Frau Dr. von Kuick-Frenz für deren Bereitschaft, die Stadt Potsdam zu repräsentieren. Weiterhin dankt er Frau Gipper vom BMVBS und würdigt deren Teilnahme als Zeichen für die Bedeutung des Erfahrungsaustausches.

Als momentan wichtiges Thema wird der Einsatz industrieller Nebenprodukte und Recycling-Baustoffe ausführlich dargestellt. Hier besteht die Gefahr, dass aus diesen Baustoffen für Boden und Grundwasser schädliche Stoffe ausgewaschen werden. Durch die Umweltverwaltung wurden daher Rege-

lungen erstellt, die den Einsatz dieser Baustoffe hinsichtlich der umweltrelevanten Parameter regeln. Bekannt ist die durch die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall erstellte Mitteilung 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen- Technische Regeln“ – kurz LAGA-M 20 – von 1997. Diese wurde bisher hinsichtlich des Allgemeinen Teils und der Verwertung von Boden überarbeitet. Die überarbeitete Fassung der LAGA-M 20 wurde stark diskutiert und kritisiert. Sie ist in einigen Bundesländern eingeführt worden, in einigen wird sie angewendet, andere Bundesländer haben eigene Regelungen erlassen. Eine bundesweit einheitliche Regelung wird jedoch gewünscht. Daher haben die Länder das BMU gebeten, eine Bundesverwertungsverordnung zu erarbeiten. Die LAGA erarbeitete hierzu ein Eckpunktepapier. Von wissenschaftlicher Seite sollten aber auch die Erkenntnisse aus einem großen Forschungsprojekt des BMBF zur Sickerwasserprognose in die Verordnung eingehen. Seit November 2007 liegt ein erster Entwurf dieser Verordnung vor, die nun den Namen Ersatzbaustoffverordnung trägt. Über diese Verordnung werden Sie in den heutigen Vorträgen noch mehr erfahren.

Der Einsatz von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen ist abhängig von wirtschaftlichen Aspekten. Daher wird befürchtet, dass durch strenge Regelungen an den Einsatz von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen diese im Straßenbau zukünftig weniger Verwendung finden könnten, da beispielsweise durch die Notwendigkeit technischer Sicherungsmaßnahmen der Einsatz aufwändig und damit auch teuer würde. Dies im Vorfeld zu beurteilen ist jedoch schwierig.

Technische Sicherungsmaßnahmen sollen bei Erdbauwerken verhindern, dass schädliche Stoffe aus dem Straßenbauwerk mit dem Sickerwasser in Boden und Grundwasser eingetragen werden. Beispiele für Technische Sicherungsmaßnahmen sind die Anspritzung mit Bitumenemulsion oder das Erreichen einer geringen Wasserdurchlässigkeit des Baustoffs durch entsprechende Verdichtung. Hierdurch soll verhindert werden, dass überhaupt größere Mengen an Wasser zum Baustoff gelangen können.

Für eine Beurteilung, welche Schadstoffe aus einem Bauwerk ausgetragen werden können, ist es notwendig, das Durchströmungsverhalten von Straßenböschungen und Schutzwällen beurteilen zu können. Eigene belastbare Erkenntnisse sind je-

doch kaum vorhanden. Hierdurch liegen auch keine belastbaren Erfahrungen über den Schadstoffausstrom aus einem Straßenbauwerk vor.

Die BAST hat daher bereits 2006 begonnen, eigene Forschung zu diesem Thema durchzuführen. In einer Machbarkeitsstudie wurde überprüft, ob die Böschungsdurchsickerung in Lysimeterversuchen untersucht werden kann. Hierzu wurde der Prototyp eines Lysimeters entwickelt. In ihm kann ein Ausschnitt einer Böschung eingebaut werden. Ebenso wurde eine Beregnungsanlage konzipiert, durch die unterschiedliche Regenereignisse, wie lang anhaltende Nieselregen ebenso wie kurze Starkregenereignisse, auf diesen Böschungsabschnitt aufgebracht werden können. Erste Versuche haben gezeigt, dass der Einbau eines Böschungsabschnittes in dieses Lysimeter möglich ist und das Auftragen der unterschiedlichen Regenereignisse in Zusammenhang mit den gemessenen Sickerwassermengen plausible Ergebnisse liefert.

In Kürze wird damit begonnen, die gewonnenen Erkenntnisse auf weitere Untersuchungen zu übertragen. Hierzu sollen in Hallenversuchen unterschiedliche Baustoffe und verschiedene Technische Sicherungsmaßnahmen in zeitgerafften Versuchen untersucht werden. In Augsburg sollen in einer Lysimeteranlage naturnahe Untersuchungen durchgeführt werden, auch hier werden verschiedene Technische Sicherungsmaßnahmen realisiert werden, jedoch mit einer minimierten Anzahl unterschiedlicher Baustoffe, da die Untersuchungen über mehrere Jahre laufen sollen.

Die Durchsickerung der Böschung soll sowohl qualitativ hinsichtlich der mit dem Sickerwasser ausgehenden Schadstoffe als auch quantitativ hinsichtlich der Sickerwassermengen überprüft werden. Die Untersuchungen werden bis ca. 2011 laufen. Aus den Ergebnissen soll abgeleitet werden können, inwieweit sich Technische Sicherungsmaßnahmen verbessern lassen können, sodass mit möglichst minimalem Aufwand eine hohe Effizienz der Technischen Sicherungsmaßnahmen erreicht wird.

Hierzu benötigen wir auch die Unterstützung der Länder, die Technische Sicherungsmaßnahmen bei ihren Bauwerken umsetzen, um hier auch aus der Baupraxis Erfahrungen zu sammeln.

## **Dr. Elke von Kuick-Frenz**

Beigeordnete der Stadt Potsdam

Sehr geehrter Herr Dr. Reichelt, sehr geehrte Frau Gipper, sehr geehrter Herr Mehlmann, liebe Kolleginnen und Kollegen,

ich begrüße Sie ganz herzlich hier in Potsdam, der Landeshauptstadt Brandenburgs. Ich möchte hier anstelle eines Grußwortes ein bisschen Spaß auf unsere Stadt machen.

Sie haben sich für Ihre Tagung die beste Stadt ausgesucht, weil das Tagungsthema den Nerv der Stadt trifft: Straßenbau. Wenn Sie gestern von Norden her versucht haben, ins Zentrum zu gelangen, hatten Sie Schwierigkeiten. Sie werden nicht nur in den nächsten Tagen und Wochen, sondern auch in den nächsten Jahren sehen: Potsdam baut. Potsdam baut am Nerv dieser Stadt, vor allen Dingen an den beiden Havelübergängen, aber dazwischen gibt es noch einige andere Baustellen, die zum Unwort des Jahres „Stau“ führen. Diese Staus sind aber unvermeidlich, da qualitativ gute Baumaßnahmen auch Zeit in Anspruch nehmen.

Potsdam kann in den letzten Jahren eine positive Entwicklung verzeichnen. Die Stadt, die als sehr kinderfreundlich gilt, hat momentan ca. 150.000 Einwohner mit einem positiven Wachstumstrend. Dies unterscheidet die Stadt von vielen Ost- und zunehmend auch Westkommunen. Avisiert werden soll eine Zahl von 165.000 Einwohnern im Jahr 2020. Dies bedeutet eine Zunahme von ca. 1.000 Einwohnern pro Jahr, für die der passende Wohnraum geschaffen werden muss.

Die 34 Stadtteile von Potsdam verteilen sich auf eine Fläche von 187 km<sup>2</sup>. Im Jahr 2003 wurden sieben Stadtteile eingemeindet, was einen Flächenzuwachs von 70 % und einen Einwohnerzuwachs von nur 10.000 Einwohnern zur Folge hatte. Es existiert also ein großer Nachholbedarf bezüglich des Ausbaus der Infrastruktur.

Zu den Einwohner kommen ca. 15.000 Berufspendler pro Tag. Die Stadt hat 17.500 eingeschriebene Studenten. Die große Zahl von 715.000 Übernachtungen pro Jahr kann auf die attraktive Lage der Stadt an der Havel, die Garant für das Wohlfühlambiente für Bewohner und Gäste ist, zurückgeführt werden. Hierdurch profitiert die Stadt auch dadurch, dass Neuansiedlungen und Erweiterungen durch die Wirtschaft geschehen.

Wissenschaftsstandort ist der Stadtteil Golm mit der Universität Potsdam sowie die Medienstadt Babelsberg mit den Parkstudios.

Potsdam ist aber auch die Stadt der Schlösser und Gärten. Viele der alten Gebäude sind Teil des UNESCO-Weltkulturerbes.

Hochbauten, Straßen und Brücken werden mit viel Aufwand erneuert und erhalten. Ein besonders schönes Beispiel ist in der Schiffbauergasse zu besichtigen. Der ehemalige Industrie- und Militärstandort am „Tiefen See“ umfasst sanierte Altbauten, u. a. die älteste Kaserne von Potsdam, aber auch interessante Neubauten wie das VW-Designcenter, und ist sowohl von der Wasserseite her als auch zu Fuß ein interessantes Ziel.

Viele der ehemaligen alten Pferdeställe werden zurzeit in moderne Bürobauten umgestaltet.

Von den neueren Bauten ist das neue Theater zu nennen, ein Gottfried-Böhm-Bau mit unverwechselbarem Dach.

Potsdam besitzt 7,5 Mio. m<sup>2</sup> an Verkehrsflächen, darunter befinden sich 58 Brückenbauwerke. Zwischen 1991 und 2007 wurden 213 Mio. € in diese hauptsächlich kommunalen Infrastrukturmaßnahmen investiert.

Das größte Straßenbauprojekt seit 1991 ist die Umgestaltung und der Ausbau der Landesstraße 40, die als Zubringer zum Flughafen Berlin-Brandenburg International ausgebaut wird. Teilprojekte sind die Instandsetzung einer Brücke über die Havel (200 m Länge), der Neubau von zwei Straßenbrücken, der Bau einer zweigleisigen Straßenbahntrasse auf 1,8 km Länge sowie der Bau einer vierspurigen Fahrbahn. Dieses Projekt, das im Jahr 2006 begonnen wurde und im Jahr 2011 abgeschlossen werden soll, hat ein Finanzvolumen von 40 Mio. €. Es dient der Sicherung der Verkehrserschließung der Stadt.

In der Stadt existieren zwei Nadelöhre: Eines davon ist die L 40, das andere befindet sich direkt vor dem Tagungsort: die Umgestaltung der „Potsdamer Mitte“. Im Jahre 2005 wurde vom Landtag beschlossen, anstelle des alten Stadtschlusses ein neues Landtagsgebäude in Potsdam-Mitte zu errichten. Zur Baufeldfreimachung sind der Rückbau und die Umlegung von Straßen und der Straßenbahntrasse einschließlich eines Brückenneubaus erforderlich. Bei einem Verkehrsaufkommen von 120.000 Kfz/d an den beiden Brückenübergängen

stellt dies eine anspruchsvolle Aufgabe dar. Die Verkehrssteuerung und die Steuerung der Lichtsignalanlagen müssen so geregelt werden, dass sich noch alle gut in der Stadt bewegen können.

An dieser Stelle möchte ich meinen Dank an das Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung des Landes Brandenburg aussprechen, ohne dessen Mithilfe und Unterstützung dies nicht hätte realisiert werden können. Dank des Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetzes war es möglich, diese für die Stadt sehr wichtigen Baumaßnahmen zu beginnen.

Ich wünsche Ihnen noch spannende inhaltliche Diskussionen in den nächsten zwei Tagen. Für die Exkursion morgen wünsche ich ein wenig besseres Wetter als heute.

Kommen Sie auf jeden Fall wieder, denn: Potsdam lohnt sich immer!

#### **Dipl.-Ing. Ulrich Mehlmann**

Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung des Landes Brandenburg

Herzlichen Dank, Herr Dr. Reichelt, herzlichen Dank Frau von Kuick-Frenz für Ihre kurze Darstellung von Potsdam. Ich will an diesen Vortrag anfügen, dass man wissen sollte, dass Potsdam eigentlich eine Insel ist. Daher die vielen Brücken und daher die vielen Probleme, die sich momentan in der Innenstadt ergeben. Wir haben eine Verbindung der Stadt Potsdam nur über zwei Brücken: Die ist zum einen die Humboldt-Brücke, d. h. die L 40, und zum anderen die Lange Brücke. Es ist ein logistisches Problem, die Neubauprojekte durchzuführen und dabei den Verkehr aufrechtzuerhalten. Wenn diese Maßnahmen erst abgeschlossen sind, wird sich keiner mehr an die jetzigen Unzulänglichkeiten erinnern.

Ich möchte an Sie neben meinem Grußwort Ausführungen zum Land Brandenburg selbst richten.

Das Land Brandenburg umfasst 14 Landkreise und 4 kreisfreie Städte. Die besondere Situation macht die Lage von Berlin in der Mitte des Landes Brandenburg aus. Spaßeshalber sagen wir, Berlin wäre die größte kreisfreie Stadt im Land Brandenburg. Tatsächlich stellen Berlin und das Land Branden-

burg im europäischen Maßstab einen bedeutenden Ballungsraum dar.

Die Gesamtfläche des Landes Brandenburg beträgt knapp 30.000 km<sup>2</sup>. Damit gehört Brandenburg zu den größten Bundesländern und ist das größte der neuen Bundesländer. In weiten Landesteilen stehen noch ursprüngliche und schutzwürdige Flächen an, z. B. Alleen und Naturparks.

Wir haben die längste Außengrenze zu Polen, immerhin 250 km. Die Einwohneranzahl beträgt gegenwärtig 2,6 Mio. Für diese Fläche ist das eine dünne Besiedelung. Wir haben ein starkes Gefälle der Besiedelungsdichte vom Zentrum zu den Außenbezirken. Dies birgt Probleme, insbesondere ein Verkehrsproblem, dem wir uns stellen müssen.

Wir haben eine Strategie der Wachstumskerne, weil wir erkannt haben, dass Fördermittel nicht mit der Gießkanne über das Land verteilt werden sollten. Daher hat die Landesregierung 15 Wachstumskerne ausgewiesen und hier die Förderung gebündelt.

Wir als Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung haben die Verantwortung, dass sich die Entwicklung von diesen Wachstumszentren nach außen hin fortpflanzt und wir im ganzen Land eine vernünftige Entwicklung von Wirtschaft, Bildung und Kultur haben.

Die Erreichbarkeiten und Verbindungen beeinflussen die Verkehrsströme, und daher haben wir in unserem Land ein besonderes klassifiziertes Straßennetz. Wir haben 800 km Autobahnen, 2.800 km Bundesstraßen, 5.800 km Landesstraßen und 3.100 km Kreisstraßen, die von uns in einem ordnungsgemäßen Zustand erhalten werden müssen. Uns erreichen täglich Briefe darüber, dass sich die Kreisstraßen in einem sehr schlechten Zustand befinden.

Brandenburg hat von allen Bundesländern die meisten Alleen, die gesetzlichen Schutz genießen und das Landschaftsbild prägen. Dadurch ergibt sich eine Spannung zwischen Naturschutz und Verkehr. Wir sind gehalten, ein nachhaltiges Alleenkonzept zu realisieren. An unseren Bundes- und Landesstraßen existieren 2.650 km Alleen, davon 830 km an Bundesstraßen und 1.820 km an Landesstraßen.

Aufgrund der Forderungen des Umweltministeriums haben uns diese Alleen in der Vergangenheit sehr viele Probleme bereitet. Mit dem jetzigen Alleenkonzept sind jedoch alle zufrieden gestellt.

Wir haben im Land Brandenburg ein dreistufiges funktionales Straßenkonzept: das Leistungsnetz, das Grundnetz und das Grüne Netz. Das Leistungsnetz beinhaltet die Bundesautobahnen und die hochfrequentierten Bundesstraßen. Das Grundnetz umfasst die übrigen Bundesstraßen und einen Teil der Landesstraßen; sie erschließen den Raum über mittlere Distanzen. Letztendlich gibt es noch das Grüne Netz, das Landesstraßen von nachrangiger Bedeutung umfasst, die den regionalen Verbindungsbedarf erfüllen.

Die Leistungsfähigkeit des Gesamtnetzes setzt die Funktionsfähigkeit jeder einzelnen Ebene voraus. Wenn irgendwo eine Lücke entsteht, leiden die anderen Teile auch darunter.

Wir arbeiten seit 1998 an der Verbesserung des Grundnetzes, das sozusagen ein Autobahnergänzungsnetz ist. Dieses Netz berücksichtigt die besondere Situation der dünn besiedelten Außenbezirke mit der Metropole Berlin in der Mitte. Wir hatten das Problem, dass im Nordosten und im Südosten von Brandenburg die Erreichbarkeit der Metropole Berlin nicht gegeben war. Daher mussten diese Verkehrsverbindungen besonders gestärkt werden. Von uns wurden daher leistungssteigernde Ausbauparameter wie der Betrieb als Kraftfahrstraße und planfreie Knotenpunkte errichtet.

Bei der Betrachtung des Netzcharakters dürfen wir nicht die transeuropäischen Verkehrsnetze vergessen. Brandenburg hat nach Osten eine Transitfunktion. Die Transitverbindungen in Brandenburg A 2, A 11, A 12, A 15 und A 24 haben aufgrund des großen Durchgangsverkehrs in Richtung Polen und Ukraine eine besondere Bedeutung. Besonders auf der A 12 herrscht eine enorme Verkehrsdichte. Momentan wird die A 12 zwischen Fürstenwalde und Storkow mit zweistreifiger Richtungsfahrbahn und Standspur ausgebaut, was zu erhöhter Staugefahr führt.

Aufgrund der EU-Osterweiterung muss der Verkehr, der in südliche Richtung durch Sachsen nach Tschechien führt, ebenfalls neu geordnet werden. Eine wichtige in diesem Zusammenhang zu nennende Maßnahme ist die Nord-Süd-Achse. Hierfür ist der Bau einer neuen Autobahn A 14, die von den baltischen Ostseehäfen nach Italien verlaufen soll, vorgesehen.

Zum Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung (MIR) selbst: Das Ministerium hat 322 Mitarbeiter. Mit den zwei nachgeordneten Bereichen, dem Lan-

desbetrieb für Straßenwesen und dem Landesamt für Bauen und Verkehr, sind im Geschäftsbereich insgesamt 2.800 Beschäftigte. Aufgabenschwerpunkte sind Stadtentwicklung, Wohnungspolitik, Raumentwicklungspolitik, Verkehrspolitik, Straßenwesen und Straßenverkehr. Die Abteilung 4 „Straßenverkehr“ setzt sich aus 6 Referaten zusammen: Grundsätze des Straßenverkehrs, Verkehrs- und Straßenbaupolitik, Logistik, ÖPNV, Eisenbahn, Luftfahrt und Straßenbau. Bis zum Ende des letzten Jahres befanden sich im Ministerium noch zwei Abteilungen: Die Abteilung für Straßenwesen und Straßenbaupolitik sowie die verkehrspolitische Abteilung. Diese beiden Abteilungen wurden zu einer großen Abteilung mit 89 Beschäftigten zusammengelegt. Durch Synergieeffekte ist die Arbeit nun effektiver geworden.

Der Landesbetrieb für Straßenwesen ist sozusagen der „Dienstleister“ der Abteilung für die praktische Umsetzung der vom BMVBS und vom Landesministerium entwickelten Konzepte. Der Landesbetrieb mit dem Vorstand mit Sitz in Hoppegarten existiert seit dem Januar 2005. Er ist in vier Niederlassungen (Niederlassungen West, Süd, Ost und Autobahn) strukturiert. Momentan gibt es 2.300 Beschäftigte und 64 Azubis, es ist aber ein Personalabbau mit den bekannten Problemen zu realisieren.

Die nordöstliche Erschließung, d. h. das durch die Autobahnen A 2, A 7, A 10 und A 24 umschlossene Gebiet, ist verkehrstechnisch weit unterdurchschnittlich erschlossen. Es wird wegen des Verlaufs der Autobahnen in Form eines „H“ auch „Hosenträgervariante genannt“. Ein Arbeitskreis der Länder Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg ist zu dem Schluss gekommen, dass der Neubau der Autobahn A 14 von Magdeburg über Wittenberge nach Schwerin unabdingbar ist. Außerdem sind der Neubau der Autobahn A 39 Magdeburg – Lüneburg, die Verbindung B 179n zwischen A 39, A 14 und A 24 sowie eine leistungsfähige Verbindung B 189 – B 198 zwischen der A 14 und Wittenberge erforderlich. Diese Verbindungen werden momentan intensiv von den Ländern Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg diskutiert. Die Finanzierung der A 14 muss bis zum Jahre 2013 aufgestellt sein, weil EU-Mittel einfließen. Daher wird mit Hochdruck hieran gearbeitet.

Ein wichtiger Aspekt bei der Planung ist die Berücksichtigung des Umweltschutzes, weil zahlreiche eu-

ropäische Schutzgebiete („Natura 2000“) durchquert werden müssen.

In Brandenburg gibt es drei Verkehrseinheiten, VK5, VK4 und VK3.2. Am schwierigsten sind die Belange der VK3.2, weil hierunter der Bau der Elbebrücke bei Wittenberge fällt. In der letzten Woche ist der Realisierungswettbewerb für die Elbebrücke abgeschlossen worden. Der Zuschlag ging an den Bau der Brücke in Form einer „Mittelwelle“, die sich sehr gut in das Landschaftsbild einfügt.

Ein zweites großes Projekt, das momentan vom Landesbetrieb für Straßenwesen betreut wird, ist der Bau des Flughafens Berlin-Brandenburg-International „BBI“. Der Flughafen soll bis zum Jahr 2011 zum neuen Hauptstadtflughafen ausgebaut werden. Die alten Berliner Flughäfen Berlin-Tempelhof, Berlin-Tegel, Berlin-Gatow und Berlin-Schönefeld rühren noch aus der Besatzungszeit nach Kriegsende her. Berlin-Gatow ist schon länger geschlossen, die Flughäfen Berlin-Tempelhof und Berlin-Tegel sollen nach dem Ausbau des Flughafens BBI geschlossen werden.

Der Ausbau des bestehenden Flughafens Berlin-Schönefeld, der auf Brandenburger Gebiet liegt, ist auch anbindungstechnisch eine große Herausforderung für das Land Brandenburg. Ich beschränke mich auf die Erläuterung der Anbindung durch Straßen. Die L 40 von der Innenstadt von Potsdam kommend bindet an die B 101 an. Die Schwierigkeiten beim Ausbau der L 40 sind von Frau von Kuick-Frenz schon angesprochen worden. Über die L 76 übergehend in die B 96 wird der Flughafen dann über die A 113n erreicht. Von Süden kommend ist der Berliner Ring anzusteuern.

In Berlin existiert die weltweit einmalige Situation, dass der Flughafen in einem Straßenviereck liegt. Er wird umschlossen von der B 96 von Süden kommend, der B 96a von Ost nach West verlaufend, der A 113n von Nord nach Süd verlaufend sowie dem Berliner Ring (A 10) im Süden. Daher kann der Flughafen von allen Richtungen aus mit Kraftfahrzeugen auf Autobahnen oder Autobahn-ähnlichen Straßen gut angefahren werden.

Die Eisenbahnanbindung ist vergleichbar. Aufgrund von Widerständen ist es beim Bau des unterirdisch verlaufenden Bahnzubringers jedoch zu Verzögerungen gekommen.

Die A 113n wird am 23. Mai 2008 eröffnet. Sie stellt die Verbindung zwischen dem Berliner Ring A 10

und dem Stadtring A 100 her. Prognosen gehen von einer Befahrung mit ca. 130.000 Kfz pro Tag aus. Dies zeigt, dass der Neubau der A 113n unbedingt notwendig war.

Beim Bau der A 113n musste die Start- und Landebahn Nord gequert werden. Nachdem schon in den 80er Jahren die Start- und Landebahn Süd neu errichtet worden ist, ist die Start- und Landebahn Nord aus Kostengründen entwidmet worden. Der Bau einer Untertunnelung für die A 113n wäre zu kostenaufwändig geworden. Dieses Procedere ist weltweit einmalig.

Es ist vorgesehen, nach der Eröffnung des Flughafens eine neue Start- und Landebahn Süd-Süd zu bauen, die den wachsenden Flugverkehr aufnehmen wird. Mit der jetzigen Start- und Landebahn Süd ist ein Passagieraufkommen bis 21 Mio. pro Jahr zu bewältigen.

Ich wünsche Ihnen für Ihre morgige Bereisung so gutes Wetter wie heute und interessante Eindrücke. Für heute wünsche ich Ihnen interessante Gespräche. Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit und alles Gute.

### **Dipl.-Ing. Angelika Gipper**

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Ich freue mich, dass der 41. Erfahrungsaustausch hier in Potsdam stattfinden kann. Mein herzlicher Dank geht an die MitarbeiterInnen der BAST, aber auch an das Land Brandenburg, das sich dazu bereit erklärt hat, diese Veranstaltung zu organisieren.

Ich bin erfreut über die zahlreiche Teilnahme, wenn auch die Teilnehmerzahl etwas geringer als vor zwei Jahren in Bonn ist.

Zu den Tagungsthemen: Herr Dr. Reichelt, auch ich persönlich finde, die Ersatzbaustoffverordnung ist ein auch politisch sehr bedeutsames Thema, aber auch die anderen Themen sind sicherlich sehr interessant.

Ich möchte zunächst noch einige Informationen aus dem BMVBS mitteilen. Herr Dr. Reichelt hat schon gesagt, dass er heute als amtierender Präsident anwesend ist. Grund hierfür ist die Tatsache, dass der ehemalige Präsident der BAST, Herr Prof. Dr. Ing. Kunz, unser neuer Abteilungsleiter geworden

ist. Staatssekretär Hennerkes ist Mitte Januar 2008 in den Ruhestand versetzt worden. Der bisherige Abteilungsleiter A, Herr von Randow, ist neuer Staatssekretär geworden. Nachfolger von Herrn von Randow als Abteilungsleiter A ist Herr Hahn, unser bisheriger Abteilungsleiter, geworden. Herr Hahn ist als Jurist in der Grundsatzabteilung A, die ja wesentlich politischer beeinflusst ist, sicherlich gut aufgehoben, wenn er auch bedauert, unsere Abteilung Straßenbau verlassen zu müssen.

Eine weitere Information betrifft unseren Unterabteilungsleiter Herrn Stolle. Herr Stolle geht im Juli in Ruhestand. Wir sind gespannt, wer ihm nachfolgen wird.

Wir haben viel über Brandenburg gehört, aber der Bund hat natürlich noch mehr Autobahnkilometer. Wir haben 12.600 km Autobahnen und 41.000 km Bundesstraßen. Da ist natürlich viel an Kenntnis und Qualität gefragt, aber wir brauchen auch die entsprechenden Mittel.

Zu Ihrem Thema: Die Qualität der Erdbauarbeiten ist natürlich für die Qualität einer Straße von großer Bedeutung. Wenn die Arbeit „unten“ nicht stimmt, brauche ich mich auch nicht zu wundern, wenn ich später Schäden im Oberbau habe.

Hier sind Fachkenntnisse gefragt, und ich hoffe, dass der heutige und vielleicht auch der morgige Tag dazu dienen, Kenntnisse auszutauschen und auch über auftretende Probleme zu reden.

Sie alle kennen bestimmt das Thema „Funktionsbauvertrag“. Das Regelwerk für Erdbau und Entwässerung ist in der Schlussphase der Erarbeitung.

Der Funktionsbauvertrag steht ja in einer gewissen Konkurrenz zum Betreibermodell, dem A-Modell. Der Inhalt der Funktionsbauverträge ist eine gute Alternative, da die Technik hier eine größere Rolle spielt als bei den A-Modellen, bei denen die Finanzierung meist entscheidend ist.

Wir würden uns auch über Anregungen von Ihrer Seite bezüglich Erdbau und Entwässerung freuen, weil die bisherigen drei Entwürfe des Regelwerkes vor der endgültigen Herausgabe und der Zusammenfassung zu einem Regelwerk noch getestet werden müssen.

Bei der FGSV ist damit begonnen worden, die RStO 01 zu überarbeiten bzw. neu zu fassen. Ich habe dankenswerterweise die Aufgabe erhalten, diesen Arbeitskreis zu leiten. Wir stehen noch ganz

am Anfang, bisher haben zwei Sitzungen stattgefunden. Es ist eine Aufteilung in Bearbeitergruppen erfolgt, in denen man tiefer in die Problematik eindringen kann. Einige von Ihnen sind auch in den Bearbeitergruppen vertreten. Unser ehrgeiziges Ziel ist die Überarbeitung der RStO innerhalb von zwei Jahren.

Auch von Ihrer Seite kann sicherlich festgestellt werden, dass sich hinsichtlich der RStO 01 Dinge geändert haben und diese einer Überarbeitung bedarf. Anzusprechen sind hier z. B. die Frosteinwirkungszonen, aber auch die verschiedenen Bauverfahren, Oberbauaufbauten, die vielleicht heute nicht mehr angewandt werden. Wir haben vor ca. vier Wochen eine Abfrage bei den Ländern gestartet, welche Bauweisen sich bewährt haben, wozu es Kritik gibt und welche Bauweisen heute nicht mehr angewendet werden. Sie werden sicher in Zukunft immer mal wieder von dieser Gruppe hören.

Die in der RStO enthaltenen Tabellen zur Dimensionierung des Straßenaufbaus werden aus pragmatischen Gründen beibehalten, es werden aber sicherlich auch Berechnungsmethoden Zugang erhalten, um den Aufbau zu optimieren und nicht nur auf Erfahrungen basieren zu lassen.

Dies als kleiner Überblick darüber, was momentan in unserem Hause läuft. Ich schließe hiermit und wünsche Ihnen heute einen interessanten und diskussionsreichen Tag. Mein Mitarbeiter Herr Sieber ist anwesend, damit die Erkenntnisse bei der Erstellung der Regelwerke mit einfließen können.

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg!



## **Regelwerk**

### **Referenten**

RDir Dipl.-Ing. R. Hillmann

Dipl.-Ing. T. Marks

Dipl.-Ing. M. Schüßler

Dipl.-Ing. T. Marks

Dipl.-Ing. E. Jäschke

Dipl.-Ing. M. Schleiter

Dipl.-Geogr. G. Dahmen, Dr. B. Kocher, Dr. K.-G. Kukoschke

RDir Dipl.-Ing. R. Hillmann  
Bundesanstalt für Straßenwesen,  
Bergisch Gladbach

## Aktueller Stand der neuen ZTV E-StB und weiterer Regelwerke der AG 5

### 1 Überblick

Die Gliederung der ZTV E-StB ist im Wesentlichen erhalten geblieben. Im Abschnitt 1 sind die Regelungen zur Abnahme entfallen, da diese jetzt in den „Zusätzlichen Vertragsbedingungen im Straßenbau“ (ZVB-StB) – wie bei allen anderen ZTV auch – aufgenommen worden sind. Ausdrücklich genannt wird die „Annahme von Prüflösen“ als baubegleitende Zustandsfeststellung zum Nachweis der ordnungsgemäßen Arbeitsweise des Auftragnehmers.

Die Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Erkundung der Untergrundverhältnisse haben den eigenen Abschnitt 2 „Geotechnische Untersuchungen“ erhalten. Dadurch verschieben sich die nachfolgenden Abschnitte entsprechend. Der Abschnitt „Boden und Fels; sonstige Baustoffe“, in dem sie früher enthalten waren, hat die Nummerierung 3 erhalten. Die Definition der „ungünstigen Wasserverhältnisse“ ist hier entfallen. Entsprechende Regelungen werden in den RStO aufgenommen, wonach unter bestimmten Bedingungen Zuschläge auf die Dicke des frost-sicheren Oberbaus erforderlich sind.

Im Abschnitt „Einschnitte und Dämme“ sind Regelungen zur Ausbildung und Anforderungen an die Verdichtung von Banketten neu aufgenommen worden. Für Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln ist der Oberbegriff „Bodenbehandlungen“ neu eingeführt worden. Der Abschnitt „Arbeiten bei und nach Frostwetter“ ist in den Abschnitt 4 „Einbauen und Verdichten“ integriert worden.

Neu hinzugekommen ist der Abschnitt 15 „Dokumentation der Qualitätssicherung“.

### 2 Baustoffe in den ZTV E-StB

Folgende Baustoffe sind in den ZTV E-StB geregelt:

- Boden und Fels,
- Böden und Baustoffe nach den TL BuB E-StB,
- Geokunststoffe nach den TL Geok E-StB,
- Leichtbaustoffe,
- Bindemittel,
- Baustoffe für Entwässerungseinrichtungen, Abdichtungen u. a.

Die Technischen Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus (TL BuB E-StB) gelten für aufbereitete Böden und Baustoffe, die von entsprechenden Anlagen geliefert werden. Sie gelten nicht für Boden und Fels, die innerhalb einer Baumaßnahme oder aus Seitenentnahmen gewonnen und eingebaut werden. Die TL BuB E-StB werden zusammen mit der ZTV E-StB veröffentlicht.

In den neuen ZTV E-StB wurden die Anforderungen an Geokunststoffe aus den europäischen Produktnormen umgesetzt. Dabei wurde dem Umstand Rechnung getragen, dass mit dem Konformitätssystem 2+ die Verantwortung für die Einhaltung der zugesagten Eigenschaften allein beim Hersteller bzw. Lieferanten liegt. Ein Rollenetikett ist in Bild 1 zu sehen. Im Rahmen der Eigenüberwachungsprüfungen hat der Auftragnehmer außer der Kontrolle der Lieferscheine und Produkterklärung auch Baustoffeingangsprüfungen durchzuführen. Die Baustoffeingangsprüfung können entfallen, wenn der Hersteller bzw. Lieferant ein Produktzertifikat über Prüfungen durch eine unabhängige qualifizierte Prüfstelle vorlegt. Die Regelungen zur Erlangung eines Produktzertifikats werden derzeit vom „Industrieverband Geokunststoffe“ (IVG) erarbeitet.



Bild 1: Rollenetikett eines Geokunststoffs

Die Anforderungen an die Eigenschaften von Geokunststoffen beziehen sich auf das 5%-Quantil, ausgenommen die „Charakteristische Öffnungsweite“, für die der Mittelwert gilt. Mit Ausnahme der Wasserdurchlässigkeit von Dichtungsbahnen handelt es sich um Mindestquantile.

Für die Behandlung der Geokunststoffe auf der Baustelle ist der Auftragnehmer verantwortlich. Sie sind insbesondere so zu transportieren und zu lagern, dass sie nicht schon vor dem Einbau beschädigt werden (Bild 2).

### 3 Anforderungen an die Verdichtung

Bei den Anforderungen an die Verdichtung bleibt es beim 10%-Mindestquantil für den Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$  und dem 10%-Höchstquantil für den Luftporenanteil  $n_a$ . Im Hinblick auf die Verdichtungsleistung moderner Verdichtungsgeräte sind die Anforderungen an den Verdichtungsgrad gestrafft worden (Tabelle 1).



**Bild 2:** Beim Transport auf der Baustelle beschädigter Geokunststoff

| Bereich  | Bodengruppe   | $D_{Pr}$ [%] |
|--|---|--------------|
| Planum bis 1,0 m Tiefe bei Dämmen und 0,5 m Tiefe bei Einschnitten | GW, GI, GE, SW, SI, SE; GU, GT, SU, ST                      | 100          |
| 1,0 m unter Planum bis Dammsohle                                   | GW, GI, GE, SW, SI, SE; GU, GT, SU, ST                      | 98           |
| Planum bis Dammsohle und 0,5 m Tiefe bei Einschnitten              | GU*, GT*, SU*, ST*; U, T, OU <sup>1</sup> , OT <sup>1</sup> | 97           |

<sup>1</sup> Für Böden der Gruppen OU und OT gelten die Anforderungen nur, wenn ihre Eignung und Einbaubedingungen gesondert untersucht und im Einvernehmen mit dem Auftraggeber festgelegt wurden

**Tab. 1:** Anforderungen an das 10%-Mindestquantil des Verdichtungsgrades  $D_{Pr}$

Beim Luftporenanteil  $n_a$  bei der Bodengruppe GU\*, GT\*, SU\*, ST\* und den feinkörnigen Böden ist es beim 10%-Höchstquantil von 12 Vol.-% geblieben. Die Bestrebungen einer Verschärfung, um mittel- und langfristigen Schäden vorzubeugen, sind von den Auftragnehmern abgelehnt worden, weil sie befürchten, den Mehraufwand beim Einbauen und Verdichten am Markt nicht vergütet zu bekommen. In einer Fußnote wird aber auf Folgendes hingewiesen: Wenn die Böden nicht verfestigt oder qualifiziert verbessert werden, empfiehlt sich bei Einbau von wasserempfindlichen gemischt- und feinkörnigen Böden eine Anforderung an das 10%-Höchstquantil für den Luftporenanteil von 8 Vol.-%, bei Einbau von veränderlich festen Gesteinen eine entsprechende Anforderung von 6 Vol.-%. Dies ist in der Leistungsbeschreibung anzugeben.

### 4 Verformungsmodul auf dem Planum

Die Anforderungen an das 10%-Mindestquantil des Verformungsmoduls  $E_{v2}$  sind unverändert übernommen worden. Neu ist die Anforderungen an den Verformungsmodul bei qualifizierten Bodenverbesserungen, für die er unabhängig von der Bauklasse 70 MN/m<sup>2</sup> betragen muss.

Bei frostsicheren Böden darf auch das Leichte Fallgewichtsgerät als direktes Prüfverfahren zum Nachweis des Verformungsmoduls auf dem Planum eingesetzt werden. Für die Bauklassen SV und I bis IV beträgt das 10%-Mindestquantil des dynamischen Verformungsmoduls  $E_{vd} = 65$  MN/m<sup>2</sup>, bei den Bauklassen V und VI  $E_{vd} = 50$  MN/m<sup>2</sup>. In der Leistungsbeschreibung ist anzugeben, ob der statische oder der dynamische Verformungsmodul nachzuweisen ist. Wenn in der Leistungsbeschreibung keine diesbezüglichen Angaben enthalten sind, ist der statische Verformungsmodul nachzuweisen. Bei Anwendung des Leichten Fallgewichtsgeräts ist der Prüfumfang zu verdoppeln.

### 5 Bodenbehandlungen

Bodenbehandlungen sind Verfahren, bei denen Böden so verändert werden, dass die geforderten Eigenschaften erreicht werden. Sie umfassen Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen.

Bodenverfestigungen sind Verfahren, bei denen die Widerstandsfähigkeit des Bodens gegen Beanspruchung durch Verkehr und Klima durch die Zugabe

von Bindemitteln so erhöht wird, dass der Boden dauerhaft tragfähig und frostsicher wird.

Bodenverbesserungen sind Verfahren zur Verbesserung der Einbaufähigkeit und Verdichtbarkeit von Böden und zur Erleichterung der Ausführung von Bauarbeiten.

Qualifizierte Bodenverbesserungen sind Bodenverbesserungen mit Bindemitteln, die erhöhte Anforderungen an bestimmte Eigenschaften erfüllen, um Tragfähigkeit, Scherfestigkeit und Erosionswiderstand zu erhöhen sowie Verformungen und Frostempfindlichkeit zu verringern oder um F3-Böden in F2-Böden zu verbessern.

## 6 Prüfung der erzielten Qualität

Bei der Methode M 1 „Vorgehensweise gemäß Prüfplan“ ist der Stichprobenumfang reduziert worden, um eine bessere Akzeptanz der Methode zu bewirken. Allerdings geht die Reduzierung einher mit einem größeren Risiko für Fehlentscheidungen.

Bei der Methode M 2 „Vorgehensweise bei Anwendung flächendeckender dynamischer Messverfahren“ ist die fehlende Entscheidungsregel ergänzt worden. Die Vorgehensweise besteht aus 6 Schritten:

1. Durchführen einer Kalibrierung für die jeweiligen Boden- und Baustellenverhältnisse entsprechend TP BF-StB, Teil E4,
2. Festlegen des 10%-Mindestquantils  $T_M$  für die dynamischen Messwerte,
3. Prüfen der verdichteten Schicht mit dem flächendeckenden dynamischen Messverfahren (Vollprüfung, Messwertanzahl N),
4. Berechnen des Mittelwertes  $\mu$  und der Standardabweichung  $\sigma$  aller dynamischen Messwerte der Prüffläche und Berechnung der Prüfgröße  $z$ ,  $z = \mu - 1,28 \sigma$ ,
5. Darstellen aller Messwerte in einem Flächenplot und
6. Annahme, wenn  $z \geq T_M$  und die „Unterschreitungsstellen“ gleichmäßig im Prüflös verteilt liegen.

Bei der Methode M 3 „Vorgehensweise zur Überwachung des Arbeitsverfahrens“ sind die Prüfungen jetzt verbindlich vorgeschrieben. Die Methode M 3 besteht aus den folgenden Schritten:

1. Probeverdichtung zur Festlegung der Arbeitsanweisung,
2. Dokumentation der Einhaltung der Arbeitsanweisung und
3. Durchführung von Prüfungen im Umfang der Tabelle 7 verbindlich festgelegt.

Wenn die Dokumentation (2.) nicht durchgeführt wird, ist die Verdichtung nach Methode M 1 zu prüfen. Es ist zu beachten, dass diese Regelung Vertragsbestandteil ist. Der Prüfumfang bei Anwendung der Methode M 3 ist in Tabelle 2 angegeben.

Aus den Ergebnissen der Prüfungen sind der Mittelwert  $x^*$  und die Standardabweichung  $\sigma$  zu berechnen, auch wenn es sich nur um 2 Prüfergebnisse handelt. Das Prüflös ist anzunehmen, wenn die in Tabelle 3 angegebene Forderung eingehalten wird; ansonsten ist das Prüflös zurückzuweisen.

Die Richtwerte für die Zuordnung vom statischen Verformungsmodul  $E_{v2}$  zum Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$  bei grobkörnigen Böden sind nicht gestrichen worden, obwohl dieser Zusammenhang umstritten ist. Außerdem sind Richtwerte für die Zuordnung vom dynamischen Verformungsmodul  $E_{vd}$  zum Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$  bei grobkörnigen Böden ergänzt worden.

| Bereich  | Mindestanzahl   |
|--|---|
| Planum, Unterbau, Untergrund                     | 1 Prüfung je angefangene 1.000 m <sup>2</sup> , mindestens 2 Prüfungen              |
| Bauwerkshinterfüllung                            | Abschnitt 14.6  |
| Bauwerksüberschüttung                            | 3 Prüfungen innerhalb des ersten Meters der Überschüttung                           |
| Leitungsgräben                                   | 3 Prüfungen je 150 m Länge pro m Grabentiefe  |
| Bei kommunalen Straßen und abschnittweisem Bauen | 1 Prüfung je angefangene 1.000 m <sup>2</sup> bzw. je 100 m, mindestens 2 Prüfungen |

Tab. 2: Prüfumfang bei Methode M 3

| Anzahl Prüfergebnisse | Annahme, wenn ...             |
|-----------------------|-------------------------------|
| n = 2                 | $x^* - 1,28 \cdot s \geq T_M$ |
| n = 3                 | $x^* - 1,15 \cdot s \geq T_M$ |
| n = 4                 | $x^* - 0,88 \cdot s \geq T_M$ |

Tab. 3: Entscheidungsregel zu Methode M 3

## 7 Stand der Überarbeitung und Ausblick

Die Bearbeitung der ZTV E-StB in den Gremien der Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“ der FGSV ist abgeschlossen. Die Stellungnahmen der Länder und Verbände sind eingeholt, ausgewertet und eingearbeitet. Die neuen ZTV E-StB sind bereits 2007 notifiziert. Wenige Einzelfragen sind noch mit den zuständigen Arbeitsausschussleitern zu klären. Die redaktionelle Schlussbearbeitung ist im Juli 2008 erfolgt. Mit der Herausgabe ist zum Deutschen Straßen- und Verkehrskongress im Oktober 2008 zu rechnen. Das gilt auch für die TL BuB E-StB.

Die Bearbeitung des „Merkblattes über technische Sicherungsmaßnahmen bei Böden und Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen im Erdbau“ (M TS E), „Teil 1: Behandlung mit Bindemitteln“ und „Teil 2: Bauweisen“ in den Gremien der Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“ der FGSV ist ebenfalls abgeschlossen. Die Stellungnahmen der Länder und Verbände sind eingeholt, ausgewertet und eingearbeitet. Einige Einzelfragen sind noch mit den zuständigen Arbeitskreisleitern zu klären. Die redaktionelle Schlussbearbeitung soll im Sommer 2008 erfolgen. Es wird voraussichtlich noch im Jahr 2008 herausgegeben.

### Diskussion

#### Frage:

Wie stellen Sie sich die Vorgehensweise konkret vor? Wenn die Methode M 3 nicht vorschriftsmäßig durchgeführt wird, ist die Verdichtung nach Methode M 1 mit zusätzlichen Prüfungen nachzuweisen.

#### Herr Hillmann:

Es sollte so sein, dass sich der Auftraggeber darum kümmert, was sein Vertragspartner eigentlich macht. Falls dieser die Dokumentation der Einhaltung der Arbeitsanweisung, also Tagesprotokollhefte über Schütthöhe, Einsatz der Walzen, Verdichtungsübergänge, einhält und liefert, ist das ein guter Kontrollmechanismus. Wenn der Vertragspartner diese Unterlagen nicht liefert, muss er den Verdichtungserfolg durch einen vergrößerten Prüfumfang nachweisen. Wenn beispielsweise nach Methode M 3 nur zwei Prüfungen durchgeführt worden sind, für die Flächengröße jedoch z. B. sechs Prüfungen nach Methode M 1 erforderlich wären, kann der Auftragnehmer mit einem entsprechenden

Folgeplan die restlichen vier Prüfungen nachträglich durchführen. Diese nachträglichen Prüfungen werden dann zusammen mit den zwei schon durchgeführten statistisch nach der Methode M 1 und dem dazugehörigen Prüfplan ausgewertet. Der Gedanke, der dahintersteckt, ist eine Bestrafung durch zusätzliche Prüfungen, falls die Leistung nicht ordnungsgemäß dokumentiert wird.

#### Herr Röger:

Also, da ist die uralte Frage der Eigenüberwachungsprüfung, deren Durchführung selbstverständlich Sache des Auftragnehmers ist. Wir bezahlen sie über die Einheitspreise, in die der Auftragnehmer die Prüfungen eingerechnet haben muss. Die Frage des Kollegen zielt dahin, ob wir uns in den Fragen der Überwachung nicht sicherer wären, wenn wir die Leistung der Eigenüberwachungsprüfungen von vornherein als Position berücksichtigen würden. Mit Blick auf die Wirklichkeit bei den Erdarbeiten, speziell bei den zahlreichen kleinen Losen und Baustellen, wären wir uns dann sicherer, dass die Eigenüberwachungsprüfungen auch tatsächlich durchgeführt würden.

#### Herr Hillmann:

Das ist keine Sache, die wir hier im Rahmen der Erdarbeiten entscheiden können. Das würde ja alle zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen betreffen.

Dipl.-Ing. Tanja Marks  
Bundesanstalt für Straßenwesen,  
Bergisch Gladbach

## Technische Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe für den Erdbau

### 1 Einordnung der TL BuB E-StB in das Straßenbauregelwerk

Beim Einsatz von industriellen Nebenprodukten (industriell hergestellten Gesteinskörnungen gemäß TL Gestein-StB [1]), RC-Baustoffen (rezyklierte Gesteinskörnung mit Begrenzung des Anteils einzelner Stoffgruppen siehe [1]), Baustoffen aus Bergbautätigkeit sowie gelieferten Böden ergeben sich für den Anwender nicht nur bautechnische, sondern auch umweltrelevante Anforderungen an den Baustoff. Für den ungebundenen Oberbau existiert bereits ein Regelwerk, welches diese Anforderungen für viele Baustoffe beinhaltet. Dies besteht aus technischen Vertragsbedingungen, die in den ZTV SoB-StB [2] konkretisiert werden, technischen Lieferbedingungen, die die TL SoB-StB [3] beinhalten, und Regelungen zur Gütesicherung, konkretisiert durch die TL G SoB-StB [4]. Hinsichtlich der umweltrelevanten Merkmale wird in den TL SoB-StB auf die TL Gestein-StB verwiesen. Hier sind im Anhang D umweltrelevante Anforderungen aufgeführt, die Richt- und Grenzwerte für das Eluat und den Feststoffgehalt bestimmter Baustoffe beinhalten, sowie Regelungen, die bei einer Überschreitung der angegebenen Werte zu befolgen sind.

Für den Erdbau wurden bisher nur technische Vertragsbedingungen in den ZTV E-StB [5] konkretisiert. Erdbaueigene technische Lieferbedingungen und eine zugehörige Güteüberwachung für gelieferte Böden und Baustoffe existierten nicht. Die im Oberbau verwendeten Baustoffe können i. d. R. im Erdbau eingesetzt werden. Dies impliziert die Einhaltung der umweltrelevanten Anforderungen gemäß TL Gestein-StB. Für die nicht im Oberbau eingesetzten Baustoffe existieren – mit Ausnahme von Boden – Hinweise bzw. Merkblätter für diese Baustoffe. Die Lieferbedingungen von Boden sind im Straßenbauregelwerk, insbesondere hinsichtlich umweltrelevanter Anforderungen, bisher nicht geregelt worden. Grund hierfür ist, dass die Anforderun-

gen an Böden in erdbautechnischer Hinsicht durch die Inhalte der ZTV E-StB abgedeckt sind. Es besteht jedoch die Notwendigkeit, auch umweltrelevante Anforderungen an die Böden zu stellen, die für erdbautechnische Zwecke geliefert werden.

Die Technischen Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus (TL BuB E-StB), die im Folgenden vorgestellt werden, beinhalten alle im Erdbau relevanten Böden und Baustoffe, wobei unter der Bezeichnung „Baustoffe“ industrielle Nebenprodukte, RC-Baustoffe und Baustoffe aus Bergbautätigkeit zusammengefasst werden. Bisher existierende Regelungen in Merkblättern und Hinweisen werden, falls erforderlich, auf die Ebene der Lieferbedingungen angehoben.

