

38. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau

Niederschrift der 38. Tagung
am 7. Mai und 8. Mai 2002
in Dresden

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Straßenbau Heft S 33

bast

Kurzfassung – Abstract

38. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau

Am 38. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau am 7. und 8. Mai 2002 nahmen neben Vertretern des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen und der Straßenbaubehörden der Länder auch Vertreter der Bundesanstalt für Wasserbau, der DEGES, des Bundesrechnungshofes und der Deutschen Bahn AG teil.

Der Erfahrungsaustausch dient dazu, Erfahrungen mit neuen Bauweisen und der Anwendung neuer Regelwerke und Prüfverfahren mitzuteilen und zu diskutieren. Schwerpunkte waren diesmal der Boden- und Grundwasserschutz im Straßenbau und Straßenbetrieb, die Vorstellung von Neuerungen im Regelwerk und Erfahrungen mit deren Anwendung sowie neue Baustoffe und Bauverfahren.

Nach Informationen aus dem BMVBW und über Aktivitäten in der BAST und der FGSV wurden die gesetzlichen Grundlagen des Boden- und Grundwasserschutzes vorgestellt und eine Übersicht über den aktuellen Stand des zugehörigen Regelwerkes des Straßenbaus gegeben. Im Detail wurden die Richtlinien über die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und RC-Baustoffen (RuA-StB 01) mit den Mitteilungen 20 der LAGA verglichen. Des Weiteren befasste man sich mit neuen Forschungsergebnissen über Bodenbelastungen an Verkehrswegen und stellte die neuen Richtlinien über bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiSt-Wag) vor. Zum Themenbereich Regelwerke wurden aus der Sicht des Erdbaus Betrachtungen zu den Neuerungen der RStO 01 angestellt und über die neuen Richtlinien über geotechnische Untersuchungen und geotechnische Berechnungen berichtet. Um baustoffbezogene Themen ging es bei den Erfahrungen aus dem Wasserbau über das Verhalten von Geosynthetischen Tondichtungsbahnen im gequollenen Zustand, den Erkenntnissen über den Einsatz von Geokunststoffen zur Sicherung bruchgefährdeter Straßenbereiche in Altbergbau- und Subrosionsgebieten und den Einsatz von Blähton als Leichtbaustoff beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund. Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen über Bauweisen zur tiefgründigen Bodenstabilisierung im Verdrängungs-

und Mischverfahren wurden in einem Überblick einschließlich der Kosten der verschiedenen Verfahren aufgezeigt. An Beispielen wurde über die Sicherung von steilen Böschungen mit Pflanzen (Lebend bewehrte Erde) und über die Sanierung einer Rutschung berichtet.

Die Fachexkursion am 8. Mai führte zur Baustelle eines Abschnittes der BAB A 17 von Dresden nach Prag, die in ihrem stadtnahen Streckenabschnitt 4 Brücken und 3 Tunnel aufweist, um Wohngebiete und Kleingartenanlagen zu schützen. Der bei den Tunnelvortrieben gewonnene Syenit wird aufbereitet und auf den Baustellen wieder verwendet.

38th Congress for Exchange of Experience on Earthwork in Highway Construction

At the 38th Congress for Exchange of Experience on Earthwork in Highway Construction, held on May 7th and 8th, 2002, representatives from the Federal Institute for Water Resource Management, DEGES, the Federal Accounting Office and the German Railroad participated in addition to representatives from the Federal Ministry for Traffic, Construction and Housing and the State Highway Construction Authorities.

This exchange of experience served for communication and discussion on experience gained with new construction methods and the application of new regulations and testing procedures. Focal points this time were soil and water conservation in highway construction and highway operation, introduction of new items in the regulations and experience with their application as well as new construction materials and construction methods.

Following presentation of information from the Federal Ministry for Traffic, Construction and Housing and on the activities within the Federal Highway Research Institute, the legal principles for soil and ground water conservation were introduced and a summary given on the current status of the associated regulations for highway construction. In detail, the guidelines on ecological use of industrial byproducts and RC construction materials (RuA-StB 01) were compared with Notifications 20 from LAGA. In addition new re-

search results on soil pollution along roads were discussed and the new guidelines for technical construction measures on highways in water conservation areas (RiStWag) were introduced. The subject of rules and regulations was considered from the viewpoint of earthwork in regard to the new items in RStO 01 and reports were presented on the new guidelines for geotechnical studies and geotechnical calculations. Construction material related subjects were covered with the experience from water engineering regarding the behavior of geosynthetic clay sealing foil in the swelled state, the experience with the use of geosynthetic materials for stabilizing road sections endangered by fracture in areas with old mining activities and sub-erosion and the use of swelling clay as a light-weight construction material in highway construction on subsurfaces with minimum supporting capacity. Application possibilities and limits of construction methods for deep soil stabilization using the displacement and mixed methods were shown in a summary including the costs of the various methods. Reports were made on examples of stabilization of steep slopes with plants (biologically reinforced soil) and repair of slides.

A study excursion was made on May 8th to a construction site on a section of federal freeway A17 from Dresden to Prague, which has four bridges and three tunnels in the section close to the city, to protect residential areas and garden plots. The syenite obtained while excavating the tunnel is processed and used at the construction site.

Inhalt

Begrüßungen

Dr.-Ing. P. Reichelt Bundesanstalt für Straßenwesen	8
Dr. W. Barlmeyer Kulturamt der Stadt Dresden	9
Dipl.-Ing. R. Wurch Ministerium für Wirtschaft und Arbeit	11

Informationen

Informationen aus dem Bundes- ministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen MR Dipl.-Ing. S. Hahn	14
Informationen aus der Arbeitsgruppe 5 „Erd- und Grundbau“ der FGSV RDir Dipl.-Ing. R. Hillmann	16
Informationen aus der Bundesanstalt für Straßenwesen Dipl.-Ing. K.-H. Blume	19

Boden und Grundwasserschutz im Straßenbau

Gesetzliche Grundlagen und Übersicht über den aktuellen Stand der Regelwerke RDir Dipl.-Ing. R. Hillmann	26
Gegenüberstellung von RuA-StB 01 (FGSV) und der Mitteilung 20 (LAGA) RR Dr.-Ing. C. Koch	33
Bodenbelastung an Verkehrswegen – neue Ergebnisse Dipl.-Geoökol. B. Kocher	40
Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiStWag) – Vorstellung der neuen FGSV- Richtlinien (RiStWag) Dipl.-Ing. V. Dittrich	47
Diskussion	55

Regelwerke, Baustoffe und Bauverfahren

Verhalten der Geosynthetischen Tondichtungs- bahnen im gequollenen Zustand – Erfahrungen aus dem Wasserstraßenbau Dipl.-Ing. P. Fleischer	60
--	----

Einsatz von Geokunststoffen zur Sicherung bruchgefährdeter Straßenbereiche in Altbergbau- und Subrosionsgebieten in Sachsen-Anhalt Dipl.-Ing. G. Schmidt	66
Betrachtungen zur Stabilität des Straßen- oberbaues im Hinblick auf die Anrechen- barkeit von Bodenstabilisierungen mit Bindemitteln bei F 2- und F 3-Böden auf die Dicke der Frostschuttschicht Berg.-Ing. R. Schmidt	70
Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen der tiefgründigen Bodenstabilisierung im Verdrängungs- und Mischverfahren Dipl.-Ing. K. Scholz-Solbach	76
Blähton als Leichtbaustoff – Anwendungs- beispiele Dipl.-Ing. G. Tophinke	83
Die neuen Richtlinien für geotechnische Untersuchungen und geotechnische Berechnungen im Straßenbau Dipl.-Geol. Y. Binard-Kühnel	85
Diskussion	90

Baumaßnahmen

Die Sicherung von steilen Böschungen mit Pflanzen am Beispiel eines Lärm- schutzwalles an der BAB A 113 in Berlin Dr.-Ing. B. Schuppener	94
Sanierung einer Rutschung im Einschnitt Reichersdorf an der BAB A 3 Regensburg- Passau Dipl.-Geol. Dr. M. Dietrich	103
Diskussion	108

Meinungsbildung zu aktuellen Fragestellungen

Erfahrungssammlung mit geokunststoff- bewehrten Erdbauwerken Dipl.-Ing. K.-H. Blume	109
Überarbeitung der ZTV E-StB 94 (Fassung 1997) RDir Dipl.-Ing. R. Hillmann	109
Kurzbericht zur Fachexkursion Neubau BAB A 17 Dresden-Prag Dipl.-Ing. K.-H. Blume Dipl.-Geoökol. B. Kocher	111
Teilnehmerliste	114

Begrüßungen

Dr.-Ing. P. Reichelt

Dr. W. Barlmeyer

Dipl.-Ing. R. Wurch

Dr.-Ing. P. Reichelt
Vertreter des Präsidenten und Abteilungsleiter
Straßenbautechnik der Bundesanstalt für Straßen-
wesen, Bergisch Gladbach

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

ich begrüße Sie sehr herzlich hier in dieser wunderschönen Stadt Dresden an einem Morgen, der nach den Regenfällen der letzten Tage Anlass zu Hoffnungen gibt. Ich freue mich, Herrn Dr. BARLMEYER, den Leiter des Kulturamts als Vertreter der Landeshauptstadt Dresden begrüßen zu können. Herr BARLMEYER, Sie werden uns gleich sicher einige interessante Begebenheiten aus Dresden näher bringen, und darauf sind wir alle gespannt. Weiter begrüße ich ganz herzlich den Vertreter des sächsischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Arbeit, Herrn WURCH. Sie und Ihre Mitarbeiter haben uns bei der Vorbereitung dieses 38. Erfahrungsaustausches tatkräftig unterstützt und dafür möchte ich mich schon jetzt herzlich bedanken.

Meine sehr geehrten Damen und Herren, wir sind mit unserem Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau gerne nach Dresden gekommen; nachdem wir vor zwei Jahren in Erfurt waren und die Thüringerwald-Querung besichtigt haben, und nachdem wir uns vor vier Jahren in Rostock mit den speziellen Problemen wenig tragfähiger Böden im Zuge der A 20 vertraut gemacht haben, werden wir morgen im Rahmen der Fachexkursion die A 17 Dresden-Prag besichtigen.

Lassen Sie mich zunächst über einige Entwicklungen und personelle Änderungen der BAST berichten. Seit Anfang des Monats Mai hat die BAST einen neuen Leiter, Herrn Dr.-Ing. KUNZ. Herr Dr. KUNZ kommt von der verkehrspolitischen Grundsatzausschuss des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen und hat sich dort mit Fragen der Investitionsplanung befasst. Als Ingenieur freut er sich, in der BAST wieder stärker mit praxisbezogenen Aufgabenstellungen auch aus unserem Fachgebiet befasst zu sein.

Ein weiterer Wechsel hat beim Vorsitz der Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“ der FGSV stattgefunden. Herr RDir HILLMANN hat den Stab von Herrn BDir WITTMANN übernommen und über diese Anerkennung der Fachkompetenz von Herrn HILLMANN haben wir uns in der BAST sehr gefreut.

Als ein anderes positives Zeichen und Grundlage für weitere Entwicklungen werde ich die Tatsache,

dass die Mittel für die gemeinsame Forschung von FGSV und BMVBW auf Vorjahresniveau gehalten werden konnten. Obwohl alle Bundesbehörden seit Jahren 1,5 % Einsparung bei den Stellen leisten mussten und dies wohl noch 2 bis 3 Jahre weitergehen wird, konnte erfreulicherweise die Kompetenz und auch personelle Stärke des Referats S 2 „Erdbau und Mineralstoffe“ der BAST in dieser Zeitspanne erhalten werden.

Zu den Themen und Vorträgen, die wir im Anschluss hören werden, möchte ich mich kurz äußern. Sie haben bemerkt, dass wir zwei fachliche Schwerpunkte gesetzt haben:

1. Boden- und Gewässerschutz im Straßenbau: Sie wissen, wie notwendig es ist, hier ein bisschen Licht in das Dickicht von Bundes- und Landesregelungen und den Grad der jeweiligen Verbindlichkeit zu bringen.
2. Baustoffe und Bauverfahren: Hier will ich nur einen Punkt herausgreifen und als Beispiel den Blähton erwähnen. Um das Material besser einschätzen zu können, hatten wir uns als BAST mit den Herstellern ursprünglich ein anspruchsvolles Testprogramm vorgenommen, das jedoch aus finanziellen Gründen dann nicht realisiert werden konnte. Wir haben uns jetzt auf das auch in vergleichbaren Fällen übliche Verfahren geeinigt, aufgrund der bisherigen Anwendungen und Erfahrungen Einsatzkriterien festzulegen, die dann während des Betriebes überprüft werden müssen.

Meine sehr geehrten Damen und Herren, lassen Sie mich zum Schluss ein wichtiges Thema ansprechen, das Leichte Fallgewichtsgerät.

Hierzu hatten wir im Oktober 2001 ein Gespräch mit den Herstellern und den Mitgliedern des zuständigen Arbeitsausschusses der FGSV. Das Problem bestand in der mangelnden Vergleichbarkeit der Ergebnisse der beiden Messprinzipien Stahlfeder und Gummielement. Es wurde vereinbart, den Abgleich der verschiedenen Geräte über die Einsenkungen an definierten Unterlagen durchzuführen. Die Versuche zu Jahresbeginn 2002 haben aber ergeben, dass dies nicht gelingt. Der Abgleich und damit die Vergleichbarkeit funktioniert nicht!

Die Konsequenz des maßgebenden Gremiums der FGSV kann deshalb bei dieser Lage nur lauten: nur ein Gerätetyp ist künftig zu verwenden. Es sind folgende Schritte zu erwarten:

- Ende 2002 Veröffentlichung der TP BF-StB Teil B 8.3 der FGSV, die nur noch das Stahlfedergerät enthalten wird, nach allem, was sich bisher abzeichnet.
- Der Entwurf der TP wird im Frühherbst 2002, wie zugesagt, mit der BAST und den Herstellern diskutiert. Dabei sollen ausreichende Übergangsmodalitäten vereinbart werden.
- Bis zur Umsetzung der TP gilt gemäß ARS: nur ein Gerätetyp auf der Baustelle!

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

damit habe ich gleich eines der drängenden Probleme angesprochen. Wir werden später dazu noch mehr hören. Ich darf nun Herrn Dr. BARLMEYER bitten, uns ein wenig von Dresden zu berichten und wünsche uns instruktive Vorträge und lebhaft Diskussionen.

Dr. W. Barlmeyer
Kulturamtsleiter der Stadt Dresden

Sehr geehrter Herr Vizepräsident,
meine sehr geehrten Damen und Herren,
verehrte Gäste,

im Namen der Landeshauptstadt Dresden möchte ich Sie herzlich zu Ihrer Tagung hier im Blockhaus begrüßen und willkommen heißen und Ihnen auch herzliche Grüße des Oberbürgermeisters, Herrn ROßBERG, übermitteln.

Wir tagen hier im „Blockhaus“, dem ehemaligen Sitz des sächsischen Kriegsministeriums. Dem militärisch wenig ambitionierten Naturell der Sachsen entsprechend war und ist dieses Gebäude recht klein, um so größer wurde die Albertstadt, die dann aus den französischen Reparationsmitteln von 1871 im Norden der Stadt errichtet wurde und Platz bot für insgesamt 60.000 Soldaten. Der größte Militärkomplex, der zu dieser Zeit errichtet worden ist, liegt hier in Sachsen und nicht etwa, wie man vielleicht vermuten könnte, in Preußen.

In einer Kunst- und Kulturstadt – und in einer solchen sind wir bekanntlich – kann man immer über Bilder sprechen. Ich versuche, dem Thema der Tagung Rechnung tragend, etwas über Bilder von Straßen oder Straßenbilder zu sagen. Es gibt eine sehr verbreitete und sehr romantische Grafik etwa aus der Wende des 18. zum 19. Jahrhundert, eine Stadtlandschaft von der Höhe der Bautzner Straße gesehen, herabführend auf den Elbbogen, auf die Frauenkirche und das Schloss. Man nimmt eine Kutsche wahr, aber nicht die Spur einer auch nur halbwegs ordentlichen Straße: die wichtigste Verbindungslinie nach Osten nichts als ein Feldweg!

Ich glaube doch, dass die Straßen so etwas wie eine Domäne der südlichen Länder sind und dort sind sie ganz sicher ein römisches Erbe. Mein Kollege Reinhard KOETTINITZ, Leiter des Straßen- und Tiefbauamtes, hat in seinem Dienstzimmer ein sehr schönes Grafikblatt aus dem 18. Jahrhundert, das er auch jedem bereitwillig zeigt und hinzufügt, dieses sei das einzige Kunstwerk dieser Zeit, auf dem man Straßenbauarbeiten und Pflasterarbeiten abgebildet findet. Das Blatt ist in der Tat beeindruckend, nicht nur durch die Lebensnähe in der Wiedergabe handwerklicher Arbeiten, sondern auch durch eine bizarre Bergkulisse. Vorgestern habe ich trotz strömenden Regens eine Wanderung unternommen, von Stolpen aus in Richtung König-

stein und dabei bewegt man sich noch ein ganzes Stück und geradeaus auf der alten Napoleonstraße. Die wenigen Monate um den Zeitraum der Schlacht bei Dresden 1813, in denen sich die Franzosen und die Alliierten im böhmisch-sächsischen Grenzgebiet lauernd gegenüberlagen, hatten dem Korsen gereicht, eine lange und gerade Straße anzulegen und entsprechend auszustatten.

Noch ein Letztes: vor einigen Jahren bin ich durch die Stadt mit einem Freund gegangen, der in einer nord-westdeutschen Großstadt die Aufgaben eines Stadtbaurates wahrnimmt. Er deutete auf das Pflaster und die gewaltigen Granitplatten auf den Gehwegen: „Ist dir eigentlich klar, was unsere Vorfahren hier an Infrastruktur investiert haben?“ Sie können diese Platten überall noch in der Stadt sehen über die gewaltigen Zerstörungen hinweg und in der Tat, wenn man sich überlegt, was eine solche Platte damals gekostet hat und heute kosten würde, dann staunt man vor dieser unglaublichen investiven Leistung.

Aber bevor ich noch etwas über Hellerau sage, möchte ich noch eine Einladung aussprechen.

Kommen Sie möglichst häufig und kommen Sie immer wieder und überzeugen Sie sich von den Veränderungen, die diese Stadt innerhalb von kurzer Zeit nimmt. Diese Veränderungen betreffen das Stadtbild, sie betreffen auch dieses Haus hier. 1992 war das Blockhaus ein Restaurant mit dem Vorzug des bekannten Canalettoblicks auf die andere Seite. Jetzt ist hier die Sächsische Akademie der Künste, ich denke, das ist ein würdiger Tausch. Also kommen Sie sehr häufig und erkunden Sie den östlichen Teil Deutschlands. In Zittau wurde vor wenigen Tagen eine grandiose Ausstellung über die Geschichte der Lausitz eröffnet, von der zwar die Oberlausitz zu Sachsen gehört, aber dies erst seit 1635. Bis dahin war sie Teil der böhmischen Krone und insofern auch mit dem habsburgischen Kaiserhaus sehr eng verbunden. Eine großartige Ausstellung, die die Lausitz in ihrer Beziehung zur Reichsgeschichte zeigt.

Wenn ich über Dresden jetzt noch etwas sage, dann eigentlich nur um Ihnen ein Stichwort in Erinnerung zu rufen, das sehr eng mit der Reformbewegung am Anfang des 20. Jahrhunderts zu tun hat: Ich meine Hellerau. Alle Gebäude und Funktionen sind im Unterschied zu der übrigen Stadt vollständig erhalten und stehen unter Denkmalschutz. Das Werkstattgebäude, die Siedlungen und das

Festspielhaus standen für den Versuch, eine Einheit herzustellen von Arbeit, Leben und Feiern. Die Hellerauer Siedlung mit ihren architektonischen Wegweisungen sind bis heute faszinierend und haben in vielfacher Hinsicht ihre Leitfunktionen nicht eingebüßt. Und schließlich das von Heinrich TESSENOW erbaute Festspielgelände mit dem Festspielhaus: eine unglaublich moderne und bis heute faszinierende Architektur. Es war in Hellerau, wo am Anfang des 20. Jahrhunderts ganz neue Formen der Kunst experimentell vorweggenommen wurden. Begegnungen von internationalem Anspruch fanden statt und es war fast so wie ein Pilgerort der Moderne. Jacques DALCROZE hat ganz neue Formen der Bewegungssprachen versucht. Das ging zu Ende mit dem 1. Weltkrieg, das verblutete auch kulturell auf den Schlachtfeldern der Champagne und in Flandern. Dennoch ging es weiter in den 20er Jahren mit Mary WIGMANN und der großen Gret PALUCCA. Ich kann mich noch sehr gut an meinen ersten Besuch im Festspielhaus Hellerau 1992 erinnern: Damals war es noch Kasernengelände, so wie es in den 30er Jahren gewesen war. Erst für die SA, dann für die Wehrmacht und schließlich für die Rote Armee und ganz zum Schluss für die GUS-Truppen.

1992 war ich zum ersten Mal da, eine Chiffre abgebrochener Moderne, eine unglaublich heruntergekommene Bausubstanz. Seitdem ist relativ viel Geld in die Erschließung des Festspielgeländes geflossen, und das betrifft nicht nur die Architektur, sondern auch die Künste. Ich bin überzeugt davon und hoffe es auch, dass Hellerau so etwas wie ein Gegengewicht zur Semperoper werden kann, im Sinne einer kulturellen Moderne. Hellerau sollte in jedem Fall einen Besuch wert sein. Einheit von Arbeit, Leben und Feiern, das ist ja nicht das schlechteste. Für Ihre Tagung wünsche ich Ihnen alles Gute und einen schönen Aufenthalt in Dresden.

Dipl.-Ing. R. Wurch
Ministerium für Wirtschaft und Arbeit
Freistaat Sachsen

Sehr geehrte Damen und Herren,
sehr geehrter Herr Dr. Barlmeyer,
sehr geehrter Herr Dr. Reichelt,
verehrte Gäste und Kollegen,

ich darf Sie auch meinerseits sehr herzlich zum 38. Erfahrungsaustausch des Bundes und der Länder zum Thema „Erdarbeiten im Straßenbau“ in Dresden begrüßen. Gleichzeitig überbringe ich die Grüße unseres Hauses und insbesondere des seit 2. Mai diesen Jahres im Amt tätigen Staatsministers Dr. Martin GILLO. Wir freuen uns sehr, dass für die Ausrichtung dieses traditionsreichen Erfahrungsaustausches der Freistaat Sachsen mit seiner Landeshauptstadt Dresden gewählt wurde. Wir erkennen darin auch eine Würdigung der Leistungen unserer sächsischen Straßenbauingenieure, insbesondere in den vergangenen 11 Jahren. Nicht vergessen werden soll dabei die vielseitige Unterstützung, die wir in dieser Zeit erfahren haben, und ich bin gewiss, dass heute einige von Ihnen unter uns sind, die diese Aufbruchzeit mit uns bewältigt haben.

Das breite Spektrum der Themen zu den aktuellen Problemen des Erdbaus im Straßenbau, wie die Weiterentwicklung des Boden- und Grundwasserschutzes, der Regelwerke, der Baustoffe und der Bauverfahren bieten die Grundlage für einen regen und erfolgreichen Erfahrungsaustausch. Die Besichtigung der A 17 Dresden-Prag mit ihrem größten Baulos der „Tunnel-Brücke-Tunnel-Kombination“ in Dresden-Coschütz und Dölzschen zeugen vom erfolgreichen Aufbau der Infrastruktur in Sachsen.

Sehr geehrte Damen und Herren, im Jahr 1990 hatten wir in Sachsen eine völlig vernachlässigte Verkehrsinfrastruktur, eine sprunghafte Zunahme der Motorisierung und neue Verkehrsstrukturen. Die Hauptverkehrsströme wechselten von Nord/Süd auf Ost/West. Kaum befahrbare Autobahnen, marode Brücken, enge Ortsdurchfahrten, desolate Betriebshöfe und Werkstätten sowie hoffnungslos überalterte Fahrzeuge waren an der Tagesordnung. Der ganze Verkehrsbereich war in einem schlimmen Zustand. Das hat sich in den vergangenen 11 Jahren grundlegend geändert und das ist auch für jeden sichtbar.

Mit Aufbauwillen, großem Engagement, aber auch mit erheblichen finanziellen Mitteln begannen die

Sanierung und der Aus- sowie Neubau der Verkehrsinfrastruktur. So erfolgten im Zeitraum von 1991 bis 2001 Investitionen von über 16,9 Mrd. €, davon fast 9,7 Mrd. € für die Straße und ca. 7,2 Mrd. € für die Schiene und die Förderung des öffentlichen Personennahverkehrs, der Güterverkehrszentren, der Flughäfen und der Binnenschifffahrt.

Was verbirgt sich hinter diesen Zahlen? Im Freistaat Sachsen wurde das Autobahnnetz erneuert und ausgebaut. Als erstes erfolgte der Lückenschluss der A 72 zwischen Hof und Zwickau. Die Fortführung des Ausbaus zwischen Chemnitz und Zwickau wurde im vergangenen Jahr in Angriff genommen. Zwischen Dresden und Chemnitz ist die Bundesautobahn A 4 inzwischen sechsstreifig befahrbar, von Dresden bis Görlitz wurde die Strecke vierstreifig aus- bzw. neugebaut. Die Binnenhäfen Dresden, Riesa und Torgau wurden mit 59,3 Mio. € zu modernen Umschlagstellen ausgebaut. Güterverkehrszentren waren eine verkehrspolitische Vision des Bundesverkehrswegeplanes 92. In Sachsen ist diese Vision an den Standorten Dresden, Leipzig und Glauchau umgesetzt worden. Hier wurden bisher – Privatinvestitionen eingeschlossen – ca. 510 Mio. € investiert und über 4.600 Arbeitsplätze neu geschaffen bzw. erhalten. Auch der öffentliche Personennahverkehr wurde und wird in Größenordnungen gefördert. So wurden bis 2001 für Infrastruktur, Fahrzeuge, Betriebshöfe und Abfertigungseinrichtungen ca. 1,37 Mrd. € ausgegeben.

Mit der A 17 Dresden-Prag und der A 38 Südumgehung Leipzig sind wir dabei, das Autobahnnetz zu erweitern. Die Fertigstellung der A 17 ist Ende 2005 und der A 38 für Ende 2004 vorgesehen. An der A 38 haben wir mit der Bauausführung des 2. Abschnittes, der über die ehemaligen Tagebaue Espenhain und Zwenkau führt, begonnen. Dieser Abschnitt stellt wegen der schwierigen Baugrundsituation eine besondere Herausforderung für die Erdbaufachleute dar. Der im Rahmen dieses Erfahrungsaustausches vorgesehene Beitrag zur Sicherung bruchgefährdeter Straßenbereiche in Altbergbau- und Subrosionsgebieten in Sachsen-Anhalt wird in diesem Zusammenhang bei den sächsischen Tagungsteilnehmern ein besonders großes Interesse finden.

Für die weitere Verbesserung der Infrastruktur im Raum Chemnitz-Leipzig hat der Neubau der A 72 von Chemnitz nach Leipzig und die Weiterführung des 6-streifigen Ausbaus der A 14 im Bereich Leip-

zig Priorität. Die Aussage des Bundeskanzlers zur Fertigstellung der neuen A 72 macht uns berechtigte Hoffnung auf die baldige Inbetriebnahme im Jahre 2006. Gleichzeitig sind die letzten Abschnitte des Verkehrsprojektes „Deutsche Einheit“ Nr. 15 zwischen Chemnitz und der Landesgrenze Sachsen/Thüringen fertigzustellen. Mittelfristig wird der Bau einer neuen Autobahn A 16 nach Brandenburg und weiter in Richtung Polen vorbereitet.

Im Bundes- und Staatsstraßennetz ist der Bau von Autobahnzubringern und Ortsumgehungen vorrangig. Bisher konnten 20 Ortsumgehungen bei Bundesstraßen (weitere 10 sind im Bau) und 15 Ortsumgehungen bei Staatsstraßen realisiert werden. Ebenso sind die Zulaufstrecken zu den Grenzübergängen leistungsfähiger zu machen, sowie weitere Grenzübergänge auszubauen. Mit Tschechien besteht ein abgestimmtes Konzept zur Verknüpfung beider Straßennetze nach dem In-Kraft-Treten des Schengener Abkommens (mit ca. 40 neuen Verbindungen).

Trotz der erzielten Verbesserungen ist erst die halbe Wegstrecke zurückgelegt. Somit besteht insgesamt weiterhin erheblicher Handlungsbedarf. Die Anforderungen an das Straßennetz werden mit der wirtschaftlichen Entwicklung, dem europäischen Binnenmarkt und mit der EU-Erweiterung weiter anwachsen. Der Freistaat Sachsen wird aus seiner Randlage in eine zentrale Lage mit Brückenfunktion rücken.

Meine Damen und Herren, liebe Kollegen, wie hat sich der Freistaat Sachsen darauf vorbereitet? Die Grundsätze und Ziele der Landesplanung zum Aufbau eines leistungsfähigen, ökologisch verträglichen und ökonomischen Verkehrssystems sind im Fachlichen Entwicklungsplan Verkehr (FEV) des Freistaates Sachsen (Verordnung der Sächsischen Staatsregierung vom 27. August 1999) verbindlich geregelt.

Der FEV hat Pilotfunktion in Deutschland. Die Grundsätze und Ziele des FEV zum Aus- und Neubau der Straßeninfrastruktur sind damit die wesentlichen Grundlagen für die Fortschreibung des Bedarfsplanes Bundesfernstraßen und für die Ausbauplanung Staatsstraßen.

Meine sehr verehrten Damen und Herren, trotz einiger uns bewegender Sorgen und Probleme wünsche ich dem hier versammelten Kreis der Fachleute des Bundes und der Länder einen fruchtbaren Dialog, interessante Diskussionen und einen

guten Verlauf des Erfahrungsaustausches. Schauen Sie sich in Dresden um und nutzen Sie auch die morgige Baustellenbesichtigung dazu, ein Verkehrsprojekt von europäischer Dimension kennenzulernen. Ich bin sicher, dass Ihr Erfahrungsaustausch viele Anregungen für die Lösung der anstehenden Aufgaben und für künftige Entwicklungen im Erdbau geben wird.

Informationen

Referenten

MR Dipl.-Ing. S. Hahn

RDir Dipl.-Ing. R. Hillmann

Dipl.-Ing. K.-H. Blume

MR Dipl.-Ing. S. Hahn
Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Informationen aus dem Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen

Sehr geehrter Herr Dr. Reichelt,
sehr geehrter Herr Dr. Barlmeyer,
sehr geehrte Damen und Herren,

bei dem 37. Erfahrungsaustausch des Bundes und der Länder über Erdarbeiten im Straßenbau vor zwei Jahren stand an dieser Stelle mein ehemaliger, sehr verdienstvoller Mitarbeiter, Herr Baudirektor WITTMANN und hat hier über die Arbeit des BMVBW aus der Straßenbautechnik berichtet. Zwischenzeitlich ist Herr WITTMANN in den wohlverdienten Ruhestand getreten. Leider muss ich Ihnen mitteilen, dass die von ihm bekleidete Planstelle ab Haushaltsjahr 2002 gestrichen wurde. Diese Entscheidung bedeutet im Klartext, dass im BMVBW künftig kein Referent mehr für Erdbau, Grundbau, Mineralstoffe und eine Reihe von Sonderaufgaben zur Verfügung stehen wird. Die Folgen sind sehr schmerzlich, vor allen Dingen angesichts der Tatsache, dass bei Neubaustrecken der Erdbau mehr als 65 % des gesamten Investitionsvolumens ausmacht und die Steuerung der Entscheidungen im Erdbau- und Mineralstoffbereich einen spürbaren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Straßenbaus haben kann. Das ist eine politische Entscheidung, mit der wir wohl oder übel leben müssen.

Erwarten Sie bitte von mir keinen lückenlosen Vortrag über die facettenreiche Arbeit des BMVBW; das würde den Rahmen, der hier vorgegeben ist, sprengen. Wir haben den 38. EAT über Erdarbeiten im Straßenbau vor uns, und ich meine, wir sollten uns mit einigen Schwerpunkten aus dem Bereich der Straßenbautechnik befassen. In den zwei Jahren, die vergangen sind seit dem letzten EAT des Bundes und der Länder, sind einige neue Akzente gesetzt worden. Die Einführung und Bekanntgabe von Regelwerken durch den BMVBW war in den zwei Jahren sehr ergiebig. In dieser Zeit sind über 20 Regelwerke eingeführt worden mit zum Teil gravierenden Neuerungen.

Man könnte die Regelwerke, die den Straßenbau betreffen und die in den letzten zwei Jahren eingeführt worden sind bzw. kurz vor der Fertigstellung stehen, grob in vier Gruppen einteilen. Zum ersten wären hier Regelungen zum Thema Griffigkeit zu nennen. Wir haben eine zweite Gruppe, die sich mit Boden- und Gewässerschutz befasst. Eine dritte Gruppe behandelt die Dimensionierung bzw. Standardisierung des Oberbaus. Eine vierte Gruppe befasst sich mit der Erhaltung der Bundesfernstraßen.

Was ist „gravierend“ neu? Wir haben im vergangenen bzw. in diesem Jahr zum ersten Mal eine quantifizierte vertragsrelevante Griffigkeit in den Regelwerken für Straßendecken festgelegt. Derartige Anforderungen hat es bisher, wenn man von der ZTV BEA-StB 98 absieht, wo bei Kaltasphalt zur Griffigkeitsverbesserung konkrete Anforderungen formuliert sind, im Straßenbau generell noch nicht gegeben. Die Einführung der neuen Anforderungen setzte intensive, konsequente Vorbereitungsarbeit und Ausdauer voraus. Präzision bzw. Methodik der Griffigkeitsmessung erfordern noch weitere Verbesserungen. Hieran wird noch gearbeitet. Es war ein mühevoller Weg, eine garantierte Griffigkeit, die für die Verkehrssicherheit von so eminenter Bedeutung ist, auf dem Straßenbausektor durchzusetzen und vertragsrelevant zu machen. In den ZTV für Asphalt- und Betonstraßen 2001 sind diese Anforderungen nunmehr verankert.

Wir haben darüber hinaus in Abstimmung mit den Ländern im Rundschreiben vom 13. Juli 2000 formuliert, wie im Rahmen des Straßenbetriebs mit Griffigkeitsanforderungen umzugehen ist. Hierbei steht die Umsetzung der aus der Zustandserfassung der Straßenoberfläche gewonnenen Griffigkeitsdaten im Interesse der Verkehrssicherheit im Vordergrund; ein Aspekt, der bei der systematischen Straßenerhaltung eine wesentliche Rolle spielt, um den Verkehrsteilnehmern einen guten Gebrauchswert der Straße garantieren zu können.

Neben den Bauverträgen und der systematischen Straßenerhaltung ist die Straßengriffigkeit auch bei der Verkehrssicherungspflicht von besonderer Bedeutung. Hierzu erarbeitet die Forschungsgesellschaft im Einvernehmen mit dem BMVBW und den obersten Straßenbaubehörden der Länder zurzeit ein entsprechendes Merkblatt. Das Merkblatt von 1968 wird hierdurch abgelöst.

Zum Boden- und Gewässerschutz sind drei Rundschreiben an die obersten Straßenbaubehörden

der Länder gegangen. Zum einen ist ein allgemeines Schreiben des BMVBW vom 19. September 2001 zu erwähnen, das die Unabdingbarkeit der verbindlichen Einführung von boden- und gewässerschutzrelevanten technischen Vorschriften durch die Länder verdeutlicht. Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit dem Bundesbodenschutzgesetz zu sehen. In § 3, Ab. 1, Ziffer 8 des Bundesbodenschutzgesetzes ist die Freistellung von dem Bodenschutzgesetz verankert, soweit Vorschriften über Bau, Änderung, Unterhaltung und Betrieb von Verkehrswegen oder Vorschriften, die den Verkehr regeln, existieren. Für den Straßenbau gibt es Regelwerke, welche die Voraussetzungen des Bundesbodenschutzgesetzes erfüllen, wenn diese Regelwerke im jeweiligen Bundesland verbindlich eingeführt sind. Neben den TL Min-StB 2000 sind in diesem Zusammenhang zwei vom BMVBW im Jahre 2001 eingeführte Richtlinien zu nennen, nämlich die Richtlinie für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und RC-Baustoffen für den Straßenbau (RuA-StB 01) und die Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer- und pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau (RuVA-StB 01). Nur wenige Länder haben diese Regelwerke bisher eingeführt; einige Länder arbeiten mit den Technischen Regeln der LAGA („Anforderungen an die Schadlosigkeit der Verwertung von mineralischen Abfällen“), andere Länder haben landesspezifische Richtlinien verbindlich eingeführt. Im Spannungsfeld der Regelsetzer „BMVBW“, „Länderarbeitsgemeinschaften“ und „Land“, die jeder für sich formalrechtlich für die Regelsetzung verantwortlich sind, ist eine für die Straßenbauverwaltungen unerträgliche Unsicherheit entstanden. BMVBW wird versuchen, eine für alle Beteiligten tragbare Lösung herbeizuführen (Anmerkung: BMVBW hat im Einvernehmen mit dem BMUNR und der Umweltministerkonferenz die FGSV gebeten, die RuA und RuVA unter Beteiligung der für den Umweltschutz verantwortlichen Länderarbeitsgemeinschaften zu überarbeiten. Mit den obersten Straßenbaubehörden der Länder wurde vereinbart, dass die Arbeitsergebnisse in den Ländern verbindlich eingeführt werden).

Unter Bezug auf die eingangs erwähnte 3. und 4. Themengruppe erinnere ich daran, dass BMVBW im September 2001 die Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 01) und die Richtlinien für die Planung von

Erhaltungsmaßnahmen an Straßenbefestigungen (RPE-Stra 01) eingeführt hat. Die Bemessung nach RStO 01 beruht auf der „bemessungsrelevanten Beanspruchung“, womit erstmals die Beanspruchung des Oberbaus durch die tatsächlichen Achslasten berücksichtigt wird und daher wesentlich wirklichkeitsnäher ist als die bisherige Bemessung auf der Grundlage der DTV(SV)-Werte ohne Berücksichtigung der auftretenden Achslasten.

Mit der RPE-Stra 01 stehen erstmals die nötigen Grundlagen für eine systematische Straßenerhaltung zur Verfügung. Wesentlicher Baustein der Systematik ist ein Rechensystem (PMS) zur Bewertung von projektbezogenen Maßnahmenalternativen und zur netzbezogenen Bewertung aller Erhaltungsmaßnahmen. Hiermit können Erhaltungsprogramme auf objektiver Grundlage erarbeitet werden.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt ist die Erarbeitung der Grundlagen für Funktionsbauverträge. Es ist seit jeher unbefriedigend, dass eine wesentliche haushaltsrechtliche Anforderung bei Abschluss von Bauverträgen nicht sicher erfüllt werden kann. Der Zuschlag ist nicht etwa demjenigen zu erteilen, der die geringsten Investitionskosten verursacht, sondern das wirtschaftlichste Angebot ist auszuwählen. Was heißt das nun im konkreten Fall einer Straßenbaumaßnahme? Von der Wirtschaftlichkeit einer Baumaßnahme zu sprechen, heißt Bau- und Erhaltungskosten über einen größeren Zeitraum zu betrachten und zwischen mehreren Angeboten zu vergleichen. Bei diesem Vergleich kann man sich auf die zu verbuchenden Haushaltsausgaben beschränken oder die Straßennutzerkosten in die Betrachtung mit einbeziehen. Die erstgenannte Alternative beschreibt genau den Hintergrund der Funktionsbauverträge. In langfristigen Verträgen werden die Auftragnehmer verpflichtet, bestimmte definierte, funktionale Anforderungen 20 Jahre lang zu garantieren. Die Vergütung erhält der Auftragnehmer erst bei Nachweis, dass die funktionalen Anforderungen erfüllt sind. In diesem Jahr wurden zwei Pilotprojekte begonnen, eins in Rheinland-Pfalz (A 61) und eins in Baden-Württemberg (A 81). Beide Projekte stehen kurz vor der Vergabe.

Meine Damen und Herren, ich bin damit am Ende meiner kurzen Ausführungen über Schwerpunkte der Straßenbautechnik im BMVBW. Ich bedanke mich für Ihre Aufmerksamkeit.

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

Informationen aus der Arbeitsgruppe 5 „Erd- und Grundbau“ der FGSV

In diesem Beitrag werden Informationen über personelle Veränderungen in den Gremien, über deren Forschungsaktivitäten und zum Stand der Regelwerksbearbeitung in der Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“ gegeben. Über den Wechsel in der Leitung der Arbeitsgruppe hat Herr Dr. REICHELT Sie bereits in seiner Begrüßung informiert. Ich möchte Herrn Baudirektor WITTMANN von dieser Stelle aus für seine hervorragende Arbeit als Arbeitsgruppenleiter und als langjährigem, sehr aktivem Teilnehmer unseres Erfahrungsaustausches danken, auch wenn er leider heute nicht anwesend ist.

Der Arbeitsausschuss 5.1 „Frost“ hat in seiner letzten Sitzung Herrn Prof. WICHTER in Nachfolge von Herrn Prof. LISTNER zu seinem neuen Leiter gewählt. Die vom Arbeitsausschuss überarbeitete Frostzonenkarte ist in die RStO 2001 übernommen worden. Im Frostausschuss werden verschiedene Forschungen zur Anrechenbarkeit von Bodenbehandlungen mit Kalk auf die Dicke des frostsicheren Oberbaues betreut. In diesem Zusammenhang können wir auf den Beitrag von Herrn SCHMIDT sehr gespannt sein. In einem für 2003 geplanten Forschungsvorhaben soll geprüft werden, ob klimatische Veränderungen Einfluss auf die Frostbeanspruchung der Straßen haben und ob es möglich und zweckmäßig ist, den Bezug der Frostzonenkarten auf den strengen Winter 1962/63 aufzugeben. Dabei ist auch daran gedacht, die Frostzonenkarten von Straße und Schiene zu vereinheitlichen.

Die vom Arbeitsausschuss 5.3 „Entwässerung“ betreuten Forschungen zur „Dekontaminierenden Wirkung der belebten Bodenzone“ und zur „Beeinträchtigung des Grundwassers durch straßenverkehrsbedingte Schadstoffe“ sind abgeschlossen. Frau KOCHER wird über die Ergebnisse hier berichten. Die Ergebnisse der Forschung zur „Wirksamkeit von Entwässerungsbecken im Bereich von Bundesfernstraßen“ haben ergeben, dass RiSt-Wag-Abscheider hinsichtlich ihrer Geometrie opti-

miert werden müssen, wenn sie auch als Absetzbecken wirken sollen. Ein entsprechendes Forschungsvorhaben ist für das Programm 2003 auf den Weg gebracht.

Der Arbeitskreis 5.3.4 „RAS-Entwässerung“ wird die Überarbeitung der RAS-Ew in diesem Jahr abschließen. Die Tabellenwerke der Ergänzung werden der neuen RAS-Ew auf CD beigefügt. Nach Fertigstellung der RAS-Ew wird der Arbeitskreis aufgelöst.

Der Arbeitskreis 5.3.5 „Unterhaltung von Entwässerungseinrichtungen“ hat das „Merkblatt über Kontrolle und Wartung von Sickeranlagen“ – wie es jetzt heißt – fertiggestellt. Der Arbeitskreis wird in diesem Jahr aufgelöst.

Auch beim Arbeitsausschuss 5.5 „Prüftechnik“ hat ein Wechsel der Ausschussleitung stattgefunden, als Nachfolger von Herrn Dipl.-Ing. LAMMEN wurde Herr Prof. KUDLA gewählt. Da vom Referat „Erdbau, Mineralstoffe“ der BAST alle Forschungsarbeiten der Arbeitsgruppe aus dem G- und R-Programm betreut werden und die BAST an den meisten Regelwerken mitarbeitet, ist eine enge Verzahnung mit der Arbeit in der Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“ gegeben. Ich kann deshalb an dieser Stelle hinsichtlich Regelwerk und Forschungsthemen auf den Bericht von Herrn BLUME im Anschluss verweisen.

Nachdem das Merkblatt über die Bodenverdichtung, das unter Federführung des Arbeitsausschusses 5.8 „Erd- und Felsarbeiten“ neu gefasst wurde, beim Erfahrungsaustausch 2000 in Erfurt und beim Deutschen Straßen- und Verkehrskongress 2000 in Hamburg vorgestellt worden ist, soll es nun endlich in diesem Jahr erscheinen. Inhaltliche Änderungen am Merkblatt hat es seit 2000 nicht gegeben. Die Gründe für die Verzögerungen liegen in der redaktionellen Überarbeitung und vor allem bei der Zeichnung der zahlreichen Abbildungen. Das „Merkblatt über die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau“ (2002) – FGSV 516 – ersetzt das „Merkblatt für die Bodenverdichtung im Straßenbau“, das „Vorläufiges Merkblatt für die Durchführung von Probeverdichtungen“ und das „Merkblatt für Maßnahmen zum Schutz des Erdplanums“. Die beiden letztgenannten Merkblätter wurden bereits 1996 ersatzlos zurückgezogen, ebenso wie das „Merkblatt für die Untersuchung von Bodenverdichtern (Standard-Gerätetest)“, für das es keinen Ersatz geben wird.

Der Arbeitsausschuss befasst sich mit Forschungsthemen über Möglichkeiten der Verbesserung mineralischer Dichtungsstoffe, über die Überprüfung und Bewertung der Verdichtungsanforderungen sowie über Vorgaben für Aufbereitung und Einbau veränderlich fester Gesteine. Zukünftige Arbeiten und Themenkomplexe sind die Überarbeitung der ZTV E-StB 94 (Fassung 1997) und die Überprüfung der Aktualität der drei „Felsmerkblätter“. Außerdem soll im AA 5.8 die Thematik „Abdichtungen“, die in verschiedenen Gremien (AA 5.3, 5.8, 5.9, 5.14, 5.15) aus unterschiedlichen Sichtweisen und für verschiedene Anwendungsgebiete behandelt wird, gebündelt werden. Baustoffe sind mineralische Abdichtungen, Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) und Geosynthetische Tondichtungsbahnen (GTD).

Der Arbeitskreis 5.8.1 „Qualitätssicherung im Erdbau“ ist umbenannt in „Vorgehensweisen zum Nachweis der Verdichtung“. Er stellt das Verbindungsgremium zwischen AA 5.5 und AA 5.8 dar. Seine wesentlichen Aufgaben sind die Weiterentwicklung der Prüfmethode der ZTV E-StB – nicht nur im Hinblick auf die Überarbeitung der ZTV E-StB, die Sicherstellung der Verbindung zur KB 3 „Qualitätssicherung im Straßenbau“ und die Betreuung der Checkkarten für den Erdbau.

Der Arbeitskreis 5.8.2 „Einsatz von RC-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten bei Erdarbeiten“ stellt das Verbindungsgremium zwischen AA 5.8 und AA 6.3 dar. Er bearbeitet z.B. das Arbeitspapier für die Anwendung von Braunkohlenflugasche und Merkblätter zu RC-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten im Erdbau. Er wird mit diesen Themenkomplexen wichtige Zuarbeit zur ZTV E-StB-Überarbeitung zu liefern haben.

Der Arbeitsausschuss 5.9 „Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke“ ist umbenannt worden in „Bauwerk und Boden“, weil der bisherige Name das umfangreiche Aufgabenspektrum nicht vollständig wiedergibt. Der Arbeitsausschuss hat Herrn Prof. WICHTER in Nachfolge von Herrn Dr.-Ing. THAMM zu seinem neuen Leiter gewählt. Aufgabe des Ausschusses wird es sein, das „Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke“ zu überarbeiten, wobei vertragsrelevante Teile in ZTV E-StB eingehen werden. Weiterhin wird sich der Ausschuss mit der Verdichtung hinter Widerlagern, Raumgitterwänden und „bewehrte Erde“-Stützkonstruktionen befassen.

Der Arbeitskreis 5.9.3 „Landschaftsgerechte, umweltschonende Stützkonstruktionen“ ist aufgelöst worden, nachdem er das „Merkblatt über Stützkonstruktionen aus Betonelementen, Blockschichtungen und Gabionen“ (2002) – FGSV 554 – fertig gestellt hat.

Der Arbeitsausschuss 5.10 „Bodenverfestigung und -verbesserung“ hat ein Allgemeines Rundschreiben entworfen, durch das die europäischen Kalknormen hinsichtlich der Reaktivität und der Mahlfineinheit von Kalken ergänzt werden. Für die europäischen Kalknormen, die dazu keine Angaben enthalten, beginnt die Übergangsfrist ab August 2002. Außerdem werden das Merkblatt über Bodenbehandlungen und die TP BF-StB Teile B 11 überarbeitet. Zum Arbeitspapier über Braunkohlenflugaschen wurden Ergänzungen und Korrekturen hinsichtlich der Bodenbehandlungen vorgelegt. Forschungsthemen sind neben den Themen des AA 5.1 zur Anrechenbarkeit von Bodenbehandlungen, Mischbindemittel (G-Forschung 2003) und chemische Bindemittel.

Der Arbeitskreis 5.10.6 „Immobilisierung von Schadstoffen“ ist neu eingerichtet worden. Er wird das „Merkblatt über die umweltverträgliche Verwendung von schadstoffbelasteten Baustoffen im Erdbau durch Behandlung mit Bindemitteln“ erarbeiten (2003).

Der Arbeitsausschuss 5.12 „Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund“ befasst sich mit der Neufassung des „Merkblattes über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund“ (2003). Das Merkblatt und in Folge auch der zugehörige Abschnitt der ZTV E erhalten eine neue Gliederung, bei der entsprechend den Bauverfahren „Konsolidationsverfahren“, „Bodenaustauschverfahren“ und „Verfahren mit aufgeständerten Gründungspolstern“ bzw. „Konstruktiven Verfahren“ – wie sie auch genannt werden – unterschieden wird. Der Leichtbaustoff Glasschotter wird in der Arbeitsgruppe z. Z. nicht weiter in Betracht gezogen, da der Produzent seine Chancen nicht mehr im Straßenbau sieht. Das Merkblatt über die Anwendung von Blähton als Leichtbaustoff soll 2003 erscheinen. Zum „Merkblatt für die Untergrundverbesserung durch Tiefenrüttler“ (1979) – FGSV 530 – hätte ich in der anschließenden Diskussion gerne Ihre Meinung gehört, ob wir das Merkblatt noch brauchen. Wenn das nicht der Fall ist, könnte es ersatzlos zurückgezogen werden, ansonsten müsste es aktualisiert werden.

Auch der Arbeitsausschuss 5.14 „Bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten“ ist umbenannt worden. Er heißt jetzt „Straßen in Wasserschutzgebieten“. Er hat die „Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiStWag, 2002) – FGSV 514 – grundlegend überarbeitet. Nach Fertigstellung der RiStWag ist Herr Dipl.-Ing. DITTRICH in Nachfolge von Herrn Dipl.-Ing. HEIDE zum neuen Leiter des Ausschusses gewählt worden. Herr DITTRICH wird uns über die Neuerungen der RiStWag später berichten. Der AA 5.14 ist ein Gemeinschaftsausschuss der FGSV, der LAWA und des DVGW. An der neuen RiStWag hat auch der Talsperrenverband mitgearbeitet. In diesem Ausschuss wird in beispielhafter Weise von Fachleuten aus dem Wasser- und Straßenfach zusammengearbeitet. Das Ergebnis, die neue RiStWag, zeigt, dass die Zusammenarbeit für beide Seiten zielführend ist, wenn man trotz konkurrierender Interessen gemeinsam etwas erreichen will.

Auch der Arbeitsausschuss 5.15 „Anwendung von Geotextilien und Geokunststoffen im Straßenbau“ ist umbenannt worden. Man hat sich auf den Oberbegriff „Geokunststoff“ für alle Geotextilien, Geogitter, Dichtungsbahnen und Bentonitmatten geeinigt. Der neue Name lautet „Geokunststoffe im Straßenbau“. Die Arbeit am „Merkblatt für die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues“ – FGSV 535 – ist im Wesentlichen abgeschlossen. Es soll noch in diesem Jahr neu herauskommen. Als nächstes steht die Überarbeitung der Technischen Lieferbedingungen für Geokunststoffe für den Erdbau an. Es ist noch nicht geklärt, ob eine ZTV „Geokunststoffe im Erdbau“ erarbeitet wird, oder ob vertragsrelevante Teile in die ZTV E-StB übernommen werden. Die Checklisten für die Anwendung von Geokunststoffen bei Erdarbeiten des Straßenbaues müssen entsprechend aktualisiert werden. Forschungsarbeiten werden betreut zu den Themen dynamische Beanspruchung und Einbaubeanspruchung, chemische Veränderung im Bodenkontakt sowie Bewehrungslagen im unteren Teil eines Dammes.

Im Arbeitsausschuss 5.16 „Boden- und Felserkundung“ hat ein Wechsel in der Leitung stattgefunden. Frau Dipl.-Geol. BINARD-KÜHNEL wurde in Nachfolge von Prof. AST zur neuen Leiterin gewählt. Die „Richtlinien für geotechnische Untersuchungen und geotechnische Berechnungen im Straßenbau“ (2002) werden in Kürze mit den Ländern abgestimmt. Frau BINARD-KÜHNEL wird

über Stand und Inhalte der Richtlinie später berichten. Die Richtlinien ersetzen die Papiere zur Bodenerkundung im Straßenbau („Bodenerkundung im Straßenbau“, Teile 1 und 2). Neue Arbeitsschwerpunkte des Ausschusses sind Themen wie nicht genormte, neue Erkundungsverfahren und Qualitätssicherung in der Geotechnik (Erkundung, Berichte, Mitwirkung bei der Planung).

Der Arbeitsausschuss 5.17 „Benutzung von Straßen durch Leitungen“ hat die „Allgemeine Technische Bestimmungen für die Benutzung von Straßen durch Leitungen und Telekommunikationslinien“ aufgestellt. Es steht noch die Klärung juristischer Fragen aus. Nach dieser Klärung und Veröffentlichung dieser Technischen Bestimmungen wird der Ausschuss aufgelöst.

Auch wenn die Fülle der Informationen in der kurzen Zeit einen anderen Eindruck erwecken kann: Man ist seitens des Vorstandes und der Geschäftsführung der FGSV bemüht, dass Regelwerk und die Arbeit in der FGSV zu straffen. So wird beispielsweise die Notwendigkeit der Existenz von Arbeitskreisen und Arbeitsausschüssen immer wieder hinterfragt.

Als Beispiele für die Straffung des Regelwerkes habe ich das Verdichtungsmerkblatt und die Richtlinie für geotechnische Untersuchungen und Berechnungen genannt, die jeweils mehrere Regelwerke ersetzen. Gleichzeitig ist eine ständige Anpassung und Aktualisierung des Regelwerkes an die Entwicklungen bei neuen Baustoffen und neuen Bauverfahren erforderlich. Auch in unserem Bereich des Erd- und Grundbaues gewinnen die europäischen Normen immer mehr an Bedeutung, ich nenne nur Geokunststoffe und Bindemittel, vom Eurocode 7 will ich gar nicht erst sprechen. Wir müssen bereits bei der Entstehung der europäischen Normen mitarbeiten, um unsere Interessen zu wahren. Anschließend müssen die europäischen Normen im nationalen Regelwerk umgesetzt werden.

Um all diese Aufgaben bewerkstelligen zu können, brauchen wir qualifizierten Nachwuchs. Ich habe Ihnen von verschiedenen personellen Veränderungen in den Gremienleitungen berichtet. Daneben hat es auch personelle Veränderungen bei den Mitarbeitern in den Gremien gegeben. Mein Eindruck ist aber, dass wir mehr jüngere Mitarbeiter gewinnen müssen, um die geschilderten Aufgaben zu bewältigen. Ich bitte Sie deshalb darum, in Ihren Verwaltungen, aber auch bei den Unternehmen

und Ingenieur-Dienstleistern, mit denen sie zusammenarbeiten, Werbung für die Arbeit in der FGSV, speziell natürlich in der Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, zu machen.

