

42. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Straßenbau Heft S 76

bast

42. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau

Niederschrift der 42. Tagung
am 5. und 6. Mai 2010
in Nürnberg

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Straßenbau Heft S 76

bast

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

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

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

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

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

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

Impressum

**Bericht zum Forschungsprojekt F1100.3209022
des Arbeitsprogramms der Bundesanstalt für Straßenwesen:**
42. Erfahrungsaustausch des Bundes und der Länder über Erdarbeiten im Straßenbau

Projektbetreuung

Kirsten Kunz
Roderich Hillmann

Herausgeber

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

Redaktion

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

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

ISSN 0943-9323
ISBN 978-3-86918-237-7

Bergisch Gladbach, März 2012

Kurzfassung – Abstract

42. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau

Am 42. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau (EAT) am 5. und 6. Mai 2010 nahmen neben Vertretern des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und der Straßenbaubehörden der Länder auch Vertreter der Bundesanstalt für Wasserbau, der Deutschen Bahn AG und der DEGES teil.

Der Erfahrungsaustausch dient dazu, Erfahrungen mit neuen Bauweisen und der Anwendung neuer Regelwerke und Prüfverfahren mitzuteilen und zu diskutieren. Der 42. EAT hatte vier verschiedene Themen-Schwerpunkte, zum einen „Regelwerke und Normung“, es wurde die Arbeitsgruppe des CEN und deren Aufgaben bei der europäischen Normung „Erdarbeiten“ vorgestellt, über die Qualitätssicherung von Geokunststoffen informiert und außerdem Neuerungen in den RAP Stra 2010 und der aktuelle Überarbeitungsstand der Richtlinien für die Straßenentwässerung (ZTV Ew, RiStWag und RAS-Ew) erläutert.

Die Erfahrungsberichte gewährten Einblicke über neue Bauverfahren und Baustoffe. Es wurde der Vortrag vom 41. EAT über die Anwendung von Glasschaumgranulat als Leichtschüttung mit 2-jähriger Erfahrung fortgeführt. Ferner wurde über die Verbesserung des Verformungsverhaltens organischer Böden am Beispiel der Querung eines Moorgebietes in Brandenburg und der Überwindung eines Todeisloches beim Bau der A 7 im Allgäu berichtet. Ebenfalls wurden die Vorteile und erforderlichen Einschränkungen (Risiken) der Beobachtungsmethode bei der Sicherung standortsicherheitsgefährdeter Einschnittsböschungen erläutert.

Ein weiteres Thema waren die Auswirkungen des Klimawandels auf die Straßeninfrastruktur. In verschiedenen Szenarien wurde über den Klimawandel mit Relevanz für die Straße und über Risiken von Hang- und Böschungsrutschungen durch die Zunahme von Extremwetterereignissen informiert. An drei Fallbeispielen in Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Niedersachsen wurde über Böschungsrutschungen und deren Sanierungsmaßnahmen berichtet.

Den letzten Schwerpunkt bildeten die Bauverträge mit funktionalen Anforderungen. Es wurde über den Funktionsbauvertrag im Bundesfernstraßenbau, die Vorstellung der ZTV-Funktion E anhand der BAB A 6 bei Nürnberg und über die ZTV Funktion Ew berichtet.

Die Fachexkursion am 6. Mai 2010 führte zunächst zur Verkehrs- und Betriebszentrale Nordbayern, die eindrucksvoll über ihre Aufgabengebiete einschließlich des verkehrstelematischen, betriebs- und tunneltechnischen Systems informierte. Anschließend wurde über weitere Details des sechsstreifigen Ausbaus der BAB A 6 zwischen der AS Roth und dem AK Nürnberg-Süd informiert. Im Anschluss erfolgten unter fachkundiger Führung die Besichtigung der Erdbaumaßnahmen an der Main-Donau-Kanalbrücke und des Rückbaus des Lärmschutzwalls Kornburg inklusive der Erläuterungen der unvorhergesehenen Probleme bei der Aufbereitung des alten Lärmschutzwalls.

42nd Congress for Exchange of Experience on Earthworks in Highway Construction

The 42nd Congress for Exchange of Experience on Earthworks in Highway Construction (EAT) held on the 5 and 6 May 2010 was attended by representatives of the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs and road construction authorities, as well as by representatives of the Federal Waterways Engineering and Research Institute, the Deutsche Bahn AG and the DEGES.

The exchange of experience congress serves as a platform for communicating and discussing of experiences made with new construction methods and the application of new regulations and test methods. The 42nd EAT had four main different topic highlights. Firstly, “Regulations and Standards” dealt with the work group of the CEN, its task in the European standardisation “Earthworks” was introduced and information was provided about the quality assurance of geoplastics. In addition, changes to the RAP Stra 2010 and the current revision status of the regulations for road drainage (ZTV Ew, RiStWag and RAS-Ew) were outlined.

The experience reports provided insights about new construction methods and building materials. The presentation from the 41st EAT about the application of granulated foamed glass as a lightweight aggregate with 2 years of experience was continued. The improvement of the deformation behaviour of organic soils on the example of the crossing of a marsh area in Brandenburg and the overcoming of a kettle hole during the construction of the A7 in the Allgäu was also reported on. The advantages and necessary restrictions (risks) of the observation method for the securing of embankments with stability risk were also explained.

Another issue was the impact of climate change on road infrastructure. Information about climate change relevant to roads and the risks of landslides and slope slides as a result of extreme weather events was provided in various scenarios. Slope slides and remedial measures were reported on the example of three case studies in Baden Württemberg, Rhineland-Palatinate and Lower Saxony.

The final focus was on building contracts with functional requirements. It was reported on the functional construction contract for the federal highway construction, on the introduction of the ZTV function E with reference to the BAB A6 near Nuremberg and on the ZTV function Ew.

The specialist excursion on 6 May 2010 first led to the Transportation and Operations Control Centre North Bavaria, which impressively informed about its areas of responsibility including traffic telematics, operational and technical tunnel systems. Afterwards, further detailed information was provided about the six-lane expansion of the BAB A6 between the AS Roth and the AK Nuremberg South. This was followed by an expert guided tour of the earth-moving measures at the Main-Danube canal bridge and the demolition of the noise protection wall Kornburg. The unforeseen problems that occurred when treating the old noise protection wall were also explained.

Inhalt

Begrüßungen

Dr. Ing. Peter Reichelt Präsident der Bundesanstalt für Straßenwesen	8
Dipl.-Ing. Helmut Schütz Präsident der Autobahndirektion Nordbayern	11

Regelwerke und Normung

Normung „Earthworks“ im CEN/TC 396 RDir Dipl.-Ing. Roderich Hillmann	14
Qualitätssicherung von Geokunststoffen in den ZTV E-StB 09 Dipl.-Geol. Ursula Blume	17
Neuerungen in den RAP Stra 2010 BDir Dipl.-Ing. Gernot Rodehack	28
Aktueller Stand der Überarbeitung von ZTV Ew-StB 91/RiStWag/RAS-Ew Dipl.-Geol. Michael Bürger	32

Erfahrung mit neuen Bauverfahren und Baustoffen

Erfahrungen mit Glasschaumgranulat als Leichtschüttung nach 2 Jahren unter Verkehr an der BAB A 8 München-Salzburg Dipl.-Geol. Dr. Michael Dietrich	38
Querung eines Moorgebietes beim Neubau der Bundesstraße B 96 im Zuge der Verkehrsanbindung für den Flughafen Berlin Brandenburg International Dipl.-Ing. Maik Schüßler	42
Anwendung der Beobachtungsmethode bei der Sicherung standsicherheitsgefährdeter Einschnittböschungen: Vorteil und Risiken Dipl.-Ing. Thomas Hecht	50
Überwindung eines Toteisloches beim Bau der BAB A 7 im Langegger Tal Dipl.-Geol. Jochen Daschner	59

Auswirkungen des Klimawandels auf die Straßeninfrastruktur

Szenarien Klimawandel Dipl.-Ing. Dipl.-Tropentechnologe Andreas Wolf	66
Abschätzung der Risiken von Hang- und Böschungsrutschungen durch die Zunahme von Extremwetterereignissen Dipl.-Geol. Ursula Blume	73
Klima und Hangkinematik am Beispiel der Großschollenrutschung „Wildenberger Hang“ (BAB A 81, nördlich Heilbronn) Dr. rer. nat. Martin Brodbeck	78
Straßenbau in rutschgefährdeten Schichten am Beispiel der B 47 – Umgehungsstraße Eisenberg Dipl.-Ing. Stefan Zodet	87
Niederschlagsabhängige Böschungs- schäden in Niedersachsen Dr. rer. nat. Andreas Gidde	90

Bauverträge mit funktionalen Anforderungen

ZTV Funktion – E BDir Dipl.-Ing. Andreas Eisgruber MR Dipl.-Ing. Siegfried Scheuer	94
--	----

Kurzbericht zur Fachexkursion

Dipl.-Ing. Kirsten Kunz	97
-------------------------------	----

Teilnehmerliste	100
------------------------------	-----

Begrüßungen

Dr.-Ing. Peter Reichelt

Dipl.-Ing. Helmut Schütz

Dr.-Ing. Peter Reichelt

Präsident und Professor der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach

Sehr geehrter Herr Schütz,
sehr geehrte Damen und Herren,

ich begrüße Sie ganz herzlich zu unserem 42. Erfahrungsaustausch des Bundes und der Länder über Erdarbeiten im Straßenbau heute und morgen hier in Nürnberg. Wir sind nach 1982 nun zum zweiten Mal in Nürnberg. Nach weiteren Veranstaltungen 1963, 1972 und 1992 in Bayern – also fast in einem 10-jährigen Rhythmus – waren wir uns mit der Obersten Baubehörde im bayerischen Staatsministerium des Innern einig, den diesjährigen Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten in Nürnberg zu veranstalten.

Ich bin in Nürnberg zur Schule gegangen, auch deshalb bin ich heute gerne hierher gekommen, Sie zu begrüßen. Mein Vater war im damaligen Autobahnamt als Planungsingenieur unter Leitung von Herrn Lorenz tätig, der sich um die Trassierung und die Klothoide verdient gemacht hatte. Damals in den 50er Jahren wurde die BAB Frankfurt – Nürnberg geplant und gebaut, heute wird sie verbreitert.

Das ist die richtige Stelle, den Nachfolger von Herrn Lorenz zu begrüßen: Herrn Präsident Dipl.-Ing. Helmut Schütz, Präsident der Autobahndirektion Nordbayern und als Vertreter des gastgebenden Landes und damit in die Organisation des Erfahrungsaustausches und in die Baustellenexkursion zur BAB A 6 eingebunden.

Herrn MR Dipl.-Ing. Karl-Heinz Johnen, Referatsleiter StB 27 im BMVBS, muss ich entschuldigen, er ist heute politisch in Bonn gefordert. Herr Sieber aus seinem Referat „Erhaltung, Straßenbauweisen und -verfahren“ vertritt ihn heute und ich grüße Herrn Sieber ebenfalls sehr herzlich.

Obwohl wir jetzt erst beginnen, Dank an die Länder für die Mitgestaltung des Erfahrungsaustausches durch die Benennung von Themen und die Entsendung der Vortragenden, denn diese Veranstaltung lebt von der gegenseitigen Information und Diskussion.

Dank an die Organisatoren des EAT in der BAST, Herrn Zirngibl, Herrn Hillmann und seinen Mitarbeitern.

Meine Damen und Herren,

lassen Sie mich, ehe ich zu den mehr fachlichen Themen komme, einige Informationen aus der BAST geben.

Der Wissenschaftsrat hat eine Arbeitsgruppe eingesetzt, die das Bewertungsverfahren zur Bundesanstalt für Straßenwesen in der ersten Jahreshälfte 2009 durchgeführt hat. Die Arbeitsgruppe hat die BAST in Bergisch Gladbach am 29. und 30. April 2009 besucht und auf der Grundlage dieser Besuche sowie der von der Bundesanstalt vorgelegten Informationen einen Bewertungsbericht vorbereitet, der Grundlage für die Stellungnahme des Wissenschaftsrates vom 13. November 2009 ist. Darin stellt der Wissenschaftsrat u. a. fest:

„Die BAST ist ein national und international agierendes Kompetenzzentrum auf dem Gebiet des Verkehrswesens und erarbeitet für das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung wichtige, notwendige Entscheidungshilfen. Ihre Vermittlerfunktion zwischen Wissenschaft, Politik und Praxis, Bund und Ländern, EU und nationaler Ebene ist unverzichtbar und wird von ihr insgesamt überzeugend wahrgenommen.“

Die BAST ist, soweit es ihre Amtsaufgaben zulassen, forschungsorientiert und hat in den letzten Jahren bereits eine Reihe struktureller Voraussetzungen für bessere FuE-Arbeit geschaffen. Die Qualität der Dienstleistungen der BAST beruht auf ihrer eigenen FuE-Arbeit sowie auf den FuE-Ergebnissen von extramural vergebenen Forschungsprojekten.“

Es liegt in der Natur der Sache, dass ein solches Bewertungsverfahren auch Schwachstellen und Verbesserungspotenzial aufzeigen soll. Der Wissenschaftsrat hat der BAST empfohlen, zur weiteren Stärkung ihrer Forschungs- und Entwicklungsleistungen verschiedene Maßnahmen zu ergreifen:

- Gemeinsam mit ihrem wissenschaftlichen Beirat soll die BAST Konzepte für ihre künftige Weiterentwicklung im Bereich Forschung und Entwicklung erarbeiten, in denen die Vorlaufforschung eine besondere Rolle spielen sollte, und Forschungsschwerpunkte entwickeln, die auf die Herausforderungen der Zukunft ausgerichtet sind. Hierbei sollte ein ganzheitlicher Ansatz der Verkehrswege und -infrastrukturen berücksichtigt werden.

- Unter Berücksichtigung ihrer Amtsaufgaben sollte sich die BAST möglichst durch eine verstärkte Betreuung wissenschaftlichen Nachwuchses und eine Kooperation mit Universitätsinstituten in gemeinsamen FuE-Projekten künftig stärker in die scientific communities einbinden.
- Auf dem Gebiet der Modellierung und Simulation sollte eigene Kompetenz aufgebaut werden, um die Zahl langwieriger und aufwändiger experimenteller Arbeiten (z. B. Crashtests) zu reduzieren und um ihr Methodenspektrum zu erweitern.
- Die in Europa einmaligen Versuchsanlagen der BAST sollten verstärkt externen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern zur Nutzung für Forschungszwecke zur Verfügung gestellt werden.

Ich kann Ihnen versichern, wir arbeiten daran, noch besser zu werden.

Ein Beispiel für neue Aufgaben sind unsere Aktivitäten der Arbeitsgruppe Klima. Zu den Aktivitäten der Arbeitsgruppe Klima der BAST möchte ich an dieser Stelle den detaillierten Informationen im 4. Themenblock heute Nachmittag nicht vorgreifen. Eine große gesellschaftliche Herausforderung der Zukunft ist die Entwicklung von Anpassungsstrategien an veränderte Klimabedingungen. Vermeidungsstrategien zur Begrenzung klimarelevanter Abgase werden die Auswirkungen des Klimawandels nur in begrenztem Umfang abfangen können. Deshalb besteht dringender Handlungsbedarf hinsichtlich der Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen. Zur Befassung mit diesem Thema ist im Frühjahr 2009 die abteilungsübergreifende Arbeitsgruppe „Klima“ der BAST eingerichtet worden. Inzwischen ist die Zusammenarbeit mit dem deutschen „Climate Service Center (CSC)“ organisiert und praktiziert sowie vier orientierende Projekte in Auftrag gegeben worden.

Neben den bereits in der Praxis etablierten und bewährten Bauweisen nach den RStO ist es unser Bestreben, die Entwicklung innovativer Straßenbefestigungen und -baustoffe z. B. im Rahmen von ÖPP-Modellen und bei Bauverträgen mit funktionalen Anforderungen zu fördern. Ihre grundsätzliche Eignung und Qualifikation, wie Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit, müssen zeit- und praxisnah untersucht werden, um sie innerhalb kurzer Zeit anwenden zu können. Es gibt zwei Wege: Rechnen (Stichwort RDO) und zeitraffendes Prüfen.

Zur zeitraffenden und realitätsnahen Belastung von Straßenbefestigungen beschaffen wir die lineare Belastungseinheit MLS 10. Die Lieferung dieses „Gerätes“ erwarten wir im Herbst 2010. Nach der Funktionsprüfung ist der Einsatz der Belastungseinheit zunächst im „Innovationsprogramm Straße“ vorgesehen. Im Rahmen dieses Programms sollen innovative Verfahren zur strukturellen Substanzbewertung entwickelt werden. In einer zweiten Phase sollen die gefundenen Ansätze mit der neuen Belastungseinheit MLS 10 in der Modellstraße der BAST validiert werden.

Und jetzt, meine Damen und Herren, muss ich die Kurve bekommen und auf unsere Dauerthemen seit Jahren eingehen, „Materialeffizienz und Ressourcenschonung – Kreislaufwirtschaftsgesetz und Ersatzbaustoffverordnung“.

Auf unsere Aktivitäten und Projekte um die „stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen“ – wie es früher hieß – bin ich bereits bei unserem Erfahrungsaustausch 2008 in Potsdam eingegangen. Damals war gerade der 1. Arbeitsentwurf der Ersatzbaustoffverordnung vom Nov. 2007 veröffentlicht. Auch wenn der angekündigte 2. Arbeitsentwurf der Ersatzbaustoffverordnung noch nicht vorliegt, kann ich doch über zwischenzeitliche Fortschritte berichten. Natürlich gibt es auch noch Untiefen, die es zu umfahren gilt.

Das BMU strebt mit der Ersatzbaustoffverordnung eine abschließende Regelung von Bodenrecht, Wasserrecht und Kreislaufwirtschaft an. Die Änderung der Bundesbodenschutzverordnung, die Neufassung der Grundwasserverordnung und die Ersatzbaustoffverordnung müssen deshalb in unmittelbarem Zusammenhang gesehen werden. Die abschließende Regelung dieser drei Rechtsbereiche bedeutet, dass zukünftig bei der Verwendung oder Verwertung von industriellen Nebenprodukten, RC-Baustoffen und aufbereiteten Böden mit oder ohne Fremdbestandteilen keine wasserrechtliche Erlaubnis notwendig ist, wenn die Anforderungen der Ersatzbaustoffverordnung eingehalten werden. Wenn das Ziel dieser Verordnung so gelingt, wäre es ein gewaltiger Fortschritt für mehr Materialeffizienz und Ressourcenschonung.

Der erste Arbeitsentwurf der Ersatzbaustoffverordnung im Jahr 2007 hat kontroverse Diskussionen ausgelöst, in denen erheblicher Überarbeitungsbedarf aufgezeigt wurde. Nach dem neuen Ableitungskonzept werden – ausgehend von den zulässigen Schadstoffen in einem Sickerwassertropfen

beim Übergang ins Grundwasser – einzuhaltende Materialwerte der jeweiligen Schadstoffe in den verschiedenen Ersatzbaustoffen ermittelt. Es wird sozusagen rückwärts gerechnet. Die zulässigen Schadstoffgehalte in dem Sickerwassertropfen sind nach der neuen Grundwasserverordnung die Ihnen bekannten Geringfügigkeitsschwellenwerte.

Bei Salzen, die bekanntlich nicht durch den Boden zurückgehalten werden, müssen die Geringfügigkeitsschwellen nach 4 Jahren Durchströmung der Ersatzbaustoffe eingehalten werden. Bei allen anderen Schadstoffen darf in bestimmten Böden (Sand und Lehm/Schluff) in einem Zeitraum von 200 Jahren die Hälfte der aufnehmbaren Kapazität der Böden an Schadstoffen ausgeschöpft werden. Für den Rückhalt darf ein Meter der Böden angesetzt werden.

So weit die Betrachtung „rückwärts“. Die Schadstoffkonzentration in dem Sickerwassertropfen ist natürlich auch davon abhängig, wie viel Wasser durch den Ersatzbaustoff hindurch sickert. Hier ist besonders von unserer Seite Kritik an den Modellannahmen für die Straßenbauwerke geübt worden. Daraus sind konstruktive Empfehlungen in unserem Bericht „Modellannahmen für Straßenbauwerke“ erarbeitet worden. Beispielhaft nenne ich den Ansatz des Abflussbeiwertes. Er war nach RAS Ew mit 0,9 angesetzt. Dieser Wert wird für die Bemessung der Entwässerungseinrichtungen bei Starkregenereignissen angesetzt. Für die hier gestellte Frage ist aber relevant, welcher Straßenabfluss bei schwachen und starken Regenereignissen entsteht. Anhand von Forschungsergebnissen und der Berechnung von Abflussbeiwerten für unterschiedliche Regenereignisse konnte nachgewiesen werden, dass über die Bundesrepublik gemittelt der Ansatz eines Abflussbeiwertes von 0,7 für diese Fragestellung realitätsnah ist. Dieser empfohlene Wert und andere Empfehlungen sind in die im Auftrag des BMU neu durchgeführten Berechnungen eingegangen.

In den Gremien der FGSV ist außer den TL BuB E-StB (Technische Lieferbedingungen für Böden und Baustoffe im Erdbau des Straßenbaus) das „Merkblatt über Bauweisen für technische Sicherungsmaßnahmen beim Einsatz von Böden und Baustoffen mit umweltrelevanten Inhaltsstoffen im Erdbau“ kurzfristig neu erarbeitet worden. Wir haben diese Arbeit besonders unterstützt, um durch eigene Regelwerke über die Verwertung von Ersatzbaustoffen im Straßenbau Maßstäbe zu setzen.

Dieses Konzept ist aufgegangen, denn die Ersatzbaustoffverordnung wird zumindest 4 der 6 dort beschriebenen Bauweisen sowie die Regelungen zur Güteüberwachung aufgreifen. Derzeit arbeiten wir daran, dass noch die Bauweise mit wenig durchlässigem Ersatzbaustoff im Damm und darüber liegender Dränlage in der Verordnung aufgenommen wird.

Auch die Industrieseite hat zahlreiche Gespräche mit dem BMU geführt und ihre jeweiligen Baustoffe mit den neuen Evaluationsverfahren untersucht. Auf der damit geschaffenen Datenbasis können die Auswirkungen der Ersatzbaustoffverordnung auf die Einsatzmöglichkeiten der Baustoffe nun sehr viel besser beurteilt werden.

Schlecht wäre die Verschärfung der Geringfügigkeitsschwellen in der Grundwasserverordnung. Derzeit ist der Entwurf zur Ressortabstimmung aktuell, von dem derartiges berichtet wird. Sollte es tatsächlich dazu kommen, wäre die im Entwurf des neuen Kreislaufwirtschaftsgesetzes erklärte Verwertungsquote von 80 % nicht zu erreichen.

Meine Damen und Herren, mit unseren eigenen Untersuchungen zur Durchsickerung von Dämmen und Schutzwällen sind wir nicht so zügig vorangekommen wie ursprünglich geplant, aber wir sind jetzt in der Zielgeraden. Die letzten Ausbauarbeiten an der Lysimeteranlage in Augsburg laufen in den kommenden Wochen. Parallel erfolgt die Ausstattung mit den Messinstrumenten, den Erfassungsgeräten und der Datenfernübertragung. Mir ist zugesagt worden, dass die Anlage im Sommer betriebsbereit ist. Meine Mitarbeiter wünschen sich dann viel Regen in Augsburg, damit sie Gewissheit haben, dass die Einrichtungen wie geplant arbeiten.

Unser Ziel ist es, Boden- und Grundwasserschutz mit der Verwertung von Ersatzbaustoffen in Einklang zu bringen. Darin sehen wir einen wichtigen Beitrag zum Ressourcenschutz gerade im Straßenbau mit seinem enormen Materialbestand und Materialbedarf. Wir wollen und müssen selbst dazu beitragen, dass unverhältnismäßige Anforderungen zur Kompensation mangelnder wissenschaftlicher Absicherungen unterbleiben.

Ich wünsche uns nun interessante Vorträge, gute Diskussionen und eine erfolgreiche Exkursion und schätze, dass Sie alle heute hier zusammengekommen sind, das zu realisieren.

Dipl.-Ing. Helmut Schütz

Präsident der Autobahndirektion Nordbayern

Sehr geehrter Herr Professor Reichelt, sehr geehrter Herr Sieber, Herr Zirngibl, Herr Hillmann, meine sehr verehrten Damen und Herren,

ich freue mich ganz besonders, dass Sie Ihren 42. Erfahrungsaustausch heute hier bei uns in Nürnberg abhalten. Als ich das Programm gesehen habe, habe ich mich sofort entschlossen, heute an der Veranstaltung teilzunehmen. Obwohl ich mich als Leiter einer Behörde mit über 1.300 Mitarbeitern leider überwiegend mit Personal- und Organisationsfragen und viel zu wenig mit Bautechnik zu beschäftigen habe, sind die heute auf dem Programm stehenden Vorträge für mich als Bauingenieur so interessant, dass ich mich auf den heutigen Tag wirklich freue.

Meine Damen und Herren,

die bayerische Straßenbauverwaltung betreut über 25.000 Kilometer Straßen und setzt im eigenen Zuständigkeitsbereich, also ohne kommunale Förderprojekte, jährlich rund 1,5 Milliarden Euro an Bauinvestitionen um. Wir haben über 6.000 Beschäftigte, wobei in Bayern auch der Betriebsdienst in staatlicher Regie betrieben wird.

In meiner Behörde, der Autobahndirektion Nordbayern, der auch die Landesbaudirektion angegliedert ist, sind über 1.300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beschäftigt. Wir sind zuständig für 1.317 Kilometer Autobahnen, die in den nordbayerischen Ballungsräumen Nürnberg/Fürth/Erlangen und Würzburg mit bis zu 100.000 Kfz/24 h belastet sind.

Die Verkehrsprojekte Deutsche Einheit – sechsstreifiger Ausbau der A 9, von Nürnberg Richtung Berlin, Neubau von A 71, Schweinfurt-Suhl und A 73, Lichtenfels-Suhl, haben wir im Herbst 2008 endgültig abgeschlossen. In derselben Woche gab die Bundeskanzlerin auch den letzten 20 km langen Abschnitt der europäischen Ost-West-Magistrale der Autobahn A 6 von Prag über Nürnberg bis Paris für den Verkehr frei.

Damit sind die Neubauprojekte in Nordbayern auf längere Sicht abgeschlossen. Unsere Hauptaufgabe für die künftigen Jahren liegt nun im sechsstreifigen Ausbau von Autobahnstrecken, die von den 50er bis in die 70er Jahre gebaut wurden und heute komplett überlastet sind. Dies ist vor allem die Au-

tobahn A 3 Frankfurt-Würzburg-Nürnberg mit ihren Mittelgebirgsstrecken durch den Spessart und den Steigerwald.

Meine Damen und Herren,

Bayern verfügt über vielfältigste Landschaftsräume von unterschiedlichster geologischer Entstehungsgeschichte und Ausprägung. Während im Norden harte Gesteine von Grauwacke über Diabas, Granit und Gneis sowie Sandstein und Jurakalk vorherrschen, gibt es im Süden überwiegend quartäre Fluss- und Gletscherablagerungen mit Verlandungsbereichen und Mooren. Gerade im Bereich der oberbayerischen Seen sind Verlandungsbereiche vorhanden, die Seetone bis in Tiefen von 80 Metern aufweisen.

Diese große Vielfalt an Böden macht den Straßenbau in Bayern zur Herausforderung. Bayerische Straßenbauingenieure und Geologen verfügen deshalb über umfangreiche Erfahrungen mit unterschiedlichsten Böden. Dennoch gibt es beim Bau immer wieder Überraschungen, die neue oder besondere Lösungen verlangen. Deshalb begrüße ich es sehr, Herr Professor Reichelt, dass die BASt, einen derartigen Erfahrungsaustausch hier in Bayern organisiert hat. Wir alle schätzen es sehr, dass die Bundesanstalt für besonders schwierige Aufgaben quasi als bundesweites Kompetenzzentrum ein umfassendes Know-how vorhält.

Der Erfahrungsaustausch befasst sich neben der Umsetzung der europäischen Normen in das nationale Regelwerk auch mit einer Reihe hoch interessanter aktueller Themen.

Der Einsatz von Elektroofenschlacke im Straßenbau hat gerade für die Augsburger Region, aus der ich stamme, große Bedeutung. Da NRW über eine jahrzehntelange Erfahrung in der Verwendung von Hochofenschlacke verfügt, sind wir an einem Austausch der Kenntnisse dazu besonders interessiert. Dabei muss man aber bedenken, dass Bayern mit seinen kleinräumigen Grundwasserfassungen über andere Voraussetzungen verfügt als NRW mit seinen großen Speicherseen und daher auch andere Anforderungen zum Schutz des Grundwassers definieren muss.

Die Überbauung eiszeitlicher Landschaftselemente, wie eines Moorgebietes beim Flughafen Berlin-Schönefeld und eines Toteisloches an der A 7 im Allgäu, zeigen, dass die Aufgabenstellungen zwar unterschiedlicher Natur sind, die Probleme sich je-

doch in gewisser Weise ähneln. Daher ist ein Austausch der jeweiligen Erfahrungen von größter Bedeutung.

Auch der Straßenbau wird künftig nicht umhin können, sich mit den Auswirkungen des Klimawandels intensiver zu beschäftigen. Wir erleben inzwischen Starkregenereignisse, die deutlich über das hinaus gehen, was wir im Zusammenhang mit dem 15-Minuten-Bemessungsregen noch gelernt haben. Erhöhte Abflussmengen führen nicht nur zu Problemen auf den Fahrbahnen für den Verkehr, sondern erfordern auch ingenieurtechnische Antworten. Dazu gehören Überlegungen zu größeren Querneigungen bei sehr breiten Straßen bis hin zu größer dimensionierten Entwässerungseinrichtungen und bautechnischen Maßnahmen zur Vermeidung von Böschungsrutschungen, die sich durch vermehrte Wassersättigung und damit durch Veränderung der Kohäsion in den Böden einstellen können.

Ich freue mich, dass Sie auch das Thema Funktionsbauverträge auf Ihre Agenda gesetzt haben. Die bayerische Straßenbauverwaltung konnte hier neben NRW in der Vergangenheit bereits einige Erfahrungen sammeln. Neben einigen Projekten im Staatsstraßenbau, bei denen Erfahrungen mit Funktionsbauverträgen im Erdbau und bei den Entwässerungsanlagen gesammelt wurden, läuft zurzeit der sechsstreifige Ausbau der Autobahn A 6 südlich von Nürnberg, den Sie am morgigen Tag besuchen werden.

Bei diesem Bauvertrag wurden neben dem Oberbau auch Erdbau, Entwässerungseinrichtungen, Lärmschutzanlagen, Brücken und Schutzeinrichtungen funktional ausgeschrieben und vergeben. Ein Novum ist dort auch der Einsatz vom zweilagigem Offenporigem Asphalt in einem Funktionsbauvertrag. Wir werden Ihnen unsere mit diesem Pilotvorhaben gemachten Erfahrungen schildern und freuen uns auf eine rege Diskussion.

Trotz verschiedener Verbesserungsmöglichkeiten sieht die bayerische Straßenbauverwaltung in Funktionsbauverträgen eine sehr gute Möglichkeit, zu Qualitätsverbesserungen im Straßenbau zu kommen. Der Auftragnehmer ist für die Erhaltung über einen langen Zeitraum (z. B. 25 Jahre) zuständig. Er muss daher ein verstärktes Interesse haben, nachhaltig zu bauen und nicht nur die Gewährleistungsfrist zu überstehen.

Dass dies auch der Fall ist, sieht man beim Ausbau der Autobahn A 8 zwischen München und Augsburg

nach dem Betreibermodell, wo ein äußerst schonender Umgang mit dem Erdmaterial zu beobachten ist. Wir stellen uns manchmal schon die Frage, warum auf unseren anderen Baustellen nicht auch so gearbeitet wird.

Die Beachtung der richtigen Witterungsverhältnisse beim Einbau der Tragschichten führt zu qualitativ hochwertigen Fahrbahnen. Damit lassen sich Erhaltungskosten und vor allem bei hoch belasteten Autobahnen Eingriffe in den Verkehr mit den immensen volkswirtschaftlichen Folgekosten reduzieren.

Mit den Funktionsbauverträgen kann der Unternehmer seine Kenntnisse und seinen technologischen Vorsprung vor den Mitbewerbern ausspielen. Dies bringt für uns als Bauherrn eine höhere Qualität und für fachkundige, leistungsfähige Firmen Wettbewerbsvorteile. Im Gegensatz zum deutschen Bauindustrieverband sieht das übrigens die bayerische Bauindustrie ähnlich wie wir und unterstützt uns in dieser Vorgehensweise.

Nun sind wir gespannt auf die kommenden Vorträge und ich bin mir sicher, dass wir die eine oder andere Anregung für die eigene Arbeit mitnehmen können. In diesem Sinne wünsche ich der Veranstaltung heute und morgen einen interessanten Verlauf.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Regelwerke und Normung

Referenten

RDir Dipl.-Ing. R. Hillmann

Dipl.-Geol. Ursula Blume

BDir Dipl.-Ing. Gernot Rodehack

Dipl.-Geol. Michael Bürger

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

Normung „Earthworks“ im CEN/TC 396



1 Der Normungsantrag

Seit 2007 ist in der Arbeitsgruppe 203 des Technischen Ausschusses von CEN (CEN/BT/WG 203 „Earthworks“) unter Leitung von AFNOR (Normungsinstitut von Frankreich) der Antrag auf Normung der Erdarbeiten in Europa erarbeitet worden. Das deutsche Normungsinstitut bei CEN ist das DIN. In der WG 203 war Deutschland für das DIN durch die Herren Bürger (BAST), Dr. Heyer (TUM, Zentrum Geotechnik und FGSV) und Vogel (DB AG) vertreten. Die deutsche Position zum Normungsantrag wurde von Mitgliedern aus dem Lenkungsausschuss der Arbeitsgruppe 5 „Erd- und Grundbau“ der FGSV formuliert. Es wurde nicht als zielführend erachtet, Erdarbeiten europäisch zu normen. Vielmehr sollten technische Berichte über die europäischen Regelungen zu Erdarbeiten erstellt werden. Allen Beteiligten war klar, dass eine intensive Mitarbeit in den europäischen Normungsgremien notwendig ist, wenn sich Deutschland mit dieser Position nicht durchsetzen kann. Insbesondere die deutschen Regelungen zur Boden- und Felsklassifizierung sollen europäisch verankert werden.

Die WG 203 „Earthworks“ stellte im März 2009 nach 2-jähriger Beratung zur europäischen Nor-

mung der Erdarbeiten in ihrem Antrag Folgendes fest:

- Erdarbeiten sind ein gut abgegrenztes, wirtschaftlich bedeutsames Tätigkeitsfeld, das noch nicht von der CEN-Normungsarbeit erfasst ist.
- Die Normung der Erdarbeiten sollte von einem neuen Komitee aus Erdbauspezialisten aufgestellt werden.
- Ein solches Technisches Komitee kann ohne Konflikte zu bestehenden Technischen Komitees gegründet werden.

Die europäische Normung der Erdarbeiten wird für jedes Land vorteilhaft sein, weil ein gemeinsames Bezugssystem Zugang zu besserer Anwendung gibt. Zudem ist es der Weg, um gemeinsame Antworten auf die neuen gesellschaftlichen Herausforderungen für mehr nachhaltige und umweltfreundliche Entwicklung zu finden.

Der Technische Ausschuss (CEN/BT) beschließt daraufhin im März 2009, ein neues Technisches Komitee des CEN (CEN/TC 396) mit dem Titel „Earthworks“ einzurichten und weist ihm zu, sich mit folgenden Aufgaben zu befassen:

- Begriffe bei Erdarbeiten,
- Prüfverfahren (zur Beschreibung von Boden, Fels und Bodenbehandlungen im Labor und im Feld),
- Boden- und Felsklassifikation,
- Ausführung von Erdarbeiten,
- Qualitätskontrolle und Überwachung.

Das Sekretariat des neuen CEN/TC 396 „Earthworks“ wird Frankreich (AFNOR) übertragen. Ein Arbeitsplan soll dem CEN/BT bis November 2009 vorgelegt werden. Mit Einrichtung des CEN/TC 396 wird die WG 203 aufgelöst.

2 CEN/TC 396 „Earthworks“

Die konstituierende Sitzung des CEN/TC 396 fand am 17./18. Sept. 2009 in Paris statt. Das TC richtet die fünf, in Tabelle 1 genannten Arbeitsgruppen (WG) ein und beschließt deren Leitung.

Gremium	Bezeichnung	Leitung
CEN/TC 396	Earthworks	Frankreich
WG 1	General matters	Frankreich
WG 2	Soil and Rock Classification for Earthworks	Deutschland
WG 3	Construction procedures	Frankreich
WG 4	Quality control and monitoring	Großbritannien
WG 5	Hydraulic fill	Niederlande

Tab. 1: Arbeitsgruppen und deren Leitung im CEN/TC 396 „Earthworks“

WG 1 „General matters“

Die WG 1 „General matters“ wird von Herrn Magnan, Frankreich geleitet. Die ersten Sitzungen haben am 14./15. Jan. und 18./19. März 2010 in Paris bzw. Berlin stattgefunden. Die WG 1 soll die Arbeiten in den Arbeitsgruppen koordinieren. Vorschläge aus den Arbeitsgruppen sollen übernommen werden. Von der WG 1 selbst soll eine übergreifende Erdbaunorm für

- Straßen,
- Eisenbahnlinien,
- Wasserstraßen,
- Küstenschutz und
- Wälle

aufgestellt werden. In allen Arbeitsgruppen sollen zunächst die nationalen Erfahrungen und Regelungen gesammelt und ausgetauscht werden.

WG 2 „Soil and Rock Classification for Earthworks“

Die WG 2 „Soil and Rock Classification for Earthworks“ wird für Deutschland von Herrn Vogel (DB AG) geleitet. Die Geschäftsführung hat das DIN. Die konstituierende Sitzung fand am 22./23. Feb. 2010 in Berlin statt. Die Ausrichtung der Normungsarbeiten soll sich an folgenden Punkten orientieren:

- Für das Benennen und Beschreiben von Böden und Fels werden die internationalen Standards DIN EN ISO 14688 (Böden) und DIN EN ISO 14689 (Fels) als Grundlage vorausgesetzt.
- Das Klassifizieren von Böden und Fels im Hinblick auf die Lösbarkeit (DIN 18300) soll zunächst nicht behandelt werden.

- Als neues Thema zur Klassifizierung sollte die Aufbereitung oder Behandlung von Böden und Fels für den Einbau beraten werden.
- Zunächst sollen die Voraussetzungen für die Festlegung von Homogenbereichen geschaffen werden (Kennwerte und Prüfverfahren). Grundlagen hierfür enthält der Bericht der GuD CONSULT GmbH, Berlin (Prof. Borchert und Dipl.-Ing. Große), „Vereinheitlichung der Boden- und Felsklassen für die VOB-Normen“.
- Ausgangspunkt für die europäische Normungsarbeit sollte die Klassifizierung von Böden im Hinblick auf den Einbau sein (DIN 18196).

WG 3 „Construction procedures“

Die WG 3 „Construction procedures“ wird von Herrn Mollier, Frankreich, geleitet. Die konstituierende Sitzung fand am 11./12. Feb. 2010 in Lyon statt. Der Arbeitsauftrag wurde beraten und konkretisiert. Zunächst sollen die Erdbauregelungen in den Mitgliedsländern gesammelt werden. Es wurden drei Arbeitskreise (TG) eingerichtet:

- Lösen, Aushub und Transport,
- Einbauen, Verdichten oder Ablagern,
- Bodenbehandlung (in Abstimmung mit CEN/TC 227 „Straßenbaustoffe“).



WG 4 „Quality control and monitoring“

Die WG 4 „Quality control and monitoring“ wird von Herrn Kidd, Großbritannien, geleitet. Die ersten Sit-

zungen fanden am 28./29. Jan. und 29./30. April 2010 in London bzw. Brüssel statt. Es wurde über die verschiedenen Systeme der Qualitätssicherung und Überwachung diskutiert, insbesondere über Verdichtungs- und Tragfähigkeitsprüfungen im Allgemeinen und über die Überwachung der Einhaltung der Arbeitsanweisung in Frankreich im Besonderen. Auch in dieser Arbeitsgruppe werden zunächst die europäischen Regelungen zur Qualitätssicherung gesammelt und ausgewertet.

WG 5 „Hydraulic fill“

Die WG 5 „Hydraulic fill“ wird von Herrn van der Meer, Niederlande, geleitet. Die konstituierende Sitzung musste wegen der isländischen Aschewolke verschoben werden. Zur Festlegung der Themenbereiche wurde die Gliederung eines Handbuchs „Spülverfahren“ verschickt.



3 Nationale Spiegelung der Arbeiten im CEN/TC 396

Im Jahr 2009 haben beim DIN mit Vertretern von BMVBS, FGSV, HDB und ZDB insgesamt drei Abstimmungsgespräche über die Einrichtung eines nationalen Spiegelausschusses zum CEN/TC 396 stattgefunden. Es wurde beschlossen, einen Gemeinschaftsausschuss von DIN und FGSV zum CEN/TC 396 und seinen Arbeitsgruppen einzurichten. In dem Gemeinschaftsausschuss sollen die deutschen Positionen zu den Normungsaktivitäten festgelegt sowie koordinierende und beratende Aufgaben für die deutschen Delegierten wahrgenommen werden. Soweit fachliche Zuarbeiten erforderlich sind, sollen diese von den FGSV-Gremien erbracht werden.

Die Einrichtung des Spiegelausschusses NA 005-05-22 AA „Erdarbeiten (SpA zu CEN/TC 396), Gemeinschaftsausschuss mit FGSV“ wurde seitens des DIN vom Lenkungsgremium des Fachbereichs „Grundbau, Geotechnik“ am 9. Okt. 2009 beschlossen. In der Arbeitsgruppe „Erd- und Grundbau“ der FGSV wurde der Spiegelausschuss dem Lenkungsausschuss zugeordnet. Der Beschluss zur Einrichtung des GA 5.01 „Erdarbeiten“ erfolgte am 4. Nov. 2009. Die Geschäftsführung des Gemeinschaftsausschusses liegt beim DIN. Mitglieder in dem Ausschuss sind die deutschen Delegierten (siehe Tabelle 2) und die „Interessierten Kreise“. Die konstituierende Sitzung fand am 20. Jan. 2010 und die 2. Sitzung am 26. April 2010 jeweils beim DIN in Berlin statt.

Gremium	Bezeichnung	Deutsche Delegierte
CEN/TC 396	Earthworks	Leister, Dr. Heyer, Vogel
WG 1	General matters	Dr. Heyer, Dr. Kayser, Vogel
WG 2	Soil and Rock Classification for Earthworks	<u>Vogel</u> , Leister
WG 3	Construction procedures	Dr. Heyer, Straußberger
WG 4	Quality control and monitoring	Kloubert, Prof. Kudla
WG 5	Hydraulic fill	Meyer

Tab. 2: Deutsche Delegierte in den Gremien des CEN/TC 396 (Head of delegation unterstrichen)

Die Teilnehmer des Erfahrungsaustausches des Bundes und der Länder über Erdarbeiten im Straßenbau sind aufgefordert, sich an der europäischen Normung „Erdarbeiten“ zu beteiligen und ihre Auffassung zum Bericht „Vereinheitlichung der Boden- und Felsklassen in den VOB-Normen“ kundzutun.

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

Qualitätssicherung von Geokunststoffen in den ZTV E-StB 09

Für den Einsatz im Erdbau des Straßenbaus müssen die eingesetzten Geokunststoffe hohen Qualitätsansprüchen genügen. Das Straßenbauregelwerk ist durch die Veröffentlichung der „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“ (ZTV E-StB 09) in dieser Hinsicht nun vollständig, sodass eine lückenlose Nachverfolgung der Produkte von der Herstellung über die Lieferung bis zum Einbau möglich ist. Wichtig ist jedoch die Einhaltung der Vorschriften und Anforderungen, angefangen beim Hersteller über den Lieferanten, über den Auftragnehmer bis hin zum Auftraggeber, um einen hohen Qualitätsstandard des Produktes und der fertigen Leistung zu garantieren.

Hersteller, deren Produkte einer freiwilligen Überwachung unterliegen, können diese Produkte mit einem Qualitätssiegel kennzeichnen und liefern zusammen mit der CE-Kennzeichnung ein Produktzertifikat. Da in diesem Fall auf die Baustoffeingangsprüfung verzichtet werden kann, reduziert sich der finanzielle und zeitliche Prüfaufwand und es wird ein reibungsloser Bauablauf erzielt.

1 Einleitung

Das Regelwerk für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus der FGSV umfasst das „Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues“ (M Geok E), das eine Beschreibung der Produkte und ihrer Anwendungen enthält. Mit Hilfe der dem Merkblatt beigefügten „Checklisten für die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues“ (C Geok E) können die wesentlichen Abläufe bei der Bauvorbereitung und der Bauausführung überprüft werden. Die „Technischen Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaues“ (TL Geok E-StB 05) enthalten Anforderungen an Geokunststoffe, die im Erdbau und in Entwässerungsanlagen des Straßenbaus verwendet werden.

Mit der Veröffentlichung der überarbeiteten „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“ (ZTV E-StB 09) ist dieses Regelwerk nun vollständig. Die ZTV E-StB enthalten Regelungen für das Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten von Boden und Fels sowie von sonstigen erdbautechnisch geeigneten Stoffen. Dazu zählen auch die Anwendung, die Prüfung und der Einbau von Geokunststoffen im Erdbau.

Die ZTV E-StB sind die Vertragsgrundlage zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber. Es wird vorausgesetzt, dass die Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen, insbesondere die

- ATV DIN 18299 „Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art“ und die
- ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“,

Bestandteile des Bauvertrages sind.

In diesem Beitrag werden die Verantwortlichkeiten für die Qualitätssicherung bei der Lieferung, der Weiterverarbeitung und der Abnahme von Erdbauleistungen beim Einsatz von Geokunststoffen dargestellt, die durch die neuen ZTV E-StB 09 geregelt sind.

2 Qualitätssicherung und Verantwortlichkeiten

Die Qualitätssicherung von Geokunststoffen von der Herstellung bis zur Abnahme des Bauloses erfolgt schrittweise:

- werkseigene Produktionskontrolle durch den Hersteller mit Überwachung und Zertifizierung durch eine zugelassene Stelle,
- Eignungsprüfung durch den Auftragnehmer,
- Eigenüberwachungsprüfungen durch den Auftragnehmer,
- Kontrollprüfungen durch den Auftraggeber.

