

IGK

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
mbH
INSTITUT FÜR GEOTECHNIK

Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH · Heidengass 16 · 76356 Weingarten

Ingenieurbüro für Wasserbau, Wasserwirtschaft und Tiefbau
Wald + Corbe GbR
Beratende Ingenieure

Am Hecklehamm 18

76549 Hügelsheim

Anerkanntes Institut
nach DIN 1054
Beratende Ingenieure

Dr. techn. K. Kärcher
Dipl.-Ing. K.-M. Gottheil
Dipl.-Geol. D. Kläiber
Dipl.-Ing. J. Santo

Baugrunduntersuchungen
Erd- und Grundbau
Boden- und Felsmechanik
Damm- und Deichbau
Ingenieur- u. Hydrogeologie
Deponietechnik
Grundwasserhydraulik
Bodenmechanisches Labor

Ihr Zeichen

Unser Zeichen
E 6553c22G_V4_07/2016

Bearbeiter
He ☎ 06340/508 070 - 7
m.heckmann@kaercher-geotechnik.de

Datum
13. Juli 2016

GEOTECHNISCHES GUTACHTEN

zum Ausbau des Leimbaches

Bach-km 14+742 – 19+345

Kirchheimer Mühle bis Leimbachabsturz

(Leimbachunterlauf)

Projekt-Nr.: E 6553c22G

Auftraggeber: Ingenieurbüro für Wasserbau, Wasserwirtschaft und Tiefbau
Wald + Corbe GbR
Beratende Ingenieure
Am Hecklehamm 18
76549 Hügelsheim

Auftrag: Ingenieurvertrag vom 18.07.2013
Zeichen:

Heidengass 16
76356 Weingarten
Tel. 07244/70 13-0
Fax 07244/70 13-17

Hauptstraße 152
76744 Wörth-Schaidt
Tel. 06340/91 99-15
Fax 06340/91 99-14

Volksbank Stutensee-Weingarten eG
BLZ 660 617 24 · Konto 30.8719.01
IBAN DE34 6606 1724 0030 8719 01
BIC GENODE61WGA

Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Klaus-M. Gottheil
Dipl.-Geol. Dieter Kläiber
Dipl.-Ing. Jürgen Santo

HRB 108069
Amtsgericht Mannheim
UST-IdNr. DE191748649

Inhaltsverzeichnis

1. Veranlassung
2. Unterlagen
3. Baugrundverhältnisse
4. Ausbauvorgaben / Ausbautorschläge
5. Standsicherheitsnachweise
6. Zusammenfassung

Anlagenverzeichnis

| | |
|---|----------------------------------|
| Lageplan mit Bohr- und Sondierpunkten | Anlage: 1.7 – 1.18 |
| Bohrprofile, Rammsondierungen, Profilschnitte | Anlagen: 2.0; 2.7 - 2.12 |
| Bodenmechanische Laborversuche | Anlagen: 3.7a -3.9c |
| Ausbautorschläge / Standsicherheitsnachweise | Anlagen: 4.2 – 4.4; 4.11a – 4.15 |

Für den gesamten Leimbachunterlauf, Bach-km 14+742 – 21+270, wurden 2 getrennte geotechnische Gutachten verfasst. Um Verwechslungen auszuschließen, wurden sämtliche Anlagen beider Gutachten fortlaufend durchnummeriert. Für das vorliegende Gutachten des unterstromigen Abschnittes von Bach - km 14+742 - 19+345 ergibt sich hieraus die oben aufgeführte Nummerierung der beigelegten Anlagen.

Literatur

| | |
|---------------------------------|---|
| Davidenkoff, R. (1970): | Unterläufigkeit von Stauwerken. Werner-Verlag, Düsseldorf |
| DIN 4084:2009-01 | Gelände- und Böschungsbruch- berechnungen |
| DIN 4149:2005-04, Teil 1 u. Bbl | Bauten in deutschen Erdbebengebieten |
| DIN 19700:2004-07, Teil 10: | Stauanlagen, Gemeinsame Fest- legungen |
| DIN 19712:2013-01 | Flußdeiche |
| DWA-M 507-1:2011-12 | DWA-Merkblatt: Deiche an Fließgewässern, Teil 1: Planung, Bau und Betrieb |
| Ril 836 | Richtlinie der DB Netz AG: Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten |
| Chugaev | enthalten in: Unterläufigkeit von Stau- bauwerken, DAVIDENKOFF, Werner- Verlag |
| Burenkova | Assesment of suffosion in noncohesive and graded soils, Symp. GEOFILTERS |

Kärcher, K. et al. (1997)

Zur Standsicherheit, Auftriebssicherheit
und Erosionsstabilität von Flußdeichen.
Geotechnik 20: 276

Kärcher, K. et al. (2001)

Parameterstudie zur Größe der Wasser-
drücke unter Deichen bei Hochwässern.
Geotechnik 24: 201

1. Veranlassung

Im Bereich des Leimbachunterlaufes ist zwischen der Kirchheimer Mühle bei Bach-km 21+270 und dem Leimbachabsturz bei Bach-km 19+345 eine Sohltieferlegung des Bachbettes sowie eine Ertüchtigung der bestehenden Leimbachböschungen geplant.

Im Bereich der Ortslagen von Nußloch, St. Ilgen und Sandhausen sind bereichsweise beengte Platzverhältnisse vorhanden, die eine Sicherung der Leimbachböschungen mittels gesonderter Verbaumaßnahmen erforderlich machen. Außerhalb der o.g. Ortslagen erfolgt bei ausreichenden Platzverhältnissen die Ertüchtigung der Leimbachböschungen bzw. Dämme im konventionellen Erdbau.

Die Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH, Weingarten, wurde durch das Ingenieurbüro Wald + Corbe, Hügelsheim, beauftragt, die Standsicherheit an ausgewählten Profilen der Entwurfsplanung nachzuweisen bzw. Sicherungsvorschläge zu erarbeiten.

2. Unterlagen

Dem vorliegenden geotechnischen Gutachten liegen folgende Unterlagen zugrunde:

- 1 Übersichtslageplan, Maßstab: 1 : 5.000 (IB Wald + Corbe, 2006)
- 2 Übersichtslagepläne, Maßstab: 1 : 2.000 (IB Wald + Corbe, 2013)
- 9 Detaillagepläne, Maßstab: 1 : 500 (IB Wald + Corbe, 2013)
- ausgewählte Querprofile des Bestandes und des Gewässerausbaus der Entwurfsplanung mit Darstellung der Bemessungswasserstände und des Mittelwasserstandes, Stand: Nov. 2013
- Bodenproben, Schichtverzeichnis von 1 Bohrung, ausgeführt 2012 durch die Fa. Striell, Mannheim
- Bodenproben von 6 Bohrsondierungen (BS 60, DIN 4021) ausgeführt 2012 durch die VG UmweltTech, Weingarten
- Ergebnisse von 10 Kleinbohrungen (BS 60, DIN 4021) und 3 Sondierungen mit der Schweren Sonde (DIN 4094, DPH) ausgeführt 2007 durch die VG UmweltTech, Weingarten
- bodenmechanische Laboruntersuchungen, ausgeführt durch die Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH, Weingarten
- Erdstatische und untergrundhydraulische Berechnungen, durchgeführt durch die Ingenieurgesellschaft Kärcher, Weingarten
- Geologische und hydrogeologische Karte

3. Baugrundverhältnisse. Klassifizierung der Böden. Grundwasserstände

3.1 Durchgeführter Erkundungsaufwand

Zwischen dem Leimbachabsturz und der Kirchheimer Mühle wurde überwiegend auf vorhandene Erkundungsergebnisse an den Leimbachdämmen aus dem Jahr 2007 zurückgegriffen. Hierbei waren insgesamt 9 Kleinbohrungen (Bohrsondierungen BS 60 n. DIN 4021) á 6 – 8 m Tiefe im Bereich der Dammkrone des rechten und linken Leimbachdammes ausgeführt worden. Zusätzlich wurden bei der neuerlichen Erkundungskampagne 2012 3 weitere Querprofile mit insgesamt 6 Kleinbohrungen á 6 - 8 m Tiefe, ausgeführt.

Die Lage der Untersuchungsprofile des vorliegenden Untersuchungsabschnittes (Bach-km 14+742 - 19+345) sind in den Anlagen 1.7 – 1.18 dargestellt.

Die in den Bohrungen angetroffenen Baugrundverhältnisse wurden nach DIN 4022 beschrieben und sind in den Anlagen 2.7 – 2.12 zeichnerisch dargestellt. In der Anlage 2.0 ist eine Legende beigelegt, in welcher die in den Querschnittzeichnungen und geologischen Längsschnitten verwendeten Kurzzeichen aufgeschlüsselt sind. In den Anlagen 2.7 – 2.12 sind die Bohr- und Sondierergebnisse in Form von Querschnittzeichnungen senkrecht zur Leimbachachse sowie in Form einzelner Bohrprofilardarstellungen aufgetragen.

3.2 Ergebnisse der Baugrunderkundung

3.2.1 Lage und geologischer Überblick

Der Erkundungsabschnitt zwischen dem Leimbachabsturz und der Kirchheimer Mühle befindet sich außerhalb der tertiären Randscholle des Oberrheingrabens. Oberflächennah stehen zunächst holozäne bindige Deckschichten der Leimbachau an, die von pleistozänen Sanden und Kiesen der Niederterrasse unterlagert werden. Die Kiese und Sande der Niederterrasse werden im Untersuchungsgebiet durch bindige Zwischenhorizonte untergliedert. Bereichsweise sind in ca. 15 m Tiefe unter GOK bindige Zwischenlagen des Zwischenhorizontes ZH1 zu erwarten, die im Untersuchungsgebiet jedoch nicht durchgängig verbreitet sind. In ca. 40 m Tiefe unter GOK folgt der durchgehend vorhandene Obere Zwischenhorizont (OZH), der im Untersuchungsgebiet in Form von Tonen und Schluffen abgelagert wurde und den Oberen Grundwasserleiter vom Mittleren Grundwasserleiter trennt.

Der Leimbach wird im Untersuchungsabschnitt kanalartig von den beiderseitigen Uferböschungen bzw. Dämmen begrenzt. Die wasserseitigen Böschungen sind durch Erosions- und Kolkvorgänge auf Böschungsneigungen von teilweise bis zu 60° versteilt.

In den Bereichen der Ortslagen von Nußloch, Leimen, St. Ilgen und Sandhausen reicht die Bebauung teilweise bis an die Dammkrone der Leimbachdämme heran.

3.2.2 Aufbau Deichkörper / Untergrund

Im Bereich der Erkundungsstrecke sind in den beiderseitigen Leimbachdämmen bzw. Böschungen überwiegend bindige Böden in Form von leicht plastischen Tonen (Bodengruppe TL n. DIN 18196) mit weicher bis steifer Konsistenz zu erwarten.

Unterhalb der Dammaufstandsfläche stehen Auelehme an, die überwiegend aus leicht- bis ausgeprägt plastischen Tonen (Bodengruppen TL / TM / TA n. DIN 18196) mit überwiegend weicher bis steifer Konsistenz bestehen, örtlich können organische Ablagerungen in Form von Torfen und Faulschlamm eingelagert sein. Die Mächtigkeit der bindigen Auelehme beträgt gemessen ab dem Niveau des Hinterlandes i.d.R. ca. 1 – 4 m, örtlich konnte jedoch eine Zunahme der Mächtigkeit auf bis zu 7 m nachgewiesen werden.

Die unterhalb der holozänen Auelehme anstehenden pleistozänen Ablagerungen wurden überwiegend als Sande (Bodengruppen SE / SW n. DIN 18196) abgelagert.

3.3 Bodenmechanische Kennwerte

Wie aus den Schichtprofilen der Anlagen 2.7 – 2.12 ersichtlich, stehen oberflächennah überwiegend bindige Böden an.

Zur Charakterisierung der bindigen Böden wurden deren Atterberg'sche Zustandsgrenzen und deren natürlicher Wassergehalt (vgl. Anlagen 3.7a - 3.9a) ermittelt. Bei organogenen Böden wurde zusätzlich zur Ermittlung des natürlichen Wassergehaltes der Gehalt an organischer Substanz mittels Glühverlust (vgl. Anl. 3.7b, 3.8b, 3.9b/c) bestimmt.

Auf der Grundlage der durchgeführten Laboruntersuchungen wurde eine Zuordnung zwischen der Bodenbeschreibung nach DIN 4022 und der Klassifizierung der Böden nach DIN 18196 (Bodengruppen) bzw. der DIN 18300 (Bodenklassen) durchgeführt, welche nachfolgend tabellarisch zusammengefasst ist. Zusätzlich sind in der nachfolgenden Tabelle die für die erdstatischen Berechnungen und Nachweise erforderlichen charakteristischen Kennwerte der einzelnen Bodenschichten aufgelistet.

Es handelt sich hierbei um charakteristische Bodenkennwerte im Sinne der DIN 1054:2010-12, welche in Abhängigkeit der Nachweisführung mit verschiedenen Teilsicherheitsbeiwerten abzumindern sind. In der nachfolgenden Tabelle bezeichnet $E_{s,k}$ den Steifemodul, φ_k den Reibungswinkel, c_k die Kohäsion, γ_k die Wichte, γ'_k die Wichte unter Auftrieb sowie $k_{f,k}$ die Wasserdurchlässigkeit der jeweils angetroffenen Bodenschicht.

Tab. 1: Zuordnung DIN 4022 / DIN 18196 / DIN 18300 und bodenmechanische Kennwerte

| DIN 4022 | DIN 18196 | DIN 18300 | $E_{s,k}$ [MPa] | φ_k [°] | c_k [kN/m ²] | γ_k / γ'_k [kN/m ³] | $k_{f,k}$ [m/s] |
|-------------------------------------|-----------|-----------|--------------------|--------------------|-------------------------------|--|--------------------------------------|
| G, s' - s*, x'-x* G + S, x'-x* | GW | 3 | 40 - 55 | 32,5 - 36,0 | - | 20/11 | $5 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-4}$ |
| G, s' - s*, u' G + S, u', x'-x* | GU | 3 | 30 | 30,0 - 32,5 | - | 20/11 | $5 \cdot 10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5}$ |
| G, s' - s*, u - u* G + S, u - u* | GU* | 4/2 | 20-25 | 30,0 | - | 20/11 | $5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-7}$ |
| fS / mS / gS S, g' - g | SE | 3 | 40-50 | 32,5 - 35,0 | - | 19/10 | $2 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-5}$ |
| S, g* | SW | 3 | 40-50 | 32,5 - 35,0 | - | 20/11 | $5 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-5}$ |
| S, u' | SU | 3 | 30 | 30,0 - 32,5 | - | 19/10 | $5 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-5}$ |
| S, u - u* | SU* | 4/2 | 15-20 | 30,0 | - | 20/11 | $5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-7}$ |
| U + S, brg | UL | 2 | 8-12,5 | 27,5 | 1-2 | 20/11 | $1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-8}$ |
| U + S, wch | UL | 4/2 | 8-12,5 | 27,5 | 2-3 | 20/11 | $1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-8}$ |
| U + S, stf | UL | 4/2 | 8-12,5 | 27,5-30,0 | 2-4 | 20/11 | $1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-8}$ |
| T, u*, brg | TL | 2 | 2-3 | 27,5 | 1-2 | 20/11 | $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9}$ |
| T, u*, wch | TL | 4/2 | 3-5 | 27,5 | 2-3 | 20/11 | $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9}$ |
| T, u*, stf | TL | 4/2 | 5-8 | 27,5 | 3-5 | 20/11 | $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9}$ |
| T, u*, hfst | TL | 4/2 | 8-12 | 27,5 | 6-7 | 20/11 | $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9}$ |
| T, u, brg | TM | 2 | 2-3 | 25,0 | 1-2 | 20/11 | $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9}$ |
| T, u, wch | TM | 4 | 3-5 | 25,0 | 2-4 | 20/11 | $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9}$ |
| T, u, stf | TM | 4 | 5-8 | 25,0 | 4-6 | 20/11 | $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9}$ |
| T, u, hfst | TM | 4 | 8-12 | 25,0 | 7-8 | 20/11 | $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9}$ |
| T, u', brg | TA | 2 | 2-3 | 22,5 | 2-3 | 20/11 | $5 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-11}$ |
| T, u', wch | TA | 5 | 3-5 | 22,5 | 4-5 | 20/11 | $5 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-11}$ |
| T, u', stf | TA | 5 | 5-8 | 22,5 | 6-8 | 20/11 | $5 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-11}$ |
| T, u', hfst | TA | 5 | 8-12 | 22,5 | 8-10 | 20/11 | $5 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-11}$ |
| T, u', o, brg | OT | 2 | 1-2 | 20 | 0-1 | 17/8 | $5 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-11}$ |
| T, u', o, wch | OT | 5 | 2-3 | 20 | 1-2 | 18/9 | $5 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-11}$ |
| T, u', o, stf | OT | 5 | 3-5 | 20 | 2-5 | 18/9 | $5 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-11}$ |

| DIN 4022 | DIN 18196 | DIN 18300 | $E_{s,k}$ [MPa] | φ_k [°] | c_k [kN/m ²] | γ_k / γ'_k [kN/m ³] | $k_{f,k}$ [m/s] |
|----------------|--------------|--------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|--|--------------------------------------|
| T, u', o, hfst | OT | 5 | 5-7 | 20 | 5-7 | 19/10 | $5 \cdot 10^{-9} - 1 \cdot 10^{-11}$ |
| H, zers. | HZ | 2 | 0,5-2 | 15 | 0 | 15/6 | $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-10}$ |
| F, brg | F | 2 | 1-2 | 17,5 | 0-2 | 17/8 | $5 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-10}$ |
| F, wch | F | 5 | 2-4 | 17,5 | 1-3 | 17/8 | $5 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-10}$ |

| | | | | |
|----------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------|
| mit Hauptbodenarten: | G: Kies H: Torf | S: Sand F: Mudde | U: Schluff | T: Ton |
| Nebenbodenarten: | g: Kiesig o:organisch | s: sandig h: humos | u: schluffig x: steinig | t: tonig |
| Anteil: | ': schwach | *: stark | zers.: zersetzt | |
| Konsistenzen: | brg: breig | wch: weich | stf: steif | hfst: halbfest |

Bei Böden der Bodengruppen SU*, UL und TL ist zu beachten, dass diese nur eine sehr geringe Plastizität besitzen. Im wasserungesättigten Zustand sind diese Böden nach DIN 18300 in die Bodenklasse 4 einzuordnen. Bei Wassergehaltsänderung und dem Befahren mit Fahrzeugen bzw. dem Lade- und Lösevorgang neigen diese Böden jedoch leicht zu Aufweicherscheinungen. In Abhängigkeit des jeweiligen Wassergehaltes ist dann eine Einteilung in die Bodenklasse 2 der fließenden Bodenarten (Bodenklasse 2 n. DIN 18300) erforderlich.

Sämtliche Schütтарbeiten sollten daher vor Kopf ausgeführt werden. Es wird empfohlen, den Mutterbodenabtrag dem Baufortschritt anzupassen. Auf eine Entwässerungsmöglichkeit der freigelegten bindigen und gemischtkörnigen Böden ist zu achten. Die jeweiligen Längen und Stärken des Mutterbodenabtrages sollten im Rahmen der Bauüberwachung festgelegt werden.

Entsprechend der Bohrerergebnisse ist zu erwarten, dass der Großteil der grobkörnigen, gemischtkörnigen und bindigen Böden aufgrund des untergeordneten Steinanteils der Bodenklasse 3 bzw. 4 nach DIN 18300 zuzuordnen ist. Bei anstehenden Bohrarbeiten und Arbeiten des Spezialtiefbaus ist aufgrund der zu erwartenden hohen Quarzgehalte von einer starken Abrasivität der anstehenden Böden auszugehen.

3.4 Grundwasserstände

Nach der Hydrogeologischen Kartierung des Rhein – Neckar – Raumes ist der mittlere Grundwasserstand unterhalb des Leimbachabsturzes bis zur Kircheimer Mühle auf einem Niveau von 101,0 m+NN – 98,5 m+NN zu erwarten, was nach der Hydrogeologischen Kartierung des Rhein – Neckar – Raumes einem Grundwasserflurabstand zum Urgelände von ca. 3 – 6 m entspricht. Aufgrund des o.g. Grundwasserflurabstandes kann davon ausgegangen werden, dass sich im Hochwasserfall keine artesisch gespannten Grundwasserverhältnisse im Nahbereich der Dämme ausbilden.

Entsprechend den Erkundungsergebnissen aus dem Jahr 2007 ist bei der vorgesehenen Sohltieferlegung des Leimbachbettes damit zu rechnen, dass zumindest bereichsweise die bindigen Deckschichten der Leimbachaue komplett ausgehoben werden. Aus Gründen des Grundwasserschutzes sollte daher beim Ausbau der Leimbachdämme in jedem Fall darauf geachtet werden, die Sohle des zukünftigen Leimbachbettes „dicht“ zu gestalten.

4. Ausbauvorgaben / Ausbauvorschläge

Aufgrund der vorgenannten untergrundhydraulischen Verhältnisse ist mit keiner Unterströmung der Dämme zu rechnen. Im vorliegenden Fall sind daher nur die Standsicherheitsnachweise der wasser- und landseitigen Böschungen zu führen, auf die Nachweise der Lagesicherheit (Auftrieb- und hydraulische Grundbruchsicherheit) im Bereich des landseitigen Böschungsfußes kann verzichtet werden.

Bereichsweise liegt der Bemessungswasserstand unterhalb des Geländeniveaus des Hinterlandes, in diesem Fall reduzieren sich die erforderlichen erdstatischen Nachweise auf die Standsicherheitsüberprüfung der bachseitigen Böschungen.

Im Bereich der bachseitigen Böschungen ist das Auftreten einer schnellen Spiegelsenkung bei einer ablaufenden Hochwasserwelle maßgebend. Im Bereich der landseitigen Böschungen sind die Nachweise der Gesamtstandsicherheit der landseitigen Böschung bei einer dauerhaften (stationären) Durchströmung zu führen.

Angaben zum Bemessungswasserstand und dem erforderlichen Freibordmaß von $f = 0,5$ m wurden vom Ingenieurbüro Wald + Corbe GbR in den übermittelten Querprofilen (Stand Sept. / Nov. 2013) angegeben.

Sofern der Bemessungswasserspiegel oberhalb des Geländeniveaus des Hinterlandes liegt, wird empfohlen, am landseitigen Böschungsfuß einen Dammverteidigungsweg in einer Mindestbreite von $b \geq 3,0$ m und einer zulässigen Belastung durch einen SLW 30 (Ersatzflächenlast von $p_{v,k} = 16,7$ kN/m² n. DIN 1072) anzulegen. Für den Zweck der Dammunterhaltung sowie bei beengten Platzverhältnissen für den Zweck der Dammverteidigung ist auf der Dammkrone eine Wegbreite von $b \geq 2,5$ m und der Ansatz einer abgeminderten Verkehrslasten $p_{v,k} = 5$ kN/m² (SLW 9) zu empfehlen.

Innerhalb der Ortslagen sind bereichsweise stark beengte Platzverhältnisse vorhanden, welche die Ausführung einer befahrbaren Dammkrone unmöglich machen. In diesen Dammabschnitten sind Erschwernisse bei der Dammunterhaltung und einer evtl. Dammverteidigung seitens der Bauherrschaft in Kauf zu nehmen.

4.1 Konventioneller Erdbau

Die vorhandenen, übersteilten, wasserseitigen Dammböschungen sind im Falle einer ablaufenden Hochwasserwelle (Schnelle Spiegelsenkung) nicht ausreichend standsicher. Bei ausreichenden Platzverhältnissen ist daher anzustreben, die bachseitigen Böschungen auf ein verträgliches Maß abzuflachen.

Sofern der Bemessungswasserspiegel über dem Geländeniveau des Hinterlandes liegt, sind die Dämme, wie nachfolgend beschrieben, zu verbreitern und die landseitigen Böschungen abzuflachen.

Regelprofil Erdbau bei ausreichenden Platzverhältnissen / unbelasteter Dammkrone

Sofern die ausgebaute Dammkrone nur im Zuge der Dammunterhaltung befahren werden soll, genügt eine Gesamtbreite der Dammkrone von $b_{\text{Krone}} \leq 3,0$ m, welche mit einer ungebundenen Schottertragschicht befestigt werden kann. In diesem Fall (unbelastete Dammkrone im Hochwasserfall) sind die wasserseitigen Böschungen, wie die durchgeführte Standsicherheitsberechnungen zeigen, bis zu Böschungsneigungen von 1 : 2,0 oder flacher standsicher.

Die landseitigen Böschungen können im anstehenden, bindigen Schüttmaterial mit Böschungsneigungen von 1 : 2,0 oder flacher angelegt werden. Aufgrund der geringen Einstauhöhe des Bemessungshochwassers über dem Geländeniveau des Hinterlandes kann im vorliegenden Ausbauabschnitt auf die Ausführung eines Filterprismas aus einem Splitt – Schottergemisch am landseitigen Böschungsfuß verzichtet werden.

Bei ausreichend vorhandenen Platzverhältnissen sollte die ausgebaute Dammkrone nur im Zuge der Dammunterhaltung befahren werden. Für diesen Fall genügt eine Gesamtbreite der Dammkrone von $b_{\text{Krone}} \leq 3,0$ m, welche mit einer ungebundenen Schottertragschicht befestigt werden kann.

Örtlich wird eine landseitige Verbreiterung der Dammkrone ausgeführt werden müssen. Aufgrund der geringen Einstauhöhe kann hierbei bindiges bzw. gemischtkörniges Aushubmaterial, welches bei der Profilierung der wasserseitigen Böschung anfällt, im Bereich der landseitigen Dammkrone bzw. Dammböschung wieder eingebaut werden. Bei der Ausführung der Bauarbeiten ist hierbei auf eine ausreichende Verzahnung zwischen dem anstehenden Schüttmaterial der Dammkrone und dem wiedereingebauten Aushubmaterial zu achten, die Einbaufäche ist vom Bodengutachter nach dem Abschieben der Oberbodens abzunehmen. Zur Gewährleistung der Einbaufähigkeit des anfallenden Aushubmaterials sollten in der Ausschreibung Bodenverbesserungsmaßnahmen, wie z.B. das Unterfräsen eines Weißfeinkalkes oder Mischbinders vorgesehen werden.

Die Dammverteidigung sollte bei ausreichenden Platzverhältnissen von einem landseitig des Böschungsfußes gelegenen Wirtschaftsweg aus erfolgen. Die Wegbefestigung kann nach den Richtlinien des ländlichen Wegebbaus erfolgen. In Abhängigkeit der Höhenlage der Wegoberkante muss mit Vernässungen durch austretendes Sickerwasser am landseitigen Dammfuß gerechnet werden, was seitens der Bauherrschaft in Kauf zu nehmen wäre. Alternativ kann der landseitige Wirtschaftsweg angehoben werden, so dass anfallendes Sickerwasser unter der Tragschicht des Wegoberbaus abgeleitet werden kann.

Regelprofil Erdbau bei geringen Platzverhältnissen / belasteter Dammkrone

Sofern die ausgebaute Dammkrone aufgrund gegebener Randbedingungen im Zuge der Dammverteidigung befahren werden muss, ist eine Gesamtbreite der Krone von $b_{\text{Krone}} = 3,5 \text{ m}$ anzustreben, welche aus Gründen einer günstigeren Lastverteilung mit einer hydraulisch gebundenen Schottertragschicht (HGT) befestigt werden sollte.

Die wasserseitigen Böschungen sollten im Fall einer durch den Dammverteidigungsverkehr belasteten Dammkrone unter einer Böschungsneigung von 1 : 2,5 oder flacher angelegt werden. Aufgrund der geringen Böschungshöhe über dem Geländeniveau des Hinterlandes können landseitige Böschungen unter einer Neigung von 1 : 2,0 oder flacher angelegt werden. Gegebenenfalls wird bei entsprechenden Platzverhältnissen empfohlen, Sicherungen des landseitigen Fußpunktes durch ausreichend dimensionierte Spundwände, Winkelstützwände oder andere gleichwertige Maßnahmen auszuführen.

4.2 Regelprofile mit Blocksteinsatz

Bei sehr beengten Platzverhältnissen müssen die Leimbachböschungen bereichsweise steiler als die oben aufgeführten zulässigen Böschungsneigungen ausgeführt werden. In Abhängigkeit der örtlichen Verhältnisse wird dann eine teilweise oder gesamte Sicherung der Böschung mittels eines Blocksteinsatzes notwendig.

Bei der Ausführung eines Blocksteinsatzes kommt es durch die Ausbildung der temporären Baugrubenböschungen unweigerlich zu Verformungen an der Oberkante der Baugrubenböschungen bzw. der Leimbachdämme. Die Ausführung eines Blocksteinsatzes zur Böschungssicherung muss daher als „weicher Verbau“ angesehen werden. Es ist daher unbedingt darauf zu achten, dass sich der Einflussbereich von Fundamenten einer angrenzenden Bebauung unterhalb der Aushubsole befindet. Bei den anstehenden Böden kann hierbei von einem Druckausbreitungswinkel von $\alpha = 30^\circ$, gemessen gegen die Horizontale, ausgegangen werden.

Die Blocksteinlagen müssen ausreichend gegen die anstehenden Böden abgefiltert werden, was durch das Einlegen eines Geotextils gewährleistet werden kann. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse ist die Hinterfüllung des Blocksteinsatzes mit einem Dränbeton ausführungsbedingt von Vorteil.

Im Zuge der weiteren Planungen muss der Nachweis gegen Verschiebung der einzelnen Blocklagen erbracht werden, ggfs. wird eine Verdübelung der Blocksteinlagen erforderlich. Da der Blocksteinsatz in den anstehenden, bindigen Böden gründen wird, muss mit einem Verkippen bzw. Verdrehungen der Blocksteinlagen infolge von ungleichmäßigen Setzungen gerechnet werden. Es wird daher die Ausführung von durchgängigen Streifenfundamenten zur Gründung der Blocksteinlagen empfohlen. Um Verdrehungen der Fundamente zu begrenzen, wird empfohlen, die Breite und Neigung des Blocksteinsatzes bzw. der Fundamente so auszuführen, dass die Sohlspannungsergebnisse innerhalb der 1. Kernweite liegt ($b/6$, keine klaffende Fuge in der Gründungssohle). Ferner ist eine ausreichende Gleitsicherheit in der Gründungssohle nachzuweisen, was ggfs. durch den Einsatz horizontaler Steifen in der Bachsohle erreicht werden kann. Hierfür können bei gegenüberliegenden Blocksteinsätzen horizontale Betondruckstempel zwischen den Streifenfundamenten zur gegenseitigen Aussteifung ausgeführt werden.

Blocksteinsätze bis 1,2 m Höhe über der Bachsohle

Bei einer teilweisen Sicherung der Böschung mittels Blocksteinen wird empfohlen, diese im unteren Böschungsdrittel auszuführen. Auf die Ausführung von horizontalen Steifen (vgl. nachfolgendes Kapitel) zur Einhaltung der Gleitsicherheit in der Gründungssohle kann verzichtet werden, sofern eine Höhe des Blocksteinsatzes von $h_{\text{Blocksteine}} \leq 1,2$ m über dem Niveau der Bachsohle nicht überschritten wird und die gemittelte Hinterkante der Blocksteine eine Generalneigung von 45° oder flacher aufweisen. Um ausreichende Böschungsstandsicherheiten zu erzielen, muss der Blocksteinsatz mindestens $d \geq 0,7$ m tief in die Bachsohle einbinden und eine Mindestbreite der Blocksteine von $b \geq 1,2$ m aufweisen. Der rückwärtige Arbeitsbereich ist mit einem Dränbeton zu verfüllen und durch ein Geotextil abzufiltern.

Blocksteinsätze mit Höhen von über 1,2m über der Bachsohle

Sofern eine Höhe des Blocksteinsatzes von $h_{\text{Blocksteine}} \geq 1,2$ m überschritten werden muss, ist davon auszugehen, dass die temporären Böschungen der Baugruben allenfalls unter einer Böschungsneigung von $\beta < 60^\circ$ angelegt werden können. Aufgrund der bereichsweise zu erwartenden Vernässungen der anstehenden Böden bzw. seitlichen Sickerwasserzutritten sollte davon ausgegangen werden, dass bei der vorgenannten Böschungsneigung das Freilegen der Böschung abschnittsweise erfolgen muss und zumindest bereichsweise der Einsatz von Vakuumlanzen zur Stabilisierung der Baugrubenböschung notwendig wird.

Aufgrund der größeren Standhöhe des Blocksteinsatzes und der steileren Neigung der Baugrubenböschungen ist die ausreichende Gleitsicherheit in der Gründungssohle des Blocksteinsatzes nicht gegeben. Aufgrund der grabenartigen Gesamtsituation des Leimbachlaufes ist es vorteilhaft, die o.g. Streifenfundamente des Blocksteinsatzes quer zur Fließrichtung des Bachlaufes durch die Ausführung horizontaler Steifen gegenseitig abzustützen. Für die Vordimensionierung der horizontalen Steifen wurde entsprechend den Anlagen 4.13 und 4.15

überschlägig ein aufzubringender, horizontaler Schubwiderstand von $F_{h,k} \approx 10 \text{ kN je lfdm}$ „Verbauwand“ ermittelt. Hierbei wurde auf der Oberkante der zukünftigen Dammkrone aufgrund der beengten Platzverhältnisse, welche eine Befahrung mit schweren LKW unmöglich macht, eine konstante Verkehrslast von $p_v = 5 \text{ kN/m}^2$ angesetzt. Die Gründung und Hinterfüllung des Blocksteinsatzes wurde hierbei analog der o.g. Vorgaben angenommen.

Es ist darauf zu achten, dass der Einsatz des Blocksteinsatzes nur in Böschungsbereichen oberhalb des Druckausbreitungswinkels von benachbarten bzw. angrenzenden Fundamenten erfolgen darf. Sofern die temporäre Baugrubenböschung zum Ausbau der Leimbachböschungen unterhalb des Druckausbreitungsbereiches vorhandener Fundamente liegt, ist ein verformungsarmer Verbau auszuführen, dessen Dimensionierung weitergehende Untersuchungen erfordert.

4.3 Profile mit verformungsarmen Verbau

Sofern der o.g. Druckausbreitungswinkel von benachbarten bzw. angrenzenden Fundamenten oberhalb der zukünftigen Bachsohle bzw. der temporären Baugrubensohle der notwendigen Sicherungsarbeiten verläuft, wird die Ausführung eines verformungsarmen Verbaus oder eine Unterfangung der Fundamente notwendig.

Um Erschütterungen an der benachbarten Bebauung soweit als möglich zu minimieren, wird die Ausführung von Bohrpfehlwänden notwendig werden. Gegebenenfalls müssen die Bohrpfähle überschritten und / oder rückverankert werden, was im Zuge der weiteren Ausführungsplanung bzw. der Erstellung der jeweiligen Standsicherheitsnachweise festzulegen ist. In jedem Fall wird die Ausführung einer Rückverankerung die Erlaubnis des betreffenden Grundstückseigentümers erforderlich machen, was im Regelfall die Erlangung bzw. Eintragung einer Grunddienstbarkeit bei den betreffenden Grundstücken erforderlich macht. Alternativ kommt auch hier die Ausführung von horizontalen Steifen mit einer Gurtung zur Reduzierung der Einbindelänge in Frage.

Eine konventionelle, abschnittsweise Unterfangung von Fundamenten bzw. Gebäuden nach der DIN 4123 müsste in die gut tragfähigen, pleistozänen Sande erfolgen, um Setzungen durch die Unterfangungsarbeiten auf ein verträgliches Maß zu reduzieren. Aufgrund der vorhandenen Wasserstände im Leimbach und der Tiefenlage der gut tragfähigen Sande wird eine abschnittsweise Unterfangung nach der DIN 4123 jedoch sehr wahrscheinlich nicht möglich sein. Sofern Unterfangungsarbeiten in Betracht kommen, werden daher Spezialtiefbauverfahren, z.B. mit dem Düsenstrahlverfahren, ausgeführt werden müssen.

Nach den vorliegenden Unterlagen wird empfohlen, die Erfordernis eines verformungsarmen Verbaus in den nachfolgend aufgeführten Bereichen zu überprüfen:

- Bach-km 17+737, angrenzende Gebäude / Grundstücksbegrenzung beiderseits des Baches
- Bach-km 17+584, angrenzendes Gebäude auf der rechten Bachseite
- Bach-km 17+349, angrenzendes Gebäude auf der linken Bachseite
- Bach-km 16+685, angrenzendes Gebäude auf der rechten Bachseite
- Bach-km 16+705, angrenzendes Gebäude auf der rechten Bachseite
- Bach-km 16+547, Bereich der Kanaltrasse, Verdichtung der Verfüllung ist unzureichend
- Bach-km 14+859, Bereich der Kirchheimer Mühle, Unterfangung Uferwände

Die in diesen Profilen angetroffenen Untergrundverhältnisse sind in den Anlagen 2.7, 2.8, 2.10 und 2.12 dargestellt. Zur Dimensionierung des verformungsarmen Verbaus können die in der Tabelle 1 aufgeführten bodenmechanischen Kennwerte (charakteristische Bodenkennwerte im Sinne der DIN 1054:2010-12) herangezogen werden. Zur Vordimensionierung eines verformungsarmen Verbaus sind Kenntnisse über die Gründungstiefe und Fundamentlasten der jeweilig angrenzenden Gebäude zwingend notwendig.

5. Standsicherheitsnachweise

5.1 Sickerlinie, Durchfeuchtungslinie

Für die Standsicherheitsnachweise der wasserseitigen Dammböschungen wird das Eintreten einer schnellen Spiegelsenkung bei einer ablaufenden Hochwasserwelle maßgebend. Der Verlauf einer instationären Sickerlinie bei auf- und ablaufender Hochwasserwelle wurde in den beiliegenden Anlagen 4.2 – 4.4 beispielhaft am Profil 10 bei Damm-km 19+929 des oberstromig gelegenen Ausbauabschnittes (vgl. geotechnisches Gutachten E 6553c23G, Bereich Leimbachabsturz bis HRB Nußloch) ermittelt.

Nach Mitteilung des Ingenieurbüros Wald + Corbe GbR, Hügelsheim, sind unterhalb des HRB Nußloch nur räumlich eng begrenzte Einzugsgebiete des Leimbaches vorhanden. Zusätzlich ist der zu erwartende Zufluss aus dem HRB Nußloch begrenzt. Hierdurch werden sich unterhalb des HRB Nußloch nur zeitlich eng begrenzte Hochwasserwellen ausbilden.

Die Berechnung einer instationären Sickerlinie beginnend vom Ausgangszustand einer vollständigen Durchströmung des Dammes ist daher nicht gegeben bzw. führt zu einem unwirtschaftlichen Porenwasserdruckansatz in der wasserseitigen Böschung.

Wie mit dem Auftraggeber abgestimmt, wurde daher unterhalb des HRB Nußloch von einer rechnerischen Gesamtdauer der Hochwasserwelle von 48 Stunden ausgegangen. Die Dauer des Höchststaus wurde bei dieser Annahme mit 24 Stunden, die Einstauhöhe mit 1,2 m über dem Mittelwasserstand und die An- und Abstiegsgeschwindigkeit des Leimbachwasserstandes mit konstant $v_a = 10 \text{ cm/h}$ berücksichtigt.

Der Verlauf der instationären Sickerlinie bei einem Abfließen der Hochwasserwelle wurde für verschiedene, charakteristische Wasserdurchlässigkeiten von $k_{f,k} = 10^{-7} - 10^{-5} \text{ m/s}$ ermittelt, die Ergebnisse sind in den Anlagen 4.2 – 4.4 dargestellt. Wie aus der Anlage 4.3 ersichtlich, ist bei einer Wasserdurchlässigkeit des vorhandenen Dammschüttmaterials von $k_{f,k} = 10^{-6} \text{ m/s}$ der ungünstigste Verlauf der instationären Sickerlinie bei einer abgelaufenen Hochwasserwelle zu erwarten. Der Scheitelpunkt der ungünstigsten Sickerlinie befindet sich dann nach dem Abfließen der Hochwasserwelle (Zeitpunkt: 48 h), auf einem Niveau von ca. 0,7 m oberhalb des Mittelwasserstandes (vgl. Anl. 4.3), was bei einer Höhe der Hochwasserwelle von $H = 1,2 \text{ m}$ über dem Mittelwasserstand des Leimbaches einer relativen Scheitelhöhe der instationären Sickerlinie von $h/H = 0,7 \text{ m} / 1,2 \text{ m} \cong 58 \%$ entspricht.

5.2 Standsicherheit der bach- und landseitigen Böschungen bei konventionellem Erdbau

Die Überprüfung der Gesamtstandsicherheit der bach- und landseitigen Böschungen ist nach der DIN 1054:2010-12 in die Grenzzustandsbedingung Geo-3 einzuordnen. Die Standsicherheit wurde nach der DIN 4084:2009-01 untersucht, je Rechengang wurden ca. 1000 - 3000 unterschiedliche Gleitkreise untersucht. Der angenommene Verlauf der instationären Sickerlinie innerhalb des Dammquerschnitts ist in den einzelnen Anlagen mit dargestellt.

Gemäß der DIN 19712 wurde der Standsicherheitsnachweis der bachseitigen Böschungen im Fall einer ablaufenden Hochwasserwelle (schnelle Spiegelsenkung) der Bemessungssituation BS - P zugeordnet. Die Berechnungsergebnisse sind für die untersuchten Profile in den Anlagen 4.11a und 4.12a dargestellt. Die angesetzten hydraulischen Randbedingungen sind im Kapitel 5.1 beschrieben, die sich ergebenden instationären Sickerlinien sind in den Anlagen 4.11a und 4.12a mit dargestellt.

Die Standsicherheit der landseitigen Böschungen wurden bei einer Durchströmung infolge des möglichen Auftretens von lokalen durchlässigen Zonen in der Dammkrone in der Bemessungssituation BS - P untersucht, das Ergebnis ist für das Profil 13 bei Bach-km 16+944 in der Anlage 4.11b zeichnerisch dargestellt. Zusätzlich wurde der Aufstau der Sickerwasserlinie vor der landseitigen Dammverbreiterung in der Bemessungssituation BS-A untersucht. (vgl. Anl. 4.11c). Weiterhin wurde im Falle eines Aufstaus der Sickerlinie in der Anlage 4.11d der Nachweis der örtlichen Standsicherheit in der Sickerstecke der landseitigen Böschung geführt. Aufgrund der geringen Einstauhöhe können bei Böschungsneigungen von 1 : 2,0 oder flacher sowie bei Ansatz einer Wurzelkohäsion von $w_k = 4 \text{ kN/m}^2$ ausreichende lokale Standsicherheiten in der Sickerstrecke nachgewiesen werden. Der Ansatz der vorgenannten Wurzelkohäsion setzt hierbei eine geschlossene, gut durchwurzelte Rassendecke voraus.

Bei Geländeschnitten, in welchen der Bemessungswasserspiegel des Leimbaches unterhalb des seitlichen Geländeniveaus liegt, konnte auf die Führung der landseitigen Standsicherheitsnachweise verzichtet werden (vgl. Anl. 4.12a, Profil 15, Bach-km 16+272).

5.3 Standsicherheit der bachseitigen Böschungen bei Sicherung mittels Blocksteinsatzes

Zur Vordimensionierung des Blocksteinsatzes wurde dessen Gesamtstandsicherheit nach der DIN 4084:2009-01 bei einer ablaufenden Hochwasserwelle (schnelle Spiegelsenkung) in der Bemessungssituation BS – P untersucht. Der Verlauf der instationären Sickerlinie im anstehenden Boden hinter dem Blocksteinsatz wurde hierbei gemäß den Berechnungsergebnissen der Anlagen 4.2 – 4.4 angesetzt und ist in den Standsicherheitsnachweisen der Anlagen 4.13 – 4.15 mit dargestellt.

Entsprechend den Standsicherheitsnachweisen der Anlage 4.13 werden bei Einhaltung der o.g. Ausbauvorgaben bei einer Höhe des Blocksteinsatzes von $h_{\text{Blocksteine}} < 1,2$ m sowie einer Generalneigung des Blocksteinsatzes von $\alpha = 45^\circ$ im Falle einer Spiegelsenkung und gleichzeitiger Belastung durch einen SLW 9 ausreichende Ausnutzungsgrade von $\mu \leq 0,95$ erzielt.

Sofern größere Höhen des Blocksteinsatzes als $h_{\text{Blocksteine}} \geq 1,2$ m erforderlich werden oder die gemittelte Hinterkante der Blocksteine unter einer steileren Generalneigung als von $\beta \geq 45^\circ$ angelegt werden müssen, sind, wie im Kapitel 4.2 beschrieben, horizontalen Steifen im Bereich der Bachsohle auszuführen. Entsprechend den Standsicherheitsnachweisen der Anlagen 4.14 und 4.15 wurde hierfür überschlägig ein aufzubringender, horizontaler Schubwiderstand von $F_{h,k} \approx 10$ kN/lfdm ermittelt, um ausreichende Ausnutzungsgrade von $\mu \leq 0,92 - 0,98$ zu erzielen.

5.3 Konstruktive Vorgaben

Sofern der Dammkronenweg auf den Leimbachdämmen abschnittsweise als Dammverteidigungsweg genutzt werden muss, ist dieser ausreichend zu befestigen. Um dessen ausreichende Tragfähigkeit zu gewährleisten, wird die Ausführung einer Hydraulisch Gebundenen Tragschicht entsprechend der ZTV – Beton mit einer Mindestmächtigkeit von $d \geq 0,3$ m empfohlen. Zusätzlich sollten die anstehenden bindigen Böden durch eine Vermörtelung auf eine Tragfähigkeit von $E_{v2} = 45$ MN/m² verbessert werden, was auch bei den Dammverteidigungswegen im Bereich des landseitigen Böschungsfußes zu empfehlen ist.

6. Zusammenfassung

Seitens des Regierungspräsidium Karlsruhe wird der Ausbau des Leimbaches zwischen der Kirchheimer Mühle und dem Leimbachabsturz (Bach-km 14+742 – 19+345) beabsichtigt. Im Zuge der Vorplanung wurde das Büro des Unterzeichners durch das Ingenieurbüro Wald & Corbe, Hügelsheim, beauftragt, die Untergrundverhältnisse an ausgewählten Profilen der Vorplanung zu erkunden und die Standsicherheit der geplanten Ausbaumaßnahmen zu überprüfen.

Aufgrund der hydrogeologischen Situation sind im Bereich der untersuchten Leimbachdämme keine artesisch gespannten Grundwasserverhältnisse zu erwarten. Da durch die geplante Sohlentiefenerlegung bereichsweise die anstehenden, pleistozänen Kiessande freigelegt werden, wird aus Gründen des Grundwasserschutzes in diesen Bereichen eine Abdichtung der zukünftigen Leimbachsohle empfohlen.

In Abschnitten mit ausreichenden Platzverhältnissen kann der Ausbau der Leimbachdämme im konventionellen Erdbau erfolgen:

Aufgrund der geringen Einstauhöhe über dem Geländeniveau des Hinterlandes können die landseitigen Böschungen im anstehenden, bindigen Schüttmaterial unter Böschungsneigungen von 1 : 2,0 oder flacher angelegt werden.

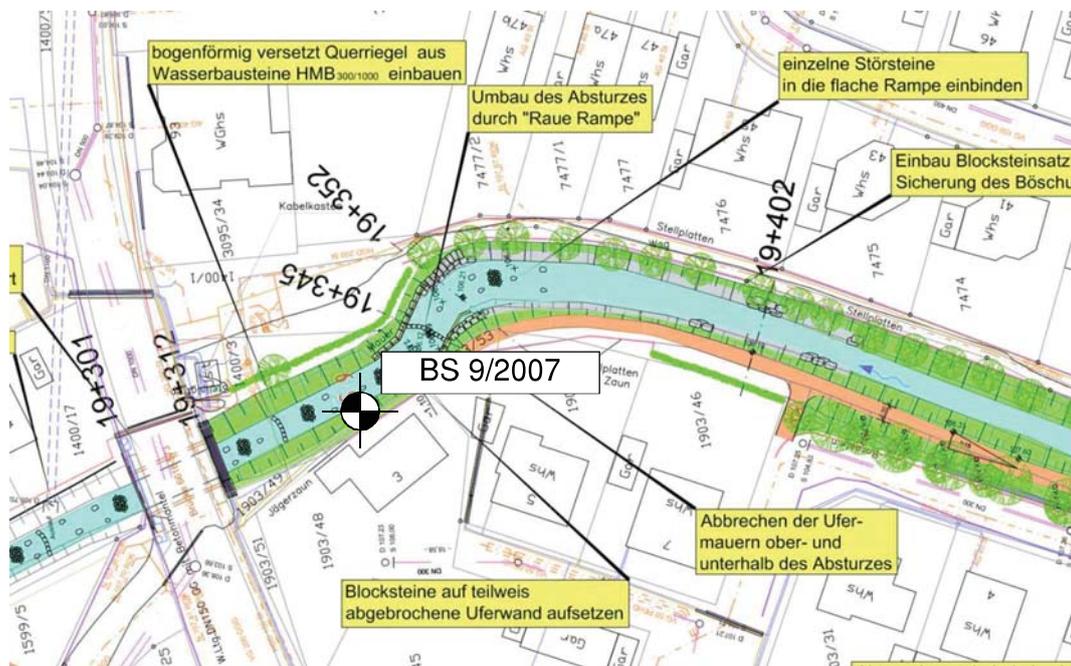
Bei einer im Hochwasserfall nicht befahrenen Dammkrone können die wasserseitigen Böschungen unter Böschungsneigungen von 1 : 2,0 oder flacher angelegt werden. Bei einer Befahrung der Dammkrone im Hochwasserfall sind die wasserseitigen Böschungen auf 1 : 2,5 abzuflachen.

Bei beengten Platzverhältnissen müssen die Leimbachböschungen bereichsweise steiler als die oben aufgeführten zulässigen Böschungsneigungen ausgeführt werden. In Abhängigkeit der örtlichen Verhältnisse wird dann eine teilweise oder gesamte Sicherung der Böschung mittels eines Blocksteinsatzes notwendig. Die Ausführung eines Blocksteinsatzes zur Böschungssicherung muss als „weicher Verbau“ angesehen werden. Es muss daher darauf geachtet werden, dass sich der Einflussbereich von Fundamenten einer angrenzenden Bebauung unterhalb der temporären Baugrubensohle sowie der zukünftigen Bachsohle befindet. In den anstehenden Böden kann hierbei von einem Druckausbreitungswinkel von $\alpha = 30^\circ$ gegen die Horizontale ausgegangen werden.

Die äußere und innere Standsicherheit der Blocksteinlagen ist im Zuge der weiteren Planungen nachzuweisen. Sofern eine Höhe des Blocksteinsatzes von $h_{\text{Blocksteine}} \leq 1,2$ m über dem Niveau der Bachsohle nicht überschritten wird und die gemittelte Hinterkante der Blocksteine eine Generalneigung von 45° oder flacher aufweist, kann nach den vorliegenden Unterlagen davon ausgegangen werden, dass die Gleitsicherheit in der Gründungssohle der Blocksteinlagen ohne weitere Sicherungsmaßnahmen i.d.R. gegeben ist. Bei höheren oder steileren Blocksteinsätzen wird der Einsatz von horizontalen Steifen in der Gründungssohle der Blocksteinsätze notwendig werden, um ausreichende Gleitsicherheiten zu erlangen. Hierfür können bei gegenüberliegenden

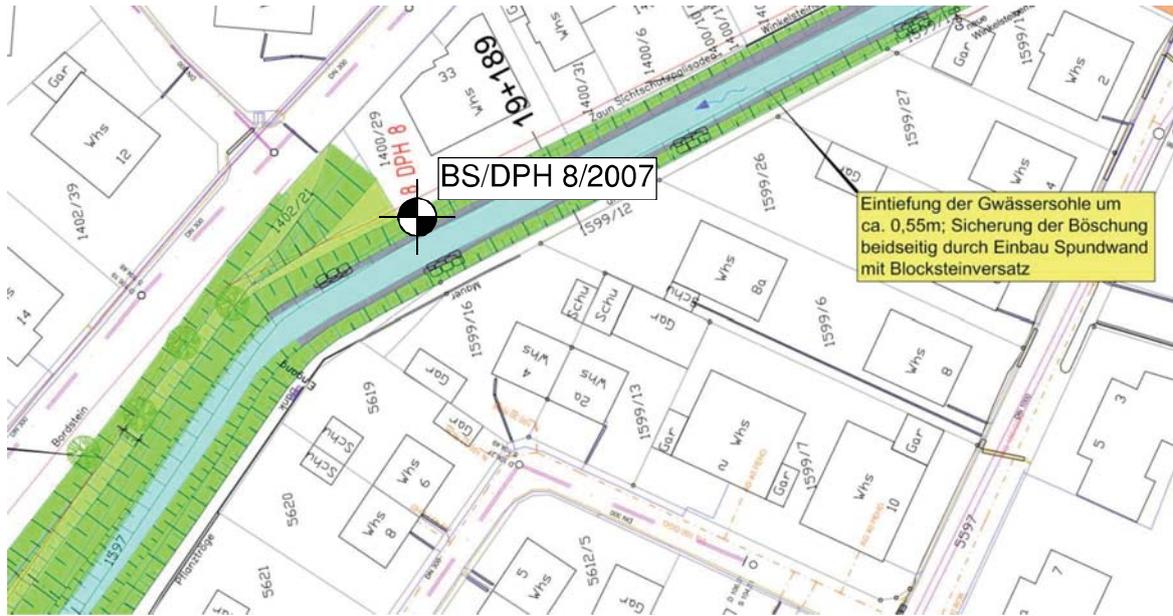
Blocksteinsätzen horizontale Betondruckstempel zwischen den Streifenfundamenten zur gegenseitigen Aussteifung ausgeführt werden.

Sofern der o.g. Druckausbreitungswinkel von benachbarten bzw. angrenzenden Fundamenten oberhalb der zukünftigen Bachsohle bzw. der temporären Baugrubensohle der notwendigen Sicherungsarbeiten verläuft, wird die Ausführung eines verformungsarmen Verbaus oder eine Unterfangung der Fundamente notwendig. Hier wird aufgrund der Erschütterungsproblematik die Ausführung von Bohrpfahlwänden oder Spezialtiefbauarbeiten im Düsenstrahlverfahren empfohlen.



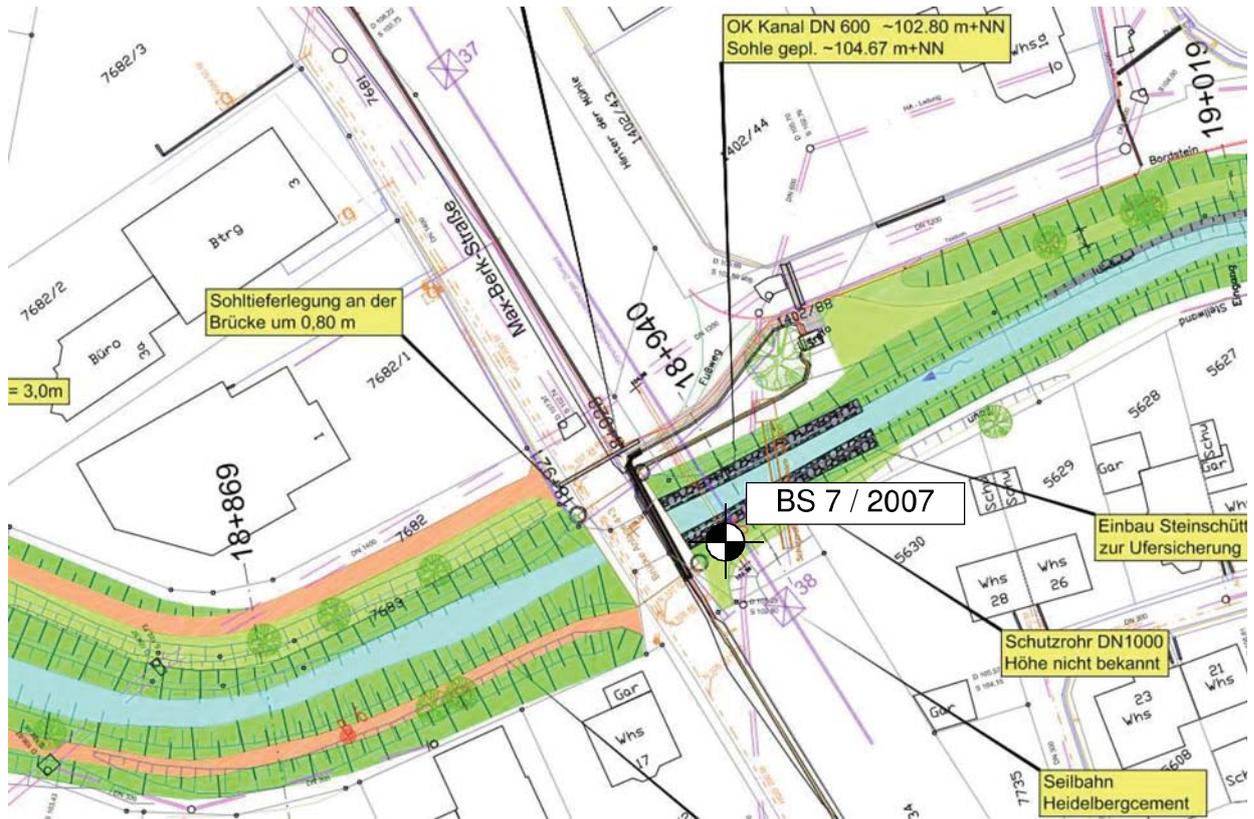
Plangrundlage:
Entwurfsplanung IB Wald + Corbe, 2013

| | | | | | |
|--|--|---------|------------|------------|------------|
|  IGK INGENIEURGESELLSCHAFT KÄRCHER mbH INSTITUT FÜR GEOTECHNIK | Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weingarten Tel.: 07244 / 7013-0 Fax: 07244 / 7013-17 | | | | |
| | Sanierung Leimbach Unterlauf Bach-km 14+742 – 21+270 | | | | |
| Detaillageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte Profil 09, Bach-km 19+334 (2007) | | | | | |
| Projekt-Nr. | Anlage | Maßstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
| 6553c | 1.7 | 1:1.000 | 19.09.2013 | He | He |



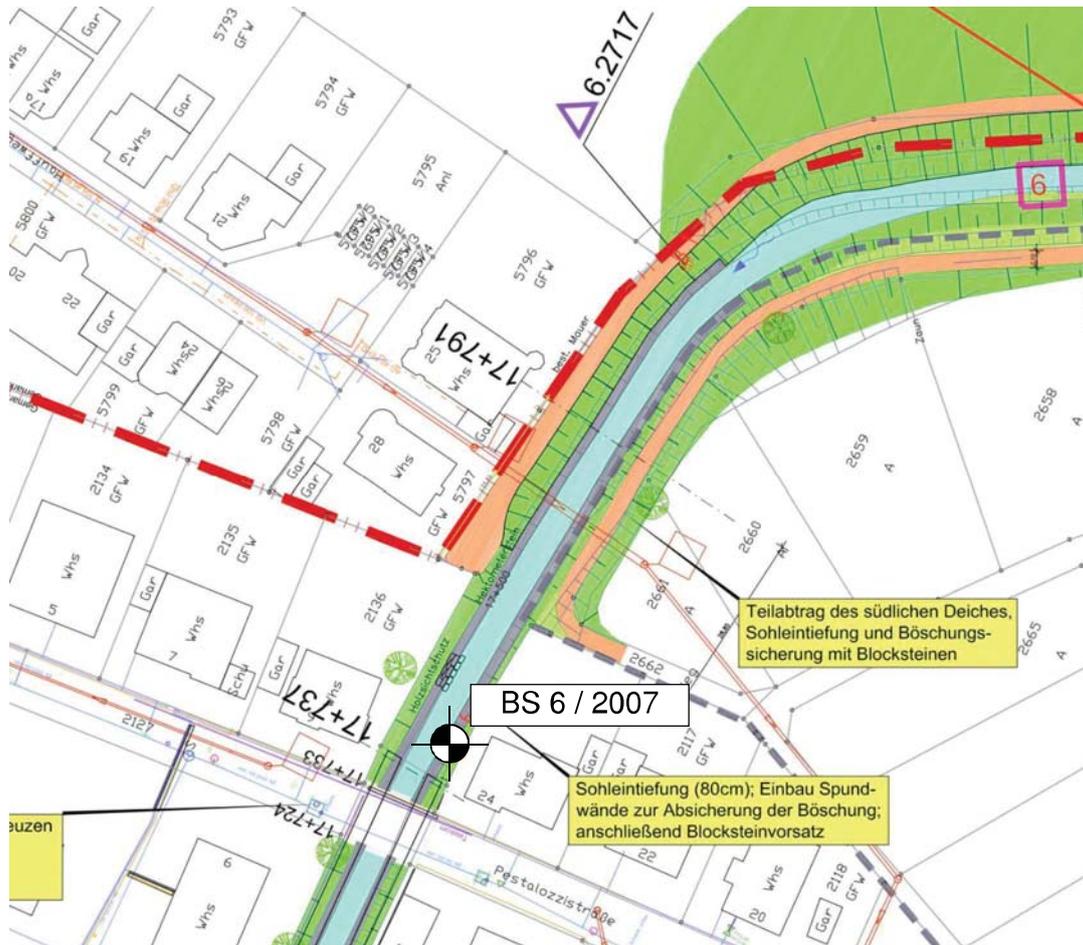
Plangrundlage:
Entwurfsplanung IB Wald + Corbe, 2013

| | | | | | |
|--|--|---------|------------|------------|------------|
|  <p>Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weingarten Tel.: 07244 / 7013-0 Fax: 07244 / 7013-17</p> | Sanierung Leimbach Unterlauf Bach-km 14+742 – 21+270 | | | | |
| | Detaillageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte Profil 08, Bach-km 19+171 (2007) | | | | |
| Projekt-Nr. | Anlage | Maßstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
| 6553c | 1.8 | 1:1.000 | 19.09.2013 | He | He |



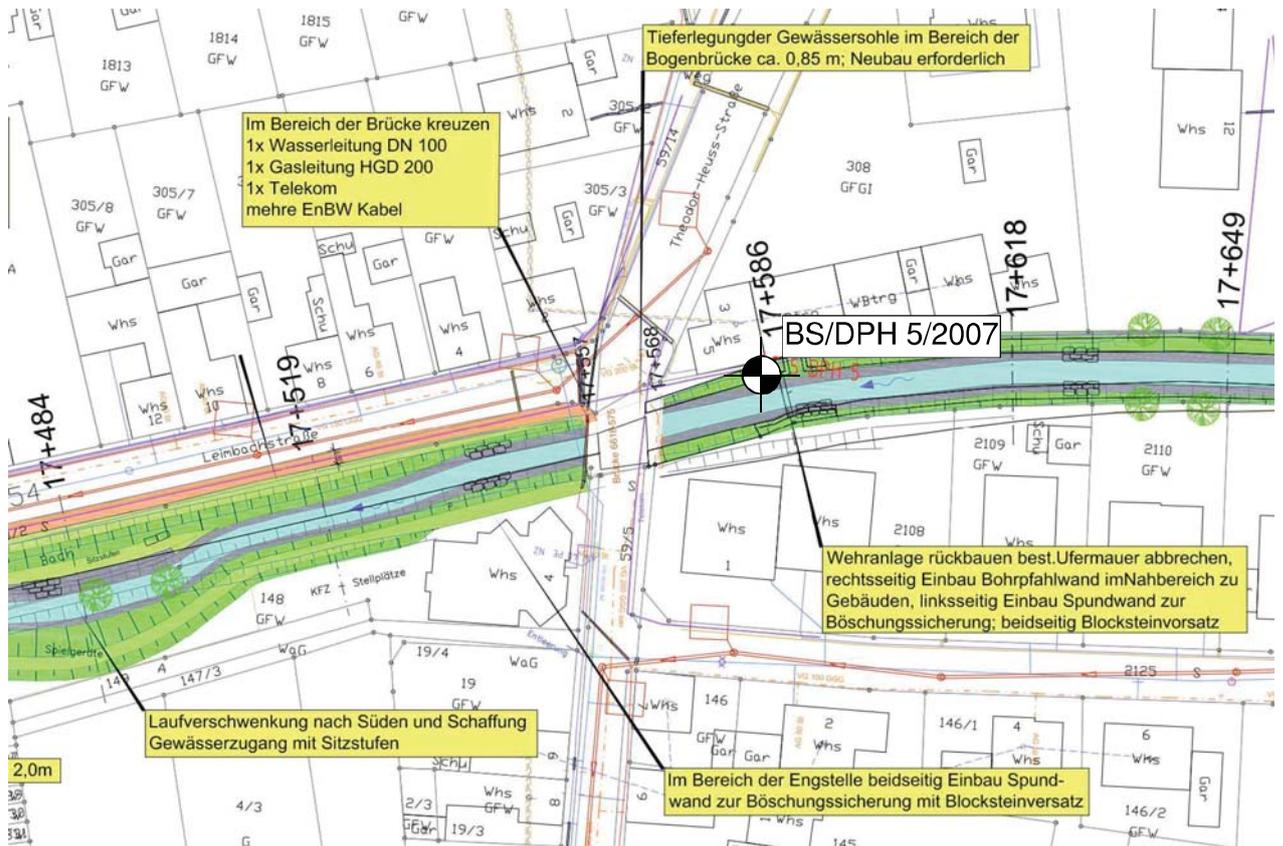
Plangrundlage:
Entwurfsplanung IB Wald + Corbe, 2013

| | | | | | |
|---|---|---------|------------|------------|------------|
|  IGK INGENIEURGESELLSCHAFT KÄRCHER mbH INSTITUT FÜR GEOTECHNIK | Ingenieuresellschaft Kärcher mbH Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weingarten Tel.: 07244 / 7013-0 Fax: 07244 / 7013-17 | | | | |
| | Sanierung Leimbach Unterlauf Bach-km 14+742 – 21+270 | | | | |
| Detaillageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte Profil 07, Bach-km 18+935 (2007) | | | | | |
| Projekt-Nr. | Anlage | Maßstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
| 6553c | 1.9 | 1:1.000 | 19.09.2013 | He | He |



Plangrundlage:
Entwurfsplanung IB Wald + Corbe, 2013

| | | | | | |
|---|---|---------|------------|------------|------------|
|  <p>IGK INGENIEURGESELLSCHAFT KÄRCHER mbH INSTITUT FÜR GEOTECHNIK</p> | <p>Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weingarten Tel.: 07244 / 7013-0 Fax: 07244 / 7013-17</p> | | | | |
| | <p>Sanierung Leimbach Unterlauf Bach-km 14+742 – 21+270</p> | | | | |
| <p>Detaillageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte Profil 06, Bach-km 17+742 (2007)</p> | | | | | |
| Projekt-Nr. | Anlage | Maßstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
| 6553c | 1.10 | 1:1.000 | 19.09.2013 | He | He |



Plangrundlage:
Entwurfsplanung IB Wald + Corbe, 2013

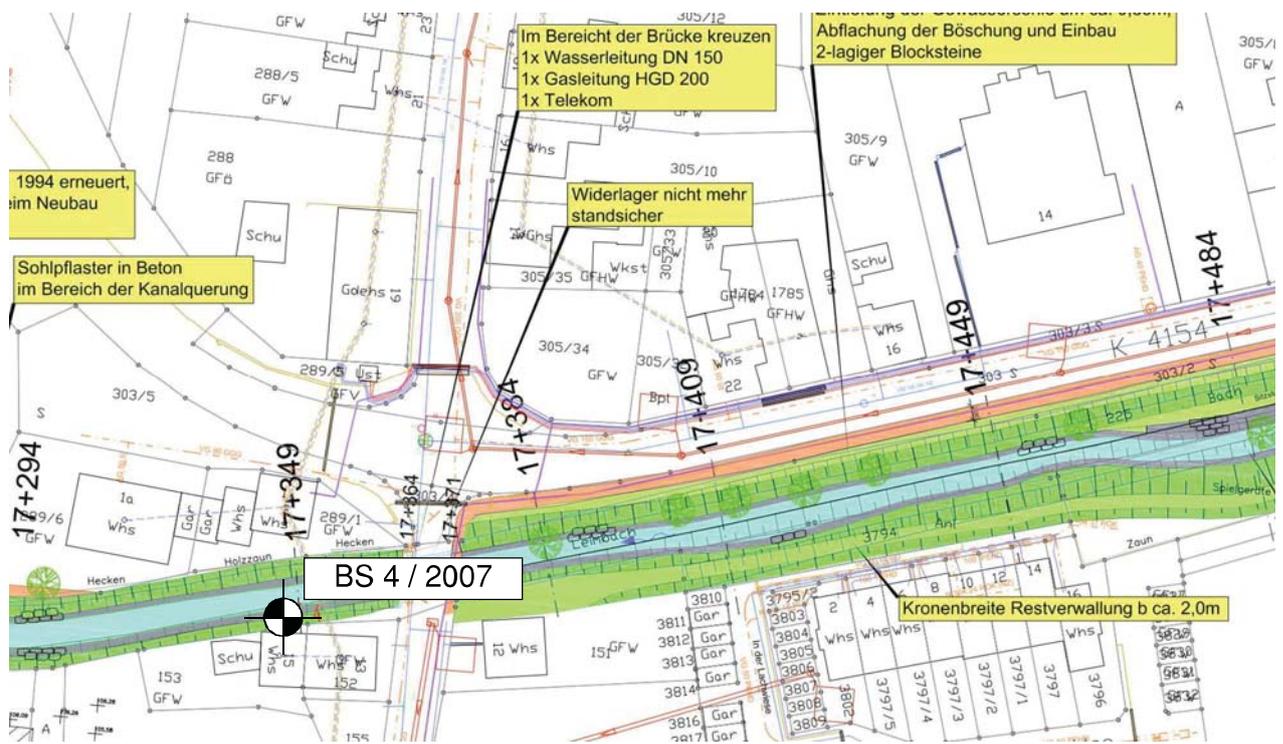
IGK Ingenieuresellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten
 Tel.: 07244 / 7013-0 Fax: 07244 / 7013-17

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK

Sanierung Leimbach Unterlauf
 Bach-km 14+742 – 21+270

Detaillageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte
 Profil 05, Bach-km 17+584 (2007)

| Projekt-Nr. | Anlage | Maßstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|---------|------------|------------|------------|
| 6553c | 1.11 | 1:1.000 | 19.09.2013 | He | He |



BS 4 / 2007

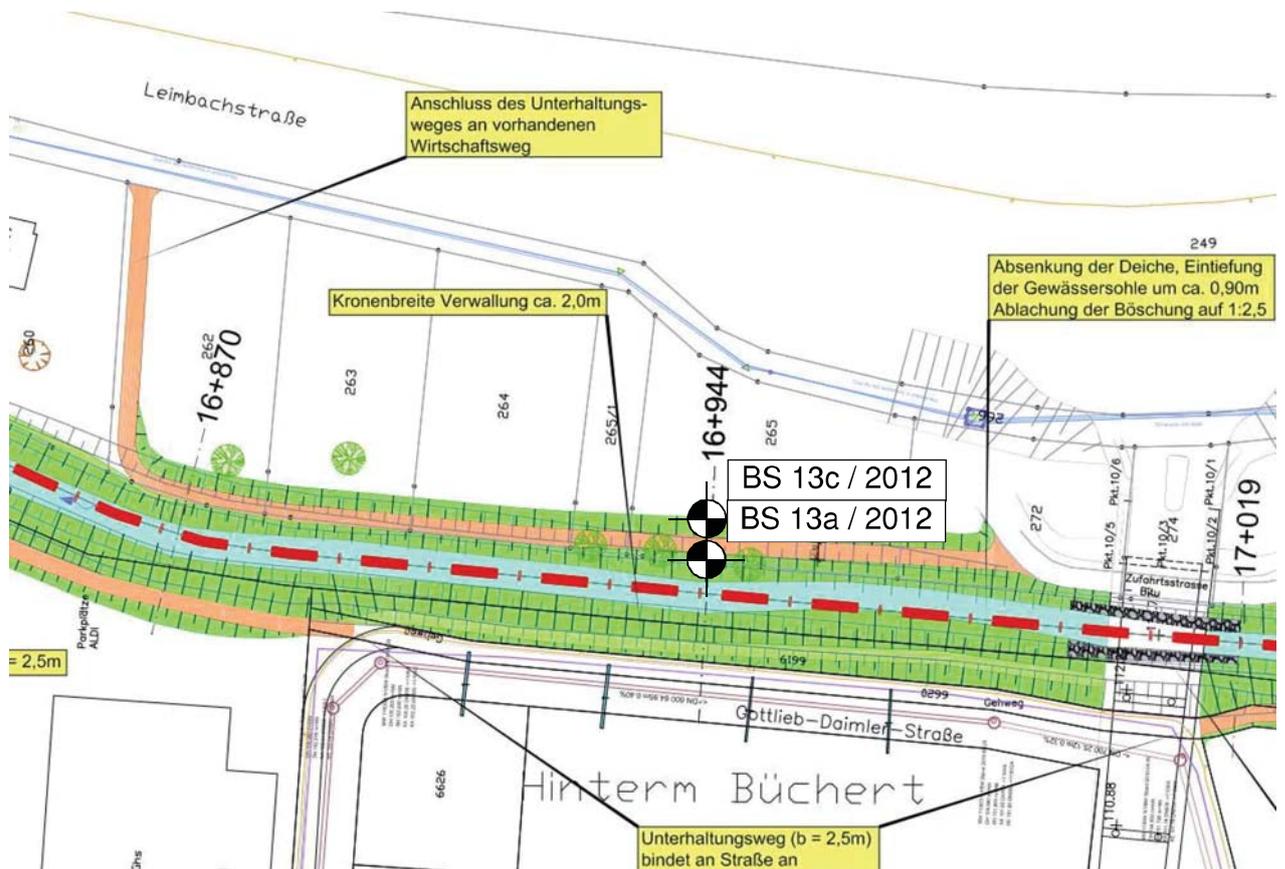
Plangrundlage:
Entwurfsplanung IB Wald + Corbe, 2013

IGK Ingenieuresellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten
 Tel.: 07244 / 7013-0 Fax: 07244 / 7013-17

Sanierung Leimbach Unterlauf
 Bach-km 14+742 – 21+270

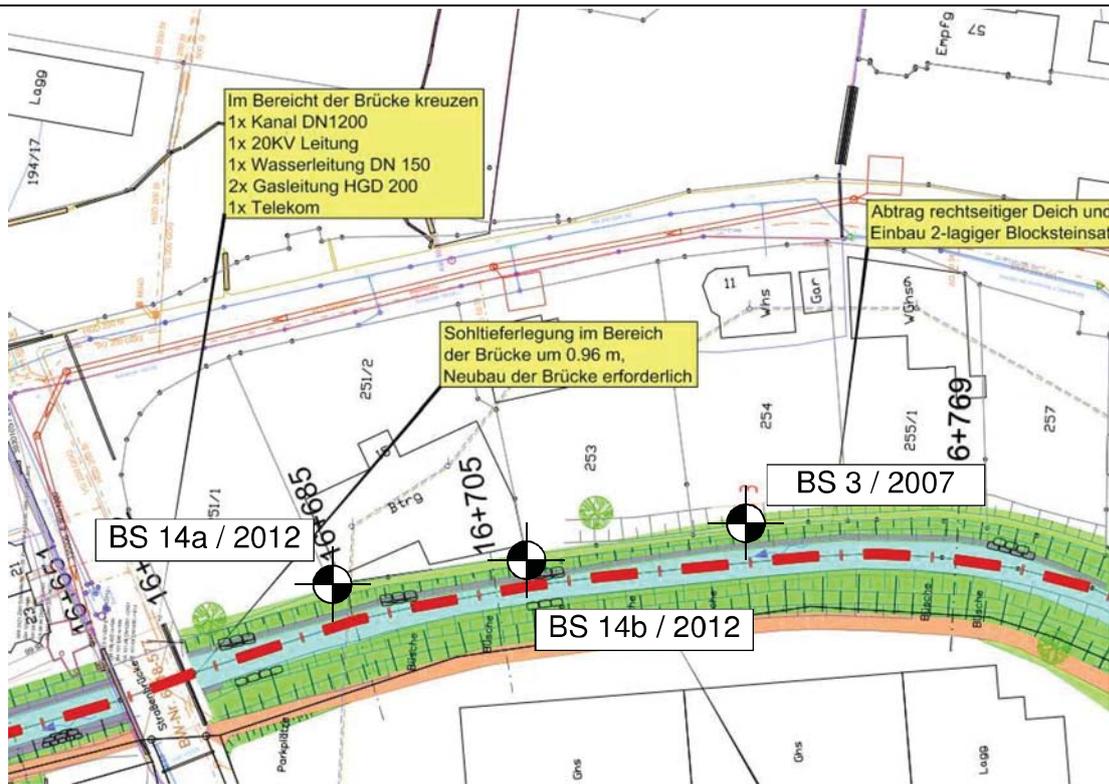
Detaillageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte
 Profil 04, Bach-km 17+346 (2007)

| Projekt-Nr. | Anlage | Maßstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|---------|------------|------------|------------|
| 6553c | 1.12 | 1:1.000 | 19.09.2013 | He | He |



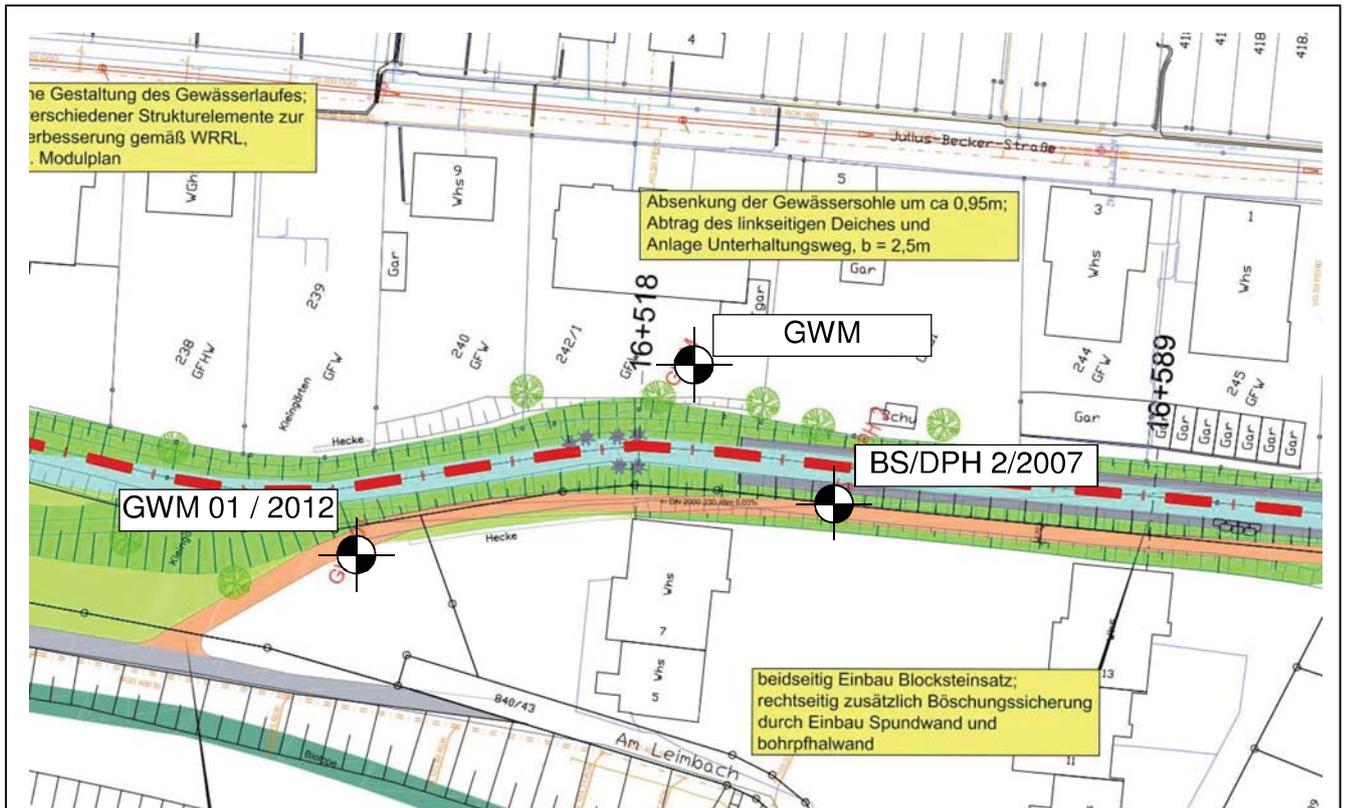
Plangrundlage:
Entwurfsplanung IB Wald + Corbe, 2013

| | | | | | |
|---|--------|---|------------|------------|------------|
|  IGK INGENIEURGESELLSCHAFT KÄRCHER mbH INSTITUT FÜR GEOTECHNIK | | Ingenieuresellschaft Kärcher mbH Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weingarten Tel.: 07244 / 7013-0 Fax: 07244 / 7013-17 | | | |
| | | Sanierung Leimbach Unterlauf Bach-km 14+742 – 21+270 | | | |
| Detaillageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte Profil 13, Bach-km 16+944 (2012) | | | | | |
| Projekt-Nr. | Anlage | Maßstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
| 6553c | 1.13 | 1:1.000 | 19.09.2013 | He | He |



Plangrundlage:
Entwurfsplanung IB Wald + Corbe, 2013

| | | | | | |
|---|--|---------|------------|------------|------------|
|  INGENIEURGESELLSCHAFT KÄRCHER mbH INSTITUT FÜR GEOTECHNIK | Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weingarten Tel.: 07244 / 7013-0 Fax: 07244 / 7013-17 | | | | |
| | Sanierung Leimbach Unterlauf Bach-km 14+742 – 21+270 | | | | |
| Detaillageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte Profil 14, Bach-km 16+685 / 16+710 (2012) | | | | | |
| Projekt-Nr. | Anlage | Maßstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
| 6553c | 1.14 | 1:1.000 | 19.09.2013 | He | He |



Plangrundlage:
Entwurfsplanung IB Wald + Corbe, 2013

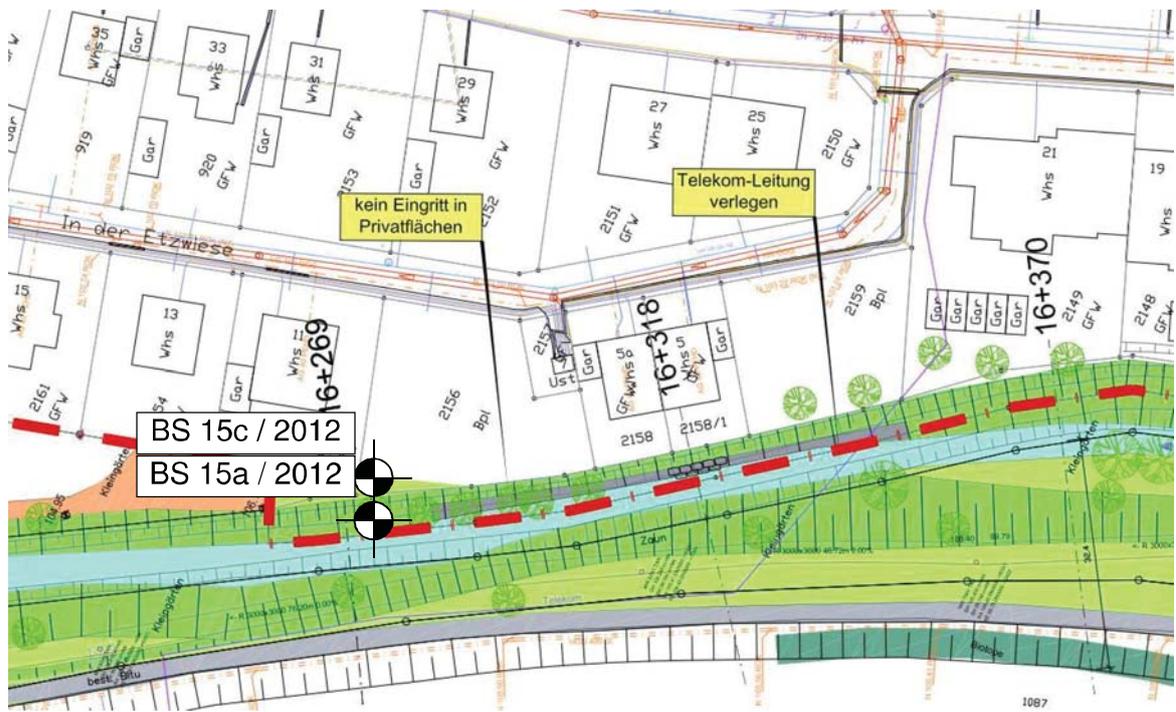
IGK Ingenieuresellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengass 16
 76356 Weingarten
 Tel.: 07244 / 7013-0 Fax: 07244 / 7013-17

INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK

Sanierung Leimbach Unterlauf
 Bach-km 14+742 – 21+270

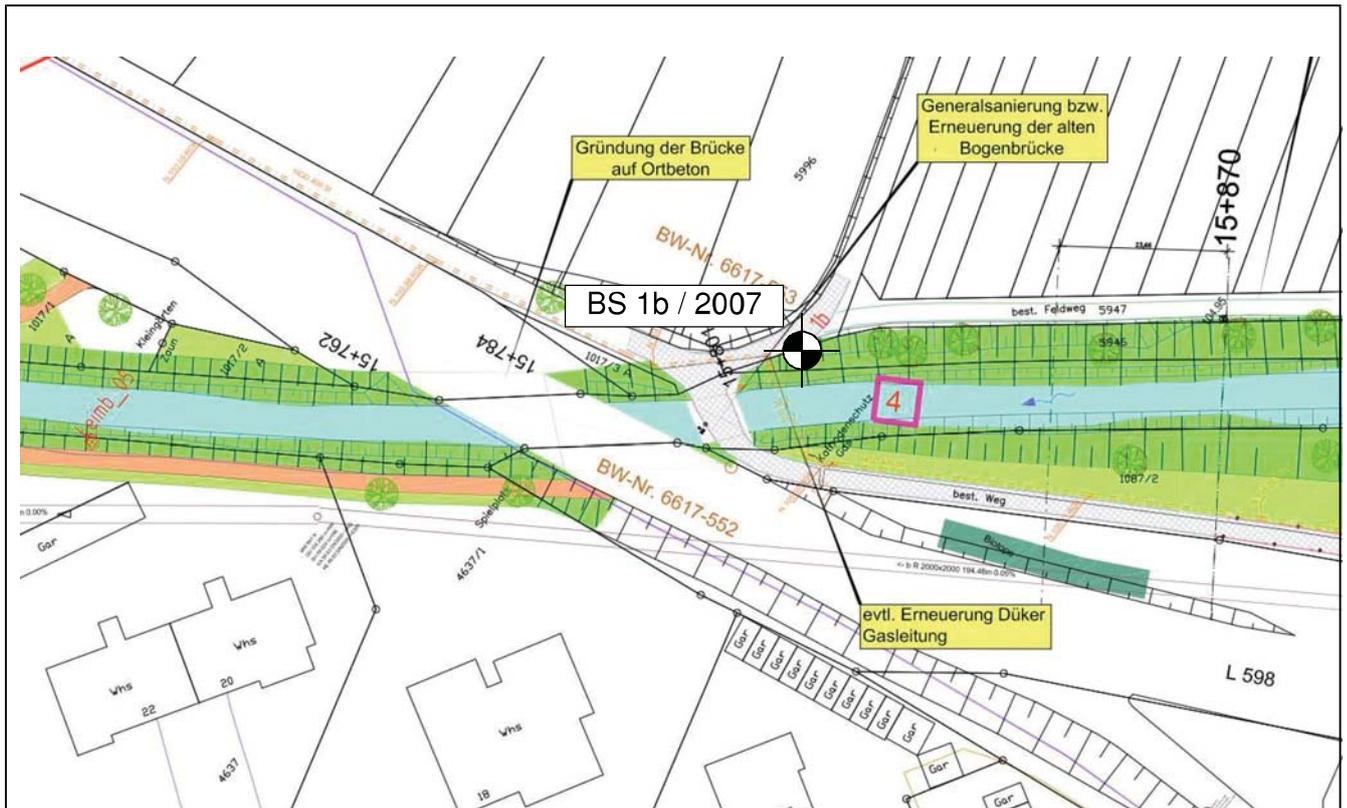
Detaillageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte
 Profil 2, Bach-km 16+547 (2007)

| Projekt-Nr. | Anlage | Maßstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|---------|------------|------------|------------|
| 6553c | 1.15 | 1:1.000 | 19.09.2013 | He | He |



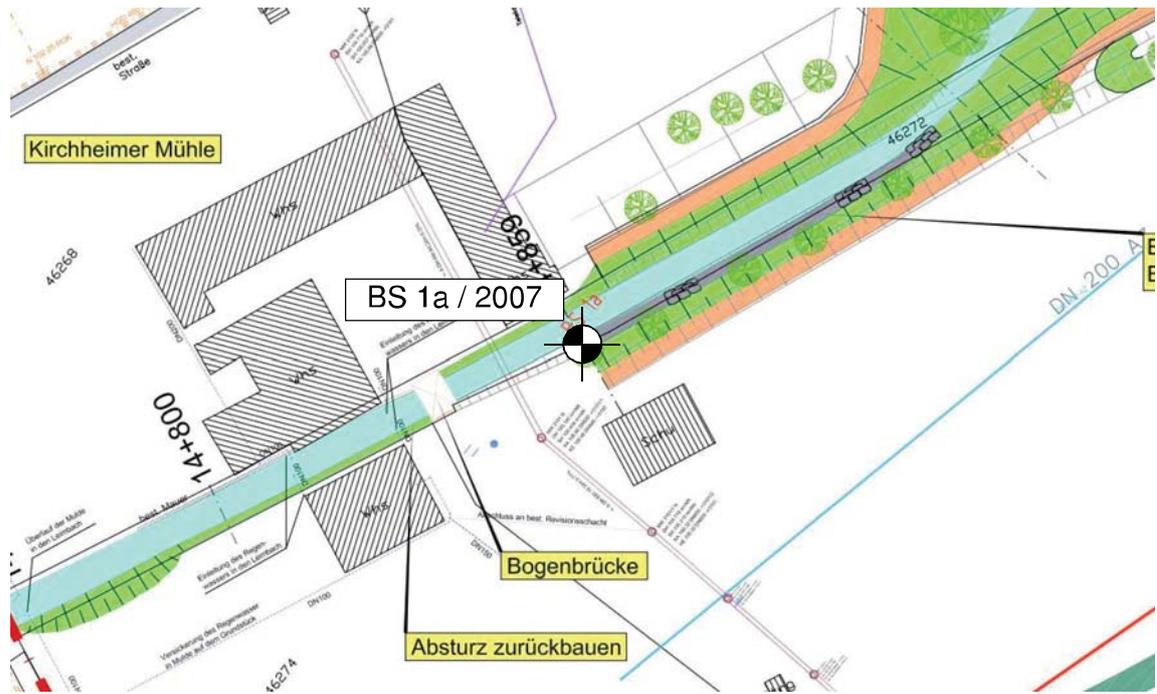
Plangrundlage:
Entwurfsplanung IB Wald + Corbe, 2013

| | | | | | |
|---|---|---------|------------|------------|------------|
|  IGK INGENIEURGESELLSCHAFT KÄRCHER mbH INSTITUT FÜR GEOTECHNIK | Ingenieuresellschaft Kärcher mbH Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weingarten Tel.: 07244 / 7013-0 Fax: 07244 / 7013-17 | | | | |
| | Sanierung Leimbach Unterlauf Bach-km 14+742 – 21+270 | | | | |
| Detaillageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte Profil 15, Bach-km 16+272 (2012) | | | | | |
| Projekt-Nr. | Anlage | Maßstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
| 6553c | 1.16 | 1:1.000 | 19.09.2013 | He | He |



Plangrundlage:
Entwurfsplanung IB Wald + Corbe, 2013

| | | | | | |
|--|--|---------|------------|------------|------------|
|  IGK INGENIEURGESELLSCHAFT KÄRCHER mbH INSTITUT FÜR GEOTECHNIK | Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weingarten Tel.: 07244 / 7013-0 Fax: 07244 / 7013-17 | | | | |
| | Sanierung Leimbach Unterlauf Bach-km 14+742 – 21+270 | | | | |
| Detaillageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte Profil 1b, Bach-km 15+812 (2007) | | | | | |
| Projekt-Nr. | Anlage | Maßstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
| 6553c | 1.17 | 1:1.000 | 19.09.2013 | He | He |

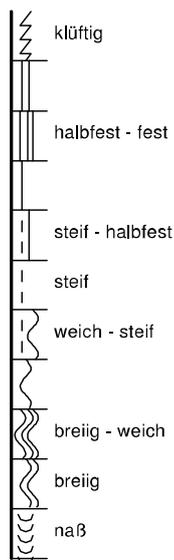


Plangrundlage:
Entwurfsplanung IB Wald + Corbe, 2013

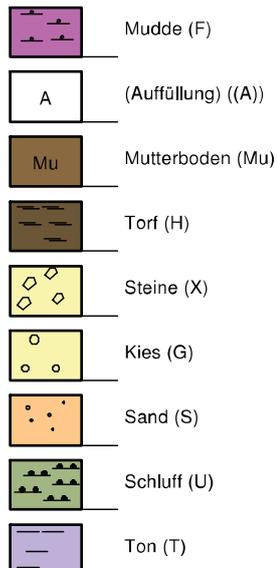
| | | | | | |
|--|--------|--|------------|------------|------------|
|  | | Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH Institut für Geotechnik Heidengass 16 76356 Weingarten Tel.: 07244 / 7013-0 Fax: 07244 / 7013-17 | | | |
| INGENIEURGESELLSCHAFT KÄRCHER mbH INSTITUT FÜR GEOTECHNIK | | | | | |
| Sanierung Leimbach Unterlauf Bach-km 14+742 – 21+270 | | | | | |
| Detaillageplan der Bohr- und Sondieransatzpunkte Profil 1a, Bach-km 14+859 (2007) | | | | | |
| Projekt-Nr. | Anlage | Maßstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
| 6553c | 1.18 | 1:1.000 | 19.09.2013 | He | He |

Zeichenerklärung (DIN 4023)

Konsistenzen



Bodenarten



Korngrößenbereich

f fein
m mittel
g grob

Nebenanteile

┌ schwach
└ stark

Grundwasser

1,0
30.04.98 ▼ GW Ruhe
1,0
30.04.98 ▼ GW Bohrende
1,0
30.04.98 ▼ GW angebohrt

Regierungspräsidium
Karlsruhe
Abteilung 5 - Umwelt / Referat 53.1



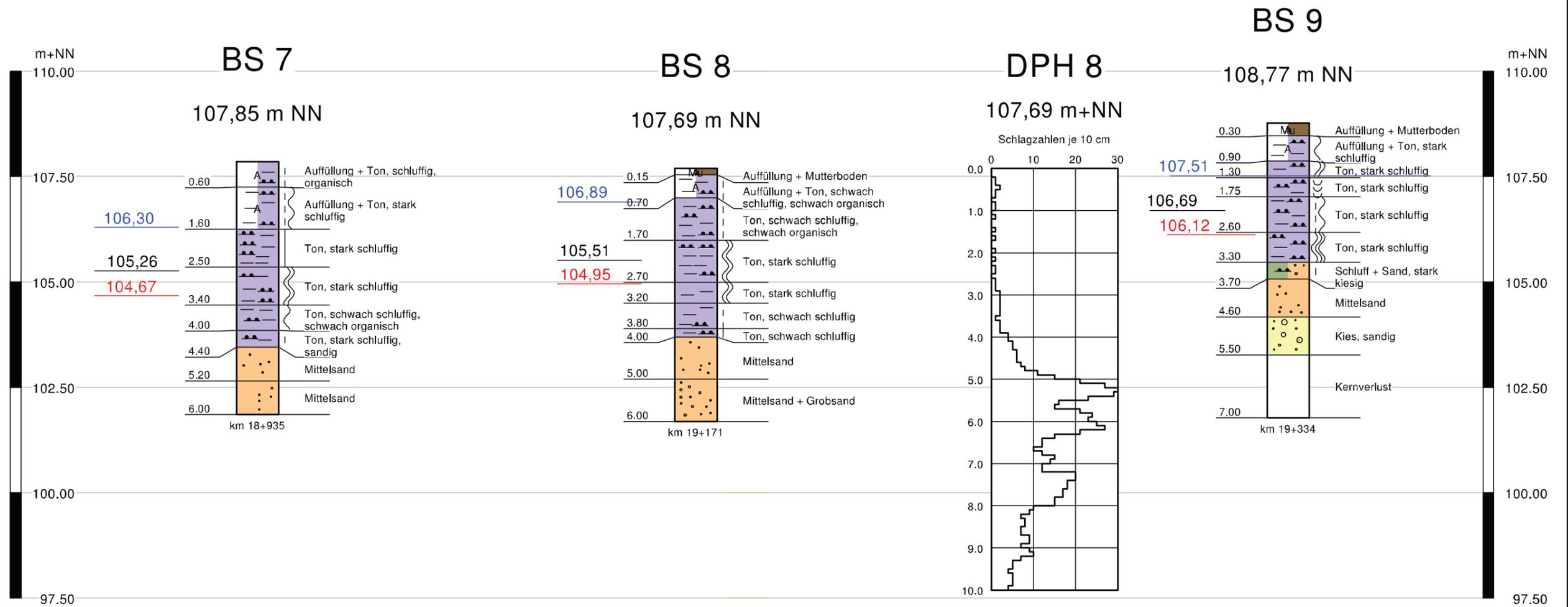
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
Institut für Geotechnik
Heidengaß 16
76356 Weingarten
Tel. 07244 / 7013 - 0 Fax -17
email: info_karcher-geotechnik.de



Ausbau des Leimbaches
Leimbachunterlauf, Bach-km 14+742 - 21+270
Gemarkung Nusloch, St. Ilgen und Sandhausen

Baugrunderkundung 2012 und 2007
Bodenarten und Konsistenzen

| Projekt-Nr. | Anlage | Maßstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c17G | 2.0 | 1 : 100 | 05.08.14 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |



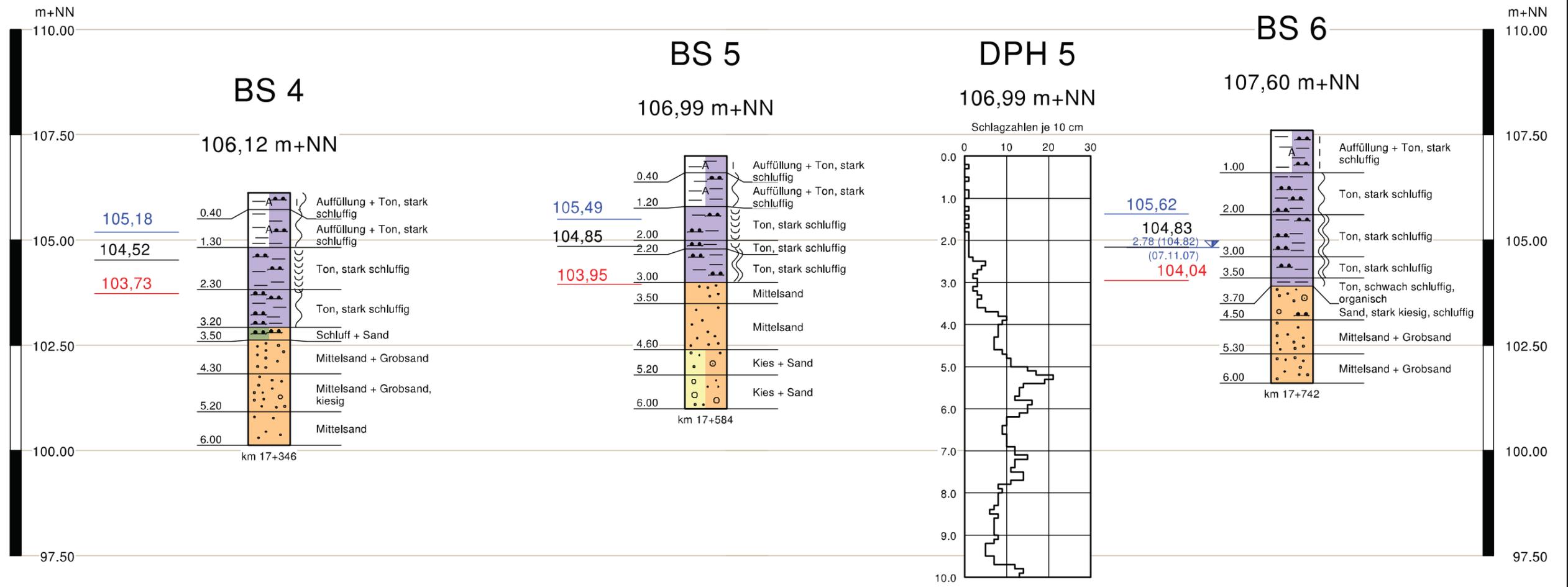
Legende

| | |
|--|----------------|
| | halbfest |
| | steif |
| | weich - steif |
| | weich |
| | breiig - weich |
| | breiig |
| | naß |

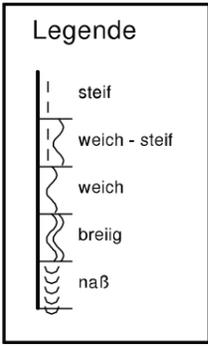
- BHW
- OK Sohle, Bestand
- OK Sohle, geplant

— 2,45 GW nach Bohrende
 10.05.07

| | | | | | |
|--|--------|--|----------|------------|------------|
| Regierungspräsidium Karlsruhe Abteilung 5 - Umwelt / Referat 53.1 | | | | | |
| Ingenieuresellschaft Kärcher mbH Institut für Geotechnik Heidengaß 16 76356 Weingarten Tel. 07244 / 7013 - 0 Fax -17 email: info@kaercher-geotechnik.de | | <small>INGENIEURGESELLSCHAFT KÄRCHER mbH INSTITUT FÜR GEOTECHNIK</small> | | | |
| Ausbau des Leimbaches Leimbachunterlauf, Bach-km 14+497 - 21+270 Gemarkung Nußloch, St. Ilgen und Sandhausen | | | | | |
| Erkundung 2007, Darstellung der Untergrundverhältnisse BS 7 - BS 9 (2007), Bach-km 18+930 - 19+345 | | | | | |
| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
| E 6553c17G | 2.7 | 1 : 100 | 01.08.14 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |



— BHW
— OK Sohle, Bestand
— OK Sohle, geplant



— 2,45 ∇ GW nach Bohrende
 10.05.07

Regierungspräsidium Karlsruhe
 Abteilung 5 - Umwelt / Referat 53.1

Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengaß 16
 76356 Weingarten
 Tel. 07244 / 7013 - 0 Fax -17
 email: info@kaercher-geotechnik.de

Ausbau des Leimbaches
 Leimbachunterlauf, Bach-km 14+497 - 21+270
 Gemarkung Nußloch, St. Ilgen und Sandhausen

Erkundung 2007, Darstellung der Untergrundverhältnisse
 BS 4 - BS 4 (2007), Bach-km 17+737 - 17+340

| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c17G | 2.8 | 1 : 100 | 01.08.14 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Regierungspräsidium
Karlsruhe

Abteilung 5 - Umwelt / Referat 53.1



Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
Institut für Geotechnik
Heidengaß 16
76356 Weingarten
Tel. 07244 / 7013 - 0 Fax -17
email: info@kaercher-geotechnik.de

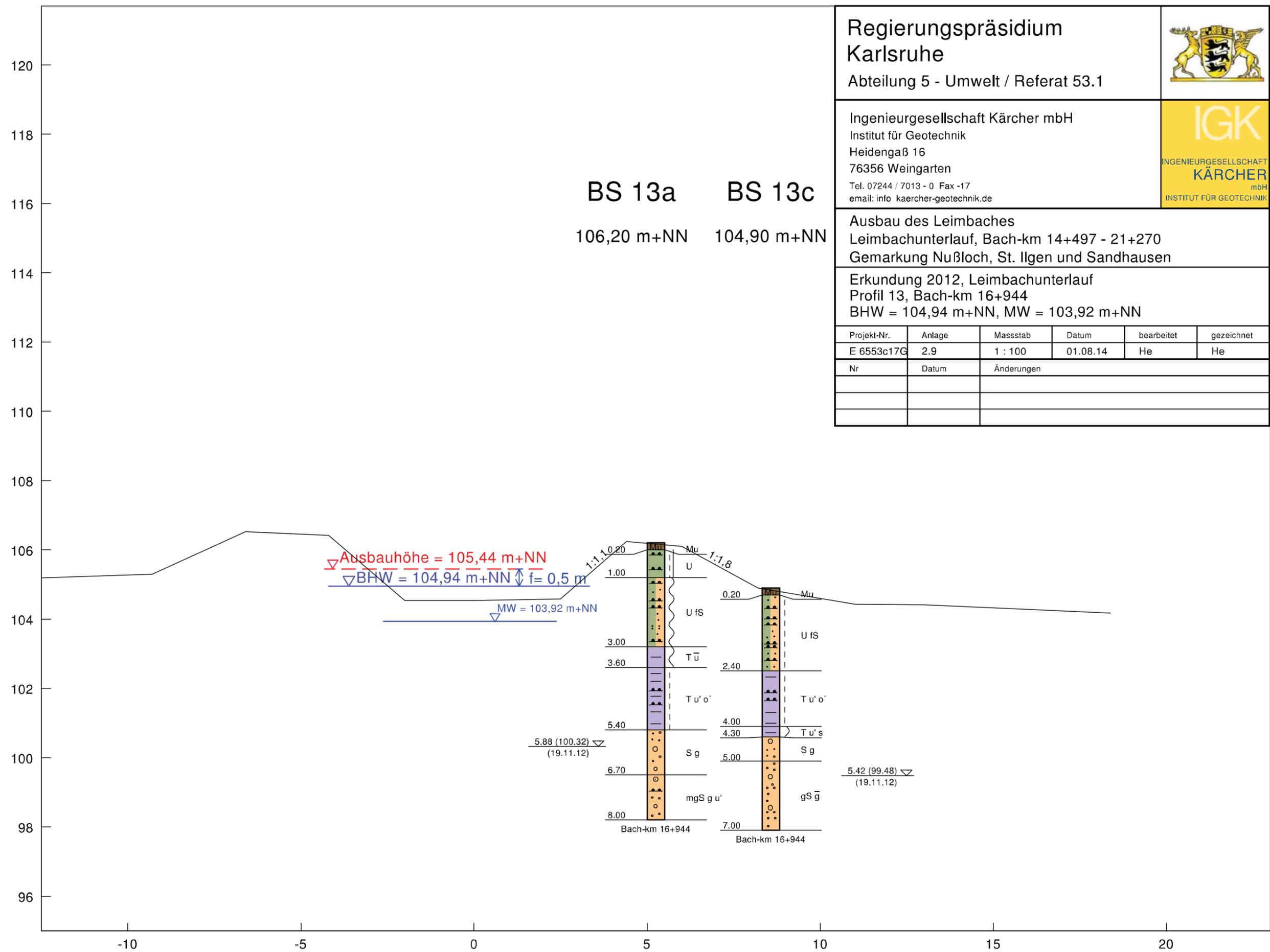


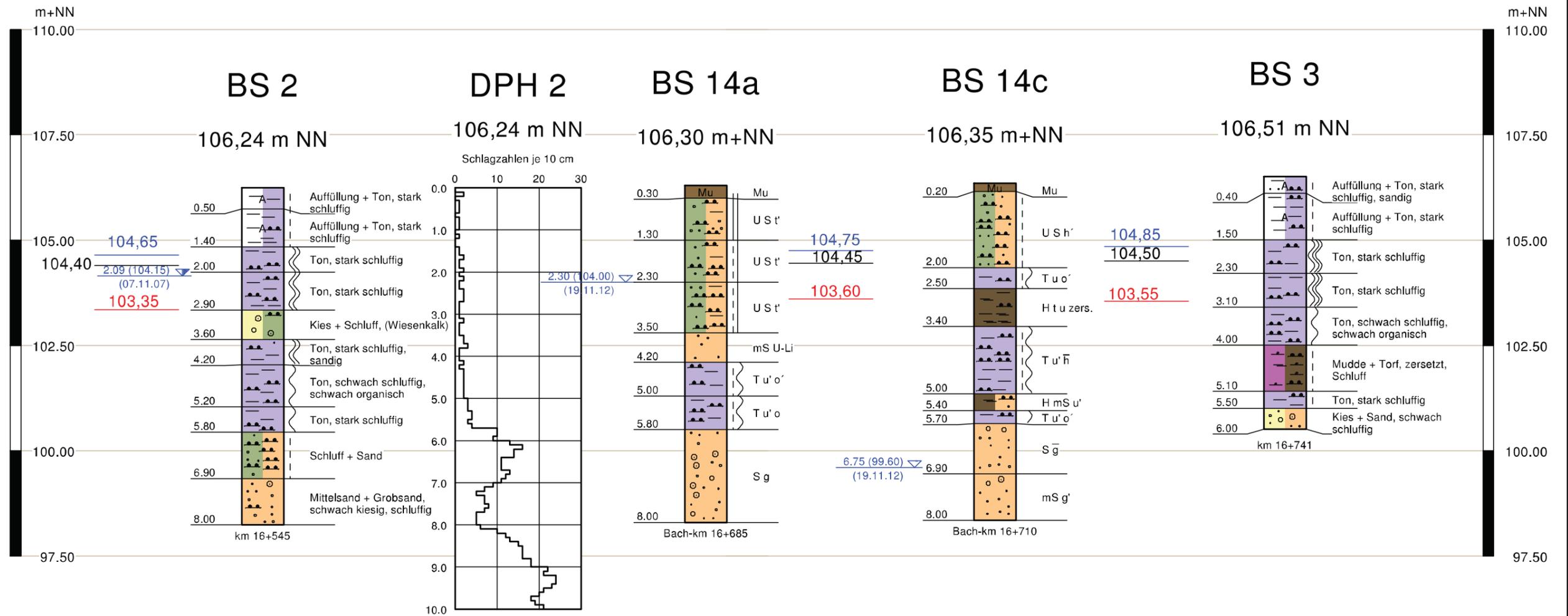
BS 13a BS 13c
106,20 m+NN 104,90 m+NN

Ausbau des Leimbaches
Leimbachunterlauf, Bach-km 14+497 - 21+270
Gemarkung Nußloch, St. Ilgen und Sandhausen

Erkundung 2012, Leimbachunterlauf
Profil 13, Bach-km 16+944
BHW = 104,94 m+NN, MW = 103,92 m+NN

| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c17G | 2.9 | 1 : 100 | 01.08.14 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |





- BHW
- OK Sohle, Bestand
- OK Sohle, geplant

Legende

| | |
|--|------------------|
| | fest |
| | steif - halbfest |
| | steif |
| | weich - steif |
| | weich |
| | breiig - weich |
| | breiig |

2,45 GW nach Bohrende
 10.05.07

Regierungspräsidium Karlsruhe
 Abteilung 5 - Umwelt / Referat 53.1

Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
 Institut für Geotechnik
 Heidengaß 16
 76356 Weingarten
 Tel. 07244 / 7013 - 0 Fax -17
 email: info@kaercher-geotechnik.de

IGK
 INGENIEURGESELLSCHAFT KÄRCHER mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK

Ausbau des Leimbaches
 Leimbachunterlauf, Bach-km 14+497 - 21+270
 Gemarkung Nußloch, St. Ilgen und Sandhausen

Erkundung 2007 / 2012, Darstellung der Untergrundverhältnisse
 BS 3 - BS 2 (07) BS 14a/b (12), Bach-km 16+589 - 16+769

| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c17G | 2.10 | 1 : 100 | 01.08.14 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Regierungspräsidium
Karlsruhe

Abteilung 5 - Umwelt / Referat 53.1



Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH

Institut für Geotechnik

Heidengaß 16

76356 Weingarten

Tel. 07244 / 7013 - 0 Fax -17

email: info@kaercher-geotechnik.de



Ausbau des Leimbaches

Leimbachunterlauf, Bach-km 14+497 - 21+270

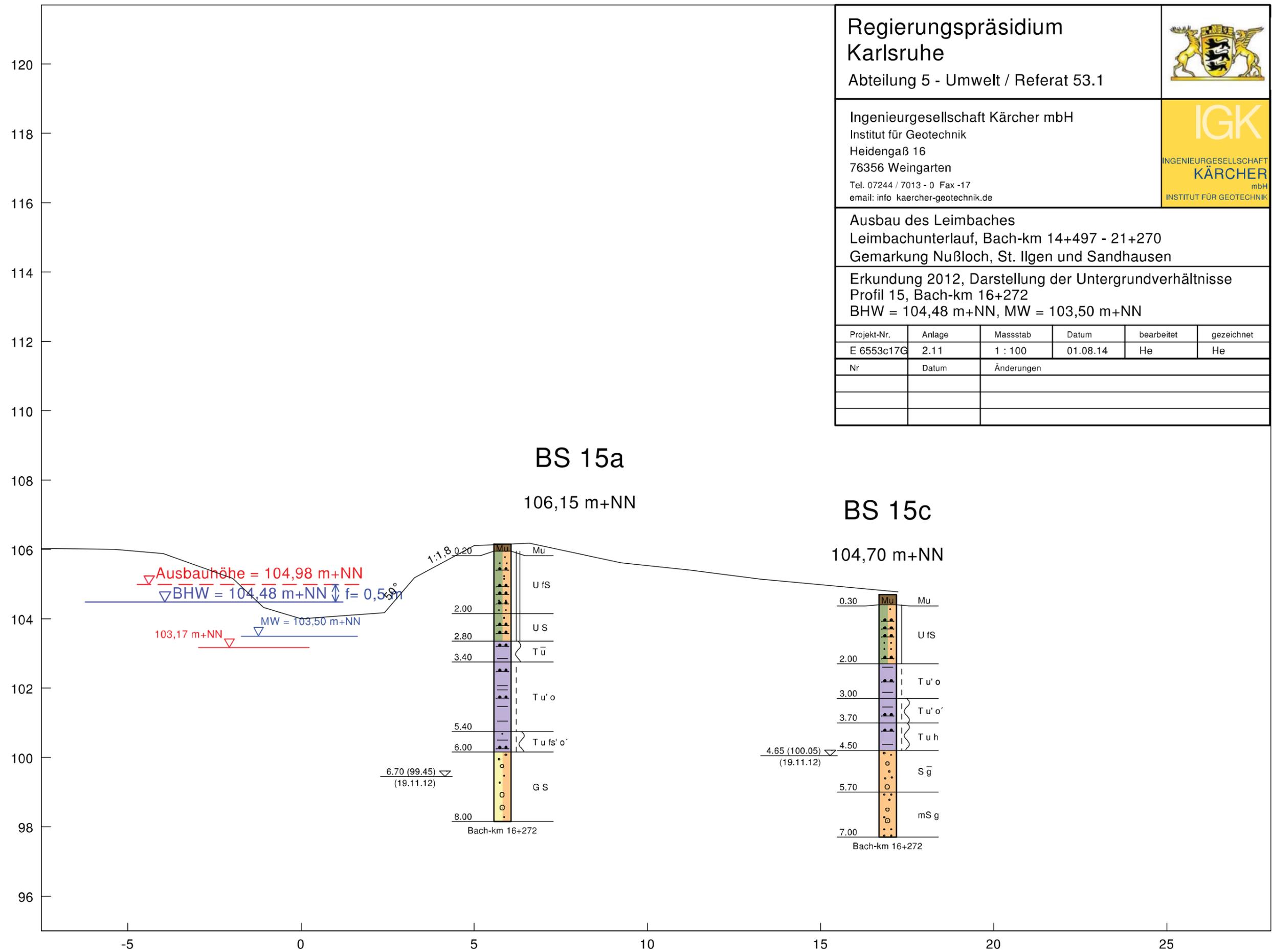
Gemarkung Nußloch, St. Ilgen und Sandhausen

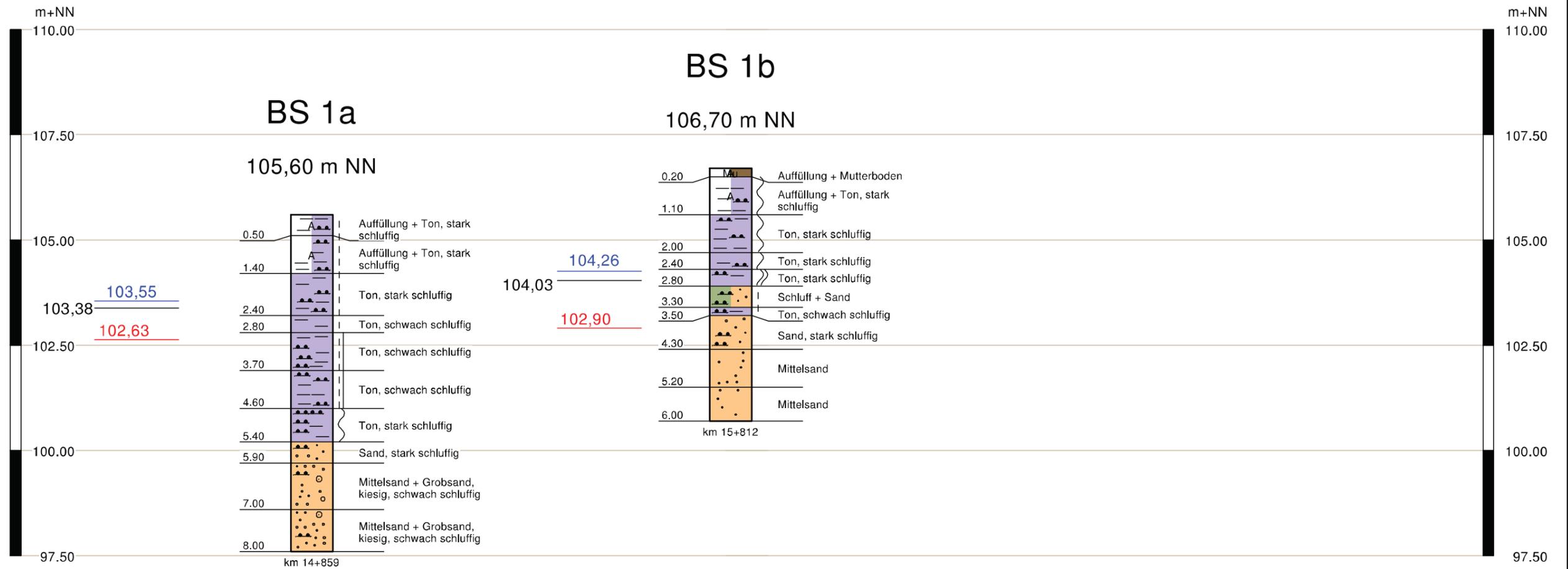
Erkundung 2012, Darstellung der Untergrundverhältnisse

Profil 15, Bach-km 16+272

BHW = 104,48 m+NN, MW = 103,50 m+NN

| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c17G | 2.11 | 1 : 100 | 01.08.14 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |





- BHW
- OK Sohle, Bestand
- OK Sohle, geplant

Legende

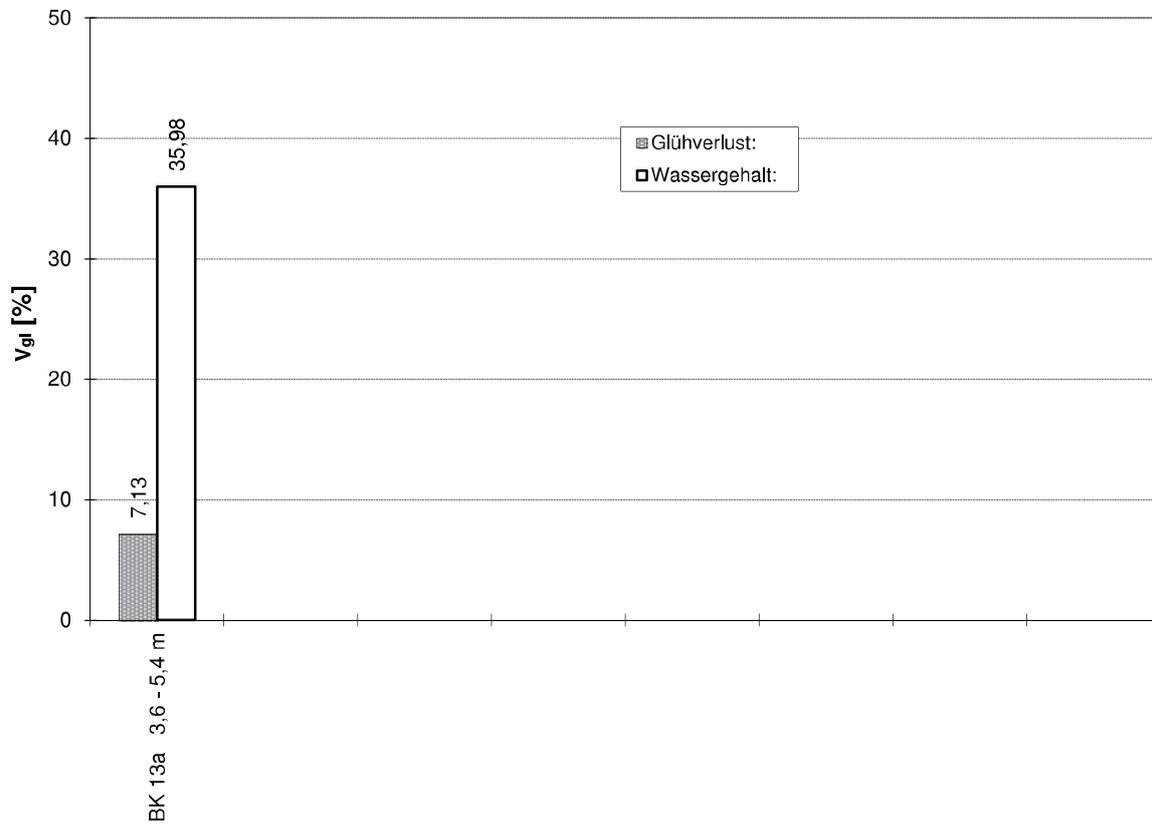
| | |
|--|------------------|
| | steif - halbfest |
| | steif |
| | weich |
| | breiig |

2,45 GW nach Bohrende
10.05.07

| | | | | | |
|---|--------|---|----------|------------|------------|
| Regierungspräsidium Karlsruhe Abteilung 5 - Umwelt / Referat 53.1 | | | | | |
| Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH Institut für Geotechnik Heidengaß 16 76356 Weingarten Tel. 07244 / 7013 - 0 Fax -17 email: info@kaercher-geotechnik.de | | INGENIEURGESELLSCHAFT KÄRCHER mbH INSTITUT FÜR GEOTECHNIK | | | |
| Ausbau des Leimbaches Leimbachunterlauf, Bach-km 14+497 - 21+270 Gemarkung Nußloch, St. Ilgen und Sandhausen | | | | | |
| Erkundung 2007, Darstellung der Untergrundverhältnisse BS 1a, BS 1b (2007), Bach-km 15+812 - 14+859 | | | | | |
| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
| E 6553c17G | 2.12 | 1 : 100 | 01.08.14 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Bestimmung des Glühverlustes

| Entnahmestelle | von | bis | Bodenart | Wassergehalt | Glühverlust |
|----------------|------|------|-----------|--------------|-------------|
| BK 13a | 3,60 | 5,40 | T, u', o' | 35,98 | 7,13 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |



Bestimmung der Atterbergschen Grenzen / Diagramm



Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
Institut für Geotechnik

76356 Weingarten, Heidengass 16 Tel 07244/7013-0 Fax -17
 76744 Wörth-Schaidt, Hauptstr. 152 Tel 06340/508070-1 Fax -2

Proj.: Leimbach Ober- u. Unterlauf

Be: Ka

E 6553c

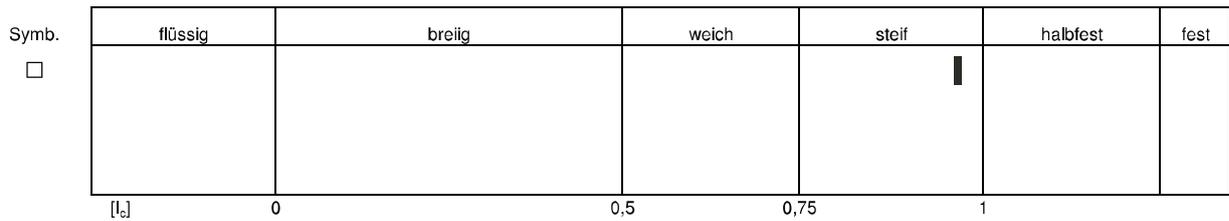
Anl.: 3.8a

23.01.2013

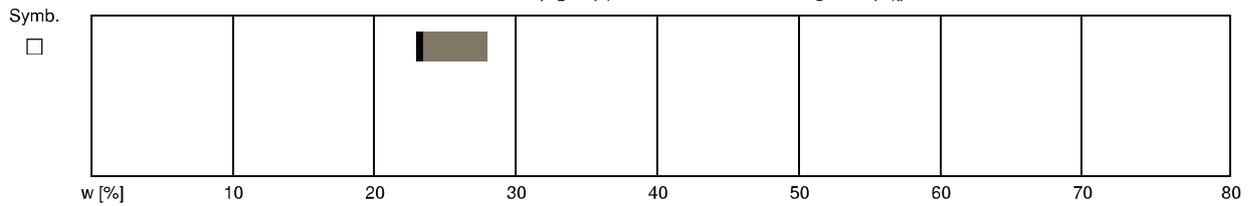
INGENIEURGESELLSCHAFT
KÄRCHER
 mbH
 INSTITUT FÜR GEOTECHNIK

| Entnahmestelle | Symb. | Tiefe [m] | | Fließgrenze | Ausrollgrenze | Wassergehalt | Konsistenz | Plastizität |
|----------------|-------|-----------|------|-------------|---------------|--------------|------------|-------------|
| | | von | bis | w_L [%] | w_P [%] | w_N [%] | I_c [%] | I_p [%] |
| BK 14 a | □ | 1,30 | 2,30 | 27,9 | 23,0 | 23,2 | 97,2 | 4,9 |

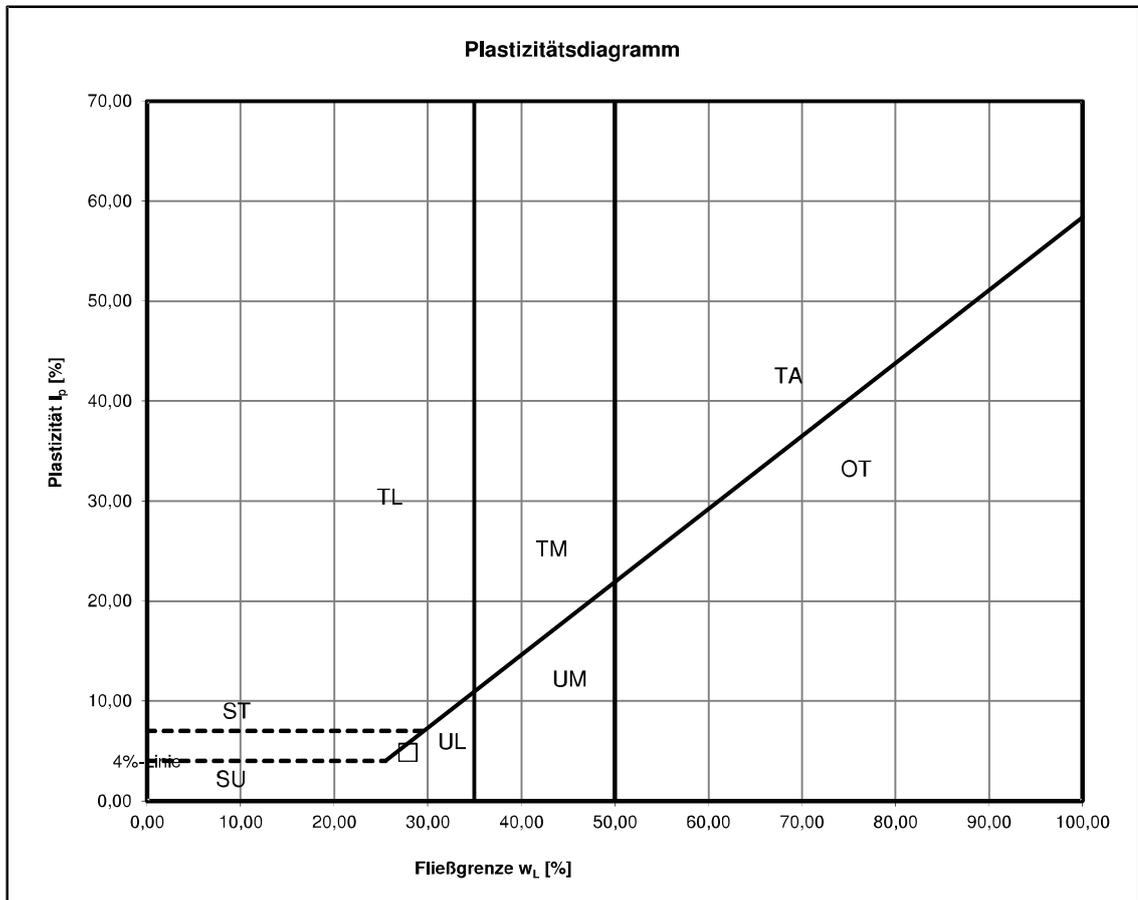
Zustandsform



Plastizitätsbereich ($w_L - w_P$) und natürlicher Wassergehalt (w_N) in %

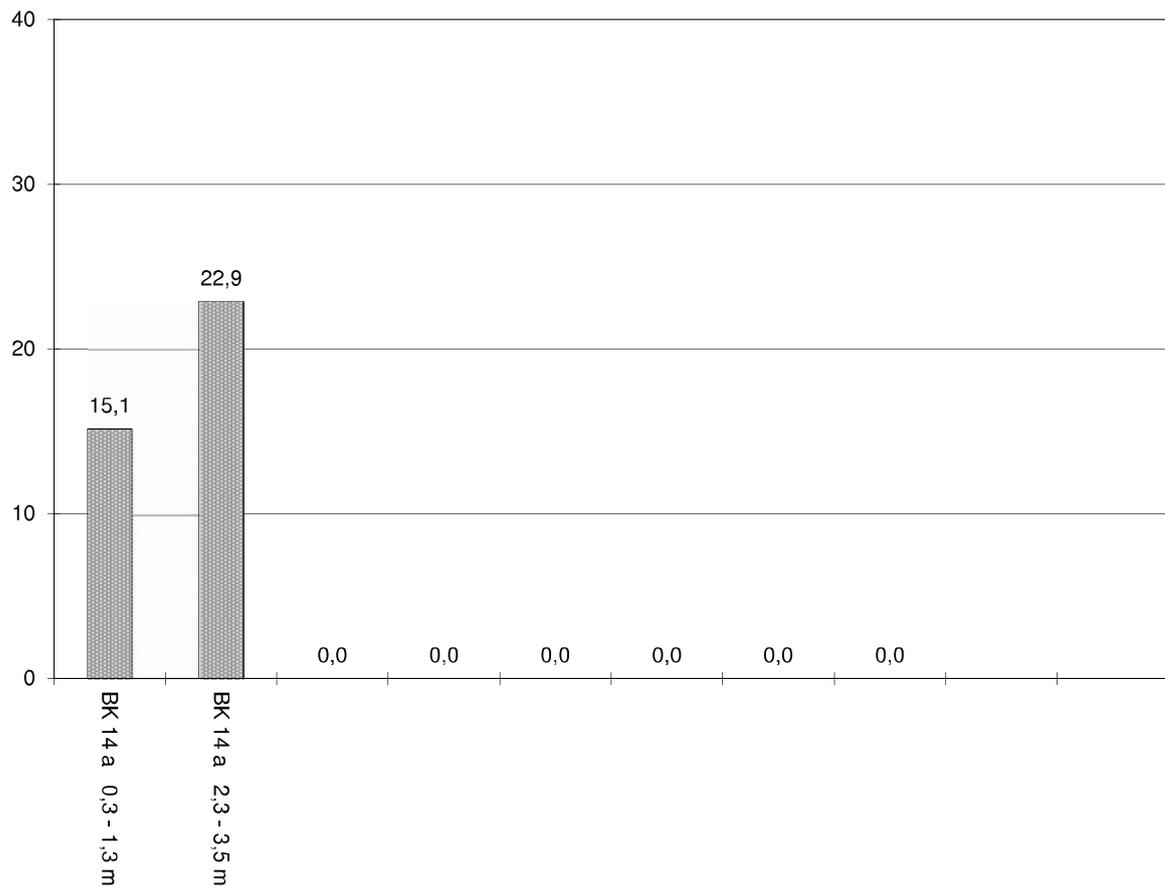


Plastizitätsdiagramm



Wassergehaltsbestimmung

| Entnahmestelle und Tiefe | Bodenart | Wassergehalt | Bemerkung |
|--------------------------|--------------------|--------------|-----------|
| BK 14 a 0,3 - 1,3 m | U + S, t' fst | 15,14 % | |
| BK 14 a 2,3 - 3,5 m | U + S, t' stf-hfst | 22,88 % | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



Bestimmung der Atterbergschen Grenzen / Diagramm



Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
Institut für Geotechnik

76356 Weingarten, Heidengass 16 Tel 07244/7013-0 Fax -17
 76744 Wörth-Schaidt, Hauptstr. 152 Tel 06340/508070-1 Fax -2

Proj.: Leimbachunterlauf
 Bach-km 14+742 - 21+270

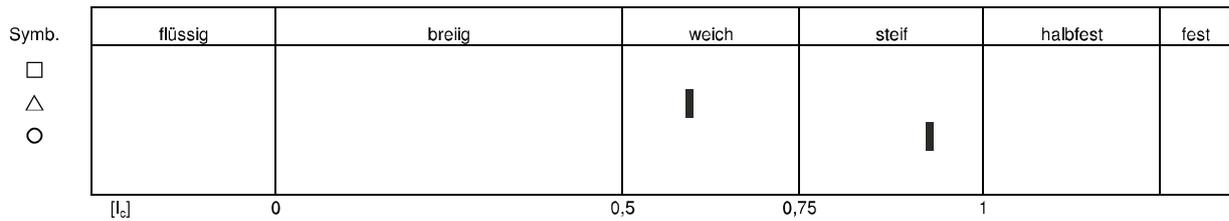
Be: Ka

E 6553c Anl.: 3.9a

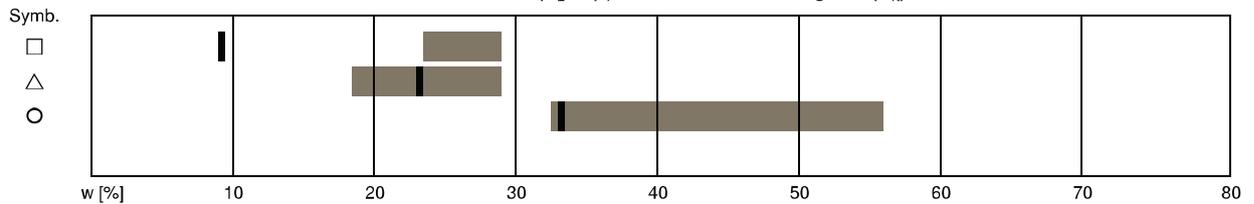
28.01.2013

| Entnahmestelle | Symb. | Tiefe [m] | | Fließgrenze | Ausrollgrenze | Wassergehalt | Konsistenz | Plastizität |
|----------------|-------|-----------|------|-------------|---------------|--------------|------------|-------------|
| | | von | bis | w_L [%] | w_P [%] | w_N [%] | I_c [%] | I_p [%] |
| BK 15 a | □ | 2,00 | 2,80 | 28,6 | 23,1 | 9,5 | 346,8 | 5,5 |
| BS 15a | △ | 2,80 | 3,40 | 29,1 | 18,0 | 22,6 | 58,9 | 11,1 |
| BS 15a | ○ | 3,40 | 5,40 | 56,4 | 31,7 | 33,4 | 93,0 | 24,6 |

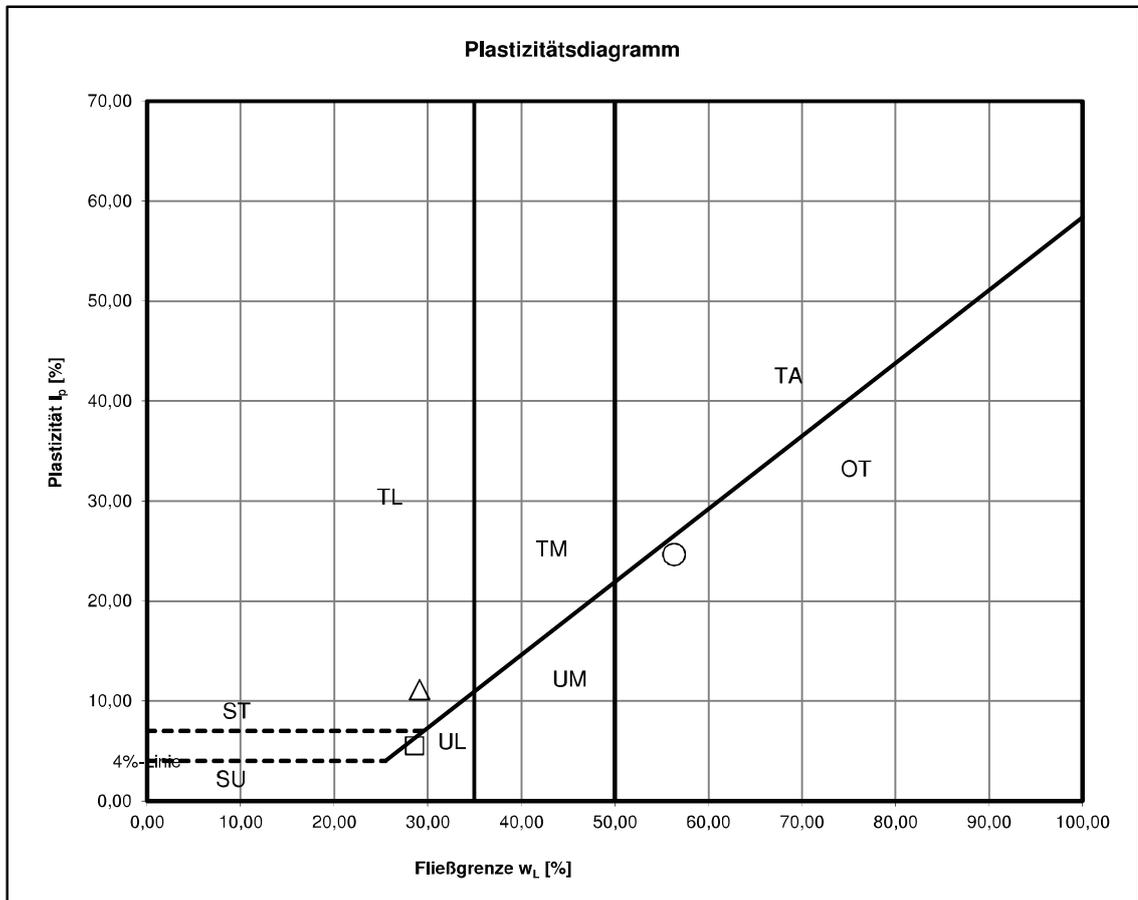
Zustandsform



Plastizitätsbereich ($w_L - w_P$) und natürlicher Wassergehalt (w_N) in %

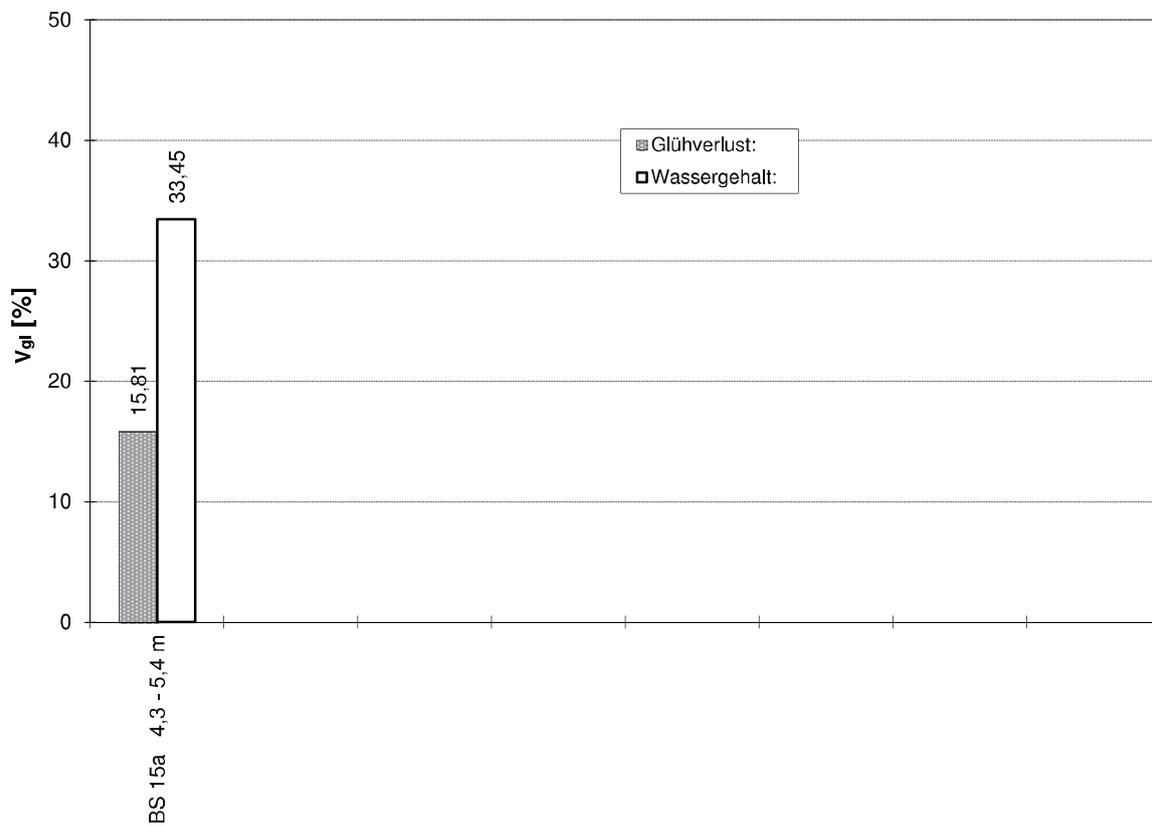


Plastizitätsdiagramm



Bestimmung des Glühverlustes

| Entnahmestelle | von | bis | Bodenart | Wassergehalt | Glühverlust |
|----------------|------|------|------------|--------------|-------------|
| BS 15a | 4,30 | 5,40 | T u' o stf | 33,45 | 15,81 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |





Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
Institut für Geotechnik
Heidengaß 16
76356 Weingarten
Tel. 07244 / 7013 - 0 Fax -17
email: info@kaercher-geotechnik.de



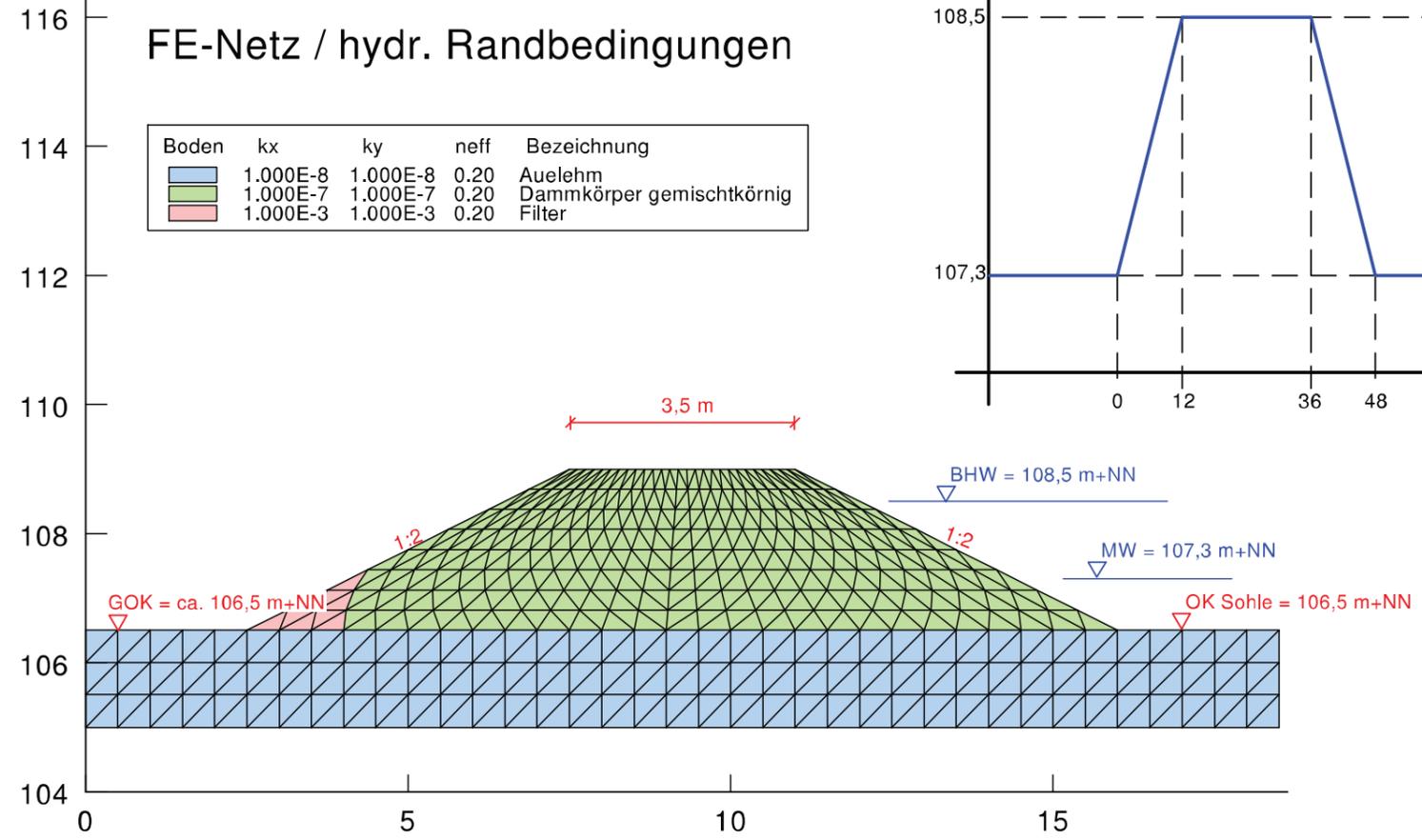
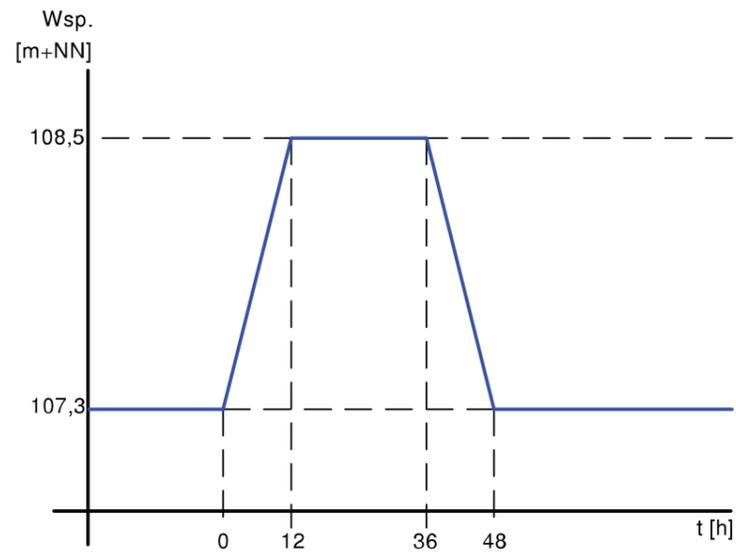
Ausbau des Leimbaches
Leimbachunterlauf, Bach-km 14+497 - 21+270

Untergrundhydraulische Nachweise: Instationäre Sickerlinie
Erkundung 2012: Profil 10, Bach-km 19+929
BHW = 108,49 m+NN, MW = 107,29 m+NN, $k = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s

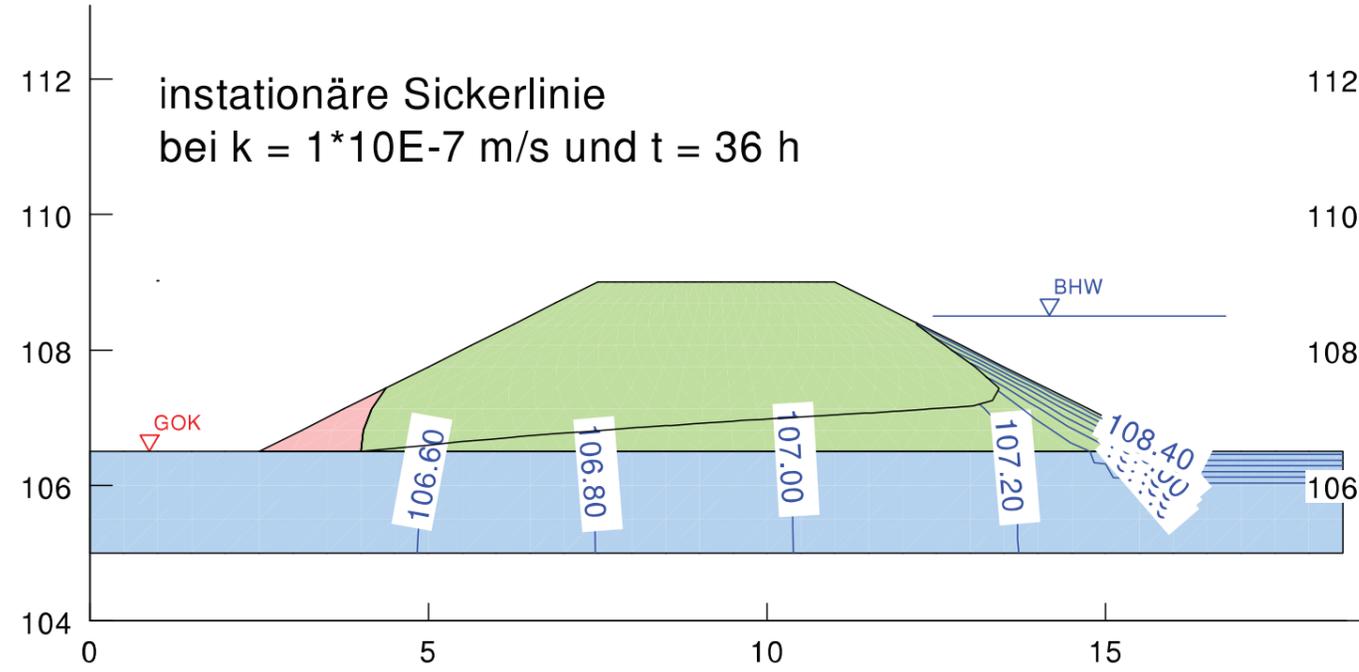
| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c | 4.2 | 1 : 100 | 15.02.13 | He | He |
| Nr. | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

FE-Netz / hydr. Randbedingungen

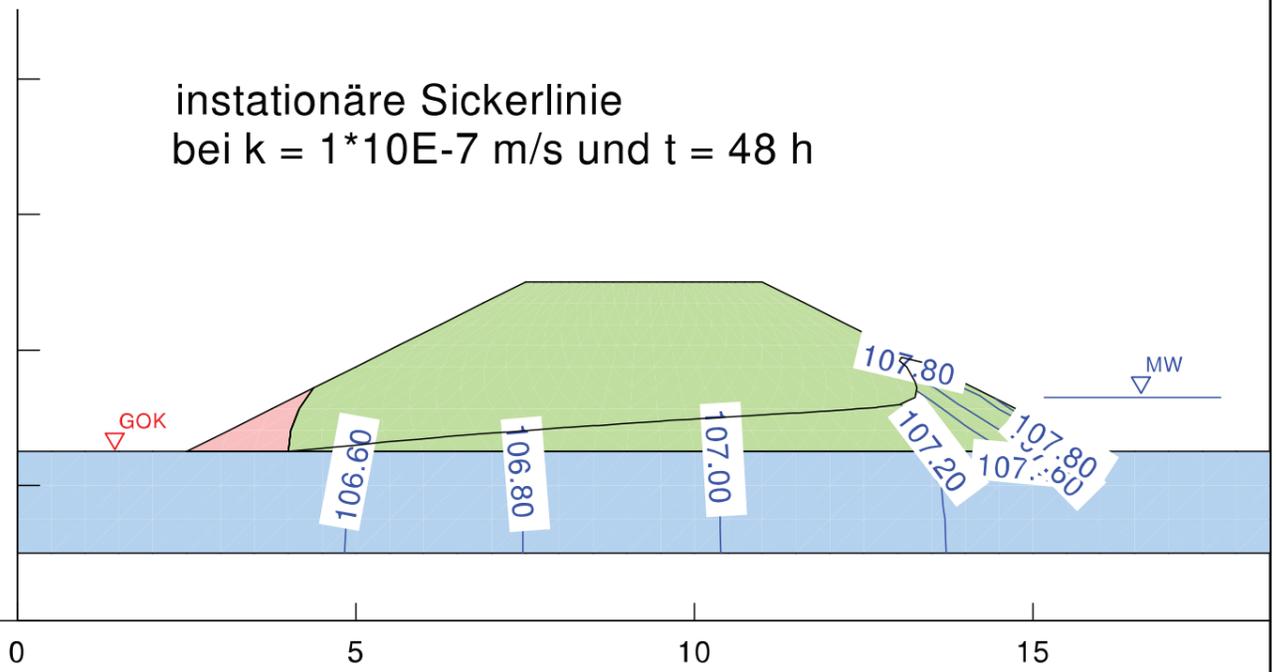
| Boden | k_x | k_y | n_{eff} | Bezeichnung |
|-------|----------|----------|-----------|---------------------------|
| | 1.000E-8 | 1.000E-8 | 0.20 | Auelehm |
| | 1.000E-7 | 1.000E-7 | 0.20 | Dammkörper gemischtkörnig |
| | 1.000E-3 | 1.000E-3 | 0.20 | Filter |



instationäre Sickerlinie
bei $k = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s und $t = 36$ h



instationäre Sickerlinie
bei $k = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s und $t = 48$ h

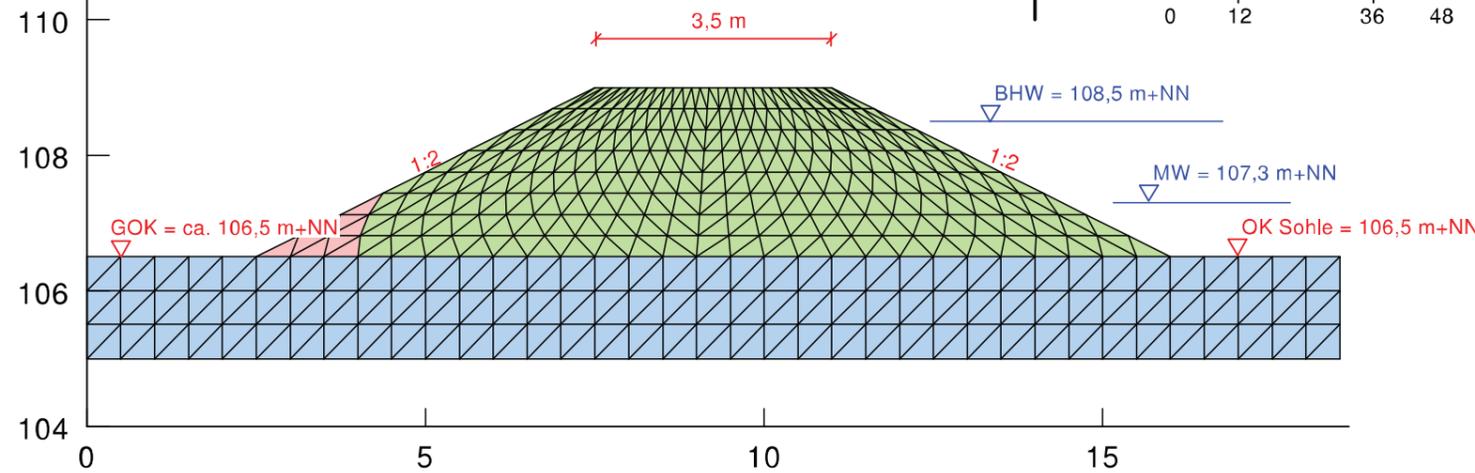
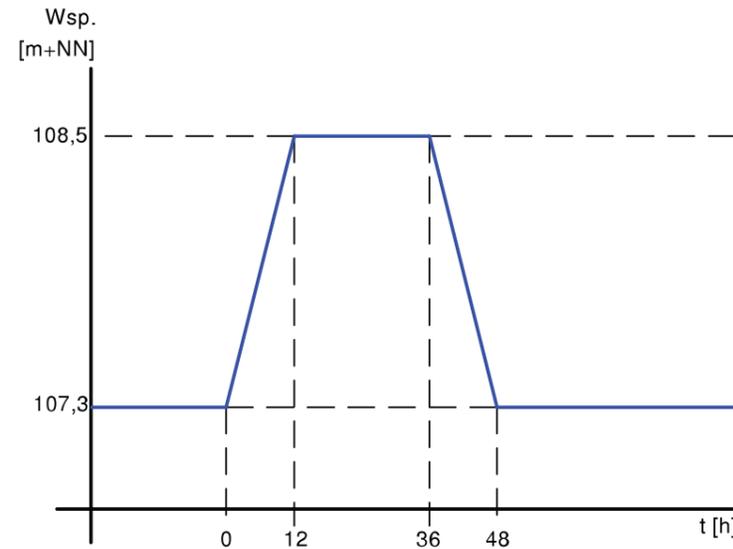




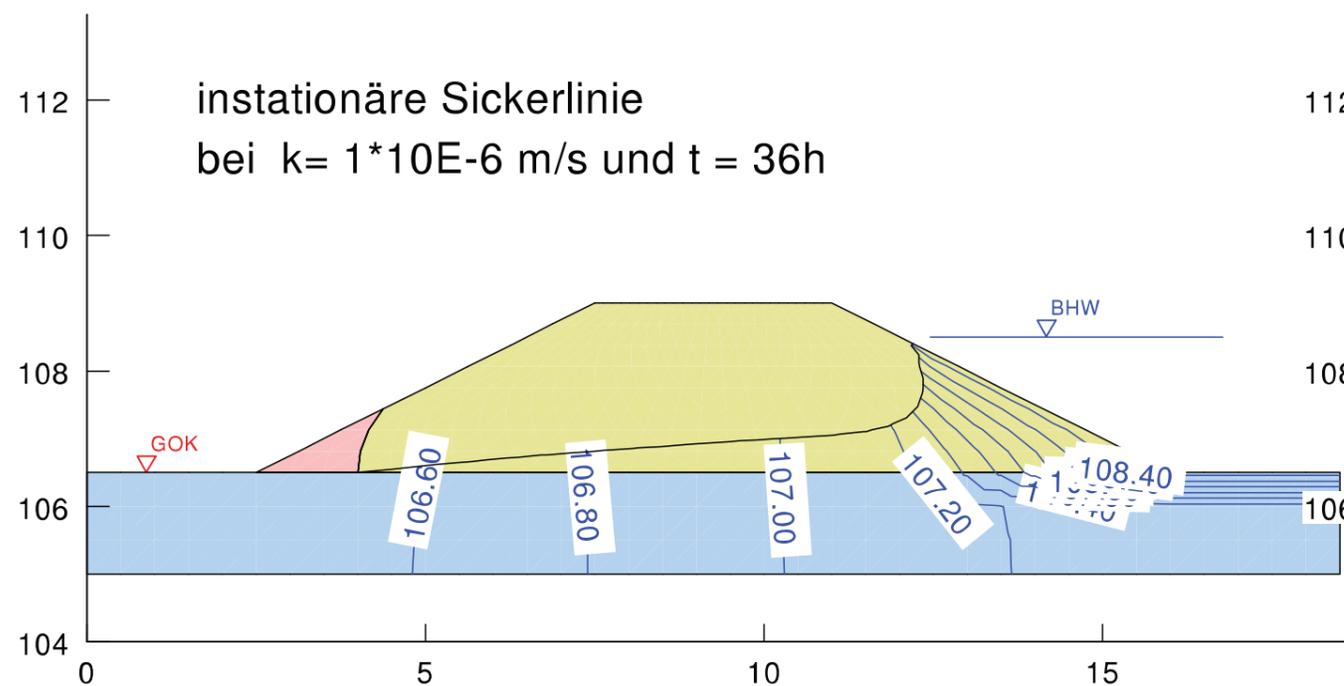
| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c | 4,3 | 1 : 100 | 15.02.13 | He | He |
| Nr. | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

FE-Netz / hydr. Randbedingungen

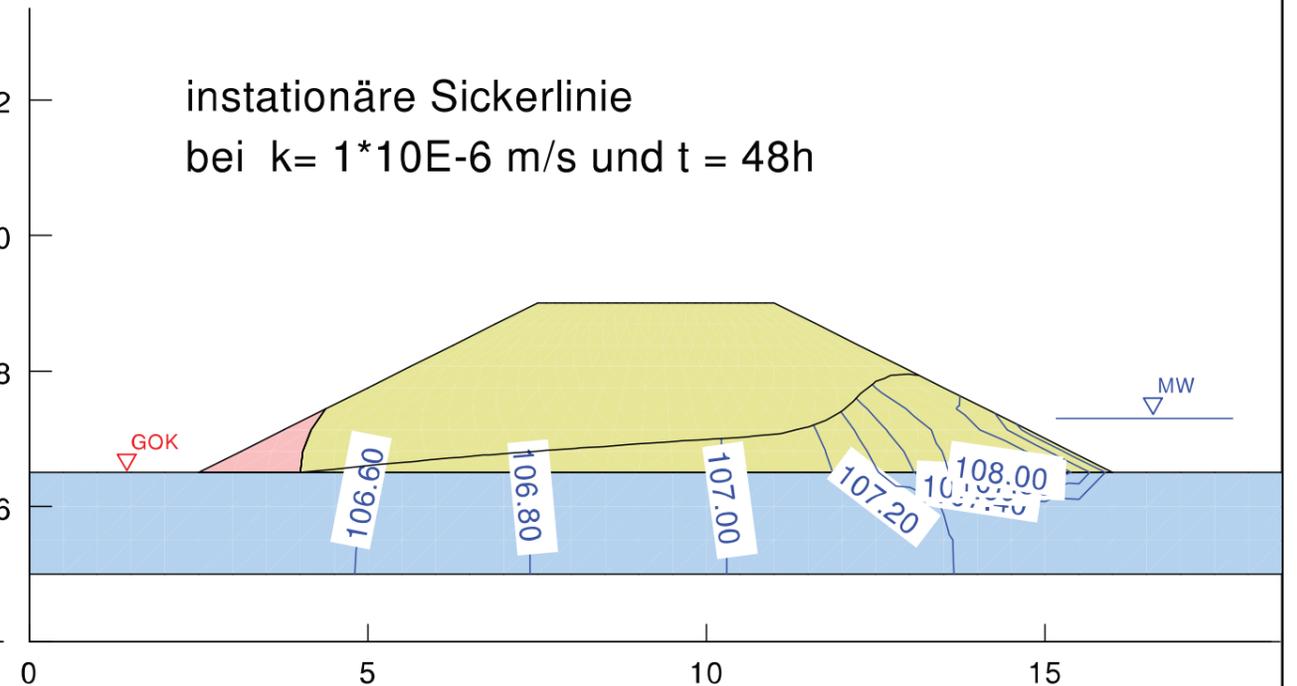
| Boden | k_x | k_y | n_{eff} | Bezeichnung |
|-------|----------|----------|-----------|---------------------------|
| | 1.000E-8 | 1.000E-8 | 0.20 | Auelehm |
| | 1.000E-6 | 1.000E-6 | 0.20 | Dammkörper gemischtkörnig |
| | 1.000E-3 | 1.000E-3 | 0.20 | Filter |



instationäre Sickerlinie
bei $k = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s und $t = 36$ h

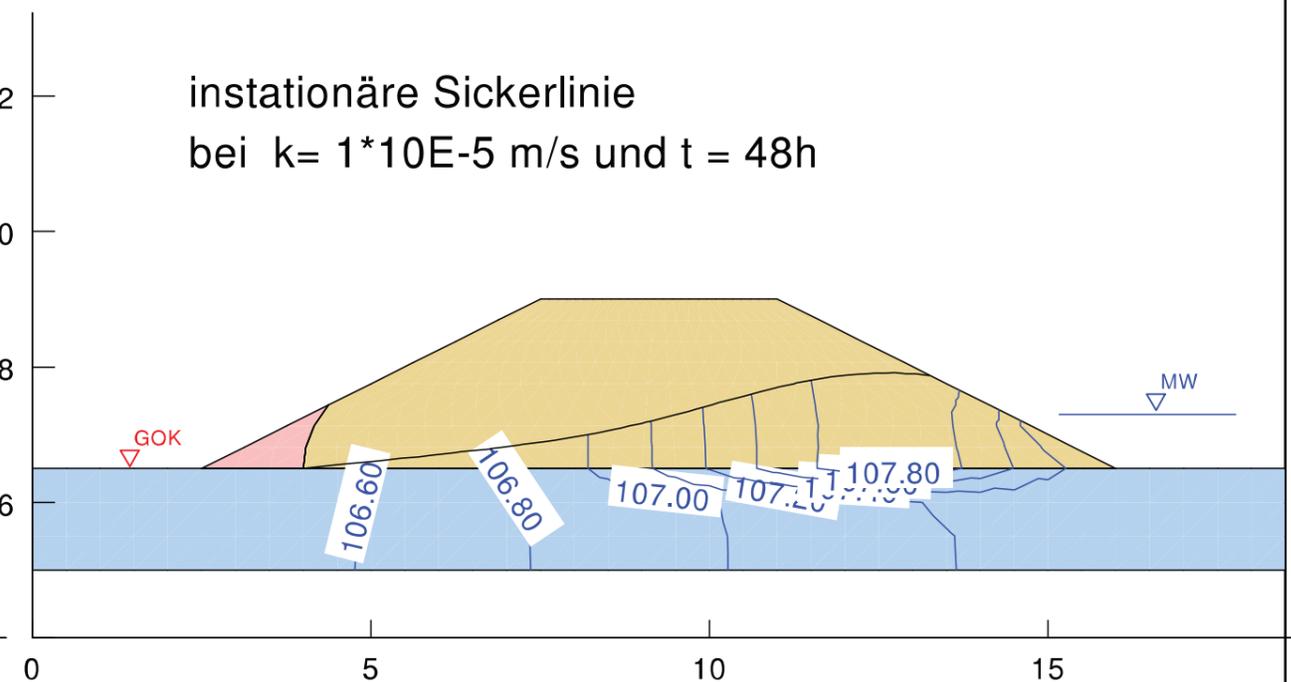
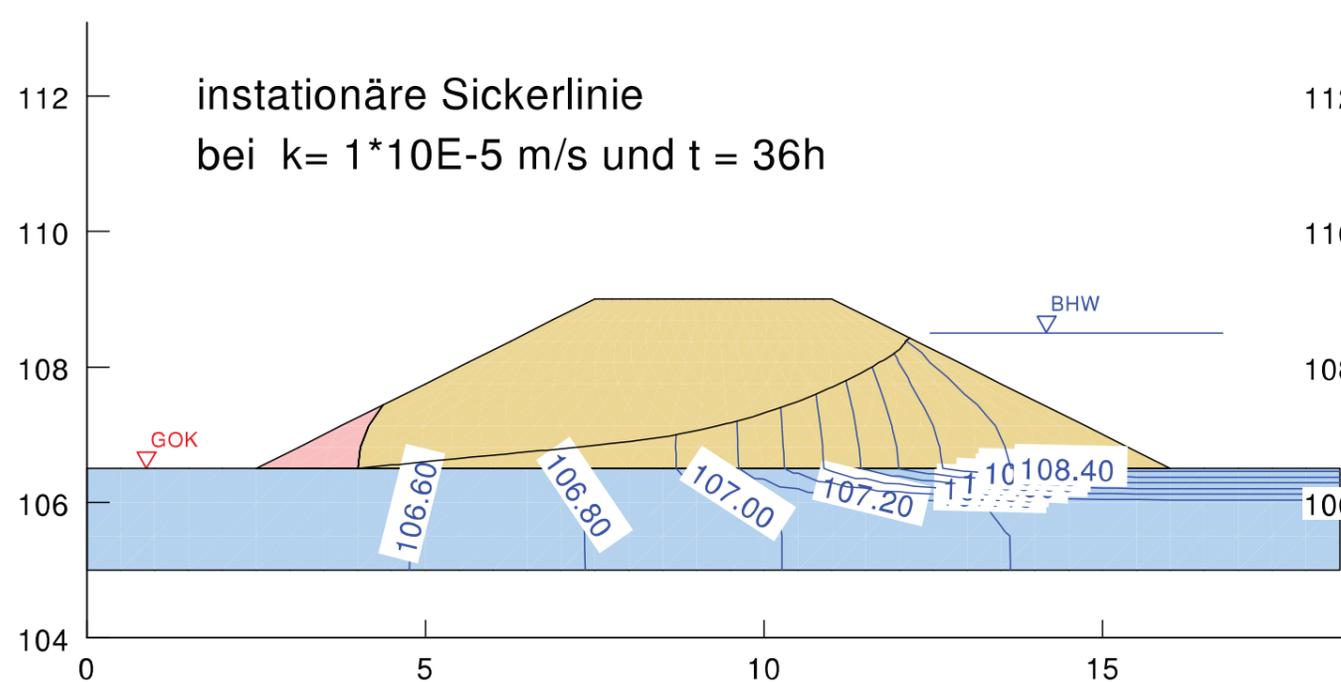
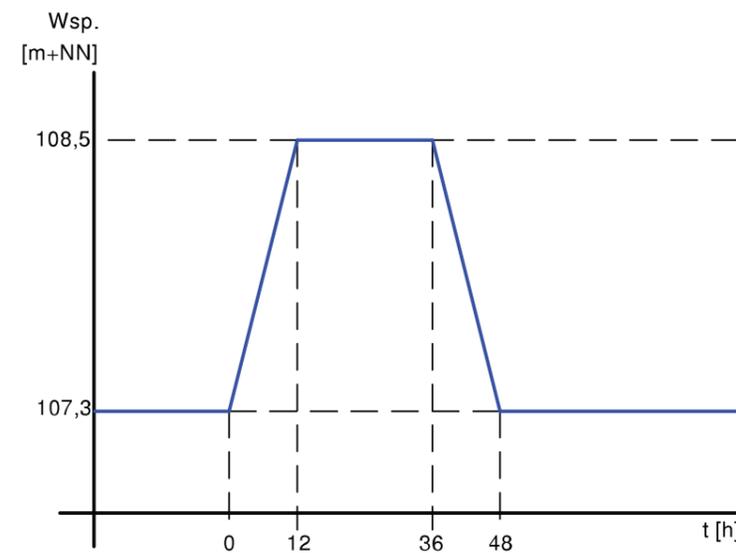
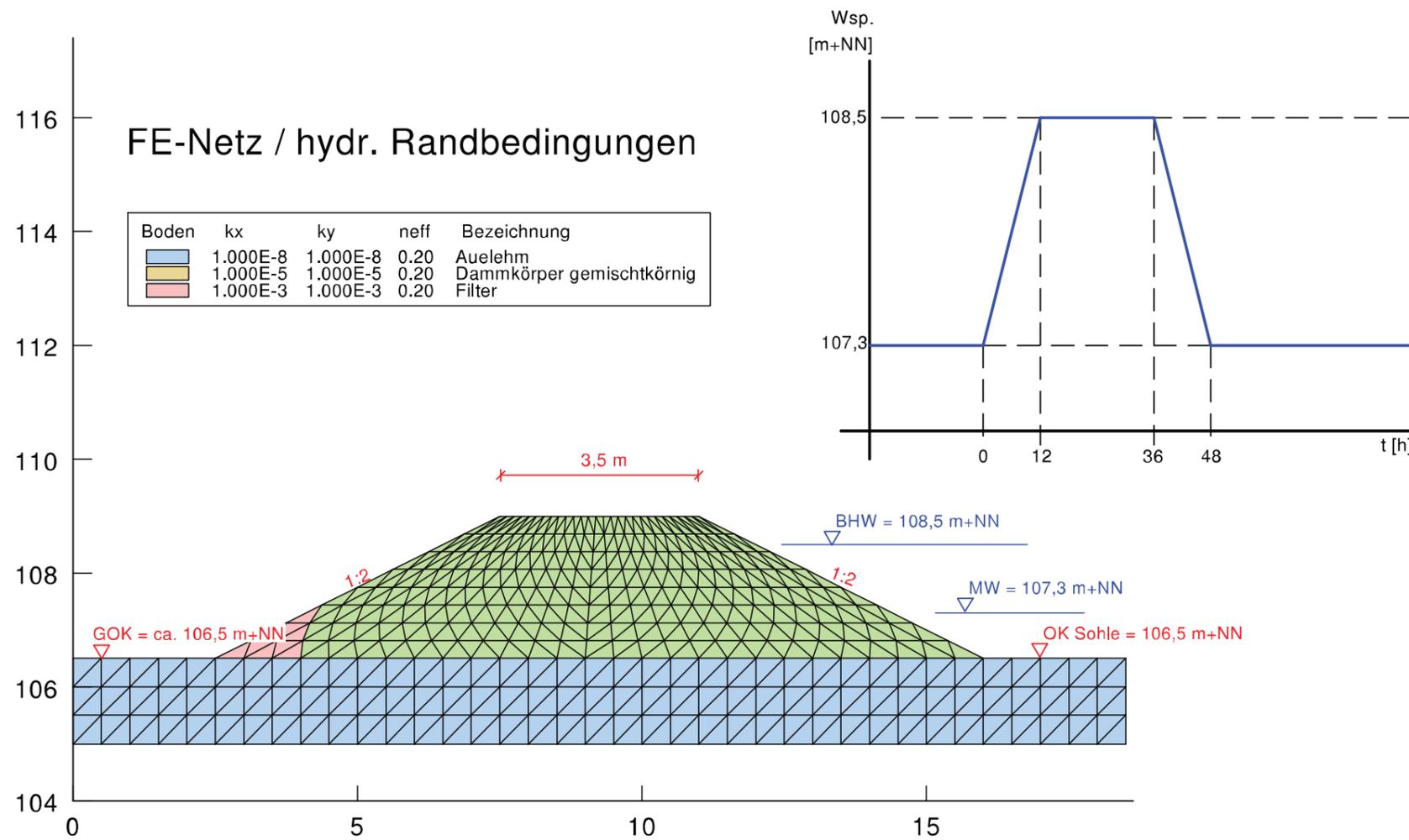


instationäre Sickerlinie
bei $k = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s und $t = 48$ h





| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c | 4.4 | 1 : 100 | 15.02.13 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |



Regierungspräsidium
Karlsruhe

Abteilung 5 - Umwelt / Referat 53.1



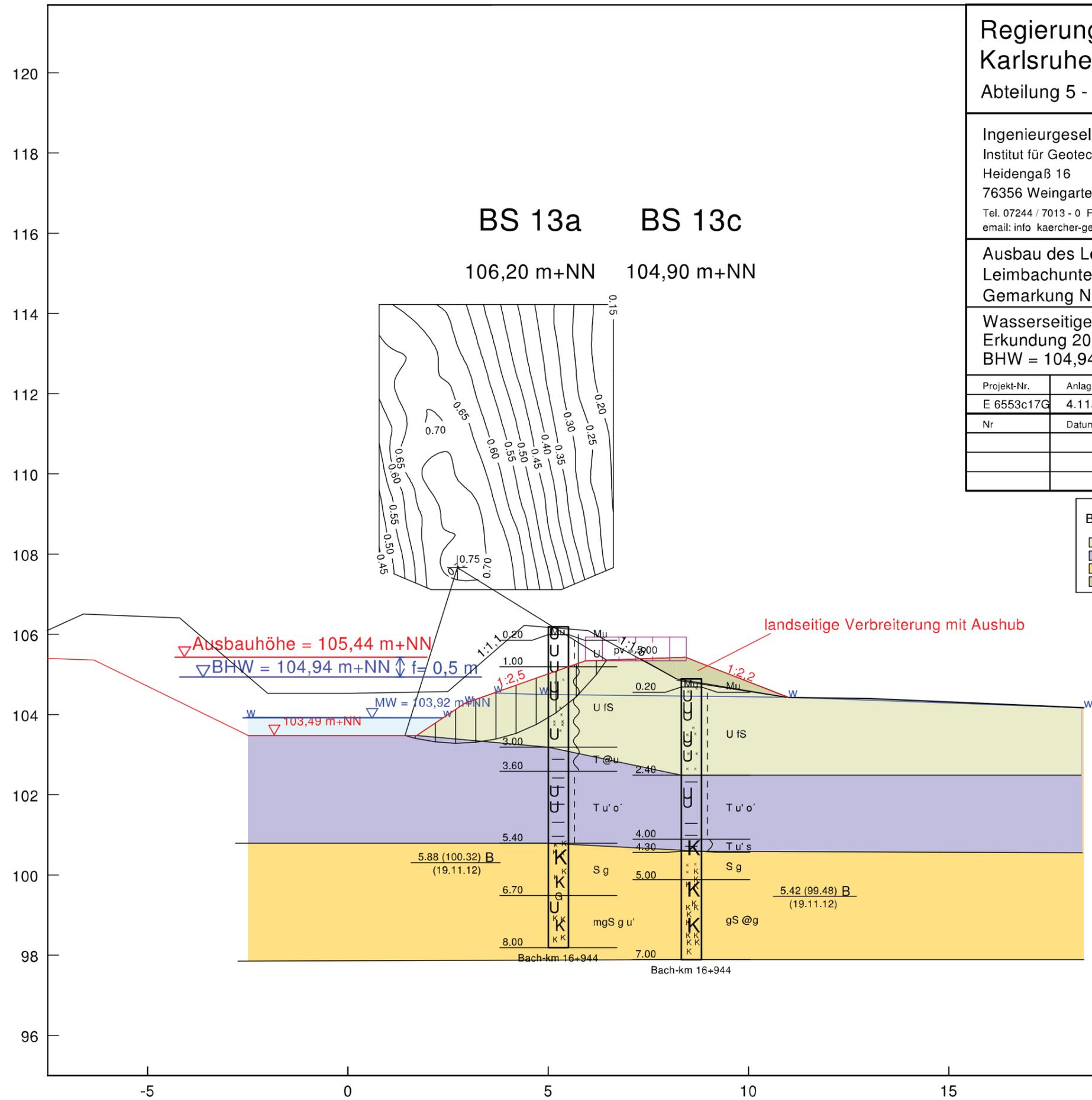
Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
Institut für Geotechnik
Heidengaß 16
76356 Weingarten
Tel. 07244 / 7013 - 0 Fax -17
email: info@kaercher-geotechnik.de



Ausbau des Leimbaches
Leimbachunterlauf, Bach-km 14+497 - 21+270
Gemarkung Nußloch, St. Ilgen und Sandhausen

Wasserseitige Standsicherheit Bemessungssituation BS-P
Erkundung 2012: Profil 13, Bach-km 16+944
BHW = 104,94 m+NN, MW = 103,92 m+NN

| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c17G | 4.11a | 1 : 100 | 01.08.14 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |



| Boden | ϕ_k [°] | c_k [kN/m ²] | γ_k [kN/m ³] | Bezeichnung |
|---------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| [Light Green] | 27.50 | 3.00 | 20.00 | UL wch-stf |
| [Light Blue] | 22.50 | 4.00 | 20.00 | OT stf |
| [Yellow] | 32.50 | 0.00 | 19.00 | SE |
| [Light Green] | 27.50 | 4.00 | 20.00 | Verbreiterung mit Aushub |

Vermessung: IB Wald & Corbe, Hügelsheim
Porenwasserdruck bei $k = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s
 $\mu_{max} = 0.75$
 $x_m = 2.73$ m
 $y_m = 107.67$ m
 $R = 4.38$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Datei: 6553c17G_13a.boe

Regierungspräsidium
Karlsruhe

Abteilung 5 - Umwelt / Referat 53.1



Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH

Institut für Geotechnik

Heidengaß 16

76356 Weingarten

Tel. 07244 / 7013 - 0 Fax -17

email: info@kaercher-geotechnik.de



Ausbau des Leimbaches

Leimbachunterlauf, Bach-km 14+497 - 21+270

Gemarkung Nußloch, St. Ilgen und Sandhausen

Landseitige Standsicherheit Bemessungssituation BS-P

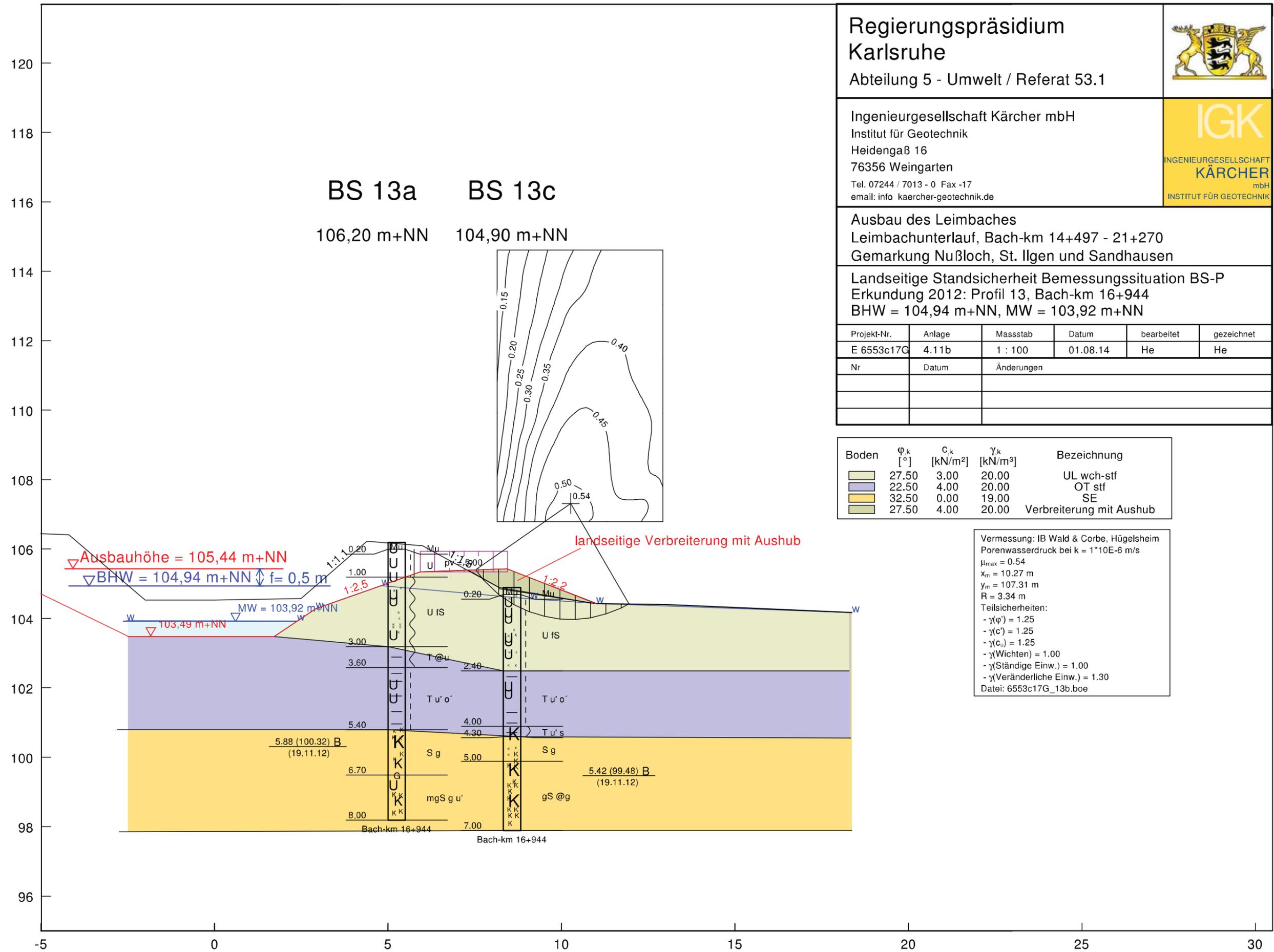
Erkundung 2012: Profil 13, Bach-km 16+944

BHW = 104,94 m+NN, MW = 103,92 m+NN

| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c17G | 4.11b | 1 : 100 | 01.08.14 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| Boden | ϕ_k [°] | c_k [kN/m ²] | γ_k [kN/m ³] | Bezeichnung |
|-------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| | 27.50 | 3.00 | 20.00 | UL wch-stf |
| | 22.50 | 4.00 | 20.00 | OT stf |
| | 32.50 | 0.00 | 19.00 | SE |
| | 27.50 | 4.00 | 20.00 | Verbreiterung mit Aushub |

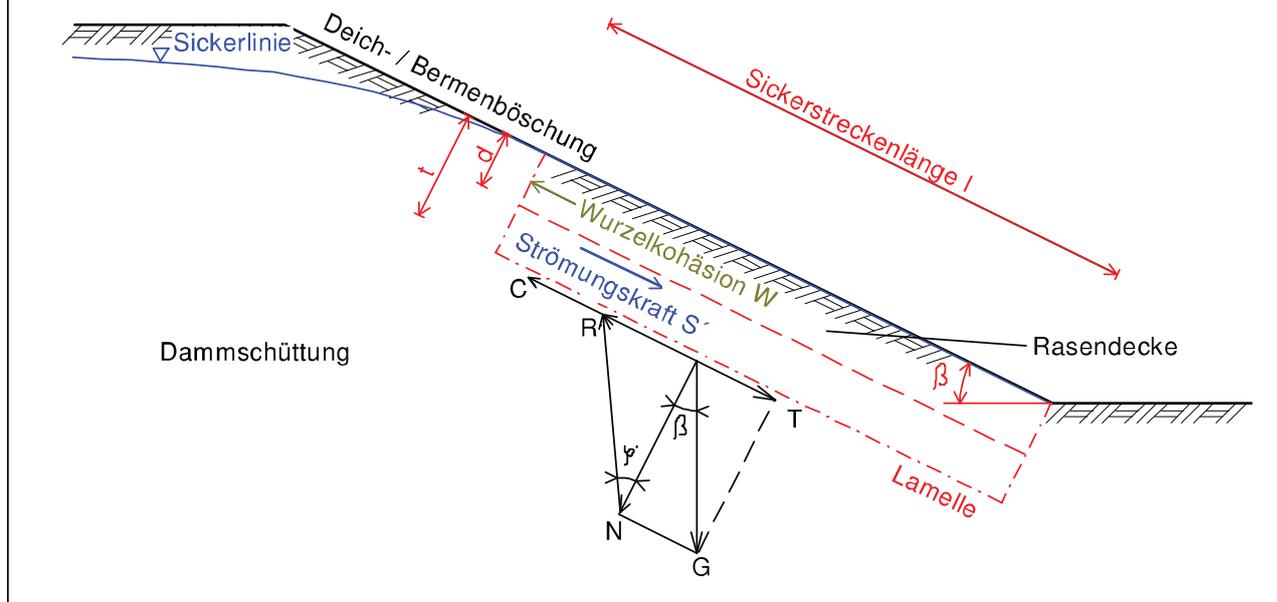
Vermessung: IB Wald & Corbe, Hügelsheim
Porenwasserdruck bei $k = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s
 $\mu_{max} = 0.54$
 $x_m = 10.27$ m
 $y_m = 107.31$ m
 $R = 3.34$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Datei: 6553c17G_13b.boe



Standicherheit in der Sickerstrecke

nach DIN 1054:2010-12

Systemskizze (unmaßstäblich)



vorhandener Ausnutzungsgrad in der Sickerstrecke für den Grenzzustand 1A:

$$\mu_{\text{vorh}} = \frac{t \cdot \gamma_W \cdot \sin\beta \cdot \gamma_H + (d \cdot \gamma'_{k, \text{Mubo}} + (t-d) \cdot \gamma'_k) \cdot \sin\beta \cdot \gamma_{G, \text{dstb}}}{((d \cdot \gamma'_{k, \text{Mubo}} + (t-d) \cdot \gamma'_k) \cdot \cos\beta \cdot \tan\phi_k + c_k + \frac{w_k \cdot d}{l}) \cdot \gamma_{G, \text{stb}}}$$

nach DIN 1054:2010-12 erforderliche Teilsicherheitsbeiwerte im Grenzzustand 1A:

| | LF 1 | LF 2 | LF 3 | Gewählt: | | |
|--|---------------------------|------|------|----------|-----------------------------|----------|
| günstige ständige Einwirkungen: | $\gamma_{G, \text{stb}}$ | 0,90 | 0,90 | 0,95 [-] | $\gamma_{G, \text{stb}} =$ | 0,95 [-] |
| ungünstige ständige Einwirkungen: | $\gamma_{G, \text{dstb}}$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 [-] | $\gamma_{G, \text{dstb}} =$ | 1,00 [-] |
| Strömungskraft bei günstigem Untergrund: | γ_H | 1,35 | 1,30 | 1,20 [-] | $\gamma_H =$ | 1,20 [-] |
| Strömungskraft bei ungünstigem Untergrund: | γ_H | 1,80 | 1,60 | 1,35 [-] | | |

charakteristische Bodenkennwerte, Böschungsgeometrie

| | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------|------|----------------------|-----------------------------|------------------------------|------|----------------------|--|
| Böschungsneigung | 1: | 2,0 | [-] | $\beta:$ | 26,57 | ° | | |
| Reibungswinkel | $\phi_k =$ | 27,5 | [°] | | | | | |
| Kohäsion | $c_k =$ | 4,0 | [kN/m ²] | Auftriebswichte Mutterboden | $\gamma'_{k, \text{Mubo}} =$ | 8,0 | [kN/m ³] | |
| Auftriebswichte Boden | $\gamma'_k =$ | 11,0 | [kN/m ³] | Wurzelkohäsion Mutterboden | $w_k =$ | 4,0 | [kN/m ²] | |
| Wichte Wasser | $\gamma_{W, k} =$ | 10,0 | [kN/m ³] | Mächtigkeit Mutterboden | $d =$ | 0,20 | [m] | |
| | | | | Länge der Sickerstrecke | $l =$ | 1,50 | [m] | |

(nach Schaffernack, 1917)

Ausnutzungsgrad in Abhängigkeit der Mächtigkeit t der Rutschung

| | t [m] | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 |
|-------------------------------------|-----------------------|------|------|------|------|
| Mächtigkeit | t [m] | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,60 |
| Volumen Lamelle | V [m ³ /m] | 0,45 | 0,60 | 0,75 | 0,90 |
| Strömungskraft, charakteristisch | S'_k [kN/m] | 2,01 | 2,68 | 3,35 | 4,02 |
| Gewicht Lamelle | G [kN/m] | 4,05 | 5,70 | 7,35 | 9,00 |
| Hangabtriebskraft, charakteristisch | T_k [kN/m] | 1,81 | 2,55 | 3,29 | 4,02 |
| Reibungskraft | R_k [kN/m] | 1,89 | 2,65 | 3,42 | 4,19 |
| Kohäsionskraft, Schüttung | C_k [kN/m] | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 6,00 |
| Kohäsionskraft, Wurzeln | W_k [kN/m] | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,80 |
| Ausnutzungsgrad n. DIN 1054:2010-12 | μ [-] | 0,51 | 0,64 | 0,75 | 0,85 |
| Standicherheit n. DIN 1054:1976-11 | η [-] | 2,27 | 1,81 | 1,54 | 1,37 |

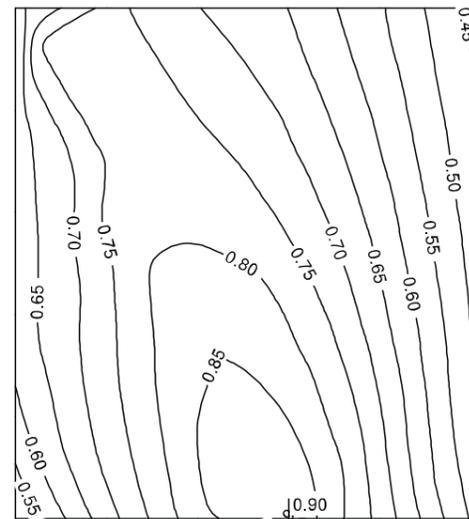


Ausbau des Leimbaches
Leimbachunterlauf, Bach-km 14+497 - 21+270
Gemarkung Nußloch, St. Ilgen und Sandhausen

Wasserseitige Standsicherheit Bemessungssituation BS - P
Erkundung 2012: Profil 15, Bach-km 16+272
BHW = 104,48 m+NN, MW = 103,50 m+NN

| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c17G | 4.12a | 1 : 100 | 01.08.14 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

120
118
116
114
112
110
108
106
104
102
100
98
96



BS 15a
106,15 m+NN

Dammverteidigung und Unterhaltung nicht möglich !

BS 15c

104,70 m+NN

Ausbauhöhe = 104,98 m+NN

BHW = 104,48 m+NN $f = 0,58^\circ$

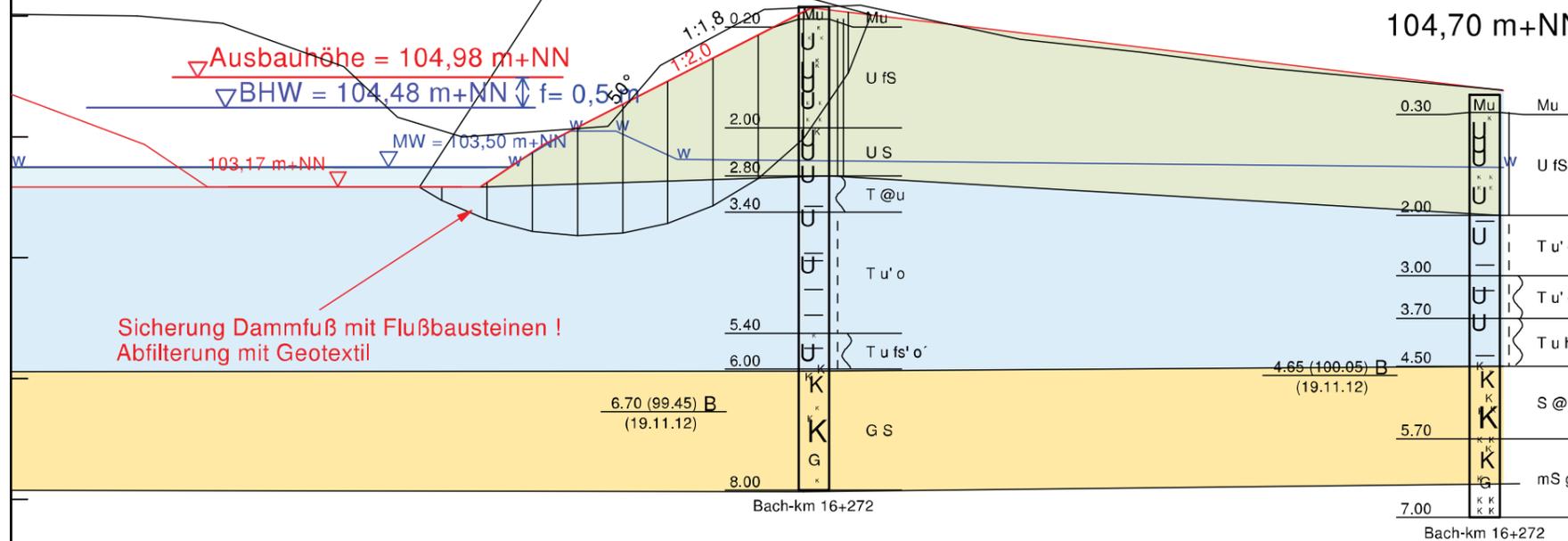
MW = 103,50 m+NN

103,17 m+NN

Sicherung Dammfuß mit Flußbausteinen !
Abfilterung mit Geotextil

| Boden | φ_k [°] | c_k [kN/m ²] | γ_k [kN/m ³] | Bezeichnung |
|---------|--------------------|-------------------------------|------------------------------------|---------------|
| UL | 27.50 | 3.00 | 20.00 | UL stf - hfst |
| OT | 20.00 | 4.00 | 18.00 | OT wch - stf |
| GW / SE | 35.00 | 0.00 | 20.00 | GW / SE |

Vermessung: IB Wald & Corbe, Hügelsheim
Porenwasserdruck bei $k = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s
 $\mu_{max} = 0.90$
 $x_m = 1.97$ m
 $y_m = 107.32$ m
 $R = 4.95$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Datei: 6553c17G_15a.boe



-5

0

5

10

15

20

25

Regierungspräsidium
Karlsruhe

Abteilung 5 - Umwelt / Referat 53.1



Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
Institut für Geotechnik
Heidengaß 16
76356 Weingarten
Tel. 07244 / 7013 - 0 Fax -17
email: info@kaercher-geotechnik.de



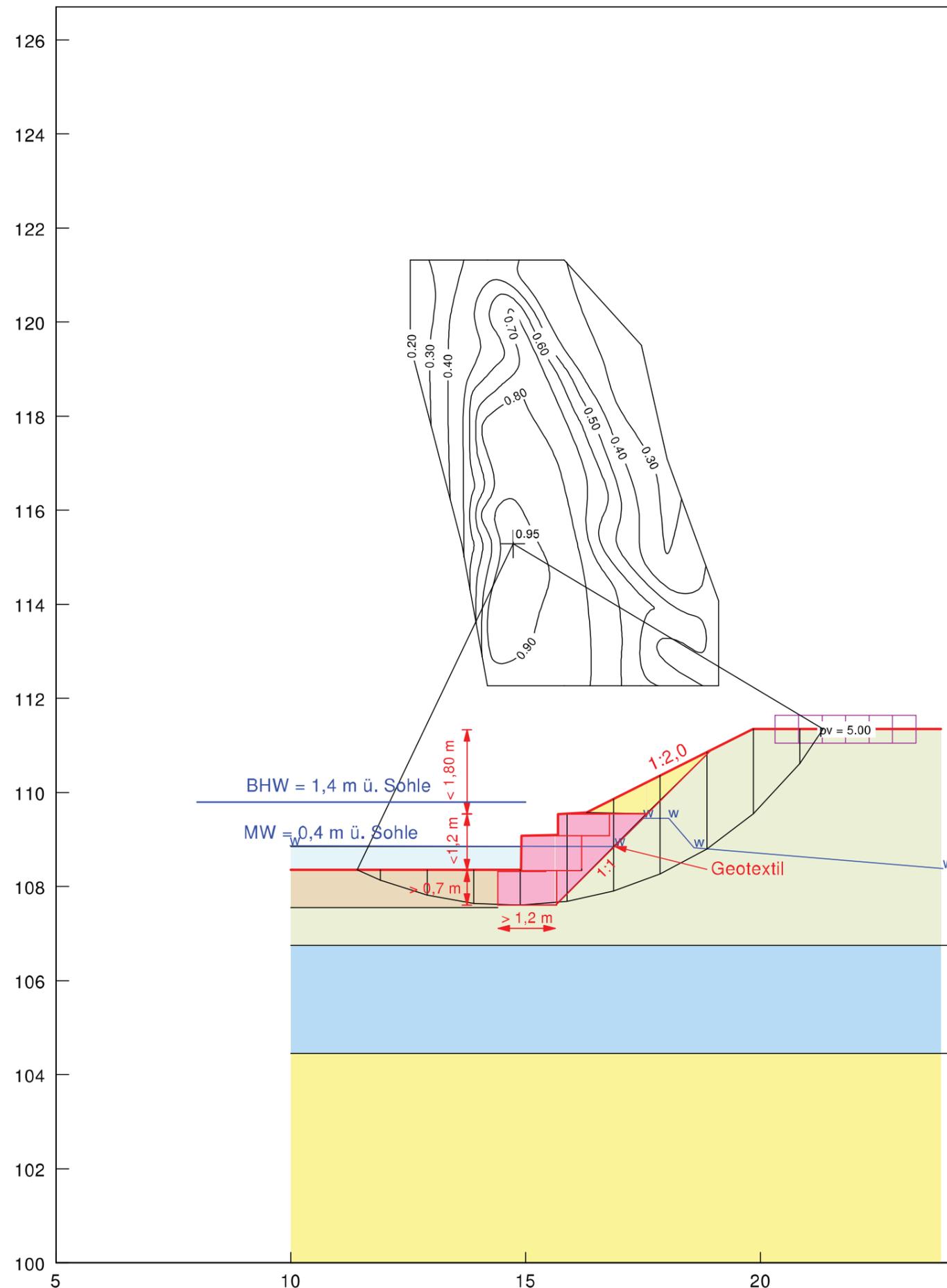
Ausbau des Leimbaches
Leimbachunterlauf, Bach-km 14+497 - 21+270
Gemarkung Nußloch, St. Ilgen und Sandhausen

Wasserseitige Standsicherheit Bemessungssituation BS-P
Regelprofil für Blocksteinsatz unter Generalneigung 45°
BHW = ca. 1,4 m ü. Bachsohle, MW = ca. 0,4 m ü. Bachsohle

| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c17G | 4.13 | 1 : 100 | 01.08.14 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| Boden | ϕ_k [°] | c_k [kN/m²] | γ_k [kN/m³] | Bezeichnung |
|---------------|-----------------|------------------|-----------------------|--------------------------------|
| [Yellow] | 35.00 | 0.00 | 19.00 | Hinterfüllung oberhalb |
| [Pink] | 40.00 | 80.00 | 23.00 | Blocksteinsatz mit Hinterfüllu |
| [Brown] | 20.00 | 0.00 | 15.00 | Bachsohle |
| [Light Green] | 27.50 | 2.00 | 20.00 | obhalb Ggründungssohle |
| [Light Blue] | 27.50 | 2.00 | 20.00 | unterhalb gründungssohle |
| [Yellow] | 35.00 | 0.00 | 20.00 | Kiessandaquifer |

Regelprofil, Blocksteinsatz mit Neigung 45°
Porenwassersruck bei $k = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s
 $\mu_{max} = 0.95$
 $x_m = 14.73$ m
 $y_m = 115.28$ m
 $R = 7.69$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Datei: 6553c17G_An1413.boe



Regierungspräsidium
Karlsruhe

Abteilung 5 - Umwelt / Referat 53.1



Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH

Institut für Geotechnik

Heidengaß 16

76356 Weingarten

Tel. 07244 / 7013 - 0 Fax -17

email: info@kaercher-geotechnik.de



Ausbau des Leimbaches

Leimbachunterlauf, Bach-km 14+497 - 21+270

Gemarkung Nußloch, St. Ilgen und Sandhausen

Wasserseitige Standsicherheit Bemessungssituation BS-P

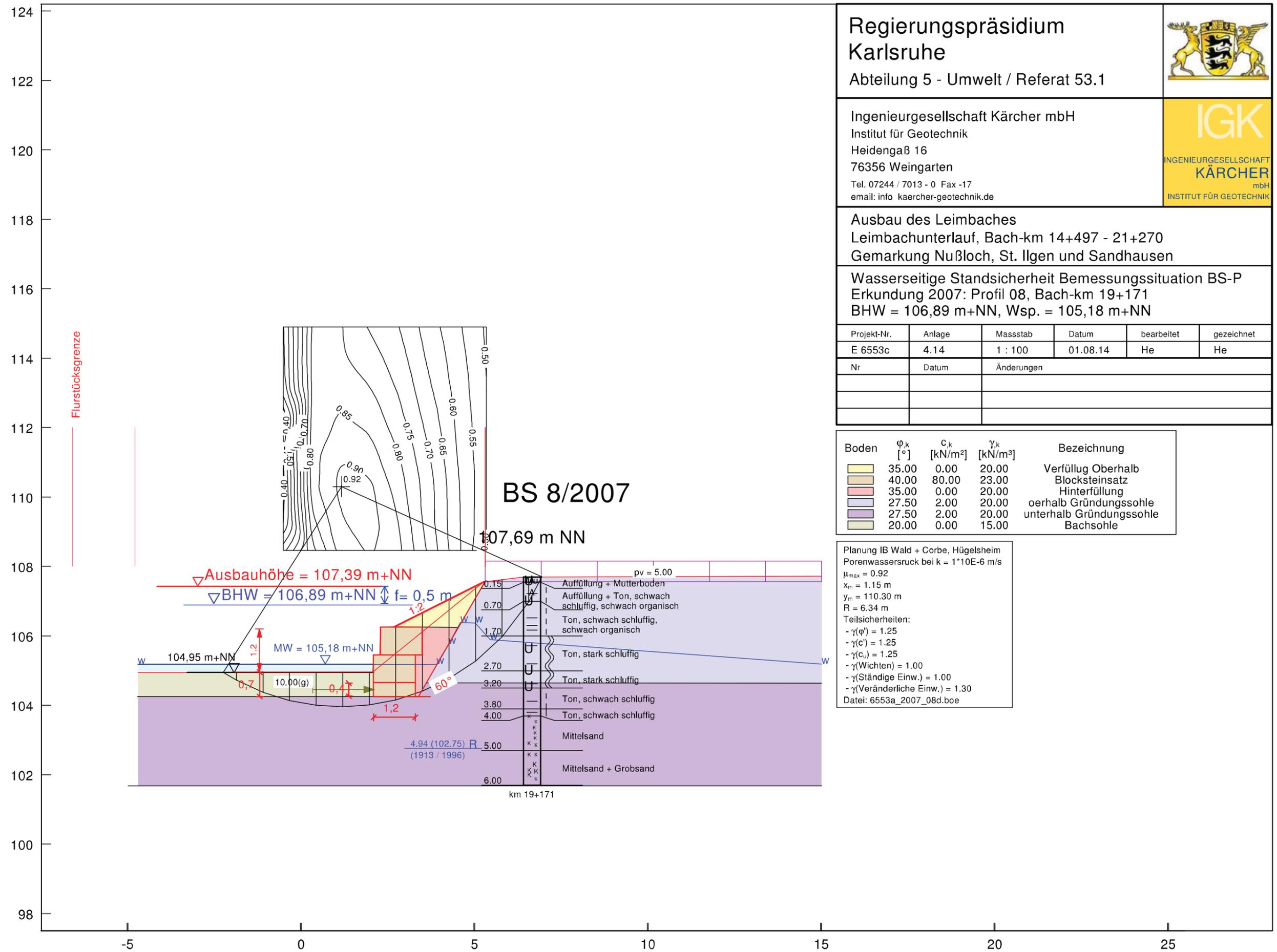
Erkundung 2007: Profil 08, Bach-km 19+171

BHW = 106,89 m+NN, Wsp. = 105,18 m+NN

| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c | 4.14 | 1 : 100 | 01.08.14 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| Boden | ϕ_k [°] | c_k [kN/m ²] | γ_k [kN/m ³] | Bezeichnung |
|-------|-----------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| | 35.00 | 0.00 | 20.00 | Verfüllung Oberhalb |
| | 40.00 | 80.00 | 23.00 | Blocksteinsatz |
| | 35.00 | 0.00 | 20.00 | Hinterfüllung |
| | 27.50 | 2.00 | 20.00 | oerhalb Gründungssohle |
| | 27.50 | 2.00 | 20.00 | unterhalb Gründungssohle |
| | 20.00 | 0.00 | 15.00 | Bachsohle |

Planung IB Wald + Corbe, Hügelsheim
Porenwassersruck bei $k = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s
 $\mu_{max} = 0.92$
 $x_m = 1.15$ m
 $y_m = 110.30$ m
 $R = 6.34$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Datei: 6553a_2007_08d.boe



BS 8/2007

107,69 m NN

Ausbauhöhe = 107,39 m+NN

BHW = 106,89 m+NN $f = 0,5$ m

MW = 105,18 m+NN

104,95 m+NN

km 19+171

4.94 (102.75) R 5.00
(1913 / 1996)

Regierungspräsidium
Karlsruhe

Abteilung 5 - Umwelt / Referat 53.1



Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH
Institut für Geotechnik
Heidengaß 16
76356 Weingarten
Tel. 07244 / 7013 - 0 Fax -17
email: info@kaercher-geotechnik.de



Ausbau des Leimbaches
Leimbachunterlauf, Bach-km 14+497 - 21+270
Gemarkung Nußloch, St. Ilgen und Sandhausen

Wasserseitige Standsicherheit Bemessungssituation BS-P
Erkundung 2007: Profil 04, Bach-km 17+346
BHW = 105,18 m+NN, Wsp. = 104,08 m+NN

| Projekt-Nr. | Anlage | Massstab | Datum | bearbeitet | gezeichnet |
|-------------|--------|------------|----------|------------|------------|
| E 6553c | 4.15 | 1 : 100 | 01.08.13 | He | He |
| Nr | Datum | Änderungen | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| Boden | ϕ_k [°] | c_k [kN/m²] | γ_k [kN/m³] | Bezeichnung |
|-------------------|--------------|---------------|--------------------|--------------------------|
| [Light Green] | 30.00 | 0.00 | 20.00 | Hinterfüllung oberhalb |
| [Light Orange] | 40.00 | 80.00 | 23.00 | Blocksteinsatz |
| [Light Yellow] | 35.00 | 0.00 | 20.00 | Hinterfüllung |
| [Light Blue] | 20.00 | 0.00 | 15.00 | Bachsohle |
| [Light Purple] | 27.50 | 2.00 | 20.00 | oberhalb Gründungssohle |
| [Light Blue-Gray] | 27.50 | 2.00 | 20.00 | unterhalb Gründungssohle |
| [Yellow] | 35.00 | 0.00 | 20.00 | Kiessandaquifer |

Vermessung: IB Wald + Corbe, Hügelsheim
Porenwasserdruck bei $k = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s
 $\mu_{max} = 0.98$
 $x_m = -0.85$ m
 $y_m = 107.04$ m
 $R = 4.47$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Datei: 6553a_2007_04b.boe