Unsere größte Herausforderung sehe ich in der zunehmenden Regulierung von außen, auf die wir nur geringen Einfluss haben, dies vor allem im Bereich von Umweltfragen. Wasserrechtlichen Regelungen, dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz sowie dem Bundes-Bodenschutzgesetz haben wir durch entsprechende Regelungen zu deren Umsetzung im Straßenbau unter Berücksichtigung unseres Auftrages Rechnung zu tragen. Dabei sehen wir uns in fast unerträglicher Weise Regelungsversuchen aus dem bauaufsichtlichen Bereich durch das DIBt einerseits und durch Gremien der Länder mit empfehlendem Charakter wie der LAGA andererseits ausgesetzt. Ich werde dazu in meinem Beitrag zum Boden- und Grundwasserschutz im Straßenbau gleich ein Beispiel bringen.

In den meisten Gremien der Arbeitsgruppe spielen der Umweltschutz und die Umweltverträglichkeit im Straßenbau und Straßenbetrieb neben den bautechnischen Fragen bereits eine wesentliche Rolle, ich denke z. B. an Abdichtungen oder Immobilisierung von Schadstoffen durch Bindemittel, vor allem aber an die RiStWag. Zukünftig werden bautechnische Fragestellungen gegenüber umweltrelevanten und rechtlichen Fragestellungen weiter in den Hintergrund gedrängt werden.

Zum Schluss noch Ankündigungen auf Veranstaltungen der FGSV. Vom 9. bis 11. Okt. 2002 findet in München der Deutsche Straßen- und Verkehrskongress 2002 statt. Dazu zuerst die schlechte Nachricht: Die Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau wird dort mit keinem Beitrag vertreten sein. Ein Grund ist, dass die Arbeitsgruppe beim Kongress 2000 in Hamburg mit 3 Beiträgen vertreten war. Herr DITTRICH mit allgemeinen Ausführungen zum Thema „Gewässerschutz im Straßenbau“ und Herr HEIDE mit den „Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten“. In Kooperation mit Herrn MÖBIUS von dem gleichnamigen Bauunternehmen habe ich über „Entwicklungen bei Bauverfahren auf wenig tragfähigem Untergrund“ berichtet. Ein weiterer Grund ist – und damit komme ich zu der guten Nachricht: Die nächste Arbeitsgruppentagung findet am 12. und 13. März 2003 in Stade statt. Am Vormittag des 1. Tages soll eine Exkursion zur Baustelle der BAB A 26 zwischen Stade und Horneburg angeboten werden.

Dipl.-Ing. K.-H. Blume
Bundesanstalt für Straßenwesen
Bergisch Gladbach

Informationen aus der Bundesanstalt für Straßenwesen

1 Einleitende Erläuterungen

Die Informationen aus der Bundesanstalt für Straßenwesen beschränken sich auf aktuelle Kurzberichte aus dem Referat „Erdbau, Mineralstoffe“, mit dem Schwerpunkt „Erdbau“ zu folgenden Tätigkeitsfeldern:

Bearbeitungsstand von Regelwerken,
Nationale Normung,
Externe Forschung,
Interne Forschung.

2 Bearbeitungsstand technischer Regelwerke

2.1 Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels

Folgende neue bzw. überarbeitete Technische Prüfvorschriften (TP-BF StB) wurden veröffentlicht:

- Teil A 3: Einheiten und Nachkommastellen von Versuchsergebnissen
- Teil B 4.3: Anwendung radiometrischer Verfahren zur Bestimmung der Dichte und des Wassergehaltes von Böden
- Teil B 6.2: Einpunkt-Proctorversuch und Dreipunkt-Proctorversuch
- Teil B 10.1: Bestimmung der organischen Bestandteile im Boden

Neu erarbeitet werden z. Z. folgende Prüfvorschriften:

- Kalibrierung eines indirekten Prüfverfahrens mit einem direkten Prüfmerkmal,
- Tragschichten und Bodenverfestigungen mit hydraulischen Bindemitteln,
- Dynamischer Plattendruckversuch mit Mittelschwerem Fallgewichtsgerät.

Überarbeitet werden z. Z. folgenden Prüfvorschriften:

Teil B 8.3: „Dynamischer Plattendruckversuch mit Leichtem Fallgewichtsgesetz“

Veranlassung: Berücksichtigung der Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben „Aufstellung von Anforderungswerten für den dynamischen Verformungsmodul“ und einer bundesweiten Ringanalyse zur Kalibrierung des Leichtem Fallgewichtsgesetzes, Weiterentwicklungen der Messtechnik und der Auswertesoftware.

Wesentliche Änderungen: Der Anwendungsbereich für den dynamischen Verformungsmodul wird von bisher 15 MN/m² bis 80 MN/m² auf 15 MN/m² bis 70 MN/m² festgelegt. Die Gerätetechnik wird dahingehend vereinheitlicht, dass künftig nur noch Geräte mit Federelementen aus Stahl zugelassen werden. Eine Übergangsfrist für Geräte mit Gummifederelementen wird angegeben. Die Anforderungen an die Kalibrierung und an die Kalibrierstellen wurden optimiert.

Die BAST wird Referenzkalibrierstelle für das LFG mit folgenden Aufgaben:

- Durchführung des Anerkennungsverfahrens für Kalibrierstellen;
- Aufstellung einer Liste und Aktualisierung der anerkannten Kalibrierstellen;
- Jährliche Überprüfung der Kalibrierstellen;
- Veranlassung regelmäßiger Vergleichsuntersuchungen der Kalibrierstellen.

Teil E 2: „Flächendeckende dynamische Prüfung der Verdichtung“

Veranlassung: Berücksichtigung neuer Erkenntnisse der Verdichtungs- und Messtechnik sowie der Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben „Konzeption einer Anforderung an die Verdichtung von Böden auf der Basis der Messergebnisse der FDVK“.

2.2 Merkblätter

Folgende Merkblätter werden z. Z. von den zuständigen Fachgremien überarbeitet:

- Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund;
- Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus;
- Verdichtung des Untergrundes und Unterbaus im Straßenbau;
- Flächendeckende Verfahren zur Prüfung der Verdichtung.

2.3 Technische Vertrags- und Lieferbedingungen

- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Geokunststoffe für den Erdbau des Straßenbaus;
- Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe für den Erdbau des Straßenbaus.

3 Informationen aus der Arbeit des Normenausschusses „Baugrund: Versuche und Versuchsgeräte“

Folgende Normen wurden veröffentlicht:

- DIN 18122-2 Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen): Bestimmung der Schrumpfgrenze (September 2000)
- DIN 18121-2 Wassergehalt: Bestimmung durch Schnellverfahren (August 2001)
- DIN 18134 Plattendruckversuch (September 2001)
- DIN 18137-3 Bestimmung der Scherfestigkeit: Direkter Scherversuch (September 2002)

Folgende Normen werden z. Z. überarbeitet:

- DIN 18124 Bestimmung der Korndichte
- DIN 18126 Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung
- DIN 18137-1 Bestimmung der Scherfestigkeit: Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen
- DIN 18137-2 Bestimmung der Scherfestigkeit: Triaxialversuch

Neu erarbeitet werden folgende Normen

- DIN 18120 Grundsätze der Versuchsdurchführung
- DIN 18130-2 Wasserdurchlässigkeit: Feldversuche

4 Externe Forschungs- und Entwicklungsvorhaben BMVBW/BASSt (2000 bis 2002)

Vom Referat „Erdbau, Mineralstoffe“ werden z. Z. 29 Forschungs- und Entwicklungsvorhaben betreut, davon 20 Vorhaben aus dem Fachgebiet „Erdbau“ und 9 aus dem Fachgebiet „Mineralstoffe“. Alle Forschungsvorhaben werden von den Fachbetreuern des Referates in Zusammenarbeit mit einem projektbezogenen Betreuungsausschuss vom Zeitpunkt der Vergabe bis zur Auswertung der Forschungsergebnisse begleitet.

Folgende Forschungsarbeiten sind abgeschlossen:

FE 05.104 Anpassung der flächendeckenden dynamischen Prüfung der Verdichtung an die baustellenspezifischen Anforderungen. Abschluss September 2000.

FE 05.119 Konzeption einer Anforderung an die Verdichtung von Böden auf der Basis der Messergebnisse der FDVK. Abschluss November 2002.

Beide Forschungsarbeiten sollen aufgrund der sachlichen und fachlichen Zusammenhänge in einem gemeinsamen Bericht in der Schriftenreihe des BMVBW veröffentlicht werden.

FE 05.106 Untersuchung der Empfindlichkeit von Geotextilien und Geokunststoffen im Boden gegenüber dynamischer Beanspruchung. Abschluss August 2001.

FE 05.110 Aufstellen eines Systems für die Anforderung an Geotextilien und Geokunststoffen hinsichtlich ihrer Beanspruchung beim Einbau. Abschluss November 2002.

Beide Forschungsarbeiten sollen aufgrund der sachlichen und fachlichen Zusammenhänge in einem gemeinsamen Bericht in der Schriftenreihe des BMVBW veröffentlicht werden.

FE 05.111 Entwicklung eines Bemessungsverfahrens für die Bodenbewehrung mit Vliesstoffen, basierend auf Zugversuchen mit Bodenkontakt. Abschluss September 2000.

Diese Forschungsarbeit ist in der Schriftenreihe des BMVBW, Heft 831, 2002 veröffentlicht.

FE 05.113 Auswirkungen von Kationenaustauschvorgängen auf die Dichtungswirksamkeit von Geosynthetischen Tondichtungsbahnen (Bentonitmatten). Abschluss März 2001.

Die Forschungsarbeit wird zusammen mit dem im Dezember 1998 abgeschlossenen Forschungsvorhaben FE 05.103 „Anwendung von Bentonitdichtungsmatten zum Grundwasserschutz an Verkehrswegen und -flächen“ in der Schriftenreihe des BMVBW veröffentlicht. Die Ergebnisse beider Forschungsarbeiten wurden bei der Überarbeitung der „Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiStWag, Ausgabe 2002)“ berücksichtigt.

FE 05.114 Aufstellung von Anforderungswerten an den dynamischen Verformungsmodul. Abschluss September 2001. Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit werden bei der Überarbeitung der Technischen Prüfvorschrift Teil B 8.3 „Dynamischer Plattendruckversuch mit Leichtem Fallgewichtsgesät“ berücksichtigt.

FE 05.116 Möglichkeiten der Verbesserung von natürlichen mineralischen Dichtungstoffen hinsichtlich Standsicherheit, Erosionsstabilität und Verdichtbarkeit. Abschluss Mai 2002. Die Veröffentlichung in der Schriftenreihe des BMVBW ist vorgesehen.

Folgende Forschungsvorhaben sind in Bearbeitung:

FE 05.120 Entwicklung und Prüfung eines verbesserten Untersuchungsverfahrens zur Bestimmung der Korngrößenverteilung im Feinkornbereich.

FE 05.121 Einflüsse des Gebrauchsverhaltens frostempfindlicher Böden im Planungsbereich von Verkehrsflächen auf den frostsicheren Oberbau – Reduzierung der Oberbaudicke“.

FE 05.122 Chemische Veränderungen von Geotextilien unter Bodenkontakt – Untersuchungen an ausgegrabenen Proben –

Folgende Forschungsvorhaben wurden im Jahre 2002 vergeben:

- FE 05.129 Entwicklung von Vorgaben für die Aufbereitung und den Einbau von veränderlich festen Gesteinen
- FE 05.130 Untersuchung zum Reaktionsverhalten von Mischbindemitteln zur Bodenbehandlung
- FE 05.131 Beurteilung des Einsatzes von Recycling-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten bei Erdbauwerken: Auswertung von Erfahrungen mit ausgeführten Bauwerken
- FE 05.132 Schnellverfahren zur Verdichtungskontrolle durch Messung der Setzung: Klärung offener Fragen zur Fertigstellung der zugehörigen Prüfvorschrift

5 Interne Forschung

Vom Referat „Erdbau, Mineralstoffe“ werden folgende interne Forschungsprojekte bearbeitet:

Untersuchungen an den Leichtbaustoffen „Blähton“ und „Schaumglas“ für die Anwendung im Straßenbau

Anwendung beim Bau von Straßen auf wenig tragfähigem Untergrund zur Verringerung der Setzungen. Inhalte sind: Durchführung von Untersuchungen über das Verhalten dieser Stoffe bei dynamischer Belastung (Verkehrsbelastung), Erarbeitung von Klassifizierungsmerkmalen, Sammlung von Daten (z. B. Produktinformationen) sowie Zusammenstellung von Baustellenerfahrungen über das Einbau- und Verdichtungsverhalten. Auswertung von Messergebnissen, Erarbeitung eines Merkblattes für die Anwendung im Erdbau und Beratung der Straßenbauverwaltung der Länder. Projektdauer voraussichtlich bis September 2003.

Wasserdurchlässigkeit von ungebundenen Oberbauschichten

Ungebundene Oberbauschichten müssen nach ZTV T-StB im eingebauten Zustand ausreichend wasserdurchlässig sein. Diese Forderung ist weder zahlenmäßig definiert noch ist ein dafür geeignetes Prüfverfahren angegeben. Durch Erprobung von vier verschiedenen in-situ-Prüfverfahren auf unterschiedlichen Oberbauschichten soll anhand von Genauigkeit, Handhabbarkeit, Wasserverbrauch

sowie weiterer Versuchsriterien ein geeignetes Prüfverfahren optimiert und Anforderungswerte dafür erarbeitet werden. Die drei erstgenannten der vier Prüfverfahren Tropfinfiltrrometer, Doppelringinfiltrrometer, Haubeninfiltrrometer und Stabinfiltrrometer arbeiten nach dem Prinzip, dass eine messbare Wassermenge auf eine bestimmte Fläche aufgebracht wird und die Infiltrationsrate berechnet wird. Die umfangreichen Reihenuntersuchungen an insgesamt 18 Prüffeldern sind abgeschlossen. Zur Zeit werden die Messergebnisse ausgewertet und wissenschaftlich aufbereitet. Voraussichtlicher Abschluss des Projektes ist Ende 2002.

Erarbeitung von „Erdbautechnischen Empfehlungen“ für den Neubau der B 212n

Für den Bau der etwa 10 km langen B 212n – Ortsumgehung Berne – wurde der endgültige Trassenverlauf festgelegt. In dieser Trasse stehen holozäne Weichschichten (Klei, Torf) mit Mächtigkeiten bis etwa 15 m an. Die neue Trasse kreuzt die Bahnlinie Oldenburg-Nordenham, eine Ölpipeline, mehrere Zu- und Entwässerungskanäle, die Bundesstraße B 74, eine ehemalige Mülldeponie und die zur Binnenschiffahrt ausgebaute Hunte. Wegen fehlender Ablagerungsflächen ist ein Bodenaustausch der nicht tragfähigen Schichten auszuschließen.

Ziel ist es, die B 212n im Überschüttverfahren herzustellen. Die BAST ist beauftragt, ein erdbautechnisches Streckengutachten zu erarbeiten. Insbesondere sollen dabei die bisherigen Erfahrungen der BAST bei anderen Straßenbaumaßnahmen in dieser Region, die auf vergleichbaren Untergrundverhältnissen gebaut wurden, berücksichtigt werden. Mit diesen Erfahrungen, die auch auf langjährigen geotechnischen Messungen basieren, können kostengünstige und technisch durchführbare Empfehlungen für den Bau dieser Bundesstraße vorgeschlagen werden.

Die Bearbeitung erfolgt in drei Phasen. In der ersten Phase wurde durch Rammkernsondierbohrungen, Drucksondierungen und Flügelsondierungen der Baugrund im Trassenverlauf erkundet mit dem Ziel, den Untersuchungsumfang der Phase 2 (Aufschlussbohrungen mit Entnahme von Sonderproben, Durchführung von Laborversuchen zur Ermittlung der bodenmechanischen Kennwerte für die erforderlichen erdstatischen Berechnungen) festzulegen. Die dritte Phase beinhaltet die Erarbeitung des erdbautechnischen Streckengutachtens und der erdbautechnischen Empfehlungen.

Verformungen von Straßen auf wenig tragfähigem Untergrund

Über die Problemstellungen und Ziele dieses Projektes wurde bereits anlässlich des 36. Erfahrungsaustausches im Mai 1998 berichtet. Die Sammlung umfangreicher Messdaten von Straßenbaumaßnahmen auf wenig tragfähigem Untergrund wird fortgesetzt. Erste Ergebnisse sind im Rahmen des Projektes „Bauverfahren auf wenig tragfähigem Untergrund – Konsolidationsverfahren“, über das im Mai 1998 berichtet wurde, zusammengestellt. Dieses Projekt ist abgeschlossen und in der Schriftenreihe der BAST, Heft S 24, veröffentlicht. Der zweite Teil des Projektes „Bauverfahren auf wenig tragfähigem Untergrund – Aufgeständerte Gründungspolster“, der von der GTU Ingenieurgesellschaft, Hannover, bearbeitet wurde, ist ebenfalls abgeschlossen und in der Schriftenreihe der BAST, Heft S 26, veröffentlicht.

Erprobung des Überschüttverfahrens bei angrenzender Bebauung

Die BAST hat aufgrund ihrer Forschungsarbeiten und baubegleitenden Tätigkeiten das Überschüttverfahren zu einer bewährten Bauweise beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund entwickelt. Die Erprobung des Bauverfahrens im Bereich unmittelbar angrenzender Bebauung erfolgt im Zuge des Ausbaus einer vorhandenen Stadtstraße bei Emden zur BAB A 31 – Westumgehung Emden. Der Überschüttdamm im Bereich der Wohnbebauung „Conrebbersweg“ wurde im Dezember 2000 fertiggestellt. Die Dammschüttung erfolgte kontrolliert nach den Ergebnissen der baubegleitenden Messungen. Nach einer Liegezeit von knapp zwei Jahren wird im November 2002 mit dem Abtrag der Überschüttung begonnen und im Sommer 2003 das Autobahnteilstück für den Verkehr freigegeben. Die Anwendung des Überschüttverfahrens in diesem etwa 600 m langen Teilstück hat gegenüber einer vorgesehenen Moorbrücke zu einer erheblichen Kostenreduzierung beigetragen.

Geotechnische Beratung beim Neubau der BAB A 26, 1. Bauabschnitt: Stade-Hornburg

Die seit Mitte 2001 im Bau befindliche BAB A 26 soll die Bundesstraße 73, eine der am stärksten befahrenen Bundesstraßen in Niedersachsen, und das nachgeordnete, parallel verlaufende Straßennetz erheblich entlasten. Für den ersten etwa 11 km langen Streckenabschnitt hat die BAST das erd-

bautechnische Streckengutachten und die erdbau-technischen Empfehlungen erarbeitet. Der Untergrund besteht in diesem Bereich aus bis zu 12 m mächtigen holozänen Weichschichten (Klei, Torf) mit sehr geringen Tragfähigkeiten. Da ein Teil- oder Vollbodenaustausch der wenig tragfähigen Böden auszuschließen war, wird bei dieser Baumaßnahme das Überschüttverfahren angewendet.

Die Dammschütтарbeiten werden kontrolliert nach den Ergebnissen der geotechnischen Messungen in enger Abstimmung mit den örtlichen Bauleitungen durchgeführt. Schwerpunktmäßig sind bis zu 12 m hohe Bauwerksrampen herzustellen und die DB-Strecke von Hamburg nach Cuxhaven, unmittelbar an und im Trassenbereich stehende Hochspannungsmasten sowie Entwässerungsanlagen zu sichern. Die umfangreichen Messwerte werden auf der Baustelle automatisch und auf den Bauablauf abgestimmt erfasst und mittels Datenfernübertragung zur Auswertung an die Firma Glözl und zur Beurteilung an die BAST übertragen. Damit ist eine optimale Auswertung und eine rasche Beurteilung des Konsolidierungs- und Verformungsverhaltens gewährleistet, um den Bauablauf wirtschaftlich und ohne Gefährdung der baulichen Anlagen zu koordinieren. Im Rahmen der Tagung der Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“ am 12. und 13. März 2003 in Stade besteht die Möglichkeit, diese interessante Erdbaustelle zu besichtigen.

Boden- und Grundwasserschutz im Straßenbau

Referenten

Dipl.-Ing. R. Hillmann

Dr.-Ing. C. Koch

Dipl.-Geoökol. B. Kocher

Dipl.-Ing. V. Dittrich

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

Gesetzliche Grundlagen und Übersicht über den aktuellen Stand der Regelwerke

1 Bundesfernstraßengesetz

1.1 Straßenbaulast und Sicherheitsvorschriften

Unsere Aufgaben als Erd- und Straßenbauer sind im § 3 „Straßenbaulast“, Absatz 1 des neu gefassten Bundesfernstraßengesetzes (FStrG) vom 19.04.1994 [1] definiert. Dort heißt es (Zitat): „Die Straßenbaulast umfasst alle mit dem Bau und der Unterhaltung der Bundesfernstraßen zusammenhängenden Aufgaben. Die Träger der Straßenbaulast haben nach ihrer Leistungsfähigkeit die Bundesfernstraßen in einem dem regelmäßigen Verkehrsbedürfnis genügenden Zustand zu bauen, zu unterhalten, zu erweitern oder sonst zu verbessern; dabei sind die sonstigen öffentlichen Belange einschließlich des Umweltschutzes zu berücksichtigen.“

Im 3. Absatz des Paragraphen heißt es weiter (Zitat): „Die Träger der Straßenbaulast sollen nach besten Kräften über die ihnen nach Absatz 1 obliegenden Aufgaben hinaus die Bundesfernstraßen bei Schnee- und Eisglätte räumen und streuen.“

Im § 4 „Sicherheitsvorschriften“ sind die Verantwortlichkeiten in Zusammenhang mit der o. g. Aufgabe geregelt (Zitat): „Die Träger der Straßenbaulast haben dafür einzustehen, dass ihre Bauten allen Anforderungen der Sicherheit und Ordnung genügen. Behördliche Genehmigungen, Erlaubnisse und Abnahmen durch andere als die Straßenbaubehörden bedarf es nicht.“

Dies entspricht dem allgemein anerkannten Grundsatz, dass die jeweils tätig werdende Hoheitsverwaltung selbst für die Beachtung der von ihrem Tätigkeitsbereich berührten gesetzlichen Bestimmungen zuständig und verantwortlich ist und dass eine Hoheitsverwaltung nicht mit Anordnungen in die hoheitliche Tätigkeit einer anderen Hoheitsverwaltung eingreifen darf. Konsequenterweise enthält der 2. Satz deshalb die Freistellung von der

Einholung von Genehmigungen, Erlaubnissen und Abnahmen durch andere Behörden.

In den Landesstraßengesetzen ist ebenfalls die Eigenverantwortlichkeit der Straßenbaubehörden angesprochen. So stellen auch die meisten Länder Straßenbauten in den Landesbauordnungen von baurechtlichen Genehmigungen frei oder unterwerfen der Landesbauordnung nur bestimmte Bauwerke, wie z. B. Gebäude.

1.2 Bauten

Der Begriff „Bauten“ im § 4 FStrG umfasst alle Bestandteile von Bundesfernstraßen. Hierzu zählen auch die Bauten, deren Durchführung dem Träger der Straßenbaulast in der Planfeststellung auferlegt worden sind. Somit erstreckt sich § 4 auf alle Baumaßnahmen, die zur bestimmungsgemäßen Herstellung und Unterhaltung der Straße erforderlich sind. Dies können beispielsweise Regenrückhaltebecken, Ölabsetzbecken oder Anlagen aufgrund von Ausgleichsmaßnahmen sein.

1.3 Anforderungen an Sicherheit und Ordnung

Die Anforderungen an Sicherheit und Ordnung des § 4 FStrG bedeutet keine Verminderung der Anforderungen an Straßenbauten gegenüber anderen Bauten und stellt den Träger der Straßenbaulast nicht von der Beachtung der Gesetze frei, selbst wenn diese für andere als die jeweils von ihm betreuten Lebens- oder Rechtsgebiete erlassen worden sind. Es wird dem Träger der Straßenbaulast lediglich überlassen, die Anforderungen an Sicherheit und Ordnung selbst zu konkretisieren bzw. eigenverantwortlich zu beachten.

Andere Regelungen haben insofern Bedeutung, als sie Ausdruck von anerkannten Regeln der Technik sind. Darunter werden die bautechnischen Regelungen verstanden, die sich im Laufe der Zeit entwickelten und sich weiter entwickeln, auf Erfahrungen und wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen, die allgemein anerkannt sind und sich in der Praxis bewährt haben. Dazu gehören z. B. technische Richtlinien, DIN-Normen oder von sachverständigen Ausschüssen herausgegebene Merkblätter. Auf Grund von § 4 können für den Bereich der Bundesfernstraßen auch eigene technische Bestimmungen eingeführt werden.

Gegenüber anderen Regelungen können Änderungen oder Ergänzungen vorgenommen werden,

wenn z. B. Besonderheiten der Bundesfernstraßen dies verlangen oder derselbe Grad der Sicherheit auch auf andere Weise gewährleistet wird. Der Bund gibt technische Bestimmungen für die Bundesfernstraßen in Form von „Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau“ des BMVBW heraus, die im Verkehrsblattverlag veröffentlicht werden.

Der Träger der Straßenbaulast hat dafür zu sorgen, dass seine Bauten den allgemeinen Anforderungen der Ordnung genügen. Dies bedeutet, dass nicht nur fachspezifische Gesetze und Bestimmungen zu beachten sind, sondern dass seine Bauten auch mit fachfremden Gesetzen vereinbar sind. Zum Beispiel hat der Träger der Straßenbaulast dafür zu sorgen, dass seine Bauten und Maßnahmen mit dem Naturschutzrecht vereinbar sind. Allerdings ist der Vorbehalt zu machen, dass im Einzelfall bei einer Kollision zwischen fachfremden Gesetzen und zwingenden Belangen des Straßenbaues eine am Wohl der Allgemeinheit zu orientierende Abwägung durch den Träger der Straßenbaulast vorzunehmen ist. Beispielsweise sind Bestimmungen des Landschaftsschutzrechtes, wonach Bäume und Sträucher nur zu bestimmten Zeiten geschnitten werden dürfen, grundsätzlich auch von den Straßenbauverwaltungen zu beachten. Ist es im Einzelfall etwa unter dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit erforderlich, auch zu anderen Zeiten Ausschneidungsarbeiten an Bäumen vornehmen zu müssen, ist der Träger der Straßenbaulast berechtigt, die erforderlichen Maßnahmen trotz entgegenstehender landschaftsschutzrechtlicher Bestimmungen durchzuführen.

1.4 Verantwortung der am Bau Beteiligten

Der § 4 FStrG stellt eine Verpflichtung für die Träger der Straßenbaulast dar. Bei Bundesfernstraßen in der Baulast des Bundes trifft diese Verpflichtung auch die zuständigen Straßenbaubehörden der Länder, die die Bundesfernstraßen im Auftrag des Bundes verwalten. Der Bund hat die Verpflichtung, durch Verwaltungsvorschriften und durch Weisungen dafür zu sorgen, dass die erforderlichen einheitlichen Bestimmungen den Ländern bekannt gegeben werden. Die Länder haben dafür zu sorgen, dass diese Bestimmungen den mit der Verwaltung der Bundesfernstraßen betrauten Straßenbaubehörden und deren Bediensteten zur Kenntnis und Beachtung weitergegeben werden.

1.5 Freistellung von Genehmigungen, Erlaubnissen und Abnahmen

Nach § 4 Satz 2 bedürfen Bauten für Bundesfernstraßen keiner Genehmigungen, Erlaubnisse und Abnahmen. Diese Freistellung vom formellen Bauordnungsrecht bezieht sich nicht nur auf fachspezifische Vorschriften für den Straßenbau, sondern auch auf die formellen Vorschriften fachfremder Gesetze und Verordnungen. Sie sind vom Träger der Straßenbaulast eigenverantwortlich zu beachten. Die Freistellung von der Erlaubnis oder Genehmigungspflicht bedeutet gleichzeitig, dass auch allgemein ausgesprochene Verbote, wie z. B. in Verordnungen zur Ausweisung von Wasserschutzgebieten, für die Straßenbauverwaltung nicht zwingend sind. Sie ist allerdings nicht freigestellt von der Beachtung derartiger Sicherheits- und Ordnungsvorschriften. Da die Möglichkeit besteht, dass sich die Straßenbauverwaltung im Einzelfall nach entsprechender Abwägung wegen überwiegender Belange des Straßenbaues über diese Vorschriften hinwegsetzen kann, sind formelle Verbote ihr gegenüber unwirksam.

Von gesetzlichen Melde- und Informationspflichten ist der Träger der Straßenbaulast nicht freigestellt, weil dadurch die eigenverantwortliche Tätigkeit nicht berührt wird. Die zuständigen Fachbehörden sind auf derartige Informationen und Meldungen zur Erfüllung ihrer Aufgaben angewiesen.

2 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz

Grundsätze der Kreislaufwirtschaft sind die Vermeidung von Abfällen und die stoffliche Verwertung bzw. ihre Nutzung zur Energiegewinnung. Der Hauptzweck der Verwertungsmaßnahme muss in der Nutzung des Abfalls bestehen und darf nicht in der Beseitigung des Schadstoffpotentials liegen [5, 13].

Abfälle müssen ordnungsgemäß und schadlos verwertet werden. Der Begriff Abfall wird unterschiedlich definiert. Bereits 1995 hat die LAGA den Ländern die Einführung der Technischen Regeln zur Verwertung von Bauschutt (TR Bauschutt) empfohlen. Die Abgrenzung Produkt/Abfall wird darin durch die Dauer der Abfalleigenschaft von RC-Baustoffen definiert. Die RC-Baustoff-Industrie ist der Auffassung, dass RC-Baustoffe nach Aufbereitung und laufender Qualitätskontrolle unterhalb des Zuordnungswertes Z 2 ihre Eigenschaft als Ab-

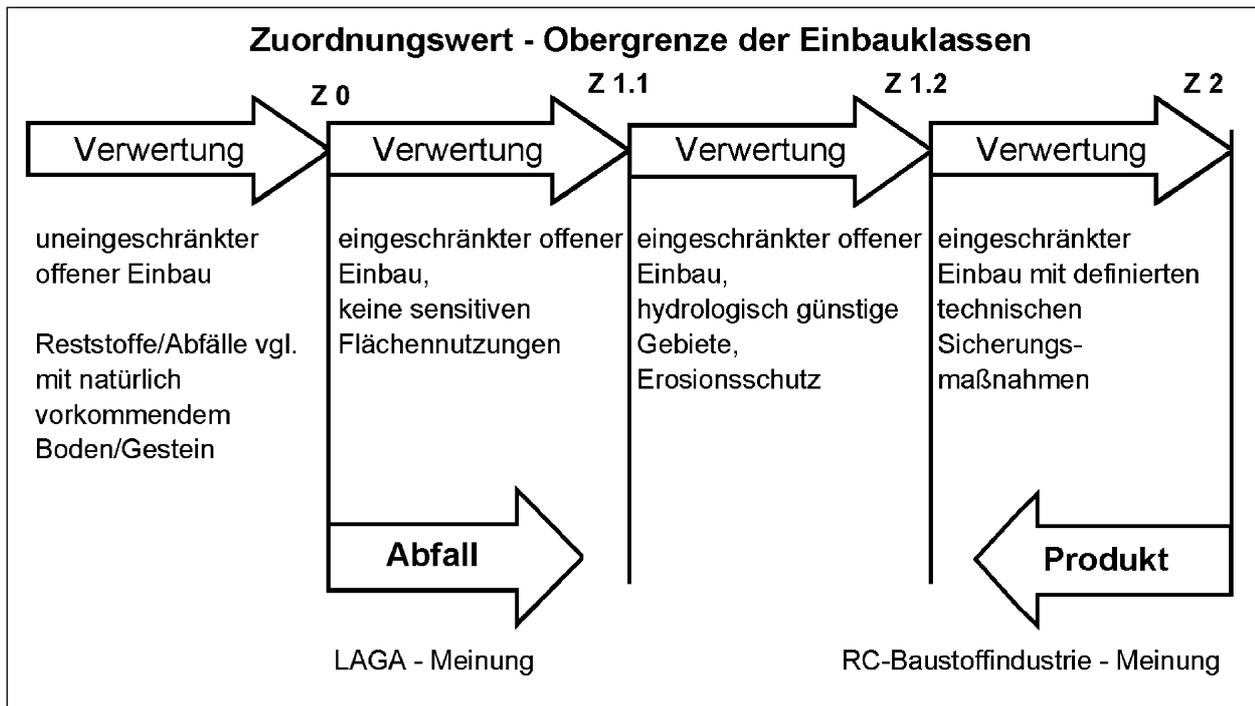


Bild 1: Unterschiedliche Auffassungen über die Begriffe Abfall und Produkt

fall verlieren und als Produkt betrachtet werden können, die LAGA sieht diese Grenze beim Zuordnungswert Z 0 (Bild 1).

Gemäß LAGA-Mitteilungen 20 werden alle Stoffe einschließlich Boden zu einem Reststoff/Abfall, wenn sie bewegt werden. Boden kann uneingeschränkt offen eingebaut werden, wenn die Stoffgehalte denen natürlich vorkommender Böden entsprechen. Als Zuordnungswert dafür werden die Stoffgehalte des Zuordnungswertes Z 0 betrachtet.

Finnland hat vor dem europäischen Gerichtshof ein Verfahren zur Klärung dieser Frage angestrengt. Das Ergebnis erwarten wir mit großem Interesse.

Durch den Begriff „ordnungsgemäß“ finden auch die Anforderungen des Boden- und Gewässerschutzes Eingang in die Regelungen des Abfallrechtes. Eine Verwertung erfolgt ordnungsgemäß, wenn sie im Einklang mit den Vorschriften des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) und anderen öffentlichen rechtlichen Vorschriften wie dem Bundesbodenschutzgesetz und dem Wasserhaushaltsgesetz steht.

Die Verwertung erfolgt schadlos, wenn nach der Beschaffenheit der Abfälle, dem Ausmaß der Verunreinigungen und der Art der Verwertung Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit nicht zu erwarten sind und keine Schadstoffanreicherungen im Wertstoffkreislauf erfolgt. Die Schadlosigkeit der

Verwertung ist eine zentrale Voraussetzung für die Erfüllung des Zweckes des Gesetzes. Der Vorrang der Verwertung von Abfällen entfällt, wenn deren Beseitigung die umweltverträglichere Lösung darstellt.

3 Gesetz zum Schutz des Bodens

Das Gesetz zum Schutz des Bodens beinhaltet die nachfolgend genannten 4 Artikel, von denen grundlegende Bedeutung für den Straßenbau und Straßenbetrieb der Artikel 1 hat [2].

Artikel 1: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz BBodSchG)

Artikel 2: Änderung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (stillgelegte Deponien)

Artikel 3: Änderung des Bundes-Immissionschutzgesetzes

Artikel 4: Inkrafttreten

Das „Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten“ (Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG)) datiert vom 17. März 1998, die zugehörige „Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung“ (BBodSchV) [3] ist seit dem 17. Juli 1999 in Kraft. Zweck dieses Gesetzes ist es, die Funktionen des Bodens nach-

haltig zu sichern oder wiederherzustellen. Dazu sind u. a. Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen.

Das BBodSchG besteht aus 5 Teilen, von denen vor allem die Teile 1, 2 und 5 vom Straßenbau und Straßenbetrieb zu beachten sind.

Teil 1: Allgemeine Vorschriften §§ 1 bis 3

Teil 2: Grundsätze und Pflichten §§ 4 bis 10

Teil 3: Ergänzende Vorschriften für Altlasten §§ 11 bis 16

Teil 4: Landwirtschaftliche Bodennutzung § 17

Teil 5: Schlussvorschriften §§ 18 bis 26

Boden im Sinne des Gesetzes ist die obere Schicht der Erdkruste, soweit sie Träger bestimmter Bodenfunktionen ist. Bodenwasser und Bodenluft gehören zum Boden. Grundwasser und Gewässerbetten fallen nicht unter dieses Gesetz. Boden erfüllt natürliche Funktionen als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen, u. a. aber auch als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers. Weiterhin erfüllt Boden Nutzungsfunktionen u. a. als Standort für Verkehr.

Der § 3 regelt den Anwendungsbereich des Gesetzes. Es findet auf schädliche Bodenveränderungen und Altlasten Anwendung (Zitat), soweit Vorschriften über Bau, Änderung, Unterhaltung und Betrieb von Verkehrswegen oder Vorschriften, die den Verkehr regeln, Einwirkungen auf den Boden nicht regeln (§ 3, Absatz 1, 8.).

Über das Vorhandensein solcher Vorschriften sind Straßenbauer und Straßenbetriebliler unterschiedlicher Auffassung. Auch muss unterschieden werden, ob es sich um bestehende Straßen oder um Neubaumaßnahmen handelt. Beim Bewertungsschritt zur Beurteilung der Auswirkung eines Neubauvorhabens auf den Boden wird man sich auf die in der Bodenschutzverordnung aufgeführten Konzentrationsangaben für die einzelnen Substanzen beziehen. Für den Betrieb bestehender Straßen gibt es keine Vorschriften über Einwirkungen auf den Boden, so dass das BBodSchG auf die unmittelbar angrenzenden Grundstücke und den Einwirkungsbereich der Straße anzuwenden ist.

Für den Straßenbau existieren Regelungen über Einsatz und Verwendung der verschiedenen Baustoffe, so dass das Gesetz hierfür nicht anzuwenden wäre. Betrieb und Bau von Straßen sollten aber zusammen gesehen werden, so dass wir uns in jedem Fall mit dem Bodenschutzgesetz auseinandersetzen müssen.

Das BBodSchG verpflichtet (Zitat), „Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen zu treffen, die durch ihre Nutzung auf dem Grundstück oder in dessen Einwirkungsbereich hervorgerufen werden können. Vorsorgemaßnahmen sind geboten, wenn wegen der räumlichen, langfristigen oder komplexen Auswirkungen einer Nutzung auf die Bodenfunktion die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht. Zur Erfüllung der Vorsorgepflicht sind Bodeneinwirkungen zu vermeiden oder zu minimieren, soweit dies auch im Hinblick auf den Zweck der Nutzung des Grundstücks verhältnismäßig ist. ...“

Diese Verpflichtung ist klar formuliert, lässt aber auch einen gewissen Spielraum zu, der zur Abwägung konkurrierender Ansprüche erforderlich ist.

Die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung oder eine schädliche Bodenveränderung werden an den Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerten festgemacht (Bild 2), die in den Tabellen der Bundes-Bodenschutzverordnung für verschiedene Wirkungspfade angegeben sind. § 8 BBodSchG enthält die Ermächtigung, diese Verordnung zu erlassen.

Vorsorgewerte sind Angaben zum Gehalt des Bodens an bestimmten Substanzen. Beim Überschreiten eines Vorsorgewertes ist in der Regel davon auszugehen, dass die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht. Vorsorgewerte sind niedrige Gehalte, liegen im allgemeinen aber meistens deutlich über den natürlichen Gehalten. Wenn der Vorsorgewert überschritten wird,

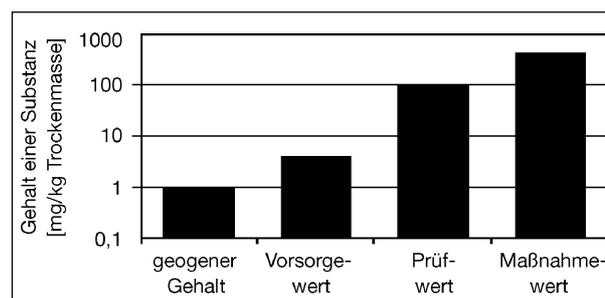


Bild 2: Schematische Gegenüberstellung von Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerten

darf bis zu dem Wert für die „zulässige Zusatzbelastung“ eine Immission erfolgen, ohne dass Untersuchungen oder Vorsorgemaßnahmen erfolgen müssen. Zulässige Zusatzbelastungen werden in Gramm Substanz pro Hektar und Jahr angegeben.

Prüfwerte geben ebenfalls Gehalte von Substanzen in einem Boden oder – je nach Wirkungspfad - Konzentrationen im Sickerwasser an. Wird ein Prüfwert unterschritten, ist der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung ausgeräumt. Wird ein Prüfwert überschritten, muss eine weitere Prüfung durchgeführt werden. Wird auch dabei der Prüfwert überschritten, liegt eine schädliche Bodenveränderung vor. Die Prüfwerte liegen etwa in der Größenordnung bisher bekannter Grenzwerte, wie z. B. der Klärschlammverordnung.

Auch Maßnahmenwerte sind Angaben zum Gehalt eines Bodens an bestimmten Substanzen. Wird ein Maßnahmewert überschritten, sind Maßnahmen zur Sanierung, Reinigung bzw. zum Schutz vor weiteren Belastungen erforderlich. Maßnahmewerte stellen hohe Belastungen dar.

4 Konkurrierende Ansprüche aus den unterschiedlichen Rechtsbereichen

Das Spannungsfeld, in dem Straßenbau und Straßenbetrieb agieren, ist in Bild 3 aufgezeigt. Der auftragsgemäße Bau und Betrieb von Straßen begründet sich aus dem Bundesfernstraßengesetz. Bei der Erfüllung dieses Auftrages muss der Boden- und Grundwasserschutz beachtet werden. Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz und wirtschaftliche Gründe gebieten den Einsatz von RC-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten.

Die Umsetzung und der praktische Vollzug des KrW-/AbfG sind komplex, weil sich aus verschiedenen Forderungen bei der Verwertung von z. B. mineralischen Abfällen konkurrierende Ansprüche entwickeln. Diese Forderungen sind die Ressour-

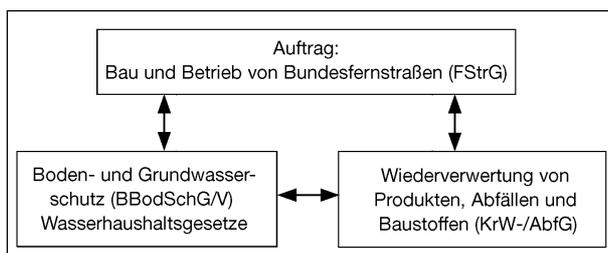


Bild 3: Konkurrierende Ansprüche beim Bau und Betrieb von Straßen

schonung, also die Einsparung von Primärrohstoffen und die Vermeidung von Deponien, sowie der Schutz von Boden und Gewässern. Vor dem Hintergrund dieses Konfliktes bestand im Straßenbau Konkretisierungsbedarf für die Verwertung von mineralischen Abfällen im Hinblick auf die Frage, unter welchen Voraussetzungen von einer ordnungsgemäßen und schadlosen Verwertung ausgegangen werden kann.

Diese Konkretisierung ist für den Bereich der Bundesfernstraßen durch Einführung von Regelungen zur umweltverträglichen Anwendung von Baustoffen (RuA-StB und RuVA-StB) durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen erfolgt. Darin werden die Forderungen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes zur schadlosen Verwertung von güteüberwachten Baustoffen unterschiedlicher Herkunft und Zusammensetzung aufgegriffen. Randbedingungen der Anwendung und des Einbaues, wie Grundwasserabstand, Rückhalte- und Umwandlungsvermögen der Grundwasserüberdeckung sowie Abdichtung der Baustoffe werden dabei berücksichtigt.

5 Regelwerke des Straßenbaues

5.1 Allgemeines

Das Regelwerk des Straßenbaues besteht aus den 3 Teilen

- der bautechnischen und vertraglichen Regelungen,
- der Regelungen zur Güteüberwachung der Baustoffe und
- den Regelungen zur umweltverträglichen Anwendung der Baustoffe im Straßenbau.

Diese Regelungen sind aufeinander abgestimmt und im Zusammenhang zu betrachten. Sie stellen sicher, dass der Auftrag aus dem FStrG unter Beachtung des Boden- und Grundwasserschutzes und dem Gebot der Wiederverwertung bautechnisch zuverlässig und wirtschaftlich erfüllt werden kann.

5.2 Bautechnische und vertragliche Regelungen im Straßenbau

Bei den bautechnischen und vertraglichen Regelwerken sind für den Erdbau an erster Stelle die VOB Teil C, „Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen“ (ATV), „Erdarbeiten“,

DIN 18300 (Ausgabe Juni 1996) und die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“, ZTV E-StB 94 (Ausgabe 1994, Fassung 1997) zu nennen.

Diesen Regelungen nachgeordnet gehören auch Technische Lieferbedingungen, Technische Prüfverfahren sowie baustoffbezogene und bauverfahrensbezogene Merkblätter und ggf. FGSV-Arbeitspapiere oder BAST-Empfehlungen zu den technischen Regelungen. Sie enthalten sowohl bautechnische als auch umweltrelevante Anforderungen und Hinweise bzw. Prüfverfahren. Dies sind:

- Technische Lieferbedingungen, z. B. für Geokunststoffe und Gesteinskörnungen,
- Technische Prüfverfahren oder Prüfnormen, z. B. für Boden und Mineralstoffe,
- Merkblätter über Baustoffe und deren Anwendung, z. B. über industrielle Nebenprodukte,
- Merkblätter über Bauverfahren, z. B. Bodenverdichtung, Bodenverbesserung und -verfestigung oder
- Arbeitspapiere der FGSV und BAST-Empfehlungen mit vergleichbarem Inhalt wie die o. g. Merkblätter (z. Z. existieren keine gültigen Arbeitspapiere oder Empfehlungen).

5.3 Regelungen zur Güteüberwachung von Baustoffen

Die Regelungen zur Güteüberwachung von natürlichen Mineralstoffen, RC-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten enthalten die RG Min-StB 93 (Ausgabe 1993, ergänzte Fassung 2001). Diese Regelungen beziehen sich auf bautechnische Untersuchungen und auf Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit. Für andere Baustoffe, z. B. Bindemittel oder Geotextilien, sind die jeweiligen Produktnormen heranzuziehen.

Boden ist im Straßenbau in der Regel kein handelbarer Baustoff, sondern wird vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Bei der Verwendung von Boden innerhalb einer Baustelle wird die Gütesicherung im Bauvertrag durch die dort in Bezug genommenen Vorschriften geregelt (Eignungsprüfung).

Häufig wird die Frage nach der Bewertung von Boden aufgeworfen, der vor der Wiederverwertung zwischengelagert oder an Dritte geliefert wird. Eine Gütesicherung hinsichtlich der Umweltverträglichkeit existiert z. Z. nicht.

5.4 Regelwerke zur umweltverträglichen Anwendung von Baustoffen

Neue Regelwerke aus dem Jahr 2001 zur umweltverträglichen Anwendung von industriellen Nebenprodukten und RC-Baustoffen sowie zur Verwertung von Ausbauasphalt sind die RuA und RuVA, deren vollständige Titel lauten:

- Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau, RuA-StB, Ausgabe 2001,
- Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbauasphalt mit teer-/pechtypischen Bestandteilen und für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, RuVA-StB, Ausgabe 2001.

In diesen Regelwerken sind in Abhängigkeit von dem Schutzbedürfnis am Ort des Einbaues und dem Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung Anwendungsgebiete für die verschiedenen Baustoffe genannt, die nach bisherigen Erkenntnissen und Erfahrungen den erforderlichen Schutz des Bodens und des Grundwassers gewährleisten.

Auf die Richtlinie für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten, RiStWag, Ausgabe 2001, wird hier nur hingewiesen.

5.5 Regelungen zur Planung und zum Straßenbetrieb

Auch in Regelwerken, die die Planung und den Betrieb von Straßen und Verkehrsflächen behandeln, wurden im Rahmen der Naturschutzgesetzgebung weitere Schutzgüter berücksichtigt. Sie enthalten aber auch bodenschutzrelevante Empfehlungen und Vorschriften. Beispielfhaft sind zu nennen:

- Richtlinien für die Anlage von Straßen, RAS - Teil: Landschaftspflege
 - Abschnitt 1: Landschaftspflegerische Begleitplanung (RAS - LP 1), 1996,
 - Abschnitt 4: Schutz von Bäumen, Vegetationsbeständen und Tieren bei Baumaßnahmen (RAS - LP 4), 1996,
- Merkblatt zur Umweltverträglichkeitsstudie in der Straßenplanung (MUVS), 2001,
- Merkblatt für den Unterhaltungs- und Betriebsdienst an Straßen, Teil: Winterdienst,

- TL für Streustoffe des Straßenwinterdienstes (in Bearbeitung).

6 Schlussbemerkungen

Die Regelungen des Straßenbaues zur Konkretisierung fachfremder Gesetze und Verordnungen hinsichtlich des Boden- und Grundwasserschutzes und zur Kreislaufwirtschaft sind teilweise seit vielen Jahren eingeführt und bewährt. Sie werden laufend fortgeschrieben und so dem Stand der Technik angepasst, damit sie bei Baumaßnahmen an Bundesfernstraßen einheitlich angewendet werden.

Dem stehen eine Vielzahl teils widersprüchlicher Verordnungen, Technischer Richtlinien und Empfehlungen aus den Umweltbereichen der Länder gegenüber, die von verschiedenen Auftragsverwaltungen beim Bundesfernstraßenbau herangezogen werden. Verwirrung schaffen auch insbesondere unterschiedlich definierte Begriffe wie Reststoff, Abfall, Produkt, Bauschutt, Verfüllmaterial usw., die z. T. aus unterschiedlichen Sichtweisen definiert werden. Die weitere Vermehrung dieser Regelungen und deren unterschiedliche Anerkennungs- und Anwendungspraxis in den Ländern und Kommunen dienen der Umwelt so mit Sicherheit nicht. Der dort praktizierte Föderalismus erinnert eher an mittelalterliche Kleinstaaterei.

In der derzeitigen Situation sollten folgende Anregungen bei der Erstellung umweltrelevanter Regelungen beachtet werden:

- Verringerung der Regelungen und Harmonisierung der verbleibenden Regelungen,
- Verwendung einheitlicher Definitionen und Abgrenzung der Begriffe,
- Berücksichtigung von Praxiserfahrungen,
- Überprüfung der ökologischen Relevanz verschiedener Parameter und
- Rückbesinnung der Beteiligten auf jeweils die Bereiche, für die sie hoheitlich zuständig sind; dabei Abstimmung über die o. g. Aspekte.

7 Literatur

- [1] Bundesfernstraßengesetz (FStrG) vom April 1994
- [2] Gesetz zum Schutz des Bodens vom 17. März 1998, Artikel 1, Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBodSchG)
- [3] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BBodSchV)
- [4] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen vom 17. Mai 1999 (Verwaltungsvorschrift wassergefährdender Stoffe VwVwS)
- [5] Kreislaufwirtschaft- und Abfallgesetz vom 27. Sept. 1994 (KrW-/AbfG)
- [6] BMVBW Rundschreiben S 26/S 15/14.80.00/44 Va 01 vom 19. Sept. 2001 zur Einführung von boden- und gewässerschutzrelevanten technischen Vorschriften
- [7] PEINE, F.-J.: Bundes-Bodenschutzgesetz, Auswirkungen auf die Baustoff-Recycling-Industrie, Baustoff Recycling + Deponietechnik, 4/1999, S. 24, 25
- [8] WEBER, J.: Beitrag zur Produktdefinition, Baustoff Recycling + Deponietechnik, 12/2001, S. 31 - 36
- [9] KOHLER, G., PAHL, G.: Deutschland: Status des Baustoffrecycling, Baustoff Recycling + Deponietechnik, 2/2002, S. 20 - 24
- [10] SCHULZ, I.: Was lange währt wird gut?, Baustoff Recycling + Deponietechnik, 2/2002, S. 25 - 27
- [11] DOETSCH, P., van NORDEN, H.: Ist die Verwertungsquote noch haltbar?, Baustoff Recycling + Deponietechnik, 2/2002, S. 28 - 30
- [12] KRASS, K., SCHNELL, S.: Anforderungen an Verfüllmaterial, Die Naturstein-Industrie, 2/2002, S. 21 - 24
- [13] FISCHER, R.: Regelungen mit abfallwirtschaftlichem Bezug, Baustoff Recycling + Deponietechnik, 3/2002, S. 27 - 32

RR Dr.-Ing. Carsten Koch
 Bundesanstalt für Straßenwesen
 Bergisch-Gladbach

Gegenüberstellung von RuA-StB 01 (FGSV) und der Mitteilung 20 (LAGA)

1 Einleitung

Von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) wurden im Jahr 2001 die „Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen“ (RuA-StB 01) erarbeitet. Ihre Einführung für Bundesfernstraßen erfolgte im selben Jahr durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. Nach Ansicht der Verfasser dieser Richtlinien wurden die Empfehlungen, welche von der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) mit Veröffentlichung der Mitteilung 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln – (Stand: 6. November 1997)“ erarbeitet wurden, aufgegriffen und in das straßenbautechnische Regelwerk eingearbeitet. Ziel dieser Einarbeitung war neben der Berücksichtigung der Spezifikationen des Straßenbaus insbesondere die Schaffung eines bundesweit einheitlichen Anforderungsni-

veaus für umweltrelevante Parameter, wie es auch von der LAGA beabsichtigt war, jedoch aufgrund unterschiedlicher Interessen der Bundesländer nicht umgesetzt werden konnte.

Die Vielzahl der zur Zeit geltenden regionalen Regelungen zum Einsatz von Recycling-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten spiegeln sich beispielhaft in den in Bild 1 dargestellten Bauschuttmengen, die in den einzelnen Bundesländern verwertet wurden, wider. Die Ergebnisse entstammen regelmäßigen Umfragen, welche vom Institut für Straßenwesen und Eisenbahnbau der Ruhr-Universität Bochum durchgeführt werden. Am Beispiel von Hessen ist deutlich zu erkennen, dass der Anteil an der insgesamt im Bundesgebiet verwerteten Menge nicht von der Größe eines Bundeslandes, sondern von anderen Faktoren, wie z. B. den rechtlichen Regelungen im Bundesland, abhängig ist. Regionale Niveauunterschiede im vorsorgenden Medienschutz sind jedoch zum Schutz der Lebensgrundlagen von Mensch, Tier und Pflanze nicht hinnehmbar. Die bundesweite Einführung von Regelungen zum Schutz der Umwelt bei Straßenbauvorhaben, wie dies von der Bundesregierung u. a. mit Einführung der RuA-StB (in Verbindung mit anderen Regelungen) umgesetzt wurde, war daher notwendig. In den Bundesländern ist jedoch eine Einführung dieser Regelungen noch nicht erfolgt. Begründet wird dies u. a. mit möglicherweise vorhandenen inhaltlichen Unterschieden zu den Regelungen der LAGA.

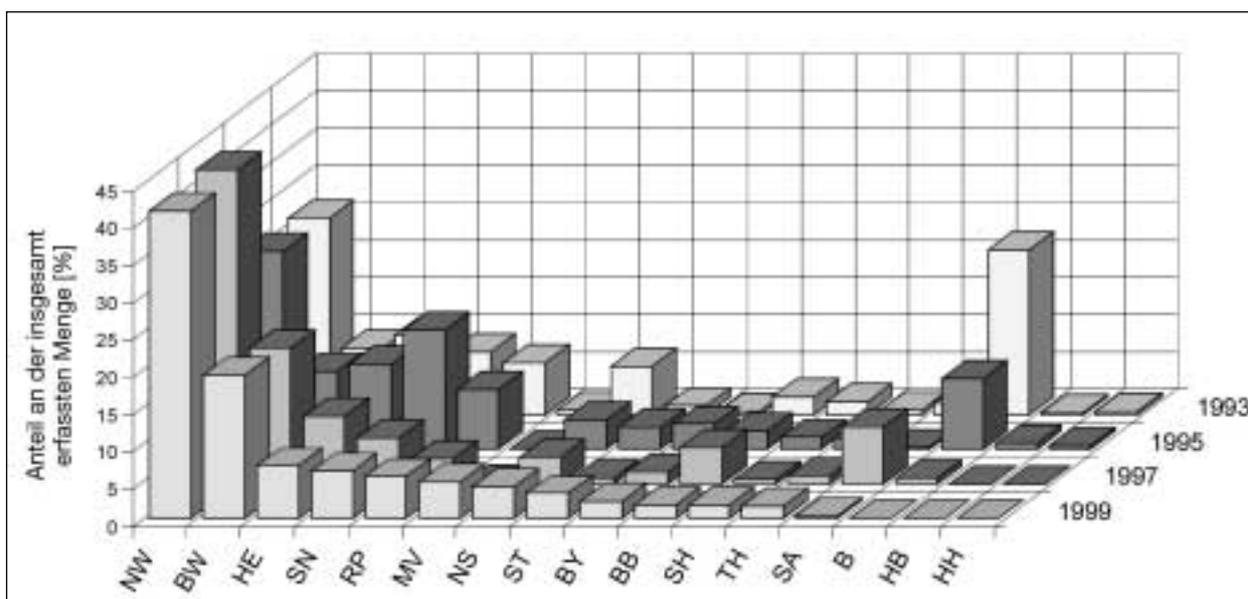


Bild 1: Verteilung des verwerteten Bauschuttes auf die Bundesländer (Umfrage der Ruhr-Universität Bochum an Aufbereitungsanlagen)

Diese zur Zeit andauernde Diskussion um inhaltliche Unterschiede zwischen den RuA-StB 01 und der LAGA-Mitteilung 20 (im Folgenden vereinfachend „RuA-StB“ und „LAGA“ genannt) wurde zum Anlass genommen, beide Regelwerke miteinander zu vergleichen. Die Ergebnisse dieses Vergleiches werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt. Hierzu werden Abfälle, Reststoffe, industrielle Nebenprodukte und RC-Baustoffe vereinfachend als „Straßenbaustoffe“ bezeichnet.

