Smoltczyk & Partner
Untere Waldplätze 14 70569 Stuttgart Telefon 0711 / 131 64 - 0 Telefax 0711 / 131 64 - 64 post@SmoltczykPartner.de

Prof. Dr.-Ing. Norbert Vogt
Dr.-Ing. Berthold Rilling
Hon.- Prof. Dr.-Ing. Walter Lächler
Dr.-Ing. Konrad Nübel
Dr.-Ing. Thomas Rumpelt
Dr.-Ing. Roberto Cudmani

S&P
Geotechnik
Hydrogeologie
Umwelttechnik

12-062 Illingen, Westtangente durch WSG II: Schmie-Durchlass
Baugrund- und Gründungsgutachten

Auftraggeber	Landratsamt Enzkreis Baurechtsamt, Straßenbau Postfach 10 10 80 75110 Pforzheim Herr Dipl.-Ing. H. Schmidt Tel: 07231/308-1620 Fax: 07231/308-960 Horst.Schmidt@Enzkreis.de
Planer	Schwarzingenieure GmbH Beratende Ingenieure, Stadtplaner, Verkehrsplaner Postfach 1350 71665 Vaihingen an der Enz Tel: 07042/5653 Fax: 07042/13811 Herr Dr.-Ing. H. Schwarz Herr Dipl.-Ing. H. Hinderer E-Mail: info@schwarzingenieure.de

Ort und Datum	Stuttgart, 21.02.13
Verteiler	2fach an AG, 1fach Planer
Textseiten; Anlagen	29; 1.1 bis 5.2 (17 Blatt)
Vorgangsnr.; Zeichen	144409-1; Bü/Ly/Sa/Si
Projektleiter und Bearbeiter Bautechnik	Dipl.-Ing. Martin Sadlowski
Bearbeiter Baugrund	Dipl.-Geol. Bernd Bühler

S&P Smoltczyk & Partner GmbH

i.A. Sadlowski

Smoltczyk & Partner GmbH

Zugehörig zum Gesuch vom 17. JULI 2014

Zugehörig zur Entscheidung vom 8. OKT. 2014

Landratsamt Enzkreis
- Umweltamt -

LANDRATSAMT ENZKREIS

Inhalt Seite

1 Bezug und Unterlagen 3

2 Lage und Bauwerksbeschreibung 4

3 Untersuchungsumfang 6

4 Baugrund 9

5 Grundwasser 11

6 Eigenschaften von Böden und Fels 14

6.1 Ergebnisse der bodenmechanischen Feld- und Laborversuche 15

6.2 Bodenmechanische Kennwerte 18

7 Bautechnische Folgerungen 20

7.1 Gründung des Bauwerkes 20

7.2 Herstellung der Baugrube 22

7.3 Bauwerk und Grundwasser 25

7.4 Rohrbettungsbereich 26

8 Mitwirkung bei der Bauplanung und Ausführung 27

Anlagen

Siehe Anlagenverzeichnis 29

1 Bezug und Unterlagen

Auftrag: Durch Herrn Dipl.-Ing. H. Schmidt, Sachgebietsleiter Straßenbau, Verkehrsamt im Landratsamt Enzkreis, wurden wir am 11.05.12, auf der Grundlage unseres Leistungs- und Honorarvorschlags vom 30.04.12 im Namen und auf Rechnung des Landratsamts Enzkreis beauftragt, für den Neubau der Ortsumgehung von Illingen (K 4574 Westtangente Illingen), die durch die Schutzzonen II und III des Wasserschutzgebiets der Trinkwasserversorgung von Illingen führt, eine Baugrunderkundung entlang des vorgesehenen Trassenverlaufs zu planen, zu betreuen und durchzuführen sowie für die Bauwerke Straßendamm, Bachdurchlass (Schmie) und Regenrückhaltebecken jeweils ein Baugrund- und Gründungsgutachten, sowie ein hydrogeologisches Gutachten zum Grundwasserschutz zu erstellen. Das vorliegende Gutachten befasst sich mit dem Schmie-Durchlass.

Als **Unterlagen** zur Westtangente Illingen erhielten wir:

- vom Landratsamt einen Lageplan der Schwarzingenieure GmbH mit dem geplanten Trassenverlauf, Stand 03.01.12,
- von der Schwarzingenieure GmbH mit E-Mail vom 22.08.12 einen Absteckplan mit dem Trassenverlauf und der vorgesehenen und eingemessenen Lage von drei Kernbohrungen, Stand 22.08.12,
- von der Gemeinde Illingen am 04.09.12 Ausbaupläne der Brunnen Pfahlwiesen (Stand 05.08.71) und Brühlwiesen (Stand 13.12.63),
- vom Ingenieurbüro Wald + Corbe, erhielten wir am 18.12.12 eine mündliche Angabe zum Hochwasser am geplanten Durchlass,
- vom Landratsamt am 18.01.13 einen Erläuterungsbericht Neubau der Westtangente in Illingen, Hydraulische Untersuchung von Wald + Corbe, Stand Januar 2012 und
- vom Profilhersteller HAMCO mit E-Mail vom 29.01.13 eine Vorstatik für ein MB12-Profil „Nur zur Berechnung der Tiefe der Bodenverbesserung". Desweiteren wurde uns telefonisch mitgeteilt, dass die maximale zulässige Verformung

des Profils unter 1,5 % des Profildurchmessers, d.h. in diesem Fall unter 8 cm liegen muss.

Außerdem standen uns zur Verfügung:

- Blatt 7019 Vaihingen/Enz der Geologischen Karte (Maßstab 1:25 000) von Baden-Württemberg mit Erläuterungen, Stuttgart 1971,
- Höhenflurkarte NW XLIII.10 (Maßstab 1:5000) und
- Das S&P Baugrund- und Gründungsgutachten zum geplanten Straßendamm vom 15.01.13.

2 Lage und Bauwerksbeschreibung

Lage: Das Gelände, auf dem die Westtangente Illingen gebaut werden soll, liegt grob zwischen Mühlacker und Vaihingen/Enz, rund 1 km nordwestlich der Ortsmitte von Illingen, zwischen der Kreisstraße K 4510 im Nordosten und der Bundesstraße B 35 im Südwesten, im Tal der Schmie (Anlage 1.1). Die geplante Westtangente verläuft rund 50 m südöstlich des Brunnens Pfahlwiesen durch die Gewanne Pfahlwiesen und Holderäcker und quert die Schutzzonen II und III des Wasserschutzgebiets Pfahlwiesen/Brühlwiesen der Trinkwasserversorgung von Illingen (Anlage 1.2).

Bauwerksbeschreibung: Die geplante Westtangente soll als Ortsumfahrung von Illingen etwa parallel der derzeitigen Behelfsstraße verlaufen und die Kreisstraße K 4510 mit der Bundesstraße B 35 verbinden. Die Straße soll auf einem Straßendamm durch das Trinkwasserschutzgebiet geführt werden. Die Schmie soll mit einem Durchlass durch den Damm geführt werden.

Der Planer hat ein Durchlassquerschnitt (HAMCO MB12 -Profil) mit einem Maulprofil und einer maximalen lichten Breite von etwa 5,5 m vorgesehen. Gemäß den nachfolgenden Herstellerangaben, die wir www.hamco-gmbh.de entnommen haben, handelt es

sich dabei um Wellstahlrohre, die aus gewellten, gebogenen und korrosions-geschützten Stahlblechen bestehen und bauseits verschraubt werden. Nach Hinterfüllung der Wellenstahlrohre entsteht mit dem umgebenden Erdreich ein Verbundbauwerk, dessen Tragfähigkeit durch die Eigenschaften der beiden Bauelemente Rohrwandung und umgebender Boden gleichermaßen bestimmt wird.

Die Herstellung erfolgt grundsätzlich in einer trockenen Baugrube auf einem höhen- und fluchtgerechten Planum, das Hinterfüllen und Verdichten unter Beachtung der Einbauvorschrift des Profilherstellers. Dazu muss die Schmie temporär umverlegt werden.

Das Verbundbauwerk verlangt die besondere Beachtung des die Rohrwandung direkt umgebenden Rohrbettungsbereiches, in dem der seitens der Statik geforderte Steifemodul und der Bodenreibungswinkel sowie eine Mindestüberschüttung des Profils einzuhalten sind. Wegen der setzungsempfindlichen Untergrundverhältnisse muss der Untergrund bis auf eine vom Profilhersteller vorgegebene Tiefe ausgetauscht werden.

Entsprechend den Profilherstellerangaben ergibt sich: Die Breite des Rohrbettungsbereichs wird nach unseren groben Schätzungen für das o.g. Profil etwa 11 m im Sohlbereich und etwa 16,5 m oberhalb der Kämpfer, die Überschüttung inklusive des Straßen-Oberbaus etwa 1 m und der Bodenaustausch unterhalb der Rohrsohle etwa 1,5 m betragen. Gegebenenfalls ist eine Überhöhung des Profils entsprechend den im Weiteren angegebenen zu erwartenden Setzungen vorzunehmen.

Nach Angaben des Ingenieurbüros Wald + Corbe liegt der Wasserspiegel während des HQ_{100} im Bereich des geplanten Durchlasses bei etwa 230,5 mNN, d. h. bei etwa 0,7 m über dem jetzigen Gelände.

3 Untersuchungsumfang

Für die Erstellung unserer Baugrund- und Gründungsgutachten zu den geplanten Bauwerken Straßendamm, Regenrückhaltebecken, Schmie-Durchlass und zur Beurteilung der Grundwasserverhältnisse wurden zur **Baugrunderkundung** entsprechend des von uns ausgearbeiteten Erkundungskonzepts, von der Bohrfirma Terrasond GmbH, Günzburg, vom 04. bis 06.09.12 unter unserer fachtechnischen Aufsicht entlang des geplanten Trassenverlaufs

3 Kernbohrungen nach DIN EN ISO 22475, Tabelle 2, Zeile 7, im Fels Zeile 2, mit Tiefen zwischen 7,0 m und 12,0 m und insgesamt

28,3 Bohrmetern

und zur Erkundung der Deckschichten von **S&P** ebenfalls vom 04. bis 06.09.12 mit einem Elektrobohrhammer "WACKER EH 23/220"

8 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Tabelle 2, Zeile 9, mit Tiefen zwischen 3,0 m und 6,6 m, überwiegend jedoch 5 m, mit insgesamt

40,0 Bohrmetern niedergebracht.

Das Ziel der Erkundung war, Informationen zur Ausbildung und Mächtigkeit der Deckschichten im Hinblick auf den Grundwasserschutz und die Gründung des geplanten Durchlasses sowie Informationen zur Tiefenlage der Festgesteinsoberfläche zu erhalten und Bodenproben für bodenmechanische Untersuchungen zu gewinnen.

Mit Datum vom 27.08.12 liegt vom RP Stuttgart, Kampfmittelbeseitigungsdienst, eine Luftbildauswertung mit dem Ergebnis vor, dass keine weiteren Maßnahmen zum Kampfmittelerkundung erforderlich sind.

Unter Berücksichtigung der Lage der geplanten Verbindungsstraße und des Regenrückhaltebeckens innerhalb des Trinkwasserschutzgebiets wurde ein chemisch / mikrobiologisches Monitoringkonzept für die Zeit der Erkundungsarbeiten inklusive der Dokumentation des Vor- und Nachzustands für die bei-

den Brunnen Pfahlwiesen und Brühlwiesen erarbeitet und mit dem Umweltamt des Landratsamts Enzkreis vorab abgestimmt. Die Ergebnisse des Monitorings werden in unserem hydrogeologischen Gutachten dargestellt und bewertet.

Auf Grund der Lage wurden beim Landratsamt Enzkreis mit Datum 25.05.12 gemäß § 37 des Wassergesetzes von Baden-Württemberg eine Bohranzeige und Wasserrechtsantrag eingereicht. Die vom Amt mit Stellungnahme vom 11.07.12 erteilten Auflagen wurden bei der Erkundung berücksichtigt.

Um ein dauerhaftes Monitoring, auch für die spätere Baumaßnahme und darüber hinaus, zu ermöglichen, wurden die 3 Kernbohrungen zu Grundwassermessstellen ausgebaut. Damit sie nicht durch die Straßenbaumaßnahme gefährdet werden, wurde ihre jeweilige Lage so festgelegt und von der Schwarzingenieure GmbH am 22.08.12 eingemessen und markiert, dass sie auf dem den geplanten Straßendamm begleitenden Wirtschaftsweg liegen werden. Die Lage der Kleinbohrungen wurde von S&P in Bezug zu Gebäudegrenzen, Straßen oder Wirtschaftswegen eingemessen (Anlage 1.2).

Die Bohrungen BK 1 bis BK 3 wurden im Gipskeuper als Grundwasser-Messstellen DN 125 ausgebaut. Der jeweilige Messstellen-Ausbau ist in den Anlagen 2.1 dargestellt.

Die Bohrlöcher der Kleinrammbohrungen wurden nach Abschluss der Arbeiten im Bereich des Grundwassers mit Compactonit und darüber mit Zement-Bentonit-Suspension verfüllt; nähere Angaben dazu siehe Anlage 2.

Die Böden und Festgesteine wurden durch **S&P** visuell und durch manuelle Feldversuche nach DIN EN ISO 14 688 und DIN EN ISO 14 689-1 angesprochen und ingenieurgeologisch aufgenommen.

Die Signaturen, Zeichen und Bezeichnungen in den Anlagen 2 und 3 sind in Anlage 2.0 erläutert.

Die ingenieurgeologisch aufgenommenen Schichtenfolgen der Bohrungen sind in Anlehnung an DIN 4023 in Anlage 2 dargestellt und beschrieben sowie in zwei geologische Geländeschnitte eingearbeitet (Anlagen 3).

Die Schichtenverzeichnisse der Kernbohrungen, die von der Bohrfirma erstellt wurden, sowie Farbfotos der Bohrkerne, die wir zur Dokumentation aufgenommen haben, befinden sich in unseren Unterlagen; ebenso die Vermaßungen der Lage der Erkundungspunkte.

Entsprechend der Nebenbestimmungen im wasserrechtlichen Bescheid des Landratsamts Enzkreis vom 11.07.12 wurden im Zusammenhang mit den Erkundungsmaßnahmen und einer nicht auszuschließenden Beeinflussung des Betriebs der beiden Wasserversorgungsbrunnen Pfahlwiesen und Brühlwiesen die geforderten **Monitoring-Maßnahmen** durchgeführt.

Die Ergebnisse der Vor-Ort-Messungen werden in Abschnitt 5 dargestellt.

Die Pumpversuchsergebnisse werden ebenfalls in Abschnitt 5 bewertet.

Den Kernbohrungen und Kleinbohrungen wurden insgesamt

3 Bodenproben der Güteklasse 1 (Sonderprobe) und
60 Bodenproben der Güteklasse 3 nach EN 1997-2, Tab. 3.1 und DIN EN ISO 22 475

entnommen.

Alle Proben werden nach Gutachtenabgabe drei Monate lang aufbewahrt und danach, sofern sie der Auftraggeber nicht anfordert oder eine längere Einlagerung wünscht, ohne Ankündigung entsorgt. Die Sonderproben konnten wegen der Kornzusammensetzung nicht im Oedometer verwendet werden.

An ausgewählten Bodenproben wurden in unserem geotechnischen Labor folgende Versuche durchgeführt:

40 Bestimmungen des natürlichen Wassergehalts nach DIN 18 121, Teil 1 (Anlage 2, rechts neben den Profilsäulen),
4 Bestimmungen der Fließ- und Ausrollgrenzen nach DIN 18 122, Teil 1 (Anlage 5.1),
4 Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18 123 (Anlage 5.2) und
3 Bestimmungen des Glühverlusts nach DIN 18 128.

Hinzu kommen Penetrometer-Tests, die wir vor Ort an den bergfrischen Bohrkernen zur Abschätzung der Konsistenz durchgeführt haben. Die Ergebnisse aller Versuche werden in Abschnitt 6 erläutert und bewertet.