Die Verantwortlichkeiten für diese Schritte sind auf den Hersteller bzw. Händler, den Auftragnehmer und den Auftraggeber verteilt. Vertragsgrundlage für die Lieferung der Geokunststoffe vom Hersteller/Händler an den Auftragnehmer sind die „Technischen Lieferbedingungen für Geokunststoffe im

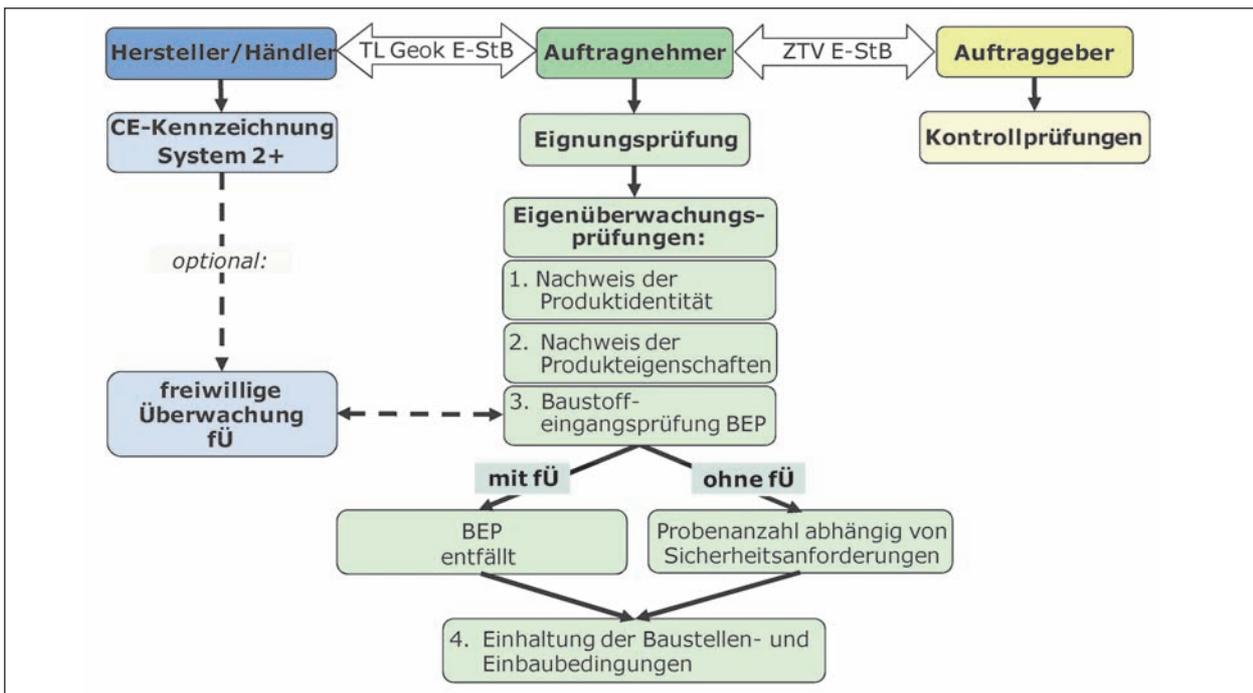


Bild 1: Schematische Übersicht über die durchzuführenden Aufgaben und Verantwortlichkeiten für das Liefern und Einbauen von Geokunststoffen

Erdbau des Straßenbaues“ (TL Geok E-StB). Das Vertragsregelwerk zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber bilden die ZTV E-StB. In Bild 1 sind diese Zusammenhänge grafisch dargestellt.

Vom Hersteller wird die CE-Kennzeichnung gemäß System 2+ durchgeführt. Gemäß dem Konformitätsnachweisverfahren nach den europäischen Normen EN 13249 ff. werden die Erstprüfung des Produktes und die regelmäßigen Probenahmen und Materialprüfungen ausschließlich im Verantwortungsbereich der Hersteller durchgeführt. Im System 2+ gibt es keine feststehenden Anforderungen an die Qualifikation und Kompetenz der Materialprüfstellen.

Die Überwachungsstelle überwacht und überprüft die ordnungsgemäße Durchführung der werkseigenen Produktionskontrolle (WPK) und den Produktionsablauf. Das CE-Zertifikat besagt, dass gemäß der Produktnormen DIN EN 13249 ff. produziert worden ist und daher das CE-Zeichen verwendet werden darf. Eine stichprobenartige Produktprüfung durch ein unabhängiges Prüflabor erfolgt im System 2+ jedoch nicht.

Die neuen ZTV E-StB beinhalten bei den Baustoffeingangsprüfungen (BEP) eine Öffnungsklausel, durch die der Umgang mit Geokunststoffen erleichtert und der Prüfumfang reduziert wird. Wenn der „In-den-Verkehr-Bringer“ (Hersteller oder Händler)

den Nachweis einer gleichwertigen freiwilligen Überwachung (fÜ) erbringt, kann auf die Baustoffeingangsprüfung verzichtet werden.

Vom Industrieverband Geokunststoffe (IVG) wurde in Zusammenarbeit mit der BAST eine entsprechende Empfehlung für die Durchführung der Überwachung und Zertifizierung von Geotextilien, geotextilverwandten Produkten und Dichtungsbahnen, die nach dem europäischen Konformitätsnachweisverfahren System 2+ zugelassen sind, erstellt. Die Firmen und Verbände, die diese Empfehlung unterschreiben, verpflichten sich zu deren Einhaltung.

Die Verbandsempfehlung des IVG regelt die Handhabung der Probenahme und Prüfung von Materialproben. Für bestimmte Eigenschaften erfolgt eine regelmäßige Probenahme durch die zugelassene Überwachungsstelle. Ein Teil des Prüfumfanges der vom Hersteller durchzuführenden werkseigenen Produktionskontrolle wird von unabhängigen Prüflaboratorien mit besonderen Anforderungen an Personal, Ausstattung und fachliche und technische Kompetenz durchgeführt. Diese Voraussetzungen gelten als erfüllt, wenn eine Akkreditierung für die Prüfung von Eigenschaften gemäß DIN EN 13249 ff. nach einem Akkreditierungsverfahren erteilt ist, das auf international anerkannten Normen und Standards (DIN EN ISO/IEC 17025 und EN 45000 Reihe) beruht.

Produkte, die einer solchen freiwilligen Überwachung durch den Hersteller bzw. Händler unterliegen, sind am Produktqualitätszeichen des Industrieverbandes Geokunststoffe IVG (siehe: www.ivg.de) zu erkennen. Zusammen mit dem Zertifikat der CE-Kennzeichnung, durch die die werkeigene Produktionskontrolle nach dem System 2+ belegt wird, werden diese Produkte mit einem Produktzertifikat geliefert.

3 Prüfungen gemäß ZTV E-StB

3.1 Allgemeines

ZTV E-StB, Kapitel 1.6.1:

In den ZTV E-StB werden die Prüfungen unterschieden nach

- *Eignungsprüfungen,*
- *Eigenüberwachungsprüfungen und*
- *Kontrollprüfungen.*

Die Prüfungen umfassen, soweit erforderlich,

- *die Probenahme,*
- *das sachgerechte Zubereiten, Lagern und versandfertige Verpacken der Probe,*
- *den Transport der Probe von der Entnahmestelle zur Prüfstation und*
- *die Prüfungen selbst einschließlich Auswertung und Prüfbericht.*

Die Prüfpunkte sind lage- und höhenmäßig in Plänen darzustellen (siehe Abschnitt 15).

Die Ausführung der Prüfungen ist im Bautagebuch zu vermerken.

3.2 Probenahme

ZTV E-StB, Kapitel 3.3.4.1:

Die Mindestgröße einer Probe beträgt 1,00 m in Längsrichtung mal der Bahnbreite und soll den Rollenaufdruck beinhalten. Entsprechend des Prüfumfanges kann sich die Notwendigkeit größerer Probenabmessungen ergeben. Über die Probenahme ist ein Protokoll zu fertigen und vom Auftragnehmer und dem Probenehmer zu unterzeichnen. In dem Protokoll ist die Nummer der Rolle anzugeben, von der die Probe entnommen worden ist. Ferner sind dem Protokoll das zugehörige CE-Etikett (DIN EN

13249 ff. bzw. DIN EN 13361 ff.) und das Verpackungsetikett (DIN EN ISO 10320) beizufügen.

Vom Auftragnehmer sind Rückstellproben für die Durchführung der Kontrollprüfungen durch den Auftraggeber zu nehmen.

Die Probenahme erfolgt durch den Auftragnehmer. Die Festlegung der Probengröße richtet sich nach den erforderlichen Prüfungen. Diese sind wiederum abhängig von der Anwendung, die dem Anhang 2 (Umfang der Prüfungen und Nachweise für die Baustoffeingangsprüfungen) und dem Anhang 3 (Umfang der Prüfungen und Nachweise für die Kontrollprüfungen) der ZTV E-StB entnommen werden können (vgl. Kapitel 3.4.4 und 3.5). Die in den Anhängen enthaltenen Tabellen unterscheiden die Anwendung von Geotextilien und geotextilverwandten Produkten nach den Funktionen „Filtern“, „Entwässern“, „Bewehren“ und „Schützen“ sowie die Anwendung von Dichtungsbahnen. Die Funktion „Trennen“ ist immer in Zusammenhang entweder mit der Funktion „Filtern“ oder „Bewehren“ zu betrachten.

Falls das Produkt einer freiwilligen Überwachung unterliegt, reduziert sich die Probengröße auf die erforderliche Menge für die Durchführung der Kontrollprüfungen, die vom Auftraggeber für erforderlich gehalten werden. Die genaue Menge ist dem Auftragnehmer mitzuteilen.

Die Proben sind in einer Niederschrift von den Vertragspartnern anzuerkennen. Sie dienen im Rahmen der Kontrollprüfung zur Beurteilung der vertragsgerechten Lieferung.

3.3 Eignungsprüfungen

ZTV E-StB, Kapitel 3.3.4.2:

Der Auftragnehmer erklärt die Eignung für den Verwendungszweck des von ihm für den Einbau vorgesehenen Produkts gemäß den Anforderungen des Bauvertrags durch Vorlage der Produktbeschreibung des Herstellers nach TL Geok E-StB.

Der Auftraggeber kann die Vorlage der Ergebnisse der werkeigenen Produktionskontrolle des Geokunststoffherstellers vom Auftragnehmer verlangen. Sie müssen dem Auftragnehmer zur Vorlage beim Auftraggeber vom Hersteller zur Verfügung gestellt werden. Dies ist im Liefervertrag zwischen Auftragnehmer und Hersteller zu vereinbaren.

Durch die Eignungsprüfung wird der Nachweis der Eignung der Geokunststoffe für den vorgesehenen

Verwendungszweck entsprechend den Anforderungen des Bauvertrages erbracht. Der Nachweis der Eignung obliegt dem Auftragnehmer.

Bei Geokunststoffen erfolgt der Nachweis der Eignung durch die Vorlage der Produktbeschreibung gemäß TL Geok E-StB. Hierin sind die Anforderungen an die Produktbeschreibung der Geokunststoffe aufgeführt.

Die Vorlage der Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle wird empfohlen. Falls das vorgesehene Produkt einer freiwilligen Überwachung unterliegt, sollte das entsprechende Produktzertifikat zusammen mit den Ergebnissen der werkseigenen Produktionskontrolle angefordert werden.

Falls vom Auftraggeber verlangt, werden ihm von allen für die Bauausführung vorgesehenen Geokunststoffen genügend große Musterstücke übergeben, der diese unter Verschluss aufbewahrt. Dadurch ist ein schneller Vergleich der bestellten mit den gelieferten Produkten möglich. Diese Möglichkeit empfiehlt sich insbesondere dann, wenn ein unbekanntes Material oder ein Sonderprodukt bestellt wird.

3.4 Eigenüberwachungsprüfungen

3.4.1 Allgemeines

ZTV E-StB, Kapitel 3.3.4.3:

Siehe DIN-Fachbericht CEN/TR 15019

Der Auftraggeber hat im Rahmen seiner Eigenüberwachungsprüfung die gelieferten Produkte und die fertige Leistung zu überprüfen. Die Überprüfung und ihre Dokumentation umfassen

1. den Nachweis, dass jede Rolle mit dem Verpackungsetikett gemäß Kennzeichnung nach DIN EN ISO 10320, mit dem CE-Etikett und das Produkt selbst alle 5 m mit Produktnamen und -typ gekennzeichnet sind und die Angaben dem vertraglich vereinbarten Produkt entsprechen,
2. den Nachweis anhand CE-Etikett und Produktbeschreibung nach TL Geok E-StB, dass die Produkteigenschaften den vertraglich vereinbarten Anforderungen entsprechen,
3. den Nachweis der Übereinstimmung der Produkteigenschaften mit den Anforderungen des Bauvertrags durch eine Baustoffeingangsprüfung (Anhang 2, Tabelle 1 bzw. Tabelle 2),

4. den Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an die Behandlung der Produkte auf der Baustelle und an den Einbau.

Die Baustoffeingangsprüfung kann entfallen, wenn der Nachweis einer gleichwertigen freiwilligen Überwachung des Herstellers oder des Lieferanten vorgelegt wird.

Die Prüfbescheinigungen zu 1., 2. und 3. sind dem Auftraggeber vor dem Einbau der Produkte vorzulegen. Protokolle zu 4. sind dem Auftraggeber entsprechend dem Baufortschritt vorzulegen. ...

Die Durchführung der Eigenüberwachungsprüfung obliegt dem Auftragnehmer, der dadurch nachweist, dass die Güteeigenschaften der gelieferten Geokunststoffe und die fertige Leistung den vertraglichen Anforderungen entsprechen. Die Eigenüberwachungsprüfungen sind unbedingt mit der gebotenen Sorgfalt und im erforderlichen Umfang durchzuführen. Werden Abweichungen von den vertraglichen Anforderungen festgestellt, sind die entsprechenden Mängel und deren Ursachen unverzüglich zu beseitigen.

Die im Rahmen der Eigenüberwachungsprüfungen zu erbringenden Prüfungen bzw. Dokumentationen sind nachfolgend im Einzelnen aufgeführt.

3.4.2 Bestätigung der Produktidentität gemäß DIN EN ISO 10320

Die Produkte sind gemäß DIN EN ISO 10320 mit einem Verpackungsetikett gekennzeichnet. Bei Bedarf kann jede Einheit durch einen Code bis zur Produktion rückverfolgt werden. Das Verpackungsetikett enthält die in Tabelle 1 aufgeführten Angaben.

erforderliche Angaben	Beispiel
Hersteller und/oder Lieferant	Firma Universal
Produktname	UNIVERSA
Typenbezeichnung	UNIVERSA 301
Identifikation einer Einheit (Rollen- oder Ident-Nr.)	35'333'145
flächenbezogene Masse in g/m ² nach EN 965	235 g/m ²
Art des Produktes nach den Definitionen der ISO 10318	Vliesstoff, Geogitter
Hauptpolymerarten des Produktes für jede Komponente	PA, PE, PET
Abmessungen der Liefereinheit (Länge, Breite)	100 m; 5,5 m
Bruttogewicht einer Liefereinheit in kg	28 kg

Tab. 1: Beispiel für ein Verpackungsetikett gemäß DIN EN ISO 10320

Zusätzlich muss das Produkt in Abständen von max. 5 m mit Produktnamen und -typ so gekennzeichnet sein, dass auch eine Identifikation ohne die Originalverpackung möglich ist. Bei Geotextilien wird dies meist durch einen ausreichend beständigen Aufdruck an der Kante erzielt. Produkte, bei denen ein Aufdruck nicht möglich ist, können durch die Befestigung von Etiketten oder durch eine farbliche Markierung der Stirnseiten gekennzeichnet werden. Im letzten Fall müssen die Etiketten Einzelheiten über diese Farbmarkierung enthalten.

Vom Auftragnehmer ist zu überprüfen, ob die Angaben dem vertraglich vereinbarten Produkt entsprechen.

3.4.3 Bestätigung der Produkteigenschaften

Die CE-Kennzeichnung erfordert nur die Ergebnisse der mandatierten Prüfungen gemäß der Produktnormen DIN EN 13249 ff. (CE-Begleitdokument). Um zu überprüfen, ob das gelieferte Produkt die vertraglich vereinbarten Anforderungen erfüllt, sind diese Angaben nicht ausreichend. Daher ist bei jeder Lieferung die Produktbeschreibung gemäß den TL Geok E-StB zu überprüfen.

Die Verbindung zwischen der zuvor bestätigten Produktidentität wird über die Prüfung der Produktbeschreibung mit den Angaben des CE-Etikettes hergestellt.

3.4.4 Durchführung der Baustoffeingangsprüfung

Da bei der Produktion gemäß dem System 2+ eine stichprobenartige Prüfung durch ein unabhängiges Prüflabor fehlt, ist die Baustoffeingangsprüfung unverzichtbar. Sie kann jedoch entfallen, wenn ein Produktzertifikat als Nachweis einer gleichwertigen freiwilligen Überwachung des Vertragspartners (Hersteller oder Lieferant) vorgelegt wird (vgl. Kapitel 2).

Die Art der durchzuführenden Prüfungen ist abhängig von der Funktion des Produktes. Die erforderlichen Prüfungen sind dem Anhang 2 der ZTV E-StB zu entnehmen. Sie sind in Tabelle 2 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte) und Tabelle 3 (Dichtungsbahnen) korrigiert wiedergegeben.

ZTV E-StB, Kapitel 3.3.4.3:

Die erforderliche Probenanzahl hängt von der Bedeutung des Produkts für die Sicherheit des Bauwerks und der Fläche des gelieferten Produkts ab.

Eigenschaft	Prüfverfahren	Funktion				
		Trennen	Filtern	Entwässern	Bewehren	Schützen
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	+	+	+	+	+
Dicke	DIN EN ISO 9863-1 und -2	---	+	+	---	+
Höchstzugkraft ¹⁾ und Höchstzugkraftdehnung	DIN EN ISO 10319	+	+	+	+	+
Zugfestigkeit der Nähte und Verbindungen	DIN EN ISO 10321	---	---	---	x	---
Durchdrückwiderstand ^{1), 2)}	DIN EN ISO 12236	+	+	---	---	+
Zugkriechverhalten	DIN EN ISO 13431	---	---	---	N	---
Druckkriechverhalten	DIN EN ISO 25619-1	---	---	N	---	---
Beschädigung beim Einbau	DIN EN ISO 10722	---	---	---	N ³⁾	---
Schutzwirkung von Geotextilien	DIN EN 13719	---	---	---	---	N
Charakteristische Öffnungsweite	DIN EN ISO 12956	+	+	---	---	---
Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene	DIN 60500-4, DIN EN ISO 11058	+	+	---	N ⁴⁾	N
Abflussleistung	DIN EN ISO 12958	---	---	+	---	---
Beständigkeit	DIN EN 13249 ff Anhang B	N	N	N	N	N
chemische Beständigkeit	DIN EN 14030	N	N	N	N	N
Witterungseständigkeit	DIN EN 12224	N	N	N	N	N
Umweltunbedenklichkeit	TL Geok E-StB 3.1, M Geok E 6.28	N	N	N	N	N

+: Prüfung erforderlich/---: nicht erforderlich
 x: erforderlich, wenn Verbindungen in Zugrichtung vorgesehen sind
 N: Nachweis durch Prüfbescheinigung möglich
 1) Wenn Zugfestigkeit und Durchdrückverhalten mit + angegeben sind, genügt anwendungsbezogen die maßgebende Festigkeitsprüfung für die Bestimmung der Geotextilrobustheitsklasse (Zugfestigkeitsprüfung bei Geweben und Verbundstoffen, Stempeldurchdrückkraftprüfung bei Vliesstoffen)
 2) Diese Prüfung kann nicht bei allen Produkten angewendet werden
 3) Prüfung kann an für die Produktgruppe repräsentativen Typen ausgeführt werden
 4) Nicht bei Bewehrungsgittern
 Anmerkung: Die Funktion „Trennen“ ist immer mit den Funktionen „Filtern“ oder „Bewehren“ zusammen zu betrachten. Der Prüfumfang ergibt sich aus der Summe der jeweils durchzuführenden Prüfungen.

Tab. 2: Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Umfang der Prüfungen und Nachweise bei Baustoffeingangsprüfungen

Eigenschaft	Typen		Prüfnormen	
	KDB	GTD	KDB	GTD
Dicke	+	---	DIN EN 1849-2	---
Flächenbezogene Masse	+	+	DIN EN 1849-2	DIN EN 14196
Schmelzindex (MFR)	+	---	DIN EN ISO 1133	---
Dichte	+	---	DIN EN ISO 1183	---
Wasserdurchlässigkeit (Dichtheit gegen Flüssigkeiten)	N	+	DIN EN 14150	ASTM D 5887
Quellvermögen	---	+	---	ASTM D 5890
Zugfestigkeit und Höchstzugkraftdehnung	+	+	DIN EN ISO 527-1, -3 ¹⁾	DIN EN ISO 10319
Durchdrückwiderstand	+	+	DIN EN ISO 12236	DIN EN ISO 12236
Berstdruckfestigkeit	N	---	DIN 61551	---
Weiterreißfestigkeit	+	---	DIN ISO 34-1, Methode B ²⁾	---
Innere Scherfestigkeit	---	N	---	DIN EN ISO 12957-1 ³⁾
Biegeverhalten bei Kälte	N	---	DIN EN 495-5	---
Wärmeausdehnung	N	---	ASTM D 696	---
Witterungsbeständigkeit	N	---	DIN EN 12224	4)
Mikrobiologische Beständigkeit	N	N	DIN EN 12225	DIN EN 12225
Oxidationsbeständigkeit	N	N	DIN EN 14575	DIN EN ISO 13438, Methoden C1 und C2
Spannungsrisssbeständigkeit	N	---	DIN EN 14576	DIN EN 14576 ⁵⁾
Beständigkeit gegen Auslaugen (Wasserlösliches)	N	N	DIN EN 14415	DIN EN 14415
Wasseraufnahme (Enslin-Neff)	---	+	---	DIN 18132
Beständigkeit gegen Trocken-Nass-Wechsel	---	N	---	DIN EN 14417
Beständigkeit gegen Frost-Tau-Wechsel	---	N	---	DIN EN 14418
Beständigkeit gegen Durchdringen von Wurzeln	N	N	DIN EN 14416	DIN EN 14416
Umweltunbedenklichkeit	N	N	TL Geok E-StB 3.1, M Geok E 6.28	TL Geok E-StB 3.1, M Geok E 6.28 ⁶⁾

KDB: Kunststoffdichtungsbahn, GTD: Tondichtungsbahn
 +: Prüfung erforderlich/---: nicht erforderlich/N: Nachweis durch Prüfbescheinigung möglich
 1) Messprobe Typ 5A, 100 mm/min
 2) Winkelmessprobe ohne Kerbe
 3) Der interne Verbund von Tondichtungsbahnen kann durch eine Scher- oder eine Schälprüfung bestimmt werden.
 4) Da Tondichtungsbahnen immer sofort abgedeckt werden müssen, kann auf diese Bestimmung verzichtet werden.
 5) Gilt für eine Tondichtungsbahn nur, wenn sie mit einer KDB verbunden ist.
 6) Wenn das Produkt nicht als Ganzes getestet werden kann, sollte die Prüfung an den Geokunststoffkomponenten ausgeführt werden.

Tab. 3: Kunststoffdichtungsbahnen und Geotextile Dichtungsbahnen – Umfang der Prüfungen und Nachweise bei Baustoffeingangsprüfungen

Hohe Sicherheitsanforderungen liegen bei Bewehrungen oder anderen Anwendungen vor, in denen die Langzeitfestigkeit bestimmend ist und/oder in denen das Produkt entscheidend für die Sicherheit der Konstruktion und des Bauwerks ist. Die Anzahl der Proben beträgt mindestens 2 Proben je Lieferung bis 6.000 m², danach 1 Probe je weitere 6.000 m².

Normale Sicherheitsanforderungen gelten bei allen anderen Anwendungen. Die Anzahl der Proben beträgt mindestens 2 Proben je Lieferung bis 10.000 m², danach 1 Probe je weitere 10.000 m² (vgl. Bild 2).

Hohe Sicherheitsanforderungen betreffen z. B. Bewehrungsaufgaben (Eurocode 7, Klasse 2). Normale Sicherheitsanforderungen betreffen alle anderen Anwendungen (Eurocode 7, Klasse 1).

Wenn bei bis zu 4 Prüfergebnissen jedes einzelne die bauvertraglich vereinbarten Anforderungswerte

einhält, ist die Lieferung anzunehmen. Wenn ein oder mehrere Prüfergebnisse diese Anforderungswerte nicht einhalten, ist die Lieferung zurückzuweisen oder es sind weitere Proben von dem gelieferten Produkt zu entnehmen, zu prüfen und zu bewerten. Die Bewertung erfolgt dann nach dem nachfolgend beschriebenen statistischen Verfahren. Die Ergebnisse der ersten Prüfungen sind in die Bewertung einzubeziehen.

Bei 5 oder mehr Prüfergebnissen ist aus deren Mittelwert \bar{x} und der Standardabweichung s im Falle eines 5%-Mindestquantils TM die statistische Prüfgröße z

$$z = \bar{x} - k \cdot s$$

zu berechnen.

Im Falle des 5%-Höchstquantils TH ist die statistische Prüfgröße z

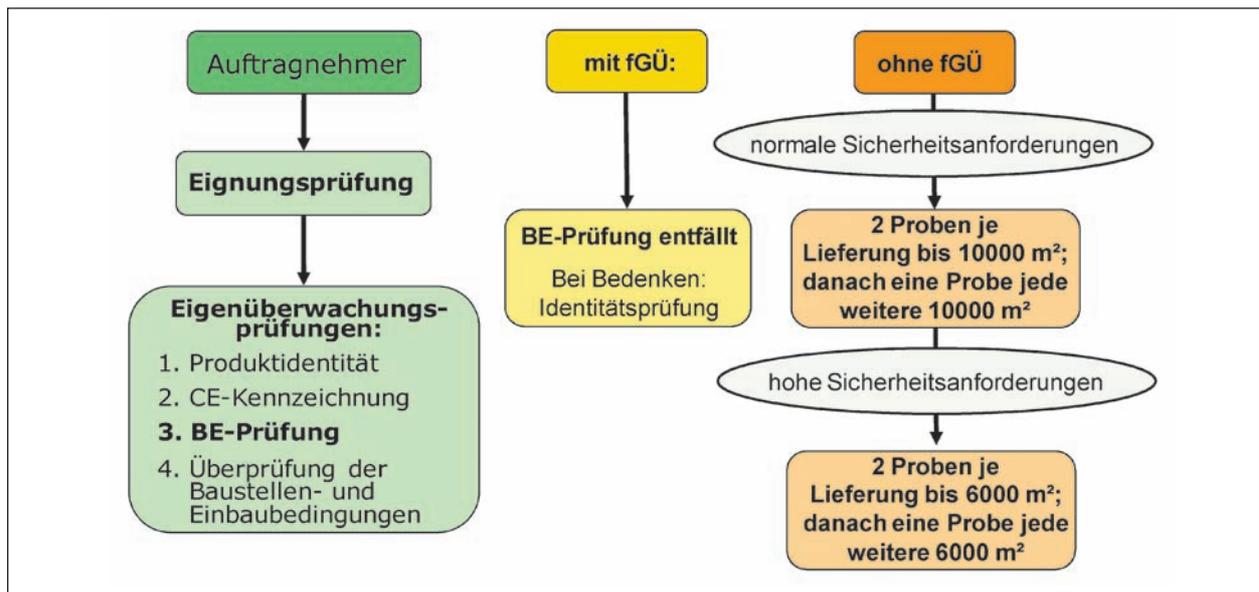


Bild 2: Baustoffeingangsprüfungen in Abhängigkeit von der Durchführung einer freiwilligen Überwachung und den Sicherheitsanforderungen

$$z = \bar{x} + k \cdot s$$

zu bilden, wobei in beiden Fällen k der Annahmefaktor von 1,645 ist.

Die Lieferung ist anzunehmen, wenn im Falle eines geforderten Mindestquantils $z \geq TM$ und im Falle eines Höchstquantils $z \leq TH$ ist; andernfalls ist die gesamte Lieferung zurückzuweisen und durch vertragsgemäße Produkte zu ersetzen.

Überprüft werden die im Vertrag festgelegten Anforderungswerte an die Mindestquantile (TM) bzw. Höchstquantile (TH). Mindestquantile sind

- bei Geokunststoffen und geokunststoffverwandten Produkten: Masse pro Flächeneinheit, Dicke, Höchstzugkraft und Höchstzugkraftdehnung, Durchdrückverhalten, Wasserdurchlässigkeit normal zur Fläche, Wasserdurchlässigkeit in der Ebene, Abflussleistung,
- bei Dichtungsbahnen: Dicke, flächenbezogene Masse, Schmelzindex, Quellverhalten, Zugfestigkeit und Höchstzugkraftdehnung, Weiterreißfestigkeit, Wasseraufnahme und Montmorillonitgehalt.

Für die Wasserdurchlässigkeit bei Dichtungsbahnen ist das Höchstquantil maßgebend.

3.4.5 Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an die Behandlung der Produkte auf der Baustelle und an den Einbau

Zur Eigenüberwachungsprüfung gehört auch der Nachweis der Einhaltung der Einbauregeln, wie sie im „Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues (M Geok E)“ und den ZTV E-StB festgelegt sind. Hierzu werden im Anhang 4 des M Geok E Formulare angeboten.

Es ist zu überprüfen, ob die in der Planung angenommenen Baustellenbedingungen mit den tatsächlichen Bedingungen übereinstimmen.

Beispielsweise sollten die Baustellenbedingungen auf folgende Punkte hin überprüft werden:

- abzudeckender Boden und Schüttboden (Einfluss auf die Einbaubeschädigung, chemische Beanspruchung z. B. durch hohe oder niedrige pH-Werte),
- Methode von Einbau und Verdichtung der Schüttung auf das Produkt (Einfluss auf die Einbaubeschädigung),
- Beanspruchung durch Bauverkehr (Spurrinnenbildung),
- Einfluss der Baustellenbedingungen auf Verhalten und Dauerhaftigkeit des Produktes.

Die Behandlung der Produkteinheiten (Rollen oder Pakete) auf der Baustelle muss den Anweisungen

des Herstellers entsprechen und es ist zu sichern, dass Beschädigungen des Produktes, z. B. durch Abschürfen, Schlitzen, Einkerbungen oder Zerreißen, vermieden werden. Derart beschädigte Produkte dürfen nicht eingebaut werden.

Die Produkte müssen entsprechend den Herstellerangaben gelagert werden. Längere Bewitterung ist unbedingt zu vermeiden. Bei längerer Lagerung sind die Produkte in der Originalverpackung des Herstellers zu belassen.

Generell gilt, dass vom Auftragnehmer und Stichprobenartig vom Auftraggeber während des Einbaus überprüft werden muss, ob der Einbau mit dem Entwurf gemäß den Planunterlagen und der Baubeschreibung übereinstimmt, d. h., dass

- das Produkt so verlegt wird, wie es in den Planunterlagen dargestellt oder in der Baubeschreibung vorgegeben ist (z. B. in einem Einbauplan),
- das Produkt mit seiner Herstellrichtung (MD, machine direction) entsprechend der Planung verlegt wird,
- die Überlappung der Bahnen ausreichend ist,
- die Richtung der Überlappung korrekt ist,
- dort, wo erforderlich, die Verbindungen oder Nähte hergestellt werden,
- das Produkt mit der richtigen Seite nach oben bzw. zum Bauwerk verlegt wird.

Produkte, deren technische Eigenschaften durch Wasser beeinträchtigt werden können, sind unter trockenen Bedingungen einzubauen. Produkte, die durch Frost geschädigt werden können, müssen bei frostfreiem Wetter verlegt werden.

3.5 Kontrollprüfungen

Kontrollprüfungen sind Prüfungen des Auftraggebers, um festzustellen, ob die Güteeigenschaften der Geokunststoffe und der fertigen Leistung den vertraglichen Anforderungen entsprechen. Die Ergebnisse der Kontrollprüfungen werden der Abnahme zugrunde gelegt. Kontrollprüfungen sind unabdingbar, wenn die Entscheidung über die Abnahme auf der Basis von materiellen Prüfungen und nicht alleine auf der Grundlage von Verpackungsetikett, CE-Etikett oder Produktbeschreibung erfolgen soll.

Der Auftraggeber sollte sich durch örtliche Begehung und Kontrolle der Prüfzeugnisse laufend von der ordnungsgemäßen Durchführung der Eigenüberwachungsprüfungen überzeugen.

Es ist hilfreich, sich bei Vertragsabschluss Musterproben des vereinbarten Produktes aushändigen zu lassen, um einen schnellen optischen Vergleich mit den gelieferten Produkten bzw. den Rückstellproben durchzuführen.

Die Probenahme sowie die Prüfungen, die auf der Baustelle erfolgen, führt der Auftraggeber in Anwesenheit des Auftragnehmers durch. Es kann zweckmäßig sein, die Kontrollprüfungen gleichzeitig mit den Eigenüberwachungsprüfungen durchzuführen. Wie bei den Baustoffeingangsprüfungen wird auch bei den Kontrollprüfungen das 5%-Quantil des festgelegten Anforderungswertes überprüft. Die erforderlichen Prüfungen werden vom Auftraggeber festgelegt. Es sollten die Prüfungen vorgesehen werden, mit denen die Identität und die Mindesteigenschaften festgestellt werden.

Die ZTV E-StB enthalten im Anhang 3 Vorschläge für den Umfang der Kontrollprüfungen in Abhängigkeit von Funktion und Material, die in Tabelle 4 (Geotextilien und geotextilverwandte Produkte) und in Tabelle 5 (Dichtungsbahnen) korrigiert wiedergegeben sind.

Werden die festgelegten Anforderungswerte nicht erfüllt, muss die gesamte Lieferung abgelehnt und durch vertragsgemäßes Material ersetzt werden.

1. Beispiel für die Bewertung von Prüfergebnissen einer Kontrollprüfung

Gefordert ist ein Produkt mit einer Kurzzeitzugfestigkeit von $\geq 47,5$ kN/m.

Das angebotene Produkt hat gemäß Herstellerangaben einen Mittelwert der Kurzzeitfestigkeit von 50 kN/m bei einer Produktionsabweichung (Toleranz) von 2,5 kN/m. Der charakteristische Wert der Kurzzeitfestigkeit $F_{B, k0}$ beträgt also 47,5 kN/m, die Anforderung gemäß Ausschreibung ist damit genau erfüllt.

Anmerkung: Die Produktionsabweichung wird vom Hersteller im Rahmen der Konformitätsbewertung bestimmt. Durch Rückrechnung (Division des angegebenen

Eigenschaft	Prüfverfahren	Funktion				
		Trennen	Filtern	Entwässern	Bewehren	Schützen
Masse pro Flächeneinheit	DIN EN ISO 9864	+	+	+	+	+
Dicke	DIN EN ISO 9863-1 und -2	---	+	+	---	+
Höchstzugkraft ¹⁾ und Höchstzugkraftdehnung	DIN EN ISO 10319	+	+	+	+	+
Zugfestigkeit der Nähte und Verbindungen	DIN EN ISO 10321	---	---	---	x	---
Durchdrückwiderstand ^{1), 2)}	DIN EN ISO 12236	+	+	---	---	+
Charakteristische Öffnungsweite	DIN EN ISO 12956	+	+	---	---	---
Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene	DIN 60500-4, DIN EN ISO 11058	+	+	---	---	---
Abflussleistung	DIN EN ISO 12958	---	---	+	---	---

+: Prüfung erforderlich/---: nicht erforderlich
 x: erforderlich, wenn Verbindungen in Zugrichtung vorgesehen sind
 1) Wenn Zugfestigkeit und Durchdrückverhalten mit + angegeben sind, genügt anwendungsbezogen die maßgebende Festigkeitsprüfung für die Bestimmung der Geotextilrobustheitsklasse (Zugfestigkeitsprüfung bei Geweben und Verbundstoffen, Stempeldurchdrückkraftprüfung bei Vliesstoffen)
 2) Diese Prüfung kann nicht bei allen Produkten angewendet werden

Tab. 4: Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Umfang der Prüfungen bei Kontrollprüfungen

Eigenschaft	Typen		Prüfnormen	
	KDB	GTD	KDB	GTD
Dicke	+	---	DIN EN 1849-2	---
Flächenbezogene Masse	+	+	DIN EN 1849-2	DIN EN 14196
Schmelzindex (MFR)	+	---	DIN EN ISO 1133	---
Dichte	+	---	DIN EN ISO 1183	---
Wasserdurchlässigkeit (Dichtheit gegen Flüssigkeiten)	N	+	DIN EN 14150	ASTM D 5887
Quellvermögen	---	+	---	ASTM D 5890
Zugfestigkeit und Höchstzugkraftdehnung	+	+	DIN EN ISO 527-1, -3 ¹⁾	DIN EN ISO 10319
Durchdrückwiderstand	+	+	DIN EN ISO 12236	DIN EN ISO 12236
Weiterreißfestigkeit	+	---	DIN ISO 34-1, Methode B ²⁾	---
Wasseraufnahme (Enslin-Neff)	---	+	---	DIN 18132

KDB: Kunststoffdichtungsbahn, GTD: Tondichtungsbahn
 +: Prüfung erforderlich/ ---: Prüfung nicht erforderlich
 1) Messprobe Typ 5A, 100 mm/min
 2) Winkelmessprobe ohne Kerbe

Tab. 5: Dichtungsbahnen – Umfang der Prüfungen bei Kontrollprüfungen

Toleranzwertes durch den Annahmefaktor) kann die Standardabweichung s dieser Prüfergebnisse bestimmt werden.

Die Standardabweichung s beträgt im Beispielfall also:

$$2,5 \text{ kN/m} : 1,645 = 1,52 \text{ kN/m.}$$

1. Fall: 2 Proben

Beispiel A: Prüfergebnisse: 47,5 kN/m und 50 kN/m: Beide Prüfergebnisse sind größer als der bauvertraglich vereinbarte Anforderungswert ⇒ **Annahme!**

Beispiel B: Prüfergebnisse: 46,5 kN/m und 50 kN/m: Ein Prüfergebnis ist kleiner

als der Anforderungswert ⇒ **Zurückweisung der gesamten Lieferung!**

oder: Überprüfung einer weiteren Probe und anschließende statistische Auswertung:

$$\text{drittes Prüfergebnis: } 53 \text{ kN/m} \Rightarrow z = \frac{\bar{x} - 1,645 \cdot s}{s}; z = 44,5 \text{ kN/m}$$

Forderung an die Prüfgröße z gemäß ZTV E-StB:

$$z \geq \text{Mindestquantil } T_M; T_M = 47,5 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{Zurückweisung!}$$

2. Fall: 5 Proben

Beispiele A bis C für fiktive Prüfwerte an jeweils 5 Proben:

	Beispiel A	Beispiel B	Beispiel C
Prüfwerte [kN/m]	48,0	47,0	50,0
	50,0	54,0	56,0
	50,0	54,0	58,0
	50,5	54,0	51,0
	51,0	54,0	50,0
Mittelwert	49,9	52,6	53,0
Standard- abweichung	1,1	3,1	3,7
$z = \bar{x} - 1,645 \cdot s$	48,0 \Rightarrow Annahme!	47,5 \Rightarrow Annahme!	46,8 \Rightarrow Zurückweisung!

Im Fall A sind alle Prüfwerte größer als der geforderte Wert von 47,5 kN/m, im Fall B ist ein Prüfwert kleiner. Die Forderung $z \geq 47,5$ kN/m ist jedoch in beiden Fällen erfüllt, die Lieferung ist also anzunehmen.

Obwohl im Fall C alle Prüfwerte oberhalb des vom Herstellers angegebenen Mittelwertes von 50 kN/m liegen und somit sogar höher als der geforderte Wert von 47,5 kN/m sind, ist das Annahmekriterium gemäß ZTV E-StB nicht erfüllt, da die Prüfgröße z kleiner als das geforderte Mindestquantil T_M ist! Grund hierfür ist die hohe Standardabweichung der Prüfwerte.

4 Zusammenfassung der erforderlichen Schritte nach Zuständigkeit

In den vorangegangenen Kapiteln des Beitrages sind sehr viele Informationen enthalten. Um einen Überblick über die tatsächlichen Aufgaben von Auftragnehmer und Auftraggeber in den einzelnen Phasen des Bauablaufes zu geben, werden nachfolgend die einzelnen erforderlichen Schritte stichpunktartig aufgeführt. Detaillierte Hinweise zur einfachen und sicheren Durchführung aller Schritte enthalten die Checklisten im M Geok E.

Aufgaben des Auftragnehmers

- Eignungsprüfung:
 - Vorlage der Produktbeschreibung nach TL Geok E-StB zum Nachweis der Eignung der

Geokunststoffe gemäß den Anforderungen des Bauvertrages beim Auftraggeber.

- Empfohlen:
 - Vorlage der werkseigenen Produktionskontrolle,
 - Nachfrage nach Musterprobe,
 - bei freiwilliger Überwachung: Nachfrage nach dem Produktzertifikat.
- Eigenüberwachungsprüfungen:
 - Bestätigung der Produktidentität:
 - Überprüfung der Übereinstimmung zwischen Verpackungsetikett, CE-Etikett und der auf dem Produkt angebrachten Kennzeichnung.
 - Überprüfung der Produkteigenschaften bei jeder Lieferung:
 - Vergleich von CE-Etikett und der Produktbeschreibung nach TL Geok E-StB,
 - Überprüfung der Angaben der Produktbeschreibung mit den vertraglich vereinbarten Anforderungen.
 - Baustoffeingangsprüfung:
 - Probenahme mit Anfertigung eines Protokolls, dem CE-Etikett und Verpackungsetikett beizufügen sind. Das Protokoll ist vom Auftragnehmer und dem Probenehmer zu unterzeichnen,
 - Durchführung der Prüfungen in Abhängigkeit von der Funktion des Produktes und den Sicherheitsanforderungen. Bewertung der Prüfergebnisse abhängig von deren Anzahl; statistische Auswertung bei 5 oder mehr Prüfergebnissen,
 - falls das Produkt einer freiwilligen Überwachung unterliegt: BEP entfällt; Anforderung des Produktzertifikates,
 - Entnahme von Rückstellproben für die Durchführung der Kontrollprüfungen durch den Auftraggeber.
- Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an die Behandlung der Produkte auf der Baustelle und an den Einbau:

- Prüfung in Abhängigkeit von der Funktion des Produktes,
- empfohlen: Durchführung der Baustellenbehandlung und Einbaukontrolle gemäß Checklisten des M Geok E.

Alle mitgelieferten Dokumente (Verpackungsetikett, CE-Etikett, CE-Begleitdokument, Produktbeschreibung, Produktzertifikat) sind zu archivieren.

Aufgaben des Auftraggebers

- Kontrolle der Eignungsprüfung des Auftragnehmers:
 - Kontrolle der vom Auftragnehmer vorgelegten Produktbeschreibung mit den bauvertraglich geforderten Eigenschaften des Produktes.
 - Empfohlen:
 - Vorlage der Prüfberichte zur WPK,
 - falls das Produkt einer freiwilligen Überwachung unterliegt: Vorlage des Produktzertifikates,
 - Nachfrage nach einer Musterprobe zum späteren einfacheren Vergleich mit dem gelieferten Produkt.
- Kontrolle der Eigenüberwachungsprüfungen des Auftragnehmers:
 - Laufende Kontrolle der vom Auftragnehmer durchgeführten Nachweise und Prüfungen.
 - Örtliche Begehung zur Kontrolle der Einbaubedingungen und der Behandlung der Produkte.
 - Empfohlen: Vergleich des gelieferten Produktes mit der Musterprobe.
 - Mitteilung der für Kontrollprüfungen erforderlichen Probenmenge an den Auftragnehmer.
- Durchführung der Kontrollprüfungen, Umfang gemäß ZTV E-StB:
 - Falls das Produkt keiner freiwilligen Überwachung unterliegt: Ggf. gemeinsame Durchführung von Baustoffeingangs- und Kontrollprüfungen.

Literatur

DIN EN ISO 10320: Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Identifikation auf der Baustelle

DIN EN 13249: Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Geforderte Eigenschaften für die Anwendung beim Bau von Straßen und sonstigen Verkehrsflächen

DIN EN 15382: Geosynthetische Dichtungsbahnen – Eigenschaften, die für die Anwendung in Verkehrsbauten erforderlich sind

DIN-Fachbericht CEN/TR 15019: Geotextilien und geotextilverwandte Produkte – Baustellenkontrolle; Deutsche Fassung DEN/TR 15019:2005

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2005): Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaues (M Geok E 05) mit Checklisten (C Geok E 05), FGSV-Verlag GmbH, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2005): Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaues (TL Geok E-StB 05), FGSV-Verlag GmbH, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2007): Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB 07), FGSV-Verlag GmbH, Köln

MÜLLER-ROCHHOLZ, J. (Hrsg.) (2005): Geokunststoffe im Erd- und Straßenbau, Werner Verlag, München

BDir Dipl.-Ing. Gernot Rodehack
Autobahndirektion Südbayern,
Kempten

Neuerungen in den RAP Stra 2010

Einleitung

Seit der Veröffentlichung der Richtlinien für die Anerkennung von Prüfstellen für Baustoffgemische und Baustoffe im Straßenbau, Ausgabe 2004 (RAP Stra 04) wurden mit den

- zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt (ZTV Asphalt-StB 07),
- Technischen Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen (TL Asphalt-StB 07),
- zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton (ZTV Beton-StB 07),
- Technischen Lieferbedingungen für Baustoffe und Baustoffgemische für Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton (TL Beton-StB 07),
- zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (ZTV Pflaster-StB 06),
- Technischen Lieferbedingungen für Bauprodukte zur Herstellung von Pflasterdecken, Plattenbelägen und Einfassungen (TL Pflaster-StB 06),
- zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB 09),
- Technischen Lieferbedingungen für Böden und Baustoffgemische im Erdbau des Straßenbaues (TL BuB E-StB 09),
- Technischen Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaues (TL Geok E-StB)

eine Reihe der Anerkennung zugrunde liegender Regelwerke geändert.

Aufgrund der europäischen Normung von Bauprodukten betrafen die Änderungen auch die Prüfungen der Baustoffe und der fertigen Leistung. Dadurch wurde es erforderlich, in den RAP Stra die Prüfungsarten der betroffenen Fachgebiete anzupassen. Zudem bestand der Wunsch, mit den Geokunststoffen für den Erdbau und den Betondeckenbau ein neues Fachgebiet in die RAP Stra aufzunehmen. Daher wurde im Herbst 2008 in der FGSV eine Ad-hoc-Gruppe zur Überarbeitung der RAP Stra gebildet. Die Ausgabe 2010 der RAP Stra wurde inzwischen veröffentlicht und vom BMVBS bekannt gemacht. Die Änderungen gegenüber den RAP Stra 04 werden nachfolgend dargestellt.

Präambel

Die RAP Stra können nur die Grundlagen und die Durchführung des Anerkennungsverfahrens regeln. Daher werden die Grundsätze für die Anerkennung im Gegensatz zur bisherigen Praxis in der Ausgabe 2010 zentral in einer vorangestellten Präambel beschrieben. Diese Grundsätze sind:

- Prüfstellen nach RAP Stra führen bauvertragliche Prüfungen im Straßenbau durch.
- Grundlage sind in der Regel die einschlägigen Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen.
- Eine nach RAP Stra anerkannte Prüfstelle muss sich durch fachliche Kompetenz, Unabhängigkeit, Zuverlässigkeit, Sorgfalt und Neutralität auszeichnen. Sie muss kurzfristig verfügbar sein und regionale Besonderheiten berücksichtigen können.
- Die Anerkennung nach RAP Stra sollte aufgegeben werden, wenn die genannten Voraussetzungen nicht mehr vorliegen.
- Die von der Prüfstelle ermittelten Ergebnisse müssen insbesondere von finanziellen Interessen unabhängig sein und dürfen keiner Einflussnahme durch die Geschäftsführung der Prüfstelle, einer übergeordneten Unternehmung oder Institution unterliegen.
- Für die Durchführung und Bewertung der Prüfungen ist ausreichend Zeit vorzusehen. Umsatzsteigerungen durch unnötigen Prüfaufwand, Akkordleistungen der Mitarbeiter und Ähnliches sind nicht zulässig.

- Erkennt die Prüfstelle bei einzelnen Prüfaufträgen, dass Zweifel an ihrer Unabhängigkeit bestehen könnten, sollte sie sich gegenüber ihrem Auftraggeber für befunden erklären.

