

Prüfamt für Grundbau,  
Bodenmechanik,  
Felsmechanik und  
TunnelbauDirektor:  
Prof. Dr.-Ing. Norbert VogtBetriebsleitung:  
Dr.-Ing. Dirk Heyer  
Dipl.-Ing. Gerhard Bräu  
Dr.-Ing. habil.  
Jochen Fillibeck  
Dipl.-Ing. Roland Stiegeler  
Dr.-Ing. Emanuel BirleBaumbachstraße 7  
81245 München  
089 / 289-27 131, 133  
Fax: 289-27 189grundbau@bv.tum.de  
www.gb.bv.tum.de

**11741-By15**     **Bayerische Pilotprojekte zur ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“**  
Geotechnische Begleitung im Rahmen der beabsichtigten  
Vereinheitlichung der Boden- und Felsklassen in der VOB/C  
bzw. dem Ersatz durch sogenannte Homogenbereiche

Auftraggeber:     Oberste Baubehörde im  
Bayerischen Staatsministerium des Innern  
Abteilung IID9

Postfach 22 12 53  
80502 München

Bezug:             Vertrag Gz. IID9-43415 vom 10.01.2012

Textseiten:       36 Seiten  
Anlagen:           -

Verteiler:         2-fach und digital (Formate .doc und .pdf) an Auftraggeber

Textfile:          L:\...\11741\Projekte\_Bayern\Bericht-By15.doc

Bearbeiter:        Dr.-Ing. Dirk Heyer                     Tel.: 089 / 289-27 134  
                          Dr.-Ing. Peter Schwarz                 Tel.: 089 / 289-27 143

Zeichen:          Hy/Sz

Ort, Datum        München, 25.03.2013

Inhaltsverzeichnis

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Vorgang</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2</b>  | <b>Unterlagen</b>   | <b>3</b>  |
| <b>3</b>  | <b>Konzept der Neufassung der ATV DIN 18300</b>   | <b>4</b>  |
| <b>4</b>  | <b>Beschreibung der Pilotprojekte</b>   | <b>5</b>  |
| 4.1       | Pilotprojekt 1 (PP 1): St 2112; Pfarrkirchen – Simbach; Ortsumgehung<br>Neukirchen/Godlsham | 5         |
| 4.1.1     | Projektbeschreibung   | 5         |
| 4.1.2     | Bildung der Homogenbereiche   | 6         |
| 4.1.3     | Projektbezogene Erfahrungen   | 7         |
| 4.2       | Pilotprojekt 2 (PP 2): B 299; Pilsach – Trautmannshofen                                     | 9         |
| 4.2.1     | Projektbeschreibung   | 9         |
| 4.2.2     | Bildung der Homogenbereiche   | 9         |
| 4.2.3     | Projektbezogene Erfahrungen   | 13        |
| 4.3       | Pilotprojekt 3 (PP 3): St 2260: Schlüsselfeld, Ortsumgehung Aschbach                        | 15        |
| 4.3.1     | Projektbeschreibung   | 15        |
| 4.3.2     | Bildung der Homogenbereiche   | 15        |
| 4.3.3     | Projektbezogene Erfahrungen   | 19        |
| 4.4       | Pilotprojekt 4 (PP 4): B 15 neu; Neufahrn – Ergoldsbach                                     | 21        |
| 4.4.1     | Projektbeschreibung   | 21        |
| 4.4.2     | Bildung der Homogenbereiche   | 22        |
| 4.4.3     | Projektbezogene Erfahrungen   | 24        |
| <b>5</b>  | <b>Geotechnischer Bericht; Baugrundgutachten</b>  | <b>27</b> |
| 5.1       | Allgemeines   | 27        |
| 5.2       | Umfang der Aufschlüsse und Felduntersuchungen   | 28        |
| 5.3       | Umfang der Laboruntersuchungen und deren statistische Auswertung                            | 29        |
| 5.4       | Bildung von Homogenbereichen  | 30        |
| <b>6</b>  | <b>Aufstellung der Verdingungsunterlagen</b>  | <b>32</b> |
| 6.1       | Baubeschreibung   | 32        |
| 6.2       | Leistungspositionen   | 32        |
| 6.3       | Bodenbehandlungen als Nebenleistung   | 33        |
| <b>7</b>  | <b>Bauausführung</b>  | <b>34</b> |
| <b>8</b>  | <b>Abrechnung</b>   | <b>35</b> |
| <b>9</b>  | <b>Verbesserungsvorschläge zum Entwurf der ATV DIN 18300<br/>„Erdarbeiten“</b>              | <b>35</b> |
| <b>10</b> | <b>Zusammenfassung</b>  | <b>35</b> |

## 1 Vorgang

Der Vorstand des Deutschen Vergabe- und Vertragsausschusses für Bauleistungen (DVA) hatte am 24.05.2011 das Konzept des Hauptausschusses Tiefbau (HAT) zur Vereinheitlichung der Boden- und Felsklassen in der VOB/C zustimmend zur Kenntnis genommen, was letztendlich den Wegfall der Boden- und Felsklassen und einen Ersatz durch sogenannte Homogenbereiche bedeutet. Der HAT war um entsprechende Umsetzung bis Ende 2013 unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus Pilotprojekten und eines vertretbaren Untersuchungsaufwandes gebeten worden.

Über die anstehenden Pilotprojekte war in der 1. Sitzung der Betreuergruppe für Pilotprojekte ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“ des HAT am 12.07.2011 in Hannover erstmals beraten worden. Im Schreiben des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung vom 22.07.2011 waren die Obersten Straßenbaubehörden der Länder und die DEGES gebeten worden, geeignete Baumaßnahmen zur Durchführung von Pilotprojekten bis zum 16.09.2011 zu benennen. Voraussetzung für die Auswahl der Pilotprojekte war, dass aus zeitlichen Gründen eine Baugrunduntersuchung bereits vorliegen sollte und die Erdarbeiten in 2012 durchgeführt werden konnten.

Für die Bewertung der Baugrunduntersuchungen, für die Unterstützung bei der Bauvorbereitung (Ausschreibung und Vergabe) und der Bauausführung sowie für die zusammenfassende Berichterstattung über die Erfahrungen bei den bayerischen Pilotprojekten wurde von der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern als Sachverständiger für Geotechnik das Zentrum Geotechnik der Technischen Universität München beauftragt.

## 2 Unterlagen

- [U1] ATV DIN 18300 (E 2011), Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen, „Erdarbeiten“, Entwurf September 2011
- [U2] BMVBS, Erlass „Vereinheitlichung der Boden- und Felsklassen für die Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen (ATVn) in der VOB/C“, Durchführung von Pilotprojekten vom 25.07.2011
- [U3] Gutachten zu PP1: Prof. Dr.-Ing. Norbert Vogt TUM ZG, Projekt-Nr. 11741-By-PP1-10-GA: Gutachtliche Stellungnahme zur Festlegung der Homogenbereiche, Pilotprojekte Bayern ATV DIN 18300 "Erdarbeiten" Pilotprojekt 1, St 2112; Pfarrkirchen – Simbach a. Inn, Ortsumgehung Neukirchen/Godlsham vom 17.02.2012
- [U4] Gutachten zu PP1: Dr.-Ing. Detlev Schilling, Fürstenzell, Projektnummer: 0424209 Projekt: St 2112; Pfarrkirchen – Simbach a. Inn, Ortsumgehung Neukirchen/Godlsham, Strecke km 0+000 bis 1+500, BA I, Geotechnischer Bericht vom 16.03.2012
- [U5] Erfahrungsbericht zu PP1: StBA Passau, Herr Eicher, E-Mails vom 09.01.2013 und 28.01.2013
- [U6] Gutachten zu PP2: Prof. Dr.-Ing. Norbert Vogt TUM ZG, Projekt-Nr. 11741-By-PP2-10-GA: Geotechnisches Gutachten zur Festlegung der Homogenbereiche Pilotprojekte Bayern ATV DIN 18300 "Erdarbeiten" Pilotprojekt 2, B 299; Amberg – Neumarkt i.d.OPf., Ausbau zwischen Pilsach und Stieglitzenhöhe (BA II) vom 22.03.2012
- [U7] Erfahrungsbericht zu PP2, StBA Regensburg, Herr Dollhopf, E-Mail vom 21.11.2012

- [U8] Gutachten zu PP3: Prof. Dr.-Ing. Norbert Vogt TUM ZG, Projekt-Nr. 11741-By-PP3-10-GA: Geotechnisches Gutachten zur Festlegung der Homogenbereiche Pilotprojekte Bayern ATV DIN 18300 "Erdarbeiten" Pilotprojekt 3, St 2260; (Würzburg) B 19 – (Volkach) - Schlüsselfeld, Ortsumgehung Aschbach vom 27.01.2012
- [U9] Erfahrungsbericht zu PP3, StBA Bamberg, Herr Thomann E-Mail vom 15.11.2012
- [U10] Gutachten zu PP4: Baugeologisches Büro Bauer München, Geologisch – geotechnischer Bericht, B15 neu Regensburg-Landshut-Rosenheim Abschnitt Neufahrn-Ergoldsbach, Strecke Bau-km 32+000 bis 39+000 vom 25.03.2010
- [U11] Erfahrungsbericht zum PP4: Umsetzung der kommenden DIN 18300 (Homogenbereiche anstatt Bodenklassen) der ABD-S, DS Regensburg: Baumaßnahme B 15n, Regensburg - Landshut – Rosenheim, Abschnitt Neufahrn (St 2142 - Ergoldsbach (LA9) , ED3 vom 06.12.2012 und Ergänzung vom 29.01.2013

### 3 Konzept der Neufassung der ATV DIN 18300

Das Konzept zur Vereinheitlichung der Boden- und Felsklassen in der VOB/C ATV DIN 18300ff sieht letztendlich den Wegfall dieser Boden- und Felsklassen und als Ersatz eine Einteilung in sogenannte Homogenbereiche vor. Ein Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich von Boden oder Fels, dessen bautechnische Eigenschaften eine definierte Streuung aufweisen und sich von den Eigenschaften der abgegrenzten Bereiche abheben. Den Schwerpunkt der Beurteilung bilden also die bautechnischen Eigenschaften mit der Belegung der boden- bzw. felsmechanischen Parameter.

Erdarbeiten bestehen aus den Prozessen Lösen, Laden, Fördern, Behandeln, Einbauen und Verdichten. Bisher bezogen sich die Boden- und Felsklassen der ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“ nur auf die Prozesse Lösen, Laden und Fördern. Bei der Einteilung in Homogenbereiche sind zukünftig auch die Prozesse Behandeln, Einbauen und Verdichten einzubeziehen, d.h., dass auch die für diese Prozesse relevanten bautechnischen Eigenschaften und boden-/ felsmechanischen Parameter anzugeben sind.

Für die Homogenbereichen sind die folgenden die Bodeneigenschaften kennzeichnenden Beschreibungen und Parameter anzugeben:

1. Bodengruppe nach DIN 18196
2. Ortsübliche Bezeichnung
3. Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO 14688-2
4. Korngrößenverteilung nach DIN 18123
5. Wichte feucht und Wichte unter Auftrieb oder Dichte nach DIN 18125
6. Konsistenzen, Konsistenzgrenzen und Wassergehalte nach DIN 18121 und DIN 18122
7. Undränierete Scherfestigkeitsparameter nach DIN 18137 oder DIN 4094 – Teil 4
8. Lagerungsdichten nach DIN 18126 oder DIN 4094 – Teil 1 und 3
9. Organische Anteile (Glühverlust) nach DIN 18128

Für kleinere Erdarbeiten, z.B. Grabenarbeiten, Sportplatzbau, sind Angaben zu 1, 3, 6 und 8 ausreichend.

Für Homogenbereiche im Fels sind die folgenden die Felseigenschaften kennzeichnenden Beschreibungen und Parameter anzugeben:

1. Benennung nach DIN EN ISO 14689 – Teil 1
2. Ortsübliche Bezeichnung
3. Petrographie nach DIN 21920
4. Wichte nach DIN EN 1097 - 6
5. Trennflächengefüge und räumliche Orientierung nach DIN 14689 - 1
6. Verwitterungsgrad nach DIN 14689 - 1
7. Druckfestigkeiten nach DIN 18136 oder DIN EN 1926

Für kleinere Erdarbeiten im Fels, z.B. Grabenarbeiten, sind Angaben zu 3, 5 und 6 ausreichend.

Die Umstellung der ATV DIN 18300 von den Boden- und Felsklassen auf das Konzept der „Homogenbereiche“ hat wesentliche Einflüsse auf verschiedene Phasen in der Planung, Ausführung und Abrechnung einer Baumaßnahme. Als Erstes ist zunächst das Baugrundgutachten bzw. der geotechnischen Bericht davon betroffen, indem bereits die Erkundung mit den erforderlichen Feld- und Laboruntersuchungen auf dieses Konzept mit den zugehörigen Vorgaben abzustellen ist. Als Nächstes sind die Erkenntnisse aus dem geotechnischen Bericht in der Ausschreibung umzusetzen. Die tatsächliche Bauausführung ist dann von diesem Konzept weniger betroffen. Erst für die Abrechnung und die dafür erforderlichen Aufmaße bekommt das Konzept der „Homogenbereiche“ wiederum eine Bedeutung.

## **4 Beschreibung der Pilotprojekte**

### **4.1 Pilotprojekt 1 (PP 1): St 2112; Pfarrkirchen – Simbach; Ortsumgehung Neukirchen/Godlsham**

#### **4.1.1 Projektbeschreibung**

Das Pilotprojekt 1 liegt im Regierungsbezirk Niederbayern im Zuständigkeitsbereich der Servicestelle Pfarrkirchen des Staatlichen Bauamtes Passau. Die Staatsstraße St 2112 verbindet hier die Städte Pfarrkirchen und Simbach am Inn. Die geplante Ortsumgehung Neukirchen/Godlsham verlässt die bestehende Trasse der St 2112 etwa 1,8 km nördlich von Neukirchen, umfährt Neukirchen und Godlsham im Westen und wird ca. 850 m nach Godlsham wieder auf die bestehende Trasse eingeschleift. Die Baumaßnahme umfasst eine Gesamtstrecke von 4,9 km. Aufgrund der ausgeprägten Morphologie sind umfangreiche Geländemodellierungen erforderlich. Insgesamt werden 5 Bereiche durch Anschüttungen um bis zu 8,5 m (Bau-km 4+350) angehoben. In 5 Abschnitten ist ein Geländeabtrag bis zu 9,5 m (Bau-km 3+150) vorgesehen. Ferner sind 9 Brückenbauwerke bzw. Durchlässe projektiert. [U4]

In der vorliegenden Betrachtung wird der 1. Streckenabschnitt zwischen Bau-km 0+000 und Bau-km 1+500 behandelt. In diesem Bauabschnitt liegen zwei Einschnitte mit Tiefen von bis zu 6,0 m, zwei bis zu 6,5 m hohe Dammbereiche und ein Brückenbauwerk mit einer lichten Weite von 28,0 m.

In Tabelle 1 sind einige aus [U5] entnommene Grunddaten zum Pilotprojekt zusammengestellt.

|                     |   |
|---------------------|---|
| Auftraggeber        | Freistaat Bayern vertreten durch das Staatliche Bauamt Passau |
| Auftragnehmer       | Fa. Berger Bau GmbH   |
| Länge               | 1.400 m   |
| Kubatur Erdbewegung | 60.000 m <sup>3</sup>   |
| Bausumme            | Ca. 1,8 Mio € (Erd-/Oberbau, ohne Brücke)                     |

Tabelle 1: Grunddaten zum Pilotprojekt 1

#### 4.1.2 Bildung der Homogenbereiche

Auf Basis der bis zum 17.02.2012 vom örtlichen Gutachter, Büro für Geotechnik Dr. Detlef Schilling, ergänzend vorgenommenen Untersuchungen und festgestellten Schichten wurden die einzelnen zu erwartenden Böden und ihre Eigenschaften in bautechnischer Hinsicht mit den in [U3] vorgeschlagenen Homogenbereichen beschrieben und ergänzend beurteilt sowie in einem Längsschnitt durch unterschiedlich markierte Flächen (Signaturen) dargestellt.