4 Baugrund

Durch Interpolation zwischen den zwangsläufig punktuellen Aufschlüssen haben wir, unter Berücksichtigung geologischer Zusammenhänge, ein räumliches **Modell des Untergrundes** erarbeitet, das nachfolgend beschrieben und in zwei geologischen Geländeschnitten im Bereich des Durchlasses dargestellt ist (Anlagen 3). Es zeigt stark vereinfacht sowohl im zentralen als auch im randlichen Bereich der Talaue einen vierschichtigen Aufbau:

- Das gesamte Untersuchungsgelände im Bereich der geplanten Westtangente wird landwirtschaftlich, als Acker- bzw. als Wiesenflächen genutzt. Dementsprechend ist die oberste Schicht ein 0,15 m bis 0,3 m mächtiger **Oberboden** im Sinne der DIN 18 300. Er besteht aus einem graubraunen, tonigen und überwiegend schwach sandigen Schluff. Entsprechend seiner landwirtschaftlichen Nutzung enthält er neben organischen Anteilen (z.B. Wurzelresten) auch Bodenlebewesen.
- Im Bereich der bestehenden Behelfsstraße (Bohrungen BS 1, BK 2 und BK 3) wurde eine bis zu 1,2 m mächtige **Auffüllung** angetroffen. Sie besteht bei den Bohrungen BK 2 und BK 3

aus einer Asphaltschicht und einer Schottertragschicht aus stark sandigem Kalksteinkies. Bei der Kleinbohrung BS 1, nahe des Anschlusses der Behelfsstraße an die B 35, besteht die Geländeauffüllung aus einem tonigen, sandigen und kiesigen (Kalksteine) Schluff.

- Im Bereich der Talaue der Schmie wurde ein graurotbrauner **Auelehm** aus schluffigem Ton erbohrt, dessen Mächtigkeit generell an den Rändern der Talaue geringer ist als in ihrem Zentrum, im Bereich der Schmie. Die Mächtigkeit des Auelehms nimmt vom südwestlichen Talauenrand bis zur Mitte der Talaue von 1,2 m auf etwa 2 m zu. Der Auelehm wies in seinen oberen Bereichen eine überwiegend steife, in seinen unteren Bereichen dagegen eine überwiegend weiche Konsistenz auf. Am nordöstlichen Rand der Talaue im Bereich der Bohrung BS 8 wurde kein Auelehm mehr angetroffen, sondern ein knapp 1 m mächtiger, beigebrauner, halb fester bis fester Lösslehm aus tonigem und feinsandigem Schluff, der jedoch für den Durchlass keine Bedeutung hat.
- Unter dem Auelehm, bzw. im Nordosten unter dem Lösslehm, folgt ein überwiegend aus tonigem, feinsandigem und schwach kiesigem Schluff bestehender **Schwemmlehm** mit überwiegend weicher Konsistenz, dessen kiesige Bestandteile aus Tonstein- und Sandsteinbröckchen (vermutlich Schilfsandstein) bestehen. Der Schwemmlehm hat im inneren Bereich der Talaue eine Mächtigkeit zwischen 1,5 m und 2,2 m. Nach Südwesten im Bereich der Bohrungen BK 1 und BS 1 geht der Schwemmlehm am Talauenrand in eine Fließerde über. Diese besteht überwiegend aus einem stark tonigen und sandigen Schluff, der Tonsteinbröckchen und Sandsteine bis 10 cm Durchmesser enthält, jedoch für den Durchlass keine Bedeutung hat.

  Am nordöstlichen Talauenrand, im Bereich der Bohrung BS 8, beträgt die Mächtigkeit des Schwemmlehms über 4 m, was vermutlich auf den in die Schmie-Talaue eintretenden Sulzbach zurückzuführen ist.

- Als letzte, bis in maximal 12 m Tiefe erbohrte Schicht folgen grauviolettbraune und dunkelgrüngraue Schluffsteine des **Gipskeupers**. Diese sind etwa auf ihrem obersten Meter sehr mürb und häufig zu Schluff und Ton zersetzt und gehen bis in die maximal erbohrte Gipskeupermächtigkeit von 7,7 m überwiegend in eine sehr mürbe bis mürbe Gesteinsqualität über (Anlagen 2).

5 Grundwasser

Während des Erkundungsprogramms vom 04. bis 06.09.12 wurden sowohl in den Kernbohrungen als auch in den Kleinbohrungen mehrmals während des Bohrvorgangs die **Grundwasserspiegel** gemessen. Die in Tabelle 1 aufgelisteten Wasserspiegelmessungen in den Kleinbohrungen BS 1 bis BS 8 wurden abschließend kurz vor deren Verfüllung mit Compactonit und Zement-Bentonitsuspension durchgeführt. Die Messungen in den Kernbohrungen BK 1 bis BK 3 erfolgten am 07.09.12 nach dem Klarspülen der Messstellen.

	Südwest						
Bohrung	BS 1	BK 1	BS 2	BS 3	BS 5	BS 6	BS 4
Datum 2012	06.09.	07.09.	06.09.	05.09.	05.09.	04.09.	04.09.
Wasserstand [m u. Gel.]	>3,00	2,38	1,66	2,31	1,97	1,58	1,39
mNN	<232,74	231,17	230,93	229,09	228,63	228,02	228,40

				Nordost
Bohrung	BK 2	BS 7	BK 3	BS 8
Datum 2012	07.09.	04.09.	07.09.	05.09.
Wasserstand [m u. Gel.]	2,26	2,44	4,47	2,41
mNN	228,01	228,24	226,92	229,96

Tabelle 1: Grundwasserstände während der Erkundung

Alle Wasserstände gehören einem zusammenhängenden Grundwasserkörper an:

Hauptgrundwasserleiter sind die Schlufftonsteine des Gipskeupers. Diese stehen mit dem Schwemmlehm hydraulisch in Verbindung. Grundwasserdeckschicht ist der Auelehm.

In der Mitte der Talaue ist das Grundwasser unter dem vertikal sehr schwach durchlässigen Auelehm gespannt, der Grundwasserdruckspiegel liegt also innerhalb des Auelehms. Zu den Rändern der Talaue hin geht der Grundwasserspiegel dagegen in einen freien bzw. halbfreien Zustand über. Am südwestlichen Rand der Talaue, im Bereich der Bohrung BS 1, liegt der Wasserspiegel im Gipskeuper und ist damit frei. Im Bereich der Bohrung BK 1 sowie am nordöstlichen Talauenrand, im Bereich der Bohrung BS 8, liegt der Wasserspiegel in den zwar überwiegend bindigen, gegenüber dem Auelehm jedoch durchlässigeren Schichten der Fließerde bzw. dem Schwemmlehm, so dass dort ein halbfreier Wasserspiegel vorliegt.

Wie die **Grundwassergleichenkarte** der Wasserspiegelmessungen vom 04. bis 07.09.12 auf Anlage 4.1 zeigt, sind wegen des Dauerbetriebs der Brunnen und der gespannten Grundwasserverhältnisse alle in den Bohrungen gemessenen „Ruhewasserspiegel" stark von der Wasserspiegelabsenkung im Brunnen Pfahlwiesen um rund 11 m auf etwa 219 mNN beeinflusst.

Zur Erkundung der Reichweite der Wasserspiegelbeeinflussung wurde im Brunnen Pfahlwiesen vom 19. bis 27.09.12 ein **3-stufiger Pumpversuch** mit Entnahmemengen von 5 l/s, 9 l/s und 14 l/s durchgeführt. Dazu wurden bereits am 11.09.12 in die 330 m bzw. rund 100 m bzw. knapp 70 m vom Brunnen Pfahlwiesen entfernten Grundwassermessstellen BK 1, BK 2 und BK 3 Drucksonden mit Datenloggern eingebaut und der Wasserspiegelverlauf im Minutentakt aufgezeichnet. Am 14.09.12 wurde der vorher im Dauerbetrieb mit 11,1 l/s abgepumpte Brunnen bis zum

19.09.12 abgeschaltet und der Wiederanstieg in den Beobachtungsmessstellen ebenfalls aufgezeichnet (Anlage 4.2).

Die Pumpversuchsergebnisse sind in nachfolgender Tabelle 2 dargestellt:

Pfahlwiesen	BK 3	BK 2	BK 1
Entnahme (l/s)	Betrag der Wasserspiegelreaktionen (m)		
WA : 11,1 auf 0	2,20	0,62	0,06
1. Stufe : 5,0	0,96	0,19	0,07
2. Stufe : 9,0	0,89	0,22	0,04
3. Stufe : 14,0	0,66	0,28	0,01
WA bis 31.10.12	3,05	0,92	0,10

Tabelle 2: Wasserstände während des Pumpversuchs

Nach den Pumpversuchsergebnissen ist die Wasserspiegelreaktion auf das Abschalten des Brunnens Pfahlwiesen in der nächstgelegenen Beobachtungsmessstelle BK 3 mit 2,2 m erwartungsgemäß am höchsten und in der mit über 300 m am weitesten entfernten Messstelle BK 1 mit 0,06 m noch messbar.

Auch Niederschlagsereignisse machen sich aufgrund der gespannten Grundwasserverhältnisse in der Talaue rasch im Grundwasserdruckspiegel bemerkbar. Das Niederschlagsereignis in der Nacht vom 18. auf den 19.09.12 von 28,9 mm (DWD-Station Mühlacker) führte zu einer Erhöhung des Druckwasserspiegels von jeweils 11 cm in den Messstellen BK 2 und BK 3 und von 8 cm in der Messstelle BK 1. Aufgrund der auch während des Pumpversuchs gespannten Verhältnisse sind in der Wasserspiegelganglinie der Messstelle BK 2 weitere, kleinere Niederschlagsereignisse vom 21. (7,8 mm), 25. (8,5 mm) und 26.09.12 (7,1 mm) gut erkennbar. Die kleineren Niederschläge sind jedoch in der Messstelle BK 3 nicht mehr erkennbar, da dessen Wasserspiegel bis in den Gipskeuper abgesenkt wurde und damit vom gespannten in einen freien Zustand überging.

Im Zeitraum vor (31.08. bis 04.09.12), während (05. bis 06.09.12) und nach (07. bis 14.09.12) den durchgeführten Erkundungsmaßnahmen wurden in beiden Brunnen werktäglich die **Vor-Ort-Parameter** gemessen. Die Messdaten werden im Hydrogeologischen Gutachten dokumentiert. Sie lassen in beiden Brunnen, Pfahlwiesen und Brühlwiesen, keine Beeinträchtigung des geförderten Trinkwassers durch Bohrarbeiten erkennen. Die Proben waren immer klar, farblos und ohne Geruch.

Hinsichtlich des **Grundwasserschutzes** zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass der Hauptgrundwasserleiter des Gipskeupers im Bereich der Entnahmebrunnen Pfahlwiesen und Brühlwiesen durch den vertikal sehr schwach durchlässigen Auelehm und schwach durchlässigen Schwemmlehm gut geschützt ist.

Als **Bemessungswasserstand** für den Durchlass schlagen wir den vom Ingenieurbüro Wald + Corbe ermittelten Hochwasserstand bei HQ_{100} von 230,5 mNN vor, da aufgrund der gespannten Verhältnisse von einem schnellen Druckanstieg entsprechend des Hochwassers auszugehen ist, wie unsere Messungen bei Regenereignissen belegen.

6 Eigenschaften von Böden und Fels

Bodenmechanische Versuche sind erforderlich, um die angetroffenen Böden mit Hilfe objektiver Vergleichswerte bodenmechanisch zu klassifizieren und um charakteristische Werte für erdstatische Berechnungen festlegen zu können. Im vorliegenden Fall haben wir im Feld Penetrometer-Tests und in unserem geotechnischen Labor Bestimmungen des natürlichen Wassergehalts, der Fließ- und Ausrollgrenzen, der Korngrößenverteilung und des Glühverlusts durchgeführt (Abschnitt 6.1).
Die Versuche erlauben, qualitative und quantitative Unterschiede der Baugrundeigenschaften zu erfassen. Zur Darstellung der Tiefenabhängigkeit sind sie teilweise in die Schich-

tenprofile (Anlage 2) und in zwei geologischen Geländeschnitten (Anlage 3) eingearbeitet.
Die Klassifikationen und charakteristischen Kennwerte sind in Abschnitt 6.2 zusammengestellt.

6.1 Ergebnisse der bodenmechanischen Feld- und Laborversuche

Bei der Aufnahme der Schichtenfolgen der Kernbohrungen wurde an bergfrischen Bohrkernen aus Auelehm und Schwemmlehm die einaxiale Druckfestigkeit q_u in 22 Versuchen mit dem **Taschenpenetrometer** bestimmt, um die manuelle Konsistenzansprache objektiv zu überprüfen.

Weitere 65 Versuchsergebnisse an Bohrkernen aus Kleinbohrungen aus Lösslehm, Auelehm, Schwemmlehm, Fließerde und verwittertem Gipskeuper werden als Anhaltswerte mit der manuellen Ansprache verglichen, jedoch hier nicht genauer aufgeführt.

Das Penetrometer besteht im Wesentlichen aus einem Druckstempel mit Durchmesser 6,3 mm, der mit stetiger Belastung bis zu einer Markierung langsam von Hand in den Boden eingedrückt wird. Der Eindringwiderstand, als einaxiale Druckfestigkeit $q_u = 2 \cdot c_u$ aufgetragen, wird direkt als Federweg an der Skala des Geräts abgelesen. Der c_u-Wert ist ein Indexwert für die undränierte Scherfestigkeit des Bodens und erlaubt eine Korrelation mit der Konsistenz (Tabelle 3).

Konsistenz	undränierte Scherfestigkeit c_u [kN/m²]
breiig	< 20
weich	20 - 60
steif	60 - 200
halbfest	> 200
fest	> 400

Tabelle 3: Zusammenhang zwischen der Konsistenz bindiger Böden mit der undränierten Scherfestigkeit c_u nach LAMBE & WHITMAN

An Bohrkernen aus dem Auelehm wurden 16 Kohäsionswerte des undränierten Bodens c_u von 38 kN/m² bis 138 kN/m², im Mittel von 70 kN/m² gemessen.

In 6 Versuchen wurden an Bohrkernen aus dem Schwemmlehm c_u von 63 kN/m² bis 200 kN/m², im Mittel von 129 kN/m² gemessen.

Ein Vergleich der manuellen Konsistenzansprache im Feld und der mit dem Taschenpenetrometer ermittelten c_u-Werte zeigt meist eine gute Übereinstimmung. Auffallend zur Zeit der Erkundung ist, dass die Konsistenz im Auelehm mit der Tiefe abnimmt.

Auch die Versuchsergebnisse aus den Kleinbohrungen zeigen beim Vergleich mit den manuellen Ansprachen im Feld eine gute Übereinstimmung.

Nachfolgend bewerten wir die Ergebnisse der Laborversuche.

Bei zwei Wassergehaltbestimmungen lagen die Wassergehalte der schluffigen **Auffüllungen** bei 13 % und 15 %. Auf Basis der manuellen Ansprache und der halbfesten Konsistenz kann eine Zuordnung zu leicht oder mittel plastischen Tonen nach DIN EN ISO 14 688 und DIN 18 196 abgeleitet werden.

Der **Auelehm** ist nach DIN EN ISO 14 688 und DIN 18 196 als feinkörniger Boden und mit Wassergehalten an der Fließgrenze w_L von etwa 46 % und 51 % und an der Ausrollgrenze w_P von etwa 19 % und 21 % als mittel plastischer Ton (TM) oder ausgeprägt plastischer Ton (TA) zu bezeichnen, siehe Anlage 5.1. Der natürliche Wassergehalt w_n wurde an 11 Proben bestimmt und lag zwischen 17 % und 41 %, im Mittel bei 28 %. Im Vergleich mit den mittleren Fließ- und Ausrollgrenzen hatten damit zwei Proben sehr weiche, fünf weiche, zwei steife und zwei halbfeste Konsistenz.

Die Laborergebnisse bestätigen überwiegend die manuelle Ansprache der Proben im Feld nach DIN EN ISO 14 688 als steif

bis halbfest im oberen Bereich und vorwiegend weich im unteren.

An einer Probe aus dem Auelehm: schwarzbraun mit schwach zersetzten Pflanzenresten, wurde der Glühverlust bestimmt. Er lag bei V_{gl} = 5 %. Nach SKEMTON/PETLEY (1970) haben wir daraus den Massenanteil an organischen Bestandteilen zu OB = 100 - 1,04 (100 - V_{gl}) = 1 % ermittelt. Damit ist nach DIN 14688-2 und DIN 1054 der Anteil an organischen Bestandteilen dieser Probe vernachlässigbar.

Nach DIN EN ISO 14 688 und DIN 18 196 ist der Auelehm gemäß seiner Kornverteilung als schwach sandiger, toniger, Schluff als feinkörniger Boden (TM/TA) (Anlage 5.2) zu bezeichnen.

Der Lösslehm wurde nur am nordöstlichen Talauerand erkundet und ist insgesamt untergeordnet. Bei einer Bestimmung des Wassergehaltes des **Lösslehms**, lag er bei 11 %. Damit wird die im Feld festgestellte halbfeste-feste Konsistenz bestätigt.