Fachgebiete

Gegenüber den RAP Stra 04 wurde neben dem bereits erwähnten neuen Fachgebiet K „Geokunststoffe im Erdbau und Betondeckenbau“ auch ein eigenes Fachgebiet F „Oberflächenbehandlungen auf Dünnen Asphaltdeckschichten in Kaltbauweise“ eingeführt. Die Trennung von den übrigen im Fachgebiet G zusammengefassten Asphaltbauweisen erfolgte, da bei den Bauweisen Oberflächenbehandlungen und DSK bis auf weiteres auch weiterhin eine Güteüberwachung mit Fremdüberwachung durchgeführt wird. Eine weitere Veränderung wurde im Fachgebiet H vorgenommen, in dem die bisherige Einschränkung „außer Beton“ gestrichen wurde. Der Anwendungsbereich der RAP Stra umfasst somit zukünftig alle hydraulisch gebundenen Schichten einschließlich der Fahrbahndecken aus Beton.

Fachlicher Leiter

In den RAP Stra 04 wurde die Möglichkeit eröffnet, für Fachgebiete, in denen der Leiter der Prüfstelle nicht ausreichend kompetent ist, einen Fachlichen Leiter zu benennen. Aufgrund immer wieder aufkommender Fragen musste jedoch festgestellt werden, dass die gestellten Anforderungen nicht klar genug formuliert waren. Daher enthalten die RAP Stra 10 nun einen eigenen Abschnitt zum Thema Fachlicher Leiter. Dieser stellt klar, dass ein Fachlicher Leiter grundsätzlich dieselben Anforderungen wie der Stellvertreter des Prüfstellenleiters erfüllen muss. Im Gegensatz zu diesem muss er jedoch seine Tätigkeit hauptberuflich ausüben und kann dies zudem nur an einer Prüfstelle tun.

Prüfberichte

Auch zum Thema Prüfberichte wurden Ergänzungen und Klarstellungen vorgenommen. Waren bisher nur der Leiter der Prüfstelle und sein Vertreter berechtigt, den Prüfbericht zu unterschreiben, darf nun entsprechend der Klarstellung der Anforderungen an den Fachlichen Leiter auch dieser in Vertretung für sein Fachgebiet unterschreiben. Der Prüfbericht ist nach wie vor handschriftlich zu unterschreiben, digitale Signaturen sind nicht zulässig.

Im Prüfbericht sind die den Prüfungen zugrunde liegenden Normen und technischen Prüfvorschriften anzugeben. Wurde bei der Prüfung von Normen abgewichen, muss dies wie bisher begründet werden.

In Einzelfällen kann es notwendig werden, dass einzelne Prüfungen an andere Prüfstellen weiter vergeben werden. In diesem Fall ist die Prüfstelle, die die Prüfung durchgeführt hat, anzugeben und die dabei erzielten Prüfergebnisse sind in den Prüfbericht zu übernehmen.

Verfahren der Anerkennung

Aufgrund der strukturellen Änderungen sowohl bei den Bauverwaltungen als auch auf Seiten der Bauindustrie wurde die Zusammensetzung der Kommission geändert. Bestand sie bisher verbindlich aus je einem Vertreter der BAST und der anerkennenden Behörde sowie optional aus je einem Vertreter einer Prüfstelle der Straßenbauverwaltung, einer nach RAP Stra anerkannten Prüfstelle und/oder einer anerkannte Prüfstelle der Straßenbauwirtschaft bzw. der Baustoffindustrie, wird die Kommission zukünftig aus je einem Vertreter der anerkennenden Landesbehörde, der BAST und einer Prüfstelle der Straßenbaubehörde oder einer nach RAP Stra anerkannten Prüfstelle bestehen.

Um ein bundesweit einheitliches Anerkennungs-niveau sicherzustellen, ist die BAST am Anerkennungsverfahren zu beteiligen. Auf ihre Beteiligung ist nunmehr in der auszustellenden Anerkennungsbescheinigung hinzuweisen.

Präzisiert wurden die für das Anerkennungsverfahren geforderten Unterlagen, da auch hier die bisherigen Formulierungen immer wieder zu Unsicherheiten führten.

In vielen Bundesländern war es auch bisher schon üblich, die Anerkennung für erstmals beantragte Fachgebiete zunächst nur befristet für zwei Jahre und erst danach die Anerkennung auf Antrag unbefristet auszusprechen. Diese Praxis ist nunmehr in den RAP Stra 10 fixiert worden.

Pflichten der Prüfstelle

Die RAP Stra 04 forderten auch bisher schon im Abschnitt „Prüfbericht“, dass im Prüfbericht auf die Anerkennung nach RAP Stra hinzuweisen ist. Es handelt sich somit um eine Pflicht der anerkan-

ten Prüfstelle. Dementsprechend wurde auch in diesem Abschnitt eingefügt, dass, wenn auf die Anerkennung nach RAP Stra hingewiesen wird, die Kennungen aller anerkannten Fachgebiete und Prüfungsarten (z. B. G3) angegeben werden müssen.

Trotz eindeutiger Regelung der RAP Stra beklagten die anerkennenden Behörden immer wieder, dass Veränderungen in den Prüfstellen oft nur mit großer zeitlicher Verzögerung gemeldet werden. Quasi als Gedankenstütze werden die Prüfstellen durch die RAP Stra 10 nunmehr verpflichtet, jährlich zum 31.12. eine Erklärung zur Bestätigung der Anerkennungsvoraussetzungen vorzulegen.

Überprüfung, Fortschreibung und Rücknahme der Anerkennung

Der Abschnitt 8 der RAP Stra 04 „Überwachung der Prüfstelle, Fortschreibung und Rücknahme der Anerkennung“ wurde neu gegliedert. Jeder der bisher in diesem Abschnitt angesprochenen Punkte wird in den RAP Stra 10 in einem eigenen Abschnitt behandelt. Zur transparenten Darstellung der Kostenregelung, die bisher etwas versteckt ebenfalls in diesem Abschnitt enthalten war, wurde zudem der neue Abschnitt „Kosten“ eingefügt.

Fortschreibung der Anerkennung

Der neue eigene Abschnitt für die Fortschreibung der Anerkennung ist deutlicher gefasst als bisher, da nun klar formuliert ist, dass eine neue Bescheinigung über die Anerkennung der Prüfstelle bei Änderung von Prüfungsarten oder bei personellen Veränderungen ausgestellt wird. Wie bisher erfolgt die Erteilung einer neuen Anerkennungsbescheinigung nach Überprüfung der Anerkennungsvoraussetzungen ggf. unter Hinzuziehung der RAP-Stra-Kommission.

Überprüfung der Prüfstellen

Auch bisher schon konnte die anerkennende Landesbehörde die Einhaltung aller Pflichten durch die Prüfstelle jederzeit überprüfen. Neu ist jedoch, dass zur Qualitätssicherung bei den Prüfstellen mindestens alle fünf Jahre eine Örtliche Überprüfung ggf. unter Hinzuziehung der RAP-Stra-Kommission er-

folgt, über deren Durchführung und ihr Ergebnis ein Bericht angefertigt wird.

Rücknahme der Anerkennung

Die Regelungen wurden lediglich in einen eigenen Abschnitt gefasst. Sie enthalten gegenüber den RAP Stra 04 keine Änderungen.

Kosten

Wie bereits erwähnt, wurde dieser Abschnitt aus Gründen der Transparenz eingefügt. Die Regelung der Kostentragung selbst ist unverändert geblieben. Wie bisher haben die Prüfstellen alle Kosten, die sich aus dem Anerkennungsverfahren, den Vergleichsuntersuchungen, der Fortschreibung und der Überprüfung ergeben, auf der Basis des nachgewiesenen Aufwandes zu tragen.

Bekanntgabe der anerkannten Prüfstellen

Auch dieser Abschnitt wurde aus Gründen einer klareren Gliederung neu in die RAP Stra 10 aufgenommen. Die RAP Stra 04 enthielten im Abschnitt 6 „Erteilung der Anerkennung“ nur die Verpflichtung zur Führung einer Liste, in der alle Angaben zu Art und Umfang der Anerkennung aufzunehmen waren. Da eine Listenführung ohne Bekanntgabe dieser Liste wenig sinnvoll ist, wurde der Abschnitt um den – auch in den jeweiligen Technischen Lieferbedingungen, Teil: Gütesicherung, enthaltenen – Passus, dass die anerkannten Prüfstellen von der anerkennenden Landesbehörde bekannt gegeben werden, erweitert.

Zusammenfassung

Ausgelöst durch die aufgrund der europäischen Normung von Bauprodukten erforderliche Anpassung der Prüfungsarten in den verschiedenen Fachgebieten wurden die RAP Stra insgesamt überarbeitet und klarer gegliedert. Dadurch werden das Anerkennungsverfahren und die Anforderungen transparenter dargestellt.

Diskussion

Frage:

Wie wird in anderen Bundesländern mit der Ausdehnung der Anerkennungen auf ihren Zuständigkeitsbereich umgegangen?

Herr Rodehack:

Das Anerkennungsverfahren beruht auf privatrechtlicher Grundlage. In Bayern besteht die Regelung, dass die Anerkennungen von Prüfstellen der angrenzenden Bundesländer auf Bayern ausgedehnt werden.

Frage:

Gibt es eine Liste der Prüfverfahren und der Geräte?

Herr Rodehack:

Eine Liste der auszuführenden Prüfverfahren wird auf der Internetseite der BAST veröffentlicht. Aus den genannten Prüfvorschriften ergeben sich die Geräteliste und die Notwendigkeit von Kalibrierungen entsprechend.

Frage:

Welche Bedeutung hat die Präambel?

Herr Rodehack:

Die Präambel stellt ein Appell an die Prüfstellen dar. Die Einhaltung der Forderungen kann nicht detektivisch geprüft werden. Beispielsweise Prüfstellen, die die Eignungsprüfung durchführen, können nicht für das gleiche Produkt auch die Kontrollprüfungen machen.

Anmerkung

Die „Liste“ der auszuführenden Prüfverfahren als Grundlage für die Anerkennung als Prüfstelle nach RAP Stra 10 ist auf www.bast.de unter: Qualitätsbewertung/Anerkennung/Straßenbau veröffentlicht.

Dipl.-Geol. Michael Bürger
Bundesanstalt für Straßenwesen
Bergisch Gladbach

Aktueller Stand der Überarbeitung von ZTV Ew-StB 91/ RiStWag/RAS-Ew

1 Einleitung

Derzeit befinden sich einige bedeutende Regelwerke zur Straßenentwässerung in bzw. kurz vor der Überarbeitung. Hiervon betroffen sind die ZTV Ew-StB 91, die RiStWag und die RAS-Ew (siehe Tabelle 1). Die Arbeiten zu den ZTV Ew und den RiStWag sind fast abgeschlossen, sodass diese Regelwerke zeitnah den zugehörigen Arbeitsausschüssen zur Prüfung vorgelegt werden können. Zu den RAS-Ew wurde zwischenzeitlich Überarbeitungsbedarf festgestellt (s. a. Kapitel 4). Die Überarbeitung soll voraussichtlich noch Ende 2010 beginnen.

Nachfolgend werden einige ausgewählte Änderungen, die sich im Zuge der Regelwerksüberarbeitung in den ZTV Ew und den RiStWag ergeben haben, vorgestellt sowie der Überarbeitungsbedarf zu den RAS-Ew skizziert.

2 Änderungen in den ZTV Ew

2.1 Kanalsanierung

In den letzten Jahren hat die Kanalsanierung, insbesondere im kommunalen Bereich, zunehmend an Bedeutung gewonnen, da die Funktion des be-

stehenden Entwässerungsleitungs- bzw. Kanalnetzes langfristig zu gewährleisten ist. Hierbei spielt die Dichtheit der Rohrleitungen aus Gründen des Boden- und Grundwasserschutzes eine wichtige Rolle. Im Regelwerk der Straßenentwässerung wurde die Thematik der Kanalsanierung bislang nicht aufgegriffen. Daher wird beabsichtigt, Verweise auf bestehendes Regelwerk zur Kanalsanierung im Kapitel 7 „Rohrleitungen“ der ZTV Ew aufzunehmen und den Geltungsbereich um die ATV DIN 18326 „Kanalrenovierungsarbeiten“, die derzeit noch als Entwurf vorliegt, zu erweitern.

2.2 Sickeranlagen

Das Thema Sickeranlagen mit den Sickersträngen und Sicker- und Filterschichten betrifft die Straßenentwässerung und den Erdbau und wird daher sowohl in den ZTV Ew als auch in den ZTV E geregelt. Neben diesen Regelungen enthalten die ZTV Ew auch konkrete Regelungen zur Planums-, Böschung- und Tiefensickerschicht sowie zur Sickerstützscheibe. Neu aufgenommen wurden in den ZTV Ew Regelungen zu Sickergräben. Ob auch langfristig die „Doppelregelung“ in den ZTV Ew/ZTV E bestehen bleiben soll, ist derzeit noch unklar.

2.3 Bauwerke für die Behandlung des Wassers

In Anlehnung an die Regelungen in den RAS-Ew wurde ein Abschnitt „Bodenfilter“ in die ZTV Ew aufgenommen. Bauvertraglich relevante Anforderungen sind die Vorlage von Schweißprotokollen bei Verwendung von Kunststoffdichtungsbahnen zur Abdichtung des Beckens zum Untergrund. Des Weiteren ist beim Einbau des Bodenfilters die geforderte Filterdurchlässigkeit zu gewährleisten.

3 Änderungen in den RiStWag

3.1 Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung

Zu diesem Thema wurde neben textlichen Veränderungen und Ergänzungen auch die Tabelle 2 der RiStWag modifiziert (Tabelle 2).

Bislang wurden ganz allgemein schwach durchlässige Schichten mit Durchlässigkeitsbeiwerten $k_f < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s hinsichtlich ihrer Schutzwirkung auf das Grundwasser betrachtet. Für diese Schichten konnte beispielsweise eine große Schutzwirkung

	ZTV Ew-StB 91	RiStWag (Ausgabe 2002)	RAS-Ew (Ausgabe 2005)
Bearbeitung	aktiv	aktiv	nicht aktiv (in Vorbereitung)
Beginn	April 2009	März 2007	voraussichtl. Ende 2010
Ende (geplant)	~ Ende 2010	~ Ende 2010	--
Arbeitskreis (AK)	AK 5.2.1 „ZTV Entwässerung“	AK 5.5.1 „Straßen in Wasserschutzgebieten“	--

Tab. 1: Überblick zum Bearbeitungsstand der einzelnen Regelwerke

der grundwasserüberdeckenden Schichten nur bei Schichtmächtigkeiten von > 4 m erreicht werden. Eine weitere Differenzierung der schwach durchlässigen Schichten mit Durchlässigkeitsbeiwerten $k_f < 1 \cdot 10^{-7}$ m/s erfolgte nicht. Damit wurde die Schutzwirkung dieser Schichten ($k_f < 1 \cdot 10^{-7}$ m/s) nicht angemessen eingeschätzt. Dies soll nun mit der Ergänzung in der Tabelle ermöglicht werden.

Der bisher in der Tabelle angegebene sehr kleine Durchlässigkeitsbereich $1 \cdot 10^{-4}$ m/s bis $5 \cdot 10^{-4}$ m/s wird nicht mehr separat aufgeführt.

Durchlässigkeit	Mächtigkeit	Schutzwirkung
$k_f < 1 \cdot 10^{-7}$ m/s	> 2 m	groß
	1 – 2 m	mittel
	< 1 m	gering
$k_f < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-7}$ m/s	> 4 m	groß
	2 – 4 m	mittel
	< 2 m	gering
$k_f < 1 \cdot 10^{-4}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s	> 8 m	groß
	4 – 8 m	mittel
	< 4 m	gering
$k_f 1 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-4}$ m/s	> 15 m	groß
	5 – 15 m	mittel
	< 5 m	gering
$k_f > 1 \cdot 10^{-3}$ m/s	---	gering

Tab. 2: Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung in Abhängigkeit von Durchlässigkeit und Mächtigkeit

Die Ergänzung der Zeile für $k_f > 1 \cdot 10^{-3}$ m/s hat nur formale Gründe, um das gesamte Durchlässigkeitspektrum zu berücksichtigen.

Die Angabe von Spannen für die Schutzwirkung, wie z. B. „mittel bis groß“, ist für die Praxis nicht eindeutig und wurde deshalb präzisiert.

3.2 Einstufung von Entwässerungsmaßnahmen in Zone III

In der weiteren Schutzzone (Zone III, III A, III B) für Grundwasser hängt die Art der in den einzelnen Schutzonen zu wählenden Entwässerungsmaßnahmen von der Verkehrsmenge (DTV) und der Schutzwirkung der nach der Baumaßnahme verbleibenden Grundwasserüberdeckung ab. Bisher erfolgte die Einstufung von Entwässerungsmaßnahmen in vier Stufen (Bild 1).

Die Stufe 1 (Boden) und Stufe 2 (Boden/Technik) unterscheiden sich dadurch, dass bei Stufe 1 Versickerbecken ohne vorgeschaltetes Absetzbecken ausgeführt werden können, während bei Stufe 2 Versickerbecken nur mit vorgeschaltetem Absetzbecken zulässig sind. Nach den gültigen RAS-Ew sind Absetzbecken grundsätzlich vor Versickerbecken anzuordnen. Damit entfällt der Unterschied zwischen Stufe 1 und 2 mit der Folge, dass beide Stufen zusammengefasst werden können und nunmehr nur noch drei Stufen zu unterscheiden sind (Bild 1).

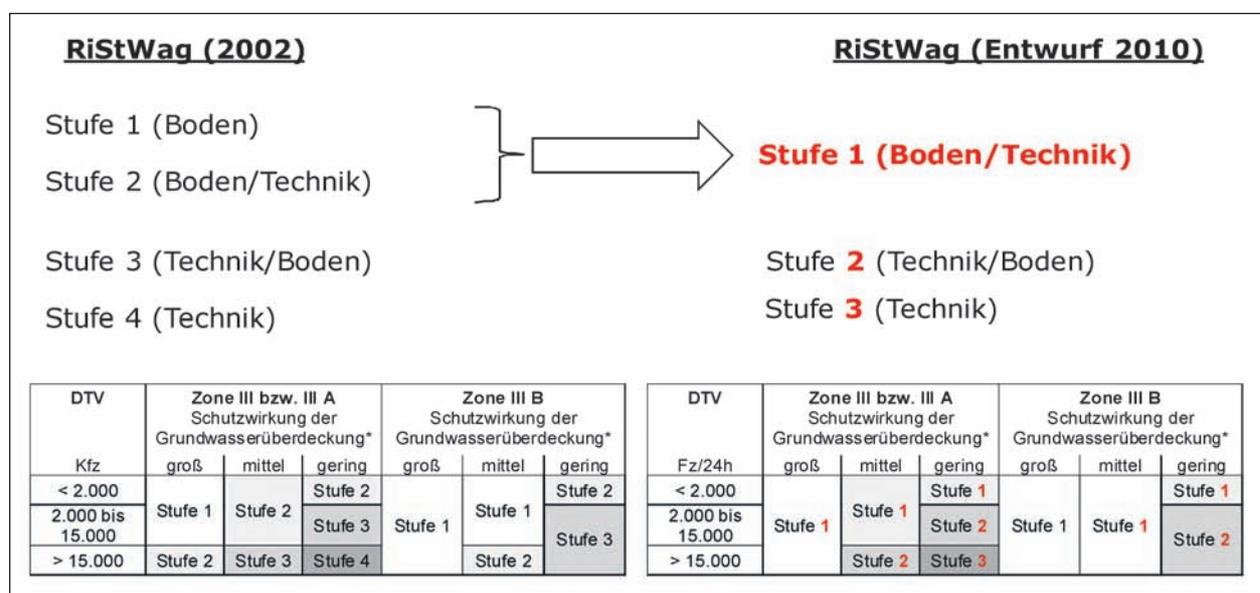


Bild 1: Änderungen zur Einstufung von Entwässerungsmaßnahmen

3.3 Behandlung des Straßenoberflächenwassers

Bislang wurde in den RiStWag der Begriff „Abscheideanlagen“ verwendet. Zukünftig soll stattdessen der Begriff „Absetzanlagen mit Leichtstoffrückhaltung (RiStWag-Anlagen)“ verwendet werden, da in der Praxis der Begriff „Abscheideanlagen“ oftmals mit den Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten nach DIN 1999-100 in Zusammenhang gebracht wird, die in anderen Anwendungsbereichen eingesetzt werden.

Bei den baulichen Grundsätzen der RiStWag-Anlagen ergeben sich einige Änderungen der Anlagen, die u. a. auf die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt FE 05.134/2003/GGB „Optimierung von Absetzbecken“ beruhen (Bild 2).

Zukünftig soll auf einen über dem Dauerwasserspiegel angeordneten Zulauf sowie auf die erste Tauchwand (Verteilerwand) verzichtet werden, da diese unerwünschte Vertikalströmungen bewirken, die bei großen Zuflüssen zur Remobilisierung und zum Austrag von Sedimenten führen. Zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Durchströmung des

Beckens über die Beckenbreite soll daher die Sohle der Zuflussleitung in der letzten Haltung um ihren halben Durchmesser tiefer gelegt werden als der Dauerwasserspiegel in der RiStWag-Anlage. Durch den Einstau des halben Rohrdurchmessers wird auch gewährleistet, dass Schwimmstoffe nicht im vorgeschalteten Schachtbauwerk des Zulaufes verbleiben, sondern in die RiStWag-Anlage abgeführt werden.

Bei der Ausführung der Beckensohle ist aus funktionalen Gründen ein Sohlgefälle nicht zwingend erforderlich. Jedoch muss sichergestellt sein, dass die Reinigung problemlos erfolgen kann.

Vor dem Hintergrund des Klimawandels wird zukünftig in den Sommermonaten mit länger andauernden Trockenperioden gerechnet. Damit auch in diesen Fällen beim Absinken des Wasserspiegels in der RiStWag-Anlage die hintere, starre Tauchwand ihre Funktion der Leichtstoffrückhaltung erfüllen kann, ist die Eintauchtiefe vergrößert worden. Alternativ können auch schwimmende Tauchwände eingesetzt werden, die von der Größe der Wasserspiegelschwankungen unabhängig sind.

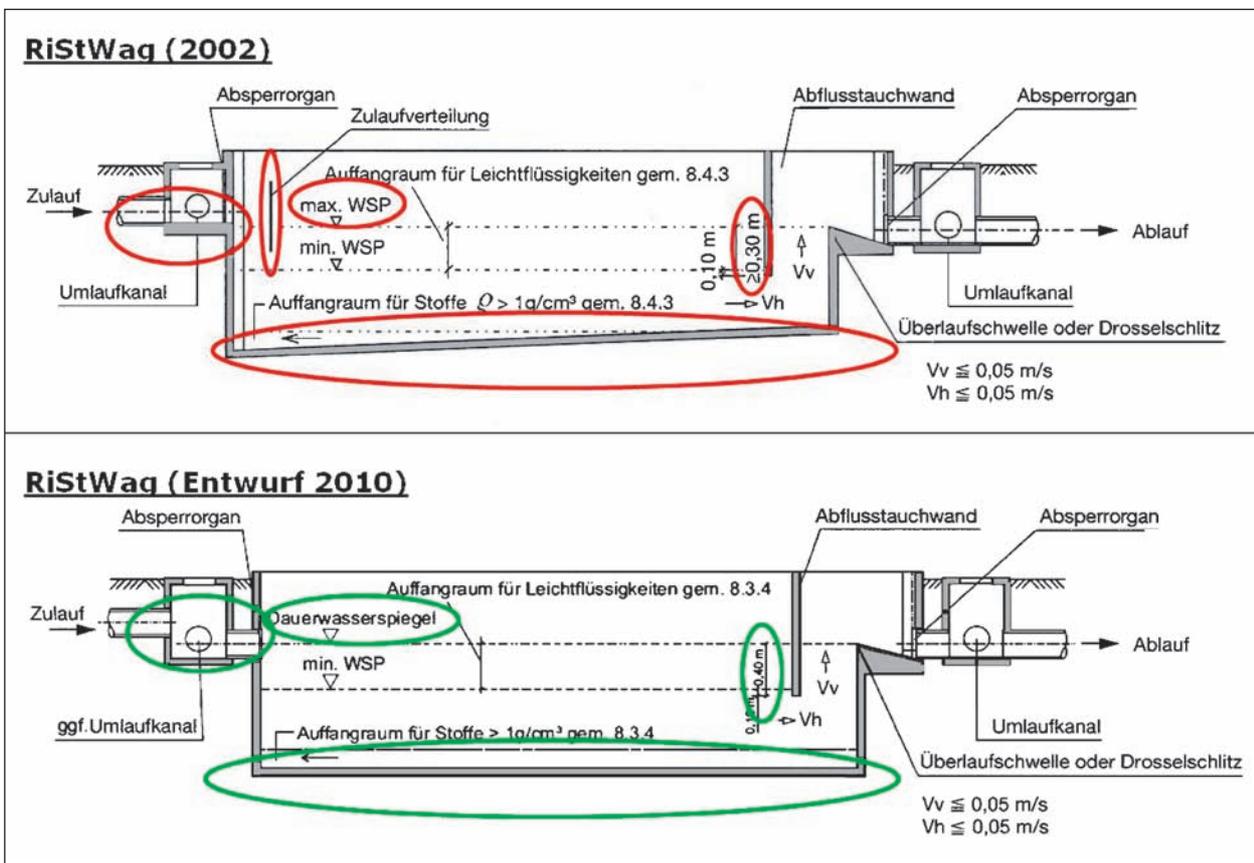


Bild 2: Bauliche Veränderungen an RiStWag-Anlagen

4 Überarbeitungsbedarf zu den RAS-Ew

Gemäß dem Allgemeinen Rundschreiben Straßenbau Nr. 21/2005 wurden die Obersten Straßenbaubehörden der Länder vom BMVBS aufgefordert, Erfahrungen bei der Anwendung der RAS-Ew zu erfassen und dem BMVBS bis zum 31. Oktober 2009 mitzuteilen. Dieser Aufforderung sind inzwischen zahlreiche Bundesländer nachgekommen. Eine erste Sichtung dieser Erfahrungssammlung lässt einen Diskussions- und Überarbeitungsbedarf insbesondere zu nachfolgend ausgewählten Punkten erkennen:

- Bemessungsgrundlagen, insbesondere Größe der Abflüsse von Straßen (siehe Versickerraten),
- Kompatibilität zu konkurrierenden Regelwerken (z. B. DWA),
- Handhabung „RAS-Ew-Bemessungshilfen“ (CD-ROM).

Es ist beabsichtigt, mit der Überarbeitung der RAS-Ew gegen Ende 2010 zu beginnen.

Im Zuge dieser Überarbeitung sind auch die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben FE 05.141/2005/GRB „Vergleich der Reinigungsleistung von Retentionsbodenfiltern und Versickeranlagen an Bundesfernstraßen“ zu berücksichtigen.

Über ein Jahr wurden u. a. an zwei stark frequentierten Bundesautobahnen die Stoffkonzentrationen des Straßenabflusses nach Passage vorgeschalteter Absetzeinrichtungen im Zu- und Ablauf zweier Retentionsbodenfilter beprobt. Die Ablaufwerte der Retentionsbodenfilter liegen unter den Prüfwerten der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, sodass nach diesen Prüfwerten eine direkte Einleitung in das Grundwasser ohne weitere Behandlung zulässig wäre. Eine alleinige Behandlung des vorgereinigten Straßenabflusses in Versickerbecken, die einen gleichwertigen Filteraufbau wie die Retentionsbodenfilter aufweisen, würde damit ausreichen (Bild 3). Daraus ergibt sich eine Kosten- und Flächensparnis.



Bild 3: Optimierung von Entwässerungsanlagen

Diskussion

Herr Nelson:

Wäre es nicht besser, bei der Bewertung der Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung gemäß Tabelle 2 der RiStWag anstelle der Wasserdurchlässigkeit die einfacher zu bestimmende Bodenart zu betrachten?

Herr Bürger:

Derartige Überlegungen wurden bereits im Zuge der Tabellen-Überarbeitung diskutiert. Ein Grundgedanke bei der damaligen Erarbeitung der Tabelle war, dass für den Rückhalt ausgetretener wassergefährdender Stoffe beispielsweise bei einem Unfall sowohl die Sperrwirkung der Grundwasserüberdeckung als auch die „Schwammfunktion“ des Porenraums der ungesättigten Zone von Bedeutung sind und dies durch die Kombination von Durchlässigkeit und Mächtigkeit der Bodenschichten berücksichtigt wird.

Eine Angabe der Bodenart anstelle der Durchlässigkeit würde hier nicht ausreichen, weil eine Bodenart in Abhängigkeit vom Verdichtungsgrad bzw. von der natürlichen Lagerungsdichte unterschiedliche Durchlässigkeiten aufweisen kann und somit die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung nicht zwangsläufig gewährleistet wäre.

Herr Rott:

Im Zusammenhang mit der Leichtstoffrückhaltung haben wir gute Erfahrungen mit „schräg liegenden Rohrleitungen“ im Beckenablauf gemacht (Bild 4).

Hierbei liegt der Beckenablauf unterhalb des Auffangraums für Leichtflüssigkeiten, was in anderen Becken mindestens der Eintauchtiefe der Abflusstauchwand entspricht. Die Rohrleitung verläuft schräg nach oben durch die Beckenwand hin-

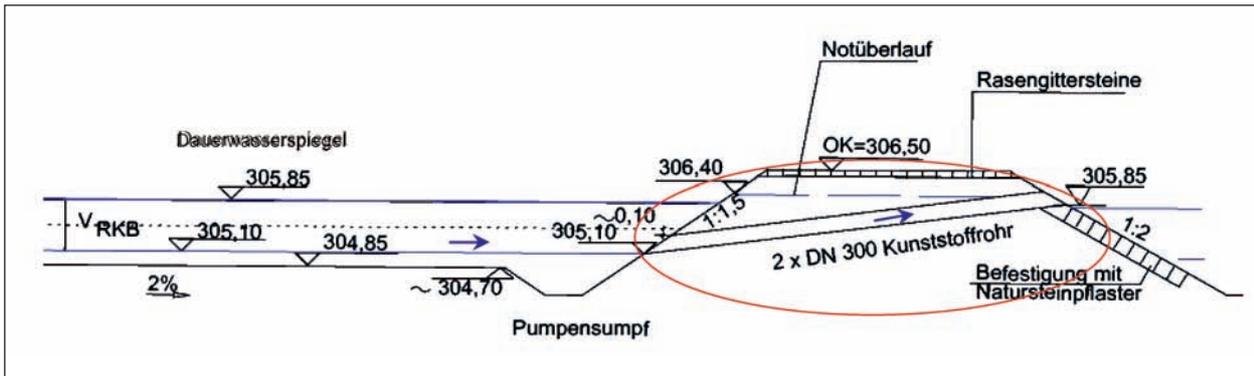


Bild 4: Beispiel eines Regenklärbeckens mit „schräg liegender Rohrleitung“ im Beckenablauf

durch und endet außerhalb des Beckens auf Höhe des Becken-Dauerwasserspiegels. Auf diese Weise ist ein Rückhalt von Schwimmstoffen mit relativ geringem konstruktivem und finanziellem Aufwand möglich.

Erfahrungen mit neuen Bauverfahren und Baustoffen

Referenten

Dipl.-Geol. Dr. Michael Dietrich

Dipl.-Ing. Maik Schüssler

Dipl.-Ing. Thomas Hecht

Dipl.-Geol. Jochen Daschner

Dipl.-Geol. Dr. Michael Dietrich
Autobahndirektion Südbayern, München

Erfahrungen mit Glasschaumgranulat als Leichtschüttung nach 2 Jahren unter Verkehr an der BAB A 8 München-Salzburg

1 Einführung

Auf dem 41. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau in Potsdam hatten wir über den Einbau von Glasschaumgranulat als Leichtschüttung an der Bahnbrücke Bernau am Chiemsee berichtet. Nach mehr als 2 Jahren Liegezeit unter Verkehr können wir über die Erfahrungen mit diesem innovativen Baustoff berichten. Die geologischen Rahmenbedingungen und die daraus resultierenden Besonderheiten waren seinerzeit ausführlich erläutert worden. Zum leichteren Verständnis werden sie hier noch einmal kurz umrissen. Die A 8 verläuft südlich des Chiemsees auf mächtigen Verlandungssedimenten, die auch Jahrzehnte nach dem Bau der Autobahn nicht auskonsolidiert sind, so dass sich die Fahrbahndämme immer noch um einige Zentimeter pro Jahr setzen. Die Bernauer Bahnbrücke, eine Unterführung der Bahnlinie München-Rosenheim-Salzburg unter der A 8 war in den 1930er Jahren errichtet worden. Das alte, schwimmend gegründete Bauwerk hatte sich in rund 70 Jahren um bis zu 1,8 m gesetzt und musste durch einen Neubau ersetzt werden. Dieser wurde auf bis zu 60 m langen Pfählen im Fels tiefgegründet und weist daher praktisch keine Setzungen auf. Die Anschlussdämme an das Bauwerk werden

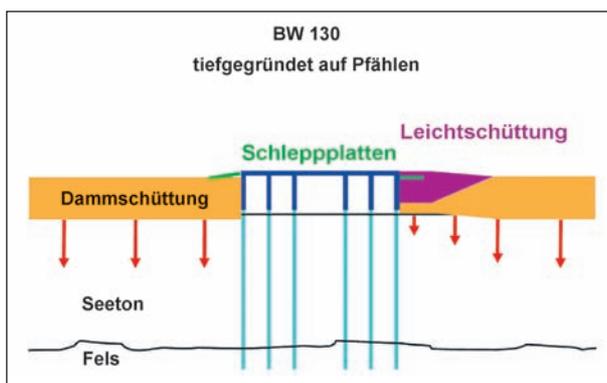


Bild 1: Schematische Darstellung der Methoden zur Minimierung der Setzungsdifferenzen

aber, wie die Erfahrungen in diesem Bereich zeigt, noch über Jahrzehnte hinweg Setzungen in der Größenordnung von 1-4 cm pro Jahr aufweisen. Die Setzungsdifferenzen zwischen Damm und Brücke sind unvermeidbar, Ziel war es daher, den Übergang auf eine möglichst lange Strecke zu verteilen. Der Einbau von Schleppplatten als alleiniges Mittel zum Ausgleich der Setzungsdifferenzen hatte sich an der rund 11 km weiter östlich gelegenen Brücke über die Tiroler Achen als nicht ausreichend gezeigt.

2 Eigenschaften und Einbau von Glasschaumgranulat

Glasschaumgranulat, auch als Glasschaumschotter oder Schaumglasschotter bezeichnet, wird aus Altglas aufgeschäumt. Glasschaumschotter wird als geschlossenporiges Material hergestellt, die Wasseraufnahme liegt daher unter 10 Massen-%. Er ist chemisch inert und wird von Lösemitteln nicht angegriffen, ist nicht brennbar und zeigt kein Kriechverhalten. Das Schüttgewicht des für den Straßenbau geeigneten Materials liegt bei 170 bis 230 kg/m³, die Dichte des eingebauten und verdichteten Glasschaumschotters bei 270 bis 330 kg/m³.

Die Länge der Leichtschüttungen wurde mit 35 m ab den Widerlagern festgelegt, wobei bis 20 m hinter den Widerlagern die Mächtigkeit 3,5 m betrug. Auf den folgenden 15 m keilte die Leichtschüttung von 3,5 m bis auf 0 aus, um eine möglichst langgezogene Setzungsanpassung zu erreichen. Zusätzlich wurde innerhalb des Glasschaumschotterkörpers auf 0,5 m Kieskoffer eine 10 m lange Schleppplatte betoniert. Die Glasschaumschotterkörper wurden allseitig durch ein Trennvlies um-



Bild 2: Einbau von Glasschaumgranulat

hüllt. Die Anlieferung auf die Baustelle erfolgte mit Sattelzügen für Leichtschüttgut, die ein Fassungsvermögen von rund 90 m³ aufwiesen. Der Einbau des Glasschaumschotters wurde in Lagen von 50 cm Stärke mit einer Schubraupe vorgenommen. Die Verdichtung erfolgte statisch mit einem 8-t-Walzenzug ohne Vibration. Die optimale Verdichtung wurde im Mittel nach vier Walzenübergängen erreicht. In den Bereichen unmittelbar hinter den Brückenwiderlagern wurde mit einer mittelschweren Rüttelplatte verdichtet.

3 Messtechnische Begleitung der Baumaßnahme

Über die Überwachung des Einbaus des Glasschaumschotters hinaus war von vorneherein vorgesehen, das Verhalten der Leichtschüttungen über einen längeren Zeitraum messtechnisch zu beobachten. Zum einen erfolgen ganz konventionell Setzungsbeobachtungen der Fahrbahn mittels Vermessung von Vermessungsnägeln an den Fahrbahnrandern. Zum anderen wurde beiderseits des Bauwerks in den Leichtschüttkörpern jeweils ein Messquerschnitt festgelegt. In diesen Messquerschnitten wurden zur Kontrolle von Setzungen des Damms und eventueller interner Setzungen in den Leichtschüttkörpern Horizontalinklinometer an der Basis und am Top der Leichtschüttungen quer zur

Fahrbahnachse installiert (s. Bild 3). Zusätzlich wurden in den Messquerschnitten Beschleunigungsaufnehmer (Geophone) über der Leichtschüttung in unterschiedlichen Tiefen unter der Fahrbahn eingebaut.

Die Inklinometer in den Messquerschnitten auf beiden Seiten des Bauwerks zeigten bei Messungen im Oktober 2009, also zwei Jahre nach Verkehrsfreigabe, sowohl an der Basis wie an der Oberkante des Glasschaumkörpers in den übereinanderliegenden Bereichen den gleichen Setzungsverlauf (s. Bild 4). Aus dem gleich laufenden Verlauf ergibt sich, dass sich der Damm bzw. der Untergrund, wie erwartet, gesetzt hat, innerhalb des Glasschaum-

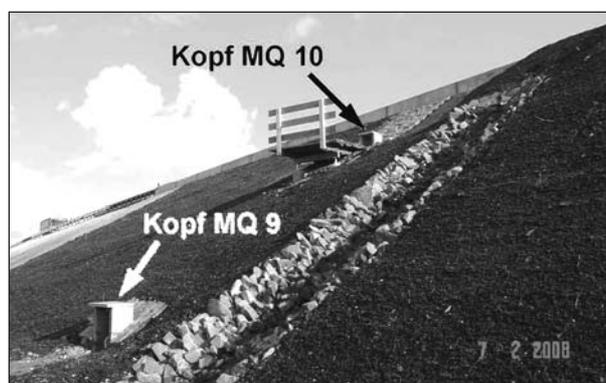


Bild 3: Inklinometerköpfe an der Dammsflanke (östlich des Bauwerks)

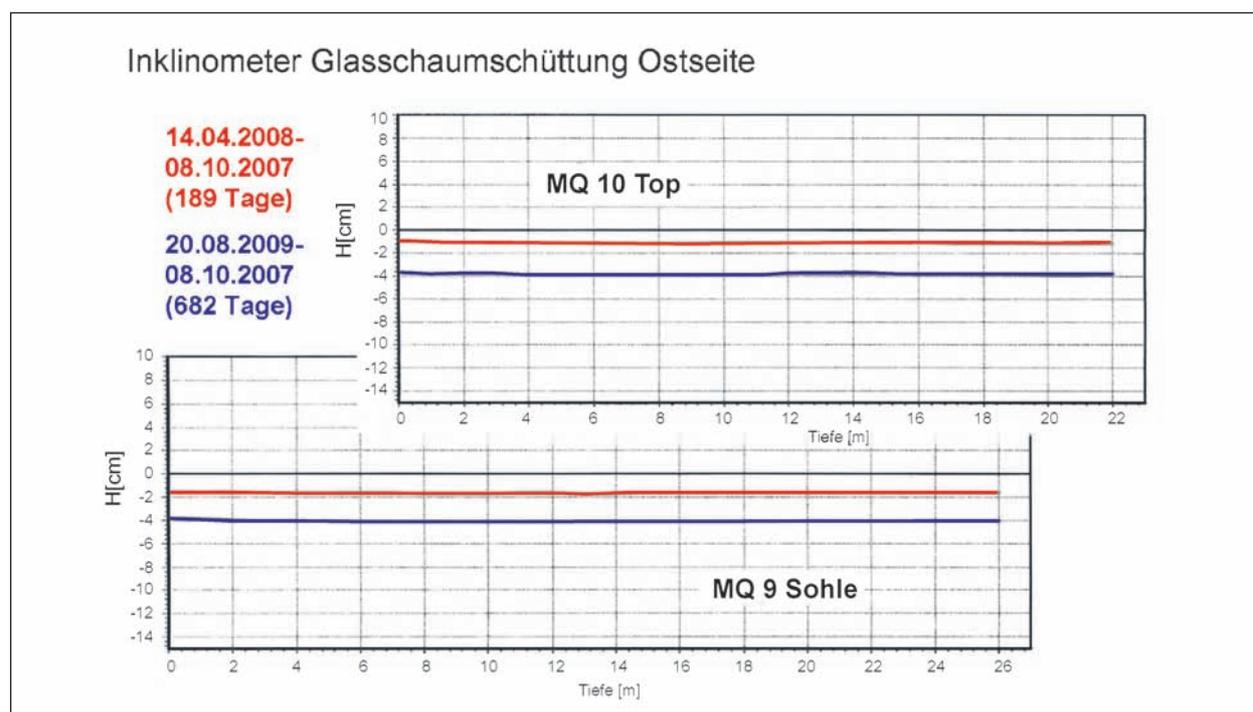


Bild 4: Messdiagramme der Inklinometer

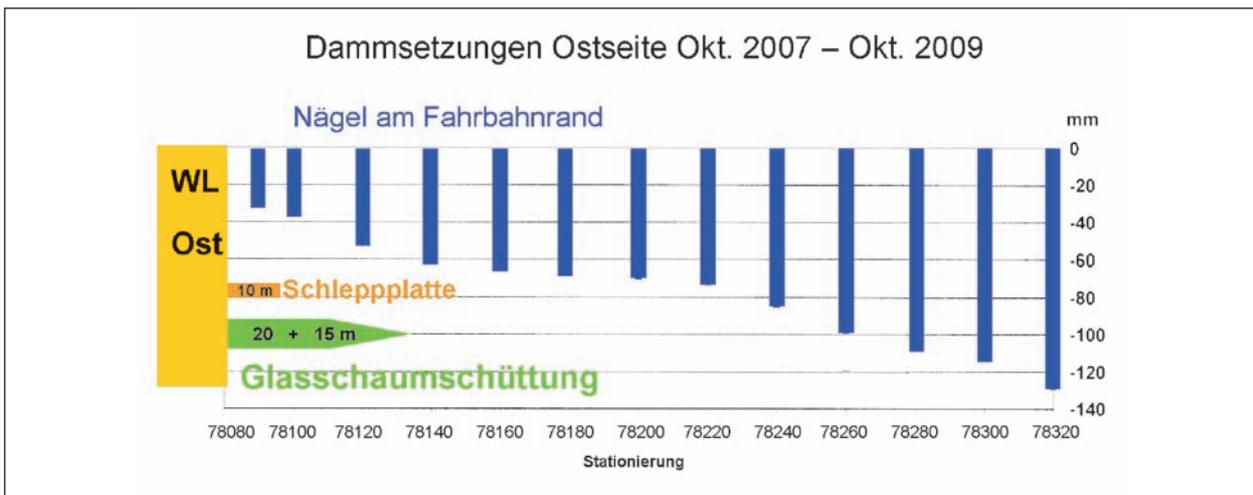


Bild 5: Setzungen der Fahrbahn

körpers aber keine Differenzsetzungen aufgetreten sind.

In Bild 5 sind die Setzungen an der Fahrbahn östlich der Brücke aufgetragen. Nach zwei Jahren unter Verkehr wurden an Vermessungsnägeln, die am Fahrbahnrand angebracht worden waren, 240 m vom Bauwerk entfernt Setzungsbeträge von 13 cm gemessen. Zum Bauwerk hin verringern sich die Setzungen auf weniger als 4 cm. Westlich der Brücke zeigen die Setzungen ein ähnliches Bild.

Messungen der Beschleunigungsaufnehmer, die in den Messquerschnitten in Tiefen von 0,60 m, 1,20 m und 1,80 m unter der Fahrbahn im Bereich der Lkw-Rollspuren situiert sind, ergaben, dass an den untersten Beschleunigungsaufnehmern Lkw-Überfahrten noch deutlich wahrnehmbar sind, ein signifikanter Einfluss durch Erschütterungen auf den Glasschaumschotter aber nicht mehr gegeben ist. Im Bereich der mitteltiefen Aufnehmer war bereits ein deutlicher Rückgang der Erschütterungen gegenüber den obersten Aufnehmern festzustellen. Allerdings lagen die gemessenen Erschütterungen immer noch signifikant über den Werten der untersten Aufnehmer. Die Messungen zeigen, dass die Kiesschutzschicht über den Glasschaumschottern für die in diesem Abschnitt hoch belastete BAB A 8 ausreichend dick ausgeführt worden ist.

4 Schlussfolgerungen

Die Verwendung von Glasschaumschotter als Leichtschüttung auf einer sehr hoch belasteten Autobahn hat sich aus der Perspektive nach mehr als zwei Jahren Verkehrsbeanspruchung bewährt.

Auch aus bautechnischer Sicht waren die Vorteile gegenüber anderen Leichtbaumaterialien sehr groß. Der Einbau des Materials konnte in kurzer Zeit mit konventionellen Erdbaugeräten bewältigt werden. Die seit der Verkehrsfreigabe im Oktober 2007 an der Fahrbahn im Bereich der Leichtschüttung gemessenen Setzungen liegen bei wenigen Zentimetern und zeigen im Übergang zum Bauwerk einen gleichmäßig abnehmenden stetigen Verlauf, der vom bituminösen Oberbau im Wesentlichen schadensfrei aufgenommen werden kann.

Diskussion

Frage:

Wie ist die Verdichtbarkeit von Glasschaumgranulat?

Herr Dietrich:

Es wird beim Einbau ein Kompromiss zwischen Verdichtung und Kornzertrümmerung eingegangen. Das Glasschaumgranulat wurde nach der Anlieferung von einer Schubraupe verteilt und in mehreren Schüttilagen von 0,30 m Stärke mit einer leichten Walze statisch ohne Vibration eingebaut.

Frage:

Wie ist der Aufbau? Wurde das Material bis zum Planum geschüttet?

Herr Dietrich:

Hinter den Widerlagern wurde zunächst eine geokunststoffbewehrte Matratze als Bewehrung unter einer Kieslage eingesetzt und darauf die Leicht-

schüttung eingebaut. Die Länge der Leichtschüttung betrug ab den Widerlagern 35 m, wobei bis 20 m hinter den Widerlagern die Mächtigkeit 3,5 m betrug. Um eine möglichst lang gezogene Setzungsanpassung zu erreichen, wurde auf den nachfolgenden 15 m die Dicke der Leichtschüttung von 3,5 m bis auf 0 m reduziert. Über das Glasschaumgranulat wurde eine Kiesschutzschicht von 1,25 m Dicke eingebaut und darüber der Fahrbahnaufbau. Durch diese Bauweise ergibt sich zwischen der Oberkante der Leichtschüttung und der Fahrbahnoberkante ein Überbau von 2 m. Dadurch sollen die dynamischen Einflüsse aus der Verkehrsbelastung sowie Einflüsse aus Einbauten, wie beispielsweise Ramppfosten für Schutzplanken, sicher von dem Glasschaumgranulat fern gehalten werden.