### 2 Grundlagen

Für die Erarbeitung der TL BuB E-StB kann auf eine Reihe bereits bestehender Regelwerke zurückgegriffen werden. So gibt es im Straßenbauregelwerk zu den für den Erdbau wichtigen Baustoffen Hinweise und Merkblätter, deren für den Erdbau relevanten Teile in die TL BuB E-StB übernommen werden. Hinsichtlich einzelner Aspekte kann auf die TL SoB-StB und die TL G SoB-StB zurückgegriffen werden. Auf die umweltrelevanten Merkmale im Anhang D der TL Gestein-StB wird in der TL BuB E-StB für Baustoffe, die auch im Erdbau eingesetzt werden, verwiesen. Dies hat auch den Vorteil, dass der Anhang D der TL Gestein-StB bereits mit der Umweltverwaltung abgestimmt wurde und von dieser akzeptiert ist. Weitere Regelwerke seitens der Umweltverwaltung müssen bei der Aufstellung der Anforderungen der TL BuB E-StB berücksichtigt werden. Dies sind in erster Linie die relevanten Ge-



Bild 1: Grundlagen für die TL BuB E-StB

setze bzw. Verordnungen, wie WHG [6], KrW-/AbfG [7], BBodSchG [8] und BBodSchV [9] sowie die Regelungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) [10-12] und die länderspezifischen Regelungen. Aus diesen Regelwerken werden die für den Erdbau notwendigen Inhalte extrahiert und in die TL BuB E-StB übernommen.

### 3 Inhalte

#### 3.1 Übersicht

Die TL BuB E-StB sind aufgeteilt in fünf Abschnitte und drei Anhänge:

1. Grundlagen,
  2. Anforderungen,
  3. Qualitätssicherung,
  4. Beschreibung und Bezeichnung,
  5. Kennzeichnung,
- Anhang A: Umweltrelevante Merkmale,  
Anhang B: Güteüberwachung,  
Anhang C: Technische Regelwerke.

#### 3.2 Grundlagen

Im Abschnitt 1 „Grundlagen“ ist formuliert: „Die „Technischen Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus“ (TL BuB E-StB) enthalten stoffspezifische, erdbautechnische und umweltrelevante Anforderungen an Böden und Baustoffe, die zur Herstellung von Erdbauwerken geliefert werden.“ Insbesondere ist hierbei hervorzuheben: „Die TL BuB E-StB gelten für die Lieferung von aufbereiteten Böden und Baustoffen, die



Bild 2: Böden und Böden mit Fremdbestandteilen

zur Herstellung von Erdbauwerken nach ZTV E-StB eingesetzt werden.“ Um zu verdeutlichen, für welche Böden und Baustoffe die TL BuB E-StB keine Anwendung finden, ist ein „Nichtgeltungsbereich“ aufgenommen worden: „Die TL BuB E-StB gelten nicht für Boden und Fels aus Gewinnungsbetrieben (z. B. Vorabsiebmaterial, Festgestein sowie Kies und Sand), Seitenentnahmen und für Boden und Fels, die bei anderen Baumaßnahmen gewonnen werden. Die TL BuB E-StB gelten ebenso nicht für Baustoffe, die als Bindemittel eingesetzt werden.“ Sollen für Böden bzw. Baustoffe, die durch die TL BuB E-StB nicht geregelt werden, Anforderungen aus der TL dennoch geltend gemacht werden, muss der Auftraggeber dies im Rahmen seiner bauvertraglichen Möglichkeiten vereinbaren.

#### 3.3 Anforderungen – Allgemeines

Die Benennung und Beschreibung der Böden und Baustoffe erfolgen nach den Grundsätzen der DIN EN ISO 14688-1 [14]. Das Benennen und Beschreiben von Bodenarten auf der Basis von Laboruntersuchungen sind zurzeit nicht geregelt, da die DIN 4022 zurückgezogen wurde.

Die DIN 18196 [15] für die „Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke“ wird gemäß TL BuB E-StB für alle Böden und Baustoffe angewendet.

Hinsichtlich der umweltrelevanten Merkmale kann für die meisten Baustoffe auf die TL Gestein-StB verwiesen werden. Für dort nicht geregelte Baustoffe sind die Anforderungen im Anhang A der TL BuB E-StB enthalten. Für Böden und Böden mit Fremdbestandteilen sind keine Anforderungswerte für umweltrelevante Merkmale in die TL BuB E-StB aufgenommen worden. Bisher konnten sich die Bundesländer nicht auf einheitliche Werte einigen. Vor dem Hintergrund der durch den Bund geplanten Ersatzbaustoffverordnung [16], durch die auch die Verwertung von Böden geregelt werden soll, wurde in den TL BuB E-StB auf die Festlegung von Werten verzichtet. Bis zum Vorliegen der Verordnung wird auf die die im jeweiligen Bundesland gültigen Regelungen für die Verwertung von Boden verwiesen.

#### 3.4 Baustoffspezifische Anforderungen

In den TL BuB E-StB werden im Abschnitt 2 folgende Böden und Baustoffe jeweils unter einem eigenen Punkt behandelt:

- 2.1 Boden (BO)
- 2.2 Boden mit sichtbaren Fremdbestandteilen (BmF)
- 2.3 Rezyklierte Baustoffe (RC)
- 2.4 Eisenhüttenschlacken
  - 2.4.1 Hochofenschlacke (HOS, HS)
  - 2.4.2 Stahlwerksschlacken (SWS)
  - 2.4.3 Hüttenmineralstoffgemische (HMGM)
- 2.5 Metallhüttenschlacken
  - 2.5.1 Schlacken aus der Kupfererzeugung (CUS, CUG)
- 2.6 Hausmüllverbrennungssasche (HMVA)
- 2.7 Kraftwerksnebenprodukte
  - 2.7.1 Schmelzkammergranulat (SKG)
  - 2.7.2 Kesselasche (SKA)
  - 2.7.3 Steinkohlenflugasche (SFA)
  - 2.7.4 Braunkohlenflugasche (BFA)
- 2.8 Gießereireststoffe
  - 2.8.1 Gießereirestsande (GRS)
  - 2.8.2 Gießerei-Kupolofenstückschlacken (GKOS)
- 2.9 Mineralische Baustoffe aus Bergbautätigkeit
  - 2.9.1 Waschberge aus der Steinkohlengewinnung (WB)
  - 2.9.2 Haldenberge aus dem Kupferschieferbergbau.

Die Gliederung ist so gewählt worden, dass bei einer denkbaren späteren Überarbeitung die Möglichkeit besteht, problemlos zusätzliche Baustoffe aufzunehmen bzw. auch Baustoffe wieder aus der TL BuB E-StB herausnehmen zu können.

Neben allgemeinen Anforderungen, die sich an alle Böden und Baustoffe richten, werden in den einzelnen zuvor aufgelisteten Abschnitten baustoffspezifische Anforderungen festgelegt. Diese Anforderungen beinhalten folgende Punkte:

- Beschreibung,
- bautechnische Angaben und Anforderungen,
- umweltrelevante Merkmale.

### 3.5 Anforderungen an Boden und Boden mit Fremdbestandteilen

In den TL BuB E-StB wird zwischen Boden, Boden mit Fremdbestandteilen und rezyklierten Baustoffen unterschieden. Fremdbestandteile sind mineralischen Ursprungs, aber keine Bestandteile des Bodens. Fremdbestandteile können z. B. hydraulisch gebundene Stoffe, mit Bitumen gebundene Stoffe oder Produktionsrückstände z. B. aus thermischen Prozessen oder Bauprozessen sein. Fremdstoffe hingegen sind nichtmineralische Bestandteile.

Unter dem Begriff „Boden“ ist nach TL BuB E-StB Boden zu verstehen, der keine sichtbaren Fremdbestandteile enthält. Hierfür wird die Grenze von 10 Vol.-% angewandt, da davon ausgegangen wird, dass Fremdbestandteile im Boden erst ab dieser Grenze wahrgenommen werden können, d. h., sichtbar sind. Bei Böden gemäß TL BuB E-StB handelt es sich in der Regel um Böden, die zentral an einer Stelle gesammelt werden, aber unterschiedlicher Herkunft sind. Diese können nach einer entsprechenden Aufbereitung im Erdbau eingesetzt werden.

Die weitere Unterscheidung zwischen Boden mit sichtbaren Fremdbestandteilen und recycelten Baustoffen hatte zwei Ursachen; zum einen die technische Beurteilung, zum anderen sind es umweltrelevante Hintergründe. Konkret wird unterschieden zwischen Boden mit sichtbaren Fremdbestandteilen bis max. 50 M.-% Fremdbestandteile und recycelten Baustoffen, die einen Anteil von max. 50 M.-% Boden enthalten können.



Bild 3a: Böden mit Fremdbestandteilen – technische Beurteilung



Wissenschaftlich fehlen bisher bautechnische Erkenntnisse, inwiefern sich Fremdbestandteile auf die bodenmechanischen und erdbautechnischen Eigenschaften auswirken, insbesondere auf die Frostempfindlichkeit, die Tragfähigkeit und das Setzungsverhalten. Gegebenenfalls wäre zu hinterfragen, ob an die Aufbereitung bzw. an die Zulässigkeit bestimmter Fremdbestandteile Anforderungen zu stellen sind. Um diese Fragen zu klären, ist Ende 2006 ein Forschungsvorhaben angelaufen [17], dessen Ergebnisse voraussichtlich in Kürze veröffentlicht werden. Grundsätzlich wurde hier festgestellt, dass Fremdbestandteile einen Einfluss auf bodenmechanische Eigenschaften haben. Die konkreten Anforderungen, die sich aus dieser Untersuchung ableiten lassen, sind ansatzweise in die TL BuB E-StB aufgenommen worden.

Auch hinsichtlich der Beurteilung der umweltrelevanten Merkmale ergeben sich Fragen. In der Ausgabe der LAGA-M 20 von 2004 ist geregelt, dass Bodenaushub mit mineralischen Fremdbestandteilen > 10 Vol.-% in den Technischen Regeln „Gemische“ behandelt wird<sup>1</sup>. Diese Technischen Regeln sind jedoch nicht mehr neu erarbeitet worden, da die hierfür zuständige Arbeitsgruppe die Arbeiten an den LAGA-M 20 eingestellt hat. In der „alten“ LAGA-M 20 von 1997 ist zu den Gemischen folgende Formulierung zu finden: „Maßgebend für die Festlegung des Verwertungsweges und der Einbauklasse sind die Materialkomponenten, deren Gefährdungspotenzial am höchsten einzustufen ist.“<sup>2</sup> Da diese Formulierung schnell zu Missverständnissen und Unklarheiten führen kann, wurde im Eckpunkt Papier [18], welches die Grundlage für

die derzeit im ersten Entwurf vorliegende Ersatzbaustoffverordnung bilden sollte, folgende Formulierung gewählt: „Verbleiben bei der Trennung Gemische oder soll das Gemisch ohne Abtrennung der einzelnen Abfallkomponenten verwertet werden, ist das Gemisch wie Bodenmaterial zu bewerten.“<sup>3</sup> Im Entwurf der Ersatzbaustoffverordnung heißt es: „Für Gemische aus Bodenmaterial sowie aus anderen mineralischen Ersatzbaustoffen aus Aushubmaßnahmen, die ohne Abtrennung der einzelnen Komponenten eingebaut werden sollen, gelten die Anforderungen an den Einbau von Bodenmaterial. Das Gleiche gilt für Gemische, die bei der Trennung eines solchen Gemisches entstehen.“<sup>4</sup> Insgesamt ist allen Formulierungen im Wesentlichen zu entnehmen, dass die Bewertung eines Gemisches, das Boden enthält, hinsichtlich der umweltrelevanten Merkmale nicht entschärft werden darf, indem beispielsweise die Anforderungswerte für RC-Baustoffe angewendet werden. Diese Anforderung stellt jedoch eine Diskrepanz zu vielen Regelungen der Bundesländer dar. Hier werden Böden mit sichtbaren Fremdbestandteilen (> 10 Vol.-%) hinsichtlich der umweltrelevanten Anforderungen vielfach wie Bauschutt beurteilt. Die Anforderungen an Bauschutt resp. RC-Baustoffe sind hinsichtlich der umweltrelevanten Anforderungen in der Regel nicht so scharf wie die Anforderungen an Böden.

Vereinfacht formuliert bedeutet dies, dass seitens der Ersatzbaustoffverordnung jedes Material, welches Boden enthält, wie dieser zu beurteilen ist. Andererseits wird in einigen Bundesländern jeder Boden, in dem Fremdbestandteile enthalten sind, wie Bauschutt resp. RC-Material bewertet. Diese Diskrepanz ist zu klären.

In den TL BuB E-StB ist daher der pragmatische Vorschlag enthalten, Böden mit maximal 50 M.-% Fremdbestandteilen – sowohl in bautechnischer Sicht als auch hinsichtlich der umweltrelevanten Merkmale – wie Böden zu beurteilen. Dies kann auch vor dem Hintergrund gesehen werden, dass eine Vermischung von Böden und Fremdbestandteilen prinzipiell nicht gewünscht ist, aber beim Abbruch von Bauwerken praktisch nicht immer verhindert werden kann.



**Bild 3b:** Böden mit Fremdbestandteilen – Beurteilung der umweltrelevanten Merkmale

<sup>1</sup> [12], Abschnitt 1.2.1, S. 3

<sup>2</sup> [12], Abschnitt 1.4.3.2, S. 44

<sup>3</sup> [18], EP 7, (3) b, S. 6

<sup>4</sup> [16] Artikel 1, § 7 Abs. 3

### 3.6 Anforderungen an umweltrelevante Merkmale

Die umweltrelevanten Merkmale selbst sind nicht im Abschnitt 2 dargelegt. Es erfolgt ein Verweis auf die TL Gestein-StB, falls der Baustoff dort enthalten ist, ansonsten sind die Anforderungen im Anhang A der TL BuB E-StB zu finden. Ausnahmen bilden Böden und Böden mit Fremdbestandteilen: „Für Böden und Böden mit Fremdbestandteilen gemäß diesen TL sind keine umweltrelevanten Merkmale festgelegt. Hier sind bis zum Vorliegen der Ersatzbaustoffverordnung des Bundes die im jeweiligen Bundesland gültigen Regelungen für die Verwertung von Boden einzuhalten.“ Vor dem Hintergrund, dass ein Entwurf der Ersatzbaustoffverordnung existiert und in den Bundesländern derzeit keine einheitlich akzeptierte Regelung für die Verwertung von Böden besteht, wollte man durch die TL BuB E-StB nicht unnötig in die derzeitigen Diskussionen eingreifen. Bundesländer, die derzeit keine eingeführten Regelungen haben, können sich ggf. an gültigen Anforderungswerten für Boden, wie sie beispielsweise in Baden-Württemberg [19] gemäß Einführungserlass vom 09.03.2007 oder in Brandenburg [20] gemäß Erlass vom 01.02.2007 bestehen, orientieren.

### 3.7 Qualitätssicherung, Beschreibung und Bezeichnung, Kennzeichnung

Der Abschnitt 3 „Qualitätssicherung“ ist im Anhang B der TL BuB E-StB konkretisiert. Im Abschnitt selbst erfolgt im Wesentlichen der Verweis auf den Anhang.

Abschnitt 4 „Beschreibung und Bezeichnung“ und Abschnitt 5 „Kennzeichnung“ sind vergleichbar mit den Regelungen hierzu in den TL G SoB-StB. Es wurde nur eine entsprechende Anpassung für den Erdbau vorgenommen.

### 3.8 Umweltrelevante Merkmale – Anhang A

Im Anhang A werden für alle nicht in den TL Gestein-StB enthaltenen Baustoffe umweltrelevante Anforderungen aufgeführt. Hierbei handelt es sich um die um folgende Baustoffe:

- Hüttenmineralstoffgemische,
- sekundärmetallurgische Schlacken,
- Edeldstahlschlacken,
- Braunkohlenflugasche,

- Waschberge,
- Haldenberge aus dem Kupferschieferbergbau.

Der Anhang A ist vom Aufbau her vergleichbar mit den TL Gestein-StB. Neben der Festlegung von Richt- und Grenzwerten für das Eluat der Baustoffe sind weiterhin Regelungen enthalten, die bei einer Überschreitung der angegebenen Werte zu befolgen sind. Wie in den TL Gestein-StB gilt, dass Überschreitungen nur toleriert werden, wenn sie nicht systematisch sind. Eine systematische Überschreitung liegt vor, wenn der zulässige Grenzwert einer Kenngröße bei zwei aufeinanderfolgenden Prüfungen überschritten wird.

### 3.9 Qualitätssicherung – Anhang B

Anhang B konkretisiert die im Abschnitt 3 genannte Güteüberwachung. Für alle Böden und Baustoffe nach TL BuB E-StB ist eine Güteüberwachung durchzuführen, um die Einhaltung der geforderten Eigenschaften sicherzustellen. Im Wesentlichen handelt es sich um dieselben Regelungen, wie sie auch in den TL G SoB-StB genannt werden. Es handelt sich also um das „alte System“ mit Fremdüberwachung. Die Güteüberwachung besteht aus Eignungsnachweis (Erstprüfung und Betriebsbeurteilung) sowie kontinuierlicher Überwachung durch werkseigene Produktionskontrolle des Herstellers und regelmäßige Produktprüfungen durch anerkannte Prüfstellen (Fremdüberwachung). Die im Anhang A genannten Regelungen bei Überschreitung umweltrelevanter Merkmale gelten nicht für die Erstprüfung, die der Eignungsnachweis beinhaltet.

### 3.10 Technische Regelwerke – Anhang C

In Anhang C gelistet sind die in den TL BuB E-StB genannten Normen, Regelwerke und Verordnungen. Die DIN 4022 u. a. für das Benennen und Beschreiben von Bodenarten auf der Basis von Laboruntersuchungen wurde zurückgezogen. Die seit 2002 mit dieser Nummer bestehende DIN EN 4022: „Luft- und Raumfahrt – Rohrverschraubung 8°30' aus Titanlegierung – Winkelverschraubungen 90° mit Anschweißende“ ist für den Erdbau wenig hilfreich. Die „Ersatz-“Normen DIN EN ISO 14688 Teile 1 und 2 greifen diese Regelungen nicht auf. Nach aktuellen Festlegungen im Arbeitsausschuss „Erd- und Felsarbeiten“ der FGSV sollen diese Regelungen als Ergänzung zum „Merkblatt über geotechnische Untersuchungen und Berech-

nungen im Straßenbau“ (M GUB) veröffentlicht werden.

#### 4 Zusammenfassung

Im Gegensatz zu anderen Bereichen des Straßenbaus fehlen für den Unterbau und Schutzwälle (Erdbau) von Straßen zurzeit noch eigene Technische Lieferbedingungen sowie die zugehörige Güteüberwachung, wenn diese nicht aus dem anstehenden Boden und Fels errichtet werden. Diese Lücke soll durch die „Technischen Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe für den Erdbau“ (TL BuB E-StB) geschlossen werden. Diese werden stoffspezifische, erdbautechnische und umweltrelevante Anforderungen an Böden und Baustoffe, die zur Herstellung von Erdbauwerken verwendet werden, enthalten.

In den TL BuB E-StB werden auch die Anforderungen an industrielle Nebenprodukte, RC-Baustoffe und Baustoffe aus Bergbautätigkeit, die derzeit im Wesentlichen auf der Ebene von Merkblättern bzw. Hinweisen geregelt sind, zusammengefasst.

Alle enthaltenen baustoffspezifische Anforderungen sind an die erdbautechnischen Erfordernisse angepasst, stellen aber prinzipiell keine Neuerung dar, da sie aus bestehenden Regelwerken entnommen wurden. Die TL BuB E-StB sind von der Struktur so angelegt, dass sie bei Bedarf geändert werden können, z. B. für die Aufnahme weiterer Baustoffe bzw. bei Inkrafttreten der Ersatzbaustoffverordnung durch den Hinweis auf diese Verordnung. Künftig wird die Güteüberwachung gelieferter Böden und Baustoffe durch die TL BuB E-StB auch verbindlich im Erdbau gefordert. Um eine Vereinheitlichung im Straßenbauregelwerk zu schaffen, ist der strukturelle Aufbau des Erdbau-Regelwerkes an das Regelwerk des Oberbaus angepasst. Die ZTV E-StB 07 werden hinsichtlich der Lieferung von Böden und Baustoffen für den Erdbau ergänzt.

#### Literatur

- 1 Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, TL Gestein-StB, Ausgabe 2004, FGSV (Hrsg.)
- 2 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, ZTV SoB-StB, Ausgabe 2004/Fassung 2007, FGSV (Hrsg.)

- 3 Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, TL SoB-StB, Ausgabe 2004/Fassung 2007, FGSV (Hrsg.)
- 4 Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau – Teil: Güteüberwachung, TL G SoB-StB, Ausgabe 2004/Fassung 2007, FGSV (Hrsg.)
- 5 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, ZTV E-StB, Ausgabe 1994/Fassung 1997, FGSV (Hrsg.)
- 6 Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG), Datum: 27.07.1957, zuletzt geändert 10.05.2007
- 7 Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG)), Datum: 27. September 1994, zuletzt geändert 19.07.2007
- 8 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG)), Datum: 17. März 1998, zuletzt geändert 9.12.2004
- 9 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), Datum: 12. Juli 1999, geändert 23.12.2004
- 10 Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) – Mitteilung 20 – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln – Teil I: Allgemeiner Teil, Stand 06.11.2003
- 11 Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) – Mitteilung 20 – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Teil II: Technische Regeln für die Verwertung – 1.2 Bodenmaterial (TR Boden); Stand: 05.11.2004
- 12 Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20 – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln; 4., erweiterte Auflage, Stand: 06.11.1997, Erich Schmidt Verlag

- 13 DIN 4022 (zurückgezogen): Baugrund und Grundwasser – Benennen und Beschreiben von Boden und Fels

Teil 1: Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und im Fels (1987)

Teil 2: Schichtenverzeichnis für Bohrungen im Fels (Festgestein) (1981)

Teil 3: Schichtenverzeichnis für Bohrungen mit durchgehender Gewinnung von gekernten Proben im Boden (Lockergestein) (1982)

- 14 DIN EN ISO 14688-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung (2003)
- 15 DIN 18196: Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke (2006)
- 16 Verordnung zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, Arbeitsentwurf, Stand: 13.11.2007
- 17 BAUMGÄRTEL, Tobias und HEYER, Dirk: „Erdbautechnische Eignung und Klassifikation von Böden mit Fremdbestandteilen und von Bauschutt“, Entwurf des Endberichts, 04.2008
- 18 Eckpunkte (EP) der LAGA für eine „Verordnung über die Verwertung von mineralischen Abfällen in technischen Bauwerken“ Stand: 31.08.2004
- 19 Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007
- 20 Rundschreiben des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz vom 29.09.2006 zum Urteil des Bundesverwaltungsgerichtes vom 14. April 2005, „Tongrubenurteil“ zu den Anforderungen an die ordnungsgemäße Verwertung von mineralischen Abfällen (TR der LAGA, Teil I und Teil II 1.2 (überarbeitete Fassung) )

## Diskussion

### Herr Rodehack:

Nachdem wir im Erdbau bisher keine Fremdüberwachung hatten: Nach welchem Anerkennungsgebiet gemäß RAP Stra muss der Fremdüberwacher denn hier anerkannt sein? Die RAP Stra müsste dann ja eventuell auch angepasst werden.

### Herr Hillmann:

Die RAP Stra-Prüfstellen, die die Fachgebiete D0 und I2 prüfen. Das wollen wir nicht den Erdbauern überlassen, da hier die Erfahrungen mit diesen Baustoffe i. d. R. nicht vorliegen. Darüber gibt es aber noch keine Festlegung.

Dipl.-Ing. Maik Schüssler  
Landesbetrieb Straßenwesen,  
Brandenburg Hoppegarten

## „Änderung“ der Bodenklassifikation gemäß DIN 18300

### 1 Einleitung

Im Jahr 2006 wurde der Beraterkreis zur DIN 18300 „Erdarbeiten“ beauftragt, die Norm zu überarbeiten. Der Beraterkreis setzt sich paritätisch aus Vertretern der Bauindustrie, Ingenieurbüros und Hochschulen sowie Vertretern öffentlicher Auftraggeber zusammen. Nach der 1. Sitzung des Beraterkreises bestand Einigkeit darüber, dass insbesondere die seit mehr als 35 Jahren fast unveränderte Bodenklassifikation überarbeitet werden sollte. Zwar hatte sich die vorhandene Bodenklassifikation in der Praxis bewährt, jedoch sollten Vereinfachungen vorgenommen und bisher aufgetretene Schwachstellen korrigiert werden.

Bild 1 stammt von einer Autobahnbaustelle nördlich von Berlin. Im Bild ist deutlich zu erkennen, dass auf engem Raum nicht nur horizontal getrennt bereits drei Bodenklassen vorhanden sind. Erreicht der „Stein“ eine bestimmte Größe, kommt ggf. noch eine weitere Bodenklasse hinzu. Zur Herstellung des in Bild 1 dargestellten Untergrundplanums wurde jedoch lediglich ein Erdbaugerät benötigt. Gängige Praxis ist es daher, im großräumigen Erdbau in Bezug auf das Lösen eine Zusammenfassung der Bodenklassen (z. B. Bodenklasse 3 bis 5) in der Ausschreibung vorzunehmen. Im kleinräumigen



Bild 1: Beispiel Untergrundplanum

gen Erdbau (z. B. Leitungsgrabenbau) kann dies jedoch zu Schwierigkeiten führen.

Unter Berücksichtigung des v. G. wurde durch den Beraterkreis eine neue Bodenklassifikation vorgelegt, welche vorwiegend auf den Stein- und Blockanteil reflektierte. Zusätzlich wurden die zwei vorhandenen Felsklassen überarbeitet.

Der Entwurf der neuen Klassifikation wurde anschließend vor einer Veröffentlichung mehreren Fachgremien zur Verfügung gestellt. Nach erheblicher, teilweise nicht unbegründeter Kritik seitens des BMVBS, der BAW und der FGSV entschloss sich der Beraterkreis, die vorhandene Boden- und Felsklassifikation beizubehalten, diese jedoch zu überarbeiten. Hierbei wurde besonderes Augenmerk auf eine Übereinstimmung mit dem bodenmechanischen Regelwerk gelegt. Weiterhin flossen aktuelle Erkenntnisse der Felsmechanik ein.

### 2 Änderungen in der Klassifikation

Mit Stand von April 2008 liegt nunmehr ein Entwurf der überarbeiteten DIN 18300 vor. Im Folgenden sollen wesentliche Änderungen bezüglich der Boden- und Felsklassifikation wiedergegeben werden.

Die Klasse 1 „Oberboden“ und die Klasse 2 „Fließende Bodenarten“ wurden in der bisherigen Form beibehalten.

Für die Lockergesteine der Klassen 3 bis 6 wurde auf die Verwendung der Begriffe nichtbindig, schwachbindig und bindig verzichtet, da diese im bodenmechanischen Regelwerk nur ungenügend definiert sind. Hinsichtlich der Feinkorngröße wurden die üblichen 0,063 mm übernommen. Für Steine wurden die Korngröße bis 200 mm und darüber hinaus der Begriff Blöcke verwendet. Damit entfallen die bisher definierten Rauminhalte und Kugeldurchmesser.

Der Entwurf der Boden- und Felsklassen wird nachfolgend aufgeführt. Die vorgesehenen Normentexte sind *kursiv* geschrieben.

#### **Klasse 3: Leicht lösbare Bodenarten**

*Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15 M.-% Beimengungen an Schluff und Ton (Korngröße kleiner als 0,063 mm) und mit höchstens 30 M.-% Steinen (Korngröße über 63 mm bis 200 mm).*

*Organische Bodenarten, die nicht von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit sind, und Torfe.*

Die organischen Bodenarten ab weicher Beschaffenheit sind der Klasse 3 zugehörig. Damit entfällt hier der alleinige Begriff des festen Torfes und die organischen Bodenarten können je nach Beschaffenheit (Konsistenz) den Klassen 2 und 3 zugeordnet werden.

#### **Klasse 4: Mittelschwer lösbar Bodenarten**

*Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit mehr als 15 M.-% der Korngröße kleiner als 0,063 mm.*

*Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind und die höchstens 30 M.-% Steine (Korngröße über 63 mm bis 200 mm) enthalten.*

#### **Klasse 5: Schwer lösbar Bodenarten**

*Bodenarten nach den Klassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 M.-% Steinen (Korngröße über 63 mm bis 200 mm).*

*Bodenarten mit höchstens 30 M.-% Blöcken (Korngröße über 200 mm bis 630 mm).*

*Ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind.*

#### **Klasse 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten**

*Felsarten, die einen mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte Bodenarten, z. B. durch Austrocknung, Gefrieren, chemische Bindungen.*

*Bodenarten mit mehr als 30 M.-% Blöcken (Korngröße über 200 mm bis 630 mm).*

Die Begriffe „innerer Zusammenhalt“ und „weich“ wurden gegenüber der bisherigen Fassung gestrichen.

#### **Klasse 7: Schwer lösbarer Fels**

*Felsarten, die einen mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Festigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind, auch unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, verfestigte Schlacken der Hüttenwerke und dergleichen.*

*Haufwerk aus großen Blöcken (Korngröße über 630 mm).*



**Bild 2:** Beispiel Haufwerk aus großen Blöcken

Die Begriffe „innerer Zusammenhalt“ und „Gefügesteifigkeit“ wurden gegenüber der bisherigen Fassung gestrichen. Für Schlacken gilt Klasse 7 nur bei einer Verfestigung. Haufwerke aus großen Blöcken (Bild 2) werden Klasse 7 zugeordnet.

### **3 Sonstige Änderungen**

Der Entwurf der DIN 18.300 von April 2008 sieht weiterhin noch folgende Änderungen bzw. Ergänzungen vor.

Im Punkt „Hinweise für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung“ wurden folgende Zusätze aufgenommen:

- Als Sachverständigengutachten zählen auch die geotechnischen Berichte gemäß DIN 4020, sofern diese bei der Ausführung zu beachten sind.
- Wesentliche Änderungen der Eigenschaften und Zustände von Boden und Fels nach dem Lösen sind ebenfalls zu beschreiben.
- Geschätzte Mengenanteile sind möglichst zu benennen, wenn Boden und Fels verschiedener Klassen zusammengefasst werden, weil eine Trennung nur schwer möglich ist.
- Sind Bauteile und Stoffe in Boden und Fels verteilt oder flächig eingebaut, wie z. B. Verpressgut, Geokunststoffe, Rüttelstopfsäulen, Verpressschläuche, Manschettenrohre, Bohrlochverfüllungen etc., ist dieses zu beschreiben.
- Die Abrechnungseinheit für Beseitigen einzelner großer Blöcke (Korngrößen über 630 mm) kann nach Anzahl (Stück) oder Raummaß (m<sup>3</sup>) erfolgen.

Die für das Untersuchen, Benennen und Beschreiben von Boden und Fels geltenden Regelungen wurden durch nachfolgend genannte Normen ergänzt:

- DIN 4023 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen“,
- DIN EN ISO 14688-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Benennung und Beschreibung“,
- DIN EN ISO 14689-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Benennung und Beschreibung“,
- DIN EN ISO 22475-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Technische Grundlagen der Ausführung“.

Als „Besondere Leistungen“ wurden neu aufgenommen:

- Beseitigen von einzelnen Blöcken (Korngröße über 200 mm bis 630 mm) und Mauerresten über 0,01 m<sup>3</sup> Rauminhalt in Gräben bis zu 0,8 m Sohlenbreite und
- Beseitigen von einzelnen großen Blöcken (Korngröße über 630 mm).

Für abgeböschte Baugruben und Gräben in den Bodenklassen 3 und 4 wird für die Ermittlung des Böschungsräumeres ein Böschungswinkel von 45° angesetzt, sofern kein Standsicherheitsnachweis erforderlich ist. Die Angabe geht damit konform mit DIN 4124 „Baugruben und Gräben“.

## 4 Schlussbemerkungen

Im Teil C der VOB „Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen“ werden in DIN 18300 „Erdarbeiten“, DIN 18301 „Bohrarbeiten“, DIN 18311 „Nassbaggerarbeiten“ und DIN 18319 „Rohrvortriebsarbeiten“ Boden- und Felsklassen aufgeführt.

In einigen dieser Normen erreicht die Einteilung bis zu 21 Haupt- und 4 Zusatzklassen, in deren Kombination dann über 30 Klassen entstehen können. Eine teilweise so detaillierte Einteilung bzw. Zuord-

nung des Untergrundes ist weder für einen Bodengutachter möglich, für einen Ausschreibenden zumutbar und auch für den Ausführenden sinnvoll. Daher sollte für den Teil C der VOB grundsätzlich eine Vereinheitlichung hinsichtlich der Boden- und Felsklassen vorgenommen werden. Eine Einteilung und Beschreibung können eigentlich nur nach boden- und felsmechanischen Gesichtspunkten erfolgen. Hierfür gibt es entsprechende Regelwerke z. B. mit Klassifikationsversuchen. Die DIN 18300 stellt mit ihren 6 Boden- und Felsklassen (ohne Oberboden) bereits eine gute Grundlage für eine Vereinheitlichung dar. In den einzelnen Normen des Teiles C der VOB können dann zusätzlich gewerkspezifische Festlegungen und Anforderungen getroffen werden.

Dipl.-Ing. Tanja Marks  
 Bundesanstalt für Straßenwesen,  
 Bergisch Gladbach

## Die Ersatzbaustoffverordnung – Einführung

### 1 Hintergründe

Der Einsatz nicht natürlich vorkommender Baustoffe, wie z. B. der Einsatz von Recycling-Baustoffen oder industriellen Nebenprodukten, wird im Straßenbau und speziell im Erdbau schon lange praktiziert. Per Definition gemäß Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) fallen diese Baustoffe unter den Begriff „Abfall“. Diese auch im Widerspruch zum Bauproduktengesetz (BauPG) stehende Definition hat zu Irritationen geführt, da der Begriff „Abfall“ negativ belegt ist und sich diese negative Assoziation auch auf diese Baustoffe überträgt.

Durch die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) wurden Technische Regeln erarbeitet, die insbesondere die nach Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz geforderte „ordnungsgemäße und schadlose Verwertung“ der Abfälle sicherstellen soll. Die Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen wurden in der „Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20“ (LAGA-M 20) festgelegt. Die LAGA-M 20 mit Stand vom 6. November 1997 (4. erweiterte Auflage) [1] wurde fortgeschrieben, da sie an

- die neue Bodenschutzgesetzgebung (Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) [2] von 1998 und Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) [3] von 1999),
- die durch die Ländergemeinschaft Wasser erarbeiteten „Grundsätze des vorsorgenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz“ (GAP-Papier) [4] von 2002 und
- die „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser“ von 2004 [5]

angepasst werden sollte.

Bereits der Teil II „Technische Regeln Boden“ der LAGA-M 20 [6] führte zu kontroversen Diskussio-

nen. Aufgrund der fehlenden Akzeptanz der Regelungen wurde die Fortschreibung daher nicht für alle in der LAGA-M 20 von 1997 genannten Baustoffe, sondern nur für Boden und allgemeine Grundsätze [7 und 8] durchgeführt. In den Bundesländern selbst ist die Rechtslage derzeit unterschiedlich. In einigen Ländern gibt es Einführungs-erlasse, die die Verwertung von Boden und anderen Baustoffen (RC-Baustoffe, etc.) regeln. In anderen Ländern wird die LAGA-M 20 angewendet, ist jedoch nicht rechtsverbindlich eingeführt. Teilweise werden auch Einzelfallentscheidungen, insbesondere bei der Verwertung von Boden, getroffen.

Um eine bundesweit einheitliche Regelung zu finden, die auch die notwendige Rechtssicherheit schafft, wurde 2005 das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gebeten, die Verwertung von mineralischen Abfällen in technischen Bauwerken zu regeln. Der erste Arbeitsentwurf der „Verordnung zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung“ [9] wurde Mitte November 2007 veröffentlicht.

Die Grundzüge dieser Verordnung werden im Folgenden vorgestellt.

## 2 Grundzüge der Ersatzbaustoff- verordnung

### 2.1 Aufbau der Verordnung

Die „Verordnung zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung“ ist in zwei Artikel unterteilt.

- Artikel 1:  
Verordnung über den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken (Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV),
- Artikel 2:  
Verordnung zur Änderung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung.

Im Folgenden wird nur auf den ersten Artikel eingegangen, da dort die wesentlicheren Aspekte für den Einsatz von „Ersatzbaustoffen“ als Baustoffe



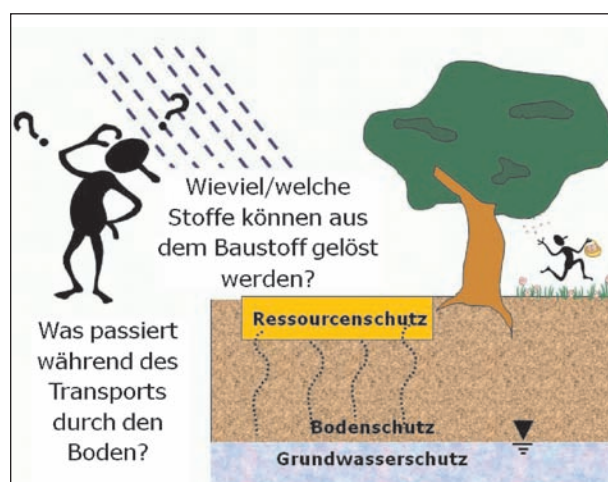
für den Straßenbau enthalten sind. Da sich der Text der Verordnung voraussichtlich noch ändern wird, wird davon abgesehen, diesen zu zitieren. Stattdessen wird darauf eingegangen, welche Hintergründe, Bewertungskonzepte u. Ä. der Verordnung zugrunde liegen. Bereits der Titel der Verordnung zeigt, dass der Begriff „Abfall“ vermieden werden soll. Durch die Verordnung sollen die Anforderungen des Boden-, Wasser- und Ressourcenschutzes auf die von der Verordnung geregelten „Ersatzbaustoffe“ übertragen werden.

## 2.2 Zu klärende Fragen

Beim Einsatz eines Ersatzbaustoffes in einem technischen Bauwerk sind zwei zentrale Fragen von Bedeutung:

- Welche Menge welcher (Schad-)Stoffe kann aus dem Baustoff gelöst werden?
- Welchen Prozessen unterliegen gelöste Stoffe bei der Bodenpassage?

Diese Fragen sind im Bereich des Bodenschutzrechts im Rahmen der nach BBodSchV durchzuführenden Sickerwasserprognose von zentraler Bedeutung. Im September 1999 wurde daher der BMBF-Förderschwerpunkt „Sickerwasserprognose“ bekannt gegeben. In einer ersten Stufe wurden 41 Projekte durchgeführt, die diese Fragen klären sollen, ergänzt durch einige weitere Folgeprojekte. Die Ergebnisse der Forschung sind zu Teilen wissenschaftliche Grundlage der Ersatzbaustoffverordnung.



**Bild 1:** Zentrale Fragen bei der Verwertung von Ersatzbaustoffen

## 2.3 Welche Menge welcher (Schad-)Stoffe kann aus dem Baustoff gelöst werden?

Die Frage „Welche Menge welcher (Schad-)Stoffe kann aus dem Baustoff gelöst werden?“ kann nicht pauschal beantwortet werden, da verschiedene Faktoren berücksichtigt werden müssen. Dies sind im Wesentlichen:

- Baustoffabhängigkeiten,
- Menge des Baustoffs (dünne oder dicke Schicht),
- Möglichkeiten des Zutritts von Wasser.

Eine notwendige Differenzierung wird in der Ersatzbaustoffverordnung durch folgende Vorgehensweise berücksichtigt:

- Es werden für jeden Ersatzbaustoff eigene Anforderungswerte (Materialwerte) festgelegt.
- Es wird überprüft, welche Funktion die Schicht im Bauwerk erfüllt, da hierdurch auf die Dicke der im Bauwerk zu realisierenden Schicht gefolgert werden kann.
- Es wird die Lage der Schicht im Bauwerk berücksichtigt, da hiervon die Zutrittmöglichkeiten von Wasser abhängen. Beispielsweise kann eine undurchlässige Schicht über dem eingebauten Ersatzbaustoff den Zutritt des Wassers zum Baustoff verhindern bzw. vermindern.

## 2.4 Welchen Prozessen unterliegen gelöste Stoffe bei der Bodenpassage?

Auch die Frage „Welchen Prozessen unterliegen gelöste Stoffe bei der Bodenpassage?“ kann nicht ohne weitere Differenzierung beantwortet werden, da hier Abhängigkeiten sowohl vom (Schad-)Stoff als auch vom Untergrund bestehen.

Daher liegen der Ersatzbaustoffverordnung verschiedenen Modellrechnungen zugrunde, die für unterschiedliche Schadstoffe durchgeführt wurden und Rückhalte- sowie Abbauprozesse in Abhängigkeit vom Untergrund berücksichtigen.

Diesen Modellrechnungen liegen folgende Rahmenbedingungen zugrunde:

- Als Länge der Transportstrecke für Rückhalte- sowie Abbauprozesse der Schadstoffe wird ein Meter angenommen.

- Die Filterkapazität des Bodens darf nur zu 50 % genutzt werden, um die Filterfunktion des Bodens zu erhalten.
- Aus Gründen der Vorsorge muss der Abstand zwischen Ersatzbaustoff und Grundwasser mindestens zwei Meter betragen.
- Für technische Bauwerke wird ein Betrachtungszeitraum von 200 Jahren angesetzt; die im Grundwasser ankommenden (Schad-)Stoffe müssen die durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser definierten Geringfügigkeitschwellen (GFS) in diesem Zeitraum einhalten, bei Salzen müssen nach vier Jahren die GFS eingehalten werden.
- Die Eingangsdaten für Schadstoffkonzentrationen werden am jeweiligen Ersatzbaustoff im Säulenversuch mit einem Wasser-Feststoffverhältnis von 2:1 ermittelt.

Grundsätzlich baut die Verordnung auf den im Grundwasser einzuhaltenden Geringfügigkeitschwellenwerten auf. Liegen im Grundwasser regional höhere Werte als die GFS vor, darf dies auf die Materialwerte der Ersatzbaustoffe angerechnet werden. In diesen Regionen dürfen dann entsprechend höhere Materialwerte angewendet werden, die durch eine Berechnung ermittelt werden müssen. Die direkte Übertragung der höheren Grundwasserwerte auf die Materialwerte ist nicht möglich.

### 2.5 Umsetzung

Die Umsetzung der in Kapitel 2.3 und 2.4 dargestellten Inhalte erfolgt zum einen durch eine Tabelle, die Materialwerte für die Baustoffe enthält. Zum anderen wird mit einer zweiten Tabelle für jeden Baustoff festgelegt, wo dieser eingesetzt werden darf.

Die Tabelle, die die Materialwerte enthält, ist vom Aufbau her vergleichbar mit der Tabelle in den TL Gestein-StB, Anhang D [10], für die „im Rahmen der Erstprüfung und der Güteüberwachung einzuhaltende Richt- und Grenzwerte für das Eluat“. Im Gegensatz zur TL Gestein-StB, die das modifizierte DEV-S4-Verfahren zur Herstellung des Eluates festlegt, wird in der Ersatzbaustoffverordnung hierzu der Säulenversuch gemäß der neu erarbeiteten E-DIN 19528 [11] gefordert. Der Versuchsaufbau ist in Bild 2 dargestellt. Der Eluent (deionisiertes Was-

ser) wird durch den in einer Säule eingebrachten Ersatzbaustoff gepumpt, wobei er die Säule von unten nach oben bis zu einem Wasser-Feststoffverhältnis von 2:1 durchspült.

In der Ersatzbaustoffverordnung sind auch Vorgaben zu Untersuchungspflichten sowie zur Probenahme und Analytik enthalten.

Ob und an welcher Stelle in einem technischen Bauwerk ein Ersatzbaustoff eingesetzt werden darf, ergibt sich aus einer weiteren Tabelle. Der schematische Aufbau dieser Tabelle ist in Bild 3 dargestellt. Für jeden Ersatzbaustoff ist eine eigene Tabelle vorhanden. In den Fällen, bei denen für einen Ersatzbaustoff verschiedene Materialwertklassen festgelegt wurden (z. B. RC-Baustoff, RC-1, RC-2 und RC-3), ist entsprechend für jede Klasse eine eigene Tabelle vorhanden.

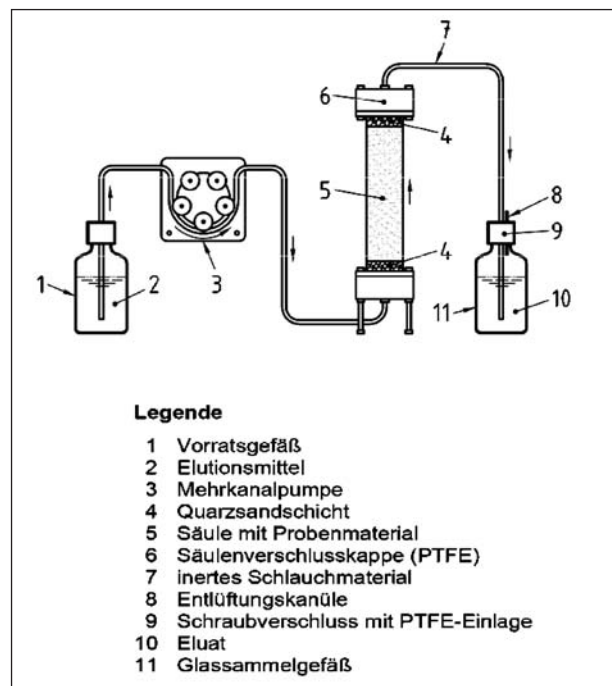


Bild 2: Darstellung des Säulenversuchs<sup>1</sup>

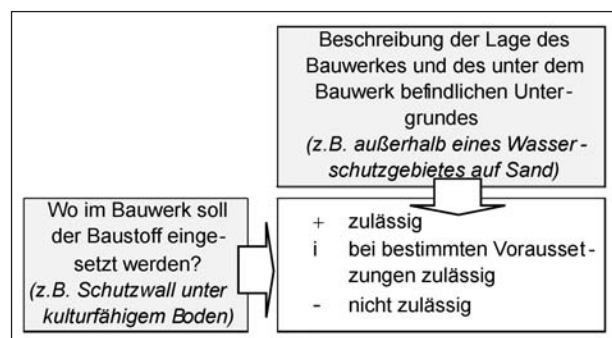


Bild 3: Schematischer Aufbau der Tabelle zu den Einsatzmöglichkeiten eines Ersatzbaustoffes

<sup>1</sup> Quelle: E DIN 19528:2007-07

### 3 Ausblick

Im November 2007 wurde der erste Entwurf der „Verordnung über den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken (Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV)“ veröffentlicht. Die Inhalte dieses Entwurfs werden von den Betroffenen kontrovers diskutiert (z. B. Umweltverwaltungen der Länder, Wirtschaftsverbände, Straßenbauverwaltung). Einigkeit herrscht weitgehend darüber, dass eine solche Verordnung benötigt wird. Hinsichtlich der konkreten Umsetzung existieren kontroverse Meinungen. Der erste Entwurf der Ersatzbaustoffverordnung hat daher zu einer Vielzahl von Stellungnahmen geführt. Im Mai 2008 wird bei einem BMU-Workshop Gelegenheit dazu gegeben, über verschiedene Aspekte der Verordnung zu diskutieren. Ebenso existieren Arbeitsgruppen, die einzelne Punkte der Verordnung überarbeiten. Die BAST arbeitet im Auftrag des BMVBS in der „Umwelt-Verkehrswege-Arbeitsgruppe Ersatzbaustoffe“ mit, die insbesondere straßenbauspezifische Begriffe und Bauwerksbesonderheiten als Hintergrund für die Modellierung eines Straßenbauwerkes erstellt. Vom BMU ist vorgesehen, nach dem Sommer 2008 einen weiteren Entwurf der Verordnung zu veröffentlichen, in dem die Kritiken, aber auch neu gewonnene Erkenntnisse Eingang finden sollen.

Es ist schwierig, durch eine Verordnung allen Betroffenen eine gleichermaßen zufrieden stellende Lösung zu bieten. Zu begrüßen ist aber bereits eine Verordnung, die praktisch umgesetzt werden kann und durch die die derzeit bestehenden Rechtsunsicherheiten beseitigt werden.

### Literatur

- 1 Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20 – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln; 4., erweiterte Auflage, Stand: 06.11.1997, Erich Schmidt Verlag
- 2 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG)), Datum: 17. März 1998, zuletzt geändert 9.12.2004
- 3 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), Datum: 12. Juli 1999, geändert 23.12.2004
- 4 „Grundsätze des vorsorgenden Grundwasserschutzes bei Abfallverwertung und Produkteinsatz (GAP-Papier)“, erarbeitet vom LAWA-Arbeitskreis „Grundwasserschutz bei Abfallverwertung und Produkteinsatz“ und vom ständigen Ausschuss der LAWA „Grundwasser und Wasserversorgung“, Hannover 2002
- 5 „Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser“, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) unter Vorsitz von Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Düsseldorf 2004
- 6 Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) – Mitteilung 20 – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Teil II: Technische Regeln für die Verwertung – 1.2 Bodenmaterial (TR Boden); Stand: 05.11.2004
- 7 Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) – Mitteilung 20 – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln – Teil I: Allgemeiner Teil, Stand 06.11.2003
- 8 Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) – Mitteilung 20 – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil III: Probenahme und Analytik, Stand: 05.11.2004
- 9 Verordnung zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, Arbeitsentwurf, Stand: 13.11.2007
- 10 Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, TL Gestein-StB, Ausgabe 2004, FGSV (Hrsg.)
- 11 E DIN 19528: 2007-07: „Elution von Feststoffen – Perkulationsverfahren zur gemeinsamen Untersuchung des Elutionsverhaltens von organischen und anorganischen Stoffen für Materialien mit einer Korngröße bis 32 mm – Grundlegende Charakterisierung mit einem ausführlichen Säulenversuch und Übereinstimmungsuntersuchung mit einem Säulenschnelltest“

Dipl.-Ing. (FH) Ehrenfried Jäschke  
Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg,  
Hoppegarten

## Kritische Anmerkungen zur Ersatzbaustoffverordnung aus Sicht des Landes Brandenburg

### 1 Gewachsene Ausgangslage

Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KRW-/AbfG) verlangt schon seit 1994 die Verwertung von Abfällen. Nun kann man über Definition und Abgrenzung des Abfallbegriffs unterschiedlicher Meinung sein. Tatsache ist, dass industrielle Nebenprodukte und Reststoffe schon seit langer Zeit und seit Existenz des vorgenannten Gesetzes in zunehmender Menge in Bauwerken verwertet werden.