Der **Schwemmlehm** ist nach DIN EN ISO 14 688 und DIN 18 196 feinkörniger Boden. Die Wassergehalte an der Fließgrenze w_L von etwa 34 % und 41 % und an der Ausrollgrenze w_P von etwa 18 % und 19 % entsprechen gemäß den o.g. Normen einem leicht (TL) und mittel plastischen Ton (TM). Der natürliche Wassergehalt w_n wurde an 11 Proben bestimmt und lag zwischen 17 % und 31 %, im Mittel bei 23 %. Im Vergleich mit den mittleren Fließ- und Ausrollgrenzen hatten damit eine Probe sehr weiche, 5 weiche, 4 steife und eine halbfeste Konsistenz.
Die Laborergebnisse bestätigen überwiegend die manuelle Ansprache der Proben im Feld nach DIN EN ISO 14 688 als weich und z.T. steif.

An zwei Proben aus dem Schwemmlehm: eine dunkelgrüngraue und eine beigebraune mit schwarzen Pflanzenresten, wurde der Glühverlust bestimmt. Die Glühverluste lagen eng bei V_{gl} = 5 % bis 6 %. Nach SKEMTON/PETLEY (1970) haben wir aus diesen Werten den Massenanteil an organischen Bestandteilen im Mit-

tel zu OB = 100 - 1,04 (100 - V_{gl}) = 1 % ermittelt. Damit ist nach DIN 14688-2 der Anteil an organischen Bestandteilen auch hier vernachlässigbar.

Nach DIN EN ISO 14 688 und DIN 18 196 ist der Schwemmlehm gemäß seiner Kornverteilung an zwei Proben als schwach kiesiger, sandiger, schluffiger Ton (TL) oder schwach sandiger, toniger Schluff (TM) (Anlage 5.2) zu bezeichnen.

Bei zwei Bestimmungen lagen die Wassergehalte der **Fließerde** bei 18 % und 25 %. Wegen der manuellen Ansprache kann eine Zuordnung zu ausgeprägt plastischen Tonen nach DIN EN ISO 14 688 und DIN 18 196 abgeleitet werden. Die Fließerde hat für das Bauvorhaben keine Bedeutung.

Bei 13 Bestimmungen variierten die Wassergehalte des **Gipskeupers** zwischen 11 % und 25 % und lagen im Mittel bei 16 %. Im Vergleich zu Erfahrungswerten belegen die Werte eine steife und halbfeste Konsistenz, beziehungsweise eine sehr mürbe bis mürbe Gesteinsqualität.

6.2 Bodenmechanische Kennwerte

Anhand der Bodenansprache im Gelände, der diskutierten Ergebnisse der Laborversuche sowie unseren Erfahrungen mit bodenmechanisch gleichartigen Böden kann der angetroffene Baugrund in Anlehnung an bautechnische Regelwerke klassifiziert und durch bodenmechanische Rechenwerte für erdstatische Untersuchungen beschrieben werden (Tabelle 4) Lösslehm und Fließerde haben für dieses Bauwerk keine Bedeutung, so dass keine Bodenkennwerte angegeben sind.

geol. Bezeichnung	Auelehm	Schwemmlehm[1]	Gipskeuper
Konsistenz (vorherrschend)	weich-steif	weich-steif	steif-halbfest[3]
Lagerungsdichte	-	locker	
Gesteinsqualität (DIN 1054)	-	-	sehr mürb
Verwitterungsstufe (DIN EN ISO 14 689-1)	-	-	W5/W4
Klassifikationen			
Bodengruppe (DIN 18 196)	TL,TM,TA	GW,SU*,ST, TL,TM	TL,TM,TA (UTst)
Bodenklasse (DIN 18 300)	4,5	2[2],3,4,5	4,5,6
Felsgruppe (DIN EN 1997-1, Anhang G)	-	-	4
Frostempfindlichkeit	sehr	sehr	sehr
Klasse nach ZTV E-StB 09	F3	F3	F3
Schrumpfgefahr	mittel	mittel	gering
Sackungsgefahr	-	-,groß[1]	gering
charakt. Kennwerte			
Wichte γ [kN/m³]	18	19	20[3],21
unter Auftrieb γ' [kN/m³]	8	9	10[3],11
Reibungswinkel φ' [°]	22,5	25;30[1]	25
Kohäsion c´ [kN/m²]	5	5;0[1]	15[3],60
Steifemodul E_s [MN/m²][4] für Setzungsberechnungen	5	8;-[1]	20[3],80
Durchlässigkeit k_f [m/s][4] horizontal[5]	10^{-8} bis 10^{-6}	10^{-7} bis 10^{-5}	10^{-6} bis 10^{-4}

[1] vereinfacht für Auffüllungen
[2] sandige Bereiche im Wasser
[3] gilt vereinfacht im oberen Meter des Gipskeupers
[4] Erfahrungswerte (bei Durchlässigkeit im Gipskeuper aus Pumpversuchen)
[5] vertikale Durchlässigkeiten sind bei derartigen Böden erfahrungsgemäß 10fach bis 100fach geringer

Tabelle 4: Klassifikationen und charakteristische Kennwerte

7 Bautechnische Folgerungen

Für den angetroffenen und beschriebenen Baugrund können zur weiteren Planung und Herstellung des Durchlasses Empfehlungen und Hinweise

- zur Gründung des Bauwerkes (7.1),
- zur Herstellung der Baugrube (7.2)
- zum Bauwerk und zum Grundwasser (Abschnitt 7.3) und
- zum Rohrbettungsbereich (Abschnitt 7.4)

gemacht werden.

7.1 Gründung des Bauwerkes

Wegen der setzungsempfindlichen Untergrundverhältnisse muss mit der vom Planer gewählten Variante und nach Angaben des Durchlass-Herstellers der Untergrund bis auf eine vom Profilhersteller des Wellenstahlrohrs vorgegebene Tiefe von etwa 1,5 m ausgetauscht werden.

Bei der geplanten Bachsohle in Höhe von 228 mNN und bei Berücksichtigung einer „Sohlbefestigung" im Rohr von 0,3 m, des Bodenaustausches sowie einer Abdichtung (s.u.) wird die Baugrubensohle zur Herstellung des Rohrbettungsbereiches in Höhe von etwa 225,5 mNN - 225,8 mNN (je nach Abdichtung) und damit im Bereich von steifen-halbfesten, z.T. mürben Gipskeuperschichten liegen.

Der Bodenaustausch kann entsprechend den Empfehlungen im Abschnitt 7.4 zum Bettungsbereich und wie im Abschnitt 7.2 beschrieben im Schutze einer Wasserhaltung hergestellt werden. Dabei ist bei der Wahl des Bodenaustauschmaterials die Filterstabilität zum Baugrund zu berücksichtigen und ggf. eine entsprechende Trennlage, z.B. aus Geotextilvlies einzubauen.

Zur Kompensierung des natürlichen Grundwasserschutzes der Deckschichten, die durch den durchlässigen Bodenaustausch ersetzt werden, empfehlen wir, an der Basis des Bodenaustau-

sches eine Abdichtung einzubauen, die auf den Böschungen bis mindestens 1 m in den Auelehm geführt wird. Grundsätzlich sind hier folgende **Abdichtungsarten** möglich: mineralische Abdichtungen aus Böden und Bodengemischen, Kunstoffdichtungsbahnen (KDB) oder Geosynthetische Tondichtungsbahnen (GTD). Bei Beachtung der Randbedingungen halten wir Geosynthetische Tondichtungsbahnen (GTD) für die einfachste Lösung bei gleichzeitig ausreichendem Grundwasserschutz. Ein zusätzlicher Aushub zum Einbau einer GTD inklusive einer Ausgleich-/Entwässerungs- und Schutzschicht für die GTD liegt erfahrungsgemäß bei 0,4 m. Bei der Planung und Verlegung sind Vorschriften des Lieferanten u.a. zu Überlappung und Schutz der GTD zu beachten. Wir gehen davon aus, dass zwei Lagen GTD (L = k_f/d = $5 \cdot 10^{-11}$ m/s / 0,02 m = $2,5 \cdot 10^{-9}$ 1/s) ausreichen, um den vorhandenen Grundwasserschutz beizubehalten.

Bei der Planung des Verbundbauwerks sind grundsätzlich Sackungen und Verformungen innerhalb des Verbundbauwerks sowie **Setzungen** aus der Last der Überschüttung, des Verbundbauwerkes auf den Untergrund zu beachten. Nach unseren Berechnungen werden die Setzung unter Berücksichtigung einer etwa max. 6 m hohen Dammschüttung (4 m Damm und 2 m Bodenaustausch und Abdichtung) 1 cm bis 2 cm betragen. Für die Steifemoduln E_s aus Tabelle 4 und Erfahrungswerte bzw. Pumpversuchsergebnisse zu Durchlässigkeit des Gipskeupers ergibt sich, dass bereits in einer Bauphase von etwa einem Monat 70 % der Setzungen abgeklungen sein werden.

Während der Erdarbeiten sollten die **Verformungen des Rohres** sowie der Zusammenbau und Hinterfüllung auch durch den Auftraggeber und einen fachkundigen Vertreter des Herstellers laufend überwacht werden.

Im Hinblick auf den vom Hersteller des Wellenprofils geforderten Bodenaustausch und die damit verbundenen Abdichtungsmaßnahmen ist u.E. ein Ortbeton-Rahmenprofil günstiger. In diesem Fall wäre auch die erforderliche Wasserhaltung redu-

ziert. Die Gründung kann im Gipskeuper mittels unbewehrter Betonpfeiler erfolgen.

7.2 Herstellung der Baugrube

Unter Berücksichtigung der Sohlbefestigung, des Bodenaustausches sowie einer GTD wird die Baugrubensohle zur Herstellung des Rohrbettungsbereiches in Höhe von etwa 225,8 mNN und damit etwa 5 m unter Gelände und etwa 3 m unter dem gemessenen Gw-Spiegel liegen.

Die **Bodenklassen** der zu lösenden Schichten sind in Tabelle 4, Abschnitt 6, genannt. Gemäß Baugesetzbuch (BauGB; § 202) ist Oberboden (Mutterboden) besonders zu schützen und einer Wiederverwendung zuzuführen. Vor einer Überschüttung ist der Oberboden abzutragen.

Die in den Baugrubensohlen zu erwartenden Böden sind **witterungsempfindlich.** Sie können bei Wasserzutritt und dynamischer Beanspruchung rasch aufweichen.

Aus diesem und auch aus **Grundwasserschutzgründen** ist es erforderlich, über dem Grundwasserspiegel eine Schutzschicht von mindestens 1 m Stärke zu belassen. Nach dem Abtrag dieser Schutzschicht ist die endgültige Aushubsohle und Grundwasserleiter noch am gleichen Tag durch Aufbringen einer Entwässerungs-, Ausgleichschicht, Abdichtung und Sand-Schutzschicht zu schützen.
Wegen der Frostgefährdung sind bei Bauarbeiten im Winter darüber weitere Schutzmaßnahmen, z.B. durch Einbau des geplanten Bodenaustausches erforderlich.

Wiederverwendung des Aushubs: Die anstehenden Böden sind aufgrund ihrer teilweise weichen Konsistenz für erdbautechnische Zwecke mit definierten Anforderungen nicht geeignet, es sei denn, dass Bodenverbesserungsmaßnahmen mit Bindemitteln vorgenommen werden. Bei einer Wiederverwendung der Böden sind

diese beim Zwischenlagern vor Witterungseinflüssen derart zu schützen, dass die Einbaufähigkeit nicht verschlechtert wird. Dazu ist das Aushubmaterial geordnet zu deponieren, also mit Gefälle einzubauen und zu verdichten, außerdem abzudecken oder glatt abzuwalzen. Abfließendes Wasser soll zu einer Vorflut geführt werden.

Ohne rechnerische Nachweise der Standsicherheit dürfen nach DIN 4124, Baugruben und Gräben, bei weichen bindigen Böden und einer Höhe bis 5 m **Böschungen** mit einer Neigung bis 45° hergestellt werden. Wegen der zu erwartenden Grundwasseraustritte und da die Böschungskrone voraussichtlich belastet wird, treffen hier die Voraussetzungen nach DIN 4124 zur Herstellung freier Böschungen ohne Standsicherheitsnachweis nicht zu und es müssen rechnerische Nachweise nach DIN 4084 geführt werden.

Wir haben entsprechende Nachweise für die beschriebenen Randbedingungen (Gw bei 229 mNN, Verkehrslast von 16,6 kN/m^2 in zwei Meter Abstand von der Böschungskrone und Bodenkennwerte wie in Tabelle 4) geführt: Für eine vorübergehende Bemessungssituation BS-T, bei der Teilsicherheitsbeiwerte für Reibung und Kohäsion von 1,15 anzusetzen sind, ist eine Böschungsneigung von ß ≤ 30°zulässig. Die vergleichsweise flache Böschung begünstigt den Übergang von Damm- in den Rohrbettungsbereich, in denen unterschiedliche Setzungen zu erwarten sind.

Der z.T. sandige Schwemmlehm neigt im Wasser zu fließen, so dass in den unteren 2 m bis 3 m die Böschungen durch einen Belastungsfilter aus Brechkorngemischen, z.B. der Körnung 50/150 mm gesichert werden sollten. Der **Belastungsfilter** sollte etwa 0,3 m dick und vom anstehenden Boden und vor Überschüttung durch ein Trennvlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK 5 geschützt werden.

Die erforderliche Aushubtiefe von etwa 225,8 mNN liegt etwa 3 m unter dem gemessenen Grundwasserspiegel. Um den Aushub, das Herstellen der Abdichtung und den Bodenaustausch ordnungsgemäß ausführen zu können, wird eine **Wasserhaltung** erforderlich.

Dazu eignet sich eine vorauseilend betriebene offene Wasserhaltung mit Gräben und Pumpensümpfen.

Für die Wasserhaltung auf der endgültigen Baugrubensohle empfehlen wir Gräben mit etwa 0,5 m bis 0,7 m Tiefe ringsumherlaufend am Rand der Baugrube sowie die Baugrube querende Gräben im Abstand von etwa 15 m. In die Gräben wird ein Vlies und ein Dränrohr ø 150 mm eingelegt, dann werden sie mit Kies verfüllt.
Wegen der dann auf der Baugrubensohle einzubauenden Abdichtung sollte ein Teil der Pumpensümpfe, die an die Entwässerungsgräben anzuschließen sind, außerhalb der Baugrube angeordnet werden und etwa 1,0 m - 1,5 m unter Baugrubensohle reichen. Wir gehen davon aus, dass die Baugrubensohle abschnittsweise freigelegt und die in Abschnitt 7.3 genannte Entwässerungsschicht (Filterkies) unmittelbar dem Aushub folgend eingebaut wird. Der Filterkies, der später der Umläufigkeit von Grundwasser um das Bauwerk dient, wirkt zunächst als Belastungsfilter und sammelt das von unten zutretende Wasser, ohne die Sohle aufzuweichen. Anfänglich dürften etwa 4 - 6 Pumpensümpfe (z.T. in der Baugrubensohle) benötigt werden. Wenn die gesamte Sohle hergestellt ist, werden voraussichtlich 2 - 4 Pumpensümpfe ausreichen, um das in den genannten kiesverfüllten Gräben und der Kiesschicht sich sammelnde Wasser zu fassen und von dort zu fördern.

Gegenüber einem mittleren natürlichen Wasserspiegel von etwa 229 mNN im Baugelände wird eine Grundwasserabsenkung um maximal 3,5 m erforderlich. Zur Abschätzung der Wassermengen haben wir rotationssymmetrische FE-Berechnungen geführt und die Bodenkennwerte aus Tabelle 4 angesetzt. Bei Annahme eines Po-

rengrundwasserleiters auch im Gipskeuper ergibt sich bei einer offenen Wasserhaltung eine zutretende **Gesamtwassermenge** von (je nach Durchlässigkeit) 3 l/s bis 10 l/s.

Bis zur Entleerung des Kluft- und Porenvolumens wird zu Beginn der Wasserhaltungszeit eine vergrößerte Menge zu fördern sein.

7.3 Bauwerk und Grundwasser

Das während der Erkundungen angetroffene Grundwasser war stark durch Grundwasserentnahmen in den Trinkwasserbrunnen beeinflusst. Der Wasserspiegel in der Bauphase des Bauwerkes wird daher auf der sicheren Seite 1 m über der geplanten Bachsohle etwa auf 229 mNN angenommen.

Als **Bemessungswasserstand** für den Durchlass wurde im Abschnitt 5 entsprechend einem Hochwasserstand 230,5 mNN vorgeschlagen.