Frage:

Gibt es eine Dränageschicht zwischen Bauwerk und Schüttung?

Herr Dietrich:

Das ist nicht notwendig, das Material ist drainfähig.

Frage:

Sie haben in unterschiedlichen Tiefen Beschleunigungsaufnehmer installiert. Welche Beschleunigungen kommen im Glasschaumgranulat an?

Herr Dietrich:

Die Aufzeichnungen der Beschleunigungsaufnehmer ergaben, dass an den untersten Aufnehmern in 1,80 m Tiefe Lkw-Überfahrten noch deutlich wahrnehmbar sind, ein signifikanter Einfluss durch Erschütterungen auf den Glasschaumschotter aber nicht mehr gegeben ist. Es wurde bislang noch keine Darstellung dafür angefertigt.

Frage:

Wurden Deflektionsmessungen mit dem Falling Weight Deflectometer durchgeführt?

Herr Dietrich:

Nein.

Anmerkung Herr Hillmann:

Die Erarbeitung eines Merkblattes über die Anwendung von Glasschaumgranulat wurde seitens der FGSV vor ca. 10 Jahren verworfen, u. a. weil das Material nicht in den benötigten Mengen und in der

Nähe der potenziellen Abnehmer zur Verfügung stand. Das scheint sich inzwischen geändert zu haben. Ich werde beim zuständigen AA 5.8 „Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund“ anregen, sich mit Schaumglas als leichtem Schüttmaterial zu befassen, ähnlich wie mit EPS und Blähton.

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

Querung eines Moorgebietes beim Neubau der Bundesstraße B 96 im Zuge der Verkehrsanbin- dung für den Flughafen Berlin Brandenburg International

Die Niederlassung Autobahn des Landesbetriebes Straßenwesen Brandenburg wurde mit der Planung und dem Bau der großräumigen Straßenverkehrs-anbindung für den geplanten Großflughafen Berlin Brandenburg International beauftragt. Hierfür erfolgte der Neu- und Ausbau von ca. 10 km sechsstreifiger Autobahn und ca. 15 km vierstreifiger Bundesstraßen.

Der Neubau der Bundesstraße B 96 quert auf ca. 190 m ein Moorgebiet mit bis zu 5 m mächtigen, gering tragfähigen Torf- und Muddeablagerungen. Zur Gründung des Straßendammes wurden als Untergrundverbesserung Sandsäulen angewandt. Dies ist auch bei weichen bis breiigen organischen Böden bei undrainierten Scherfestigkeiten < 8

kN/m² möglich. Nach den vorliegenden Messergebnissen wurde eine Setzungsreduzierung von ca. 55 % erreicht. Sowohl die Verformungsmessungen als auch die Laborergebnisse zeigen für die Böden ein sehr ausgeprägtes Kriechverhalten. Durch eine Überschüttung werden Setzungen infolge Konsolidierung als auch Anteile aus Kriechen vorweggenommen. Nach dem Rückbau der Überschüttung wurden im Messzeitraum keine nennenswerten Kriechverformungen registriert.

1 Einleitung

Der Ausbau des Flughafens Schönefeld zum neuen Hauptstadt-Airport Berlin Brandenburg International (BBI) stellt derzeit das größte Infrastrukturprojekt im Nordosten Deutschlands dar. Für die geplante Eröffnung des BBI am 30.10.2011 werden 25 bis 27 Millionen Passagiere pro Jahr prognostiziert. Um ein derartiges Passagieraufkommen bewältigen zu können, braucht der Flughafen eine leistungsfähige Straßen- und Schienenanbindung. Der Landesbetrieb Straßenwesen, Niederlassung Autobahn (ehemals Brandenburgisches Autobahnamt), wurde mit der Projektdurchführung der großräumigen Straßenanbindung beauftragt. Dies beinhaltet folgende Baumaßnahmen an Bundesfernstraßen um das Flughafenareal (s. Bild 1):



Bild 1: Straßenanbindung Airport Berlin Brandenburg International

- Neu- und Ausbau der Autobahn A 113 im Osten
- Neu- und Ausbau der Bundesstraßen B 179 und B 96a im Norden sowie
- Neu- und Ausbau der Bundesstraße B 96 im Westen.

Alle Baumaßnahmen wurden bis zum Jahr 2008 abgeschlossen. Der Bau der Anschlussstelle des Flughafens an die A 113 wird derzeit realisiert.

2 Bundesstraße B 96

Der unmittelbar im Süden an Berlin angrenzende Streckenabschnitt der Bundesstraße B 96 verbindet vorrangig den Süden der Hauptstadt mit der A 10 (Berliner Ring). Die zweistreifig durch mehrere Ortslagen geführte Bundesstraße wurde durch einen vierstreifigen Neubau mit einem 26 m breiten Straßenquerschnitt außerhalb der Ortslagen ersetzt. Aufgrund der vorhandenen Verkehrsbelastung und eines prognostizierten Verkehrsaufkommens von 42.000 Kfz/24 h war dieser Ausbau dringend notwendig. Der 8 km lange Neu- und Ausbau der Bundesstraße B 96 erfolgte in zwei Abschnitten, einem ca. 3 km langen nördlichen 1. Bauabschnitt und einem ca. 5 km langen südlichen 2. Bauabschnitt. Die Verkehrsfreigabe erfolgte am 19.12.2006.

3 Untergrundverhältnisse Bundesstraße B 96

Die oberflächennahe Geologie Mittelbrandenburgs ist vorwiegend durch das Anstehen eiszeitlicher Sedimente geprägt. Hierbei handelt es sich um eine Abfolge von Ablagerungen meist flachwelliger Grundmoränenplatten, hügeliger Endmoränen, flachen Sander- und Talsandflächen sowie eingesenkter Niederungen. Insbesondere im Bereich der Niederungen stehen geringtragfähige und kompressible organische Böden an, welche ihrer Entstehung nach dem Holozän (Nacheiszeit) zuzuordnen sind.

Der Ausbau der Bundesstraße B 96 liegt unmittelbar östlich der Ortslage Dahlewitz (Bild 1) auf einer Länge von ca. 190 m im Bereich einer solchen Niederung. Die Niederung war mit einem in der Aufstandsfläche 40 m breiten und im Endzustand bis 4 m hohen Straßendamm zu queren.

Die Erkundung der Untergrundverhältnisse im Niederungsbereich erfolgte in 2 Etappen. Die ersten

Bodenuntersuchungsergebnisse wurden im Rahmen der Streckenerkundung gewonnen. Im Vorfeld der Ausschreibung wurde eine 2. Erkundungsphase nachgeschaltet. Nach den Bodenuntersuchungsergebnissen stellen sich die Untergrundverhältnisse wie folgt dar:

Der 5 km lange 2. Bauabschnitt der Bundesstraße B 96 liegt auf der pleistozän geprägten Teltowhochfläche. Der Bereich Bau-km 1+300 bis Bau-km 1+490 liegt am Rand der Niederung des Zülowgrabens. Hier wurde der ursprünglich vorhandene für die Hochfläche typische Geschiebemergel erodiert und das entstandene Tal mit organischen Böden verfüllt. Bei den organischen Böden handelt es sich im oberen Bereich (ca. 2 m) um Torf unterschiedlichen Zersetzungsgrades. Unterlagert wird der Torf durch kalkhaltige Mudde. Insgesamt erreichen diese Böden Mächtigkeiten bis ca. 5 m. Das Liegende bilden Sande, untergeordnet Beckenschluffe und Geschiebemergel.

Die anstehenden Sande stellen am Standort einen ergiebigen Grundwasserleiter dar. An der Unterkannte der organischen Böden kann das Grundwasser gespannt anstehen. Die Druckhöhe ist in hydrologisch ungünstigen Jahreszeiten geländegleich anzunehmen.

Die Bodenschichtung und die Grundwasserverhältnisse sowie die geplante Dammschüttung sind exemplarisch in Bild 2 dargestellt. Zusätzlich zu den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung ist das Ergebnis einer Inklinometerbohrung (IK 390L) nach Herstellung der Arbeitsebene während der Bauausführung eingetragen. Hier ist deutlich zu erkennen, dass bereits mit Aufbringen der Arbeitsebene mehrere Dezimeter Setzungen eingetreten sind.

Bei den organischen Böden handelt es sich überwiegend um weiche bis breiige Torfe und Mudden. Der Torf weist Porenzahlen bis ca. 8 bei Wassergehalten bis 430 % auf. Die Mudde besitzt Porenzahlen bis ca. 7 bei Wassergehalten bis 330 %. Die undrainierte Scherfestigkeit wurde mittels Labor- und Feldflügelsondierungen festgestellt. Nach Abminderung der gemessenen Flügelscherfestigkeiten ergaben sich für die Mudde Rechenwerte der undrainierten Kohäsion c_u von 8 kN/m². Für den Torf lagen Einzelwerte ebenfalls in der genannten Größenordnung. An Bodenproben aus den Inklinometerbohrungen wurden Triaxialversuche zur Bestimmung der undrainierten Scherfestigkeit c_u nach DIN 18137 ausgeführt. Die Ergebnisse zeigten Werte

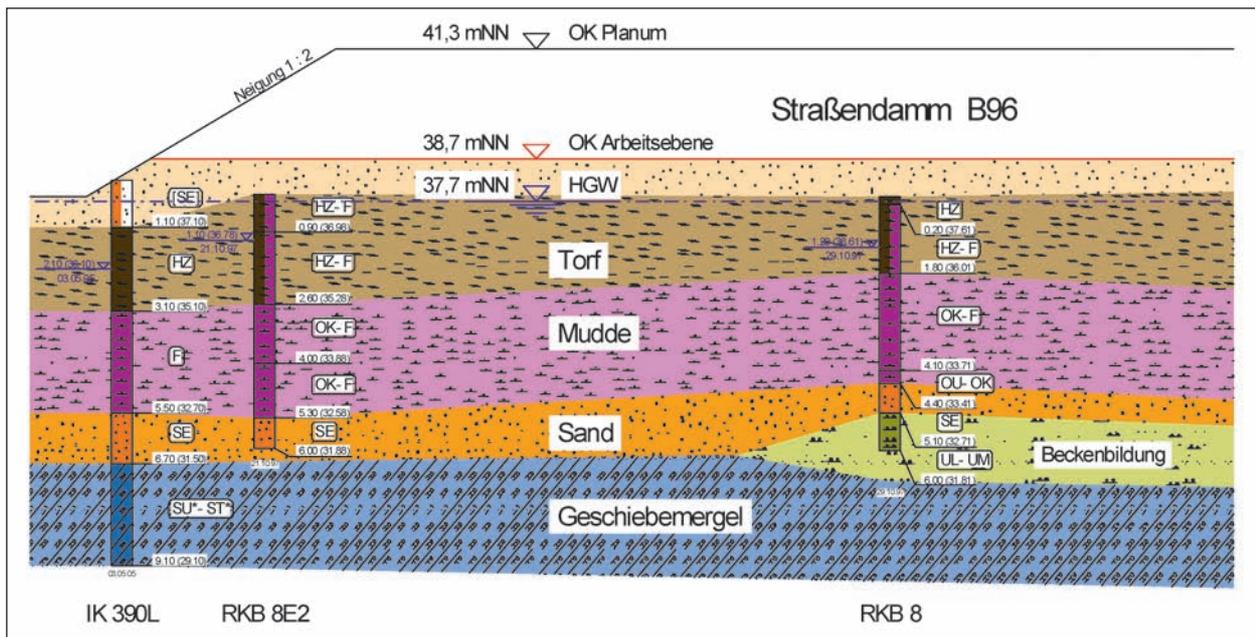


Bild 2: Bodenschichtung und Grundwasserverhältnisse Bau km 1+390

für die Mudde von $c_u = 4$ bis 5 kN/m^2 und für den Torf von minimal $c_u = 6 \text{ kN/m}^2$. In Ödometerversuchen konnten für die organischen Böden Kompressionsbeiwerte C_c zwischen 1,3 und 2,4 und Kriechbeiwerte C_α zwischen 0,06 und 0,14 bezogen auf den dekadischen Logarithmus ermittelt werden (SAVIDIS et al., 2006).

4 Maßnahmen zur Untergrundverbesserung und Ausschreibung der Baumaßnahme

Aufgrund der erkundeten Eigenschaften der anstehenden organischen Böden waren zur Gewährleistung einer ausreichenden Tragfähigkeit und zur Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit der Straßenkonstruktion Untergrundverbesserungen erforderlich.

Zur Beschleunigung und zur Verringerung der Konsolidierungssetzungen und unter Berücksichtigung des im Land Brandenburg gut verfügbaren eng gestuften Sandes wurden als Untergrundverbesserungsmaßnahme Sandsäulen gewählt. Das Verfahren der Sandsäulen zur Untergrundverbesserung wird in Japan seit mehreren Jahrzehnten erfolgreich angewandt (KITAZUME, 2005). Hinsichtlich der Drainwirkung derartiger Sandsäulen lagen im Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg bereits gute Erfahrungen vor. Um die Sandsäulen nicht nur als reine Drainelemente zu verwenden, sondern

auch deren Tragverhalten nutzen zu können, wurden diese mit einem Durchmesser von 60 cm veranschlagt. Zur Verbesserung des Trag- und Verformungsverhaltens der organischen Böden wurde für das Einbringverfahren der Sandsäulen das Vollverdrängungsverfahren gewählt. Hinsichtlich der seitlichen Stützung der Sandsäulen im Boden bei den vorhandenen undrainierten Scherfestigkeiten $< 8 \text{ kN/m}^2$ wurde auf Literaturangaben (GUNDACKER et al., 2004) von hergestellten Kies- bzw. Sandsäulen bei undrainierten Scherfestigkeiten $<< 15 \text{ kN/m}^2$ zurückgegriffen. Eine Vorbemessung des Gründungssystems für eine Säulenordnung im Dreiecksraster von $1,41 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}$ hatte ergeben, dass allein durch die Sandsäulen keine ausreichende Standsicherheit in allen Bauphasen gewährleistet war. Aufgrund dieser Tatsache musste der Bereich der Dammschüttung mit Geokunststoffen bewehrt werden.

Die Ausschreibung der Bauleistung erfolgte im Rahmen der Streckenbaumaßnahme nach VOB A § 9 als Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis. Hierbei wurde vorgegeben, dass nach Herstellung der Sandsäulen und anschließender Verlegung eines Geogitters die Dammschüttung in 2 Etappen mit jeweils dreimonatiger Liegezeit aufzubringen war. Die Schüttung der 2. Etappe diente hierbei zur Vorwegnahme von Setzungen aus späterer Verkehrslast.

Zur Kontrolle der Verformungen des Untergrundes und des Unterbaues sowie der zeitlichen Entwick-

lung der Porenwasserdrücke in den organischen Böden waren drei Messquerschnitte wie folgt einzurichten:

- jeweils zwei Vertikalinklinometer am Dammfuß (beidseitig), davon ein Neigungsmessrohr im Untergrund und ein Neigungsmessrohr in einer Säule,
- zwei Horizontalinklinometer, davon ein Neigungsmessrohr oberhalb der Säulenköpfe und ein Neigungsmessrohr zwischen den Säulen,
- drei Porenwasserdruckaufnehmer im Bereich der organischen Böden.

5 Bemessung der Dammgründung

Der Nachweis der Standsicherheit in den einzelnen Bau- und Nutzungsphasen wurde mittels ebenen Grenzgleichgewichtsverfahrens nach DIN 4084 (Ausgabe 1981) erbracht. Die Berechnung erfolgte am Querschnitt km 1+390. Hier war die größte Dammhöhe bei gleichzeitig größter Mächtigkeit der organischen Böden zu verzeichnen. Zur Berücksichtigung der Sandsäulen in zweidimensionalen Berechnungen wurden die Sandsäulen in vergleichbare Wandscheiben umgewandelt. Für das

zu verlegende Geogitter FORTRAC R 450/50-30 errechnete sich nach Abminderung der Kurzzeitzugfestigkeit für alle Belastungsfälle eine Bemessungsfestigkeit $F_d < 150 \text{ kN/m}$.

Parallel zur analytischen Ermittlung der Standsicherheiten und zur Abschätzung der Setzungsbeiträge wurden numerische Modellierungen am gleichen Querschnitt vorgenommen. Die 2D-Berechnungen im ebenen Verzerrungszustand erfolgten mit dem FEM-Programmsystem PLAXIS V7 (Plaxis BV, 1998). Die rein mineralischen Böden (Damm, Sandsäulen, Sanduntergrund) wurden hierbei durch das Mohr-Coulomb-Modell abgebildet. Die organischen Böden wurden mit dem Soft-Soil-Modell modelliert. Die für die Berechnung notwendigen Berechnungsparameter wurden aus den Ergebnissen der Bodenuntersuchungen abgeleitet bzw. teilweise Literaturangaben entnommen. Die zu erwartende Beeinflussung der Festigkeits- und Verformungsparameter der organischen Böden durch die Säulenherstellung fand bei den durchgeführten Berechnungen keine Beachtung, da dies ohne entsprechende Messwerte nach der Säulenherstellung nur schwer zu erfassen ist. Das in Dammsohle zu verlegende Geogitter wurde in seiner Dehnsteifigkeit gemäß den Herstellerangaben angesetzt. In Bild 3 ist ein Auszug aus dem FE-Netz mit der Kon-

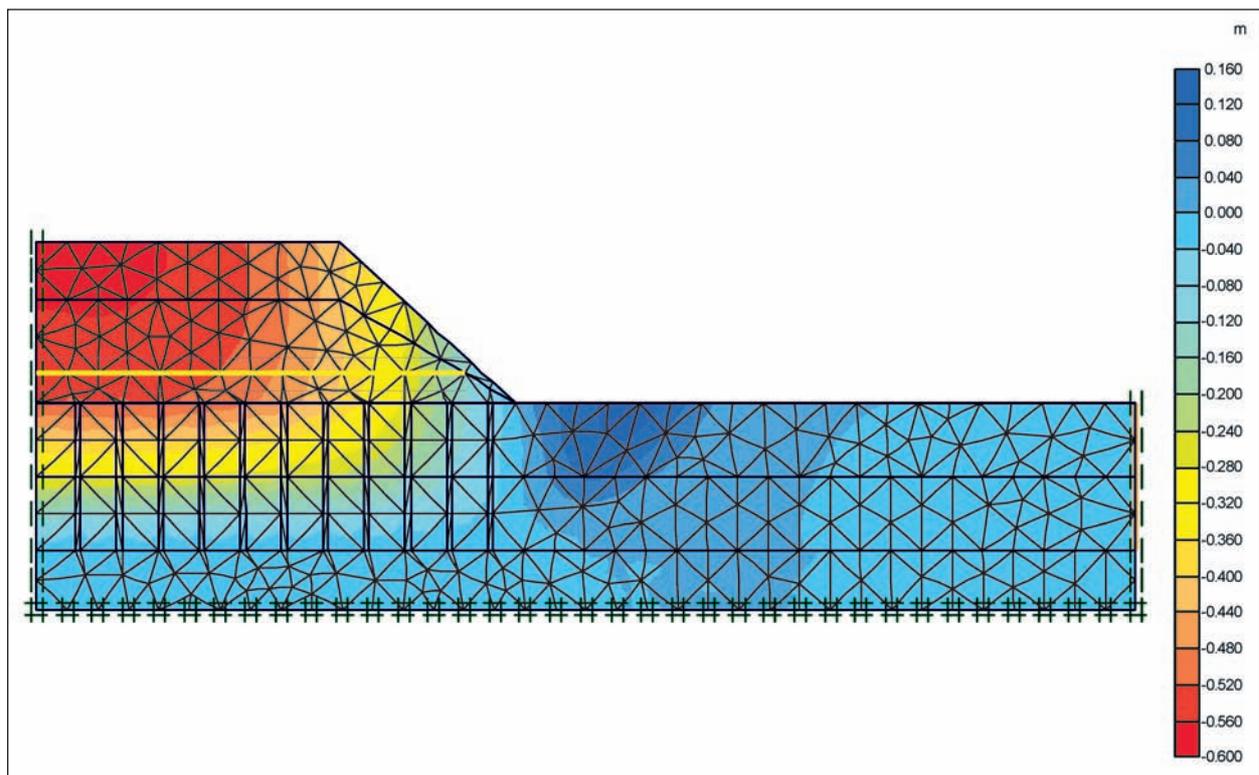


Bild 3: Auszug FE-Netz mit Verformungskontur

Bauzustand	Damm- schüttung 1. Etappe	Über- schüttung 2. Etappe	End- zustand
Anfangsstand- sicherheit DIN 4084	$\eta = 1,38$	$\eta = 1,29$	
Anfangsstand- sicherheit FEM	$\eta = 1,36$	$\eta = 1,19$	
Endstandsicherheit DIN 4048			$\eta = 1,44$
Endstandsicherheit FEM			$\eta = 1,44$

Tab. 1: Standsicherheiten der analytischen und numerischen Berechnungen

turdarstellung der Verformungen nach Abschluss der Konsolidation der 2. Etappe der Dammschüttung dargestellt.

Die maximalen Vertikalverformungen (Setzung Dammkrone) wurden mit 0,28 m (1. Etappe) und 0,58 m (2. Etappe = Überschüttung) errechnet. Die maximalen axialen Zugkräfte im Geogitter wurden mit 17 kN/m (1. Etappe) und mit 61 kN/m (2. Etappe = Überschüttung) bei 8 m vom Böschungsfuß entfernt ermittelt.

Zur Ermittlung der Sicherheiten in den FEM-Berechnungen wurde eine ϕ' - c' -Reduktion ausgeführt. Die ermittelten Sicherheiten der analytischen und numerischen Berechnungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Ein Vergleich der analytischen Berechnungsverfahren mit den numerischen Berechnungsverfahren ergibt eine sehr gute Übereinstimmung bei den ermittelten Sicherheiten. Weiterhin wurde eine numerische Berechnung des Systems ohne Sandsäulen ausgeführt. Hiernach ergaben sich nach Abschluss der Konsolidierung der 2. Etappe maximale Vertikalverformungen von 1,07 m. Das Verhältnis der Verformungen von verbessertem zu unverbessertem Untergrund kann hiernach mit dem Faktor 0,55 angegeben werden.

6 Bauausführung

6.1 Herstellung der Sandsäulen

Nach Herstellung der Arbeitsebene aus grobkörnigem Boden (Sand) auf dem Urgelände wurden die ersten Vertikalinklinometer sowie der Porenwasserdruckaufnehmer am Rand der mit Sandsäulen zu verbessernden Fläche installiert. Die Herstellung der 2.335 Sandsäulen erfolgte auf einer Fläche von



Bild 4: Herstellung der Sandsäulen im Rüttelverdrängungsverfahren

ca. 5.500 m² im Zeitraum Mai bis August 2005 nach dem Rüttelverdrängungsverfahren. Hierbei wurde eine Verrohrung (Durchmesser 60 cm) mit Hilfe eines mäklergeführten Rüttlers bis auf den ausreichend tragfähigen Untergrund eingebracht, wobei der Boden beim Einrütteln mit Hilfe eines konischen Verschlusses am Rohrfuß zur Seite verdrängt wurde (s. Bild 4). Danach erfolgte das Auffüllen des Rohres mit eng gestuftem Sand ($U < 3$). Anschließend wurde die Verrohrung gezogen, wobei sich die Verschlusskappe am Rohrfuß automatisch öffnete. Durch die Vibration beim Ziehen der Verrohrung sollte sich eine Verdichtung des eingefüllten Sandes einstellen.

Zur Ermittlung des Verdichtungsgrades des Sandes in den Säulen wurden insgesamt 29 Leichte Rammsondierungen ausgeführt. Die Ergebnisse der ausgeführten Rammsondierungen zeigten für den Füllsand im Bereich des Torfes überwiegend mitteldichte Lagerungsverhältnisse ($D \approx 0,45$), im Bereich der Mudde dichte Lagerungsverhältnisse ($D > 0,5$) (SAVIDIS et al., 2006).

Nach Herstellung der Sandsäulen wurde im Zentrum zwischen drei Säulen eine Kleinrammbohrung abgeteuft und an den entnommenen Bodenproben

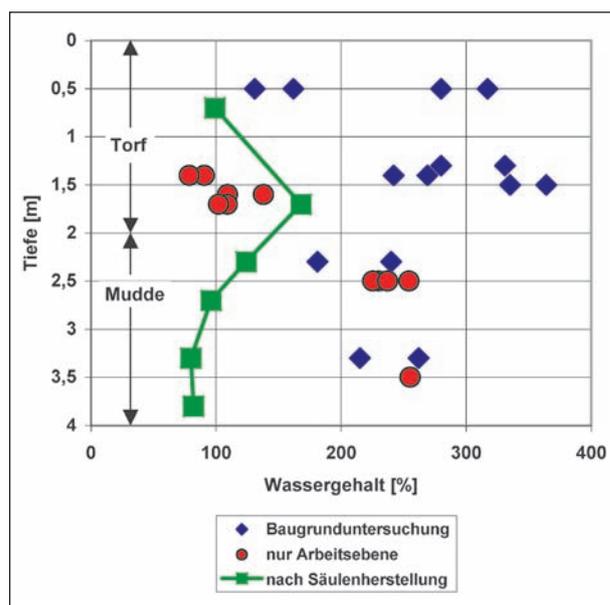


Bild 5: Wassergehalte der organischen Böden vor und nach der Säulenherstellung

Wassergehaltsbestimmungen im Labor ausgeführt. Die Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen vor (Baugrunduntersuchung sowie Inklinometerbohrungen von der Arbeitsebene aus) und nach der Säulenherstellung sind im Bild 5 dargestellt.

Im Bereich des Torfes zeigen sich bereits nach Herstellung der Arbeitsebene deutliche Wassergehaltsreduzierungen. Im Bereich der Murde ist dies zu diesem Zeitpunkt nicht feststellbar. Die Wassergehalte nach der Säulenherstellung liegen für die Murde deutlich unterhalb (ca. minus 150 %) der vorangegangenen Untersuchungen. Damit ist eine Verbesserung der tiefer liegenden organischen Böden durch die Säulenherstellung nachweisbar.

6.2 Verlegung Geogitter und Dammschüttung

Nach Fertigstellung der Sandsäulen wurden die Vertikalinklinometer in den Säulen eingebaut sowie die Horizontalinklinometer installiert. Statt der vorgesehenen einlagigen Geokunststoffbewehrung wurden zwei Lagen Geogitter verlegt. Als untere Lage wurden ein Geogitter FORTRAC R 350/50-30 und 0,3 m darüber ein Geogitter ARMATEX G 150/30 eingebaut. Nach der Verlegung der Geogitter erfolgte die Dammschüttung der 1. Etappe bis auf Höhe der planmäßigen Straßengradiente. Nach 5-monatiger Liegezeit wurde die Überschüttung (2. Etappe) aufgebracht. Im Bild 6 ist der Bauzustand im Mai 2006 zu sehen.

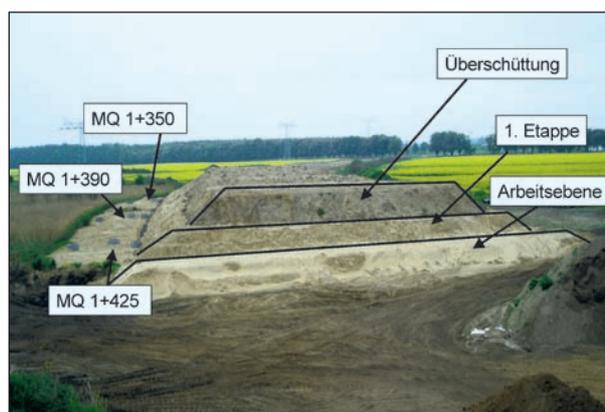


Bild 6: Bauzustand Mai 2006 und Lage der Messquerschnitte

7 Messergebnisse

7.1 Messungen während der Säulenherstellung

Zur Kontrolle der Horizontalverformungen und zur Messung der zeitlichen Entwicklung der Porenwasserdrücke in den organischen Böden während der Säulenherstellung wurden von den ausgeschriebenen drei Messquerschnitten (siehe Abs. 5; Lage siehe Bild 6) die Vertikalinklinometer vor dem Dammfuß und die Porenwasserdruckaufnehmer eingebaut.

An den im Abstand zwischen 1,5 m und 2,5 m zur äußersten Säulenreihe eingebauten Vertikalinklinometern wurden Horizontalverformungen infolge Säulenherstellung zwischen 8 und 25 cm ermittelt. Die größten Verformungen traten im Bereich des Torfes auf (SAVIDIS et al., 2006).

Die Installation der Porenwasserdruckaufnehmer erfolgte aus Gründen des Zerstörungsschutzes außerhalb der Dammaufstandsfläche. Porenwasserüberdrücke wurden hier ausschließlich während der Säulenherstellung gemessen. Die minimale Annäherung des Rüttlers lag bei 2 m. Die maximale Porenwasserdruckerhöhung wurde mit ca. 2 kN/m² im Torf und 3 kN/m² im Bereich der Murde gemessen. Die gemessenen Porenwasserdruckerhöhungen infolge Säulenherstellung sind als gering zu bezeichnen. Ein Abbau des Porenwasserüberdrucks auf 50 % des Ausgangsniveaus war bereits nach einer Stunde erreicht. Während und nach Herstellung der Dammschüttung sowie während der Verdichtung derselben konnten an den installierten Aufnehmern keine nennenswerten Porenwasserüberdrücke gemessen werden (SAVIDIS et al., 2008).

7.2 Messergebnisse nach Herstellung der Dammschüttung

Nach Herstellung der Sandsäulen wurden sechs Vertikalinklinometer in den Sandsäulen und sechs Horizontalinklinometer installiert. Auf der Oberkante der Überschüttung und nachfolgend auf der Fahrbahn wurden Messpunkte zur Setzungsmessung eingerichtet. Zusätzlich wurden im Bereich der Geogitter am Messquerschnitt 1+390 zwei Dehnungsaufnehmer (8 m vom Dammfuß entfernt und in Dammmitte) an der unteren Geogitterlage und ein Dehnungsaufnehmer (8 m vom Dammfuß entfernt) auf der oberen Geogitterlage angebracht.

Die Erfassung der Messergebnisse der Porenwasserdruckaufnehmer und der Dehnungsaufnehmer erfolgte kontinuierlich mittels Datenloggers. Die Messungen wurden vom Beginn der Dammschüttung bis zehn Monate nach Verkehrsfreigabe ausgeführt.

Eine Zusammenfassung der gemessenen Vertikalverformungen in der Mitte der Dammschüttung ist in Bild 7 gegeben.

Nach 5-monatiger Liegezeit der Dammschüttung der ersten Etappe traten zwischen 28 cm und 40 cm Setzungen auf. Die unterschiedlichen Setzungen sind auf unterschiedliche Dammhöhen infolge der Gradientenführung zurückzuführen. Bei der zweiten Etappe der Dammschüttung traten bei der gleichmäßig aufgetragenen Überschüttung weitere 15 cm Setzungen ein. Die maximale Dammhöhe lag bei 5 m. Nach dem festgestellten Abschluss der Primärkonsolidierung von jeweils ca. 50 Tagen traten bis zu 8 cm (1. Etappe) und 3 cm (2. Etappe) Sekundärverformungen auf. Bezogen auf die Primärverformungen waren dies zwischen 20 % und 25 %. Zwischen den Horizontal-

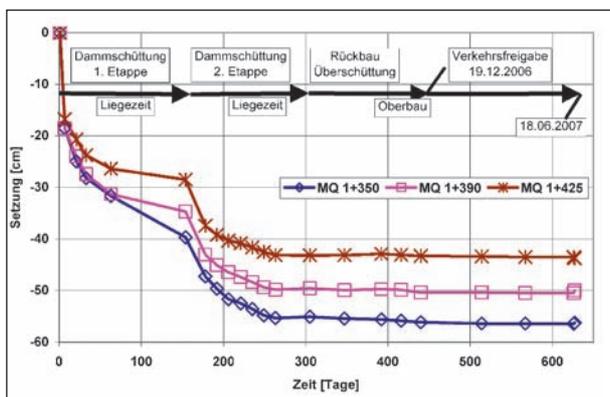


Bild 7: Vertikalverformungen in Dammmitte

inklinometern über den Säulenköpfen und den zwischen den Säulen angeordneten konnten bei Lage der Messrohre auf Oberkante Arbeitsebene keine nennenswerten Unterschiede festgestellt werden.

Unter der Annahme reiner einaxialer Kompression in Dammmitte wurden unter Zugrundelegung der Ergebnisse der Ödometerversuche die Setzungen eines unverbesserten Untergrundes unter Berücksichtigung der tatsächlich aufgetragenen Belastung ermittelt. Diese lagen zwischen 82 und 95 cm. Mit der durchgeführten Untergrundverbesserung wurde eine Setzungsreduzierung auf 53 bis 59 % des unverbesserten Untergrundes zum Abschluss der Liegezeit der gesamten Dammschüttung erreicht.

Nach Rückbau der Überschüttung wurden Hebungen zwischen 2 und 6 mm gemessen. Zwischen der letzten Messung mit Überschüttung und nach Rückbau derselben, Aufbringen des Straßenoberbaus und Eintragung der Verkehrslasten wurden innerhalb eines Jahres Setzungen zwischen 3 und 14 mm registriert. Nach Rückbau der Überschüttung ergab sich im v. g. Messzeitraum ein praktisch setzungsfreies Bauwerk.

Die maximalen Horizontalverformungen wurden – wie die maximalen Vertikalverformungen – am Querschnitt 1+350 mit insgesamt 17 cm gemessen. An den restlichen Querschnitten lagen die Horizontalverformungen zwischen 4 und 10 cm. Die Maximalwerte wurden im Bereich des Torfes ermittelt.

Die Entwicklung der Dehnungen in den Geogittern in Abhängigkeit von der Zeit ist im Bild 8 aufgezeigt. Mit Aufbringen der einzelnen Schüttlagen

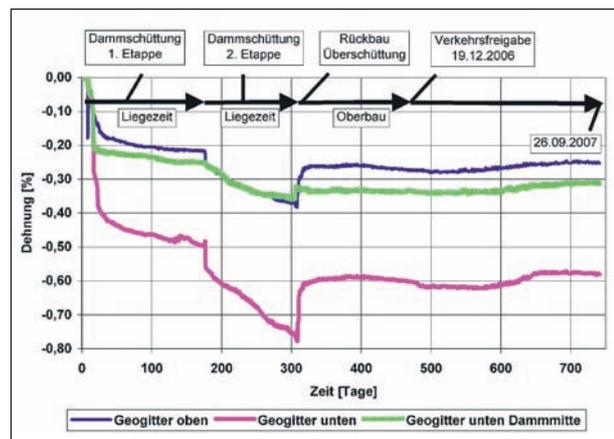


Bild 8: Dehnungsmessungen in der oberen und unteren Geogitterlage

bzw. mit dem Rückbau der Überschüttung stellen sich die Dehnungen in den Geogittern ein.

Die maximalen Dehnungen wurden in der unteren Geogitterlage 8 m vom Dammfuß entfernt zum Ende der Liegezeit der Überschüttung mit 0,78 % gemessen. Bei dem eingebauten Geogitter FORTRAC R 350/50-30 entspricht dies einer aufgenommenen Kraft von ca. 35 kN/m an der Messstelle. In der oberen Lage wurde an der gleichen Messstelle eine Dehnung von 0,38 % gemessen. Dies entspricht für dieses Geogitter einer aufgenommenen Kraft von ca. 6 kN/m. Die gemessenen Dehnungen am Geogitter sind als sehr gering zu bezeichnen. Entsprechend den mittels Vertikalinklinometern gemessenen Horizontalverformungen sind jedoch keine größeren Dehnungen zu erwarten. Die Geogitter sind im vorliegenden Fall überdimensioniert. Zwischen unterer und oberer Geogitterlage sind bei den Aufnehmern 8 m vom Dammfuß fast 50 % Unterschied feststellbar. Eine zweilagige Bewehrung nimmt damit nicht zu gleichen Teilen die Zugkräfte gegenüber einer einlagigen Bewehrung auf.

8 Untersuchungen zum Kriechverhalten der Böden

Von ausschlaggebender Bedeutung für die Gebrauchstauglichkeit der Straßenkonstruktion ist das Langzeitverformungsverhalten des Gründungssystems. In Laborversuchen wurde das Kriechverhalten der organischen Böden in Abhängigkeit zur aufgetragenen Vorlast untersucht (s. Bild 9).

Bei entsprechend hohen Vorlasten kann die Kriechneigung der Böden in den ausgeführten Versuchszeiträumen erheblich reduziert werden. Für das an der Bundesstraße B 96 zu erwartende

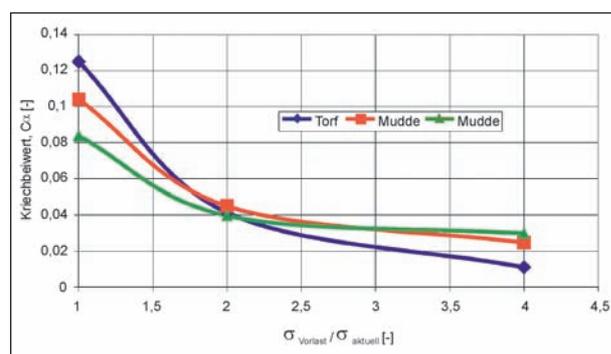


Bild 9: Kriechbeiwerte C_{α} vs. Verhältnis der Vertikalspannungen $\sigma_{\text{Vorlast}}/\sigma_{\text{aktuell}}$

Spannungsverhältnis von 1,6 aus der Last der Dammschüttung einschließlich Überschüttung zur Last der endgültigen Dammschüttung ergeben sich demnach um ca. 50 % reduzierte Kriechbeiwerte. Dieses Verhalten wurde durch die Messungen am Bauwerk bestätigt.

Literatur

DIN 4084 (1981): Baugrund – Gelände- und Böschungsbrechberechnungen, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin & Köln

GUNDAKER, S.; BECKER, A.; WEHR, J. (2004): Die undrainierte Kohäsion des Bodens als Kriterium für die Säulenherstellung mit Tiefenrüttler, GEOLEX, Ausgabe 2/04, S. 27-30

KITAZUME, M. (2005): The Sand Compaction Pile Method, Port and Airport Research Institute, Yokosuka, Japan, Balkema Publishers, Taylor & Francis Group, London

PLAXIS V7 (1998): Finite Element Code for Soil and Rock Analyses, Version 7.2, Plaxis BV

SAVIDIS, S. A.; RACKWITZ, F.; SCHÜßLER, M. (2006): Sandsäulen zur Bodenverbesserung beim Neubau der Bundesstraße 96 südlich von Berlin, Beiträge zum 21. Christian-Veder-Kolloquium, TU Graz, Heft 28, S. 37-55

SAVIDIS, S. A.; RACKWITZ, F.; SCHÜßLER, M. (2008): Design and construction of granular soil columns for ground improvement of very soft soils for road embankments, Proc. 6th International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, Arlington, VA, Paper no. 7.17

Dipl.-Ing. Thomas Hecht
Deges, Berlin

Anwendung der Beobachtungsmethode bei der Sicherung standsicherheitsgefährdeter Einschnittsböschungen: Vorteile und Risiken

1 Zusammenfassung

Im Festgebirge, insbesondere bei Sedimentgesteinen, ist für die Beurteilung der Standsicherheit einer Einschnittsböschung das Versagen auf den Schichtflächen zu betrachten. Die Kenntnis der Raumstellung von Trennflächen im Gebirge und der maßgeblichen Scherfestigkeit ist von großer Bedeutung, jedoch im Zuge der Erkundung nicht immer global eindeutig festzustellen.

Gelegentlich wird ein Standsicherheitsdefizit zwar generell erkannt, es lässt sich jedoch nicht quantifizieren. Eine vollständige, großflächige Sicherung oder Ertüchtigung einer Einschnittsböschung erscheint dann unwirtschaftlich. Hier bietet sich eine Teilsicherung in Verbindung mit optionalen Zusatzmaßnahmen und einem sorgfältigen Mess- und Beobachtungsregime an.

Diese Vorgehensweise entspricht nach DIN 1054, Abschnitt 4.5 der Anwendung der Beobachtungsmethode. Diese bietet einerseits deutliche Vorteile, wie:

- Sicherungsmittel können an örtliche Situation optimal angepasst werden,
- Umfang der Sicherungen kann optimiert werden,
- kritische Situationen durch messtechnische Kontrolle jederzeit beherrschbar,
- wirtschaftliche Bauweise bei nicht ausreichend zuverlässiger Vorhersagbarkeit des Baugrundverhaltens.

Andererseits sind aber auch gewisse Risiken zu nennen:

- Beeinträchtigung des Bauablaufes → besonders vertragssichere Ausschreibung erforderlich,

- gesteigerte Sorgfalt bei der Arbeitsvorbereitung erforderlich,
- aufwändige Bauüberwachung und Kontrollen erforderlich → besonders intensive Einbindung des Geotechnikers erforderlich,
- ggf. Überwachung und Nachsorge in der Betriebsphase erforderlich.

2 Bauvorbereitung

Im Zuge der Baugrunderkundung (DIN 4020, FGSV: M GuB 2004, H Geo Mess 2007) müssen die Randbedingungen für die Anwendung der Beobachtungsmethode klar definiert werden; zum Beispiel muss die Bandbreite der variierenden Raumstellungen der Trennflächen und der charakteristischen Scherfestigkeiten bekannt sein. In Variationsberechnungen sind der Einsatz und Umfang von Sicherungsmitteln (Rigolen, Stützscheiben, Felsnägel, Netze etc.) für definierte Szenarien festzulegen, da nach Feststellung der Notwendigkeit von Maßnahmen vor Ort in der Regel keine Zeit bleibt, erdstatische Berechnungen anzustellen und die entsprechenden Sicherungsmittel zu beschaffen. Idealerweise werden bereits im Zuge der Erkundung bestimmte Bohrungen zu Inklinometermessstellen ausgebaut.

In der Ausschreibung sind auf Grundlage einer Annahme Massen für die Böschungssicherungen festzulegen. Es ist eine vertragliche Regelung zu formulieren, die die Mehraufwendungen infolge Arbeitsunterbrechungen zum Einbau der Sicherungselemente, die Koordinierung und Dokumentation berücksichtigen. Weiterhin sind geeignete messtechnische Ausstattungen (Inklinometer, Extensiometer, geodätische Messpunkte etc.) auszuschreiben. Nützlich sind auch Baggerschürfe in unterschiedlichen Aushubphasen zur Feststellung des räumlichen Trennflächengefüges und Festlegung der erforderlichen Maßnahmen.

3 Beispiele

Die Beobachtungsmethode in der oben beschriebenen Weise wurde bei mehreren Baumaßnahmen auf den BAB in Thüringen und Sachsen-Anhalt (A 71, A 73, A 38, A 4) zur Anwendung gebracht. Dies war überwiegend von gutem Erfolg beschieden. In einem Fall kam es trotz guter Arbeitsvorbereitung aufgrund mangelhafter Kommunikation, Koordination und



Bild 1: Beurteilung des Schichteneinfallens baubegleitend im Schurf

Durchsetzung auf der Baustelle zu einem Böschungsversagen; jedoch ohne Personenschaden.

Beispiel A 71

Die Bundesautobahn A 71 verläuft zwischen den Anschlussstellen Rohr und Meiningen im Tal der Hasel. Vor dem Erreichen der Talbrücke über die Werra schneidet die Trasse den Westhang des Haselberges in einem ca. 1.000 m langen und bis zu 22 m tiefen Einschnitt an.

Der Einschnitt befindet sich auf ganzer Länge in den Schichten des Oberen Buntsandsteins (Röt); dieser wird im Bereich des Haselberges in 3 Folgen unterteilt. Von unten nach oben findet man zunächst die Salinar- und dann die Pelitrötfolge, die beide terrestrischen Ursprungs sind und wohl in ariden und durch Salzausscheidungen geprägten Senken entstanden sind. Darüber befindet sich die durch Kalksteinplatten charakterisierte Myophorienfolge am Übergang zum unteren Muschelkalk, der marinen Ursprung ist.

Der Einschnitt durchfährt den rotbraunen und tonig-schluffig ausgebildeten Pelitröt. Die faserigen und

dünngeschichteten Mergel- und Kalksteine des Wellenkalkes im Hangende sind deutlich härter und durchlässiger als der Röt; daraus resultiert, dass die Grenze zwischen beiden Formationen durch Wasseraustrittsstellen gekennzeichnet ist. Großräumig fallen die Schichten mit 2 bis 5° nach Südwesten ein. Lokal können aber Abweichungen im Einfallen infolge von Kleinfaltungsvorgängen auftreten. Die Schichtung ist meist nur an vereinzelt auftretenden grünlich-grau gefärbten feinsandigen Bänken mit karbonatischem Bindemittel erkennbar.

Die geologische Karte zeigt, dass auf dem Hangsockel über dem Röt vielerorts Rutschmassen aufliegen. Sie bestehen aus Muschelkalkschollen oder Myophorien- und Pelitröt, gelegentlich auch aus einer Mischung dieser Gesteine. Der wasserstauende Röt bewirkt, dass an der Grenze zwischen Buntsandstein und Muschelkalk Rutschungen nicht ungewöhnlich sind. Geringe Schichtneigungen genügen, um die Massen beim Vorhandensein von Wasser in Bewegung zu setzen. Oftmals sind die Rutschungen pleistozänen Ursprungs und morphologisch so überprägt, dass sie an der Oberfläche nicht mehr oder nur sehr unklar erkennbar sind.

Auch in Bohrungen sind die alten Gleitflächen nur schwer auszumachen.

Die Streckenerkundung erfolgte im Rahmen der Projektbearbeitung mit Bohrungen (bis zu 60 m Tiefe), Schürfen und Oberflächenkartierungen. Es zeigte sich, dass die Rutschmassen viel weiter verbreitet sind als bisher angenommen wurde. Bild 2 zeigt die Ergebnisse der Erkundung der Rutschungen. Einzelne Rutschmassenströme haben sich auch überlagert oder wurden mehrmals aktiviert. Über die Tiefe der Rutschungen waren aber auch nach Auswertung aller Bohrergebnisse keine genauen Angaben zu machen. Rutschmassen des Röt ohne Muschelkalkbeimengungen über autochthonem Röt konnten in den Bohrungen nicht voneinander unterschieden werden. Selbst nach dem Aushub des Einschnitts war eine Unterscheidung der gerutschten Massen von den ungestörten Röt-schichten oft nicht klar erkennbar. Infolge der Auslaugung des unter dem Pelitröt anstehenden Salinarröts und des damit einhergehenden Massenschwunds sind die Schichten oft zerdrückt und entfestigt.

Die ursprüngliche Planung sah vor, in Anbetracht der geologisch sehr unklaren Situation und der Un-

kenntnis über den Ort und die Tiefe möglicher durch die Bauarbeiten reaktivierter Rutschungen den gesamten Einschnittbereich konstruktiv zu sichern. Gedacht wurde an eine rückverankerte Bohrpfehlwand. Unter anderem aus Kostengründen kam diese Maßnahme aber nicht zur Ausführung; man entschied sich für ein stufenweises Vorgehen und Anwendung der Beobachtungsmethode.

Lediglich am nördlichen Ende des Einschnitts, wo tieferreichende Rutschmassen sicher identifiziert worden waren und eine Reaktivierung durch den Einschnitt am ehesten zu erwarten war, kam eine Sicherung mit Bodennägeln und Spritzbetonschale zu Ausführung (s. Bild 3).