Bei diesen bereits gebrauchten Baustoffen bzw. Baustoffen aus industriellen Nebenprodukten und Reststoffen handelt es sich immer um Stoffe, deren Umweltrelevanz und bautechnische Eignung bei der Verwendung gleichermaßen zu beachten sind. Die Problematik der Umweltrelevanz ist ressortübergreifend und dazu noch von politischer Brisanz.

Zurzeit werden aus dem umweltrelevanten Gesetzeswerk die Verwendungsvorschriften aus Sicht des Umweltschutzes für die einzelnen Stoffe hergeleitet. Diese sollen mit den bautechnischen Regeln vereint werden und damit den zutreffenden Teil des Straßenbauregelwerkes bilden. Die Verbände und Interessengemeinschaften (Industrieverbände, Umweltverbände) werden dabei einbezogen.

Dieses Einbeziehen wird aber von den Verbänden und Interessengemeinschaften nicht als Mitwirkung am Ganzen, sondern als Aufforderung zur Erstellung eigener Vorschriften verstanden. So werden, anstatt eine Übereinstimmung der umweltrelevanten Anforderungen zu erreichen, bautechnische Festlegungen von Umweltfachleuten getroffen, die nicht immer realitätsnah und wirtschaftlich umsetzbar sind.

Die verschiedenen mit Anfall und Verwertung der Stoffe befassten Ressorts in den Bundesländern wichten aus unterschiedlichen Gründen die Notwendigkeit der vielen einzelnen Regeln unterschiedlich.

Der Tribut an die föderalistische Struktur mit den daraus resultierenden Zuständigkeiten und die parallelen eigenständigen Regelungen ist daraus resultierend eine Kompromissfindung in den Ländern, die zu Unterschieden im Regelwerk führen muss.

Das anzuwendende Straßenbauregelwerk wird unter diesen Umständen notgedrungen von Sonder- und Einzelregelungen dominiert, eingerahmt vom allgemeingültigen Regelwerk.

Es steht immer unter herber Kritik von allen Seiten, die vor allem die Straßenbauverwaltungen der Länder trifft. Diese können aber gar nicht anders handeln.

### 2 Notwendiger und erfolgversprechender Ansatz

Die jetzt begonnene Arbeit an der Ersatzbaustoffverordnung als einheitlichem Regelwerk aller am Problem Beteiligten ist eindeutig ein wesentlicher Fortschritt, ungeachtet dessen, ob jedem der Titel gefällt oder nicht. Der Ansatz, das gesamte umweltrelevante Gesetzeswerk in allen Bundesländern gleich anzuwenden und damit erhebliche Unterschiede zwischen dem Straßenbau in den einzelnen Bundesländern bezogen auf die Baustoffbeschaffenheit und auf die Verarbeitung abzubauen, ist die einzig richtige Alternative zum jetzt bestehenden Zustand.

### 3 Gleichberechtigtes Zusammenwirken ist nötig

Dazu ist in den Umweltressorts zunächst Übereinstimmung zu den Anforderungen herzustellen.

Diese einheitlichen Umwelтанforderungen sind in einem Gremium, das übergreifend diese Umwelтанforderungen, die bautechnischen Anforderungen und die wirtschaftlichen Aspekte gleichberechtigt bewertet, zusammenzuführen.

Erst aus der Zusammenführung dieser berechtigten Interessen können die relevanten Teile des Straßenbauregelwerkes hergeleitet werden. Das muss dann wiederum durch ein Gremium des Straßenbaus auf Bundesebene erfolgen. Dieser Weg scheint jetzt eingeschlagen worden zu sein.

Der Erfolg ist aber nach dem bisher bekannten Stand noch nicht programmiert. Bei Betrachtung

des Arbeitsentwurfes werden Gefahrenpunkte für den Erfolg erkennbar.

#### **Einige Beispiele:**

Die Ausgewogenheit der Beteiligung der Sachgebiete im Umweltschutzbereich ist sicher nicht gegeben. Der Entwurf scheint sehr wasser- und bodenlastig. Im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz im § 10 (4) sind 6 Sachgebiete, die für das Gemeinwohl zu berücksichtigen sind, festgelegt. Unsere Erfahrungen in Brandenburg besagen, dass Boden und Wasser nicht allein wichtig sind.

Gemeinsame Anforderungen an Baustoffbeschaffenheit und Verwertung liegen mit dem Entwurf prinzipiell von der Umweltseite her vor. Dass die niedergelegten Formulierungen noch qualifiziert werden müssen, ist nicht zu übersehen.

Ein ressortübergreifendes Gremium zur Vereinigung der Anforderungen aus dem Umweltbereich, dem Verwertungsbereich, hier konkret aus dem Straßenbaubereich, und der Wirtschaft ist nachträglich gebildet worden und existiert jetzt. Im vorliegenden Arbeitsentwurf ist sein ursprüngliches Fehlen deutlich zu bemerken. Die bisherige Verfahrensweise und der jetzt vorliegende Inhalt deuten darüber hinaus auf Unklarheiten in der Begriffsbestimmung von „Federführung“ und „Alleingang“ hin.

Das Fehlen eines solchen Gremiums führte im Arbeitsentwurf dazu, dass in den Anhängen 2.2 und 2.3 bautechnische Zuordnungen erfolgen bzw. Bauweisen beschrieben werden, die in der dargestellten Weise stark fehlerbehaftet sind.

Bei Betrachtung eines Teils der Stellungnahmen aus dem Straßenbaubereich zum Arbeitsentwurf fällt aber auch auf, dass häufig auf Details von Schadstoffparametern und ihrer Prüfung eingegangen wird. Das sollte den Umweltschutzgremien und der Wirtschaft überlassen bleiben. Die Ergebnisse dieser Details müssen nur sicher und unkompliziert anwendbar sein. Auch die Tendenz, in der Verordnung die Möglichkeiten für viele Einzelentscheidungen einzubauen, ist vorhanden. Das sollten wir vermeiden, denn Einzelentscheidungen sind der Tod einheitlicher Regelungen.

Gegenwärtig arbeiten viele sehr fleißig am Problem, es ist aber gegen den Erfolg gerichtet, wenn diese Arbeit im Fachgebiet des anderen erfolgt.

## **4 Erfahrungen in Brandenburg**

Wir haben in Brandenburg seit 13 Jahren ein funktionierendes Regelwerk für die Herstellung, Prüfung und die Verwendung von Recyclingbaustoff aus Bauschuttrecycling, die Wiederverwendung pechhaltiger Straßenausbaustoffe und die Wiederverwendung von Ausbauphosphat im Straßenoberbau als Landesregelung. Weitere Stoffe, z. B. industriell hergestellte Gesteinskörnungen, können ohne weiteres assoziiert werden, weil der formale Ablauf für den Einschluss weiterer Stoffe in den BTR festgeschrieben ist. Wir haben jetzt einige Erfahrungen gesammelt, die wir zur Beachtung anbieten können.

Von Anfang an müssen sich alle beteiligten Partner als gleichberechtigt akzeptieren. Das geht nur, wenn auch alle eingebrachten Argumente und Anforderungen gleichwertig behandelt werden. Kompromissbereitschaft bei allen ist Bedingung.

Ein ressortübergreifendes Gremium ist erforderlich. Es muss keine feststehende Dauereinrichtung sein. Für die Ausarbeitung und alle nachfolgenden Überarbeitungen ist es aber erforderlich.

Der Federführende darf sich nicht als Entscheidungsinstanz verstehen und etablieren.

Dieses Gremium muss den Regelungsumfang nach dem objektiven Bedarf abstecken und seine Realisierung anstreben. Im vorliegenden Entwurf der Ersatzbaustoffverordnung ist auch notwendiger Regelungsbedarf noch nicht angefasst. Es werden z. B. Bankett bzw. Bankettschälgut oder die Abgrenzung Boden zu ungebundenen Oberbauschichten beim Ausbau, pechhaltige Ausbaustoffe, Schüttgutbewegungen auf der Baustelle usw. unklar behandelt. Hier existiert noch Erweiterungsbedarf.

Das ressortübergreifende Gremium muss auch die Pflege und eventuelle Erweiterungen vorausschauend vorbereiten.

Eine Abgrenzung zwischen den Partnern ist erforderlich. Jeder Partner bearbeitet die Fakten aus seiner fachlichen Zuständigkeit. In das Gesamtwerk eingepasst werden müssen diese durch das ressortübergreifende Gremium.

Alle aus der Regelung abzuleitenden Ergebnisse müssen eindeutig sein, am besten nach dem Ja/Nein-Prinzip beurteilbar. Einzelfallregelungen dürfen gar nicht als reguläres Mittel vorgesehen wer-

den. Alle Regelungen müssen durch alle Beteiligten, in diesem Fall der Ersatzbaustoffverordnung durch alle Straßenbauverwaltungen der Bundesländer, eindeutig anwendbar und erfüllbar sein.

Von besonderer Bedeutung ist die Gemeinsamkeit in der Güteüberwachung.

Über die Behandlung der bautechnischen und umweltrelevanten Parameter innerhalb der Güteüberwachung muss Übereinstimmung hergestellt werden. Es ist auch zu klären, welcher Partner die Güteüberwachung unter Kontrolle zu halten hat. Diese Problematik der gesicherten Güteüberwachung ist das Kernstück einer solchen Regelung. Unser Verfahren, alle einzelnen umweltrelevanten Parameter als einen Parameter der gesamten Güteüberwachung zusammenzufassen, hat sich bewährt. Das funktioniert nach unserer Erfahrung aber nur bei Anwendung eines rigorosen Ja/Nein-Prinzips in der Beurteilung.

In Brandenburg haben wir bisher durch die konsequente Anwendung der in den BTR festgelegten Güteüberwachung den Erhalt und die Anwendungsfähigkeit dieser Landesregelung trotz einiger schneller Änderungen auf dem Gebiet der umweltrelevanten Parameter gesichert.

## 5 Der Erfolg ist an der Praktikabilität der künftigen Regelung zu messen

Alle Regelungen müssen durch alle Beteiligten, in diesem Fall durch alle Straßenbauverwaltungen der Bundesländer, eindeutig anwendbar und erfüllbar sein.

Hier sehen wir im vorliegenden Arbeitsentwurf ein erhebliches Problem – unser Hauptproblem – im Inhalt des § 5 Absatz 4. Auf die Beschaffenheit der Deckschicht der Grundwasser leitenden Schichten wird die gesamte Anlage 2.2 aufgebaut. Es ist aber im ganzen Entwurf nirgends erwähnt, woher denn die Information über die Beschaffenheit der Grundwasserdeckschichten bundeseinheitlich zu entnehmen ist. Aus den Baugrundgutachten für den Straßenbau gehen die angetroffenen Bodenklassifizierungen nach DIN 18196 hervor. Das ist aber zu diesem Problem keine ausreichende Aussage. Die Bestimmung des Tongehaltes größer oder kleiner 2,5 M.-% ist bei der bautechnischen Klassifizierung kein Kriterium. Wenn die Klassifizierung nach DIN 18196 trotzdem als hinreichend

gelten soll, muss es in der Verordnung entsprechend festgelegt sein.

Die Anlage 2.1 des Arbeitsentwurfes erweckt den Anschein, dass mit ihrer Hilfe die notwendigen Aussagen zu den Grundwasserdeckschichten hergeleitet werden können. Dazu sind aber weitere Parameter, die nicht aus den Baugrundgutachten hervorgehen, heranzuziehen, wie z. B. pH-Wert und TOC. Die Anwendung dieser Anlage in der gegenwärtig vorliegenden Form würde es der Bauverwaltung in Brandenburg nicht ermöglichen, günstige Überdeckungsschichten herzuleiten. Das würde faktisch zum Ausschluss fast aller in der Verordnung genannten Baustoffe führen. Diese Anlage könnte aber nach entsprechender Qualifizierung zielführend sein. Dazu ist u. a. die „bodenkundliche Ansprache“ von Bodenarten mit günstigen Eigenschaften unter Verwendung von in den Baugrundgutachten vorhandenen, genormten Kriterien vorzusehen. Im Zusammenhang mit der geforderten „grundwasserfreien Sickerstrecke“ ist eindeutig zu klären, ob dabei Schichtenwasser zu berücksichtigen ist und ob Wiederholintervalle zu beachten sind.

Der § 5 Absatz 4 des Arbeitsentwurfes sieht das Problem der gegenwärtigen Formulierung offensichtlich voraus und verweist auf Festlegungen von nach Landesrecht autorisierten Behörden. Darunter fallen nach unserer Auffassung spezielle Karten. Uns steht Kartenmaterial im Maßstab 1:300.000 zum Rückhaltvermögen der Grundwasserüberdeckungsschicht zur Verfügung. Die Verwendung könnte schon vom Maßstab her allenfalls als Alibi, nicht aber als Arbeitsgrundlage bezeichnet werden. Falls so etwas gemeint ist, ist die Festlegung der zu verwendenden Karte für das Bundesgebiet notwendig.

Als weitere Variante sieht der § 5 Absatz 4 die Ermittlung der Bedingungen im Einzelfall vor. Das heißt: sehr viele hydrogeologische Einzelgutachten mit erheblichen zusätzlichen Kosten.

Eine Definition, die Ersatzbaustoffe ohne Berücksichtigung der Qualität der Grundwasserdeckschicht für Verwendungen in Oberbauschichten des Straßenbaus einzuordnen, würde ermöglichen, das Problem wenigstens für den Straßenoberbau zu entschärfen. Das müsste dann aber in der Verordnung geregelt sein. Das ist auch gleichzeitig unser Vorschlag.

Das Problem, dass diese Aussagen nicht aus vorhandenen Unterlagen abrufbar waren, führte zur

Nichteinführung der RuA-StB in Brandenburg. Es ist möglich, mit den Zuordnungswerteregelungen der LAGA dieses wesentliche und eventuell kostenintensive Problem zu umgehen. Wir führten deshalb die RuA-StB nicht ein und konnten weiter bauen. Bei einer Verordnung wird das nicht gehen, deshalb setzen wir darauf, dass man uns jetzt zuhört und reagiert.

Natürlich gibt es im Arbeitsentwurf noch viele weitere Fakten, die nach unserer Auffassung im Moment nicht richtig oder unzureichend einbezogen wurden. Uns geht es aber in erster Linie darum, dass endlich ein einheitliches und anwendbares Regelwerk, auch wenn es Verordnung heißen wird, geschaffen wird. Deshalb hier die Konzentration auf Fakten, die gegenwärtig aus unserer Erfahrung für Erfolg oder Nichterfolg wesentlich sind.

## **Diskussion**

### **Frage:**

Sie haben vorhin angesprochen, dass manchmal die Zuordnung von ausgebauten Tragschichten ohne Bindemittel Probleme bereitet. Das geht uns genau so. Wenn ein solcher Ausbaustoff untersucht werden muss, wäre der als Boden oder als RC-Baustoff zu untersuchen?

### **Herr Jäschke:**

In den BTR, die ich vorhin angesprochen habe, steht, dass alles zum Oberbau gehörige Material nach dem Ausbau als RC-Baustoff zu prüfen und zu beurteilen ist. Andere Ausbaustoffe, wie z. B. Schlacken, die auch in Schottertragschichten eingebaut werden, werden dann natürlich nach den Kriterien für Schlacken geprüft. Diese weichen nicht grundsätzlich von den Kriterien von RC-Baustoffen ab, sondern berücksichtigen nur zusätzliche oder auch, wie bei Schlacken, weniger Parameter.

### **Frage:**

Also wäre auch eine wie natürlicher Boden aussehende Kiestragschicht nach Ihren Regelungen als RC-Baustoff zu betrachten?

### **Herr Jäschke:**

Ja.

Dipl.-Ing. Monika Schleiter  
Landesbetrieb Straßenbau NRW,  
Betriebssitz Gelsenkirchen

## Erwartungen an die Ersatzbaustoffverordnung aus der Sicht des Landes NRW

### 1 Einleitung

Grundsätzlich wird die Erarbeitung der Ersatzbaustoffverordnung vom Landesbetrieb Straßenbau NRW befürwortet. Wir erhoffen uns ein Dokument, auf das wir uns künftig in unseren Bauverträgen beziehen können und das heute noch bestehende Regelungslücken schließt.

Um unsere Erwartungen an die Ersatzbaustoffverordnung nachvollziehen zu können, ist es hilfreich, zunächst die folgenden drei Fragen zu beantworten:

- Welche Regelungen haben wir heute in NRW?
- Was hat sich davon bewährt?
- Was fehlt heute noch?

Aus den Antworten zu diesen Fragestellungen ergeben sich dann die wesentlichen Erwartungen an die neue Verordnung.

#### 1.1 Welche Regelungen haben wir heute in NRW?

Die „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln“ [1] der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall können als allgemein bekannt angesehen werden. Diese Technischen Regeln, kurz „LAGA-M 20“, die nach der Veröffentlichung im November 1997 in einzelnen Teilen weiter fortgeschrieben wurden, enthalten Regelungen für die Verwertung von Boden, Recycling-Baustoffen, industriellen Nebenprodukten sowie pechhaltigem Straßenaufbruch.

Die „LAGA-M 20“ wurde jedoch in Nordrhein-Westfalen nicht eingeführt. Das bedeutet, dass der Landesbetrieb Straßenbau NRW die LAGA-M 20 nicht heranziehen kann, um zu entscheiden, ob eines der vorgenannten Materialien in einer Baumaßnahme, z. B. als Dammbaustoff, eingesetzt werden kann.

Auch die „Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau“ (RuA–StB 01) [2], die von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen herausgegeben wurden, sind in Nordrhein-Westfalen nicht anzuwenden.

Stattdessen gibt es in Nordrhein-Westfalen Regelungen, die von dem Umweltministerium und dem Verkehrsministerium des Landes gemeinsam erarbeitet wurden und als Gemeinsame Runderlasse [3] veröffentlicht wurden.

Bereits 1991 wurden diese Gemeinsamen Runderlasse in Nordrhein-Westfalen wirksam.

Mit ihnen wurden für Recycling-Baustoffe und namentlich genannte industrielle Nebenprodukte Voraussetzungen geschaffen, die eine umweltverträgliche Verwertung dieser Materialien ermöglichen. Bei der „2. Generation“ der Gemeinsamen Runderlasse im Jahre 2001 wurden weitere industrielle Nebenprodukte mit aufgenommen. Im Jahre 2004 wurde für einige Schlacken aus der Produktion von Nichteisen-Metallen, so genannten Metallhütten-schlacken, ebenfalls ein entsprechender Gemeinsamer Runderlass herausgegeben.

Der wesentliche Grundsatz der Gemeinsamen Runderlasse besteht darin, dass der öffentliche Straßenbaulastträger keine wasserrechtliche Erlaubnis für den Einsatz von Recycling-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten (im Weiteren kurz: Alternativbaustoffe) benötigt, wenn

- der Alternativbaustoff einer Güteüberwachung in Hinblick auf die umweltrelevanten Merkmale unterliegt und
- die wasserwirtschaftlichen, hydrogeologischen und hydrologischen Standortgegebenheiten des Einsatzgebietes beachtet werden.

Mit dieser Gewichtung sind die gemeinsamen Runderlasse die heutige Grundlage für die Bauverträge des Landesbetriebes NRW.

#### 1.2 Was hat sich von den Gemeinsamen Runderlassen bewährt?

Die gemeinsamen Runderlasse gelten für den Einsatz der namentlich genannten Alternativbaustoffe im Oberbau und auch im Unterbau.

Bereits seit 1991 wird folglich für diese Baustoffe auch bei der Verwendung im Erdbau eine regel-



mäßige Güteüberwachung insbesondere der umweltrelevanten Merkmale gefordert und durchgeführt. Dabei bedient man sich der aus dem Technischen Regelwerk für den Straßenbau bekannten Regularien. Für den Erdbau war diese Form der Qualitätssicherung neu.

Die Gemeinsamen Runderlasse enthalten Grenzwerte für umweltrelevante Merkmale, in den Erlassen als wasserwirtschaftliche Merkmale angesprochen. Für einzelne Stoffe gibt es maximal zwei Klassifizierungen, z. B. „RCL I“ und „RCL II“ für Recycling-Baustoffe mit unterschiedlichen Grenzwerten für die wasserwirtschaftlichen Merkmale.

Aus dem Technischen Regelwerk für den Straßenbau sind andere Klassifizierungen bekannt. Die TL Gestein-StB 04 [4] und vormals die TL Min-StB 2000 [5] legen z. B. für Recycling-Baustoffe drei Klassen in Abhängigkeit von den wasserwirtschaftlichen Merkmalen fest.

Diese unterschiedlichen Klassen und Bezeichnungen für einzelne Baustoffe haben in der Vergangenheit häufiger zu Problemen und Unklarheiten geführt.

Mit Hilfe von so genannten Verwertungstabellen (Bild 1) wird in den Gemeinsamen Runderlassen für jeden einzelnen benannten Baustoff dargestellt, ob

eine Verwendung unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (wasserwirtschaftliche, hydrogeologische und hydrologische Standortgegebenheiten) in einer bestimmten Schicht des Oberbaus oder aber im Unterbau zulässig ist. Auch wenn diese Verwertungstabellen auf den ersten Blick kompliziert und vielleicht verwirrend erscheinen, haben sie sich in der Anwendung ausgesprochen bewährt.

Für den Erdbau werden dabei Bauweisen vorgesehen, die sich im Wesentlichen als praxisgerecht und wirtschaftlich erwiesen haben.

### 1.3 Was fehlt heute noch?

Abgesehen von der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) [6] gibt es für die Verwertung von Boden in Nordrhein-Westfalen keine verbindlichen Vorgaben. Da die „LAGA-M 20“ in Nordrhein-Westfalen nicht gilt, ist der Einsatz von Boden mit Inhaltsstoffen, die eventuell schädliche Auswirkungen auf das Grundwasser und den anstehenden Boden haben könnten, mit einer Einzelfallbetrachtungen und damit Einzelfallentscheidung verbunden. Hierfür ist jeweils ein Abstimmungs- bzw. Genehmigungsverfahren mit der zuständigen Umweltbehörde erforderlich. Für Baumaßnahmen mit einem großen Bedarf an Zuliefermassen ist dies

| Anlage 1   |          |   |                    |  |                    |   |                    |   |   |                     |                    |                      |                    |  |                    |        |
|--|----------|---|--------------------|--|--------------------|---|--------------------|---|---|---------------------|--------------------|----------------------|--------------------|--|--------------------|--------|
| 120 Baustoff:  |          | Verwertungsgebiete  |                    |  |                    |   |                    |   |   |                     |                    |                      |                    |  |                    |        |
| Recycling-Baustoff (RCL I)   |          | Außerhalb   |                    | Innerhalb  |                    |   |                    |   |   |                     |                    |                      |                    |  |                    |        |
|  |          | wasserwirtschaftlich bedeutender u. empfindlicher sowie hydrogeologisch sensibler Gebiete (Spalten 2-7) |                    | wasserwirtschaftlich bedeutender und empfindlicher sowie hydrogeologisch sensibler Gebiete         |                    |   |                    |   |   |                     |                    |                      |                    |  |                    |        |
|  |          |   |                    | Porengrundwasserleiter und wenig durchlässige Kluffundwasserleiter ohne ausreichende Deckschichten |                    | gut durchlässige Kluffundwasserleiter einschl. Karstgrundwasserleiter ohne ausreichende Deckschichten |                    | 20 m breite Randstreifen an kleinen Gewässern; Hochwasser-Retentionsräume |   | WSG III B<br>HSG IV |                    | WSG III A<br>HSG III |                    | Bereich zum Schutz der Gewässer nach Landesplanungsrecht |                    |        |
| S<br>T<br>R<br>A<br>ß<br>E<br>N<br>O<br>B<br>E<br>R<br>B<br>A<br>U | Ifd. Nr. | Einsatz   | 1                  |  | 2                  |   | 3                  |   | 4 |                     | 5                  |                      | 6                  |  | 7                  |        |
|  |          |   | GW ≤ 1<br>GW > 0,1 | GW > 1   | GW ≤ 1<br>GW > 0,1 | GW > 1  | GW ≤ 1<br>GW > 0,1 | GW > 1  |   |                     | GW ≤ 1<br>GW > 0,1 | GW > 1               | GW ≤ 1<br>GW > 0,1 | GW > 1   | GW ≤ 1<br>GW > 0,1 | GW > 1 |
| A<br>B<br>E<br>R<br>E<br>I<br>C<br>H<br>T                          | 1        | ToB unter wasserundurchlässiger Deckschicht (Asphalt, Beton, Pflaster mit abgedichteten Fugen)          | +                  | +  | +                  | +   | +                  | +   | + | +                   | +                  | +                    | -                  | -  | -                  | -      |
|  | 2        | ToB unter teildurchlässiger Deckschicht (Pflaster, Platten)   | +                  | +  | H                  | +   | H                  | +   | + | -                   | H                  | -                    | -                  | -  | -                  | -      |
|  | 3        | ToB unter wasserundurchlässiger Deckschicht (Rasengittersteine, Deckschicht ohne Bindemittel)           | -                  | +  | -                  | +   | -                  | -   | - | -                   | -                  | -                    | -                  | -  | -                  | -      |
|  | 4        | Tragschicht bitumengebunden   | +                  | +  | +                  | +   | +                  | +   | + | +                   | +                  | +                    | +                  | +  | +                  | +      |
|  | 5        | Tragschicht hydraul. gebunden   | +                  | +  | +                  | +   | +                  | +   | + | +                   | +                  | -                    | +                  | -  | +                  |        |
|  | 6        | Decke bitumen- oder hydraul. gebunden   | +                  | +  | +                  | +   | +                  | +   | + | +                   | +                  | +                    | +                  | +  | +                  | +      |
|  | 7        | Deckschicht ohne Bindemittel  | K                  | K  | -                  | -   | -                  | -   | - | -                   | -                  | -                    | -                  | -  | -                  | -      |
|  | 8        | Einsatz Ifd. Nr. 1,4,5,6 in Straßen mit Entwässerungsrinnen   | +                  | +  | +                  | +   | +                  | +   | + | +                   | +                  | +                    | D                  | D  | D                  | D      |
| E<br>R<br>D<br>B<br>A<br>U   | 9        | Unterbau unter Asphalt oder Beton (einschl. Fundament-/Bodenplatten)                                    | +                  | +  | +                  | +   | +                  | +   | - | +                   | +                  | -                    | ⊕                  | -  | ⊕                  |        |
|  | 10       | Unterbau bis 1 m mit kulturf. B.  | +                  | +  | +                  | +   | -                  | +   | - | -                   | -                  | -                    | -                  | -  | -                  |        |
|  | 11       | Damm gemäß Bild 1   | +                  | +  | +                  | +   | +                  | +   | - | -                   | +                  | -                    | -                  | -  | -                  |        |
|  | 12       | Damm gemäß Bild 2   | +                  | +  | +                  | +   | +                  | +   | - | -                   | +                  | +                    | -                  | +  | -                  | +      |
|  | 13       | Damm gemäß Bild 3   | +                  | +  | +                  | +   | +                  | +   | - | -                   | +                  | +                    | -                  | -  | -                  | -      |
|  | 14       | Lärmschutzwall mit kulturf. B.  | A                  | +  | -                  | -   | -                  | -   | - | -                   | -                  | -                    | -                  | -  | -                  | -      |
|  | 15       | Lärmschutzwall gem. Bild 4 od. 5  | +                  | +  | +                  | +   | -                  | +   | - | -                   | +                  | -                    | -                  | -  | -                  | -      |

Bild 1: Verwertungstabelle für Recycling-Baustoff RCL I [3]

im Vorfeld machbar und sinnvoll. In anderen Fällen ist solch ein Abstimmungsprozess jedoch wenig effektiv.

## 2 Erwartungen an die Ersatzbaustoffverordnung

Nach mehr als 16 Jahren Erfahrungen in der Anwendung der nordrhein-westfälischen Gemeinsamen Runderlasse erwartet der Landesbetrieb Straßenbau NRW von der Ersatzbaustoffverordnung, dass sie

- künftig als Entscheidungsgrundlage dient und Abstimmungs- bzw. Genehmigungsverfahren entbehrlich macht. Dies entspricht der heutigen Handlungsweise in NRW,
- das Grundprinzip der Gemeinsamen Runderlasse NRW beibehält, was im Wesentlichen aus der geforderten Güteüberwachung und Verwertungstabellen besteht,
- durch die Vereinheitlichung der Grenzwerte zu mehr Klarheit führt,
- neben Recycling-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten auch den großen Bereich „Boden“ regelt,
- die Abgrenzung zu den Vorsorgewerten der BBodSchV klärt,
- eine deutliche Abgrenzung zu gefährlichen Abfällen herstellt, da in der Praxis häufig Diskussionen mit Vertragspartnern zu diesem Thema aufgetreten sind,
- mit den künftigen Regelwerken des Erdbaus [7] verträglich ist,
- auch als Beurteilungsgrundlage dient, wenn Überschussmassen aus eigenen Maßnahmen des Landesbetriebes von der Baustelle zu entfernen sind.

## 3 Stellungnahme zum Arbeitsentwurf der Ersatzbaustoffverordnung

Vieles von dem, was wir von der Ersatzbaustoffverordnung erwarten, ist in dem Arbeitsentwurf – Stand: 13.11.2007 – bereits zu finden.

In seiner Stellungnahme zu dem Arbeitsentwurf hat der Landesbetrieb Straßenbau NRW besonderes

Augenmerk auf verständliche Formulierungen und straßenbautechnisch eindeutige Begriffe gelegt. Da die Ersatzbaustoffverordnung in Zukunft als bauvertragliche Grundlage dienen soll, können Unklarheiten oder missverständliche Formulierungen zu erheblichen bauvertraglichen Problemen führen, verbunden mit Mehrkosten in Form von Nachträgen.

Auf Unstimmigkeiten in den Verwertungstabellen des Arbeitsentwurfes, aber auch auf offensichtliche Einschränkungen der heutigen Verwendungsmöglichkeiten bewährter Ersatzbaustoffe haben wir hingewiesen.

Die Stellungnahme des Landesbetriebes Straßenbau NRW enthält auch einen Vorschlag für die Verwertungstabellen mit einer geänderten Reihenfolge der Schichten, verbunden mit einer Unterteilung nach Oberbau und Unterbau. Dieser Vorschlag wurde erarbeitet, um die Tabellen übersichtlicher zu gestalten und die Lesbarkeit zu erleichtern. Es werden ja gerade Kollegen aus dem Bereich des Straßenbaus sein, die künftig mit diesen Tabellen arbeiten sollen.

## Literatur

- [1] Mitteilungen 20 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln. Stand: 6. November 1997, Erich Schmidt Verlag
- [2] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau, RuA – StB 01, Ausgabe 2001
- [3] Ministerialblatt NRW Jahrgang 2001, Nr. 75, 76, 77 und 78, Ministerialblatt NRW Jahrgang 2004, Nr 36
- [4] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, TL Gestein-StB 04, Ausgabe 2004
- [5] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau (Gesteinskörnungen und Werksteine im Straßenbau), TL Min-StB 2000, Ausgabe 2000

[6] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, BBodSchV, 12. Juli 1999, geändert 23.12.2004

[7] In Bearbeitung (Entwurfsstand Mai 2007):

- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (Ausgabe 2007)
- Technische Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe für den Erdbau im Straßenbau (Ausgabe 2007)
- Merkblatt über Technische Sicherungsmaßnahmen bei Böden und Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen im Erdbau
- Teil 1: Behandlung mit Bindemittel (Ausgabe 2007)
- Teil 2: Bauweisen (Ausgabe 2007)

## Diskussion

### Frage:

In Ihren Verwertungstafeln waren auch Tragschichten ohne Bindemittel, unterschieden nach der Befestigung, z. B. wasserdurchlässige, wenig wasserdurchlässige oder Asphaltdecken, enthalten.

Aber die Tragschicht ohne Bindemittel ist ja breiter als die Befestigung selber, d. h., sie ragt in den Bankettbereich hinein. Wie wird dies beurteilt? Wird dort ein anderer Stoff eingebaut, gilt die schwächere Überdeckung im Bankettbereich oder existiert eine andere Unterscheidung?

### Frau Schleiter:

Der Bankettbereich wird nicht gesondert betrachtet. Der Großteil der Frostschuttschicht ist ja über die Fahrbahnbefestigung abgedeckt. Im Bankettbereich haben wir entweder den begrenzten Bereich mit Abschrägung im Randbereich oder auch das Herausführen der so genannten „Zunge“ des Tragschichtbereiches. Darauf folgt ja noch immer das Material des Bankettes zur Abdeckung, sodass dieser Bereich begrenzt ist und für die Gesamtbetrachtung nicht weiter herangezogen wird.

### Herr Hillmann:

Wir sind jetzt zum ersten Mal konstruktiv mit der Umweltverwaltung im Gespräch. Die Umweltverwaltung wird teilweise von Seiten Ihrer Kollegen aus den Ländern angegangen, weil Sie die Vorsor-

ge nicht genügend berücksichtigt, wie Frau Marks schon in ihrem Vortrag erwähnt hat. Auch von den Herstellern wird sie angegangen, weil zu viel Vorsorge betrieben würde. Vor diesem Hintergrund hat sich die Umweltverwaltung die Straßenbauer als Partner ausgesucht. Zurzeit wird die Gründung einer Arbeitsgruppe geplant, die sich aus Vertretern der Ressorts Verkehr, hauptsächlich Straße, aber auch Eisenbahn und Wasserstraßen, und Umwelt zusammensetzt. Basis ist, dass die Grundsätze des ersten Arbeitsentwurfes akzeptiert werden. Ziel ist die Schaffung einer Vereinheitlichung und von Rechtssicherheit. Das erscheint uns als möglicher Weg, aber es gibt einzelne Fragen zu klären. Eine Frage ist gerade angesprochen worden: Wie beurteile ich den Ersatzbaustoff unterhalb des Bankettes, von den Umweltfachleuten „Zwickelbereich“ genannt. Von der Umweltseite wird in deren Modellannahmen von einer 10 m breiten Straße ausgegangen. Die Frage ist, ob dies wirklich der Median über alle Straßennetze ist. Es ist von Bedeutung, wie viel wirklich durch das Bankett sickert. Zurzeit ist es so, dass z. B. Baustoffe, die bisher in allen Ländern verwertet werden können, wie industrielle Nebenprodukte und bestimmte Schlacken, nach diesen Neuregelungen nicht mehr verwendet werden dürften, weil der Durchgang großer Wassermengen durch das Bankett angenommen wird. Wir müssen also insgesamt das Modell, das dahinter steht, überprüfen, denn das Modell sieht einen Straßendamm vor, der z. B. im Unterbau aus Kiesmaterial besteht. Dieser ist natürlich sehr wasserdurchlässig, die Bauweise ist jedoch nicht die Regel. Ich nehme an, dass zu 70 % in Deutschland bindiges, also schwach durchlässiges Material natürlich ansteht. Hier haben wir zwischen der Frostschuttschicht und dem Unterbau oder dem Untergrund eine große Durchlässigkeitsdifferenz. Das heißt, das Wasser, das von der Straße tatsächlich bis zur Frostschuttschicht durchsickert, seitlich wieder ausfließt, also den darunter liegenden Ersatzbaustoff gar nicht erreicht. Es sind viele Punkte, die wir jetzt in dieser Arbeitsgruppe klären wollen. Zur Rückkopplung sind uns bekannte Leute aus dem Straßenbau und der Umweltseite der Länder dazu geladen worden, die die Problematik aus der Verwaltungspraxis betrachten, z. B. Frau Schleiter und ihr Kollege Herr Becker und von der Umweltseite Herr Dr. Nonte aus Rheinland-Pfalz oder Herr Dr. Schumann aus Sachsen-Anhalt. In diesem Kreis BMU, BMVBS mit UBA und BAST und unterstützt durch die Länder wollen wir diese Fragen konkret angehen. Im zweiten Arbeitsentwurf

wird einiges anders aussehen. Man muss z. B. die Tabellen vereinfachen. Wir haben jede Menge Baustellen vor uns, aber wir gehen sie gemeinsam an. Das, was Sie, Herr Jäschke, eingefordert haben, Gleichwertigkeit auf Augenhöhe, haben wir zumindest mit dem BMU und dem UBA erreicht, mit den Länderumweltverwaltungen leider immer noch nicht, glaube ich.

Dipl.-Geogr. Gerd Dahmen  
Landesbetrieb Straßenbau NRW,  
Betriebssitz Gelsenkirchen

Dr. Birgit Kocher  
Bundesanstalt für Straßenwesen,  
Bergisch Gladbach

Dr. Karl-Gustav Kukoschke  
Niedersächsische Landesbehörde für  
Straßenbau und Verkehr, Hannover

## Umgang mit Bankettmaterial vor dem Hintergrund des aktuellen Abfall- und Bodenschutzrechtes

### 1 Mengen und Kosten

Die unbefestigten Seitenstreifen von Straßen wachsen im Laufe der Zeit durch Vegetation und Abriebmaterial hoch und müssen abgefräst oder geschält werden, da sonst der Wasserabfluss von der Fahrbahn behindert wird. Bundesweit fallen so an allen klassifizierten Straßen jährlich ca. 2,3 Mio t Bankettmaterial an.

Das umgelagerte oder abgetragene Bankettmaterial besteht zu etwa 90 % aus mineralischer Substanz sowie aus Humus und Pflanzenresten. Es handelt es sich um oberbodenähnliches Material, das mit Schadstoffen aus dem Fahrzeugverkehr belastet ist. Meist sind das Schwermetalle, z. B. aus Reifen-, Brems-, Kupplungs-, und Fahrbahnabrieb, Verbrennungsrückstände aus Fahrzeugabgasen wie Mineralöle und PAK, außerdem zeitweise Tausalze aus dem Winterdienst.

Nach Auswertung einer umfassenden Erhebung über die im Straßenbetriebsdienst anfallenden Abfälle (BAST, 2004) verblieben von dem anfallenden Bankettmaterial im Jahre 2001 rund 50 % im Straßenseitenraum. Weitere relevante Entsorgungswege waren Boden- und Bauschuttdeponien sowie Flächen der Land- und Forstwirtschaft. Lediglich in 6 % der Fälle wurde Bankettmaterial auf Hausmülldeponien entsorgt. Insgesamt wurden in 2001 für die Entsorgung von Bankettmaterial klassifizierter Straßen 5 Mio. € ausgegeben.

Mit dem Inkrafttreten des BBodSchG und dem Auslaufen von Übergangsfristen im Abfall- und Deponierecht zeichnete sich ab, dass der bislang prakti-

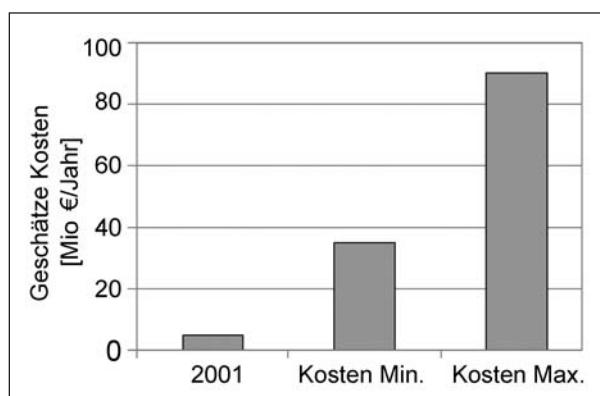


Bild 1: Entsorgungskosten für Bankettmaterial  
(nach KOCHER, B., 2007)

zierte Umgang mit dem Bankettmaterial nicht länger aufrechterhalten bleiben kann. Ein zunehmender Anteil muss extern entsorgt werden, wobei die Deponierungskosten wegen der erhöhten Anforderungen ebenfalls ansteigen. In der Untersuchung der BAST (2004) wurden die dadurch bedingten Mehrkosten für zwei Szenarien abgeschätzt (Bild 1). Ein Szenario geht davon aus, dass die Ermessensspielräume, die das Bodenschutzrecht bietet, genutzt werden und unter Beachtung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes ein bis zu 50 % umfassender Verbleib des Bankettmaterials im Seitenraum möglich ist. Danach würden unter Zugrundelegung der heutigen Entsorgungskosten Kosten in Höhe von rund 35 Mio. € anfallen. Beim zweiten Szenario wird davon ausgegangen, dass die strengen Vorsorgewerte aus dem Bodenschutzrecht grundsätzlich auch auf den Straßenseitenraum anzuwenden sind und danach 80 % des Bankettmaterials nicht mehr ohne Vorbehandlung verwertet werden kann, sondern entweder deponiert oder aufbereitet werden muss. Danach würden aktuell Entsorgungskosten von 90 Mio. € entstehen.

## 2 Rechtliche Rahmenbedingungen für den Umgang mit Bankettmaterial

### 2.1 Allgemeines

Nachfolgend werden die Rechtsvorschriften, die beim Umgang mit Bankettmaterial zu beachten sind, vorgestellt. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um das Bodenschutzrecht (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG und Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung – BBodSchV), das bei einer Verwertung und einem Verbleib von Bankettmaterial im Straßenseitenraum zu beach-

ten ist, und abfallrechtliche Regelungen (Abfallablagereverordnung – AbfAbIV, Deponieverordnung – DepV und Deponieverwertungsverordnung – DepVerwV), die die Anforderungen bei Entsorgung auf Deponien festlegen. Ebenfalls von Interesse ist die geplante Artikelverordnung zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der BBodSchV („Ersatzbaustoffverordnung“).

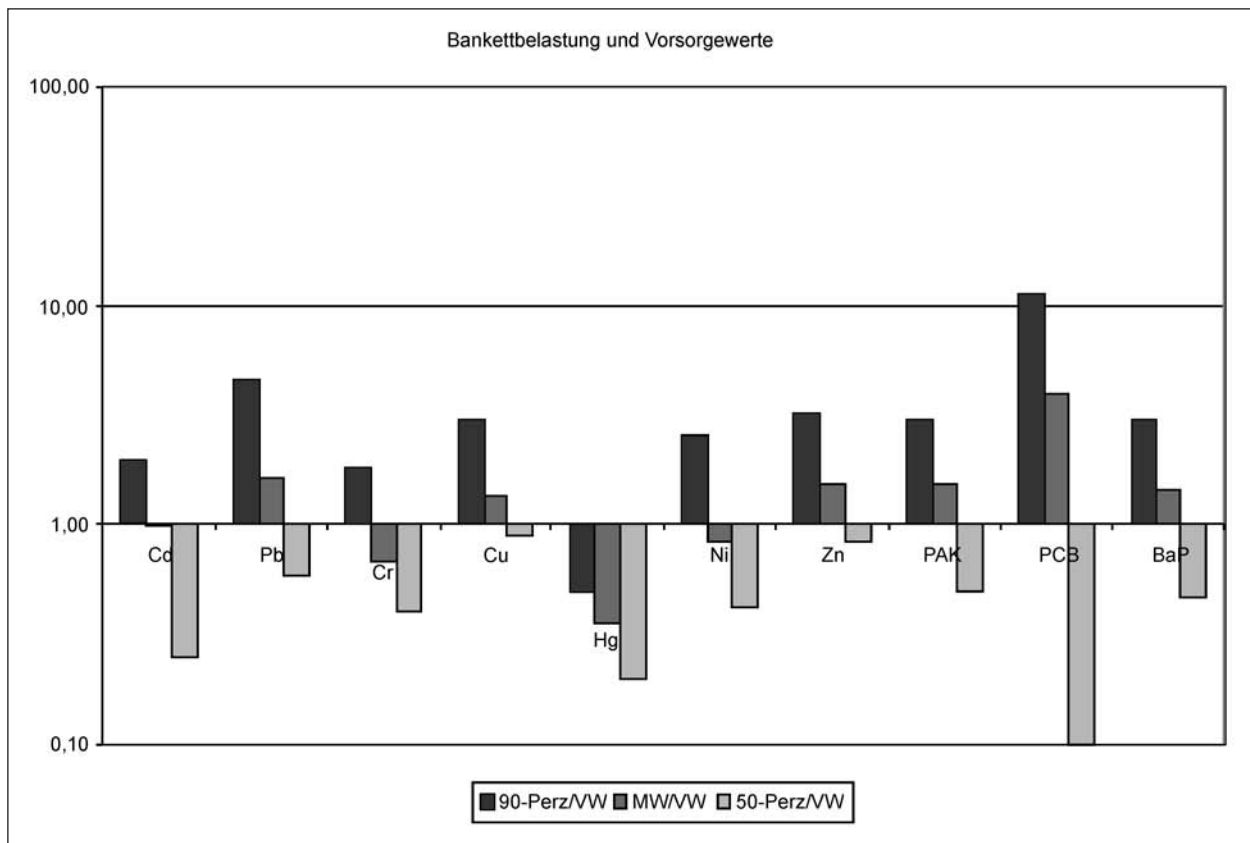
## 2.2 Bodenschutzrecht

Das Auf- oder Einbringen von Material auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht sowie das Herstellen einer durchwurzelbaren Bodenschicht werden im § 12 der BBodSchV behandelt. Eine zentrale Anforderung, die an die aufzubringenden Materialien gestellt wird, ist, dass durch das Aufbringen keine schädliche Bodenveränderung zu besorgen ist (§ 12 Abs. 2 BBodSchV). Nach § 9 BBodSchV ist das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung in der Regel zu besorgen, wenn die in der Verordnung festgelegten Vorsorgewerte überschritten werden.

Die Schadstoffbelastung von Bankettmaterial ist umfassend und aktuell von KOCHER, B. (2007) dokumentiert und ausgewertet worden. Vergleicht man die aus dieser Untersuchung abgeleiteten statistischen Kennwerte (Mittelwert, 50- und 90-Perzentil) mit den Vorsorgewerten (Bild 2), zeigt sich, dass Bankettmaterial in den Mittelwerten und den 90-Perzentilwerten relativ häufig die Vorsorgewerte überschreitet. Es zeigt sich aber auch, dass der 50-Perzentilwert regelmäßig unterhalb der Vorsorgewerte liegt, somit also zumindest 50 % der Werte die Vorsorgewerte einhalten.

Bei Anwendung der BBodSchV führt bereits die Überschreitung des Vorsorgewertes in einem Parameter zur Annahme der Besorgnis einer schädlichen Bodenverunreinigung. Die Anzahl der Bankettproben, die bei Betrachtung aller Parameter in einer Probe die Vorsorgewerte nicht überschreiten, liegt bei 20 %.

Eine Abweichung von dieser Anforderung ist zulässig, wenn in Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten Bodenmaterial innerhalb dieses Gebietes verlagert wird und dabei keine zusätzliche Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen erfolgt



**Bild 2:** Statistische Kenndaten der Bankettbelastung bezogen auf den Vorsorgewert (Bodenart Lehm)

und die Schadstoffsituation am Ort des Aufbringens nicht nachteilig verändert wird (§ 12 Abs. 10 BBodSchV). Allerdings müssen Gebiete mit erhöhten Schadstoffgehalten entweder von den Behörden ausgewiesen werden oder es ist der Behörde gegenüber nachzuweisen, dass die Inanspruchnahme der Ausnahmeregelung gerechtfertigt ist (LABO, 2002, S. 23). Eine generelle Freistellung des Straßenseitenraumes ist bisher nicht vorgesehen.

Eine weitere Ausnahme ist die Zwischenlagerung und Umlagerung von Bodenmaterial auf Grundstücken im Rahmen der Errichtung oder des Umbaus von baulichen und betrieblichen Anlagen, wenn das Bodenmaterial am Herkunftsort wiederverwendet wird (§ 12 Abs. 2 BBodSchV). Erhaltungsmaßnahmen wie das Schälen der Bankette sind hier jedoch bisher nicht genannt.

Generell unterliegt die Anwendung der Vorsorgepflichten des Bodenschutzes dem Verhältnismäßigkeitsgrundsatz. „Zur Erfüllung der Vorsorgepflichten sind Bodeneinwirkungen zu vermeiden oder zu vermindern, soweit dies auch im Hinblick auf den Zweck und die Nutzung des Grundstückes verhältnismäßig ist“ (§ 7 BBodSchG). In der Begründung zur BBodSchV wird dieser Grundsatz sogar ausdrücklich auf Verkehrswege bezogen. „So müssen z. B. bei Verkehrswegen bestimmte Schadstoffeinträge und -gehalte als unvermeidlich hingenommen werden, ohne dass eine Überschreitung von Vorsorgewerten entsprechende Minderungsmaßnahmen auslösen könnte“ (BBodSchV, Begründung, S. 41).

Ein Ermessensspielraum für Abweichungen von den Vorsorgewerten ist also vorhanden. In Gesprächen mit Vertretern der Umweltverwaltungen zeigt sich, dass dies nur in sehr genau festgelegten Fallkonstellationen zustimmungsfähig ist. Derzeit wird eine Richtlinie zum Umgang mit Bankettmaterial erarbeitet, in der Randbedingungen für einen Verbleib von Bankettmaterial im Straßenseitenraum festgelegt werden (siehe Kapitel 3).

### 2.3 Geplante Artikelverordnung zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der BBodSchV

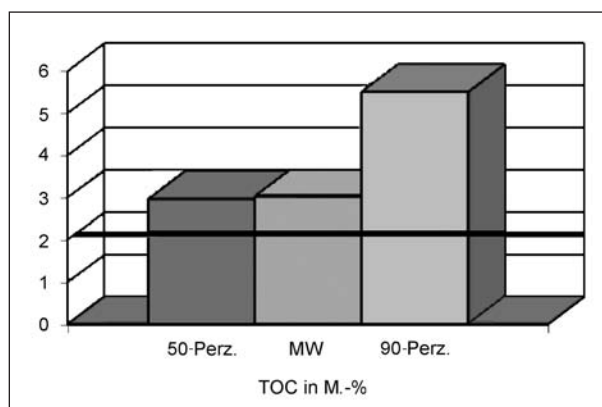
Die Verordnung liegt derzeit als Arbeitsentwurf vor. Mit dem Artikel 1 der Verordnung wird eine ErsatzbaustoffV eingeführt und mit dem Artikel 2 wird die BBodSchV geändert.