Mit Hilfe eines **Umläufigkeitssystems** ist dafür Sorge zu tragen, dass im Oberstrom kein Grundwasser durch die Abdichtung angestaut wird und im Unterstrom keine Absenkung stattfindet. Dazu sind unterhalb der Abdichtung in der Aushubsohle ein Drän, z. B. aus Brechkorngemisch der Körnung 2/45 mm oder 2/56 mm und 2 m bis 3 m über der Aushubsohle auf den Böschungen der im Abschnitt 7.2 empfohlene Belastungsfilter geeignet. Das Umläufigkeitssystem ist vom anstehenden Boden durch ein Filtervlies zu trennen und sollte mindestens 0,2 m dick sein. Bei Überschüttung ist die Filterstabilität zu beachten und ggf. auch hier ein Filtervlies einzubauen.

Lokal, im Übergang zum Schwemmlehm kann der Gipskeuper aufgeweicht sein. Im Hinblick auf die Verdichtung des daüber einzubauenden Bodenaustausches und zur Begrenzung von Verformungen (Walken) einer Abdichtung sollten die aufgeweichten Bereiche ausgeräumt werden. Vor dem Einbau des Dräns sind aus-

hubbedingte Auflockerungen statisch nachzuverdichten. Als Richtwert für die Tragfähigkeit des Planums kann ein Verformungsmodul von $E_{V2} \geq 25$ MN/m² herangezogen werden.

Die Brechkorngemische in der Sohle sind zu verdichten.

Die Verdichtungsanforderungen sollten mit Eigenüberwachungsmaßnahmen der Bauunternehmung sowie mit Kontrollversuchen durch den Auftraggeber überprüft werden.

7.4 Rohrbettungsbereich

Als Hinterfüllung für den Rohrbettungsbereich sind nur grobkörnige Bodenarten der Gruppen SW, SI, SE, GW, GI und GE oder gemischtkörnige **Bodenarten** der Gruppen GU, GT, SU, und ST nach DIN 18 196 mit einem Größtkorn von 63 mm und einer Ungleichförmigkeitszahl U ≥ 3 zu verwenden. Unter der Rohrsohle ist in einer Schichtdicke von mindestens 20 cm das Größtkorn auf 31,5 mm zu begrenzen. Die Eignung des vorgesehenen Materials ist laufend durch Kornverteilungen nachzuweisen.

Illingen liegt nach den RStO 01 in der **Frosteinwirkungszone** III. Im Bereich des ersten Meters um das Rohr sollten die Frostkriterien nach ZTVE-StB 09 eingehalten werden und nur ungebrochene Materialien (Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 20/1997) verwendet werden. Die Einschränkung für ungebrochene Materialien kann je nach Hersteller des Profils geringer ausfallen.

Im Rohrbettungsbereich ist nachzuweisen, dass der Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 97$ % beträgt. In diesem Fall darf mit den o.g. Böden mit einem **Reibungswinkel** $\varphi' = 30°$ und einem **Steifemodul** $E_S = 20$ MN/m² gerechnet werden. Erfahrungsgemäß kann bei grobkörnigen Bodenarten durch Lastplattendruckversuche nach DIN 18 134 nachgewiesen werden, dass der Verformungsmodul der Erstbelastung $E_{V1} \geq 30$ MN/m² ist, so dass dann von

einem Reibungswinkel $\varphi' = 32,5°$ und Steifemodul $E_S = 40$ MN/m² ausgegangen werden kann.

Zur Begrenzung von Sackungen empfehlen wir, höhere Verdichtungsgrade gemäß unserem Gutachten zum Straßendamm vom 15.01.13 einzuhalten.

Im Rohrbettungsbereich müssen Planierraupen, Fahrzeuge und schwere Verdichtungsgeräte mindestens einen Abstand von 1,5 m zur Rohrwandung einhalten. Im Bereich der Schrägschnitte dürfen bis zu einem Abstand von 1,5 m von der Rohrwandung nur leichte Verdichtungsgeräte eingesetzt werden.

8 Mitwirkung bei der Bauplanung und Ausführung

Sollten zu unseren Ausführungen und Vorschlägen **Fragen** bestehen, sind wir gerne bereit, unser Gutachten zu erläutern und unsere Vorschläge zu begründen.

Das **geologische Modell des Baugrunds**, das Grundlage unserer bautechnischen Empfehlungen ist, resultiert aus punktuellen Aufschlüssen. Es kann den Baugrund daher nicht exakt beschreiben, und Abweichungen - vor allem der Schichtgrenzen - zwischen den Erkundungspunkten sind möglich. Eine **Baugrundüberprüfung** während der Erdarbeiten wird empfohlen.

Abweichungen von der beschriebenen Schichtung und Beschaffenheit des Untergrunds und von den angegebenen Grundwasserverhältnissen sind uns sofort mitzuteilen.

Im Rahmen der **weiteren Bauplanung und Bauausführung** werden weitere Arbeiten erforderlich, bei denen wir fachlich beraten und kontrollierend tätig werden können:

- bei der Auswahl der Baustoffe für den Rohrbettungsbereich und die Abdichtung,
- Ausschreibung geotechnischer Leistungen,
- Bewerten von Sondervorschlägen,

- Bei Grenzziehung von belebten von unbelebten Baugrund,
- Bauüberwachung, Fachbauleitung, fachliche Bauberatung und
- Eignungsprüfung sowie Kontrollprüfungen für Erdarbeiten.

Bei Bedarf bitten wir um frühzeitige Benachrichtigung.

S&P

Anlagen Anlage

Lagepläne

- Übersichtslageplan (M 1:25 000) mit Lage der geplanten Westtangente 1.1
- Lageplan der Westtangente (M 1:2000) mit Lage der Erkundungspunkte und Verlauf der geologischen Schnitte (Anlage 3.1) 1.2

Gelände-Erkundung (M 1:100), entnommen aus dem S&P-Gutachten zum Straßendamm vom 15.01.13

- Kurzzeichen und Abkürzungen nach DIN 4023 und DIN 18 196 2.0
- Schichtenfolgen der Kernbohrungen 2.1
  - BK 1 mit Ausbau als Gw-Messstelle 2.1.1
  - BK 2 mit Ausbau als Gw-Messstelle 2.1.2
  - BK 3 mit Ausbau als Gw-Messstelle 2.1.3
- Schichtenfolgen der Kleinbohrungen 2.2
  - BS 1 2.2.1
  - BS 2 2.2.2
  - BS 3 2.2.3
  - BS 4 2.2.4
  - BS 5 2.2.5
  - BS 6 2.2.6
  - BS 7 2.2.7
  - BS 8 2.2.8

Geologische Geländeschnitte (M 1:2000/1:100)

- SW-NO-Schnitt A: entlang der Westtangente 3.1
- NW-SO-Schnitt B: quer zur Westtangente 3.2

Grundwasser

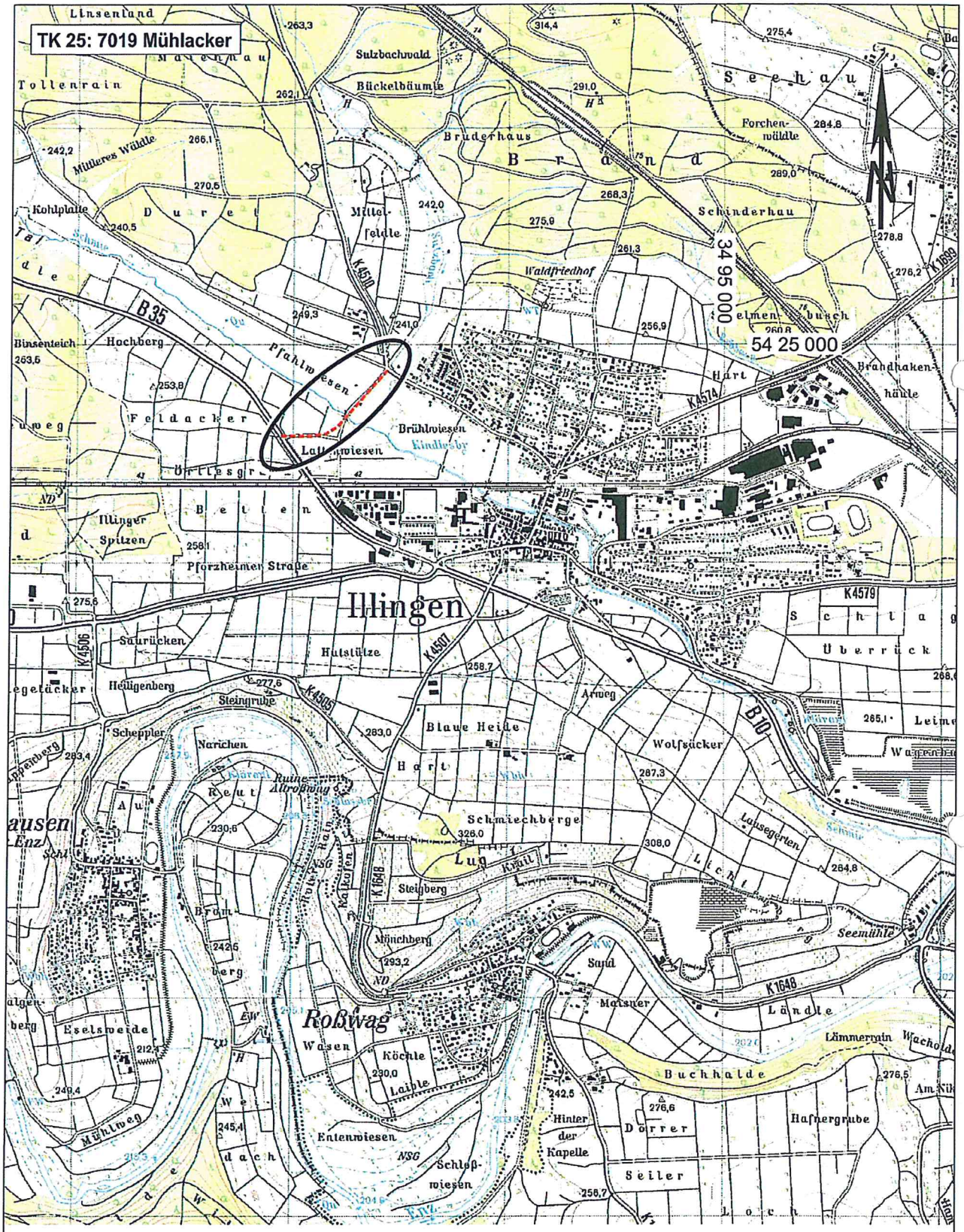
- Grundwassergleichenkarte 04. bis 07.09.12 4.1
- Pumpversuch Brunnen Pfahlwiesen: Wasserspiegelgang BK 1, BK 2, BK 3 und Niederschlag, entnommen aus dem S&P-Gutachten zum Straßendamm vom 15.01.13 4.2

Bodenmechanische Laborversuche

- Zustandsgrenzen des Auelehms und Schwemmlehms 5.1
- Kornverteilung des Auelehms und Schwemmlehms 5.2

Schemaskizze

- Baugrube mit Drän, Abdichtung und Bodenaustausch 6

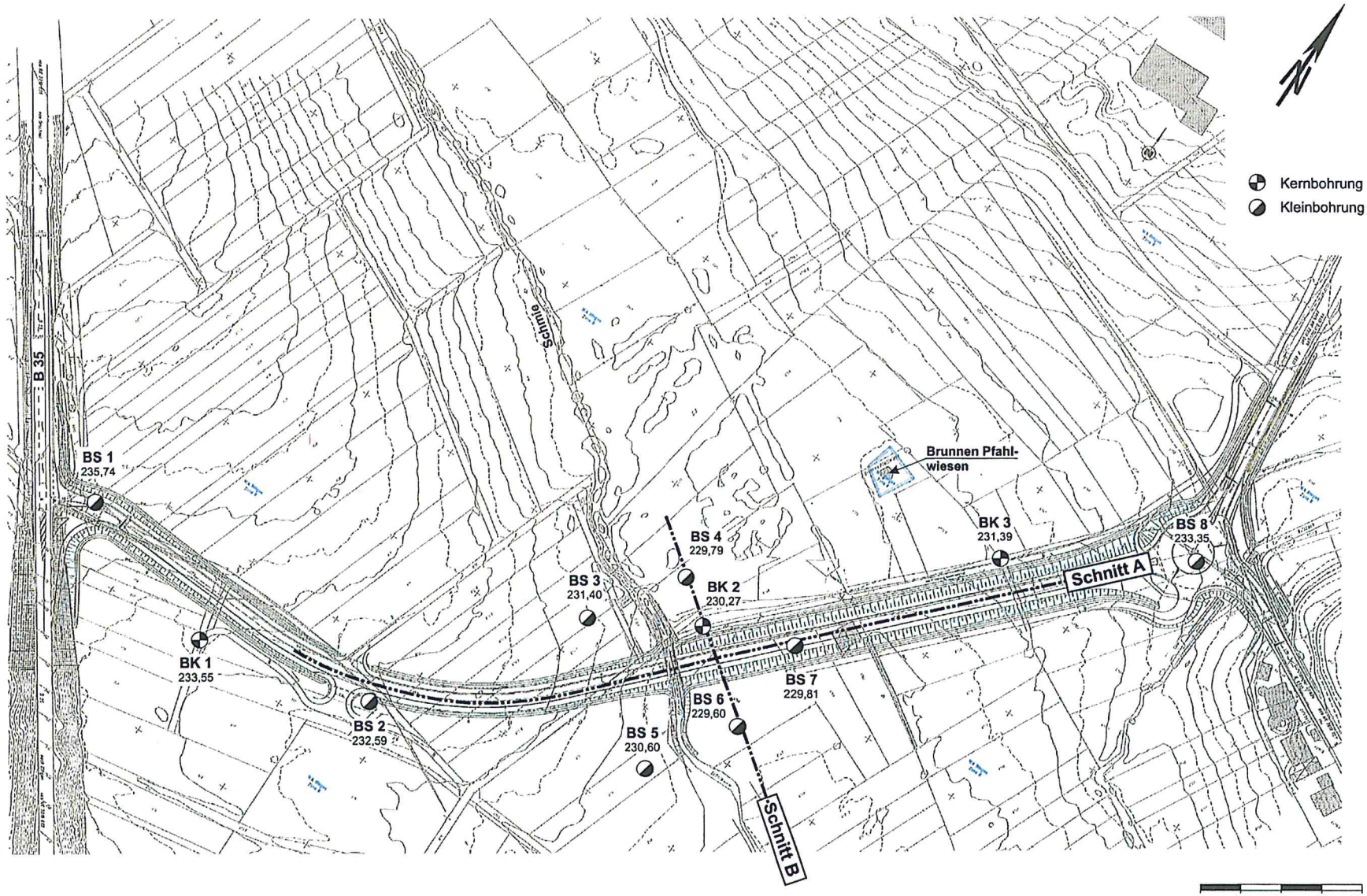


gez.	gepr.	gepr.
ko	ad	Bü

© LV B-W (www.lv-bw.de) 03.02.03, AZ:2851.2-D/1915;
thematisch ergänzt durch S&P ,12062bz11.cdr

0 250 500 750 1000m

Übersichtslageplan mit Lage der geplanten Westtangente	Maßstab 1:25000	Anlage 1.1



gez.	gepr.	gepr.
ad	bo	Bi

12062bz12.cdr, 21.12.12

Lageplan mit Lage der Erkundungspunkte und Verlauf der geologischen Geländeschnitte	Maßstab 1:2000	Anlage 1.2

Untersuchungsstellen

- SCH Schurf
- BK Kernbohrung
- BS Kleinbohrung

Rammsondierung (Dynamic Probing)

- DPL leichte Sonde (light)
- DPM mittelschwere Sonde (medium)
- DPH schwere Sonde (heavy)

Bodenproben

- Güteklasse 1
- Güteklasse 3
- Kernstück

Bodenarten-Beschreibung

A	Auffüllung		
Y	Blöcke	y	mit Blöcken
X	Steine	x	steinig
G	Kies	g	kiesig
S	Sand	s	sandig
U	Schluff	u	schluffig
T	Ton	t	tonig
H	Humus, Torf	h	humos, torfig
F	Faulschlamm	o	org. Anteile
Mg	Mergel	mg	mergelig
		dol.	dolomitisch

Korngrößen

- f fein
- m mittel
- g grob

grobkörnige Nebenanteile (Massenanteile Körnungslinie)

- ' schwach (< 15 %)
- _ stark (> 30 %)

feinkörnige Nebenanteile (Einfluss auf Verhalten des Bodens)

- ' schwach
- _ stark

organische Anteile (Trockenmassenanteil)

- o' schwach (2 - 6 %)
- o mittel (6 - 20 %)
- o̲ stark (> 20 %)

Konsistenz

- breiig und sehr weich
- weich
- steif
- halbfest
- fest

Kalkgehalt (Aufbraus-Test: 10 % HCl)