Für die Ausschreibung wurde hierauf basierend und auf Grundlage weiterer Untersuchungsergebnisse (siehe [U4]) die in Tabelle 2 aufgeführte Einteilung der Homogenbereiche vorgenommen.

| Homogenbereiche | Bodenschichten   | Benennung von Böden und Fels   |
|-----------------|------------------|--|
| <b>A</b>        | Mutterboden      | Ton bzw. Schluff, sandig, zum Teil kiesig, organische Beimengungen   |
| <b>B</b>        | Auffüllung       | Ton, sandig, teilweise schwach kiesig bis kiesig, partiell organische Beimengungen, teilweise Fremdbestandteil (z.B. Ziegel- und Betonreste, Telefonkabelstrang und Asphalt) |
| <b>C</b>        | Teichsedimente   | Ton bzw. Schluff mit organischen Beimengungen, zum Teil feinsandig   |
| <b>D</b>        | Auelehm          | Ton, sandig, partiell organische Beimengungen  |
| <b>E</b>        | Lößlehm          | Ton, sandig, teilweise schwach organisch   |
|                 | Tertiärton       | Ton, schwach sandig bis sandig   |
| <b>F</b>        | Tertiärsand      | Sand, schluffig bis stark schluffig<br>Schluff, stark sandig   |
| <b>G</b>        | Konglomerat      | Massiger sedimentärer Fels, weitgehend vollkörnig, dicht mit sehr guter mineralischer Kornbindung, Gesteinshärte 7 und 8   |
|                 | Konglomeratreste | Steine und Blöcke  |
| <b>H</b>        | Tertiärkies      | Kies, sandig bis stark sandig, schwach tonig bis tonig   |
|                 | Straßenkörper    | Kies, sandig, zum Teil schwach schluffig   |

Tabelle 2: Tabellarische Übersicht über die Homogenbereiche gemäß [U4]

Die in [U4] als Homogenbereich G bezeichneten Konglomerate und Konglomeratreste waren ursprünglich aufgrund der geringen Untersuchungsichte, d.h. aufgrund der großen Abstände der Aufschlusspunkte nicht erkannt worden. Die Einstufung des alten Straßenkörpers in den Homogenbereich H ist zumindest aus formalen Gründen zu hinterfragen.

#### **4.1.3 Projektbezogene Erfahrungen**

Die nachfolgend beschriebenen projektbezogenen Erfahrungen wurden im Wesentlichen [U5] entnommen und geben somit vornehmlich die Erkenntnisse des Bauherrn wieder.

Eine interessante Besonderheit des Pilotprojektes 1 ist, dass in der Ausschreibung alle Leistungen, die für die Einbaubarkeit und Verdichtbarkeit der Böden notwendig werden würden (z.B. Zugabe von Bindemitteln, Lüften, Mischen usw.), als Nebenleistungen definiert wurden. Dies konnte nur aufgrund der differenzierten Bodenbeschreibung mit den Homogenbereichen in den geotechnischen Berichten auf Basis umfassender Labor- und Felduntersuchungen erfolgen.

##### ***Beschreibung der Homogenbereiche***

Die Erstellung des Baugrundgutachtens stellte sich aufwendiger als bisher dar. Die Einteilung der Homogenbereiche kann nicht nach rein objektiven Gesichtspunkten erfolgen, sondern muss gemeinsam vom Baugrundgutachter und dem Bauherrn erfolgen, wobei letztendlich bei diesem Pilotprojekt der Bauherr entschieden hat, welche Einteilung einer sachgerechten Ausschreibung am ehesten dienlich ist.

Die Beschreibung der Homogenbereiche für das Pilotprojekt 1 war hinreichend und verständlich. Es gab im Kalkulationszeitraum keine Anfragen der Bieter. Im Zuge der Bauausführung wurden die Homogenbereiche mit Ausnahme geringfügiger Abweichungen, die aber aufgrund der weiterhin punktuellen Erkundung nicht auszuschließen sind, wie beschrieben angetroffen.

##### ***Schichtgrenzen und Massen***

Die prognostizierten Schichtgrenzen der Homogenbereiche konnten auf der Grundlage stichprobenhafter Überprüfungen als zutreffend beurteilt werden. Es ergaben sich keine nennenswerten Massenänderungen.

Trotz des überdurchschnittlichen Untersuchungsaufwands für die Einteilung der Homogenbereiche im Baugrundgutachten war eine bei der Ausführung eines Einschnitts mögliche Instabilität der Böschung nicht erkannt worden. Diese führte zu einem Böschungsrutsch, der zu einer erheblichen Störung des weiteren Bauablaufes geführt hat. Die Ursache für den Böschungsrutsch beruht nicht auf einer fehlerhaften Einteilung der Homogenbereiche, sondern ist auf eine unzureichenden Erfassung und Beschreibung der Grundwasserverhältnisse zurückzuführen.

##### ***Aufwand***

Der Aufwand für die Ausschreibung und für die Vorbereitung des Bauvertrages war aufwendiger als üblich. Gleiches gilt auch für die Begleitung der Bauausführung durch den geotechnischen Sachverständigen. Dabei ist aber auch der Pilotcharakter des Projektes, d.h. die Neuartigkeit der Aufgabenstellungen zu berücksichtigen.

##### ***Erkenntnisse für künftige Untersuchungen***

Die Anzahl der Homogenbereiche wird durch die vorhandenen Baugrundverhältnisse und inwieweit sich die Böden bei den Erdarbeiten bestehend aus den Prozessen Lösen, Laden, Fördern,

Behandeln, Einbauen und Verdichten vergleichbar verhalten. Die Angabe einer Richtanzahl erscheint daher nicht sinnvoll zu sein.

### ***Kostenvergleich nach Beendigung der Baumaßnahme***

Nach Einschätzung des Bauherrn sind die Kosten bei der gewählten Vertragsgestaltung (Homogenbereiche) im vorliegenden Fall in etwa identisch mit den Kosten bei einer konventionellen Vertragsgestaltung (Boden- und Felsklassen). Die Ausschreibungserstellung und die Abrechnung wird zu keinen Mehrkosten beim PP1 (Vertragsvariante „Besondere Leistungen als Nebenleistungen“) führen.

Der Vertrag für die Baugrunduntersuchung wurde im vorliegenden Fall auf Grundlage der bisherigen Anforderungen gemacht. Zusatzkosten in Folge von weiterreichenden Untersuchungen werden nach Auskunft des Baugrundgutachters im vorliegenden Fall nicht entstehen bzw. verrechnet. Gleichwohl wird von Seiten des Verfassers des Baugrundgutachtens [U4] Baugrundgutachters prognostiziert, dass grundsätzlich schon mit einem Mehraufwand bei der Bestimmung der u.U. künftig zusätzlich anzugebenden Kennwerte und mit einem Mehraufwand bei der Erstellung des dann weitaus detaillierteren Geotechnischen Berichts zu rechnen sei. Die Größenordnung der Mehrkosten würde demzufolge bei 20 – 25 % liegen. Aber das Mehr an Qualität gibt eine gewisse Sicherheit, die sich in den Baukosten entsprechend positiv bemerkbar machen würde und somit von einer Kompensation dieser Mehrkosten in der Baugrunduntersuchung ausgegangen werden kann.

### ***Aussagen des Auftragnehmers***

Der Baugrund wurde wie beschrieben angetroffen. Mit Ausnahme der Folgen der Böschungsrutschung gab es keine Nachträge zum Erdbau. Die gewählte Art der Ausschreibung wird als sinnvoll beurteilt, da die Flexibilität des Auftragnehmers bei der Wahl des Einbauverfahrens, bei der Anpassung der Erdarbeiten an die Witterungsverhältnisse und beim Geräteeinsatz erhöht wird. In der Kalkulation wurde bezüglich der Witterung eine Risikobewertung vorgenommen und eingerechnet. Es wird seitens des Auftragnehmers sogar angeregt, noch einen Schritt weiter zu denken und Erdarbeiten mit entsprechend exakter Baugrundbeschreibung pauschal auszuschreiben.

### ***Abschließende Bemerkungen zum Pilotprojekt 1***

Die Festlegung aller Maßnahmen zur Einbaubarkeit und Verdichtbarkeit der Böden als Nebenleistung sollte für den Auftragnehmer aufgrund seines Fachwissens und seiner Erfahrung kein unverhältnismäßiges Risiko darstellen. Vielmehr kann so das Know-how der Baufirmen optimal genutzt werden, so dass dadurch erst technisch sinnvolle und wirtschaftliche Lösungen erzielt werden können. Der Bauvertrag wird transparenter, sicherer und gerechter. Spekulationsmöglichkeiten werden erheblich reduziert. Zudem wird das Aufmassverfahren deutlich vereinfacht. In dieser Kombination mit der Definition von Bodenbehandlungsmaßnahmen als Nebenleistung wird eine umfangreiche Baugrunderkundung und die Bildung von Homogenbereichen als durchaus sinnvoll erachtet.

## 4.2 Pilotprojekt 2 (PP 2): B 299; Pilsach – Trautmannshofen

### 4.2.1 Projektbeschreibung

Das Pilotprojekt 2 liegt im Regierungsbezirk Oberpfalz im Zuständigkeitsbereich des Staatlichen Bauamtes Regensburg. Die Bundesstraße B 299 verbindet hier die Städte Neumarkt i. d. OPf. und Amberg und wurde im Bereich zwischen Pilsach (Bau Km 0+000) und Stieglitzenhöhe (Bau Km 6+900) ausgebaut. Hiervon war der erste Bauabschnitt bis Bau-km 4+210 bereits früher ausgebaut worden. Aktuell wurde der Bauabschnitt II von Bau-km 4+210 bis Bau-km 6+900 mit ca. 2,7 km Länge erstellt (vgl. [U6]).

Der etwa von Südwest nach Nordost verlaufende Abschnitt liegt in einem dünnbesiedelten Bereich der Flächenalb und berührt lediglich einzelne Gebäude und Gehöfte. Zum Massenausgleich sind maximale Einschnittstiefen von etwa 8 m und maximale Dammhöhen von etwa 6 m geplant. Nach den Planunterlagen sind eine Fuß- und Gehwegüberführung sowie drei Versickerungs- und Absetzbecken geplant. Größere Ingenieurbauwerke sind nicht vorgesehen. Die derzeitige Geländeoberfläche GOF liegt etwa zwischen Kote 547 müNN und 565 müNN.

In Tabelle 3 sind einige aus [U7] entnommene Grunddaten zum Pilotprojekt zusammengestellt.

|                     |  |
|---------------------|--|
| Auftraggeber        | Bundesrepublik Deutschland vertreten durch den Freistaat Bayern vertreten durch das Staatliche Bauamt Regensburg |
| Auftragnehmer       | Fa. Richard Schulz GmbH  |
| Länge               | 2.900 m  |
| Kubatur Erdbewegung | 100.000 m <sup>3</sup>   |
| Bausumme            | 2,7 Mio €  |
| Bausumme Erdbau     | ca. 700.000 €  |

Tabelle 3: Grunddaten zum Pilotprojekt 2

### 4.2.2 Bildung der Homogenbereiche

Im geplanten Bauabschnitt waren bereits im Zeitraum zwischen dem 19.12.2007 und dem 09.01.2008 drei Kernbohrungen sowie im Zeitraum zwischen dem 23.10.2008 und dem 17.11.2008 weitere sechs Kernbohrungen durchgeführt worden. Diese Erkundungsbohrungen waren im Abstand von ca. 200 m bis ca. 300 m entlang der Trasse angeordnet worden.

Für die Ausschreibung nach Homogenbereichen wurde unter Einbeziehung der vorliegenden Aufschlüsse ein weiteres Erkundungsprogramm festgelegt und in der Zeit vom 24.10.2011 bis 07.12.2011 durchgeführt. Mit zusätzlich 5 Erkundungsbohrungen und 14 Schürfen wurde hierbei eine Verdichtung der Aufschlüsse auf einen Aufschlussabstand von ca. 100 m bis 150 m angestrebt. Hierbei konnten 2 Schürfe wegen witterungsbedingter Unzugänglichkeit nicht ausgeführt werden.

Die Lage der insgesamt 17 Untersuchungspunkte mit den Daten zu allen Bohrungen und Schürfen sind in [U6] dargestellt.

Aus den Bohrungen und Schürfen wurden regelmäßig Bodenproben entnommen, aus denen im Labor des Prüfamtes für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau der Technischen Universität München 62 Proben für genauere Untersuchungen ausgewählt wurden. An diesen Proben wurde eine ausführliche visuelle und manuelle Bodenansprache nach DIN 4022 bzw. DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689-1 vorgenommen. Mittels 31 Korngrößenverteilungen nach DIN 18123 und 22 Bestimmungen der Plastizitätseigenschaften nach DIN 18122 wurden die untersuchten Proben nach DIN 18196 in Bodengruppen eingeteilt. Die einaxiale Druckfestigkeit wurde an 11 Proben in Anlehnung an DIN 18136-E bestimmt.

Die Auswertung und Mitteilung der Laborversuchsergebnisse erfolgte auf statistischer Grundlage, d.h. für die boden- und felsmechanischen Parameter Wassergehalte an der Fließ- und Ausrollgrenze, für charakteristische Korngrößenanteile und für die einaxiale Druckfestigkeit wurden der Mittelwert und die Standardabweichung angegeben. Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind [U6] zu entnehmen. Nachfolgend sind daraus als Auszug beispielhaft Auswertungen zum Boden im Homogenbereich B angegeben. Für die Korngrößenverteilungen aus Bild 1 wurden in der Tabelle 4 die Mittelwerte und Standardabweichungen charakteristischer Kornanteile angegeben.

Die Angabe statistischer Daten im Sinne der Angabe einer Bandbreite wird als geeignetes Instrument zur Beschreibung von Böden und Homogenbereichen angesehen.

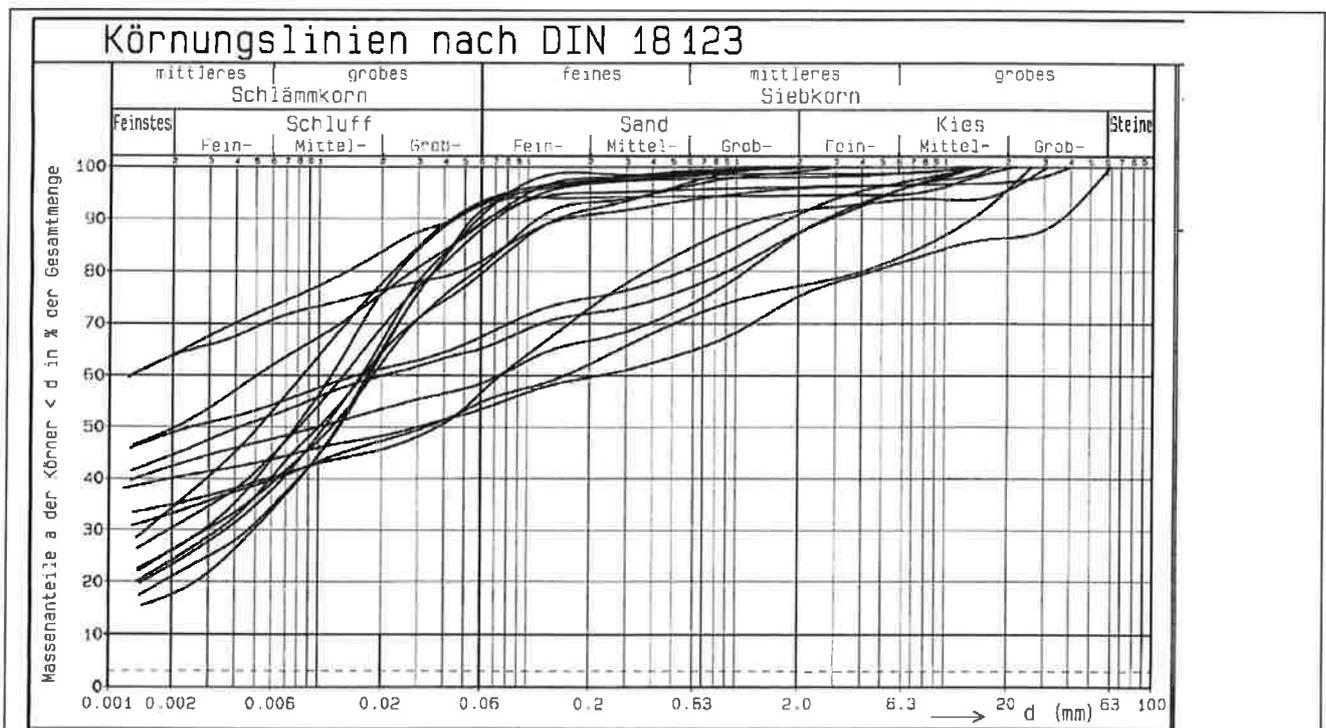


Bild 1: Kornverteilungsbereich im Homogenbereich B des Pilotprojekts 2

| Probenanzahl: 21   | Kornanteil<br>< 0,002 mm<br>(Feinstkorn)<br>[%] | Kornanteil<br>< 0,063 mm<br>(Feinst- und Fein-<br>korn) [%] | Kornanteil<br>0,063 bis 2,0 mm<br>(Sandkorn)<br>[%] | Kornanteil<br>> 2,0 mm<br>(Kieskorn)<br>[%] |
|--------------------|---|---|---|---|
| Maximum            | 64  | 93  | 35  | 25  |
| Minimum            | 18  | 45  | 3   | 0   |
| Mittelwert         | 36  | 77  | 17  | 6,5   |
| Standardabweichung | 14  | 16  | 9,5   | 8,5   |