#### ErsatzbaustoffV

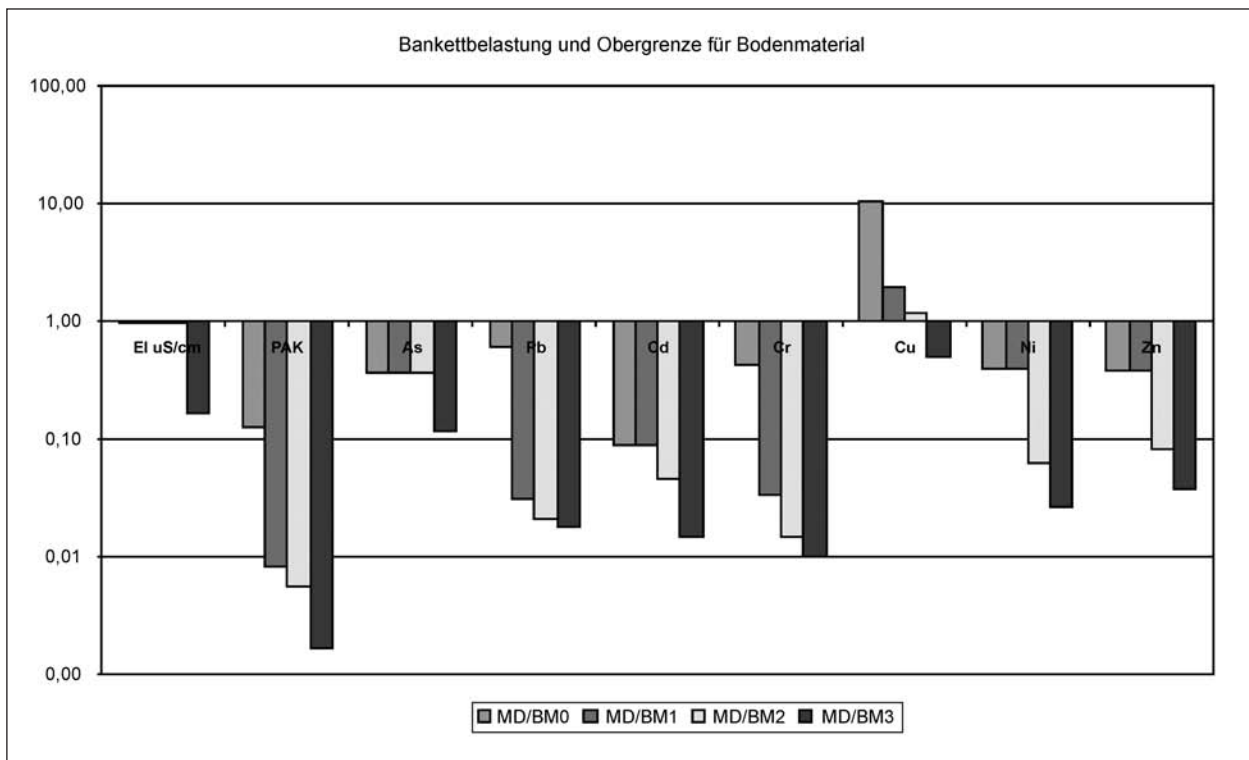
Bankettmaterial ist aufgrund seiner Zusammensetzung als „Bodenmaterial (BM)“ im Sinne dieser Verordnung anzusprechen. Abhängig vom Schadstoffgehalt muss eine Zuordnung in die Kategorien BM 0 bis BM 3 erfolgen. Wegen der Abgrenzung zu den Regelungen der BBodSchV behandelt die ErsatzbaustoffV ausschließlich Anwendungsbereiche außerhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht (Artikel 1 § 2 Abs. 3 Arbeitsentwurf). Deshalb wird der Gesamtkohlenstoffgehalt (TOC) in Bodenmaterial, das in den Anwendungsbereich der Verordnung fällt, auf maximal 2 Masse-% begrenzt. Ein Wert, der von Bankettmaterial ohne Vorbehandlung im Regelfall nicht eingehalten wird (Bild 3).

Allerdings zeigen Versuche der niedersächsischen Straßenbauverwaltung, dass mit relativ einfacher Aufbereitung (Einsatz eines Trommelsiebes) eine Abtrennung von Pflanzenmaterial und damit auch eine Reduzierung des TOC erreicht und die bautechnischen Eigenschaften von Bankettmaterial verbessert werden können (KUKOSCHKE, K.-G. et al., 2007). Zusätzlich sollte der Verordnungsentwurf um eine Regelung ergänzt werden, die natürliche Humusgehalte auch in höherer Menge zulässt. Dies könnte beispielsweise analog zur AbfAbIV über den Nachweis einer geringen Gasbildungsrate geschehen.

Die in der ErsatzbaustoffV festgesetzten Obergrenzen für Schadstoffe basieren auf einem neuen Messverfahren, dem Säulenschnelltest nach DIN 19528. Aus diesem Grund sind die meisten der vorliegenden Messwerte, die nach dem bislang üblichen Elutionsverfahren gewonnen wurden, nur bedingt zur Bewertung heranzuziehen. Im Rahmen



**Bild 3:** TOC-Gehalte von Bankettmaterial bezogen auf die Obergrenze der ErsatzbaustoffV (schwarze Linie: Obergrenze für TOC)



**Bild 4:** Statistische Kenndaten der Bankettbelastung bezogen auf die Obergrenzen für Bodenmaterial der ErsatzbaustoffV

der Untersuchung über den Schadstoffgehalt von Bankettmaterial (KOCHER, B., 2007) wurden auch 10 Bankettproben von stark befahrenen BAB und Bundesstraßen entsprechend dem neuen Verfahren untersucht. In Bild 4 sind die Medianwerte dieser Messreihe im Verhältnis zu den jeweiligen Obergrenzen der Bodenmaterialklassen BM 0 bis BM 3 dargestellt.

Es zeigt sich, dass Bankettmaterial hinsichtlich des Schadstoffinventars die relevanten Parameter weitgehend einhält. Die Abtrennung von Pflanzenbestandteilen und die dadurch bedingte Verminderung des TOC könnte also für Bankettmaterial Verwertungsmöglichkeiten im Rahmen der ErsatzbaustoffV eröffnen.

### Änderung der BBodSchV

Im vorliegenden Arbeitsentwurf wird der bereits oben beschriebene Ausnahmetatbestand für die Zwischenlagerung und Umlagerung im Rahmen baulicher und betrieblicher Maßnahmen um den Begriff der „Unterhaltung“ erweitert. Damit wäre diese Ausnahme ausdrücklich auch für die Reprofilierung der Bankette geöffnet. Die Einhaltung der Vorsorgewerte wäre für einen Verbleib des Materials im Seitenraum nicht mehr zwingend.

### 2.4 Abfallrechtliche Regelungen

Zum 01.06.2005 sind langjährige Übergangsregelungen, die die Ablagerung von biologisch abbaubaren Abfällen zugelassen haben, entfallen. Ab diesem Datum dürfen Abfälle, die bestimmte Obergrenzen für ihren organischen Gehalt überschreiten, nicht mehr ohne Vorbehandlung abgelagert werden. Für die Deponieklassen I und II legt die AbfAbfV hierzu Obergrenzen für Glühverlust bzw. den Gesamtkohlenstoffgehalt fest, die von Bankettmaterial nicht sicher eingehalten werden können. Allerdings ist eine Überschreitung dieser Werte zulässig, wenn nachgewiesen wird, dass die organischen Bestandteile im Abfall nicht zu einer erheblichen Deponiegasbildung führen und die biologische Abbaubarkeit unterhalb vorgegebener Grenzen liegt. Die Straßenbauverwaltung in NRW hat die Gasbildungsrate von Bankett untersuchen lassen (INFA, 2005). Aussagen zur biologischen Abbaubarkeit konnten aus bereits vorliegenden Untersuchungen abgeleitet werden. Es hat sich gezeigt, dass Bankettmaterial sämtliche Bedingungen einhält, die für eine zulässige Überschreitung des Organikanteils gestellt werden.

In Tabelle 1 ist die Deponierbarkeit von Bankettmaterial dargestellt. Ein Vergleich der 90 Perzentilwerte von Bankettuntersuchungen für die einzelnen



| Anforderung der AbfAbIV                      |               | Werte im Bankettmaterial  |                   |
|--|---------------|---|-------------------|
| Glühverlust für Dep. Kl. I:                  | ≤ 3 Gew. %    | Mittlerer Glühverlust der Bankettproben für Entgasungsversuch: 9,25 Gew. %  |                   |
| Glühverlust für Dep. Kl. II:                 | ≤ 5 Gew. %    |   |                   |
| TOC für Dep. Kl. I:                          | ≤ 1 Gew. %    | TOC Median:   | 2,94 Gew. %       |
| TOC für Dep. Kl. II:                         | ≤ 3 Gew. %    | TOC Mittelwert:   | 3,01 Gew. %       |
|  |               | TOC 90-Perzentil:   | 5,48 Gew. %       |
| Randbedingungen für zulässige Überschreitung |               |   |                   |
| DOC für Dep. Kl. I:                          | ≤ 50 mg/l     | DOC Maximalwert:  | 32 mg/l           |
| DOC für Dep. Kl. II:                         | ≤ 80 mg/l     | (KOCHER, B., 2007)  |                   |
| Atmungsverlust:<br>AT <sub>4</sub> -Wert:    | ≤ 5 mg/kg     | AT <sub>4</sub> -Maximalwert:   | 2,42 mg/kg        |
|  |               | (KOCHER, B., 2007)  |                   |
| Gasbildungsrate<br>GB <sub>21</sub> :        | ≤ 20 l/kg     | Aus Messungen ermittelter Bereich:<br>GB <sub>21</sub> :  | 0,9 bis 2,2 l/kg  |
|  |               | (INFA, 2005)  |                   |
| Brennwert:                                   | ≤ 6.000 kJ/kg | Brennwertbestimmungen im Rahmen eines Forschungsprojektes zur energetischen Nutzung von Abfällen aus dem Straßenbetriebsdienst:<br>Brennwert-Bereich: | 250 bis 540 kJ/kg |
|  |               | (Institut für Energie und Umwelt, 2006)   |                   |

Tab. 1: Deponierbarkeit von Bankettmaterial

Schadstoffe mit den sonstigen maximal zulässigen Obergrenzen für die Deponieklassen I und II zeigt keine unzulässige Überschreitung. Eine Ablagerung von Bankettmaterial ist also ohne vorherige Behandlung möglich.

Neben einer Ablagerung mit dem Ziel der Beseitigung eignet sich Bankettmaterial aber auch als Deponieersatzbaustoff. Auch in dieser Hinsicht liegt zwar im Regelfall eine Überschreitung der Parameter Glühverlust und TOC vor. Dennoch unterschreitet Bankettmaterial regelmäßig die ersatzweise zulässigen Grenzwerte für DOC, Atmungsverlust und Gasbildungsrate. Deswegen eignet es sich als Ersatzbaustoff in der Ausgleichsschicht bei der Abdeckung von Deponien der Klassen I und II. Bei Deponien der Klasse 0 muss durch Einzelfallprüfung eine Einhaltung der o. g. Grenzwerte nachgewiesen werden.

### 3 Richtlinienentwurf zum Umgang mit Bankettmaterial

#### 3.1 Allgemeines

Die rechtlichen Unsicherheiten beim Umgang mit Bankettmaterial, die prognostizierte deutliche Zunahme der Entsorgungskosten und neue wissenschaftlich Untersuchungen zu den Schadstoffgehal-

ten und ihrer Dynamik im straßennahen Bereich haben die Ad-hoc-Fachgruppe Betrieb der Straßenbauverwaltungen der Länder dazu veranlasst, einen Arbeitskreis mit der Erarbeitung einer Richtlinie zum Umgang mit Bankettmaterial zu beauftragen. Im Zuge der Erarbeitung wurden auch Gespräche mit den Länderarbeitsgemeinschaften Abfall, Boden und Wasser geführt.

Bei der Erarbeitung der Richtlinie wurde von folgenden Grundüberlegungen ausgegangen:

- Aufgrund der expositions- und nutzungsbedingten Vorbelastung des Straßenseitenraumes ist eine Abweichung von den strengen Vorsorgewerten bei einem Verbleib von Bankettmaterial im Straßenseitenraum unter Beachtung von bestimmten Randbedingungen zulässig.
- Das Bankett und der Oberboden der Böschungen erfüllen eine wichtige Funktion für den Rückhalt von Schadstoffen, die mindestens vergleichbar ist mit der Wirksamkeit anderer Reinigungsverfahren für Straßenabflusswasser und die auch nach jahrzehntelanger Nutzung nicht erschöpft ist (siehe z. B. KOCHER, B.; WESSOLEK, G., 2003; BOLLER et al. 2005). Neuere Forschungsergebnisse weisen sogar darauf hin, dass das u. a. aus den verschiedenen Abrieben (z. B. Fahrbahn, Reifen) erzeugte Sediment

trotz seines Schadstoffgehaltes diese Rückhalte- und Filterfunktion des Bankettes erhält und verbessert (KASTING, U.; GROTEHUSMANN, D., 2007). Die Rückhalteleistung für Schadstoffe im Straßenseitenraum wird also erhalten oder erhöht, wenn das eingetragene Straßensediment und das Bankettmaterial bei einer Reprofilierung im Straßenseitenraum verbleiben.

- Ziele der Richtlinie sind also die Vermeidung des Anfalls von Bankettmaterial, die Erhöhung des Anteils von ortsnaher Wiederverwendung und Verwertung sowie die ordnungsgemäße Entsorgung von Überschussmassen.
- Der Richtlinienentwurf beschreibt ein dreistufiges Vorgehen beim Umgang mit Bankettmaterial:
  - Eine ortsnaher Umlagerung mit dem Zweck der Reprofilierung und der Erhaltung der Filterleistung soll außerhalb von bestimmten Tabuzonen möglich sein. Aufgrund der Vorbelastung des Straßenseitenraumes wird dabei eine Abweichung von den strengen Vorsorgewerten des Bodenschutzrechtes für vertretbar gehalten.
  - Einbau von Bankettmaterial im Rahmen von Erdbaumaßnahmen innerhalb des Straßenbauwerkes, wobei die umweltbezogenen und bautechnischen Anforderungen des Straßenbauregelwerkes einzuhalten sind.
  - Abgabe an Dritte zur Entsorgung (Verwertung oder Beseitigung), wobei die dabei zu beachtenden gesetzlichen Vorgaben zusammenfassend dargestellt werden.

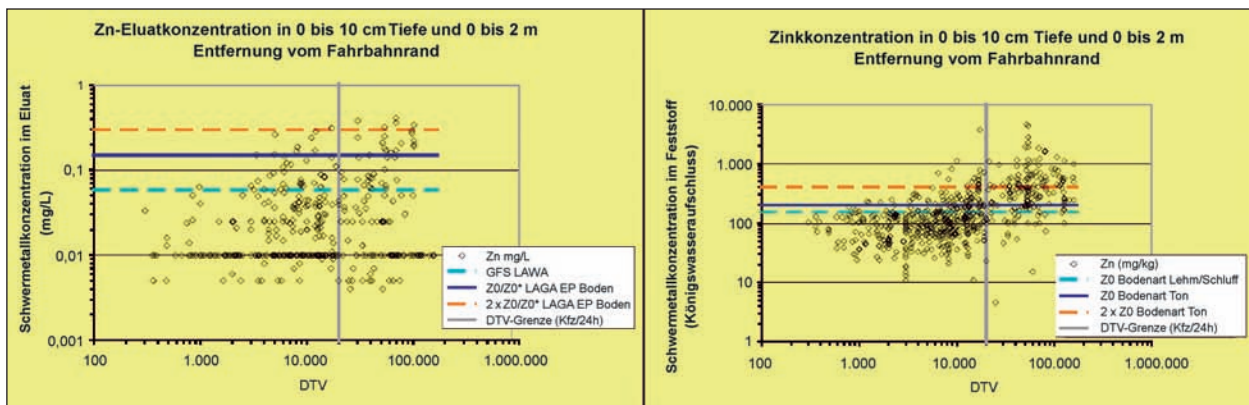
Außerdem enthält er Hinweise über die Zwischenlagerung, die Probenahme und den Umfang der Analytik.

### 3.2 Umlagerung von Bankettmaterial in dünnen Schichten innerhalb von Straßenbauwerken zum Zweck der Reprofilierung

Hierdurch soll erreicht werden, dass überall dort, wo im Seitenraum genügend Fläche zur Verfügung steht, das anfallende Bankettmaterial zur Wiederherstellung eines optimalen Seitenprofils verwendet und seine Rückhalte- und Filterfunktion weiterhin genutzt werden können.

Aus abfallrechtlichen Gründen muss die Umlagerung einen bestimmten Verwendungszweck erfüllen, da es sich sonst um eine illegale Abfallentsorgung handeln würde. Diese Voraussetzung ist im Straßenseitenraum durch die Rückhalte- und Filtereigenschaften von Bankettmaterial gegenüber Schadstoffen gegeben.

Aufgrund der Vorbelastung des Straßenseitenraumes und des hohen Rückhaltevolumens von Bankettmaterial wurde als zulässige Obergrenze für einen Verbleib im Seitenraum der doppelte Vorsorgewert der Bodenart Ton vorgesehen. Für Parameter, für die keine Vorsorgewerte festgelegt sind, wird der doppelte Z0-Wert der LAGA-M 20 zu Grunde gelegt. Bei Betrachtung der Auswertung der Schadstoffgehalte im Bankett in Abhängigkeit vom DTV zeigte sich für die verkehrsbedingten Schadstoffe, dass bei DTV-Werten bis maximal 20.000 Kfz/24 Stunden kaum Überschreitungen dieser Obergrenze auftreten (Bild 5, KOCHER, B., 2007). Außerdem zeigt eine Auswertung der Schadstoffgehalte in Abhängigkeit von der Fahrbahndistanz, dass der verkehrsbeeinflusste Bereich sich auf die ersten 5 m beschränkt.



**Bild 5:** Zinkgehalte im Bankettmaterial in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke (aus: Begründung zum Richtlinienentwurf nach KOCHER, B. (2007))

Vor diesem Hintergrund wurden die Randbedingungen für die Reprofilierung wie folgt festgelegt.

- Die Reprofilierung dient der Aufrechterhaltung einer ordnungsgemäßen Entwässerung und der Wiederherstellung und Erhaltung des Rückhaltevermögens gegenüber Schadstoffen.
- Der Umlagerungsort muss zum Straßenbauwerk gehören und darf vom äußeren Rand der Fahrbahn nicht mehr als 5 m entfernt sein. Aus Gründen der deutlich steigenden Transportkosten favorisieren die Straßenbauverwaltungen der Länder ohnehin eine ortsnahe Verwendung.
- Das Bankettmaterial wird in dünnen Schichten aufgebracht, wobei kleinräumig Mächtigkeiten von bis zu maximal 20 cm zulässig sind.
- Bei Straßen mit einem DTV  $\leq 20.000$  Kfz/24 Std. ist im Vorfeld keine Untersuchung erforderlich, bei Straßen mit einem DTV  $> 20.000$  Kfz/24 Std. ist durch eine Untersuchung nachzuweisen, dass die Obergrenze vom zweifachen Vorsorgewert der Bodenart Ton bzw. zweifachen Z0-Wert gemäß LAGA-M 20 eingehalten wird.
- Eine Umlagerung geringer Mengen ist innerhalb von Streckenabschnitten ähnlicher Verkehrsbelastung zulässig, wenn eine Umlagerung an Ort und Stelle nicht möglich ist, wobei die Umlagerung ortsnah zu erfolgen hat.
- Eine Umlagerung innerhalb der Zonen I und II von festgesetzten, vorläufig sichergestellten oder fachbehördlich geplanten Trink- oder Heilquellenschutzgebieten ist nicht zulässig.

### 3.3 Einbau von Bankettmaterial im Rahmen von Erdbaumaßnahmen innerhalb von Straßenbauwerken

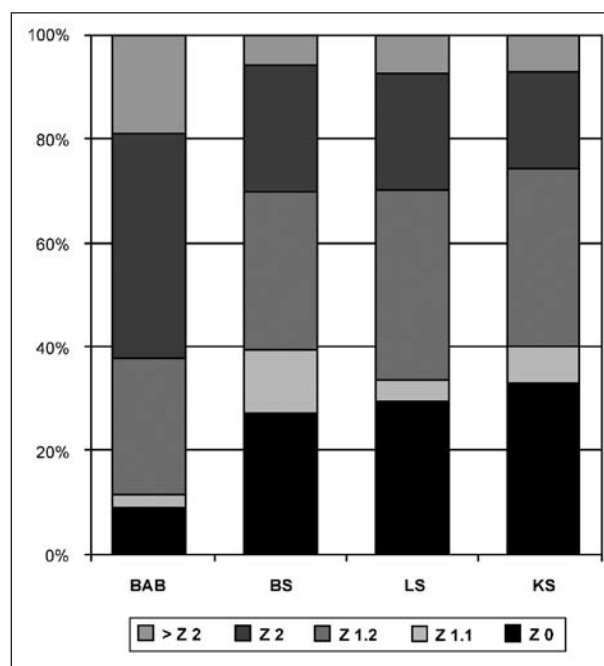
Hinsichtlich der Anforderungen bezüglich bautechnischer Eignung und Einhaltung von Umweltstandards werden keine spezifischen Kriterien abgeleitet, sondern es wird auf die vorhandenen bzw. geplanten Regelwerke, die für den Erdbau relevant sind, verwiesen. Dies bedeutet, dass Bankettmaterial grundsätzlich im Vorfeld analysiert und auf seine Eignung geprüft werden muss. Wie bereits unter Punkt 2.2 gezeigt, können durch einfache Vorbehandlungen eventuell störende Pflanzenreste im Bankettmaterial abgetrennt und so seine bautechnischen Eigenschaften verbessert werden.

Die Eignung von Bankettmaterial hinsichtlich der vorhandenen Schadstoffgehalte zeigt Bild 6. Dort

sind die Bankettproben aus den verschiedenen Straßenklassen den Einbauklassen nach den LAGA-M 20 (2004) zugeordnet worden. Über 70 % der untersuchten Proben aus dem nachgeordneten Netz liegen in der Einbauklasse Z 0 bzw. Z 1 und sind damit für den offenen Einbau ohne Sicherungsmaßnahmen geeignet. Bei den Proben aus dem BAB-Bereich erfüllen zumindest noch knapp 40 % der Proben diese Bedingung.

Der Einsatz von Bankettmaterial bei umfassenden Erdbaumaßnahmen setzt eine Lagerhaltung voraus, da Ort und Zeitpunkt von Baumaßnahme und Bankettbearbeitung meist nicht zusammenfallen. Sofern sich die Lagerfläche auf dem Gelände der Straßenbauverwaltung befindet, sind aufgrund des § 4 FStrG keine förmlichen Genehmigungen erforderlich. Gleichwohl sollte die konkrete Ausgestaltung der Lagerflächen mit den zuständigen Behörden abgestimmt werden. Hinsichtlich der technischen Anforderungen werden im Richtlinienentwurf folgende Anforderungen gestellt:

- Standort liegt außerhalb der Zonen I und II von Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebieten, bei Standorten innerhalb der Zone III sind die Anforderungen der Schutzgebietsverordnung zu berücksichtigen.
- Die Lagerfläche ist wasserundurchlässig, z. B. Asphaltbefestigung. Hierauf kann verzichtet



**Bild 6:** Zuordnung der Proben zu Z-Werten (LAGA-M 20, 2004) nach Straßenklassen; BAB = Autobahnen, BS = Bundesstraßen, LS = Landesstraßen, KS = Kreisstraßen (aus: KOCHER, B., 2007)

werden, wenn der Grundwasserflurabstand mehr als 2 m beträgt und der Standort hydrogeologisch gute Verhältnisse aufweist.

- Die Entwässerung erfolgt gemäß den Vorgaben der RAS-Ew (2005). Falls vorhanden, kann auch ein Schmutz- oder Mischwasserkanal genutzt werden.
- Der Standort ist ausreichend gegen das Betreten durch Unbefugte geschützt, z. B. durch eine Umzäunung.

### 3.4 Entsorgung von Überschussmaterial

Angesichts der dargestellten Eigenschaften von Bankettmaterial und der in Kapitel 1 dargestellten Entsorgungskosten sollte eine Abgabe erst dann erfolgen, wenn innerhalb des Straßenbauwerks keine Verwendungsmöglichkeit besteht.

Das Abfallrecht unterscheidet gefährliche und nicht gefährliche Abfälle, wobei an die Entsorgung der gefährlichen Abfälle hinsichtlich Überwachung und Nachweisführung strengere Anforderungen gestellt werden. Bankettmaterial gehört im Regelfall zu den nicht gefährlichen Abfällen und kann dem Abfallschlüssel „170504 Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 170503 fallen“ zuzuordnen sein, da die Gehalte an gefährlichen Stoffen nicht die Werte erreichen, die zur Einstufung in „170503\* Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten“ führen. Allerdings gibt es derzeit keine bundeseinheitliche Abgrenzungslisten für die Einstufung, sie unterliegt länderspezifischen Vorgaben.

Aus Gründen der Rechtssicherheit, aber auch um auf die konkreten Schadstoffgehalte hin angepasste Entsorgungsangebote zu erhalten, ist bei der Abgabe an Dritte immer im Vorfeld eine Analytik des Bankettmaterials vorzusehen.

Mit der Übergabe an Dritte bleibt die Straßenbauverwaltung grundsätzlich als Abfallerzeuger in der Verantwortung für eine ordnungsgemäße Entsorgung, unabhängig, ob das Bankettmaterial aufbereitet und einer Verwertung oder einer Beseitigung zugeführt wird (§§ 5, 11 KrW-AbfG). Bei der Vergabe ist also mit großer Sorgfalt die Zulässigkeit der angebotenen Entsorgungswege zu prüfen. Der Richtlinienentwurf gibt hierzu entsprechende Hinweise und gibt Beispiele für Ausschreibungstexte.

## 4 Fazit

Bundesweit fallen jährlich 2,3 Mio. t Bankettmaterial an, deren Verbleib vor dem Hintergrund boden- und abfallrechtlicher Vorschriften zunehmend Probleme bereitet.

Nach bodenrechtlichen Anforderungen sind beim Auf- und Einbringen von Material auf oder in durchwurzelbaren Bodenschichten grundsätzlich strenge Vorsorgewerte einzuhalten. Dies würde bedeuten, dass 80 % des Bankettmaterials nicht mehr ohne Vorbehandlung innerhalb des Straßenkörpers umgelagert oder verwertet werden kann. Aufgrund des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes im Bodenrecht besteht angesichts der Vorbelastung des Straßenseitenraumes hier jedoch ein Ermessensspielraum für mögliche Abweichungen von den strengen Anforderungen. In der geplanten Änderung der Bodenschutzverordnung ist die Erweiterung eines Ausnahmetatbestandes vorgesehen.

Der vorliegende Arbeitsentwurf der Ersatzbaustoffverordnung, die den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe in technische Bauwerke regelt, ist auf Bankettmaterial nicht anwendbar, da der Gehalt an organischer Substanz im Bankettmaterial zu groß ist. Erste Versuche haben jedoch gezeigt, dass eine Abtrennung von Pflanzenbestandteilen mit einfachen Mitteln möglich ist. Sofern Bankettmaterial nach Vorbehandlung die Obergrenze für organische Gehalte einhält bzw. eine Ausnahmeregelung für nicht zur Gasbildung neigende Humusanteile getroffen wird, ist es als Bodenmaterial im Sinne der Ersatzbaustoffverordnung einsetzbar und erfüllt hinsichtlich der Schadstoffgehalte die entsprechenden Anforderungen zu einem großen Anteil.

Auch im Abfallrecht werden für die Deponierung ab dem 1.6.2005 Obergrenzen für die organischen Gehalte von Abfällen verbindlich vorgeschrieben, die Bankettmaterial nicht sicher einhalten kann. Das Abfallrecht lässt jedoch Überschreitungen zu, wenn nachgewiesen wird, dass die organische Substanz weder zu Deponiegasbildung neigt noch biologisch schnell abbaubar ist. Für Bankettmaterial ist dieser Nachweis erbracht worden. Da auch die 90-Perzentilwerte von Bankettmaterial die Zuordnungswerte der Deponieklassen I und II einhalten, ist somit eine Deponierbarkeit gegeben.

Neuere Untersuchungen zeigen, dass Bankettmaterial und straßennahe Böden nicht nur erhöhten Schadstoffexpositionen ausgesetzt sind, sondern diese auch wirksam zurückhalten und somit eine

Filterfunktion haben. Neben den Humusbestandteilen sind dafür auch Abriebe von Fahrbahn und Reifen verantwortlich. Diese positiven Eigenschaften von Bankettmaterial sollten durch einen weitgehenden Verbleib des Materials im Straßenseitenraum erhalten bleiben.

Die Straßenbauverwaltungen der Länder und das BMVBS versuchen derzeit, den Umgang mit Bankettmaterial in einer Richtlinie zu regeln. Ziel ist dabei, den Anteil einer ortsnahen Wiederverwertung im Rahmen der Reprofilierung der Bankettbereiche oder die Verwertung innerhalb von Erdbaumaßnahmen im Straßenbau deutlich zu erhöhen.

Der Richtlinienentwurf beschreibt deshalb ein dreistufiges Vorgehen beim Umgang mit Bankettmaterial:

- Ortsnahe Umlagerung in dünnen Schichten zur Reprofilierung der Bankette und anschließenden Böschungen und weitgehenden Erhaltung der Filterfunktion.
- Einbau von Bankettmaterial, gegebenenfalls nach Vorbehandlung zur Verbesserung der bautechnischen Eigenschaften, bei Erdbaumaßnahmen im Straßenbau.
- Abgabe an Dritte zur Verwertung oder Beseitigung.

## Literatur

AbfAbIV, Abfallablagerungsverordnung in der Fassung vom 13.12.2006, BGBl. I, S. 2860

Arbeitsentwurf der Verordnung zur Regelung des Einbaus von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken und zur Änderung der Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung, Stand: 13.11.2007

BASt, Bundesanstalt für Straßenwesen (2004): Untersuchungen zur Abfallentsorgung an Bundesfernstraßen, Teil: Bankettschälgut, AP-Projekt Nr. 03653

BBodSchG, Bundes-Bodenschutzgesetz in der Fassung vom 9.12.2004, BGBl. I, S.3214

BBodSchV, Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung in der Fassung vom 23.12.2004, BGBl. I, S. 3758

BOLLER, M., KAUFMANN, P., OCHSENBEIN, U., STEINER, M., LANGBEIN, S., SCHEIWILLER,

E., BRACHER, M. (2005): Bankette bestehender Straßen. Forschungsauftrag VSS 2001/202 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), 51 S.

DepV, Deponieverordnung in der Fassung vom 13.12.2006, BGBl. I, S. 2860

DepVerwV, Deponieverwertungsverordnung in der Fassung vom 25.06.2005, BGBl. I, S. 2252

KASTING, U., GROTEHUSMANN, D. (2007): Bodenfilteranlagen zur Behandlung von Straßenabflüssen – Halbtechnische Bodenfilterversuche, Teil 2: Versuche zur Salzbelastbarkeit. KA – Abwasser, Abfall 54/8, 789-797

INFA, Institut für Abfall, Abwasser und Infrastrukturmanagement (2005): Untersuchungen zur Gasbildung von Bankettschälgut, Abschlussdokumentation, Ahlen

Institut für Energie und Umwelt (2006): Energetische Verwertung von Grünabfällen aus dem Straßenbetriebsdienst, Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 03.376/2004/LRB des BMVBS, Endbericht, Leipzig

KOCHER, B., WESSOLEK, G. (2003): Verlagerung straßenverkehrsbedingter Stoffe mit dem Sickerwasser. 99 S., Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 864, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abt. Straßenbau, Bonn

KOCHER, B. (2007): Schadstoffgehalte von Bankettmaterial – bundesweite Datenauswertung, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Verkehrstechnik, Heft V 167, 72 S., NW-Verlag, Bremerhaven

KOCHER, B., DAHMEN, G., KUKOSCHKE, K.-G. (2007): Verwendung von Bankettmaterial in Erdbauwerken, Vortrag auf der Erd- und Grundbautagung der FGSV am 07./08. März 2007 in Gießen

KrW-AbfG, Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen in der Fassung vom 19.07.2007, BGBl. I, S. 1462

KUKOSCHKE, K.-G., KOCHER, B., DAHMEN, G., BURMEIER, H. (2007): Verwertung und Entsorgung von Bankettschälgut. In: Altlasten Spektrum 5/07, S. 201-206

LABO, Länderarbeitsgemeinschaft Boden (2002):  
Vollzugshilfe zu § 12 BBodSchV

LAGA (2003): Mitteilung der Länderarbeitsgemein-  
schaft Abfall (LAGA) 20 – Anforderungen an die  
stoffliche Verwertung von mineralischen Abfä-  
llen – Technische Regeln – Allgemeiner Teil,  
Überarbeitung Endfassung vom 06.11.2003.

RAS-Ew, Richtlinien für die Anlage von Straßen,  
Teil Entwässerung, Ausgabe 2005, herausgege-  
ben von der Forschungsgesellschaft für Stra-  
ßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd-  
und Grundbau

## **Diskussion**

### **Herr Stemle:**

Mir ist nicht klar, was unter „Bankettmaterial“ zu ver-  
stehen ist. Ist das die ganze Schicht, oder wird un-  
terschieden zwischen der Humusschicht und dem,  
was darunter liegt?

### **Herr Dahmen:**

Wir verstehen unter „Bankettmaterial“ das, was bei  
der betrieblichen Unterhaltung abgeschält wird, um  
die Wasserleitfähigkeit wieder zu erreichen, d. h.  
die obersten 10 bis 20 cm.

### **Herr Stemle:**

Also praktisch nur das organische Material?

### **Herr Dahmen:**

Ja.

### **Herr Stemle:**

Aber von der organischen Seite her betrachtet ist  
dieses Material als Baustoff schlecht geeignet.

### **Herr Dahmen:**

Wir haben hier schon erhebliche mineralische An-  
teile, aber ich gebe Ihnen Recht: Die organischen  
Anteile machen uns noch erhebliche Probleme. Der  
Anwendungsbereich ist sicherlich begrenzt

## **Entwicklung von und Erfahrungen mit neuen Prüftechniken**

### **Referenten**

RDir Dipl.-Ing. R. Hillmann

Dipl.-Geol. U. Blume

RDir Dipl.-Ing. Roderich Hillmann  
Bundesanstalt für Straßenwesen,  
Bergisch Gladbach

## Entwicklung eines mittel-schweren Fallgewichtsgerätes

### 1 Veranlassung

Das Leichte Fallgewichtsgerät (LFG) zur Messung des dynamischen Verformungsmoduls  $E_{vd}$  [1] wird gerne und häufig zur Verdichtungskontrolle im Erdbau und auf ungebundenen Schichten sowie zur Tragfähigkeitsbestimmung auf dem Planum und auf Tragschichten eingesetzt. Die Beliebtheit des Leichten Fallgewichtsgerätes ist dadurch begründet, dass der dynamische Plattendruckversuch schnell und mit geringem Aufwand und damit wirtschaftlich durchführbar ist. Außerdem stehen die Prüfergebnisse sofort zur Verfügung. Im Hinblick auf den Einsatz zur Prüfung ungebundener Tragschichten wird dabei übersehen, dass mit dem Leichten Fallgewichtsgerät dynamische Verformungsmoduln nur bis  $E_{vd} = 70 \text{ MN/m}^2$  gemessen werden dürfen. Dieser Wert kann bei gut verdichteten Frostschutzschichten entsprechender Zusammensetzung überschritten werden, auch wenn der Anforderungswert an den statischen Verformungsmodul lediglich  $E_{v2} = 120 \text{ MN/m}^2$  beträgt. Die Begrenzung des Messbereichs auf  $E_{vd} \leq 70 \text{ MN/m}^2$  ist notwendig, da die zugehörige Einsenkung von 0,32 mm nicht ausreichend genau kalibrierbar ist.

Um die Vorteile dieses dynamischen Plattendruckversuchs auch bei der Prüfung von ungebundenen Tragschichten nutzen zu können, ist im Rahmen des Forschungsprogramms Straßenwesen ein Mittelschweres Fallgewichtsgerät entwickelt worden. Vorgabe dabei war, das Leichte Fallgewichtsgerät so zu modifizieren, dass bei den Schichtsteifigkeiten von Tragschichten ausreichend große Einsenkungen gemessen werden. Dazu sollten entweder die Belastungseinrichtung oder die Lastplatte des Leichten Fallgewichtsgerätes verändert werden.

Der Forschungsauftrag FE 05.138/2004/CGB „Dynamischer Plattendruckversuch mit einem Mittelschweren Fallgewichtsgerät“ ist von der Technischen Universität München, Lehrstuhl und Prüfamf für Grundbau, Bodenmechanik und Felsmechanik, in den Jahren 2005 bis 2007 durchgeführt worden.

Der Forschungsbericht ist in der Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“ des BMVBS 2008 veröffentlicht worden [2].

### 2 Leichtes Fallgewichtsgerät

Die Belastungsvorrichtung des Leichten Fallgewichtsgerätes nach TP BF-StB, Teil B 8.3 besteht aus dem Fallgewicht (Masse  $10 \text{ kg} \pm 0,1 \text{ kg}$ ), der Führungsstange (Masse  $5 \text{ kg} \pm 0,1 \text{ kg}$ ) und dem Federelement mit 17 Tellerfedern  $63 \text{ mm} \cdot 31 \text{ mm} \cdot 2,5 \text{ mm}$  ( $D_e \cdot D_i \cdot t$ ). Die Fallhöhe wird bei der Kalibrierung so eingestellt, dass die gefilterte Stoßkraft  $7,07 \text{ kN} \pm 0,07 \text{ kN}$  und die Stoßdauer  $17 \text{ ms} \pm 1,5 \text{ ms}$  betragen. Die Lastplatte mit einem Durchmesser von  $300 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$  und einer Dicke von  $20 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$  wiegt damit  $15 \text{ kg} \pm 0,25 \text{ kg}$ . In der Masse der Lastplatte enthalten ist auch die Masse der Setzungsmesseinrichtung. Die Standardabweichung der Setzungsmesseinrichtung muss  $\leq 0,02 \text{ mm}$  betragen.

Mit diesen Gerätekennwerten wird beim Stoß unter der Lastplatte eine maximale Normalspannung  $\sigma$  von  $0,10 \text{ MN/m}^2$  erzeugt. Der dynamische Verformungsmodul wird nach der Gleichung

$$E_{vd} = 1,5 \cdot r \cdot \sigma / s \quad (1)$$

berechnet. Darin bedeuten  $r$  den Radius der Lastplatte und  $s$  den Mittelwert der Setzungen aus drei Messstößen. Mit den festgelegten Werten für  $r$  [mm] und  $\sigma$  [ $\text{MN/m}^2$ ] lautet Gleichung (1)

$$E_{vd} = 1,5 \cdot 150 \cdot 0,10 / s \quad (2)$$

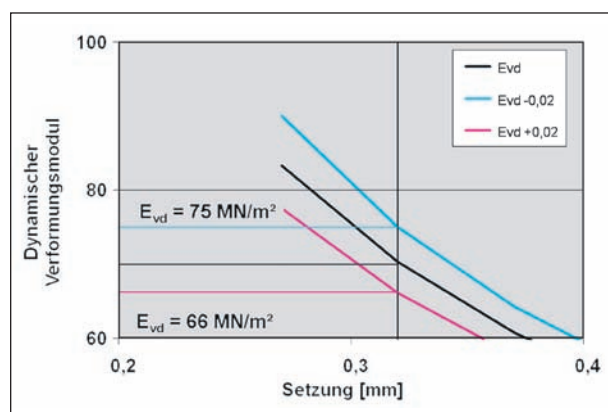
bzw.

$$E_{vd} = 22,5 / s \quad (3)$$

An der oberen zulässigen Grenze des  $E_{vd}$ -Wertes von  $70 \text{ MN/m}^2$  beträgt die Einsenkung rechnerisch ca. 0,32 mm. Unter Berücksichtigung der zulässigen Standardabweichung von 0,02 mm kann die tatsächliche Setzung zwischen 0,30 mm und 0,34 mm liegen. Nach Gleichung (3) betragen die  $E_{vd}$ -Werte dann  $75 \text{ MN/m}^2$  bzw.  $66 \text{ MN/m}^2$ . Die Kurvenverläufe des dynamischen Verformungsmoduls in Abhängigkeit von den Einsenkungen unter Berücksichtigung der zulässigen Standardabweichung der Setzungsmesseinrichtung sind in Bild 1 dargestellt.

Der dynamische Plattendruckversuch mit dem Leichten Fallgewichtsgerät nach TP BF-StB, Teil B 8.3 ist bei der o. g. Spanne der  $E_{vd}$ -Werte für bauvertragliche Prüfungen ungeeignet.





**Bild 1:** Dynamische Verformungsmoduln in Abhängigkeit von den Einsenkungen unter Berücksichtigung der zulässigen Standardabweichung der Setzungsmesseinrichtung

### 3 Vorgaben für die Weiterentwicklung des LFG für ungebundene Tragschichten

Die Weiterentwicklung des LFG zu einem dynamischen Plattendruckversuch für ungebundene Tragschichten erfordert die Erzeugung größerer Einsenkungen als mit dem LFG auf steiferen Unterlagen als im Erdbau. Dies ist nur realisierbar, wenn der Impuls des Gerätes erhöht wird. Vorgaben für die Weiterentwicklung waren:

- Beibehaltung des Prinzips der Setzungsmessung,
- keine weitere Erhöhung des Aufwandes für die Kalibrierung und
- Veränderung entweder der Belastungsvorrichtung oder der Lastplatte mit der Setzungsmesseinrichtung.

Für die Erhöhung des Impulses bestehen bei diesen Vorgaben fünf Möglichkeiten:

- Erhöhung der Masse des Fallgewichtes,
- Vergrößerung der Fallhöhe,
- Verkleinerung des Durchmessers der Lastplatte,
- Modifikation des Federelements oder
- Erhöhung der Aufprallgeschwindigkeit durch eine „vorgespannte“ Fallmasse.

Die Erhöhung der Masse des Fallgewichtes und die Vergrößerung der Fallhöhe sind zwar leicht möglich, aber wegen der Handhabbarkeit begrenzt. Da das Fallgewichtsgerät von Hand bedient werden soll, sollten die Masse des Fallgewichtes 15 kg und

die Fallhöhe 90 cm nicht überschreiten. Auch die Verkleinerung des Durchmessers der Lastplatte ist ohne großen Aufwand umsetzbar, würde aber zu einer Verringerung der Messtiefe führen. Abhängig vom Größtkorn des Bodens und dem Durchmesser der Lastplatte muss u. U. mit plastischen Verformungen beim Stoß gerechnet werden. Die Möglichkeit, den Impuls durch eine größere Aufprallgeschwindigkeit zu erreichen, ist direkt wieder verworfen worden, da die dazu erforderliche Vorspannkraft zusätzlichen Kalibrieraufwand erfordert und die Messunsicherheit vergrößert hätte.

Die geplanten Gerätemodifikationen wurden hinsichtlich ihrer Auswirkungen mit theoretischen Modellen rechnerisch erfasst. Mit dem Bettungsmodulverfahren wurden die Abhängigkeiten der Federsteifigkeiten von Fallgewichtsgerät und Boden bzw. Tragschicht bestimmt. Die Einflüsse des Plattendurchmessers und der mitschwingenden Bodenmasse auf den dynamischen Verformungsmodul wurden in einem „Konusmodell“ analysiert. Die Interaktion zwischen dynamisch angeregter Lastplatte und Unterlage wurde durch Bewegungsgleichungen beschrieben. Mit diesem Hintergrund wurden Untersuchungen mit den im Folgenden beschriebenen modifizierten Fallgewichtsgeräten durchgeführt.




## 4 Untersuchte Gerätemodifikationen

### 4.1 Belastungsvorrichtung




Für die Untersuchungen mit Modifikationen an der Belastungseinrichtung wurden Geräte mit 15 kg Fallgewicht und verstärkten Federelementen verwendet. Die Belastungseinrichtungen wurden von den Herstellern Magdeburger Prüfgerätebau GmbH (HMP), Magdeburg, und Mechanische Werkstätten Stendal (Zorn), Stendal, gebaut und zur Verfügung gestellt. Die Daten der untersuchten Fallgewichtsgeräte sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die Federsteifigkeiten wurden durch Wahl dickerer Tellerfedern so verändert, dass die Spannungen unter der Lastplatte des LFG mit 300 mm Durchmesser 0,15 MN/m<sup>2</sup> bzw. 0,20 MN/m<sup>2</sup> betragen. Die Faktoren in Gleichung (3) zur Berechnung des dynamischen Verformungsmoduls betragen damit 33,75 bzw. 45,0 anstatt 22,5. Die Fallhöhe lag in der Größenordnung der Fallhöhe des Leichten Fallgewichtsgerätes.

Die modifizierten Geräte und zum Vergleich das LFG wurden auf dem starren Fundament des Kali-

| Gerätesymbol  | Fallmasse [kg] | Federelement [mm]     | Fallhöhe [mm] | Stoßkraft [N] | Spannung [MN/m <sup>2</sup> ] | Faktor |
|---|----------------|-----------------------|---------------|---------------|-------------------------------|--------|
|  | 10 (LFG)       | 17 Stück<br>63·31·2,5 | 723           | 7.041         | 0,10                          | 22,5   |
|   | 10 (LFG)       | 17 Stück<br>63·31·2,5 | 697           | 7.109         | 0,10                          | 22,5   |
|  | 15             | 17 Stück<br>63·31·3,0 | 710           | 10.626        | 0,15                          | 33,75  |
|   | 15             | 19 Stück<br>63·31·3,0 | 685           | 10.665        | 0,15                          | 33,75  |
|  | 15             | 17 Stück<br>63·31·3,5 | 729           | 14.211        | 0,20                          | 45,0   |
|   | 15             | 19 Stück<br>63·31·3,5 | 674           | 14.129        | 0,20                          | 45,0   |

Tab. 1: Modifikationen der Belastungseinrichtung

| Gerätesymbol  | Durchmesser Lastplatte [mm] | Spannung [MN/m <sup>2</sup> ] | Faktor |
|---|-----------------------------|-------------------------------|--------|
|   | 300 (LFG)                   | 0,10                          | 22,5   |
|  | 212                         | 0,20                          | 31,8   |
|  | 150                         | 0,40                          | 45,0   |

Tab. 2: Modifikationen der Lastplatte

brierstandes, auf Gummipplatten im Kalibrierstand und unter realen Bedingungen auf Kies- und Schottertragschichten untersucht.

#### 4.2 Lastplatte

Die Durchmesser der Lastenplatten wurden so verkleinert, dass die Fläche das  $\frac{1}{2}$ fache bzw.  $\frac{1}{4}$ -fache der Fläche der Lastplatte des LFG betrug. Damit ergibt sich die doppelte bzw. 4fache Spannung gegenüber dem LFG. Die Masse der Lastplatten wurde mit  $15 \text{ kg} \pm 0,25 \text{ kg}$  gegenüber der Platte des LFG nicht verändert. Die Durchmesser, die Spannungen und der Faktor für die Berechnung des dynamischen Verformungsmoduls sind in Tabelle 2 zusammengestellt. In Bild 2 sind die Lastplatten abgebildet.

Mit der Belastungseinrichtung des Leichten Fallgewichtsgerätes wurden mit den modifizierten Lastplatten und zum Vergleich mit der des LFG Untersuchungen auf Gummipplatten im Kalibrierstand und unter realen Bedingungen auf Kies- und Schottertragschichten durchgeführt.

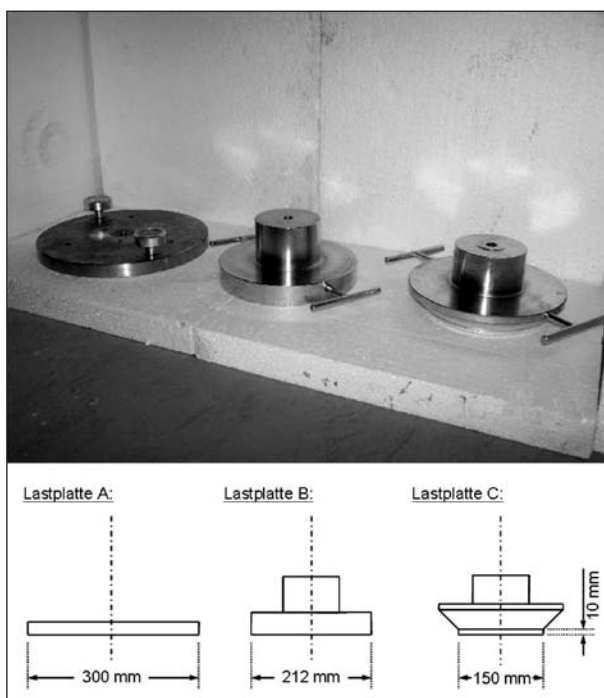







Bild 2: Lastplatten mit Durchmesser 300 mm, 212 mm und 150 mm

## 5 Untersuchungsergebnisse auf Tragschichten und Bewertung der Modifikationen

Die Kenndaten und Ergebnisse der dynamischen Plattendruckversuche mit dem LFG und den modifizierten Geräten sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Zur Beschreibung der jeweiligen Gerätemodifikation sind die Gerätesymbole aus den Tabellen 1 und 2 verwendet worden. Die Einsenkungen sind

| Geräte                               |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------|---|---|---|---|---|
| Stoßkraft (soll) [N]                 | 7.070   | 7.070   | 7.070   | 10.605  | 14.140  |
| Stoßdauer (soll) [ms]                | 17  | 17  | 17  | 17  | 12  |
| Spannung (soll) [MN/m <sup>2</sup> ] | 0,10  | 0,20  | 0,40  | 0,15  | 0,20  |
| Einsenkung (x-fach LFG) [-]          | 1,00  | KTS: 1,39   | KTS: 2,10   | KTS: 1,22<br>STS: 1,35  | KTS: 1,74<br>STS: 1,73  |

Tab. 3: Untersuchungsergebnisse auf Tragschichten

als Vielfache der Einsenkungen mit dem Leichten Fallgewichtsgerät angegeben.