- Ca:0 kalkfrei
- Ca:+ kalkhaltig
- Ca:++ stark kalkhaltig

Bodenfarben

Farbcode nach Geocol

Felsarten-Beschreibung

		Druckfestigkeit Gestein (DIN 1054)	zugehöriger Feldversuch (in Anlehnung an DIN EN ISO 14689-1)
Z	Fels allgemein	sehr mürb	- mit Fingernagel leicht ritzbar, zw. Fingern zerdrückbar
Zv	Fels verwittert		
Ko, Br	Konglomerat, Brekzie	mürb	- mit Messer ritzbar, von Hand stückig zerbrechbar
Sst	Sandstein		
Utst	Schlufftonstein	mäßig mürb	- mit Messer schwer ritzbar, durch feste Hammerschläge mit Spitze einkerbbar
Ust, Tst	Schluffstein, Tonstein		
Mst, Kst	Mergelstein, Kalkstein		
Dst	Dolomitstein	mäßig hart	- mit einem einzigen Hammerschlag zerbrechbar
Gyst	Gipsstein		
Mem	Massige Metamorphite (z.B. Gneis)	hart	- nur mit mehreren Hammerschlägen zerbrechbar
Pl	Plutonite (z.B. Granit)		
Vu	Vulkanite (z.B. Basalt)		

Zerlegung

- klüftig

Trennflächenabstand

engständig (dünnbankig): < 200 mm
mittelständig (mittelbk.): 200-600 mm
weitständig (dickbankig): > 600 mm

Kalkgehalt (Aufbraus-Test: 10 % HCl)

- Ca:0 kalkfrei
- Ca:+ kalkhaltig
- Ca:++ stark kalkhaltig

Verwitterungsstufen*	W5	W4	W3	W2	W1	W0
Gesteinstyp	Boden	Boden + Gestein	Festgestein			
Beschreibung	zersetzt	vollst. verwittert	stark verwittert	mäßig verwittert	schwach verwittert	frisches Gestein
Zerlegung / Verfärbung an Trennflächen	ohne Gefüge	Restgefüge	Auflockerung an Trennflächen		Verfärbung	möglicherw. leichte Verfärb.
Merkmal		grusig, blättrig, bröckelig, stückig		Kernstück, -scheibe	Vollkern	

*) nach DIN EN ISO 14689-1

Grundwasser (Gw)

Gw-Spiegel / Gw-Stand

- ▽ 100,00 mNN — undefiniert oder nach Bohrende
- Wasserspiegel, steigend
- ▽ 100,00 mNN — angebohrt
- Wasserspiegel, fallend
- ▼ 100,00 mNN — in Ruhe im ausgebauten Bohrloch
- 20.12.98 — Datum
- Vernässung oberhalb des Gw

Gw-Messstelle

- Aufsatzrohr
- Ringraum-zementation
- Filterrohr
- Sumpfrohr
- Quellton
- Bohrendtiefe

Normen:
DIN EN 1997, DIN 1054
DIN EN ISO 14688, DIN EN ISO 14689-1
DIN 4022, DIN 4023

Beschreibung der Schichtenfolgen:
Kurzzeichen und Abkürzungen nach genannten Normen

Anlage 2.0

TK 25: 7019 Vaihingen/Enz
R ≈ 3493050,74 / H ≈ 5424553,53
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 233.55 mNN (= Gel.)

gebohrt von: Terrasond GmbH
am : 04.09.12
aufgenommen: Dipl.-Geol. Bernd Bühler/S&P
G:\S&P\AUFTRI2\12062\BK01.bpr; ad; 21.12.2012

Ausbau
PVC OD 125 mm
Filter-SW 1,5 mm

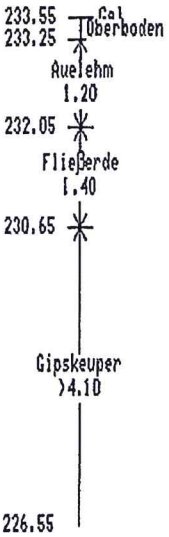
BK 1

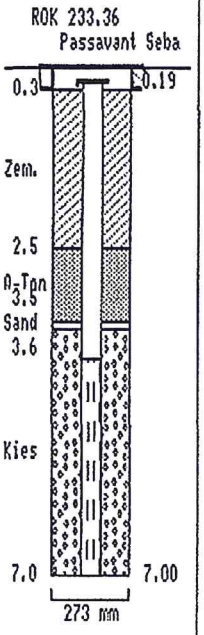


w_n (%)

18.5
24.7
25.4
15.8

0.00 – 0.30 Schluff,t,s',g', graubraun (Y363R), obere 10 cm durchwurzelt, steif; Ca:0
0.30 – 0.85 Schluff,t,fs',g' (einzelne Sst-Bröckchen bis 1 cm, hellbeige (Y121R)), graubraun (Y363R), halbfest; Ca:0
0.85 – 1.50 Ton,u, schwarzbraun (Y181R), steif bis halbfest; Ca:0
1.50 – 2.00 Ton,u,s',g',x' (Sst bis ø 10 cm, hellbeige (Y121R)), beigebraun (Y143R), steif bis halbfest; Ca:+
2.00 – 2.40 Schluff,t,s', mit einzelnen Sst-Bröckchen bis ø 0,5 cm, graurotbraun (Y561R), steif; Ca:+
2.40 – 2.90 Schluff,t,fs',g' (fSst, hellbeige (Y121R)), braunbeige (Y141R) und graurotbraun (Y561R), steif bis halbfest; Ca:++
2.90 – 3.60 Ton,u, Strukturen sehr schwach erkennbar, graurotbraun (Y561R), steif; Ca:++
3.60 – 4.10 Schlufftonstein, graurotbraun (Y561R), sehr mürb, tlw. zu T und U entfestigt (W4); Ca:++
4.10 – 4.80 Schlufftonstein, graurotbraun (Y561R) und beigebraun (Y143R), sehr mürb (W4); Ca:++
4.80 – 7.00 Schlufftonstein, mürb (W3); Ca:++
- 5,0 m beigebraun (Y143R)
- 5,6 m graurotbraun (Y561R)
- 6,1 m graurotbraun (Y561R) und olivgrau (G961Y)
- 7,0 m graurotbraun (Y561R)





ab 4,0 m schwer rammbar
Bohrverfahren:
- 7,0 m Rammkernbohrung ø 273 mm
Bodenproben: 0,7 m; 1,7 m; 2,25 m; 3,4 m; 5,25 m; 6,55 m
Geruch unauffällig
Gw angetroffen bei 3,7 m u. Gel. (04.09.12)
angestiegen auf 2,38 m u. Gel. (07.09.12)

Tiefenbezug: Gel.
ROK aus Abstand zu Gel.

Kies 3,2 - 5,6 mm
Sand 0,1 - 1 mm
Zem. = Zement-Bentonit
Q-Ton = Quellton
ø nicht maßstäblich

gez.	gepr.	gepr.
ad		

Legende: Anlage 2.0

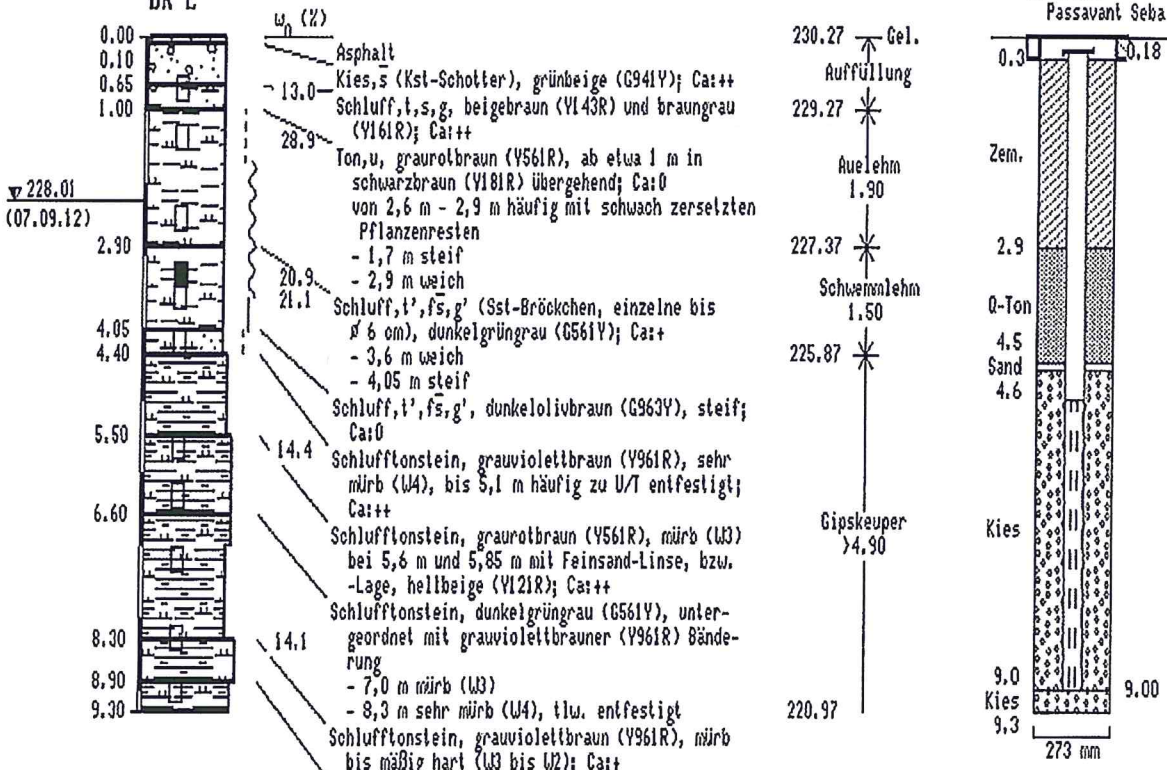
Schichtenfolge und Ausbau der Kernbohrung BK 1	Maßstab 1:100	Anlage 2.1.1

TK 25: 7019 Vaihingen/Enz
R ≈ 34 93 252 / H ≈ 54 24 704
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 230.27 mNN (= Gel.)

gebohrt von: Terrasond GmbH
am : 05.09.12
aufgenommen: Dipl.-Geol. Bernd Bühler/S&P
G:\S&P\AUFTRI2\12062\BK02.bpr; ad; 21.12.2012

Ausbau
PVC DN 125 mm
Filter-SW 1,5 mm

BK 2



ab 9,3 m nicht mehr rammbar
Bohrverfahren:
- 9,3 m Rammkernbohrung ⌀ 273 mm
Bodenproben: 0,85 m; 1,55 m; 2,65 m; 3,75 m; 4,35 m; 5,8 m; 6,5 m; 7,35 m; 8,45 m; 9,15 m
Geruch unauffällig
Gw angetroffen bei 2,9 m u. Gel. (05.09.12)
angestiegen auf 2,26 m u. Gel. (07.09.12)

Tiefenbezug: Gel.
ROK aus Abstand zu Gel.

Kies 3,2 - 5,6 mm
Sand 0,1 - 1 mm
Zem. = Zement-Bentonit
Q-Ton = Quellton
⌀ nicht maßstäblich

gez.	gepr.	gepr.
af	fa	05

Legende: Anlage 2.0

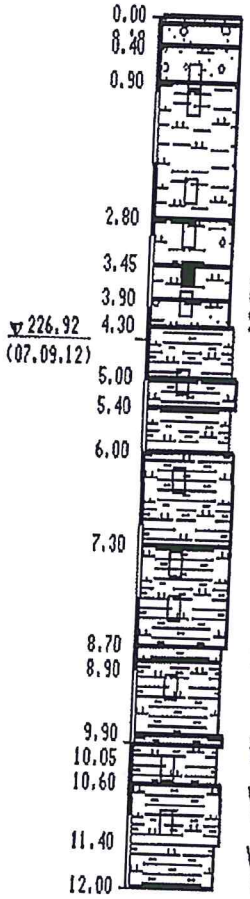
Schichtenfolge und Ausbau der Kernbohrung BK 2	Maßstab 1:100	Anlage 2.1.2

S&P

TK 25: 7019 Vaihingen/Enz
R ≈ 3493355,62 / H ≈ 5424808,23
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 231.39 mNN (= Gel.)

gebohrt von: Terrasond GmbH
am : 06.09.12
aufgenommen: Dipl.-Geol. Bernd Bühler/S&P
G:\S&P\AUFTR12\12062\BK03.bpr; ad; 21.12.2012

BK 3



w_n (%)

Asphalt

Kies,s (Kst-Schotter), grünbeige (G94IY); Ca:++

Kies,s,u (Tst), grau (S500W); Ca:0 bis +

28.6 Ton,u, graurotbraun (Y56IR), mit einzelnen stark zersetzten Pflanzenresten, schwarz (S950W), weich; Ca:0

Ton,u,g' (einzelne fSst- und Tst-Bröckchen), graurotbraun (Y56IR), weich; Ca:0

30.4 Schluff,t,fs,g' (einzelne bis 1,5 cm große Sst- und Tst-Bröckchen), mit einzelnen völlig zersetzten schwarzen Pflanzenresten, beigebraun (YI43R), steif; Ca:0 bis +

30.8

24.9

Schluff,t',fs, dunkelgrüngrau (G56IY), steif; Ca:+

Schlufftonstein, dunkelgrüngrau (G56IY), mit einzelnen grauviolettbraunen (Y96IR) Bändern, sehr mürb (W4), häufig zu U/T zersetzt; Ca:++

12.2 Schlufftonstein, dunkelgrüngrau (G56IY) und olivgrau (G96IY), stückig bis bröckelig zerlegt, stellenweise zu U/T verwittert (W3), mürb; Ca:0

Schlufftonstein, grauviolettbraun (Y96IR), mit einzelnen eingelagerten bis ø 4,0 cm großen Sand(Stein)-Linsen und Mergelbrekzien (Sand-

11.5 Linsen, braunbeige (YI4IR)); Ca:++

Schlufftonstein, grauviolettbraun (Y96IR), mürb (W3), stückig bis bröckelig zerlegt; Ca:+

Schlufftonstein, graurotbraun (Y56IR), mit einzelnen dunkelgrüngrauen (G56IY) Streifen, mürb (W3), überwiegend stückig, tlw. bröckelig zerlegt, bereichsweise zu U/T entfestigt; Ca:+

13.5 Schlufftonstein, graurotbraun (Y56IR) und dunkelgrüngrau (G56IY), mit Mergelbrekzie, kalkig verkittet, (beigebraun (YI43R); Ca:++

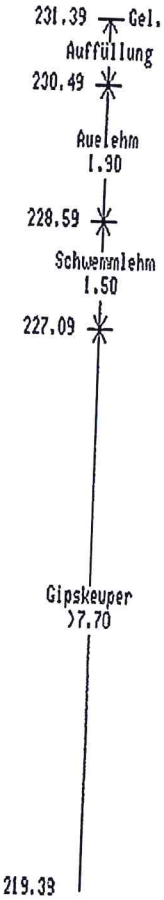
Schlufftonstein, grauviolettbraun (Y96IR), sehr mürb (W4), leicht zerbrechbar, Schichtstruktur vorhanden; Ca:++

Schlufftonstein, graurotbraun (Y56IR), einzelne bis 6 cm große Einlagerungen einer Mergelbrekzie, braunbeige (YI4IR), mürb (W3), überwiegend bröckelig zerlegt; Ca:+

Schlufftonstein, graurotbraun (Y56IR), sehr mürb (W4), z.T. zu U/T verwittert, bei 10,6 m beigebraune (YI43R) "sandige" GAR (Ca:++); Ca:+

Schlufftonstein, graurotbraun (Y56IR), mürb (W3), stückig zerlegt; Ca:0

Schlufftonstein, grauviolettbraun (Y96IR), sehr mürb (W4), bereichsweise zu U/T verwittert, bei 11,6 m knollige Mergelbrekzie; Ca:++



ab 12,0 m nicht mehr rammbar, Tst-Schicht hart

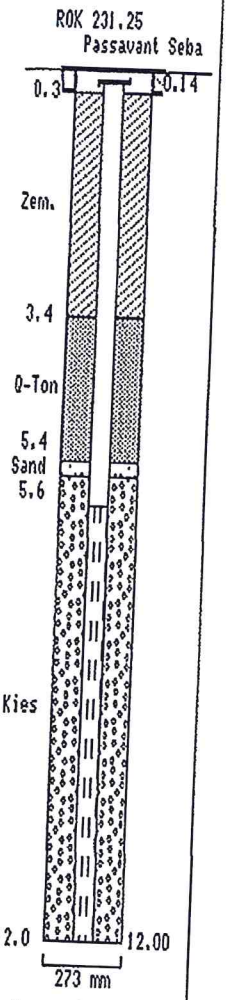
Bohrverfahren:
- 12,0 m Rammkernbohrung ø 273 mm

Bodenproben: 0,95 m; 1,35 m; 2,55 m; 3,15 m; 4,1 m; 5,2 m; 6,55 m; 7,7 m; 8,3 m; 9,4 m; 10,5 m; 11,25 m

Geruch unauffällig

Gw angetroffen bei 4,3 m u. Gel. (06.09.12)
am 07.09.12 bei 4,47 m u. Gel.