Der übrige Einschnitt wurde überwiegend mit einer Böschungsneigung von 1:1,5 hergestellt; teilweise wurden die oberen 10 bis 13 m der Böschung auf eine Neigung von 1:2,0 abgeflacht. Auf dem darüberliegenden Hang wurden Inklinometer installiert und Messmarken gesetzt. Durch regelmäßige Begehungen wurde er auf Risse überprüft.

Über mehrere Monate nach dem Aushub hatte es den Anschein, dass der Hang in Ruhe bleiben

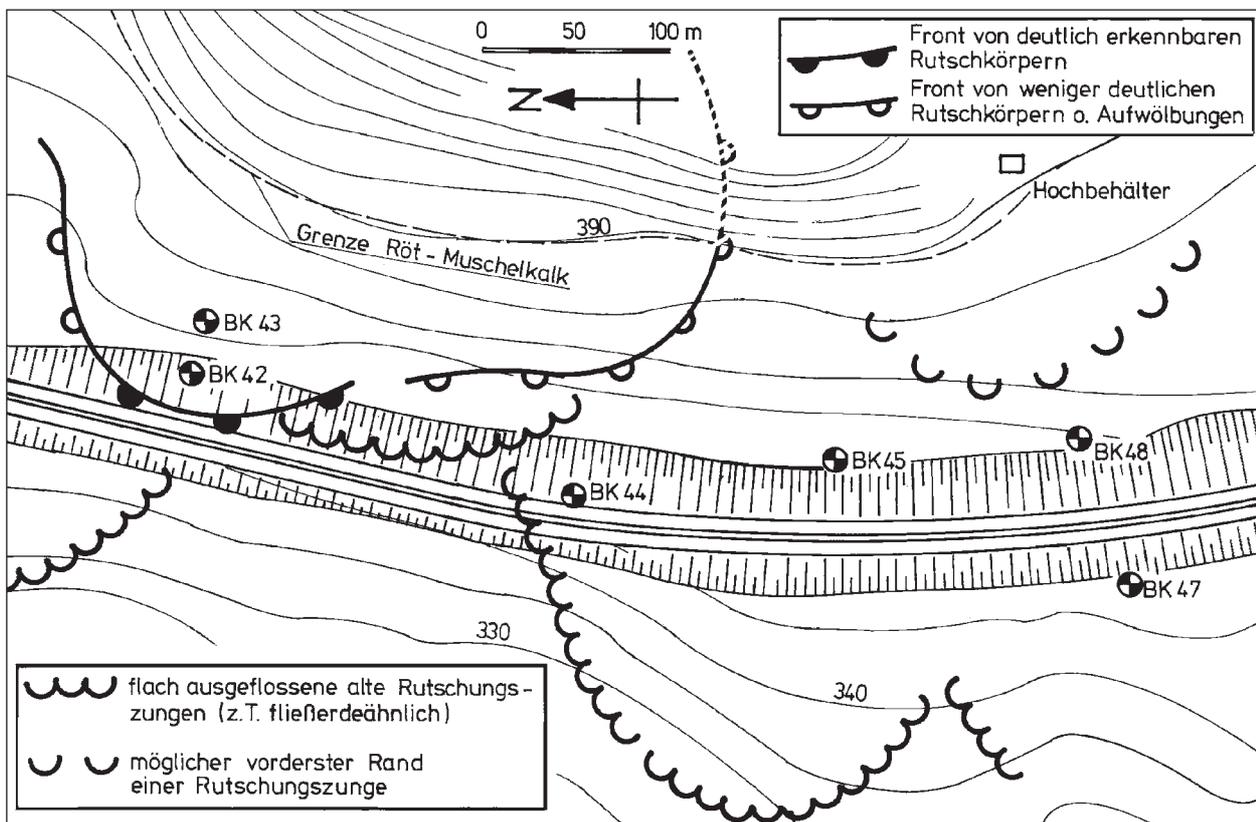


Bild 2: Erkannte und vermutete Rutschmassen nach der geologischen Erkundung



Bild 3: Vernagelte Spritzbetonschale mit Verblendungsmauerwerk

würde. Lediglich flache und örtlich eng begrenzte Rutschungen führten dazu, dass eine weitere Abflachung auf eine Neigung von 1:2,5 oder 1:3,0 diskutiert wurde. Damit wäre jedoch der gesamte Hang bis zum 200 m oberhalb gelegenen Waldrand (Grenze zum Muschelkalk) abzutragen gewesen. Dennoch wäre die Rutschgefahr damit nicht endgültig beseitigt worden, weshalb schließlich darauf verzichtet wurde. Bild 4 zeigt einen Blick auf das Rutschungsareal von der Gegenböschung aus.

An Stellen mit Wasseraustritten waren flache Rutschungen nicht zu vermeiden. Sie wurden wie üblich ausgeräumt und ihr Volumen durch scherfesten und durchlässigen Hartgesteinsschotter ersetzt. Bild 5 zeigt eine solche Rutschung (während der Schürfarbeiten zur Erkundung der Gleitfläche), die durch eine geringe Menge Sickerwasser ausgelöst worden war, das an der Böschungsoberfläche aber nicht austrat. Die Sanierung erfolgte in der üblichen Weise durch Bodenersatz.

Die im Hang eingebauten Inklinometer zeigten geringe Bewegungen in Tiefen zwischen 12 und 16 m unter der Geländeoberfläche an. Die Verschie-



Bild 4: Blick auf den Rutschhang von der Gegenböschung aus



Bild 5: Flache Rutschung in der Einschnittböschung

bungsbeträge lagen aber zunächst nicht über der Messgenauigkeit der Inklinometersonde, und die Tiefe der „Gleitfuge“ erschien angesichts der in der Böschung sichtbaren Rutschungen eher unwahrscheinlich, sodass zunächst nur weiter beobachtet wurde.

Im Sommer trat eine weitere kleine Rutschung in der Böschung auf. Am unteren Ausbiss der Gleitfläche trat eine sehr geringe Menge an Sickerwasser aus, erkennbar nur an dem Graswuchs, der sich in der ansonsten völlig trockenen Böschung nur dort halten konnte. Außerdem zeigten sich im Wirtschaftsweg am Kopf der Einschnittböschung Risse (Bild 6), obwohl es seit langem nicht geregnet hatte und der Boden völlig trocken war. Bei einer Begehung des Geländes oberhalb des Einschnittes zeigte es sich, dass sich vom Waldrand ausgehend innerhalb weniger Stunden ein langer Abriss gebildet hatte, der zwischen 15 und 20 cm geöffnet war und dessen Ränder einen vertikalen Versatz von ca. 10 cm

Materialforschungs- und prüfanstalt
Weimar
Fachgebiet Geotechnik
Coudraystraße 4
99423 Weimar

Datum: 04.12.2009
Seite: 3
Anlage: 1

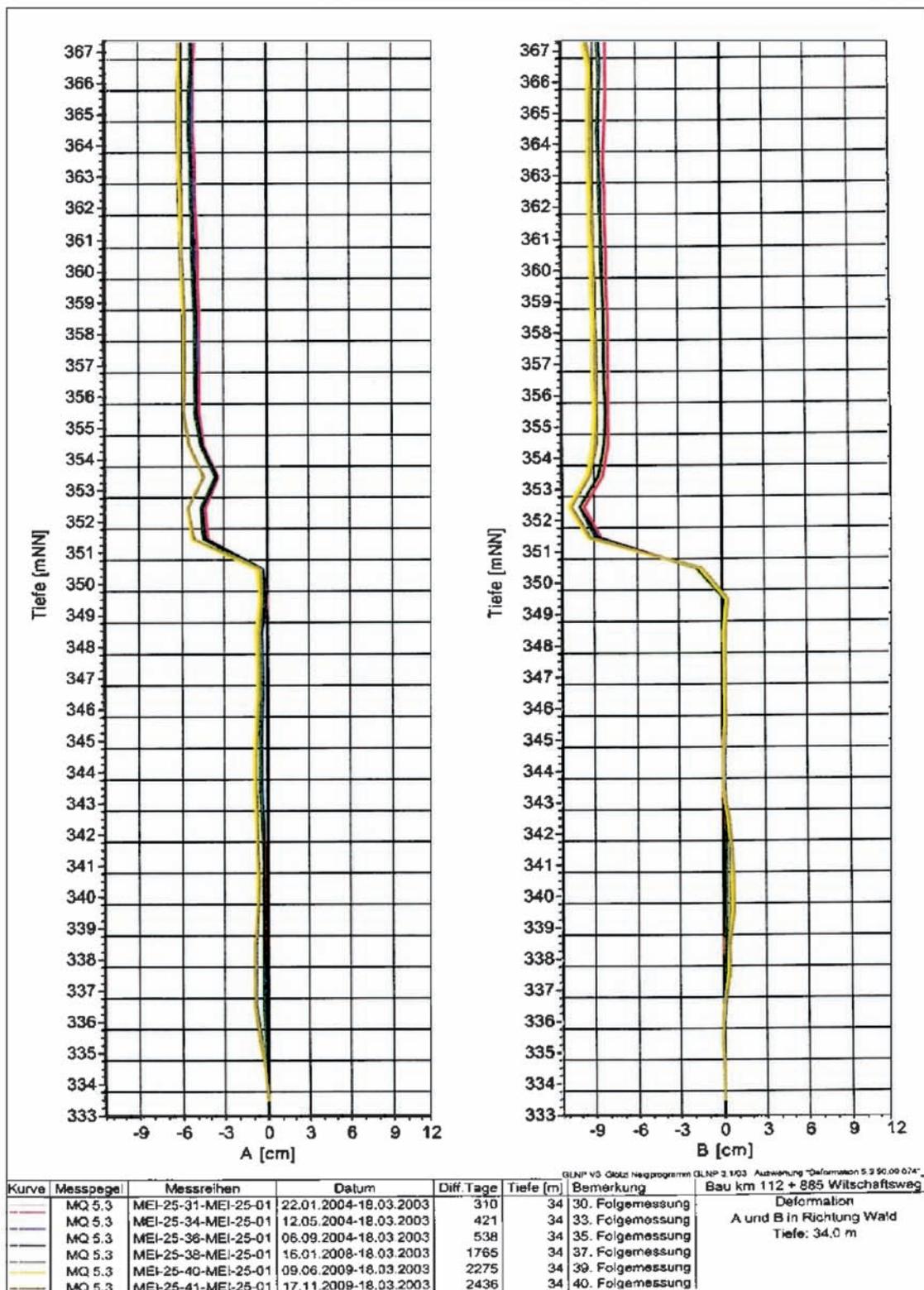


Bild 9: Verlauf der Inclinometerlinien mit deutlichem Versatz = Lage der tiefen Gleitflüge

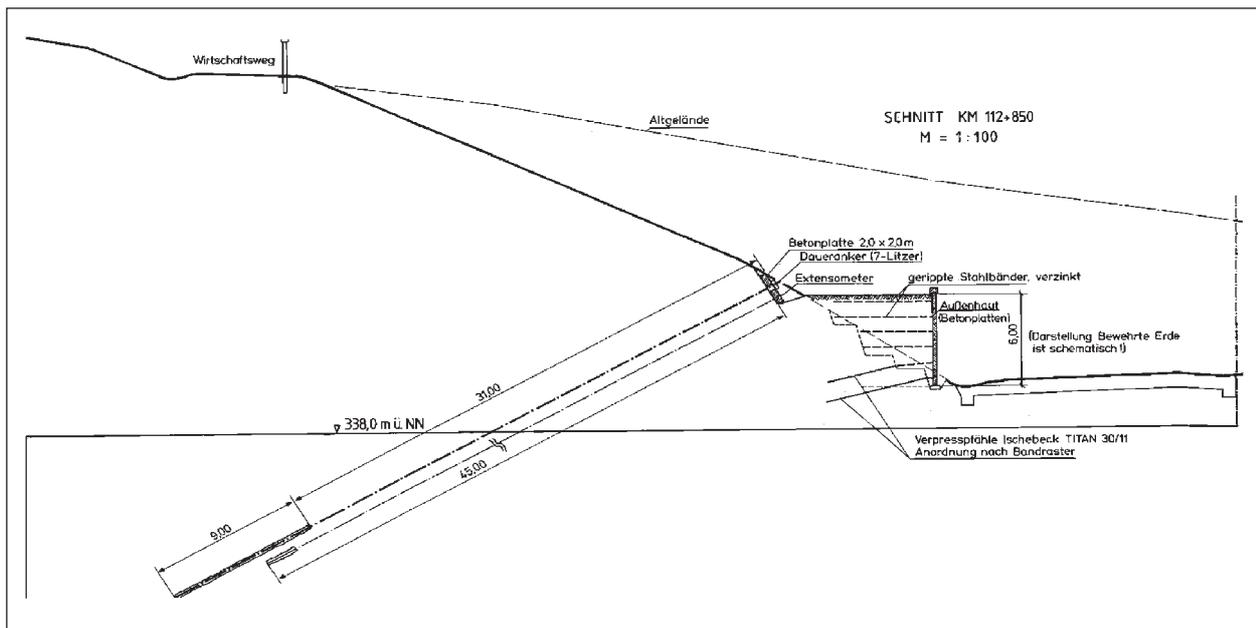


Bild 10: Ertüchtigung durch Daueranker 7 – Litzler

Es ist eine zusätzliche Ertüchtigung der Einschnittsböschung vorgesehen, die ab September 2010 eingebaut wird. Diese sieht den Einbau von 55 Stück Spannankern ergänzt durch Extensometer und Ankerkraftmessdosen vor.

Die Böschung bleibt nach Abschluss der Ertüchtigungsmaßnahmen unter Beobachtung.

Trotz des stufenweisen Einsatzes von Sicherungsmitteln und ergänzender Ertüchtigung unter Verkehr bleiben die ausgeführten Maßnahmen im Hinblick auf die Baukosten in siebenstelliger Größenordnung unter denen für die Bohrfahrlwand.

Beispiel A 73

In einem ähnlich gelagerten Fall eines Einschnittes im Zuge der A 73, ebenfalls im Röt, konnte die zunächst für maximal erforderlich erachtete vollständige Dauervernagelung der gesamten Einschnittsböschung auf einen deutlich geringeren Umfang reduziert werden.

Auch hier konnte durch baubegleitend angelegte Baggerschürfe das Schichteinfallen differenziert beurteilt und die zu sichernden Bereiche enger eingegrenzt werden. Es wurden nur etwas mehr als 20 % der ursprünglich geplanten Zugpfähle/Nägeln für die Gesamtböschung erforderlich (s. Bild 11). Die Inklinometer oberhalb der Böschung wurden noch drei Jahre nach der Verkehrsfreigabe

gemessen; es wurden keinerlei Verformungen festgestellt.

Beispiel A 38

Im Verlauf der BAB A 38 war ein Einschnitt im Unteren Buntsandstein mit einer hangseitig 19 Meter Hohen Böschung herzustellen. In der ersten Baugrunderkundung wurden Schichtflächenneigungen festgestellt, die für einen längeren Trassenabschnitt keine ausreichende Böschungsstandsicherheit ergaben. Durch eine umfangreiche ergänzende Erkundung und Laboruntersuchungen, unter anderem Trennflächenscherversuche, konnte das Problem differenzierter betrachtet und der Aufwand für die Sicherung und Zusatzaufwendungen erheblich reduziert werden.

Ein Teil der vorgesehenen Nägel und Netze sollte von vornherein im Zuge der Aushubarbeiten eingebaut werden. Ein weitaus größerer Teil der Sicherungsmittel sollte baubegleitend durch den geotechnischen Sachverständigen nach Begutachtung der Böschungsanschnitte und Aufnahme voraus-eilender Schürfe festgelegt werden.

Obwohl der geotechnische Sachverständige schon zu einem frühen Zeitpunkt den Einbau von zusätzlichen Nägeln für bestimmte Bereiche festgelegt hatte, wurde der Erdaushub mit unvermindertem Nachdruck vorangetrieben, ohne die von vornherein erforderlichen wie auch die zusätzlichen Nägel

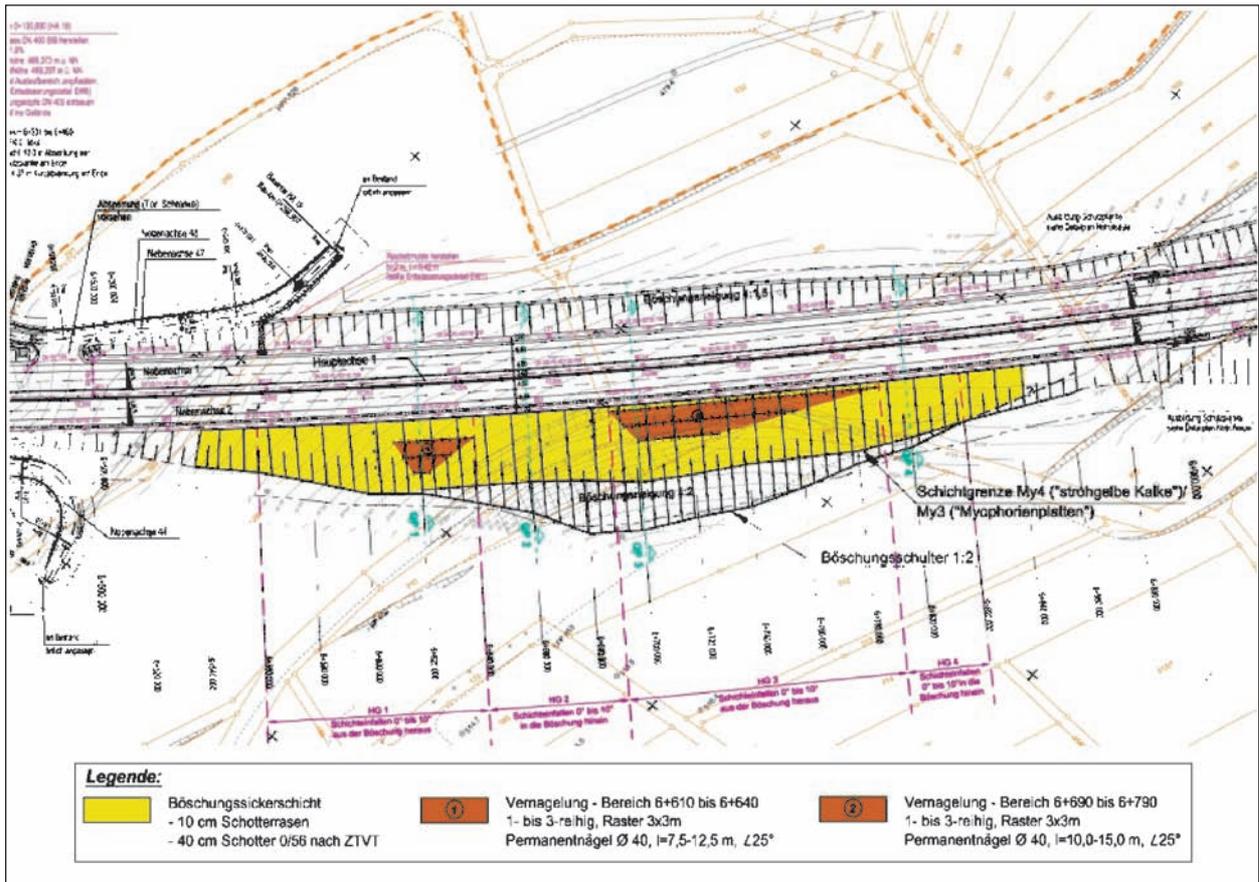


Bild 11: Reduzierter Aufwand an Vernagelungsflächen



Bild 12: Gebrochene Böschung mit Bohrggerät zum verspäteten Inklinometerbau. Aufgrund des unkoordinierten, mangelhaften Zusammenwirkens von Bauüberwachung und Bauleitung des ausführenden Baubetriebes hat die an anderer Stelle bewährte Herangehensweise hier nicht funktioniert



Bild 13: Rund 100.000 Kubikmeter Fels sind aufgrund nicht eingebauter Felsnägel ins Rutschen gekommen

einzubauen. Nachdem der Einschnitt bereits auf Endniveau ausgehoben war, wurde mit dem Einbau des ersten Inklinometers begonnen. Auch das erste Ankerbohrgeräte wurde nun erst angeliefert (s. Bild 12).

Nach einer Standzeit von etwa einem Monat brach die Böschung und rund 100.000 Kubikmeter Fels kamen ins Rutschen (s. Bild 13).

Literatur

Geologische Karte von Thüringen 1:25.000, Blatt 5428 Meiningen

HECHT, Th.; MITTAG, A.: Stufenweise Erkundung und Laboruntersuchungen zur Baugrundmodellierung bei standsicherheitsgefährdeten Einschnittböschungen im Zuge der A 38. 15. Nationales Symposium für Felsmechanik und Tunnelbau, Aachen, 19./20.03.2002. Geotechnik 25, Heft 3, S. 178-183, 2002

RAITHEL, M.; MITTAG, J.; HECHT, Th.; KEMPFERT, H.-G.: Ursachen und Sanierung einer großräumigen Rutschung im unteren Buntsandstein bei der Herstellung eines Einschnittes der BAB A 38. 12. Darmstädter Geotechnik-Kolloquium mit Fachausstellung, Darmstadt, 17.03.2005

SAMARAS, A.; GÄBLER, G.; WICHTER, L.: Hangsicherung mit Dauerbodennägeln an der Neubaustrecke Mannheim-Stuttgart. Eisenbahntechnische Rundschau, Heft 4, S. 217-220, 1988

SEIDEL, G. (Hrsg.): Geologie von Thüringen. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1995. ISBN 3-510-65166-9

WICHTER, L.; HOLLINGER, J.; HECHT, Th.: Vernagelung einer großen und tiefreichenden Rutschung im Zuge der BAB A 71. Geotechnik 27, Heft 2, S. 155-160, 2004

Dipl.-Geol. Jochen Daschner
Autobahndirektion Südbayern, München

Überwindung eines Toteisloches beim Bau der BAB A 7 im Langegger Tal

Beim Bau des letzten Teilstücks der BAB A 7 wurde im Abschnitt Langegger Tal im Untergrund, neben gering tragfähigen Schichten mit mehreren Metern Mächtigkeit, die Struktur eines in der letzten Eiszeit entstandenen Toteisloches angetroffen. Dadurch ereignete sich bereits bei einer geringen Schütthöhe trotz geokunststoffbewehrter Dammgründung und der durchgeführten Bodenstabilisierungsmaßnahmen ein Grundbruch.

Die anschließende Dammerstellung einschließlich der erforderlichen Überschüttung im Grundbruchbereich wurde gemäß der Beobachtungsmethode nach DIN 1054 durchgeführt. Im Zuge der langsamen, kontrollierten Dammschüttung traten vertikale Setzungen von bis zu 3,5 m und horizontale Verschiebungen am Böschungsfuß von 3-4 m auf.

1 Projektlage und Erläuterung

Die BAB A 7 ist mit einer Streckenlänge von 962,3 km Deutschlands längste Autobahn und verläuft mittig in Deutschland von Nord nach Süd.

Der Bau des letzten Abschnitts, des 13,5 km langen Lückenschlusses zwischen der Anschlussstelle Nesselwang und dem Grenztunnel Füssen, verzögerte sich erheblich.

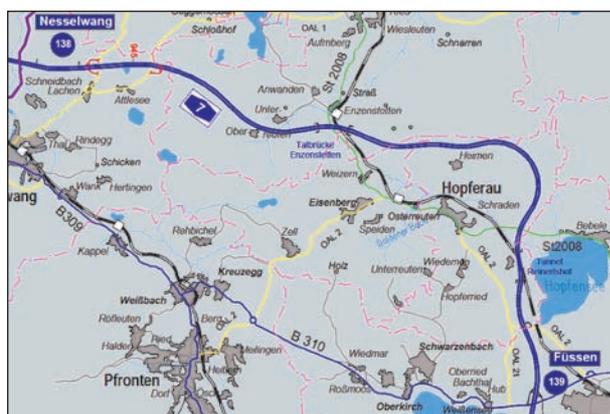


Bild 1: Übersichtslageplan

Es liegen zwischen der Einleitung der Planfeststellung im Juni 1981 und dem endgültigen Baurecht am 30.07.2002 mehr als 21 Jahre. Dies ist damit eine der längsten Rechtsgeschichten und böse Zungen sprechen von der „unendlichen Geschichte“ der BAB A 7.

Während des Baus des letzten Streckenabschnittes zwischen der Anschlussstelle Nesselwang und dem Grenztunnel Füssen gab es durch die sehr bewegte Geologie im Allgäu einige Abschnitte mit schwierigen Untergrundverhältnissen. Einer dieser Abschnitte befand sich nördlich Hopferau im Bauabschnitt „Vorschüttung und Voreinschnitt im Langegger Tal von Bau-km 115+000 bis 117+700“.

2 Geologie

Der Streckenabschnitt Nesselwang-Füssen der BAB A 7 führt durch die sehr lebhaft gegliederte Moränenlandschaft des voralpinen Hügellands im südlichen Allgäu. Die Autobahntrasse quert dabei von Nordwesten nach Südosten drei tektonische Einheiten: die Faltenmolasse, das Helvetikum sowie die Flyschzone.

Die abwechslungsreiche Geländemorphologie wurde durch die Abfolge verschieden harter Gesteinsschichten und ihre räumliche Lagerung sowie durch Ausräumung, Aufschüttung und Überformung durch eiszeitliche Gletscher und ihre Schmelzwässer geformt. Die Morphologie wurde dabei zuletzt überwiegend von der Würm- und der Rissvereisung geprägt, dadurch stehen an der Geländeoberfläche unter der holozänen Bodenbildung hauptsächlich Moränen und interglaziale Sedimente an.

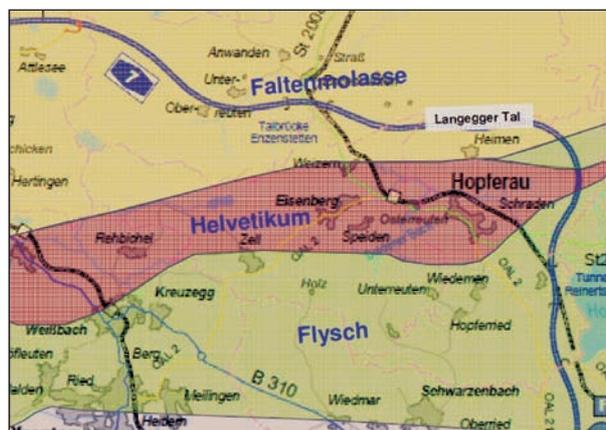


Bild 2: Geologische Übersicht

Zwischen Nesselwang und dem Langegger Tal quert die Trasse die Faltenmolasse mit der typischen Wechselfolge von Mergeln bis Mergelsteinen, härteren Sandsteinen und sehr harten Konglomeraten.

Dabei bilden die härteren Gesteine die in West-Ost-Richtung ausgerichteten Höhenrücken. Die leichter erodierbaren Schichten wurden vom Gletscher bis in größere Tiefen ausgeräumt.

Südlich der Faltenmolasse beginnt die Flyschzone, in die westlich von Hopferau eine Zunge des Helvetikums mit anstehenden Kalkmergeln eingeschaltet ist. Bei den Flyschgesteinen handelt es sich um Wechsellagerungen von gut gebankten Sandsteinen, Mergeln, Tonsteinen und Kalken.

Beim Bau der BAB A 7 wurden überwiegend die oberflächennahen, jüngsten Ablagerungen angegriffen. Dabei handelte es sich um die quartären, interglazialen und glazialen Ablagerungen in Form

von tragfähigem Moränenmaterial oder wenig tragfähigen Torfen, Seekreiden oder Seetonen.

Die in diesem Streckenabschnitt in der geologischen Karte eingezeichneten Torfmoore weisen bereits auf schwierige Untergrundverhältnisse mit stark kompressiblen Bodenschichten und geringen Grundwasserflurabständen hin.

Die BAB A 7 verläuft zwischen Bau-km 116+000 bis 116+800 auf einem bis zu 8,5 m hohen Damm. In der Baugrunderkundung waren von Bau-km 116+250 bis Bau-km 116+650 unter dem Damm mehrere Meter mächtige, gering tragfähige Schichten erbohrt worden.

Es wurde in den Bohrungen von oben nach unten folgender Schichtaufbau festgestellt: Torfe mit weicher bis breiiger Konsistenz mit Mächtigkeiten von 1-4 m, Wiesenkalke mit ebenfalls weicher bis breiiger Konsistenz mit 1-5 m Mächtigkeit, weiche bis breiige Schluffe mit Mächtigkeiten von 1-7 m. Da-

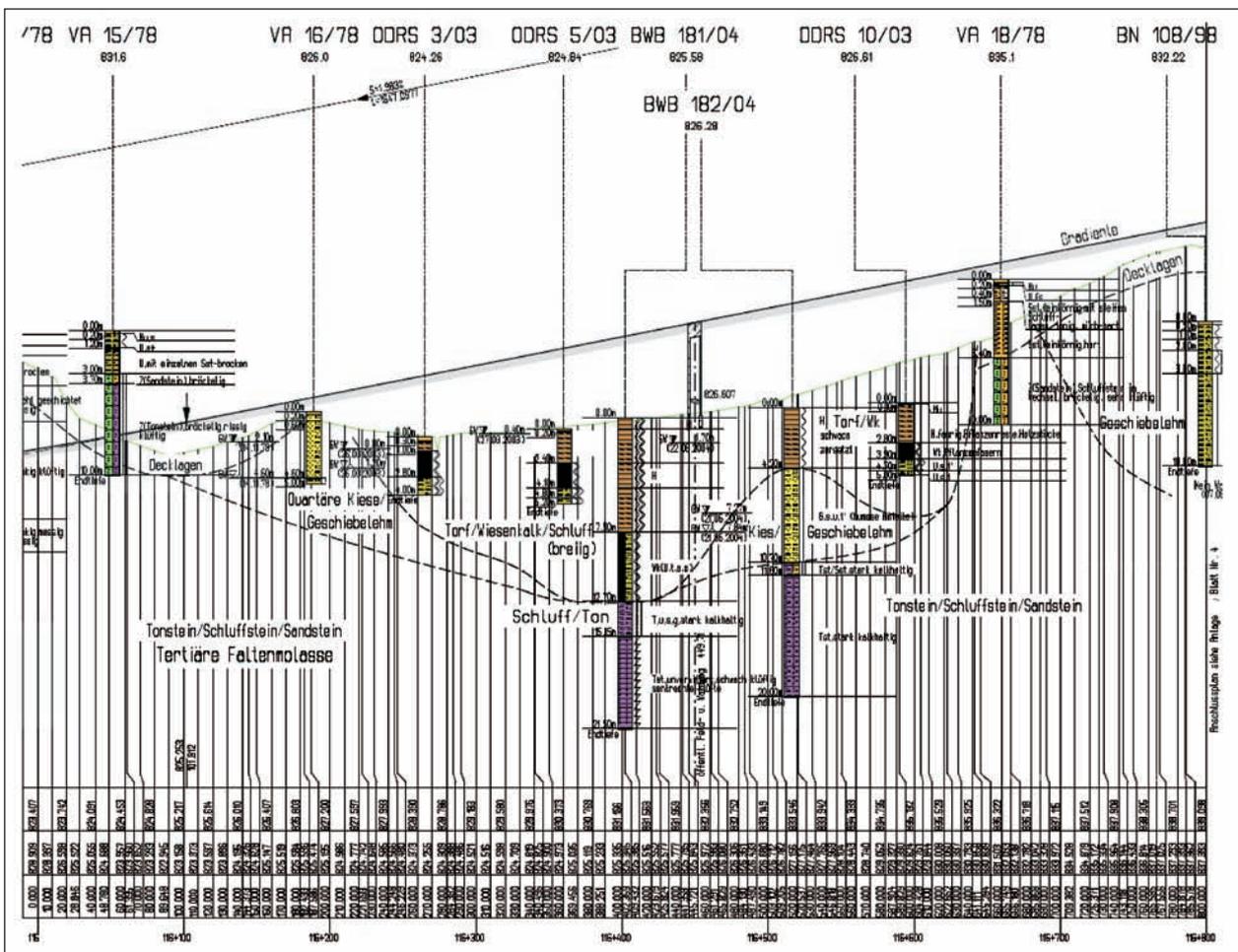


Bild 3: Geologischer Längsschnitt

4 Grundbruch und ergänzende Baugrunderkundung

Am 25.10.2006 entstand bei einer Dammhöhe von nur 2 m über Geländeoberkante ein Grundbruch. Der Grundbruch trat bereits zu dem Zeitpunkt ein, als die Porenwasserdruckmessungen begonnen wurden. An der Bruchlinie wurden an diesem Tag eine Abbruchhöhe von etwa 75 cm und am Böschungsfuß ein horizontaler Versatz in südliche Richtungen von 1 bis 1,5 Meter gemessen (s. Bild 5).

Die Bruchlinie reichte von Bau-km 116+350 bis 116+490 und ist somit ca. 140 m lang. In diesem Abschnitt befanden sich die Setzungspegelreihen 203 bis 207.

Des Weiteren lagen in diesem Ausschnitt die Messquerschnitte MQ5, MQ6 und MQ7.

Das Horizontalinklinometer im Messquerschnitt MQ6 wurde durch die eingetretenen vertikalen und horizontalen Bewegungen zerstört.

In Bild 6 ist die Lage der durch die starke horizontale Bewegung am Dammfuß entstandenen Oberbodenfaltung zu sehen.

Südlich des Vorflutgrabens, in einem Abstand von ca. 50 m zum Dammfuß, bildete sich eine Geländeaufwölbung, in der sich das Gelände etwa um einen halben Meter hob.

Zur Klärung der Schadensursache und der Festlegung der weiteren Vorgehensweise wurden im Grundbruchbereich weitere Bohrungen und Rammsondierungen durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass in der Oberkante der tragfähigen Schichten unter dem nördlichen Damm eine Stufe mit einem Höhenversatz von ca. 5 m vorliegt. Die Oberkante der tragfähigen Schichten fällt stark nach Süden ab. Weiter in Richtung Süden fällt die Oberkante der tragfähigen Schichten noch leicht ab, bis sie wahrscheinlich unter der entstandenen Geländeaufwölbung wieder ansteigt.

Die Mächtigkeit der Torfe war in den Bohrungen BK1 und BK3, die nach dem Eintreten des Grundbruchs abgeteuft wurden, bereits stark reduziert. Anstatt der ursprünglichen Mächtigkeiten in Dammmitte von 4 bis 5 m wies der Torfhorizont nun nur noch 1,3 bis 1,6 m auf. Er war durch die Dammauflast, das Befahren mit den Baustellenfahrzeugen und die Verdichtung des Einbaumate-

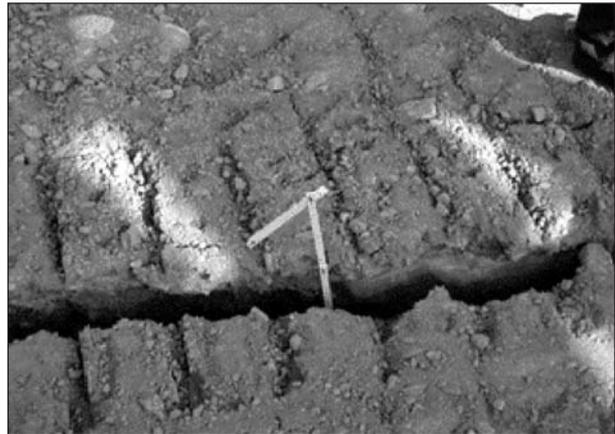


Bild 5: Foto der Bruchlinie vom 25.10.2006

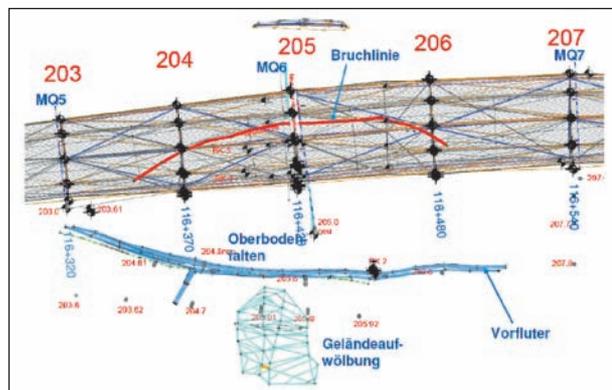


Bild 6: Vermessung, Stand 10.04.2010

rials bereits stark komprimiert worden. Offensichtlich ist schon während der Erstellung des Arbeitsplanums eine größere Kubatur des aufgebachten Kiesel eingesunken und die Auflast auf den gering tragfähigen Schichten war aufgrund der größeren Dicke des Kiespakets wesentlich höher als angenommen.

Zusätzlich hierzu wurden in den neuen Bohrungen Schichten von Seekreide und Seetonen erbohrt. Dies sind Anzeichen dafür, dass ursprünglich in diesem Bereich ein kleiner See existierte, der im Laufe der Zeit verlandet ist.

Solche kleinen ovalen oder runden Seen können beim Rückzug eines Gletschers entstehen, wenn einzelne Eisblöcke vom durch das Schmelzwasser transportierten Material (Sand/Kies) überlagert werden und sich ein so genannter Toteisblock bildet. Dieser Eisblock schmilzt durch den Schutz der Überlagerung viel später ab und bildet im zurückbleibenden Toteisloch einen kleinen See.

Im Laufe der Zeit verlandet der See und ist an der Oberfläche nicht mehr sichtbar.

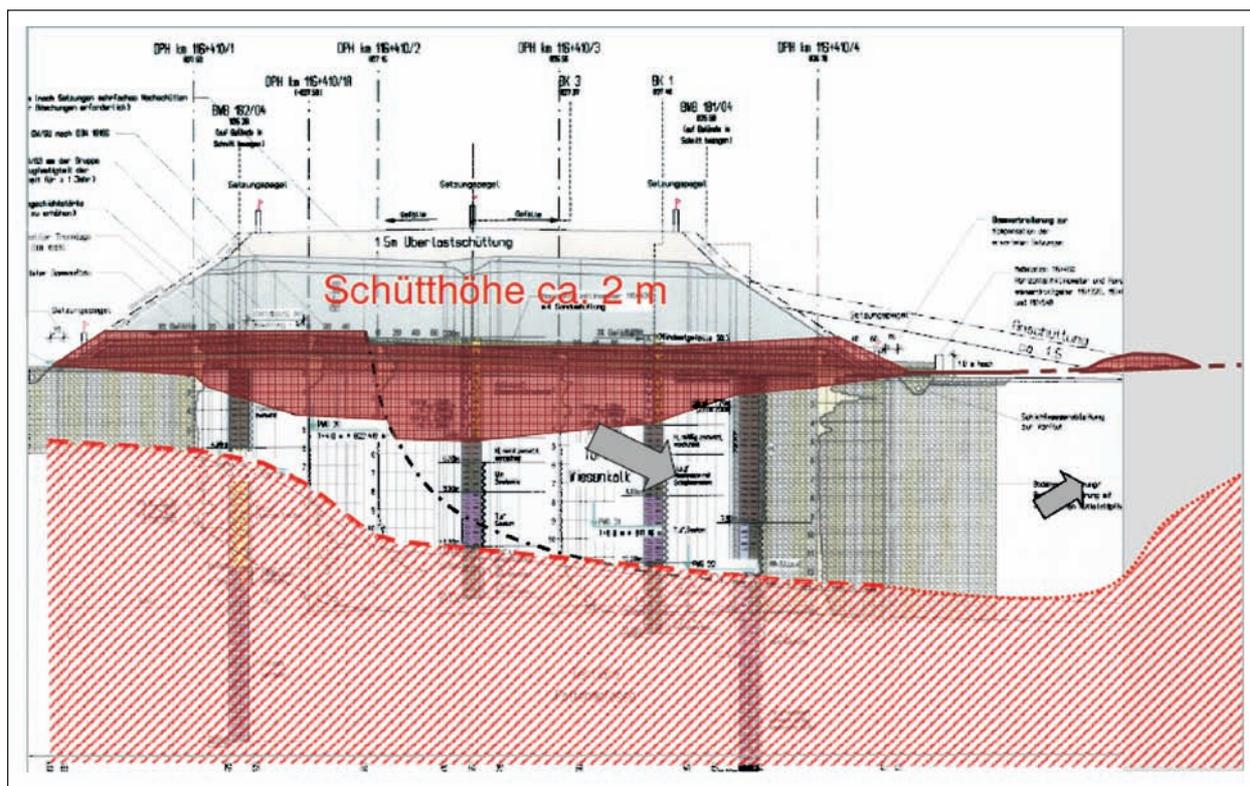


Bild 7: Modellvorstellung des Grundbruchs

In Bild 7 wurde versucht, die vorhandenen Untergrundgegebenheiten und den schematischen Ablauf des Grundbruchs vereinfacht darzustellen.

5 Weiteres Vorgehen

Auf der Grundlage der Ergebnisse der zusätzlichen Baugrunderkundung wurde die Dammschüttung wie nachfolgend geschildert fortgesetzt.

Zuerst wurde am südlichen Dammfuß eine Auflast aufgebracht, danach wurde auf dem Damm im Grundbruchbereich eine weitere Geogitterlage eingebaut und es wurde in Abhängigkeit von den Porenwasserdruck- und Setzungsmessungen ein langsamer kontrollierter Dammaufbau durchgeführt.

Danach wurde wie geplant die Überlastschüttung aufgebracht.

Die Erstellung des Dammes einschließlich der Überlastschüttung bis auf eine max. Höhe von 10 m über GOK mit der seitlichen Anschüttung dauerte schließlich 8 Monate. Aufgrund der Verzögerungen beim Bau der Talbrücke Enzenstetten konnte die Überlastschüttung im kritischen Bereich von Juli 2007 bis März 2008, also 9 Monate,

bis zum Abklingen der Setzungen auf dem Damm verbleiben.

In Bild 8 sind die Ergebnisse der Setzungsmessungen der Setzungspegel 205.1 bis 205.5, die sich bei Bau-km 116+420 befanden, dargestellt. Die größten Setzungen mit 3,5 m wurden am Setzungspegel 205.3, der sich in Trassenmitte befand, gemessen.

Die geringsten Setzungen wurden am nördlichsten Setzungspegel 205.1 beobachtet, hier traten bis zu dessen Rückbau ca. 0,7 m Setzungen ein. Auch die Setzungen im Bereich der südlichen Bodenverbesserung mit Rüttelstopfsäulen waren mit max. Setzungsbeträgen von ca. 1,5 m wesentlich geringer als in Trassenmitte.

Gleichzeitig zu den Setzungen traten am Böschungsfuß horizontale Verschiebungen in südliche Richtungen in der Größenordnung von 3 bis 4 m ein. Nachdem die Dammschüttung beendet war, klangen die horizontalen Verschiebungen nahezu ab und es waren nur noch vertikale Setzungen messbar.

Der Streckenabschnitt wurde im September 2009 für den Verkehr freigegeben. Seitdem wurden im Grundbruchbereich noch geringe Setzungsbeträ-

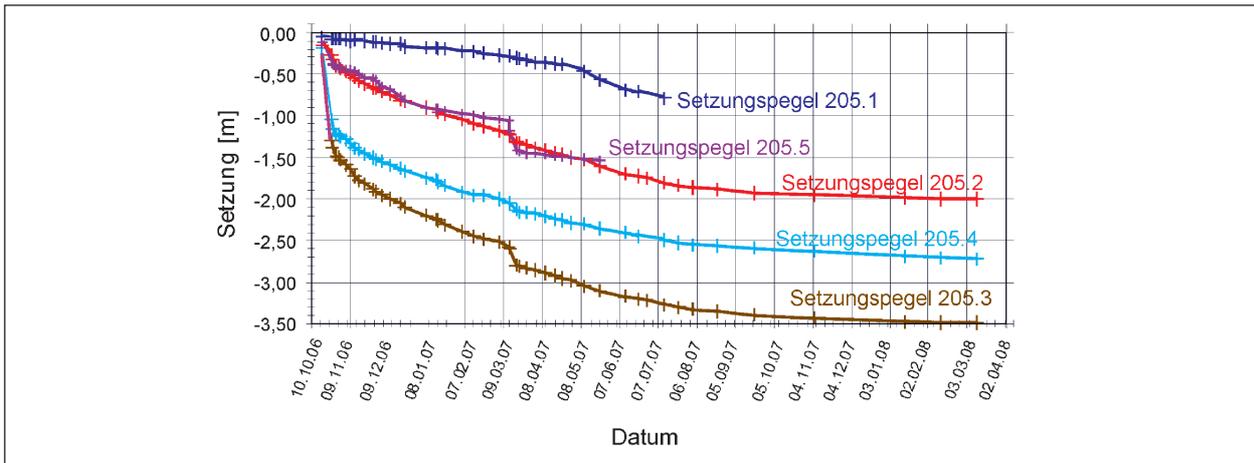


Bild 8: Setzungsmessungen bei Bau-km 116+420

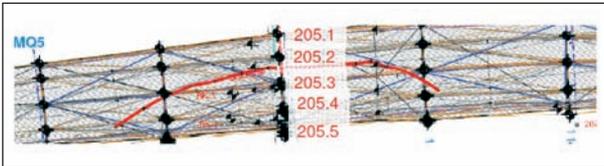


Bild 9: Lageplan m. Setzungspegel 205.1-205.5

ge in der Größenordnung von 1-2 cm pro Jahr gemessen.

Literatur

SCHNEIDER, R.; WOLF, D.: BAB A 7 Würzburg – Ulm – Füssen, Baugrundgutachten zur Strecke von km 115+000 bis 118+800, Crystal Geotechnik, 2005

Geologische Karte von Bayern, 1:100.000, Blatt 662 Füssen, Bayerisches Geologisches Landesamt, 1960

Auswirkungen des Klimawandels auf die Straßeninfrastruktur

Referenten

Dipl.-Ing. Dipl.-Tropentechnologe Andreas Wolf

Dipl.-Geol. Ursula Blume

Dr. rer. nat. Martin Brodbeck

Dipl.-Ing. Stefan Zodet

Dr. rer. nat. Andreas Gidde

Dipl.-Ing. Dipl.-Tropentechnologe Andreas Wolf
 Bundesanstalt für Straßenwesen,
 Bergisch Gladbach

Szenarien Klimawandel

Unter dem Begriff Klima wird die Gesamtheit aller an einem Ort möglichen Wetterzustände, einschließlich ihrer typischen Aufeinanderfolge sowie ihrer tages- und jahreszeitlichen Schwankungen, verstanden. Das Klima wird durch das Wechselspiel aller Sphären der Erde (Kontinente, Meere, Atmosphäre) sowie der Sonnenaktivität geprägt.

Das Klima ändert sich weltweit. Unser aller Lebensraum ist durch die erwarteten gravierenden klimatischen Veränderungen betroffen. Ökologische, soziale und wirtschaftliche Folgen sind bereits heute in vielen Regionen spürbar und werden voraussichtlich in den kommenden Jahren weiter zunehmen. Die Lebensbedingungen auch der Menschen in Deutschland ändern sich. Experten rechnen mit weit reichenden Folgen, wenn es nicht gelingt, die globale Klimaänderung zumindest in Schranken zu halten. Der Klimawandel ist somit eine der größten Herausforderungen für die Menschheit (Bild 1).

1988 wurde das wissenschaftliche zwischenstaatliche Gremium IPCC (Intergovernmental Panel on

Climate Change) von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) gegründet.

Hauptaufgabe des IPCC ist es, die Ursachen der globalen Klimaänderung und ihre potenziellen Risiken für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft zu untersuchen und daraus Vermeidungs- und Anpassungsstrategien abzuleiten.