Die Veränderungen an der Lastplatte haben den Vorteil, dass die Belastungseinrichtung nicht geändert werden muss, d. h., die Gesamtmasse des Fallgewichtsgerätes und die Fallhöhe entsprechen denen des Leichten Fallgewichtsgerätes. Die Halbierung der Fläche der Lastplatte und damit die Verdoppelung der Spannung führen gegenüber dem LFG nur zu einer geringen Vergrößerung der Einsenkungen. Durch die weitere Halbierung der Fläche der Lastplatte werden zwar sehr große Einsenkungen erzeugt, die aber teilweise plastisch sind. Außerdem wird das Fallgewichtsgerät instabil.

Bei der Erhöhung der Masse des Fallgewichts auf 15 kg in Kombination mit steiferen Federelementen als beim LFG kann die Kalibrierung des Gerätes vereinfacht werden. Bei dem Federpaket mit 3 mm dicken Tellerfedern ist die Einsenkungszunahme aber nur gering. Eine deutliche Einsenkungszunahme ergibt sich bei dem noch steiferen Federpaket mit 17 bzw. 19 Stück 3,5 mm dicken Tellerfedern. Die Stoßdauer verringert sich bei diesem Gerät auf 12 ms bei entsprechend größerer Setzungsgeschwindigkeit. Dies hat bei Tragschichten aber keine Bedeutung. Vorteilhaft hinsichtlich der Anschaffungs- und Kalibrierkosten ist insbesondere, dass die Lastplatte mit der Setzungsmesseinrichtung sowohl für das leichte als auch für das Mittelschwere Fallgewichtsgerät benutzt werden kann. Nachteilig für die Handhabung ist die gegenüber dem LFG 50 % größere Masse des Fallgewichts.

## 6 Festlegungen für das Mittelschwere Fallgewichtsgerät und Perspektiven

Auf Vorschlag des Forschungsnehmers und in Abstimmung mit den Herstellern der Fallgewichtsgeräte hat die Betreuungsgruppe festgelegt, dass für das Mittelschwere Fallgewichtsgerät die Belastungseinrichtung des LFG geändert werden soll. Die Kenndaten für das Mittelschwere Fallgewichtsgerät sind:

- Masse des Fallgewichts 15 kg ± 0,1 kg,
- Masse der Führungsstange 5 kg ± 0,1 kg,p
- je nach Hersteller 17 bzw. 19 Stück Tellerfedern 63 mm · 31 mm · 3,5 mm (De · Di · t).

Für das Mittelschwere Fallgewichtsgerät wird die Lastplatte des LFG mit 300 mm Durchmesser verwendet.

Die maximale Stoßkraft soll 14,14 kN ± 0,14 kN und die Stoßdauer 12 ms ± 1,2 ms betragen. Beim Stoß wird damit unter der Lastplatte eine maximale Normalspannung  $\sigma$  von 0,20 MN/m<sup>2</sup> erzeugt. Der dynamische Verformungsmodul  $E_{vd,MFG}$  ergibt sich analog Gleichung (3) zu

$$E_{vd,MFG} = 45,0/s \text{ [MN/m}^2\text{]} \quad (4)$$

Die Einsenkung  $s$  ist in Millimetern einzusetzen.

Der Arbeitsausschuss AA 5.7 „Prüftechnik“ der FGSV hat auf dieser Basis einen Entwurf für eine Prüfvorschrift einschließlich der Kalibrieranweisungen erarbeitet. Diese Prüfvorschrift wird voraussichtlich 2009 in den TP Gestein-StB veröffentlicht, da es sich um ein Prüfverfahren für ungebundene Tragschichten handelt. Die Hersteller führen mit

ihren Geräten Vergleichsversuche auf Baustellen durch, um sicherzustellen, dass im Rahmen der Messunsicherheit identische dynamische Verformungsmoduln erhalten werden.

## Literatur

- [1] Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau, TP BF-StB, Teil B 8.3 Dynamischer Plattendruckversuch mit Leichtem Fallgewichtsgerät, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV 591/B 8.3 (2003)
- [2] BRÄU, Gerhard; VOGT, Stefan: Dynamischer Plattendruckversuch mit einem Mittelschweren Fallgewichtsgerät, Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“ des BMVBS 2008 (im Druck)

## Diskussion

### Herr Nickol:

Die Entwicklung des Mittelschweren Fallgewichtsgerätes war eine lange Entwicklung, wie die Forschungsarbeit der TU München zeigt. Wir kommen jetzt dazu, eine ganz genaue Gerätebeschreibung einschließlich der Dicke der Federn machen zu müssen, was auch sinnvoll ist. Wenn dann die überarbeitete TP Gestein erscheint, haben wir hoffentlich ein Prüfgerät, mit dem wir auch auf den ungebundenen Schichten des Oberbaus, also auf den Schottertragschichten und den Frostschutzschichten, ein Schnellprüfverfahren haben. Das würde eine statistische Qualitätskontrolle von Schottertragschichten im Sinne der ZTV SoB ermöglichen, was auch angestrebt wird. In Nordrhein-Westfalen wird ein Mittelschweres Fallgewichtsgerät, das nicht ganz dem Gerät des FE-Projektes entspricht, schon seit längerer Zeit angewandt, und ich glaube, die Kollegen dort sind mit dem Verfahren insgesamt ganz zufrieden.

Dipl.-Geol. Ursula Blume  
Bundesanstalt für Straßenwesen,  
Bergisch Gladbach

## Informationen zur Rammsondierung mit einer leichten Rammsonde mit variabler Energie

### 1 Einleitung

Im Unterschied zu den Rammsonden mit konstanter Rammenergie gemäß DIN EN 22476 wurde in Frankreich eine leichte Rammsonde (Panda-Sonde: Pénétromètre Automatique Numérique Dynamique Assisté par ordinateur) entwickelt, bei der die Rammenergie variabel durch Hammerschläge erzeugt wird (Bild 1). Diese Sonde kann zur Baugrunduntersuchung und zur Verdichtungskontrolle eingesetzt werden.

Die variable Rammenergie und die Eindringtiefe pro Hammerschlag werden mit einem mobilen Datenlogger aufgezeichnet und ausgewertet. Durch den relativ geringen Energieeintrag zeigt das Sondierdiagramm eine hohe Auflösung der untersuchten Schichten.

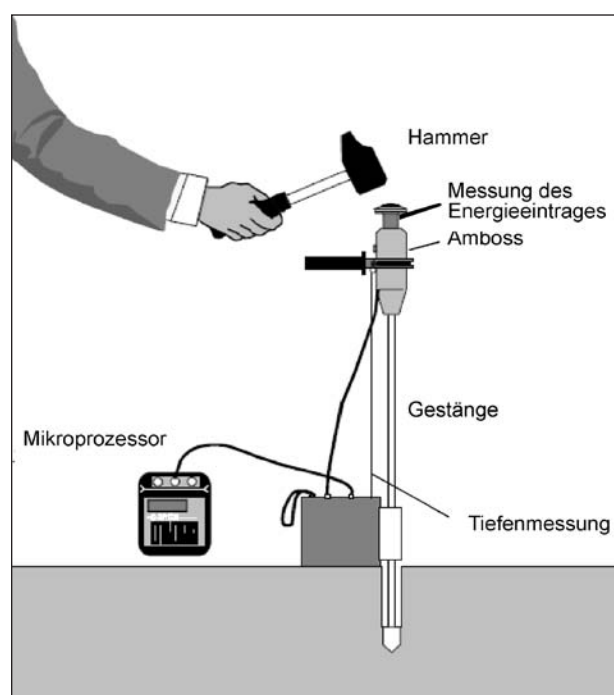


Bild 1: Leichte Rammsonde mit variabler Rammenergie

### 2 Anwendungsgebiete und -grenzen

Die Panda-Sonde kann sowohl zur Baugrunduntersuchung als auch zur Verdichtungskontrolle eingesetzt werden. Das Sondiergerät kann in einem Koffer verstaut und transportiert werden. Im Gesamtgewicht von ca. 20 kg ist das erforderliche Zubehör für Sondierungen bis zu einer maximalen Tiefe von 5,0 m enthalten. Die Abmessungen und das geringe Gesamtgewicht erlauben auch Untersuchungen an Punkten, die für andere Messgeräte schwer zugänglich sind. Beispiele hierfür sind Verdichtungsmessungen in Leitungsgräben und Hinterfüllungen von Bauwerken sowie Baugrunduntersuchungen von schwer zugänglichem Gelände, z. B. von steilen Böschungen. Der Energieeintrag durch Hammerschläge ermöglicht sogar horizontale Baugrunduntersuchungen z. B. in Tunnelwandungen. Mit diesen Funktionen eignet sich die Panda-Sonde besonders für Untersuchungen im Straßen- und Eisenbahnbau sowie im Damm- und Deichbau. Das Sondiergerät kann von einer Person transportiert und bedient werden.

Eine begrenzte Anwendung ergibt sich beim Einsatz der Sonde zur Untersuchung stark bindiger Böden durch die erhöhte Mantelreibung. Dies wird durch Drehung des Gestänges um 360° nach jeder Verlängerung um 0,5 m überprüft. Wenn das Gestänge manuell nicht mehr gedreht werden kann, ist die Sondierung abubrechen. Es ist möglich, das Abbruchkriterium durch einen maximalen Drehmoment exakt zu definieren und mit einem Drehmomentschlüssel zu überprüfen.

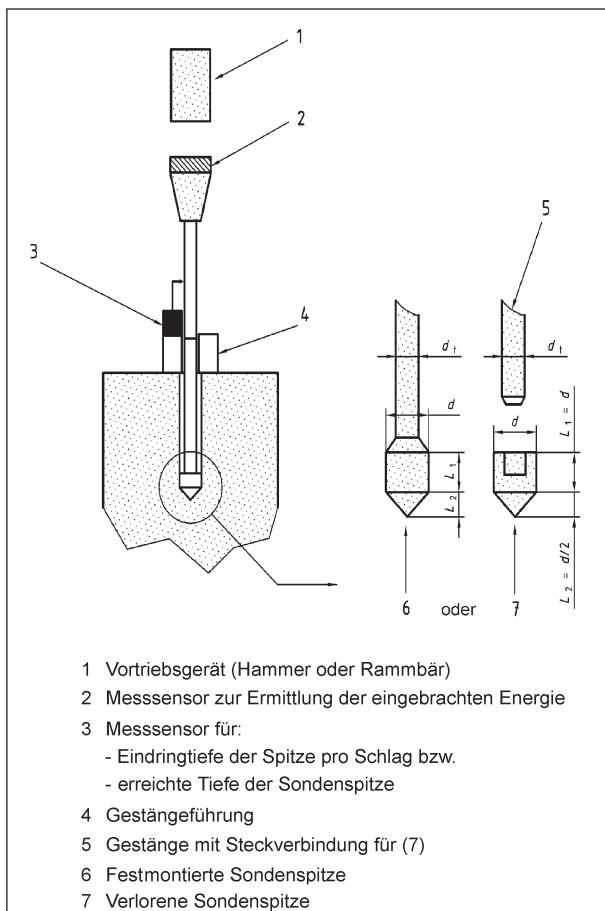
Vom Hersteller wird die Anwendungsgrenze für nichtbindige Böden mit einer maximalen Korngröße von ca. 70 mm angegeben. Bei Vergleichsuntersuchungen im Großversuchsstand der Bundesanstalt für Straßenwesen wurde ein Quarzit der Körnung 0/45 mm mit einer Proctordichte von  $D_{pr} = 108\%$  eingebaut. Bei den anschließend durchgeführten Sondierungen mit der Panda-Sonde wurde hier die Obergrenze des händisch möglichen Energieeintrages erreicht.

### 3 Allgemeine Verfahrensbeschreibung und Ermittlung des Spitzenwiderstandes $q_d$

Bei der Rammsondierung mit der Panda-Sonde wird ein Sondiergestänge ( $d = 14$  mm) mit einer Sondenspitze von  $d = 16$  mm (Nennquerschnitts-

fläche  $F = 2 \text{ cm}^2$ ) oder  $d = 22,6 \text{ mm}$  ( $F = 4 \text{ cm}^2$ ) mit einem Schlaghammer in den Boden getrieben (Bilder 1 und 2). Die Energie sollte so variiert werden, dass ein Vortrieb von ca. 0,1 cm bis 2,0 cm pro Hammerschlag erzielt wird.

Anders als bei den bekannten Rammsondiergeräten mit konstantem Energieeintrag ist die manuell durch Hammerschläge eingebrachte Energie bei der Panda-Sonde veränderlich. Für jeden Hammerschlag wird daher die eingebrachte Energie durch einen auf dem Amboss installierten Dehnungsmesssensor und die Eindringtiefe der Sondenspitze mit einem Bandmessgerät ermittelt. Beide Messwerte werden mit einem Handterminal mit Mikroprozessor aufgezeichnet. Aus den ermittelten zwei Messgrößen „eingebrachte Rammenergie“ und „Eindringtiefe“ wird anschließend mittels der so genannten „Holländischen Rammformel“ (CASSAN) der dynamische Spitzenwiderstand  $q_d$  der Sonde in der jeweiligen Tiefe für jeden Hammerschlag errechnet und gespeichert. Der ermittelte Spitzenwiderstand und die Eindringtiefe der Sonde werden sofort digital auf dem Display des Handterminals



**Bild 2:** Schematische Darstellung der Leichten Rammsonde mit variabler Rammenergie

angezeigt. Optional kann die Anzeige eines Penetrogrammes (Rammdiagrammes) mit der Darstellung des Spitzenwiderstandes über die Tiefe gewählt werden.

Zur weiteren Bearbeitung und zum Ausdruck der Penetrogramme werden die Daten anschließend auf einen PC übertragen und über ein gerätespezifisches Auswerteprogramm als Rammdiagramm (Spitzenwiderstand über die Tiefe) visualisiert.

Ergänzend können zusätzliche Informationen zur Klassifikation des Bodens bzw. der Geologie, zur Schichtdicke und zum Wassergehalt eingegeben werden (Bild 3).

Bei Rammsondierungen wird der dynamische Spitzenwiderstand  $q_n$  gemäß der so genannten „Holländischen Rammformel“ [1] ermittelt. Für die Rammsondierung mit variabler Energie wurde diese Formel folgendermaßen modifiziert:

$$q_n = E \frac{M}{A e' (M + P)}$$

mit:

$q_n$ : dynamischer Spitzenwiderstand [MPa]

E: Gesamte in das System eingebrachte Energie [kJ]

M: Fallmasse des Hammers/Rammbärs [kN]

A: Querschnittsfläche der Sondenspitze [ $\text{m}^2$ ]

$e'$ : plastische Eindringtiefe pro Schlag [m]

P: Gesamtmasse von Amboss, Sondiergestänge und -spitze [kN]

Für die Anwendung dieser Formel wird angenommen, dass

- der Untergrund während der Sondierung idealplastische Eigenschaften aufweist,
- die gesamte eingebrachte Energie auf die Sondenspitze übertragen wird,
- die Mantelreibung zwischen dem Bohrgestänge und den Bodenschichten gering ist.

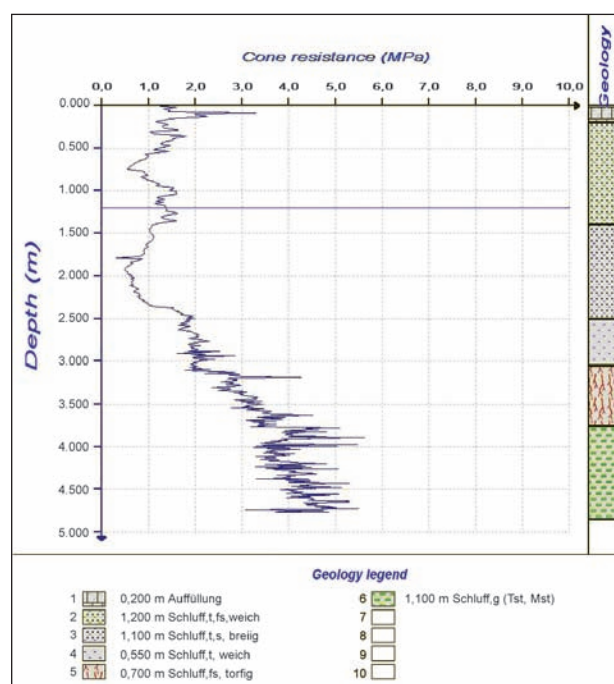
## 4 Baugrunduntersuchung

Bei Einsatz der Panda-Sonde zur Baugrunduntersuchung können die Bodenschichten anhand ihrer unterschiedlichen Dichte und damit unterschiedli-

chen Spitzenwiderstand voneinander abgegrenzt werden (Bild 3). Nach der Datenübertragung vom Mikroprozessor auf den PC können mittels der passenden Software Details wie z. B. zu topografischen Höhenangaben ergänzt werden. Bei einer Kalibrierung der Sondierungen mittels eines Schurfes oder einer (Klein-)Bohrung zur Vervollständigung des Penetrogrammes können Bodenprofil und Grundwasserspiegel nachgetragen werden.

Für die Untersuchung von bindigen Böden wird vom Hersteller der Einsatz der verlorenen Spitze mit einer Fläche von 4 cm<sup>2</sup> empfohlen, da diese im Vergleich zur Spitze mit 2 cm<sup>2</sup> eine größere Differenz zum Gestängedurchmesser und dadurch eine geringere Mantelreibung aufweist.

In Bild 3 ist das Rammdiagramm einer Panda-Sondierung dargestellt, die im Zuge der Baugrunderkundung für den Neubau eines Fußgängersteges durchgeführt wurde. Die Bodenansprache basiert auf dem Aufschluss einer unmittelbar benachbarten Kleinbohrung. Im Rammdiagramm deutlich zu erkennen ist der geringe Sondierwiderstand in der breiigen Schicht zwischen 1,5 m und 2,3 m Tiefe. Danach ist der Einfluss der Mantelreibung zu erkennen, der sich durch die gleichmäßige Zunahme des Sondierwiderstandes zur Tiefe hin darstellt. Dieser Mantelreibungseinfluss ist bei der Verdichtungskontrolle, wo breiige oder weiche Böden ohnehin nicht eingebaut werden, nicht mehr zu erkennen.



**Bild 3:** Penetrogramm einer Rammsondierung mit variabler Energie zur Baugrunduntersuchung (bindige Böden, 4-cm<sup>2</sup>-Spitze)

## 5 Verdichtungskontrolle gemäß französischer Normung

### 5.1 Allgemeines

Die Verdichtungskontrolle mit der Panda-Sonde ist ein indirektes Messverfahren, das nach Einbau aller Schichtlagen angewendet wird. In der französischen Norm XP P 94-105 [2] werden drei verschiedene Vorgehensweisen unterschieden:

Funktion A: Abschätzung der Schichtlagendicke,

Funktion B: Überprüfung des vorgegebenen Verdichtungsgrades,

Funktion C: Überprüfung der gemessenen Verdichtung mit der eines Referenzfeldes.

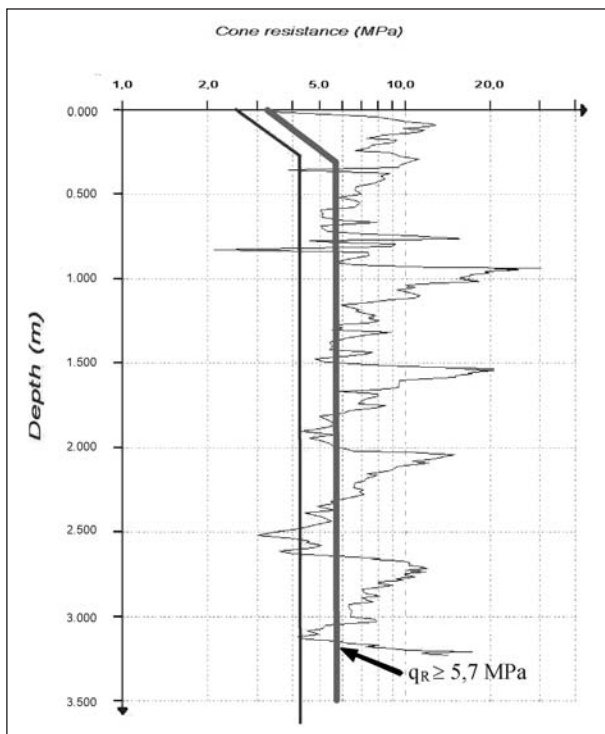
In allen Fällen wird die fest mit dem Gestänge verschraubte Sondenspitze mit einer Querschnittsfläche von 2 cm<sup>2</sup> eingesetzt. Der Einfluss der Mantelreibung ist, wie in Kapitel 2 erläutert, zu überprüfen.

### 5.2 Funktion A: Abschätzung der Schichtlagendicke

Die Vorgehensweise stimmt prinzipiell mit der Untersuchung des Baugrundes (vgl. Kapitel 4) überein. Parallel zur von oben nach unten abnehmenden Verdichtung jeder Schichtlage nimmt auch der Eindringwiderstand von oben nach unten ab. Schichtgrenzen können so anhand der unterschiedlichen Eindringwiderstände ober- und unterhalb der Schichtgrenze definiert und so die Schichtlagendicken ermittelt werden. Durch den Vergleich mit den Anforderungswerten an die maximale Dicke der Einbaulagen können eventuelle Abweichungen erkannt werden.

### 5.3 Funktion B: Überprüfung des vorgegebenen Verdichtungsgrades

Die einzelnen Schüttlagen werden mit der Panda-Sonde durchteuft und das Ergebnis als Rammdiagramm dargestellt. Abhängig von Boden, Verdichtungsanforderung und vorgeschriebener Schichtdicke werden zusätzlich ein charakteristischer unterer Grenzwert des Spitzenwiderstandes ( $q_L$ ) und ein Referenzwert des Spitzenwiderstandes ( $q_R$ ) abgebildet (Bild 4). Für häufig vorkommende Bodenarten und Baustoffe wurden in Frankreich material- und verdichtungsabhängige Vergleichskurven von  $q_L$  und  $q_R$  entwickelt. Die gerätespezifische Software ermöglicht die Auswahl einer jeweils typi-

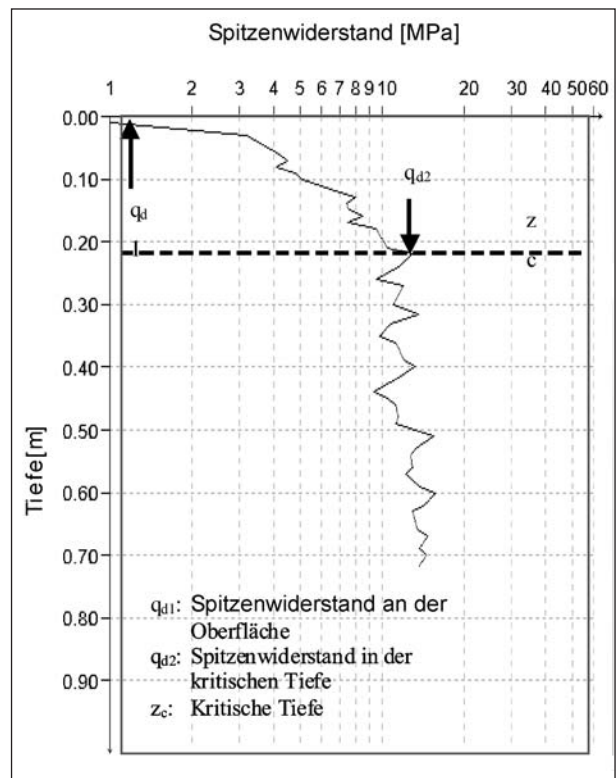


**Bild 4:** Darstellung der Messkurve und des Grenzwertes ( $q_L$ ; dunkelgrau) und Referenzwertes ( $q_R$ ; hellgrau) des Spitzenwiderstandes

schen Grenz- und Referenzkurve. Diese beiden Kurven berücksichtigen die in den französischen Verdichtungsanforderungen übliche Unterscheidung des geforderten mittleren Verdichtungsgrades innerhalb einer Einbaulage und des zulässigen Mindestwertes an der Basis der Einbaulage. Ein komplexes Beurteilungsschema berücksichtigt sowohl die maximale Schichtlagendicke als auch die erforderliche Verdichtung. Damit werden die Qualität und Quantität der außerhalb des Toleranzbereiches liegenden Messungen, d. h. der Messwerte, die unterhalb des unteren Grenzwertes ( $q_L$ ) liegen, beurteilt. Mit Hilfe dieses Beurteilungsschemas wird die gemessene Verdichtung der untersuchten Schichtlage entweder akzeptiert oder abgelehnt.

Für die qualitative Überprüfung des vorgesehenen Verdichtungsgrades ist eine Kalibrierung der Grenz- und Referenzlinien erforderlich.

Die Kenntnis der Tiefenlage der oberen und unteren Verfüllzone einschließlich der Schichtdicke, der eingebauten Bodenart, der Konsistenz des Bodens und der gestellten Verdichtungsanforderungen ermöglichen es, Toleranzbereiche durch eine Referenzlinie ( $q_R$ ) und eine Grenzlinie ( $q_L$ ) zu bestimmen. Die Referenzlinie  $q_R$  (Bild 4, dunkelgraue Linie) entspricht der geforderten mittleren Verdichtung der Schicht, die Grenzlinie  $q_L$  (Bild 4, hellgraue



**Bild 5:** Darstellung der kritischen Tiefe sowie der Spitzenwiderstände an der Oberfläche und in der Tiefe

Linie) entspricht der geforderten Verdichtung an der Unterseite der Einbaulage, die nicht unterschritten werden darf. Im oberen Bereich haben die Referenz- und Grenzlinien ein Gefälle, das die Abminderung durch die oberflächennahe Auflockerung infolge der Sondierung berücksichtigt. Unterhalb einer bestimmten Grenztiefe, „kritische Tiefe“ ( $z_c$ ) genannt, verlaufen die Linien theoretisch konstant vertikal, das Material wird durch die Sonde also nicht mehr aufgelockert. Abweichungen der Messkurve von dieser Ideallinie entstehen durch die Inhomogenität des untersuchten Bodens.

Die Referenzlinie kann bestimmt werden, weil eine Beziehung zwischen dem Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$  und dem dynamischen Spitzenwiderstand existiert. Praktische Untersuchungen [3] resultierten in einem Modell, durch das für einen homogenen Untergrund der Bezug zwischen Spitzenwiderstand und Tiefe bei einem definierten Verdichtungsgrad hergestellt wurde. Für gleiche Bodenkennwerte und gleichen Verdichtungsgrad ergeben sich konstante Werte für  $z_c$ ,  $q_{d1}$  und  $q_{d2}$  mit:

$q_{d1}$ : Spitzenwiderstand an der Oberfläche,

$q_{d2}$ : Spitzenwiderstand der kritischen Tiefe oder Oberflächeneinflusstiefe; maximaler Spitzen-



widerstand für ein bestimmtes Material und einen bestimmten Verdichtungsgrad,

$z_c$ : kritische Tiefe, gemessen von der Sondieroberfläche bis zum maximalen Spitzenwiderstand.

Bild 5 verdeutlicht diesen Zusammenhang.

Auf Grundlage dieser Erkenntnis wurden für die französischen Standardböden Durchschnittswerte für  $q_{d1}$ ,  $q_{d2}$  und  $z_c$  bei verschiedenen Verdichtungsgraden und unterschiedlichen Wassergehalten bestimmt. Hierdurch können die jeweils spezifischen Referenz- und Grenzlinien konstruiert und im Penetrogramm der Toleranzbereich und die Lage der Sondierkurve zu diesem Toleranzbereich dargestellt werden kann.

#### 5.4 Funktion C: Überprüfung der gemessenen Verdichtung mit der eines Referenzfeldes

Bei dieser Methode wird für jeden zu überprüfenden homogenen Bereich ein Referenzfeld mit den gleichen Materialien, Schichtlagendicken und Verdichtungsübergängen angelegt. Für jeden Material- und Schichtlagenwechsel sind der Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$  und der Wassergehalt der jeweiligen Schicht zu bestimmen. Anschließend wird eine Sondierung im Referenzfeld durchgeführt und mit den Penetrogrammen des zu überprüfenden Bereiches verglichen. Die Verdichtung gilt als ausreichend, wenn diese Penetrogramme innerhalb der Hüllkurve der Spitzendruckkurve des Referenzfeldes liegen.

## 6 Vorgehensweise zur Verdichtungskontrolle mit der Rammsonde mit variabler Energie in Deutschland

Prinzipiell ist eine Übernahme der Verdichtungskontrolle gemäß den Funktionen B und C der französischen Normung auf deutsche Verhältnisse nach Anpassung denkbar. Die Verdichtungskontrolle entspricht dem Prinzip der „indirekten Prüfverfahren“ gemäß ZTV E-StB.

Für das Verfahren in Anlehnung an „Funktion B“ der französischen Norm XP P 94-105 (Kapitel 5.3) sind Bewertungskriterien für den gemessenen Spitzenwiderstand  $q_d$  festzulegen. Die vom Gerätehersteller entwickelten Grenz- und Referenzlinien sind daraufhin zu überprüfen, in welchem Rahmen die in

den ZTV E-StB festgelegten Anforderungen eingehalten werden, und eventuell entsprechend anzupassen. In Anlehnung an französische Erfahrungen können Baustoffgemische bis zur einer Körnung von 0/56 mm untersucht werden. Mit dieser Methode können dann nach der Ermittlung eines Bewertungshintergrundes schnelle, bedienungsfreundliche, einfache und manipulationssichere Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen durchgeführt werden. Zur Untersuchung und Festlegung der erforderlichen Parameter besteht allerdings noch Forschungsbedarf.

Die Verdichtungskontrolle gemäß „Funktion C“ (Kapitel 5.4) entspricht vom Grundsatz der Vorgehensweise bei Kalibrierung eines indirekten Verdichtungsmerkmals, die in den ZTV E-StB [4] und den TP BF-StB, Teil E4 [5] beschrieben ist. Vor Beginn der Prüfarbeiten ist durch Kalibrierversuche der Zusammenhang zwischen dem Rammsondierergebnis mit variabler Energie und dem in der Leistungsbeschreibung angegebenen Anforderungswert zu ermitteln. Dieses Prinzip kann schon jetzt für Prüfungszwecke eingesetzt werden, ggf. sind Untersuchungen zur Festlegung der Anwendungsgrenzen erforderlich.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Die französische Panda-Sonde ist ein Prüfgerät zur Baugrunderkundung und Verdichtungskontrolle. In Frankreich ist die Rammsondierung mit variabler Energie seit dem Jahr 2000 in der XP P 94-105 genormt. Hier wurden schon umfangreiche positive Erfahrungen beim Einsatz dieses Gerätes gewonnen. Wie im vorstehenden Artikel beschrieben, wurden auch in Deutschland erste gute Erfahrungen gesammelt.

Der Untersuchungsaufwand mit der Panda-Sonde ist vergleichbar mit dem einer leichten Rammsondierung. Die Panda-Sonde liefert jedoch zusätzliche und detailliertere Informationen und ist flexibler einsetzbar, z. B. für horizontale Rammsondierungen und zur problemlosen und schnellen Untersuchung auch von schwer zugänglichen Geländepunkten. Die Untersuchungstiefe ist auf ca. 5,0 m begrenzt.

Für den Einsatz der Panda-Sonde zur Verdichtungskontrolle sind Grenz- und Referenzlinien entsprechend der deutschen Klassifizierung für Böden und Baustoffgemische nach DIN 18196 und ZTV E-

StB bereits ermittelt und in die Auswertungssoftware integriert worden. Bei Eigenüberwachungsprüfungen von Leitungsrabenverfüllungen wird dieses Gerät von einigen Leitungsbetreibern in Deutschland schon mit Erfolg angewendet.

Auch für Kontrollprüfungen kann die Panda-Sonde zur Überprüfung der Verdichtung durch Vergleich mit einem Referenzfeld bereits jetzt in Deutschland eingesetzt werden.

Zur schnelleren Verdichtungskontrolle mit der Nutzung von Grenz- und Referenzlinien ist noch die Festlegung von Anforderungswerten für die Boden- und Gruppen bei geeigneter Konsistenz erforderlich. Hierzu besteht Forschungsbedarf hinsichtlich der Anwendungsgrenzen (Größtkorn, Plastizität) sowie des Bewertungshintergrundes. Auf der Grundlage dieser so gewonnenen Kenntnisse und Erfahrungen ist die Erarbeitung einer technischen Prüfvorschrift (TP BF) denkbar, um die Verdichtungskontrolle mittels der Panda-Sonde durch verbindliche Abnahmeregelungen in das Straßenbauregelwerk einzubinden.

## Literatur

- [1] CASSAN, M. (1988): Les essais in situ en mécanique des sols. Volume 1 réalisation et interprétation, Eyrolles, 1988, pp146-151
- [2] XP P 94-105: Sols: Reconnaissance et essais – Contrôle de la qualité du compactage. Méthode au pénétromètre dynamique à énergie variable – Principe et méthode d'étalonnage du pénétromètre. Normalisation française, Mai 2000
- [3] ZHOU, S. (1997): Caractérisation des sols de surface à l'aide du pénétromètre dynamique léger à énergie variable type Panda. Formation Doctorale "Matériaux, structures, fiabilité en génie civil et génie mécanique". Laboratoire d'Accueil, Lermes/Cust. Université Blaise Pascal
- [4] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau
- [5] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau, Teil E4

## Diskussion

### Herr Paulsen:

Ist der Informationsgehalt nicht abhängig von der eingebrachten Energie? Das heißt, wenn ein kräftiger Mann das Gerät bedient, erhalte ich dann andere Werte, als wenn eine weniger kräftige Person das Gerät bedient?

### Frau Blume:

Nein, die gewonnenen Werte sind unabhängig von der eingebrachten Energie. Je nachdem, wie die gewünschte Auflösung sein soll, kann diese Energie jedoch variiert werden. Wenn mehr Informationen gewünscht werden, muss weniger Energie eingebracht werden. Dadurch entstehen mehr Messpunkte über die Tiefe und dadurch ein detaillierteres Diagramm.

## **Erfahrungsberichte**

### **Referenten**

Dr.-Ing. C. Dröge, Dipl.-Ing. M. Schleiter

BOR Dipl.-Ing. A. Walter

Dr. rer. nat. Dipl.-Geol. M. Dietrich

Dipl.-Ing. T. Hecht

Dipl.-Geol. S. Radecke

Dipl.-Phys. R. Nickol

Dr.-Ing. Christoph Dröge,  
Dipl.-Ing. Monika Schleiter  
Landesbetrieb Straßenbau NRW,  
Betriebssitz Gelsenkirchen

## Einsatz von Recycling-Baustoffen in NRW

### 1 Die Wiederverwertungssituation

Das Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft [1] nennt die Pflicht zur Verwertung von Abfällen, wenn dies technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist. Die wirtschaftliche Zumutbarkeit wird volkswirtschaftlich über die Kosten einer eventuellen Abfallbeseitigung definiert.

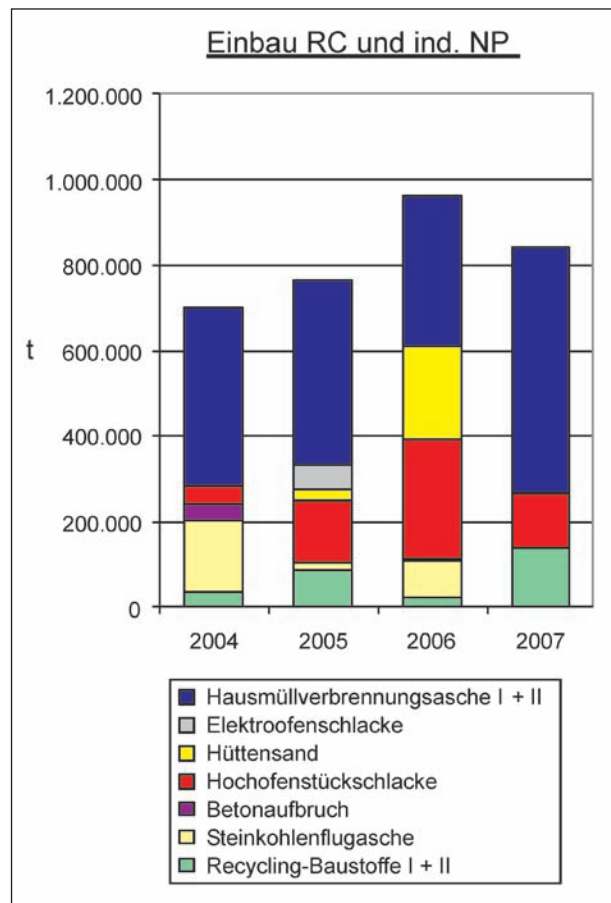
In NRW erzeugen insbesondere die stahlerzeugenden Betriebe, die Kraftwerke und die Hausmüllverbrennungsanlagen recycelbare Baustoffe. Diese Großbetriebe sind eng mit den jeweiligen Regionen verbunden. Die Verwertung der Nebenprodukte hat teilweise eine alte Tradition. Erst mit zunehmendem Umweltbewusstsein haben sich Verwertungswege durchgesetzt und bewährt, die einen Schadstoffaustrag zielsicher verhindern.

Das Ziel des Einsatzes von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau ist davon geprägt, dass Kosten gespart werden, Umweltverträglichkeiten nachhaltig gewahrt werden und die erstellten Bauwerke langfristig ihre technische Funktion erfüllen.

### 2 Übersicht der anfallenden Stoffe und Verwertungsbereiche

Für die Verwertung im Straßenbau in NRW fallen insbesondere folgende Materialien an: Hausmüllverbrennungsasche, Hochofenstüchschlacke, Hüttensande und Steinkohlenflugasche. Dazu kommen recycelte Baustoffe, überwiegend aus dem Straßenbau.

Bild 1 zeigt verwertete Mengen im Bereich von Straßen.NRW aus den Jahren 2004-2007. Es wurden jährlich ca. 800.000 t verwertet. Häufigstes Material ist dabei die Hausmüllverbrennungsasche, Typen I und II.



**Bild 1:** Art und Menge bei Straßen.NRW verwerteter RC-Baustoffe und industrieller Nebenprodukte in den Jahren 2004-2007

Einsatzgebiete waren zu 1/4 der Oberbau und zu 3/4 der Erdbau.

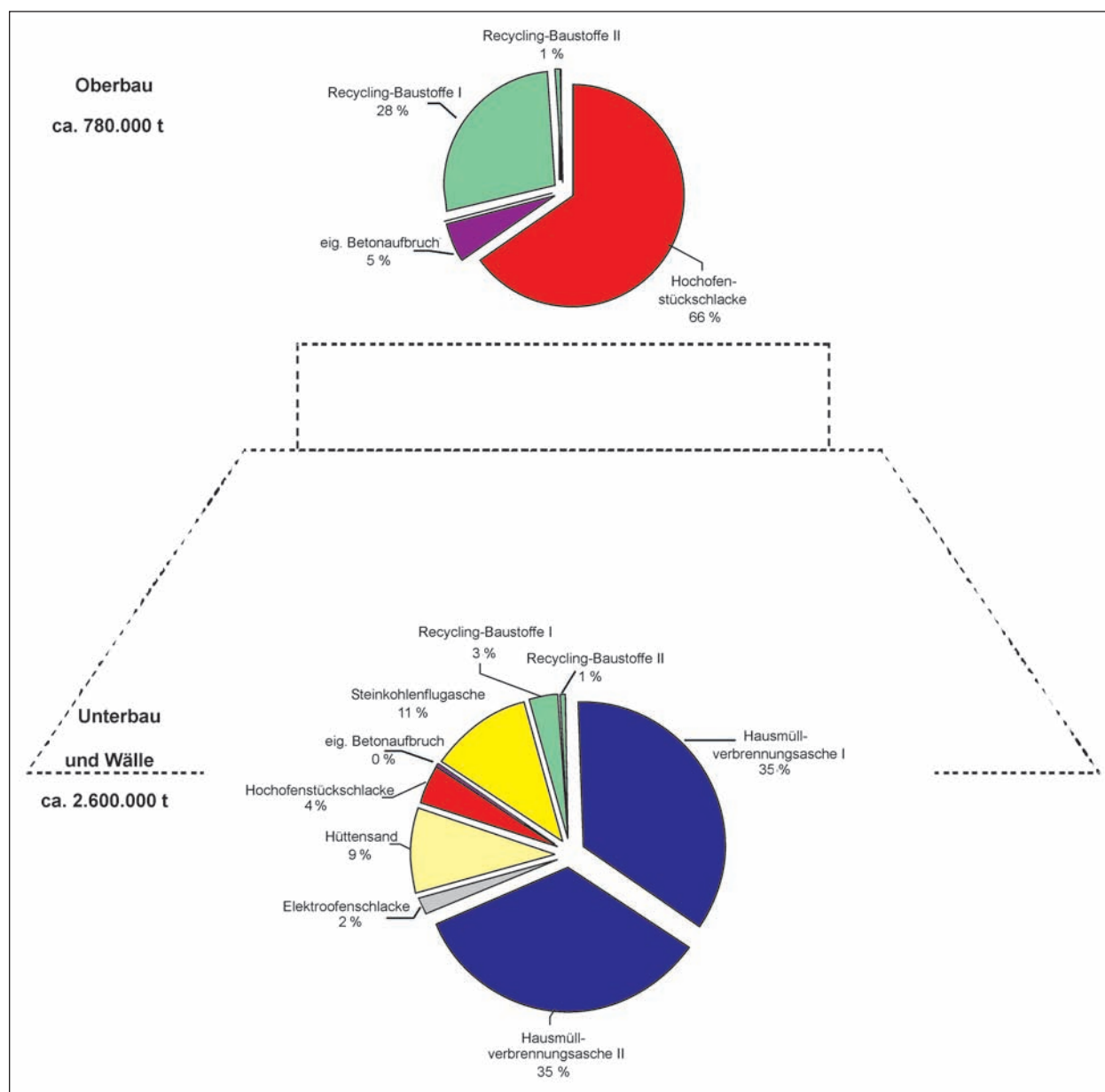
Recycling-Baustoffe und Schlacken wurden im Oberbau für Frostschutz- und Schottertragschichten eingesetzt.

Die anderen Stoffe wurden im Bereich des Unterbaus sowie für den Bau von Dämmen und Wällen verwandt (Bild 2).

### 3 Qualitätssicherung

Um Verfahrenssicherheit im Umgang mit Recycling-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten zu erlangen, ist die Vorgehensweise in Gemeinsamen Runderlassen [2] der zuständigen Ministerien für Umwelt und Verkehr NRW und internen Handlungsanweisungen (Verfügungen) detailliert festgelegt.

Generell dürfen nur Recycling-Baustoffe und industrielle Nebenprodukte eingesetzt werden, die hinsichtlich ihrer relevanten wasserwirtschaftlichen und bautechnischen Merkmale güteüberwacht



**Bild 2:** Verwendungsbereiche verwerteter RC-Baustoffe und industrieller Nebenprodukte in den Jahren 2004-2007 bei Straßen.NRW

sind. Es werden zulässige Grenzwerte und Toleranzen genannt und bei der Ausführung überprüft.

Der Baulasträger beachtet für jede Baumaßnahme die wasserwirtschaftlichen, hydrogeologischen und hydrologischen Standortgegebenheiten des Verwertungsgebietes.

Innerhalb der Schutzzone I und II von Wasserschutzgebieten oder Heilquellenschutzgebieten dürfen industrielle Nebenprodukte, Recycling-Baustoffe sowie Hausmüllverbrennungsgasche nicht eingebaut werden.

Bild 3 zeigt eine prinzipielle Darstellung zur konstruktiven Ausgestaltung eines Dammkörpers. Stra-

ßenbautechnische Detailpunkte, z. B. Planumsentwässerung oder Bankettausbildung, sind nicht ausführlich dargestellt.

Die dargestellten Maßnahmen dienen dazu, die Infiltration von Wasser in den Dammkörper zu reduzieren. Beim Anspritzen mit Bitumenemulsion handelt es sich nicht um eine Abdichtung. Ein Bepflanzen der Böschungen ist daher in Hinblick auf die Anspritzung unschädlich. Es wird jedoch als sinnvoll angesehen, die Oberbodenabdeckung 40 cm dick auszuführen. Werden Faschinen erforderlich, hat das Anspritzen der Böschungen erst nach Herstellung dieser Sicherungsmaßnahmen zu erfolgen.

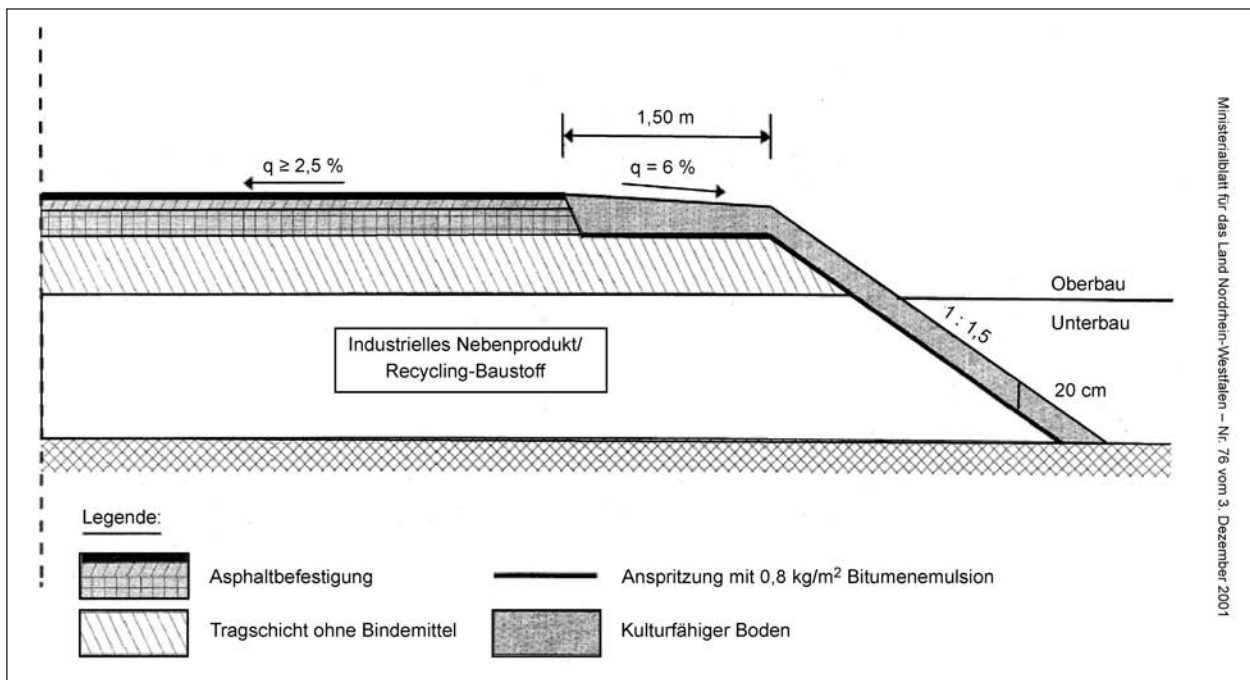


Bild 3: Konstruktive Ausbildung mit möglichst geringer Infiltration von Wasser in den Dammkörper [2]

Es existieren Vorgaben für eine Dokumentation. Demnach hat der Baulastträger die erforderlichen Aufzeichnungen (Art und Herkunft des Stoffes, Gütenachweis einschließlich Analyseergebnisse, eingebaute Menge sowie Einbauort und -weise) zusammen mit der Bauakte aufzubewahren. Dies entspricht den ohnehin erforderlichen Maßnahmen im Rahmen der Bauabwicklung.

Für das erfolgreiche Umsetzen der Vorgaben ist u. a. eine eindeutige Leistungsbeschreibung notwendig. Die bauvertragliche Umsetzung der Verwendung von industriellen Nebenprodukten, Recycling-Baustoffen und Hausmüllverbrennungssasche in Schichten ohne Bindemittel und im Erdbau ist unter Berücksichtigung der Vorgaben über Nebenangebote möglich.

Voraussetzung für die Verwendung der hier behandelten Baustoffe ist auch, dass der Ausschreibende die nötigen Angaben hinsichtlich der wasserwirtschaftlichen, hydrogeologischen und hydrologischen Standortgegebenheiten in die Ausschreibung aufnimmt.

Werden im Rahmen von Kontrollprüfungen unzulässige Abweichungen von den vertraglich zugesicherten Eigenschaften, insbesondere von den wasserwirtschaftlichen Merkmalen, bei Recycling-Baustoffen, industriellen Nebenprodukten oder Hausmüllverbrennungssaschen festgestellt, hat der Auftragnehmer alle sich daraus ergebenden Kon-



Bild 4: Einbau von Hausmüllverbrennungssasche im Dammkörper

sequenzen zu tragen und alle zusätzlichen Auflagen der zuständigen Wasserbehörde zu eigenen Lasten zu erfüllen.

## 4 Zusammenfassung

Ziel des Einsatzes von Recycling-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten bei Straßenbaumaßnahmen in NRW ist die Bündelung von Kostensparnis, Umweltverträglichkeit und Ausführungsqualität.

Es werden jährlich ca. 800.000 t, im Wesentlichen Hausmüllverbrennungssasche und Schlacken, eingesetzt.

Die Baustoffe müssen wasserwirtschaftliche und bautechnische Kriterien erfüllen sowie einer Güteüberwachung unterliegen.

Bei Beachtung der örtlichen hydrologischen Gegebenheiten erfolgt der erfolgreiche Materialeinsatz im Rahmen ausführlicher bauvertraglicher Festlegungen.

## Literatur

- [1] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz § 5 Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft, KrW-/AbfG, Fassung vom 27.09.1994, gültig ab 06.10.1996
- [2] Ministerialblatt NRW Jahrgang 2001, Nr. 75, 76, 77 und 78, Ministerialblatt NRW Jahrgang 2004, Nr. 36

## Diskussion

### Herr Rott:

Hat man sich auch Gedanken darüber gemacht, was bei späteren Umbaumaßnahmen von Bauwerken, die unter Verwendung industrieller Nebenprodukten errichtet wurden, zu beachten ist? Was passiert z. B., wenn diese Stoffe sowohl in einem Lärmschutzwall als auch im Oberbau zunächst eingebaut wurden und dann später ein Rückbau erforderlich wird, weil eine zusätzliche Fahrspur angebaut oder der Oberbau erneuert werden muss?

Und wer trägt dann in Nordrhein-Westfalen die Kosten dafür, der Straßenbaulastträger?