Ausbau
PVC DN 125 mm
Filter-SW 1,5 mm



Tiefenbezug: Gel.
ROK aus Abstand zu Gel.

Kies 3,2 - 5,6 mm
Sand 0,1 - 1 mm
Zem. = Zement-Bentonit
Q-Ton = Quellton
ø nicht maßstäblich

gez.	gepr.	gepr.

Legende: Anlage 2.0

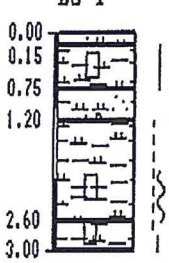
Schichtenfolge und Ausbau der Kernbohrung BK 3	Maßstab 1:100	Anlage 2.1.3

TK 25: 7019 Vaihingen/Enz
R ≈ 34 92 970 / H ≈ 54 24 580
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 235.74 mNN (= Gel.)

gebohrt von: Klingler, Bühler/S&P
am : 06.09.12
aufgenommen: Dipl.-Geol. Bernd Bühler/S&P
G:\S&P\AUFTR12\12062\BS01.bpr; ad; 21.12.2012

Verfüllung

BS 1



ω_n (%)

14.8 Schluff,t,fs, durchwurzelter Oberboden, graubraun (Y363R); Ca:0

Schluff,t, durchwurzelt mit feinen Wurzeln, hellgraubraun (Y343R), halbfest; Ca:++

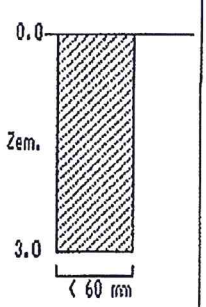
Schluff,t,s,g (Kst bis ⌀ 2 cm), hellbeige (Y12lR) und grau (S500W); Ca:++

17.8 Ton,u,s',g' (überwiegend Sst-Bröckchen, untergeordnet Tst-Bröckchen), grauviolettbraun (Y961R); Ca:++

23.9
- 1,9 m steif
- 2,6 m weich bis steif

Ton,u, grauviolettbraun (Y961R); Ca:++
- 2,8 m steif
- 3,0 m halbfest

235.74 Gel.
Auffüllung 1.20
234.54
Fließerde 1.40
233.14
Gipskeuper >0.40



Zem. = Zement-Bentonit
⌀ nicht maßstäblich

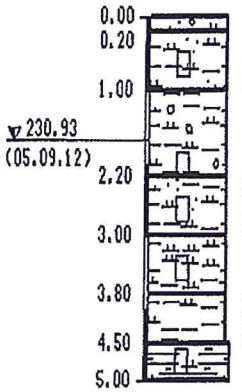
Bodenproben: 0,3-0,6 m; 2,1-2,3 m; 2,7-2,9 m
Geruch unauffällig
Grundwasser nicht angetroffen

R ≈ 34 93 130 / H ≈ 54 24 580
Ansatzhöhe: 232.59 mNN (= Gel.)

gebohrt am : 06.09.12
G:\S&P\AUFTR12\12062\BS02.bpr; ad; 21.12.2012

Verfüllung

BS 2



ω_n (%)

Schluff,t,s',g', durchwurzelter Oberboden, graubraun (Y363R); Ca:0

Ton,u,fs, olivgrau (G961Y), steif bis halbfest; Ca:0

30.0 Ton,u,g', braunschwarz (Y381R), weich, mit einzelnen Pflanzenresten; Ca:0

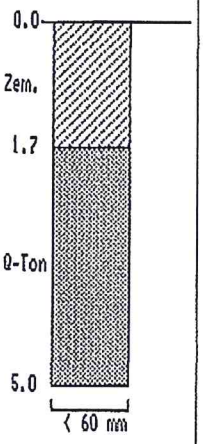
Ton,u,fs', einzelne Sst-Bröckchen, steif; Ca:0
- 2,4 m dunkelolivbraun (G963Y)
- 3,0 m hellgraubraun (Y343R)

21.4 Schluff,t,fs', mit einzelnen Sst-Bröckchen, grünbeige (G941Y), weich; Ca:+

Ton,u, graurotbraun (Y561R), mit Tst-Bröckchen, steif; Ca:++

16.8 Tonstein, grauviolettbraun (Y961R), sehr mürb (W4), überwiegend zu U/T entfestigt; Ca:++

232.59 Oberboden
232.39
Auelehm 2.00
230.39
Schwemmlehm 1.60
228.79
Gipskeuper >1.20
227.59



Zem. = Zement-Bentonit
Q-Ton = Quellton
⌀ nicht maßstäblich

Bodenproben: 0,6-0,8 m; 2,0-2,2 m; 2,6-2,8 m; 3,4-3,6 m; 4,7-4,9 m
Geruch unauffällig
Gw angetroffen bei 2,08 m u. Gel. (05.09.12)
30 min nach Bohrende angestiegen auf 1,71 m u. Gel.
vor der Bohrlochabdichtung: 1,66 m u. Gel.

gez.	gepr.	gepr.
		Bt

Legende: Anlage 2.0

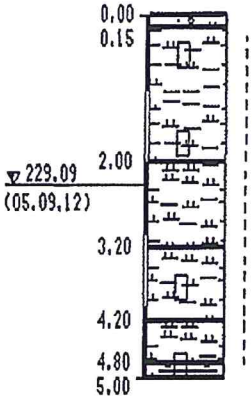
Schichtenfolgen der Kleinbohrungen BS 1 und BS 2	Maßstab 1:100	Anlage 2.2.1

TK 25: 7019 Vaihingen/Enz
R ≈ 3493190 / H ≈ 5424670
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 231.40 mNN (= Gel.)

gebohrt von: Klingler, Bühler/S&P
am : 05.09.12
aufgenommen: Dipl.-Geol. Bernd Bühler/S&P
G:\S&P\AUFTR12\12062\BS03.bpr; ad; 21.12.2012

Verfüllung

BS 3



w_n (%)

21.6

0.00 – 0.15: Schluff,t,s', durchwurzelter Oberboden, graubraun (Y363R); Ca:0

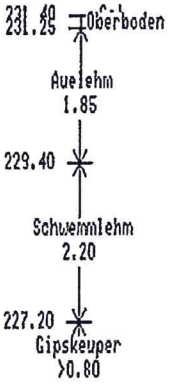
0.15 – 2.00: Ton,u, steif; Ca:0, ab 1,2 m Ca:++
- 0,5 m dunkelbraun (Y163R)
- 1,5 m dunkelbraun (Y163R) mit gelbbraunen (Y145R) Schlieren
- 2,0 m gelbbraun (Y145R)

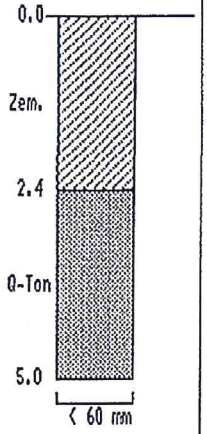
2.00 – 3.20: Schluff,t,g' (Tst-Bröckchen), graubraun (Y363R), steif; Ca:++

3.20 – 4.20: Schluff,t,g (Tst-Bröckchen), graurotbraun (Y561R), steif; Ca:++

4.20 – 4.80: Schluff,t, grünbeige (G941Y) und graurotbraun (Y561R), steif; Ca:++

4.80 – 5.00: Tonstein, grauviolettbraun (Y961R), sehr mürb, z.T. zu U/T entfestigt; Ca:+





Zem. = Zement-Bentonit
Q-Ton = Quellton
Ø nicht maßstäblich

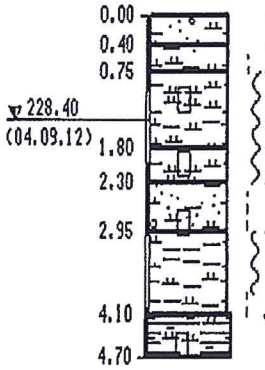
Bodenproben: 0,5-0,7 m; 1,7-1,9 m; 3,7-3,9 m; 4,8-5,0 m
Geruch unauffällig
Gw angetroffen bei 1,95 m u. Gel. (05.09.12)
30 min nach Bohrende bei 2,35 m u. Gel.
vor der Bohrlochabdichtung: 2,31 m u. Gel.

R ≈ 3493240 / H ≈ 5424710
Ansatzhöhe: 229.79 mNN (= Gel.)

gebohrt am : 04.09.12
G:\S&P\AUFTR12\12062\BS04.bpr; ad; 21.12.2012

Verfüllung

BS 4



w_n (%)

37.7

20.6

18.2

0.00 – 0.40: Schluff,s,g, durchwurzelt, graurotbraun (Y561R); Ca:0

0.40 – 0.75: Schluff,t,s', graurotbraun (Y561R), steif; Ca:0

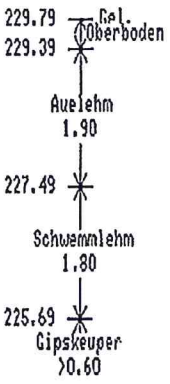
0.75 – 1.80: Schluff,t, dunkelbraungrau (Y361R), weich; Ca:0

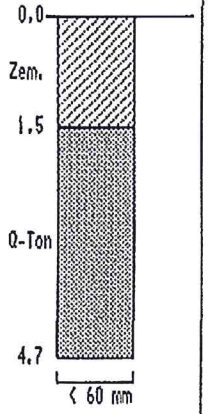
1.80 – 2.30: Schluff,t, olivgrau (G961Y), weich; Ca:0

2.30 – 2.95: Schluff,fs,t,g' (Tst-Bröckchen, selten Sst-Bröckchen (km2)), olivgrau (G961Y), schwach dunkelgrüngrau (G561Y) und hellbraungrau (Y341R) marmoriert, selten orangebraune (Y345R) Flecken, Pflanzenreste, steif; Ca:+

2.95 – 4.10: Ton,u,fs', graurotbraun (Y561R) und untergeordnet grünbeige (G941Y); Ca:++
- 3,8 m weich
- 4,1 m steif

4.10 – 4.70: Tonstein; Ca:++
- 4,6 m graurotbraun (Y561R), sehr mürb (W4)
- 4,7 m beigegrün (G943Y), mürb (W3)





Zem. = Zement-Bentonit
Q-Ton = Quellton
Ø nicht maßstäblich

ab 4,7 m kein Bohrfortschritt mehr
Bodenproben: 1,0-1,3 m; 2,0-2,2 m; 2,8-3,0 m; 4,4-4,7 m
Geruch unauffällig
Gw angetroffen bei 1,24 m u. Gel. (04.09.12)
nach Bohrende bei 1,37 m u. Gel.
vor der Bohrlochabdichtung: 1,39 m u. Gel.

gez.	gepr.	gepr.
ad	Kl	Bü

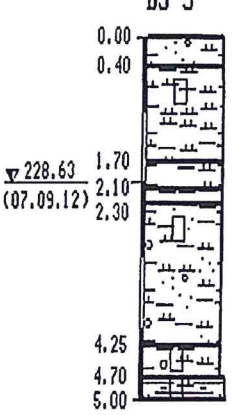
Legende: Anlage 2.0

Schichtenfolgen der Kleinbohrungen BS 3 und BS 4	Maßstab 1:100	Anlage 2.2.2

TK 25: 7019 Vaihingen/Enz
R ≈ 34 93 280 / H ≈ 54 24 620
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 230.60 mNN (= Gel.)

gebohrt von: Klingler, Bühler/S&P
am : 05.09.12
aufgenommen: Dipl.-Geol. Bernd Bühler/S&P
G:\S&P\AUFTR12\12062\BS05.bpr; ad; 21.12.2012

BS 5



w_n (%)

16.7

Schluff,t,s', bis 20 cm durchwurzelt, graubraun (Y363R), halbfest; Ca:0

Schluff,t,fs, vereinzelt kleine Sst-Bröckchen, hellgraubraun (Y343R); Ca:++
- 1,4 m steif
- 1,7 m weich

16.6

Schluff,t,fs', dunkelbraungrau (Y361R), mit olivgrauen (G961Y) und rotbraunen (Y545R) Schlieren, einzelne Tst-Bröckchen, steif; Ca:+

Ton,u, hellgraubraun (Y343R), weich; Ca:0

Schluff,t,s',g' (Sst-Bröckchen, untergeordnet Tst-Bröckchen), grauviolettbraun (Y961R); Ca:++

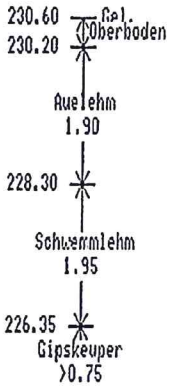
15.5

ab 2,5 m nass
- 2,5 m weich
- 3,0 m steif
- 4,25 m weich

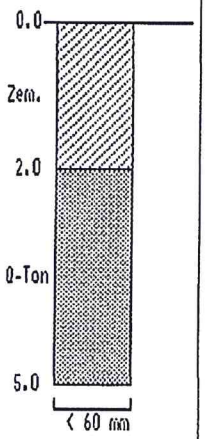
Schluff,t,fg' (Tst-Bröckchen), steif; Ca:+
- 4,5 m grauviolettbraun (Y961R)
- 4,7 m dunkelgrüngrau (G561Y)

Tonstein, dunkelgrüngrau (G561Y), sehr mürb, z.T. zu U-T entfestigt (W4); Ca:0 bis +

Bodengroben: 0,7-0,9 m; 2,6-2,8 m; 4,4-4,6 m; 4,7-5,0 m
Geruch unauffällig
Gw angetroffen bei 1,94 m u. Gel. (05.09.12)
nach Bohrende bei 1,98 m u. Gel.
vor Bohrlochabdichtung: 1,97 m u. Gel.



Verfüllung



Zem. = Zement-Bentonit
Q-Ton = Quellton
⌀ nicht maßstäblich

gez.	gepr.	gepr.
ad	KS	BS

Legende: Anlage 2.0

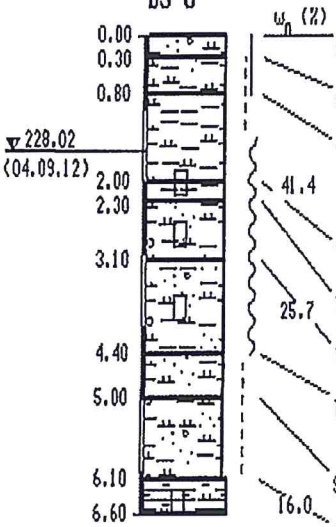
Schichtenfolge der Kleinbohrung BS 5	Maßstab 1:100	Anlage 2.2.3

TK 25: 7019 Vaihingen/Enz
R ≈ 34 93 300 / H ≈ 54 24 670
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 229.60 mNN (= Gel.)

gebohrt von: Klingler, Bühler/S&P
am : 04.09.12
aufgenommen: Dipl.-Geol. Bernd Bühler/S&P
G:\S&P\AUFTRI2\12062\BS06.bpr; ad; 21.12.2012

Verfüllung

BS 6



ω_n (%)

41.4

25.7

16.0

Schluff,t,s', durchwurzelt (Oberboden), graubraun (Y363R), halbfest; Ca:0

Schluff,t',fs', graubraun (Y363R), steif bis halbfest; Ca:0

Ton,u, graurotbraun (Y561R), einzelne schwarze (S950G) und türkisgraue (B541G) Schlieren; Ca:0
- 1,4 m steif
- 2,0 m weich

Ton, graurotbraun (Y561R), olivgrau (G961Y) und türkisgrau (B541G), weich; Ca:0

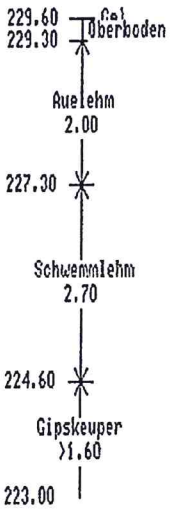
Ton,u,fs',g' (Tst-Bröckchen), olivgrau (G961Y), weich; Ca:++

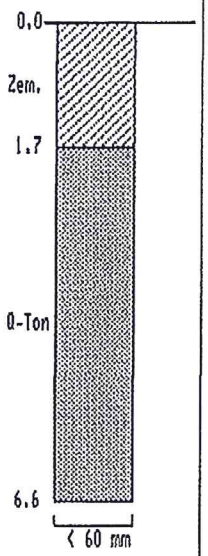
Ton,u,s',g' (Tst-Bröckchen), dunkelgrüngrau (G561Y), weich; Ca:+

Ton,u,s',g (Tst-Bröckchen), braunbeige (Y141R) mit rotbraunen (Y545R) und olivgrauen (G961Y) Schlieren, steif; Ca:++

Schluff,t,s,g (Tst-Bröckchen), braunbeige (Y141R), steif; Ca:++

Tonstein, graurotbraun (Y561R), sehr mürb, z.T. zu U/T entfestigt (W4); Ca:++





Zem. = Zement-Bentonit
Q-Ton = Quellton
ø nicht maßstäblich

ab 6,6 m kein Bohrfortschritt mehr
Bodenproben: 2,0-2,2 m; 2,7-2,9 m; 3,6-3,9 m; 6,1-6,6 m
Geruch unauffällig
Gw angetroffen bei 1,70 m u. Gel. (04.09.12)
30 min nach Bohrende bei 1,60 m u. Gel.
vor der Bohrlochabdichtung: 1,58 m u. Gel.

gez.	gepr.	gepr.
ad	Ko	Bü

Legende: Anlage 2.0

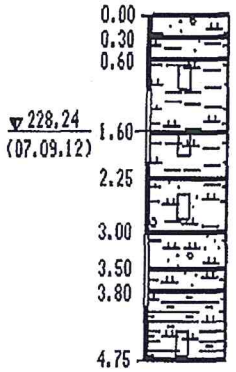
Schichtenfolge der Kleinbohrung BS 6	Maßstab 1:100	Anlage 2.2.4

BS 7

TK 25: 7019 Vaihingen/Enz
R ≈ 34 93 300 / H ≈ 54 24 720
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 229.81 mNN (= Gel.)

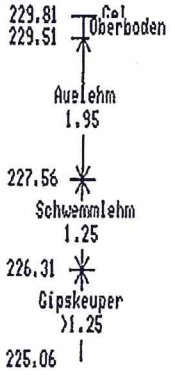
gebohrt von: Klingler, Bühler/S&P
am : 04.09.12
aufgenommen: Dipl.-Geol. Bernd Bühler/S&P
G:\S&P\AUFTR12\12062\BS07.bpr; ad; 15.01.2013

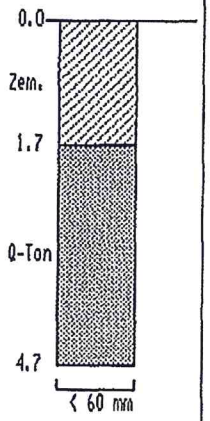
Verfüllung



Schluff,t,s,g', durchwurzelt (Oberboden), graubraun (Y363R), halbfest; Ca:0
Schluff,t,s', graubraun (Y363R), halbfest; Ca:0
Ton,u,s', graurotbraun (Y561R), mit rotbraunen (Y545R) Schlieren, steif; Ca:0
Ton,u, graurotbraun (Y561R), weich; Ca:0
von 2,0 m - 2,25 m braungrau (Y161R) mit Pflanzenresten
Ton,u,fs',g' (Sst-Bröckchen (km2) bis ⌀ 3 cm), olivgrau (G961Y), weich; Ca:++
Schluff,t,s',g' (Tst- und Sst-Bröckchen), olivgrau (G961Y), weich; Ca:0
Ton,u, olivgrau (G961Y), steif; Ca:0
Tonstein, mürb, z.T. zu U/T entfestigt; Ca:+
- 4,4 m olivgrau (G961Y)
- 4,75 m rotgrau (Y941R)

ab 3,7 m schwer zu bohren
ab 4,75 m kein weiterer Bohrfortschritt mehr
Bodenproben: 0,7-1,0 m; 2,5-2,8 m; 1,6-1,9 m; 4,4-4,7 m
Geruch unauffällig
Gw angetroffen bei 1,52 m u. Gel. (04.09.12)
bei Bohrende 1,61 m u. Gel.
vor der Bohrlochabdichtung: 1,57 m u. Gel.





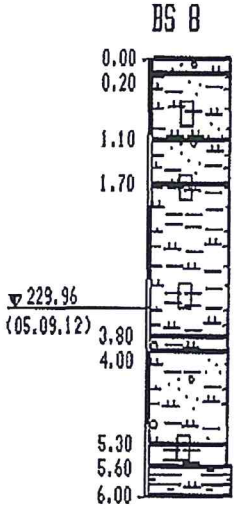
Zem. = Zement-Bentonit
Q-Ton = Quellton
⌀ nicht maßstäblich

BS 8

R ≈ 34 93 430 / H ≈ 54 24 860
Ansatzhöhe: 233.35 mNN (= Gel.)

gebohrt am : 05.09.12
G:\S&P\AUFTR12\12062\BS08.bpr; ad; 15.01.2013

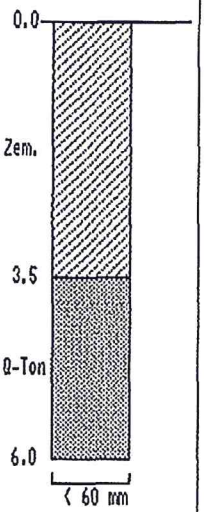
Verfüllung



Schluff,t,s', durchwurzelt (Oberboden), graubraun (Y363R); Ca:0
Schluff,t,fs, beigebraun (Y143R), halbfest bis fest; Ca:++
Schluff,t,fs',g' (Tst-Bröckchen), dunkelbraun (Y163R), steif; Ca:++
Ton,u, mit einzelnen fSst-Bröckchen, graubraun (Y363R); Ca:+
- 3,1 m steif bis halbfest
- 3,8 m steif
Ton,u,s',g' (Sst-Bröckchen), dunkelbraun (Y163R), weich bis steif; Ca:0 bis +
Ton,u,s',g' (Sst-Bröckchen), dunkelgrüngrau (G561Y), steif; Ca:++
Ton,t, graurotbraun (Y561R), steif bis halbfest; Ca:++
Tonstein, graurotbraun (Y561R), sehr mürb (W4); Ca:++

Bodenproben: 0,7-0,9 m; 1,7-1,9 m; 3,2-3,4 m; 5,2-5,5 m
Geruch unauffällig
Gw angetroffen bei 3,97 m u. Gel. (05.09.12)
bei Bohrende 4,21 m u. Gel.
vor der Bohrlochabdichtung: 3,39 m u. Gel.



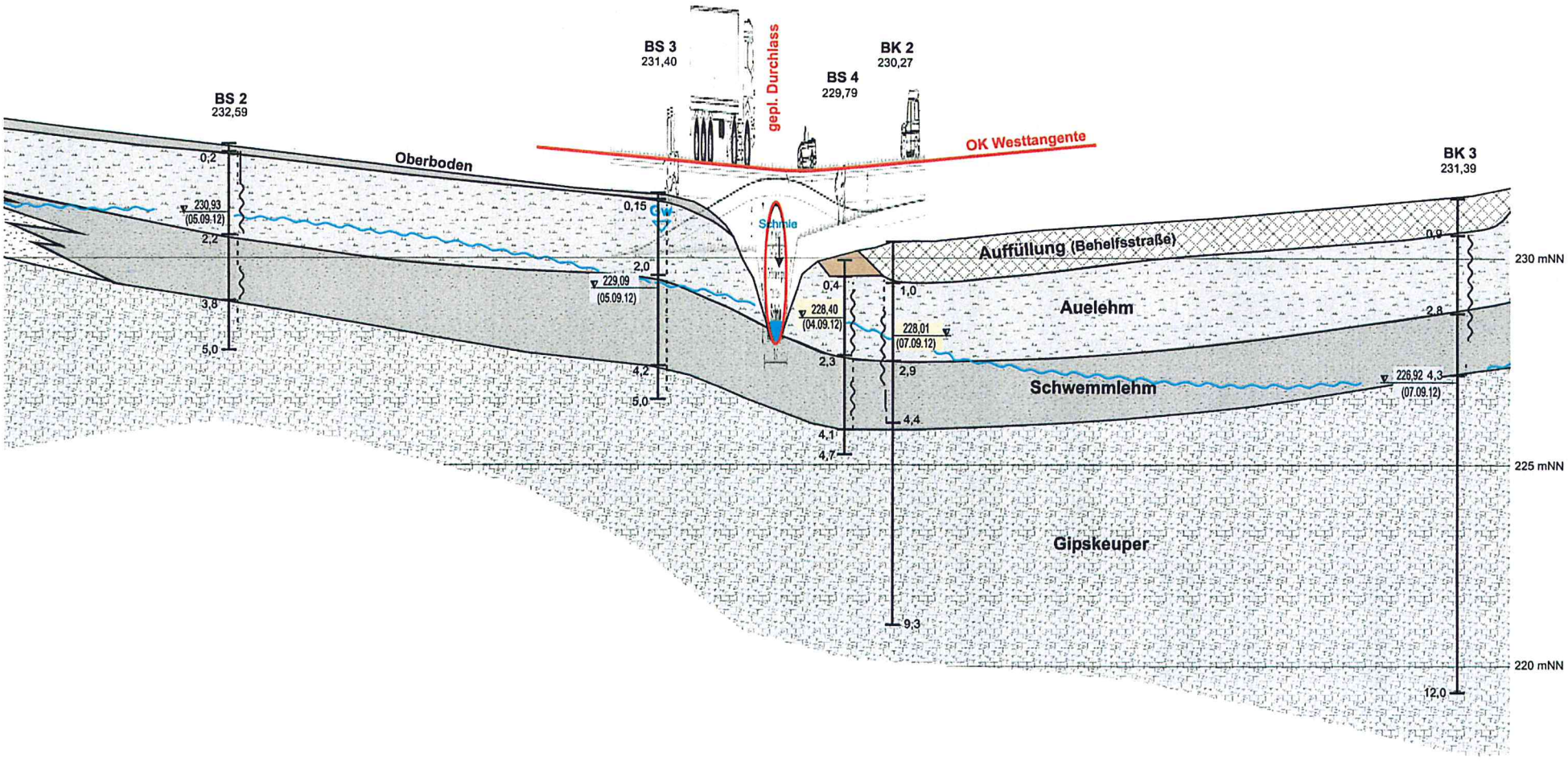


Zem. = Zement-Bentonit
Q-Ton = Quellton
⌀ nicht maßstäblich

gez.	gepr.	gepr.
ad	ko	

Legende: Anlage 2.0

Schichtenfolgen der Kleinbohrungen BS 7 und BS 8	Maßstab 1:100	Anlage 2.2.5



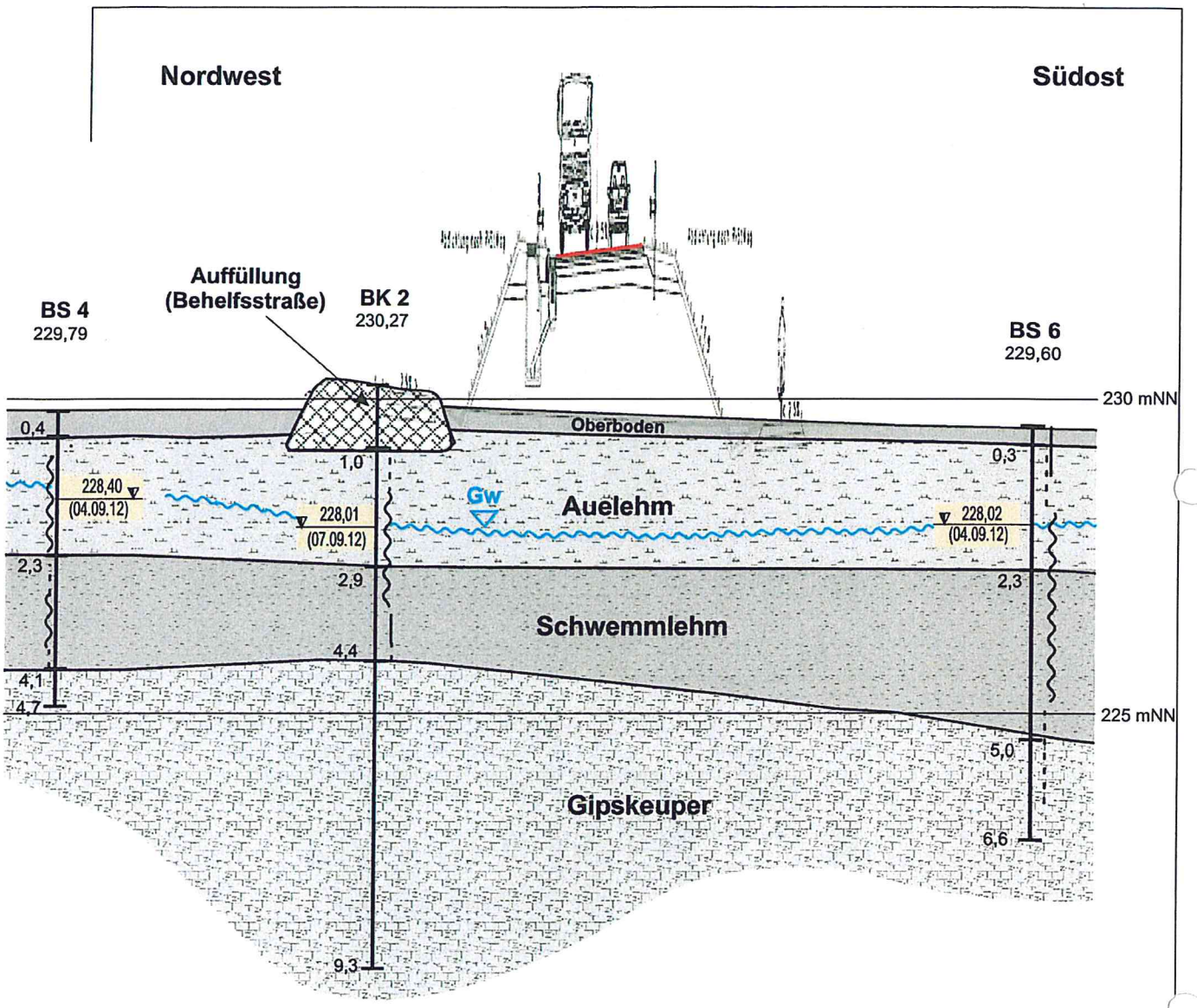
10fach überhöht !

gez.	gepr.	gepr.
ko	ad	Sa

12062bz31.cdr, 30.01.13

Geologischer Geländeschnitt A (Schnittführung siehe Anlage 1.2)	Maßstab Länge 1:1000 Höhe 1: 100	Anlage 3.1

S&P

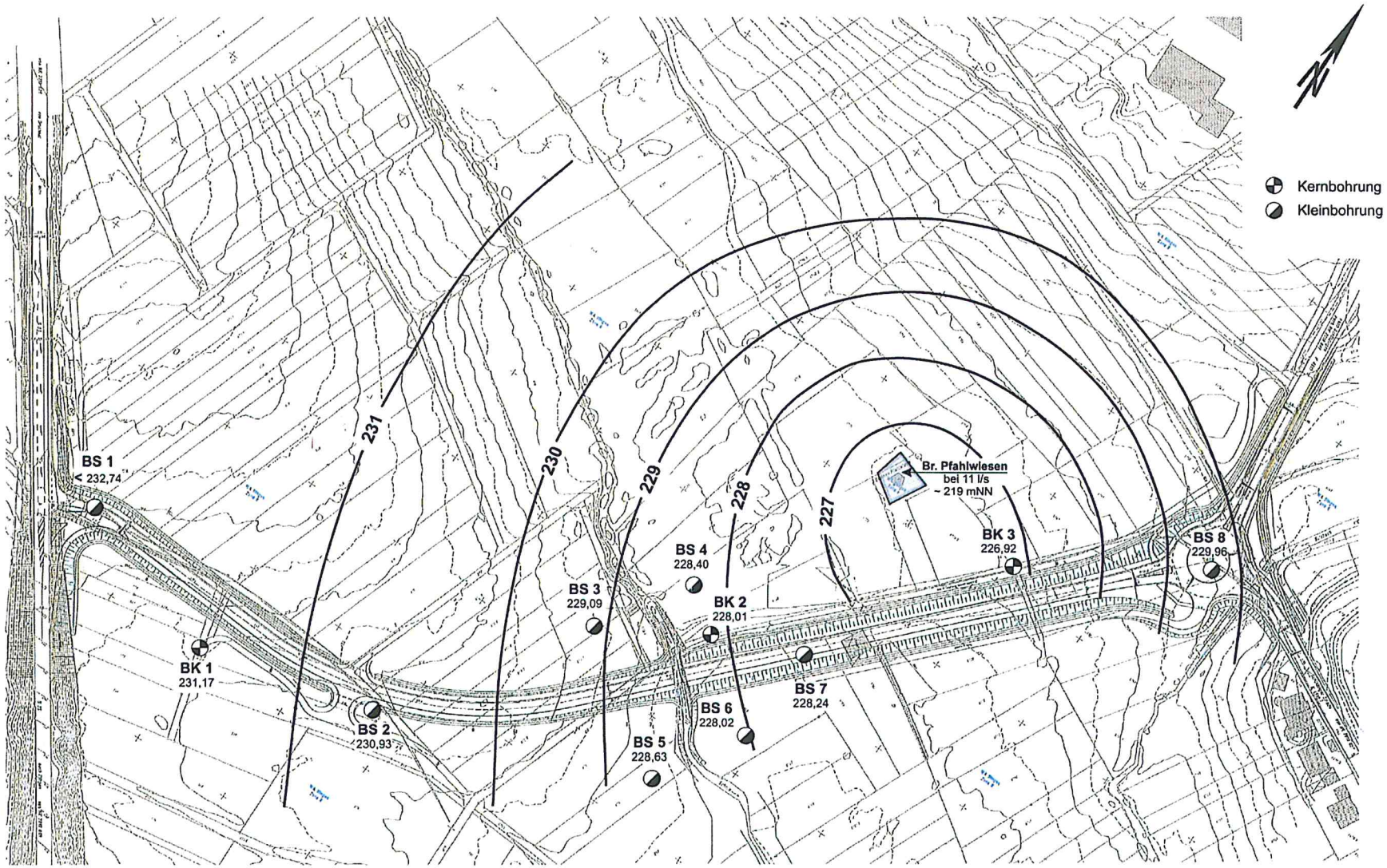


5fach überhöht !

gez.	gepr.	gepr.
ad	ko	Bü

12062bz32.cdr, 17.12.12

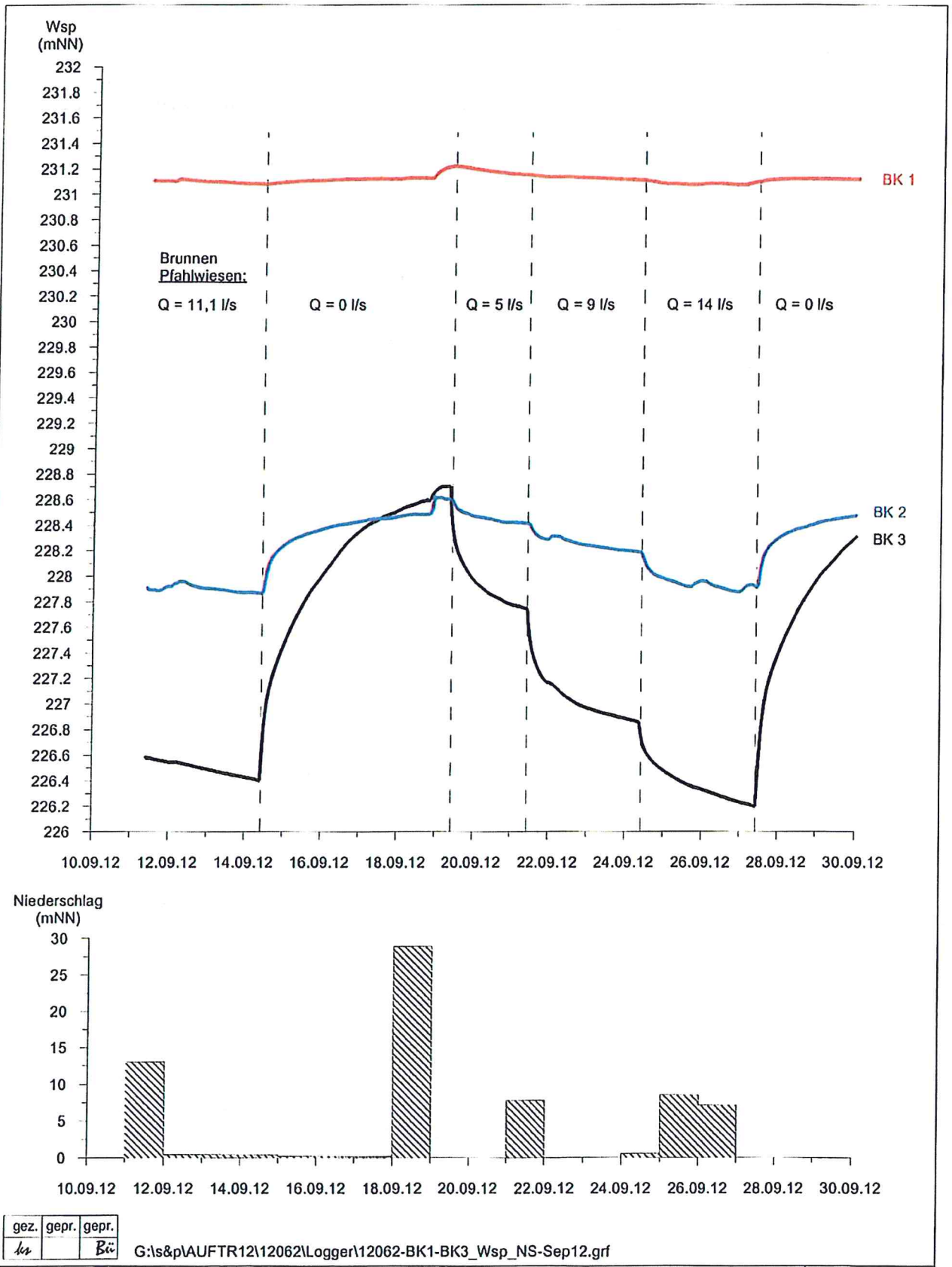
Geologischer Geländeschnitt B (Schnittführung siehe Anlage 1.2)	Maßstab Länge 1:500 Höhe 1: 100	Anlage 3.2



gez.	gepr.	gepr.
M	Lo	Bö

12062bz41.cdr, 21.12.12

Grundwassergleichenkarte 04.-07.09.12	Maßstab 1:2000	Anlage 4.1



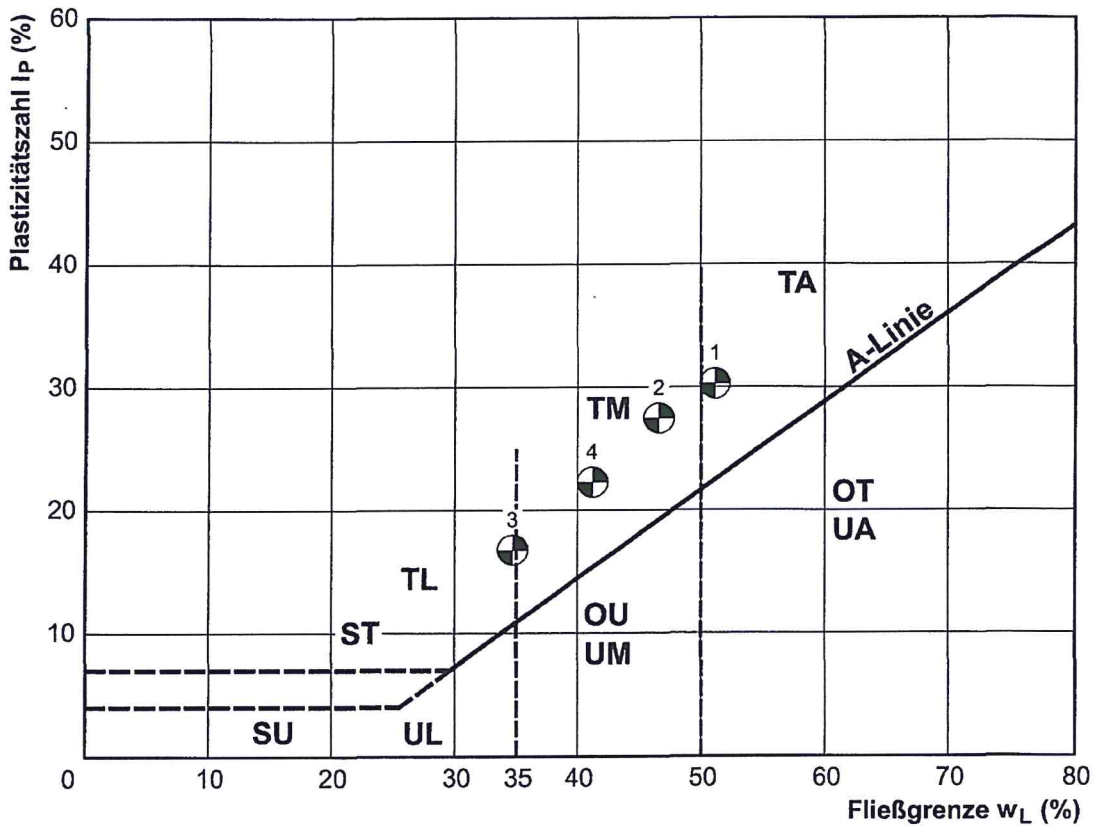
gez.	gepr.	gepr.
ks		Bü

G:\s&p\AUFTR12\12062\Logger\12062-BK1-BK3_Wsp_NS-Sep12.grf

BK 1, BK 2 und BK 3:
Wasserspiegelgang und Niederschlag vom 11.09. bis 30.09.12

Anlage 4.2

S&P



Probe Nr.		1	2	3	4
Aufschluss		BK 2	BK 3	BK 2	BK 3
Entnahmetiefe (m u. Gel.)		1,55	3,15	3,2-3,45	3,45-3,7
Bodenart		T,u	UT,fg' (Tst)	U,t,s''	U,t,s,g'
Geologie		← Auelehm →		← Schwemmlehm →	
natürl. Wassergehalt	w_n (%)	28,9	30,4	20,9	30,8
Fließgrenze	w_L (%)	50,5	46,0	34,1	40,6
Ausrollgrenze	w_P (%)	20,6	18,9	17,7	18,7
Plastizitätszahl	I_P (%)	29,9	27,1	16,4	21,9
Konsistenzzahl	I_C (-)	0,72	0,56	0,81	0,45
Konsistenz		weich	weich	steif	sehr weich

Bodenklassifikation nach DIN 18196:

SU Sand-Schluff-Gemisch
ST Sand-Ton-Gemisch

UL Schluff, leicht plastisch
UM Schluff, mittelplastisch
UA Schluff, ausgeprägt zusammendrückbar

TL Ton, leicht plastisch
TM Ton, mittelplastisch
TA Ton, ausgeprägt plastisch

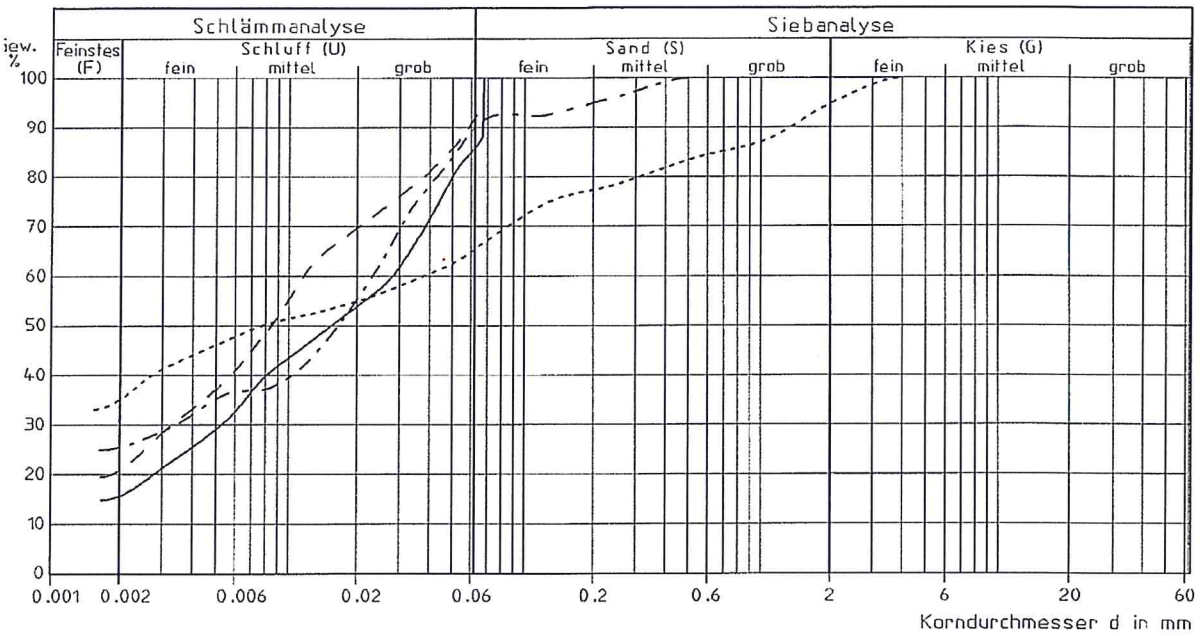
OU Schluffe mit organischen Beimengungen oder organogene Schluffe
OT Tone mit organischen Beimengungen oder organogene Tone

gez.	gepr.	gepr.
ad	ko	

12062bz51.cdr, 13.12.12

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122-1
Auelehm und Schwemmlehm

Anlage 5.1



Nr.	Kurve	Auf-schluß	Tiefe m	Stratigraphie bzw. Probenherkunft	Bodenart	Boden-gruppe	F %	U %	S %	G %	d_{10} mm	U	C_c	File
1	———	BK 2	1.55	Auelehm	U, t, fs	TM/TA	15.9	69.5	14.6					2-155.KOM
2	------	BK 2	3.45	Schwemmlehm	U, s, t	TL	35.6	29.5	30.0	4.9				2-345.KOM
3	— — —	BK 3	3.15	Auelehm	U, t, fs	TM	21.2	70.1	8.7					3-315.KOM
4	— · —	BK 3	3.70	Schwemmlehm	U, t, s	TM	25.6	64.0	10.4					3-37.KOM

aus der Kornverteilung kann abgeleitet werden:

Ungleichförmigkeitszahl: $U = d_{60}/d_{10}$ (weitgestuft bei $U > 6$ und $1 < C_c < 3$)

Krümmungszahl: $C_c = d_{30}^2/d_{10} \cdot d_{60}$

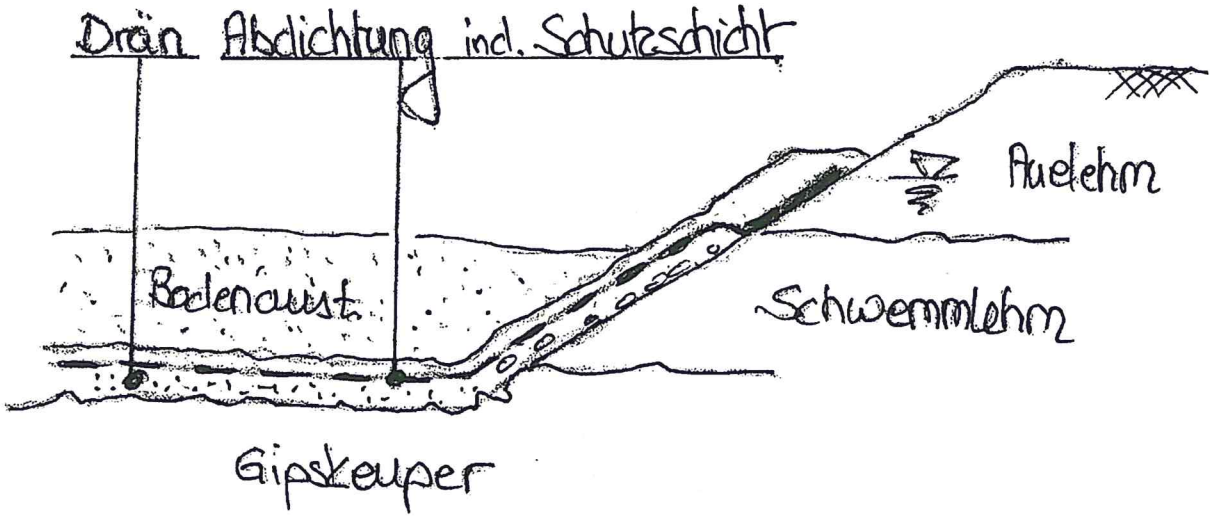
Durchlässigkeit (Hazen): $k\,(m/s) = 0{,}0116\ d_{10}^2$ bei $U \leq 5$; d_{10} in mm

Filterregel (Terzaghi): $D_{15} < 4 \cdot d_{85}$; $D_{15} > 4 \cdot d_{15}$ D = Filterkorn

79:12062L03, hv, 31.01.13

Korngrößenverteilungskurven nach DIN 18 123
Auelehm und Schwemmlehm

Anlage 5.2



12062bz6.cdr + Handskizze

Schemaskizze Baugrube mit Drän, Abdichtung und Bodenaustausch	Anlage 6