Als zwischenstaatliche Organisation kann der IPCC Entscheidungsträgern wissenschaftlich-technische und sozioökonomische Informationen auf politisch relevante, aber politikneutrale Art und Weise zur Verfügung stellen.

Die Simulationsrechnungen des Vierten Sachstandsberichtes des IPCC fußen auf den so genannten SRES-Szenarien. Diese sind nach dem IPCC-Sonderbericht zu Emissionsszenarien benannt (**S**pecial **R**eport on **E**missions **S**cenarios – SRES [1]), der im Jahr 2000 vom IPCC verabschiedet worden war und Literatur sowie Datengerüste aus der zweiten Hälfte der 1990er Jahre zur Grundlage hatte (welche zumeist vor der Einigung um das Kyoto-Protokoll erstellt worden waren). Die Zukunftsszenarien für den Zeitraum 2001 bis 2100 basieren auf möglichen Entwicklungslinien, so genannten Storylines, auf Basis von sozioökonomischen Annahmen in den Bereichen Bevölkerungswachstum, ökonomische und soziale Entwicklung, technologische Veränderungen, Ressourcenverbrauch und Umweltmanagement.

Die in der Zahl auf 40 reduzierten SRES-Szenarien werden in die vier Hauptgruppen A1, A2, B1 und B2 unterteilt (Bild 2).

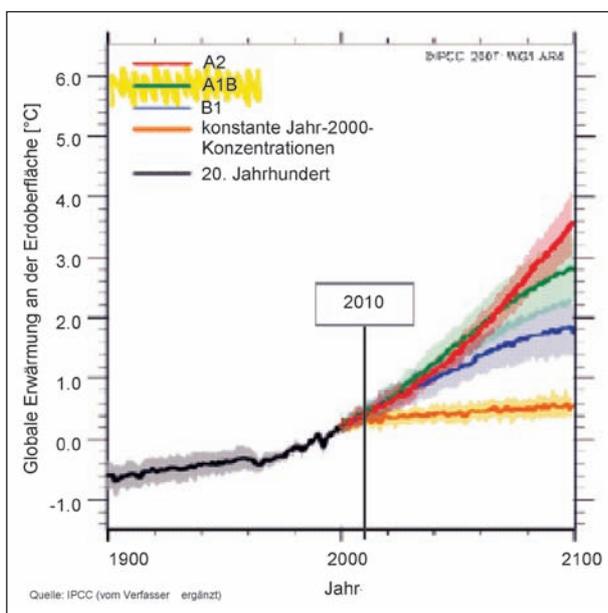


Bild 1: Gemessene (1900 bis 2000) und prognostizierte (2010 bis 2100) Entwicklung der mittleren globalen Erwärmung an der Erdoberfläche

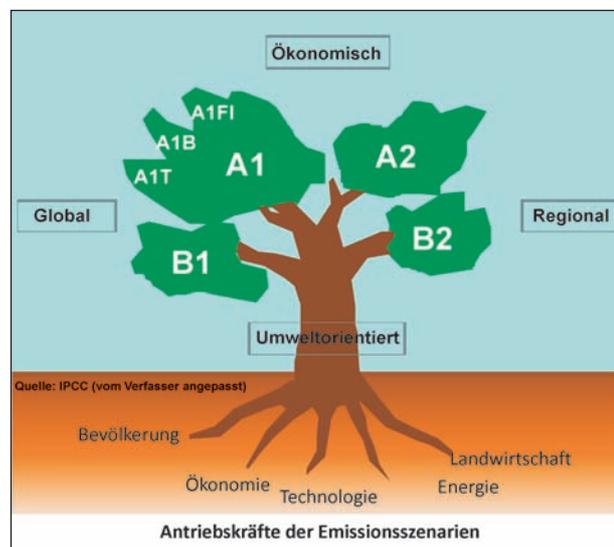


Bild 2: SRES-Szenarien des IPCC

Die Szenariengruppe A1 beschreibt eine künftige Welt mit sehr raschem wirtschaftlichem Wachstum, einer Weltbevölkerung, die Mitte des 21. Jahrhunderts zahlenmäßig ihren Höhepunkt erreicht und danach abnimmt, und der raschen Einführung von neuen und effizienteren Technologien. Die wichtigsten Grundannahmen sind die Annäherung der Regionen, der weltweite Aufbau von erforderlichem Know-how und zunehmende kulturelle und soziale Interaktionen, mit einer erheblichen Verminderung der regionalen Differenzen im Pro-Kopf-Einkommen. Je nach Energienutzung wird noch in die drei Untergruppen A1FI (intensive Nutzung fossiler Brennstoffe), A1T (Nutzung nicht-fossiler Energiequellen) und A1B (ausgeglichene Nutzung aller Energieträger) unterschieden.

Die Szenariengruppe A2 beschreibt eine sehr heterogene Welt. Die Grundannahmen sind Autarkie und die Bewahrung von lokalen Identitäten. Die Geburtenraten der verschiedenen Regionen nähern sich nur langsam an, was zu einem kontinuierlichen Wachstum der Weltbevölkerung führt. Wirtschaftliches Wachstum ist vor allem regional orientiert, und das wirtschaftliche Pro-Kopf-Wachstum und der technologische Wandel verändern sich fragmentierter und langsamer als in anderen Szenariengruppen.

Die Szenariengruppe B1 beschreibt eine konvergierende Welt mit der gleichen globalen Bevölkerung wie im A1-Szenario, aber mit raschen Veränderungen in den wirtschaftlichen Strukturen hin zu einer Dienstleistungs- und Informationswirtschaft, mit deutlich geringerer Materialintensität und Einführung von emissionsarmen und ressourcenschonenden Technologien. Das Schwergewicht liegt auf globalen Lösungen in Richtung wirtschaftlicher, sozialer und ökologischer Nachhaltigkeit, einschließlich verbesserter Gerechtigkeit, aber ohne zusätzliche Klimaschutzinitiativen.

Die Welt der B2-Szenarien setzt auf lokale Lösungen der wirtschaftlichen, sozialen und umweltorientierten Nachhaltigkeitsfragen. Die Weltbevölkerung nimmt ständig zu, wenn auch weniger stark als bei den A2-Szenarien. Die Wirtschaftsentwicklung bewegt sich auf mittlerem Niveau, und der technologische Wandel ist weniger schnell und regional unterschiedlicher als bei den A1- und B1-Szenarien. Der Umweltschutz und eine ausgewogene Verteilung des Wohlstands spielen zwar ebenfalls eine wichtige Rolle, aber auf lokaler und regionaler Ebene.

Die SRES-Szenarien beinhalten keine aktiven Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels, sondern nur Veränderungen, die sich z. B. aus der Verbesserung der Energieeffizienz ergeben, wenn diese finanziellen Nutzen bringen. Sie gehören somit zu den Szenarien, die die IPCC-Forschungsgemeinschaft mit „Szenarien ohne Intervention“ bezeichnet.

Der nächste – fünfte – Sachstandsbericht des IPCC wird mit neuen Emissionsszenarien arbeiten, die in den kommenden Jahren entwickelt werden und auf einem völlig neuen Prinzip der Kategorisierung basieren.

Viele Länder haben sich zum so genannten 2°C-Ziel bekannt, der Vorgabe, dass die globale Erwärmung gegenüber der vorindustriellen Zeit (ca. 1.850) die Schwelle von 2 °C nicht überschreiten sollte (Vereinbarung auf dem Gipfeltreffen der G-8-Staaten zusammen mit den wichtigen Schwellenländern China, Indien, Brasilien und Mexiko im italienischen L'Aquila im Juli 2009). Die 2 °C sind damit eher ein Ziel als ein ökonomisches Szenario. Szenarien für 2 °C gehen von einer raschen Abkehr von fossilen Brennstoffen, einer großen Steigerung der Energieeffizienz, einem nachhaltigen Umgang mit Ressourcen und einem hohen Anteil von erneuerbaren Energien aus. Diese Szenarien gehören zu den „Szenarien mit Intervention“, die zusätzlich politische und wirtschaftliche Maßnahmen zur Eingrenzung des Klimawandels (z. B. CO₂-Steuer, Vorschriften bezüglich Energieeffizienz) berücksichtigen [3].

Mit den SRES-Szenarien wurden globale Klimamodelle gespeist.

Klimamodelle beschreiben das Klimasystem der Erde in physikalisch-mathematischen Gleichungen. Diese Gleichungen bilden, soweit möglich, das Zusammenwirken der einzelnen Teile des komplexen Klimasystems und deren interne Veränderungsprozesse ab. Daraus „errechnet“ der Computer das Klima: die für einen geografischen Ort, eine Landschaft oder einen größeren Raum charakteristische Verteilung der häufigsten, mittleren und extremen Wetterzustände und Witterungsvorgänge [4]. Die Modelle basieren in der Regel auf einem Meteorologiemodell, wie es auch zur numerischen Wettervorhersage verwendet wird. Dieses Modell wird jedoch für die Klimamodellierung erweitert, um alle Erhaltungsgrößen korrekt abzubilden. In der Regel werden dabei ein Ozeanmodell, ein Schnee- und

Eismodell für die Kryosphäre und ein Vegetationsmodell für die Biosphäre angekoppelt.

Die Qualität der Simulation des künftigen Klimas hängt auch von der Maschenweite des Gitternetzes ab, je feiner, desto besser. Die Maschenweite wiederum ist eine Folge der verfügbaren Computerleistung. Die Abstände der Gitternetzpunkte bei einem globalen Klimamodell sind in der Regel recht groß und liegen zwischen 150 und 500 km.

Die Grenzen der Modelle liegen in den verwendeten mathematischen Modellen selbst und in der begrenzten Anzahl der berücksichtigten Einflussfaktoren. Leistungsfähigere Rechner ermöglichen dabei die Entwicklung komplexerer Modelle mit höherer räumlicher Auflösung und einer zunehmenden Anzahl von Einflussfaktoren auf das Klima. Bei nur mäßig verstandenen physikalischen Grundlagen, gegenwärtig etwa der Fall bei der Dynamik von Eisschilden oder der Rolle von Aerosolen und Wolken, können Klimamodelle entsprechend nur vergleichsweise unsichere Ergebnisse liefern.

Bei der Interpretation der Ergebnisse der Klimamodellrechnungen in die Zukunft muss berücksichtigt werden, dass es sich nicht um Prognosen über einen sicheren zukünftigen Verlauf globaler oder lokaler Klimata handelt, sondern um Simulationen des sehr komplexen realen Klimasystems, welchen spezielle Szenarien auf Basis sozioökonomischer Annahmen zugrunde liegen (vgl. Bild 2).

Beispiele globaler Klimamodelle sind:

- HadCM3 (Hadley coupled model, version 3): Dieses Klimamodell wurde, neben einigen anderen, für den dritten (TAR) und vierten (AR4) Sachstandsbericht des IPCC verwendet.
- HadGEM1 (Hadley global environment model 1): Weiterentwicklung des HadCM3 Klimamodells.
- ECHAM4 und ECHAM 5 des Max-Planck-Instituts für Meteorologie (MPI-M).

In diesen groben Skalen ist eine Vorhersage der Klimaentwicklung für kleinere Regionen nicht möglich, da die Topografie der Erdoberfläche nur unzureichend wiedergegeben wird. Regionale Besonderheiten werden nicht dargestellt. Hierfür stehen regionale Klimamodelle zur Verfügung, die den gleichen physikalischen Hintergrund haben wie die Globalmodelle. Regionale Klimamodelle betrachten lediglich einen Ausschnitt der Atmosphäre und be-

nötigen deshalb geeignete Randbedingungen an den Rändern des Simulationsgebietes. Diese Randbedingungen stammen aus Simulationen der globalen Klimamodelle. Man spricht deshalb davon, dass ein regionales Klimamodell durch ein globales Klimamodell angetrieben wird. Dies wird als „Nesting“ oder „dynamic downscaling“ bezeichnet und beschreibt das Einbetten eines regionalen Modells mit einer hohen räumlichen Auflösung in ein globales Klimamodell mit einer geringen räumlichen Auflösung. Regionale Modelle verfügen über eine vergleichsweise feinere Auflösung (horizontale Maschenweite bis zu 10 km).

Die Ergebnisse der Rechenläufe mit den vier bisher für Deutschland vorliegenden regionalen Klimamodellen

- CLM (abgeleitet aus dem lokalen Vorhersagemodell des Deutschen Wetterdienstes),
- REMO (Regional Modelling of Present and Future Climate) vom Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg,
- STAR, entwickelt von der Arbeitsgruppe Dr. Gerstengarbe vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK), und
- WETTREG von der Firma Meteo-Research und Climate & Environment Consulting (CEC) in Zusammenarbeit mit der FU Berlin

sind beispielhaft anhand der erwarteten Änderungen für die mittlere Lufttemperatur, die Anzahl der heißen Tage und die mittlere Niederschlagshöhe in den Zeiträumen 2021-2050 und 2071-2100 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971-2000 in den Bildern 3 und 4 dargestellt.

Deutlich erkennbar wird, dass neben der Abhängigkeit von der Wahl des vorzugebenden Emissions-szenarios die Resultate u. a. auch aufgrund der Wahl des regionalen Klimamodells variieren.

Aus den Bildern wird ersichtlich, dass küstennahe Regionen anders vom Klimawandel betroffen sind als Niederungen oder Gebirgsregionen. Die geografische Breite spielt also eine große Rolle.

Aus den Ergebnissen der Klimasimulationen können folgende resultierende Folgen des Klimawandels für Deutschland bis Ende des Jahrhunderts abgeleitet werden:

- häufigere und längere Hitze- und Trockenperioden im Sommer (gegenüber der Vergleichs-

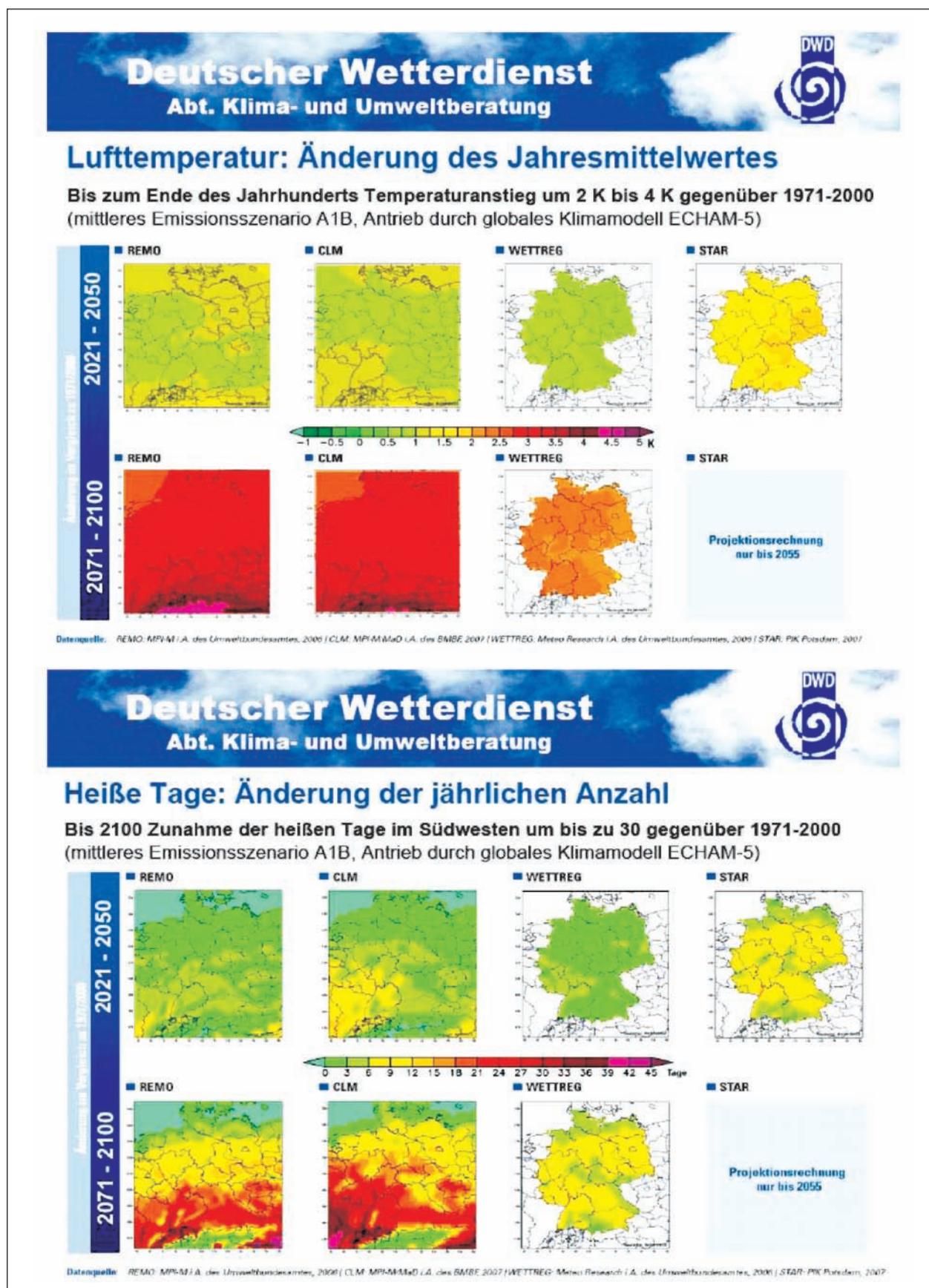
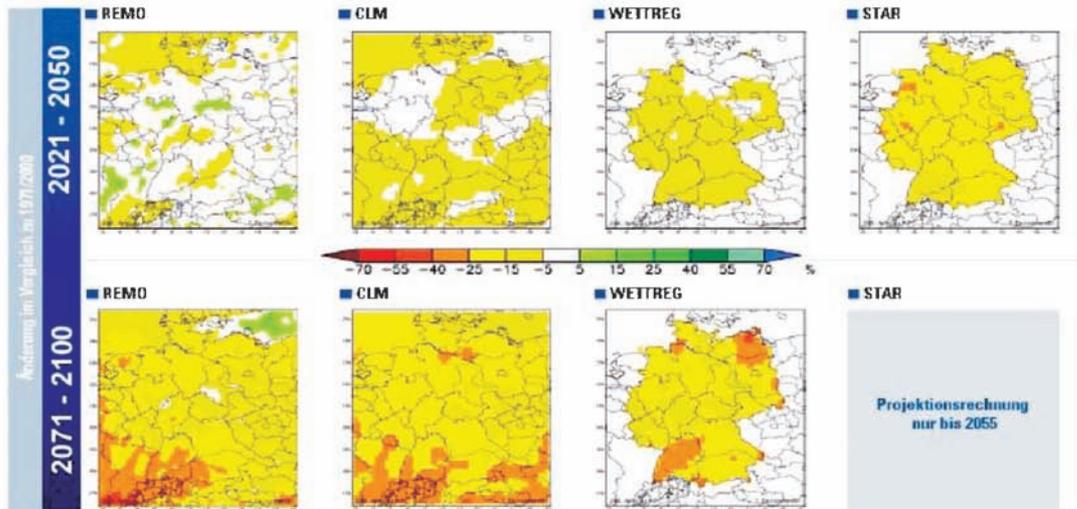


Bild 3: Regional erwartete Änderungen des Jahresmittelwertes für die Lufttemperatur und der jährlichen Anzahl der heißen Tage für Deutschland in den Zeiträumen 2021-2050 und 2071-2100 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971-2000. Grundlagen: Emissionsszenario A1B, Antrieb durch globales Klimamodell ECHAM-5

Niederschlagshöhe: relative Änderung im Sommer

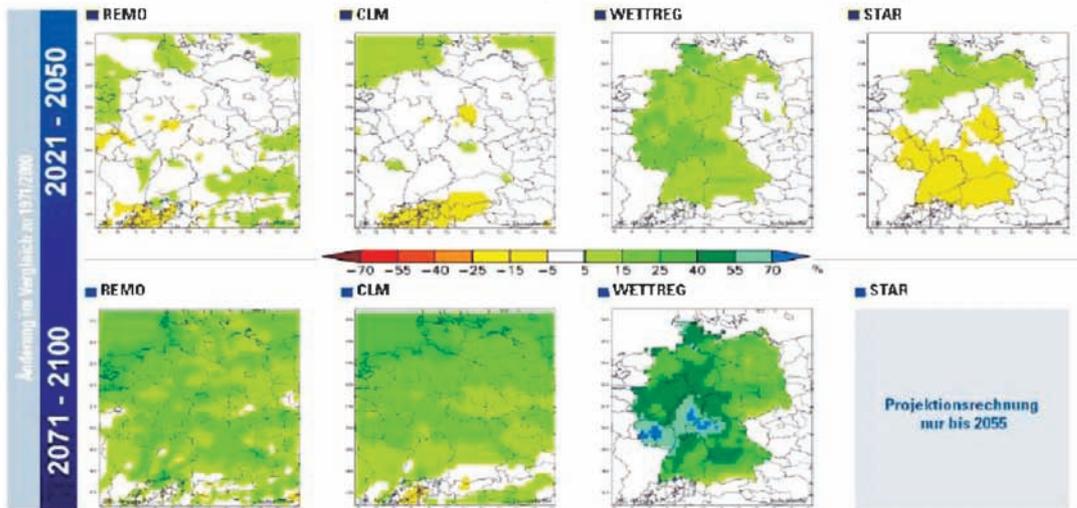
Im Sommer zum Ende des Jahrhunderts 20% bis 40% weniger Regen relativ zu 1971-2000 (mittleres Emissionsszenario A1B, Antrieb durch globales Klimamodell ECHAM-5)



Datenquelle: REMO: MPI-MF/A, des Umweltbundesamtes, 2006 / CLM: MPI-M/Mod/A, des BMBF, 2007 / WETTREG: Meteo Research / A, des Umweltbundesamtes, 2006 / STAR: PIK Potsdam, 2007

Niederschlagshöhe: relative Änderung im Winter

Im Winter je nach Modell bis 2100 20% bis 40%, gebietsweise bis zu 70% mehr Niederschlag (mittleres Emissionsszenario A1B, Antrieb durch globales Klimamodell ECHAM-5)



Datenquelle: REMO: MPI-MF/A, des Umweltbundesamtes, 2006 / CLM: MPI-M/Mod/A, des BMBF, 2007 / WETTREG: Meteo Research / A, des Umweltbundesamtes, 2006 / STAR: PIK Potsdam, 2007

Bild 4: Regional erwartete Änderungen der mittleren Niederschlagshöhen im Sommer und im Winter für Deutschland in den Zeiträumen 2021-2050 und 2071-2100 gegenüber dem Referenzzeitraum 1971-2000. Grundlagen: Emissionsszenario A1B, Antrieb durch globales Klimamodell ECHAM-5

riode 1971-2000: Temperaturanstieg um 2 K bis 4 K, Zunahme der heißen Tage im Südwesten um bis zu 30 Tagen),

- milde Winter,
- Veränderung im Niederschlagsregime (trockenere Sommer (20 % bis 40 % weniger Regen), niederschlagsreiche Winter (20 % bis 40 %, gebietsweise bis zu 70 % mehr Niederschlag), Zunahme von Starkniederschlagsereignissen) und eine
- Änderung im Sturmgesehen (intensive Winterstürme, Sturmfluten, häufigere Gewitter mit Hagel und Sturmböen).

Die kontinuierliche Veränderung des Klimas und extreme Wetterlagen, die Schnee, Eis, Nebel, Hagel, Hitzewellen, Stürme, Starkregen, Hoch- und Niedrigwasser in Flüssen oder auch starken Seeang im Meer mit sich bringen, können den Verkehr auf Straße, Schiene, Wasser und in der Luft behindern.

So beeinträchtigen stärkere Niederschläge den Straßenverkehr z. B. durch schlechte Sichtverhältnisse und nasse Fahrbahnen (Aquaplaning). Hangrutsche und Unterspülungen führen z. B. zur Destabilisierung und Zerstörung von Straßen- und Bahntrassenabschnitten. Stürme können direkt zu Behinderungen führen oder über Windwurf Straßen, Gleise und Stromleitungen schädigen. Durch Hitzewellen in den Sommermonaten können die Unfallzahlen steigen, da bei hohen Temperaturen i. d. R. die Konzentrationsfähigkeit sinkt.

Lang anhaltende Hitze oder Starkregen-Ereignisse schaden auch der Straßeninfrastruktur. Hohe Straßenoberflächentemperaturen z. B. führen bei Asphaltbefestigungen infolge des Schwerverkehrs zu plastischen Verformungen des Asphaltes, den Spurrinnen, bei Straßenbefestigungen in Betonbauweise zu Hitzeaufbrüchen, dem plötzlichen und explosionsartigen Aufbrechen von Betonfahrbahnen, dem so genannten „Blow up“.

Aber auch gesellschaftliche, ökonomische und ökologische Systeme sind von den Folgen des Klimawandels betroffen.

Daher sind die Verminderung der Verwundbarkeit bzw. der Erhalt und die Steigerung der Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme an die unvermeidbaren Auswirkungen des globalen Klimawandels lang-

fristiges Ziel der Deutschen Anpassungsstrategie [2].

Hierzu sind

- mögliche langfristige Klimafolgen für Deutschland und seine Regionen zu benennen und zu konkretisieren,
- Gefahren und Risiken zu benennen und zu vermitteln, d. h., Eintrittswahrscheinlichkeiten und Schadenpotenziale sowie Unsicherheiten von Klimafolgen und deren zeitliche Komponente zu quantifizieren und transparent zu machen,
- Akteure zu sensibilisieren, um ein entsprechendes Bewusstsein zu schaffen, und
- Entscheidungsgrundlagen bereitzustellen, die es den verschiedenen Akteuren ermöglichen, Vorsorge zu treffen und die Auswirkungen des Klimawandels schrittweise in privates, unternehmerisches und behördliches Planen und Handeln einzubeziehen, und
- Handlungsmöglichkeiten aufzuzeigen, Verantwortlichkeiten abzustimmen bzw. festzulegen, Maßnahmen zu formulieren und umzusetzen.

Bezogen auf die Straßeninfrastruktur ist die Kritikalität ihrer einzelnen Teile (Straßenabschnitte, Brücken, Ingenieurbauwerke, Straßenausstattung) auf Objektebene einzuschätzen, um daraus erforderliche Maßnahmen zur Verringerung ihrer Verwundbarkeit abzuleiten. Hierzu hat zunächst auf der Netzebene eine Fusion der Ergebnisse der regionalen Klimaprojektionen mit den Daten der entsprechenden Elemente der Straßeninfrastruktur zu erfolgen (Bild 5). Aus dieser Datenfusion ergeben sich die durch den Klimawandel betroffenen Objekte im Netz. Die Analyse ihrer Verwundbarkeit führt zur netzweiten Reihung der Kritikalität der Objekte. Diese ist dann Grundlage für die Aufstellung von Programmen für die Anpassung der Straßenverkehrsinfrastruktur an die Folgen des Klimawandels.

Der Klimawandel erfordert nicht nur technische Anpassungen. Es bedarf auch einer stärkeren Diskussion in Politik und Öffentlichkeit über die Frage, welches Risiko einer z. B. Überschwemmung als noch tolerierbar gelten sollte. Diese Diskussionen zielen auf eine Einigung über differenzierte Schutzniveaus, also darüber, welche Güter und welche Nutzungen vorrangig zu schützen und welche gegebenenfalls zu vernachlässigen sind.

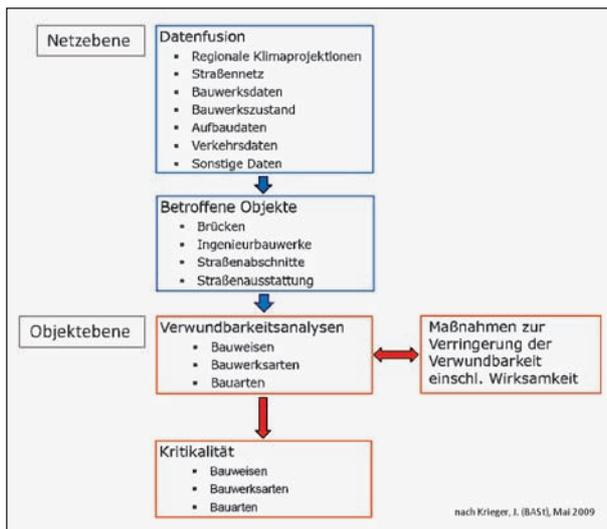


Bild 5: Struktur des Vorgehens im Vorfeld der Programmerstellung für Anpassungsmaßnahmen in Bezug auf die Straßeninfrastruktur (nach KRIEGER, BASt, Mai 2009)

- [8] JACOB, D.; GÖTTEL, H.; KOTLARSKI, S.; LORENZ, Ph.; SIECK, K.: Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Max-Planck-Institut für Meteorologie (MPI-M), Hamburg, 11/2008
- [9] Umweltbundesamt 11/08: Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland

Jede erfolgsträchtige Strategie wird künftig stärker als bisher zweigleisig fahren müssen. Nur eine Minderung des Eintrags von klimaschädlichen Treibhausgasen und eine Anpassung an den bereits unvermeidlichen Klimawandel werden die Anfälligkeit unserer Gesellschaft und Wirtschaft gegenüber Klimaänderungen vermindern.

Quellen für Textpassagen

- [1] IPCC: Special Report Emissions Scenarios, IPCC, 2000
- [2] Die Bundesregierung: Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel (vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen)
- [3] HILDESHEIMER: Klimaszenarien – Wohin geht die Entwicklung? ETH Zürich
- [4] CUBASCH, U.; FAST, I.: Perspektiven der Klimamodellierung, Institut für Meteorologie, Fachrichtung Wechselwirkung im Klimasystem der Erde
- [5] TREBER, M.: Neue IPCC-Szenarien für den Fünften Sachstandsbericht, Germanwatch, 2008
- [6] Wikipedia: Klimamodell
- [7] BÖSCH, B.; KLIWA, K.: WETTREG – Klimaszenarien und ihre Auswirkung auf Baden-Württemberg, 2008

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

Abschätzung der Risiken von Hang- und Böschungsrutschungen durch die Zunahme von Extremwetterereignissen

1 Einleitung

Klimatische Modellrechnungen zeigen, dass schon in den kommenden Dekaden mit einer deutlichen Änderung von Wetterelementen zu rechnen ist. Es ist mittlerweile unbestritten, dass der Klimawandel auch auf menschliche Aktivitäten und deren unmittelbare Auswirkungen auf klimarelevante Gase zurückzuführen ist. Da bereits unumkehrbare klimatische Prozesse eingetreten sind, ist eine schnelle Anpassung an die prognostizierten Änderungen erforderlich.

In diesem Artikel werden die Anpassungen, die bei der Straßeninfrastruktur im Bereich Erdbau und Entwässerung erforderlich sind, dargelegt. Weiterhin wird ein Pilotprojekt der BAST, das die Auswirkung von Niederschlagsänderungen auf die Stabilität von Hängen und Böschungen untersucht, vorgestellt und die möglichen Konsequenzen auf das Straßenverkehrsnetz in Abhängigkeit von den Ergebnissen dieses Projektes dargelegt.

2 Klimawandel – Beobachtungen und Prognosen

Die Konzentration von Treibhausgasen, Aerosolen, der Sonneneinstrahlung und die Beschaffenheit der Landoberfläche sind die maßgeblichen Faktoren bezüglich der Energiebilanz des Klimasystems. Die globalen atmosphärischen Konzentrationen von Kohlendioxid, Methan und Lachgas sind als Folge menschlicher Aktivitäten seit 1750 markant gestiegen.

Bild 1 zeigt beispielhaft die Entwicklung der Kohlendioxid-Konzentration. Der deutliche Anstieg seit Mitte des 19. Jahrhunderts, d. h. zu Beginn der Industrialisierung, belegt den signifikanten Einfluss menschlicher Aktivitäten auf klimarelevante Gase (Treibhausgase). Die heutige Konzentration über-

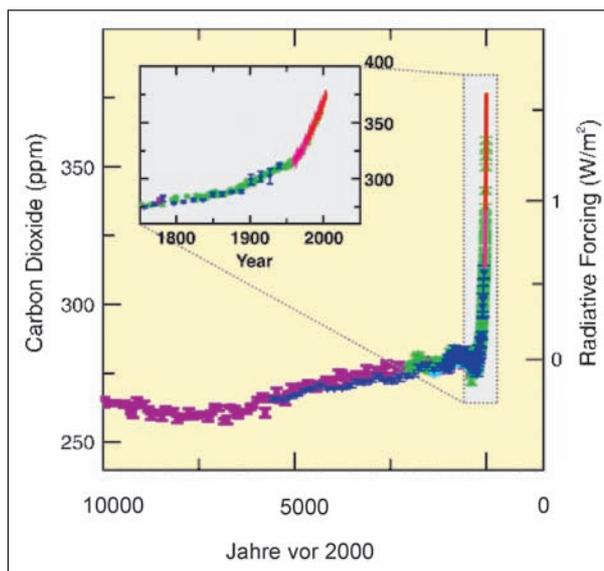


Bild 1: Entwicklung der globalen CO₂-Konzentration in den letzten 10.000 Jahren [Quelle: IPCC, 4. Sachstandsbericht, 2007]

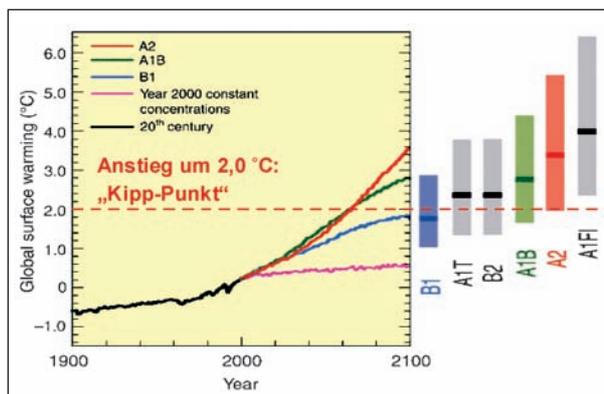


Bild 2 Multimodell-Mittel und Bandbreiten für die Erwärmung an der Erdoberfläche [modifiziert nach IPCC, 2007]

schreitet bei weitem die natürlichen Schwankungen in vorindustrieller Zeit, die mittels Eisbohrkernen bestimmt wurden. Der weltweite Anstieg der Kohlendioxidkonzentration (CO₂) ist primär auf den Verbrauch fossiler Brennstoffe und auf Landnutzungsänderungen zurückzuführen, während der Anstieg von Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) primär durch die Landwirtschaft verursacht wird.

Zur quantitativen Abschätzung der zukünftigen Klimaänderungen werden vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Modellrechnungen durchgeführt, die auf unterschiedlichen Zukunftsszenarien bezüglich der Bevölkerungsentwicklung, der ökonomischen Entwicklung, sozialer Annahmen, der Energieerzeugung etc. basieren. Bild 2 zeigt die Temperaturentwicklung bis zum Ende unseres Jahrhunderts für die mittleren prog-

nostizierten Temperaturen (Graphen) bzw. deren Bandbreite (Balken). Sie reichen von einer Zunahme um knapp 2,0 °C bis zu mehr als 4 °C. Von den Klimaforschern wird angenommen, dass eine Überschreitung von mehr als 2,0 °C der heutigen mittleren globalen Temperatur unumkehrbare Folgen hat, deren Auswirkungen auf die globale Temperatur nicht exakt vorhersehbar sind. Es wird jedoch ein schnellerer Temperaturanstieg bei Überschreitung dieser so genannten „Kipp-Punkte“ befürchtet.

Die unterschiedlichen Prognosen zur Entwicklung der globalen Oberflächentemperaturen fließen in globale Klimamodelle ein, die Prognosen zu den einzelnen Wetterelementen (Temperatur, Niederschlag, Wind etc.) treffen. Die Daten dieser globalen Klimamodelle sind wiederum Grundlage unterschiedlicher lokaler Modelle, die regionale und lokale Gegebenheiten berücksichtigen und hierauf aufbauend Prognosen der unterschiedlichen Wetterelemente des lokalen Klimas zu unterschiedlichen Perioden erstellen. In Deutschland wurde am Max-Planck-Institut für Meteorologie u. a. die dynamisch-numerische Modellkette REMO (Regional Modelling of Present and Future Climate) entwickelt. Das dreidimensionale hydrostatische regionale Klimamodell REMO (Regional-Modell) ist ein atmosphärisches Zirkulationsmodell, das die relevanten physikalischen Prozesse dynamisch berechnet und mit einer Auflösung von 10 km² darstellt.

REMO-Simulationen für die drei Szenarien B1, A1B und A2 wurden bis zum Jahre 2100 durchgeführt,

die grob als Szenarien mit eher niedrigen, mittleren und hohen Emissionsraten von Treibhausgasen kategorisiert werden können. Die Ergebnisse dieser Klimasimulationen lassen sich auf folgende Aussagen verdichten: Je nach angenommenem Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen könnten bis zum Ende des Jahrhunderts die Temperaturen in Deutschland – vor allem im Süden und Südosten – um mehr als 4 °C im Vergleich zu den letzten 50 Jahren steigen. Im Sommer kann es in weiten Teilen Deutschlands weniger Niederschläge geben. Im Winter könnten im Süden und Südosten mehr Niederschläge fallen, wobei allerdings wegen der gestiegenen Temperaturen weniger Schnee fallen kann [UBA, 11/08].

Vom Deutschen Wetterdienst (DWD) wurden die primären Veränderungen der einzelnen Wetterelemente in Deutschland bis 2040 gemäß der Zuverlässigkeit ihrer statistischen Aussage dargestellt. Demnach ist bis zum Jahr 2040 mit folgenden Veränderungen zu rechnen (s. Tabelle 1).

Alle Prognosen zeigen, dass sehr wahrscheinlich mit deutlichen Änderungen der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse innerhalb der nächsten Dekaden zu rechnen ist. Der Anstieg verläuft nicht-linear: Bis zum Jahr 2050 ist mit mäßigen Änderungen, bis zum Ende dieses Jahrhunderts dagegen mit deutlichen Änderungen, die regional unterschiedlich ausfallen, zu rechnen. Als Beispiel sind in Bild 3 die mittleren relativen Niederschlagsänderungen für das Szenario A1B im Sommer- (a) und

Wetterelement	Primäre Veränderungen in Deutschland bis 2040	Zuverlässigkeit der statistischen Aussage
Temperatur	Anstieg der Jahresdurchschnittstemperatur	++
	Anstieg der maximalen Temperaturen	++
Niederschlag	Anstieg der Niederschläge im Winter	+
	Abnahme der Niederschläge im Sommer	+
	Zunahme der Extremniederschlagsereignisse	+
Hitzeperioden	Häufiger, stärker	++
Meeresspiegel	Anstieg um ca. 10 cm gegenüber 2007	++
Trockenperiode	häufiger	o
Sturmfluten	bis zu 20 cm höher	+
Gletscher	80 % Masseverlust gegenüber 1850	++
Wind	heftigere Stürme	-
Zuverlässigkeit der statistischen Aussage: ++: sehr gut; +: gut; o: befriedigend; -: unsicher		

Tab. 1: Primäre Veränderungen der Wetterelemente in Deutschland bis zum Jahr 2040 und Zuverlässigkeit der statistischen Aussage [DWD, 2008]

im Winterquartal (b) für die Periode 2070 bis 2100 dargestellt.

Es ist deutlich die prognostizierte Abnahme der Niederschläge im Sommer von bis zu 40 % im äußersten Südwesten von Deutschland im Vergleich zum Zeitraum 1961-1990 zu erkennen. Ebenso signifikant sind die Niederschlagszunahmen im Winterhalbjahr von regional bis zu 40 %.

Vermeidungsstrategien mit dem Ziel, die Emission klimarelevanter Gase zu reduzieren, können nach Expertenmeinungen nur in einem begrenzten Umfang zur Einschränkung von klimatischen Änderungen beitragen. Daher besteht ein Handlungsbedarf hinsichtlich der Entwicklung und Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen. Je frühzeitiger diese durchgeführt werden, desto geringer sind die entsprechenden Folgekosten [STERN, 2006]. Auch für den Bereich Straßeninfrastruktur gilt es daher, die Verwundbarkeiten gegenüber den Folgen des Klimawandels zu identifizieren und die entsprechenden Anpassungsmaßnahmen baldmöglichst zu treffen, um die Anpassungsfähigkeit natürlicher, gesellschaftlicher und ökonomischer Systeme zu erhalten.

Von der BAST sollen die Auswirkungen des Klimawandels auf Straßeninfrastruktur und -verkehr ermittelt werden. Bedarf zu einer Risiko-Identifikation besteht in den Bereichen Geologie, Erdbau und Entwässerung, Straßenaufbau und Fahrbahn,

Brücken- und Tunnelbauwerke und Verkehrstechnik. Ziel ist die Minderung der Verwundbarkeit gegenüber den Folgen des Klimawandels durch die Identifikation regionaler und lokaler Schwachstellen und deren Zusammenführung mit dem Bundesfernstraßennetz.

3 Auswirkungen des Klimawandels auf Erdbauwerke und Entwässerungseinrichtungen

Klimatisch geänderte Einflüsse auf Erdbauwerke und Entwässerungseinrichtungen sind in erster Linie durch geänderte Niederschlagsverhältnisse zu erwarten, d. h. durch erhöhte Niederschläge, Extremniederschlagsereignisse und längere Trockenperioden.

Extreme Niederschläge und Trockenperioden wirken sich durch starke Schwankungen des Wasserhaushaltes u. a. auf die Standsicherheit von Böschungen und Hängen aus. Starkregenereignisse führen jedoch auch zu einer Erhöhung der Bodenerosion, insbesondere wenn durch Trockenperioden zuvor die Vegetationsschicht gestört wurde. Weitere denkbare Einflüsse durch geänderte Niederschlagsverhältnisse sind

- Beschädigung bzw. Zerstörung des Straßenaufbaus durch Rutschungen,

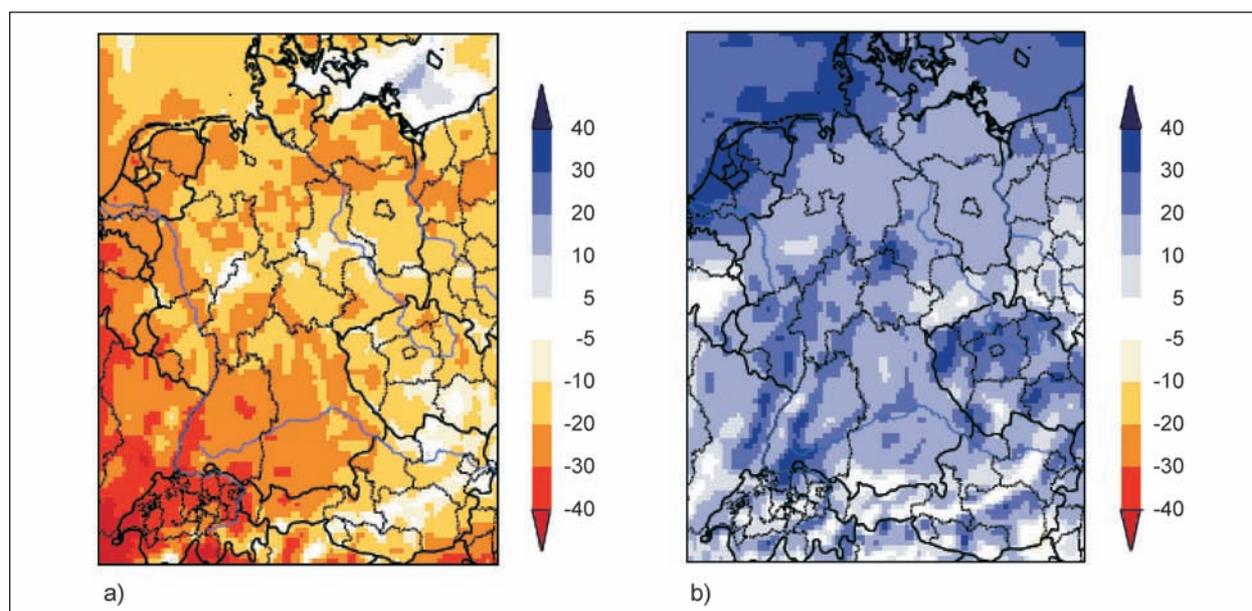


Bild 3: Mittlere relative Niederschlagsänderungen [%] gemäß den Berechnungen des REMO-Modells für das Szenario A1B für das Sommer- (a) und das Winterquartal (b) für den Zeitraum von 2070 bis 2100 gegenüber der Kontrollperiode 1961-1990 in Deutschland [UBA, 2007]

- Einspülen von Boden und Fels auf Verkehrswege,
- Störung der Funktion von Schichten ohne Bindemittel durch Unterspülung,
- Schrumpfung/Schwellung von gefährdeten Böden,
- Versagensfälle (Einsenktrichter) in wasserempfindlichen Böden,
- stärkere Verwitterungsbeanspruchung von Boden und Fels,
- temporäre oder dauerhafte Störungen der Funktion von Entwässerungseinrichtungen durch Trockenperioden oder Starkregenereignisse bzw. durch deren ungünstige Kombination,
- ...

Für den Bereich der Entwässerungseinrichtungen sind daher folgende Faktoren zu überprüfen:

- Überprüfung der Festlegungen für die Art und die Dimensionierung von Entwässerungseinrichtungen:
 - Überprüfung der Funktionalität während bzw. nach langen Trockenperioden (z. B. von RiStWag-Abscheidern),
 - Überprüfung der Kontroll- und Wartungsintervalle,
 - Überprüfung der Überlastungsresistenz, insbesondere an Tiefpunkten,
- Optimierung der Notüberläufe,
- Optimierung des Grabensystems unter Berücksichtigung der Notüberlaufmenge,
- ...

Für Erdbauwerke ergeben sich u. a. die folgenden Fragestellungen:

- Standsicherheit in Abhängigkeit von der Wassersättigung,
- Überprüfung der Festlegungen der Bedingungen beim Erdbau (GW-Stand),
- Untersuchung von Bodensicherungsmaßnahmen (Bauzustand, Zustand nach Fertigstellung),

- automatische Alarmsicherung gefährdeter Bereiche (geophysikalische Beobachtungen),
- Überprüfung der Funktion von Tonabdichtungen unter geänderten klimatischen Verhältnissen,
- Erfordernis von Sicherungsmaßnahmen vs. Berücksichtigung eines erhöhten Erhaltungsaufwandes,
- ...

Zur Verifizierung eines Teilbereiches dieser Annahmen wurde von der BAST als eines von insgesamt vier Pilotprojekten das Forschungsprojekt mit dem Titel „Abschätzung der Risiken von Hang- und Böschungsrutschungen durch die prognostizierte Zunahme von Extremwetterereignissen“ initiiert. Ziel der vier Pilotprojekte ist die Gewinnung belastbarer Ergebnisse, um gegebenenfalls anschließend die Bedeutung von aufbauenden weitergehenden Studien darlegen zu können.

Die prognostizierten Änderungen der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse haben gravierende Auswirkungen auf die Standsicherheiten von Hängen und Böschungen. Aufgrund geänderter Extermwerte des Wassergehaltes im Untergrund ist mit einer Zunahme von Rutschungen zu rechnen. Damit steigt auch das Risiko von Unterbrechungen des Straßennetzes, da Rutschungen Sperrungen erforderlich machen und zur Zerstörung von Straßen und ihren Entwässerungseinrichtungen führen können. Durch eine Zusammenführung der bereits umfangreichen existierenden Forschungsergebnisse zum Thema „Hang- und Böschungsrutschungen“ und deren Auswertung sollen die Einflüsse geänderter Extermwetterereignisse auf das Rutschungsrisiko und auf eventuelle regionale Unterschiede identifiziert werden.

Hierzu wird zunächst eine bundesweite Recherche über Schadensfälle durch Hang- und Böschungsrutschungen in Deutschland mit unterschiedlichen Ursachen durchgeführt. Anschließend werden regionaltypische Schäden mit einem Schwerpunkt von Ereignissen, die in den deutschen Mittelgebirgen aufgetreten sind, sondiert und deren Schadensbild und die Beurteilung der Schadensursache erstellt und der finanzielle und zeitliche Aspekt zur Wiederherstellung der Verkehrswege betrachtet.

Auf der Grundlage von Klimaprognosen zur Temperatur- und Niederschlagsentwicklung unter der be-

sonderen Berücksichtigung von Prognosen zu Extremniederschlagsereignissen wird anschließend eine Abschätzung der künftigen Entwicklung von Hang- und Böschungsrutschungen durchgeführt, um die Risiken von Rutschungsereignissen in Zusammenhang mit künftigen Klimaentwicklungen bewerten zu können.

Fernziel dieses Forschungsprojektes ist die Festlegung der Grundlagen für die Errichtung eines Risikokatasters, mit dessen Hilfe die besonders gefährdeten Bereiche des Bundesfernstraßennetzes erkannt werden könnten.

4 Zusammenfassung

Meteorologische Prognosen zeigen, dass eine Änderung verschiedener Wetterelemente in naher Zukunft wahrscheinlich ist. Es ist mit mäßigen Änderungen bis Mitte dieses Jahrhunderts und mit deutlichen Änderungen bis Ende des Jahrhunderts zu rechnen, wobei deutliche regionale Unterschiede zu erwarten sind. Durch schnelle Anpassungsmaßnahmen können die aus klimatischen Änderungen resultierenden Folgekosten reduziert werden. Dies gilt auch für den Bereich der Straßeninfrastruktur im Allgemeinen und die Auswirkungen auf Erdbauwerke und Entwässerungseinrichtungen im Speziellen. Aus diesem Grund werden in einem von insgesamt vier Pilotprojekten der BAST mit dem Titel „Abschätzung der Risiken von Hang- und Böschungsrutschungen durch die prognostizierte Zunahme von Extremwetterereignissen“ mögliche Auswirkungen von Niederschlagsänderungen und deren regionale Besonderheiten untersucht. Es wird eine Abschätzung der durch klimatische Änderungen bedingten Risiken durchgeführt. Fernziel ist die Erstellung eines Risikokatasters zur Identifizierung besonders gefährdeter Bereiche des Bundesfernstraßennetzes.

Literatur

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 2009: Gemeinsame Erklärung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) sowie des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) zur Gründung des „Climate Service Center“ (CSC)

Deutscher Wetterdienst (DWD), 2008: Internetseite des DWD (www.dwd.de)

STERN, N.: Stern Review on the Economics of Climate Change, Cambridge University Press, 10/2006

Umweltbundesamt (UBA): Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland – Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland, 11/08

Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), WMO/UNEP, www.ipcc.ch): Climate Change 2007, Summary for Policymakers

Diskussion

Herr Schröder zeigt eine kritische Haltung gegenüber der Klimaprognose. Auf der BAB A 6 in Rheinland-Pfalz sieht er die Regenereignisse nicht als Auslöser für die Böschungsrutschungen. Die meisten Hänge sind zu steil und daher kommt es zu Rutschungen. Um dies zu verhindern, ist eine Vorsorge bzw. Anpassung an die Gegebenheiten notwendig. Es sollte nicht alles auf den Klimawandel geschoben werden.

Herr Dr. Kayser knüpft den Vergleich zur Wasserstraße, da hier die Schäden durch Hochwasser in einer Wirkungsbeziehung zu den Ursachen, wie Begradigung und zu dichte Bebauung, stehen.

Herr Hecht bemerkt, dass Wassersättigung schon immer möglich war, jedoch kritisch die Schwankungen zwischen trocken und nass sind.

Frage:

Werden wissenschaftliche Untersuchungen angestellt, um z. B. die Aufsättigung von Hängen zu beurteilen?

Frau Blume:

Derzeit gibt es ein Pilotprojekt, in dem Daten gesammelt werden.

Dr. rer. nat. Martin Brodbeck
Regierungspräsidium Stuttgart, Stuttgart

Klima und Hangkinematik am Beispiel der Großschollenrutschung „Wildenberger Hang“ (BAB A 81, nördlich Heilbronn)

1 Einführung

Die Frage nach den Auswirkungen des Klimawandels auf die Straßeninfrastruktur ist für das Land Baden-Württemberg eine ganz wichtige. Baden-Württemberg wird nach meiner Auffassung in besonderem Maß davon betroffen sein. Ich will nachfolgend versuchen, dies am Beispiel der Großschollenrutschung „Wildenberger Hang“ zu zeigen. Dazu werden zunächst die speziellen geologischen Verhältnisse Baden-Württembergs betrachtet und

die aktuellen Klimaprognosen für das Land dargestellt. Anschließend wird der Wildenberger Hang als typischer Vertreter einer Großschollenrutschung hinsichtlich seiner zeitlichen Entwicklung, seiner geologischen Verhältnisse und einiger ausgewählter Messergebnisse der geotechnischen Überwachung vorgestellt. Abschließend wird ein kurzes Fazit hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels auf die Straßen Baden-Württembergs gegeben.

Für die Beurteilung der Stabilität von Hängen und Böschungen sind bekanntermaßen außer dem Klima zahlreiche weitere Faktoren zu beachten (Tabelle 1). Viele Faktoren steuern die Massenbewegung, die in der Hauptsache von den Eigengewichtskräften (selten überlagert von seismischen Kräften) verursacht werden. Zudem haben die Faktoren untereinander häufig Wechselwirkungen und Abhängigkeiten. Ein Faktor alleine, meistens ist das Wasser beteiligt, kann zwar der Auslöser sein, er entscheidet jedoch lediglich darüber, wann es zum

Nr.	Faktoren	Unterbegriffe	Auswirkungen
I	Gestein und Bodenart	Änderung der Eigenschaften	Lagerungsdichte Scherfestigkeit Durchfeuchtung
II	Lagerungsverhältnisse	Wechsellagerung Schichtneigung Einlagerungen	Scherflächenbildung Wasserwegsamkeit
III	Hydrogeologie/ Hydrologie	Quellhorizont Grundwassereinzugsgebiete	Strömungs-/Kluftwasserdrücke Fließerscheinungen
IV	Klima	Niederschläge Temperatur Luftbewegungen	Erosion Durchfeuchtung Frost Deflation
V	Geometrie	Übersteilung Unterschneidung	Vergrößerung der Hangabtriebskräfte
VI	Morphologie	Sonneneinstrahlung Höhe, Neigungsverhältnisse	Erosion Durchfeuchtung
VII	Belastung	Statische und wechselnde Lasten	Porenwasserdruck Verformungen Fließerscheinungen
VIII	Technik	Art und Geschwindigkeit des Abtrags Entwässerung Verdichtung	Durchfeuchtung Porenwasserdruck
IX	Vegetation	Stabilisierung Oberflächenschutz	Erosion Durchfeuchtung Porenwasserdruck
X	Zeit	Alterung	Entfestigung Verwitterung Durchfeuchtung

Tab. 1: Risikofaktoren für die Stabilität von Böschungen und Hängen (nach SCHMIDT, Z. angew. Geol., 1980, aus: WALLRAUCH, Geologische Bewertung der Risikofaktoren bei instabilen Hängen in Baden-Württemberg)

ebenso unbegründet wie Behauptungen, welche bestimmte Schichten pauschal als gefährdet, andere in dieser Hinsicht als absolut sicher einstufen. Entscheidend für die Labilität sind örtlich auftretende Faktoren und Ursachen.

Als besonders rutschgefährdet gelten im Allgemeinen der strukturlose Knollenmergel und der Opalinuston. Durch Entspannung und Verwitterung ändern diese veränderlich festen Gesteine nahe der Geländeoberfläche ihre Eigenschaften. Wasser wird in die Schichtstrukturen eingebaut. Wasserführende Lagen im Hangende, Horizontalspannungen, Übersteilung, tektonische oder atektonische Störungen verstärken die Rutschneigung.

Am 12.04.1994 ereignete sich am Drackensteiner Hang (Albastieg) der BAB A 8 eine Kleinrutschung, mit allerdings erhebliche Folgen für den Straßenverkehr. Nach 55 Jahren der Ruhe kam es infolge von Extremniederschlägen (82 mm/d) zu Massenbewegungen von nahezu verflüssigtem Hangschuttmaterial aus dem Niveau der Impressamergerl (ox1). Diese Rutschung dokumentiert exemplarisch die Auswirkungen der Hydrogeologie bzw. Hydrologie als treibende Kraft. Unmittelbar nach den Starkniederschlägen bildete sich vorübergehend ein schwebendes Grundwasser im verkarsteten und klüftigen Oberjura (Bild 2). Durch den raschen Grundwasseranstieg traten kurzfristig hohe Wasserdrücke auf. Vor allem eine plastifizierte Verwitterungsschwarte und ein stark bindiger Hang-

schutt verhinderten einen Druckabbau. Durch die Rutschung und die anschließende Sanierung musste die Autobahn über mehrere Tage zunächst vollständig, dann teilweise gesperrt werden. Dies führte auf der extrem stark befahrenen Straße zu einem Verkehrskollaps in der Region.

Nicht nur im veränderlich festen Gestein, sondern auch im harten Fels können Klimaänderungen erhöhte Steinschlag- und Felssturzsrisiken hervorrufen. Der rasche Grundwasseranstieg in Kluff- bzw. Karstgrundwasserleitern infolge Starkniederschlägen bewirkt ein schnelles Ansteigen der Wasserdrücke, was zu Instabilitäten führen kann.

Bei der Ablaugung von Sulfatgestein wie Steinsalz und Gips, wie beispielsweise im Mittleren Muschelkalk der Hessigheimer Felsengärten, werden über Sackungen noch stärker zum Talrand hin geneigte geologische Strukturen erzeugt, die folglich eine Rutschdisposition verstärken.

Alle spektakulären Großrutschungen an Hängen in Baden-Württemberg wie beispielsweise am Wildenberger Hang, in Mössingen oder Urbach traten in den verschiedensten Formationen bereits oft bei minimalen Veränderungen der Randbedingungen auf. Es handelte sich immer um reaktivierte fossile Rutschungen, die unter anderen klimatischen Bedingungen in den Zwischeneiszeiten mit mehreren Phasen exzessiver Talbildung und dann beim Temperaturanstieg am Ende der Kaltzeiten entstanden sind.

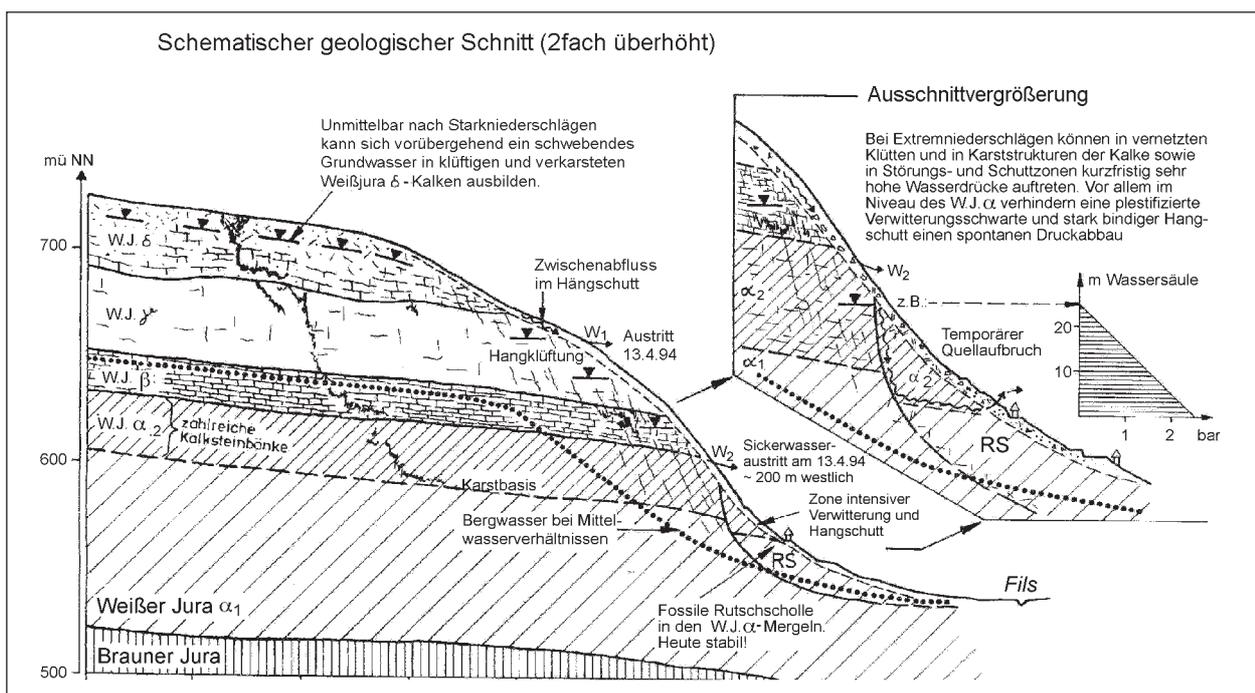


Bild 2: Rutschungsmechanik (schematisch) infolge Starkniederschlägen (WALLRAUCH 1994)

2 Klima

Mit dem Kooperationsprojekt KLIWA, „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“, haben sich die Länder Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz gemeinsam mit dem Deutschen Wetterdienst das Ziel gesetzt, mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt süddeutscher Flussgebiete herauszuarbeiten. Die Analyse und Bewertung langer Messzeitreihen hydrometeorologischer und hydrologischer Größen der letzten Jahrzehnte dienen zusammen mit einem realitätsnahen Emissionsszenario (B2, IPCC) als Grundlage für die Abschätzung der regionalen Klimaszenarien.

Der klimatische Rückblick hat gezeigt, dass die Durchschnittstemperatur in Baden-Württemberg in den letzten 50 Jahren um 1,2 °C gestiegen ist und dass sowohl die Niederschlagsmenge insgesamt als auch die Starkniederschläge ebenfalls signifikant zugenommen haben. Nach den Prognosen der KLIWA gehört Baden-Württemberg zu den von Klimaveränderungen am meisten betroffenen Regionen Deutschlands. Dabei gibt es Gebiete, die zukünftig (2021-2050) bis etwa 50 % mehr an Niederschlägen zu erwarten haben. Zwar werden die Niederschläge im Sommer geringfügig abnehmen, die Niederschläge im Winter werden dagegen deutlich zunehmen. Zudem ist ein starker Anstieg der Tage mit Starkniederschlägen (≥ 25 mm) im Winter, also der vegetationsarmen Zeit, zu erwarten, und zwar um ca. das Doppelte. Bild 3 zeigt den Ist-Zustand und die Prognose für die Starkniederschläge am Beispiel des Nordschwarzwalds.

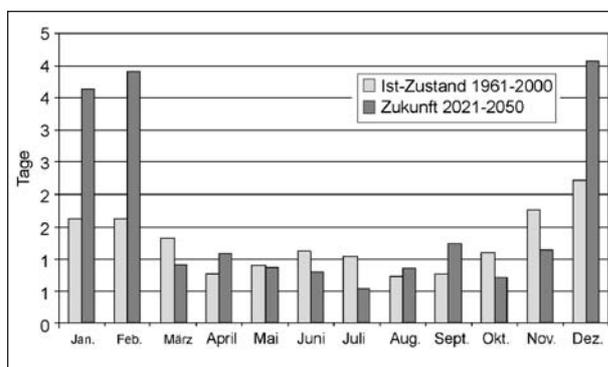


Bild 3: Monatliche mittlere Anzahl der Tage mit Niederschlag ≥ 25 mm, Klimastation Freudenstadt

3 Der Wildenberger Hang

Der Wildenberger Hang, ein ausgedehnter Rutschhang, liegt etwa 1,5 km nördlich des Weinsberger Kreuzes, unweit von Heilbronn (Bild 4). Unmittelbar am nördlichen Hangfuß verläuft die BAB A 81. Der Wildenberg ist ein etwa 2,5 km langer in Ost-West-Richtung verlaufender Höhenzug des nördlichen Heilbronner Keuperberglandes. Der auf der Nordseite dieses Höhenzuges liegende Rutschbereich wird von ausgelaugten Schichten des Gipskeupers aufgebaut. Das flach geneigte Dach des Höhenrückens, in dem auch die obere Abrisskante der Rutschung liegt, besteht aus Schilfsandstein.

Die aus mehreren Teilschollen bestehende Großrutschung mit einer Fläche von ca. 45 ha, was einer Fläche von ca. 75 Fußballfeldern entspricht, hat eine Länge von ca. 1,5 km. Die geodätisch gemessenen horizontalen Gesamtdeformationen betragen inzwischen über 5 m, die sich mehr als 200 m bergwärts nachweisen lassen (Bild 5).

Erste Anzeichen von Geländebewegungen konnten schon während der Erdarbeiten in den Jahren 1968/1969 festgestellt werden. Der Hang wurde dabei auf der gesamten Länge geringfügig angeschnitten. Zunächst ging man von einer lokalen Rutschung aus. Es wurde deshalb vergebens versucht, mit Hilfe von überdimensional großen, d. h. mit über 20 m tiefen und 80 m langen Stütz- und

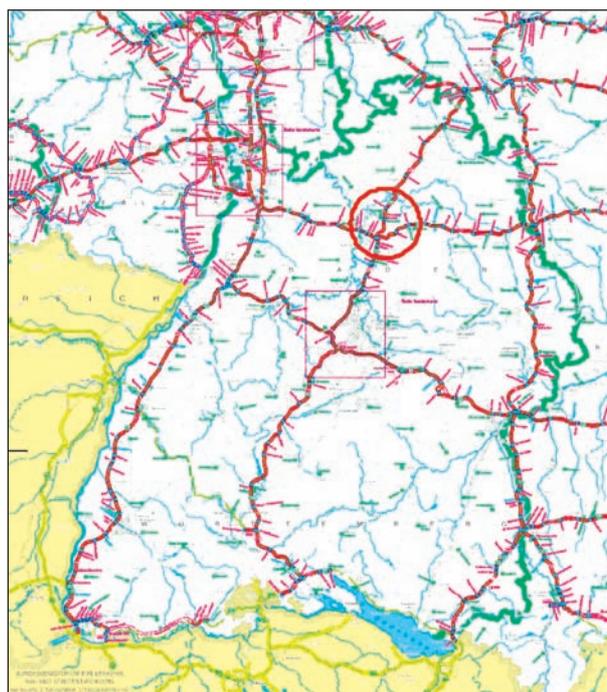


Bild 4: Lage des Wildenberger Hangs in Baden-Württemberg

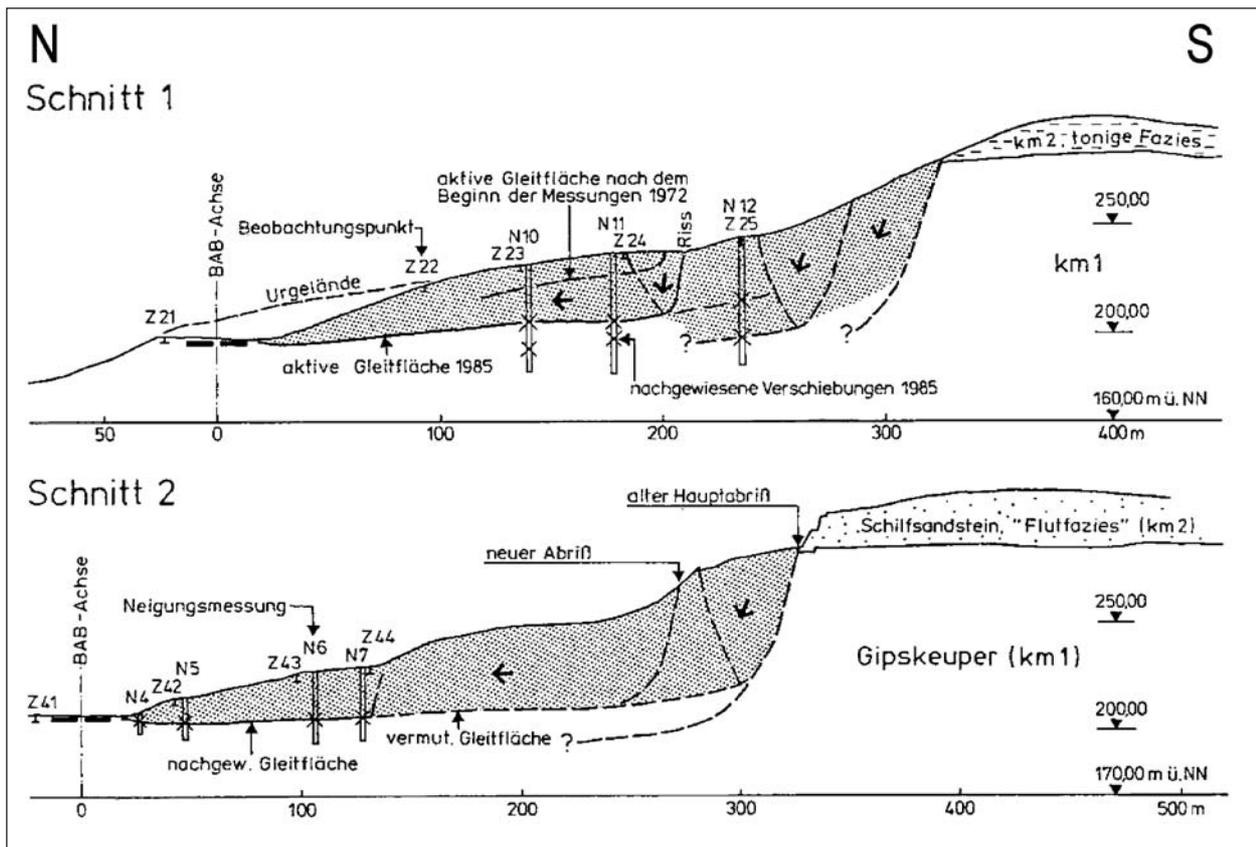


Bild 5: Rutschungsmechanik am Wildenberger Hang (WALLRAUCH, E. 1990)

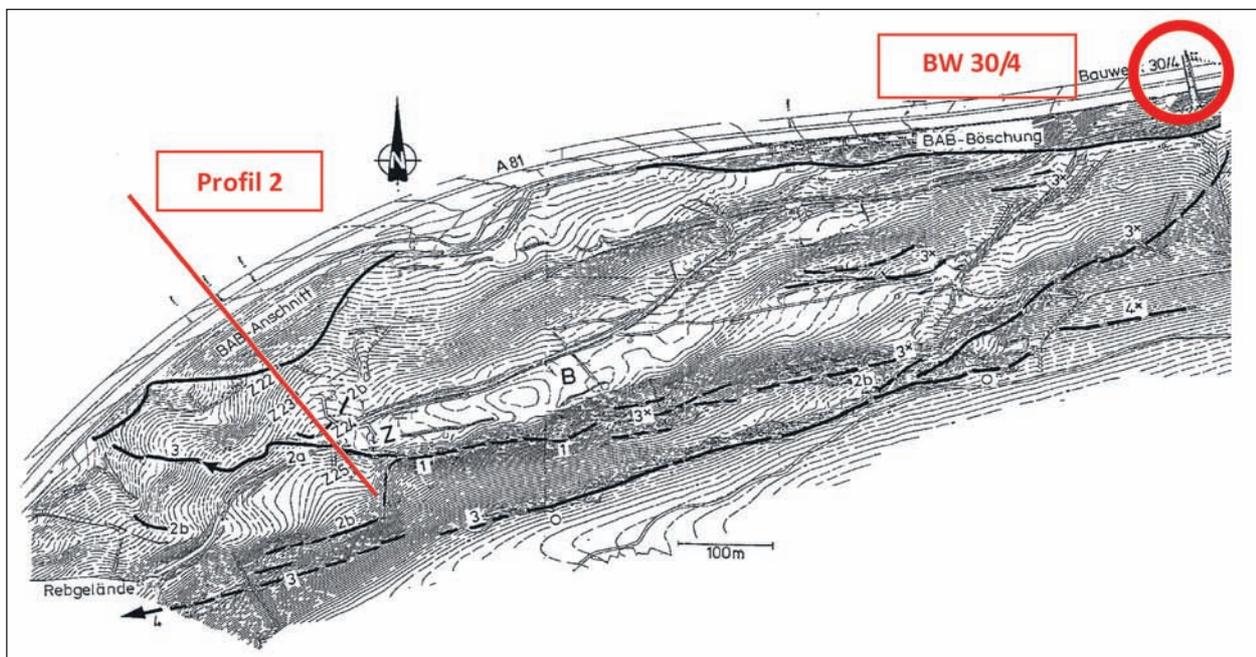


Bild 6: Hauptabrissskanten sowie Lage des Messprofils 2 und des Bauwerks BW 30/4

Entwässerungsscheiben den Hang zu stabilisieren. Erst anschließend bei ausgedehnten Geländebegehungen wurde das gesamte Ausmaß der Rutschung erkannt. Als erste Maßnahme wurden die Anschnittsböschungen abgeflacht und das abgetra-

gene Material talseitig der Autobahn angeschüttet. Größere Schäden an der Autobahn konnten dadurch verhindert werden. Der Einfluss der Rutschung beschränkte sich dadurch nur auf Aufwölbungen im Parkplatzbereich und dessen Beschleu-

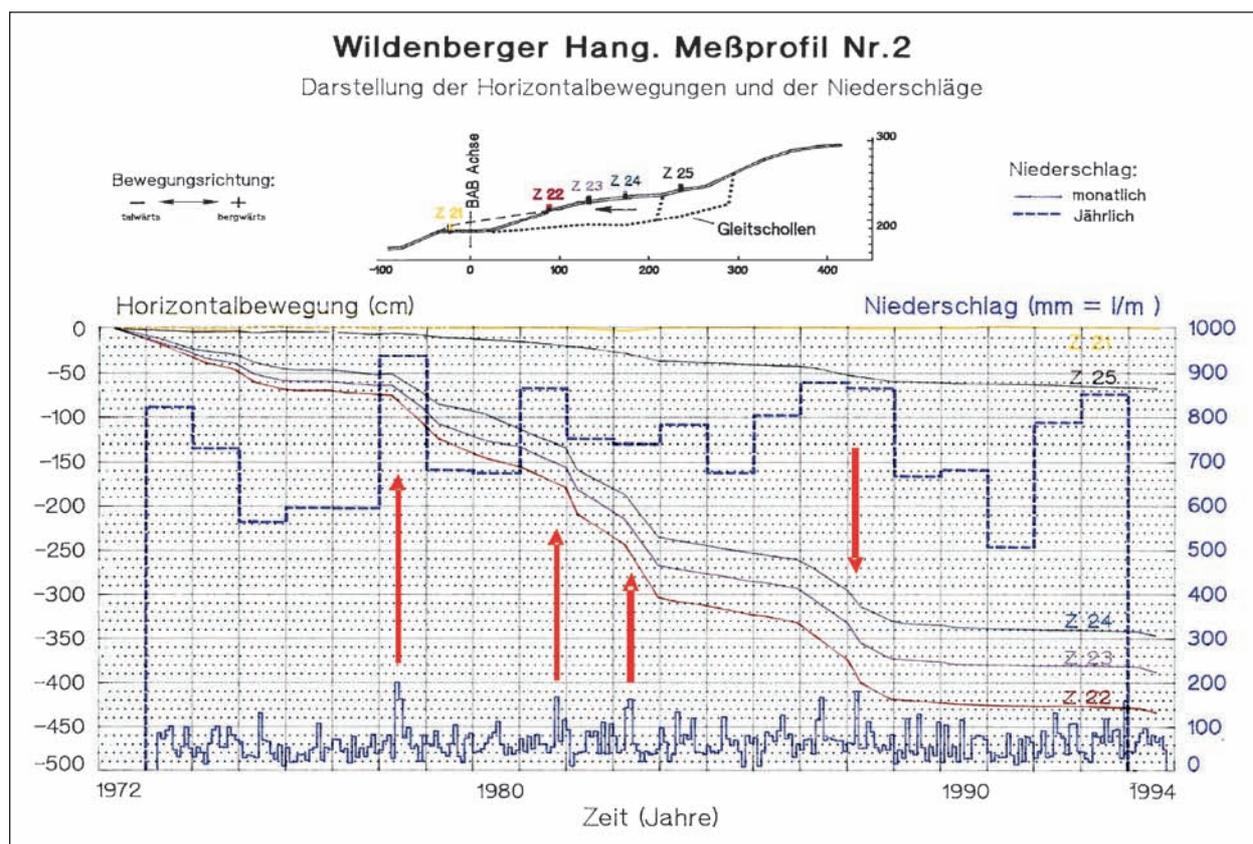


Bild 7: Verformungsmessungen des Profils 2 und Niederschläge

nigungsspur. Eine technische Stabilisierung ist wegen der großen Ausdehnung des Schadensfalls nicht möglich.

Bei der Anlage und Entwicklung solcher Massenumlagerungen waren die klimatischen und deswegen auch besonderen bodenmechanischen Bedingungen der Eiszeit mit Auftauphasen über Dauerfrostböden und der Zeitfaktor entscheidend.

Bereits 1972 ist zur Überprüfung der Rutschbewegungen und Verformungen ein umfangreiches Netz von Messprofilen und Fixpunkten eingerichtet worden (Bild 6).

Die Messungen haben gezeigt, dass die Verformungen in den Messprofilen sehr unterschiedlich groß sind. Die seit 1972 durchgeführten geodätischen Messungen zeigen, dass die Intensität der Bewegungen in einem direkten Verhältnis zu den Niederschlägen steht (Bild 7).

Während in trockenen Perioden praktisch keine Bewegungen zu verzeichnen sind, steigen die Bewegungen insbesondere nach starken und lang anhaltenden Niederschlägen sprunghaft an. Exemplarisch werden im Folgenden die geodätischen Mess-

ergebnisse in Profil 2 und die Auswirkungen der Rutschungen auf das Brückenbauwerk 30/4 beschrieben.

Als Ursache für diese Bewegungen kann das Eindringen von Regenwasser in das Gleitflächensystem des Rutschkörpers angesehen werden. Übersteigt die sich einstellende Wassersäule einen bestimmten kritischen Wert, wird die Standsicherheit des Hanges nicht mehr gewährleistet und der Hang gerät in Bewegung. Diese Bewegungsschübe klingen jedoch wieder ab, wenn die Wassersäule durch die Bewegung bzw. durch Rückgang der Niederschläge geringer wird und unter den kritischen Wert fällt. Bedingt durch die langen und fast waagerechten Gleitflächen kann ein plötzliches Versagen, das zu einer unmittelbaren Gefährdung der Sicherheit auf der Autobahn führen könnte, ausgeschlossen werden.

Das im Auslaufbereich der Rutschung im Osten als Bogenbrücke errichtete Überführungsbauwerk ist durch die Hangbewegungen im Laufe der Zeit ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen worden (Bild 8).

Nach Überschreitung des kritischen Überhöhungsmaßes des Bogenbauwerks von ca. 8 cm und dem

Auftreten von Rissen im nördlichen Widerlager musste das Bauwerk saniert werden. Gleichzeitig dazu wurde im Jahre 1988 zum Schutz gegen weitere Bewegungen oberhalb des Bauwerks eine Reihe von 14, 20 m langen Bohrpfählen eingebaut.

Ein Teil der Pfähle wurde mit Inclinometermessrohren ausgestattet, sodass die Verformungen der Pfähle gemessen werden konnten (Bild 9).



Bild 8: Bauwerk BW 30/4 mit Schaden am talseitigen Widerlager

Betrachtet man die Verformungen der Gehwegkappen, die am Ende gespannt waren wie ein Flitzebogen, so erkennt man, dass die Pfähle die Hangbewegungen im Bauwerksbereich höchstens etwas verzögert haben, aufhalten konnten sie sie jedoch nicht (Bild 10).

Die Verformungen der Inclinometer zeigten Kriechgeschwindigkeiten von bis zu 10 cm pro Jahr. Nachrechnungen der bodenmechanischen Kennwerte ergaben, dass das Hangwasser als treibende Kraft angesehen werden kann. Es können quasi drei Phasen der Verschiebungen identifiziert werden. Zu Beginn der Messungen nach dem Einbau der Bohrpfähle folgte eine Konsolidierungsphase. Nach Februar 1994 wuchsen die Verschiebungen sprunghaft wieder an (Bild 11).

Nach den niederschlagsreichen Jahren 1992 und 1993 wurden durch einen Grundwasseranstieg latente Gleitflächen reaktiviert. Diese Reaktivierung wird zunächst durch die Pfähle wieder abgefangen. Ab März 1997 zeigt sich jedoch ein überproportionales Anwachsen der Verschiebungen mit einem parabelförmigen Verlauf. Die Hangbewegung unterliegt also seit 1997 einer gleichmäßigen Beschleunigung mit maximalen Geschwindigkeiten bis zu 33 mm pro Jahr. Ein Versagen der Bohrpfähle wurde damit dokumentiert.

4 Fazit

In den nächsten 40 Jahren ist in Baden-Württemberg mit einem erheblichen Anstieg der Starkniederschläge in der vegetationsarmen Zeit zu rechnen. Aus den Erfahrungen mit Rutschungen in

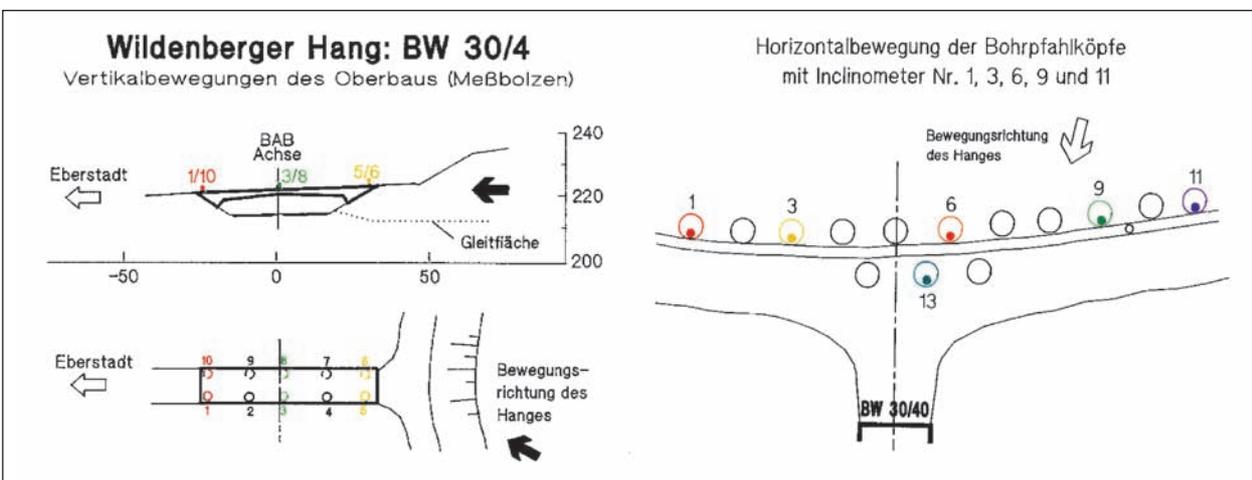


Bild 9: Schematische Darstellung der Bewegungsrichtungen des Bauwerks BW 30/4

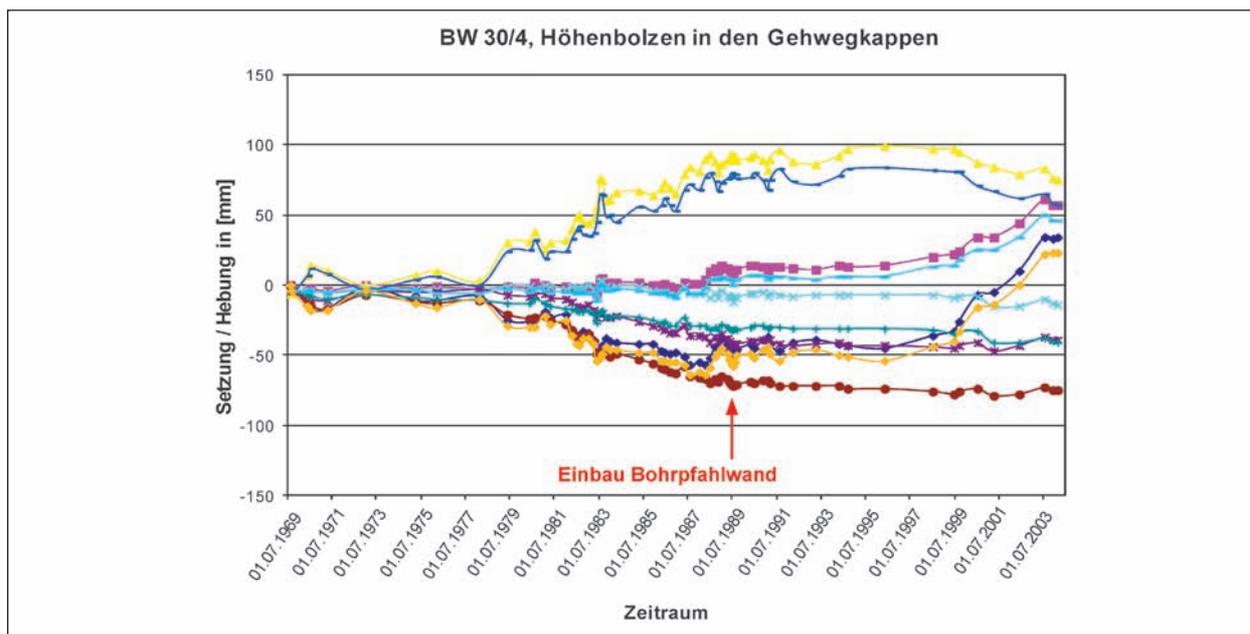


Bild 10: Verformungsmessungen der Höhenbolzen in der Gehwegkappe des Bauwerks BW 30/4

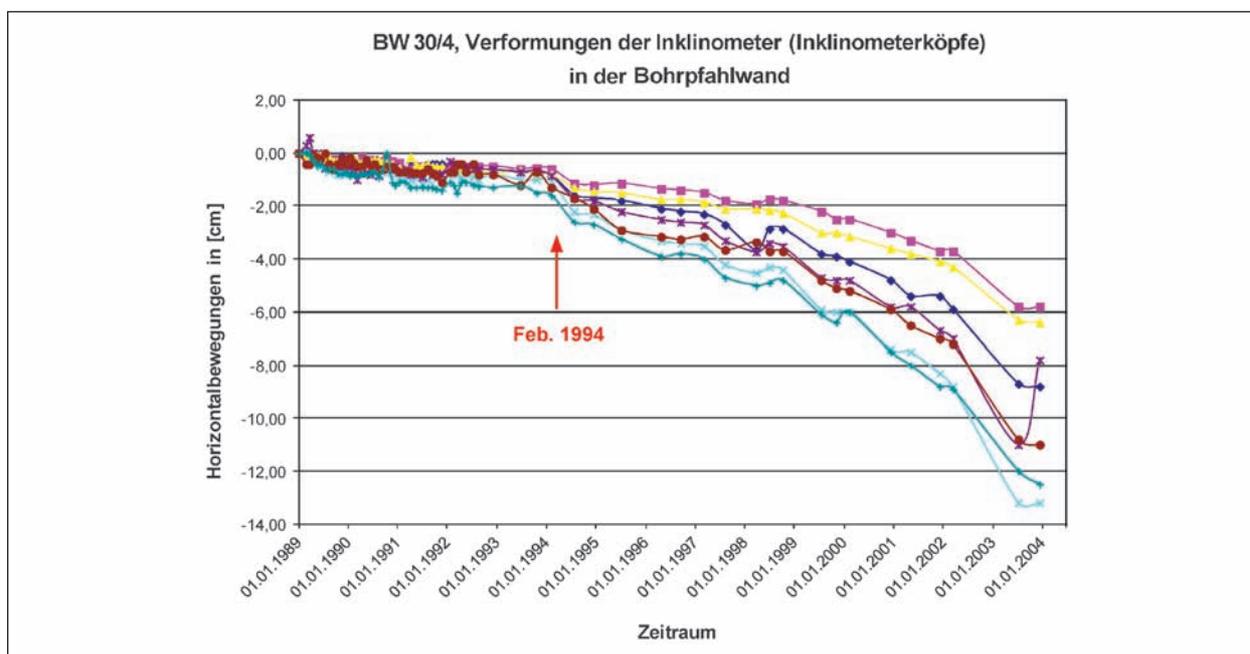


Bild 11: Verformungsmessungen der Inklinometer in der Bohrfahwand bei Bauwerk BW 30/4

Baden-Württemberg, insbesondere aus den langen Messreihen vom Wildenberger Hang, kann folgendes Fazit gezogen werden:

- Die Abhängigkeit der Rutschneigung von den Niederschlägen, insbesondere von Starkniederschlägen, ist belegt.
- In Baden-Württemberg erfolgen über 50 % der Schadensfälle in den Monaten Dezember bis März.
- Bereits geringe Änderungen der Risikofaktoren können sog. „schlafende Riesen“ (fossile Rutschungen) wecken.
- Betroffen sind bestehende Hänge und Böschungen sowohl in veränderlich festen Gesteinen als auch im harten Fels (Wasserdrücke).
- In Baden-Württemberg ist in den nächsten 40 Jahren mit einer erheblichen Zunahme von Rutschungsereignissen zu rechnen.

Diskussion

Herr Schroeder brachte den in Rheinland-Pfalz schon erprobten Vorschlag ein, Rutschungen durch eine „schiffsbugartige“ Bohrpfahlwand von Bauwerken abzuleiten.

Herr Brodbeck erklärte, dass eine als „Schiffsbug“ ausgebildete Bohrpfahlwand Rutschungen in diesem Fall nicht verhindern kann und dass der Abriss der Brücke bereits diskutiert wurde.

Dipl.-Ing. Stefan Zodet
Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz,
Kaiserslautern

Straßenbau in rutschgefährdeten Schichten am Beispiel der B 47 – Umgehungsstraße Eisenberg

1 Einleitung

Im Jahre 2008 wurde die Umgehungsstraße Eisenberg im Zuge der Bundesstraße Nr. 47 (B 47) nach mehr als 30-jähriger Planungs- und Bauphase dem Verkehr übergeben. Mit dem Bau der Umgehungsstraße wurde bereits Ende der 70er Jahre begonnen. Das Straßenbauprojekt wurde damals wegen erheblicher Probleme im Zusammenhang mit der Durchfahrung eines Rutschgebietes eingestellt und knapp 25 Jahre später abgeschlossen.

Die rund 3,3 km lange Umgehungsstraße soll die Stadt Eisenberg von etwa 9.500 Fahrzeugen entlasten, die täglich auf der B 47 fahren.

Im Jahre 1977 wurde mit dem Erdbau begonnen. Am Beginn der Baustrecke wurde ein etwa 11 m tiefer Einschnitt aufgefahen. Hierbei wurde ein altes fossiles Rutschgebiet gequert, welches in der ersten Bauphase die Erdbauer immer wieder vor große

Probleme stellte. Nachdem ca. 17.000 m³ an Bodenmassen in den neu aufgefahenen Einschnitt abgerutscht waren, wurden die Bauarbeiten seinerzeit unterbrochen. Das Umgehungsstraßenprojekt wurde erst in den Jahren zwischen 2005 bis 2008 vollendet.

2 Geologischer Überblick

Die Stadt Eisenberg liegt in einer Senke, die geologisch gesehen von verhältnismäßig jungem Alter ist. Das „Eisenberger Becken“ ist während des Tertiärs zusammen mit der Bildung des Mainzer Beckens und des Rheintalgrabens entstanden. Im jüngeren Tertiär wurden zunächst Tone, später auch mächtige Klebsande aufgefüllt. Unter den Tönen bzw. Ton-Schluffgemengen stehen Schichten des Oberen Buntsandsteins an. Während im östlichen Teil der Baustrecke der Festgesteinshorizont etwa in Tiefen von 60-70 m anzutreffen ist, steigt der Felshorizont nach Westen hin deutlich an. Am Bauanfang tritt der Buntsandsteinfels z. T. oberflächennah auf.

2.1 Geologie im Gebiet des Bahlenberg-Einschnittes

Der geologische Aufbau im Einschnittsbereich ist recht unterschiedlich. Außerdem wird hier ein altes fossiles Rutschgebiet durchfahren, was in der Vergangenheit schließlich zu dem angesprochenen Baustopp geführt hat.

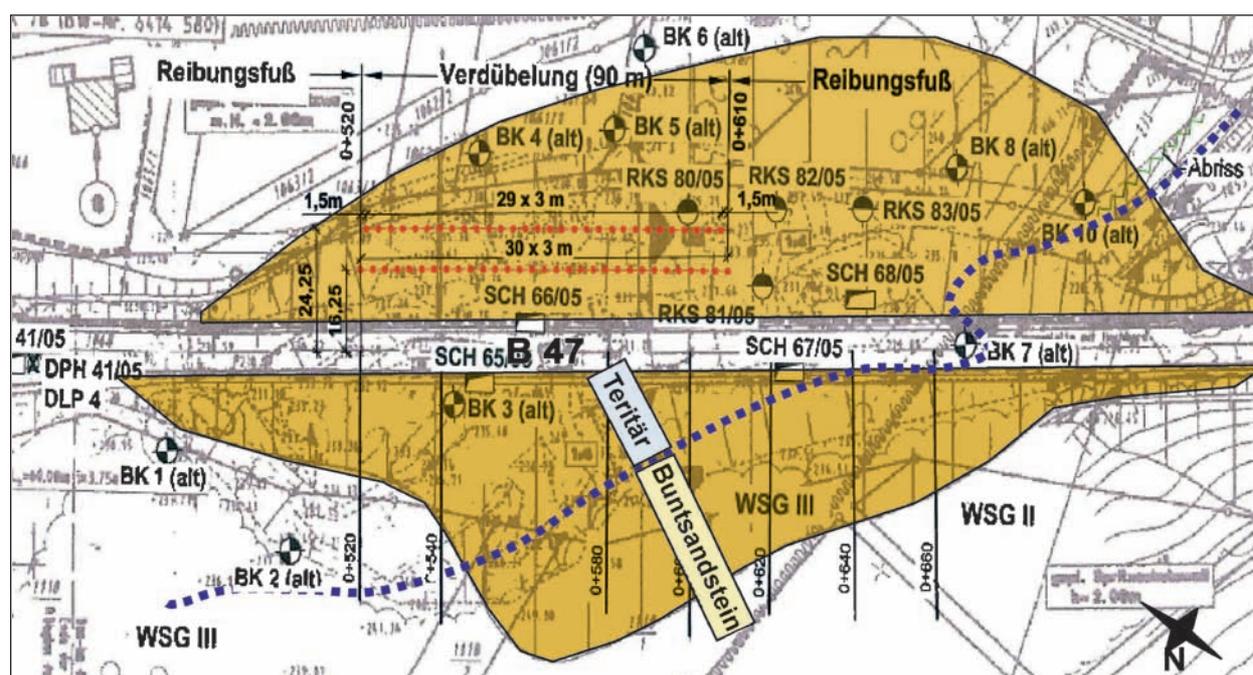


Bild 1: Gebiet des Bahlenbergs

Im Gebiet des Bahlenbergs besteht der Untergrund aus nach Nordosten flach einfallenden Schichten des Buntsandsteins und Schichten des Tertiärs (mitteloligozäner Schleichsand). Beide werden noch von jüngeren (quartären) Deckschichten überlagert. Im nordöstlichen Bereich des Einschnitts besitzt der Buntsandstein gegenüber den tertiären Ablagerungen einen Versatz von etwa 20 m bis 25 m.