### Herr Dröge:

Das ist natürlich eine schwierige Frage. Wenn der Wall z. B. mit einer Hausmüllverbrennungsgasche gebaut wurde und später rückgebaut werden muss, dann habe ich mit diesem Material das gleiche Entsorgungsproblem, das ich vorher auch hatte. Das Material konnte aber günstiger erworben werden und so zunächst Kosten eingespart werden. Eine exakte Übersicht darüber, was wir zunächst an Geld gespart haben und wie viel wir zurücklegen sollten, wenn der skizzierte Fall eintreten würde, haben wir nicht.

Man muss den Sachverhalt aber vielleicht auch aus einem anderen Blickwinkel betrachten, um die Vor-

gehensweise in Nordrhein-Westfalen zu verstehen. Die industriellen Nebenprodukte gibt es „schon immer“, d. h. seit etwa 100 Jahren, zumindest die ganzen Stahlschlackenprodukte. Im kommunalen Bereich sind sie z. T. als ganz normale Baustoffe eingesetzt worden und werden das immer noch. Von uns werden jetzt Regeln für die Materialien aufgestellt, mit denen wir z. T. schlechte Erfahrungen gemacht haben. Wir öffnen keinen Markt für etwas Neues. So ist zumindest der Ansatz für die ganze Vorgehensweise entstanden. Mittlerweile verfügen wir über die Erfahrungen, recht präzise zu wissen, wo Regelungen erforderlich sind und was wir etwas liberaler sehen können, wie z. B. den Einsatz von Bahnschotter. Der ist in letzter Verfügung für uns zugelassen und ein ganz hervorragendes Material, das auch durch die Qualitätssicherung der Bundesbahn gegangen ist. Wenn die Schadstoffproblematik berücksichtigt wird, steht der Verwendung des Materials nichts im Wege. Wir bekommen ein günstiges Produkt, das uns im Alltag erst mal praktisch weiterhilft.

Dipl.-Ing. Andreas Walter  
Staatliches Bauamt Augsburg

## Erfahrungen mit EOS – Schlacke beim Bau der Umfahrung Meitingen im Zuge der B 2

### 1 Einleitung

Die Bundesstraße B 2 zwischen Donauwörth und Augsburg ist nach der Bundesautobahn A 8 München – Karlsruhe die wichtigste Fernstraße in Nordschwaben. Mit dem Bau der Ortsumfahrung Meitingen in den Jahren 2001-2006 wurde die letzte verbliebene Ausbaulücke des Straßenzuges B 2/B 17 im Landkreis Augsburg geschlossen (siehe Bild 1).

Beim Bau der südlichen Querung der ICE-Trasse Augsburg – Donauwörth kam ein Nebenangebot der ausführenden Firma zur Ausführung. Das Nebenangebot sah vor, anstelle der ausgeschriebenen Schüttmassen 100.000 t Elektroofenschlacke (EOS) einzubauen. Das Material war als Z1.1 Material nach LAGA eingestuft.

Im Frühsommer 2006 wurden auffällige Verfärbungen von Sickerwässern aus einer Drainageleitung des Straßendamms festgestellt. Beprobung und Analyse der Drainagewässer durch das zuständige Wasserwirtschaftsamt zeigten erhöhte Gehalte der EOS-spezifischen Schwermetalle Molybdän, Vanadium und Wolfram. Die festgestellten Sickerwasserkonzentrationen sind mit großer Sicherheit durch eine Eluation der im Straßendamm eingebauten EOS bedingt. Da von einer entsprechenden Schadstoffverlagerung in den Boden und das anstehende Grundwasser im Bereich des Straßendamms auszugehen war, wurden in Zusammenarbeit mit dem Wasserwirtschaftsamt, der zuständigen Kreisverwaltungsbehörde und der Bauverwaltung sowohl Sofortmaßnahmen zur Grundwassersicherung ergriffen als auch weitere Vorgehensschritte festgelegt. Mit den festgelegten weiteren Untersuchungen erhofft man sich neben einer Gefährdungsabschätzung bezüglich schädlicher Bodenveränderungen des bestehenden Damms auch Erkenntnisse über eine künftige Verwendung von EOS-Schlacke als Baustoff.

## 2 Überblick über die Baumaßnahme B 2 Ortsumfahrung Meitingen

Die tabellarisch aufgelisteten Daten geben einen Überblick über die Baumaßnahme „B 2, Ortsumfahrung Meitingen“:

- Baulänge: 8,8 km
- DTV: 21.800-31.800 Kfz/24 h
- Brücken: 14 Stck.
- Querschnitt: SQ 21 (2 x 7,50 m)
- Bauklasse: 1
- Lärmschutz: 4,5 km
- Ausgleichsflächen: 11,8 ha
- Bodenbewegung: ca. 1.000.000 m<sup>3</sup>

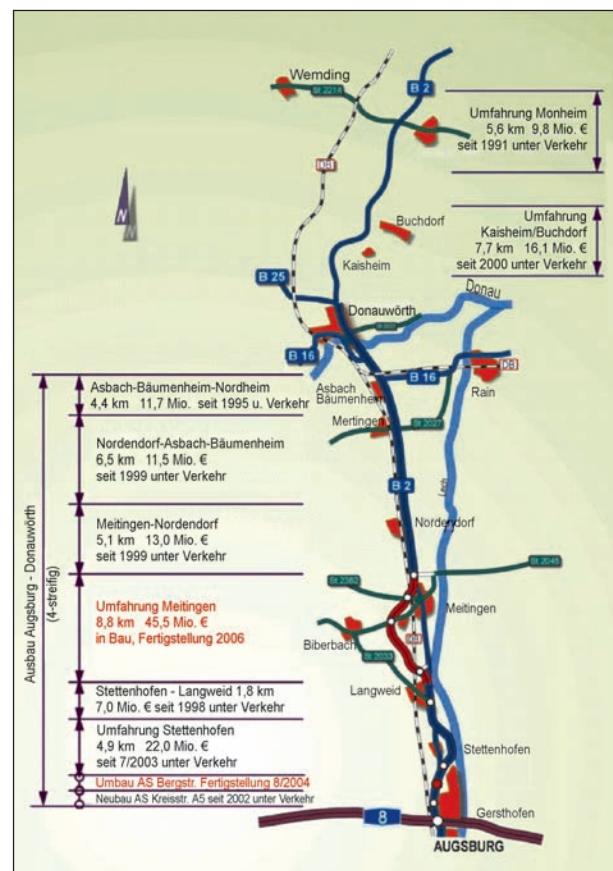


Bild 1: Übersichtslageplan B 2 Augsburg-Donauwörth



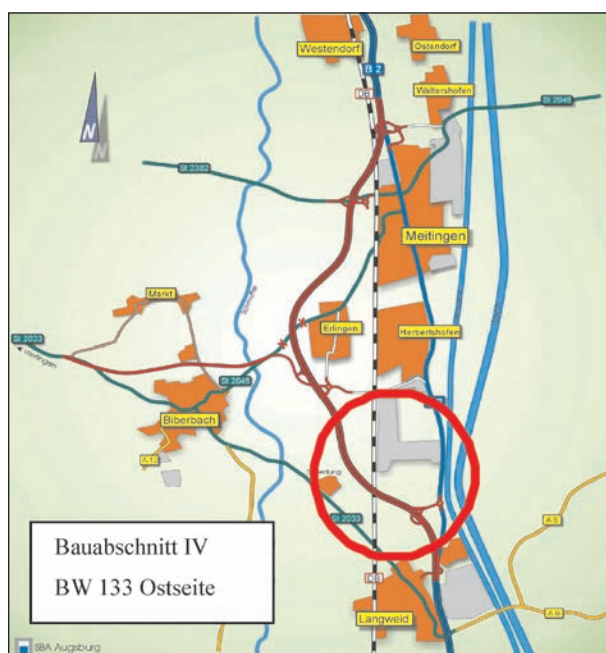
### 3 Ausschreibung, Vergabe und Bau

Beim Bau der südlichen Querung der ICE-Trasse Augsburg – Donauwörth (Bauabschnitt IV, siehe Bild 2) wurde für die Schüttung des Bahndammes, die Bauwerkshinterfüllung und die Frostschuttschicht der Zuschlag auf ein Nebenangebot der Ausführenden Firma erteilt. Das Nebenangebot sah vor, anstelle der ausgeschriebenen Schüttmassen 100.000 t Elektroofenschlacke (EOS) einzubauen. Das Material war als Z1.1 Material nach LAGA eingestuft.

Durch die Verwendung von EOS-Schlacke reduzierte sich die Angebotssumme um über 100.000 €. Der Einbau der EOS-Schlacke wurde durch einen Bescheid des Landratsamtes geregelt. Im Bereich der Dammschüttung lag nur ein geringer Grundwasser-Flurabstand vor. Um den vom Landratsamt geforderten Grundwasserabstand einzuhalten, musste eine Schüttung mit einem Kies-Sand-Gemisch unter der EOS aufgebracht werden.

### 4 Schadensfall

Im April 2006 wurden Anwohner auf auffällige milchige Trübungen von Wasser in Entwässerungsgräben aufmerksam und schalteten das Wasserwirtschaftsamt und die Naturschutzbehörden ein. Da sich die Gräben innerhalb der weiteren Schutzzone der Grundwasserversorgung von Meitingen befinden, wurde eine Gefährdung des Grundwas-



**Bild 2:** Bauabschnitt IV, Bahndamm BW 133-Ostseite

sers befürchtet. Eine Bürgerinitiative wurde gegründet und die Polizei wurde eingeschaltet und ermittelte wegen Gefährdung des Grundwassers. Wasserproben wurden genommen und untersucht.

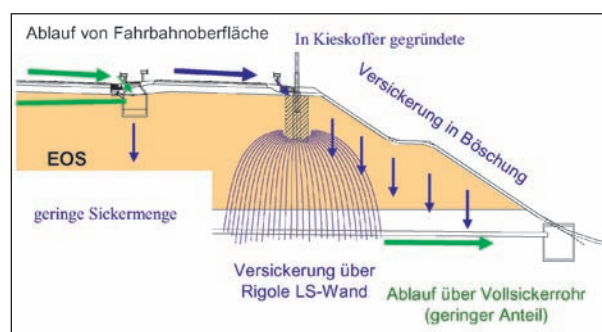
Die untersuchten Wasserproben lieferten folgendes Ergebnis:

- Ein erhöhter pH-Wert und eine erhöhte Salzbelastung wurden nachgewiesen.
- Die schlackespezifischen Parameter (u. a. Vanadium, Molybdän, Wolfram, Chromat VI) im Sickerwasser waren wesentlich erhöht.
- Die Werte lagen um das 10- bis 30fache über den zulässigen Werten des Verwertungsbescheides des Landratsamtes.
- Dadurch bestand eine Gefährdung des Bodens und des Grundwassers. Eine Gefährdung der Trinkwasserversorgung war jedoch noch nicht gegeben.

Aufgrund der Ergebnisse der Grundwasseruntersuchung wurde neben dem sofortigen EOS-Einbaustopp an anderen Stellen der Baumaßnahme ein Maßnahmenkatalog des Wasserwirtschaftsamtes erarbeitet.

Der Maßnahmenkatalog sah folgende Maßnahmen vor:

- Die Umplanung und ein geeigneter Umbau der bestehenden Sickerwasserleitung wurden gefordert.
- Eine zeitnahe Umplanung und der Umbau der Fahrbahntwässerung (siehe Bild 3) wurden gefordert.
- Die Drainageentwässerung sollte detailliert beschrieben werden.
- Die Versickerung der Niederschlagswässer außerhalb des Straßendamms wurde gefordert (Kosten ca. 120.000 €).



**Bild 3:** Niederschlagsversickerung im Straßendamm

- Der Aufbau des Straßendamms ist im Detail (Schnittskizzen) zu erläutern.
- Die Einrichtung von Grundwassermessstellen im Zu- und Abstrom zur Grundwasserbeobachtung (ständige Beobachtung) wurde gefordert.

Bei den aufgelisteten Maßnahmen handelt es sich um Sofortmaßnahmen, um eine Gefährdung des Grundwassers auszuschließen. Die genauen Ursachen für die Auslaugungsvorgänge der Niederschlagswässer in der EOS konnte jedoch zu dem Zeitpunkt nicht geklärt werden.

Folgende mögliche Gründe bzw. Ursachen für die Auslaugungen waren denkbar:

- Die eingebaute EOS entspricht nicht den EOS-Proben, die für die Entwicklung der Verwertungsregelung zugrunde gelegt wurden.
- Die Konzentrationswerte, die mit den im Rahmen der EOS-Untersuchung angewandten Eluationsverfahren erhalten werden, sind nicht geeignet, das Auslaugverhalten der EOS unter realen Einbaubedingungen abzubilden.
- Die Einbaubedingungen des „Verwertungsbescheides“ wurden nicht eingehalten. Beeinflusst der Kieskoffer, in den die Lärmschutzwand gegründet ist, die Auslaugungen?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen Nutzung und Schwermetallaustrag? Hat der Streusalzeintrag durch den Winterdienst einen Einfluss auf die Eluation?

Diese und noch weitere Fragen konnten unter den Fachbehörden nicht abschließend geklärt werden. Die zahlreichen genannten noch offenen Fragen ließen eine abschließende Beurteilung durch die Fachbehörden nicht zu. Das zuständige Landratsamt Augsburg und das Wasserwirtschaftsamt Donauwörth forderten daher vor einer abschließenden Beurteilung die Durchführung einer Detailuntersuchung durch einen Fachgutachter. Das Gutachten sollte einen Sachbericht mit Gefährdungsabschätzung zum Ergebnis haben. Darin sollten Sanierungsvorschläge und Aussagen über eine künftige Verwertung von EOS als Dammbaustoff getroffen werden.

Anfang 2007 beauftragte das Staatliche Bauamt Augsburg die Firma bfm mit den Detailuntersuchungen zur Erstellung eines Gutachtens zur Klärung der möglichen Ursachen für die Auswaschungen.

## 5 Ergebnisse des Gutachtens

Nach eingehender Untersuchung des Aufbaus und der Beschaffenheit des Damms und zahlreichen Grund- und Sickerwasseruntersuchungen sowohl im Damm als auch im Zu- und Abstrom legte das Büro ein Gutachten mit folgenden Ergebnissen vor:

- Grundwasseruntersuchungen im fernen und nahen Zustrom, in der Dammmitte sowie im unmittelbaren und fernen Grundwasserabstrom zeigen einen deutlichen Eintrag EOS-typischer Inhaltsstoffe in das Grundwasser. Eine unmittelbare Gefährdung des Wasserschutzgebietes ist aber derzeit nicht erkennbar bzw. nachweisbar.
- Analyseergebnisse von Grund- und Sickerwässern zeigen eine erhebliche Grundwasserverunreinigung.
- Ergebnisse von Eluationsversuchen mit Dammmaterial (EOS-Schlacke) sowie die Wasserhaushalts- und Frachtberechnungen bestätigen diese Ergebnisse und weisen darauf hin, dass in absehbaren Zeiträumen nicht mit einer Verbesserung bzw. mit einem Abklingen der Auslaugungen zu rechnen ist.

## 6 Sanierung und weiteres Vorgehen

Im Gutachten wurden die nachfolgend beschriebenen, in mehrere Schritte unterteilten Sanierungsvorschläge gemacht:

### 1. Schritt:

Umbau der Fahrbahntwässerung im Bereich der Lärmschutzwand und Abdichtung der Sammel-schächte im Mittelstreifen des oberen Dammbereiches und des Mittelstreifen (vgl. Bild 4; Kosten von ca. 120.000 €).

### 2. Schritt:

Während einer Beobachtungsphase (Monitoringphase) wird geprüft, ob die getroffenen Maßnahmen ausreichend wirksam sind.

### 3. Schritt:

Falls die Maßnahmen aus Schritt 1 nicht erfolgreich sind, wird als weiterer Schritt die erheblich teurere Abdichtung der Böschungen (Kosten zwischen 400.000 € bis 1.000.000 €) vorgeschlagen.

Schritt 1 incl. Abdichtung des Mittelstreifens wurde im März 2008 bereits ausgeführt.

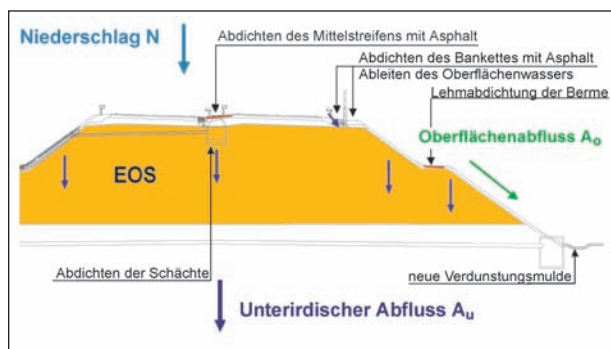


Bild 4: Umbau der Fahrbahntwässerung

Die Monitoringphase mit 1/4-jährlicher Beprobung bestehender und zusätzlicher Pegel an anderen Stellen im Bereich der B 2, an denen ebenfalls EOS-Schlacke eingebaut wurde (z. B. im Bereich von Lärmschutzwällen oder im Bereich der eingebauten Frostschutzschicht), läuft seitdem.

Sobald aussagekräftige Ergebnisse aus dem Monitoring vorliegen, wird über die weitere Vorgehensweise entschieden.

## 7 Kosten der Sanierung

Die Kosten der Sanierungsmaßnahmen gliedern sich wie folgt:

Schritt 1:

- Umbau Fahrbahntwässerung 125.000 €
- Demontage der Schutzplanken 33.000 €
- Kosten für Gutachten 120.000 €

Schritt 2:

- Zukünftige Monitoringkosten 31.500 €
- Oberflächenabdichtung 400.000 € - 1 Mio. €
- Kosten für zusätzliche Pegel 30.000 €

Es bleibt zu hoffen, dass die mit dem ersten Schritt getroffenen Maßnahmen ausreichen, um die Auslaugungen der Schlacke so weit zu reduzieren, dass eine künftige Gefährdung des Grundwassers ausgeschlossen werden kann.

## Diskussion

**Herr DirProf. Dr. Reichelt:**

Woran lag es denn, dass die Werte, die Sie auf dem Papier hatten, andere als die in der Realität waren?

**Herr Walter:**

Woran es lag? Im Bescheid war geregelt, dass das Material Z1.1-Werte erfüllt. Die Auslaugungen, die in der Wirklichkeit auftreten, sind jedoch höher als vermutet. Es wurde bestätigt, dass die EOS aus dem Damm mit der EOS, an der die ursprünglichen Werte bestimmt wurden, identisch ist.

**Herr DirProf. Dr. Reichelt:**

Das verstehe ich überhaupt nicht. Sie haben also auf dem Papier bestätigt bekommen, dass etwas in der Realität letztlich anders reagiert hat?

**Herr Walter:**

Richtig. Eine Vermutung ist, dass das Eluationsverfahren, das dem Bescheid zugrunde lag, nicht die Realität widerspiegelt. In dem Eluationsverfahren im Bescheid kam es also zu den Auslaugungen, die die Z1.1-Werte erfüllen.

**Herr DirProf. Dr. Reichelt:**

Also, das ist ja ein Horrorbeispiel. Es ist schön, dass wir auch so ein Beispiel hier sehen – alles „gesund beten“ nützt ja nichts. Insofern kann ja wirklich einer der Gründe sein, dass das angewandte Auslaugverfahren die Realität nicht widerspiegelt. Es könnte natürlich auch sein, dass der vormalige Besitzer der EOS etwas geliefert hat, das dem ursprünglichen Material nicht entsprach. Es ist immer die Frage, wie häufig geprüft wird.

**Herr Walter:**

Also das konnten wir ausschließen, da wir eine permanente Überwachung durchgeführt haben. Wir hatten eine Bauaufsicht, die jeden Tag auf der Baustelle war. Die Eigen- und Fremdüberwachung war lückenlos gegeben. Es war auch durch Lieferscheine protokolliert, dass das Material, das in den Damm eingebaut wurde, dem Material entspricht, das uns zugesichert war.

**Herr Nelson:**

Ich hätte noch weitere Detailfragen zu dem gleichen Thema. Zunächst: Wurde das Eluat bei der „Erstprüfung“ im S4-Verfahren oder im Trogverfahren hergestellt? Wurde das Eluat mit destilliertem Wasser aufbereitet und gibt es dadurch möglicherweise Unterschiede zum Niederschlagswasser, Stichwort „saurer Regen“? Wurde drittens untersucht, ob die Zugabe von Tausalzen die Eluation nochmal verändert?

**Herr Walter:**

Soviel ich weiß, wurde die Eluation mit destilliertem Wasser im S4-Verfahren, d. h. nicht im Trogverfahren, durchgeführt.

**Herr DirProf. Dr. Reichelt:**

Falls durch unsere Prüfverfahren nicht die Realität abgebildet wird oder wenn wie hier die Ergebnisse so stark auseinanderklaffen, dann stimmt doch was nicht. Dann können wir das Material doch nicht guten Gewissens an anderen Stellen einbauen, nur weil niemand hinguckt!

Also, es muss schon nochmal recherchiert werden, ob die Prüfverfahren tatsächlich so stark von den realen Bedingungen abweichen, wie das hier möglicherweise der Fall ist. Insofern bin ich gespannt auf Ihren dritten Teil.

**Herr Rodehack:**

Das Material muss ja zuerst eine ganze Zeit abgelagert sein, bevor es eingebaut werden darf. Eine Vermutung, die durch die ganze Diskussion jetzt bei uns aufgekommen ist, ist die, dass das Material vielleicht durch das Verdichten nochmal gebrochen wurde und so neue Oberflächen entstanden sind, an denen leichter eluiert werden kann. Das könnte auch eine Ursache sein, aber noch tapfen wir wirklich im Dunklen.

**Herr Walter:**

Das Material wird auf Halde beregnet, um es künstlich zu altern. Beim Einbau wird das Material dann durch die Verdichtung gebrochen und es kommt zu neuen, unberechneten Oberflächen, die das Auslaugverhalten eventuell negativ beeinflussen.

**Herr Jäschke:**

Aus den Merkblättern und den technischen Lieferbedingungen für EOS ist bekannt, dass das künstliche Altern von EOS nicht vorgesehen ist, weil es eigentlich nichts bringt. Eine Ausnahme ist der Fall, wenn EOS kalkhaltig ist, der Kalk gebunden werden kann und dann nicht mehr reaktiv ist. Alles andere erreicht man über eine Alterung meinem Wissen nach nicht.

Aber meine Frage ist: Sie haben 400.000 t von diesen Schlacken verbaut. Sie hatten nur das Schreiben oder das Zertifikat des Landratsamtes in der Hand, dass dieses Material Z1.1 erfüllt. Während der ganzen Lieferung des Materials gab es keine zusätzliche Güteüberwachung, nehme ich an.

**Herr Walter:**

Doch, je 2.500 m<sup>3</sup> wurde eine Probe genommen und untersucht.

**Herr Jäschke:**

Wurden diese Ergebnisse auch für den Einbau berücksichtigt?

**Herr Walter:**

Es gab keine Ergebnisse, die etwas Gegenteiliges gesagt hätten.

**Herr Hillmann:**

Von Ihrem Vortrag in Gießen (auf der Erd- und Grundbautagung) habe ich in Erinnerung, dass nach der Errichtung des Lärmschutzwalles nachträglich die Pfähle für die Errichtung einer Lärmschutzwand gesetzt wurden, was ursprünglich nicht geplant war. Diese Löcher wurden mit Kies aufgefüllt. Sie hatten das sehr klar dargestellt. Diese Löcher auf der Abflussseite sind natürlich eine sehr schöne Bewässerung dieses Dammes.

**Herr Walter:**

Das anfallende Wasser auf der südlichen Fahrbahnseite würde in diesem Bereich durch die Kiesscheibe (Schlitzwand), die entlang des ganzen Dammes führt, ohnehin versickern. Vielleicht geht das so etwas besser als ohne Kiesscheibe. Das anfallende Wasser würde an der Stelle aber immer in den Damm eindringen. Unserer Meinung nach ist durch die Einbringung der Kiesscheibe keine Änderung der Entwässerung des gesamten Systems gegeben. Das Wasser läuft jetzt über die abgedichtete Fahrbahn in das Bankett und versickert in der Kiesscheibe.

Auf den ersten Blick konnte das natürlich auch eine Ursache sein, weil es hier zu einem extremen Eintrag von Wasser kommen würde, aber bei genauere Betrachtung ist das eigentlich nicht so.

Es war von Anfang an geplant, die Lärmschutzwand an der jetzigen Stelle zu errichten. Durch den Einsatz der EOS war es erforderlich, mit der Kiesscheibe die Voraussetzungen für das Einbringen der Pfähle zu schaffen. Die EOS ist zu hart, um durchbohrt zu werden.

**Herr Effland:**

Ich kann mir eine so große Kornverfeinerung, die dort stattgefunden haben soll, überhaupt nicht vorstellen. Wenn ich aber den Einbau betrachte, ist

doch nach dem Bau der Tragschicht doch noch jede Menge Zeit, Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen zu machen.

**Herr Walter:**

Man kann das Material eigentlich nicht verdichten. Nach der Schüttung wird es mit dem Bagger verteilt und dann steht es sofort bombenfest.

**Herr Effland:**

Es sind also keine Kontrollprüfungen der Verdichtung durchgeführt worden? Und auch keine Bestimmung der Kornverfeinerung durch Siebung?

**Herr Walter:**

Kontrollprüfungen der Verdichtung sind durchgeführt worden.

**Herr Röger:**

Wir hatten in Baden-Württemberg einen Schaden an einem bestehenden Damm, und zwar an der Dammschulter. Die Post hat in einen Damm aus bindigem Material, d. h. veränderlich festem Gestein, ein Postkabel verlegt. Der Graben in der Dammschulter wurde wieder mit Sand verfüllt und mit Oberboden abgedeckt. Beide Materialien haben sich gesetzt und es gab eine Mulde. Das führte dazu, dass sich das Wasser aus der Oberflächenentwässerung der Straße in der Mulde gestaut hat, im Postleitungsgraben versickert ist und dadurch den Damm zerstört hat. Ich habe daraus gelernt, dass das Oberflächenwasser der befestigten Straße auf jeden Fall die Böschungsschulter überqueren muss. Der Seitenstreifen eines Dammes muss mit bindigem Material so abgedeckt werden, dass das Oberflächenwasser der Straße an keiner Stelle in den Damm eindringen kann.

Ihre Konstruktion mit einem wasserdurchlässigen Unterbau ist an dieser Stelle tatsächlich gefährdet. Daher muss die Oberfläche an dieser Stelle abgedichtet werden.

**Herr Hillmann:**

Ich möchte ergänzen, dass wir in den ZTV E-StB im Bereich oberhalb der Frostschutzzunge empfehlen, schwach bindige Böden, die eine ausreichende Standfestigkeit aufweisen, was natürlich das wichtigste Kriterium ist, einzubauen. Wichtig ist aber auch eine geringe Wasserdurchlässigkeit durch die entsprechende Zusammensetzung und Verdichtung.

**Herr Walter:**

Eine Frage war noch die nach dem NaCl-Eintrag. Ein möglicher Einfluss durch das Streusalz wurde im Gutachten untersucht. Ergebnis war, dass NaCl keinen Einfluss auf die Auslaugung hat.

Es ist zu vermuten, dass das gewählte Prüfverfahren das Falsche für diese Art des Einbaus war. Vielleicht wurde auch die falsche Korngröße geprüft.

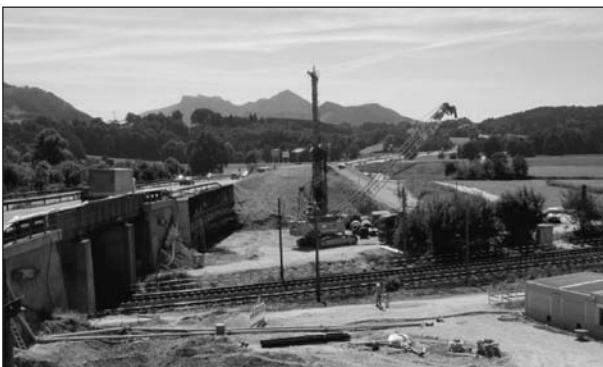
Dr. Michael Dietrich  
Autobahndirektion Südbayern, München

## Einbau von Glasschaumgranulat als Leichtschüttung an der Bahnbrücke Bernau, BAB A 8 München – Salzburg

### 1 Allgemeines

Die Autobahn von München nach Salzburg (A 8 Ost) wurde in den Jahren 1934 bis 1939 erbaut und zählt zum Grundnetz der Autobahnen in Bayern. Von München bis Rosenheim erfolgte in den Jahren 1973 bis 1981 ein sechsstreifiger Ausbau. Der anschließende Abschnitt von Rosenheim bis Salzburg ist seit der ursprünglichen vierstreifigen Fertigstellung bis auf wenige Teilbereiche nahezu unverändert. Mittelfristig ist für diesen Abschnitt ein sechsstreifiger Ausbau der A 8 Ost bis Salzburg vorgesehen.

Ein wesentlicher Auslöser für das vorgestellte Bauvorhaben war die an das Ende ihrer Lebenszeit gelangte Bahnbrücke Bernau, situiert zwischen den Anschlussstellen Bernau am Chiemsee und Felden. Mit Setzungsbeträgen zwischen 1,0 m und bis zu 1,8 m der schwimmend auf Pfählen gegründeten Bahnbrücke und durch zunehmende Verkehrsbelastungen und Umwelteinflüsse wies das Bauwerk so starke Schädigungen auf, dass eine Erneuerung kurzfristig notwendig wurde. Im zeitlichen Vorlauf zum geplanten 6-streifigen Streckenausbau wurde daher nördlich des bestehenden Bauwerkes der Neubau der Brücke für die Richtungsfahrbahn von Salzburg nach München errichtet. Diese neue



**Bild 1:** Brückenbaustelle im Juli 2006. Links die alte Brücke, hinten die Dammschüttung

Brücke wird bis zum 6-streifigen Ausbau den Verkehr für beide Fahrtrichtungen aufnehmen. Die Gründung erfolgte setzungsfrei auf bis zu rund 60 m langen Bohrpfählen im tragfähigen Felsuntergrund.

Im Zulauf zur neuen Bahnbrücke Bernau war deshalb eine Dammverbreiterung mit Schütthöhen von bis zu 8 m bei Kronenbreiten von bis zu 20 m unmittelbar nördlich des Bestandes der A 8 auszuführen. Aufgrund der äußerst ungünstigen Untergrundverhältnisse waren für die Dammerstellung hinsichtlich der Standsicherheit und des Setzungsverhaltens besondere Maßnahmen vorzusehen, die nachfolgend entsprechend beschrieben werden.

### 2 Untergrund

Der Autobahnabschnitt zwischen den Anschlussstellen Bernau und Felden quert den südwestlichen Verlandungsbereich des Chiemsees. Der Chiemsee ist aus einem in den Molasseuntergrund eingetieften Becken eines Seitengletschers des Inntalgletschers entstanden. Durch mehrmaliges Abschmelzen und Vorrücken des Gletschers wurden feinkörnig abgelagerte Materialien mit größerem Material, welches teilweise mit dem Schmelzwasser transportiert wurde, vermischt und als Moräne abgelagert. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Grundmoräne einer Eisaufblast von mehr als 200 m ausgesetzt war. Nach Abtauen des Eises lagerten sich überwiegend feinkörnige Seesedimente ab, wobei die Mächtigkeit der Verlandungssedimente im Baubereich bis zu 50 m beträgt. Nach den abgeteuften Aufschlüssen und den geologischen Informationen wird der Untergrund im Baubereich aus folgenden Hauptbodenschichten aufgebaut (von oben nach unten):

- Künstliche Auffüllungen, zumeist mit hauptsächlich kiesigen Anteilen überwiegend aus dem ursprünglichen Autobahnbau und den in diesem Zusammenhang benötigten Baustraßen, Auflastschüttungen etc.; typischerweise 0 bis 6 m unter Geländeoberkante,
- Torfe (teils gemischt mit Sand, Kies- und Seesedimenten); Mächtigkeiten bis etwa 5 m,
- Auesedimente, bestehend aus Schluff- und Sandböden, als Übergangsschicht zu den reinen Seesedimenten, Mächtigkeit zwischen 0 und 3 m,

- Sande und Kiese (aus quartären Flussablagerungen), 0 bis 6 m,
- Seesedimente: überwiegend feinkörnig, 30 bis 45 m Mächtigkeit, bis 50 m unter Geländeoberkante erbohrt,
- Moräneformationen (Seesedimente vermischt mit Sanden und Kiesen und durch Eisauflast konsolidiert), 0 bis 10 m Mächtigkeit,
- Felsuntergrund: Tonmergelschichten des Tertiärs, etwa ab 40 bis 50 m unter Geländeoberkante.

Von besonderer Bedeutung für die Baumaßnahmen in diesem Bereich sind die mächtigen, stark setzungsempfindlichen Seesedimente sowie der hohe, bis nahe an die Geländeoberkante reichende Grundwasserstand.

### 3 Setzungsproblematik

Aus Setzungsbeobachtungen war bekannt, dass sich die bestehende, vor etwa 70 Jahren aufgebraute Dammschüttung aktuell noch um 0,5 bis 1 cm pro Jahr setzt. Setzungsberechnungen durch das Zentrum Geotechnik der Technischen Universität München prognostizierten Dammsetzungen in einer Größenordnung zwischen 84 cm und 125 cm für die neue Dammschüttung. Für die bestehende Fahrbahn wurden Mitnahmesetzungen in einer Größenordnung von 20 cm in der Achse und am nördlichen Rand zum neu herzustellenden Damm in einer Größenordnung von 84 cm ermittelt.

Neben den absoluten Setzungsbeträgen ist insbesondere der zeitliche Setzungsverlauf von Bedeutung. Es war davon auszugehen, dass die zu erwartenden Setzungsbeträge ohne zusätzliche Maßnahmen relativ lange Zeiträume in Anspruch nehmen würden, sodass aufgrund der Setzungsdifferenzen hier erhebliche Nacharbeiten über Jahrzehnte absehbar waren.

Bei Planung der Maßnahme bestand das wesentliche Ziel hinsichtlich des Setzungsverhaltens darin, einen möglichst großen Anteil der Verformungen möglichst frühzeitig zu erhalten, um die Erhaltungsaufwendungen nach Fertigstellung des befestigten Oberbaus so weit wie möglich zu reduzieren. Besonders der Übergang des Dammes zur neu gebauten Brücke, die aufgrund ihrer Tiefgründung praktisch setzungsfrei ist, stellte eine besondere Herausforderung dar. Auch in den nächsten Jahr-

zehnten ist damit zu rechnen, dass der Damm sich mit Beträgen von rund 1 cm pro Jahr setzen wird. Die Setzungsdifferenzen zwischen Damm und Brücke sind unvermeidbar, Ziel war es daher, den Übergang auf eine möglichst lange Strecke zu verteilen.

## 4 Zusätzliche Maßnahmen aufgrund der Setzungen

### 4.1 Dammschüttungen

Um die nicht vermeidbaren Setzungen und Setzungsdifferenzen noch innerhalb der Bauzeit in möglichst großem Umfang zu konzentrieren, wurden folgende Maßnahmen ergriffen:

- Dammschüttungen als Vorwegmaßnahme: Mit dem Bau der Dämme wurde bereits ab Ende 2004 begonnen, die Verkehrsfreigabe war im Herbst 2007. Somit konnte eine möglichst lange Liegezeit für die Dämme erreicht werden.
- Überlastschüttung: Unter Berücksichtigung konstruktiver und erdstatischer Aspekte wurde ein Überschütniveau von 1,5 m über den endgültigen Dammoberkanten angestrebt. Abschnittsweise mussten hier aufgrund der Auswirkungen auf den Bestand der BAB A 8 (Risse in der Fahrbahn) gewisse Kompromisse eingegangen werden.
- Beschleunigung des Setzungsverhaltens mittels Vertikaldräns: Zur gewünschten Beschleunigung des Setzungsverhaltens (insbesondere der Setzungen aus den tiefreichenden Seesedimenten) und auch aus Gründen der Standsicherheit der Dämme wurden Vertikaldräns eingebracht. Es sind dabei Streifendrängs aus Geokunststoffen mit einer Breite von etwa 10 cm und einer Dicke von etwa 5 mm eingebaut worden. Die Anordnung erfolgt in der Draufsicht in einem Dreieckraster, wobei die jeweiligen Achsabstände bei 1,2 m lagen. Die Einbringtiefen wurden in Abhängigkeit von den Dammschüthöhen festgelegt, wobei drei unterschiedliche Einbringtiefen (15 m, 20 m und 25 m unter Ansatzpunkt) festgelegt wurden.
- Verbesserung der Dammaufstandsflächen durch eine geokunststoffbewehrte Matratze: Bei Ausführung der ersten Standsicherheitsberechnung hatte sich relativ schnell ergeben, dass ohne die Einführung von bewehrenden Elementen

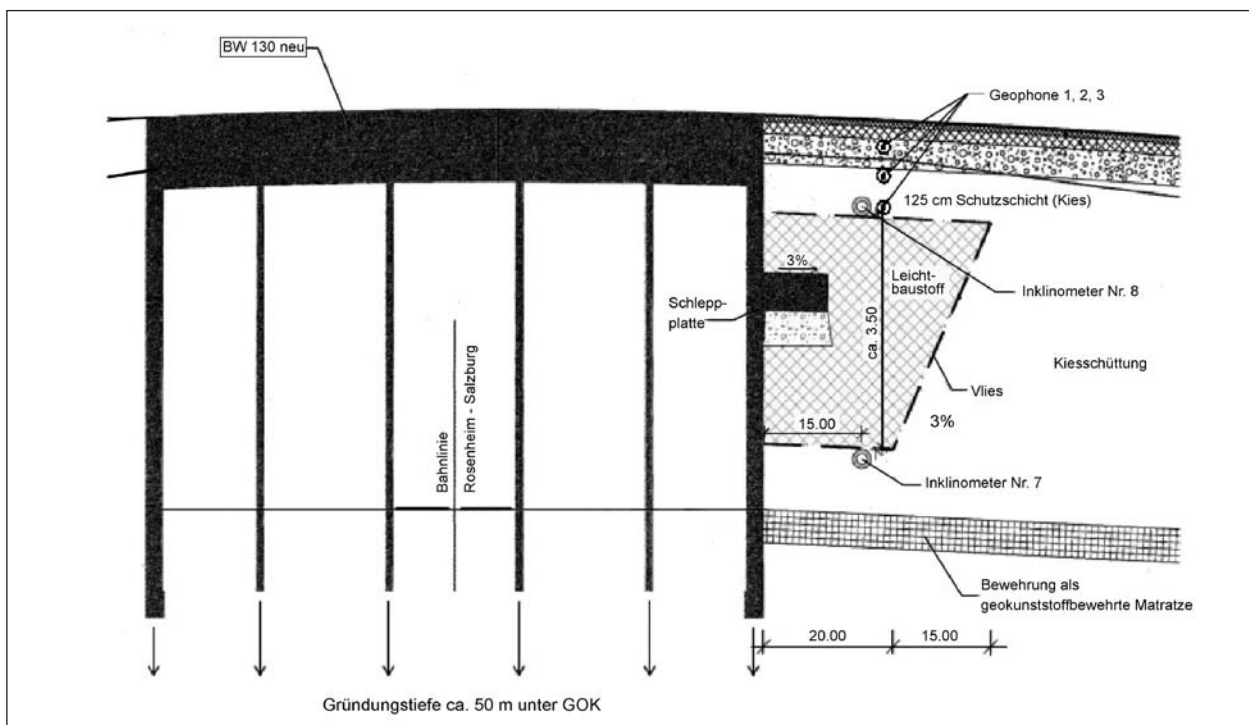
ten und der entsprechenden Ermöglichung einer Zugkraftaufnahme selbst bei den vorher beschriebenen Dränierungsmaßnahmen jeweils nur sehr geringe Dammschütthöhen zulässig waren, bevor beispielsweise geländebruchartige Versagensmechanismen maßgebend würden. Auch unter Berücksichtigung der teilweise sehr gering tragfähigen oberflächennahen Bodenverhältnisse und der stark wechselnden diesbezüglichen Gegebenheiten wurde schließlich eine geokunststoffbewehrte Matratze aufgebaut.

Die Dammschüttung wurde bei den gegebenen äußerst schwierigen Untergrundverhältnissen, den zu erwartenden Schwierigkeiten hinsichtlich der Standsicherheit und den erheblichen Setzungen von einem umfangreichen Messprogramm begleitet. Wesentliches Ziel des Messprogramms war die Steuerung des Bauablaufes hinsichtlich der Schütthöhen, die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit bestehender Bauwerke. Hier waren insbesondere die Fahrbahn der A 8, die alte Bahnbrücke Bernau und die Eisenbahntrasse zu berücksichtigen. In mehreren Messquer- und -längsschnitten wurden Horizontalinklinometer, Porenwasserdruckmesser und Dehnungsmessgeber an den verbauten Geogittern eingebaut. Zusätzlich wurden etwa alle 40 m Querschnitte mit Setzungsmesspegeln (3 bis 4 Pegel pro

Querschnitt) zur Beobachtung der unterschiedlichen Setzungsbeträge in den verschiedenen Abschnitten festgelegt, die auch abrechnungstechnischen Zwecken dienen.

#### 4.2 Widerlagerhinterfüllungen

Die Dammschüttungen waren auch im Bereich der geplanten Widerlager als Vorbelastung aufgebracht worden. Vor Beginn der Gründungsarbeiten für die Widerlager wurden hier die Kiesschüttungen zurückgebaut. Aus den Erfahrungen vom Neubau der Tiroler-Achen-Brücke (9 km weiter östlich an der A 8) war bekannt, dass der Übergang zwischen tiefgegründetem Bauwerk und Fahrbahndamm bei den Untergrundverhältnissen, wie sie am Chiemsee vorherrschen, zu Setzungsdifferenzen neigt. Hier musste in den letzten Jahren laufend die Fahrbahn mit Asphalt nachgebessert werden. Der Einbau von Schleppplatten hatte sich als alleiniges Mittel zum Ausgleich der Setzungen als nicht ausreichend gezeigt. Daher sollte an der Bernauer Bahnbrücke zusätzlich im Bereich der Widerlagerhinterfüllung und auch in einem Bereich noch darüber hinaus die Last des Dammes durch Leichtbaumaterialien verringert werden. Grundsätzlich kamen drei verschiedene Arten von Leichtbaumaterialien infrage: Blähton, EPS-Hartschaum sowie Glaschaumgranulat. Nach eingehenden Vergleichen



**Bild 2:** Längsschnitt des Bauwerks mit Leichtschüttkörper und Schleppplatte (10fach überhöht)



der Materialeigenschaften, aber auch unter besonderer Wertung des bautechnischen Aufwandes für den Einbau der verschiedenen Leichtbaustoffe wurde schließlich Glasschaumgranulat für die Bernauer Bahnbrücke ausgewählt. Geometrisch wurden die Leichtschüttkörper auf beiden Seiten des Bauwerks in gleicher Weise dimensioniert. Die Länge der Leichtschüttungen wurde mit 35 m ab den Widerlagern festgelegt, wobei bis 20 m hinter den Widerlagern die Mächtigkeit 3,5 m betragen sollte (Bild 2).

Auf den folgenden 15 m sollte die Dicke der Leichtschüttung von 3,5 m bis auf 0 m auskeilen, um eine möglichst lang gezogene Setzungsanpassung zu erreichen. Seitlich wurden die Leichtschüttungen auf der einen Seite vom bestehenden Fahrbahndamm begrenzt, auf der Dammaußenseite wurden eine 0,85 m dicke Kiesschüttung und eine 0,15 m dicke Humusbedeckung vorgesehen. Über den Leichtschüttungen wurde eine Kiesschutzschicht von 1,25 m Dicke geplant.

Darüber folgt der Fahrbahnaufbau (Frostschutzschicht und bituminöser Deckenaufbau mit 0,75 m), sodass sich zwischen Fahrbahnoberkante und der Oberkante der Leichtschüttung ein Abstand von insgesamt 2,0 m ergibt. Durch diese Bauweise sollten dynamische Einflüsse aus der Verkehrsbelas-

tung, aber auch Einbauten wie beispielsweise Ramppfosten für Schutzplanken von der Leichtschüttung sicher ferngehalten werden. Der Leichtschüttkörper wurde allseitig durch ein Trennvlies umhüllt (Bild 3).

## 5 Leichtbaustoff Glasschaumgranulat

### 5.1 Eigenschaften

Glasschaumgranulat wird aus Altglas hergestellt. Für den Straßenbau wird es mit Korngrößen von etwa 20/50 mm geliefert. Das Material ist geschlossenzellig, zeigt nur geringe Wasseraufnahme, ist chemisch inert, beständig gegen Lösemittel, nicht grundwassergefährdend und nicht brennbar (Bild 4). Mit einer Dichte von etwa  $250 \text{ kg/m}^3$  im eingebauten, verdichteten Zustand liegt die Gewichtsersparnis im Vergleich zu einer Kiesschüttung bei einem Faktor von rund 8. Die Gewichtsersparnis gegenüber EPS-Hartschaum ist deutlich geringer, aber höher als bei Blähton.

Eine Schüttung aus Glasschaumgranulat zeigt kein Kriechverhalten, ein Abrieb der Körner unter starker dynamischer Belastung ist aber nicht ganz auszuschließen.

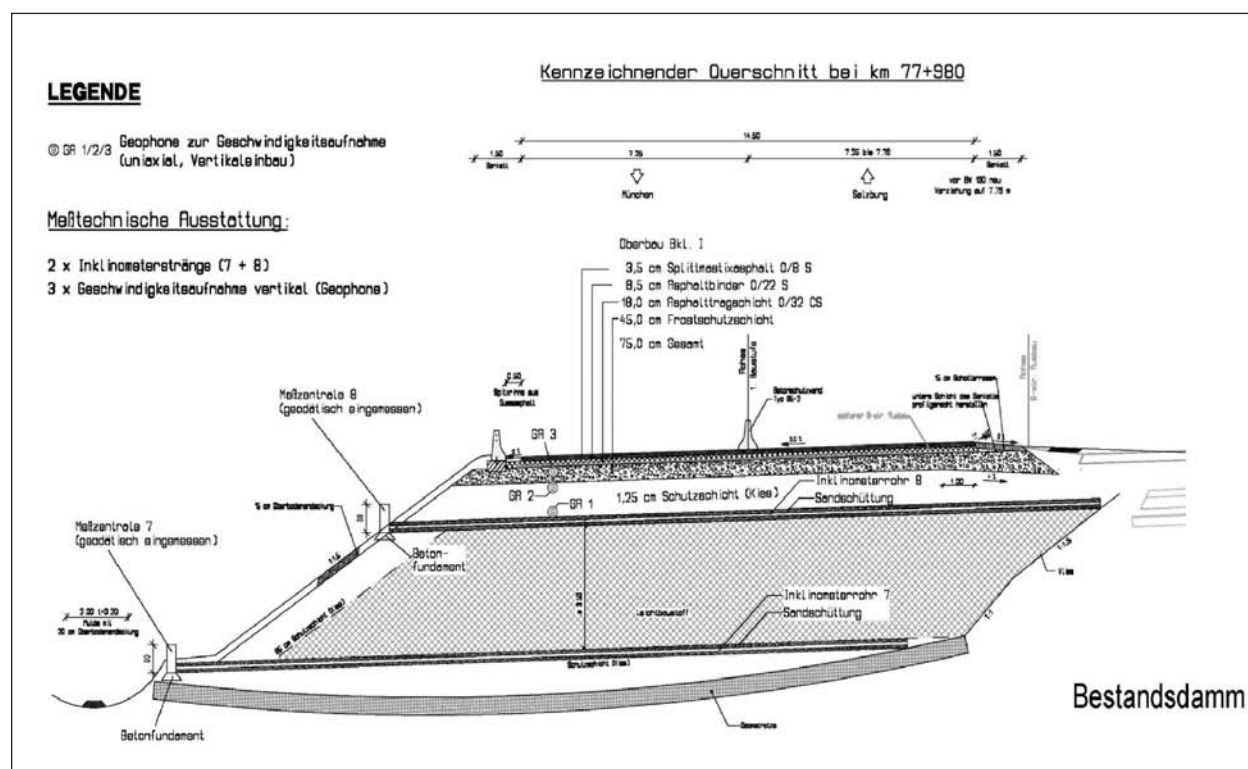


Bild 3: Querschnitt durch die Leichtschüttung

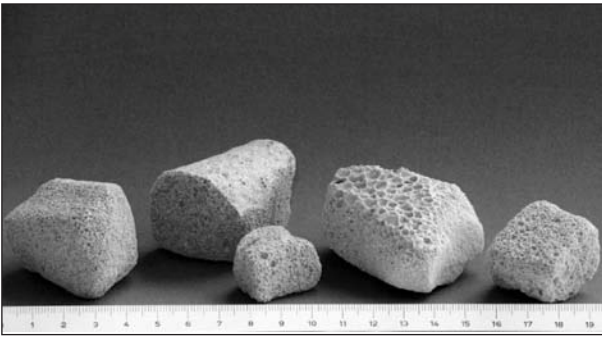


Bild 4: Glasschaumgranulat

## 5.2 Anforderungen an das Material

Glasschaumgranulat, auch als Glasschaumschotter bzw. Schaumglasschotter bezeichnet, wurde bislang in Deutschland im Bereich von Bundesautobahnen nach derzeitigem Kenntnisstand noch nicht verwendet. Es lagen daher noch keine hinreichenden Erfahrungen zur Gleichartigkeit des gelieferten Materials, zur Einhaltung der dafür notwendigen Festigkeiten, zum Verdichtungsfaktor etc. vor. Da standardisierte Überprüfungen, Regelwerke für die Produktion und für den Einbau noch nicht vorlagen bzw. einschlägige Erfahrungen auch nicht gegeben waren, wurde mit dem Ingenieurbüro Crystal Geotechnik aus Utting (Ammersee) ein Konzept zur Qualitätssicherung der Materialeigenschaften wie auch des Einbaus entwickelt. Um als Bauherr auf das verwendete Material Einfluss nehmen zu können, war die Lieferung getrennt von der Bauleistung nach VOL ausgeschrieben worden. Im Vorfeld der Ausschreibung waren Materialproben aus der laufenden Produktion verschiedener Hersteller im Labor von Crystal Geotechnik untersucht worden. Hierbei wurden einaxiale Druckversuche in Anlehnung an DIN 18136 an quaderförmigen Prüfkörpern durchgeführt. Da die Materialien der verschiedenen Hersteller unterschiedliche Korngrößen aufwiesen und nicht auszuschließen war, dass die Probengröße einen gewissen Einfluss auf das Ergebnis der Festigkeit hat, wurde eine einheitliche Probengröße von 2 cm x 2 cm x 4 cm für alle Produkte festgelegt. Die Versuche wurden mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 0,7 mm/min gefahren. An den Probekörpern wurden durchschnittliche maximale Druckfestigkeiten im Bereich zwischen 1.725 kN/m<sup>2</sup> und 2.240 kN/m<sup>2</sup> je nach Produkt ermittelt. Zusätzlich wurde die Stauchung ermittelt, die bei einer Festigkeit von 1.500 kN/m<sup>2</sup> notwendig war. Zusätzlich zu den Versuchen am Einzelkorn wurden Druckversuche mit behinderter Seitendehnung am geschütteten Material durchgeführt. Ausge-

sprochen wurde ein Material, das als Mindestfestigkeit 2.000 kN/m<sup>2</sup> und eine einaxiale Druckfestigkeit von mindestens 1.500 kN/m<sup>2</sup> bei höchstens 4 % Stauchung aufweisen musste. Die Korngröße wurde mit 10/60 mm vorgegeben. Neben den Anforderungen an die Eigenschaften des Materials wurde auch die Lieferfähigkeit in der Gesamtmenge wie auch die täglich zu liefernde Menge in der Ausschreibung festgelegt.