Tabelle 4: Tabellarische Zusammenfassung charakteristischer Kornanteile

Die plastischen Eigenschaften wurde entsprechend der Tabelle 5 mit Mittelwerten und Standardabweichung angegeben und grafisch entsprechend den Bildern 2 und 3 dargestellt.

| Probenanzahl: 21   | Wassergehalt<br>w<br>[%] | Wassergehalt w<br>Feinkorn<br><0,4mm<br>[%] | Fließgrenze<br>w <sub>L</sub><br>[%] | Ausrollgrenze<br>w <sub>P</sub><br>[%] | Konsistenz<br>I <sub>c</sub><br>[-] |
|--------------------|--------------------------|---|--------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Maximum            | 46                       | 46,3  | 93,6                                 | 33,3                                   | 0,94                                |
| Minimum            | 19,6                     | 22,2  | 34,1                                 | 17,9                                   | 0,42                                |
| Mittelwert         | 27,5                     | 32,4  | 58,5                                 | 22,6                                   | 0,70                                |
| Standardabweichung | 6,5                      | 8,1   | 20,5                                 | 4,5                                    | 0,14                                |

Tabelle 5: Zusammenfassung der plastischen Eigenschaften des Bodens im Homogenbereich

Die in Anlehnung an DIN 18136-E an 11 Proben bestimmte einaxiale Druckfestigkeit wurde ebenfalls mit Angabe von Minimal-, Maximal-, Mittelwert und Standardabweichung angegeben und als Häufigkeitsverteilung dargestellt, vgl. Bild 4. Die Festigkeit wurde nach DIN EN ISO 14689-1 eingestuft.

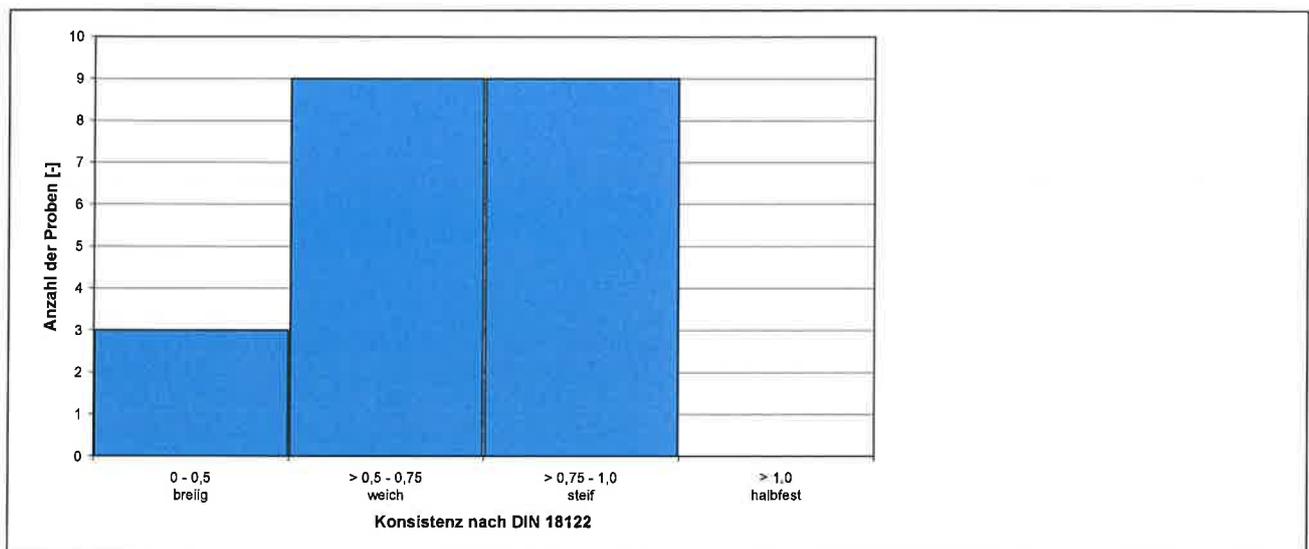


Bild 2: Häufigkeitsverteilung der Konsistenzen

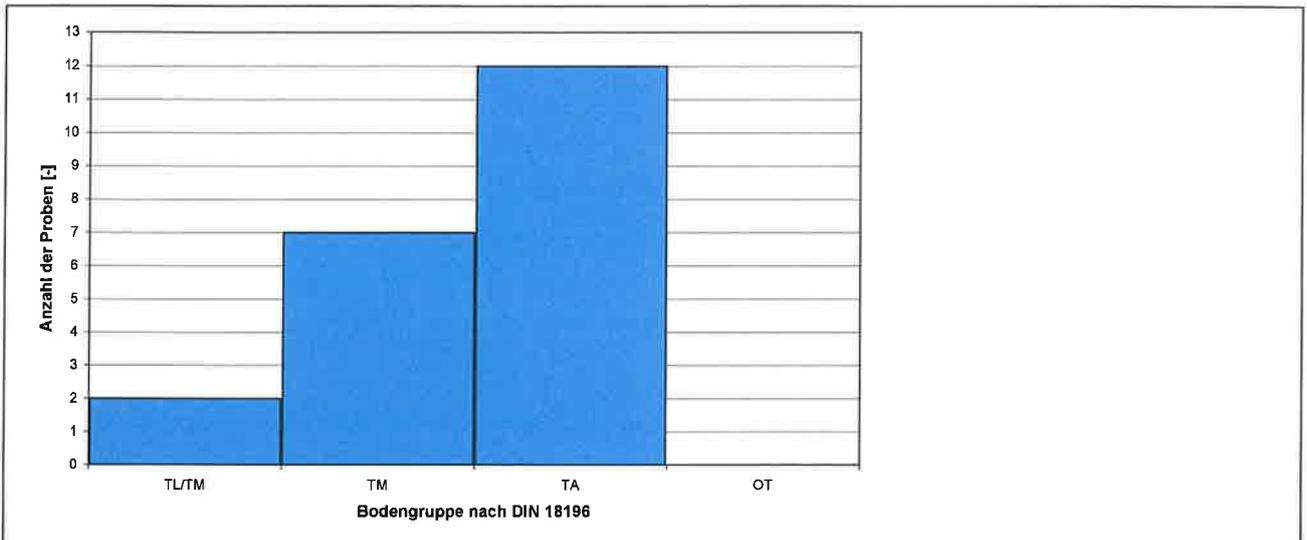


Bild 3: Häufigkeitsverteilung der Plastizitäten / Bodengruppen nach DIN 18196

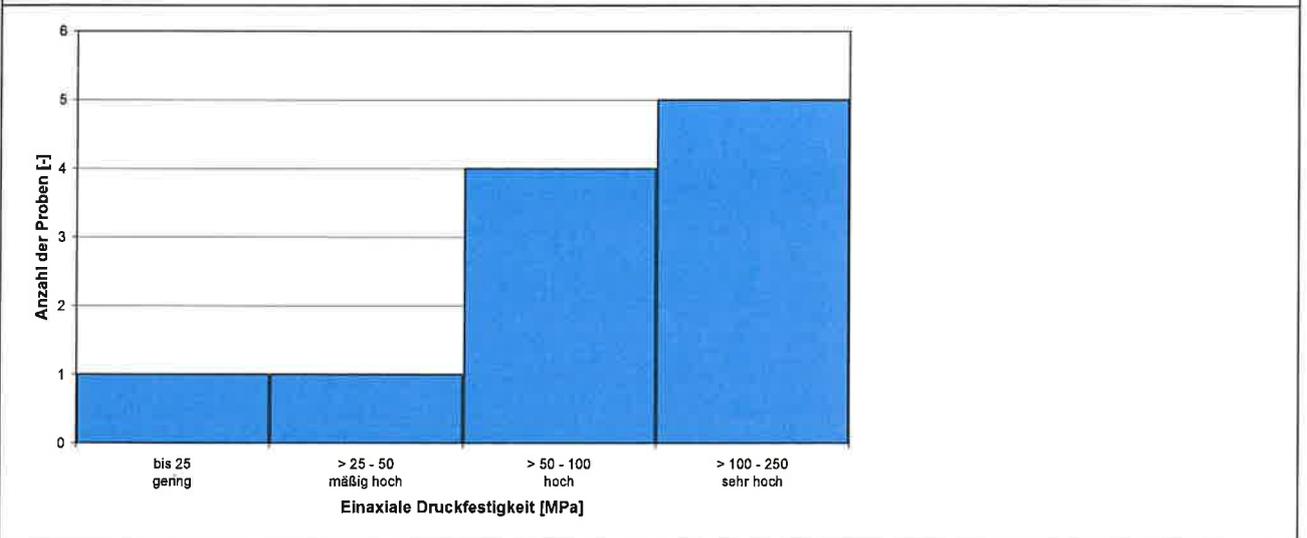


Bild 4: Häufigkeitsverteilung der Einaxialen Druckfestigkeiten (Bezeichnung nach DIN EN ISO 14689-1)

Die in den Untersuchungen festgestellten Bodenschichten wurden, wie in Tabelle 6 dargestellt, in die 4 Homogenbereiche A bis D eingeteilt. Sie wurden in einem geotechnischen Längsschnitt in [U6] durch unterschiedlich markierte Flächen (Signaturen) dargestellt.

| Homogenbereiche | Bodenschichten  | Benennung von Böden und Fels   |
|-----------------|---|--|
| A               | Oberboden   | Mutterboden  |
| B               | Quartäre bindige Schichten                                    | Tone, schwach sandig bis stark sandig, schwach kiesig bis kiesig untergeordnet Schluffe, tonig, sandig |
| C               | Quartäre nichtbindige Schichten und teilverwitterte Schichten | Kiese, schluffig, sandig, steinig  |
|                 | Vollständig verwitterte Schichten                             | Fein- bis Mittelsande, tonig bis stark tonig,  |
|                 | Verwitterungszone   | zu Kies, Steinen und Blöcken zerlegtes Gestein   |
| D               | Kalk- und Mergelkalkbänken (Oberer Jurakalk)                  | Schwach bis mäßig verwitterter Fels  |

Tabelle 6: Tabellarische Übersicht über die Homogenbereiche gemäß [U6]

Die rückzubauenden asphaltierten Straßenbeläge und die darunter folgenden ungebundenen Schichten des Oberbaus und des Unterbaus in den zu querenden Wege- und Straßenbereichen wurden nicht als eigenständiger Homogenbereich im bodenmechanischen Sinne behandelt. Dieser Bereich war gesondert in der Ausschreibung zu berücksichtigen.

#### 4.2.3 Projektbezogene Erfahrungen

Die nachfolgend beschriebenen projektbezogenen Erfahrungen wurden im Wesentlichen [U7] entnommen und geben somit vornehmlich die Erkenntnisse des Bauherrn wider.

##### **Beschreibung der Homogenbereiche**

Von den beteiligten Firmen kam es in der Angebotsphase zu keinen Rückfragen im Hinblick auf die Einteilung und Beschreibung der Homogenbereiche. Die beim Aushub tatsächlich angetroffenen Baugrundverhältnissen entsprachen weitgehend den beschriebenen Homogenbereichen.

##### **Schichtgrenzen und Massen**

Die prognostizierten Schichtgrenzen waren mit Ausnahme der in der Bauausführung dann festgestellten Doline zutreffend. Der Aufschlussabstand von ca. 100 m – 150 m war für die vorhandenen Bedingungen grundsätzlich ausreichend.

Eine Verschiebung gab es durch Massenmehrungen von ca. 15.000 m<sup>3</sup> des Homogenbereichs D (Fels) zu Lasten des Homogenbereichs C (Nichtbindiges Lockergestein). Der Grund für diese Fehleinschätzung bei der Festlegung der Homogenbereich lag darin, dass im Zuge der ergänzenden Baugrunduntersuchungen eine Bohrung in einer nicht erkennbaren Doline angeordnet worden war, so dass die mehr oder minder lineare Verbindung der Schichtgrenzen zwischen den Homogenbereichen C und D nicht zutreffend war und somit zu einer Überschätzung der Massen an Böden im Homogenbereich C geführt hat. Dies zeigt, dass auch bei einer Verdichtung der Baugrundaufschlüsse stets ein Restrisiko verbleibt, wenn z.B. wie im vorliegenden Fall weitere verdichtende Aufschlüsse aufgrund fehlender Betretungserlaubnisse nicht möglich waren.

**Aufwand**

Die Umsetzung des Konzepts "Homogenbereiche" war nicht sonderlich aufwendiger als die bisherige Praxis. Der Mehraufwand an Baugrunderkundung ist nicht durch die Einteilung in Homogenbereiche begründet, sondern es wurde bei der bisherigen Praxis eher zu sparsam erkundet.

Der Mehraufwand bei der Ausschreibung war nur auf die Umformulierung der Leistungspositionen von den Bodenklassen in die Homogenbereiche begründet. Allerdings führte eine Anwendung des Konzepts "Homogenbereiche" im Leitungsgrabenbau zu einem erheblichen Mehraufwand.

Eine Dokumentation der Homogenbereiche, die über die zur Abrechnung notwendigen Aufmasse hinausgeht, wurde während der Baumaßnahme nicht durchgeführt. Der Aufwand für die Begleitung der Bauausführung durch einen geotechnischen Sachverständigen war für den vorliegenden Fall nicht erhöht, weil die Homogenbereiche einfach zu unterscheiden waren.

**Erkenntnis für künftige Untersuchungen**

Die Homogenbereiche sollten in ihrer Anzahl auf 4 bis 5 begrenzt sein. Spekulationsanreize bzw. -möglichkeiten werden nur dort gesehen, wo eine zu fein differenzierte Einteilung der Homogenbereiche eine Erkennbarkeit auf der Baustelle erschwert bzw. ohne geotechnischen Sachverständigen unmöglich macht.

Die Möglichkeit der Pauschalierung von Erdarbeiten sollte unbedingt genutzt werden, z.B. für Methoden, um die Einbaufähigkeit eines Homogenbereiches herzustellen (Bindemittelzugabe, Bodenverbesserung, Bodenaustausch). Die Pauschalierung muss sowohl für den Auftragnehmer ohne großes Risiko gut kalkulierbar sein, als auch für den Auftraggeber das technisch sinnvolle und wirtschaftliche Ergebnis liefern.

**Kostenvergleich nach Beendigung der Maßnahme**

Nach dem derzeitigen Stand der Aufmasse und der Abrechnung ist nicht erkennbar, dass die Ausführung des Erdbaues nach Homogenbereichen zu einer wesentlichen Verteuerung gegenüber einer herkömmlichen Ausschreibung geführt hätte.