Zu berücksichtigen ist bei einer Bewertung der Regelwerke, dass es sich bei den RuA-StB um eine Richtlinie handelt, die bei der Planung einer Baumaßnahme anzuwenden wäre und somit der Schaffung eines einheitlichen Standards dient. Dagegen ist die LAGA von einigen Bundesländern im Rahmen einer Verordnung eingeführt worden, wodurch sie bei Planung und Ausführung in den entsprechenden Ländern grundsätzlich anzuwenden ist. Ansonsten stellen sie jedoch nur Empfehlungen dar.

2 Darstellung und Vergleich der Regelwerke

Die Einordnung der verschiedenen Straßenbaustoffe erfolgt gemäß LAGA über Zuordnungswerte, durch welche die Anwendungsmöglichkeiten mit Hilfe definierter Einbauklassen (Bild 2) festgelegt werden. Die einzelnen Zuordnungswerte (Z 0 bis Z 2 für die Verwertung von Reststoffen) sind Orientierungswerte und können im Einzelfall überschritten werden, wenn der Nachweis erbracht wird, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Hierzu können die Straßenbaustoffe so behandelt werden, dass die Inhaltsstoffe dauerhaft in stabile, schwer lösliche und damit unschädliche Verbindungen umgewandelt werden.

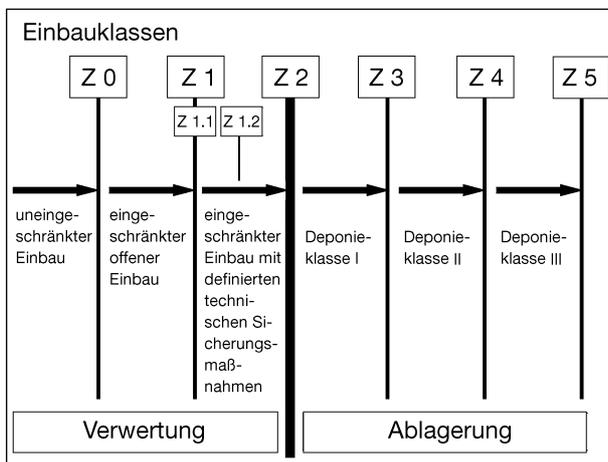


Bild 2: Einbauklassen nach LAGA

Grundlage der LAGA ist dementsprechend die Unschädlichkeit der Verwertung. Entscheidend für die Bewertung des Gefährdungspotentials sind die Mobilisierbarkeit und der Transfer von umweltrelevanten Inhaltsstoffen. Die Gesamtgehalte der Inhaltsstoffe sind daher als eher nachrangig anzusehen. Gleichwohl werden neben Eluat- auch Feststoffanalysen gefordert (siehe Tabelle 1 am Beispiel von Recycling-Baustoffen). Neben dem Gesamtgehalt an Inhaltsstoffen entscheidet also die Eluierbarkeit dieser Stoffe über ihren Einsatz. Dies bedeutet, dass die Bedingungen des Einsatzes, insbesondere die Einbindung der Stoffe und die Verfügbarkeit von Eluenten, die Anwendung bestimmen. Da die LAGA für einen breitgefächerten Anwendungsbereich vorgesehen ist, wurden die möglichen Einsatzgebiete nur recht grob gegliedert, wie Bild 3 zu entnehmen ist.

Die RuA-StB regeln die umweltverträgliche Anwendung verschiedener Straßenbaustoffe. Behandelt werden deutlich mehr Stoffe als von der LAGA, da einige dieser Baustoffe trotz relativ geringer Pro-

Eluat					
Merkmal		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert ¹⁾	-	7 - 12,5	7 - 12,5	7 - 12,5	7 - 12,5
el. Leit.	mS/m	50	150	250	300
SO ₄	mg/l	50	150	300	600
Cl	mg/l	10	20	40	150
As	mg/l	0,01	0,01	0,04	0,05
Cd	mg/l	0,002	0,002	0,005	0,005
Cr ges.	mg/l	0,015	0,03	0,075	0,1
Cu	mg/l	0,05	0,05	0,15	0,2
Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,001	0,002
Ni	mg/l	0,04	0,05	0,1	0,1
Pb	mg/l	0,02	0,04	0,1	0,1
Zn	mg/l	0,1	0,1	0,3	0,4
Phenolindex	mg/l	< 0,01	0,01	0,05	0,1
PAK (EPA)	mg/l	-	-	-	-
Feststoff					
Merkmal		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
As	mg/kg	20	-	-	-
Cd	mg/kg	0,6	-	-	-
Cr ges.	mg/kg	50	-	-	-
Cu	mg/kg	40	-	-	-
Hg	mg/kg	0,3	-	-	-
Ni	mg/kg	40	-	-	-
Pb	mg/kg	100	-	-	-
Zn	mg/kg	120	-	-	-
Kohlenwasserstoffe	mg/kg	100	300 ²⁾	500 ²⁾	1.000 ²⁾
PAK (EPA)	mg/kg	1	5 (20)	15 (50)	75 (100)
PCB	mg/kg	0,02	0,1	0,5	1
EOX	mg/kg	1	3	5	10
Fremdüberwachung 4 x jährlich					
¹⁾ kein Grenzwert, stofftypischer Bereich: bei Überschreitung sind die Ursachen zu prüfen					
²⁾ Überschreitungen, die auf Asphaltanteile zurückzuführen sind, stellen kein Ausschlusskriterium dar					

Tab. 1: Zuordnungswerte für RC-Baustoffe nach LAGA (DEV-S4-Verfahren)

duktionsmengen aufgrund ihrer bautechnischen Eigenschaften für den Anwendungsbereich „Straßenbau“ interessant sind. Beiden Regelwerken gemeinsam ist die Regelung von Hausmüllverbrennungsschlacke (HMVA), Recycling-Baustoff (RC-Baustoff), Gießereirestsand (GRS), Gießerei-Kupolofenstüchlschlacke aus Eisengießereien (GKOS), Steinkohlenflugasche (SFA), Schmelzkammergranulat (SKG) und Kesselasche (SKA). Für die Anwendung der Straßenbaustoffe Hochofenstüchlschlacke (HOS), Hüttensand (HS), Stahlwerksschlacke (SWS), Schlacke aus der Kupfererzeugung (CU) und Waschberge (WB) bestehen derzeit nur Regelungen der RuA-StB, nicht jedoch Technische Regeln der LAGA; diese sind jedoch vorgesehen.

Da die RuA-StB nur im Straßenbau Anwendung finden, konnten die Anwendungsgebiete wesentlich genauer definiert werden, als dies in der LAGA möglich war (siehe Tabelle 2). Somit ist eine genauere Bewertung der Schadlosigkeit der Verwertung möglich (Eluierbarkeit und Verfügbarkeit eines Eluenten), wodurch bei gleichem Sicherheitsniveau gegenüber der LAGA auch weitere Einsatzbereiche möglich werden.

Die RuA-StB beziehen sich hinsichtlich der Anforderungen an die behandelten Straßenbaustoffe u. a. auf die Technischen Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau – TL Min-StB 2000 der FGSV. Neben den bautechnischen Anforderungen werden dort die Auslaugung und die Inhaltstoffe

Einsatzgebiete:	
- Z 0:	Uneingeschränkter Einbau
- Z 1.1:	Eingeschränkter offener Einbau in hinsichtlich Nutzung unempfindlichen Flächen, z. B. Straßenbau und begleitende Erdbaumaßnahmen
- Z 1.2:	wie Z 1.1, jedoch nur in hydrogeologisch günstigen Gebieten und mit einem zusätzlichen Erosionsschutz
- Z 2:	Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen:
-	Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht
-	gebundene Tragschicht unter wenig durchlässiger Deckschicht
-	Lärmschutzwahl mit mineralischer Oberflächenabdichtung ($k_f < 10^{-8}$ m/s, $d > 0,5$ m) und darüber liegender Rekultivierungsschicht
-	Straßendamm mit wasserundurchlässiger Fahrbahndecke und mineralischer Oberflächenabdichtung ($k_f < 10^{-8}$ m/s, $d > 0,5$ m) im Böschungsbereich mit darüber liegender Rekultivierungsschicht

Bild 3: Einsatzgebiete nach LAGA

dieser Materialien durch Grenzwerte und zulässige Überschreitungen beschränkt (beispielhaft für RC-Baustoffe in Tabelle 3). Im Gegensatz zur LAGA

1.	Bei wasserundurchlässiger Schicht (Asphalt, Beton, Pflaster/Platten mit abgedichteten Fugen)
Einbau in oder unter wasserundurchlässiger Schicht als:	
1.1	Asphaltdecke, Betondecke oder Tragdeckschicht aus Asphalt
1.2	Asphalttragschicht
1.3	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln
1.4	Tragschicht ohne Bindemittel
1.5	Unterbau bis 1 m unter Planum
1.6	Bodenverbesserung
1.7	Verfüllung von Leitungsgräben
1.8	Verfüllung von Baugruben
1.9	Überschüttung von unterirdischen Bauwerken
1.10	Unterbau unter Fundament-/Bodenplatten
1.11	Bettung unter Pflaster und Platten
2.	Bei teildurchlässiger Schicht (Pflaster/Platten ohne Fugenabdichtung, teildurchlässige Tragschichten, feinkörnige Abdeckung mit kulturfähigem Boden)
Einbau in oder unter teildurchlässiger Schicht als:	
2.1	Asphalttragschicht
2.2	Tragschicht mit hydraulischen Bindemitteln
2.3	Tragschicht ohne Bindemittel
2.4	Unterbau bis 1 m unter Planum
2.5	Bodenverbesserung
2.6	Verfüllung von Leitungsgräben
2.7	Verfüllung von Baugruben
2.8	Überschüttung von unterirdischen Bauwerken
2.9	Hinterfüllung von Bauwerken
2.10	Lärmschutzwälle und Dämme
2.11	Bettung unter Pflaster und Platten
3.	Bei wasserdurchlässiger Schicht
Einbau in oder unter wasserdurchlässiger Schicht als:	
3.1	Deckschicht ohne Bindemittel
3.2	Tragschicht ohne Bindemittel
3.3	Unterbau
3.4	Bodenverbesserung
3.5	Verfüllung von Leitungsgräben
3.6	Verfüllung von Baugruben
3.7	Überschüttung von unterirdischen Bauwerken
3.8	Hinterfüllung von Bauwerken
3.9	Lärmschutzwälle und Dämme unter kulturfähigem Boden
3.10	Bettung unter wasserdurchlässigen Pflasterdecken und Plattenbelägen

Tab. 2: Einsatzmöglichkeiten nach RuA-StB

Merkmal		RC-1	RC-2	RC-3	
Eluatanalyse	pH-Wert ¹⁾	-	7 - 12,5	7 - 12,5	
	el. Leitf.	mS/m	150	250	300
	SO ₄	mg/l	150	300	600
	Cl	mg/l	20	40	150
	As	mg/l	0,01	0,04	0,05
	Cd	mg/l	0,002	0,005	0,005
	Cr ges.	mg/l	0,03	0,075	0,1
	Cu	mg/l	0,05	0,15	0,2
	Hg	mg/l	0,0002	0,001	0,002
	Ni	mg/l	0,05	0,1	0,1
	Pb	mg/l	0,04	0,1	0,1
	Zn	mg/l	0,1	0,3	0,4
	Phenolindex	mg/l	0,01	0,05	0,1
	PAK (EPA)	mg/l	0,005	0,008	-2)
Feststoffanalyse	PAK (EPA)	mg/kg	20	50	100
	EOX	mg/kg	3	5	10

¹⁾ kein Grenzwert, stofftypischer Bereich: bei Überschreitung sind die Ursachen zu prüfen

²⁾ zur Erfahrungssammlung zu bestimmen; Wert wird nicht zur Beurteilung herangezogen

Tab. 3: Umweltrelevante Anforderungen der TL Min-StB an RC-Baustoffe

gelten diese Werte nicht als Orientierungswerte, sondern als Ausschlusskriterium. Die Güteüberwachung der Straßenbaustoffe wird durch die Richtlinien für die Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau – RG Min-StB gewährleistet. Sie entspricht im wesentlichen der in der LAGA geforderten Güteüberwachung.

Sowohl in den TL Min-StB als auch in der LAGA werden für verschiedene Straßenbaustoffe über die maximal zulässigen Gehalte der Inhaltsstoffe unterschiedliche Klassen definiert. Allerdings sind die TL Min-StB und die LAGA nicht immer deckungsgleich: So enthält die LAGA für HMVA eine Klasse, die TL Min-StB dagegen zwei. RC-Baustoffe sind nach der LAGA in vier Kategorien eingeteilt, in der TL Min-StB dagegen nur in drei; die nicht enthaltene vierte Kategorie der LAGA, „Z 0“, definiert einen nicht belasteten RC-Baustoff. Ähnliches gilt für SKA, für welche in der LAGA vier Kategorien vorgesehen sind. Im Merkblatt für die Verwendung von Kesselasche im Straßenbau der FGSV, auf welche sich die RuA-StB beziehen, ist für diesen Stoff jedoch nur eine Güteklasse definiert.

Die Grenzwerte der TL Min-StB 2000 sind den Orientierungs- bzw. Zuordnungswerten der LAGA beispielhaft für einen RC-Baustoff RC 2 nach TL Min-StB bzw. Z 1.2 nach LAGA Merkblatt 20 in Tabelle 4 gegenübergestellt. Wie zu erkennen ist, sind

Merkmal		TL Min RC-2	LAGA Z 1.2
Eluatanalyse	ph-Wert ¹⁾	-	7 - 12,5
	el. Leitf.	mS/m	250
	SO ₄	mg/l	300
	Cl	mg/l	40
	As	mg/l	0,04
	Cd	mg/l	0,005
	Cr ges.	mg/l	0,075
	Cu	mg/l	0,15
	Hg	mg/l	0,001
	Ni	mg/l	0,1
	Pb	mg/l	0,1
	Zn	mg/l	0,3
	Phenolindex	mg/l	0,05
	PAK (EPA)	mg/l	0,008
Feststoffanalyse	Kohlenwasserstoffe	mg/kg	-
	PAK (EPA)	mg/kg	50
	PCB	mg/kg	-
	EOX	mg/kg	5

¹⁾ kein Grenzwert, stofftypischer Bereich; bei Überschreitung sind die Ursachen zu prüfen
²⁾ gelten nicht infolge von Asphaltanteilen

Tab. 4: Vergleich der Anforderungswerte an einen RC-Baustoff RC 2 nach TL Min und einen RC-Baustoff Z 1.2 nach LAGA

keine gravierenden Unterschiede festzustellen. Unterschiede bei einzelnen Parametern sollten jedoch diskutiert werden. So ist z. B. grundsätzlich eine Überwachung der auslaugbaren Kohlenwasserstoffe sinnvoll. Die Bestimmung von Kohlenwasserstoffen im Feststoff ist jedoch bei Anwesenheit von Bitumen nicht aussagekräftig. Sie erhöht nur den Analyseaufwand. Hinsichtlich der Prüfung auf PCB ist die Häufigkeit des Auftretens dieser Stoffe in üblichen Straßenbaustoffen zu hinterfragen.

Um die Anwendungsgebiete der RuA-StB und der LAGA miteinander vergleichen zu können, wurde zunächst davon ausgegangen, dass die Schadstoffpotenziale der einzelnen Straßenbaustoffe nach LAGA und TL Min-StB miteinander vergleichbar sind.

Grundsätzliche Unterschiede bezüglich der Festlegung der Einsatzgebiete zwischen LAGA und RuA-StB bestehen hinsichtlich der unterschiedlichen Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen eines Straßenbaustoffes. Dies ist beispielhaft in Bild 4 veranschaulicht. Während die RuA-StB sowohl für den Einsatz im Ober- als auch im Unter- und Erdbau nach der Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung differenzieren, ist innerhalb der LAGA eine genauere Berücksichtigung des Umfeldes nur bei Erdbaumaßnahmen notwendig. Dabei erfolgt dies allein durch die Forderung nach einem „hydrogeologisch günstigen Gebiet“. Beispielhaft wird angegeben, dass dies Standorte sind, „... bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch flächig verbreitete, ausreichend mächtige Deckschichten mit hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt ist“. Angegeben wird, dass ein ausreichendes Rückhaltevermögen im Regelfall bei mindestens zwei Meter mächtigen Deckschichten aus Tonen, Schluffen oder Lehmen gegeben ist. Umgerechnet ergibt sich hieraus etwa eine Forderung nach einer Durchlässigkeit von $k_f < 10^{-6}$ m/s. Bezogen auf die geforderte Mächtigkeit von mindestens zwei Metern entspricht dies etwa einer mittleren Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung gemäß Anhang 2 der RuA-StB (s. u.). Eine exaktere Eingrenzung der Forderungen wird nicht gegeben, so dass hier ein größerer Ermessensspielraum den genehmigenden Behörden eingeräumt wird. Einzelfallentscheidungen sind bei Anwendung der LAGA besonders dort unumgänglich, wo die beschriebenen Bodenarten nicht anstehen.

In den RuA-StB werden dagegen die anstehenden Verhältnisse anhand eines Schemas berücksich-

tigt, indem vier Durchlässigkeitsbereiche mit je drei Mächtigkeitsbereichen der Grundwasserüberdeckung kombiniert werden, woraus sich die Schutzwirkung dieser Grundwasserüberdeckung, eingeteilt in drei Bereiche, ergibt (siehe Tabelle 5). Da sich diese Klassen der Schutzwirkung direkt auf die zulässigen Einsatzbereiche auswirken, werden bei der praktischen Anwendung der RuA-StB die Einsatzmöglichkeiten genauer auf die örtlichen Gegebenheiten abgestimmt als bei Anwendung der LAGA. Bei besonderen örtlichen Verhältnissen, wie z.B. Inhomogenitäten im Untergrund, Klüftungen usw., bei denen eine Anwendung dieses Schemas nicht sinnvoll oder möglich ist, räumen auch die RuA-StB einen Ermessensspielraum zur Beurteilung der Grundwassergefährdung ein. Das Beurteilungsprinzip der LAGA ist dementsprechend von den RuA-StB nur verfeinert und dessen Anwendung vereinfacht worden.

Gegenüber der LAGA sind die einzelnen Einsatzmöglichkeiten in den RuA-StB detaillierter aufgeführt und auf die einzelnen Bereiche und Schichten einer Straße bezogen (siehe Tabelle 2). Die LAGA

unterscheidet zwischen dem Einsatz in Damm- und in sonstiger Lage (An- und Einschnitt). Hinsichtlich des Gefährdungspotentials ist diese Einteilung nicht nachzuvollziehen, da hier primär das Rückhaltevermögen bzw. die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung zu berücksichtigen sind. Weiterhin kann sich in der baupraktischen Anwendung

Durchlässigkeit	Mächtigkeit	Schutzwirkung
$k_f < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s	> 4 m	groß
	2 - 4 m	groß - mittel
	< 2 m	mittel - gering
$k_f < 1 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s	> 8 m	groß
	4 - 8 m	groß - mittel
	< 4 m	mittel - gering
$k_f < 5 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-4}$ m/s	> 10 m	groß
	5 - 10 m	groß - mittel
	< 5 m	mittel - gering
$k_f < 1 \cdot 10^{-3}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$ m/s	> 15 m	groß mittel
	5 - 15 m	mittel - gering
	< 5 m	gering

Tab. 5: Berücksichtigung der Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung gemäß RuA-StB

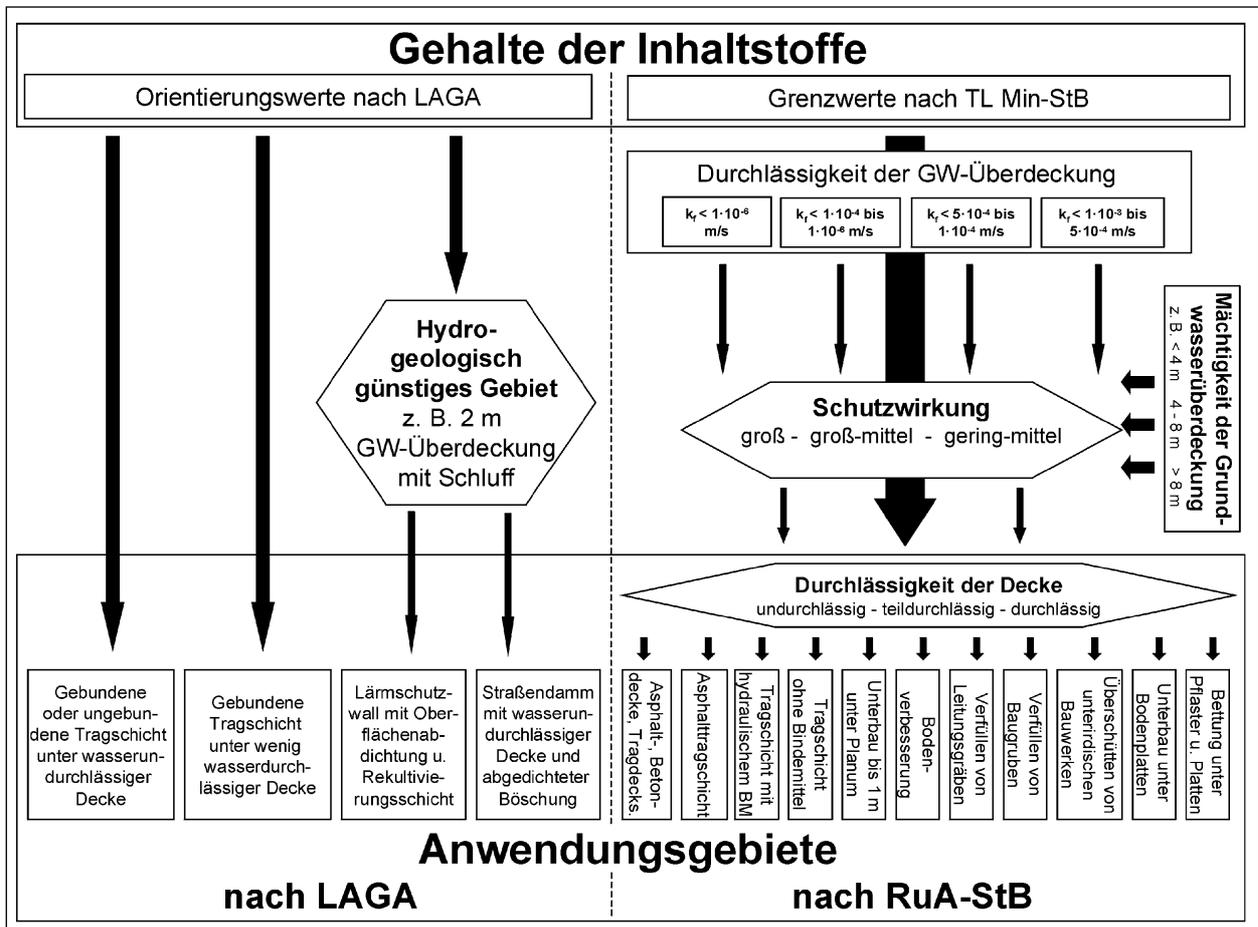


Bild 4: Festlegung möglicher Einsatzgebiete nach LAGA und RuA-StB

RuA-StB: Einsatzmöglichkeiten gemäß Anhang 1	Schutzwirkung der GW-Überdeckung			WSG III B HSG IV	WSG III A HSG III
	groß	groß bis mittel	mittel bis gering	Schutzwirkung der GW-Überdeckung groß	
Einbau wasserundurchlässig	+	+	+	+	+ nur 1.1 bis 1.3, 1.11
Einbau teildurchlässig	+	+	+	+	+ nur 2.11
Einbau wasserdurchlässig	+ nur 3.2 bis 3.10	+ nur 3.2 bis 3.10	+ nur 3.2 bis 3.10	+ nur 3.2, 3.10	+ nur 3.10
M 20: Eingeschränkter offener Einbau in – hinsichtlich Nutzung – unempfindlichen Flächen (z. B. Straßenbau und begleitende Erdbaumaßnahmen) mit einem Erosionsschutz (z. B. Vegetationsschicht) in hydrogeologisch günstigen Gebieten (Z 1.2)					

Tab. 6: Anwendungsgebiete gemäß RuA-StB und LAGA am Beispiel eines RC-Baustoffes RC 2 bzw. Z 1.2 (Numerierungen entsprechend Tabelle 2)

die Einschränkung auf Dammlagen konträr zur gleichzeitigen Forderung nach einer Großbaumaßnahme auswirken, da bei vielen dieser Maßnahmen die geplante Gradienten einen häufigen Wechsel von Damm und Einschnitt bedingt. Dementsprechend ergäbe sich bei alleiniger Nutzung der Straßenbaustoffe im Dammbereich nur ein kleinflächiger Einbau, der sich negativ auf die Qualität und Wirtschaftlichkeit der Maßnahme auswirkt.

Für das Beispiel eines RC-Baustoffes RC 2 bzw. Z 1.2 sind die Anwendungsmöglichkeiten nach RuA-StB und nach LAGA in Tabelle 6 gegenübergestellt.

Es ist zu erkennen, dass die Forderungen der RuA-StB wesentlich konkreter gefasst sind, da den einzelnen Nummerierungen jeweils eine Bauweise bzw. Schicht zuzuordnen ist. Die LAGA weist dagegen ein sehr weites Feld an Einbaumöglichkeiten auf. In den RuA-StB ist der wasserdurchlässige Einbau in Deckschichten ohne Bindemittel nicht gestattet. Etwa vergleichbar ist dies mit der Forderung der LAGA nach einem Erosionsschutz. Unterschiede bestehen beim Einsatz in Wasserschutzgebieten. Während der Einsatz in WSG IIIA nach LAGA nicht gestattet ist, ist ein begrenzter Einsatz nach den RuA-StB möglich. Weitere Unterschiede bestehen darin, dass nach LAGA auch unaufbereiteter Bauschutt verwendet werden kann. Dies ist nach den RuA-StB nicht zulässig, da bei diesem Material die Homogenität und die Güteüberwachung problematisch sein können. Die Einschränkung der LAGA zum Einsatz in „hydrogeologisch günstigen Gebieten“ beinhaltet etwa eine mittlere Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung (s. o.). Auch bei einer hohen Schutzwirkung ist keine Aufweitung des Anwendungsgebietes vorge-

Reststoff	Vergleich des Anforderungsniveaus (Stoffliche Merkmale)	Vergleich der Anwendungsgebiete
Hochofenstüchschlacke	-	-
Hüttensand	-	-
Stahlwerksschlacke	-	-
Kupferschlacke	-	-
Gießerei-Kupolofenstüchschlacke	gleich	WSG III A in RuA-StB; sonst gleich
Gießereirestsand	gleich	*
Steinkohlenflugasche	M 20 zusätzlich Cd, Hg	WSG III A und B in RuA-StB; * Unterschiede nicht relevant wg. Einsatz in gebundenen Schichten
Schmelzkammergranulat Hausmüllverbrennungasche	gleich etwa gleich, TL Min zusätzlich Cr _{ges} , 2 Klassen nach TL Min	gleich WSG III B in RuA-StB; *
Recycling-Baustoffasche (RC 1, RC 3)	etwa gleich, 3 Klassen nach TL Min, 4 Klassen nach M 20	WSG III A und B in RuA-StB; *
Waschberge	-	-
Kesselasche	M 20 zusätzlich As, Hg, Cl 4 Klassen nach M 20	WSG III A und B in RuA-StB; *
* M 20: geringere Differenzierung der Schutzwirkung, daher weniger Anwendungsgebiete		

Tab. 7: Vergleich des Anforderungsniveaus und der Anwendungsgebiete zwischen RuA-StB und LAGA

sehen, obwohl dies unter Sicherheitsaspekten vertretbar wäre. Dies führt zu regionalen Sonderregelungen, die aus Umweltgesichtspunkten zu vermeiden sind. Da der von der LAGA vorgesehene Erosionsschutz nicht wasserundurchlässig ist, muss von einer Teildurchlässigkeit bis Wasserdurchlässigkeit der Abdeckung ausgegangen werden. Dies bedeutet, dass das Schutzniveau der LAGA beim Einsatz in WSG III B stark schwanken kann. Für dieses Beispiel ist daher anzumerken, dass die RuA-StB bei geringer Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung mehr Anwendungsgebiete zu-

lassen, die zulässigen Bauweisen jedoch genau festgelegt sind. Dagegen erlauben die RuA-StB bei mittlerer bis großer Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung weniger Anwendungsgebiete als die LAGA, indem der wasserdurchlässige Einbau eingeschränkt wird.

3 Schlussfolgerungen

Grundsätzlich wird nach den RuA-StB auch für die anderen Straßenbaustoffe, wie zuvor beschrieben, die Verwendung in Wasserschutzgebieten WSG III A und B von der Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung und dem Einsatz (Art und Lage der Schicht) abhängig gemacht. Eine ähnliche Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse ist bei der LAGA in diesem Punkt nicht vorgesehen. Dort ist der Einsatz stoffbezogen entweder in WSG III A oder B erlaubt oder nicht erlaubt.

Grobe Unterschiede zwischen den nach RuA-StB und LAGA zulässigen Verwendungsmöglichkeiten der einzelnen Straßenbaustoffe und den entsprechenden Anforderungen an die Inhaltsstoffe und das Auslaugungsverhalten sind zusammenfassend in Tabelle 7 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass zwischen den Regelwerken nur in einzelnen Bereichen Differenzen festzustellen sind. Sie resultieren primär aus der Staffelung der Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung und der Durchlässigkeit der Deckschicht gemäß den RuA-StB. Weitere Unterschiede sind hinsichtlich des Einsatzes der Straßenbaustoffe in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten zu erkennen.

Zusammenfassend ist daher festzustellen, dass die RuA-StB die Mitteilungen 20 der LAGA für die Einsatzbedingungen des Straßenbaus konkretisieren und dadurch den Ermessensspielraum der zuständigen Behörde verringern. Außerhalb von Wasserschutzgebieten entspricht das Schutzniveau der RuA-StB mindestens dem der Mitteilungen 20 der LAGA.

Dipl.-Geoökol. B. Kocher
 Bundesanstalt für Straßenwesen
 Bergisch Gladbach

Bodenbelastung an Verkehrswegen – neue Ergebnisse

Böden am Rand stark befahrener Straßen weisen erhöhte Schwermetallkonzentrationen auf – darüber gibt es umfassende Untersuchungen und Veröffentlichungen. Die mobilen Anteile der Schwermetalle und ihr Transport in diesen Böden – ggf. bis in das Grundwasser – sind dagegen im Vergleich nur wenig untersucht worden. Am Beispiel zweier aktueller Forschungsberichte werden neue Ergebnisse aus diesem Bereich vorgestellt und anhand der Prüfwerte für Sickerwasser in der Bodenschutzverordnung bewertet.

Viele Faktoren wirken auf das Verhalten und die Beweglichkeit von Schwermetallen in Böden. Sie beeinflussen sich gegenseitig, und ihre Wirkungen lassen sich nur schwer voneinander abgrenzen. In Bild 1 sind die wichtigsten dargestellt. Einige Größen, die relativ einfach zu ermitteln sind und einen großen Anteil der Schwermetalllöslichkeit beschreiben, werden oft als Indikatoren verwendet: Das sind pH-Wert, Tonanteil und Anteil an organischer Substanz.

Zwei aktuelle Forschungsprojekte – Konzeption

Das Transportmedium der gelösten Schwermetalle ist das Sickerwasser – und wenn es um Einträge in tiefere Bodenschichten oder das Grundwasser geht, der Anteil davon, der den Einflussbereich der Pflanzenwurzeln, des kapillaren Aufstiegs und der Verdunstung endgültig nach unten verlässt. Eine gemittelte Angabe für diesen Anteil ist die Grundwasserneubildung pro Jahr und Flächeneinheit. Da an Straßen ohne Kanalisation jedoch außer dem Niederschlag zusätzlich große Abflussmengen von der versiegelten Straßenfläche auf die Bankette gelangen, müssen auch Menge und Eigenschaften dieses Wassers in der Transportbetrachtung berücksichtigt werden.

Entsprechend wurden in beiden hier vorgestellten Forschungsprojekten außer den Konzentrationen der wichtigsten Schwermetalle in Bodenlösung

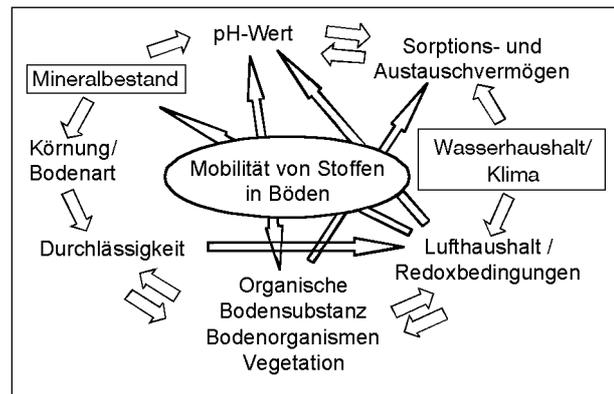


Bild 1: Boden- und Standorteigenschaften, die die Mobilität von Schadstoffen in Böden bestimmen, mit einigen ihrer Wechselbeziehungen

und Bodenfeststoff Menge und Qualität des Straßenablauf- und Sickerwassers bestimmt (Tabelle 1).

Ergebnisse

An zwei Autobahnstandorten wurden von KOCHER/WESSOLEK Tracerversuche mit Kaliumbromid durchgeführt, um flächenhafte Informationen über die Verteilung der Verlagerung des infiltrierenden Straßenablaufwassers zu bekommen. Besonderes Interesse fand dabei die Ermittlung der Verlagerungstiefe in Abhängigkeit der Entfernung vom Fahrbahnrand. Auf einem 1 m breiten und 10 m langen Transekt quer zur Fahrbahn wurde Kaliumbromid ausgebracht. Während der Versuchszeit von vier Wochen wurden Niederschlagsmenge, Temperatur und Luftfeuchten gemessen und daraus die Sickerwassermenge sowie die Straßenabflussmenge berechnet. Die nach vier Wochen im Boden verbliebene Bromidkonzentration wurde für das gesamte Querprofil bis 1,7 m Tiefe im Labor bestimmt und aus den Punktdaten die flächenhafte Verteilung interpoliert (Bild 3). Deutlich abgegrenzt zeigt sich dort der Bereich in 0 bis 1m vom Fahrbahnrand, wo durch große Mengen durchströmenden Straßenablaufwassers das Bromid fast vollständig aus dem beprobten Profil ausgewaschen wurde.

Bei DIERKES/GEIGER wurde mit einer Langzeitsimulation geklärt, welcher Anteil des Wassers in welcher Region des Bankettes versickert. Es wurde eine Zeitspanne von etwa einem halben Jahr modelliert. In Bild 4 ist der berechnete Verlauf der Infiltration über das Bankett dargestellt. Aufgetragen ist die Höhe der versickerten Wassersäule über den Zeitraum von sechs Monaten.

Projekt:	DIERKES/GEIGER, Uni/GH Essen: Dekontaminierende Wirkung belebter Bodenzonen bei verkehrsbedingten Beeinträchtigungen der Bodenqualität	KOCHER/WESSOLEK, TU Berlin: Verlagerung straßenverkehrsbedingter Stoffe mit dem Sickerwasser
Standorte/Verkehrsstärken	4 BAB, DTV 39 000 - 90 000 1 BS, DTV 26 000 GW-Flurabstand: > 1,5 m (geschätzt)	4 BAB, DTV > 50 000 - 90 000 4 BS, DTV >14 000 - 20 000 GW-Flurabstand: Autobahnstandorte 1 bis 10 m, Bundesstraßen 0.7 bis 2.5 m
Bodeneigenschaften	org. Oberboden, Tragschichten pH 7.1 - 7.3, Glühverlust 7.2 - 10.2 %, Kalkgehalt 1 - 6 %, in Tragschichten bis 70 %	Sand, sandiger Lehm (mS, fS/U, m̄s, f̄s) pH < 5.5, Kalkgehalt < 0.5 % C org. < 0.1 - 28 %, Mittelwert 1.5 %
Bewuchs	Bankettbegrünung	4 x Wald, 4 x Grünland
untersuchte Stoffe	Pb, Cd, Cu, Zn, MKW, PAK	Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr, MKW, PAK
Entnahmetiefen	Boden in 3 Tiefen bis 30 cm, Sickerwasser in 30 cm Tiefe	alle Bodenhorizonte bis mindestens 1.2 m Tiefe, Sickerwasser in 3 Tiefen bis 2 m
Entfernungen vom Fahrbahnrand, Zeit	0.5 - 1.5 m, Boden bis 10 m Sickerwasser alle zwei Wochen	1, 2.5, 5, 10, 25, 50 m Sickerwasser alle zwei bis drei Wochen
Methoden	Bodenbeprobung, Sickerwasser aus 15 Feldlysimetern und 18 berechneten Laborlysimetern, halbtechnische Berechnungsversuche, FE-Modell Wasser- und Stofftransport	Bodenbeprobung, Bodenlösung aus 270 Saugsonden, Kapillarsaumbeprobung, Tracerversuch, Feldmessungen Wasserhaushalt, Stofftransportmodell SISIM

Tab. 1: Messprogramm und Eigenschaften der Standorte

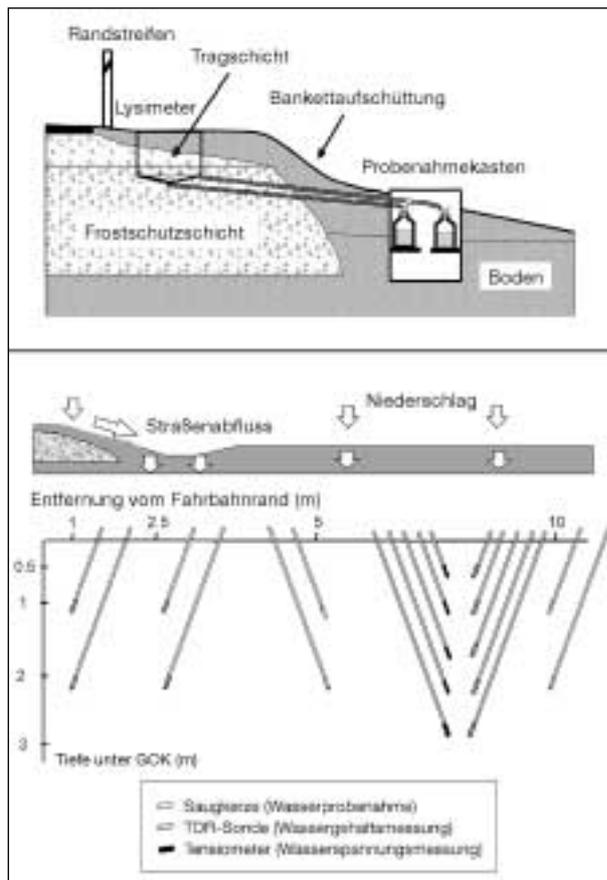


Bild 2: Instrumentierung der Messstandorte: Jedes gezeigte Gerät wurde in mindestens vierfacher Wiederholung eingebaut. Die Pfeile in der unteren Grafik zeigen schematisch den Wasserfluss. (oben: DIERKES/GEIGER 1999, unten: KOCHER/WESSOLEK 2002)

Mit über 3.000 mm Wassersäule versickert der größte Teil des Wassers direkt unterhalb der Kante

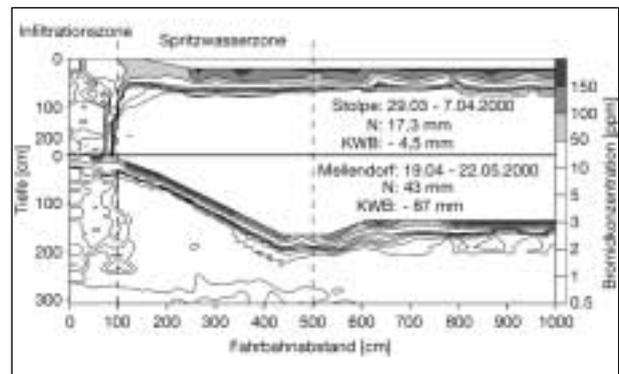


Bild 3: Zonierung des Wasserhaushaltes anhand der Bromidkonzentration im Boden nach der Beendigung eines Bromidtracerversuches an zwei BAB-Standorten (STOLPE und MELLENDORF, KOCHER/WESSOLEK 2002)

des Seitenstreifens. Hier werden hohe Strömungsgeschwindigkeiten bei Starkregenereignissen erreicht.

Das Wasser gelangt nach einer kurzen Bodenpassage in die Schotter der seitlich auslaufenden Tragschicht, ein großer Teil auch in den Bereich der Tragschicht unterhalb der Straße. Dieses Wasser erfährt vermutlich nur eine geringe Reinigung.

Wie die Ergebnisse aus beiden Untersuchungen zeigen, findet die Hauptinfiltration in 0 bis 1 m Entfernung vom Fahrbahnrand statt (Bilder 3 und 4). In gut durchlässigen, z. B. sandigen Böden erhöht sich die Grundwasserneubildung in Fahrbahnnähe durch schnellen Abfluss der Niederschläge von der Fahrbahn und Infiltration in das Bankett. Aus diesen erhöhten Infiltrationsraten, die auch sehr

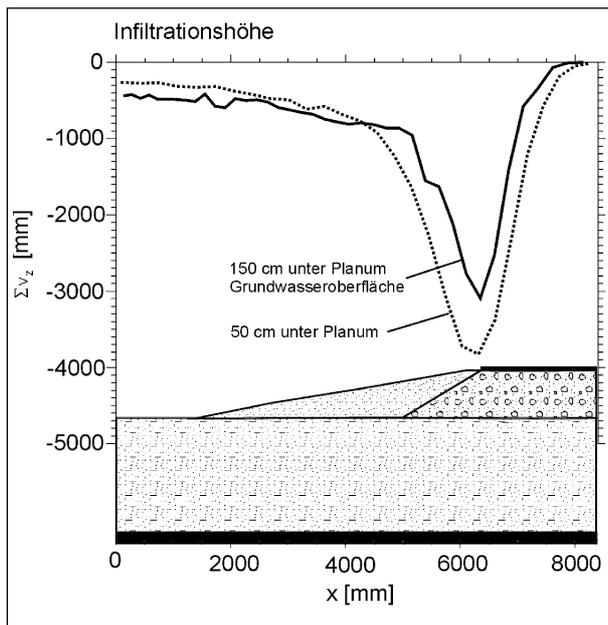


Bild 4: Verlauf der Infiltration über das Bankett (Höhe der versickerten Wassersäule über den Zeitraum von sechs Monaten) (DIERKES/GEIGER 1999)

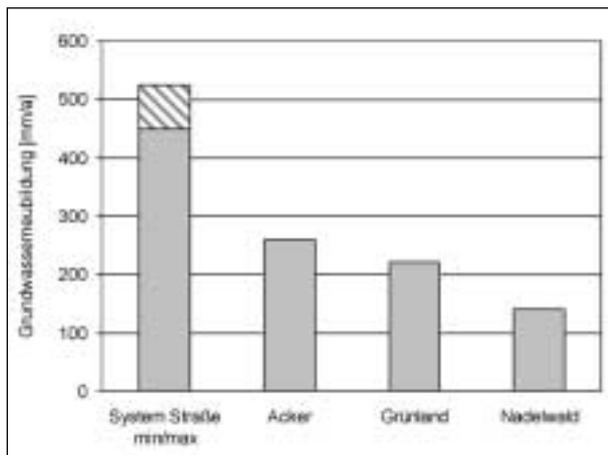


Bild 5: Grundwasserneubildung (mm/a) bei unterschiedlichen Flächennutzungen an grundwasserfernen Standorten im Raum Hannover (die Schraffur zeigt Minimum und Maximum in Abhängigkeit von den Modellannahmen, KOCHER/WESSOLEK 2002)

schnell auf Niederschläge und Abflüsse von der Straße reagieren, ergeben sich entsprechend erhöhte Grundwasserneubildungsraten (Bild 5).

Die Böden neben älteren Straßen zeigen typische, erhöhte, meist mit zunehmender Entfernung vom Fahrbahnrand schnell abfallende Schwermetallkonzentrationen. Die Verteilung der Schwermetalle in der Bodenfestsubstanz folgt in beiden Studien diesem aus der Literatur (z. B. GOLWER 1995, REINIRKENS 1996) bekannten Muster. Als Beispiel sind in Bild 6 die Konzentrationen von Pb, Cd, Cu und Zn im Boden an einem Standort

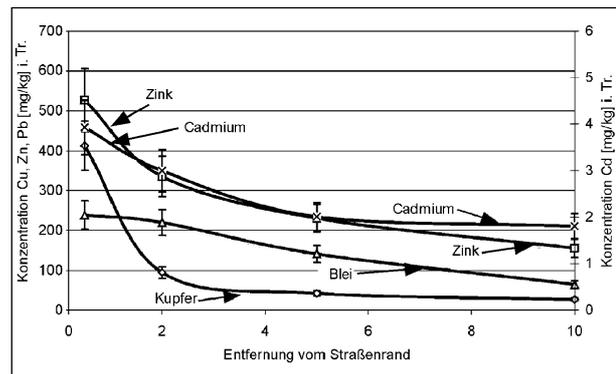


Bild 6: Schwermetalle (Königswasserextrakt) in Abhängigkeit zur Straßenentfernung (A2) mit Unsicherheiten der Messverfahren (DIERKES/GEIGER 1999)

an der A2 dargestellt. Die Verteilung der Schwermetallkonzentrationen in der Bodenlösung dagegen hängt stärker vom pH-Wert des Bodens und der Bodenlösung ab, die maximale Konzentration an jedem Standort wird dort erreicht, wo der Bodenlösung-pH am geringsten ist (Bilder 7a und 7b).

Die aus den Infiltrationsbedingungen abgeleitete Annahme, dass der Schwermetalltransport direkt in Fahrbahnnähe am höchsten ist, da dort die größten Wassermengen infiltrieren, wurde dadurch in Frage gestellt. Die Berechnung der Schwermetallfrachten aus Sickerwassermenge und Konzentration ergab jedoch trotz hoher Konzentrationen im Entfernungsbereich 5 bis 10 m die höchsten Frachten direkt am Fahrbahnrand (Bilder 8 und 9).

Dierkes/Geiger

- Die Sickerwasserkonzentrationen von Cd im Auslauf von Feldlysimetern und Laborlysimetern nach Beregnung mit 10 Jahresfrachten an Schwermetallen zeigten Mittelwerte von 0,5 µg/l bis 0,9 µg/l, maximal 3,5 µg/l. Die meisten Werte lagen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,5 µg/l. Die Pb-Konzentrationen überschritten ebenfalls nur selten die Bestimmungsgrenze von 0,4 µg/l, der Maximalwert war 11µg/l. Zn zeigte Mittelwerte von 160 µg/l bis 370 µg/l, maximal 680 µg/l. Cu wies Mittelwerte von 26 bis 52 µg/l aus, der Maximalwert war 137 µg/l. Die Prüfwerte der Bodenschutzverordnung für Sickerwässer wurden für die Mittelwerte der Cu-Konzentrationen nur an der A2 überschritten, jedoch lagen die Maximalkonzentrationen bei allen Lysimetern über dem Prüfwert.
- Die Maximalwerte traten vor allem in den Feldlysimetern nach Starkregen auf. Die Autoren

vermuten als Ursache bevorzugten Stofftransport in Makroporen durch veränderte Strömungsverhältnisse.

- Die Bilanz von Schwermetalleintrag und -aus-trag aus den mit schwermetallhaltigem Wasser berechneten Laborlysimetern am Beispiel Cadmium zeigt Tabelle 2. Die ebenso bestimmten Rückhaltequoten liegen für Cu zwischen 68 % und 76 %, für Pb bei 84 %, und für Zn bei 90 % bis 96 %.
- Besonders positiv auf den Rückhalt wirken sich nach Einschätzung der Autoren die Bankettschälungen aus. Durch das Schälen wird der am stärksten belastete Boden aus dem System entfernt. Sie stellen die These auf, dass durch Akkumulation von Straßenabrieb neuer Boden gebildet wird, der wieder Adsorptionskapazität zur Verfügung stellt.
- Zeitliche Veränderung: Bei den halbtechnischen Versuchen an teildurchlässigen Straßen- und Gehwegbelägen (Rasengittersteine, Betonsteine mit unterschiedlichen Fugen- und Porenanteil) zeigen die Schwermetallgehalte im Sickerwasser nach Laborberechnung mit 50 Jahresfrachten der Schwermetalle den Durchbruch von Cd und Zn. Je geringer der Fugenanteil im Verhältnis zur Gesamtfläche ist, desto früher erfolgt der Durchbruch. Der Rückhalt von Pb und Cu ist dagegen nach 50 Jahresfrachten noch wirksam.
- Bei Beregnung mit salzhaltigem Wasser (die Streusalzmenge entsprach der eines strengen Winters) traten 3- bis 5-fache Cd- und Zn-Konzentrationen im Sickerwasser auf. Der Effekt ist am stärksten bei Böden mit niedrigen pH-Werten.

Kocher/Wessolek

- Die räumliche Verteilung der Schwermetallkonzentration im Sickerwasser entspricht nicht der Verteilung im Bodenfeststoff (Bild 6), sondern erreicht ihre höchsten Werte in etwa 10 m Entfernung vom Fahrbahnrand, bei den niedrigsten pH-Werten (Bilder 7a und 7b).
- In sandigen Böden tritt im Straßenseitenraum stark erhöhte Versickerung auf, die Grundwasserneubildung (gemittelt über die versiegelte Fahrbahnfläche und den Spritzwasserbereich bis 5 m Entfernung) liegt dort bei den klimati-

Standort Lysimeter-Nr.	A2 L 2	A3 L 1	A31 L 4	A42 L 8	B224 L6
Cadmium					
Input [mg]	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Output [mg]	0,11	0,11	0,16	0,13	0,12
Rückhalt [mg]	0,37	0,37	0,31	0,34	0,36
Rückhalt [%]	76,0	76,9	65,7	72,0	74,8

Tab. 2: (DIERKES/GEIGER 1999)

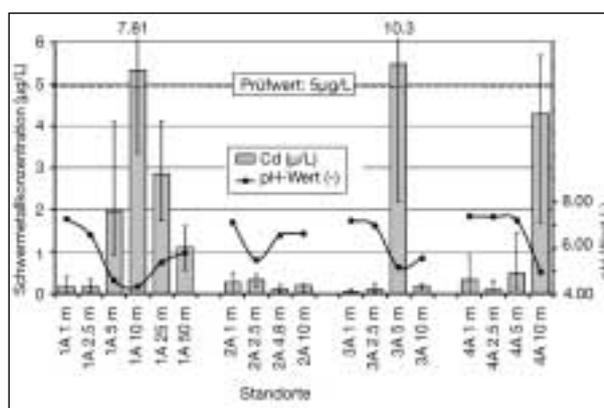


Bild 7a: Räumliche Verteilung am Beispiel pH-Wert und Cadmium – Mittelwerte, 10- und 90-Perzentile der Cadmium-Konzentrationen des Sickerwassers im Unterboden der Autobahnstandorte (KOCHER/WESSOLEK 2002)

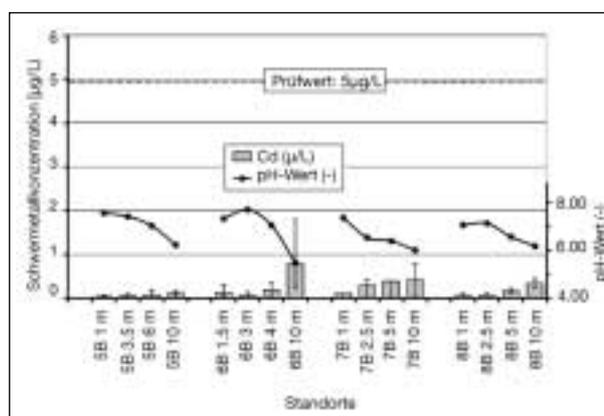


Bild 7b: Cadmium-Konzentrationen des Sickerwassers im Unterboden der Bundesstraßenstandorte (KOCHER/WESSOLEK 2002)

schen Bedingungen im Raum Hannover etwa doppelt so hoch wie unter Grünland und dreimal so hoch wie unter Kiefernforst.

- Der Vergleich der Autobahn- und Bundesstraßenstandorte (Bild 8) zeigt, dass für alle untersuchten Schwermetalle die ausgetragenen gewichteten Schwermetallfrachten im Mittel der Autobahnstandorte höher als für die Bundesstraßen liegen.
- Modellberechnungen der Schwermetallverlagerung bei sauren Böden ergeben, dass das Kon-

zentrationenmaximum für Cd in 1 m Tiefe nach 20 bis 800 Jahren erreicht wird, für Cu nach 50 bis > 2000 Jahren.

Vergleich Bundesstraßen/Autobahnen

Die Schwermetallkonzentrationen im Bodenfeststoff (ohne Abbildung) ebenso wie die Lösungskonzentrationen der von KOCHER/WESSOLEK untersuchten Bundesstraßenstandorte sind geringer als die der Autobahnstandorte (Bilder 7a und 7b). Die pH-Werte liegen an den Bundesstraßen geringfügig höher als an den Autobahnen, was aber wahrscheinlich nicht auf den Einfluss des Straßenbaus oder Straßenverkehrs, sondern auf die etwas unterschiedliche Lage zum Grundwasserspiegel zurückzuführen ist (Tabelle 1).

Es wurden von KOCHER/WESSOLEK auch Messungen der Schwermetallmengen in Deposition und Straßenabfluss durchgeführt, und daraus die eingetragenen Schwermetallfrachten berechnet (Bild 8).

Aus den Sickerwasserkonzentrationen der sechs Schwermetalle und den Sickerwassermengen wurden für jeden untersuchten Entfernungsbereich die dort ausgetragenen Schwermetallfrachten berechnet (Bild 9) und zu einer gewichteten Fracht über den Entfernungsbereich von 0 bis 10 m vom Fahrbahnrand zusammengefasst. Für Cadmium liegen diese ausgetragenen gewichteten Frachten im Mittel der Autobahnstandorte deutlich höher als für die Bundesstraßen. Das gilt ebenso für die anderen untersuchten Schwermetalle. Es ist auch eine deutliche Erhöhung der Austräge bei sinkenden pH-Werten im Boden festzustellen (Bild 9, geordnet nach Straßentyp und pH-Wert im Boden in 10 m Entfernung von der Fahrbahn).

Der Standort 3A hat im Vergleich niedrige Austräge am Fahrbahnrand, jedoch sehr hohe in 5 m Entfernung. Die Ursache dafür sind die für Unterböden (0,9 m bis 1,2 m Tiefe) ungewöhnlich hohen Schwermetallkonzentrationen in dieser Entfernung, wobei jedoch nur Ni den Vorsorgewert der BBodSchV erreicht.

Eine mögliche Ursache dafür könnten alte Ablagerungen von Bankettschälgut sein, dies konnte jedoch von der Autobahnmeisterei nicht mehr ermittelt werden.