Die Tertiärschichten sind z. T. bereits durch alte (fossile) Rutschungen umgelagert worden. Die Rutschungen haben ausschließlich die Tertiär- bzw. die Deckschichten erfasst sowie auf der südwestlichen Böschung den Grenzbereich zwischen dem Tertiär und dem Buntsandstein.

2.2 Rutschungssanierung für den Straßenbau

Bei den Erdarbeiten für den rund 220 m langen Einschnitt wurden die Einschnittsböschungen für die Straße zunächst unter 1:1,5 ($\approx 33^\circ$) angelegt. Dabei wurden alte Rutschungen aktiviert. Trotz Abflachung der Böschungen auf 1:2,5 ($\approx 22^\circ$) während der ersten Bauphase setzten sich die Rutschbewegungen fort und führten Ende der 70er Jahre letztendlich zur Einstellung der Bauarbeiten.

Maßgebend für die instabilen Zustände der Einschnittsböschungen sind die Scherfestigkeiten im Ton, und hier vor allem die (Rest-)Scherfestigkeit, die nach Überbeanspruchung vorliegt. Die Böschungswinkel der Einschnittsböschungen hatte sich im Laufe der Jahre etwa bei 11° bis 15° eingestellt, was dem ermittelten Laborwert für die (Rest-)Scherfestigkeit der Tertiärtone entspricht.

Im Jahr 2005 wurden die Bauarbeiten an der Umgehungsstraße wieder aufgenommen. Im Gebiet des Bahlenbergs wurden konstruktive Sicherungsmaßnahmen sowohl an der nordöstlichen Böschung wie auch an der südwestlichen Böschung durchgeführt.

Bei der nordöstlichen Böschung erfolgte die Sanierung durch eine Verdübelung mit Bohrpfählen. Dazu wurden auf knapp 90 m Länge insgesamt 61 Großbohrpfähle ($\varnothing 120$ cm) eingebaut. Die Pfähle wurden in zwei Reihen hintereinander angeordnet, wobei die Pfähle der vorderen Pfahlreihe jeweils 13 m und die der hinteren Reihe jeweils 15 m lang ausgeführt wurden. Die Pfähle der beiden Pfahlreihen sind gegeneinander versetzt. Der Abstand der Pfähle beträgt in Längsrichtung je 3 m – die Pfahlreihen besitzen einen Abstand von 8 m zueinander.

Bei der ausgeführten Sanierung wurde das Prinzip der „mitgehenden Sicherung“ gewählt, d. h., geringe Verschiebungen wurden zugelassen. Der tertiäre Ton bildet einen fließfähigen Boden – die Pfähle wirken als Dübel. Die Dübel wurden „oben“ und „unten“ als eingespannt angenommen. Die obere Einspannung bildet ein Kopfpolster aus einer flächig auf der Böschung aufgetragenen groben Gesteinsschüttung (siehe Bild 2).

Bei der südwestlichen Einschnittsböschung war ursprünglich nur eine Böschungsabflachung auf 1:4 vorgesehen. Beim Aushub bis auf die Einschnittssohle wurde dort eine weitere Rutschung aktiviert. Die Abmessungen der Rutschscholle lagen bei rd. 80 m in Längsrichtung sowie ca. 50 m in der Tiefe (siehe Bild 3).

Die Rutschung auf der Südwestseite wurde durch den Einbau von 23 unbewehrten Betonstützscheiben saniert. Die Scheiben wurden im Abstand von 4,5 m angeordnet und 4 m lang sowie 4 m tief her-



Bild 2: Sanierung der nordöstlichen Böschung



Bild 3: Aktivierter Rutschung (südwestliche Böschung)

gestellt. Zusätzlich wurde die Böschung auf 1:5 abgeflacht.

Die Kosten für die Sanierung lagen bei etwa 1 Mio. Euro.

3 Böschungsschäden durch Ausspülungen und Erosion

Im weiteren Streckenverlauf befindet sich ein weiterer Einschnittsbereich, bei dem es schon während der Bauausführung zu Schäden an den Einschnittsböschungen kam. Unter einer dünnen Deckschicht aus Terrassensedimenten stehen dort mächtige Tertiärtone an, die tertiären Sanden aufliegen. In den Sanden kam es verstärkt zu Ausspülungen und infolgedessen zu Ausbrüchen in den Böschungen. Zunächst wurden die betroffenen Bereiche durch den Einbau von Schotterplomben gesichert. Auch in der Folgezeit traten vermehrt Schäden an den Einschnittsböschungen auf. Betroffen

waren davon ca. 30.000 m² Böschungfläche. Neben dem Einbau weiterer Schotterplomben wurden überwiegend Erosionsschutzmatten (Bild 4) aufgebracht. Trotz dieser Sicherungsmaßnahmen kam es an den Böschungen immer wieder zu Böschungsausbrüchen. Die Sanierung dieser Stellen erfolgte schließlich durch den Einbau von Heckenbuschlagen auf rd. 12.500 m² Böschungfläche (Bild 5). Auf einem kleineren Teilabschnitt wurden außerdem auf der Böschung Schafwolle-Erosionsmatten verlegt.

Während des Winters kam es erneut zu kleineren Ablösungen innerhalb der Böschungen. Die Stellen wurden durch den Einbau weiterer Schotterplomben (ca. 10.000 m² Böschungfläche) saniert.



Bild 4: Erosionsschutzmatte als Sicherung



Bild 5: Einbau von Heckenbuschlagen

Dr. rer. nat. Andreas Gidde
Landesbehörde für Straße und Verkehr, Hannover

Niederschlagsabhängige Böschungsschäden in Niedersachsen

Schäden an Böschungen verursachen erhebliche Kosten und stellen unter ungünstigen Umständen eine Gefahr für den Straßenverkehr dar. Bei Böschungsschäden sind in Niedersachsen wiederkehrende Szenarien beobachtet worden, die in unmittelbarem Zusammenhang mit Niederschlägen stehen. Ein typisches Szenario tritt im Bergland auf und kann folgendermaßen beschrieben werden:

Es handelt es sich um Straßen, die im Anschnitt liegen und deren Neubau meist weit über hundert Jahre zurückliegt. Zu Beginn als kleinere Straßen angelegt, wurde hierfür zunächst nur der Fels angeschnitten. Mit zunehmender Verkehrsbelastung sind diese Straßen sukzessive ausgebaut worden. Die Verbreiterung der Straße erfolgte meist durch eine Anschüttung des vorhandenen Felsanschnitts. Ein Teil der Straße liegt daher auf Festgestein und ein Teil auf der Anschüttung. Die Qualität des verwendeten Schüttmaterials ist sehr variabel und besteht aus verfügbaren Böden oder Baustoffen der näheren Umgebung. Im günstigen Fall wurde gebrochenes Festgestein eingebaut, häufig kamen je-



Bild 1: Beispielhaft ist auf dem Bild ein Einschnitt im Buntsandstein mit einer Wechsellagerung aus Sand- und Tonstein und Schichteinfallen in Richtung Straße zu sehen. Das Wasser tritt oberhalb der eingeschalteten Tonsteinschichten aus

doch feinkörnige Böden zum Einsatz. Die geologischen Schichten fallen in Richtung Straße ein. Das bergseitig versickernde Niederschlagswasser fließt auf den Schichtflächen in Richtung Straße (Bild 1) und dringt unterhalb dieser in die Dammschüttung ein (Bild 2). Drainageeinrichtungen wurden üblicherweise nicht eingebaut.

Probleme ergeben sich bei dieser Konstellation, wenn das Anschüttmaterial aus feinkörnigem Boden besteht. Durch den Wasserzufluss weicht

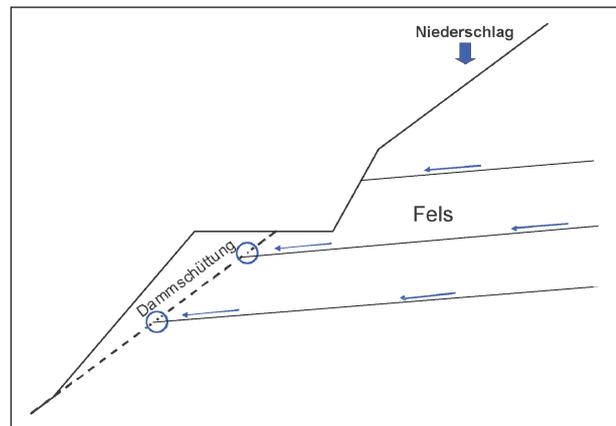


Bild 2: Schichtenwasser tritt unterhalb der Straße aus dem Fels in die Dammschüttung ein



Bild 3: Risse im Straßenoberbau, verursacht durch eine instabile Böschung/Anschüttung

der Boden auf und verliert zunehmend seine Tragfähigkeit. Die Folge sind Böschungsschäden unterschiedlicher Art. Im Regelfall treten Risse in der Fahrbahn auf (Bild 3); im ungünstigsten Fall kann die gesamte Anschüttung plötzlich abrutschen (Bild 5). Die wichtigsten Faktoren stellen die zufließenden Wassermengen und die Qualität der Anschüttung dar.

Die Instabilität einiger Böschungen ist neben den Fahrbahnrisse auch am Säbelwuchs des Baumbestandes erkennbar (Bild 4)

Im südlichen Niedersachsen trat an der Bundesstraße 3 nördlich Hannoversch Münden im Januar 2003 eine Böschungsrutschung auf, bei der die talseitige Straßenseite über Nacht vollständig abrutschte (Bild 5). Personenschaden war glücklicherweise nicht zu verzeichnen.

Bei der Schadensanalyse konnte Folgendes festgestellt werden:

- Die Straße verläuft im Anschnitt.



Bild 4: Säbelwuchs an instabiler Böschung



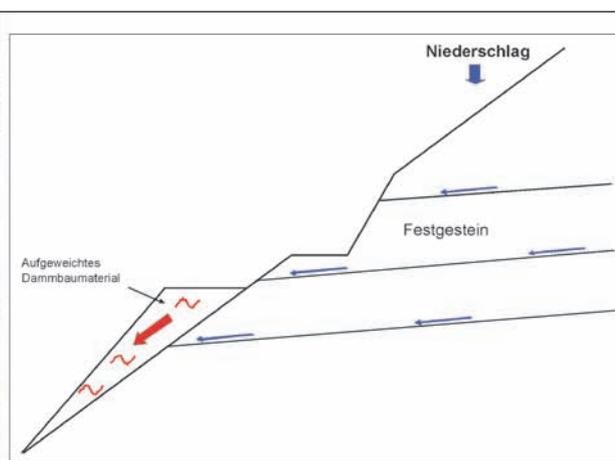
Bild 5: Plötzlicher Böschungsbruch durch Aufweichen von feinkörnigem Dammschüttmaterial

- Die Schichten des anstehenden Festgesteins fallen in Richtung der Böschung ein.
- Wasser tritt aus dem Festgestein und dem angeschütteten Material aus.
- Es ist keine Drainage vorhanden.
- Das Anschüttmaterial besteht aus wasserempfindlichen feinkörnigen Böden.

Durch den Wasserzufluss unterhalb der Straße wurde das Anschüttmaterial stark aufgeweicht, was den vollständigen Verlust der Tragfähigkeit zur Folge hatte, sodass die Straße, wie in Bild 5 zu erkennen, schlagartig abrutschte.

Zur Schadensanalyse wurde auch die Aufzeichnung einer nahe gelegenen Wetterstation des Deutschen Wetterdienstes ausgewertet. Dabei konnte festgestellt werden, dass in den beiden Jahren vor dem Schadensereignis im Januar 2003, insbesondere in den Monaten Oktober bis Dezember, überdurchschnittlich hohe Niederschläge zu verzeichnen waren (siehe Tabelle 1). Dadurch entstand ein überdurchschnittlicher Wasserzufluss in das Dammbaumaterial. Folglich ist zu erklären, dass die Böschung, obwohl der Ausbauzustand bereits seit 20 Jahren Bestand hatte, erst im Januar 2003 plötzlich nachgab.

Im niedersächsischen Bergland gibt es relativ häufig Straßen, die im Anschnitt liegen und ähnliche Randbedingungen wie oben beschrieben aufweisen. In aktuellen Klimamodellen werden insbesondere für das Winterhalbjahr zunehmende Niederschläge prognostiziert. Dies hätte zur Folge, dass an diesen Anschnitten vermehrt mit Schäden zu rechnen ist. Die Hauptursache der beschriebenen



Monatssummen des Niederschlags (RR-MoSu) in mm (L/m ²) Langjähriges Monatsmittel des Niederschlags in mm (L/m ²)				
Mon./Jahr	RR-MoSu 2001	RR-MoSu 2002	RR-MoSu 2003	langjähriges Monatsmittel 1961-1990
Jan.	59,3	62,3	98,6	59,6
Febr.	59,3	122,4	20,7	45,5
März	91,8	52,1	36,4	55,0
April	60,5	65,5	40,8	58,1
Mai	27,2	101,6	54,5	65,8
Juni	75,8	88,8	79,9	84,3
Juli	94,5	159,6	49,0	74,2
Aug.	41,6	38,0	16,7	68,6
Sept.	150,3	47,4	55,5	58,5
Okt.	56,8	113,1	72,1	50,4
Nov.	100,5	124,0	46,5	64,1
Dez.	110,6	96,8	79,5	78,9
Jahr	928,2	1.071,6	650,2	763,0
3-Monatsmittel (Okt.-Dez. [%])	138,5	172,6	102,4	100,0 (Referenzwert)

Tab. 1: Monatssummen des Niederschlags aus nahe gelegener Messstation (Quelle: DWD)

Böschungsschäden liegt nicht in der Klimaänderung, sondern vielmehr im fehlerhaften Dammbau, der sich jedoch durch zunehmende Niederschläge besonders negativ auswirkt.

Bauverträge mit funktionalen Anforderungen

Referenten

BDir Dipl.-Ing. Andreas Eisgruber

MR Dipl.-Ing. Siegfried Scheuer

BDir Dipl.-Ing. Andreas Eisgruber
Staatliches Bauamt Bamberg, Bamberg

MR Dipl.-Ing. Siegfried Scheuer
OBB im Bayerischen Staatsministerium des
Inneren, München

ZTV Funktion – E

6-streifiger Ausbau der A 6 im Raum Nürnberg

Ausgangslage

Bis zu 80 Jahre beträgt die rechnerische Lebenserwartung qualitätsbezogener Bauteile von Verkehrsanlagen wie Straßenunterbauten, Brückenwiderlagern oder Erdbauwerken. Demgegenüber umfasst eine Bauzeit von 3-5 Jahren, in der im Allgemeinen ein größeres Bauprojekt abgewickelt wird, einen verschwindend geringen Zeitraum. In dieser kurzen Zeitspanne werden jedoch die Weichen gestellt, ob „für die Ewigkeit“ gebaut oder eine ewige Baustelle geschaffen wird.

Ziele

Ziel ist die Herstellung von sicheren, dauerhaften und leistungsfähigen Straßen, die wirtschaftlich gebaut und dem Verkehrsteilnehmer im kompletten Lebenszyklus möglichst ohne Einschränkung zur Verfügung gestellt werden können. Ferner sollen sie dauerhaft den Anforderungen von Anliegern (z. B. Lärmschutz) sowie den gestiegenen Umweltauflagen (z. B. Gewässerschutz) genügen. Um dieses Ziel zu erreichen, können Funktionsbeiträge einen wertvollen Beitrag leisten.

Funktionsbauvertrag

Qualität der Verkehrsanlage

Bei Funktionsbauverträgen steht die Lebenszyklusbetrachtung einer Verkehrsanlage im Vordergrund. Sie umfasst dabei sowohl den Bau als auch die Erhaltung. Die Qualität der Verkehrsanlage wird am fertigen Bauwerk über den ganzen Erhaltungszeitraum erfasst. Hierzu werden funktionale Anforderungen an den Zustand einer Straße – wie z. B. Ebenheit, Griffigkeit der Straße, Höhenlage von

Lärmschutzwällen, Funktion von Entwässerungsanlagen und zukünftig auch an die Lärminderung ihres Straßenbelags – gestellt, vereinbart und im Erhaltungszeitraum in regelmäßigen Abständen überprüft. Ferner dürfen Schäden während des Erhaltungszeitraumes vorher festgelegte Schwellen nicht überschreiten.

Die geschuldete Bauleistung wird anhand eines Leistungsprogramms beschrieben. Dem Auftragnehmer wird es jedoch weitgehend selber überlassen, wie er das Bauwerk Straße herstellen und später erhalten will. Seitens des Bauherrn wird in der Bauphase lediglich eine „visuelle“ Bauüberwachung durchgeführt und geprüft, ob der Auftragnehmer die von ihm in seinem Angebot beschriebene Qualität auch einhält. Werden die funktionalen Anforderungen nicht erreicht oder liegen Schäden vor, muss der Auftragnehmer in Abhängigkeit der Zielabweichung für Abhilfe sorgen. Damit übernimmt der Auftragnehmer in viel größerem Umfang als bisher die Verantwortung für sein Werk.

Risikoverteilung

Der Auftragnehmer ist damit nicht nur für den Bau der Straße zuständig, sondern auch für die Erhaltung in einem definierten Zeitraum. Dieser liegt mit 15 bis 30 Jahren zwar immer noch unterhalb der Lebenserwartung der gesamten Verkehrsanlage, umfasst jedoch zumindest den Zeitraum, in dem das Kernstück – die Fahrbahnbefestigung – erhalten oder erneuert werden muss. Der Auftragnehmer übernimmt somit für einen wesentlichen Teil das Risiko der Erhaltung, das er durch die – im Idealfall ausschließlich von ihm gewählte – Bauweise bei der Herstellung der Verkehrsanlage bewusst steuern und beeinflussen kann. Dadurch steigt sein Interesse an einer hohen Bauqualität, um spätere Erhaltungsmaßnahmen – wie zum Beispiel Deckenerneuerungen – zu minimieren. Zudem übernimmt der Auftragnehmer Risiken, die er am besten beeinflussen kann. Dazu gehört auch das Bodenrisiko, wengleich auch nur im Rahmen des vom AG bereitgestellten Geotechnischen Berichtes.

Wirtschaftlichkeit

Bereits bei Angebotsabgabe legt der Bieter ein auf seine Bauweise abgestimmtes Erhaltungskonzept einschließlich der hierfür notwendigen Finanzmit-

tel vor. Diese werden dem späteren Auftragnehmer nach Fertigstellung des Bauwerks und seiner Inbetriebnahme zu bestimmten Zeitpunkten während des Erhaltungszeitraumes ausbezahlt, wenn er die vorher überprüften funktionalen Anforderungen erfüllt hat. Somit ist sichergestellt, dass die für die Erhaltung notwendigen Mittel zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung stehen und die Beeinträchtigungen für die Verkehrsteilnehmer minimiert werden.

Pilotprojekt A 6

In den letzten Jahren wurden bundesweit mehrfach Funktionsbauverträge geschlossen, allerdings in der Regel für Oberbauerneuerungen oder als Bestandteil von PPP-Modellen. Letztere beinhalten neben den funktionalen Bestandteilen auch private Vorfinanzierungen und häufig auch den Betrieb. Dies ist beim Pilotprojekt A 6 nicht der Fall.

Dieses Pilotprojekt umfasst den Bau und die Erhaltung des im derzeit geltenden Bedarfsplan für die Bundesfernstraßen vordringlich ausgewiesenen 6-streifigen Ausbauabschnitts der A 6 zwischen der Anschlussstelle Roth und dem Autobahnkreuz Nürnberg-Süd.

Die Autobahndirektion Nordbayern hat die in verschiedenen früheren Projekten bereits verwendeten funktionalen Vertragsteile um weitere Teile erweitert, darunter Lärmschutz, Entwässerung, Schutz- und Leiteinrichtungen und Landschaftsbau (Leistungsteil B). Das Pilotprojekt umfasst somit die gesamte Verkehrsanlage der A 6. Lediglich die notwendige Beseitigung des bestehenden Autobahnoberbaus und die anzupassenden kreuzenden Straßen, die in der Baulast Dritter stehen, wurden konventionell ausgeschrieben (Leistungsteil A). Auf Basis von Einheitspreisen werden auch die Gründungen für die Schilderbrücken sowie die Verkehrsführung abgewickelt. Sie sind nicht Bestandteil der funktionalen Teile des Vertrages.

Hierzu hat die Autobahndirektion Nordbayern das noch in Entwicklung befindliche technische Regelwerk für funktionale Anforderungen auf das Pilotprojekt A 6 zugeschnitten und auf Basis der Erfahrungen aus anderen Projekten die Vertragsunterlagen teilweise von Grund auf erneuert. Bei der im Entwurf vorliegenden ZTV Funktion-E waren dies insbesondere der Schadenskatalog für die Ermittlung und Beurteilung von Schäden während des Er-

haltungszeitraumes sowie die Ergänzung um die Landschaftspflege. Gemeinsam mit der ZTV Funktion-Ew werden auf diese Weise die Schnittstellen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer minimiert.

Das gesamte Projekt wurde intensiv mit der Obersten Baubehörde und dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung abgestimmt. Nach rund 1 1/4 Jahren zwischen Projektstart, Ausschreibung und Vergabe wurde Ende Januar 2009 der Vertrag geschlossen. Baubeginn war Mitte März 2009.

Der Auftragnehmer ist für den Bau und die Erhaltung der A 6 über einen Zeitraum von 25 Jahren verantwortlich. Der Auftrag beinhaltet eine zweischichtige offenporige Asphaltdeckschicht auf standardisiertem Oberbau, den Erdkörper mit Entwässerung, 4 Unterführungsbauwerke, aufwändige Lärmschutzanlagen – teilweise als Wall-Wandkombinationen – sowie Schutz- und Leiteinrichtungen und die Bepflanzung. Bei Vertragsschluss wurde vereinbart, wie der Auftragnehmer die Qualität sichern will. Grundsätzlich war die Anwendung der technischen Regelungen der konventionellen ZTV gefordert, bei Abweichungen hätten die Bieter die Gleichwertigkeit nachweisen müssen. Die Finanzierung erfolgt konventionell aus dem Bundesfernstraßenhaushalt, d. h. ohne Vorfinanzierung durch den Auftragnehmer.

Die Autobahndirektion Nordbayern ist weiterhin zuständig für den Betrieb und den Winterdienst des Autobahnabschnittes. Um eine klare Abgrenzung zwischen der vom Auftragnehmer durchzuführenden Erhaltung und dem von der Autobahndirektion abzuwickelnden Betrieb der Autobahn zu erreichen, wurden die Aufgaben exakt beschrieben und den jeweiligen Verantwortlichen zugeordnet. Damit wird sichergestellt, dass während der Vertragslaufzeit von 25 Jahren Klarheit über die Abgrenzung zwischen Erhaltung (Auftragnehmer) und Betrieb (Auftraggeber) besteht.

Mit der nun belaufenden Realisierungsphase wird sich zeigen, ob der Funktionsbauvertrag die in ihn gesetzten Erwartungen in eine wirtschaftliche, nutzerorientierte und lebenszyklusbezogene Bau- und Erhaltungsweise erfüllen kann. Die dabei gewonnenen Erfahrungen werden in die weitere Fortentwicklung des bislang nur in Pilotprojekten angewendeten Regelwerkes einfließen.

Diskussion

Frage:

Was passiert, wenn ein Bieter die Planfeststellung verändert?

Herr Eisgruber:

In unserem Fall traf dies nicht zu. Im Vertrag sollte aufgenommen werden, dass die Auflagen aus dem Planfeststellungsbeschluss eingehalten werden müssen.

Frage:

Wie ist die baupolizeiliche Funktion geregelt, z. B. hinsichtlich der Statik?

Herr Eisgruber:

Dem Auftragnehmer wird es weitgehend selbst überlassen, wie er das Bauwerk Straße herstellt und später erhalten will. Technische Anforderungen müssen eingehalten und dokumentiert werden. Seitens des Bauherrn wird in der Bauphase lediglich eine visuelle und formale Bauüberwachung durchgeführt. Das Amt darf keine Anweisungen geben. Die Verkehrssicherungspflicht bleibt beim Baulastträger (Leistungsteil A), z. B. Winterdienst, Öl auf der Fahrbahn. Die dauerhafte Wiederherstellung ist Pflicht des Auftragnehmers.

Dipl.-Ing. Kirsten Kunz
 Bundesanstalt für Straßenwesen,
 Bergisch Gladbach

Kurzbericht zur Fachexkursion

Für das nordbayerische Autobahnnetz mit einer Länge von ca. 1.320 Kilometern und ca. 2.960 Ingenieurbauwerken sind die Autobahndirektion, drei Dienststellen und 17 Autobahnmeistereien verantwortlich. Die Fachexkursion am 6. Mai 2010 gliederte sich in zwei Teile und wurde von der Autobahndirektion Nordbayern mit Sitz in Nürnberg organisiert.

1. Teil: Besichtigung der Verkehrs- und Betriebszentrale Fischbach

Ein Sachgebiet der Autobahndirektion Nordbayern ist die Verkehrs- und Betriebszentrale (VBZ) in Nürnberg-Fischbach. Dort wurden den Teilnehmern nach der Begrüßung der technische Aufbau der VBZ sowie die wichtigsten Aufgabengebiete und Funktionen in einem kurzen Filmbeitrag erläutert. Anschließend erfolgte die Besichtigung des Operatorraums mit der beeindruckenden Multifunktionswand.

Zu den Hauptaufgaben der VBZ gehören das Erstellen einer Verkehrssituationsübersicht und daran gekoppelt die zentrale Steuerung und Überwachung der Verkehrsbeeinflussungsanlage sowie des Autobahntunnels und der drei Lärmschutzeinhausungen. Für die Kommunikation der betriebs- und tunneltechnischen Anlagen sowie der verkehrstelematischen Systeme betreibt die VBZ Nordbayern eigene Netzwerke. Um einen Austausch von Daten und Informationen zu ermöglichen, sind die Stadt Nürnberg, Nürnberg Messe und das bayerische Behördenetz an das System angebunden.

Das System der Verkehrsbeeinflussung wird zum einen mittels Netzbeeinflussungsanlagen gelenkt. Zeichnen sich Engpässe ab, wird mit Hilfe von so genannten Wechselwegweisungen der Verkehr mit variablen Zielangaben umgeleitet oder der Standstreifen frei gegeben, damit der Verkehr wieder flüssiger läuft. Des Weiteren wird der Verkehr durch Streckenbeeinflussungsanlagen geleitet, die hoch belastete Streckenabschnitte vor Stau und anderen Gefahren warnen und gegebenenfalls für bestimm-

te Streckenabschnitte zulässige Höchstgeschwindigkeiten anzeigen. In den Knotenpunktbeeinflussungsanlagen wird der Verkehr im Bereich von Knoten mit über der Fahrbahn angeordneten Dauerlichtzeichen gelenkt.

Für die Verkehrsbeeinflussungsanlage werden an Streckenstationen neben der Fahrbahn die lokalen Verkehrsdaten (z. B. Geschwindigkeit, Fahrzeugmenge) und Umfelddaten (z. B. Nässe, Sichtweite) erfasst und diese an die Unterzentralen weitergeleitet.

In der Unterzentrale werden die Daten der Streckenstationen gesammelt, ausgewertet und an die Verkehrs- und Betriebszentralen weitergegeben. Zusätzlich werden die automatischen Verkehrsdaten manuell durch besondere Ereignisse, wie z. B. Stau oder Unfälle, ergänzt.

In der VBZ laufen alle Daten der Verkehrsbeeinflussungsanlage und der Messstellen zur Verkehrs- und Umfelddatenerfassung in einem übergeordneten Verkehrsrechner zusammen. Sämtliche Daten werden verarbeitet, eine Verkehrssituationsübersicht erstellt und in entsprechende Schaltbefehle zur automatischen Steuerung der Netzbeeinflussungsanlage umgesetzt. Hier werden auch die Datenerhaltung, Archivierung und Systemoptimierung zentral durchgeführt.

Des Weiteren laufen in der VBZ auch die Informationen über das Geschehen im Tunnel und den drei Einhausungen zusammen. Die Überwachung der Betriebstechnik wird zentral gesteuert und ist mit in die Streckenbeeinflussungsanlage eingebunden. Eine schnelle Reaktion, gegebenenfalls die Alarmierung von Einsatzkräften und manuelle Eingriffe in die Anlagen, wie beispielsweise die Sperrung eines Fahrstreifens, sind bei Bedarf möglich.

Weitere Aufgaben der VBZ sind die Auswertung und Bereitstellung der Wetterdaten für 20 Autobahnmeistereien und die technische und organisatorische Unterhaltung der Verkehrsanlagen und betriebstechnischen Anlagen in Nordbayern. In der Planung ist ein Ausbau der VBZ mit Anbindung neuer Streckenbeeinflussungsanlagen und einem Höchstmaß an Daten und Betriebssicherheit.

In der VBZ in Fischbach sind über 40 Beschäftigte im Einsatz. Davon sorgen ca. 17 Operatoren im Schichtdienst dafür, dass rund um die Uhr die verkehrstelematischen, betriebs- und tunneltechnischen Systeme auf den Bundesautobahnen in



Bild 1: Operatorraum mit der ca. 14 m² großen Multifunktionswand

Nordbayern nutzbar sind. Die Bedienung der Anlage findet im Operatorraum an der 2,40 x 6,00 m großen Multifunktionswand, bestehend aus 18 Projektionsmodulen, statt. Dadurch wird die ständige Beobachtung der angeschlossenen Systeme und der dynamisch aufgeschalteten Alarmbilder aus der Tunnelüberwachung ermöglicht.

2. Teil: Erdbaumaßnahmen an der BAB A 6 zwischen der Anschlussstelle Roth und dem Autobahnkreuz Nürnberg-Süd

Zunächst wurde den Teilnehmern der sechsstreifige Ausbau des sechs Kilometer langen Streckenabschnitts der BAB A 6 zwischen der Anschlussstelle Roth und dem Autobahnkreuz Nürnberg-Süd vorgestellt. Im August 2007 begannen die Vorarbeiten und erstmals im nordbayerischen Autobahnbau wurde ein Funktionsbauvertrag abgeschlossen. Dafür wurden aus früheren Projekten funktionale Vertragsbestandteile aufgegriffen und um zusätzliche Abschnitte erweitert. Die in der Entwicklung befindlichen Regelwerke, wie die ZTV Funktion Erdbau und Entwässerung wurden auf das Pilotobjekt zugeschnitten. Das gesamte Projekt wurde intensiv mit der Obersten Baubehörde und dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung abgestimmt. Nach ca. 1¹/₄ Jahren zwischen Projektstart, Ausschreibung und Vergabe konnte Ende Januar 2009 der Funktionsvertrag abgeschlossen werden. Dieser beinhaltet eine zweischichtige offenporige Asphaltdeckschicht auf standardisiertem Oberbau, den Erdkörper mit Entwässerung, vier Unterführungsbauwerke, aufwändige Lärmschutzanlagen sowie Schutz- und Leiteinrichtungen und die Bepflanzung.



Bild 2: Linienführung und Bauwerke der BAB A 6 im Bereich der Main-Donau-Kanalbrücke (Foto ABD Nordbayern)

Das Bauunternehmen hat sich durch den Funktionsbauvertrag verpflichtet, 25 Jahre lang für einen technisch einwandfreien und verkehrssicheren Zustand des Autobahnabschnittes zu sorgen. Die Streckenkontrollen sowie der Winterdienst verbleiben bei der Autobahnmeisterei Fischbach.

Seit März 2009 laufen die Bauarbeiten für den sechsstreifigen Ausbau. Die Verkehrsfreigabe ist für Herbst 2011 geplant. Bild 2 zeigt den Bauabschnitt der BAB A 6 im Bereich der Main-Donau-Kanalbrücke. Zunächst wurden die dreistreifige Fahrbahn in Fahrtrichtung Nürnberg und die südliche Brückenhälfte über den Main-Donau-Kanal gebaut. Für die 85 Meter lange Stabbogenbrücke wurden die Stahlbögen in der Werkshalle vorgefertigt. Die Endmontage fand auf einem Baufeld neben der Autobahn statt. In einem Filmbeitrag wurde das spektakuläre Einschwimmen der Brücke gezeigt. Es erforderte Präzisionsarbeit, den Längsverschub des südlichen Überbaus der Bogenbrücke über den Kanal durchzuführen. Die 700 Tonnen schwere Brücke wurde vom Baufeld mit Unterstützung von sechs Schwer-Lasttransportern zum Kanal transportiert. Mit Hilfe von Pontons, auf denen sich ein Hilfsgerüst mit Vorschublager befand, wurde die Brücke über den Main-Donau-Kanal verschoben



Bild 3: Südliche Brückenhälfte über den Main-Donau-Kanal



Bild 5: Fertigteile für die nördliche Main-Donau-Kanalbrücke



Bild 4: Erdbaumaßnahmen für die nördliche Fahrbahn- und Brückenhälfte



Bild 6: Material aus dem alten Lärmschutzwall

und auf die betonierten Wiederlager aufgesetzt. Der Kanal musste für diesen Zeitraum für die Schifffahrt voll gesperrt werden.

Die Exkursion führte anschließend zur Main-Donau-Kanalbrücke. Bild 3 zeigt die südliche Brückenhälfte, über die der gesamte Verkehr während dieser Bauphase geführt wird. In Bild 4 sind Erdbaumaßnahmen für die zurzeit im Bau befindlichen nördlichen Fahrbahn und Brückenhälfte zu sehen.

Bild 5 zeigt die Stahlträger der nördlichen Brückenhälfte auf dem Baufeld neben der Autobahn. Die Brückenteile werden angeliefert und vor Ort endmontiert. Für den Sommer 2010 ist das Einschwimmen der nördlichen Brückenhälfte geplant.

Für den Lärmschutzwall Kornburg ist eine Wall-/Gabionen-Wandkombination mit einer Länge von 4,7 Kilometer bis zu 11 Meter Höhe geplant. In der ursprünglichen Planung waren der Abtrag eines bewachsenen Walls und der Bau eines neuen Walls mit begrenzenden Gabionen unter Verwertung des alten Materials vorgesehen. Bei der Erkundung des bestehenden Lärmschutzwalls wurden jedoch Müll

und Bauschutt gefunden, Bild 6 zeigt Material aus dem alten Lärmschutzwall. Nach Abwägung der Kosten, die eine Entsorgung oder eine Wiederaufbereitung des Materials verursachen würde, und des hohen Zeitdrucks wurde sich für den Rückbau und die Aufbereitung entschieden. Die vermischten Abfälle des Walls wurden vor Ort getrennt und anschließend das zu verwertende Material gebrochen, gesiebt und sortiert. Durch die sorgfältige Aufbereitung mussten nur noch geringe Mengen schadstoffbelasteten Materials extern entsorgt werden.

Literatur

Lärmschutzwall Kornburg – Rückbau und Aufbereitung, LGA Institut für Umweltgeologie und Altlasten

Telematikeinsatz auf den Bundesautobahnen in Nordbayern, Autobahndirektion Nordbayern

Verkehrs- und Betriebszentrale Nordbayern, Autobahndirektion Nordbayern

**Teilnehmer am
42. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau
am 5. und 5. April 2010 in Nürnberg**

Baden-Württemberg

Dr. Brodbeck
Regierungspräsidium Stuttgart, Stuttgart
Nelson, OBR
Regierungspräsidium Karlsruhe, Karlsruhe

Bayern

Achtermann
Autobahndirektion Nordbayern, Nürnberg
Daschner
Autobahndirektion Südbayern, München
Danzer
Autobahndirektion Südbayern, Regensburg
Dr. Dietrich
Autobahndirektion Südbayern, München
Eisgruber, BDir
Staatliches Bauamt Bamberg, Bamberg
Hecke, BOR
Autobahndirektion Nordbayern, Würzburg
Hochsieder
Autobahndirektion Nordbayern, Bayreuth
Kohlepp
Autobahndirektion Nordbayern, Würzburg
Legominski
Autobahndirektion Nordbayern, Fürth
Lukas, BDir
Autobahndirektion Nordbayern, Bayreuth
Müller
Autobahndirektion Südbayern, München
Probst, BR
Autobahndirektion Nordbayern, Bayreuth
Rodehack, BDir
Autobahndirektion Südbayern, Kempten
Rott, BOR
Staatliches Bauamt Schweinfurt, Schweinfurt
Schütz, Pr
Autobahndirektion Nordbayern, Nürnberg

Till, BOR
Autobahndirektion Nordbayern, Fürth
Würker
Autobahndirektion Nordbayern, Nürnberg
Zimmermann
Autobahndirektion Nordbayern, Nürnberg

Brandenburg

Kelm
Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft
des Landes Brandenburg, Potsdam
Plehm
Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg,
Dahlwitz-Hoppegarten
Schüßler
Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg,
Hoppegarten

Hamburg

Latzer
Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer,
Hamburg

Hessen

Fiedel
Hessisches Amt für Baustoff- und Bodenprüfung,
Kassel

Niedersachsen

Dr. Gidde
Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau
und Verkehr, Hannover

Nordrhein-Westfalen

Dr. Dröge
Landesbetrieb Straßenbau NRW, Gelsenkirchen
Nowacka
Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes
Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

Rheinland-Pfalz

Schröder
Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz, Koblenz

Zodet
Landesbetrieb Straßen und Verkehr Kaiserslautern, Kaiserslautern

Saarland

Zaharanski
Landesbetrieb für Straßenbau, Neunkirchen

Sachsen

Dr. Lerch
LISt Gesellschaft für Verkehrswesen und ingenieurtechnische Dienstleistungen, Rochlitz

Schleswig-Holstein

Paulsen
Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr, Schleswig-Holstein, Kiel

Thüringen

Kirschner
Thüringer Landesamt Bau und Verkehr, Erfurt

DEGES

Hecht
DEGES, Berlin

BMVBS

Sieber, BOR
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

BASt

Blume
Bundesanstalt für Straßenwesen,
Bergisch Gladbach

Bürger
Bundesanstalt für Straßenwesen,
Bergisch Gladbach

Hillmann, RDir.
Bundesanstalt für Straßenwesen,
Bergisch Gladbach

Kunz
Bundesanstalt für Straßenwesen,
Bergisch Gladbach

Dr. Reichelt, PrProf.
Bundesanstalt für Straßenwesen,
Bergisch Gladbach

Wolf
Bundesanstalt für Straßenwesen,
Bergisch Gladbach

Zirngibl, DirProf
Bundesanstalt für Straßenwesen,
Bergisch Gladbach

BAW

Dr. Kayser
Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe

DB AG

Fischer
Deutsche Bahn Netz AG Zentrale,
Frankfurt am Main

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Straßenbau“

2001

S 22: 3. Bund-Länder-Erfahrungsaustausch zur systematischen Straßenerhaltung – Nutzen der systematischen Straßenerhaltung € 19,50

S 23: Prüfen von Gesteinskörnungen für das Bauwesen
Ballmann, Collins, Delalande, Mishellany,
v. d. Elshout, Sym € 10,50

2002

S 24: Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund - Konsolidationsverfahren -
Teil 1: Vergleichende Betrachtung von Konsolidationsverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund
Teil 2: Erfahrungsberichte über ausgeführte Straßenbauprojekte auf wenig tragfähigem Untergrund unter Verwendung von Konsolidationsverfahren
Koch € 17,50

S 25: 37. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 16,50

2003

S 26: Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund - Aufgeständerte Gründungspolster
Rogner, Stelter € 14,00

S 27: Neue Methoden für die Mustergleichheitsprüfung von Markierungsstoffen – Neuentwicklung im Rahmen der Einführung der ZTV-M 02
Killing, Hirsch, Boubaker, Krotmann € 11,50

S 28: Rechtsfragen der Bundesauftragsverwaltung bei Bundesfernstraßen – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 25./26. September 2000 in Saarbrücken € 13,00

S 29: Nichtverkehrliche Straßennutzung – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 24./25. September 2001 in Saarbrücken € 13,50

2004

S 30: 4. Bund-Länder-Erfahrungsaustausch zur systematischen Straßenerhaltung – Workshop Straßenerhaltung mit System – € 19,50

S 31: Arbeitsanleitung für den Einsatz des Georadars zur Gewinnung von Bestandsdaten des Fahrbahnaufbaues
Golkowski € 13,50

S 32: Straßenbaufinanzierung und -verwaltung in neuen Formen – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 23. und 24. September 2002 in Saarbrücken € 13,50

S 33: 38. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 17,50

S 34: Untersuchungen zum Einsatz von EPS-Hartschaumstoffen beim Bau von Straßendämmen
Hillmann, Koch, Wolf € 14,00

2005

S 35: Bauverfahren beim Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund – Bodenersatzverfahren
Grundhoff, Kahl € 17,50

S 36: Umsetzung und Vollzug von EG-Richtlinien im Straßenrecht – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ am 22. und 23. September 2003 in Saarbrücken € 13,50

S 37: Verbundprojekt „Leiser Straßenverkehr – Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche“
Projektgruppe „Leiser Straßenverkehr“ € 16,50

2006

S 38: Beschleunigung und Verzögerung im Straßenbau – Referate eines Forschungsseminars der Universität des Saarlandes und des Arbeitsausschusses „Straßenrecht“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen am 27./28. September 2004 in Saarbrücken € 16,50

S 39: Optimierung des Triaxialversuchs zur Bewertung des Verformungswiderstandes von Asphalt
Renken, Büchler € 16,00

S 40: 39. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 17,50

S 41: Chemische Veränderungen von Geotextilien unter Bodenkontakt – Untersuchungen von ausgegrabenen Proben
Schröder € 13,50

S 42: Veränderung von PmB nach Alterung mit dem RTFOT- und RFT-Verfahren – Veränderungen der Eigenschaften von polymer-modifizierten Bitumen nach Alterung mit dem RTFOT- und RFT-Verfahren und nach Rückgewinnung aus Asphalt
Wörner, Metz € 17,50

S 43: Eignung frostempfindlicher Böden für die Behandlung mit Kalk
Krajewski, Kuhl € 14,00

S 44: 30 Jahre Erfahrungen mit Straßen auf wenig tragfähigem Untergrund
Bürger, Blossfeld, Blume, Hillmann € 21,50

2007

S 45: Stoffmodelle zur Voraussage des Verformungswiderstandes und Ermüdungsverhaltens von Asphaltbefestigungen
Leutner, Lorenzl, Schmoeckel, Donath, Bald, Grätz, Riedl, Möller, Oeser, Wellner, Werkmeister, Leykauf, Simon € 21,00 -

S 46: Analyse vorliegender messtechnischer Zustandsdaten und Erweiterung der Bewertungsparameter für Innerortsstraßen
Steinauer, Ueckermann, Maerschalk € 21,00

S 47: Rahmenbedingungen für DSR-Messungen an Bitumen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Hase, Oelkers € 24,50

S 48: Verdichtbarkeit von Asphaltmischgut unter Einsatz des Walzsektor-Verdichtungsgerätes
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Wörner, Bönisch, Schmalz, Bösel € 15,50

2008

S 49: Zweischichtiger offenporiger Asphalt in Kompaktbauweise
Ripke € 12,50

S 50: Finanzierung des Fernstraßenbaus – Referate eines Forschungsseminars des Arbeitsausschusses "Straßenrecht" der FGSV am 25./26. September 2006 in Tecklenburg-Leeden € 15,50

S 51: Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Bestimmung der Haftfestigkeit von Straßenmarkierungsfolien
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Killing, Hirsch € 14,50

S 52: Statistische Analyse der Bitumenqualität aufgrund von Erhebungen in den Jahren 2000 bis 2005
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Hirsch € 16,00

S 53: Straßenrecht und Föderalismus – Referate eines Forschungsseminars des Arbeitskreises "Straßenrecht" am 24./25. September 2007 in Bonn € 15,50

S 54: Entwicklung langlebiger dünner Deckschichten aus Beton
Silwa, Roßbach, Wenzl € 12,50

S 55: Dicke Betondecke auf Schichten ohne Bindemittel (SoB/STSüB)
Leykauf, Birmann, Weller € 13,50

2009

S 56: Vergangenheit und Zukunft der deutschen Straßenverwaltung – Referate eines Forschungsseminars des Arbeitskreises "Straßenrecht" am 22./23. September 2008 in Bonn € 14,00

S 57: Vergleichende Untersuchung zweischichtiger offener Asphaltbauweisen
Ripke € 13,50

S 58: Entwicklung und Untersuchung von langlebigen Deckschichten aus Asphalt
Ludwig € 15,50

S 59: Bestimmung des adhäsiven Potentials von Bitumen und Gesteinsoberflächen mit Hilfe der Kontaktwinkelmessmethode
Hirsch, Friemel-Göttlich € 16,00

2010

S 60: Die Zukunftsfähigkeit der Planfeststellung – Referate eines Forschungsseminars des Arbeitskreises "Straßenrecht" am 21./22. September 2009 in Bonn € 15,50

S 61: Modell zur straßenbautechnischen Analyse der durch den Schwerverkehr induzierten Beanspruchung des BAB-Netzes
Wolf, Fielenbach € 16,50

S 62: 41. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 18,50

S 63: Vergleichsuntersuchungen zum Frosthebungsversuch an kalkbehandelten Böden, RC-Baustoffen und industriellen Nebenprodukten
Blume € 16,00

S 64: Griffigkeitsprognose an offenerporigen Asphalten (OPA)
Teil 1: Bestandsaufnahme an vorhandenen Strecken
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden. -
Rohleder, Kunz, Wasser, Pullwitt, Müller, Ripke, Zöller, Pöppel-Decker € 23,00 -

S 65: Untersuchungen von Dübellagen zur Optimierung des Betondeckenbaus
Freudenstein, Birmann € 14,00

2011

S 66: Qualitätssicherung von Waschbetonoberflächen
Breitenbücher, Youn € 14,50

S 67: Weiterentwicklung der automatisierten Merkmalerkennung im Rahmen des TP3
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden. -
Rohleder, Kunz, Wasser, Pullwitt, Müller, Canzler, Winkler € 16,50 -

S 68: Lärmindernder Splittmastixasphalt
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de> heruntergeladen werden.
Ripke

S 69: Untersuchung der Messunsicherheit und der Klassifizierungsfähigkeit von Straßenbelägen
Müller, Wasser, Germann, Kley € 14,50

S 70: Erprobungsstrecke mit Tragschichten ohne Bindemittel aus ziegelreichen RC-Baustoffen
Dieser Bericht liegt außerdem in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de> heruntergeladen werden.
Jansen, Kurz € 16,00

S 71: Enteignung für den Straßenbau – Verfahrensvereinheitlichung – Privatisierung,
Referate eines Forschungsseminars des Arbeitskreises "Straßenrecht" am 20./21. September 2010 in Bonn € 15,00

S 72: Griffigkeitsprognose an offenerporigen Asphalten - Teil 2: Neue Baumaßnahmen
Jansen, Pöppel-Decker € 15,00

S 73: Längsebenheitsauswerteverfahren "Bewertetes Längsprofil" – Weiterentwicklung der Längsebenheitsbewertung der Zustandserfassung und -bewertung
Maerschalk, Ueckermann, Heller € 18,50

2012

S 74: Verbundprojekt "Leiser Straßenverkehr 2" – Reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche
Projektgruppe "Leiser Straßenverkehr 2" € 30,50

S 75: Abschätzung der Risiken von Hang- und Böschungsrutschungen durch die Zunahme von Extremwetterereignissen
Krauter, Kumerics, Feuerbach, Lauterbach € 15,50

S 76: 42. Erfahrungsaustausch über Erdarbeiten im Straßenbau € 18,50

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.