Aufgrund der Zusatzuntersuchungen zu den Homogenbereichen des Pilotprojektes sind folgende Mehrkosten entstanden:

|  |            |
|--|------------|
| Zusätzliche Aufschlussbohrungen                        |            |
| Rechnung Bohrungen Fa. Stadtbäumer                     | 6.300,00 € |
| Zusätzliche Schürfgruben (Baggerarbeiten)              |            |
| Rechnung Fa. Bögl                                      | 1.840,00 € |
| 1 Helfer   | 720,00 €   |
| Mehraufwand bei der Mengenermittlung und Ausschreibung |            |
| 10 h x 45 €/h =  | 450,00 €   |
| Mehraufwand Bauüberwachung, Aufmass                    |            |
| liegt noch nicht vor                                   | 0,00 €     |
| Mehraufwand Abrechnung, Dokumentation                  |            |
| liegt noch nicht vor                                   | 0,00 €     |
|  | -----      |
| Mehrkosten netto:                                      | 9.310,00 € |

Mehrkosten aufgrund von baulichen Maßnahmen oder Änderungen auf der Baustelle gegenüber der herkömmlichen Ausschreibung nach Bodenklassen sind nicht entstanden.

#### **Aussagen des Auftragnehmers**

Es erfolgten keine negativen Aussagen. Es wurden keine Nachträge gestellt, die Ursachen in der Ausschreibung nach Homogenbereichen haben.

### **4.3 Pilotprojekt 3 (PP 3): St 2260: Schlüsselfeld, Ortsumgehung Aschbach**

#### **4.3.1 Projektbeschreibung**

Das Pilotprojekt 3 liegt im Regierungsbezirk Oberfranken im Zuständigkeitsbereich des Staatlichen Bauamtes Bamberg. Aschbach ist ein Stadtteil von Schlüsselfeld und liegt in einem ost-westlich verlaufenden, von der Reichen Ebrach durchflossenen, ca. 2 km – 3 km breiten Tal. Die aktuell gebaute Ortsumgehungsstrecke beginnt westlich von Aschbach bei Bau-km 0+000, dies entspricht der bestehenden Staatsstraße St 2260, Abschnitt 680, Station 0,9. Sie zweigt bei Bau-km 0+300 bei dem neuen Kreisverkehr West vom bisherigen Verlauf der St 2260 ab, verläuft am südlichen Ortsrand vorbei und wird bei etwa Bau-km 1+700 mit einem Kreisverkehr Ost wieder an die Bestandsstraße angeschlossen [U8]. Die maximalen Einschnittstiefen betragen etwa 2,5 m, die maximalen Dammhöhen etwa 3,5 m. Größere Ingenieurbauwerke waren nicht vorgesehen. Die Geländeoberfläche GOF liegt etwa zwischen Kote 308 müNN und 318 müNN.

In Tabelle 7 sind einige aus [U9] entnommene Grunddaten zum Pilotprojekt zusammengestellt.

|                     |  |
|---------------------|--|
| Auftraggeber        | Freistaat Bayern vertreten durch das Staatliche Bauamt Bamberg |
| Auftragnehmer       | Fa. Rädlinger, NL Selbitz                                      |
| Länge               | 1.700 m  |
| Kubatur Erdbewegung | 25.000 m <sup>3</sup>  |
| Bausumme            | 2,3 Mio €  |

Tabelle 7: Grunddaten zum Pilotprojekt 3

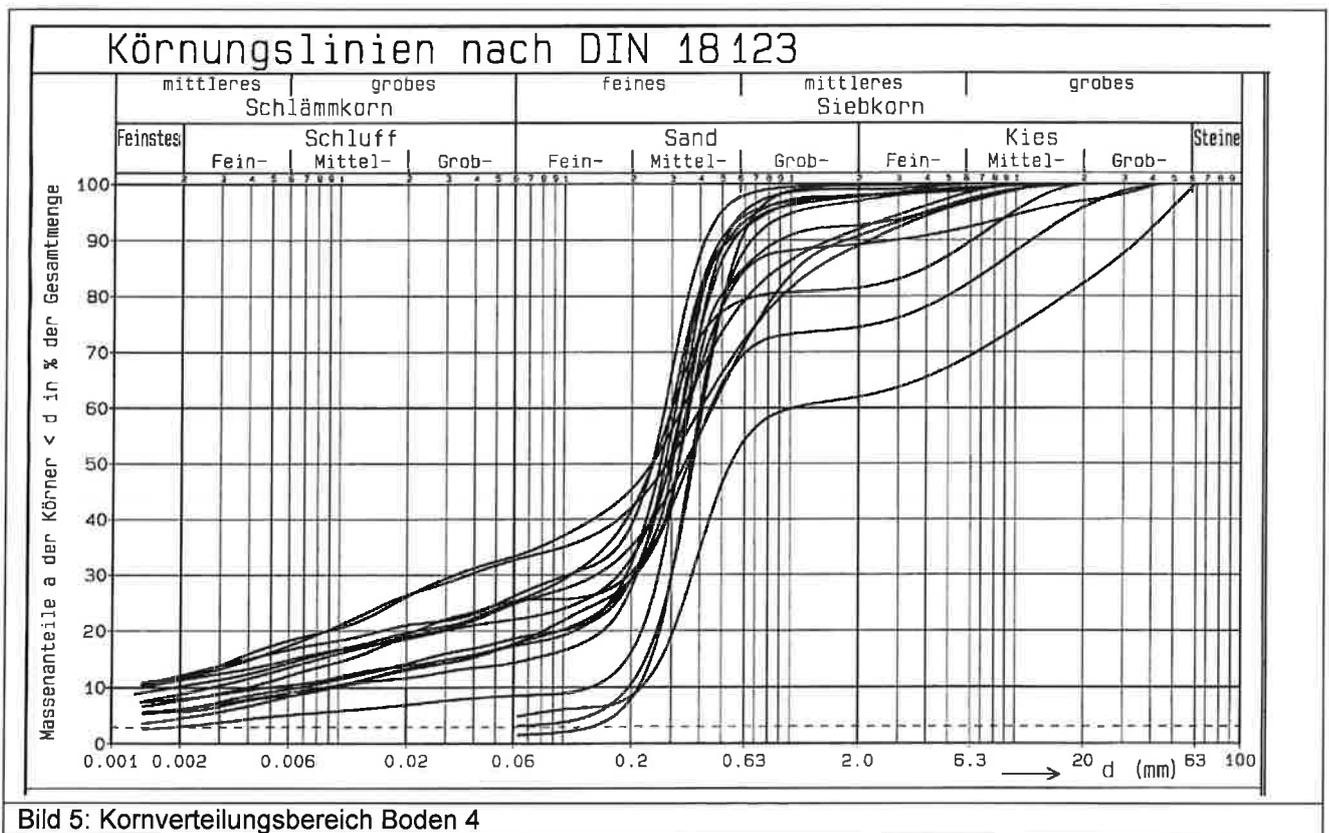
#### **4.3.2 Bildung der Homogenbereiche**

Im geplanten Baufeld wurden erstmals im Juni 2008 bezogen auf den ersten Bauabschnitt 4 Erkundungsbohrungen und an denselben Stellen 4 Sondierungen mit der schweren Rammsonde durchgeführt. Für die Ausschreibung nach Homogenbereichen wurde unter Einbeziehung der vorliegenden Aufschlüsse ein weiteres Erkundungsprogramm festgelegt und in der Zeit vom 24.10.2011 bis 04.11.2011 durchgeführt. Mit zusätzlich 6 Erkundungsbohrungen und 6 Schürfen wurde hierbei eine Verdichtung der Aufschlüsse auf einen Aufschlussabstand von ca. 100 m angestrebt. Zu den zusätzlichen Erkundungsbohrungen wurden 6 Sondierungen mit der schweren Rammsonde DPH nach DIN EN ISO 22476-2 unter Verwendung einer Spitze mit einer Querschnittsfläche von 15 cm<sup>2</sup> vorgenommen.

Die Lage der insgesamt 16 Untersuchungspunkte mit den Daten zu allen Bohr-, Schurf- und Sondierprofilen sind in [U8] und in den zugehörigen Anlagen dargestellt.

Aus den Bohrungen und Schürfen wurden regelmäßig Bodenproben entnommen, aus denen im Labor des Prüfamtes für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau der Technischen Universität München 50 Proben für genauere Untersuchungen ausgewählt wurden. An diesen Proben wurde eine ausführliche visuelle und manuelle Bodenansprache nach DIN 4022 bzw. DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689-1 vorgenommen. Mittels 32 Korngrößenverteilungen nach DIN 18123 und 16 Bestimmungen der Plastizitätseigenschaften nach DIN 18122 wurden die untersuchten Proben nach DIN 18196 in Bodengruppen eingeteilt.

Die Auswertung und Mitteilung der Laborversuchsergebnisse erfolgte auf statistischer Grundlage, d.h. für die bodenmechanischen Parameter Wassergehalte an der Fließ- und Ausrollgrenze und für charakteristische Korngrößenanteile sind der Mittelwert und die Standardabweichung angegeben. Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind [U6] zu entnehmen. Nachfolgend sind daraus als Auszug beispielhaft die Auswertungen zum Boden 4 als Homogenbereich C und zum Boden 5 als Homogenbereich D angegeben. Für die Korngrößenverteilungen aus den Bildern 5 und 6 wurden in den Tabelle 8 und 9 die Mittelwerte und Standardabweichungen charakteristischer Kornanteile angegeben.



| Probenanzahl<br>16 | Kornanteil<br>< 0,063 mm<br>(Feinkorn)<br>[%] | Kornanteil<br>0,063 mm bis 2,0 mm<br>(Sandkorn)<br>[%] | Kornanteil<br>> 2,0 mm<br>(Kieskorn)<br>[%] |
|--------------------|---|--|---|
| Maximum            | 33  | 97   | 38  |
| Minimum            | 2   | 56   | 0   |
| Mittelwert         | 17  | 74,6   | 8,3   |
| Standardabweichung | 9   | 13,8   | Werte nicht normalverteilt                  |

Tabelle 8: Tabellarische Zusammenfassung der Korngrößenverteilungen beim Boden 4

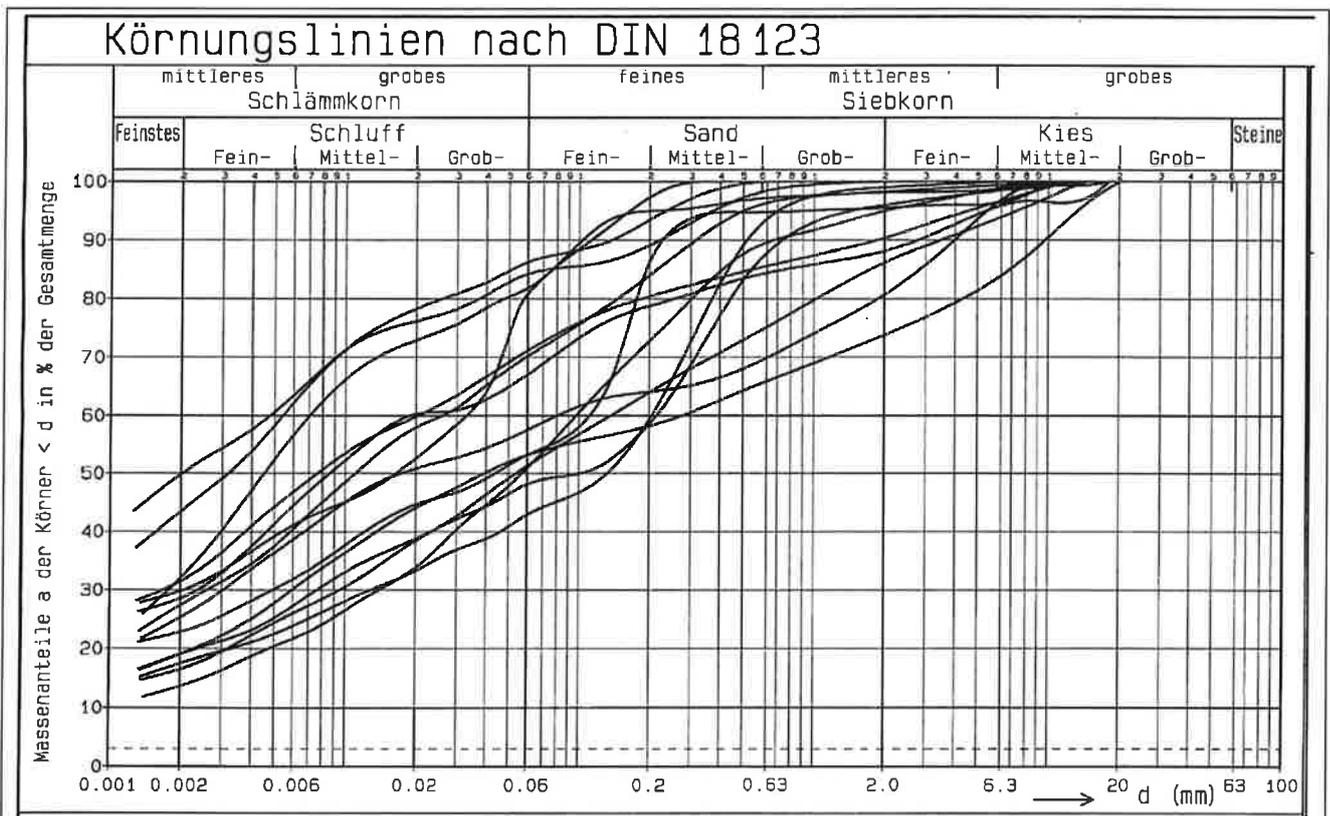


Bild 6: Kornverteilungsbereich Boden 5

| Probenanzahl: 14   | Kornanteil<br>< 0,002 mm<br>(Feinstkorn)<br>[%] | Kornanteil<br>< 0,063 mm<br>(Feinst- und Fein-<br>korn) [%] | Kornanteil<br>0,063 bis 2,0 mm<br>(Sandkorn)<br>[%] | Kornanteil<br>> 2,0 mm<br>(Kieskorn)<br>[%] |
|--------------------|---|---|---|---|
| Maximum            | 50  | 86  | 56  | 26  |
| Minimum            | 14  | 43  | 14  | 0   |
| Mittelwert         | 27  | 64  | 28,8  | 7,1   |
| Standardabweichung | 10  | 15  | 13,8  | 8,1   |

Tabelle 9: Tabellarische Zusammenfassung der Korngrößenverteilungen beim Boden 5

Die plastischen Eigenschaften wurde entsprechend der Tabelle 10 mit Mittelwerten und Standardabweichung angegeben und grafisch entsprechend den Bildern 7 und 8 dargestellt.

| Probenanzahl: 13   | Wassergehalt w [%] | Wassergehalt w Feinkorn <0,4mm [%] | Fließgrenze w <sub>L</sub> [%] | Ausrollgrenze w <sub>P</sub> [%] | Konsistenz I <sub>c</sub> [-] |
|--------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Maximum            | 48,2               | 48,6                               | 58                             | 29                               | 1,19                          |
| Minimum            | 14,7               | 17,1                               | 24                             | 13                               | 0,18                          |
| Mittelwert         | 22,6               | 24,9                               | 43                             | 21,1                             | 0,8                           |
| Standardabweichung | 8,6                | 8,2                                | 10,7                           | 5,1                              | 0,27                          |

Tabelle 10: Tabellarische Zusammenfassung der plastischen Eigenschaften beim Boden 5