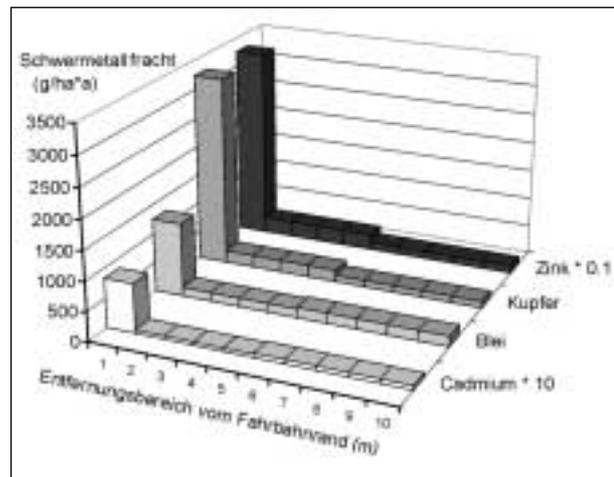


Bild 8: Eintrag von Pb, Cd, Cu und Zn in den Boden an einem Autobahnstandort durch Abflusswasser und Deposition (KOCHER/WESSOLEK 2002)

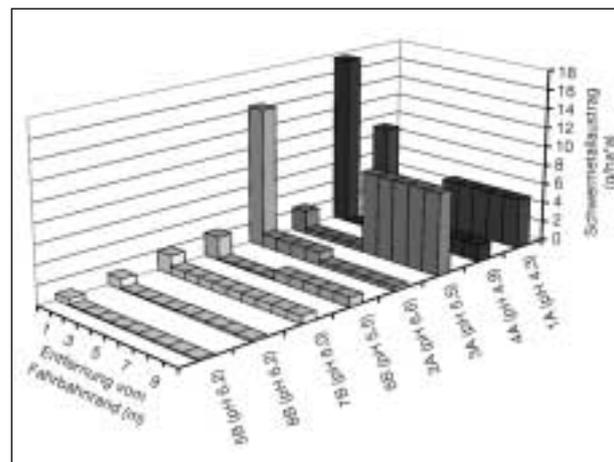


Bild 9: Entfernungsabhängiger Austrag von Cadmium aus dem Boden durch Sickerwasser an acht Standorten (A = Autobahnstandort, B = Bundesstraßenstandort, pH = pH-Wert im Oberboden in 10 m Entfernung, KOCHER/WESSOLEK 2002))

Zusammenfassung

- Die Schwermetallkonzentrationen im straßen-nahen Boden zeigen erhöhte, mit der Entfernung vom Fahrbahnrand z. T. schnell abfallende Werte. Ebenso verhalten sich auf den untersuchten sauren Böden die pH-Werte, die von pH 6,8 in 1 m Entfernung bis pH 3,5 in 50 m Entfernung reichen.
- Die Hauptinfiltration findet in 0 bis 1 m Entfernung vom Fahrbahnrand statt, nur bei seltenen Starkregen reicht der Einfluss des Straßenabflusswassers weiter.
- In Straßennähe ist auch bei sauren Böden der pH-erhöhende Einfluss der Straße groß genug,

um die Lösungskonzentrationen der Schwermetalle gering zu halten.

- In größerer Entfernung kann die auf sauren Böden gegenläufige Tendenz von pH-Wert und Schwermetallkonzentrationen im Bodenfeststoff zu teilweise weit über dem Prüfwert liegenden Sickerwasserkonzentrationen führen.
- Die ausgetragenen Schwermetallfrachten liegen im Mittel der Autobahnstandorte deutlich höher als für die Bundesstraßen. Es ist auch eine deutliche Erhöhung der Austräge bei sinkenden pH-Werten im Boden festzustellen.
- Beide Untersuchungen zeigen, dass zur Zeit durch Filterung und Sorption der Schwermetalle in den straßennahen Böden nur verhältnismäßig geringe Schwermetallkonzentrationen in das Grundwasser transportiert werden. Die Bodenlösungskonzentrationen der Schwermetalle liegen in Fahrbahnnähe meist unterhalb der Prüfwerte, Prognosen für 10 bis 50 Jahre ergeben in beiden Untersuchungen dieselbe günstige Tendenz. Unter ungünstigen Bedingungen (z. B. bei grobkörnigen Fugenfüllungen) zeigen sich jedoch häufige Prüfwertüberschreitungen. Nach Prognosen aus Modellrechnungen über 100 und mehr Jahre sind häufige Prüfwertüberschreitungen längerfristig auch für günstigere Bodenbedingungen zu erwarten.

Zur Diskussion gestellt

- In 0 bis 10 cm Tiefe liegen die Bodenkonzentrationen von Cu, Cd, Zn und Pb in Fahrbahnnähe meist um oder über dem Vorsorgewert nach der BBodSchV, wie beide hier vorgestellten Untersuchungen und zahlreiche Literaturdaten zeigen. Entsprechend werden nach der Bodenschutzverordnung die Frachtgrenzwerte für Einträge gültig. Da diese Frachtgrenzwerte für Pb, Cd, Cu und Zn in Fahrbahnnähe überschritten werden, ergibt sich eine Verpflichtung zur Minderung der Einträge dieser Schwermetalle, die jedoch durch den Verhältnismäßigkeitsgrundsatz eingeschränkt ist.
- Bei Boden-pH-Werten über sechs sind geringe Schwermetallkonzentrationen im Sickerwasser zu erwarten, jedoch teilweise relativ hohe Frachten. Für Stoffausträge aus Böden bestehen keine Frachtgrenzwerte. Jedoch sollten bei Boden-pH-Werten unter sechs, wie sie häufig in

Waldböden auftreten, mittelfristig Gegenmaßnahmen eingeleitet werden, um das Grundwasser nicht zu gefährden. Dabei kann es sich um die Einbringung kalk- und tonhaltiger Materialien zur Verbesserung der Sorptionseigenschaften in die Infiltrations- und Spritzwasserzone handeln, im Straßenbau sollte die Straßendecke bzw. der Steinanteil darin karbonathaltig sein. Eine „Beimengung von karbonathaltigem Material beim Winterdienst bzw. eine getrennte Aufbringung wäre ebenfalls möglich. Besonders zu beachten ist dabei, dass pH-Werte unter sechs meist nicht in Fahrbahnnähe (bis 2 m Entfernung), sondern erst in der Spritzwasserzone und dem angrenzenden Bereich auftreten, bei Autobahnen bis über 10 m Entfernung. Feinkörnige Kalkgaben (< 2 mm) sollten nicht stattfinden, sondern es sollte gröberkörniges Material, ggf. dolomithaltig, verwendet werden, da sonst wie bei Streusalzaufbringung oder zu intensiven Waldkalkungen ein Freisetzungsschub sorbierter Ionen durch Verdrängung, und damit eine Erhöhung des Schwermetalltransports, auftreten könnte.

- Die Minderung der Emissionen („source control“) ist die einzige Möglichkeit zur dauerhaften Reduzierung der Verbreitung und der Einträge der Schadstoffe. Dies ist auch ein wesentliches Ergebnis aus dem EU-Projekt POLMIT (HIRD et al. 2000) über Freisetzung, Eintrag, Transport und Minderungsmaßnahmen für Schadstoffe aus dem Straßenverkehr.

Literatur

- DIERKES, C. (1999): Verhalten von Schwermetallen im Regenabfluss von Verkehrsflächen bei der Versickerung über poröse Deckbeläge. 201 S. Diss. Univ. GH Essen, Fachbereich Bauwesen. Forum Siedlungswasserwirtschaft und Abfallwirtschaft Universität GH Essen, Heft 14
- DIERKES, C., GEIGER, W. F. (1999): Dekontaminierende Wirkung belebter Bodenzonen bei verkehrsbedingten Beeinträchtigungen der Bodenqualität. Forschungsbericht FE 05.107/1996/GGB. 174 S. U/GH Essen
- GOLWER, A. (1991): Belastung von Böden und Grundwasser durch Verkehrswege. Forum Städte-Hygiene 42 (8/9), 266-275

HIRD et al. (2000): POLMIT – Pollution of Groundwater and Soil by Road and Traffic Sources: Dispersal Mechanisms, Pathways and Mitigation Measures. FEHRL Report 2001/1 – Executive Summaries of research completed: 1997 – 2000, 57 – 64. FEHRL – Forum of European National Highway Research Laboratories

KOCHER, B., WESSOLEK, G. (2002): Verlagerung straßenverkehrsbedingter Stoffe mit dem Sickerwasser. Forschungsbericht FE 05.118/1997/GRB, 125 S. + Anhang, TU Berlin

REINIRKENS, P. (1996): Analysis of Emissions through Traffic Volume in Roadside Soils and their Effects on Seepage Water. The Science of the Total Environment 189/190, 361-369, Elsevier, Amsterdam

Dipl.-Ing. V. Dittrich
DEGES, Berlin

Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiStWag) – Vorstellung der neuen FGSV-Richtlinien

1 Allgemeines

Die bisherige RiStWag wurde im März 1982 vom Bundesminister für Verkehr (BMV) für den Bereich der Bundesfernstraßen eingeführt und den übrigen Baulastträgern zur Anwendung empfohlen. Für den Aufgabenbereich der Wasserwirtschaft wurde die RiStWag in den einzelnen Bundesländern auf Empfehlung der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) von den Obersten Wasserbehörden eingeführt. Somit hat diese Richtlinie einen Vereinbarungscharakter erhalten. Das gleiche Vorgehen ist für die RiStWag 2002 vorgesehen.

Bereits Anfang der 90er Jahre war eine Fortschreibung der RiStWag für notwendig erachtet worden. Diese Arbeit wurde dem so genannten „RiStWag-Ausschuss“ (AA 5.14 der FGSV) zugewiesen. Hervorzuheben ist, dass dieses Gremium interdisziplinär aus Vertretern des Straßen- und Wasserfaches besetzt ist. Das Wasserfach repräsentierten Mitglieder der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches (DVGW) und der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Die Belange des Schutzes von Trinkwassertalsperren wurden von Vertretern der Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e. V. (ATT) wahrgenommen.

Der Entwurf Mai 2000 der RiStWag hat den Straßenbau- sowie den Wasserwirtschaftsverwaltungen der Länder zur Stellungnahme vorgelegen. Deren Stellungnahmen sind eingearbeitet worden. Der letzte Entwurfsstand trägt das Datum September 2001 und ist nach einer redaktionellen Durchsicht als endgültige Fassung anzusehen. Mit dem Erscheinen der neuen RiStWag ist im ersten Halbjahr 2002 zu rechnen.

Grundlage für die Fortschreibung waren bisherige Erfahrungen aus der Praxis und Ergebnisse von Forschungsarbeiten sowie neue Regelungen und Vorschriften. Mit der Untersuchung und Bewertung

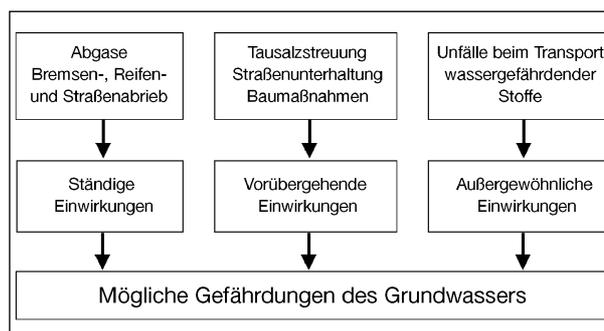


Bild 1: Ständige, vorübergehende und außergewöhnliche Einwirkungen [3]

der ständigen, vorübergehenden und außergewöhnlichen Einwirkungen des Straßenverkehrs (Bild 1) und der dadurch möglichen Gefährdung des Grundwassers sowie der entsprechenden Folgerungen für die Praxis hat sich [3] intensiv befasst und Vorschläge für die Berücksichtigung der Verkehrsmengen bei der Planung von bautechnischen Maßnahmen in Wasserschutzgebieten gemacht. Diese Arbeit hatte wesentlichen Einfluss auf den Tenor dieser neuen Richtlinien.

2 RiStWag 2002

2.1 Wesentliche Änderungen/Ergänzungen gegenüber den RiStWag, Ausgabe 1982

- Maßnahmen in Schutzgebieten von Trinkwassertalsperren, die bisher in den RiStWag, Ausgabe 1982, explizit nicht enthalten waren, sind aufgeführt.
- Eine gestaffelte „Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung“ (Tabelle 1) wird eingeführt, welche die bisherige „Untergrundbeschaffenheit“ nach dem DVGW Arbeitsblatt W 101 (1975), das durch die Fassung (1995) ersetzt wurde, ablöst.
- Das Gefährdungspotenzial des Straßenverkehrs wird mit drei Stufen in Abhängigkeit von der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) berücksichtigt:
 - DTV < 2.000 Kfz,
 - DTV 2.000 bis 15.000 Kfz,
 - DTV > 15.000 Kfz.
- In den Schutzzonen III bzw. III A und III B sind erforderliche Sicherungsmaßnahmen in Abhängigkeit von der Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung und von dem dreistufigen Gefährdungspotenzial in insgesamt vier Maßnahmenstufen zusammengefasst.

- Die Dichtungsmaterialien werden um die Dichtung mit Kunststoff-Dichtungsbahnen (KDB), Geosynthetischen Tondichtungsbahnen (GTD) und Asphalt dichtungen erweitert. Deren Einsatzbedingungen werden präzisiert.
- Die Regeldarstellungen im Anhang enthalten nun auch Beispiele mit dünnen Abdichtungsmaterialien (KDB, GTD).
- Die erforderliche Dokumentation der durchgeführten bautechnischen Maßnahmen wird aufgeführt.
- Die „Anlagen zur Behandlung des Straßenoberflächenwassers“ beinhalten Angaben über Versickeranlagen, Absetzbecken und Abscheideanlagen und beschreiben deren Einsatzbereiche.
- Die Bemessungsparameter für Abscheideanlagen wurden an die unterschiedlichen Einsatzverhältnisse angepasst. Der Auffangraum für Leichtflüssigkeiten darf nun statt 30 m³ in Abhängigkeit vom Gefährdungspotenzial 10 m³ bis

30 m³ betragen. Neu aufgenommen wurde die Größe eines Mindestauffangraums von 10 m³ für Flüssigkeiten mit einer größeren Dichte als Wasser. Die Mindesteintauchtiefe der Tauchwand wurde mit 0,30 m festgelegt. Sofern die Abscheideanlagen auch als Absetzbecken dienen, beträgt deren Mindesttiefe 2,0 m.

2.2 Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung

Die Definition der „günstigen, mittleren und ungünstigen Untergrundbeschaffenheit“ wurde aus dem DVGW-Arbeitsblatt W 101 (1975) [5] nicht mehr in die neue Fassung W 101 1995 [9] übernommen. Als Ersatz wurde in den RiStWag-Entwurf die „Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung“ aufgenommen. Von ihr leiten sich konkrete Sicherungsmaßnahmen ab. Für die Ermittlung der Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung ist der GW-Flurabstand ab Fahrbahnrand anzusetzen.

2.3 Entwässerungsmaßnahmen in der weiteren Schutzzone (Zone III, III A und III B)

Die notwendigen Entwässerungsmaßnahmen in der weiteren Schutzzone III, III A und III B sind nachfolgend beispielhaft angefügt. Sie ergeben sich durch ein neues Stufensystem in Abhängigkeit der Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung und des Gefährdungspotenzials, für dessen Beurteilung die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke herangezogen wird. Das Stufensystem geht aus der Tabelle 2 „Einstufung von Entwässerungsmaßnahmen“ hervor. Die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung ist der Tabelle 1 zu entnehmen. Die Bilder im Abschnitt 4 aus der neuen RiStWag sollen als erläuternde Beispiele dienen.

Die Anforderungen an die Entwässerung und die Abdichtung sind den Beschreibungen zu den Stufen in den Punkten 6.2.6.2 bis 6.2.6.5 zu entnehmen. Die Punktnummerierung entspricht der Nummerierung im RiStWag-Entwurf 09/2001.

Durchlässigkeit*	Mächtigkeit**	Schutzwirkung***
$k_f < 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$	> 4 m	groß
	2 - 4 m	mittel - groß
	< 2 m	gering - mittel
$k_f < 1 \times 10^{-4} \text{ m/s bis } 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$	> 8 m	groß
	4 - 8 m	mittel - groß
	< 4 m	gering - mittel
$k_f < 5 \times 10^{-4} \text{ m/s bis } 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	> 10 m	groß
	5 - 10 m	mittel - groß
	< 5 m	gering - mittel
$k_f = 1 \times 10^{-3} \text{ m/s bis } 5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$	> 15 m	mittel - groß
	5 - 15 m	gering - mittel
	< 5 m	gering

* Für Festgesteine sind besondere zusätzliche Untersuchungen erforderlich, die Angaben über die Inhomogenitäten im Hinblick auf die Durchlässigkeiten ermöglichen.

** Die Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung ergibt sich als Abstand zwischen dem mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW) und dem jeweils tiefer liegenden Fahrbahnrand. Die Mächtigkeit beinhaltet die oberflächennahe gestörte Bodenschicht.

*** Die Schutzwirkung ist ausgehend von den örtlichen geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten einer der drei Kategorien „groß“, „mittel“ oder „gering“ zuzuordnen. Zur Bestimmung der Schutzwirkung kann im Einzelfall die Hinzuziehung weiterer hydrogeologischer Parameter erforderlich sein, z. B. Lagerungsverhältnisse, tektonisches Inventar (Klüfte, Spalten, Störungen), gespannte oder freie Grundwasser Oberfläche, Strömungsverhältnisse in der ungesättigten Zone.

Tab. 1: Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung (RiStWag)

DTV	Zone II bzw. III A Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung			Zone II B Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung		
	groß	mittel	gering	groß	mittel	gering
< 2.000	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 2	Stufe 1	Stufe 1	Stufe 2
2.000 bis 15.000	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 1	Stufe 1	Stufe 3
> 15.000	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3

Tab. 2: Einstufung von Entwässerungsmaßnahmen (RiStWag)

Auszug aus der RiStWag-Ausgabe 2002 (Zitat)

6.2.6.2 Stufe 1 (Boden)

Das auf Straßen und sonstigen Verkehrsflächen anfallende Niederschlagswasser sollte ungesammelt breitflächig über standfeste Bankette und bewachsene Böschungen abfließen und versickern (Bild 6b). Die Mächtigkeit des bewachsenen Oberbodens muss im Versickerungsbereich mindestens 20 cm betragen. Die Beschaffenheit des Oberbodens sollte sich nach ATV-DVWK-A 138 [14] richten.

Bei gesammelter Ableitung sind Straßengräben, Straßenmulden sowie Versickerbecken und -mulden mit bewachsenem Boden zulässig. Die Mächtigkeit dieses Bodens muss im Versickerungsbereich mindestens 20 cm betragen und sollte 30 cm nicht überschreiten, um eine ausreichende Durchwurzelung zu gewährleisten. Schächte und Stränge zur Versickerung des Niederschlagswassers sind hingegen unzulässig.

6.2.6.3 Stufe 2 (Boden/Technik)

Das auf Straßen und sonstigen Verkehrsflächen anfallende Niederschlagswasser sollte ungesammelt breitflächig über standfeste Bankette und bewachsene Böschungen abfließen und versickern (Bild 6b). Die Mächtigkeit des bewachsenen Oberbodens muss im Versickerungsbereich mindestens 20 cm betragen. Das Fortleiten oder Versickern von gesammeltem Niederschlagswasser in Mulden oder Gräben ist bei bewachsenem Boden mit mindestens 20 cm Mächtigkeit zulässig.

Versickerbecken sind im Gegensatz zur Stufe 1 nur mit vorgeschalteten Absetzanlagen zulässig (Abschnitt 8.2).

6.2.6.4 Stufe 3 (Technik/Boden)

Das Niederschlagswasser ist zu sammeln und in dauerhaft dichten Rohrleitungen oder in abgedichteten Mulden, Gräben oder Rinnen aus dem Schutzgebiet hinauszuleiten. Muss das Niederschlagswasser aus zwingenden Gründen innerhalb der Schutzzone III in den Vorfluter eingeleitet werden, ist es vor der Einleitung zu reinigen (Abschnitt 8). Die Dichtheit der Rohrleitungen und Schächte ist nach ZTV Ew-StB [6], ATV-DVWK-A 142 [15] und DIN EN 1610 [18] zu prüfen.

Zur Sammlung des auf den Verkehrsflächen anfallenden Niederschlagswassers sind in der Regel Hochborde und Straßenabläufe anzuordnen (Bilder 6c, 8b). Der an den unteren Fahrbahnrand angrenzende Seitenstreifen erhält eine Querneigung zur Fahrbahn (Bild 6c).

Hochborde und Straßenabläufe können am unteren Fahrbahnrand entfallen, wenn das von den Verkehrsflächen abfließende Niederschlagswasser in Mulden, Gräben oder Rinnen gesammelt wird und diese einschließlich der Fläche zwischen ihnen und der befestigten Straßenfläche gemäß Abschnitt 7 abgedichtet werden (Bilder 6d, 6e, 7b). Eine weitergehende Abdichtung des Straßenseitenbereiches ist nicht erforderlich.

Bei Um- und Ausbaumaßnahmen kann auf eine Abdichtung im Überlappungsbereich unter der befestigten Fahrbahn verzichtet werden, wenn insgesamt eine Verbesserung des Grundwasserschutzes erreicht wird, z. B. Minimierung des Unfallrisikos.

6.2.6.5 Stufe 4 (Technik)

Das Niederschlagswasser ist zu sammeln und in dauerhaft dichten Rohrleitungen aus dem Schutzgebiet hinauszuleiten. Muss das Niederschlagswasser aus zwingenden Gründen innerhalb der Schutzzone III in Fließgewässer eingeleitet werden, so ist es vor der Einleitung zu reinigen (Abschnitt 8). Die Dichtheit der Rohrleitungen und Schächte ist nach ZTV Ew-StB [6], ATV-DVWK A 142 [15] und DIN EN 1610 [18] zu prüfen.

Zur Sammlung des auf den Verkehrsflächen anfallenden Niederschlagswassers sind in der Regel Hochborde und Straßenabläufe anzuordnen. Der an den unteren Fahrbahnrand angrenzende Seitenstreifen erhält eine Querneigung zur Fahrbahn.

Hochborde und Straßenabläufe können entfallen, wenn das von den Verkehrsflächen abfließende Niederschlagswasser in Mulden, Gräben oder Rinnen gesammelt wird und diese einschließlich der Flächen zwischen ihnen und den befestigten Straßenflächen gemäß Abschnitt 7 abgedichtet werden. Die Abdichtung ist über die Mulde hinaus wenigstens 2 m ab Mitte Mulde in das angrenzende Gelände weiterzuführen. In diesem Bereich erhält das Gelände eine Neigung zur Mulde (Bilder 6d und 6e).

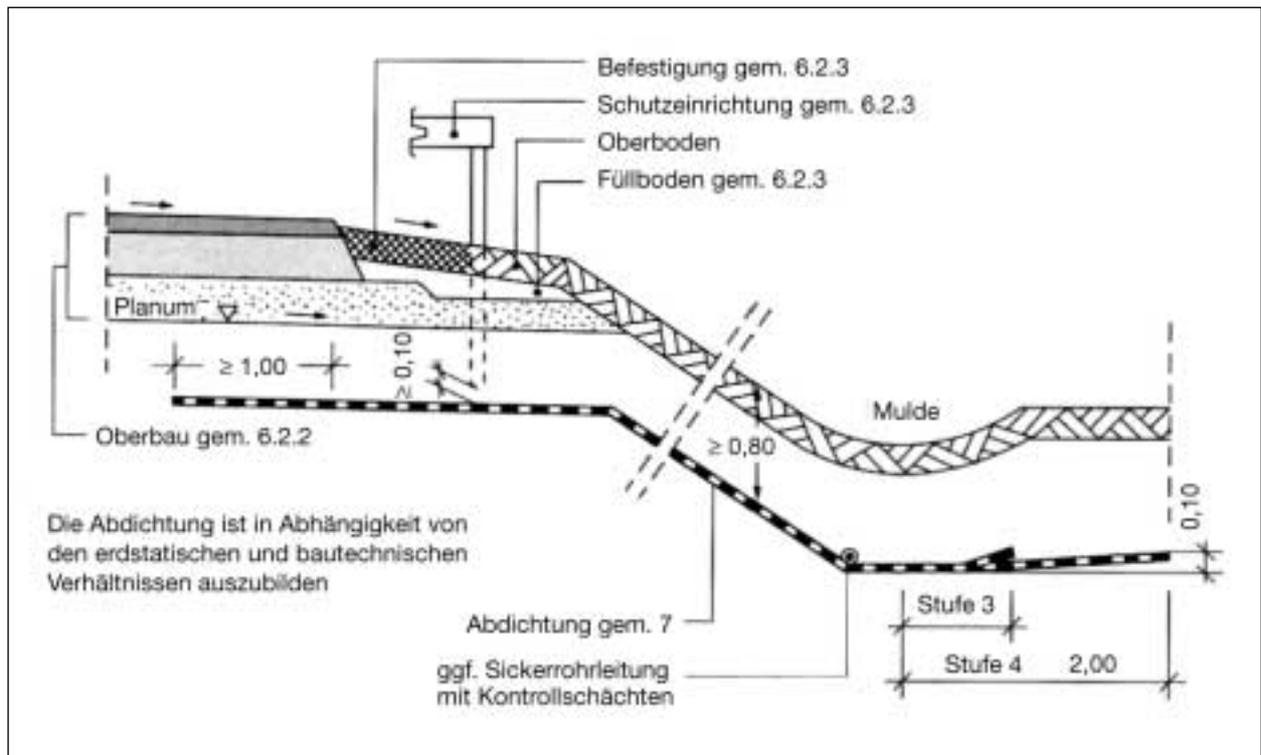


Bild 6d: Weitere Schutzzone (Zone III)/Damm – Stufe 3 und 4, unterer Fahrbahnrand

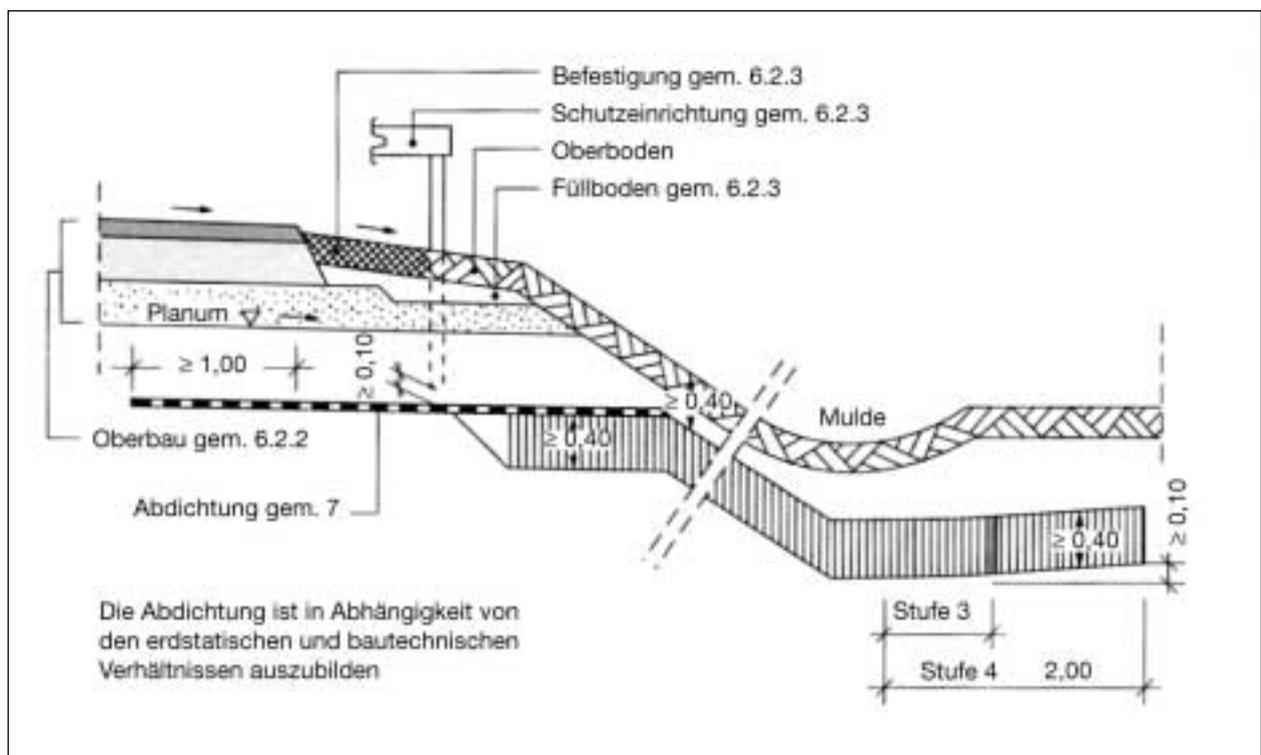


Bild 6e: Weitere Schutzzone (Zone III)/Damm – Stufe 3 und 4, unterer Fahrbahnrand (mineralische Abdichtung)

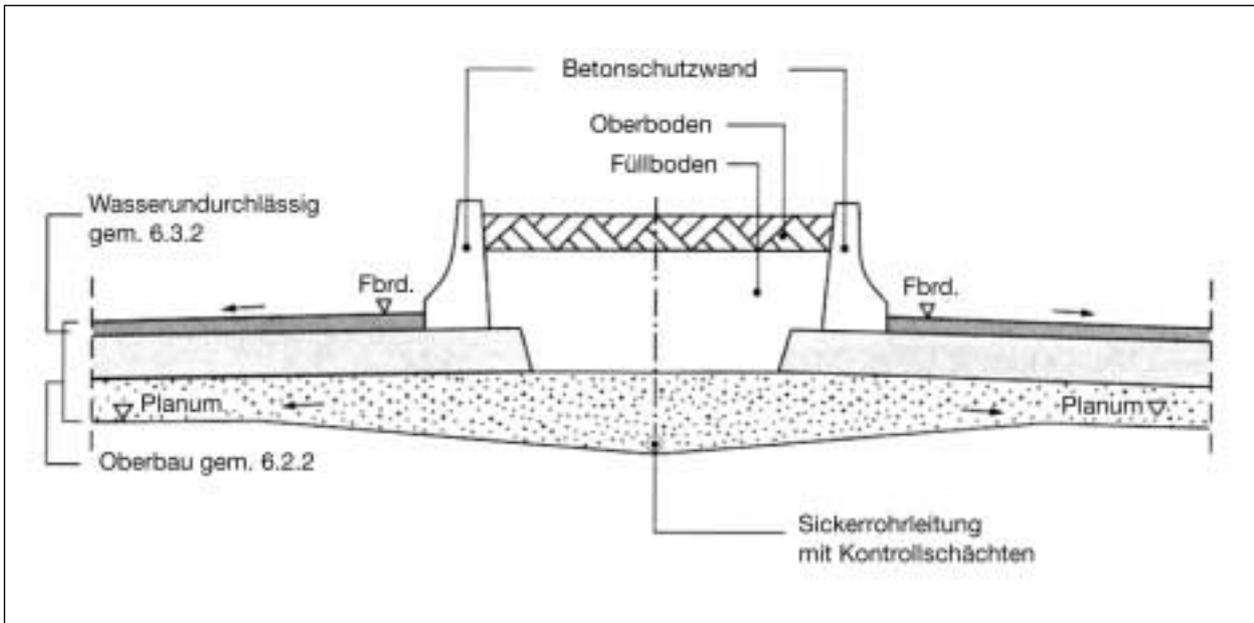


Bild 11c: Engere Schutzzone (Zone 10)/Mittelstreifen – Dachprofil (Betonstützwand)

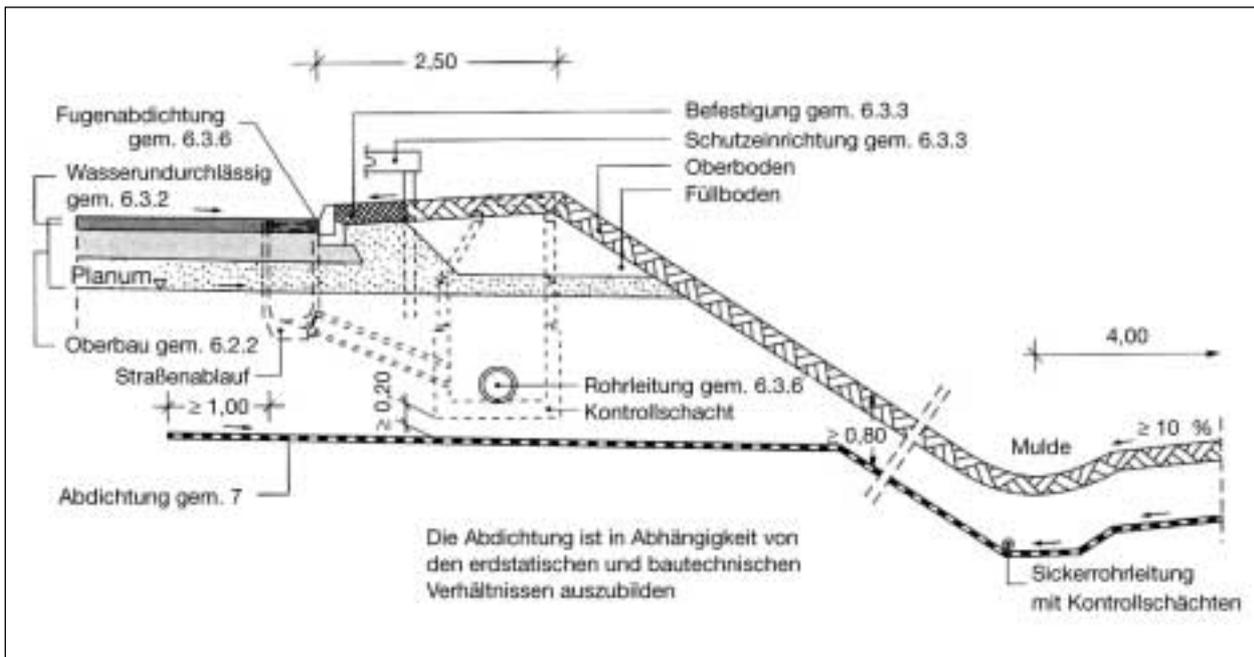


Bild 9b: Engere Schutzzone (Zone II)/Damm - unterer Fahrbahnrand

2.4 Maßnahmen in der Engeren Schutzzone (Zone II) für Grundwasser

Als Neuerungen in der Engeren Schutzzone ist insbesondere die Anordnung von Betonstützwänden mit Hochbeet im Bereich des Mittelstreifens ohne weitere Abdichtungsmaßnahme sowie der Verzicht auf eine dichte Oberflächenbefestigung bei gleichzeitiger Anordnung einer tief liegenden Abdichtung hervorzuheben. Die erforderlichen Aufhaltestufen der Schutzeinrichtungen bei Dammstrecken im Bankett sind DTV-abhängig gestaffelt.

Sickerleitungen müssen getrennt von der Straßenentwässerung geführt werden.

2.5 Einleiten von Straßenoberflächenwasser

Muss der Straßenabfluss aus zwingenden Gründen innerhalb eines Schutzgebietes in ein Gewässer eingeleitet werden, ist in Abhängigkeit vom DTV zu prüfen, welche technischen Maßnahmen hierzu notwendig sind. Hierbei wird auf das ATV-Merkblatt M 153 verwiesen.

2.6 Maßnahmen in Schutzgebieten von Trinkwassertalsperren

Für die Belange der Trinkwassertalsperren sind insbesondere die Entwässerungsmaßnahmen an das andersartige Schutzbedürfnis angepasst worden. Einer Versickerung über die belebte Bodenzone wird der Vorrang gegeben.

2.7 Abdichtungen

Den Abdichtungen ist ein eigenes Kapitel gewidmet worden. Speziell dünne Abdichtungen (KDB, GTD) sowie die zu ihnen gehörenden Stütz- und Schutzschichten und deren Einbau werden detailliert beschrieben. Abdichtungen aus mineralischen Böden sind nur noch über den maximalen Durchlässigkeitsbeiwert ($k_f \leq 10^{-7}$ m/s) im eingebauten Zustand definiert. Ihre Mindestschichtdicke ist auf 40 cm reduziert worden. Im Ausgleich hierzu ist die zugehörige Schutzschichtstärke erstmalig definiert und auf 40 cm festgelegt worden.

In begründeten Einzelfällen können mineralische Böden und Bodengemische mit einem Durchlässigkeitsbeiwert $k_f \leq 10^{-6}$ m/s Anwendung finden, wenn die Dicke der Abdichtung mindestens 1,0 m beträgt und mit einer 0,2 m Schutzschicht, z. B. Oberboden, abgedeckt wird.

Im Rahmen der Kontrollprüfung ist die Einhaltung des geforderten Durchlässigkeitsbeiwertes nachzuweisen.

2.8 Anlagen zur Behandlung des Straßenoberflächenwassers

Zur Reinigung des gesammelten Wassers können Versicker-, Absetz- und Abscheideanlagen ggf. in Verbindung mit Rückhaltebecken sowie Bodenfilteranlagen zur Anwendung kommen. Sie können einzeln oder kombiniert ausgeführt werden. Naturnahe Behandlungsanlagen sind zu bevorzugen. Der Umfang der erforderlichen Behandlung des Straßenoberflächenwassers richtet sich nach der von einer Straße ausgehenden Gefährdung. Generell sind mit steigendem DTV zur Verminderung der Stoffeinträge in Gewässer geeignete Behandlungsanlagen vorzusehen.

Die Bemessung der Abscheideanlagen ist bei Schutzgebieten für Grundwasser und für Trinkwassertalsperren an die jeweiligen Schutzbedürfnisse angepasst worden. Die bei der Bemessung ermittelte Oberfläche ist bei Becken mit trapezförmigem Querschnitt als die Fläche in Höhe Unterkante

Tauchwand festgelegt worden. Die Mindesteintauchtiefe der Tauchwand beträgt 30 cm. Sofern das Abscheidebecken auch als Absetzbecken dient, beträgt die Mindesttiefe 2,0 m.

2.9 Baudurchführung und Unterhaltung

Maßnahmen bei der Baudurchführung sowie die hierbei erforderlichen Einschränkungen sind sehr praxisorientiert beschrieben. Der späteren Unterhaltung ist ein eigenes Kapitel gewidmet worden. Voraussetzung für eine erfolgreiche Unterhaltung ist eine ausführliche Dokumentation der baulichen Anlagen und eine entsprechende Unterrichtung des Unterhaltungspersonals.

3 Zusammenfassung

Die neue RiStWag ist grundlegend überarbeitet worden und berücksichtigt Trinkwassertalsperren. Bei den erforderlichen Abdichtungsmaßnahmen ist man davon ausgegangen, dass vom „normalen“ Straßenabfluss im Bereich der Weiteren Schutzzone keine Gefährdung des Grundwassers zu besorgen ist. Im Schadenfall muss die im Straßenseitenbereich erforderliche Abdichtung zusammen mit der darüber liegenden Schutzschicht eine ausreichende Schwammfunktion solange gewährleisten, bis der ausgetretene Stoff fachgerecht entsorgt ist. Für die Behandlung des Straßenoberflächenwassers werden in Abhängigkeit vom Gefährdungspotenzial entsprechende Vorgaben gemacht. Bezüglich der erforderlichen Reinigungsmaßnahmen wird hierbei auf das ATV-DVWK Merkblatt M 153 [7] verwiesen.

4 Literatur

- [1] DIERKES, C., GEIGER, W. F.: Dekontaminierende Wirkung belebter Bodenzonen bei verkehrsbedingten Beeinträchtigungen der Bodenqualität, (Forschungsprogramm BMVBW/FGSV); Veröffentlichung geplant
- [2] HEYER D., SCHEUFELE, G.: Auswertung und Beurteilung bisher in der Praxis angewandter bautechnischer Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten, Forschungsarbeiten aus dem Straßenwesen, Heft 104, Herausgeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
- [3] FLOSS, R., ASCHERL, R.: Sicherheitsbewertung bautechnischer Maßnahmen auf probabili-

stischer Grundlage, Heft 726, Schriftenreihe:
Forschung Straßenbau und Straßenverkehrs-
technik

- [4] GOLWER, A.: Verkehrswege und Grundwasser-
risiko, Birkhäuser Verlag, Basel 1995.
- [5] DVGW-Regelwerk, Arbeitsblatt W 101, Februar
1975 „Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete,
I. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser
- [6] HEYER, D.: Geotechnische Untersuchungen
von Abdichtungsmaterialien, Forschungsarbei-
ten aus dem Straßenwesen; Heft 104, Heraus-
geber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und
Verkehrswesen
- [7] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Ab-
wasser und Abfall (ATV-DVWK) (2000): Hand-
lungsempfehlungen zum Umgang mit Regen-
wasser. – ATV-DVWK-M 153, 36 S.; Hennef

Im RiStWag-Auszug im Abschnitt 2.3 zitierte Literatur

- [6] Bundesminister für Verkehr (1991): Zusätz-
liche Technische Vertragsbedingungen und
Richtlinien für den Bau von Entwässerungsein-
richtungen im Straßenbau (ZTV-Ew). – 44 S.;
Bonn
- [9] Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
(DVGW) (1995): Richtlinien für Trinkwasser-
schutzgebiete, 1. Teil Schutzgebiete für Grund-
wasser. – DVGW-Regelwerk, Arbeitsblatt W
101, 23 S.; Bonn
- [14] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall (ATV-DVWK) (2001): Pla-
nung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Ver-
sickerung von Niederschlagswasser. – ATV-
DVWK-A 138; Hennef
- [15] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall (ATV-DVWK) (Gelbdruck
Mai 2001): Abwasserkanäle und -leitungen in
Wassergewinnungsgebieten. – ATV-DVWK-A
142, 17 S.; Hennef
- [17] DIN EN 1317 (1998): Rückhaltesysteme an
Straßen, Teil 2: Leistungsklassen, Abnahme-
kriterien für Anprallprüfungen und Prüfverfah-
ren für Schutzeinrichtungen, Berlin
- [18] DIN EN 1610 (1997): Verlegung und Prüfung
von Abwasserleitungen und -kanälen; Berlin

Diskussion

Wiechmann

Zum Vortrag von Herrn Dr. KOCH. Die RuA ist nicht alleine eingeführt, sondern im Rundschreiben des BMVBW steht sie in Verbindung mit der RuVA, und die RuVA behandelt Asphaltaufruch. Nach den TL Min können wir Recyclingbaustoffe mit 30 Massenanteilen Asphalt verwenden. Frage jetzt: Muss ich den Asphalt vorher untersuchen auf PAK usw. oder wird das damit abgedeckt, dass ich das Recyclinggemisch nach der Parameter-Tabelle für RC-Baustoffe der TL Min untersuche?

Dr. Koch

Wenn man von RC-Material ausgeht mit den maximal 30 % Ausbauasphalt ist der nicht vorher separat zu untersuchen.

Dittrich

Frage an Sie Herr HILLMANN, die Bodenschutzverordnung bzw. die Prüfwerte der Bodenschutzverordnung betreffend: wie weit gelten sie im Straßenseitenbereich, sprich an den Straßenböschungen?

Hillmann

Insgesamt müssen die Nachbargrundstücke und die Grundstücke, die in dem Einwirkungsbereich der Straße liegen, berücksichtigt werden. Insbesondere, wenn sie einer anderen Nutzung unterliegen, z. B. einer landwirtschaftlichen Nutzung. Wir müssen hinsichtlich der Vorsorge das Bundesbodenschutzgesetz und nachgeordnet die Werte in der Bodenschutzverordnung berücksichtigen und beachten. In dem Einwirkungsbereich der Straße, wie Frau KOCHER gesagt hat, also auch dort, wo die Stoffe mit den Sprühfahnen hingehen. Wollen Sie noch etwas dazu sagen, Frau KOCHER?

Kocher

Zu dem Thema möchte ich noch darauf hinweisen, dass das BMU in seiner Begründung zur Bodenschutzverordnung explizit den Straßenbau angeführt hat, bzw. den Betrieb von Straßen. Zu dem Thema Verhältnismäßigkeitsgrundsatz: Der Eintrag von Stoffen muss toleriert werden, auch wenn er zu einer schädlichen Bodenveränderung führt. Das wird erläutert in Begründungen zur Bodenschutzverordnung dahingehend, dass explizit Einträge an Straßen aufgeführt werden als Beispiel dafür, dass das Verhindern der Einträge gleichbedeutend wäre

mit der Unmöglichmachung der Nutzung der Straße und deswegen nicht verhältnismäßig ist. Wobei dann nicht mehr unterschieden wird, ob es das Straßenbaugrundstück selbst ist oder die benachbarten Ackergrundstücke. Ich kann noch dazu sagen – das habe ich vorher im Vortrag weggelassen – dass die Maßnahmenwerte für Pflanzen, z. B. auf Ackerböden, trotz der hohen Verkehrsbelastungen an keinem der untersuchten Standorte in keinem der beiden Projekte erreicht wurden. Also die Maßnahmenwerte, ab denen Sanierungen erfolgen müssten.

Dittrich

Trotzdem, wie sieht es aus im direkten Straßenbereich. Ist jetzt der Straßenbereich ausgenommen vom Geltungsbereich des Bodenschutzgesetzes bzw. der zugehörigen Verordnung?

Hillmann

Ausgenommen ist nur die befestigte Fläche, weil das kein Boden ist, aber alles andere gehört dazu. Letztendlich könnten wir aus bautechnischer Sicht sagen, wir haben Regelwerke und sind durch den § 3 Absatz 1, 8. Teil ausgenommen. Ich meine aber, wir können Bau und Betrieb nicht so auseinanderhalten. Das gehört einfach zusammen und wir müssen die Grundsätze des Boden- und Wasser-schutzes beachten.

Dittrich

Ich frage aus folgendem Grund: Inzwischen laufen mir Hersteller von besonderen Straßeneinläufen die Türe ein und sagen, ihr dürft doch gar nicht das Wasser über das Bankett ableiten, bei neuen Autobahnen. Wenn ihr es versickern wollt, das könnt ihr machen, aber es muss doch vorweg erst einmal ordentlich vorgereinigt werden. Wir brauchen im Grunde genommen – durch Gesetz geregelt, das wir das Bankett nutzen dürfen – also den Boden in seiner Form nutzen, die ja geschützt werden soll durch die Bodenschutzverordnung bzw. Bundesbodenschutzgesetz.

Hillmann

Das hatte ich bei meinen Ausführungen bereits gesagt, dass unter anderem Nutzungsfunktionen das Absorptionsvermögen, das Filtervermögen usw. sind. Andere Nutzungsfunktion ist die Nutzung des Bodens als Träger für Verkehrsflächen oder für andere Bauwerke. Das sind alles Nutzungsfunktionen des Bodens. Das ist ausdrücklich im Bodenschutzgesetz gesagt, dass das auch Funktionen des Bo-

dens sind. Das ist die eine Seite, die andere Seite ist aber, dass wir Vorsorge gegen schädliche Bodenveränderungen treffen müssen und das betrifft auch Nachbargrundstücke, die vielleicht gar nicht Straßengrundstücke sind, aber auf denen wir durch Windfracht und Sprühfahnen eine Beeinträchtigung haben. Auch da müssen wir dem Vorsorgegedanken Rechnung tragen. Dann kommt aber der Punkt – und der ist auch im Bodenschutzgesetz und in der Bodenschutzverordnung verankert: die Abwägung der Interessen. Ich habe versucht, das darzustellen mit dem Konflikt der konkurrierenden Ansprüche, in dem wir uns befinden. Auf der einen Seite steht der Auftrag, eine Straße wirtschaftlich und bautechnisch ok zu bauen und zu betreiben, und auf der anderen Seite dabei industrielle Nebenprodukte wiederzuverwerten und gleichzeitig Boden- und Grundwasserschutz sicherzustellen. Aber jedes Gesetz für sich lässt die Möglichkeit zu, offen abzuwägen, was jeweils das übergeordnete Interesse ist.

Röger

Ich habe noch Fragen zur RiStWag. Herr DITTRICH Sie haben Bilder gezeigt. In der alten RiStWag waren solche oder entsprechende Bilder nur Hinweise oder Beispiele für die Durchführung. Ich hoffe, Sie haben einen solchen Merkblattcharakter auch weiterhin oder sind sie jetzt technische Vorschrift, ist die erste Frage. Die zweite Frage ist: Mir macht es schon Kummer mit der Schutzwirkung des Bodens, mindestens 4 m bei Wasserdurchlässigkeiten kleiner 10^{-6} m/s. Gibt es hier Abminderungsmöglichkeiten dieser Schutzdicke, wenn wir z. B. nachweisen, dass unser Boden im Untergrund eine Wasserdurchlässigkeit kleiner 10^{-7} oder 10^{-8} m/s hat.

Dittrich

Es gibt eine Möglichkeit. Die RiStWag geht hier auf die Schutzfunktion des benachbarten Erdreiches aus. Das heißt, wir bauen eine 40 cm Dichtungsschicht ein, oben drauf 40 cm Schutzschicht. Das Ganze soll eine Schwammfunktion haben. Es soll nicht absolut dicht sein. Die Schwammfunktion soll gewährleisten, dass im Schadensfall das, was dort ausgelaufen ist, so lange festgehalten werden kann, bis es entsorgt wird und das wird innerhalb von ein paar Stunden geschehen. Es gibt ja viele Bereiche, in denen man Böden hat, die halten die 10^{-7} m/s nicht ein, wohl aber die 10^{-6} m/s. Dann gibt es auch eine Möglichkeit, in besonderen Fällen. Wir haben dann zwar die Situation, dass der

Boden, der in 2 m Mächtigkeit ansteht, uns aber nicht entbindet, eine Dichtung einzubauen. Wenn wir den Boden dann als Dichtung einbauen, ist sie nur 1 m dick. Dazu muss ich sagen, das Argument war gewesen, dass wir wissen, was wir eingebaut haben. Wenn der Boden ansteht, wissen wir nicht, wie er aussieht. Wenn man ausgebaut und evtl. gemischten eingebaut hat, dann wissen wir es.

Röger

In Ergänzung zu diesem Punkt. Wir haben das seither häufig so gemacht, das wir diese Schutzschichten in-situ hergestellt haben. Also z. B. verwitterte Mergel oder angewitterte Festgesteine werden durchgefräst und schlichtweg verdichtet und dann haben wir die Schutzschicht erreicht. Bei mir geht es tatsächlich um diesen Widerstand, dass wir unter Umständen 4 m 10^{-6} bräuchten, wenn wir nur bloß 3 m haben und dann deswegen 40 cm Dichtungsschicht einbauen müssen.

Dittrich

Genau das ist gewährleistet Herr Röger. Gerade im Hinblick auf die in Baden-Württemberg häufig vorhandenen Böden mit 10^{-6} m/s, die kann man tatsächlich 1 m durchfräsen und das war's. In der neuen RiStWag wird verstärkt darauf hingewiesen, dass das, was dort dargestellt ist, Anregungen sind, wie man es machen kann. Das Ingenieurdenken muss nicht zwangsläufig ausgeschaltet werden. Was nicht heißt, dass der Effekt nicht der gleiche ist.

Eisinger

Meine Frage geht auch an Herrn Dittrich: Gibt die neue RiStWag Hinweise für die Umbauarbeiten an bestehenden Straßen oder bezieht sie sich nach wie vor auf Neubauten, denn ich denke, dass müsste sich doch unterscheiden, oder ist es nicht so?

Dittrich

Nach wie vor gelten die bisherige RiStWag und die neue RiStWag für den Neu-, Um- und Ausbau an Straßen. Es ist allerdings auch gesagt worden in der RiStWag, dass z. B. ein Neubau eines Radweges an einer Straße keine Ausbaumaßnahme im Sinne der RiStWag ist. Es gab also schon derartige Vorwürfe. Noch eins, es gibt auch teilweise erleichterte Bedingungen für den Ausbau von Straßen. Da gibt es einen Passus in der neuen RiStWag, in dem steht, dass man auf manche Schutzmaßnahmen verzichten kann, wenn denn insgesamt eine Ver-

besserung der Grundwassersituation und der Situation für das Grundwasser bewirkt wird. Wenn sie z. B. eine sehr enge Kurve haben, in der die Leute immer gegen den Baum fahren und sie wollen diese etwas abflachen, dann wäre es unsinnig, dort entsprechende Abdichtungsmaßnahmen zu machen und dann evtl. noch so einen RiStWag-Abscheider zu bauen, nur weil sie das Wasser dort von der abgedichteten Fläche im Vorfluter einlassen wollen. Sie haben erleichterte Bedingungen, wenn denn insgesamt eine Verbesserung des Grundwasserschutzes dadurch erreicht wird, dass die verkehrliche Situation verbessert worden ist.

Biller

Praktische Hinweise zur Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recyclingbaustoffen: Wir müssten im Bauvertrag die Geologie beschreiben, d. h. wir müssten aufzeigen, welche Grundwasserüberdeckungen wir haben und welche Wasserdurchlässigkeit der Schichten. Steht das im Bauvertrag? Wir bekommen doch hier Baustoffe nach TL Min geliefert. Wenn wir das nicht in den Bauverträgen angeben, können wir diese Stoffe nicht einsetzen. Denn wer muss den Nachweis bringen? Muss das der Auftraggeber in seiner Beurteilung bei der Vergabe oder muss es der Auftragnehmer, der diese Stoffe liefert. Das ist sicherlich ein grundsätzliches Problem, auf das ich kurz hinweisen möchte.

Regelwerke, Baustoffe und Bauverfahren

Referenten

Dipl.-Ing. P. Fleischer

Dipl.-Ing. G. Schmidt

Berg.-Ing. R. Schmidt

Dipl.-Ing. K. Scholz-Solbach

Dipl.-Ing. G. Tophinke

Dipl.-Geol. Y. Binard-Kühnel

Dipl.-Ing. Petra Fleischer
 Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Verhalten der Geosynthetischen Tondichtungsbahnen im gequollenen Zustand – Erfahrungen aus dem Wasserstraßenbau

1 Problematik

Geosynthetische Tondichtungsbahnen (GTD) sind als Dichtungssystem bei vielen Baumaßnahmen nicht mehr wegzudenken. Wichtige Einsatzgebiete sind der Deponie- und Straßenbau einschließlich der Herstellung der Start- und Landebahnen für Flughäfen. In allen diesen Anwendungsgebieten werden die Dichtungsbahnen im Trockenen eingebaut. Entsprechend der bestehenden Vorschriften darf der Bentonit – um Beschädigungen der Dichtungsbahnen beim Einbau auszuschließen – erst nach Aufbringen einer ausreichenden Schutzschicht Wasser aufnehmen und der Quellvorgang beginnen. Seit kurzem werden die Geosynthetischen Tondichtungsbahnen auch als Dichtung in der Wasserstraße eingesetzt. Hier sind besondere Randbedingungen zu berücksichtigen. Der Einbau ist in der Regel unter Wasser bei Aufrechterhaltung der Schifffahrt erforderlich. Das bedeutet, dass das Verlegen und Beschütten der Dichtungsmatten im bereits teilweise bzw. vollständig gequollenen Zustand erfolgen muss. Die ersten Anwendungen in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes wurden deshalb sehr sorgfältig überwacht und fachtechnisch begleitet, spezielle Laborprüfungen wurden durchgeführt. Die dabei gewonnenen Erfahrungen werden im folgenden vorgestellt.

2 Geosynthetische Tondichtungsbahnen im Wasserstraßenbau

2.1 Besonderheiten im Vergleich zum Straßenbau

In der Wasserstraße sind die Geosynthetischen Tondichtungsbahnen besonderen Belastungen ausgesetzt. Aufgrund der Dicke der Dichtungsbahnen von etwa 1cm im gequollenen Zustand wirken auf die GTD dauerhaft sehr große hydraulische Gefälle. Bei dem heute üblichen Wasserstand über der Dichtung von 4,60 m (4 m Wassertiefe plus

60 cm Steinschüttung) und tief liegendem Grundwasserspiegel beträgt das Gefälle $i = 460$. Mit diesen großen hydraulischen Gradienten gab es bisher keine praktischen Erfahrungen. Zusätzlich zur statischen Belastung durch den Wasserdruck treten infolge der Schifffahrt dynamische hydraulische Belastungen wie Wellenschlag, schneller Wasserspiegelabsenk und Strömungen auf. Aufgrund durchgeführter Laborversuche kann jedoch davon ausgegangen werden, dass der Bentonit auch bei hohen Gradienten sicher im Geotextil gehalten wird.