## 5.3 Einbau

Die Anlieferung auf die Baustelle erfolgte mit Sattelzügen, die ein Fassungsvermögen von rund 90 m<sup>3</sup> aufwiesen. Der Einbau wurde in Lagen von 0,50 m Stärke mit einer Schubraupe vorgenommen (Bild 5).

Die ersten beiden Lagen am östlichen Widerlager wurden als Probefeld für die Einbaumethodik, die Verdichtung und die Kalibrierung der Verdichtungskontrolle verwendet. Die Verdichtung erfolgte mit einem 8-t-Walzenzug ohne Vibration. Die optimale Verdichtung wurde im Mittel nach 4 Walzenübergängen erreicht. In den unzugänglichen Bereichen hinter den Brückenwiderlagern wurde mit einer mittelschweren Rüttelplatte verdichtet (Bild 6). Bei der optimalen Verdichtung des Materials musste ein Kompromiss aus dem Verdichtungsgrad und der zunehmenden Kornzertrümmerung gefunden werden. Die Kontrolle der Verdichtung erfolgte zum einen mit dem Leichten Fallgewichtsgerät und zum anderen mit dem Densitometer mit einer Gummiblase.

Statische Plattendruckversuche konnten wegen des Fehlens eines geeigneten Gegengewichts (Walze zu leicht, Schubraupe ungeeignet) nicht ausgeführt werden. Auf der Baustelle wurde festgelegt, dass dynamische Verformungsmoduln  $E_{vd}$  größer 15 MN/m<sup>2</sup> bereits eine ausreichende Verdichtung des Materials kennzeichnen, während Verformungsmoduln, die wesentlich über 25 MN/m<sup>2</sup> hinausgingen, kaum mehr Verdichtung, aber eine deutlich zunehmende Kornzerkleinerung anzeigten. Der Aufbau der Leichtschüttungen wurde auf beiden Seiten der Brücke für den Einbau der Schleppplatten unterbrochen. Die 10 m langen Schleppplatten wurden nach dem Einbau von etwa der halben Höhe der Leichtschüttung auf einem Kieskoffer betoniert. Nach Aushärtung des Betons wurden die Leichtschüttungen fertig geschüttet. Die Bauzeit für die Schüttung des Glasschaumgranulates betrug inklusive der Zeit, die für die Betonierung der Schleppplatten erforderlich war, rund einen Monat.



**Bild 5:** Anlieferung und Verteilung von Glasschaumgranulat



**Bild 6:** Verdichtung mit statisch betriebener Walze und Rüttelplatte

Insgesamt wurden rund 5.000 m<sup>2</sup> Glasschaumgranulat verbaut.

## 6 Messtechnische Begleitung

Über die reine Überwachung des Einbaus mit der Kontrolle der Verdichtung, der Schüttdichte und der Korngröße des Produkts hinaus wurde aber auch vorgesehen, die Leichtschüttungen als solche über einen längeren Zeitraum zu überwachen. Beiderseits des Bauwerks wurde jeweils im Leichtschüttkörper (außerhalb des Bereiches der Schleppplatten) ein Messquerschnitt festgelegt. In diesen Messquerschnitten wurden zur Kontrolle von Setzungen des Dammes und interner Setzungen im Leichtschüttkörper Horizontalinklinometer an der Basis und am Top der Leichtschüttung installiert. Zur Ermittlung eines möglichen dynamischen Einflusses durch den Verkehr auf die Leichtschüttung wurden in den Messquerschnitten Geschwindigkeitsaufnehmer (Geophone) über der Leichtschüttung in unterschiedlichen Tiefen unter der Fahrbahn eingebaut. Die Messungen wurden bislang erst teilweise ausgewertet, über die Ergebnisse wird an anderer Stelle berichtet werden.

## 7 Bewertung

Die Verwendung von Glasschaumgranulat als Leichtschüttmaterial hat sich aus der Sicht nach Abschluss der Bauarbeiten bewährt. Der Einbau des Materials konnte in kurzer Zeit mit konventionellen Erdbaugeräten bewältigt werden. Im Gegensatz zum Einbau von EPS-Hartschaum war der Einbauaufwand gering, da keinerlei Handarbeit erforderlich war. Nachsetzungen aus Materialkriechen sind nicht zu erwarten. Die neue Bahnbrücke Bernau ist seit Ende Oktober 2007 unter Verkehr. Weder an der Fahrbahndecke noch messtechnisch konnten bislang Setzungsdifferenzen am Übergang zum Bauwerk festgestellt werden.

## Diskussion

### Frage:

Wie viel kostet ein m<sup>3</sup> Glasschaumgranulat?

### Herr Dr. Dietrich:

Wir haben 86 € pro m<sup>3</sup> bezahlt. Dazu kamen Einbaukosten in Höhe von 1 bis 2 €. Wir haben Vergleichswerte für die Styroporbauweise erfragt. Die Kosten lagen bei ca. 90 € inklusive Einbau.

### Frage:

Hatten Sie Leichtbaustoffe ausgeschrieben?

### Herr Dr. Dietrich:

Nein, in diesem Fall, der ja in diesem Maßstab ein Pilotprojekt ist, haben wir das Material als Lieferleistung ausgeschrieben. Es kamen drei Hersteller infrage, von denen zwei ein Angebot abgegeben haben. Wir haben dann sehr umfangreich geprüft, haben Werksbesichtigungen durchgeführt und wir haben an Materialproben der Hersteller Einzelprüfungen auf Gleichmäßigkeit gemacht. Wir haben von Einzelkörnern Prüfkörper hergestellt und einaxiale Druckversuche gemacht. Im großen Proctortopf haben wir Belastungsversuche mit behinderter Seitendehnung gemacht. Wir haben richtig herum experimentiert und geschaut, welche Anforderungen das Material erfüllen muss. Nach der Aufstellung von Mindestanforderungen haben wir das Material daraufhin untersucht, ob es wirklich geeignet ist.

### Herr Efland:

Haben Sie das Material auch unter Wasser eingebaut?

**Herr Dr. Dietrich:**

Nein, das Glasschaumgranulat liegt jetzt über Gelände und ist damit nicht im Wasser.

**Herr Effland:**

Wir haben nämlich festgestellt, dass die 1. Generation dieses Schaumglases viel Wasser aufgenommen hat.

**Herr Dr. Dietrich:**

Wir haben vorab Wasseraufnahmeversuche gemacht und eine sehr geringe Wasseraufnahme von 1 bis 2 % festgestellt. Das Material hat geschlossene Poren, sodass nur die äußeren gebrochenen Poren Wasser aufnehmen können.

**Herr Effland:**

Bei der Verdichtungsbestimmung mit dem Densitometer könnte ich mir vorstellen, dass sich die Grube auflockert, sodass unrealistische Werte bestimmt werden.

**Herr Dr. Dietrich:**

Diese Befürchtung hatten wir auch, die Dichtebestimmung war dann aber sehr genau. Es ist aber eine reine Handarbeit, in den Gruben muss Körnchen für Körnchen herausgenommen werden. Die Körner verzahnen sich aber sehr stark miteinander, dadurch bricht das Material seitlich nicht nach. Bei so einem ersten Einsatz ist man ja bereit, einen erhöhten Aufwand zu betreiben.

**Herr Effland:**

Bei der beschriebenen Zeitersparnis meinen Sie sicher den Vergleich mit EPS. Es gibt ja noch andere Leichtbaustoffe, für die ich mir keine Zeitersparnis vorstellen kann.

**Herr Dr. Dietrich:**

Ja, die Zeitersparnis bezieht sich auf den Vergleich mit EPS. Beim Vergleich mit Blähton gibt es sicher keine Zeitersparnis.

Der Bau eines Dammes von 6 m Höhe wäre mit dem rolligen Blähton aber sicherlich schwierig zu errichten. Obendrein ist Blähton mit ca. 400 kg pro m<sup>3</sup> etwas schwerer als Schaumglas und nimmt sehr viel Wasser auf. Dieser Effekt ist in der Hydrokultur ja sicher erwünscht, wäre aber bei unserem Bauvorhaben nachteilig gewesen.

Dipl.-Ing. T. Hecht  
DEGES Berlin

## Fahrbahnanhebungen infolge von Treibmineralbildung in bindemittelverbesserten gipshaltigen Böden

Östlich der Landesgrenze Niedersachsen/Thüringen quert die Trasse der BAB A 38 zwischen dem Gehlhäuser Sprung und der L 2003 am Westhang des Hackeberges eine etwa 800 m breite Bruchscholle aus oberem Buntsandstein (Salinarrot). Nach dem Thüringer Subrosionskataster und karstmorphologischen Kartierungen der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG) wurden im Untersuchungsgebiet vielfältige Subrosionserscheinungen durch Gipsauslaugungen im Untergrund (Erdfälle, Geländesenkungen sowie Quellen) nachgewiesen. Der Bauabschnitt wird als „akutes Erdfallgebiet“ eingestuft. Unter anderem sind in jüngerer Zeit etwa 250 m und 600 m südlich der BAB-Trasse Erdfälle mit Durchmessern bis 9 m aufgetreten. Bei den Erkundungen für die BAB-Trasse und die einliegenden Bauwerke ließen sich ebenfalls kleinere Hohlräume (< 1 m) feststellen. Das ausgelaugte Röt mit Hohlräumen, Zerrüttungszonen und Gipsaschen reicht bis in 80 m Tiefe. Im Hangenden sind Restgipse in Form von einzelnen Blöcken, Bänken und imprägnierten Klüften anzutreffen.

Nach Variantenuntersuchungen verschiedenster Sicherungsmöglichkeiten wurde eine bewehrte, fugenlose Stahlbetonplatte unter der Asphalttragschicht angeordnet, die in der Lage ist, Erdfälle bis etwa 16 m Durchmesser über einen ausreichenden Zeitraum im Ereignisfall zu überbrücken. Nach Vorgabe eines Bemessungserdfalles, eines zulässigen Durchhanges und einer Verkehrslast wurde die Platte als Zugband unter der Annahme der Ausbildung von Fließgelenken bemessen. Unter der Stahlbetonplatte wurde eine 25 cm dicke Frostschutzschicht und darunter eine 1- bis 3-lagige Untergrundverbesserung mit Bindemitteln vorgesehen. Bild 1 zeigt den Regelaufbau der Fahrbahn, Bild 2 die Bewehrung der Stahlbetonplatte.

Etwas mehr als ein halbes Jahr nach der Verkehrsfreigabe wurden Abplatzungen und klaffende Fugen an den Betonschutzwänden und der Pflasterrinne sowie eine Delle in der Überholspur der Richtungsfahrbahn Göttingen festgestellt (Bilder 3 und 4).

Aufgrund des Schadensbildes wurde ein durch die ausgeführten Sicherungsmaßnahmen sicher überbrückte Erdfall vermutet (Bild 5).

Es wurde umgehend die rasterförmige Vermessung beider Richtungsfahrbahnen veranlasst. Weiterhin wurde ein Aufschlussbohrgerät mobilisiert, um im vermeintlichen Zentrum des vermuteten Erdfalles

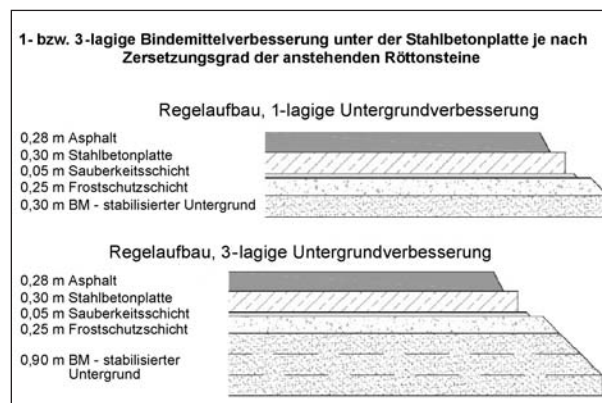


Bild 1: Regelaufbau der Fahrbahn



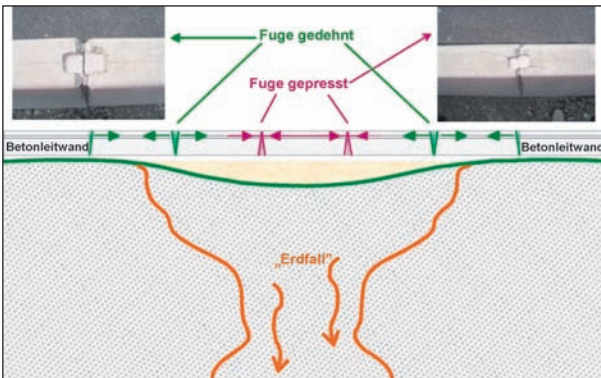
Bild 2: Bewehrung der Stahlbetonplatte



Bild 3: Schadensbild an der Betonschutzwand



**Bild 4:** Schadensbild der Straße



**Bild 5:** Detailansicht des Schadensbilds mit Skizze der vermuteten Ursache

eine Erkundungsbohrung zur Schadensanalyse abzuteufen. Nach Vorliegen der Vermessungsergebnisse und Vergleich mit der Abnahmevermessung wurde mit Überraschung festgestellt, dass Hebungen bis zu 12 cm eingetreten waren; im Bereich der beobachteten Delle in der Fahrbahn war diese in der Ausgangsposition verblieben. Es wurde die Bildung von Treibmineralien vermutet und bei den nunmehr jedoch deutlich kürzer auszuführenden Bohrungen gezielt Bodenproben aus den bindemittelbehandelten Zonen und den darunter anstehenden Böden zur Analyse im Hinblick auf Treibmineralien entnommen. In den unverbesserten Bodenproben wurden keine Treibmineralien festgestellt; im bindemittelverbesserten Boden wurden 5,1 Massenprozent Ettringit und bis zu 13,4 Massenprozent Thaumasit nachgewiesen. Das verwendete Bindemittel zur Bodenverbesserung bestand aus etwa 35 % Branntkalk und etwa 60 % Portlandzement. In Verbindung mit einem ausreichenden Wasserangebot sowie den im Baugrund vorhandenen Gips- und Tonmineralien konnten diese reagieren und die vorgenannten Minerale Ettringit und Thaumasit bilden, einhergehend mit einer Volumenvergrößerung und

damit Hebung. Offensichtlich war das verwendete Bindemittel in den anstehenden Böden ungeeignet.

Als ergänzende Untersuchungen wurden durchgeführt:

- Kamerabefahrung der Längsentwässerung: Tiefenlage ca. 2 m unter GOK. Es wurden keine sichtbaren Verformungen (kein stehendes Wasser, keine sichtbare Muldenbildung) festgestellt.
- Geometrische und fahrdynamische Prüfung: Die Lage der verformten Gradienten wurde hinsichtlich Fahrkomfort und Fahrsicherheit mit einem DEGES-internen Rechenprogramm bewertet. Es konnte nachgewiesen werden, dass selbst bei Annahme einer ungünstigsten Feder-Dämpfer-Kombination keine abhebenden Kräfte oder die Gefahr von Drift entstehen.
- Prüfung der Beanspruchung der Stahlbetonplatte: Es wurden die aus den Verformungen resultierende Krümmung der Stahlbetonplatte und die Stahldehnung überprüft. Die Auslastung der Stahlbetonplatte ist unkritisch; im Ereignisfall wäre die volle Funktionstüchtigkeit gegeben.

Die Fahrbahnhebungen sind noch nicht zur Ruhe gekommen, wenngleich sich die Hebungsgeschwindigkeit verlangsamt hat. Da von den Verformungen derzeit weder eine Gefahr noch eine unerträgliche Beeinträchtigung des Fahrkomforts ausgeht und andererseits noch weitere Hebungen erwartet werden, werden zurzeit keine baulichen Maßnahmen ergriffen. Die regelmäßigen Vermessungen werden fortgesetzt. Die Vermessungsergebnisse werden fortlaufend hinsichtlich Fahrkomforts und Sicherheit bewertet, zusätzlich wird fortlaufend die Auslastung der Stahlbetonplatte überprüft. Nach Abklingen der Hebungen bzw. bei Eintreten eines kritischen Zustandes wird ein Gradientenausgleich in der Deckschicht vorgenommen.

## Diskussion

### Frage:

Warum haben Sie nicht versucht, mit Hilfe der Geophysik die Hohlräume vorher zu orten? Die Geophysik gibt uns ja die Gelegenheit, die Hohlräume vorher zu orten, sodass der Einbau der Stahlbetonplatte vielleicht verhindert werden konnte.

### Herr Hecht:

Diese Erdfälle gibt es immer wieder, ich habe exemplarisch nur einen vorgestellt. Seriöse Geophy-

siker sagen, dass ein Hohlraum im Untergrund etwa  $\frac{1}{3}$  der Größe der Überdeckung haben muss, um detektiert zu werden. Daher ist es sehr schwierig, kleinere Hohlräume zu orten. Wir haben auf der A 71 nördlich von Sömmerda auch ein akutes Subrosionsgebiet im Gipskeuper, wo wir Geophysik eingesetzt haben. Diese Ergebnisse waren nur begrenzt interpretierbar. Wir hatten vorab auch Bohrungen und haben bei Kameradurchfahrten der Bohrlöcher Karststrukturen erkannt. Die Anomalien konnten wir durch Geophysik nachinterpretieren. In den Bereichen, wo die Geophysik noch Fragen offenließ, haben hier dann nochmal nachträglich gebohrt. Die Geophysik kann die Ergebnisse von Bohrungen unterstützen, aber nur Hohlräume von gewaltigen Dimensionen oder aber einer Lage direkt unter der Erdoberfläche können mit der Geophysik alleine detektiert werden.

Abgesehen hiervon kann solch ein Erdfall im Laufe von Jahrzehnten an die Erdoberfläche durchbrechen, sodass irgendeine Art der Sicherung immer erforderlich ist.

**Frage:**

Bei kleinen Hohlräumen gebe ich Ihnen Recht. Aber bei kleinen Hohlräumen kann ich versuchen, das Schlimmste erst mal mit einem Geogitter abzufangen.

**Herr Hecht:**

Aber ein 9 m großes Loch kann man mit einem Geogitter nicht mehr überbrücken.

**Frage:**

Aber 9 m müsste man schon mit Hilfe der Geophysik orten können.

**Herr Hecht:**

Wenn der Hohlraum nicht zu tief liegt, ja. Wir haben Geophysik eingesetzt, aber wollen uns nicht ausschließlich drauf verlassen.

**Herr Röger:**

Wir erleben Ähnliches in Baden-Württemberg gelegentlich auch bei unseren Gipskeuperböden: Die Schlussfolgerung von Ihrem Beitrag ist doch Folgendes: Dort, wo wir Tone haben, die zu verbessern sind, weil sie eine zu geringe Konsistenz haben, und wir gleichzeitig sulfathaltige Wässer oder Gips befürchten müssen, müssen wir uns sor-

gen, dass es bei Bodenverbesserungsmaßnahmen mit Kalk oder Gips zu Ettringitbildung kommt. Wir haben etliche Stellen in Baden-Württemberg, wo diese Dinge aufgetreten sind.

**Herr Hecht:**

Ja, nach meinem Wissen ist das aber nur aus dem Keuper bekannt. Dass das auch im Röt vorkommt, war uns bislang nicht bekannt, weil die Konzentrationen dort nicht im gleichen Maße vorhanden sind.

Wir haben bei vergleichbarer Geologie im oberen Buntsandstein, im Salinarröt, viele Strecken auch auf der A 71 im Thüringer Wald gebaut, wo auch die Böden verbessert worden sind.

Wir haben die Problematik, wie ich auch dargestellt habe, unter ständiger Beobachtung. Das ist eine unschöne Sache, die wir nicht wollten, aber wir haben sie unter Kontrolle.

Dipl.-Geol. Sibylle Radecke  
Autobahndirektion Nordbayern, Nürnberg

## **BAB A 73 Suhl – Lichtenfels, Abschnitt Ebersdorf – Lichtenfels – Füllbachtamm – bewährte Bau- weise in neuem Gewand: Geogit- terbewehrter Erddamm mit Ver- tikaldräns und Intervallschüttung**

### **1 Einleitung**

#### **1.1 Historie und Prinzip der Intervallschüt- tung bei der Autobahndirektion Nord- bayern**

Wenn Verkehrsdämme über Talbereiche mit nicht vorkonsolidierten, wenig tragfähigen Quartärböden geführt werden müssen, stellt sich das Problem von Setzungen und Geländebrüchen. Diesen Gefahren kann mit der Methode der Intervallschüttung mit Setzungsbeobachtung erfolgreich und wirtschaftlich begegnet werden.

Intervallschüttungen wurden im Bereich der Autobahndirektion Nordbayern im Zuge des Ausbaus des nordbayerischen Autobahnnetzes erfolgreich praktiziert und weiterentwickelt. In den letzten 4 Jahrzehnten wurden über 50 Dämme mit Höhen von 10 m bis knapp 30 m auf diese Weise hergestellt.

Das Prinzip der Intervallschüttung mit Setzungsbeobachtung im Sinne der Beobachtungsmethode beruht auf einem Wechsel von Schüttphasen und Schüttpausen jeweils bis zum Abklingen der Primärsetzung. Bei Einsetzen der Sekundärsetzung (erkennbar am Abknicken der Zeit-Setzungskurve) können nach jeder Schüttpause die Schüttarbeiten fortgesetzt werden. Die Setzungsbeobachtung erfolgt über baustellenübliche Messverfahren mindestens einmal täglich. Die tatsächliche Dauer der Schüttintervalle wird jeweils dem aktuellen Setzungsverlauf angepasst.

Folgende Parameter wurden in den Bauverträgen fixiert:

- Belassen des Oberbodens in der Dammaufstandsfläche: Die Kapillarität des Bodens begünstigt den Abfluss des Porenwassers.

- Entwässerungssystem: Flächenfilter bzw. Sickerstränge in der Aufstandsfläche, Ableitung des austretenden Porenwassers über einen Graben am Dammfuß. Bei besonders kritischen Untergrundverhältnissen wurden zur Beschleunigung der Setzungen und Verminderung des Geländebruchrisikos zusätzlich Vertikaldräns angeordnet.
- Messeinrichtungen zur Überwachung des Setzungsverlaufes: Setzungspegel wurden entlang der Dammachse und nach Erfordernis ergänzend im Bereich der Kronenkanten in Kombination mit Pflockreihen parallel zu den Dammfüßen installiert.
- Schüttphase: Pro Woche wurde eine maximale Schütthöhe von 1,5 m zugelassen, wobei pro Tag höchstens 0,6 m aufgebracht werden durften.
- Schüttpause: Die auf eine Schüttphase folgende Schüttpause war auf mindestens eine Woche festgelegt.
- Überschüttung und Liegezeit: Die Dämme wurden zur Auskonsolidierung für einige Monate bis zu einem Jahr um 1-2 Meter überschüttet.
- Beobachtungsmethode: Die Setzungspegel wurden täglich, die Pflockreihen in wöchentlichem Turnus vermessen. Die Ergebnisse wurden sofort dokumentiert und von einem geotechnischen Sachverständigen bewertet. Beim Auftreten von Bewegungen wurden die Messintervalle verkürzt.

Im Bauvertrag wurde darauf hingewiesen, dass die Dimensionierung der tatsächlichen Schütthöhen und erforderliche Dauer der Schüttpausen anhand des aktuellen Setzungsverlaufes zu erfolgen haben.

Ablauf der Intervallschüttung bei der Bausführung:

Der tatsächliche Ablauf der Intervallschüttung ergab sich aus dem jeweils aktuell ermittelten Setzungsverlauf. Setzungsbeträge bis 15 mm/Tag galten nach empirischen Gesichtspunkten als vertretbar. Beim Auftreten von Setzungsbeträgen > 15 mm/Tag wurde der Schützbetrieb bis zum Verflachen der Setzungskurve eingestellt (Sekundärsetzung). Primärsetzungen als unmittelbare Reaktion des Untergrundes auf das Dammgewicht erfolgten verhältnismäßig schnell, besonders wenn Vertikaldräns eingebaut waren.



Die in den vergangenen Jahrzehnten in Intervallschüttung hergestellten Autobahndämme im Amtsbereich der Autobahndirektion Nordbayern führen über Weichböden mit Mächtigkeiten von ca. 4 m bis 12 m. Bei der Schüttung wurden zur Überwachung des Zeitsetzungsverhaltens des Dammuntergrundes einfache, baustellenübliche Messverfahren erfolgreich eingesetzt. Geländebruchartige Erscheinungen konnten in jedem Fall vermieden werden. Die beobachteten Gesamtsetzungsbeträge liegen bei 40 cm bis 170 cm, wobei die Anteile der Primärsetzung rund 75 bis 93 % erreichen.

Das Verfahren „Intervallschüttung mit Setzungsbeobachtung“ hat sich als wirtschaftliche und zuverlässige Erdbaumaßnahme bewährt. Heutzutage werden Planungen mit ausreichenden Zeitfenstern immer schwieriger. Wenn das bewährte Verfahren weiter angewendet werden soll, muss an der Zeitschraube gedreht werden. Die Beschleunigung des Abbaus des Porenwasserüberdrucks und damit der Setzungsgeschwindigkeit kann, wie schon erprobt, durch den Einbau von Vertikaldräns erzielt werden. Eine weitere Verkürzung der Schüttpausen wird durch den Einbau einer Geokunststoffbewehrung im unteren Dammbereich zur Reduzierung des Gelände- und Grundbruchrisikos ermöglicht.

## 1.2 Allgemeines über das VDE Nr. 16

Die Öffnung der innerdeutschen Grenze brachte einen sprunghaften Anstieg des Verkehrsaufkommens zwischen Thüringen und Nordbayern mit sich. Schnell wurde deutlich, dass die bestehenden Verkehrsverbindungen mit zahlreichen Ortsdurchfahrten für eine sichere und nahezu störungsfreie Bewältigung der anwachsenden Verkehrsströme nicht ausreichten. Durch den Neubau der A 71/A 73 (Projekt Nr. 16 in der Liste der Verkehrsprojekte Deutsche Einheit) konnte dieser für Verkehrsteilnehmer und Anwohner gleichermaßen belastenden Situation Rechnung getragen werden. Das VDE Nr. 16 beinhaltet den vierstreifigen Neubau der Bundesautobahnen A 71 Erfurt – Schweinfurt und A 73 Suhl – Lichtenfels und stellt sich auf der Landkarte in Form eines auf den Kopf gestellten „Y“ dar (Bild 1).

Von den insgesamt ca. 223 km langen Strecken führen rund 93 km durch Bayern. Die Bundesautobahn A 73 hat davon einen Anteil von rund 37 km. Sie wurde von der Autobahndirektion Nordbayern in drei Abschnitten (mit 57 Unterführungs- und Überführungsbauwerken, davon 5 Großbrücken) ge-

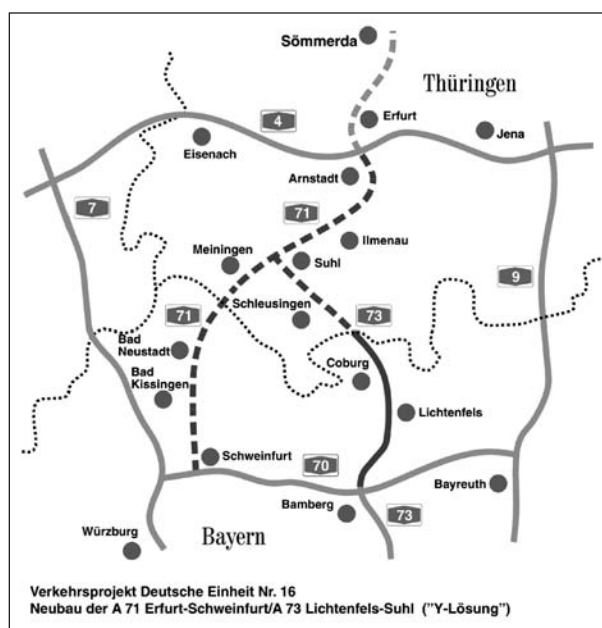


Bild 1: Verkehrsprojekte Deutsche Einheit Nr. 16

plant und gebaut. Die Autobahn wird nach dem Regelquerschnitt RQ 26 gebaut. Die Gesamtkosten für den bayerischen Anteil der A 73 betragen rund 345 Mill. €.

Der Bau begann im Jahr 2000. Der nördliche Abschnitt wurde 2002, der mittlere 2007 dem Verkehr übergeben. Der südliche Abschnitt befindet sich derzeit in den letzten Bauphasen. Die durchgehende Verkehrsfreigabe von Suhl bis nach Lichtenfels ist für Herbst 2008 geplant.

## 2 Geologische Situation und Baugrunderkundung

Die A 73 verläuft zwischen der bayerisch-thüringischen Landesgrenze und Lichtenfels im Fränkischen Schichtstufenland in den rund 250 bis 200 Millionen Jahre alten Sedimentgesteinen der Trias. Diese gliedern sich von unten nach oben in Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper. Kurz vor Lichtenfels werden auch Gesteine des Unteren Juras, des Lias (um 180 Millionen Jahre alt) angeschnitten.

Auf der gesamten Strecke werden die genannten Sedimentgesteine immer wieder von quartären Lockersedimenten überdeckt, die in den Flusstälern Mächtigkeiten von einigen Metern erreichen.

Gegenstand der Betrachtung ist der nördlich der 160 m langen Füllbachtalbrücke anschließende Au-

tobahndamm. Die Örtlichkeit liegt in unmittelbarer Nähe von Ebersdorf (zwischen Friesendorf und Buscheller) etwa 5 km östlich von Coburg.

Das Baugrunduntersuchungsprogramm wurde gemäß DIN 4020 geplant und ausgeführt. Die geotechnischen Vor- und Haupterkundungen fanden in den Jahren 1994 und 1995 statt. Verdichtungsbohrungen an kritischen Stellen und Bohrungen für die Dimensionierung der Tiefgründung der Füllbachtalbrücke wurden 2002 durchgeführt.

Im Umkreis der Füllbachtalbrücke und der anschließenden Autobahndämme stehen im Untergrund Abfolgen des Mittleren Keuper in Form von Sandsteinen mit zwischengeschalteten Tonsteinlagen an. Diese primären Sedimente werden von ca. 10 m Talfüllungen überlagert, die direkt unter Gelände als mehrere Meter dicke breiige bis weiche Tone anstehen.

### 3 Planung

#### 3.1 Baugrundmodell und Geometrie des Autobahndammes

Der Autobahndamm liegt über rund 540 m Erstreckung auf wenig tragfähigem Untergrund. Südlich schließt sich die 160 m lange Füllbachtalbrücke an, die über Großbohrpfähle mit Einbindung in den primären Sandstein gegründet ist. Der Damm wird von einem Stahl-Wellprofil-Durchlass DN 2000 unterquert. Der entlang des westlichen Dammfußes verlaufende Füllbach musste bereichsweise verlegt werden.

Die durch den Füllbach angeschwemmte Talfüllung besteht zuoberst aus bis zu 6 m mächtigen breiigen bis weichen feinsandigen Tonen.

Darunter findet sich ein bis zu 3 m dicker schwach bindiger Sand- und Kieshorizont. Die Talfüllung verzahnt sich hangseitig mit einer 1 m bis 3 m mächtigen Hangschuttdecke aus bindigen Sanden und steifen bis halbfesten sandigen Schluffen und Tonen, die bereichsweise mit Steinen durchsetzt sind. Talfüllung und Hangschutt werden von Keupersandsteinen und ihren geringmächtigen Verwitterungsprodukten unterlagert.

Das Urgelände steigt bergseitig (Ostseite) mit Neigungen bis 1:8 an.

Der maßgebliche kritische Querschnitt befindet sich bei Bau-km 56+480 (Bild 2). Der Fahrbahndamm erreicht hier eine Höhe von 12 m; die Dammlanken weisen Neigungen von 1:1,5 (33,7°) auf.

Lärmschutzmaßnahmen sind folgendermaßen angeordnet:

- Westseite – 4 m hohe Lärmschutzwand mit Gründung in der Dammkrone,
- Ostseite – ca. 4 m hohe Wall-Wand-Kombination als Erweiterung des Fahrbahndammes.

Als Dammschüttmaterial waren bindige kiesige Sande (aufbereitete Keupersandsteine aus den benachbarten Einschnittsbereichen) vorgesehen. Die Dammlanken sollten auf jeweils 15 m Breite mit Bindemitteln verbessert werden.

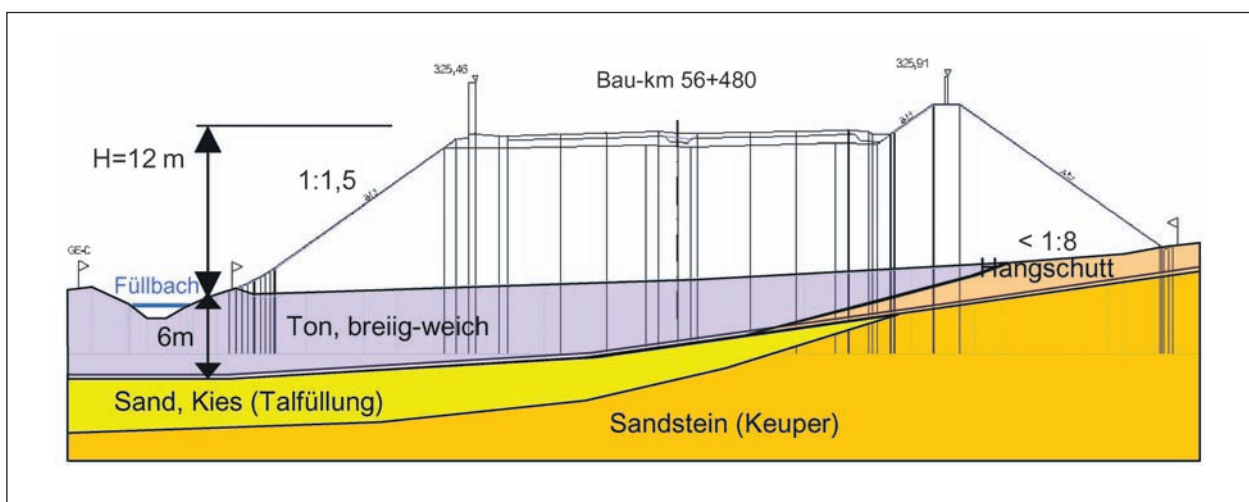


Bild 2: Baugrundmodell

### 3.2 Konzept der bautechnischen Maßnahmen

Das Baufeld gliedert sich hinsichtlich der bautechnischen Maßnahmen in drei Bereiche (Bild 3):

- Blaue Markierung: Bodenaustausch im direkten Übergangsbereich zur Talbrücke auf ca. 30 m Länge und bis zu 4 m Tiefe. Ziel: Minimierung von Setzungen im Übergang, Minimierung von Einflüssen auf das Bauwerk.
- Gelbe Markierung: Bereich mit der „neuen“ – alten Bauweise: Vertikaldräns, kapillarbrechende Schicht und Setzungsbeobachtung, zusätzlich (neu) Bewehrung der unteren Dammzone.
- Hellgrüne Markierung: In der Hangflanke auf der Ostseite steht tragfähiger Hangschutt an. Hier wird der Damm über Geländeabtreppungen (ca. 1 m Stoßhöhe) mit dem Untergrund verzahnt.

Die Dammschüttung in den blau und gelb markierten Zonen über den wenig tragfähigen Böden sollte in Intervallschüttung mit täglicher Setzungsbeobachtung hergestellt werden.

### 3.3 Standsicherheitsberechnung

Dem Berechnungsmodell zum Nachweis der Standsicherheit im Endzustand wurde der maßgebliche Querschnitt bei Bau-km 56+480 zugrunde gelegt. Es ist wie folgt aufgebaut:

- Vertikaldräns zum Abbau von Porenwasserüberdruck in der Dammaufstandsfläche. Sie durchteufen die bis 6 m dicken wenig tragfähigen Talböden und binden in den Sand-Kies-Horizont ein. Sie sind zur Vereinfachung bei der Berechnung nicht berücksichtigt, wohl aber die im Endzustand konsolidierten Tone.
- Kapillarbrechende Schicht und Geokunststoffbewehrung (Gebrauchszugfestigkeit  $F_d \geq 200$  kN/m) zur Reduzierung der Schüttdauer (Spreizen des Dammes wird verhindert) und zur dauerhaften Bewehrung des Dammes.
- 15 m breite Flankenverbesserung des Dammes, um Reibungswinkel und Kohäsion im Hauptlastbereich zu erhöhen.
- Der Grundwasserstand wurde korrespondierend mit dem freien Wasserspiegel des Füllbachs annähernd geländegleich angenommen.

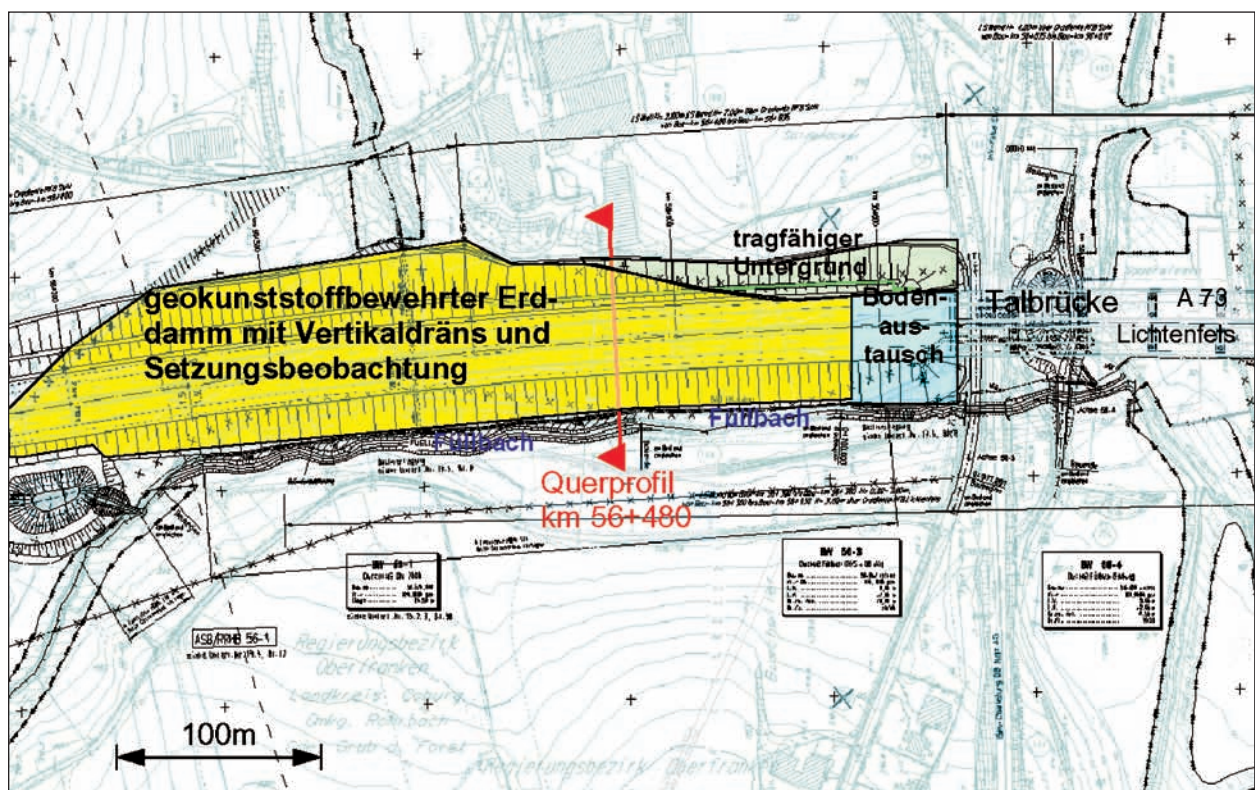


Bild 3: Lageplanausschnitt mit bautechnischen Maßnahmen

- Als Verkehrslast wurde SLW 60 angesetzt.
- Die Bodenkennwerte wurden nach der Auswertung der Baugrunduntersuchungen und Erfahrungswerten bemessen.

Die Standsicherheit der Bauzustände sollte über die Beobachtungsmethode, in diesem Fall mit Setzungsbeobachtungen, nachgewiesen werden.

Der Nachweis der Standsicherheit wurde nach DIN 4084 neu – entsprechend dem Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054-2005 – geführt. Dargestellt ist der ungünstigste Gleitkreis, der einen Ausnutzungsgrad von 0,86 ergibt. Die Sicherheitsanforderungen sind somit erfüllt, da der Ausnutzungsgrad bis zu 1,0 betragen darf (Bild 4).

Parallel dazu wurde am gleichen Baugrundmodell der Nachweis der globalen Standsicherheit nach DIN 4084 alt geführt. Die minimale Standsicherheit beträgt demnach 1,45. Der Mindestwert beträgt 1,4. Somit ist der Nachweis auch nach dem „alten“ Konzept erfüllt.

Anmerkung: Bei beiden Nachweisen wurden mit Ausnahme des SLW identische Parameter eingesetzt (DIN 4084 neu:  $p = 41 \text{ kN/m}^2$ ; DIN 4084 alt:  $p = 33,3 \text{ kN/m}^2$ ; Verkehrslast wirkt sich nur gering auf das Berechnungsergebnis aus).

#### 4 Ausschreibung und Vergabe

Die Ausführung des Dammes wurde im Leistungsverzeichnis und der Baubeschreibung des Bauloses detailliert dargestellt. Den Zuschlag erhielt jedoch ein Pauschalangebot für das gesamte Baulos.

Die ausführende Firma ließ bei Baubeginn auf eigene Kosten Drucksondierungen, zusätzliche Schürfe und Laboruntersuchungen durchführen. Sie beauftragte einen Baugrundgutachter mit der Beurteilung der Untergrundverhältnisse im Bereich der Aufstandsfläche des Füllbachtammes. Beim gemeinsamen Schürfen-Termin zeigten sich, wie im geotechnischen Bericht der Autobahndirektion Nordbayern beschrieben, breiige bis weiche Tone

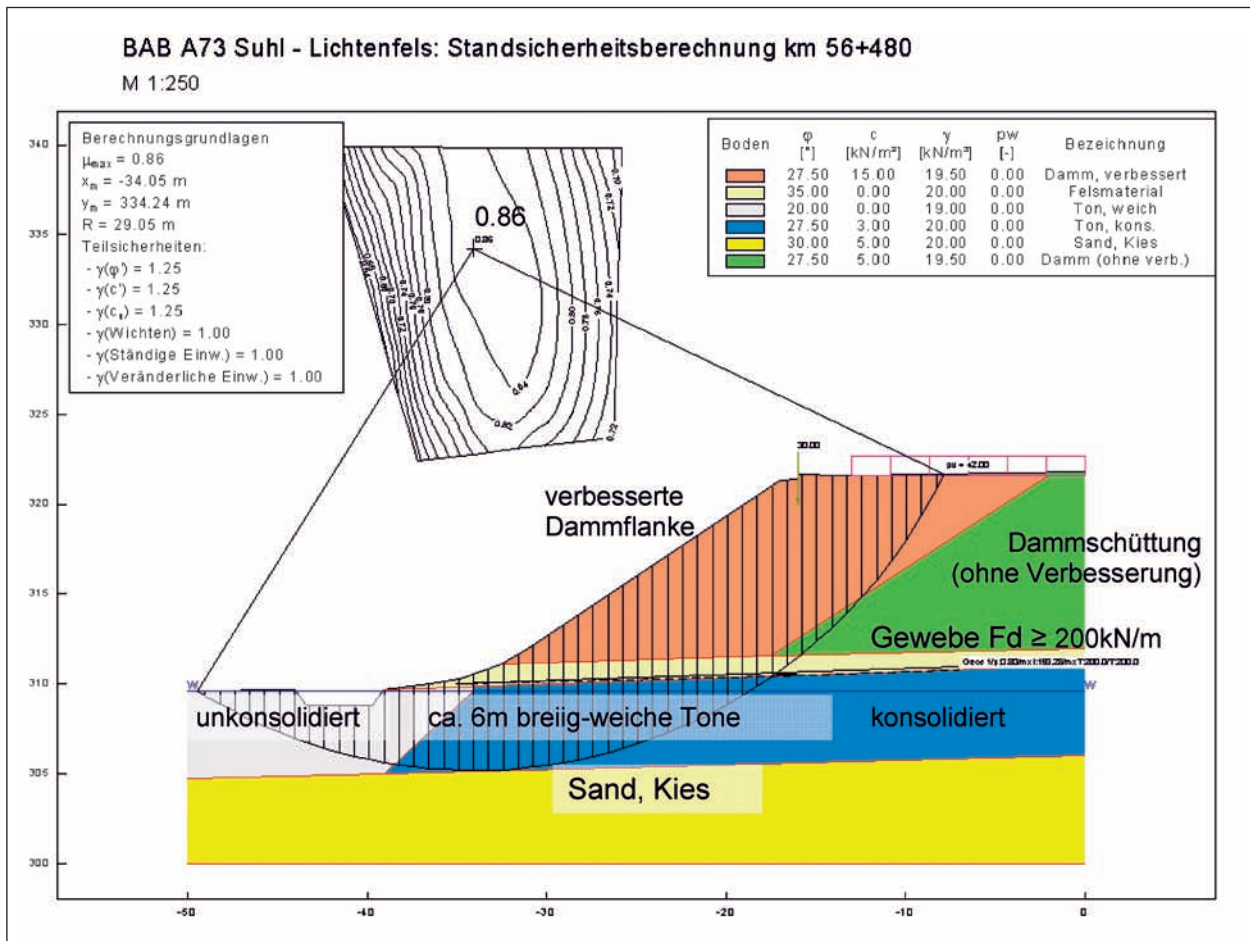


Bild 4: Standsicherheitsberechnung nach DIN 4084 neu

und Schluffe. Der von der Firma beauftragte geotechnische Sachverständige meldete Bedenken an. Er forderte den Einbau von Porenwasserdruckmessgeräten, zusätzliche Standsicherheitsberechnungen für Bauzustände, weitere Laborversuche zum Konsolidierungsverhalten der wenig tragfähigen Böden etc. Außerdem stellte er den geplanten Rasterabstand der Vertikaldräns infrage.

Da von Seiten der Autobahndirektion Nordbayern keine zusätzliche Sicherheit gefordert war, entschloss sich die ausführende Firma, entgegen den Vorschlägen des von ihr beauftragten geotechnischen Sachverständigen gemäß den Ausschreibungsunterlagen zu bauen.

## 5 Bauausführung mit Beobachtungsmethode

### 5.1 Systemaufbau, Bauablauf (Bild 5)

- Arbeitsplanum zur Herstellung der Vertikaldräns  
Um den wenig tragfähigen Arbeitsbereich befahren zu können, wurde ein Vlies der GRK 5 direkt auf dem Oberboden ausgerollt. Darüber wurde

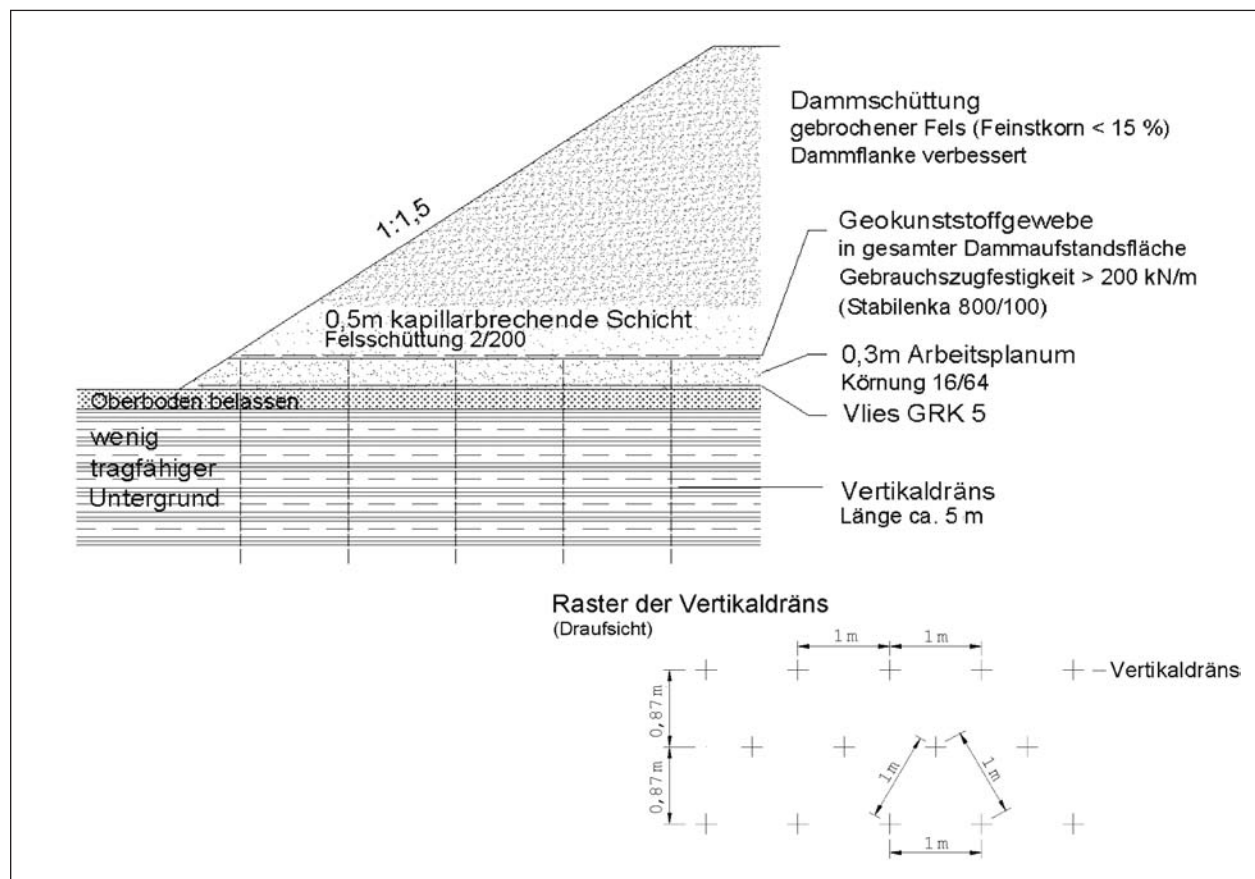
eine 0,3 m dicke kapillarbrechende Schicht vor Kopf geschüttet. Als Körnung wurde 16/64 gewählt: Größtkornbegrenzung zur Gewährleistung der Durchstanzbarkeit der Dräns.

- Vertikaldräns

Zur Anwendung kamen Kunststoffvliesdräns. Sie wurden in einem 1-m-Dreiecksraster angeordnet und durch das Arbeitsplanum hindurch in die wenig tragfähigen Tone und Schluffe bis in den tragfähigen Untergrund eingedrückt („gespickt“). Im Talbereich waren bis 6 m lange Dräns erforderlich. Zur Hangseite hin wurden bei Eindringtiefen < 2 m keine Dräns mehr eingebaut.

- Geokunststoffbewehrung

Nach Eindrücken der Dräns wurde Geokunststoffbewehrung auf dem Arbeitsplanum verlegt. Zur Anwendung kam ein Gewebe mit einer Nennzugfestigkeit von 800/100 kN/m (eindimensionales Gewebe). Nach Berücksichtigung der Abminderungsfaktoren war die geforderte Gebrauchszugfestigkeit quer zur Dammachse von 200 kN/m eingehalten.



**Bild 5:** Dammbaufbau mit Vertikaldräns und Geokunststoffbewehrung

- Kapillarbrechende Schicht  
 Als kapillarbrechende Schicht wurde eine 0,5 m starke Schüttung aus witterungsbeständigem Fels mit der Körnung 2/200 gewählt.
- Setzungspegel  
 Auf der kapillarbrechenden Schicht wurden in vier Profilen Setzungspegel im Bereich der Dammschulter installiert.
- Auskeilungsbereich der wenig tragfähigen Böden  
 Im Auskeilungsbereich der Weichböden wurden Geogitter mit geringeren Zugfestigkeiten verlegt (Gebrauchszugfestigkeit  $F_d = 50 \text{ kN/m}$ ).
- Dammaufbau  
 Der weitere Damm wurde aus in benachbarten Einschnitten gebrochenem Sandsteinmaterial geschüttet. Dieser Erdbaustoff zerfiel beim Einbau zu mehr oder weniger bindigem Sand (Luftporenanteil von maximal 12 Vol.-% wurde eingehalten).
- Die Dammschulden wurden zur Erzielung der erforderlichen Standsicherheit auf 15 m Breite mit Bindemitteln verbessert. Abschließend wurde eine 1 m dicke Überschüttung aufgebracht.

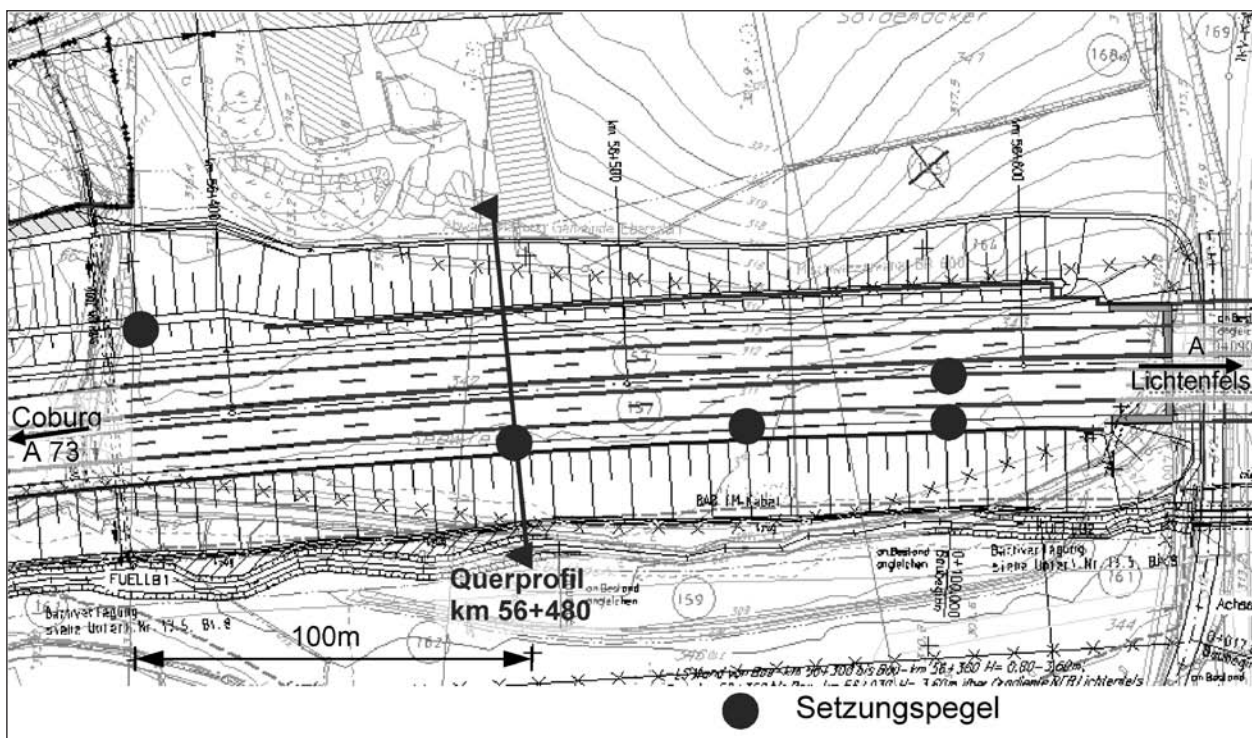
**5.2 Setzungsbeobachtung mit Interpretation**

**5.2.1 Allgemeines**

Die Setzungsbeobachtung dient zur Kontrolle der Standsicherheit. Sie ist ein Indiz für die zunehmende Konsolidierung (Abbau des Porenwasserüberdrucks) der Weichböden. Über das Setzungsverhalten lässt sich im Sinne der Beobachtungsmethode die Gelände- und Grundbruchgefahr einschätzen.

Anordnung der Setzungspegel (Bild 6):

- Messprofil Dammachse – Talseite: Setzungsbeobachtung im Übergang von Bodenaustausch zum Bauwerk. Ein bergseitiger Pegel war nicht erforderlich, da hier setzungsunempfindlicher Hangschutt ansteht.
- Drei Setzungspegel inklusive Querprofil (s. o.) im bautechnisch kritischen Talbereich mit 50-m-Abständen. Die Weichbodenmächtigkeiten nehmen nach Osten hin ab.
- Zusätzlicher Setzungspegel im Bereich des Einfelddurchlasses unter dem Lärmschutzwall (größte Dammhöhe!).



**Bild 6:** Anordnung der Setzungspegel

## 5.2.2 Durchführung der Setzungsbeobachtung während des Bauablaufs

Die Setzungspegel wurden jeweils am Morgen vor Beginn und am Abend nach Beendigung der Dammschütтарbeiten eingemessen. Die Daten wurden vom Baubüro noch am selben Tag in Form der abgebildeten Excel-Tabelle (Bild 7) per E-Mail an den Gutachter – das Referat Geotechnik der Autobahndirektion Nordbayern – übermittelt.

In der Tabelle wurde jede Messung mit folgenden Daten versehen:

- Datum und Uhrzeit,
- gemessene Pegelhöhe (Fußplatte) zur Setzungsermittlung,
- Schütthöhe (grobe Messung des Erdplanums neben dem Pegel),
- Berechnung der absoluten Setzung seit Schüttbeginn,
- Berechnung der Differenzsetzung zur letzten Messung.

Die grafische Darstellung von Schütthöhe und Setzungsverlauf erfolgte automatisch. Die Pegel wur-

den auf verschiedenen Tabellenblättern einer Datei dargestellt.

Die zeitnahe Übertragung und Auswertung der Setzungsmessungen sind zur Überwachung der Standsicherheit im Sinne der Beobachtungsmethode unbedingt erforderlich, damit auf kritische Phänomene sofort reagiert werden kann.

Der Vorteil des beschriebenen Messverfahrens liegt darin, dass ausschließlich auf der Baustelle vorhandene Technik und Auswerteprogramme erforderlich sind. Bei Verwendung von Horizontalinklinometern ist ein Messintervall wegen der speziellen Ausrüstung und Auswertung im Vergleich erheblich kostenintensiver und liefert kaum baurelevante Zusatzinformationen.

## 5.2.3 Bewertung des Setzungsverhaltens

Über den Setzungsverlauf wurde die aktuelle Standsicherheit abgeschätzt.

In den letzten beiden Juliwochen wurden die ersten 4 m geschüttet. Die täglichen Setzungen betragen meist 20-30 mm pro Tag, erreichten jedoch Spitzenwerte von 70-120 mm pro Tag. Aufgrund der hohen Setzungsbeträge wurde eine zweiwöchige

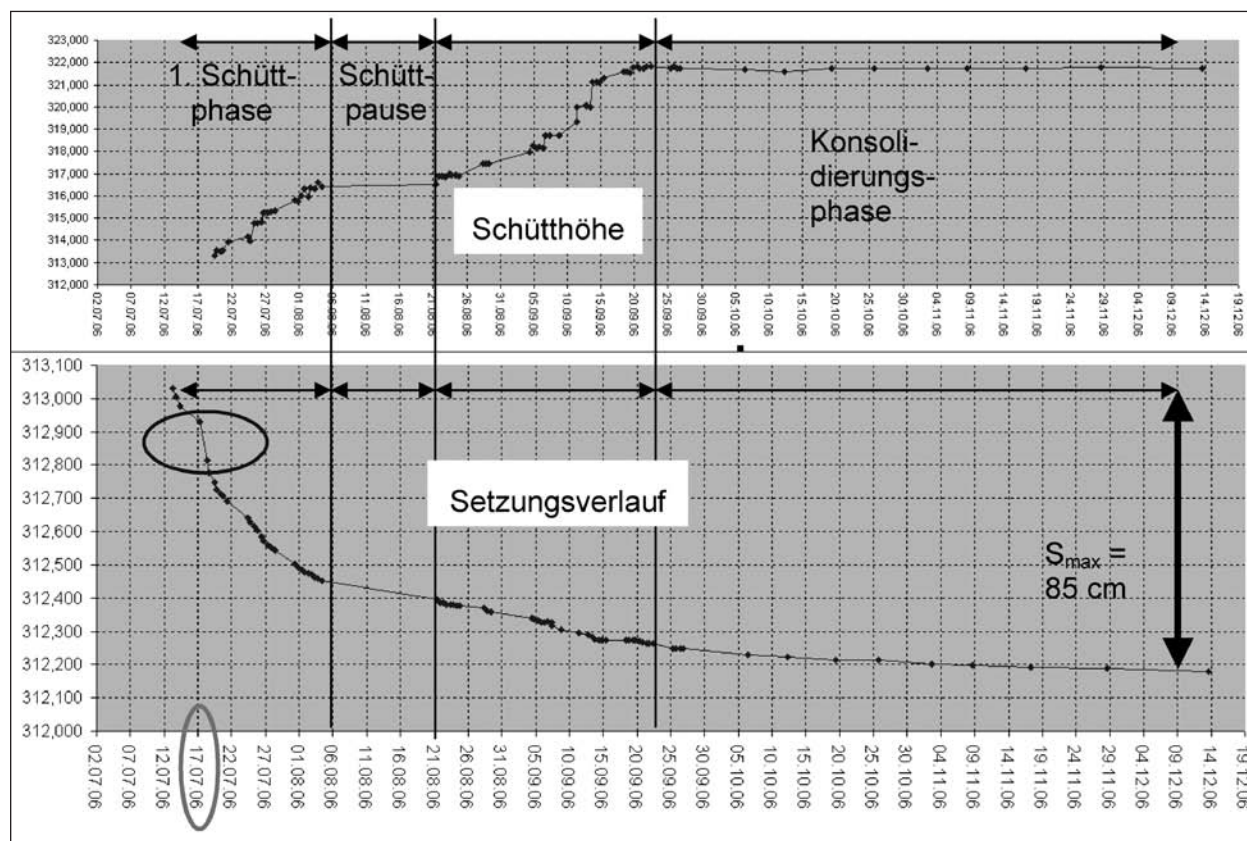


Bild 7: Setzungsbeobachtung bei km 56+480

Schüttpause eingeschaltet. Die aufgehende Dammschüttung wurde dann in einer Schüttphase bis Mitte September aufgebracht. Die täglichen Setzungen erreichten nun nur noch Spitzenwerte von 15 mm pro Tag (Bild 7).

Die Gesamtsetzung betrug rund 85 cm. Das Gelände- und Grundbruchrisiko war in der ersten Schüttphase am höchsten, rund 60 cm – das entspricht 70 % der Setzung – stellten sich während der ersten Schüttphase ein. Das Entwässerungssystem mit Vertikaldräns und die Geogitterbewehrung halfen Damm und Untergrund, die Konsolidationsercheinungen schadlos aufzunehmen.

### 5.3 Fertigstellung und weitere Beobachtung

Nach rund 2 Monaten war der Fahrbahndamm Mitte September 2006 inklusive Überschüttung errichtet. Nach einer Liegezeit von rund 1/2 Jahr wurde die Überschüttung abgetragen und das Plenum hergestellt. Im weiteren Verlauf wurden die Lärmschutzeinrichtungen installiert und der Oberbau aufgebracht.

Die Verkehrsfreigabe des Autobahnabschnittes Coburg – Ebersdorf fand am 19. Oktober 2007 statt.

Die Setzungspegel an den Fahrbahnrändern werden in größeren Zeitintervallen weiterhin beobachtet. Es zeigen sich keine nennenswerten Verformungen mehr.

## 6 Gegenüberstellung und Bewertung der Bauweisen

Eine Übersicht zur Gegenüberstellung und Bewertung der Bauweisen ist in Tabelle 1 zusammengestellt. Beiden Bauweisen gemeinsam sind Nutzung der Kapillarität des Oberbodens, Entwässerung über eine kapillarbrechende Schicht auf dem Oberboden, Setzungsbeobachtung mit baustellenüblichen Messverfahren, Dimensionierung von Schüttphasen und -pausen anhand des Setzungsverlaufs sowie eine mehrmonatige Überschüttung des Dammes zur Auskonsolidierung der wenig tragfähigen Schichten.

Durch Einbau von Vertikaldräns in die Weichböden werden der Abbau des Porenwasserüberdrucks und damit die Setzungsgeschwindigkeit erhöht. Schüttpausen können deutlich verkürzt werden. Mit einer Verdichtung des Rasters der Dräns kann eine weitere Beschleunigung der Setzungen erzielt werden. Die Bewehrung der Dammbasis unterstützt diesen Prozess, indem sie das Gelände- und Grundbruchrisiko (Spreizen) minimiert und zusätzliche Sicherheit gewährt.

Setzungsbeobachtungen sind im Sinne der Beobachtungsmethode für den Standsicherheitsnachweis der Bauzustände erforderlich. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass sich kritische Setzungsgeschwindigkeiten häufig nach Schüttung der

|   | Traditionelle Bauweise – unbewehrt                      | Modifizierte Bauweise – bewehrt                             |
|---|---|---|
| Oberboden belassen  | ja  | ja  |
| Kapillarbrechende Schicht: Arbeitsplanum, Entwässerung der Aufstandsfläche    | ja  | ja  |
| Vertikaldräns   | selten, bei großen Weichbodenmächtigkeiten              | ja  |
| Geokunststoffbewehrung der Basis des Dammes                                   | nein  | ja  |
| Vertikale Setzungspegel und Pflockreihen am Dammfuß, tägliche Setzungsmessung | ja  | ja  |
| Neigung der Dammböschung  | 1:2 (vergrößerte Auflagefläche!)                        | 1:1,5 (Bindemitte im Flankenbereich!!)                      |
| Schüttphase   | 1 Woche max. 0,6 m/Tag und max. 1,5 m/Woche             | max. 0,6 m/Tag  |
| Schüttpause   | bis zum Abklingen der Primärsetzung; mindestens 1 Woche | nach Bedarf gemäß Setzungsbeobachtung                       |
| Max. Setzungen pro Tag  | 15 (bis 20) mm  | Werte > 20 bis 30 mm möglich, fallweise Erfahrungen sammeln |
| Liegezeit der Überschüttung   | 6 bis 12 Monate   | so lange wie möglich (bis 6 Monaten und mehr)               |

Tab. 1: Gegenüberstellung und Bewertung der Bauweisen



unteren 3-4 m Meter eines Dammes einstellen. Hier ist eine Schüttpause zur Teilkonsolidierung sinnvoll.

Die klassische Intervallschüttung von Dämmen über wenig tragfähigem Untergrund ermöglicht über Beobachtung des Setzungsverhaltens eine flexible Gestaltung von Schütthöhen und Schüttpausen und damit eine sensible Anpassung an die Reaktionen des Untergrundes. Durch die Kombination mit Vertikaldräns im Untergrund und Geokunststoffbewehrung des Dammes lässt sich die Herstellungszeit erheblich verkürzen und zusätzliche Sicherheit gewinnen.

Dipl.-Phys. Reinhard Nickol  
Landesbetrieb Bau Sachsen-Anhalt,  
Halberstadt

## Erfahrung bei der Verfestigung von Widerlagerhinterfüllungen zur Reduzierung von Setzungen

### 1 Einführung

Bei der Baumaßnahme B 91/B 2 Ortsumfahrung Zeitz im Süden von Sachsen-Anhalt wurden beim Bau der Überführung der B 2 über die L 193 die Hinterfüllbereiche beider Brückenwiderlager mit aufbereitetem anstehendem Boden als qualifizierte Bodenverbesserung ausgeführt. Hiermit sollte eine Reduktion der häufig festzustellenden nachträglichen Setzungen erreicht werden.

Grundlagen waren die ZTV-E StB und das Merkblatt „Bodenverbesserungen und Bodenverfestigungen mit Bindemitteln“. Zusätzlich wurden die Festlegungen des Thüringischen Landesamtes für Straßenbau, Abteilung 4 Autobahn bezüglich der Festigkeitsanforderungen an qualifizierte Bodenverbesserungen berücksichtigt.

Ein weiterer Hintergrund waren die positiven Erfahrungen bei der Hinterfüllung von Brückenwiderlagern im Rahmen von Brückenbaumaßnahmen der DB AG.

Zielstellung war die Herstellung einer dauerhaften und setzungsfreien Bauwerkshinterfüllung bei gleichzeitiger Nutzung der in der Örtlichkeit anstehenden Böden unter ökologischen Aspekten.

### 2 Material und Anforderungen

Der anstehende Boden, der wieder verwendet werden sollte, war gemäß DIN 18196 ein leichtplastischer Ton (TL).

Zur Bodenverbesserung wurde der Mischbinder „Dorosol C 30“ bestehend aus 30 % Weißfeinkalk, 35 % Zement sowie 35 % gebranntem Ölschiefer verwendet.

Gemäß Eignungsprüfung mussten von diesem Gemisch folgende Anforderungen bzw. Eigenschaften

in Anlehnung an die Festlegungen des Thüringischen Landesamtes für Straßenbau erfüllt werden:

- Druckfestigkeit (einaxiale Zylinderdruckfestigkeit nach 28 d Feuchtraumlagerung) größer 1,5 N/mm<sup>2</sup>,
- Bindemittelgehalt: mindestens 5 M.-%, vereinbart wurde ein Gehalt von 5,5 M.-%,
- Herstellungswassergehalt: 13,5 M.-%,
- Verdichtungsgrad  $D_{Pr} > 98 \%$ .

### 3 Aufbau der Hinterfüllung

Der komplette Hinterfüllbereich wurde mit verfestigtem Material errichtet. Auch der schwer wasser-durchlässige Keil und die 1 m breiten Entwässerungsstreifen wurden aus diesem Material hergestellt (Bild 1).

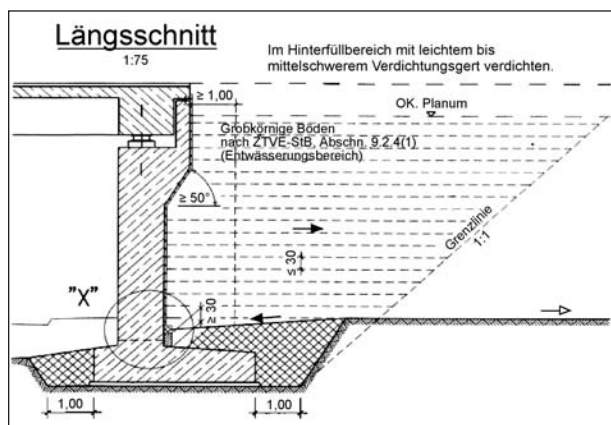
Die Anordnung eines Grundrohres entfiel, da ein Wasserdurchfluss an der Widerlagerwand nicht möglich ist. Das vom Damm anfallende Wasser wird mittels Dränrohrs am Fußpunkt abgeleitet.

Die beiden Böschungskegel wurden zeitlich parallel zur Hinterfüllung hergestellt. Die Grenzlinie zwischen Damm und Hinterfüllung wurde in Querrichtung bis in die Böschungskegel verlängert und diese Grenzlinie wurde ineinandergreifend, d. h. verzahnt, ausgeführt.

### 4 Herstellung des Boden-Bindemittel-Gemisches

Die Bodenaufbereitung erfolgte im Baumischverfahren gemäß ZTV-E StB, Pkt. 11.2. Hierzu wurde das Mischbindemittel „Dorosol C 30“ auf jede aufzubereitende Lage flächenhaft ausgebracht und mit einer Bodenfräse (WR 2500) in einer Arbeitstiefe von 50 cm durchmischt.

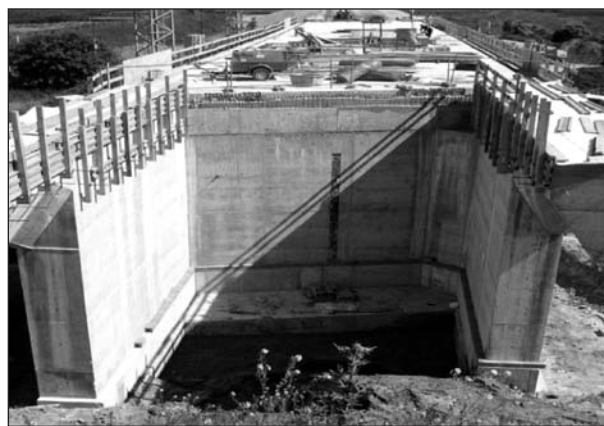
Für den Mischvorgang wurde baupraktisch ein Zug bestehend aus einer Bodenfräse WR 2500 mit einem angekoppelten Wasserwagen gebildet (Bild 2). Das Wasser wurde dosiert zugegeben. Die Durchmischung erfolgte streifenweise mit einer Bodenfräse. Vor dem Wiedereinbau wurde das Boden-Bindemittel-Gemisch aufgenommen und kurzzeitig zwischengelagert.



**Bild 1:** Querschnitt: Brückenwiderlager mit dem Aufbau der Hinterfüllung; dargestellt ist der lagenweise Einbau des verbesserten Bodens



**Bild 2:** Durchfräsen von Boden und Bindemittel unter Wasserzugabe zu einem homogenen Gemisch



**Bild 3:** Unverfülltes Widerlager vor Einbau



**Bild 4:** Teilverfülltes Widerlager, Verdichtung mit Plattenverdichtern

## 5 Technologie bei Einbau und Verdichtung

Der Einbau des homogenen Boden-Bindemittel-Gemisches erfolgte lagenweise in Stärken von  $d = 30$  cm, beginnend im Hinterfüllbereich der Widerlager (Bilder 3 und 4). Aufgrund des begrenzten Arbeitsraumes wurde die Verdichtung mit Plattenverdichtern ausgeführt.

Der Einbau der Regenwasserentwässerungsanlage erfolgte zeitnah im frischen Boden-Bindemittel-Gemisch, bevor die Verfestigung eintrat.

## 6 Prüfungen und Prüfergebnisse

Die Ergebnisse der Eigenüberwachungsprüfungen (BGI Brambach, Halle) sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die Ergebnisse der Kontrollprüfung (Baulab Fienstädt, Schochwitz) sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Da der geforderte Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} > 98$  % bei den Kontrollprüfungen teilweise nicht erreicht

|  | Soll | Ist         |         |
|--|------|-------------|---------|
| Verdichtungsgrad $D_{Pr}$ [%]  | > 98 | 99 bis 101  | erfüllt |
| Stat. Plattendruckversuch $E_{V2}$ [MN/m <sup>2</sup> ] (Planumsoberkante) | > 45 | 160 bis 175 | erfüllt |

**Tab. 1:** Ergebnisse der Eigenüberwachungsprüfungen

|   | Soll  | Ist         |                         |
|---|-------|-------------|-------------------------|
| Verdichtungsgrad $D_{Pr}$ [%]   | > 98  | 95 bis 100  | teilweise nicht erfüllt |
| einaxiale Zylinderdruckfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ] nach 28 Tagen Feuchtraumlagerung | > 1,5 | 1,6 bis 2,1 | erfüllt                 |

**Tab. 2:** Ergebnisse der Kontrollprüfungen

wurde, wurde mit dem Auftragnehmer vereinbart, die Verjährungsfrist für die Gewährleistung um 1 Jahr zu verlängern.

## 7 Ergebnisse Setzungsmessungen

Zur Überprüfung des beabsichtigten Zieles, d. h. einer Reduzierung der Setzungen im Hinterfüllbereich, wurden nach Einbau des Boden-Bindemittel-Gemisches Setzungsmessungen durchgeführt. Nach 3 Monaten wurden in den verfestigten Bereichen Setzungen von 1 bis 4 mm gemessen (Tabelle 3).

Die Nivellements im anschließenden Dammbereich zeigten im gleichen Zeitraum Setzungen von 6 bis 22 mm (Tabelle 4).

Der Einbau des Straßenoberbaues ist für Ende 2008 vorgesehen, d. h., die bisherigen Setzungsmessungen erfolgten ohne Verkehrsbelastung.

## 8 Auswertung und Schlussfolgerungen

Die Zielstellungen wurden bis zum jetzigen Kenntnisstand im Wesentlichen erfüllt.

### Bewertung aus bautechnischer Sicht

- Die gewählte Mischtechnologie (Baumischverfahren) erwies sich als effizient.
- Die homogene Gemischherstellung konnte zügig und in ausreichender Menge sowie in relativ konstanter Qualität realisiert werden.
- Durch dosierte Wasserzugabe direkt während des Fräsprozesses konnte ein konstanter Einbauwassergehalt sichergestellt werden.
- Die oben aufgeführten Setzungsmessungen zeigen, dass eine Setzungsreduktion von 50 % bis 75 % erreicht werden konnte.
- Einbau- und Verdichtungstechnologie erwiesen sich grundsätzlich als geeignet. Problematisch war das Ausbringen vom Bindemittel bei starkem Wind in situ.
- Die geforderten bautechnischen Kenngrößen des Materials wurden bis auf die gemäß Kontrollprüfungen zum Teil unterschrittenen Verdichtungsgrade erreicht.
- Die auf der obersten Lage (Planumsoberkante) gemäß Eigenüberwachungsprüfungen erzielten Tragfähigkeitswerte ( $E_{v2}$ ) waren außerordentlich hoch.

| Messpegel | Messung<br>07.07.06 | Messung<br>04.10.06 |
|-----------|---------------------|---------------------|
| S1        | 0                   | -4 mm               |
| S2        | 0                   | -1 mm               |
| S3        | 0                   | -3 mm               |
| S4        | 0                   | -3 mm               |

Tab. 3: Setzungenivellement im Hinterfüllbereich

| Messpegel | Messung<br>07.07.06 | Messung<br>04.10.06 |
|-----------|---------------------|---------------------|
| S5        | 0                   | -22 mm              |
| S6        | 0                   | -14 mm              |
| S7        | 0                   | -6 mm               |
| S8        | 0                   | -6 mm               |

Tab. 4: Setzungenivellement des Dammes zwischen BW 1 und BW 2

### Bewertung aus ökonomischer und ökologischer Sicht

Durch die Verwendung des anstehenden Bodens aus Baugruben und aus rückzubauenden Dammbereichen konnte der Materialbedarf der Hinterfüllbereiche nahezu vollständig gedeckt werden. Dadurch konnten eine Kostenersparnis und die Schonung von Ressourcen sonstiger Abbaugelände von Füllböden erreicht werden.

Durch die Entlastung des Straßennetzes durch entfallende Transporte auf der Straße wurde des Weiteren die Umwelt geschont.

### Perspektivischer Ausblick

Durch den Landesbetrieb Bau Sachsen-Anhalt ist zukünftig eine Langzeitüberprüfung des Verformungs- und Setzungsverhaltens der Hinterfüllbereiche vorgesehen.

Bei positiven Langzeiterfahrungen soll diese Bauweise an weiteren Baumaßnahmen forciert werden.

## Diskussion

### Herr Röger:

Nach welchem Verfahren wurden die Dichteproofungen durchgeführt? Wie dick waren die einzelnen Schüttlagen? Es ist ja im Grunde ein verdichtungsunwilliges Gemisch, das Sie herstellen.

**Herr Nickol:**

Die Schüttlagenstärke betrug 30 cm. Die Verdichtungsprüfungen wurden mit dem Densitometer durchgeführt.

**Herr Röger:**

Mir geht es darum: Die Unterschiedlichkeit der Ergebnisse von Kontroll- und von Eigenüberwachungsprüfungen ist gelegentlich auch darauf zurückzuführen, dass bei der Prüfung des Verdichtungsgrades nicht die ganze Schicht erfasst wird. Und der untere Teil einer Schüttung hat eine deutlich geringere Verdichtung als der obere Teil. Ich halte 30 cm (Schüttlagendicke) bei diesem Material nach meinen Erfahrung für zu hoch.

**Herr Nickol:**

Es ist ja bekannt, dass der Verdichtungsgrad innerhalb einer Schicht etwas schwankt. Es existieren ja auch Untersuchungen drüber, dass man normalerweise auch etwas aufgraben und den Verdichtungsgrad am unteren Teil einer Schüttlage untersuchen sollte. Das ist hier aber nicht gemacht worden, wir haben von der Oberkante aus geprüft. Wir haben im Nachgang versucht zu recherchieren, woher die Unterschiede kommen. Das ist uns aber nicht gelungen. Wir haben an zwei Stellen bei der Kontrollprüfung Werte gemessen, die den Anforderungswert nicht erfüllt haben. Wir haben es dabei gelassen und leben mit dieser Imperfektion.

Beide Untersuchungen sind aber mit demselben Prüfverfahren, dem Densitometer, gemacht worden. Die gemessenen unterschiedlichen Werte rühren also nicht von zweierlei Prüfverfahren her.

**Herr Nelson:**

Sie haben als Einbauwassergehalt 13,5 % festgelegt, und im Ausgangszustand war das Material dann trockener.

**Herr Nickol:**

Richtig.

**Herr Nelson:**

In Baden-Württemberg ist die Regel, dass toniges Material mit ca. 20 bis 25 M.-% Wassergehalt zu nass ist. Was würden Sie in einem solchen Fall machen?

Zweite Frage: Proctor-Versuche und Lastplatten-druckversuche müssen, wenn der Boden mit Bindemittel behandelt ist, im frischen Zustand durch-

geführt werden. Welche Frist halten Sie da für vertretbar: 24, 36 oder 48 Stunden?

Eine Anmerkung: In den neuen ZTV E-StB sind auch Verdichtungsanforderungen an die qualifizierte Bodenverbesserung enthalten. Hier muss der  $E_{v2}$ -Wert größer als  $70 \text{ MN/m}^2$  sein. Die erhalte ich immer, wenn ich lange genug warte. Ist hier keine Zeitvorgabe angedacht?

**Herr Nickol:**

Erste Frage zur Verdichtungsprüfung des Gemisches: Hier kann ich natürlich nicht so lange warten. Wir machen die Dichteprüfung aus der frischen Schicht gleich nach Einbau und stellen dann auch den Probekörper her, in einem Zeitraum von ca. 1 Stunde nach Einbau. Das ist ein Verfahren, das sich gut bewährt hat. Außerdem kann man den Proctorkörper gleich dazu verwenden, die Druckfestigkeit zu untersuchen. Damit bestimmen Sie eine Bezugsproctordichte gleich auf der Baustelle.

Zweite Frage: Beim Wassergehalt hatten wir Glück. Die Ausführung war im Juni bei schönem Wetter, der Boden war ausgetrocknet und wir mussten Wasser dazugeben. Wenn wir 25 % Wassergehalt gehabt hätten, müsste man versuchen, das Material vorher zu trocknen.

**Herr Effland:**

Auf den Entwässerungsbereich haben Sie verzichtet. Haben Sie am Bauwerk selber eine Dränmatte berücksichtigt?

**Herr Nickol:**

Ja, eine Dränmatte war vorgesehen, aber die Kiesdränageschicht, d. h. der 1-m-Bereich, wurde nicht ausgeführt.

**Herr Effland:**

Die 30 cm Schichtdicke halte ich bei diesem Boden auch für zu viel. Wenn man das nicht berücksichtigt, zeugen die Setzungsunterschiede wahrscheinlich auch davon, dass die Schüttlagendicke nicht überall eingehalten wurde. Setzungen von 6 bis 23 mm sind ein sehr großer Spanne.

**Herr Nickol:**

Das war aber der unverbesserte Bereich. Dort waren die Setzungsunterschiede ja im Gegensatz zu dem verbesserten Bereich sehr groß.

Das war ja auch kein systematisches Messprogramm. Es wurde nur baubegleitend gemessen,

um überhaupt Werte zu erhalten. Ursprünglich hatten wir nicht vor, überhaupt zu messen. Wir haben die Setzungspegel dann nachgeschoben, das war vielleicht nicht ganz so exakt.

**Herr Effland:**

Und der  $E_{v2}$ -Wert wurde auch auf dem noch nicht fest gewordenen Boden bestimmt?

**Herr Nickol:**

Ja.

**Herr Hillmann:**

Ich habe gesehen, dass nach drei Monaten, im Oktober 2006, nochmal gemessen worden ist. Haben Sie vor, vor der endgültigen Fertigstellung nochmal zu messen? Das wäre interessant, um festzustellen, welche Verformungen noch eingetreten sind.

**Herr Nickol:**

Diese Absicht bestand zwar, aber soweit ich weiß, sind die Setzungspegel nicht mehr vorhanden.

Es war kein Forschungsprojekt mit großer Begleitung, es war ein Baustellenversuch im Rahmen einer Maßnahme, wo spontan gemessen worden ist, das muss man unterscheiden.

**Herr Hillmann:**

Das ist im Hinterfüllbereich ganz wichtig. Ich denke, alleine das Hingucken des Bauherrn reduziert die Setzungen um 50 bis 75 %.

**Herr Nickol:**

Sie haben vollkommen Recht. Da das Projekt ursprünglich als Erprobung gelaufen ist, gab es natürlich einen erhöhten Bauherrenaufwand bei der Begleitung der Baumaßnahme.

**Teilnehmer am  
41. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau  
am 8. und 9. April 2008 in Potsdam**

**Baden-Württemberg**

Nelson, OBR  
Baustoff- und Bodenprüfstelle für den  
Regierungsbezirk Karlsruhe, Karlsruhe

Stemle  
Regierungspräsidium Stuttgart, Baustoff-  
und Bodenprüfstelle, Ludwigsburg

Röger, Ltd. BDir.  
Regierungspräsidium Tübingen, Abt. 9,  
Landesstelle für Straßentechnik, Stuttgart

**Bayern**

Radeke  
Autobahndirektion Nordbayern, Nürnberg

Dr. Dietrich  
Autobahndirektion Südbayern, München

Rodehack, BD  
Oberste Baubehörde im Bayerischen,  
Staatsministerium des Innern, München

Walter, BOR  
Regierung von Schwaben, Augsburg

Ehmke, BD  
Autobahndirektion Nordbayern,  
Dienststelle Würzburg, Würzburg

**Brandenburg**

Plehm  
Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg,  
Dahlwitz-Hoppegarten

Jäschke  
Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg,  
Dahlwitz-Hoppegarten

Schüßler  
Landesbetrieb Straßenwesen,  
Niederlassung Autobahn, Hoppegarten

Kelm  
Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung,  
Potsdam

**Bremen**

Böttger  
Amt für Straßen und Verkehr, Bremen

**Hessen**

Fiedel  
Hessisches Amt für Baustoff- und Bodenprüfung,  
Kassel

**Mecklenburg-Vorpommern**

Münch  
Landesamt für Straßenbau und Verkehr  
Mecklenburg-Vorpommern, Rostock

Streibel  
Landesamt für Straßenbau und Verkehr  
Mecklenburg-Vorpommern, Rostock

**Niedersachsen**

Vogt, BOR  
Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau  
und Verkehr, Hannover

Dr. Gidde  
Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau  
und Verkehr, Hannover

**Nordrhein-Westfalen**

Bäumer  
Landesbetrieb Straßen NRW, Prüfcenter Münster,  
Münster

Schleiter, ORBR'in  
Landesbetrieb Straßenbau NRW, Gelsenkirchen

Dr. Dröge  
Landesbetrieb Straßenbau NRW, Gelsenkirchen

Dahmen  
Landesbetrieb Straßenbau NRW, Gelsenkirchen

Nowacka  
Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes  
Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

**Rheinland-Pfalz**

Dr. Müller  
Baustoffprüfstelle Bingen, Bingen

Müssenich  
Landesbetrieb Mobilität, Koblenz Rechenburg  
Landesbetrieb Mobilität, Koblenz

**Saarland**

Zaharanski  
Landesbetrieb für Straßenbau, Neunkirchen

Schlemmer  
Ministerium für Wirtschaft und Arbeit, Saarbrücken

Kaufmann  
Landesbetrieb für Straßenbau, Neunkirchen

**Sachsen**

Strauch  
Regierungspräsidium Leipzig, Leipzig

Kluge  
Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft  
und Arbeit, Dresden

Lerch  
Straßenbautechnik, Rochlitz

**Sachsen-Anhalt**

Nickol  
Landesbetrieb Bau Sachsen-Anhalt, Halberstadt

Olbrich  
Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr  
Sachsen-Anhalt, Magdeburg

**Schleswig-Holstein**

Effland  
Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr  
Schleswig-Holstein, Kiel

Paulsen  
Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr  
Schleswig-Holstein, Kiel

Sommerburg  
Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr  
Schleswig-Holstein, Kiel

**Thüringen**

Kirschner  
Thüringer Landesamt für Straßenbau, Erfurt

**DEGES**

Hecht  
DEGES, Berlin

Ludewig  
DEGES, Berlin

**BMVBS**

Gipper  
Bundesministerium für Verkehr,  
Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Sieber, BOR  
Bundesministerium für Verkehr,  
Bau und Stadtentwicklung, Bonn

**Bundesrechnungshof**

Samp  
Prüfungsamt des Bundes Magdeburg, Magdeburg

Burkart  
Prüfungsamt des Bundes Stuttgart, Stuttgart

**BASt**

Blume  
Bundesanstalt für Straßenwesen,  
Bergisch Gladbach

Hillmann, RDir.  
Bundesanstalt für Straßenwesen,  
Bergisch Gladbach

Marks  
Bundesanstalt für Straßenwesen,  
Bergisch Gladbach

Dr. Reichelt, DirProf.  
Bundesanstalt für Straßenwesen,  
Bergisch Gladbach,

**BAW**

Dr. Kayser  
Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe



**DB AG**

Fischer  
Deutsche Bahn AG, DB Systemtechnik,  
T.TZKF 62, Konstruktiver Ingenieurbau,  
Frankfurt am Main

Salditt  
Deutsche Bahn AG, Konstruktiver  
Ingenieurbau/Erdbau/Umwelttechnik, München

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Straßenbau“

### 1996

- S 11: Der Einfluß der Textur auf Reifen/Fahrbahngeräusch und Rollwiderstand – Untersuchungen im Prüfstand Fahrzeug/Fahrbahn  
Ullrich, Glaeser, Sander, Chudalla, Hasskelo, Löffler, Sievert € 15,00
- S 12: Offenporige Asphaltdeckschichten auf Außerortsstraßen – Projektgruppe „Lärmindernde Straßendecken“ € 10,00
- S 13: Qualität von mineralischen Straßenbaustoffen  
Tabbert € 16,50

### 1997

- S 14: 35. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 16,50
- S 15: Anforderungen an Fugenfüllsysteme aus Temperaturdehnungen  
Eisenmann, Lechner € 12,50
- S 16: Sicherheitswirksamkeit ausgewählter Straßenbaumaßnahmen im Lande Brandenburg  
Schnüll, Handke, Seitz € 22,00

### 1998

- S 17: Restnutzungsdauer von Asphaltsschichten – Prüfung der Grundlagen zu ihrer Berechnung  
Wolf, Schickl € 13,00
- S 18: 2. Erfahrungsaustausch über rechnergestütztes Straßenerhaltungsmanagement € 14,50
- S 19: Einfluß der Bruchflächigkeit von Edelsplitten auf die Standfestigkeit von Asphalten  
Teil 1: Literaturoswertung  
Beckedahl, Nösler, Straube
- Teil 2: Einfluß des Rundkornanteils auf die Scherfestigkeit von Gesteinskörnungen  
Diel € 16,50

### 1999

- S 20: 36. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 14,00
- S 21: Walzbeton: Ergebnisse aus neuester Forschung und langjähriger Praxis – Kompendium  
Birmann, Burger, Weingart, Westermann
- Teil 1: Einfluß der Zusammensetzung und der Verdichtung von Walzbeton auf die Gebrauchseigenschaften (1)  
Schmidt, Bohlmann, Vogel, Westermann
- Teil 2: Einfluß der Zusammensetzung und der Verdichtung von Walzbeton auf die Gebrauchseigenschaften (2)  
Weingart, Dreßler
- Teil 3: Messungen an einer Versuchsstrecke mit Walzbeton-Tragschicht an der B54 bei Stein-Neukirch  
Eisenmann, Birmann
- Teil 4: Temperaturdehnung, Schichtenverbund, vertikaler Dichtverlauf und Ebenheit von Walzbeton  
Burger € 17,00

### 2000

- S 22: 3. Bund-Länder-Erfahrungsaustausch zur systematischen Straßenerhaltung – Nutzen der systematischen Straßenerhaltung € 19,50
- S 23: Prüfen von Gesteinskörnungen für das Bauwesen  
Ballmann, Collins, Delalande, Mishellany, v. d. Elshout, Sym € 10,50

### 2001

- S 24: Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund - Konsolidationsverfahren -  
Teil 1: Vergleichende Betrachtung von Konsolidationsverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund  
Teil 2: Erfahrungsberichte über ausgeführte Straßenbauprojekte auf wenig tragfähigem Untergrund unter Verwendung von Konsolidationsverfahren  
Koch € 17,50
- S 25: 37. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 16,50

### 2002

- S 26: Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund - Aufgeständerte Gründungsplaster  
Rogner, Stelter € 14,00
- S 27: Neue Methoden für die Mustergleichheitsprüfung von Markierungsstoffen – Neuentwicklung im Rahmen der Einführung der ZTV-M 02  
Killing, Hirsch, Boubaker, Krotmann € 11,50
- S 28: Rechtsfragen der Bundesauftragsverwaltung bei Bundesfernstraßen – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 25./26. September 2000 in Saarbrücken € 13,00
- S 29: Nichtverkehrliche Straßennutzung – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 24./25. September 2001 in Saarbrücken € 13,50

### 2003

- S 30: 4. Bund-Länder-Erfahrungsaustausch zur systematischen Straßenerhaltung – Workshop Straßenerhaltung mit System – € 19,50
- S 31: Arbeitsanleitung für den Einsatz des Georadars zur Gewinnung von Bestandsdaten des Fahrbahnaufbaues  
Golkowski € 13,50
- S 32: Straßenbaufinanzierung und -verwaltung in neuen Formen – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 23. und 24. September 2002 in Saarbrücken € 13,50
- S 33: 38. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 17,50
- S 34: Untersuchungen zum Einsatz von EPS-Hartschaumstoffen beim Bau von Straßendämmen  
Hillmann, Koch, Wolf € 14,00

### 2004

- S 35: Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund – Bodenersatzverfahren  
Grundhoff, Kahl € 17,50
- S 36: Umsetzung und Vollzug von EG-Richtlinien im Straßenrecht – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 22. und 23. September 2003 in Saarbrücken € 13,50

S 37: Verbundprojekt „Leiser Straßenverkehr – Reduzierte Reifen-  
Fahrbahn-Geräusche“  
Projektgruppe „Leiser Straßenverkehr“ € 16,50

## 2005

S 38: Beschleunigung und Verzögerung im Straßenbau – Referate  
eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des  
Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ der Forschungsgesellschaft  
für Straßen- und Verkehrswesen am 27./28. September 2004 in  
Saarbrücken € 16,50

S 39: Optimierung des Triaxialversuchs zur Bewertung des Ver-  
formungswiderstandes von Asphalt  
Renken, Büchler € 16,00

S 40: 39. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau  
€ 17,50

S 41: Chemische Veränderungen von Geotextilien unter Boden-  
kontakt – Untersuchungen von ausgegrabenen Proben  
Schröder € 13,50

S 42: Veränderung von PmB nach Alterung mit dem RTFOT- und  
RFT-Verfahren – Veränderungen der Eigenschaften von polymer-  
modifizierten Bitumen nach Alterung mit dem RTFOT- und RFT-  
Verfahren und nach Rückgewinnung aus Asphalt  
Wörner, Metz € 17,50

S 43: Eignung frostempfindlicher Böden für die Behandlung mit Kalk  
Krajewski, Kuhl € 14,00

S 44: 30 Jahre Erfahrungen mit Straßen auf wenig tragfähigem  
Untergrund  
Bürger, Blossfeld, Blume, Hillmann € 21,50

## 2006

S 45: Stoffmodelle zur Voraussage des Verformungswiderstan-  
des und Ermüdungsverhaltens von Asphaltbefestigungen  
Leutner, Lorenzl, Schmoeckel, Donath, Bald, Grätz, Riedl,  
Möller, Oeser, Wellner, Werkmeister, Leykauf, Simon € 21,00

S 46: Analyse vorliegender messtechnischer Zustandsdaten und  
Erweiterung der Bewertungsparameter für Innerortsstraßen  
Steinauer, Ueckermann, Maerschalk € 21,00

S 47: Rahmenbedingungen für DSR-Messungen an Bitumen  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflich-  
tig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
Hase, Oelkers € 24,50

S 48: Verdichtbarkeit von Asphaltmischgut unter Einsatz des  
Walzsektor-Verdichtungsgerätes  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflich-  
tig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
Wörner, Bönisch, Schmalz, Bösel € 15,50

## 2007

S 49: Zweischichtiger offenporiger Asphalt in Kompaktbau-  
weise  
Ripke € 12,50

S 50: Finanzierung des Fernstraßenbaus – Referate eines For-  
schungsseminars des Arbeitsausschusses "Straßenrecht" der  
FGSV am 25./26. September 2006 in Tecklenburg-Leeden  
€ 15,50

S 51: Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Bestimmung der  
Haftfestigkeit von Straßenmarkierungsfolien  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflich-  
tig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
Killing, Hirsch € 14,50

S 52: Statistische Analyse der Bitumenqualität aufgrund von  
Erhebungen in den Jahren 2000 bis 2005  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflich-  
tig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
Hirsch € 16,00

## 2008

S 53: Straßenrecht und Föderalismus – Referate eines For-  
schungsseminars des Arbeitskreises "Straßenrecht" am 24./  
25. September 2007 in Bonn € 15,50

S 54: Entwicklung langlebiger dünner Deckschichten aus Beton  
Silwa, Roßbach, Wenzl € 12,50

S 55: Dicke Betondecke auf Schichten ohne Bindemittel (SoB/  
STSuB)  
Leykauf, Birmann, Weller € 13,50

## 2009

S 56: Vergangenheit und Zukunft der deutschen Straßenverwaltung  
– Referate eines Forschungsseminars des Arbeitskreises "Straßen-  
recht" am 22./23. September 2008 in Bonn € 14,00

S 57: Vergleichende Untersuchung zweischichtiger offenporiger  
Asphaltbauweisen  
Ripke € 13,50

S 58: Entwicklung und Untersuchung von langlebigen Deck-  
schichten aus Asphalt  
Ludwig € 15,50

S 59: Bestimmung des adhäsiven Potentials von Bitumen und  
Gesteinsoberflächen mit Hilfe der Kontaktwinkelmessmethode  
Hirsch, Friemel-Göttlich € 16,00

## 2010

S 60: Die Zukunftsfähigkeit der Planfeststellung – Referate eines  
Forschungsseminars des Arbeitskreises "Straßenrecht" am 21./  
22. September 2009 in Bonn € 15,50

S 61: Modell zur straßenbautechnischen Analyse der durch den  
Schwerverkehr induzierten Beanspruchung des BAB-Netzes  
Wolf, Fielenbach € 16,50

S 62: 41. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau  
€ 18,50

---

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10  
D-27511 Bremerhaven  
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0  
Telefax: (04 71) 9 45 44 77  
Email: [vertrieb@nw-verlag.de](mailto:vertrieb@nw-verlag.de)  
Internet: [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.