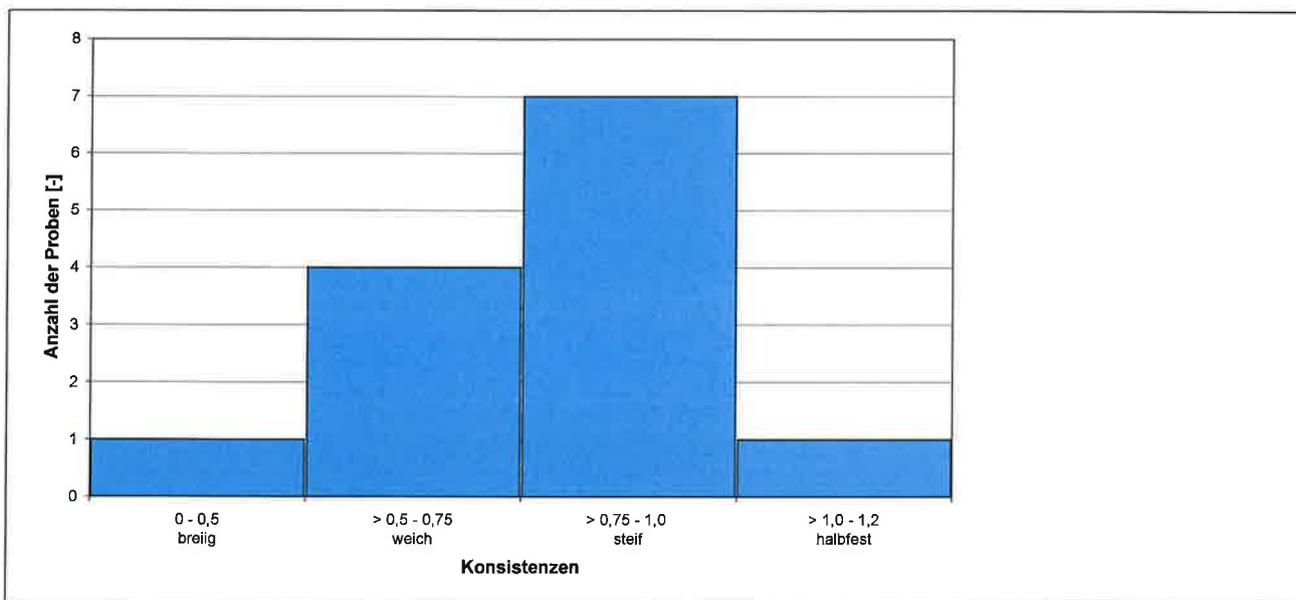


Bild 7: Häufigkeitsverteilung der Konsistenzen

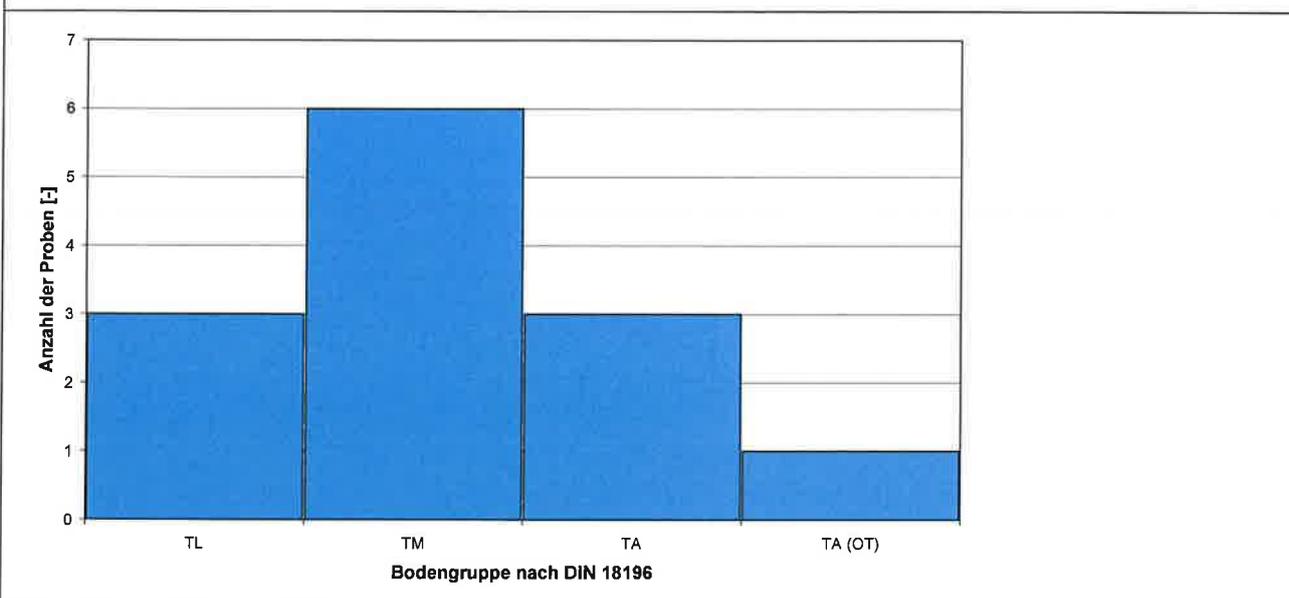


Bild 8: Häufigkeitsverteilung der Plastizitäten / Bodengruppen nach DIN 18196

Die in den Untersuchungen festgestellten Bodenschichten wurden, wie in Tabelle 11 dargestellt, in die 6 Homogenbereiche A bis F eingeteilt. Sie wurden in einem geotechnischen Längsschnitt in [U8] durch unterschiedlich markierte Flächen (Signaturen) dargestellt.

| Homogenbereiche | Bodenschichten              | Benennung   |
|-----------------|-----------------------------|---|
| A               | Oberboden                   | Mutterboden   |
| B               | Auesedimente                | Sande und Schluffe, vereinzelt Tone organische Beimengungen   |
|                 | Künstliche Auffüllungen     | Feldwege mit Schottertragschichten sowie Sande mit wechselnden Anteilen von Schluff, Kies und Ziegelresten  |
| C               | Sandige Sedimente           | Fein- bis Mittelsande, tonig bis stark tonig, z.T. schwach kiesig bis stark kiesig  |
| D               | Tonige/schluffige Sedimente | Tone, schwach sandig bis stark sandig, schwach kiesig bis kiesig, vereinzelt Schluffe, tonig, sandig  |
| E               | Sandstein                   | feinkörniger, tonig gebundener Sandstein, nach DIN EN ISO 14689-1 meist stark, teils vollständig verwittert   |
| F               | Tonstein                    | feinsandige Ton-, seltener Schluffsteine mit vereinzelt mäßig harten Mergelsteinzwischenlagen, nach DIN EN ISO 14689-1 stark bis vollständig verwittert |

Tabelle 11: Tabellarische Übersicht über die Homogenbereiche gemäß [U8]

#### 4.3.3 Projektbezogene Erfahrungen

Die nachfolgend beschriebenen projektbezogenen Erfahrungen wurden im Wesentlichen [U9] entnommen und geben somit vornehmlich die Erkenntnisse des Bauherrn wieder.

##### **Beschreibung der Homogenbereiche**

Die beschriebenen Homogenbereiche waren bei der Ausführung der Erdarbeiten deutlich zu erkennen. Die Zuordnung des Bodens zu den einzelnen Homogenbereichen war ohne weitere Laboruntersuchungen möglich, was jedoch einen Ausnahmefall darstellen sollte. Die für die Darstellung der Homogenbereiche erfolgte Baugrunderkundung (Feld und Labor) war ausreichend.

##### **Schichtgrenzen und Massen**

Die festgelegten und prognostizierten Schichtgrenzen waren im Wesentlichen zutreffend. Die Schichtgrenze zwischen Homogenbereich A und Homogenbereich B schwankte sehr stark. In diesem Zusammenhang gab es erhebliche Massenmehrun-gen beim Oberboden (Homogenbereich A). Ursprünglich wurde bei der Mengenermittlung zur Ausschreibung von einer mittleren Oberbo-

dendicke von 20 cm ausgegangen, es wurden beim Aushub besonders in den Ackerflächen z. T. jedoch größere Oberbodendicken von bis zu ca. 70 cm gemessen.

Boden aus dem Homogenbereich B war als Bodenaustausch vorgesehen worden (Bau-km 0+580 bis 0+630). Bei der Herstellung des Querdurchlasses im Bereich des bestehenden Grabens hat sich jedoch gezeigt, dass die anstehenden Auesedimente auf den Bereich des querenden Grabens begrenzt sind. Der anschließende Damm konnte deshalb mit dem im Abtragsbereich anstehenden Boden aus dem Homogenbereich D hergestellt werden. Der Abtrag aus dem Homogenbereich B konnte deshalb entfallen.

Eine bei der Erkundung nicht angetroffene Mülldeponie war relativ kleinräumig (ca. 150 m<sup>2</sup> - 200 m<sup>2</sup>). Auch bei einer noch detaillierteren Erkundung ist eine exakte räumliche Abgrenzung der einzelnen Homogenbereiche nicht möglich. Durch die punktuelle Erkundung des Baugrundes bleibt immer ein Restrisiko vorhanden.

### **Aufwand**

Der Umgang mit dem Konzept "Homogenbereiche" ist im Wesentlichen nicht anders als bei der Einteilung in Bodenklassen. Der Aufwand ist abhängig von der Anzahl der festgelegten Homogenbereiche. Eine Zusammenfassung von Homogenbereichen mit annähernd gleichen Eigenschaften bezogen auf den Abtrag und den Einbau wäre sinnvoll und macht den Umgang mit Homogenbereichen einfacher und nicht so aufwendig.

Der Aufwand bei der Mengenermittlung zur Ausschreibung und bei der Erstellung des Leistungsverzeichnisses war erheblich umfangreicher. Besonders bei den Positionen für den Leitungsgraben, die abhängig von der Tiefe, der Art der Leitung, der Wiederverwendung des ausgebauten Leitungsaushubs und der Leitungsgrabenverfüllung unterschiedlich auszuschreiben sind, hat sich gezeigt, dass eine Zusammenfassung von Homogenbereichen mit annähernd gleichen Eigenschaften eine wesentliche Reduzierung des Arbeitsaufwandes bringen würde.

Der Aufwand für die Begleitung der Bauausführung durch einen geotechnischen Sachverständigen ist höher als bisher.

Die einzelnen Homogenbereiche wurden beim Abtrag stationsmäßig eingemessen und dokumentiert. Beim Einbau fand aufgrund des Baubetriebes eine Durchmischung der Böden statt, so dass eine separate Erfassung der Homogenbereiche nach dem Einbau nicht möglich war.

### **Erkenntnis für künftige Untersuchungen**

Spekulationsmöglichkeiten ergeben sich immer, je genauer und detaillierter die Vorgaben bei der Einteilung in Homogenbereichen sind (z.B. Wassergehalt, Stein- und Blockanteil, Konsistenz).

Wassergehalt und Konsistenz können aufgrund der Zeitspanne zwischen Baugrunderkundung und der Bauausführung voneinander abweichen. Geringe Abweichungen von den Angaben können eine Reihe von Nachträgen bewirken.

Es muss im Entscheidungsbereich des Auftragnehmers liegen, ob und welche Bodenverbesserungsmaßnahmen durchzuführen sind, um die gestellten Anforderungen im vorgegebenen Zeitrahmen zu erreichen.

Für die einzelnen Homogenbereiche sollten nach Meinung des Bauherrn keine starren Kennwerte vorgegeben werden, sondern die bei der Baugrunderkundung vorgefundenen min- und max-

Werte. Bauvertraglich wäre zu regeln, dass erst bei Überschreitung der vorgegebenen Rahmenbedingungen ein Anspruch auf Vereinbarung von zusätzlichen Maßnahmen besteht.

### **Kostenvergleich nach Beendigung der Maßnahme**

Aufgrund des Pilotprojektes sind folgende Mehrkosten entstanden:

|  |             |
|--|-------------|
| Zusätzliche Aufschlussbohrungen                |             |
| Rechnung Fa. Behringer+Dittmann vom 22.11.2011 | 9.638,41 €  |
| Zusätzliche Schürfgruben (Baggerarbeiten)      |             |
| Rechnung Fa. Schlick vom 09.11.2011            | 1.148,35 €  |
| Mehraufwand bei der Mengenermittlung           |             |
| 2 Mann à 20 h = 40 h x 29,71 €/h =             | 1.188,40 €  |
| Mehraufwand bei der Ausschreibung              |             |
| 1 Mann à 16 h = 16 h x 42,19 €/h =             | 675,04 €    |
| Mehraufwand Bauüberwachung, Aufmass            |             |
| 60 d x 0,5 h = 30,0 h x 29,71 €/h =            | 891,30 €    |
| Mehraufwand Abrechnung, Dokumentation          |             |
| 1 Mann à 20 h = 20 h x 29,71 €/h =             | 594,20 €    |
| 1 Mann à 10 h = 10 h x 42,19 €/h =             | 421,90 €    |
|  | -----       |
| Mehrkosten netto:                              | 14.557,60 € |

Mehrkosten aufgrund von baulichen Maßnahmen oder Änderungen auf der Baustelle gegenüber der herkömmlichen Ausschreibung nach Bodenklassen sind nicht entstanden.

### **Aussagen des Auftragnehmers**

Der Auftragnehmer hat den Mehraufwand durch die Homogenbereiche sowohl bei der Kalkulation als auch bei der Bauausführung und Abrechnung erkannt. Er hat jedoch auch erkannt, dass sich künftig ein breites Feld zur Spekulation bei der Preisbildung ergibt. Im vorliegenden Fall wurde für die Homogenbereiche C und D der gleiche Einheitspreis abgegeben. Nachträge wurden in Bezug auf die Homogenbereiche nicht gestellt.

## **4.4 Pilotprojekt 4 (PP 4): B 15 neu; Neufahrn – Ergoldsbach**

### **4.4.1 Projektbeschreibung**

Der Freistaat Bayern, vertreten durch die Autobahndirektion Südbayern (ABDSB), plant den Neubau der Bundesstrasse B15neu von Regensburg über Landshut nach Rosenheim. Der aktuell im Bau befindliche nördlich von Landshut gelegene Abschnitt Neufahrn - Ergoldsbach beginnt westlich von Neufahrn an der Anschlussstelle an die Staatsstraße St2142 und verläuft in südlicher Richtung. Die Strecke verläuft westlich von Ergoldsbach und endet nach ca. 7,0 km an der Anschlussstelle an die Kreisstraße LA9. Die B15 neu weist den Querschnitt RQ 26 auf. Die Fahrbahnbreite beträgt 2 mal 10,0 m. Die Baumaßnahme läuft verschiedentlich auch unter der Bezeichnung „Erd- und Deckenlos 3 (ED 3)“.

In [U10] werden die Ergebnisse der Baugrunderkundung von Bau-km 32+000 bis 39+000 in einem

geologisch-geotechnischen Bericht zusammenfassend dargestellt. Auf der betrachteten Strecke werden insgesamt 6 Regenrückhaltebecken, 9 Autobahnunterführungen und eine Anschlussstelle notwendig. Zwei Großbrücken überqueren das Tal zwischen Ober- und Unterdönbach und das Goldbachtal.

In Tabelle 12 sind einige aus [U11] entnommene Grunddaten zum Pilotprojekt zusammengestellt.

|                     |  |
|---------------------|--|
| Auftraggeber        | Bundesrepublik Deutschland vertreten durch den Freistaat Bayern vertreten durch die Autobahndirektion Südbayern, Dienststelle Regensburg |
| Auftragnehmer       | Fa. Rädlinger  |
| Länge               | 7 km   |
| Kubatur Erdbewegung | 721.000 m <sup>3</sup>   |
| Bausumme            | 25 Mio €   |

Tabelle 12: Grunddaten zum Pilotprojekt 4

#### 4.4.2 Bildung der Homogenbereiche

Für die Einteilung der Homogenbereich waren bei diesem Pilotprojekt keine zusätzlichen Baugrunderkundungen erforderlich gewesen.

In den folgenden Abschnitten werden die Angaben aus [U10] und [U11] verwendet. Im Gegensatz zu den anderen Pilotprojekten, die bereits nach dem Konzept „Homogenbereiche“ ausgeschrieben wurden, sollte hier im Rahmen eines Großprojektes (PP4) nachträglich ein Vergleich zwischen der bisher üblichen Erdbauausschreibung nach Bodenklassen und der geplanten Festlegung von Homogenbereichen erfolgen. Hierzu wurde neben der klassischen Ausschreibung mit anschließender Bauabwicklung parallel ein fiktives Leistungsverzeichnis auf Basis von vorab festgelegten Homogenbereichen für die Erdbaumassen erstellt, die Baumaßnahme geotechnisch baubegleitend dokumentiert und im Anschluss abgerechnet.