Da der Einbau der Geosynthetischen Tondichtungsbahnen in der Regel unter Wasser erfolgen muss, ergeben sich auch für die Bauausführung besondere Anforderungen. Als erstes ist die Ausbildung dichter Überlappungen der einzelnen Dichtungsbahnen zu nennen. Das Problem ist die Transmissivität des Geotextils. Im Überlappungsbereich liegen zwischen den beiden Bentonitschichten ein Deck- und ein Trägergeotextil, die ohne zusätzliche Maßnahmen zu bevorzugten Wasserwegigkeiten führen würden. Die beim Trockeneinbau üblichen Verfahren der Nachbehandlung auf der Baustelle – wie beispielsweise das Einstreuen von Bentonitpulver und Versiegeln des Randes – sind im Unterwassereinbau nicht realisierbar. Hier musste ein Überlappungssystem gefunden werden, dass von vornherein dicht ist. Aus diesem Grund werden Vliese mit bereits werkseitig eingestreutem und mit den Fasern vernadeltem Bentonit verwendet, die aufeinandergelegt auch in der Geotextilebene eine den Anforderungen entsprechend geringe Durchlässigkeit garantieren. Alternativ kann auch ein Gewebe, das von vornherein keine Durchlässigkeit in seiner Ebene besitzt, mit einem getränkten Vlies kombiniert werden (Bild 1). In der praktischen Bauausführung bleibt die Überlappung beim Unterwassereinbau jedoch eine kritische Stelle. Es dürfen während der Bauausführung und danach keine Fremdstoffe, insbesondere rolliges Material wie beispielsweise Sande oder Kiese zwischen die sich überlappenden Dichtungsmatten gelangen. Die Folge wäre eine Schadstelle, die wie eine Drainage wirkt und je nach Ausmaß zu größeren Wasserverlusten führen kann.

Eine weitere Besonderheit im Gegensatz zum Trockeneinbau besteht darin, dass die Geosynthetischen Tondichtungsbahnen beim Unterwassereinbau bereits beim Verlegen mit Wasser in Kontakt kommen und zu quellen beginnen. Da der Einbau

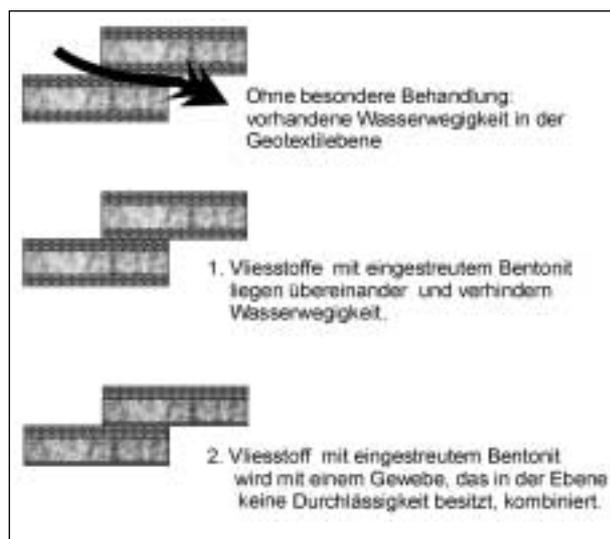


Bild 1: Ausbildung der Überlappungen unter Wasser

meist bei laufender Schifffahrt erfolgen muss, sind die GTD auch schon während der Verlegung hydraulischen Beanspruchungen wie Strömung, Wellenschlag und Wasserspiegelabsenkung ausgesetzt. Die Einbautechnologie muss dementsprechend so gewählt werden, dass die Einwirkungen nicht zu Verlegefehlern – z. B. Faltenbildung – mit Beeinträchtigung der Dichtungswirkung führen. Eine besondere Belastung der Dichtungsmatten im gequollenen Zustand erfolgt beim Aufbringen der Schutzschicht durch das Beschütten mit Wasserbausteinen. In der Regel handelt es sich um Steine der Größenklasse II (größte Steinlänge 10 bis 30 cm) oder III (größte Steinlänge 15 bis 45 cm) mit einer Trockenrohddichte von 2,3 t/m² oder höher. Hierzu wurde eine Reihe von Laborversuchen durchgeführt, die praktischen Erfahrungen des ersten Einsatzes in der Wasserstraße ausgewertet und auf dieser Grundlage Randbedingungen für die Technologie der Bauausführung ermittelt (siehe Abschnitte 2.4 und 2.5).

Problematisch beim Einbau der GTD unter Wasser ist die schlechte visuelle Kontrollmöglichkeit. Aufgrund des Ausbaggerns der alten Dichtung mit gleichzeitiger Sohlvertiefung bei laufendem Schiffsverkehr ist das Wasser sehr stark mit Schwebstoffen belastet, so dass auch Taucherkontrollen kaum möglich sind. Das bedeutet, dass eine hohe System- und Verlegesicherheit von vornherein gegeben sein muss und insgesamt ein sehr sorgfältiges Arbeiten erforderlich ist.

Die Anwendung der GTD als Dichtung in Wasserstraßen hat jedoch auch Vorteile gegenüber Anwendungen im Deponie- bzw. Straßenbau. Das

dort zu berücksichtigende Problem der Austrocknung des Bentonits ist nicht von Bedeutung. Es kann davon ausgegangen werden, dass durch die Kapillarität des Systems „Gewebe-Bentonit-Vlies“ ein Austrocknen auch im Wasserwechselbereich nicht erfolgt. Frosteinflüsse (Frost-Tau-Wechsel) und die Gefahr der Durchwurzelung sind nur im Wasserwechselbereich relevant. Dem kann durch eine zusätzliche Schutzschicht aus Sanden und Kiesen entgegen gewirkt werden. Als weiterer Vorteil sei erwähnt, dass im Bereich der Schifffahrtskanäle keine kontaminierten Wässer zu erwarten sind.

2.2 Pilotprojekte

Die GTD wurden in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes zum ersten Mal 1997/98 in einem Abschnitt des Oder-Havel-Kanals beim Ausbau der etwa 1 km langen Ausweichstelle Eberswalde (km 65,9 bis km 66,9) angewendet [1, 2]. Bis dahin gab es so gut wie keine Erfahrungen mit dem Unterwassereinbau der Dichtungsbahnen. In Regelwerken sind die GTD als Dichtungen von Wasserstraßen bisher nicht berücksichtigt. Zur Zeit wird vom Arbeitskreis „Geokunststoffe in der Geotechnik und im Wasserbau“ der DGGT ein Merkblatt zur Anwendung von Geosynthetischen Tondichtungsbahnen erarbeitet.

Die Ausweichstelle Eberswalde eignete sich besonders gut als erste Teststrecke. Während Dichtungsstrecken im Allgemeinen im Geländeauftrag verlaufen, d. h. Dämme zu beiden Seiten des Kanals den erforderlichen Wasserspiegel halten, liegt die Ausweichstelle im Einschnitt. Eine Dichtung ist erforderlich, da der Grundwasserstand etwa 3 m unter dem Kanalwasserstand liegt. Folge einer nicht funktionsfähigen Dichtung wären nur Sickerwasserverluste aus dem Kanal. Ein unzulässiger Anstieg des Grundwasserspiegels kann durch Beobachtung und rechtzeitige Gegenmaßnahmen verhindert werden. Standsicherheitsrelevante Probleme sind jedoch nicht zu erwarten. Der Ausbau der Ausweichstelle Eberswalde erfolgte als Rechteck-Trapez-Profil mit einer 1:3 geneigten Böschung auf der Südseite und einer Spundwand-Liegestelle auf der Nordseite. Die Wasserspiegelbreite beträgt 48 m, die Wassertiefe 4 m. Bild 2 zeigt schematisch einen Querschnitt der Ausweichstelle.

Ein zweiter Einbau erfolgte 2001 in einer 500 m langen Versuchsstrecke des DEK (km 84,3 bis km

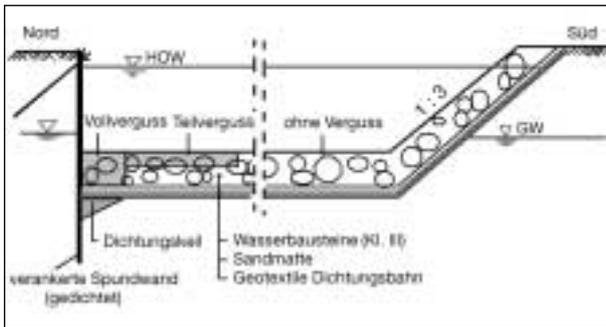


Bild 2: Ausweichstelle Eberswalde, schematischer Querschnitt

84,8). Hierbei handelt es sich um eine Dammstrecke mit Dammhöhen bis maximal 2 m. In beiden Strecken wurde der Dichtungseinbau besonders überwacht. Zusätzlich erfolgt eine messtechnische Kontrolle der Dichtungsfunktion, die bis heute andauert [2].

2.3 Erfahrungen beim Einbau unter Wasser

Bei beiden Pilotprojekten wurden die Geosynthetischen Tondichtungsbahnen jeweils halbseitig eingebaut – bei laufender Schifffahrt in der anderen Wasserstraßenhälfte. In der Ausweichstelle Eberswalde kam die Tondichtungsbahn „Bentofix BFG 5000“ der Firma Naue Fasertechnik zum Einsatz. Sie besteht aus einer vernadelten Geotextilmatte, bei der zwischen einem Trägergewebe und einem Deckvlies 4.200 g/m² natürlicher Natriumbentonit gehalten wird. Aufgrund der Vernadelung wird der Bentonit sehr gleichmäßig in den Geotextilien gehalten, es wird eine gute Schubfestigkeit innerhalb der Matte erreicht. Außerdem wird durch die Vernadelung im Gegensatz zu einer matrattenähnlichen Oberfläche der vernähten Matten eine glatte Oberfläche erreicht, die Voraussetzung für das vollflächige Aufeinanderliegen der Überlappungen ist.

Beim ersten Pilotprojekt Eberswalde wurde zur Sicherstellung eines qualitätsgerechten Dichtungseinbaus ein besonderes Verlegeverfahren entwickelt. Der gesamte Einbau und die Randbedingungen sind in [1] zusammengestellt. Als Schutzschicht und erste Ballastierung beim Verlegen an der Sohle wurde anstatt sonst üblicher kiesig-sandiger Deckschichten eine Sandmatte mit 8.000 g/m² Sandfüllung eingesetzt. Sandmatte und Dichtungsbahn wurden auf einer Trommel versetzt aufgewickelt (Bild 3), wodurch gewährleistet war, dass die Sandmatte die GTD bis auf den neuen Überlappungsstoß sofort schützt. Sie wurden mit einem speziellen Einbaugerät direkt auf der Sohle abgerollt. Die Verlegung der 15 bis 35 m langen und



Bild 3: Verlegegerät mit versetzt aufgerollter Bentonit- und Sandmatte

4,80 m breiten Matten erfolgte quer zum Kanal mit einer Überlappung der Bahnen von 80 cm. Beim zweiten Einsatz am Dortmund-Ems-Kanal wurde in der Weiterentwicklung eine fest miteinander verbundene Kombination aus Bentonit- und Sandmatte – die Dichtungsmatte „Bentofix BZ 13-B“ der Fa. Naue Fasertechnik – angewendet.

Mit der Verwendung einer Sandmatte anstelle einer kiesig-sandigen Deckschicht konnte das Risiko der Ablagerung von rolligem Schüttmaterial im Überlappungsbereich während der Bauphase minimiert werden. Außerdem wurde durch die gleichzeitige Verlegung von Bentonit- und Sandmatte eine ausreichende Ballastierung der GTD beim Einbau erreicht. Die GTD ist zwar nach vollständigem Quellen des Bentonits schwer genug, um auf dem Grund eines Gewässers liegen zu bleiben. Beim Einbau ist der Bentonit jedoch erst teilweise gequollen. Auch sind noch zahlreiche Luftbläschen im Vlies und Bentonit vorhanden, so dass die gerade eingetauchte Matte zunächst schwimmt bzw. schwebt. Mit Hilfe des Einbaugerätes wurde die

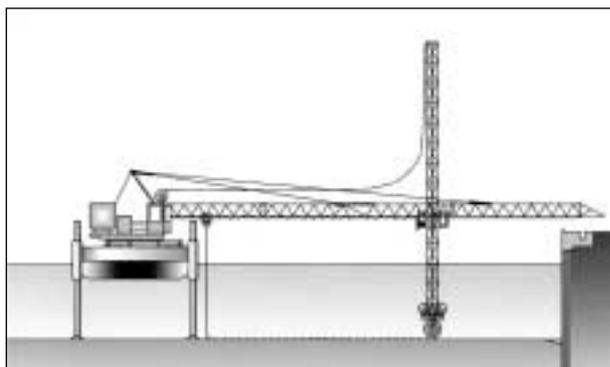


Bild 4: Schematische Darstellung der GTD-Verlegung in der Wasserstraße

GTD direkt auf der Sohle und Böschung abgerollt (Bild 4). Faltenbildung bzw. Verwerfungen wurden so weitestgehend ausgeschlossen. Durch die strenge Führung der GTD am Gerät konnten auch die Auswirkungen der hydraulischen Belastung infolge Schifffahrt auf die Verlegung begrenzt werden.

Über die Bentonit- und Sandmatte wurden in der Ausweichstelle als Schutzschicht Wasserbausteine der Klasse III in einer Stärke von 70 cm aufgebracht. Die GTD erleiden beim Beschütten mit Wasserbausteinen lokale Beanspruchungen, die jedoch nicht zu einer Vergrößerung der Durchlässigkeit durch lokale Dehnungen oder Schädigung der Geokunststofflagen führen dürfen. Das Beschütten der verlegten GTD erfolgte – wie bei geotextilen Filtern im Deckwerksbau üblich – vom Ponton aus über ein Schüttgerüst. Die Steine fallen durch das Wasser auf die Dichtungsbahnen. Im oberen Böschungsbereich werden die Steine vom Land aus von einem Bagger abgeworfen. Um das Verhalten der bereits gequollenen GTD unter diesen mechanischen Belastungen beurteilen zu können, wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt.

2.4 Ergebnisse der Laborprüfungen

Das Verhalten von Dichtungsschichten beim Beschütten mit Wasserbausteinen wird analog der Prüfung eines ausreichenden Durchschlagwiderstandes von Geotextilfiltern (RPG [3]) bestimmt. Bei dem Versuch wird eine quadratische GTD-Probe (100 x 100 cm²) auf einem verdichteten Sandbett gelagert und seitlich eingespannt. Zur Simulation der Einbaubedingungen wird ein 76 kg schwerer Fallbär mit einer speziellen Schneidenausbildung verwendet (Bild 5). Die Fallenergie kann durch unterschiedliche Fallhöhen variiert werden. Die An-



Bild 5: Gerät zur Prüfung des Durchschlagwiderstandes der GTD

wendung von Wasserbausteinen der Klasse III wird mit einer Fallenergie von 1.200 Nm simuliert. Es entspricht etwa der Aufprallenergie eines Steines beim freien Fall durch die Luft aus einer Höhe von 2 m. Vor der Prüfung wird die Probe 24 Stunden gewässert, so dass sie nahezu vollständig gequollen ist. Nach Versuchsabschluss wird die Probe auf Schäden untersucht und die Wasserdurchlässigkeit im Aufprallbereich im Labor ermittelt.

Die im Verkehrswasserbau zugelassenen Geotextilien erfüllen generell diese Festigkeitsanforderungen. Für die in der Ausweichstelle Eberswalde eingesetzte GTD wurde bei der Prüfung im trockenen Zustand auch ein ausreichender Widerstand ermittelt. Bei den Versuchen mit der gequollenen GTD hat sich zwar gezeigt, dass die den Bentonit einschließenden Geokunststoffe auch hier nicht beschädigt werden. Allerdings wurde festgestellt, dass der Bentonit im Aufprallbereich seitlich weggedrückt wird, so dass aufgrund der lokal verringerten Schichtdicke ein Bereich mit unzulässig erhöhter Durchlässigkeit entsteht. Das heißt, die ansonsten für Geotextilien zugelassene Fallenergie der Wasserbausteine muss beim Beschütten einer bereits gequollenen GTD beschränkt werden. Dementsprechend wurde festgelegt, dass die Stei-

ne über Wasser und im Wasserwechselbereich vom Ufer auf die Bentonit- und Sandmatte abgelegt werden müssen und nicht aus größerer Höhe auf die Matten fallen dürfen. Im Wasser hingegen kann der Aufprall eines vom Schüttgerüst durch das Wasser fallenden Steines von der GTD ohne unzulässige Verdrängung von Bentonit aufgenommen werden. Der Stein wird nur bis auf eine maximale Sinkgeschwindigkeit beschleunigt, so dass die Fallenergie beim Aufprall entsprechend gering ist [4].

2.5 Ergebnisse der in-situ-Untersuchungen

Drei Jahre nach dem ersten Einbau der Geosynthetischen Tondichtungsbahnen erfolgte im Böschungsbereich der Ausweichstelle Eberswalde eine Entnahme von GTD-Proben aus der Wasserwechselzone. Das Ziel der Probenuntersuchung bestand darin, die Wirksamkeit der Dichtung nach dreijähriger Belastung durch den Wasserstraßenbetrieb nachzuweisen. Sie wurde als Ergänzung zu den indirekten Methoden zur Dichtungskontrolle, wie Grundwasserbeobachtung und Bodentemperaturmessungen [2], durchgeführt. Da es beim ersten Einsatz der GTD in der Ausweichstelle Eberswalde noch nicht die erforderlichen Einschränkungen beim Einbau der Wasserbausteine gab, wurden die Steine im Wasserwechselbereich vom Ufer aus vom Bagger ohne Begrenzung der Fallhöhe abgeworfen. Aus diesem Grund erfolgte die Begutachtung der Proben auch besonders kritisch unter diesem Gesichtspunkt. Bereits bei der Probenentnahme wurden oberhalb des Wasserspiegels örtliche Vertiefungen in der ansonsten optisch einwandfreien Dichtungsmatte festgestellt (Bild 6), die offensichtlich auf das Beschütten mit Wasserbausteinen zurückzuführen waren. Die Schichtdicke war hier zum Teil erheblich verringert, die Durchlässigkeit dementsprechend erhöht (Bild 7).

An den vor Ort entnommenen Proben wurden Durchlässigkeitsversuche durchgeführt. Zur Beurteilung der Ergebnisse wurde zusätzlich mit Hilfe einer chemischen Untersuchung die Ionenkonzentration im Bentonit bestimmt. Es ist bekannt, dass bereits geringe Konzentrationen an Kalziumionen in der Bodenlösung ausreichen, um langfristig einen Natriumbentonit nahezu vollständig in einen Kalziumbentonit umzuwandeln. Diese Voraussetzungen sind unter den Bedingungen der Wasserstraße in der Regel immer vorhanden. Aufgrund des Ionenaustausches ist eine Erhöhung des Durchlässigkeitsbeiwertes um maximal eine Zehnerpotenz zu



Bild 6: Freigelegte GTD zur Probenentnahme in der Ausweichstelle Eberswalde

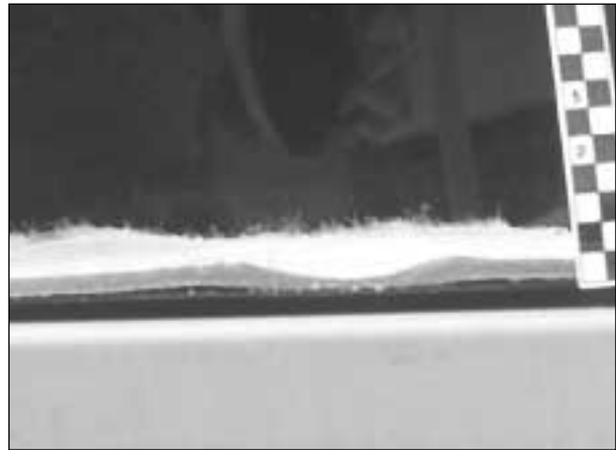


Bild 7: Entnommene GTD Probe aus dem Überwasserbereich (Ausweichstelle Eberswalde)

erwarten [5]. Eine bei den Proben aus dem Unterwasserbereich festgestellte allgemeine Erhöhung der Durchlässigkeit um den Faktor 2 bis 8 gegenüber einer fabrikneuen GTD konnte auf den hier bereits weit fortgeschrittenen Ionenaustausch zurückgeführt werden. Diese an Proben aus der verlegten GTD bestimmten Durchlässigkeitswerte sind nach den Vorschriften für Dichtungen im Wasserstraßenbau noch zulässig [6]. Im Böschungsbereich oberhalb des Wasserspiegels, der nicht ständig dem Kanalwasser und damit den austauschbaren Ionen ausgesetzt ist, befand sich der Ionenaustausch dagegen nachweislich noch im Anfangsstadium. Die Durchlässigkeiten waren kaum erhöht. Lediglich im Bereich der festgestellten Vertiefungen wurden im Versuch aufgrund der verringerten Schichtdicke höhere Wasserdurchlässigkeiten gemessen.

3 Zusammenfassung

Insgesamt haben die in regelmäßigen Abständen durchgeführten Untersuchungen zur Kontrolle der Dichtungsfunktion der Geosynthetischen Tondichtungsbahnen im ersten Pilotprojekt – Grundwasserbeobachtung, Bodentemperaturmessungen, Probenentnahme – keine Hinweise auf signifikante Schwachstellen in der Dichtung ergeben. Auch im zweiten Projekt gibt es bisher keine Anhaltspunkte auf Undichtigkeiten der GTD. Es kann davon ausgegangen werden, dass beide Dichtungen voll funktionsfähig sind.

Aufgrund der besonderen Belastungen, welche die im Wasserstraßenbau zur Anwendung kommenden geotextilen Filtern beim Unterwassereinbau ausgesetzt sind und andererseits der schlechten Kontrollmöglichkeiten beim Einbau werden hier nur robuste, widerstandsfähige Geotextilien mit entsprechend großem Flächengewicht und Schichtdicke zugelassen. Dementsprechend müssen auch Deck- und Trägergeotextil der Geosynthetischen Tondichtungsbahnen ausgewählt werden. Wie sich in den ersten Piloteinsätzen gezeigt hat, ist dann eine Beschädigung auch bei größeren mechanischen Belastungen nicht zu erwarten. Allerdings muss beim Verlegen bereits gequollener Matten berücksichtigt werden, dass bei zu großen punktuellen Belastungen die Gefahr des seitlichen Verdrängens des Bentonits besteht. Eine Begrenzung ist durch entsprechende Festlegungen zum Einbauverfahren erforderlich.

Insgesamt haben die Erfahrungen beim Einbau der Geosynthetischen Tondichtungsbahnen in der Wasserstraße gezeigt, dass ein sicheres Verlegen bereits gequollener GTD möglich ist, wenn diesen Randbedingungen Rechnung getragen wird. Eine strikte Vermeidung von Wasserzutritt während des Einbaus ist also nicht unbedingt erforderlich. Inwiefern sich daraus auch Vorteile für den Einbau der GTD im Deponie- bzw. Straßenbau entwickeln lassen, muss im Einzelfall geprüft werden.

Literatur

- [1] FLEISCHER, SCHREIER: „Einsatz von Geosynthetischen Tondichtungsbahnen als Kanaldichtung“, Binnenschifffahrt 19, 1998
- [2] FLEISCHER, SCHREIER: „Erste Langzeiterfahrungen mit Geosynthetischen Tondichtungsbahnen“, Binnenschifffahrt 11, 2001
- [3] Richtlinie für die Prüfung von Geotextilien im Verkehrswasserbau (RPG), BAW, 1994
- [4] KNIEß: „Schütten von Steinen unter Wasser“, Mitteilungsblatt der BAW Nr. 50, 1981
- [5] EGGLOFFSTEIN: „Der Einfluss des Ionenaustausches auf die Dichtungswirkung von Bentonitmatten in Oberflächendichtungen von Deponien“, ICP Eigenverlag Bauen und Umwelt, Karlsruhe, 2000
- [6] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen – Wasserbau, Böschungs- und Sohlensicherungen (LB 210), 1999

Dipl.-Ing. Gerd Schmidt
Landesamt für Straßenbau, Halle

Einsatz von Geokunststoffen zur Sicherung bruchgefährdeter Straßenbereiche in Altbergbau- und Subrosionsgebieten in Sachsen-Anhalt

1 Veranlassung

Durch bergbauliche Einflüsse wurden und werden ca. 75 % der Landesfläche in Sachsen-Anhalt beeinflusst. Der Abbau von Kupfer, Kali, Salz, Gips, Steinen und Erden und vor allem der Braunkohle (Tief- und Tagebau), aber auch die Gewinnung und Speicherung von Erdgas prägen das Landschaftsbild sowie beeinflussen in unterschiedlichster Weise die Erdoberfläche. Diese Lagerstätten hängen natürlich mit den geologischen Verhältnissen zusammen.

Vor allem an den Harzrändern (Subherzyne Senke), den Ausläufern des Harzes (Kyffhäuser, Hornburger Sattel) und den großen Mulden (Sangerhäuser, Mansfelder Mulde) bestimmen umfangreiche Bruch- und Störzonen den geologischen Untergrund. Wechselwirkungen mit dem Bergbau (Wasserhaltung) beschleunigten Subrosionsprozesse.

Diese Vorgänge führten zu Hohlräumbildungen im Untergrund, die sich als großflächige Senkungen oder auch durch bruchartige Verformungen an der Oberfläche zeigen (Bild 1).



Bild 1: Erdfall bei Breitungen/Südharz – Quelle: LAGB

Ein „Phänomen“ sind in diesem Zusammenhang Erdfälle und Tagesbrüche. Das Landesamt für Geologie und Bergwesen (LAGB) registriert jährlich diese Ereignisse und gibt in den amtlichen Stellungnahmen bei Straßenneubauvorhaben Hinweise über das mögliche Bruchverhalten, die Wahrscheinlichkeit des Eintritts sowie über zu erwartende Dimensionen. In Sachsen-Anhalt werden jährlich zwischen 50 und 200 Erdfälle und Tagesbrüche durch das LAGB registriert (Bild 2).

2 Straßenbau in bruchgefährdeten Bereichen

Seit dem Mittelalter sind der Bergbau und die Folgeindustrie ein Wirtschaftsfaktor, gerade in den geologisch komplizierten Bereichen Sachsen-Anhalts. Verkehrsstrassen (Straße/Bahn) stehen unter dem Einfluss der Veränderungen an der Tagesoberfläche.

Die zunehmende Verkehrsdichte und -menge erfordern die Sicherung von bruchgefährdeten Abschnitten bei Straßenbauvorhaben. In Zusammenarbeit mit den zuständigen Ämtern (Geologie und Bergwesen), Fachleuten (Ingenieurbüros, Spezialisten) und auch wissenschaftlichen Einrichtungen (Hochschulen, Universitäten) wird bei komplizierten Fällen über die Notwendigkeit und die Art der Sicherungsmaßnahmen befunden. Der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit spielt neben dem Maß der Sicherheit eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

Im Wesentlichen werden zwei Lösungsansätze betrachtet:

a) Prinzip der Teilsicherung

Tagesbruch oder Erdfall führt zu keinem Bruch der Fahrbahn, eine definierte Verformung wird zugelassen (Lokalisierung des Ereignisses). Sperrung des Straßenabschnittes und Sanierung folgen.

Sicherungsvarianten:

- Bewehrung des Straßenkörpers mit Geokunststoffen,
- Dynamische Intensivverdichtung im Bereich von Altbergbau,
- Verwahrung, Verfüllung und Verdichtung (schwere Rüttelwalzen).

b) Prinzip der Vollsicherung

Der Ereignisfall führt zu keiner Nutzungseinschränkung des Straßenkörpers. Eine Sanierung ist nicht sofort notwendig.



Bild 2: Subregionale Senkungs- und Erdfallgebiete im Land Sachsen-Anhalt – Quelle: LAGB

Sicherungsvarianten:

- Bau einer Brücke über den gesamten Bereich,
- Einbau einer durchgehenden bewehrten Betonplatte,
- Vollständiger Versatz und Sicherung von bergbaulich bedingten Hohlräumen (z. B. bei Schachtröhren).

3 Einsatz von Geokunststoffbewehrungen

Beim Bau der B 2/B 91 OU Zeitz wurde erstmals in Sachsen-Anhalt ein Altbergbaufeld mit Geokunststoffbewehrung auf einer Länge von 480 m gesichert (Bild 3).

Im Ergebnis dieser Arbeiten sowie der Vorbereitung weiterer Sicherungsmaßnahmen an anderen Vorhaben entstanden die „Handlungsempfehlungen für den Einsatz von Geokunststoffen zur Sicherung bruchgefährdeter Straßenbereiche in Altbergbau- und Subrosionsgebieten für den Dienstaufsichtsbereich des Landesamtes für Straßenbau Sachsen-Anhalt (LAS, 11/2001)“.



Bild 3: Einbau Geokunststoff

Diese Handlungsempfehlungen sind ein Hilfsmittel für:

- Art und Umfang geotechnischer Untersuchungen,
- Varianten der Sicherungsmaßnahmen,
- Auswahl und Einsatz von Geokunststoffen,
- Bemessungsgrundsätze,
- Kostenbetrachtungen u. a.

Erfahrungen beim Einsatz von Geokunststoffen zur Sicherung bruchgefährdeter Bereiche beim Straßenbau:

- 1) Geokunststoffbewehrungen erfordern eine Mindestüberdeckung (ca. 1,5 m), d. h., bei Geländegleichlage und in Einschnittslagen sind Alternativen zu untersuchen und kostenseitig zu bewerten.
- 2) Mehrlagige Geokunststoffbewehrungen erfordern einen hohen technologischen Aufwand, sind kostenintensiv, bieten aber hinsichtlich der Bemessung und des Nachweisverfahrens die Sicherheit eines anerkannten Berechnungsalgorithmus (z. B. British Standard 8006, Verfahren nach GIROUD).
- 3) Einlagige Geokunststoffbewehrungen sind technologisch einfach zu handhaben, sind i. d. R. kostengünstig, haben aber bisher den Nachteil, dass kein geschlossenes Berechnungsverfahren für den konstruktiv-statischen Nachweis existiert.
- 4) Die Verlegeebene sollte so gewählt werden, dass Arbeiten am Straßen-/Dammkörper weiterhin möglich sind, ohne die Geokunststoffbewehrung zu zerstören. Um die Zugkräfte in

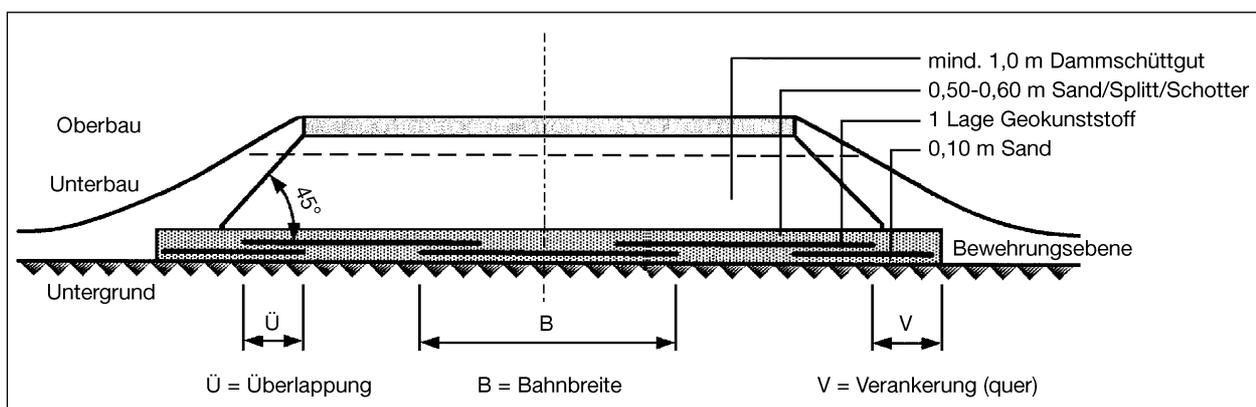


Bild 4: Prinzip der einlagigen Bewehrung

Querrichtung zur Straßenachse aufzunehmen, ist erforderlicher Seitenraum (bei einlagiger Verlegung) zu berücksichtigen.

Die Erstellung eines geschlossenen Berechnungsverfahrens für die einlagige Geokunststoffbewehrung ist Ziel von Arbeiten und Untersuchungen an der FH Anhalt Dessau, Fachbereich Geotechnik. Sollte dieses Berechnungsverfahren vom Bund sowie den Fachgremien (BAST, FGSV) und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (EBGEO) bestätigt werden, würde in Deutschland erstmalig ein Nachweisverfahren für die Überbauung von Hohlräumen mittels einlagiger Bewehrung existieren.

Berg.-Ing. R. Schmidt
Straßenprojektamt, Dahn

Betrachtungen zur Stabilität des Straßenoberbaues im Hinblick auf die Anrechenbarkeit von Bodenstabilisierungen mit Bindemitteln bei F2- und F3-Böden auf die Dicke der Frostschuttschicht

Dieser Kurzbeitrag beinhaltet Fragen zur Umsetzung einer Richtlinie in eine praxisbezogene Anwendung im Zuge von Bauvorbereitung und Ausführung.

Mit dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau Nr. 34/2001 wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen die RStO, Ausgabe 2001 eingeführt. Diese neuen „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen“ ersetzen die RStO Ausgabe 1986. Diese neue RStO 01 beinhalten eine Fülle von Änderungen und Ergänzungen.

Aus erdbautechnischen Überlegungen wurden im wesentlichen nachstehende bemessungsrelevanten Ansätze bei gleichbleibenden Anforderungen von ausreichendem Tragverhalten und ausreichender Frostsicherheit geändert bzw. ergänzt. So u. a.

- Änderungen der bauklassenabhängigen Ausgangswerte für die Bestimmung der Mindestdicke eines frostsicheren Straßenaufbaues,
- der Einsatz frostunempfindlicher Materialien im Straßenoberbau,
- die Anrechnung einer nach den ZTV E-StB verfestigten, oberen Planumsebene eines anstehenden bzw. eingebauten frostempfindlichen Untergrundes/Unterbaues bis zu 20 cm in den frostsicheren Straßenoberbau,
- Angaben von Mindestdicken von Tragschichten ohne Bindemittel als Anhaltswerte für die aus Tragfähigkeitsgründen erforderlichen Schichtdicken von ungebundenen Tragschichten, in Abhängigkeit von den E_{v2} -Werten der Unterlage sowie von der Tragschichtdicke.

Im Hinblick auf die geänderten Ansätze ergeben sich hieraus einige Fragen zu komplexen Sachverhalten, um einen frostsicheren und tragfähigen

Oberbau zu gewährleisten. Vordergründig betrachtet, muss Qualität planbar und in der Örtlichkeit umsetzbar sein.

Um die wirtschaftlich und technisch günstige Aufbauvariante auswählen zu können, bedarf es auch zukünftig weiterhin intensiver Überlegungen zur Abstimmung der gewählten Oberbauweise mit den örtlichen Gegebenheiten von Untergrund und Unterbau.

Die Anforderungen zur Frostsicherheit und zum Tragverhalten anstehender Planumböden sind mit dem Tragverhalten nachfolgender ungebundener Schichten zu koordinieren. Unterschiedliche Gemischzusammenstellungen und Mineralstoffarten ungebundener Tragschichten sind bei den konstruktiven Betrachtungen mit zu berücksichtigen.

Zur Erfüllung dieser Anforderungen sind sowohl die mechanischen Bodenverbesserungen als auch die Verbesserungen mit Bindemittel in die Überlegungen zur Ermittlung ausreichender Oberbaustabilität mit einzubeziehen.

Die neue RStO 01 sieht eine Einbeziehung verfestigter, frostempfindlicher Böden in den frostsicheren Straßenaufbau vor. Frostempfindliche Böden werden mit Bindemittel so verfestigt, dass ihre Widerstandskraft gegenüber Frost – sprich Hebungen der Probe – resistent ist und somit dem frostsicheren Gesamtaufbau zugerechnet werden kann. Mit dieser Regelung können Teile der mineralischen Frostschuttschicht im Oberbau durch die frostsichere Verfestigung der anstehenden oder eingebauten frostempfindlichen Böden ersetzt werden.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues ergibt sich

- aus der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaues,
- ggs. unter Anrechnung einer nach ZTVE -StB verfestigten oberen Zone eines frostempfindlichen Untergrundes bzw. Unterbaues bis zu einer Dicke von 20 cm.

Die Ausgangswerte zur Bestimmung der Mindestdicken für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 und F3 sind in Tabelle 6 der RStO 01 angegeben. Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse ergeben – wie bisher – die Mindestaufbaustärke des frostsicheren Oberbaues.

In Tabelle 1 sind die Änderungen der Ausgangswerte der Mindestdicken des frostsicheren Ober-

Zeile	Frostempfindlichkeitsklassen	Dicke in cm bei Bauklasse alt = 86/89; neue = 01							
		SV		I und II		III und IV		V und VI	
		alt	neu	alt	neu	alt	neu	alt	neu
1	F 2	60	55	50	55	50	50	40	40
2	F 3	70	65	60	65	60	60	50	50

Tab. 1: Ausgangswerte der Mindestdicken des frostsicheren Oberbaues nach RStO 86/89 und RStO 01

baues gemäß RStO 86/89 und RStO 01 gegenübergestellt.

Danach ergibt sich bei Bauklasse SV eine Verringerung der Ausgangswerte der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues um 5 cm und bei Bauklassen I und II eine Erhöhung um 5 cm.

Gleichzeitig ist die Anrechenbarkeit einer Bodenverfestigung bis zu 20 cm auf die frostsichere Gesamtkonstruktion (bisher 15 cm) erlaubt. Wird diese Ausführungsart zukünftig in die Oberbaukonstruktion mit einbezogen, erfolgt dabei eine Reduzierung des ungebundenen Oberbauanteiles. Ausgeführt werden soll die Bodenverfestigung nach den Ausführungs- und Qualitätskriterien gemäß der ZTV E-StB Abschnitt 11.

Die Anforderungskriterien sind in Tabelle 5 der ZTV E-StB für grobkörnige sowie für fein- und gemischtkörnige Böden unter Angabe geeigneter Bindemittel und den maximal zulässigen Messgrößen für Frosthebungen aufgeführt (siehe Tabelle 2).

Beim Vergleich der Tabellen 2 und 3 fällt auf,

- dass nicht alle in Tabelle 1 der ZTV E-StB aufgeführten Bodengruppen von Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F2 und F3 in Tabelle 5 der ZTV E-StB erfasst sind. Abgesehen von Böden organischen und organogenen Ursprungs ist die Bodengruppe UA (ausgeprägt plastische Schluffe) im Bewertungsmaßstab für die Bestimmung der Bindemittelmenge gemäß Tabelle 5 nicht aufgeführt, obwohl eine Empfehlung dieser Bodengruppe über deren Eignung zur Bodenverfestigung in den ZTV E-StB ausgesprochen wird, und
- dass bei den grob- und gemischtkörnigen Böden und den gering bis mittel frostempfindlich eingestuften F2-Böden eine Empfehlung über die Art des Bindemittels angegeben wurde; eine Empfehlung über die Eignung von Bindemitteln bei Verwendung feinkörniger F 3-Böden, einschließlich des zu F2 gehörenden TA-Bodens, wurde hingegen nicht ausgesprochen.

Zeile	Bodengruppe	Frostwiderstand ²⁾	Druckfestigkeit ¹⁾
1	SW-SI-SE GW-GI-GE	-	Zement und Tragschichtbinder HT 35 4,0 N/mm ² im Alter von 7 Tagen oder 6,0 N/mm ² im Alter von 28 Tagen
2	SU-ST-GU-GT ³⁾ und die Böden der Zeile 1, die brüchiges, poröses oder angewittertes Korn enthalten.	$\frac{\Delta l}{l} \leq 1 \text{ ‰}$	wie Zeile 1 oder hochhydraulischer Kalk, Tragschichtbinder HT 15 6,0 N/mm ² im Alter von 28 Tagen
3	SU*-GU*-UL-UM ST*-GT*-TL-TM-TA	$\frac{\Delta l}{l} \leq 1 \text{ ‰}$	-
4	Industrielle Nebenprodukte	$\frac{\Delta l}{l} \leq 1 \text{ ‰}$ ⁴⁾	6,0 N/mm ² im Alter von 28 Tagen

¹⁾ Diese Druckfestigkeiten dienen nur zur Festlegung des Bindemittelgehaltes und beziehen sich auf einen Probendurchmesser von 10 cm
²⁾ Hebung der Probe
³⁾ Anforderung an den Frostwiderstand nur, wenn nach Abschnitt 2.3.3.1 der ZTV E-StB zu F2 gehörig. Sonst nur Prüfung der Druckfestigkeit
⁴⁾ Wenn die Frostbeständigkeit des industriellen Nebenprodukts nicht außer Zweifel steht

Tab. 2: Kriterien für die Bestimmung der Bindemittelmenge (Zement, Tragschichtbinder, hochhydr. Kalk) bei der Eignungsprüfung für eine frostbeständige Bodenverfestigung grob-, fein- und gemischtkörniger Böden (Tabelle 5 der ZTV E-StB)

	Frostempfindlichkeit	Bodengruppen (DIN 18196)
F1	nicht frostempfindlich	GW, GI, GE SW, SI, SE
F2	gering bis mittel frostempfindlich	TA OT, OH, OK ST, GT ¹⁾ SU, GU ¹⁾
F3	sehr frostempfindlich	TL, TM UL, UM, UA OU ST*, GT* SU*, GU*

¹⁾ zu F 1 gehörig bei einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von 5,0 M.-% bei U ≥ 15,0 oder 15,0 M.-% bei U ≤ 6,0. Im Bereich 6,0 < U < 15,0 kann der für eine Zuordnung zu F 1 zulässige Anteil an Korn unter 0,063 mm linear interpoliert werden

Tab. 3: Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Bodengruppen

Hieraus wird gefolgert,

- dass weiterer Untersuchungsbedarf zur Bewertung der Frostsicherheit von F2- und F3-Böden

in Verbindung mit den unterschiedlich reagierenden Bindemitteln besteht. Sinnvoll ist eine zukünftige, den Bodengruppen zugeordnete Empfehlung über deren Eignung mit Bindemitteln unterschiedlichster Zusammensetzung, mit denen die Anforderungskriterien sicher erreicht werden können,

- dass die aufgeführten Bindemittel mit denen auf dem Markt befindlichen Mischprodukten von Feinkalken und Zementen unterschiedlichster Zusammensetzung in die Eignungsempfehlung mit einzubeziehen sind. Dies setzt eine Bodengruppen bezogene Erfassung und Auswertung vorhandener Daten und ggf. ergänzender Untersuchungen voraus,
- dass bei der Verwendung von Feinkalken die angestrebte Festigkeitsentwicklung zu einer dauerhaften froststabilen Planumsausbildung mit den unterschiedlichen Weißkalkarten nach DIN 1060-1 bodengruppenabhängig nachgewiesen wird.

Ein weiterer Schwerpunkt sollte in der Bewertung aller fein- und gemischtkörnigen Böden im Hinblick auf deren Bearbeitbarkeit gebildet werden. Im Unterschied zu den Ausführungen der Bodenverbesserung kommt es bei der Bodenverfestigung darauf an, dass primär die Festigkeit und somit die Frostsicherheit auf den behandelten Schichten erzielt wird. Dies setzt wiederum voraus, dass bei den Qualitätsbetrachtungen eine geeignete, homogen zusammengesetzte Bodenschicht zur Optimierung der Bindemittelmenge vorhanden ist.

Bei ständig wechselnden Bodenarten stellt sich jedoch die Frage, ob die Ergebnisse aus dem Labor auf das Verhalten der Böden unter Baustellenbedingungen überhaupt übertragbar sind. Weitere Fragen sind:

- Ist eine ausreichende Homogenisierung bei der Durchmischung kohäsiver Böden mit dem Bindemittel in der Praxis mit den auf dem Markt befindlichen Baugeräten überhaupt möglich?
- Liegen Erfahrungswerte über die Reaktions- und Verarbeitungszeiten der Bindemittel mit Böden unterschiedlichster Zusammensetzung vor?
- Sind die unter Laborbedingungen aufwendig hergestellten homogenisierten Probekörper mit denen auf der Baustelle hergestellten Produkten vergleichbar?

- Welche technische Voraussetzungen müssen für eine erfolgreiche Umsetzung gegeben sein?
- Lassen sich aufgrund beengter Ausführungsverhältnisse oder sonstigen geometrischen Einschränkungen bereits Ausführungsmängel in der Vorbereitungsphase erkennen?

In der Vorbereitungsphase selbst sind, wie stets bei allen Straßenbaumaßnahmen, intensive Betrachtungen zur späteren Ausführung im Hinblick auf deren Machbarkeit und Umsetzung erforderlich. Dies trifft insbesondere auch auf die Ausführung einer möglichen Bodenverfestigung zu. Überlegungen zur Homogenität der anstehenden Böden, zur witterungsabhängigen Umsetzung als Voraussetzung einer erfolgsorientierten Ausführung sind nur ein Teil von Fragen, die in diesem Zusammenhang von der Auftragsverwaltung zu stellen sind.

In den Ausschreibungsunterlagen selbst sollte auch klar zu ersehen sein, ob Nebenangebote mit dieser Ausführungsart gewünscht sind.

Eine nicht qualitätsbezogene Ausführung, eine auf den Boden bezogene falsche Bindemittelauswahl, eine unzureichende Erfassung der Qualitätsmerkmale von Böden und deren Lagerungsverhältnissen führen zu Ausführungsmängeln und somit nicht zu dem beabsichtigten Erfolg. Hinsichtlich des Tragverhaltens der Böden dürften diesbezüglich weniger Probleme zu erwarten sein.

Folgt man den Aussagen und Empfehlungen der ZTV E-StB, so ist die Verfestigung von fein- und gemischtkörnigen F 2- und F 3-Böden mit dem Ziel einer Einbeziehung in den frostsicheren Oberbau derzeit für fast alle Bodengruppen möglich. Eine generelle Anwendung der Bodenverfestigung bedarf auch zukünftig weitergehender Untersuchungen. Eine auf Bodengruppen bezogene Eignung von Bindemitteln soll das Erfolgsrisiko und Fehleinschätzungen vermindern helfen.

Weitere Schwerpunkte der RStO 01 sind dem Tragverhalten von Planumsböden und den zu erwartenden E_{V2} -Werten auf ungebundenen Schichten gewidmet.

In den ZTV E-StB 94, Abschnitt 3.4.1 wird ein ebenes, profilgerechtes und nach definierten Anforderungen hergestelltes, tragfähiges Planum gefordert. Im Abschnitt 3.4.7.2 wird weiter ausgeführt:

„Lässt sich jedoch der erforderliche Verformungsmodul auf dem Planum nicht durch Verdichten erreichen, ist entweder

- (1) der Untergrund bzw. der Unterbau zu verbessern oder zu verfestigen, oder
- (2) die Dicke der ungebundenen Tragschichten zu vergrößern.

Die Maßnahmen sind in der Leistungsbeschreibung anzugeben.“

Die neue RStO 01 geht jedoch einen begrüßungswerten Schritt weiter. Sie gibt für F2- und F3-Böden in Abschnitt 3.1.1 vor, dass die in den Tafeln 1 bis 4 geforderten Tragfähigkeiten auf dem Planum von mind. 45 MN/m² dauerhaft erfüllt werden müssen, wobei die Betonung auf dauerhaft liegt!

Es wird weiter ausgeführt: „Ist zu erwarten, dass dieser sich auf dem Planum dauerhaft nicht erreichen lässt, sind besondere Maßnahmen vorzusehen“.

In diesem Zusammenhang erinnern wir uns an den 16. Erfahrungsaustausch 1976 bzw. an den Erfahrungsaustausch 1987 in Kaiserslautern. Hier wurde bereits mit der Forderung einer dauerhaft tragfähig ausgebildeten Planumsebene dem Qualitätsanspruch Rechnung getragen.

Wir wissen alle, dass – bis auf wenige Ausnahmen – die Anforderungen an eine ausreichende Tragfähigkeit bei den frostempfindlichen Bodengruppen F2 und F3, unabhängig von den Einflüssen aus Witterung und Grundwasser, nicht erreicht werden können. Selbst unter günstigen Voraussetzungen beim Einbau des Bodens können die geforderten Tragfähigkeitsnachweise nicht erbracht werden. Dies verdeutlicht das Diagramm aus einem Vortrag von Herrn Dr. WECHSLER beim 16. Erfahrungsaustausch, in dem konsistenzabhängige Verformungsmodul aufgetragen sind (Bild 1).

Sollten die vorgegebenen Anforderungen an die Tragfähigkeit aufgrund von Festigkeitszunahmen durch die Reduzierung des Wassers im fein- und gemischtkörnigen Boden erreicht werden, dürfen wir uns bei Ausführung nicht von dem momentanen Zustandsbild als „vertraglichem Nachweis des AN über die Erfüllung seiner Leistung“ zufrieden geben. Durch die reversiblen Bodeneigenschaften werden spätestens zum Zeitpunkt einer Wasseraufnahme bis hin zu einer möglichen Porensättigung Voraussetzungen geschaffen, die unter dynamischem Einfluss aus dem Verkehr zwangsläufig zu Veränderungen der Konsistenz und somit zur Verringerung von Tragfähigkeiten im Planumbereich führen. Langfristig gesehen trägt das Absinken der Tragfähigkeit zur Schwächung der Gesamtstabilität des Straßen-

oberbaues und somit zur Einschränkung in der Gebrauchstauglichkeit der Straße maßgeblich bei.

Soweit es sich dabei um Böden bzw. Baustoffe des AG handelt, wird zur Erfüllung von Leistungen nach den Anforderungen der ZTV E-StB 94 der AN – auch wenn die Ausschreibung hierzu keine zusätzlichen Maßnahmen vorgesehen hat – seine Forderungen geltend machen. Handelt es sich jedoch um Baustoffe, die der AN zur Verfügung stellt, so bleiben aufgrund der feinkörnigen Strukturierung der Böden ebenfalls die angestrebten Trageigenschaften aus. Spätestens beim Nachweis des Verformungsmoduls auf dem Planum durch den AN wird – sagen wir es so, wie es ist – besseres Wetter abgewartet, um weitere Investitionen zur Erhöhung der Tragfähigkeit aus Kostengründen durch eine Bodenverbesserung auszuschließen.

Aus dieser Erkenntnis ergeben sich nachstehende Fragen:

- Sind Tragfähigkeitsdefizite generell bei den F2- und F3-Böden zu erwarten?
- Welche Bodengruppen der nach F2- und F3-klassifizierten Böden erfüllen die Anforderungen an die Mindesttragfähigkeit, ohne dass diese verbessert werden müssen?
- Welche Tragfähigkeiten sind bei den angestrebten Verdichtungsgraden von Böden der fein- und gemischtkörnigen Bodengruppen grundsätzlich zu erwarten?

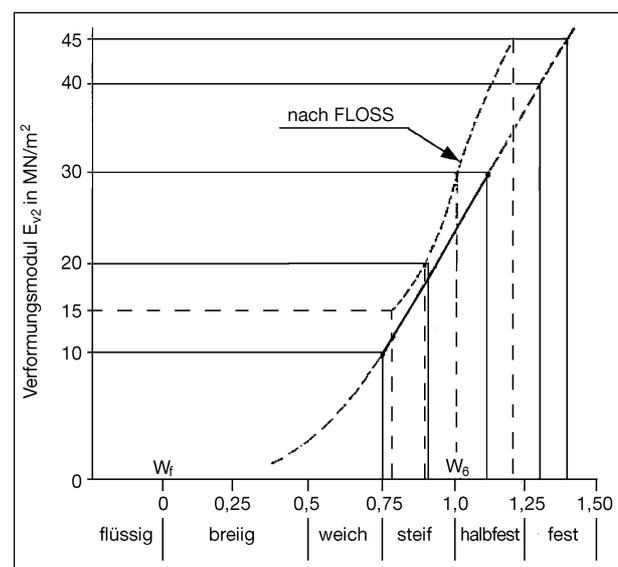


Bild 1: Einfluss des Wassergehaltes feinkörniger Böden – ausgedrückt durch die Konsistenzzahl – auf den E_{v2} -Modul (FLOSS, ZTV E-Kommentar 94, Tabelle Seite 232, durchgezogene Linie: WECHSLER, 16. EAT 1976, Niederschrift Anlage 13)

- Lassen sich anforderungsbedingte Vorgaben hinsichtlich des Tragverhaltens von Böden für die Baubeschreibung formulieren?
- Können die in Tabelle 7 der ZTV E-StB 76 (siehe Tabelle 4) gemachten Angaben über die näherungsweise Zuordnung des E_{V2} -Moduls in Abhängigkeit vom Porenanteil fein- und gemischt-körniger Böden bodengruppenabhängig einer vertraglichen Regelung zugeführt werden?

Wenn die Antworten auf obige Fragen eindeutig eine unzureichende Tragfähigkeit bejahen, warum wird nicht grundsätzlich eine den Bodeneigenschaften zugeordnete Planumsverbesserung in die Oberbaubemessung mit einbezogen?

Dem Ziel, der Straße eine unter Verkehr dauerhafte Stabilität und Tragfähigkeit zu verleihen, kommen wir nur dann näher, wenn wir die Erkenntnisse über das Tragverhalten von Böden fein- und gemischt-körniger Zusammensetzung in den Planien bereits bei den Vorerhebungen zur Ausschreibung qualitativ umsetzen.

Einen weiteren Augenmerk sollte man auf die Tabelle 8 der RStO 01 werfen, die über zu erwartende Tragfähigkeiten ungebundener Tragschichten Empfehlungen für den Anwender vorgibt (siehe Tabelle 5). In Abhängigkeit von den E_{V2} -Werten auf

Porenanteil n in Vol.-%	Wassergehalt w in M.-%	E_{V2} -Modul in MN/m ²
$n \leq 30$	$7 \leq w \leq 15$	$E_{V2} \geq 45$
$30 < n \leq 36$	$10 \leq w \leq 20$	$20 < E_{V2} < 45$
$n > 36$	$w \geq 15$	$E_{V2} \leq 20$

Tab. 4: Näherungsweise Zuordnung von Porenanteil n, Wassergehalt w und E_{V2} -Modul bei fein- und gemischt-körnigen Bodenarten mit einem Luftporenanteil $n_a \leq 12$ Vol.-%

dem Planum, der stofflichen Zusammensetzung der ungebundenen Schicht und deren Tragfähigkeitsanforderungen wird eine entsprechende Mindestdicke für die Ausführung ausgewiesen.