Im Zuge des ED 3 war im Vergleich zu den anderen Pilotprojekten aufgrund der umfangreichen Erdbewegungen von ca. 700.000 m<sup>3</sup> (hierin ist auch Material enthalten, das auf Kippe gefahren werden musste) und der raschen baulichen Umsetzung zusätzlicher Betreuungsaufwand - insbesondere bei Vermessung und Geotechnik - durch ein Ingenieurbüro erforderlich, der weder vom Zentrum Geotechnik der TU München noch von der Dienststelle Regensburg bzw. der Bodenprüfstelle der Autobahndirektion Südbayern geleistet werden konnte. Da das Baugeologische Büro Bauer, München bereits das Baugrundgutachten für den Streckenabschnitt erstellt hatte, wurde es auch mit der weiteren Betreuung beauftragt. Die Vermessung der geotechnischen Aufnahmen erfolgte über den Vermesser der ausführenden Baufirma.

Im Vorfeld der fiktiven Ausschreibung war im Hinblick auf die Massenermittlung eine Festlegung der Homogenbereiche erforderlich. Aufgrund der teilweise sehr kleinräumigen Geologie mit Sand und Schlufflinsen gestaltete sich diese Aufgabe anhand der vorhandenen Erkundungsbohrungen relativ schwierig, obwohl im Vergleich zu den anderen Pilotprojekten die Anzahl der vorgenommenen und auswertbaren Bohrungen deutlich höher lag. Diese Bohrungen wurden längs der Bauachse i.d.R. im Abstand von 100 m, im Bereich von tieferen Einschnitten sowie höheren Dämmen

zusätzlich seitlich versetzt (am Rand) im Abstand von 50 m und im Bereich von Brückenbauwerken quer zur Bauachse ausgeführt. Insgesamt lagen ca. 140 Bohrungen vor.

Die Bodenschichtung wechselt z.T. sehr kleinräumig. Es liegen zum Beispiel einzelne Linsen zwischen wenigen cm und vielen Metern vor, die unregelmäßig im Baugrund verteilt sind. Es liegen außerdem Verzahnungsbereiche sowie Diskordanzen (Schichtgrenzen mit Relief) vor, die mit einzelnen Bohrungen nicht vollflächig zu erkunden sind. Letztendlich lassen sich erst mit einem flächigen Aufschluss exakte Aussagen zur Verteilung der vorhandenen Bodenschichten und damit zur Einteilung der Homogenbereiche machen.

Die festgelegten Grenzen zwischen den Homogenbereichen sind folglich mit geologischem Sachverstand durchgeführte Interpretationen der Verhältnisse in den einzelnen Bohrungen. Diese können aufgrund der wechselhaften Ablagerungsbedingungen im tertiären Hügelland von den tatsächlichen Verhältnissen abweichen.

Die Einteilung der in Tabelle 13 aufgeführten 5 Homogenbereiche A bis E im Erd- und Deckenlos ED 3 der B 15 neu erfolgte durch den vor Ort tätigen Baugrundgutachter, dem Baugeologischen Büro Bauer, in Abstimmung mit dem Zentrum Geotechnik der TU München, die Mengenermittlung erfolgte durch die Dienststelle Regensburg.

| Homogenbereiche | Bodenschichten   | Benennung von Böden und Fels   |
|-----------------|--|--|
| <b>A</b>        | Oberboden  | ....   |
| <b>B</b>        | Feinkörnige Böden, breiig bis weich                            | Tone und Schluffe, schwach feinsandig bis stark feinsandig, teilweise schwach organisch und schwach kiesig                                     |
| <b>C</b>        | Feinkörnige Böden, steif bis halbfest                          | Tone und Schluffe, schwach feinsandig bis stark feinsandig, teilweise schwach organisch und schwach kiesig                                     |
| <b>D</b>        | Grob- und gemischtkörnige Böden, nicht bis schwach schluffig   | Sande, schwach kiesig bis stark kiesig, schwach schluffig<br>Kiese, schwach sandig bis stark sandig, schwach schluffig                         |
| <b>E</b>        | Grob- und gemischtkörnige Böden, schluffig bis stark schluffig | Sande, schwach kiesig bis stark kiesig, schluffig bis stark schluffig<br>Kiese, schwach sandig bis stark sandig, schluffig bis stark schluffig |

Tabelle 13: Tabellarische Übersicht über die Homogenbereiche gemäß [U6]

Die ermittelten Massen teilen sich für die verschiedenen Homogenbereiche wie folgt auf:

- A: 142.000 m<sup>3</sup>
- B: 21.500 m<sup>3</sup>
- C: 232.000 m<sup>3</sup>
- D: 315.000 m<sup>3</sup>
- E: 10.500 m<sup>3</sup>

#### 4.4.3 Projektbezogene Erfahrungen

Die nachfolgend beschriebenen projektbezogenen Erfahrungen wurden im Wesentlichen [U11] entnommen und stellen somit vornehmlich die Erkenntnisse des Bauherrn und des für ihn vor Ort tätigen geotechnischen Sachverständigen dar.

##### **Schichtgrenzen und Massen**

Der Abtrag ist von den eingesetzten Baumaschinen abhängig, die zum Zeitpunkt der Ausschreibung nicht bekannt sind. Beim Aushub werden die einzelnen Arbeitsebenen bautechnisch möglichst eben hergestellt. Die Homogenbereichsgrenzen verlaufen jedoch fast immer unregelmäßig (geneigt, trogförmig, linsenförmig etc.) und weisen zudem oft ein Relief auf. Dadurch sind die Abbauebene bzw. Abbaugrenzen normalerweise nicht gleich mit den Homogenbereichsgrenzen.

Um optimales und homogenes Material für den Einbau zu erhalten, wurden vom Auftragnehmer kleine lokale Zwischendeponien angelegt oder Boden gleichzeitig aus verschiedenen Homogenbereichen ausgehoben und gezielt Mischungen erzeugt. Damit ist das Material im Aushub (Prozess Lösen) nicht mehr mit dem Material im Auftrag (Prozess Einbauen) eindeutig zu vergleichen. Um z.B. einen bindigen Boden ohne Bodenverbesserung einbauen zu können wird eine Mischung aus den Homogenbereichen B (bindige Böden, breiig/weich) und D (grob und gemischtkörnige Böden, schwach schluffig) hergestellt, die sich beim Einbau wie Homogenbereich E (gemischtkörniger Boden schluffig - stark schluffig) verhält.

Der Wechsel der Homogenbereiche ist häufig zu kleinräumig (Linsen, Verzahnungen, geringmächtige Lagen etc.), um im großmaßstäblichen Erdbau dokumentiert zu werden. Diese unter Umständen aus einzelnen Bohrungen der Vorerkundung prognostizierten Schichten/Massen werden in der nachträglichen Aufarbeitung (Dokumentation) nicht wiedergegeben.

Beim gegenständlichen Baugrund im tertiären Hügelland spielen die vorab definierten Homogenbereiche für den Abbau (bzw. die Abbautechnik) praktisch keine Rolle, da nur Lockergesteine in Form von Ton, Schluff, Sand und Kies auftreten.

##### **Materialauftrag**

Durch den Einbau des vorgenannten Materialgemisches aus mehreren Homogenbereichen geht im Auftrag der Bezug verloren. Ebenso verändern sich dadurch die Massen der einzelnen Homogenbereiche zwischen Abtrag und Auftrag massiv.

Es hat sich gezeigt, dass der Einfluss der Witterung auf die Einbaufähigkeit des Bodens größer ist als die Kornzusammensetzung. Je nach Witterungsverhältnissen und Luftfeuchtigkeit muss die Bodenverbesserung angepasst werden, um optimale Einbauverhältnisse zu erhalten.

Je nach Einbauort sind die Einbaubedingungen für das Material eines Homogenbereichs sehr unterschiedlich. Dementsprechend ergeben sich unterschiedliche Behandlungsmethoden. Das mit unterschiedlichen Bindemitteln behandelte Bodenmaterial aus verschiedenen Abbaubereichen wurde z.T. in einem Auftragsbereich verbaut. Als mögliche Folgeerscheinung könnte ein unterschiedliches Setzungsverhalten auftreten.

Die Kennwerte des jeweiligen Homogenbereichs spiegeln nur den Zeitpunkt der Bohrungen wieder (meist im Winter). Zum Zeitpunkt des Abtrages können sich diese geändert haben. Im Zuge des Bauablaufs müssen die natürlichen Wassergehalte usw. zusätzlich gemessen werden, um bei

Streitigkeiten Gegenargumente vorlegen zu können.

### **Erste Folgerungen**

Die Definition der Homogenbereiche gestaltet sich in frühen Phasen des Projekts schwierig, da das Material auch für den Wiedereinbau eindeutig definiert werden soll. Zur Definition von Homogenbereichen müssten daher bereits Rahmenbedingungen (Geräteeinsatz, Bauverfahren, Logistik etc.) bekannt sein.

Da die Auflösung der geologischen Verhältnisse mit der baubegleitenden Dokumentation deutlich verfeinert wird, muss die Datenlage zur Vorerkundung ebenfalls deutlich erhöht werden. Der Erkundungsaufwand müsste deshalb stark erhöht werden, um die Prognose des Schichtgrenzenverlaufs wie auch der Wasserverhältnisse im Untergrund belastbarer zu machen. Optimal wäre die Erstellung eines 3D-Modells des Baugrundes mit Darstellung der Schichtverläufe.

Im geologisch-geotechnischen Bericht (Baugrundgutachten) müssten für jeden Homogenbereich und für alle möglichen Verwendungsszenarien (Einbauanforderungen) bei unterschiedlicher Witterung die notwendigen Verbesserungsmaßnahmen angegeben werden.

In diesem Pilotprojekt wurden die Homogenbereichsgrenzen anhand von Korngrößen- und Konsistenzunterschieden gezogen. Es hat sich gezeigt, dass die Homogenbereiche eigentlich abbaubedingt zusammengefasst werden müssten. Die abbaubedingten Mischungen bzw. Homogenbereichsmaterialien und die dazugehörigen Homogenbereichsgrenzen können im Vorhinein nicht exakt definiert werden, da diese abhängig vom Bauverfahren sind und damit der Disposition des Auftragnehmers obliegen.

Das Bodengutachten muss mindestens zu Beginn der Ausschreibungsphase als endgültige Fassung mit detaillierten Angaben zu Bodenverbesserungsmaßnahmen vorliegen.

Der vorgenannte Aufwand bei der Festlegung der Schichtgrenzen für die Massenberechnung tritt bei der Nachkalkulation der Massen der Homogenbereiche wieder auf. Erneut müssen die Schichtgrenzen manuell eingegeben werden bzw. den Vermessungsdaten müssen die Homogenbereiche manuell zugewiesen werden, weil keine durchgehenden Schichten vorhanden sind. Die Massenberechnung der Homogenbereiche ist nur im Abtrag möglich. Die Idee, die Böden nach der Einbaubarkeit zu klassifizieren, erwies sich im ED 3 der B15 neu als nicht durchführbar.

### **Ausschreibung**

Die derzeit angewandte abtragsorientierte Ausschreibungsmethodik ist bei der Ausschreibung von mehreren Homogenbereichen nicht praktikabel und führt voraussichtlich bei großen Erdbaumaßnahmen zu Spekulationen auf Seiten der Auftragnehmer. Da der Erdbau über die Schichtgrenzen der Homogenbereiche erfolgt, sind Diskussionen über die Zuordnung der tatsächlich ausgeführten Massen im Zuge des Bauablaufs vorprogrammiert.

Aus Sicht der Dienststelle Regensburg wären somit bei Einführung von Homogenbereichen in jedem Fall Anpassungen an der Ausschreibungssystematik erforderlich. Aufgrund der gemachten Erfahrungen bei der Umsetzung des ED 3 ist für Umsetzung der Homogenbereiche in Erwägung zu ziehen, ob die Möglichkeit einer pauschalen Erdbauausschreibung besteht oder ggf. Homogenbereiche aufgrund der baulichen Umsetzung in der Praxis zusammengefasst werden können. Dies ist dadurch begründet, dass bei einer genauen Beschreibung der Böden genaue Einzelvor-

gaben je Homogenbereich erforderlich sind, die zu großen Eingriffen in der Bauabwicklung führen.

### ***Bauablauf***

Erfolgt die Dokumentation während des Bauablaufs nach den tatsächlichen Homogenbereichs- (Schicht-) grenzen, ist ein Vergleich mit den Voruntersuchungen möglich. Wiedereingebaut werden jedoch hauptsächlich Mischungen aus den Homogenbereichen, so dass es zu deutlichen Massenverschiebungen kommt. Wenn dagegen die Aufnahme der Homogenbereichsgrenzen den technischen Abbauebenen folgt, ist ein Vergleich mit dem Wiedereinbau möglich, nicht aber mit den Ergebnissen der früher vorgenommenen Baugrunduntersuchungen. Die baubedingte Abweichung von Homogenbereichsgrenzen führt zu einer Vermischung der Böden unterschiedlicher Homogenbereiche.

Für die geologischen Verhältnisse beim Pilotprojekt und die modernen Abbaugeräte wären, wenn man nur den Abtrag betrachtet, 2 Homogenbereiche (Oberboden und Lockergesteine entsprechend den bisherigen Bodenklassen 1 und 3 bis 4 nach DIN 18300) ausreichend.

Eine digitale Aufnahme während der Bauphase gestaltet sich problematisch, da nicht alle Homogenbereichsgrenzen erfasst werden können. Dadurch haben die einzelnen Homogenbereiche (Punktwolken) oftmals keine definierten Ränder, so dass keine exakte Massenermittlung möglich ist. Für eine flächendeckende und lückenlose Aufnahme wäre ein erheblicher Aufwand nötig, der nur mit hohem Personaleinsatz umsetzbar wäre. Nur so wäre sicherzustellen, dass alle angetroffenen Homogenbereiche erfasst und dann mit dem Auftragnehmer gemeinsam festgelegt werden können.

Es zeigt sich, dass die Homogenbereiche bei diesem Projekt hauptsächlich nicht nach Prozess Lösen, sondern nach dem Prozess Einbauen definiert werden müssten. Dies ist aber aus den vorgenannten Gründen (Inhomogenität, Mischungen, Baulogistik etc.) schwierig abschätzbar und im Gutachten vorab unmöglich, da Verwendungszweck, Witterung etc. vorhergesagt werden müssten. Es stellt sich daher die Frage, ob die Homogenbereiche nach dem anstehenden Baugrund oder anhand des Wiedereinbaus definiert werden. Um den Auftrag im Vorhinein zu definieren, müsste massiv in die Baulogistik eingegriffen werden (Zwischendeponierung, weitere Transportstrecken etc.). Dies entspricht aber weder dem Geist eines VOB-Vertrags noch macht es Sinn, weil letztlich nur der Auftragnehmer mit seinen Baugeräten und –personal die notwendigen Dispositionen treffen kann.

### ***Abschließende Bemerkungen zum Pilotprojekt 4***

Für das Vergabeverfahren (Wertung) ist zu klären, ob eine Gleichwertigkeit vorliegt, falls ein Bieter die der Ausschreibung beiliegenden Bodenaufschlüsse zu anderen Homogenbereichen zusammenfasst und im Zuge eines Nebenangebotes einreicht.

Es sind Spekulationen zu erwarten, falls der Auftragnehmer die Abgrabung (und Vermengung) mehrerer Homogenbereiche kalkuliert, da dann eine Zuordnung (auch zum Preis) nicht mehr möglich ist. Zum Zeitpunkt der Festlegung der Homogenbereiche bei der Baugrunderkundung ist nicht bekannt, wie die Baufirma den Boden löst und vermischt. Ein bedeutender Faktor - die Wassergehalte der Böden bedingt durch die Witterung während der Bauzeit - kann nicht vorhergesagt werden.

Der Begriff "Homogenbereich" birgt insofern Nachtragspotential. Ein natürlicher Boden ist kein

industriell hergestellter Baustoff. Abweichungen in Zusammensetzung, Wassergehalt, Konsistenz sind der Normalfall und nicht die Ausnahme. Ein Homogenbereich, der nicht homogen ist, braucht keine weitere Begründung für einen Nachtrag. Bei Einteilung der Böden nach dem Kriterium der bautechnischen Verwendbarkeit sollte ein anderer Begriff als Homogenbereich gewählt werden.

### **Mehrkosten / Mehraufwand**

Für das Pilotprojekt sind an Mehrkosten / Mehraufwand entstanden:

Bereich Baugrunderkundung, Begutachtung und Dokumentation:

ca. 2.500 € pro km (erhöhter Aufwand für Streckenerkundung)

Bereich Mengenermittlung:

ca. 80 Stunden Mehraufwand; ggf. ist bei künftigen Projekten eine Reduzierung um 50 % bei optimierter Datenaufbereitung möglich.

Bereich Ausschreibung:

ca. 10 Stunden Mehraufwand

Bereich Geotechnische Baubegleitung:

50.000 € brutto, bzw. ca. 7.100 € pro km

Bereich Vermessung: momentaner Mehraufwand (Stand 24.01.2013):

20 d x 628,37 € = 12.567,40 €

voraussichtlicher Mehraufwand bis Projektende:

50 d x 628,37 € = 31.418,50 €

Da derzeit noch keine vollständig ausgewertete Mengenermittlung vorliegt, konnte die vergleichende Kontrolle zwischen Ausschreibung und Abrechnung bisher noch nicht vorgelegt werden.

## **5 Geotechnischer Bericht; Baugrundgutachten**

### **5.1 Allgemeines**

Das neue Konzept „Homogenbereiche“ wird sich gravierend auf die geotechnischen Berichte und Baugrundgutachten auswirken. Im Folgenden wird nur noch der Begriff „Geotechnischer Bericht“ gemäß DIN 4020 verwendet. Hinweise für den Umfang von Erkundungen für Baumaßnahmen werden übergreifend in der DIN 4020 und für den Straßenbau im „Merkblatt über geotechnische Untersuchungen und Berechnungen im Straßenbau (M GUB)“, Ausgabe 2004 gegeben. Sofern sich an diese Regelwerke bei Erkundungen gehalten wird, wird der Umfang ausreichend sein, um hinreichend präzise Homogenbereiche bilden zu können. Das hat das Pilotprojekt 4 exemplarisch gezeigt. Bei kleineren Projekten wie den Pilotprojekten 1 bis 3 zeigte bei der routinemäßigen Erkundung ein zu geringer Erkundungsumfang. Es musste also nacherkundet werden. Dies bedeutet, dass von der Einführung des Homogenbereichskonzepts insbesondere kleinere Baumaßnahmen betroffen sein dürften, indem hierbei der Erkundungsumfang auf das Niveau, das die vorgeannten Regelwerke eigentlich vorgeben, angehoben wird.

Als Ergebnis der Baugrunduntersuchungen ist ein geotechnischer Längsschnitt mit einer Darstellung der für die Baumaßnahme relevanten Homogenbereiche zu entwickeln, der Bestandteil des geotechnischen Berichts wird. Da es sich bei den Homogenbereichen um die Zusammenfassung

von geologischen Schichten handelt (siehe Abschnitt 5.5), die sich sowohl beim Lösen als auch beim Einbauen und Verdichten gleichartig verhalten, bedarf es einer geo- und erdbautechnischen Fachkompetenz, die nur ein geotechnischer Sachverständiger aufweist, um unter Berücksichtigung der Einbau- und Verdichtungseigenschaften zutreffende Homogenbereiche bilden zu können. Eine reine Beschreibung der geologischen Schichtung ist unzureichend.

Bei den Pilotprojekten hat sich gezeigt, dass zur Umsetzung des Konzepts der Homogenbereiche in einer Ausschreibung, bereits vorliegende geotechnische Berichte oder Baugrundgutachten frühzeitig auf ihre Eignung als Grundlage für eine derartige Ausschreibung zu prüfen sind. Dabei wird sich häufig die Notwendigkeit von zusätzlichen Baugrundaufschlüssen und einer Überarbeitung der alten Berichte ergeben, gerade auch im Hinblick darauf, einen möglichst repräsentativen Längsschnitt entwickeln zu können.

Es wird notwendig sein, bei den Erkundungsarbeiten ein zweistufiges Vorgehen zu wählen. Die erste Stufe bilden dabei die Hauptuntersuchungen als Grundlage für die Entwurfsplanung und das Planfeststellungsverfahren. Im zweiten Schritt wären dann ergänzende Untersuchungen und/oder zusätzlich verdichtende Aufschlüsse als Grundlage für die Ausführungsplanung und die Festlegung der Homogenbereiche vorzusehen. Auch Probleme der Zugänglichkeit und Betretungserlaubnisse für die Aufschlussarbeiten können für ein solches zweistufiges Vorgehen sprechen.

Die Festlegung der Homogenbereiche muss aufgrund seines Fachwissens durch den geotechnischen Sachverständigen erfolgen, der insbesondere aber auch über ein erdbautechnisches Fachwissen verfügen muss.

## **5.2 Umfang der Aufschlüsse und Felduntersuchungen**

Im Hinblick auf den Umfang der Baugrundaufschlüsse wird sich durch die Umsetzung des Konzepts der Homogenbereiche grundsätzlich kein Mehraufwand ergeben, vorausgesetzt die diesbezüglichen Hinweise der DIN 4020 und des Merkblatts über geotechnische Untersuchungen und Berechnungen im Straßenbau (M GUB) werden beachtet. Dazu ist es positiv zu bewerten, dass der Tendenz, den Umfang der Baugrunduntersuchungen aus Kostengründen kontinuierlich zu verringern, Einhalt geboten wird. Die notwendige Anfertigung eines geotechnischen Längsschnitts erfordert eine Verbindung bzw. Prognose der Grenzen der Homogenbereiche zwischen den punktuellen Baugrundaufschlüssen. Dies ist schon von sich aus schwierig und oftmals fehlerbehaftet, wobei die Fehlermöglichkeiten überproportional mit dem Aufschlussabstand zunehmen. Deshalb kommt der Baugrunduntersuchung und dem geotechnischen Bericht eine größere Bedeutung zu als bisher. Die Verantwortung des geotechnischen Sachverständigen wird größer.

Verschiedentlich wurde angemerkt, dass insbesondere bei breiteren Straßenquerschnitten, hohen Dämmen und tiefen Einschnitten die Übertragung der Homogenbereiche aus dem Längsschnitt in ein Querprofil mit horizontalen Grenzen unzutreffend sein kann, da die Grenzen der Homogenbereiche geneigt sind, so dass auch Aufschlüsse sozusagen quer zur Achse, also im Querprofil erforderlich werden. Die Relevanz dieser Fragestellung kann bestätigt werden. Sie ist aber auch in dem vorgenannten Regelwerk behandelt und wird durch das Konzept der Homogenbereiche nur verdeutlicht. Ggf. muss der geotechnische Längsschnitt, der im Regelfall entlang der Achse verläuft durch charakteristische Querprofile ergänzt werden.

Im Hinblick auf den Umfang der Felduntersuchungen konnte spezifisch für das Konzept der Homogenbereiche bei den Pilotprojekten bisher ein erheblicher Mehraufwand nicht beobachtet werden.

### 5.3 Umfang der Laboruntersuchungen und deren statistische Auswertung

In der neuen ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“ werden die kennzeichnenden Beschreibungen und Parameter, die für eine hinreichende Beschreibung der Böden bzw. von Fels in den Homogenbereichen anzugeben sind, explizit vorgegeben. Zugleich werden die zugehörigen Versuchsnormen angegeben. Damit werden Laboruntersuchungen zwingend erforderlich. Dabei ist positiv zu bewerten, dass damit die in der Praxis oftmals beobachtbare Vorgehensweise, die Laboruntersuchungen bei Baugrunduntersuchungen zu minimieren oder sogar auf diese vollständig zu verzichten, entgegengewirkt wird. Es wird aber notwendig werden, in dem der DIN 18300 nachgeordneten erdbau-technischen Regelwerk Empfehlungen und Hinweise, ggf. sogar Vorgaben zum Mindestmaß an Laboruntersuchungen zu geben.

In jedem Fall wird sich mit dem neuen Konzept ein Mehraufwand an Laboruntersuchungen ergeben, was aber gerechtfertigt ist, um die Eigenschaften der Böden in den Homogenbereichen hinreichend präzise beschreiben zu können, damit der Aufwand für die verschiedenen Erdbauprozesse auch kalkulierbar ist und so eine sachgerechte Preisbildung ermöglicht wird. Letztendlich sind aber auch dabei Spekulationen nicht auszuschließen.

Es bestehen derzeit noch Unklarheiten über die zu wählende Anzahl von Laboruntersuchungen, d.h., wie viele Versuche allein zur Klassifikation der Böden in den Homogenbereichen, Korngrößenverteilung, Fließ- und Ausrollgrenzen, ausgeführt werden sollten. Da es sich bei den zu gewinnenden Bohr- und Schürfproben immer nur um Stichproben handeln kann, muss dies auf statistischer Grundlage erfolgen. Nur die Angabe des Mittelwertes und der Standardabweichung auf der Basis einer ausreichenden Stichprobenanzahl würde zumindest eine Einschätzung der Streuung der bodenmechanischen Eigenschaften erlauben. Damit kommen auf den geotechnischen Sachverständigen zusätzliche Aufgaben zu. In den Pilotprojekten 2 (siehe Abschnitt 4.2.2) und 3 (siehe Abschnitt 4.3.2) wurden dies für die relevanten Homogenbereiche exemplarisch durchgeführt.

Bei etwaigen Nachtragsansprüchen des Auftragnehmers, die mit einer geändert sich darstellenden Geologie und damit auch geänderten Homogenbereichen begründet werden, wären von dessen Seite Untersuchungsergebnisse vorzulegen, die auf einem ähnlichen Stichprobenumfang beruhen und zeigen, dass sich eine Verschiebung der Grundgesamtheit ergeben hat.

Im Hinblick auf die Anzahl der Laboruntersuchungen auf statistischer Grundlage und deren Auswertung und Bewertung sollten wiederum Hinweise für die Praxis im nachgeordneten Regelwerk gegeben werden.

Der in der ATV DIN 18300 angegebene Parameterumfang für Boden und Fels (siehe Abschnitt 3) wird nach den Erfahrungen mit den Pilotprojekten als ausreichend angesehen. Neben der Angaben von Steinen und Blöcken nach DIN EN ISO 14688- 2 sollte noch die Benennung der Böden nach DIN EN ISO 14688- 1 angegeben werden.

Sofern bei den durchgeführten Pilotprojekten Fels angetroffen worden war, war die Unterscheidung zwischen Boden und Fels stets eindeutig, so dass auch die entsprechenden Laboruntersuchungen zugeordnet werden konnten. Aus der Baupraxis ist aber bekannt, dass die Unterscheidung, ob es nun Boden oder Fels ist, weiterhin kontrovers sein wird. Wie bereits bei der bestehenden DIN 18300 ist die Unterscheidung zwischen den Bodenklassen 4 und 5 (Boden) einerseits und 6 (Fels) andererseits schwierig und kann weiterhin zu Streiffällen führen. Zudem werden Boden und Fels mit verschiedenen Parameterlisten belegt. Es wird als notwendige Konsequenz ein einfaches Kriterium gesucht, damit der geotechnische Sachverständige, der die Aufschlussarbeiten betreut, feststellen kann, ob boden- oder felsmechanische Parameter in den Laboruntersuchungen zu ermitteln sind. Da es dieses Kriterium nicht gibt, ist hier ein besonderer Forschungs- und Entwicklungsbedarf abzuleiten.

#### 5.4 Bildung von Homogenbereichen

Bei den Homogenbereichen handelt es sich um eine Zusammenfassung von Boden- bzw. Felschichten, die sich in der Erdbaukette Lösen – Laden – Fördern – Behandeln – Einbauen - Verdichten gleichartig verhalten. Das kann beispielsweise auch entsprechend der derzeit gängigen Praxis wie der Zusammenfassung von Bodenklassen, z.B. 3 bis 5, erfolgen. Ein Homogenbereich ist also nicht zwangsläufig nur mit einer geologischen Schicht oder einer Bodenschicht gleichzusetzen, sondern wird vielfach aus mehreren Bodenschichten bestehen. Auf der anderen Seite kann es auch notwendig werden, eine geologische Schicht in zwei Homogenbereiche aufzuteilen. Das ist beispielsweise dann der Fall, wenn der Boden in unterschiedlichen Konsistenzen ansteht und der eine Teil des Bodens behandelt und der andere nicht behandelt werden muss.

Eine Zusammenfassung von Boden- oder Felsschichten kann auch dann empfehlenswert sein, wenn im Abtrag ein getrenntes Lösen der Böden nicht möglich oder auch nicht erforderlich ist.

Grundsätzlich ist die Anzahl der Homogenbereiche zu minimieren, damit die Zahl der Leistungspositionen im Leistungsverzeichnis nicht zu groß wird. Außerdem werden damit auch eine Dokumentation der Homogenbereiche bei der Bauausführung und die Abrechnung der Leistungspositionen erleichtert. Ähnlich wie bei der derzeitigen Zusammenfassung von Bodenklassen wirkt sich einerseits auch eine Zusammenfassung von Bodenschichten in einem Homogenbereich fehlerausgleichender aus. Andererseits sollten die Homogenbereiche so differenziert werden, dass die Bieter für eine Baumaßnahme ihr technisches Know-how für das Lösen, Bearbeiten und Einbauen unterschiedlicher Böden einbringen können. Wenn ein Bieter für zwei oder mehrere Homogenbereiche keine Unterschiede in der Bearbeitung der Böden erkennt, sollten in den betreffenden Leistungspositionen auch gleiche Preise angegeben werden.

Das Ergebnis der Einteilung der Bodenschichten in Homogenbereiche ist im geotechnischen Bericht als geotechnischer Längsschnitt darzustellen, in dem im Regelfall auch die Profile der punktuellen Aufschlüsse aufgenommen werden. Für die Darstellung der Homogenbereiche ist es nun erforderlich, die Homogenbereichsgrenzen zwischen den Profildarstellungen zu interpolieren. Eine exakte räumliche Abgrenzung der einzelnen Homogenbereiche wird dabei weder in horizontaler noch in vertikaler Richtung zwischen den einzelnen Aufschlusspunkten aufgrund des stichprobenartigen Charakters der Baugrundaufschlüsse vollständig möglich sein. Solche Abgrenzungen lassen sich zwar mit zunehmender Aufschlussdichte auch mit immer größerer Aussagewahr-

scheinlichkeit interpolierend interpretieren, können jedoch die tatsächlichen Verhältnisse immer nur näherungsweise abbilden. Bei dieser räumlichen Abgrenzung der Homogenbereiche sind demnach stets entsprechende Unsicherheiten gegeben, wie es sich auch im Pilotprojekt 2 bei der Einschätzung des Anteils von Fels gezeigt hat. Der geotechnische Bericht und dessen Folgerungen für die Ausschreibung sind daher in größerer Tiefe zu erstellen.

Da die Definition für die Homogenbereiche im Entwurf der ATV DIN 18300 allgemein gehalten ist, erfolgt die Zusammenfassung bzw. Abgrenzung der Homogenbereich recht subjektiv durch den jeweiligen geotechnischen Sachverständigen. Es wird daher erforderlich sein, diese Vorgänge zu objektivieren, indem eindeutige Entscheidungskriterien aufgestellt werden. So wären beispielsweise für den Parameter der Konsistenz die Unterscheidungsbereiche fest, steif bis halbfest, weich bis steif und breiig bis flüssig möglich. Für die weiteren Parameter wird zu entscheiden sein, ob für diese solche Unterscheidungen erforderlich sind. Sofern dies gegeben ist, wären entsprechende Kriterien vorzugeben oder noch zu entwickeln. Folgende Parameter wären davon bisher betroffen:

Für Boden:

- Stein- und Blockanteil
- Korngrößenverteilung / Plastizität
- Wichten
- Konsistenzen, Konsistenzgrenzen und Wassergehalte
- Undrained Scherfestigkeit
- Lagerungsdichten
- Organische Anteile (Glühverlust)

Für Fels:

- Wichten
- Trennflächengefüge und räumliche Orientierung
- Verwitterungsgrad
- Einaxiale Druckfestigkeiten.

Schwierig wird es auch dort, wo allmähliche Übergänge, z.B. von Locker- zu Festgestein, festgestellt werden oder wenn beim Lösen ein festgesteinsartiges Verhalten, beim Einbauen und Verdichten dann aber ein lockergesteinsartiges Verhalten gegeben ist.