Beim näheren Hinsehen der Zuordnungsgrößen geht von dieser Tabelle eine sehr optimistische Erwartungshaltung aus, was die zu erreichenden E_{V2} -

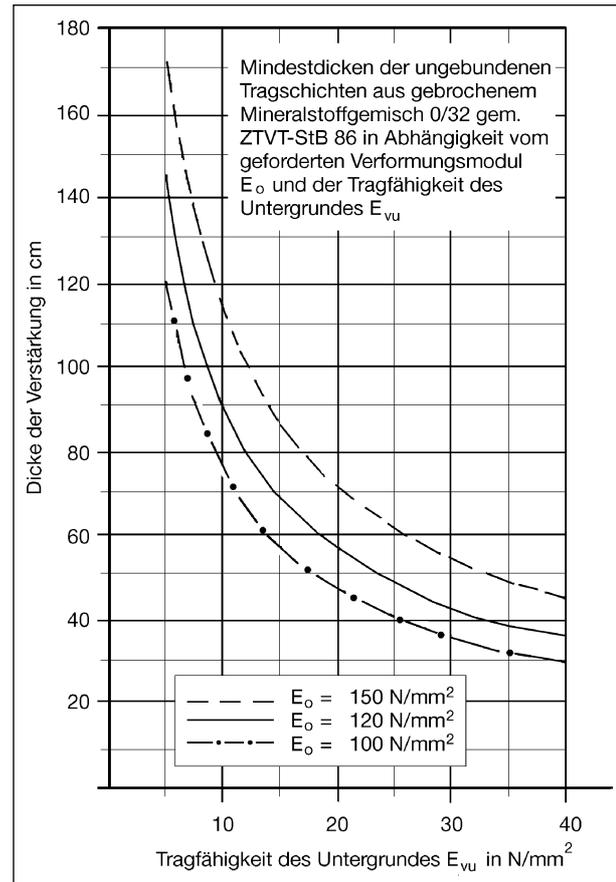


Bild 2: Mindestdicken ungebundener Tragschichten aus gebrochenen Mineralstoffgemischen 0/32 in Abhängigkeit vom geforderten Verformungsmodul auf der Tragschicht und der Tragfähigkeit des Untergrundes bzw. Unterbaus

Unterlage	E_{V2} auf Planum				E_{V2} auf Frostschuttschicht				
	≥ 45 MN/m ²		≥ 80 MN/m ²		≥ 100 MN/m ²		≥ 120 MN/m ²		
	Schotter-Splitt-Sand-Gemisch	Kies-Sand-Gemisch	Schotter-Splitt-Sand-Gemisch	Kies-Sand-Gemisch	Schotter-Splitt-Sand-Gemisch	Kies-Sand-Gemisch	Schotter-Splitt-Sand-Gemisch	Kies-Sand-Gemisch	
zu bauende Tragschicht ohne Bindemittel									
auf Frostschuttschicht mit E_{V2}	≥ 100 MN/m ²	20	25	15	20				
	≥ 120 MN/m ²	30	35	20	25				
auf Schotter- oder Kies-tragschicht mit E_{V2}	≥ 120 MN/m ²	25	30	-	-	15	20	-	-
	≥ 150 MN/m ²	30	40	-	-	20	30	15	20
	≥ 180 MN/m ²	-	-	-	-	30	-	20	-

Tab. 5: Anhaltswerte für aus Tragfähigkeitsgründen erforderliche Schichtdicken von Tragschichten ohne Bindemittel gemäß ZTV T-StB in Abhängigkeit von den E_{V2} -Werten der Unterlage sowie von der Tragschichtart (Dickenangaben in cm)

Werte auf der zu prüfenden Schicht bei den angegebenen Schichtstärken betrifft. Gegen diese Angaben sprechen Erkenntnisse aus der Praxis, die andere Erfahrungen hinsichtlich der Parameter von Gemischzusammenstellung, Tragfähigkeitsanforderungen und Dicke der auszuführenden ungebundenen Tragschicht als Zuordnungsgrößen beinhalten.

Als Beispiel sei aufgeführt, dass bei einem gut abgestuften Körnungsaufbau für Frostschutzschichten aus gebrochenem Naturhartgestein, analog der Zusammensetzung für Schottertragschichtmaterialien, mit einer Aufbaustärke von 0,3 m die Anforderung von 120 MN/m^2 auf der Frostschutzschicht nach unserer Erkenntnis, wenn überhaupt, nur selten zu erreichen sind. Lediglich 100 MN/m^2 sind bei 30 cm Aufbaustärke zu erwarten. Mindestens 35 cm Aufbaustärke sind hierzu erforderlich, um die Anforderung von 120 MN/m^2 auf der ungebundenen Frostschutzschicht zu erzielen (Bild 2).

Dies nährt natürlich die Befürchtung, dass die Angaben in Tabelle 8 der RStO 01 im Zusammenspiel mit der Bewertung der Tragfähigkeit des Planumbodens und der Anforderungen an die ungebundenen Tragschichten bei der Planung und bei der Ausführung ohne Vorbehalte einfach übernommen werden. Dies führt in der Praxis zu unzureichenden Bemessungsansätzen und daher zu erheblichen Qualitätseinbußen bzw. Mängeln in der Ausführung.

Mit der Möglichkeit einer Einbeziehung von verfestigten frostempfindlichen F2- und F3-Böden in die frostsichere Oberbaukonstruktion fördert die neue RStO weitere Entwicklungsschritte zu kostengünstigen Straßenaufbauten. Im Ergebnis der vorgenommenen punktuellen Betrachtungen sollte aber auch unsererseits die Diskussion über die Grenzen der Anwendbarkeit der allgemein formulierten Möglichkeit einer Bodenverfestigung von F2- und F3-Böden und deren Einbeziehung in die frostsichere Oberbaukonstruktion zusammen mit dem dauerhaften Tragverhalten fein- und gemischtkörniger Böden geführt werden.

Forderungen in der RStO 01 mit dem Schwerpunkt dauerhafter Tragfähigkeiten auf Erdplanen sollten zu weitergehenden Überlegungen bei der Neufassung der ZTV E-StB führen.

Dipl.-Ing. Kai Scholz-Solbach
Straßen- und Verkehrsamt, Koblenz

Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen der tiefgründigen Bodenstabilisierung im Verdrängungs- und Mischverfahren

Oftmals stehen gering tragfähige, zumeist bindige Bodenschichten bedeutend tiefer als das geplante Gründungsniveau der Bauwerke an oder erreichen mehrere Meter Mächtigkeit. Die Folgen für die Bauwerke wären Setzungen, die das zulässige Maß überschreiten und damit die Gebrauchstauglichkeit in Frage stellen oder ein Scherversagen des Bodens und somit eine Überschreitung der Grenztragfähigkeit. Dieses kann mit den Verfahren der tiefgründigen Bodenstabilisierung verhindert werden.

Das Ziel der tiefgründigen Bodenstabilisierung ist die dauerhafte Verbesserung der Eigenschaften des Bodens („Bodenblocks“) durch Erhöhung der Steifigkeit, Erhöhung der Scherfestigkeit, Beeinflussung der plastischen Eigenschaften von feinkörnigen Böden (Strukturbeeinflussung) und je nach Erfordernis auch Erhöhung oder Verringerung der Durchlässigkeit. Maßnahmen zum Erreichen dieser Ziele sind die Verdichtung und häufig die Entwässerung des Bodens, vollständiger oder teilweiser Bodenaustausch oder Zugabe tragfähigen Bodens, die Strukturbeeinflussung durch chemisch-physikalische Reaktionen wie Kationenaustauschvorgänge sowie die Verkittung und Fixierung der Bodenteilchen („Zementierung“).

Eine Methode zur tiefgründigen Verbesserung der Bodeneigenschaften ist das Verdichten des Bodens in Kombination mit Zugabe von tragfähigem Verfüllmaterial. Hierzu können die Verfahren Rütteldruckverdichtung, Rüttelstopfverdichtung und weitestgehend die Injektionsverfahren gezählt werden.

Eine weitere Möglichkeit ist die Verdichtung mit teilweisem Bodenersatz und gleichzeitiger Entwässerung des anstehenden Bodens. Hierzu gehören Verfahren wie die Konsolidierung des Bodens durch Vorbelastung (auch in Kombination mit Vertikaldrains), das Einbringen von Verdrängungspfählen geringen Durchmessers aus Bindemitteln oder Bindemittel-Sand-Gemischen (z. B. Kalkpfähle, CSV-Verfahren) und die Stoßverdichtung (DYNIV, Sprengverdichtung).

Verfahren, bei denen eine Strukturbeeinflussung und Zementierung des Bodens durch das Einmischen von Bindemitteln eintritt, sind die Herstellung von Branntkalk-Boden-Säulen, die Herstellung von Bindemittel-Boden-Säulen mit hydraulisch wirksamen Bindemitteln (Zement, hydraulischer Kalk etc.) und untergeordnet auch Verdrängungspfähle aus Branntkalk oder hydraulisch wirksamen Bindemitteln.

Die von der Firma Keller entwickelte, 1936 erstmals eingesetzte Rütteldruckverdichtung beruht auf der kurzzeitigen Verflüssigung (liquefaction) des den Rüttler umgebenden, wassergesättigten Bodens durch zyklische Belastung und der Umlagerung der Bodenteilchen zu einem dichteren Gefüge. Der Einflussbereich beträgt ca. 0,3 m bis 0,5 m abseits der Rüttleraußenfläche. Die Ausführung erfolgt unter Wasser oder mit Wasserspülung (erforderliche Sättigung). Die Anwendung ist auf nichtbindige, locker gelagerte Böden mit einem Feinkornanteil < 5 % beschränkt (Bild 1). Die Anwendung erfolgt in Tiefen von 4 m bis 25 m, es werden relative Dichten von 75 % bis 90 % erreicht.

Die Rüttelstopfverdichtung (auch „Stopf“- oder „Schottersäulen“) ist eine Folgeentwicklung der

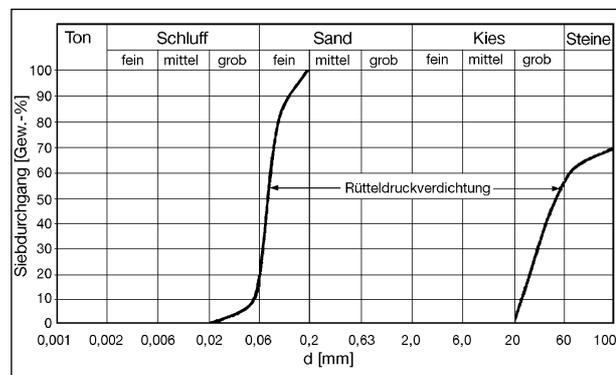


Bild 1: Anwendungsbereich der Rütteldruckverdichtung

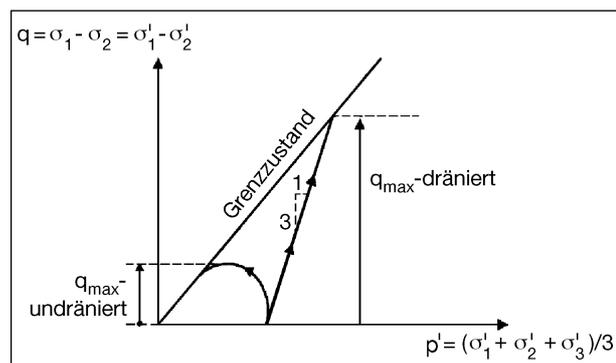


Bild 2: Herabgesetzte Scherfestigkeit bei wassergesättigtem lockerem Boden (Bild: KOLYMBAS)

Rütteldruckverdichtung und auch bei feinkörnigen Böden anwendbar. Das Prinzip besteht in der seitlichen Verdrängung des Bodens und der Verfüllung des Hohlraumes mit Schotter oder Kies (Ø 20-70 cm). Varianten sind die vermörtelten Stopfsäulen (Zugabe von Zementsuspension) und die Betonrüttelsäulen (Betonzugabe).

Die Tragfähigkeit der Stopfsäulen wird durch die Scherfestigkeit des Verfüllmaterials und der Festigkeit des umgebenden Bodens bestimmt (Bild 3).

Die Bemessung von Rüttelstopfsäulen erfolgt häufig nach dem Ansatz von PRIEBE (1976), welcher ein linear-elastisches Verhalten des Bodens und des Stopfsäulenmaterials zugrunde legt (siehe Bild 4). Letzteres führt zu einer Überschätzung der Setzungen wie die Auswertung von Feldversuchen, z. B. von CHAMBOSSÉ (1995) oder POOROOSHASB und MEYERHOF (1997), zeigen. Eine gute

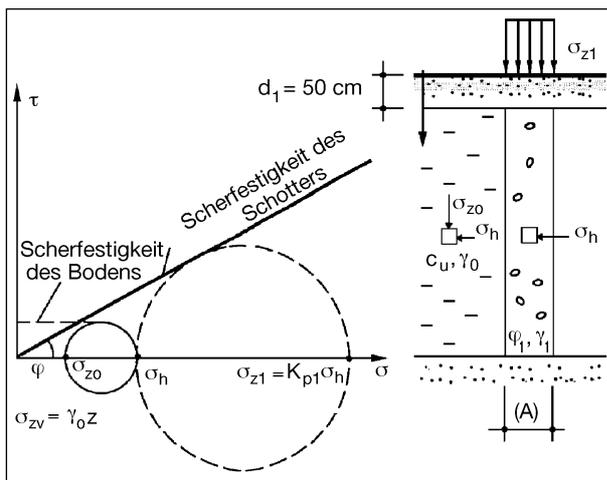


Bild 3: Ermittlung der Tragfähigkeit von Schotterssäulen: $\min_{cu, \text{Boden}} \geq 15 \text{ kN/m}^2$ (erforderliche seitliche Stützung), $\max_{cu, \text{Boden}} \leq 50 \text{ kN/m}^2$ (Grenze der Wirtschaftlichkeit)

$$\frac{E_S^1}{E_S^0} = \left(\frac{\tan\left(45^\circ + \frac{\phi^B}{2}\right)}{\tan\left(45^\circ - \frac{\phi^S}{2}\right)} \right)^2 - 1 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot a^2} + 1 + 1$$

wobei:

- E_S^1 = Steifigkeit des verbesserten Baugrundes
- E_S^0 = Steifigkeit des unverbesserten Baugrundes
- ϕ^B = Scherfestigkeit des Bodens
- ϕ^S = Scherfestigkeit des Säulenmaterials
- a = Rasterabstand der Stopfsäulen
- d = Durchmesser der Stopfsäulen

Bild 4: Steifigkeitszuwachs einer Bodenschicht mit Stopfsäulen nach PRIEBE (1976)

Übereinstimmung der gemessenen und der berechneten Werte ergab sich mit dem Ansatz nach Priebe für Kalk-Boden-Säulen (siehe Bild 5).

Die Injektionsverfahren (Injektion = Verpressen von Abbindenden Flüssigkeiten in den Untergrund) lassen sich in die Niederdruckinjektion, in das „Soil fracturing“, die Düsenstrahlverfahren und das „Compaction Grouting“ unterteilen.

Bei der Niederdruckinjektion wird das Injektionsgut ohne Beeinträchtigung des Korngerüsts in den Porenraum eingebracht. Ein Anwendungsbeispiel für die Niederdruckinjektion ist die Erhöhung der horizontalen Tragfähigkeit eines Großbohrpfahles (Sanierung) durch das Einbringen von Injektionsgut mit Manschettenrohren (siehe Bild 6).

Beim „Soil fracturing“ wird der Boden beim Einpressen aufgesprengt. Die Rissbildung erfolgt zunächst senkrecht zur kleinsten Hauptspannung. Dann werden die Risse mit Injektionsgut verfüllt und dabei der Boden verspannt. Nachfolgend wiederholt sich der Vorgang in Richtung der anderen Hauptspannung. Das Verfahren wird zur Hebung von Bauwerken eingesetzt.

Bei dem Düsenstrahlverfahren (auch als HDI, Soilcrete oder jet-grouting bezeichnet) erfolgt die Injektion der abbindenden Flüssigkeiten bei hohem Druck (300 - 600 bar an der Pumpe). Dabei wird die

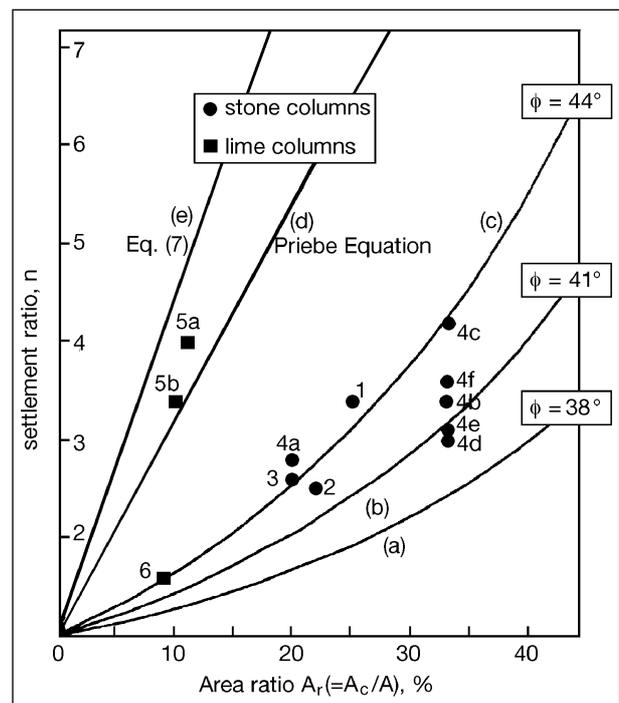


Bild 5: Auswertung von nichtlinearen Berechnungen und Feldversuchen nach POOROOSHASB und MEYERHOF (1997)

ursprüngliche Bodenstruktur zerstört und der anstehende Boden mit dem Injektionsgut vermischt. Je nach Anordnung der Düsen und ihrer Bewegung lassen sich säulen- oder wandartige verfestigte Erdkörper herstellen. Das Düsenstrahlverfahren ist für alle Böden geeignet, wenn der Durchmesser von Steinen $\leq 0,3$ m beträgt.

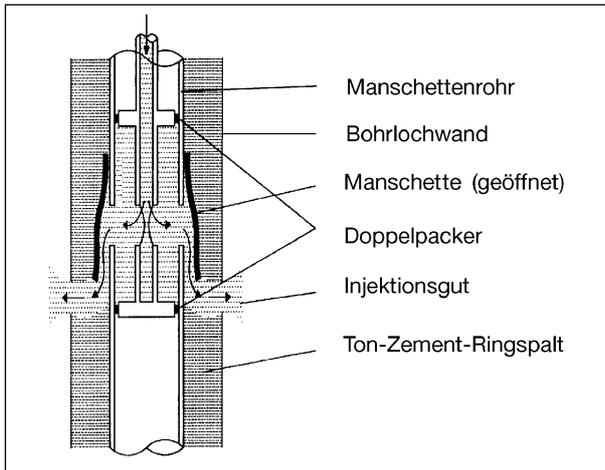


Bild 6: Manschettenrohr (Niederdruckinjektion), (Bild: KOLYMBAS)



Bild 7: Händische Herstellung von Kalkpfählen im Bohrlochverfahren (L 3199 in Hessen 1964)

Beim „Compaction Grouting“ wird Mörtel mit bis zu 50 bar in den Baugrund eingepresst. Dabei dringt das Injektionsgut nicht in den Porenraum ein, sondern verdrängt und verdichtet den anstehenden Boden. Das Verfahren wird ebenfalls zur Hebung von Bauwerken verwandt.

Ein Nachteil aller Injektionsverfahren ist neben den hohen Kosten die fehlende visuelle Kontrollmöglichkeit. Insbesondere bei großen Maßnahmen ist daher die Herstellung von Probekörpern erforderlich.

Zu den Verdrängungspfählen geringen Durchmessers gehören die Kalkpfähle und die CSV-Säulen. Bei beiden Verfahren wird der anstehende Boden überwiegend seitlich verdrängt und der entstehende Hohlraum mit dem Bindemittel verfüllt.

Die Wirksamkeit der Kalkpfahlmethode – das Verfahren wurde bereits 1961 eingeführt („Oklahoma-Bohrlochtechnik“) – beruht vorwiegend auf der Bodenentwässerung im umliegenden Bereich des Pfahls infolge des beim Ablöschen des Branntkalkes und der Benetzung des Kalkhydrates entstehenden Wasserbedarfes und des darauf beruhenden Festigkeitszuwachses des Bodens. Ionenaustausch- und Zementierungsprozesse sind hierbei nur von untergeordneter Bedeutung, da die Bindemittel-Boden-Reaktion nur im Bereich der Kontaktfläche Pfahl-verdrängter Boden stattfindet. Die Scherfestigkeit des Kalkpfahles selbst ist gering.

Die CSV-Säulen bestehen aus einem Zement-Sand-Gemisch, welches als Trockenmörtel in den Baugrund eingebracht wird (siehe Bild 8). Der Lastabtrag erfolgt in der Regel über Spitzendruck.

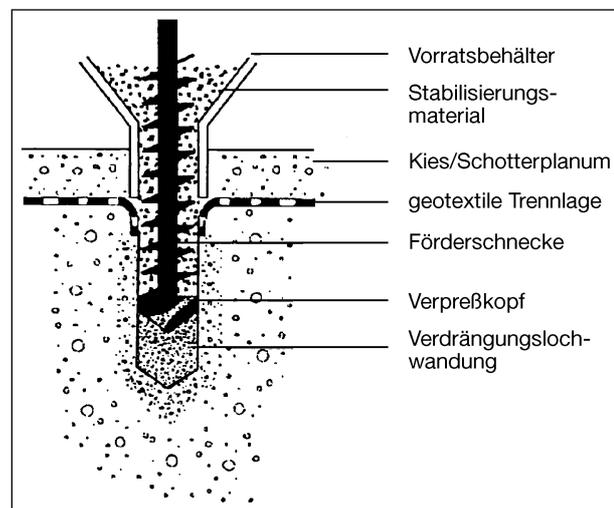


Bild 8: Herstellungsprinzip von CSV-Säulen (Bild: Fa. Bauer)

Der Durchmesser der Säulen beträgt 12 cm bis 16 cm. Aufgrund der Schlankheit der Stabilisierungssäulen können nur begrenzt Horizontallasten aufgenommen werden. Daher ist eine möglichst vertikale Lasteinleitung durch entsprechend verringerte Pfahlabstände oder eine ausreichend dimensionierte lastverteilende Überdeckung erforderlich. Des Weiteren muss die vollständige Hydratation des Zementes durch einen ausreichenden Wasserzustrom aus dem anstehenden Boden gewährleistet sein.

Eine andere Form der tiefgründigen Bodenstabilisierung, bei der der anstehende Boden verdrängt und die entstehenden Hohlräume verfüllt werden sowie eine Entwässerung stattfindet, ist die Dynamische Intensivverdichtung. Bei der Dynamischen Intensivverdichtung, sie gehört zu den Stoßverdichtungen, fällt ein schweres Fallgewicht (20 t bis 200 t) aus 5 m bis 30 m Höhe auf das Planum (Bild 9). Der Rasterabstand beträgt 5 m bis 15 m. Das Verfahren ist bei nichtbindigen, bindigen (tonige Schluffe) und organischen Böden anwendbar. Ein Einsatz kann auch unter Wasser erfolgen. Aufgrund des hohen Geräteverschleißes ist ein Einsatz erst ab 6.000 m² bis 12.000 m² sinnvoll. Die durch Körperschall verursachten Erschütterungen erfordern einen Sicherheitsabstand größer als 10 m bis 50 m von Gebäuden. Des Weiteren ist ein tragfähiges Arbeitsplanum zur Aufnahme der schweren Geräte erforderlich. Bei der Dynamischen Intensivverdichtung wird im Boden eine bleibende Zusatzspannung erzeugt, der eine Konsolidation folgt. Bei gesättigten und ausreichend teilgesättigten Böden kommt es zur kurzzeitigen Verflüssigung (liquefaction) und damit verbunden zu einer Umlagerung der Bodenteilchen. Bei bindigen Böden ist die Verflüssigung thixotrop, d. h., die Fließgrenzen werden infolge der Scherbeanspruchung überwunden. Dies begünstigt die Konsolidationsbereitschaft des Bodens. Nach dem Abklingen der Scherbeanspruchung erfolgt die Neubildung der Gerüststrukturen. Bei bindigen Böden wird das Abströmen des Porenwassers durch radiale Rissebildungen um die Einschlagstelle begünstigt. Die Einflusstiefe der Dynamischen Intensivverdichtung wird allgemein wie folgt angegeben: $t [m] = (0,1-0,3) \sqrt{G [kN] * h [m]}$.

Die Sprengverdichtung stellt eine weitere Form der Stoßverdichtung dar, die in Deutschland jedoch nur selten zum Einsatz kommt. Das Bild stammt von einer Tagebausanierung in den neuen Bundesländern.

Eine weitere Möglichkeit der tiefgründigen Bodenstabilisierung ist die Herstellung von Bindemittel-Boden-Säulen in-situ („mixed in place“). Die auf diesem Weg hergestellten Bindemittel-Säulen weisen in der Regel eine wesentlich höhere Scherfestigkeit und deutlich verringerte Zusammendrückbarkeit als der umgebende Boden auf. Bei den Branntkalk-Boden-Säulen beruht der Verbesserungseffekt auf der Absenkung des Wassergehaltes innerhalb und außerhalb des stabilisierten Bodenquerschnitts durch chemische Wasserbindung, Benetzung und Verdunstung, auf Kationenaustauschprozessen an den Tonmineraloberflächen und in Abhängigkeit der Tonmineralart in den Tonmineralschichtzwischenräumen sowie auf puzzolanischen Reaktionen zwischen reaktionsfähigen Tonsäuren und dem abgelöschtem Branntkalk (Kalkhydrat). Hierbei ist insbesondere der letztere Prozess ein Vorgang, der über sehr lange Zeiträume wirksam ist und zu Festigkeitszuwächsen nach Monaten führt. Bei der Herstellung von Branntkalk-Boden-Säulen können die „Rührwerk-Methode“



Bild 9: Dynamische Intensivverdichtung (Bild: KOLYMBAS)



Bild 10: Sprengverdichtung (Bild: Fa. BUL Brandenburg)

und das Verfahren mittels Vor- und Überbohren unterschieden werden. Bei der „Rührwerk-Methode“ wird das an einem langen Bohrgestänge montierte Mischgerät bis zur angestrebten Tiefe hineingeführt, dann der Umdrehungssinn geändert und das Mischgerät langsam wieder herausgezogen. Während dieses Vorgangs wird Feinkalk mit Pressluft durch den Kopf des Mischgerätes ausgeblasen. Die Ziehgeschwindigkeit beträgt maximal 25 mm pro Umdrehung, um eine innige Durchmischung des Bodens mit dem Feinkalk zu erzielen. Der Durchmesser der Kalk-Boden-Säulen beträgt in der Regel 50 cm und Gründungstiefen von 10 m sind gebräuchlich. Die vorgenannte Methode wurde 1966 erstmalig von Kjeld PAUS, dem damaligen Technischem Direktor der schwedischen Baugesellschaft BPA, vorgestellt (Bild 11). Ähnlich ist die Verfahrensweise des zeitgleich entwickelten „Deep-Lime-Mixing“-Verfahrens. Das Verfahren wurde von YANASE (1968) und OKUMURA et al. (1974) entwickelt und zum Einsatz gebracht. Bei dem „Deep-Lime-Mixing“-Verfahren, das ganz auf Arbeiten in marinen Sedimenten abgestimmt ist, wird ein wasserdichtes Bohrrohr, an dessen Ende ein Mischpropeller installiert ist, in den Baugrund

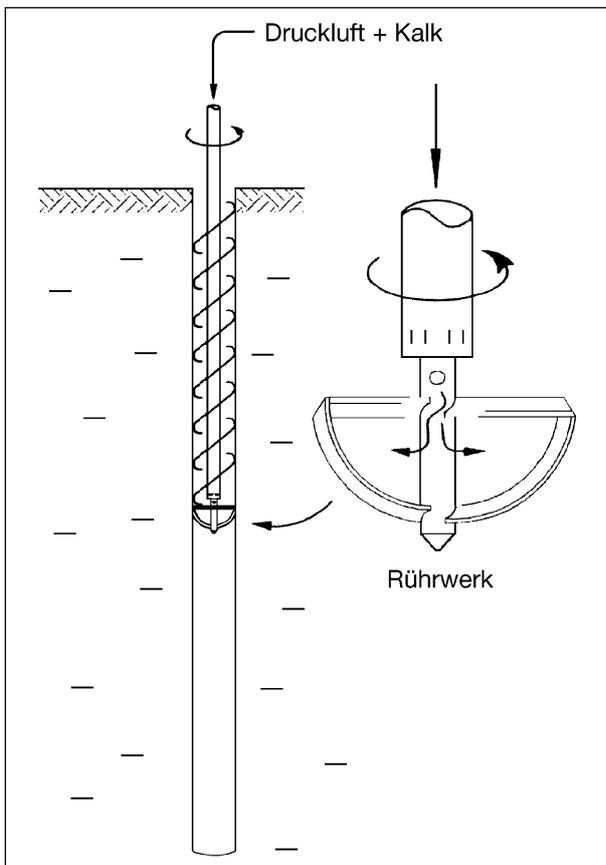


Bild 11: Herstellung von Kalk-Boden-Säulen mit der „Rührwerk-Methode“

bis zur gewünschten Stabilisierungstiefe vorgetrieben. Beim Herausziehen des Rohres wird Branntkalk mit Unterstützung von Druckluft und einer im Inneren des Rohres befindlichen Beschickungsschnecke in den Baugrund eingebracht und mit Hilfe des Mischpropellers eingemischt. Auf diesem Wege können Stabilisierungssäulen mit Querschnitten von 2 m² bis 9,5 m² und bis zu 60 m Tiefe ab der Wasseroberfläche hergestellt werden.



Bild 12: Herstellung von Kalk-Boden-Säulen mittels Vor- und Überbohren



Bild 13: Herstellung von Zement-Boden-Säulen (England, Port of Hull, 2001, Bild: Fa. Keller)

Ein für die in Mitteleuropa vorkommenden bindigen Böden geeigneteres Verfahren zur Herstellung von Kalk-Boden-Säulen wurde in den neunziger Jahren von einer deutschen Bohrfirma in Zusammenarbeit mit der hessischen Straßenbauverwaltung entwickelt und angewandt. Die Herstellung der Stabilisierungssäulen erfolgt dabei in zwei Schritten. Zunächst wird mittels einer Endlosspirale ein Bohrloch mit definiertem Durchmesser bis zur geplanten Endtiefe abgeteuft. Anschließend wird das Loch über ein Trichterrohr mit Weißfeinkalk gefüllt und mit einer Kurzspirale von größerem Durchmesser rechtsdrehend schneidend überbohrt. Bei diesem Vorgang wird der Kalk in den Untergrund eingemischt. Die Mischspirale wird linksdrehend unter Gegendruck herausgeschraubt. Dabei wirkt die Gerätemasse als Auflast. Durch den Gegendruck wird der Boden verdichtet. Der bei der Vorbohrung geförderte Boden wird gleichzeitig wieder eingefüllt. Im optimalen Fall ist der Boden in der Säule höher verdichtet als der ursprüngliche Boden. Ein Vorteil des Verfahrens liegt in der Möglichkeit, die Dosierung der Zugabemenge an Kalk über das Volumen des bei der Vorbohrung hergestellten Hohlraumes, der mit Weißfeinkalk verfüllt wird, zu steuern (Bild 12).

Alternativ können, insbesondere bei schwachbindigen Böden, Bindemittel-Boden-Säulen auch mit hydraulisch wirksamen Bindemitteln (z. B. Zement) hergestellt werden (Bild 13).

Zum Abschluss noch ein Kostenvergleich für alle Maßnahmen. Die Kosten sind natürlich „ca. Werte“ und können in Abhängigkeit von der Baumaßnahme abweichen (s. Tabelle 1).

Verfahren	BE-Kosten [€]	Kosten je lfd. Meter [€]
Rütteldruckverdichtung	ca. 7.500-10.000	ca. 13-15 (+ Fremdmaterial, ca. 20 € pro Ansatzpunkt)
Rüttelstopfverdichtung	ca. 10.000	ca. 23-28 (stark abhängig vom Verfüllmaterialpreis)
Hochdruckinjektion	ca. 15.000	ca. 300 (Säulendurchmesser ≥ 1 m)
Niederdruckinjektion	ca. 10.000-13.000	ca. 150-180 (mehr Lanzen als bei der HDI erforderlich)
CSV-Verfahren	ca. 10.000-15.000	ca. 8-10 (+ lastverteilendes Planum)
Kalk-Boden-Säulen	ca. 3.500	ca. 50 (einschließlich Kalk)

Tab. 1: Kostenvergleich

Literatur

- BELL, F. G., TYRER, M. J. (1989): The enhancement of the properties of clay soils by the addition of cement or lime. Proceedings of the 12th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (ICSMFE), pp. 1339-1341, Rio de Janeiro.
- BRANDL, H. (1980): Lime Columns - A New Foundation Method. American Society of the Civil Engineering/Geotechnical Engineering Division, Journal of the Geotechnical Engineering Division, pp. 738-740, 6/1980
- BRANDL, H. (1980): New Approach to Predict Lime Reactivity of Soils. American Society of the Civil Engineering/Geotechnical Engineering Division, Journal of the Geotechnical Engineering Division, pp. 731-733, 6/1980
- BREDENBERG, H. (1983): Lime columns for ground improvement at new cargo terminal in Stockholm. Proceedings of the 8th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2, pp. 881-884, Helsinki
- BROMS, B. B., BOMAN, P. (1976): Stabilization of Deep Cuts with Lime Columns. Proceedings of the 5th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 1, pp. 207-210
- BROMS, B. B., BOMAN, P. (1977): Lime Columns - A New Type of Vertical Drains. Proceedings of the 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (ICSMFE), Tokyo, Vol. 1, pp. 427-432
- BROMS, B. B., BOMAN, P. (1979): Stabilisation of soil with lime columns. Ground engineering 12, pp. 23-32
- BROMS, B. B. ANTIKOSKI, U. (1983): Soil Stabilisation - General Report. Proceedings of the 8th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (ECSMFE), Vol. 3, pp. 1289-1301, Helsinki
- CHIU, K. H., CHIN, K. Y. (1963): The Study of Improvement Bearing Capacity of Tapei Silt by Using Quicklime Piles. Proceedings of the 2nd Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 1, pp. 387-393

- EIGENSCHENK, E. (1993): Flächige Bodenverbesserung mit Kalkpfählen. Die Tiefbau-Berufsgenossenschaft, S. 534-539, Heft 8
- HALKOLA, H. A. (1983): In-situ investigations of deep-stabilized soil. Proceedings of the 8th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 1, pp. 33-37, Helsinki
- HOLEYMAN, A., MITCHELL, J. K. (1983): Assessment of quicklime pile behaviour. Proceedings of the 8th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2, pp. 897-902, Helsinki
- HOLM, G., TRÄNK, R., EKSTRÖM, A. (1983): „Lime columns under embankments - a full scale test. Proceedings of the 8th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2, pp. 909-912, Helsinki
- JESSBERGER, H. L. (1967): Grundlagen und Anwendung der Bodenstabilisierung. VDI - Verlag GmbH Düsseldorf
- KOLYMBAS, D. (1998): „Geotechnik – Bodenmechanik und Grundbau“, Springer Verlag Berlin
- KUHL, O., ASCHENBRENNER, F., LANG, M. (1999): Untergrundverbesserung durch Kalksäulen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, Schriftenreihe der Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“, Heft 8, S. 72-75
- NEIDHART, Th., EL-MOSSALAMY, Y. (2000): Berechnungsverfahren zur Modellierung der Wechselwirkung zwischen Stabilisierungssäulen, Untergrund und Bauwerken. Baugrundtagung Hannover
- OKUMURA, T., THERASHI, M. (1975): Deep Lime Mixing Method of Stabilization for Marine Clays. Proceedings of the 5th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 1, pp. 69-75
- POOROOSHASB, H. B., MEYERHOF, G. G. (1997): Analysis of Behavior of Stone Columns and Lime Columns. Computers and Geotechnics, Vol. 20, No. 1, pp. 47-70
- PRIEBE, H. (1976): Abschätzung des Setzungsverhaltens eines durch Stopfverdichtung verbesserten Baugrundes. Die Bautechnik 53, Heft 5, S. 160-162
- REITMEIER, W. (1995): Grundlagen und praktische Erfahrungen bei der Bodenstabilisierung mit Kalkpfählen. Schriftenreihe Heft 21, Lehrstuhl und Prüfamts für Grundbau, Bodenmechanik und Felsmechanik der Technischen Universität München
- REITMEIER, W. (1997/98): Ein neues Bodenstabilisierungsverfahren zur Schaffung ausreichender Tragfähigkeitseigenschaften für die Aufnahme von Bauwerkslasten. Vortrag
- REITMEIER, W., ALBER, D. (2000): Wirkungsweise, Einsatzmöglichkeiten und praktische Erfahrungen bei Untergrundverbesserungen nach dem CSV - Verfahren. 2. Kolloquium - Bauen im Boden und Fels - TA Esslingen, 18./19. Januar 2000
- SMOLTZYK, U., HILMER, K. (1996): Baugrundverbesserung. Grundbautaschenbuch, Teil 2 - 5. Auflage, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin
- SOYEZ, B., MAGNAN, J. P., DELFAUT, A. (1983): Loading tests on a clayey hydraulic fill stabilized by lime-treated soil columns. Proceedings of the 8th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 2, pp. 951-954, Helsinki
- STOLBA, R. (1969): Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung des Straßenuntergrundes durch Kalkpfähle. Straßen- und Tiefbau, 23. Jahrgang, Heft 3, S. 254-256
- STOLBA, R. (1977): Erprobung der Kalkpfahlmethode zur Verbesserung von weichen und bindigen Untergrundböden und Dämmen. Forschungsauftrag F. A. 5.020 G 75 F, Baustoff- und Bodenprüfstelle Gießheim bei Darmstadt
- WILMERS, W. (1998): Sicherung von Böschungen mit Kalksäulen. Sonderdruck aus Straßen- und Tiefbau 1/1998

Dipl.-Ing. G. Tophinke
Landesamt für Straßenbau und Verkehr, Kiel

Blähton als Leichtbaustoff – Anwendungsbeispiele

Die erste Verwendung von Blähton als Leichtbaustoff bei der Straßenbauverwaltung Schleswig-Holstein erfolgte im Jahre 1999 beim Bau einer Anschlussrampe an ein Brückenbauwerk. Es handelte sich um eine Fuß- und Radwegüberführung über die Eider bei Rendsburg. Das Bauwerk war aufgrund des wenig tragfähigen Baugrundes (bis ca. 10 m Torf, Mudde, organischer Ton in weicher und breiiger Konsistenz) tiefgegründet. Der Verwaltungsentwurf sah für die Anschlussrampe den Einbau von EPS-Hartschaumblöcken vor. Der Blähton kam durch ein Nebenangebot zum Zuge.

Für die Beurteilung des Baustoffen stand eine Veröffentlichung der AIPCR/PIARC „Lightweight Filling“ zur Verfügung. Hier sind aus anderen Ländern dort übliche Berechnungskenngrößen zusammengestellt. Ferner sind ausgeführte Beispiele beschrieben. Nach skandinavischen Vorgaben soll der Blähton in Lagen nicht über 60 cm bis 100 cm eingebaut und zur Verdichtung mit einer Planier- raupe dreimal überfahren werden. Eine meßtechnische Überprüfung der erreichten Verdichtung ist nicht vorgesehen.

Für das bei Rendsburg vorgesehene Material wurde zunächst die „lockerste und dichteste Lagerung“ in Anlehnung an DIN 18126 bestimmt. Diese Voruntersuchungen ließen eine brauchbare Beurteilung der Verdichtung erwarten. Entsprechende vertragliche Vorgaben wurden nicht vereinbart. Der Einbau des Blähtons erfolgte auf einem zunächst auf dem Untergrund ausgelegten geotextilen Vlies. Dieses wurde nach Fertigstellung der Rampenschüttung über die Böschungen und das Planum zusammengeslagen. Dichtemessungen im Feld zeigten dann, dass beim Einbau ohne nennenswerten Verdichtungsaufwand die „dichteste Lagerung“ erreicht wurde. Eine Prüfung im Böschungsbereich war jedoch nicht möglich, da dieser erst nach Andeckung des Oberbodens über dem Vlies eine ausreichende Stabilität aufwies.

Über dem Planum aus Blähton wurde eine 20 cm dicke Schicht aus einem Kies-Sand-Gemisch eingebaut und darauf ein Verbundpflaster. Nach drei

Jahren Liegezeit wurde im Bereich des Übergangs Rampe – Bauwerk eine geringfügige Setzungsdifferenz ausgeglichen.

Bei einer weiteren Baumaßnahme bestand die Aufgabe, einen Radweg neben einer vorhandenen Straße anzulegen, wobei die Straße durch eine Mooregebiet mit Mächtigkeiten der organischen Schichten bis 8 m führt. Hätte man die erforderliche Anschulterung aus „normalem“ Schüttmaterial ausgeführt, wären verstärkte Setzungen im Bereich der vorhandenen Straße zu erwarten gewesen. Deshalb wurde eine möglichst leichte Radwegkonstruktion angestrebt. Da zunächst der neben der Straße vorhandene Graben aufzufüllen war, kam die Verwendung von EPS-Hartschaumblöcken nicht in Frage. Blähton konnte sehr einfach durch Ausblasen aus den Silofahrzeugen in das vorgesehene Profil gebracht werden.

Auf dieser Baustelle wurde der Blähton in jeweils 30 cm dicken Lagen eingeebnet und mit einem leichten Flächenrüttler verdichtet. Auch hier wurde jeweils die „dichteste Lagerung“ erreicht.

Der Radweg wurde vor etwa einem Jahr fertiggestellt. Für eine abschließende Beurteilung des Erfolges reicht diese Zeit nicht aus; bisher wurden in der Radwegbefestigung keine nennenswerten Setzungsdifferenzen festgestellt.

Eine dritte Baumaßnahme ist seit Oktober 2001 im Bau: Die B 202 führt bei Erfde durch das Niederungsgebiet der Sorge. Der Straßendamm besitzt z. T. auch eine Deichfunktion. Der Damm führt in gut 2 m Höhe über einen tiefgründig wenig tragfähigen Untergrund (Torf, Faulschlamm, organischer Ton). Das Rissbild in der Straßenbefestigung deutet darauf hin, dass die Standsicherheit nur wenig über 1 liegt. Durch ständiges Nachprofilieren ist die Dicke der bituminösen Befestigung auf über 60 cm angewachsen. Im unteren Teil der Befestigung sind auch pechhaltige Schichten vorhanden. Da in weitem Umkreis keine Umleitung zur Verfügung steht, muss die Sanierung der Straße in halbseitiger Bauweise erfolgen.

Zunächst wird in Straßenmitte eine Spundwand gerammt. Dann wird auf einer Seite die bituminöse Befestigung abgetragen, wobei die pechhaltigen Schichten zur weiteren Verwendung auf der Baustelle getrennt gelagert werden. Danach wird bis 2 m Tiefe der vorhandene Damm entfernt. Soweit dabei schluffiger Ton angetroffen wird, wird dieser für die spätere Andeckung der Böschungen zwi-

schengelagert. Das übrige Aushubmaterial (stark schluffiger Sand mit Torfresten durchsetzt) wird entsorgt. Auf der Aushubsohle wird eine zugfestes geotextiles Gewebe so ausgelegt, dass eine erste Schüttlage aus Blähton in 60 cm Dicke vollkommen mit einer Gewebbahn eingeschlagen werden kann. Vor dem Einbau des Blähtons wird an der Böschung ein Keil aus Ton aufgesetzt, damit der Blähton zwischen diesem Keil und der Spundwand eingefasst und auf der gesamten Fläche verdichtet werden kann. Der seitlich eingebaute Ton übernimmt die Dichtfunktion bei Hochwasser. Eventuell in die Blähtonschüttung eindringendes Wasser wird durch eine unter dem Blähton angeordnete Sickerleitung gefasst und abgeleitet. Die Ableitung besitzt wegen des möglichen Hochwassers eine Rückstauklappe.

Anschließend erfolgt der Einbau einer zweiten 0,6 m dicken Blähtonlage in gleicher Weise. Die Verdichtungsprüfungen ergaben in den bisher ausgeführten Abschnitten auch auf dieser Baustelle eine „dichteste Lagerung“. Auf der Oberfläche wurden E_{V2} -Werte von 35 MN/m^2 – 45 MN/m^2 und E_{Vd} -Werte von 15 MN/m^2 – 25 MN/m^2 gemessen. Über dem Blähton werden 30 cm Kies-Sand-Gemisch eingebaut und auf 100 % Proctordichte verdichtet. Anschließend werden die aufbereiteten pechhaltigen Schichten, mit Bitumenemulsion gebunden eingebaut und auf 100 % modifizierte Proctordichte verdichtet.

Auf die darüber eingebaute Asphalttragschicht wird der Verkehr geleitet und die zweite Fahrbahnhälfte hergestellt. Nach dem Ziehen der Spundwand spannen sich die Gewebelagen unter der Auflast an, so dass sich aus dem Verbund Gewebe/Blähton eine Polsterwand bildet. Auf der zweiten Fahrbahnseite erfolgt der Einbau in gleicher Weise wie auf der ersten; lediglich wird auf die Verwendung von Gewebe zugunsten eines billigeren Vlieses verzichtet.

Bisher wurden die in die Verwendung des Blähtons gesetzten Erwartungen erfüllt. Die Ausführungspraxis wurde von Baustelle zu Baustelle sicherer. Es besteht berechnete Hoffnung, dass mit dem aus dem Bereich „Leichtbeton“ bereits bewährten Baustoff Blähton auch für spezielle Bauaufgaben im Straßenbau geeigneter Baustoff zur Verfügung steht.

Dipl.-Geol. Y. Binard-Kühnel
Baustoff- und Bodenprüfstelle, Wetzlar

Die neuen Richtlinien für geotechnische Untersuchungen und geotechnische Berechnungen im Straßenbau

Der Arbeitsausschuss 5.16 „Boden und Fels erkundung“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen hat Richtlinien für geotechnische Untersuchungen und geotechnische Berechnungen im Straßenbau erarbeitet. Diese wird die Richtlinien zur Bodenerkundung im Straßenbau Teil 1 ersetzen.

Es war notwendig die Richtlinien zu überarbeiten, weil verkehrstechnische Änderungen wie höhere Achslasten und eine erhebliche Verkehrszunahme sowie gesetzliche Änderungen beispielsweise durch neue Rechtsvorgaben im Umweltschutz (z. B. Bundesbodenschutz-Gesetz, Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz) erlassen wurden. Wesentlich ist auch, dass die neuen europäischen und nationalen Regelwerke in der Geotechnik eine verfeinerte Bearbeitung erfordern. So werden die Aufgaben entsprechend ihrer Komplexität und ihrem Schwierigkeitsgrad den Geotechnischen Kategorien (GK) zugeordnet. Außerdem werden zukünftig die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit generell zu betrachten sein.

Die Richtlinien sollen dem Planer im Straßenbau, dem Ausschreibenden bei den Leistungsbeschreibungen für die Beauftragung geotechnischer Gutachter, dem Auftragnehmer, der einen geotechnischen Bericht erarbeitet und dem Ausschreibenden der Baumaßnahme dienen.

Die hier vorgestellten Inhalte beziehen sich auf den Entwurf vom Frühjahr 2002.

Die Richtlinie ist in folgende Abschnitte gegliedert:

- 1 Allgemeines,
- 2 Geotechnische Kategorien (GK),
- 3 Geotechnische Untersuchungen,
- 4 Darstellung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse,
- 5 Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse,

- 6 Folgerungen, Empfehlungen, Hinweise,
- 7 Geotechnischer Bericht,
- 8 Geotechnische Berechnungen,
- 9 Hinweise für die Beschreibung der Boden- und Felsverhältnisse in den Verdingungsunterlagen,
- 10 Hinweise auf Rechtsvorschriften und technische Regelwerke.

Anhang

Geotechnische Kategorien

Ein inhaltlicher Schwerpunkt der Richtlinie ist die Zuordnung der straßenbaubezogenen Maßnahmen zu den geotechnischen Kategorien (GK). Die Definition des Begriffes „Geotechnische Kategorie“ wird der DIN V ENV 1997-1 entnommen.

Die weitere Differenzierung in die Geotechnischen Kategorien GK 1, GK 2 und GK 3 folgt der E DIN 1054: 2000-12. Die Einflussmerkmale nach DIN 4020 sind maßgebend für die Zuordnung geotechnischer Baumaßnahmen und Aufgaben zu den geotechnischen Kategorien.

Die Anforderungen werden nach folgenden drei Geotechnischen Kategorien (GK) eingestuft:

- GK 1 einem geringen Schwierigkeitsgrad,
- GK 2 einem üblichen Schwierigkeitsgrad und
- GK 3 einem hohen Schwierigkeitsgrad.

Sie richten sich nach

- der zu erwartenden Reaktion von Boden und Fels auf das Bauwerk,
- dem geotechnischen Schwierigkeitsgrad des Tragwerks,
- den Einflüssen des Tragwerks auf die Umgebung,
- dem Einfluss der Umgebung auf die Baumaßnahme selbst.

Geotechnische Kategorie 1 (GK 1)

Zur GK 1 gehören Erd- und Grundbauwerke, deren Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit, bzw. Baumaßnahmen, deren geotechnische Auswirkung aufgrund gesicherter Erfahrung beurteilt werden können. Die Einstufung muss ein geotechnisch erfahrener Bearbeiter vornehmen.

Im Straßenbau können hierzu beispielsweise folgende Baumaßnahmen (Bedingungen) gehören:

- Baugrubenwände von weniger als 2 m Höhe, wenn hinter den Wänden keine hohen Auflasten wirken,
- Dämme unter Verkehrsflächen bis 3 m Höhe,
- Baugruben und Gräben bei annähernd waagrechttem Gelände, die nach DIN 4124 hergestellt werden,
- Vollbodenaustausch, sofern keine besonderen Erkundungsverfahren bzw. Bewertungen erforderlich sind.

Geotechnische Kategorie 2 (GK 2)

Hierzu gehören Erd- oder Grundbauwerke sowie geotechnische Maßnahmen, bei denen die Grenzstände durch ingenieurmäßige, rechnerische Nachweise untersucht werden müssen. Im Regelfall ist ein Sachverständiger für Geotechnik hinzuzuziehen.

„Bauliche Anlagen und geotechnische Gegebenheiten, die nicht unter die geotechnische Kategorie 1 eingeordnet werden können, gehören in die Kategorie 2, sofern sie wegen ihres Schwierigkeitsgrades nicht in die Kategorie 3 eingeordnet werden müssen.“ (DIN 4020)

Geotechnische Kategorie 3 (GK 3)

Zur GK 3 zählen Erd- oder Grundbauwerke sowie geotechnische Maßnahmen mit hohem Schwierigkeitsgrad. Ein Sachverständiger für Geotechnik ist immer erforderlich. Bauwerke, Baumaßnahmen oder geotechnische Aufgabenstellungen, bei welchen das Beobachtungsverfahren angewendet werden soll, sind in die GK 3 einzustufen.

Im Straßenbau können hierzu beispielsweise folgende Baumaßnahmen bzw. Bedingungen gehören:

- dicht angrenzende verschiebungsempfindliche Bauwerke,
- Straßen auf wenig tragfähigem natürlichem Untergrund,
- Straßen auf wenig tragfähigem künstlichem Untergrund, z. B. Deponien, Halden,
- ausgeprägte Kriechfähigkeit des Bodens,
- bautechnische Maßnahmen in Heilquellen- und engeren Wasserschutzgebieten.

Geotechnische Untersuchungen

Art, Umfang und Zeitpunkt

Je nach Aufgabenstellung sind geotechnische Untersuchungen

- des Baugrunds (DIN 4020, 6.2),
- für Zwecke der Baustoffgewinnung (DIN 4020, 6.3),
- der Grundwasserverhältnisse (DIN 4020, 6.4), vorzunehmen.

Der Untersuchungsaufwand orientiert sich an

- dem Schwierigkeitsgrad der baulichen Anlage und des Untergrundes sowie
- der geotechnischen Kategorie.

Der Zeitpunkt der Untersuchungen richtet sich

- nach den Planungsphasen
- und dem Zeitbedarf für die Untersuchungen.

Felduntersuchungen, Anforderungen an die Erkundungen

Art und Umfang der Untersuchungen orientieren sich nach DIN 4020, E DIN 1054: 2000-12 und den ZTV E-StB 94/97 sowie dem Merkblatt zur Felsbeschreibung im Straßenbau.

Aufschlüsse in Boden und Fels sind als Stichproben zu bewerten. Sie lassen für dazwischen liegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu, jedoch muss die Beschreibung eines räumlichen Bildes der Baugrundeigenschaften möglich sein. Richtwerte für den Umfang der direkten Aufschlüsse sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Konstruktive Böschungs- und Hangsicherungen, Stützbauwerke, im Boden eingebettete Bauwerke	mindestens zwei Aufschlüsse und Aufschlussabstand ≤ 25 m
Brückenbauwerke (einbahnig)	mindestens ein Aufschluss je Widerlager und Stütze
Brückenbauwerke (zweibahnig)	mindestens zwei Aufschlüsse je Widerlager und Stütze
Flächenhafte Gründungen (z. B. Wannen)	mindestens drei Aufschlüsse und Aufschlussabstand ≤ 25 m
Querungen und Entwässerungseinrichtungen, Leitungsgräben	mindestens ein Aufschluss und Aufschlussabstand ≤ 50 m
Regenrückhaltebecken (Erdbecken)	mindestens 3 Aufschlüsse

Tab. 1: Umfang der direkten Aufschlüsse (Richtwerte)

In der Regel ist an der Stelle

- des höchsten Dammprofils,
- beim Übergang vom Damm zum Einschnitt und
- beim tiefsten Einschnittprofil ein Aufschluss erforderlich.
- Aufschlüsse können senkrecht zur Bauwerksachse (Querprofile) erforderlich werden (bei heterogenem Baugrund, bei Einschnitten und Dämmen mit Tiefen bzw. Höhen von mehr als 5 m).

Sonderbauwerke

Art und Umfang der Aufschlüsse und ggf. zusätzliche Aufschlussverfahren legt der geotechnische Sachverständige fest.

Aufschlusstiefen

Die Aufschlüsse sind so tief zu führen, dass alle Schichten und Grundwasserverhältnisse, die sich auf das Bauwerk auswirken können, sicher erfasst werden (ZTV E-StB 94/97, 2.1.2). Bei der Festlegung der Aufschlusstiefen ist DIN 4020 zu beachten.

Laboruntersuchungen

Geotechnische Laboruntersuchungen umfassen boden- und felsmechanische Untersuchungen sowie Analysen von Wasserproben. Bei der Versuchsdurchführung sind gültige Normen sowie die im Straßenbau eingeführten technischen Regelwerke zu beachten. Die verwendeten Proben müssen die für die vorgesehenen Untersuchungsverfahren erforderliche Güteklasse nach DIN 4021 aufweisen.

Art und Umfang richten sich nach den anzutreffenden bzw. angetroffenen Boden- und Festgesteinschichten sowie nach der Baumaßnahme und der geotechnischen Kategorie. Jede Schicht, welche die Baumaßnahme beeinflusst oder durch die Baumaßnahme beeinflusst wird, ist zu berücksichtigen.

Geotechnischer Bericht

Im geotechnischen Bericht werden die Inhalte und Ergebnisse der Untersuchungen dargestellt und für die Baumaßnahme bewertet (Tabelle 2). Folgerungen aus den Untersuchungen führen zu Empfehlungen und Hinweisen für die Baumaßnahme. Der Umfang ist von der Planungsphase ab-

hängig. Für den geotechnischen Bericht wird folgende Gliederung vorgeschlagen:

- 1 Veranlassung, Bauvorhaben, Unterlagen, Untersuchungen,
- 2 Untersuchungsgebiet, geotechnische Untersuchungsergebnisse,
- 3 Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse für die Baumaßnahme,
- 4 Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise,
- 5 Zusammenfassung.

Folgende Anlagen sollten Bestandteil des geotechnischen Berichtes sein:

1. Lagepläne,
2. Schnitte,
3. Baugrundaufschlüsse und Felduntersuchungen,
4. Laboruntersuchungen,
5. Geotechnische Berechnungen.

Anhang mit Fotodokumentation der Aufschlüsse

Zusammenfassung

Der Arbeitsausschuss 5.16 der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen hat die alten Richtlinien zur Bodenerkundung im Straßenbau Teil 1 überarbeitet. Sie werden Ende 2002/Anfang 2003 unter dem Titel: Richtlinien für geotechnische Untersuchungen und geotechnische Berechnungen im Straßenbau herausgegeben.

In den Richtlinien werden die geotechnischen Kategorien für Maßnahmen des Straßenbaus definiert, Art und Anzahl der geotechnischen Untersuchungen, insbesondere auch im Zusammenhang mit den Planungsphasen werden beschrieben, die Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse wird erläutert sowie notwendige Folgerungen und Empfehlungen genannt. Angaben zur Ausarbeitung des geotechnischen Berichts im Zusammenhang mit dem Planungsstand sollen die Anforderungen für Auftraggeber und Auftragnehmer transparent machen. Hinweise werden zu den geotechnischen Berechnungen, der Beschreibung der Boden- und Felsverhältnisse in den Verbindungsunterlagen sowie den Rechtsvorschriften und den technischen Regelwerken gegeben.

1	2	3	4	5	6	7	8
Geotechnischer Bericht im Straßenbau (Gliederung gem. Anhang, Anlage 1)	Kapitel in der Richtlinie	Berichtsinhalt	Linienbestimmungsverfahren § 16 FStG	Vorwurf	Planfeststellung	Bauentwurf	Anlagen zum Geot. Bericht (gem. Anhang, Anlage 2)
1. Veranlassung, Bauvorhaben, Unterlagen, Untersuchungen	Kapitel 4	1.1 Veranlassung	X	X	X	X	
		1.2 Bauvorhaben	X	X	X	X	
		1.3 Zur Verfügung gestellte Unterlagen	X	X	X	X	
		1.4 Durchgeführte Untersuchungen (Feld- und Laborversuche)	-	X	X	X	
		1.5 Sonstiges					
2. Darstellung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse	Kapitel 4	2.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes (allgem. Bodenverhältnisse)	X	X	X	X	1.
		2.2 Beschreibung und Darstellung des Baugrundes, einschl. der Grundwasserverhältnisse	-	X	X	X	bis
		2.3 Beschreibung und Darstellung des Bodens als Baustoff	-	X	X	X	4.
3. Bewertung der geot. Untersuchungsergebnisse	Kapitel 5	3.1 Einflüsse auf die Baumaßnahme ³	-	X	X	X	
		3.2 Baugrundbeurteilung der erkundeten Schichten ³	-	X	X	X	
		3.3 Beurteilung von Boden und Fels als Baustoff ³	-	X	X	X	
		3.4 Vorschläge für weitere geotechnische Untersuchungen ⁴	X	X	X	X	
4. Folgerungen, Empfehlungen, Hinweise	Kapitel 6	Für Erd-, Kunst- und Stützbauwerke sowie konstruktiver Böschungs- und Hangsicherungen, Querungen, Entwässerungseinrichtungen sind nachfolgende Abschnitte zu bearbeiten:					5.
		4.1 Vorgaben	X	X	X	X	
		4.2 Geotechnische Kategorien	-	X	X ¹⁾	-	
		4.3 Empfehlungen und Hinweise für die Entwurfsbearbeitung und Bauausführung ⁵	X	X	X	X	
		4.4 Ersteinschätzung von Gefährdungen (z. B. Verdacht auf Alllasten, Kampfmittel)	X	X	X	X	
	4.5 Berücksichtigung Belange Dritter	X	X	X	X		
5. Zusammenfassung	Kapitel 6		X	X	X	X	
¹ Abschließend ² Ergänzungen zum Geotechnischen Bericht zur Planfeststellung – soweit erforderlich. ³ Hinweise, wenn die im Berichtsabschnitt 2 beschriebenen Untersuchungsergebnisse als unzureichend, ungenau, mangelhaft oder in Bezug auf die bauliche Anlage als nicht anwendbar eingeschätzt werden und/oder eine Prüfung der Plausibilität von gewonnenen, ungewöhnlichen Untersuchungsergebnissen notwendig ist. ⁴ Hinweise auf Untersuchungen bei vermuteten oder erkannten Kontaminationen, Hinweise zu Beweissicherungen, Vorschlag für ein Programm geotechn. Untersuchungen und/oder Messungen mit Angaben über Art, Umfang und Zeitpunkt bzw. Benennung noch als notwendig erachteter ergänzender Untersuchungen. ⁵ Empfehlungen zur Böschungsgestaltung, Gründungsbildung, entwässerungstechnische Maßnahmen (Bauzeit), Bodenverbesserung, Ausbildung von Baugruben, etc.							

Tab. 2: Bearbeitungshinweise für geotechnische Berichte in den Untersuchungsphasen (Abschnitt 3.1.4)

Zitierte Regelwerke:

Bodenerkundung im Straßenbau	Teil 1: Richtlinien für die Beschreibung und Beurteilung der Bodenverhältnisse (1968) Teil 2: Richtlinien für die Vergabe von Aufträgen zur Begutachtung der Bodenverhältnisse (1977)	DIN V ENV 1997-1, 96 E DIN 1054: 2000-12	Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1: Allgemeine Regeln Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
------------------------------	--	---	---

-
- DIN 4020: 1990-10 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke
- DIN 4021: 1990-10 Baugrund, Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben
- DIN 4124: 1981-08 Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau
- FGSV 543 (1992) Merkblatt zur Felsbeschreibung für den Straßenbau
- FGSV 591 (1999) Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau (TP BF-StB), Gesamtwerk
- ZTV E-StB 94/97 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

Diskussion

Hillmann

Herr SCHOLZ-SOLBACH, gibt es die Anwendung von Tiefenrüttlern so häufig im Bereich des Straßenbaus, dass es sinnvoll ist, das Merkblatt über die Anwendung von Tiefenrüttlern zu aktualisieren, oder ist die Anwendung eher selten, das wir sagen können, das streichen wir einfach ersatzlos?

Tophinke

Beim Bodenaustauschverfahren ist es ganz häufig so, dass wir den Füllboden in Form von gleichkörnigen Sanden locker in die Baugrube hineinschütten. Dann hätten wir dort den klassischen Fall des Bauens auf lockerster Lagerung. Das haben wir bisher immer gewagt. Das hält, das gibt auch keine Setzung. Probleme gibt es erst dann, wenn wir da ein Brückenbauwerk drauf setzen sollten. Das haben wir uns für normale Brückenkonstruktionen bisher nicht getraut. Dann stehen praktisch eine Pfahlgründung und eine Tiefenverdichtung in Konkurrenz, die nach unserer Erfahrung ungefähr preisgleich sind. Ist nun der Brückenbauer der Federführende, will der natürlich eine Pfahlgründung haben, das kennt er und da weiß er, was er hat. Ist der Baugrundgutachter für die Straße der Federführende, dann kommt der schon mal zu dem Punkt, das Tiefenrütteln anzunehmen. In dieser Situation hat tatsächlich die Tiefenrüttlung für meinen Geschmack eine ganz erhebliche Bedeutung, weil es sinnvoller ist, einen sanften Übergang des locker gelagerten Untergrunds von der Straße in den Bereich der Brücke, in dem es dann etwas fester werden muss, zu schaffen, als abrupt einfach die tiefgegründete Brücke da stehen zu haben. Im übrigen kann man sehr wohl mit dem Handwerkszeug dieses Merkblattes die notwendigen bautechnischen Maßnahmen und die Leistungen beschreiben, die vom Unternehmer zu erbringen sind. Man muss dafür sorgen, dass dieses Merkblatt in geeigneter Form Vertragsbestandteil wird. Also nicht pauschal das Merkblatt zum Vertragsbestandteil machen, sondern man setzt die Stücke in der Leistungsbeschreibung ein, die man haben will. Dafür gibt dieses Merkblatt einen durchaus vernünftigen Handlungsrahmen.

Hillmann

Ich interpretiere ihre Ausführungen als Plädoyer für den Fortbestand des Merkblattes.

Tophinke

Ich komme ohne das Ding aus, weil ich das oft genug gemacht habe. Aber für jemanden, der zum

ersten Mal vor der Aufgabe steht, für den ist es ein absolut brauchbarer Handlungsrahmen.

Biller

Ich habe eine Frage zu den Subrosionsgebieten in Sachsen-Anhalt. Mich interessiert, was bei den Strecken gemacht wird, die im Einschnitt liegen und was für Sicherungsmaßnahmen ggf. vorgesehen werden.

Schmidt

Wir haben den günstigen Umstand zu verzeichnen, dass wir noch keine Einschnittslagen hatten, sondern ausschließlich auf Dammbauwerke zurückgreifen konnten und somit die Sicherung auch problemlos eingebracht haben. Wir haben einen Kostenvergleich angestellt und da kommt natürlich die Stahlbetonlösung günstiger weg als die Geokunststoffkonstruktion oder Bewehrung bei Einschnittslage. Das haben wir verglichen. Bauwerke müssen in die Geokunststoffkonstruktion eingebettet werden. Die ganzen Widerlager sind dort mit eingebaut. Man muss dann Damm und Bauwerk insgesamt sehen.

Biller

Ich wollte noch etwas sagen zu der tiefgründigen Bodenstabilisierung. Wir haben in Deutschland nicht allzu viele Verfahren, aber für dieses CSV-Verfahren, dass von der Fa. Bauer sehr propagiert wird, soll demnächst noch ein Merkblatt für die Herstellung, Bemessung und Qualitätssicherung für Stabilisierungssäulen zur Untergrundverbesserung – so ist das betitelt – herausgebracht werden. Es bezieht sich auf dieses CSV-Verfahren und wird wohl von Prof. FLOSS auf der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik vorgestellt. Es liegt also schon im Entwurf vor.

Hillmann

Wer bringt das heraus, die Fa. Bauer oder die Deutsche Gesellschaft für Geotechnik?

Biller

Ich denke mal die Deutsche Gesellschaft für Geotechnik.

Hillmann

Wir haben immer das Problem, mit dem wir uns dann schwer tun, wenn wir für einen Baustoff oder ein Bauverfahren nur einen Produzenten haben. Wenn es für einen Baustoff oder Verfahren mehrere Produzenten gibt, ist es kein Problem. Wir kön-

nen für einen Baustoff, für den es nur einen Produzenten gibt oder ein firmengebundenes Bauverfahren, kein Arbeitspapier oder Merkblatt oder Technische Vorschrift machen.

Radeke

Bei den Geogittern interessiert mich, warum das versagt hat? Das interessiert mich sehr, weil wir das auch anwenden möchten.

Schmidt

Das Versagen hat nichts mit der Geokunststoffkonstruktion zu tun gehabt. Durch einen Wartungsfehler in einem Registrierkasten ist die Anlage nicht scharf gewesen. Ganz simpel gesagt, die war ausgeschaltet. Die Anlage hat funktioniert, nur das Signal ist nicht weiter gegangen.

Radeke

Ich wollte noch die kritischen Anmerkungen von Herrn SCHMIDT zu der Anrechenbarkeit der Bodenverfestigung bei F2- und F3-Böden aus unserer Sicht kurz verstärken. Wir haben bei unseren Neubaustrecken A 71, A 73 im Bereich Nordbayern überlegt und auch Eignungsuntersuchungen gemacht. Wir sind der Meinung, der Faktor Kostensparnis ist sehr kritisch zu beurteilen, denn es kommt der Zeitfaktor dazu für die Aufbereitung und die entsprechenden Prüfungen, die ich bei der Verfestigung machen muss. Unsere gemischtkörnigen und feinkörnigen Böden brauchen so viel Bindemittel, dass wir von dieser Idee eigentlich im Vorfeld schon abgekommen sind.

Wiechmann

Zu den Ausführungen von Herrn SCHMIDT: Diese Tabelle 8 in den neuen RStO, wer die verbochen hat, also ich möchte mich darüber nicht weiter auslassen, die verunsichert mehr, als sie irgendwie helfen wird. Zu diesen Bodenverfestigungen oder Stabilisierungen. Wir hatten schon in Landshut bei der Erd- und Grundbautagung von Herrn Prof. LISTNER – der war Vorsitzender des AA Frost – gehört über die Abminderung der frostsicheren Dicke. Ich habe ihm seinerzeit gesagt und habe mit ihm darüber korrespondiert, das nützt doch gar nichts, wenn ich die frostsichere Dicke niedrig halte. Ich brauche eine Mindestdicke wegen der Tragfähigkeit, dass wird also immer dabei vergessen. Ich dachte auch erst, das Herr SCHMIDT wieder auf diese Sache raus wollte, weil es ja heißt Anrechnung. Aber so wie ich ihn letztendlich verstanden

habe, geht es bei ihm mehr darum, den E_{V2} -Wert sicher mit 45 MN/m^2 auf dem Planum zu erreichen. Allerdings habe ich eine Abneigung gegen die Stabilisierung oder Verfestigung im Planum mit Zement. Das wird in der Regel auf der Baustelle so gehandhabt: Viel Zement hilft viel. Das hilft auch dem Bauunternehmer viel, der kann mit dicken Fahrzeugen wie auf einer dicken Betonplatte fahren. Jetzt bringen Sie mal auf dieser verfestigten, harten Schicht eine ungebundene Tragschicht auf, rolliges Material, das können Sie gar nicht verdichten, d. h., diese stabilisierte Schicht müsste sogar noch gekerbt werden. Also, ich halte von dieser Sache recht wenig. Das ist wie eine Torte. Ich habe unten einen festen Boden, dann matsche ich Sahne dazwischen und dann kommt oben der schwarze Schokoladenguss drauf, das ist dann meine Schwarzdecke.

Baumaßnahmen

Referenten

Dipl.-Ing. B. Schuppener

Dipl.-Geol. Dr. M. Dietrich

Dr.-Ing. B. Schuppener
Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

Die Sicherung von steilen Böschungen mit Pflanzen am Beispiel eines Lärmschutzwalles an der BAB A 113 in Berlin

1 Einleitung

Bei Böschungssicherungen aus Buschlagen und/oder Heckenlagen (SCHIECHTL, 1987), im Folgenden „Lebend Bewehrte Erde“ genannt, wird durch die Verbindung von Boden mit Pflanzenteilen ein Stützkörper hergestellt (siehe Bild 1). Dieser Stützkörper gewährleistet die Standsicherheit des Geländesprungs. Die eingelegten Zweige und Äste von adventivwurzelnbildenden Pflanzen – meistens

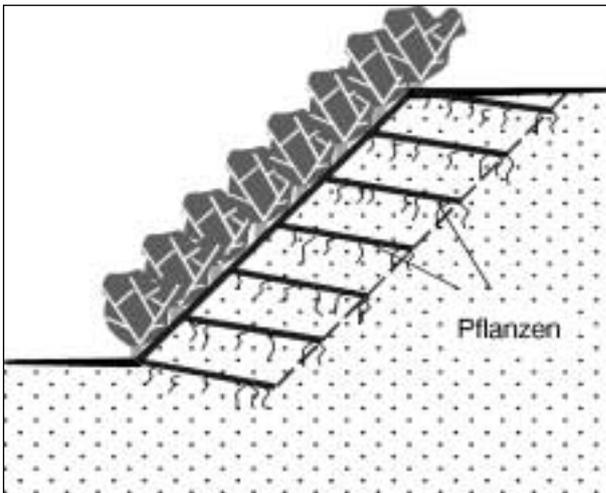


Bild 1: Schematische Darstellung einer Böschungssicherung mit „Lebend Bewehrter Erde“

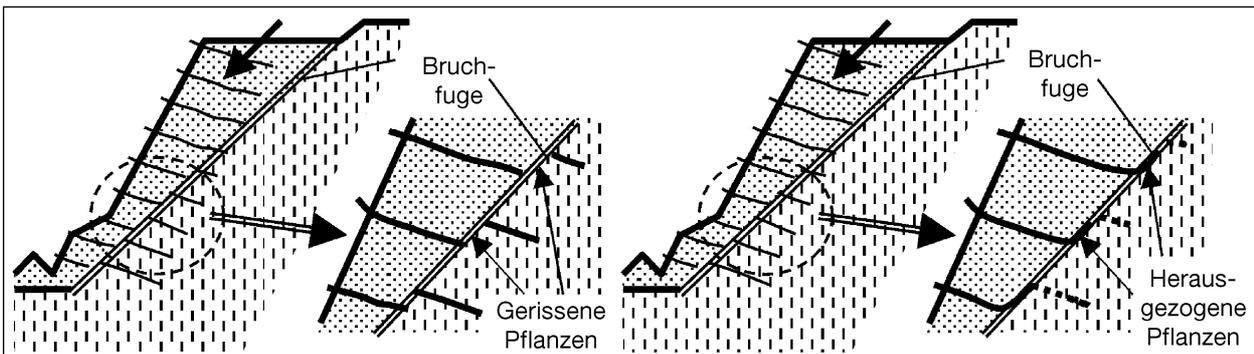


Bild 2: Versagensmechanismen bei einer Böschungssicherung mit Pflanzen, bei der die Pflanzen reißen oder herausgezogen werden

Weiden – verrotten nicht, sondern bleiben am Leben, indem sie sich bewurzeln. Damit sorgen sie für die Dauerhaftigkeit der Konstruktion. Der oberirdische Teil der Pflanzen treibt im Frühjahr aus. Sein Laub sorgt für einen Schutz gegen Erosion durch Wind und Niederschläge, aber auch gegen ein Austrocknen des Bodens.

Der erste Ansatz zur Berücksichtigung des Beitrags von Pflanzen bei der Stabilisierung von Böschungen beschrieb die Bewehrungswirkung der Pflanzen mit einem Coulombschen Reibungsansatz (SCHUPPENER, 1994). In der Zwischenzeit sind eine Reihe von Modell- und Feldversuchen zur Bestimmung des Tragverhaltens durchgeführt worden, die im Folgenden dargestellt werden. Sie zeigen, dass man mit hinreichender Genauigkeit die Verbundfestigkeit zwischen Pflanzen und Boden mit einem konstanten Wert beschreiben kann. Auf dieser Grundlage wird ein Bemessungsmodell entwickelt, mit dem eine ingenieurbio-logische Böschungssicherung im Hinblick auf die Zahl, die Länge und die Dicke der einzulegenden Pflanzen bemessen werden kann. Dabei wird das Teilsicherheitskonzept der neuen DIN 1054 (2000) verwendet.

2 Tragverhalten von ingenieurbio-logischen Böschungssicherungen

Bei Stützbauwerken sind

- der Nachweis der Äußeren Standsicherheit und
- der Nachweis der Inneren Standsicherheit

zu führen. Beim Nachweis der Äußeren Standsicherheit wird gezeigt, dass der gesamte Geländesprung mit dem Stützbauwerk standsicher ist, d. h. dass z. B. kein Geländebruch auftritt. Beim Nachweis der Inneren Standsicherheit wird gezeigt, dass der Stützkörper in der Lage ist, die in seinem

Inneren auftretenden Spannungen aufzunehmen, welche die äußeren Kräfte und sein Eigengewicht in ihm erzeugen. Dieser Nachweis dient dazu, den Stützkörper „Lebend Bewehrte Erde“ hinsichtlich der Zahl, Länge und Dicke der einzulegenden Pflanzen zu dimensionieren.

Bei einem Verlust der Inneren Standsicherheit gibt es zwei Versagensmöglichkeiten (siehe Bild 2). Im ersten Fall reicht die Festigkeit des Holzes der Pflanze nicht aus, die Pflanzen reißen an der Bruchfuge oder in der Nähe ab oder werden abgeschert. Ein solches Versagen ist möglich, wenn die Pflanzen im Boden sehr stark bewurzelt sind und dadurch ein sehr guter Verbund zwischen der Pflanze und dem Boden erreicht worden ist. Es kann aber auch der Fall eintreten, dass die eingelegten Pflanzen beim Rutschvorgang aus dem Boden herausgezogen werden. Dieser Versagensmechanismus ist kurz nach der Herstellung der Böschungssicherung möglich, wenn die Pflanzen noch nicht bewurzelt sind und der dadurch erzeugte gute Verbund zwischen Pflanze und Boden noch fehlt. Dieser Zustand nach Herstellung der Böschung ist für die Standsicherheit maßgebend. Wesentlicher Parameter für ein Bemessungsmodell ist daher eine wirklichkeitsnahe Erfassung des Auszieh Widerstandes von Pflanzen.

3 Versuche zur Überprüfung des Bemessungsmodells

Zur Ermittlung des Auszieh Widerstands wurden seit dem Frühjahr 1995 bei der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) in Berlin gezielte Forschungen durchgeführt, die in vegetationskundlichen Fragen durch das Büro Prof. NEUMANN + Prof. HOFFMANN begleitet wurden. Die Untersuchungen umfassen Ausziehversuche in einem Versuchskasten im Labor und in Probeböschungen, an denen das Wachstum der Pflanzen und die Entwicklung ihrer Tragfähigkeit als Bewehrungselement untersucht wurden.

Der Versuchskasten für die Ausziehversuche besteht aus einer Stahlkiste, die schichtweise mit Sand gefüllt wird, wobei eine Pflanze eingebaut wird (siehe Bild 3). Unter dem Stahldeckel befindet sich ein Druckkissen, mit dem man über Luftdruck eine festgelegte Normalspannung auf den Boden und damit auch auf die Umfangsfläche der Pflanze aufbringen kann. An den Enden schaut die Pflanze aus dem Kasten heraus. An einem Ende wird die

Pflanze über eine Klemmvorrichtung und ein Drahtseil mit einem Getriebe auf Zug belastet und dabei die Verschiebung und die Kraft gemessen. Diese Versuchseinrichtung entspricht im wesentlichen den Vorgaben des Entwurfs der DIN EN 13738 (2000), die ein Prüfverfahren festlegt, mit dessen Hilfe im Laboratorium unter Verwendung eines Ausziehkastens der Widerstand bestimmt werden kann, den Geotextilien gegen Herausziehen aus dem Boden besitzen.

Neben den Ausziehversuchen im Labor wurden auf dem Gelände der BAW in Berlin Probeböschungen aus einem schwach schluffigen, schwach feinkiesigen Sand mit einer Proctordichte von $D_{Pr} \approx 92\%$ hergestellt und dabei Pflanzen eingelegt. Die Böschungen erreichten Höhen zwischen 2,50 m und 3,0 m, die Böschungsneigungen lagen bei $\beta = 45^\circ$ und $\beta = 60^\circ$. Die Pflanzen hatten einen Durchmesser von etwa 2 cm und eine Länge von etwa 2,0 m. Sie wurden mit einer Neigung von $\alpha = 10^\circ$ in Lagen eingebaut, deren vertikaler Abstand 0,5 m betrug. Bei diesen Probeböschungen sollte neben vegetationskundlichen Problemen folgenden bodenmechanischen Fragen nachgegangen werden:

- Wie eng und in welcher Länge darf man Pflanzen legen, ohne dass sie auf Dauer an Vitalität verlieren oder gar absterben?
- Wie entwickelt sich die Tragfähigkeit der Pflanzen im Laufe der Jahre?

Es wurden daher gleich nach der Herstellung der ersten Probeböschung im Mai 1995 Ausziehversuche an den eingelegten Pflanzen durchgeführt, die ganz ähnlich wie bei Pfählen oder Ankern im Grundbau ablaufen, nur sind die verwendeten Geräte wegen der erheblich kleineren Kräfte handlicher und kleiner. Bei den Zugversuchen an der Probeböschung konnten auch die 2 m langen Pflanzen aus dem Boden gezogen werden. Maßge-

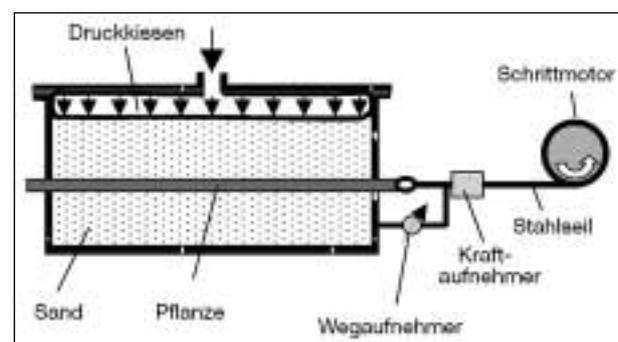


Bild 3: Versuchskasten für Ausziehversuche

bend ist im unbewurzelten Zustand der Pflanzen damit nicht die Zugfestigkeit des Holzes sondern die Verbundfestigkeit zwischen Boden und Pflanze.

Die Ergebnisse der ersten Ausziehversuche sind zusammen mit den Ergebnissen der Modellversuche im Bild 4 dargestellt, in dem die maximal mobilisierbare Verbundspannung τ_f , die Verbundfestigkeit zwischen Boden und Pflanze über der auf die Umfangsfläche der Pflanze wirkenden mittleren Normalspannung σ aufgetragen ist. Man erkennt drei wesentliche Ergebnisse:

- Ausgehend von einem Anfangswert nimmt die Verbundfestigkeit τ_f proportional zur Normalspannung σ zu.
- Die Verbundfestigkeit τ_f nimmt mit der Proctordichte D_{Pr} des Bodens zu.
- Die Verbundfestigkeit τ_f der noch unbewurzelten Pflanzen unmittelbar nach Herstellung der Probeföschung (offene Kreise) stimmt gut mit denen der Modellversuche im Versuchskasten überein.

Nach der ersten Vegetationsperiode wurden erneut Zugversuche durchgeführt. Man erkennt deutlich den Zuwachs an Verbundfestigkeit τ_f durch die Bewurzelung der eingelegten Pflanzen. Im Bild 4 sind nur die Ergebnisse von den 6 Versuchen dargestellt, bei denen es möglich war, die Pflanze aus dem Boden zu ziehen. Bei 4 Versuchen riss das Holz unmittelbar hinter der Krafteinleitungsstelle. Hier war durch die Bewurzelung die aufnehmbare Verbundspannung so groß geworden, dass nun die Zugfestigkeit des Holzes für die Tragfähigkeit maßgebend wurde.

Weitere 7 Zugversuche wurden nach 4 Vegetationsperioden im Sommer 1998 durchgeführt. Ein Herausziehen der Pflanzen gelang lediglich bei den zwei Pflanzen, die am oberen Rand der Böschung eingebaut worden waren und eine Überdeckung von nur 0,5 m hatten. Man erkennt, dass die maximal mobilisierbare Verbundspannung noch einmal ganz beträchtlich angestiegen war.

Dieser Zuwachs der Tragfähigkeit durch die Bewurzelung der Pflanzen während der ersten Vegetationsperioden stellt eine durchaus nutzbare Reserve für den Fall dar, dass Teile der eingelegten Pflanzen im Laufe der Zeit ausfallen. Die verbleibenden Pflanzen sind durch den Zuwachs an Tragfähigkeit dann in der Lage, die Funktion der ausgefallenen Pflanzen zu übernehmen.

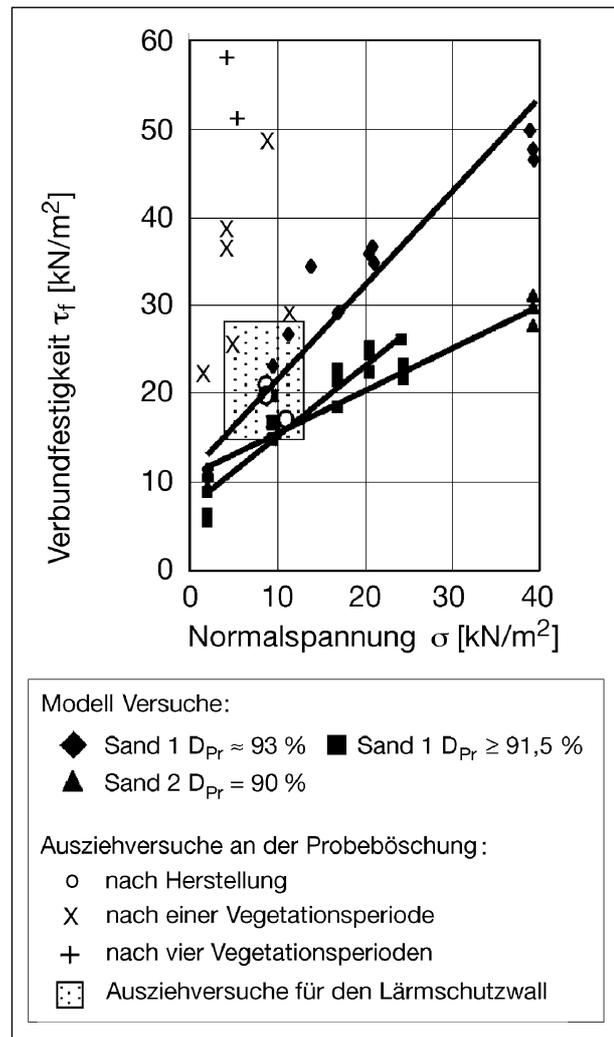


Bild 4: Ergebnisse der Versuche im Modellkasten und der Versuche an der Probeföschung

Neben den Zugversuchen wurden systematische pflanzenkundliche Untersuchungen durchgeführt. Obgleich keinerlei Pflegemaßnahmen vorgenommen wurden, blieben die Ausfälle unter 10 %. Wesentliches Ergebnis für die Funktion als Stützbauwerk war, dass im Boden über die gesamte Länge der Pflanzen von etwa 2,0 m eine Bewurzelung festgestellt werden konnte (SCHUPPENER, B. & HOFFMANN, J., 1999). Damit ist sichergestellt, dass die Pflanzen auf voller Länge überleben.

Mittlerweile ist die Bauweise „Lebend Bewehrte Erde“ auch bei Erdbaumaßnahmen in der Praxis angewandt worden. So an der Autobahn A 113 bei Berlin, wo die steilen Böschungen eines Lärmschutzwalls mit dieser Bauweise gesichert wurden. Dabei wurden 4 bis 6 cm dicke und 3 m lange Weiden verwendet, die auf Bermen verlegt, mit einem schwach tonigen, schluffigen und schwach feinkie-sigen Sand eingeschüttet wurden. Anschließend



Bild 5: Auslegen und Einerden von Pflanzen auf einer Berme und Verdichten mit einer Vibrationswalze

wurde der Boden mit einer Vibrationswalze auf eine Proctordichte von $D_{Pr} \approx 97\%$ verdichtet (Bild 5).

Auch hier wurden Zugversuche an gerade eingebauten, also noch unbewurzelten Pflanzen durchgeführt, die eine Überdeckung von 0,4 m bis 0,7 m hatten, was einer mittleren Normalspannung σ von 5 kN/m^2 bis 10 kN/m^2 entspricht. Die Ausziehversuche ergaben bei 8 Zugversuchen eine mittlere Verbundfestigkeit von $\tau_f = 24 \text{ kN/m}^2$, die etwas höher ist als an der Probeföschung in Alt Stralau, was auf die ebenfalls höhere Proctordichte zurückzuführen ist. Eine Zusammenfassung aller bisherigen Versuchsergebnisse zeigt Bild 4. Man erkennt eine verhältnismäßig große Streuung der Verbundfestigkeit, was auf die unregelmäßige und von Pflanze zu Pflanze immer wieder andere Geometrie zurückzuführen ist. Eine quantitative Auswertung der Versuche zeigt, dass der Einfluss der Normalspannungen σ auf die Verbundfestigkeit τ_f in der Streuung der Versuchsergebnisse untergeht. Bei einer Böschungsneigung von 1:1 und Pflanzenlängen von 2 m sind die auf den Pflanzenumfang wirkenden Normalspannungen σ immer kleiner als 25 kN/m^2 . In Anbetracht der großen Streuung der Verbundfestigkeit liegt es daher nahe, bei einer Bemessung einer Böschungssicherung mit Pflanzen von einem konstanten Wert für die Verbundfestigkeit τ_f auszugehen. Auf Grundlage der bisher durchgeführten Versuche kann bei einer Proctor-

dichte von $D_{Pr} \geq 93\%$ der Bemessungswerte der Verbundfestigkeit auf der sicheren Seite liegend zu $\tau_{f,k} = 15 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden.

4 Bemessungsmodell

Grundlage des Bemessungsmodells für ingenieurbiologische Böschungssicherungen der Bauweise „Lebend Bewehrte Erde“ ist das Teilsicherheitskonzept. Danach ist nachzuweisen, dass im Grenzzustand der Tragfähigkeit der Bemessungswert der Widerstände W_d größer oder gleich dem Bemessungswert E_d der Einwirkungen ist:

$$W_d \geq E_d \quad (1)$$

Bei der Ermittlung der Einwirkungen und Widerstände werden folgende vereinfachende und auf der sicheren Seite liegende Annahmen getroffen (siehe Bild 6):

- Der für die Bemessung maßgebende Bruchzustand ist - ähnlich wie bei der Erddruckberechnung nach COULOMB - durch eine gerade Bruchfläche gekennzeichnet.
- Bei einer Gleichgewichtsbetrachtung an diesem Bruchkörper bilden das Eigengewicht G des Bruchkörpers und die Verkehrslast q bzw. ihre parallel zur Bruchfläche wirkenden Komponenten $T_{G,d}$ und $T_{Q,d}$ die Einwirkungen.

- Die Widerstände setzen sich zusammen aus den Bemessungswerten der Reibung R_d und der Kohäsion K_d des Bodens sowie aus der Tragfähigkeit Z_d der Pflanzen.

Damit ergibt sich für die Grenzzustandsgleichung (1):

$$R_d + K_d + Z_d \geq T_{G,d} + T_{Q,d} \quad (2)$$

Löst man dann die Gleichung (2) nach Z_d auf, so erhält man den Bemessungswert der Tragfähigkeit Z_d der Pflanzen, der erforderlich ist, um eine ausreichende innere Standsicherheit der Böschung zu gewährleisten:

$$Z_d \geq T_{G,d} + T_{Q,d} - (R_d + K_d) \quad (3)$$

Die Bemessungswerte $T_{G,d}$ und $T_{Q,d}$ der Einwirkungen werden ermittelt, indem zunächst das Eigengewicht G des Bruchkörpers mit der Wichte γ ermittelt wird:

$$G = H \cdot B/2 \cdot \gamma = H^2 \cdot \gamma \cdot (\text{ctg } \vartheta - \text{ctg } \beta) / 2$$

Mit der Verkehrslast q ergeben sich dann die charakteristischen Werte (Index „k“):

$$T_{G,k} = G \cdot \sin \vartheta$$

$$T_{Q,k} = B \cdot q \cdot \sin \vartheta = H \cdot (\text{ctg } \vartheta - \text{ctg } \beta) \cdot q \cdot \sin \vartheta$$

die dann zur Bestimmung der Bemessungswerte (Index „d“) mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten für die ständigen und veränderlichen Lasten γ_G und γ_Q zu multiplizieren sind:

$$T_{G,d} = T_{G,k} \cdot \gamma_G$$

$$T_{Q,d} = T_{Q,k} \cdot \gamma_Q$$

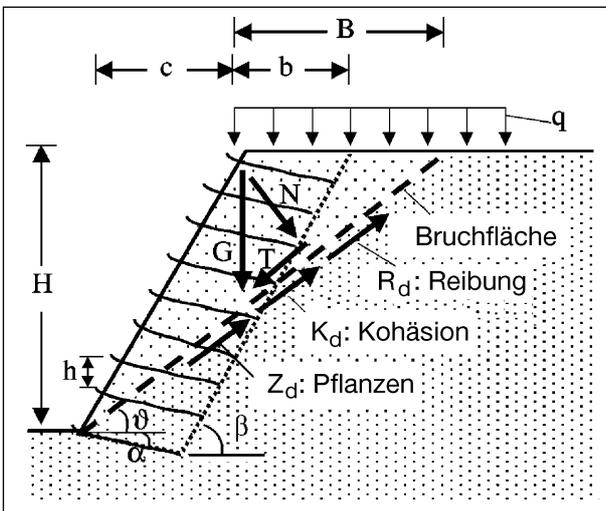


Bild 6: Böschungssicherung mit Bruchkörper und Kräften

Die Teilsicherheitsbeiwerte können dem Eurocode 7 (2001) oder der DIN 1054 (2000) entnommen werden, wobei die Werte der DIN 1054 in ihrer Größe vom Lastfall abhängen.

Die Bemessungswerte der Widerstände des Bodens werden aus der Böschungsgeometrie und dem Eigengewicht des Bruchkörpers mit den Bemessungswerten der Scherparameter φ_d und c_d ermittelt, die sich aus den charakteristischen Werten der Scherparameter φ_k und c_k durch die Einführung von Teilsicherheitsbeiwerten γ_φ und γ_c ergeben:

$$\tan \varphi_d = (\tan \varphi_k) / \gamma_\varphi, \quad c_d = c_k / \gamma_c$$

Daraus ergeben sich die Bemessungswerte des Bodens R_d und K_d zu:

$$R_d = N \cdot \tan \varphi_d = G \cdot \cos \vartheta \cdot \tan \varphi_d$$

$$K_d = c_d \cdot H / \sin \vartheta$$

Die Ausziehversuche im Labor und an der Probeböschung haben gezeigt, dass man die zwischen Pflanze und Boden mobilisierbare Verbundfestigkeit $\tau_{f,k}$ in hinreichend genauer Näherung mit einem konstanten Wert beschreiben kann. Damit ergibt sich der Auszieh Widerstand P_k der einzelnen Pflanzen zu:

$$P_k = \pi \cdot D \cdot l \cdot \tau_{f,k}$$

mit dem Pflanzendurchmesser D und ihrer Verankerungslänge l im Boden (siehe Bild 7).

In dem Nachweis der inneren Standsicherheit wird lediglich die parallel zur Bruchfläche mobilisierbare Komponente Z_k des Auszieh Widerstandes aller mitwirkenden Pflanzen angesetzt. Mit der Neigung ϑ der Bruchfläche, der Neigung α der Pflanze und der gesamten Verankerungslänge $L = \sum l_i$ aller beanspruchten Pflanzen ergibt sich:

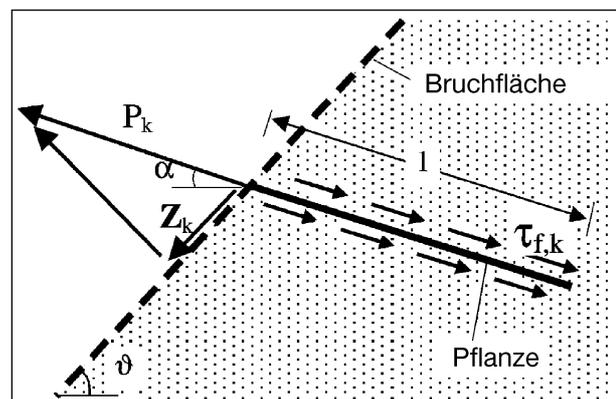


Bild 7: Prinzipskizze zum Tragverhalten der Pflanzen

$$Z_k = \sum P_{k,i} \cdot \cos(\alpha + \vartheta)$$

$$Z_k = \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau_{f,k} \cdot \cos(\alpha + \vartheta)$$

Mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_P für die Tragfähigkeit der Pflanzen ist dann der Bemessungswert der Tragfähigkeit der Pflanzen:

$$Z_d = Z_k / \gamma_P = \pi \cdot D \cdot L \cdot \tau_{f,k} \cdot \cos(\alpha + \vartheta) / \gamma_P \quad (4)$$

So lange die untersuchte Bruchfläche in einem Abstand $B \leq b/2$ von der Oberkante der Böschung austritt (siehe Bild 6), sind die Verankerungslängen der einzelnen Pflanzen luftseitig von der Bruchfläche kleiner als auf der gegenüberliegenden Seite der Bruchfläche. Bei einem Bruch auf solchen Bruchflächen werden sich also die Pflanzen aus diesem markierten Bereich aus dem Boden herausziehen, so dass dieser Verankerungsbereich für die Dimensionierung der Zahl der einzulegenden Pflanzen maßgebend wird. Da in der Regel $\alpha < 10^\circ$ ist, ergibt sich die mittlere Verankerungslänge der einzelnen Pflanzen in hinreichender Näherung zu

$$l_m = B/2.$$

Bei einer Anzahl von N eingelegten Pflanzen pro laufenden Meter Böschung ist dann die gesamte Verankerungslänge

$$L = N \cdot B/2,$$

so dass sich mit (4) der Bemessungswert der Tragfähigkeit aller Pflanzen zu

$$Z_d = \pi \cdot D \cdot N \cdot B/2 \cdot \tau_{f,k} \cdot \cos(\alpha + \vartheta) / \gamma_P \quad (5)$$

ergibt. Aus der Gleichgewichtsbetrachtung am potenziellen Bruchkörper wird mit Gleichung (3) der Bemessungswert der statisch erforderlichen Tragfähigkeit Z_d ermittelt, so dass man für den Fall von Bruchflächen mit $B \leq b/2$ die Gleichung (5) nach N , der Zahl der erforderlichen Pflanzen, auflösen kann:

$$N = \frac{2 \cdot Z_d \cdot \gamma_P}{\pi \cdot D \cdot B \cdot \tau_{f,k} \cdot \cos(\alpha + \vartheta)} \quad (6)$$

In ähnlicher Weise können die Formeln für andere Neigungen ϑ der Bruchfläche entwickelt werden (SCHUPPENER, 2001). Für den Fall, dass die Bruchfläche in einem Abstand von $b/2 < B \leq b$ von der Böschungsoberkante austritt, ergibt sich die erforderliche Zahl der einzulegenden Pflanzen zu:

$$N = \frac{Z_d \cdot \gamma_P}{(z_W \cdot l_o/H + (H - z_W) \cdot l_u/H) \cdot \pi \cdot D \cdot \tau_{f,k} \cdot \cos(\vartheta + \alpha)} \quad (7)$$

Für den Fall, dass die Bruchfläche zum Teil außerhalb des Stützkörpers liegt ($B > b$) ergibt sich

$$N = \frac{2 \cdot Z_d \cdot \gamma_P \cdot H}{(H - z_W) \cdot \pi \cdot D \cdot \tau_{f,k} \cdot \cos(\vartheta + \alpha)} \quad (8)$$

In dem Fall, wo die Böschungen höher und steiler werden und das Verhältnis von Stützkörperhöhe zu Stützkörperbreite $H/b > 2$ wird, können auch gebrochene Bruchflächen maßgebend werden (siehe Bild 8), wobei die obere Bruchfläche an der Grenzfläche zwischen der Böschungssicherung und dem anstehenden Boden hinter den Enden der eingelegten Pflanzen verläuft. An dieser Grenzfläche kann im Bruchzustand haltend nur Reibung und Kohäsion mobilisiert werden, die möglicherweise nicht ausreichen, um diesen Teil des Stützkörpers im Gleichgewicht zu halten. Der obere Bruchkörper gibt daher auf den unteren Bruchkörper eine zusätzliche Schubbelastung ab.

Zur Herleitung eines Bemessungsalgorithmus für die erforderliche Zahl von Pflanzen wird ein Zweikörper-Bruchmechanismus zugrunde gelegt (siehe Bild 8), bei dem eine vertikale Bruchfläche zwischen den beiden Bruchkörpern angenommen wird. Im Grenzzustand der Tragfähigkeit wirken an den Bruchfugen zwischen den Bruchkörpern bzw. dem anstehenden Boden folgende Bemessungswerte der Widerstände bzw. Einwirkungen:

- In der senkrechten Bruchfuge zwischen dem oberen und unteren Bruchkörper wirken senkrecht die Kohäsionskraft K_d und die Scherkraft P_d der geschnittenen Pflanzen sowie die aus Reibung und Normalkraft resultierende Kraft Q_d , die eine Neigung von φ'_d gegenüber der Nor-

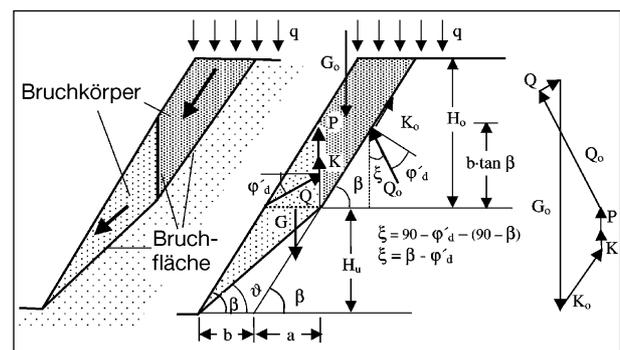


Bild 8: Bruchmechanismus mit zwei Bruchkörpern

malen auf die vertikale Bruchfuge (siehe Bild 8) hat. Die Scherkraft P_d der geschnittenen Pflanzen wird auf der sicheren Seite liegend aus der Querschnittsfläche der Pflanzen und ihrer Scherfestigkeit quer zur Faser bestimmt.

- Zwischen dem oberen Bruchkörper und dem anstehenden Boden wirkt die Kohäsionskraft $K_{o,d}$ und die zur Normalen auf die Bruchfläche um den Winkel φ'_d geneigte resultierende Kraft $Q_{o,d}$.

Aus der Gleichgewichtsbedingung am oberen Bruchkörper können die Größen der Kräfte Q_d und $Q_{o,d}$ ermittelt werden, die zunächst nur der Richtung nach bekannten sind. Dies kann grafisch über ein Kräfteck oder analytisch geschehen. Für die einzelnen geometrischen Größen ergeben sich folgende Beziehungen:

$$H_u = b \cdot \tan \vartheta / (1 - \tan(90 - \beta) \cdot \tan \vartheta)$$

$$H_o = H - H_u$$

Damit ermitteln sich die Eigengewichtskraft $G_{o,d}$ des oberen Bruchkörpers, die auch die mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_Q faktorisierte Verkehrslast p enthält, zu:

$$G_{o,d} = (H_o - 0,5 \cdot b \cdot \tan \beta) \cdot \gamma \cdot b \cdot \gamma_G + p \cdot b \cdot \gamma_Q$$

$$K_{o,d} = c_{c,d} \cdot H_o / \sin \beta$$

$$K_d = c_{c,d} \cdot b \cdot \tan \beta$$

Mit der Scherkraft P_d der Pflanzen ergibt sich aus den Gleichgewichtsbedingungen:

$$\Sigma V: G_{o,d} - K_d - P_d - Q_d \cdot \sin \varphi'_d - K_{o,d} \cdot \sin \beta - Q_{o,d} \cdot \cos(\beta - \varphi'_d) = 0 \quad (9)$$

$$\Sigma H: Q_d \cdot \cos \varphi'_d + K_{o,d} \cdot \cos \beta - Q_{o,d} \cdot \sin(\beta - \varphi'_d) = 0 \quad (10)$$

aus (10) ergibt sich:

$$Q_{o,d} = (Q_d \cdot \cos \varphi'_d + K_{o,d} \cdot \cos \beta) / \sin(\beta - \varphi'_d)$$

Eingesetzt in (9):

$$Q_d = (G_{o,d} - K_d - P_d - K_{o,d} \cdot \sin \beta - K_{o,d} \cdot \cos \beta / \tan(\beta - \varphi'_d)) / (\sin \varphi'_d + \cos \varphi'_d / \tan(\beta - \varphi'_d))$$

Mit dem Gewicht G_d des unteren Bruchkörpers

$$G_d = 0,5 \cdot b \cdot (b \cdot \tan \beta + H_u) \cdot \gamma \cdot \gamma_G$$

ergeben sich die zur Bruchfläche zwischen dem unteren Bruchkörper und dem Boden parallelen (Index Z) und senkrechten (Index N) Komponenten von Q_d , G_d , K_d und P_d zu:

$$Q_{N,d} = Q_d \cdot \sin(\varphi'_d - \vartheta)$$

$$Q_{Z,d} = Q_d \cdot \cos(\varphi'_d - \vartheta)$$

$$G_{N,d} = G_d \cdot \cos \vartheta$$

$$G_{Z,d} = G_d \cdot \sin \vartheta$$

$$K_{N,d} = c_{c,d} \cdot b \cdot \tan \beta \cdot \cos \vartheta$$

$$K_{Z,d} = c_{c,d} \cdot b \cdot \tan \beta \cdot \sin \vartheta$$

$$P_{N,d} = P_d \cdot \cos \vartheta$$

$$P_{Z,d} = P_d \cdot \sin \vartheta$$

Mit den Bemessungswerten der in der Bruchfläche zwischen dem unteren Bruchkörper und dem anstehenden Boden wirkenden Kräfte

- Kohäsionskraft

$$K_{u,d} = c_{c,d} \cdot H_u / \sin \vartheta,$$

- Reibungskraft

$$R_{u,d} = (Q_{N,d} + G_{N,d} + K_{N,d} + P_{N,d}) \cdot \tan \varphi'_d$$

und

- Tragfähigkeit $Z_{u,d}$ der Pflanzen

ermittelt sich der Bemessungswert W_d des Widerstands in der unteren Bruchfläche zu:

$$W_d = (Q_{N,d} + G_{N,d} + K_{N,d} + P_{N,d}) \cdot \tan \varphi'_d + K_{u,d} + Z_{u,d}$$

Der Bemessungswert E_d der Einwirkungen als der Summe der abtreibenden Kräfte ergibt sich zu:

$$E_d = Q_{Z,d} + G_{Z,d} + K_{Z,d} + P_{Z,d}$$

Setzt man R_d und E_d in die Grenzzustandsgleichung (2) ein und löst man nach $Z_{u,d}$ auf, dann ergibt sich für den Bemessungswert der erforderlichen Tragfähigkeit der Pflanzen:

$$Z_{u,d} \geq Q_{Z,d} + G_{Z,d} + K_{Z,d} + P_{Z,d} - ((Q_{N,d} + G_{N,d} + K_{N,d} + P_{N,d}) \cdot \tan \varphi'_d + c_{c,d} \cdot H_u / \sin \vartheta) \quad (11)$$

Bei der Ermittlung der erforderlichen Zahl N von Pflanzen für den unteren Bruchkörper kann die mittlere Verankerungslänge der Pflanzen in hinreichender Näherung zu

$$l = b/2$$

angenommen werden, so dass sich die erforderliche Zahl N der Pflanzen für den unteren Bruchkörper mit Gleichung (6) zu

$$N = \frac{Z_{u,d} \cdot \gamma_{Pf}}{\pi \cdot D \cdot b/2 \cdot \tau_{f,k} \cdot \cos(\vartheta + \alpha)} \quad (12)$$

errechnet.

Da zu Beginn der Bemessung noch nicht feststeht, welcher Bruchmechanismus und welche Bruchflächenneigung ϑ für die Bemessung maßgebend ist, muss zur Bestimmung der erforderlichen Zahl der Pflanzen eine Variationsrechnung durchgeführt werden. Dazu müssen beide Bruchmechanismen untersucht, jeweils die Neigung der Bruchfläche ϑ variiert und für jede Bruchflächenneigung die Zahl der erforderlichen Pflanzen bestimmt werden. Für die Bemessung maßgebend ist dann die Bruchflächenneigung, für die sich die größte Zahl der Pflanzen ergibt.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Untersuchungen zum Beitrag von Pflanzen auf die Standsicherheit von Böschungssicherungen der Bauweise „Lebend Bewehrte Erde“ zeigen, dass nicht die Festigkeit des Pflanzenmaterials sondern der Auszieh Widerstand der Pflanzen bzw. die Verbundfestigkeit τ_f zwischen Pflanzen und Boden der maßgebende Parameter ist. Die Verbundfestigkeit nimmt mit der Dichte des Bodens zu. Durch die Bewurzelung der Pflanzen steigt die Verbundfestigkeit im Laufe der Jahre auf den vier- bis fünffachen Wert an. Diese Steigerung der Tragfähigkeit stellt eine durchaus nutzbare Reserve für den Fall dar, dass Teile der eingelegten Pflanzen im Laufe der Zeit ausfallen. Wegen der unregelmäßigen Geometrie der Pflanzen streut die Verbundfestigkeit verhältnismäßig stark, so dass der Einfluss der Normalspannung auf die Verbundfestigkeit darin untergeht. Aus diesem Grund wird abweichend von dem ursprünglichen Reibungsansatz (SCHUPPENER, 1994) vereinfachend eine konstante Verbundfestigkeit τ_f beim Bemessungsmodell angesetzt.

Zwei Bemessungsmodelle werden untersucht: ein Starr-Körper-Bruchmechanismus mit einer geraden Bruchfläche und ein Zwei-Körper-Bruchmechanismus. Daraus werden auf Grundlage des Teilsicherheitskonzepts Formeln zur Bemessung der Böschungssicherung im Hinblick auf die Zahl, Länge und Dicke der einzulegenden Pflanzen abgeleitet. Damit steht ein durch Versuche abgesichertes bodenmechanisches Bemessungsverfahren zur Verfügung, mit dem die stabilisierende Wirkung der Pflanzen als Böschungssicherung berücksichtigt werden kann.

Neben einer Verbreiterung der Datenbasis zur sicheren und wirklichkeitsnahen Festlegung der in der Bemessung anzusetzenden Verbundfestigkeit

τ_f muss in weiteren Felduntersuchungen der Frage nachgegangen werden, welche Lebensbedingungen die Pflanzen vorfinden müssen, damit der Geotechniker auch auf Dauer auf sie rechnen kann.

6 Bemessungsbeispiel

Es soll eine Böschung mit einer Höhe von $H = 4$ m und einer Böschungsneigung von $\beta = 50^\circ$ mit der Bauweise „Lebend Bewehrte Erde“ gesichert werden, die auf dem horizontalen Gelände oberhalb der Böschung mit einer Verkehrslast von $p = 5$ kN/m² belastet wird. Dazu ist geplant, Pflanzen mit einem mittleren Durchmesser von $D = 0,02$ m in Lagen in einem vertikalen Abstand von $h = 0,5$ m mit einer Neigung gegen die Horizontalen von $\alpha = 5^\circ$ in einer Länge einzulegen, dass ein Stützkörper von $b = 2,0$ m Breite entsteht.

Der Boden für den Stützkörper ist auf eine Proctor-dichte von $D_{Pr} = 93$ % zu verdichten, so dass bei den erdstatischen Berechnungen ein Reibungswinkel von $\varphi_k = 32,5^\circ$ und einer Kapillarkohäsion von $c_{c,k} = 2$ kN/m² angenommen werden können. Der Boden bzw. der Stützkörper hat eine Wichte von $\gamma = 18$ kN/m². Es wird angenommen, dass unmittelbar nach der Herstellung der „Lebend Bewehrten Erde“ zwischen Pflanzen und Boden eine Verbundfestigkeit von mindestens $\tau_{f,k} = 15$ kN/m² wirken. Das ist ggf. durch Zugversuche bei der Herstellung nachzuweisen. Die Böschungssicherung wird mit den Teilsicherheitsbeiwerten des Lastfalls 1 nach DIN 1054-neu bemessen, wobei für die Pflanzen die Teilsicherheitsbeiwerte für flexible Bewehrungselemente angesetzt wurden.

Zur Ermittlung des Bemessungswerts der Tragfähigkeit Z_d der Pflanzen bei Ansatz gerader Bruchflächen mit Gleichung (3) wird eine Variationsrechnung durchgeführt (siehe Tabelle 1), indem die Neigung ϑ der Bruchflächen beginnend $\vartheta = 48^\circ$ in Schritten von $\Delta\vartheta = 2^\circ$ bis auf $\vartheta = 30^\circ$ vermindert wird. Dann wird je nach Lage der Bruchfuge mit

Neigung der Bruchfläche ϑ	Z_d kN/m	z_w m	B m	N	n	Bemerkung
42	4,9	0,3	1,1	18	2,5	
40	6,4	1,1	1,4	21	2,9	
38	7,2	1,7	1,8	24	3,3	
36	7,0	2,2	2,2	27	3,7	
34	5,7	2,4	2,6	25	3,5	
32	3,2	2,7	3,0	15	2,2	
30	- 0,8	-	3,6	0	0	

Tab. 1: Bemessungsergebnisse bei geraden Bruchflächen

den Gleichungen (6) (7) und (8) die Zahl der erforderlichen Pflanzen N pro laufenden Meter Böschung bzw. n pro laufenden Meter Einbauberme ermittelt.

Bei einer Bemessung unter Annahme eines 2-Körper-Bruchmechanismus wird eine analoge Variationsrechnung durchgeführt, um die Bruchflächenneigung ϑ des unteren Bruchkörpers zu ermitteln, für die die größte Zahl von Pflanzen erforderlich wird (siehe Tabelle 2). Zunächst wird mit Gleichung (11) die erforderliche Tragfähigkeit Z_d der Pflanzen ermittelt. Für die Ermittlung der Scherkraft der Pflanzen in der vertikalen Bruchfuge zwischen den beiden Bruchkörpern wurde hier angenommen, dass 5 Pflanzen pro lfd. Meter Einbauberme notwendig werden. Bei einem Böschungswinkel von $\beta = 50^\circ$ und einem vertikalen Abstand der Pflanzenlagen von $h = 0,5$ m werden immer 5 Pflanzenlagen geschnitten, so dass insgesamt 25 Pflanzen zur Scherkraft beitragen. Setzt man nach NIEMZ (1993) eine Scherfestigkeit von Holz quer zur Faser an, die bei $\sigma_{zul} \approx 1 \text{ N/mm}^2 = 1.000 \text{ kN/m}^2$ liegt und schon eine Sicherheit enthält, so ergibt sich der Bemessungswert für die Scherkraft von 25 Pflanzen zu: $P_d = 25 \cdot \pi \cdot D^2/4 \cdot \sigma_{zul} = 7,9 \text{ kN/m}$. Im letzten Schritt wird dann für die erforderliche Tragfähigkeit der Pflanzen mit der Gleichung (12) die Zahl der erforderlichen Pflanzen bestimmt.

Die Variationsrechnungen ergeben, dass der Zwei-Körper-Bruchmechanismus bei einer Neigung der Bruchfuge von $\vartheta = 19^\circ$ eine größere Zahl von Pflanzen erfordert als bei Ansatz gerader Bruchflächen, wo bei einer Bruchflächenneigung von $\vartheta = 36^\circ$ die meisten Pflanzen erforderlich sind. Maßgebend für die Bemessung der Böschungssicherung ist die Bruchfläche, für die sich das Maximum der erforderlichen Pflanzen ergibt. Im vorliegenden Fall ist damit der Zwei-Körper-Bruchmechanismus für die Bemessung maßgebend.

Neigung der Bruchfläche ϑ	Z_d [kN/m]	H_U [m]	N	n	Bemerkung
7	- 1,2	0,28	0	0	
11	1,5	0,46	2,9	2,9	
15	3,9	0,70	6,6	4,8	
19	5,7	0,97	9,8	5,0	Maßgebend für die Bemessung
23	6,9	1,31	12,0	4,5	
27	6,7	1,77	12,6	3,5	

Tab. 2: Bemessungsergebnisse beim Zwei-Körper-Bruchmechanismus

7 Literatur

- DIN 1054 (2000): Baugrund; Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Entwurf Dezember, 2000
- DIN EN 13738 (2000): Geotextilien und geotextilverwandte Produkte; Bestimmung des Widerstandes gegen Auszug aus dem Boden, Entwurf Februar, 2000
- Eurocode 7 (2001): prEN 1997-1, Geotechnical design – part 1 General rules, final draft, October 2001
- NIEMZ, P. (1993): Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe, DRW-Verlag
- SCHIECHTL, H. M. (1987): Böschungssicherung mit ingenieurbioologischen Bauweisen, Grundbautaschenbuch, 3. Auflage, Teil 3, Seiten 217 - 315
- SCHUPPENER, B. (1994): Die statische Berechnung der Bauweise „Lebend Bewehrte Erde“, Geotechnik 4
- SCHUPPENER, B. & HOFFMANN, J. (1999): Living Reinforced Earth – an ecological method of stabilizing steep slopes, Proc. XIIth ECSMGE, Vol. 1, Amsterdam, 1999
- SCHUPPENER, B. (2001): Bemessung von Böschungssicherungen mit Pflanzen, Geotechnik 24 (2001), Nr. 3

Dipl.-Geol. Dr. M. Dietrich
Autobahndirektion Südbayern

Sanierung einer Rutschung im Einschnitt Reichersdorf an der BAB A 3 Regensburg – Passau

Schadensereignis

In den Morgenstunden des 10. Februar 2002 waren an einer Einschnittsböschung der BAB A 3 Regensburg – Passau bei Reichersdorf, ca. 15 km südöstlich von Deggendorf, Erdmassen in Bewegung geraten und hatten sich über den Standstreifen und auch den rechten Fahrstreifen geschoben. Die ersten Notrufe von Verkehrsteilnehmern erreichten die Einsatzzentrale der Polizei gegen 9 Uhr. Die A 3 wurde daraufhin zwischen den Anschlussstellen Hengersberg und Iggenbach in Fahrtrichtung Passau sofort gesperrt. Glücklicherweise wurden keine Personen verletzt und keine Fahrzeuge beschädigt, ein Umstand, der auf die relativ geringe Verkehrsbelastung am Faschingssonntag zurückzuführen ist.

Auf einer Länge von rund 70 m am Fuß der Böschung und einer Erstreckung von annähernd 50 m senkrecht zur Fahrbahn waren in einem 16 m tiefen Einschnitt ca. 30.000 m³ Lockergesteine abgerutscht – davon lagen rund 1.000 m³ auf der Fahrbahn (Bild 1).

Als erste Maßnahmen wurden von Feuerwehrkräften die Bäume im Rutschungsbereich gefällt und von einer Baufirma wurde das auf der Fahrbahn liegende Erdreich mit schwerem Gerät abgetragen und zu einem nahegelegenen, aufgelassenen Parkplatz an der A 3 transportiert. Einschließlich des Personals der Autobahnmeisterei waren rund 50 Kräfte im Einsatz. Bereits am Abend des Faschingssonntags konnte der linke Fahrstreifen für den Verkehr wieder freigegeben werden (Bild 2).

Geologie

Die Rutschung liegt geografisch in einem Bereich, in dem die Trasse der Autobahn das Donautal gerade verlassen hat und durch die Ausläufer des Vorderen Bayerischen Waldes führt. Die A 3 durchschneidet bei Reichersdorf einen Höhenrücken, der bereits im kristallinen Untergrund angelegt ist.

Über altpaläozoischen Gneisen mit einer Verwitterungszone aus Gneiszehrsatz folgen Tertiärschichten. Diese bestehen aus miozänen Tonen mit inkohltem Holz, die von Tertiärsanden überlagert werden. Überdeckt sind die Tertiärschichten von Lösslehm. Die Rutschung lief im Bereich der tertiären Tone und Sande ab. Die Konsistenz der Tone war in den ungestörten Bereichen überwiegend halbfest.

Situation

Am Tag nach dem Schadensereignis wurde die Rutschung durch die Bodenprüfstelle der Autobahndirektion Südbayern untersucht. Die Massen waren weiterhin in Bewegung, der Fuß der Rutschung hatte sich über Nacht um etwa 2 m in Richtung Fahrbahn vorgeschoben.

Am oberen Rand war unterhalb der Abbruchkante eine fast senkrechte Wand in den Löss- und Sandschichten einschließlich der Schichtgrenze zu den



Bild 1: Räumung der Rutschmassen von der Fahrbahn



Bild 2: Ansicht der Rutschung nach Räumung der Fahrbahn



Bild 3: Rund 6 m hohe Abbruchkante in Löss und Sand

unterlagernden Tonen aufgeschlossen (Bild 3). Die Sande zeigten an der Basis eine deutliche Zunahme des Kiesanteils und direkt oberhalb der Schichtgrenze eine Braunfärbung, die auf wechselnde Grundwasserführung schließen ließ.

Innerhalb der Rutschung waren einzelne Gleiterschollen an der chaotischen Topologie erkennbar. Am Südostrand der Rutschung war in den Ton-schichten unterhalb der Sande eine deutliche vertikale Gleitbahn mit Strömungen hangabwärts zu erkennen. Am nordwestlichen Rand zeigte die Bewegungsintensität von außen nach innen eine allmähliche Zunahme, ersichtlich beispielsweise an der Schleppung der Berme in Talrichtung. Aus der Gesamtsituation ergab sich, dass der Tiefgang der Rutschung erheblich über die in Einschnitten häufig vorkommenden Oberflächenrutschungen hinausging. Aufgrund der akuten Gefährdung der Autobahn durch die noch anhaltenden langsamen Bewegungen der Rutschmassen und der Gefahr weiterer Abbrüche an der oberen Steilkante musste umgehend eine praktikable Sanierungsmethode gefunden werden. Weitergehende Untersuchungen mittels Bohrungen konnten aus Zeitgründen nicht durchgeführt werden.

Sanierungsmethode

Ein Austausch der Rutschmassen gegen Material mit höherem innerem Reibungswinkel (beispielsweise Schotter) schied aus mehreren Gründen aus. So wären die Mengen der zu transportierenden Massen sehr hoch, eine Deponie für die Rutschmassen kostenintensiv und die Zahl der notwendigen Transportbewegungen für Ab- und Antransport über die Autobahn sehr hoch gewesen. Zudem bestand, und dies ist aus geotechnischer Sicht entscheidend, die Gefahr, durch Abtragung des Fußes



Bild 4: Herstellung eines Stützkörpers. Zugabe von Zementsuspension und Durchmischung mit Boden mit der Baggerschaufel

der Rutschung die Bewegung wieder zu forcieren und Nachbrüche am oberen Rand auszulösen.

Eine Sanierung durch konstruktive Maßnahmen wie zum Beispiel durch Bohrpfahlverbauten, Verpresspfähle oder durch Stützmauern scheidet wegen zu erwartender Schwierigkeiten sowohl beim statischen Nachweis als auch bei der Baudurchführung aus.

Für die Rutschungssanierung wurde schließlich ein Verfahren gewählt, das durch streifenförmige Stützkörper senkrecht zum Hang mit dazwischenliegenden Entwässerungsrigolen eine Bodenstabilisierung und Drainage des Hanges bewirkt. Dabei werden „Erdbeton“-Stützkörper stufenförmig von unten nach oben im Rutschhang aufgebaut. Das Verfahren, das unter dem Namen Hydro-Zementationsverfahren patentiert ist, beruht auf der in-situ-Verbesserung des Bodens ohne Bodenaustausch. Die Ausführung erfolgt mit Baggern, die Schlitzte von 2 - 3 m Breite und bis zu 12 m Tiefe bis unter die Gleitfläche der Rutschung ausgraben. Das ausgehobene Bodenmaterial wird seitwärts gelagert und dann un-

mittelbar wieder unter Zugabe einer Zementsuspension lagenweise eingebaut und intensiv vermischt (Bild 4). Die Zementsuspension wird in einer speziellen Mischanlage hergestellt. Die Zementzugabe liegt im Mittel bei 10 Gewichts-% des zu verbessernden Bodens. Durch Zugabe von Wasserglas lässt sich die Abbindezeit verkürzen. Die Suspension aus Wasser und Zement ($W/Z = 0,5$) sowie Wasserglas ($\leq 2\%$) wird mit Schläuchen zugeführt.

Im allgemeinen wird ein Stützkörper bis dicht unter das Sollprofil der Böschung hergestellt. Je nach Steilheit des Geländes wird dann Bodenmaterial bis zum Sollprofil aufgebracht. Bei sehr steilem Gelände hat sich eine flächenhafte Verbesserung der abdeckenden Bodenmassen mit Zementsuspension bewährt. Die Stützkörper werden abschnittsweise hergestellt und können je nach Erfordernis inselartig im Rutschareal angelegt werden. Die Breite der Stützkörper liegt zwischen 2 m und 3 m. Für den Achsabstand gilt als Faustregel $2,5 \times$ Stützkörperbreite. Die Sohle des Stützkörpers wird zur besseren Verzahnung mit dem Untergrund stufenförmig angelegt.

Anwendungsmöglichkeiten der Erd-betonstützkörper

In dem einfachen Berechnungsansatz für Stabilitätsbetrachtungen bei der Planung geht die Scherfestigkeit des Bodens und die der Stützkörper oder deren Druckfestigkeit (dann als zusätzliche Kohäsion) sowie das Volumenverhältnis des verfestigten zum unverfestigten Boden ein. Für die Berechnung wird so ein Mittelwert für die Scherfestigkeit der Gesamtmasse gefunden.

Die Bemessung richtet sich nach der Geometrie des zu stabilisierenden Hang- oder Böschungskörpers, dem Bruchmechanismus und den Scherwiderständen des zu verbessernden Bodens bzw. in der Gleitfläche. Scherfestigkeiten werden durch Laborversuche und Rückrechnungen ermittelt oder anhand von Erfahrungswerten festgelegt.

Das Hydro-Zementationsverfahren bietet folgende Vorteile:

- Das Verfahren kann in allen bindigen und sandig-kiesigen Böden und in der Felsverwitterungszone (DIN 18300: Klasse 6) angewendet werden.
- Der optimale Einsatz liegt bei einer Gleitflächentiefe bis ca. 6 m unter GOK. Die Methode ist je-

doch trotz entsprechendem Mehraushub durchaus auch noch bei tiefer liegender Gleitfläche (bis ca. 10 m unter GOK) anwendbar und wirtschaftlich sinnvoll.

- Durch die Geländegängigkeit von Schreitbaggern ist das Verfahren besonders im steilen und unwegsamen Gelände, auch in durchweichten Rutschmassen, vorteilhaft. Die Herstellung der Stützkörper ist, abgesehen bei Frost, witterungsunabhängig.
- Die Stützwirkung setzt durch den Abbindebeschleuniger Wasserglas sehr rasch ein.
- In aktiven Rutschhängen kann durch eine inselartige Anordnung der Stützkörper rasch eine „Bremswirkung“ erreicht werden.
- Die Lage der Gleitflächen und Wasseraustrittsstellen kann beim Aushub der Schlitzlöcher lokalisiert werden. Da das System ohne weiteres in der Geometrie veränderbar ist, kann es der tatsächlichen Situation sofort angepasst werden. Vom Verfahren her ist eine Dränung unter oder in den Stützkörpern nicht möglich. Entwässerungsrigolen können jedoch zwischen den Stützkörpern angeordnet werden, müssen dabei aber nicht bis in Gleitflächentiefe reichen.
- Es ist kein Antransport von Bodenmaterial erforderlich.
- Nur etwa 10 % bis 15 % des zu verbessernden Bodens fällt als Überschuss an, so dass nur relativ geringe Massen zu deponieren sind. Meist wird das Überschussmaterial zum Angleichen an die Sollhöhe der stabilisierten Böschung verwendet, oft unter flächiger Zugabe von Zementsuspension, um Erosionsschäden oder Hangrutschungen zu verhindern.
- Das Verfahren kann mit konstruktiven Maßnahmen, wie Dübeln oder Ankern, kombiniert werden.

Durchführung der Sanierung

Vor dem Einsetzen der Sanierungsmaßnahmen wurden die mit abgerutschten Bäume und Sträucher entfernt. Zudem wurde die restliche Böschungsbepflanzung im Bereich des gesamten zu sanierenden Rutschungsareals gerodet. Das Pflanzenmaterial wurde vor Ort gehäckselt und in Containern abgefahren. Ferner wurde die Rutschung vermessungstechnisch aufgenommen. Die Ver-

messung ergab, dass die Fahrbahn keinerlei Deformationen durch die Rutschung erlitten hatte. Der erste Stützkörper wurde bereits drei Tage nach dem Rutschereignis hergestellt. Zur raschen Stabilisierung des Fußes der Rutschung wurden zuerst die untersten Abschnitte aller Stützkörper ausgeführt, bevor der Bau einzelner Stützkörper in die Höhe getrieben wurde. Für die untersten Abschnitte wurde eine Stützkörperbreite von 3 m, in der Fortsetzung nach oben von 2 m gewählt. Die Herstellung der Stützkörper wurde mit 2 Baggern gleichzeitig betrieben, um eine möglichst rasche Sanierung der Rutschung zu erreichen. Dazu mussten auch zwei Mischanlagen bereitgestellt werden.

In den geöffneten Schlitzen konnte die Gleitfuge deutlich beobachtet werden. Am Fuß der Rutschung lag die Gleitfläche rund 0,7 m unter Fahrbahnniveau, etwa 12 m vom Fahrbahnrand entfernt verlief sie bis 3,0 m unter Fahrbahnniveau und stieg dann bis zur Abbruchkante immer steiler werdend an. Die Großaufschlüsse in den Schlitzen erlaubten eine sehr genaue Kontrolle des Verlaufes der Gleitfläche, die teilweise in den geöffneten Schlitzen auch noch die Bewegung der Rutschmassen erkennen ließ. Die Stützkörpertiefen wurden dem Verlauf der gefundenen Gleitfuge angepasst. Die Stützkörper erreichten stellenweise Tiefen bis zu 11 m. In den Randbereichen der Rutschung war es ausreichend, die Stützkörper nur bis zu der in ca. 7,5 m über Fahrbahnoberkante verlaufenden Berme hochzuziehen. Am Südostrand der Rutschung (Richtung Passau) konnten die Stützkörper zum Teil auf Gneiszehrsatzböden gegründet werden. Insgesamt wurden in der Rutschung 18 Stützkörper mit einem Achsabstand von 6 m errichtet.

Zwischen den Stützkörpern wurden anschließend 0,8 m breite Entwässerungsrigolen eingebaut. Die Rigolen wurden an die Längsentwässerung der Autobahn angeschlossen. Für die Rigolen wurde gebrochener Granit mit der Körnung 16/56 verwendet.

Im Anschluss an die Hauptrutschung musste rund 40 m weiter Richtung Passau zudem noch ein etwa 25 m breiter, nur unterhalb der Berme destabilisierter Böschungsbereich mit 5 Stützkörpern und 4 Rigolen gesichert werden. Im Zuge der gesamten Sanierungsmaßnahme wurde 11.800 m³ Stützkörpervolumen hergestellt, dafür wurden rund 3.000 t Zement verwendet. Der Zement wurde zur Schonung der oberhalb der Rutschung gelegenen Gemeinde-

straßen in Silozügen über die Autobahn antransportiert und von dort in die Silos der Mischanlagen geblasen. Für die Rigolen wurden 4.200 t gebrochener Granit verbaut. Insgesamt wurden 7.500 m³ Erdreich abgefahren, davon 2.500 m³ zu Beginn der Sanierungsarbeiten. Die restlichen 5.000 m³ Überschussmassen fielen bei der Reprofilierung der Böschung an.

Ursachen der Rutschung

Die Böschung wurde 1974 im Zuge des Neubaus der BAB A 3 hergestellt. Die Neigung war mit etwa 1:2,2, relativ flach. Im Dezember 1981 ereignete sich am Nordwestrand der aktuellen Rutschung im unteren Hangbereich eine kleine Rutschung, die durch Bodenaustausch gegen gebrochenes Felsmaterial saniert wurde. Am Gegenhang auf der anderen Seite des Einschnittes wurde 1983 ebenfalls ein Rutschbereich durch 5.000 m³ Bodenaustausch stabilisiert.

Die jetzt aufgetretene Rutschung ist aber in ihrer Ausdehnung und vor allem im Tiefgang nicht mit den älteren Rutschungen vergleichbar. Leider liegen keine Beobachtungen über Anzeichen eines Beginns der Rutschung vor. Aus der Art und Lage dieser Anzeichen (Spalten, Schiefstellung von Bäumen etc.) hätten neben einer Vorwarnung auch Schlüsse auf den Bewegungsmechanismus gezogen werden können. Auf Grund des starken Bewuchses wären mögliche Anzeichen einer beginnenden Rutschung aber nur durch eine eingehende Begehung zu erkennen gewesen.

Als Ursache der Rutschung könnte möglicherweise ein Versagen der Drainage in der Berme in Frage kommen. In der Berme verläuft eine Sickerleitung mit Schächten im Abstand von ca. 40 m. Bergseitig ist auf der Berme ein Betongerinne verlegt, das zwar an die Schächte angeschlossen, jedoch durch Bewuchs und Laub nicht mehr funktionsfähig ist. Da sich aber etwa zur gleichen Zeit weitere Rutschungen in der näheren Umgebung ereignet haben (eine z. B. in der Ortschaft Winzer, ca. 4 km südlich der hier beschriebenen Rutschung), ist die Ursache wohl eher in den lokalen Klimaverhältnissen des vergangenen Winters zu suchen.

Nach starken Schneefällen und einer Frostperiode kam es zu einem raschen Auftauen mit Schneeschmelze und ergiebigen Niederschlägen. Die Rutschungen in der Region ereigneten sich nach Angaben des Ingenieurbüros GEOPLAN, Osterhofen,

kurz nach dem Einsetzen der Schneeschmelze, die Rutschung an der A 3 jedoch erst drei Wochen später.

In Verbindung mit den Besonderheiten im geologischen Aufbau des Untergrundes ergeben sich folgende mögliche Rutschungsursachen:

Die Oberfläche der tertiären Tone bildet lokal eine Einsenkung. Diese Muldenstruktur konnte - aufgeschlossen an der Basis der Abbruchwand - in der Rutschung beobachtet werden. Die Sande sind gut wasserdurchlässig und führen ergiebiges Grundwasser (Brunnenschacht westlich der Rutschung), so dass es in der Mulde zu einem Aufstau des Grundwassers kommt. Gleichzeitig kann man davon ausgehen, dass in den tertiären Tonen Klüfte vorhanden sind.

Die Auffahrung des Einschnittes bewirkte seinerzeit eine deutliche Entlastung des Untergrundes mit der möglichen Folge einer Aufweitung der bereits angelegten, aber wohl geschlossenen Klüfte in den Tonen. Ein allmähliches Eindringen von Grundwasser in die Klüfte der ansonsten undurchlässigen Tone führte zu einer Herabsetzung des Reibungswinkels auf den Klüften und in der Folge zu einem plötzlichen Versagen der Böschung. Insbesondere nach dem starken Anstieg des Hangwasserspiegels, wie er nach den geschilderten Witterungsverhältnissen angenommen werden kann, scheint dies eine plausible Erklärung für das Versagen der seit fast 28 Jahre doch weit gehend stabilen Böschung.

Schlussbemerkung

Die Sanierungsarbeiten dauerten insgesamt 11 Wochen. Sie waren bis auf die noch ausstehende Begrünung am 26. April 2002 abgeschlossen (Bild 5). Während dieser Zeit stand, abgesehen vom Tag des Rutschungsereignisses selbst, ständig ein Fahrstreifen für den Verkehr in Fahrtrichtung Passau zur Verfügung. In den Osterferien wurden zwei Fahrstreifen freigegeben; die Sanierungsarbeiten wurden auf den Rutschungsbereich oberhalb der Berme beschränkt.

Die Bauleitung erfolgte durch die Dienststelle Regensburg der Autobahndirektion Südbayern, die Bauausführung durch die Fa. Sidla & Schönberger Spezialtiefbau aus Schöllnach und die Vermessung durch das Ingenieurbüro GEOPLAN aus Osterhofen. Allen Beteiligten sei für die reibungslose Zusammenarbeit gedankt.

Zur Prävention derartiger Rutschungsereignisse ist von der Bodenprüfstelle der Autobahndirektion Südbayern die Entwicklung von Bewertungsmustern zur Erkennung gefährdeter Böschungs- und Dammbereiche an den Autobahnbetriebsstrecken beabsichtigt.

In diese Bewertung müssen neben den lokalen Kriterien, wie geologischer Aufbau, den straßenbauspezifischen Verhältnissen, wie Böschungshöhe, Steilheit sowie klimatologische Kriterien, wie Niederschlagshäufigkeit auch regionale Aspekte, wie Häufigkeit von Rutschungen in bestimmten Gebieten, die außerhalb der Streckenführungen der Autobahnen liegen, einfließen. Wesentliche Grundlage hierfür bildet die genaue Auswertung zurückliegender aber insbesondere aktueller Schadensereignisse bzw. Sanierungen, wie hier am Beispiel der Hangrutschung bei Reichersdorf dargestellt.



Bild 5: Wiederhergestellte Böschung

Diskussion

Scholz-Solbach

Ich habe eine Frage an den Herrn Dr. DIETRICH, und zwar interessiert mich das mit den Erdbetonstützkörpern. Die sind bei uns im nördlichen Rheinland-Pfalz auch schon mehrfach angewandt worden. Mich interessiert, ob im Vorfeld der Erstellung der Erdbetonstützkörper irgendwelche Versuche zur Zugabemenge an Bindemittel, also an Zementsuspensionen, gemacht worden sind? Oder hat man sich auf die Angaben der ausführenden Firma verlassen?

Dr. Dietrich

In dem Fall, muss ich sagen, haben wir uns auf die Angaben der Firma verlassen. Ich kenne das Verfahren. Wir haben es 1994 an der A 9 schon einmal angewendet mit dem gleichen Unternehmer. Die Firma achtet darauf, dass das Verfahren mit wissenschaftlich begleiteten Veröffentlichungen publik gemacht wird. Insofern ist das Verfahren schon einigermaßen bekannt und deswegen haben wir in dem Fall keine eigenen Versuche mehr gemacht. Die Zementzugabe liegt etwa bei 10 % des ausgebauten Bodens. Es waren bei dieser Maßnahme etwa 220 kg/m³, die zugegeben worden sind. Die Wasserglaszugabe ist kleiner und liegt immer unter 2 %.

Hillmann

Von Herrn RÖGER gebe ich die Frage weiter, was das Ganze gekostet bzw. pro m³ gekostet hat?

Dr. Dietrich

Der m³ Stützkörper kostet ungefähr 45 € insgesamt, wobei ich sagen muß, wir haben im Anschluss an diese Rutschung noch einen kleinen Rutschbereich an anderer Stelle mit saniert. Der liegt ungefähr 40 km weiter in Richtung Passau, da haben wir noch zusätzlich 5 Stützkörper errichtet. Allerdings nur bis zur Höhe der Berme. Die Autobahn selber war nicht betroffen von der Rutschung. Am Schluss sind wir auf etwa 950.000 € für die Gesamtanierung gekommen, inklusive Reprofilierung der Böschung.

Dittrich

Wie ist die Drainage angeordnet worden? Sie hatten gesagt, dass Sie entsprechende Sickerstränge oder Rigolen hergestellt haben mit Hilfe von Granit. Gibt es da ausreichende Filterstabilität zum einen,

zum zweiten, aus welchem Grund ist die Berme angeordnet worden, denn in der Regel ist eine Berme an einem derartigen Hang eine gute Bewässerungsmöglichkeit? Unter den von Ihnen geschilderten Witterungsumständen sogar eine sehr gute Bewässerungsmöglichkeit. Denn Sie haben immer das Problem, dass dort verstärkt Niederschlag eindringt und wenn Sie dann auch noch Schneeschmelze haben, dort im horizontalen Bereich, wo der Schnee besser liegen bleibt. Auch wenn sie 6 % Querneigung haben, in der Regel haben Sie dort an manchen Stellen einfach zu wenig Querneigung, so dass von oben runterkommendes Wasser dort verstärkt versickert wird. Das kann natürlich zu Problemen führen, die im Laufe der Jahre das Ganze dazu bringen, dass dort Spalten entstehen und dann ist das Versagen vorprogrammiert. Die Tiefe Gleitfuge ergibt sich höchstwahrscheinlich daraus, sie hatten einen guten Bewuchs auf der Böschung.

Dr. Dietrich

Das ist richtig. Auf den Aspekt der Bewässerungsmöglichkeit bin ich aus Zeitgründen nicht eingegangen. In der schriftlichen Fassung habe ich mehr dazu gesagt. Es ist so, die Berme ist seinerzeit angelegt worden zur Bewirtschaftung der ganzen Böschung, die Böschung ist immerhin 16 m hoch und flach angelegt. Die Berme ist für die Bewirtschaftung nötig, weil man sonst eine sehr lange Waldfläche auf dieser Böschung hätte, an die man nicht mehr dran kommt. Die Berme hat in ihrer ursprünglichen Anlage eine Längsentwässerung und wir haben am bergseitigen Rand dieser Berme eine Hangwasserschale aus Betonsteinen. Die funktioniert natürlich überhaupt nicht mehr, die ist voll mit Laub usw.. Bei der Neuanlage dieser Berme im Bereich der Rutschung ist die Hangwasserschale entfallen, die Längsentwässerung natürlich auch, weil wir jetzt ja senkrecht zum Hang entwässern in diesen Rigolen. Zu den Rigolen noch, ihre Frage, die werden ähnlich wie die Stützkörper aufgebagert und dann wird der Granit eingefüllt.

Meinungsbildung zu aktuellen Fragestellungen

Dipl.-Ing. K.-H. Blume,
Bundesanstalt für Straßenwesen
Bergisch Gladbach

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

Erfahrungssammlung mit geokunststoffbewehrten Erdbauwerken

Der Arbeitsausschuss 5.15 „Geokunststoffe im Straßenbau“ der FGSV hat in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis 5.2 „Berechnung und Dimensionierung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen“ der DGGT folgendes Forschungsthema vorgeschlagen: „Sammlung und Auswertung der Erfahrung mit geokunststoffbewehrten Erdbauwerken – ökologisch wertvollen und besonders wirtschaftlichen Bauweisen“. Ziel dieser Arbeit ist es, bisher vorliegende Erfahrungen mit geokunststoffbewehrten Erdbauwerken in Deutschland zu sammeln und auszuwerten. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse über Planung, Dimensionierung und Baudurchführung sowie insbesondere über die Dauerbewährung bzw. über das Langzeitverhalten sollen dazu beitragen, die Sicherheit im Umgang mit Bewehrungen aus Geokunststoff zu erhöhen und das Vertrauen mit dieser Bauweise zu stärken.

Neben der Auswertung der Fachliteratur sollen vorliegende Erfahrungen schwerpunktmäßig durch eine Fragebogenaktion gesammelt werden.

Der Inhalt des von den vorgenannten Fachgremien erarbeiteten Fragebogens wurde den Teilnehmern des EAT erläutert mit der Bitte, bei dieser Fragebogenaktion mitzuwirken. Die Federführung hat Herr Dipl.-Ing. BRÄU von der Technischen Universität in München. Der Fragebogen A – Übersicht ist als Anlage beigefügt. Die Teilnehmer werden gebeten, den ausgefüllten Fragebogen, der einen ersten Überblick vermitteln soll, an Herrn BRÄU zu senden. Der Fragebogen und nähere Informationen können auch auf der Internetseite <http://www.gb.bv.tum.de/fs-kgeo.htm> der Technischen Universität München abgerufen werden.

Überarbeitung der ZTV E-StB 94 (Fassung 1997)

In der letzten Sitzung des Lenkungsausschusses der AG 5 „Erd- und Grundbau“ ist beschlossen worden, die ZTV E-StB zu überarbeiten. Gründe dafür gibt es zu fast jedem Abschnitt der ZTV E-StB. Dabei spielen beispielsweise die europäischen Normen eine Rolle, fortgeschriebene Regelwerke für Baustoffe und Bauverfahren, die neuen Regelungen zu den Prüfmethode und die Fortschritte u. a. bei Prüfverfahren, um nur einige Gründe zu nennen.

Ich bin beauftragt worden, hier zur Einbringung von Kritik, Hinweisen und Verbesserungsvorschlägen aufzufordern. Für die Überarbeitung wird die Anfertigung einer Synopse als Ergebnis dieser Abfrage als sehr hilfreich angesehen, wie sie bereits bei der vorangegangenen Neufassung erstellt wurde.

Ich bitte Sie um Unterstützung bei dieser Arbeit, nicht zuletzt auch wegen der Kritik von der bauausführenden Seite. Von dieser Seite wird nämlich kritisch vermerkt, dass die ZTV E-StB – wie auch andere Vertragsbedingungen – länderspezifisch durch Einführungserlasse der Länder inhaltlich deutlich verändert werden.

Können wir uns darauf einigen, dass die BAST bis 31. Juli 2002 von allen Ländern Unterlagen über die spezifischen Regelungen zur ZTV E-StB bekommt?

Bis wann könnten Sie die Kritik, Hinweise und Verbesserungsvorschläge erarbeiten?

Herstellung Planum – Einrechnen in Erdbau- position oder gesonderte Leistung?

Von verschiedenen Seiten bin ich gefragt worden, ob die Herstellung des Planums – wie bisher – in die Leistungsposition einzurechnen ist, oder als gesonderte Leistung auszuschreiben ist. Der Arbeitsausschuss „Erd- und Felsarbeiten“ beispielsweise ist der Auffassung, dass es aus technischer Sicht bei frostempfindlichen Böden sinnvoll ist, die Herstellung des Planums als gesonderte Leistung auszuschreiben.

Bei diesem Thema möchte ich daran erinnern, dass der Standardleistungskatalog, Leistungsbe-
reich LB 106 „Erdbau“ Ende 2001 fortgeschrieben
worden ist. Die Katalognummer „Planum herstel-
len“ im bisherigen Abschnitt 5 ist nun als Folgetext
allen in Frage kommenden Katalognummern zuge-
ordnet. Somit ist jetzt immer eine Aussage zum
Herstellen des Planums zu machen.

Ich würde gerne einige kurze Meinungsäußerungen
zu dieser Frage hören.

Ergebnis: Über gesonderte Leistung von Fall zu Fall
entscheiden, insbesondere bei Bodenverfestigung,
Bodenverbesserung und bei Einschnitten.

Absender:

Anlage zur Meinungsumfrage

Antwort bitte an
Herrn Dipl.-Ing. G. Bräu
TU München Zentrum Geotechnik
Baumbachstraße 7

Tel. 089/289-27139
Fax 089/289-27189
Email g.braeu@bv.tum.de

81245 München

Geokunststoffbewehrte Erdbauwerke
Umfrage des AA 5.15 FGSV/AK 5.2 DGGT: Fragebogen A - Übersicht

- 1 Bauwerk: _____
- 2 Bewehrung: _____
- 3 Füllboden: _____
- 4 Untergrund: _____
- 5 Bei Böschungen und Stützbauwerken: Frontausbildung, Nachweisverfahren

- 6 Allgemeine Beobachtungen

- 7 Durchgeführte Messungen (bauzeitig/ über Gewährleistungszeit/ längere Beobachtungsphase)
 - 7.1 Geometrie (Höhe, Breite, Veränderung der Böschungsneigung): _____
 - 7.2 Setzungsmessungen (Untergrund/Bauwerkseigensetzungen): _____
 - 7.3 Lageveränderungen (welcher Art): _____
 - 7.4 Spannung/Verformung der Bewehrungselemente: _____
 - 7.5 Prüfung der Beschädigung der Bewehrungselemente durch Einbau und Baubetrieb: _____
 - 7.6 Probelastungen: _____
 - 7.7 Werden die Messungen fortgesetzt/ sind die Messeinrichtungen noch nutzbar? _____
 - 7.8 Sind die Beobachtungen und Messungen veröffentlicht, wenn ja wo?

- 8 Unterlagen

- 9 Wirtschaftlichkeit

- 10 Gesamtbeurteilung
 - 10.1 die Bauweise hat sich bewährt, würde ich wieder machen: ja/nein

 - 10.2 hauptsächliche Probleme:

Dipl.-Ing. K.H. Blume
 Dipl.-Geoökol. B. Kocher
 Bundesanstalt für Straßenwesen
 Bergisch Gladbach

Kurzbericht zur Fachexkursion Neubau BAB A17 Dresden-Prag

Die Fachexkursion führte zur Baustelle eines Abschnittes der BAB A17 von Dresden nach Prag. Die A 17 wird westlich von Dresden an die A4 angeschlossen, führt dann zuerst einige Kilometer in südlicher Richtung und biegt dann nach Südosten Richtung Pirna ab.

1993 wurde der Bau im Bedarfsplan für die Bundesfernstraßen beschlossen und der Freistaat Sachsen mit dem Bau der A17 beauftragt. Schon ab 1991 hatten großräumige Voruntersuchungen zwischen Chemnitz und Zittau begonnen. Sie ergaben, dass der Bereich zwischen Freiburger Mulde und Elbtal für den Verlauf der Autobahntrasse als wirtschaftlich sinnvollster anzusehen ist. Nach der

Beurteilung des Flächenbedarfs für eine Autobahn und deren Auswirkungen auf landschaftliche und ökologische Beziehungen wurden in diesem Bereich vier relativ konfliktarme Trassenvarianten ermittelt.

Beurteilungskriterium für die Auswahl zwischen diesen Varianten war außer der möglichst hohen Umweltverträglichkeit auch eine optimale Funktion als internationaler Verkehrsweg, eingebunden in die E 55 Rostock-Berlin-Dresden-Prag-Salzburg-Triest/Venedig. Ein weiteres Ziel der Planung war die Entlastung der Verkehrsnetze von Dresden, Freital, Dippoldiswalde und Pirna sowie Tharandt/Hartha, Heidenau und Wilsdruff durch eine möglichst günstige Verknüpfung der neuen A 17 mit dem überörtlichen Straßennetz.

Nach Auswertung aller Untersuchungskriterien wurde eine Kombination aus verschiedenen Trassenvarianten gewählt, die im nördlichen Teil stadtnah an Dresden vorbeiführt, um dessen Straßennetz optimal zu entlasten, während sie im südlichen Teil auf der Höhe von Pirna fast genau Richtung Süden abschwengt und dadurch das natur-

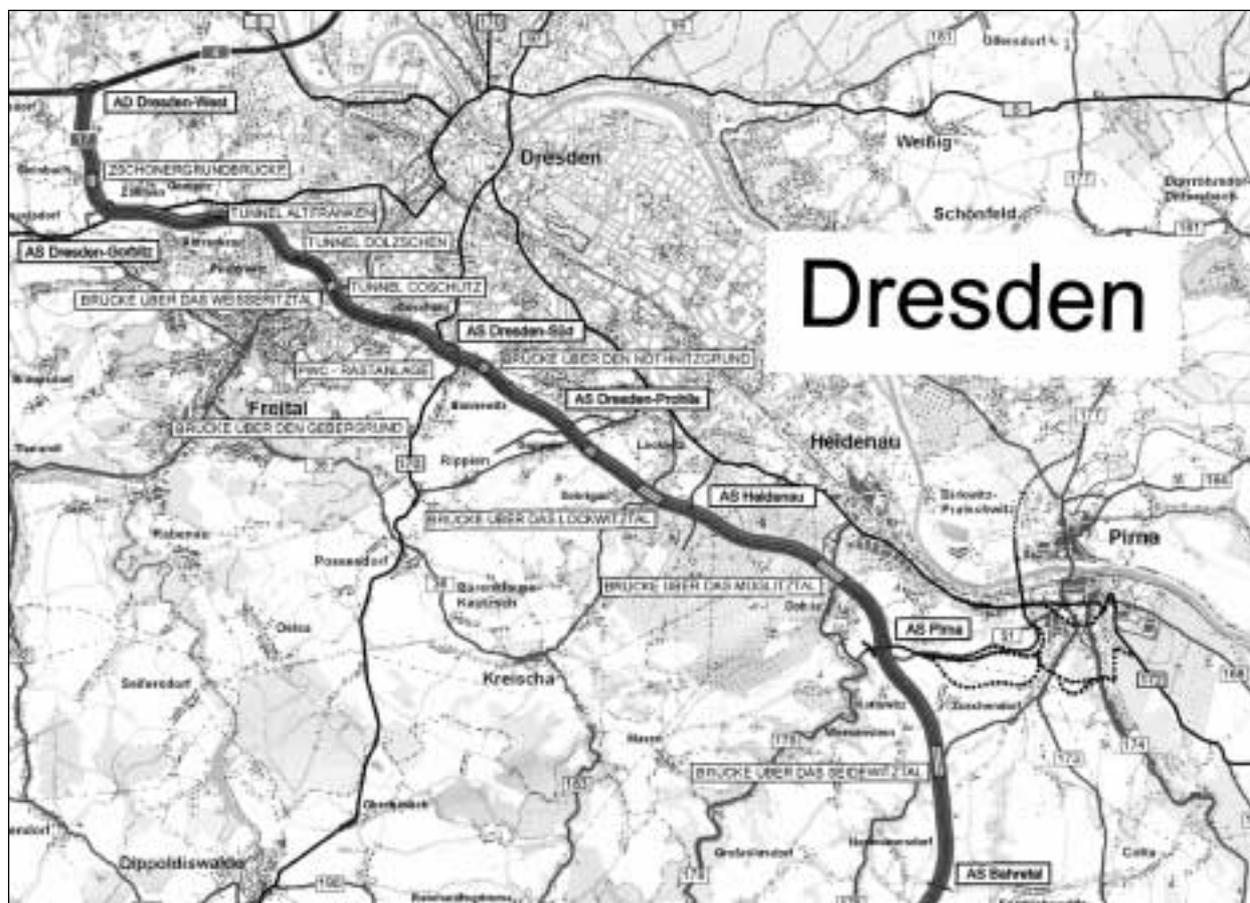


Bild 1: Linienführung und Bauwerke der BAB A17 im Bereich Dresden-Pirna (Grafik DEGES)

räumlich und touristisch wichtige Elbsandstein-gebirge vermeidet.

Für die stadtnahe Trassenführung bei Dresden hat sich auch die Bevölkerung im Rahmen eines Bür-



Bild 2: Syenit-Aufbereitung



Bild 3: Syenit-Aufbereitung



Bild 4: Weisseritztalbrücke

gerentscheidendes ausgesprochen. Durch Begrünung und entsprechende Architektur wurde versucht, die Autobahn dem Stadt- und Landschaftsbild anzupassen. Sie verläuft teilweise im Tunnel, um Wohngebiete und Kleingartenanlagen zu schützen. Der oberirdische Teil der Trasse ist in diesem Bereich fast vollständig mit Lärmschutzwällen bzw. -wänden ausgestattet.

Der nördliche Teil des stadtnahen Abschnitts, zwischen dem Autobahndreieck Dresden-West und der Anschlussstelle Dresden Süd, weist vier Brücken (Zschonergrund, Weißeritz, Kaitzgrund, Zschauke) auf. Dazu kommen der in offener Bauweise erstellte Tunnel Altfranken (354 m) und die beiden bergmännisch aufgefahrenen Tunnel Dölzchen (1.070 m) und Coschütz (2.332 m). Der Tunnel Altfranken dient insbesondere der Erhaltung des bestehenden Lucknerparks und wurde aus landschaftsästhetischen und Erholungsgründen errichtet.

Die Bilder 2 und 3 zeigen die Aufbereitung des anstehenden, im Tunnelvortrieb gewonnenen Syenits zur Wiederverwendung auf der gleichen Baustelle.

Die 220 m lange Weisseritz-Talbrücke verläuft direkt zwischen den beiden Tunneln Dölzchen und Coschütz und wird für beide Fahrbahnen getrennt jeweils als Stahltrug mit Betonabdeckung ausgeführt.

In Bild 4 ist der westliche Teil der Brücke mit dem Eingang zum Tunnel Dölzchen zu sehen. Besondere Vorsicht musste beim Sprengen im Tunnelvortrieb beachtet werden, um ein denkmalgeschütztes Haus und den Felsabbruch nicht zu gefährden (Bild 5). Generell wurde mit reduzierten Ladungen gesprengt, um die über den Tunneln liegenden Wohngebiete so wenig wie möglich zu beeinträchtigen.



Bild 5: Weisseritztalbrücke mit denkmalgeschütztem Haus

Am Übergang von der Weisseritz-Talbrücke zum Tunnel Coschütz wurde versucht, den Einsatz von Spritzbeton so gering wie möglich zu halten, um den natürlichen Charakter und Bewuchs der Felswand zu erhalten (Bilder 8 und 9). Der Tunnel ist auf diesen Fotos noch nicht aufgeföhren, nur auf dem Spritzbeton vorgezeichnet. Im Seitenbereich der Brücke wurden Sicherungen mit Felsankern und Fangnetz angebracht. Nach Fertigstellung des Tunnelportales und Beendigung der Bauarbeiten kann ein Teil der Sicherungen wieder entfernt werden.

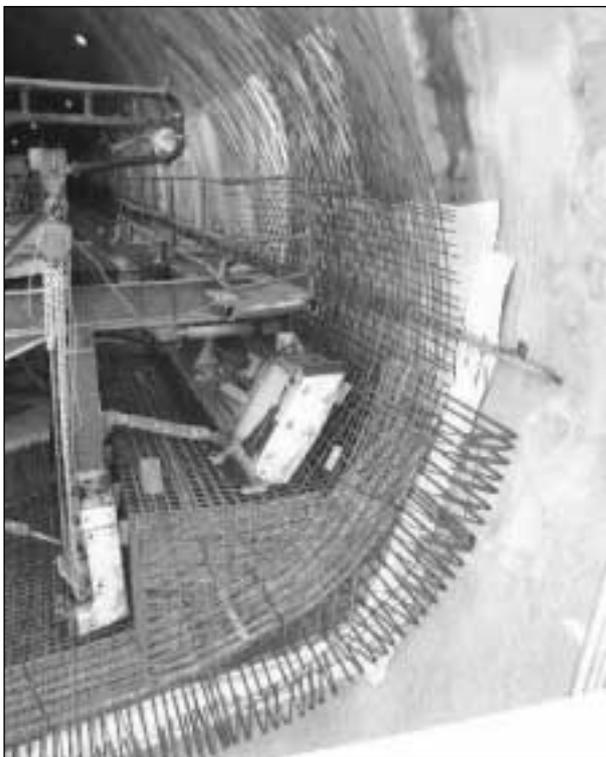


Bild 6: Detail Bewehrungsaufbau am Tunnel Dölzchen



Bild 7: Tunnel Dölzchen mit eingebrachter Dichtfolie



Bild 8: Übergang Weisseritztalbrücke-Tunnel Coschütz mit Sicherung Naturdenkmal



Bild 9: Übergang Weisseritztalbrücke-Tunnel Coschütz mit Sicherung Naturdenkmal

Teilnehmer am 38. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau am 07. und 08. Mai 2002 in Dresden

Baden-Württemberg

Bossenmeyer, BD
Baustoff- und Bodenprüfstelle Ludwigsburg

Dr. Brodbeck, Dipl.-Geol.
Landesamt für Straßenwesen, Stuttgart

Feil, BD
Landesamt für Straßenbau, Karlsruhe

Hölz, BR
Baustoff- und Bodenprüfstelle Tübingen

Link, Dipl.-Ing.
Baustoff- und Bodenprüfstelle Karlsruhe

Patitz, BR
Landesamt für Straßenbau, Karlsruhe

Röger, BD
Ministerium für Umwelt und Verkehr, Stuttgart

Bayern

Biller, BOR
Oberste Baubehörde im Bayerischen
Staatsministerium des Innern, München

Dr. Dietrich, Dipl.-Geol.
Autobahndirektion Südbayern, München

Radeke, Dipl.-Geol.
Autobahndirektion Nordbayern, Nürnberg

Stapf, Dipl.-Ing.
Autobahndirektion Nordbayern, Nürnberg

Berlin

Buse, BR z. A.
Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin

Brandenburg

Plehm, Dipl.-Ing.
Brandenburgisches Landesamt für Verkehr und
Straßenbau, Dahlewitz-Hoppegarten

Bremen

Böttger, Dipl.-Ing.
Amt für Straßen und Verkehr, Bremen

Hamburg

Engbert, OBR
Behörde für Bau und Verkehr, Hamburg

Hessen

Anders, Dipl.-Ing.
Baustoff- und Bodenprüfstelle, Kassel

Binard-Kühnel, Dipl.-Geol.
Baustoff- und Bodenprüfstelle, Wetzlar

Lentzy, Dipl.-Geol.
Baustoff- und Bodenprüfstelle, Darmstadt

Weismüller, Dipl.-Ing.
Hessisches Landesamt, Wiesbaden

Mecklenburg-Vorpommern

Schwarz, Dipl.-Ing.
Wirtschaftsministerium, Schwerin

Streibel, Dipl.-Ing.
Landesamt für Straßenbau, Rostock

Niedersachsen

Dr. Gidde
Nieders. Landesamt für Straßenbau, Hannover

Wiechmann, Dipl.-Ing.
Nieders. Landesamt für Straßenbau, Hannover

Nordrhein-Westfalen

Bäumer, Dipl.-Ing.
Landesbetrieb Straßenbau, Münster

Herz, Dipl.-Ing.
Landesbetrieb Straßenbau, Köln

Nowacka, Dipl.-Ing.
Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Düsseldorf

Wagner, RBau
Landesbetrieb Straßenbau, Köln

Rheinland-Pfalz

Dierberger
Landesbetrieb Straßen und Verkehr, Koblenz

Dr. Müller
Baustoffprüfstelle Bingen

Schmidt, Berg.-Ing.
Straßen- und Verkehrsamt Dahn-Bad Bergzabern

Scholz-Solbach, Dipl.-Ing.
Straßen- und Verkehrsamt Koblenz

Saarland

Eisinger, Dipl.-Geol.
Landesamt für Straßenbau, Neunkirchen

Sachsen

Beutler, Dipl.-Ing.
Straßenbauamt Leipzig

Bönitz, Dipl.-Ing.
Straßenbauamt Chemnitz

Fischäder, Dipl.-Ing.
Straßenbauamt Döbeln-Torgau

Gerlach, Dipl.-Ing.
Regierungspräsidium Leipzig

Guderle, Dipl.-Ing.
Straßenbauamt Dresden

Hampsch, Dipl.-Ing.
Straßenbauamt Meißen

Meischner, Dipl.-Ing.
Straßenbauamt Plauen

Opitz, Dipl.-Ing.
Regierungspräsidium Dresden

Wagner, BR
Autobahnamt Sachsen, Dresden

Werner, Dipl.-Ing.
Regierungspräsidium Chemnitz

Wurch, Dipl.-Ing.
Ministerium für Wirtschaft und Arbeit, Dresden

Sachsen-Anhalt

Schmidt, Dipl.-Ing.
Landesamt für Straßenbau, Halle

Schleswig-Holstein

Tophinke, Dipl.-Ing.
Landesamt für Straßenbau und Verkehr, Kiel

Thüringen

Heese, Dipl.-Ing.
Thüringer Landesamt für Straßenbau, Erfurt

Köditz, Ing.
Autobahnamt Thüringen, Erfurt

Korth, Dipl.-Ing.
Thüringisches Landesamt für Straßenbau, Erfurt

Schwab, Dipl.-Ing.
Prüfstelle für Qualitätssicherung, Kühnhausen

DEGES

Dittrich, Dipl.-Ing.
Berlin

Rothe, Bereichsleiter
Berlin

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen

Hahn, Dipl.-Ing., MR
Bonn

Bundesrechnungshof

Burczyk, Oberrechnungsrat
Frankfurt

Bundesanstalt für Straßenwesen

Blume, Dipl.-Ing.
Bergisch Gladbach

Hillmann, Dipl.-Ing., RDir
Bergisch Gladbach

Koch, Dr.-Ing., RR
Bergisch Gladbach

Kocher, Dipl.-Geoökol.
Bergisch Gladbach

Dr. Reichelt
Bergisch Gladbach

Steimann
Bergisch Gladbach

Bundesanstalt für Wasserbau

Fleischer, Dipl.-Ing.
Karlsruhe

Schuppener, Dr.-Ing., LBD
Karlsruhe

Deutsche Bahn AG

Vogel, Dipl.-Ing.
München

Gäste

Rosenthal, Dipl.-Geopl., Dr. rer. nat
Kaiserslautern

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen

Unterreihe „Straßenbau“

S 1: Verwitterungsbeständigkeit von Recycling-
BaustoffenK.-H. Guth
32 Seiten, 1993
kostenlosS 2: Eignung von Grubenbergen als Baustoff für
Tragschichten ohne BindemittelK.-H. Guth
16 Seiten, 1993
kostenlosS 3: Altlastenerfassung durch geophysikalische
MethodenJ. Faust
28 Seiten, 1993
kostenlos

S 4: EPS-Hartschaum als Baustoff für Straßen

R. Bull-Wasser
156 Seiten, 1993
kostenlos

S 5: Baubegleitende Messungen B 73n

H. Heinisch, K.-H. Blume
196 Seiten, 1993
kostenlosS 6: Eignung überdeckter Fugen mit Querkraft-
übertragungJ. Fleisch, R. Bartz
76 Seiten, 1993
kostenlosS 7: 33. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im
StraßenbauNiederschrift der 33. Tagung am 4. und 5. Mai 1993
in Gelnhausen
84 Seiten, 1994
€ 14,00S 8: Anleitung Qualitätsmanagementplan Asphalt-
tragschichtenH.-J. Freund, M. Stöckner
40 Seiten, 1995
€ 12,50S 9: Meßwert- und rechnergestütztes Manage-
ment der StraßenerhaltungNiederschrift und Referate des Erfahrungsaustau-
sches am 16. und 17. Mai 1995 in Berlin
64 Seiten, 1995
€ 13,00S 10: 34. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten
im StraßenbauNiederschrift der 34. Tagung am 3. und 4. Mai 1994
in Neustadt
76 Seiten, 1995
€ 14,00S 11: Der Einfluß der Textur auf Reifen/Fahr-
bahngeräusch und RollwiderstandS. Ullrich, K.-P. Glaeser, K. Sander
92 Seiten, 1996
€ 15,00S 12: Offenporige Asphaltdeckschichten auf
AußerortsstraßenProjektgruppe „Lärmindernde Straßendecken“
28 Seiten, 1996
€ 10,00S 13: Qualität von mineralischen Straßenbau-
stoffenG. Tabbert
116 Seiten, 1996
€ 16,50S 14: 35. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten
im StraßenbauNiederschrift der 35. Tagung am 7. und 8. Mai 1996
in Saarlouis
104 Seiten, 1997
€ 16,50S 15: Anforderungen an Fugenfüllsysteme aus
TemperaturdehnungenJ. Eisenmann, B. Lechner
44 Seiten, 1997
€ 12,50S 16: Sicherheitswirksamkeit ausgewählter Stra-
ßenbaumaßnahmen im Lande BrandenburgR. Schnüll, N. Handke, K. Seitz
200 Seiten, 1997
€ 22,00

S 17: Restnutzungsdauer von Asphaltsschichten

A. Wolf
56 Seiten, 1998
€ 13,00S 18: 2. Erfahrungsaustausch über rechnerge-
stütztes StraßenerhaltungsmanagementNiederschrift des 2. Erfahrungsaustausches am 21.
und 22. Mai 1997 in Berlin
80 Seiten, 1998
€ 14,50S 19: Einfluß der Bruchflächigkeit von Edelsplit-
ten auf die Standfestigkeit von AsphaltenTeil 1: Literaturlauswertung
H. Beckedahl, I. Nösler, E. Straube
Teil 2: Einfluß des Rundkornanteils auf die Scher-
festigkeit von Gesteinskörnungen
H.G. Diel
112 Seiten, 1998
€ 16,50

- S 20: **36. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau**
Niederschrift der 36. Tagung am 5. und 6. Mai 1998 in Rostock
88 Seiten, 1999 € 14,00
- S 21: **Walzbeton: Ergebnisse aus neuester Forschung und langjähriger Praxis Kompendium**
D. Birmann, W. Burger, W. Weingart, B. Westermann
Teil 1: Einfluß der Zusammensetzung und der Verdichtung von Walzbeton auf die Gebrauchseigenschaften (1)
M. Schmidt, E. Bohlmann, P. Vogel, B. Westermann
Teil 2: Einfluß der Zusammensetzung und der Verdichtung von Walzbeton auf die Gebrauchseigenschaften (2)
W. Weingart, F. Dreßler
Teil 3: Messungen an einer Versuchsstrecke mit Walzbeton-Tragschicht an der B54 bei Stein-Neukirch
J. Eisenmann, D. Birmann
Teil 4: Temperaturdehnung, Schichtenverbund, vertikaler Dichteverlauf und Ebenheit von Walzbeton
W. Burger
128 Seiten, 1999 € 17,00
- S 22: **3. Bund-Länder-Erfahrungsaustausch zur systematischen Straßenerhaltung**
Nutzen der systematischen Straßenerhaltung
Niederschrift des 3. Erfahrungsaustausches am 4. und 5. Mai 1999 in Bergisch Gladbach
164 Seiten, 2000 € 19,50
- S 23: **Prüfen von Gesteinskörnungen für das Bauwesen**
P. Ballmann, R. Collins, G. Delalande, A. Mishelany, J. P. v. d. Elshout, R. Sym
20 Seiten, 2000 € 10,50
- 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
C. Koch
117 Seiten, 2001 € 17,50
- S 25: **37. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau**
Niederschrift der 37. Tagung am 3. und 4. Mai 2000 in Erfurt
110 Seiten, 2001 € 16,50
- S 26: **Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund - Aufgeständerte Gründungspolster**
J. Rogner, J. Stelter
64 Seiten, 2002 € 14,00
- S 27: **Neue Methoden für die Mustergleichheitsprüfung von Markierungsstoffen**
Neuentwicklung im Rahmen der Einführung der ZTV-M 02
St. Killing, V. Hirsch, M. Boubaker, E. Krotmann
28 Seiten, 2002 € 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
53 Seiten, 2002 € 13,00
- S 29: **Nichtverkehrliche Straßennutzung**
Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 24./25. September 2001 in Saarbrücken
61 Seiten, 2002 € 13,50
- S 30: **4. Bund-Länder-Erfahrungsaustausch zur systematischen Straßenerhaltung**
Workshop Straßenerhaltung mit System
Niederschrift des 4. Erfahrungsaustausches am 12. und 13. Juni 2002 in Bergisch Gladbach
158 Seiten, 2003 € 19,50
- S 31: **Arbeitsanleitung für den Einsatz des Georadars zur Gewinnung von Bestandsdaten des Fahrbahnaufbaues**
G. Golkowski
22 Seiten, 2003 € 11,50
- S 32: **Straßenbaufinanzierung und -verwaltung in neuen Formen**
Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 23./24. September 2002 in Saarbrücken
56 Seiten, 2003 € 13,50

**S 33: 38. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten
im Straßenbau**

Niederschrift der 38. Tagung am 7. und 8. Mai 2002
in Dresden

118 Seiten, 2003

€ 17,50

Zu beziehen durch:

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

Internet: www.nw-verlag.de