Es ist ausdrücklich hervorzuheben, dass die vorgenannten Ausführungen zur Bildung von Homogenbereichen mit der Zusammenfassung von Boden- oder Felsschichten sich auf die Erdbaukette Lösen – Laden – Fördern – Behandeln – Einbauen – Verdichten beziehen, für die ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“ gilt. Es ist aber das erklärte Ziel, das Konzept der Homogenbereiche aber auch die zahlreichen weiteren Normen dieser Normenreihe über Tiefbauarbeiten umzusetzen. Hierbei ist zu bedenken, dass die Bildung von Homogenbereichen, d.h. auch die Zusammenfassung etwaiger Boden- oder Felsschichten, unter Betrachtung des Bauverfahrens erfolgt. Im Erdbau sind dieses vor allem Verfahren zum Lösen bzw. zum Einbauen und Verdichten von Boden und Fels. Dies bedeutet, dass die so gebildeten Homogenbereiche nicht ohne Weiteres auf andere Tiefbauarbeiten oder Gewerke wie Bohrarbeiten, Nassbaggerarbeiten, Schlitzwandarbeiten u.a. übertragbar und anwendbar sind. Es wird vielmehr oftmals erforderlich werden, die Homogenbereiche gewerkespezifisch zu definieren. Letztendlich kann dies bedeuten, dass die bisherige Differenzierung

nach unterschiedlichen Klassifizierungssysteme für die unterschiedlichen Tiefbauarbeiten oder Gewerke sich zukünftig in einer Differenzierung von unterschiedlichen Homogenbereichsbildungen je nach Arbeitsverfahren oder Gewerk widerspiegeln wird. Mit dem Konzept der Bildung von Homogenbereichen wird das Ziel einer gewerkeübergreifenden Beschreibung der Baugrundverhältnisse nicht ohne Weiteres erreicht.

Sofern also die Baugrunduntersuchungen und der zugehörige geotechnische Bericht im Hinblick auf unterschiedliche Tiefbauarbeiten oder Gewerke erfolgen, ist im Auftrag an den geotechnischen Sachverständigen anzugeben, für welche Arbeiten und Gewerke eine Bildung von Homogenbereichen erforderlich wird.

## **6 Aufstellung der Verdingungsunterlagen**

### **6.1 Baubeschreibung**

Die Baubeschreibung für eine Baumaßnahme muss die wesentlichen Aussagen aus dem Geotechnischen Bericht beinhalten. Dies betrifft insbesondere die in dem neuen Konzept der DIN 18300 geforderte Beschreibung der Homogenbereiche. Dies bedeutet ebenso, dass der Ausschreibende entweder sich fachtechnisch mit den Baustoffen Boden und Fels auseinandersetzen oder sich in dieser Hinsicht mit dem geotechnischen Sachverständigen ins Benehmen setzen muss. Ein pauschaler Verweis auf das Baugrundgutachten, wie er heute häufig in Baubeschreibungen vorgenommen wird, wird nicht mehr ausreichend sein. Dabei ist es auch von besonderer Bedeutung, dass der Ausschreibende die Bildung der Homogenbereiche schlüssig nachvollziehen und prüfen kann. Das Gutachten ist so zu fertigen, dass der Ausschreibende die darin beschriebenen Folgerungen aus der Festlegung der Homogenbereiche in Leistungspositionen umsetzen kann. Es ist zu erwarten, dass in der Ausschreibungsphase mit dem neuen Konzept Homogenbereiche daher eine engere Abstimmung und Zusammenarbeit des Ausschreibenden mit dem Baugrundgutachter als bisher erforderlich wird. In diesem Zusammenhang ist nochmals darauf hinzuweisen, dass die neue DIN 18300 sich nicht nur wie formal bisher auf die erdbautechnischen Prozesse Lösen – Laden – Fördern, sondern zukünftig auch auf die Prozesse Behandeln – Einbauen – Verdichten beziehen soll. Dies erfordert einen erdbautechnischen und geotechnischen Sachverständigen nicht nur beim Baugrundgutachter, sondern auch beim Ausschreibenden. Letztlich hat der geotechnische Sachverständige eine zuverlässige Beschreibung der Baugrundverhältnisse zu liefern, die eine fachgerechte Umsetzung in der Ausschreibung erlauben.

Eine Zusammenfassung von Homogenbereichen in der Ausschreibung ist nach dem neuen Konzept grundsätzlich nicht zielführend, denn die Aspekte und Gründe, die für eine solche Zusammenfassung sprechen, sind eigentlich schon bei der Bildung der Homogenbereiche an sich zu berücksichtigen.

### **6.2 Leistungspositionen**

Grundsätzlich ist für jeden Homogenbereich mindestens eine eigenständige Leistungsposition für die erdbautechnischen Prozesse Lösen – Laden – Fördern – Behandeln – Einbauen – Verdichten

vorzusehen, wobei nochmals hervorzuheben ist, dass verschiedene Bodenschichten, dessen Böden oder Fels sich in dieser Prozesskette gleichartig verhalten, prinzipiell zu einem Homogenbereich zusammengefasst werden sollten.

Aufgrund der Verschiedenartigkeit der erdbautechnischen Prozesse sollte eine Unterteilung der Leistungspositionen in die Prozesse a) Lösen – Laden - Fördern und in die Prozesse b) Behandeln – Einbauen - Verdichten in Betracht gezogen werden. Dies ist beispielsweise angebracht, wenn das Material sich beim Lösen noch wie ein Festgestein verhält, nach dem Lösen oder spätestens beim Verdichten dann aber zu einem Lockergestein zerfällt, oder wenn für den Prozess Behandeln ein Brechen von Festgestein vorgesehen wird. Hierbei kann es dann sinnvoll sein, für die Prozesse b) die Homogenbereichsaufteilung zu belassen, für die Prozesse a) dagegen Homogenbereiche zusammenzufassen.

Es wurde wiederholt angemerkt, dass sich eine starke Differenzierung der Homogenbereiche für die Ausschreibung von Leistungen zur Herstellung von Leitungsgräben oder sonstigen kleineren Baumaßnahmen unverhältnismäßig aufwendig gestalten kann. Die für solche Fälle vorgesehene Reduzierung der anzugebenden boden- bzw. felsmechanischen Parameter ist nicht ausreichend. Hierzu wird noch ein Diskussions- und ggf. auch Regelungsbedarf gesehen.

Auf der Basis des neuen Konzepts Homogenbereiche der DIN 18300 müssen die Standardleistungskataloge für den Erdbau kurzfristig im Nachlauf angepasst werden.

### **6.3 Bodenbehandlungen als Nebenleistung**

Im Pilotprojekt 1 waren die erforderlichen Bodenbehandlungsmaßnahmen im Bauvertrag als Nebenleistungen definiert worden. Der Grundgedanke war dabei gewesen, dass die Baugrundverhältnisse mit den Homogenbereichen so detailliert beschrieben sind, dass die erforderlichen Maßnahmen von den Bietern nach Art und Umfang eingeschätzt werden können und damit kalkulierbar sind. Dies hat sich in den Bauausführung dann auch bestätigt. Die Art der Bodenbehandlung wie Bodenverbesserung mit Bindemitteln, Belüftung, Mischen von Böden u.a. blieb dem Auftragnehmer überlassen. Zudem wurde festgestellt, dass der Auftragnehmer sehr achtsam mit der bauzeitigen Entwässerung umging und die Erdbauarbeiten witterungsbedingt anpasste. Er konnte damit seine erdbautechnische Kompetenz und zugleich wirtschaftliche Leistungsfähigkeit unter Beweis stellen.

Auch von den anderen Pilotprojekten wurden aus der Erfahrung der Bauabwicklung die Vorschläge getätigt, Bodenbehandlungen mit dem neuen Konzept der Homogenbereiche in der DIN 18300 als Nebenleistung zu deklarieren. Es kam zudem einhellig die Überlegung auf, Erdbauarbeiten möglicherweise auch pauschal auszuschreiben.

Zur Pauschalisierung ist anzumerken, dass Erfahrungen mit derartigen Bauverträgen gezeigt haben, dass für den Auftraggeber sehr nachteilige und grundsätzliche bauvertragliche Probleme entstehen, wenn erhebliche Abweichungen von den beschriebenen Baugrundverhältnissen festgestellt werden. Dies ist wohl auch bei konventionellen Bauverträgen gegeben. In diesen Fällen ist damit aber nicht die Gefahr verbunden, dass der Bauvertrag grundsätzlich in Frage gestellt werden kann.

Mit einer Definition der Bodenbehandlung als Nebenleistung könnten möglicherweise die in der Praxis häufig auftretenden Streitfälle über Nachträge im Zusammenhang mit Bodenbehandlungen von zu nassen Böden vermindert werden.

## 7 Bauausführung

Das Erfordernis und der Umfang einer Betreuung der Bauausführung durch einen Sachverständigen für Geotechnik auf Seiten des Auftraggebers haben sich bei den Pilotprojekten sehr unterschiedlich gezeigt. Es zeichnet sich aber die Tendenz ab, dass bei Großbaumaßnahmen wie dem Neubau der B 15 (Pilotprojekt 4) ein erheblicher Mehraufwand für die Feststellung des geologischen Ist-Zustandes und damit für den geotechnischen Sachverständigen erforderlich wird.

Mit der zeichnerischen Darstellung der Homogenbereiche in einem geotechnischen Längsschnitt und der Angabe der Bandbreite von boden- bzw. felsmechanischen Parametern für die einzelnen Boden- und Felsschichten stellt der Auftraggeber dem Auftragnehmer für seine Kalkulation der Leistungen ein Prognosemodell zur Verfügung, dessen Grundlage punktuelle Aufschlüsse und die Entnahme von Proben bilden, die beide einen stichprobenartigen Charakter haben. Abweichungen von diesem Prognosemodell sind daher a priori nicht ausgeschlossen, wodurch für den Auftraggeber ein Risiko besteht, da solche Abweichungen Nachträge begründen können. Bauvertraglich sollte daher mindestens geregelt werden, dass der Auftragnehmer dem Auftraggeber unverzüglich zu unterrichten hat, wenn der Auftragnehmer nachtragsrelevante Abweichungen von den beschriebenen Baugrundverhältnissen feststellt. Nachtragsrelevante Abweichungen sind beispielsweise dann gegeben, wenn die sich anders als im Prognosemodell darstellenden Baugrundverhältnisse Änderungen im Einsatz der Baugeräte, in der Wahl des Bauverfahrens oder des Bauablaufes bedingen.

Es kann keine generelle projektübergreifende Feststellung über die Notwendigkeit und den etwaigen Umfang einer Dokumentation des Ist-Zustandes getroffen werden. Bei größeren Maßnahmen kann erwartet werden, dass eine umfangreiche Dokumentation die Voraussetzung dafür ist, berechnete Ansprüche seitens des Auftragnehmers zu erfüllen, unberechtigte aber abzuwehren. Diese Dokumentation ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn nachtragsrelevante Abweichungen auftreten. Diese Abweichungen müssen seitens des Auftragnehmers belegt werden. Es ist zu beachten, dass dabei die Qualität der Beschreibung der Baugrundverhältnisse mindestens der Qualität des Prognosemodells entsprechen muss, was auch die Art und den Umfang der hierfür erforderlichen Labor- und Felduntersuchungen betrifft. Es ist angeraten, dass die Feststellungen der Abweichungen in geeigneter Weise vom Auftraggeber und Auftragnehmer gemeinsam getroffen werden. In diesen Fällen wird es in den meisten Fällen notwendig sein, auf beiden Seiten einen geotechnischen Sachverständigen einzubeziehen.

Insbesondere bei größeren Baumaßnahmen kann es angeraten sein, eine durchgängige Dokumentation des Ist-Zustandes und den damit verbundenen Abgleich mit dem Prognosemodell vorzusehen. Für diese Dokumentation ist für die Beschreibung der angetroffenen Boden- und Felsschichten ein geotechnischer Sachverständiger erforderlich. Gleichzeitig sind die tatsächlichen Homogenbereiche, ggf. auch mit ihrer Boden- und Felsschichtung, vermessungstechnisch zu erfassen.

## 8 Abrechnung

Da der Aufwand für die Abrechnung mit der Anzahl der Leistungspositionen korrespondiert, muss für das Konzept der Homogenbereiche mit der gegebenen Vermehrung der Leistungspositionen grundsätzlich auch von einem Mehraufwand für die Abrechnung ausgegangen werden. Die kostenmäßige Relevanz fällt aber projektbezogen sehr unterschiedlich aus.

Da die Abrechnung im Abtrag nach Querprofilen erfolgt, muss die Abgrenzung der Homogenbereiche auch in den Querprofile möglichst zutreffend erfasst werden. Dies kann sich insbesondere z.B. bei Hangabschnitten oder nicht horizontal verlaufenden Schichtgrenzen als recht komplex darstellen. Die Darstellung in dreidimensionalen Baugrundmodellen ist theoretisch möglich, stellt aber noch Entwicklungsmöglichkeiten für die Zukunft dar.

Allgemein gilt aber auch für den Aufwand für die Abrechnung der Grundsatz, projektbezogen so wenige Homogenbereiche wie möglich zu bilden.

Für die Abrechnung etwaiger Nachträge ist es von besonderer Bedeutung, dass die hierfür erforderlichen Begründungen aus Feststellungen von Abweichungen gemäß Abschnitt 7 resultieren müssen.

## 9 Verbesserungsvorschläge zum Entwurf der ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“

Als eine sehr interessante Variante hat sich die bauvertragliche Einbeziehung von Bodenbehandlungsmaßnahmen als Nebenleistungen gezeigt. Eine entsprechende Umsetzung im neuen Konzept der DIN 18300 sollte mit Abwägung der Vor- und Nachteile zumindest diskutiert werden.

Bei der Beschreibung der Bodeneigenschaften sollte auch eine Benennung nach DIN EN ISO 14688-1 für Böden verlangt werden.

Ein Defizit besteht noch im Hinblick auf die Beschreibung von veränderlich festen Gesteinen. Hier sollten entsprechende Vorgaben im Sinne von Versuchen zur Wasserlagerung gemäß DIN 4022 und/oder Siebtrommelversuchen gemäß TP BF-StB Teil C 20 aufgenommen werden.

Kosten und Nutzen einer aufwendigen Beschreibung der Petrographie bei Fels nach DIN 21920 sollten nochmals geprüft werden.

Die Beschreibung der Boden- und Felsschichten und der Beurteilung ihrer erdbautechnischen Eigenschaften bilden die Grundlage für die Bildung von Homogenbereichen. Ergänzend dazu ist aber auch eine sachgerechte Erfassung der hydrogeologischen Verhältnisse erforderlich, was in der Planungs- und Baupraxis häufig nicht in dem notwendigen Maße erfolgt. Zusätzlich Angaben hierzu in der neuen DIN 18300 würden sich hierbei als sehr hilfreich erweisen.

## 10 Zusammenfassung

Grundsätzlich wird sich mit dem neuen Konzept der Homogenbereiche in der neuen DIN 18300 ein Mehraufwand für die Baugrunduntersuchungen, für die geotechnischen Berichte, für die Ausschreibung, für die Dokumentation bei der Bauausführung und bei der Abrechnung ergeben. Dieser Mehraufwand wird projektbezogen unterschiedlich ausfallen und ist damit nicht in Zahlen zu fassen, womit auch eine Beurteilung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses der Umstellung der DIN

18300 sehr erschwert wird.

Aus geotechnischer Sicht kann aber festgestellt werden, dass mit der geforderten Beschreibung und Angabe von Parametern von Boden und Fels einschließlich der zugehörigen Normen die Qualität der Baugrunduntersuchungen und der zugehörigen geotechnischen Berichte und Baugrundgutachten verbessert wird.

Mit dem Konzept der Homogenbereiche wird deutlich, dass die Baugrunduntersuchungen nicht nur eine erforderliche Grundlage für die Bauplanung darstellen, sondern vielmehr auch durch die Bildung von Homogenbereichen für die Ausschreibung unmittelbar Eingang in den Bauvertrag finden und damit bestimmend für die Bauausführung und Abrechnung der Bauleistungen sind. Es erscheint damit nur folgerichtig, die Kosten für die Baugrunderkundung den Baukosten zuzuordnen.



Dr.-Ing. Dirk Heyer  
Akademischer Direktor



Dr.-Ing. Peter Schwarz  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter