

Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH · Heidengaß 16 · 76356 Weingarten (Baden)

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. Gotthel
Dipl.-Geol. D. Klaiber
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 6553d13G

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

Datum
28. August 2015

GEOTECHNISCHE STELLUNGNAHME

Ausbau des Leimbaches Leimbachunterlauf Bach-km 16+651 – 16+662 Brückenbauwerk Nr. 6618-577

Projekt-Nr.: E6553d13G

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

Angebot: vom 20.01.2015

Auftrag: -

Anlagen:

Lageplan	1
Untergrundaufbau	2
Laboruntersuchungen	-
erdstatische Berechnungen	4.1 - 4.2
Ausbauskizze IB Wald + Corbe	

<u>Inhalt:</u>	1. Vorbemerkungen
	2. Unterlagen
	3. Geplante Baumaßnahme
	4. Baugrund
	5. Ausführungsempfehlungen / Standsicherheitsnachweise

1. Vorbemerkungen

Für den Ausbau des Leimbachunterlaufes, Bach - km 14+742 - 21+270 wurden von der Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH, Weingarten, die geotechnischen Gutachten E 6553c23G und E 6553c22G vom 14./ 15. Januar 2015 erarbeitet, in welchen allgemeine Ausbauempfehlungen und zugehörige Standsicherheitsnachweise für Regelquerschnitte der Leimbachdämme bei einer Sohltieferlegung des Bachlaufes erarbeitet wurden.

Die vorliegende Stellungnahme bezieht sich auf die erforderlichen Sicherungs- bzw. Unterfangungsarbeiten des Brückenbauwerkes im Bereich von Bach-km 16+651 – 16+662. Das Brückenbauwerk besitzt die Brücken - Nummer 6618 -577 und befindet sich auf der Gemarkungsgrenze zwischen Leimen – St. Ilgen und Sandhausen in der Bahnhofstraße.

Die Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH wurde mit der Ausarbeitung einer geotechnischen Stellungnahme zu den Sicherungs- bzw. Unterfangungsmaßnahmen am Brückenbauwerk beauftragt.

2. Unterlagen

Der vorliegenden Stellungnahme liegen folgende Unterlagen zugrunde:

- Detaillageplan, Maßstab: 1 : 500, IB Wald + Corbe, 2013
- Datenblatt des Brückenbauwerkes mit der Brücken-Nr. 6618-577, Hochwasserschutzkonzept Leimbach – Hardtbach, Maßnahme 4, Ingenieurbüro Wald - Corbe, Juni 2015
- Statische Berechnung der Straßenbrücke zwischen Sandhausen und St. Ilgen sowie zugehörige Bauwerkszeichnungen, Ingenieurbüro Eiselin, Heidelberg, 1962
- Bohrprofile von 2 Bohrungen, ausgeführt an beiden Widerlagern der Brücke, enthalten in den Bauwerkszeichnungen des Ingenieurbüros Eiselin, Heidelberg, 1962
- Geotechnisches Gutachten zum Ausbau des Leimbaches, Bach-km 19+345 - 21+270, (E 6553c23G vom 14.01.2015), Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH, Weingarten
- Geotechnisches Gutachten zum Ausbau des Leimbaches, Bach-km 14+742 - 19+345, (E 6553c22G vom 15.01.2015), Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH, Weingarten
- Erdstatische Berechnungen, durchgeführt durch die Ingenieurgesellschaft Kärcher, Weingarten

- Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein - Neckar - Raum, Fortschreibung 1983 - 1998, Ministerium für Umwelt und Verkehr, Baden - Württemberg, Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland – Pfalz, 1999
- Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ EAB, 5. Auflage, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 2012
- Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ EA-Pfähle, 2. Auflage, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 2012

In den Erläuterungen zu den statischen Nachweisen des Ingenieurbüros Eiselin ist ein Baugrundgutachten des Ingenieurbüros Dr.- Ing. Woschek, Mannheim erwähnt. Nach den vorliegenden Planunterlagen ist davon auszugehen, dass im Bereich der Brückenwiderlager 4 Bohrungen ausgeführt wurden. In den vorliegenden Planunterlagen sind nur 2 Bohrungen aufgezeichnet. Aufgrund der darin beschriebenen Torfvorkommen wird empfohlen, das Baugrundgutachten beim zuständigen Straßenbauamt anzufordern.

3. Geplante Baumaßnahme

Für das Brückenbauwerk im Bereich von Bach-km 16+651 – 16+662 wurde vom Ingenieurbüro Wald + Corbe, Hügelsheim, im Rahmen der Planungen zur Hochwasserschutzkonzeption Leimbach – Hardtbach ein Datenblatt erstellt. Nach diesem Datenblatt sind folgende Umbaumaßnahmen vorgesehen:

Die Bachsohle des Leimbaches wird im Bereich des Brückenbauwerks um ca. 0,95 m auf ein Niveau von 103,47 m+NN vertieft. Die derzeitige Gründungssohle des Brückenbauwerkes befindet sich auf einem vergleichbaren Niveau von 103,46 m+NN.

Nach den vorliegenden Unterlagen des Ingenieurbüros Eiselin, Heidelberg, ist das Brückenbauwerk als Rahmenkonstruktion ausgebildet, welche durch eine 0,65 m starke Bodenplatte zwischen den Widerlagern versteift ist. Die Gesamtabmessungen der Bodenplatte incl. der aufgehenden Widerlagerwände beträgt 10,5 m · 7,85 m, die auftretenden Sohlnormalspannungen werden in den vorgenannten Unterlagen mit $\sigma_0 \approx 60 \text{ kN/m}^2$ beziffert.

Bei der geplanten Sohltieferlegung muss die aussteifende Bodenplatte der Rahmenkonstruktion durchtrennt werden, um die Tieferlegung der Bachsohle bzw. deren Sohlbefestigung ausführen zu können. Nach den vorliegenden Planunterlagen ist zur Sicherung der seitlichen Widerlager die Ausführung von Mikropfählen im Vorfeld der Sohltieferlegung vorgesehen. Die Sicherung des tiefer gelegten Bachbettes erfolgt anschließend durch die Ausführung eines bewehrten Betontrogges, welcher unter die bisherige Gründungssohle reicht.

Alternativ wäre u.U. denkbar, den bewehrten Betontrog der zukünftigen Sohlsicherung biegesteif auszuführen und durch permanente, horizontale, vorgespannte Zuganker mit den Widerlagern kraftschlüssig zu verbinden. Unter Umständen ist das beidseitige Aufgraben der Widerlager und das Anbringen eines Streifbalkens zur Einleitung der Ankerkräfte auf die Widerlagerwände notwendig. Im Zuge der Ausführung des Betontroges kommt es durch das Auftrennen der Bodenplatte zur Umlagerung der vertikalen Bauwerkslasten auf die Widerlagerwände. Aufgrund der im Untergrund bereichsweise anstehenden, setzungsfähigen Schichten (Torfe) und der hierdurch zu erwartenden Verformungen, wird empfohlen, die seitlichen Widerlager im HDI - Verfahren zu unterfangen.

4. Baugrund. Bodenmechanische Kennwerte. Grundwasser

4.1 Untergrundaufbau

Nach den vorliegenden Planunterlagen wurden 1961 im Bereich der Brückenwiderlager insgesamt 4 Bohrungen ausgeführt. Die Schichtprofile von 2 Bohrungen mit Erkundungstiefen von 15 m unter Ansatzpunkt sind in den Unterlagen des Ingenieurbüros Eiselin, Heidelberg, enthalten.

Die Lage der Bohransatzpunkte ist in der Anlage 1 dargestellt.

Die vorhandenen Schichtprofile der Bohrungen 2 und der Bohrung 4 aus dem Jahr 1961 wurden in der Anlage 2 nach DIN 4023 dargestellt, dort finden sich neben der Bodenbeschreibung Zuordnungen zu den Bodengruppen nach DIN 18196 sowie zu den Bodenklassen nach DIN 18300. Folgender Untergrundaufbau wurde angetroffen:

Die Dammkörper des rechten und linken Leimbachdammes bestehen im Bereich der Widerlager aus Feinsanden der Bodengruppe SE, welche bis in Tiefen von 2,2 – 2,9 m unter OK Dammkronen anstehen.

Die oberflächennah anstehenden Auelehme sind in den vorliegenden Unterlagen als Schluffe angesprochen worden und sind daher sehr wahrscheinlich den Bodengruppen TL und UL nach DIN 18196 zuzuordnen. Gemäß den vorliegenden Erkundungsergebnissen von Kleinbohrungen bei Bach-km 16+685 und Bach-km 16+579 ,ausgeführt 2012 durch die VG Umwelttech GmbH, Weingarten, kann von einer mindestens weichen Konsistenz dieser Böden ausgegangen werden, so dass nach der DIN 18300 von einer Zuordnung zur Bodenklasse 4 ausgegangen werden kann. Bei einem Aushub unter Wasser bzw. einem Zutritt von Niederschlag gehen diese Böden aufgrund ihrer geringen Plastizität jedoch leicht in die Bodenklasse 2 der „fließenden Bodenarten“ über. Örtlich sind innerhalb der o.g. Auelehme nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen organischen Böden in Form von zersetzten Torfen (Bodengruppe HZ n. DIN 18196) vorhanden. Beispielsweise wurden an der Bohrungen 2 aus dem Jahr 1961 unterhalb der Gründungssohle des Brückenbauwerkes Torfe mit einer Mächtigkeit von $d \geq 0,3$ m festgestellt.

Ab einer Tiefe von ca. 3,0 m unterhalb der bestehenden Gründungssohle des Brückenbauwerkes (entspricht dem Niveau der zukünftigen Leimbachsohle) stehen feinteilfreie, weitgestufte Kiese (Bodengruppe GW) und enggestufte Mittel - Grobsande an. Entsprechend den Erkundungsergebnissen bei Bach – km 16+579 kann bis zu einem Niveau von 97,5 m+NN von einer mitteldichten Lagerung der anstehenden grobkörnigen Böden ausgegangen werden. Unterhalb dieses Niveaus steigt die Lagerungsdichte auf dicht an.

4.2 Bodenmechanische Kennwerte

Die angetroffenen Böden sind aus der Bearbeitung der geotechnischen Gutachten E 6553c23G und E 6553c22G zum Ausbau des Leimbachunterlaufes ausreichend bekannt; so dass auf die Durchführung weiterer Erkundungsmaßnahmen am vorliegenden Brückenbauwerk verzichtet werden konnte.

Die für erdstatische Berechnungen und Nachweise erforderlichen Kennwerte der angetroffenen Böden sind unter Einbeziehung der erforderlichen Sicherheiten in der Rechenwerttabelle der Anlage 2 aufgeführt. Hierin bezeichnet E_s den Steifemodul, φ' den Reibungswinkel, c' die Kohäsion und γ/γ' die Wichte/Wichte unter Auftrieb der jeweils angetroffenen Bodenschicht. Es handelt sich dabei um charakteristische Werte im Sinne der DIN 1054:2010-12. Weiterhin werden in den rechten Spalten der Rechenwerttabellen Zuordnungen zu den Bodengruppen nach DIN 18196 und den Bodenklassen nach DIN 18300 getroffen.

Bei der Ausschreibung von evtl. anstehenden Bohrarbeiten ist aufgrund der hohen Quarzanteile der anstehenden Kiese und Sande von einer mindestens starken Abrassivität der anstehenden Böden auszugehen.

4.3 Grundwasserverhältnisse

Nach der Hydrogeologischen Kartierung des Rhein – Neckar – Raumes ist der mittlere Grundwasserstand im untersuchten Bauabschnitt auf einem Niveau von ca. 99,5 m+NN zu erwarten. Die Leimbachsohle kann als „dicht“ angesetzt werden, so dass im Hochwasserfall nicht mit artesisch gespannten Druckwasserverhältnissen zu rechnen ist.

4.4 Erdbebenzone

Nach DIN 4149:2005-04 gilt folgende Einstufung des Baugeländes:

Erdbebenzone	1
Untergrundklasse	S
Baugrundklasse	C (bei Gründung im Sand bzw. Kies)

5. Ausführungsempfehlungen / Standsicherheitsnachweise

Für die o.g. Unterfangungsarbeiten am Brückenbauwerk müssen die statischen Ansätze der vorliegenden Rahmenkonstruktion überprüft werden, hierbei sind sämtliche erforderlichen, statischen Nachweise der Bauzustände und des Endzustandes seitens eines Tragwerksplaners zu überprüfen bzw. zu führen. Insbesondere wird empfohlen, die Lastannahmen der ursprünglichen Statik auf deren jetzige Gültigkeit zu überprüfen.

5.1 Ausführung eines biegesteifen Troges mit Unterfangung der Brückenwiderlager

Bei der Ausführung eines biegesteifen Troges im Bereich der Gründungsplatte muss diese aufgetrennt werden. Hierdurch kommt es zu Lastumlagerungen auf die Widerlagerwände. In der Anlage 4.1 ist eine Setzungsabschätzung infolge der Lastumlagerung dargestellt:

In der oberen Setzungsberechnung der Anlage 4.1 wurde das Setzungsmaß beim Bau der Brücke bestimmt. Gemäß den statischen Nachweisen des Ingenieurbüros Eiselin, Heidelberg (1962), wurde die Bodenpressung mit $\sigma_0 = 60 \text{ kN/m}^2$ angegeben. Ausgehend von einer Abmessung des Brückenfundamentes von $10,5 \text{ m} \cdot 7,85 \text{ m}$ resultiert hieraus ein Gesamtgewicht des Bauwerkes von $Q \cong 5000 \text{ kN}$. Entsprechend der oberen Setzungsberechnung der Anlage 4.1 nach Boussinesq / Steinbrenner ergibt sich für den Bau des Brückenbauwerkes ein rechnerischer Setzungsbetrag von $s_{\text{Bau}} \cong 2,5 \text{ cm}$.

Die Setzungsberechnung bei einer Lastumlagerung der Bauwerkslasten auf die Widerlagerwände ist in der unteren Hälfte der Anlage 4.1 dargestellt: Hierbei wurde davon ausgegangen, dass sich die Bauwerkslasten hälftig auf die Widerlager mit einer Streifenbreite von $b = 1,0 \text{ m}$ verteilen. Hieraus resultiert eine Erhöhung der Sohlnormalspannung auf $\sigma_0 \cong 240 \text{ kN/m}^2$ und ein Gesamtsetzungsbetrag von $s_{\text{ges}} \cong 5 \text{ cm}$. Abzüglich des o.g. Setzungsbetrages beim Bau des Brückenbauwerkes muss somit davon ausgegangen werden, dass es durch die Lastumlagerung beim Abtrag der Bodenplatte zu zusätzlichen Setzungen an den Widerlagern von $s_{\text{zus}} \approx 2 - 3 \text{ cm}$ kommen wird. Aufgrund der unterschiedlichen Mächtigkeit an gering tragfähigen Böden (Torfe) in den vorliegenden beiden Bohrprofilen muss damit gerechnet werden, dass der vorgenannte Setzungsbetrag in voller Höhe als Differenzsetzungsbetrag sowohl zwischen den Widerlagern als auch an einer Widerlagerseite auftreten kann.

Es wird daher empfohlen, vor dem Auftrennen der Bodenplatte die Widerlagerwände und die daran anschließenden Flügelwände in HDI-Verfahren bis auf die gut tragfähigen Kiessande zu unterfangen. Hierbei wird eine Einbindung der HDI – Körper von $0,5 \text{ m}$ in die gut tragfähigen Kiessande empfohlen, woraus mit Gesamttiefen von $3,5 \text{ m}$ unter der jetzigen Gründungssohle des Brückenbauwerkes zu rechnen ist. Wie aus der Anlage 4.2 ersichtlich, resultieren bei einer vollflächigen Unterfangung der Widerlagerwände im HDI – Verfahren Setzungen in einer tolerablen Größenordnung von $s \cong 0,5 - 1,0 \text{ cm}$.

Nach dem Unterfangen der Widerlagerwände kann die Bodenplatte aufgetrennt werden und der biegesteife Trog zwischen den Widerlagerwänden ausgeführt werden. Abschließend wird der Trog über vorgespannte Anker mit den Widerlagerwänden kraftschlüssig verbunden. Unter Umständen ist hierfür erdseitig das Aufgraben der Widerlagerwände und Anbringen eines Kopf- bzw. Streifbalkens notwendig.

Die sichere Ableitung der Horizontalkräfte aus Erddruck und Verkehrslasten über Reibungsschluss in der bestehenden Gründungssohle ist für den Bauzustand der aufgetrennten Bodenplatte seitens des Tragwerkplaners zu überprüfen.

5.2 Unterfangung der Brückenwiderlager mittels Mikropfählen

Bei Ausführung einer Unterfangung mittels Mikropfählen kann auf die Unterfangung der Widerlagerwände im HDI – Verfahren verzichtet werden, sofern die Mikropfähle vor dem Auftrennen der Bodenplatte eingebracht und mit dem Bauwerk verbunden werden. Zur Aufnahme der Horizontalkräfte werden Schrägpfähle erforderlich werden. Die Notwendigkeit der Ausführung von Streich- bzw. Kopfbalken zur Einleitung der Bauwerkslasten in die Mikropfähle ist seitens des Tragwerkplaners zu überprüfen.

Aufgrund der geringen Arbeitshöhe von $H \leq 1,7$ m zwischen dem Brückenoberbau und der Bodenplatte sollte die Ausführbarkeit von Mikropfählen im Vorfeld der Ausschreibung überprüft werden. In jedem Fall sind die Bohrgerätschaften an die begrenzten Arbeitshöhen anzupassen.

Die Lastabtragung von verpressten Mikropfählen erfolgt über Mantelreibung, geringfügige Kopfverformungen von wenigen Millimetern bis zur vollständigen Aktivierung der Mantelreibung sind in Kauf zu nehmen. Nach der EA - Pfähle kann innerhalb der anstehenden, grobkörnigen Böden für den Grenzzustand der Tragfähigkeit der Pfahlmantelreibung von folgenden Erfahrungswerten ausgegangen werden:

Tab. 1: Erfahrungswerte Pfahlmantelreibung für verpresste Mikropfähle

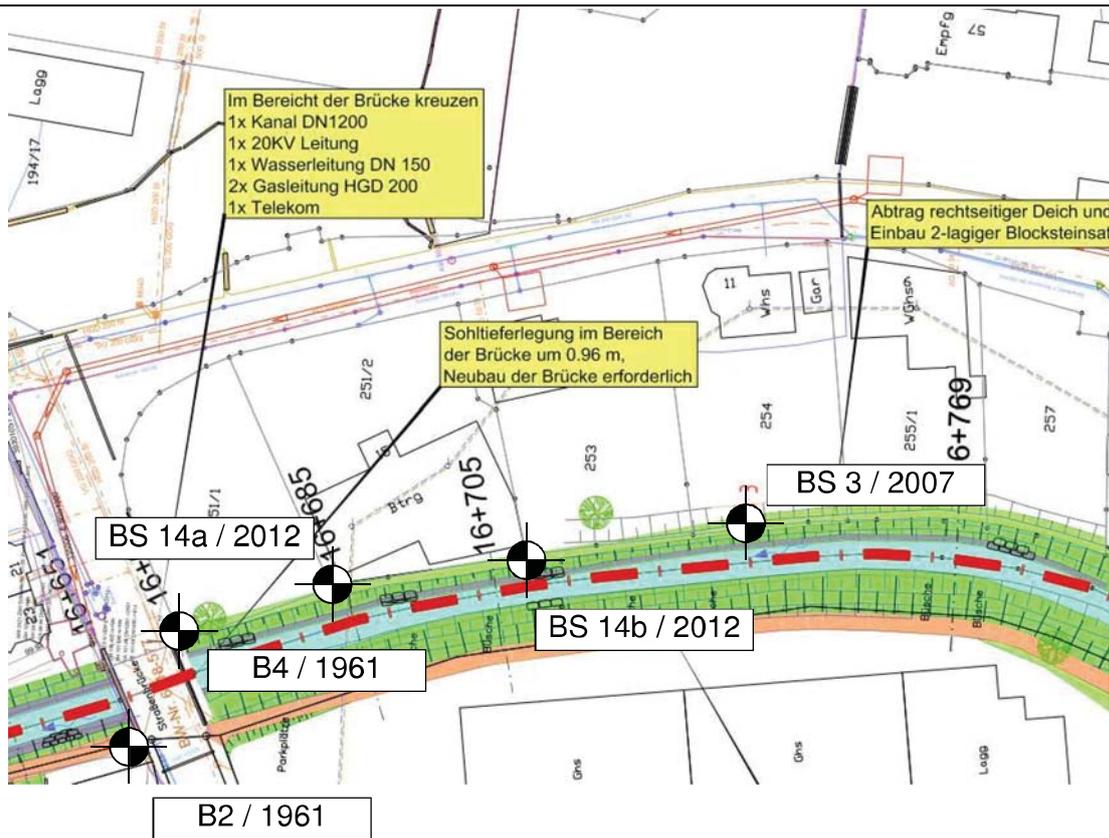
Tiefenstufe (m+NN - m+NN)	DIN 18196 [-]	n_{10} (DPH) (Schläge / 10 cm)	$q_{c,i}$ [MN/m ²]	$q_{si,k}$ [kN/m ²]
100,0 – 97,5	SE	10	12,5	200
97,5 – 92,5	SE	20	25	275

Es wird davon ausgegangen, dass lediglich Druckpfähle ausgeführt werden müssen. Hierbei sind an mindestens 3 % der Bauwerkspfähle Probelastungen nach DIN EN 14199 bzw. der EA - Pfähle auszuführen, die Mindestanzahl der Probelastung $n \geq 2$ ist einzuhalten. Die Prüflasten sind seitens des Tragwerksplaners in Abhängigkeit der Anzahl der Probelastungen festzulegen. Bei der Bestimmung der Pfahltragfähigkeit wird ein zulässiges Kriechmaß von $k_s \leq 2$ mm empfohlen.

5.3 Konstruktive Hinweise

Konstruktiv werden folgende zusätzliche Vorkehrungen empfohlen:

- An der angrenzenden Bebauung, den vorhandenen Kanal- und Leitungslagen (Gasleitung, Abwasserkanal) sowie am Brückenbauwerk selbst wird im Vorfeld der Bauausführung eine intensive Beweissicherung empfohlen. Die Höhenlage der Fundamente ist im Vorfeld der Bauausführung zu kontrollieren. Es wird empfohlen, während der Sicherungsarbeiten Bewegungen der Widerlagerwand kontinuierlich messtechnisch zu fassen, um ggfs. korrigierenden Einfluss auf den Ablauf der Sicherungsarbeiten nehmen zu können.



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

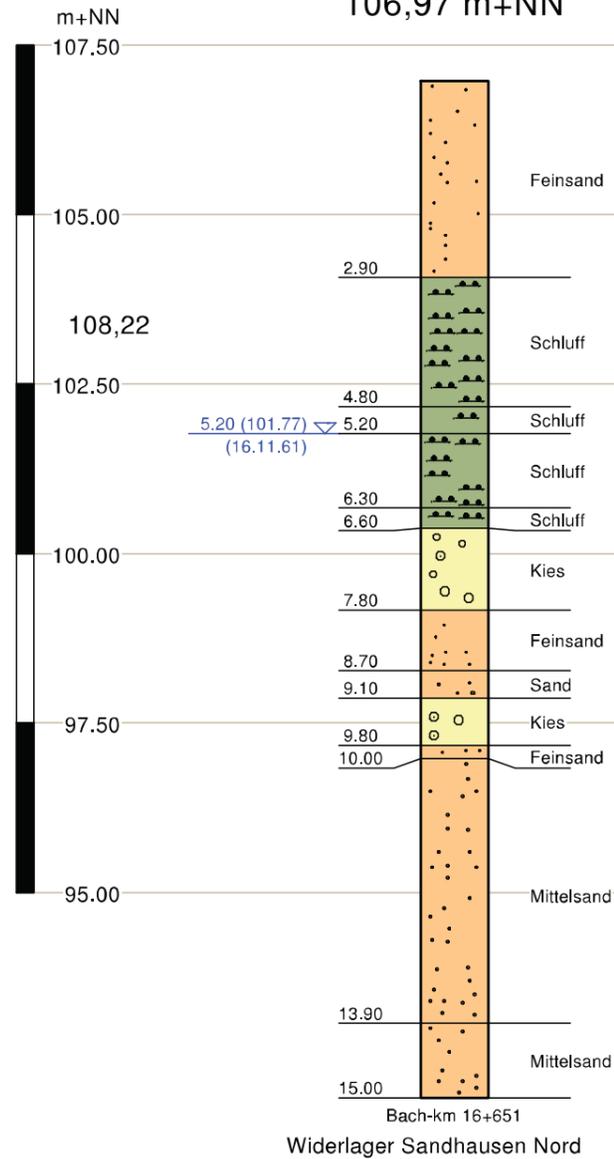
Sanierung Leimbach Unterlauf
 Bach-km 14+742 – 21+270

Detaillageplan, Erkundung 1961 / 2007 / 2012 / 2015
 Brückenbauwerk 6618-577, Bach-km 16+651 – 16+662

Projekt-Nr.	Anlage	Maßstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
6553d13G	1	1:1.000	26.08.15	He	He

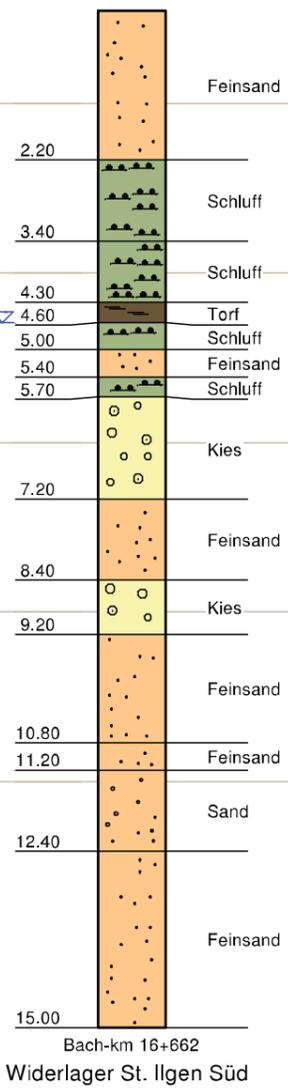
B 2

106,97 m+NN



B4

106,37 m+NN



104,43
104,70
103,47
Gründungssohle Bestand: 103,46 m+NN

Bodenkennwerte zu B4/1961

Tiefe [m]	Es [MPa]	phi' [°]	c' [kN/m²]	gam [kN/m³]	DIN 18196	DIN 18300
2.2 (104.2)	15	30	0	20/11	SU*	3
4.3 (102.1)	10	27,5	3	20/11	UL	4
4.6 (101.8)	1,0	15	0	15/6	HZ	2
5.7 (100.7)	15	30	0	20/11	SU*/UL	4/2
8.9 (97.5)	50	35	0	20/11	SE/GW	3
11.4 (95.0)	70	37,5	0	20/11	SE	3

Legende

- BHW
- OK Sohle, Bestand
- OK Sohle, geplant
- GOK Hinterland

2,45
10.05.07 GW nach Bohrende

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 1961 zum Neubau des Brückenbauwerkes

Bohrungen B2 / Bach-km 16+651 und B4 / Bach-km 16+662

Untergrundverhältnisse, Bodenmechanische Kennwerte

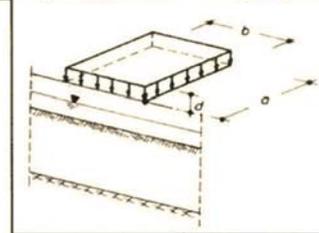
Projekt-Nr.	Anlage	Massstab	Datum	bearbeitet	gezeichnet
E 6553d13G	2	1 : 100	26.08.2015	He	He
Nr	Datum	Änderungen			

Indirekte Setzungsberechnung nach Boussinesq / Steinbrenner
Setzung unter einem Rechteckfundament

Eingangsdaten:

Geometrie: Auflast/ Eigengewicht: Grenztiefe /-spannung:

a	10,50 [m]	σ'	238 [KN/m ²]	$z^* + d$	10,63 [m]
b	1,00 [m]	$\Delta\sigma$	0 [KN/m ²]	$\Sigma\gamma \cdot z$	157 [KN/m ²]
d	6,20 [m]	σ_0'	238 [KN/m ²]	σ_M	31 [KN/m ²]
Q	2500 [KN]				



Unterfangung Widerlager bis auf tragfähige Kiessande

Untergrundaufbau und resultierende Setzungen für starre Fundamente:

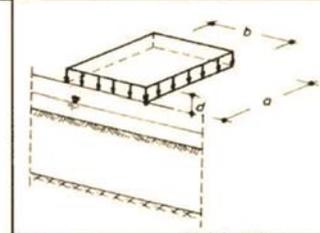
Schichten ab GOK	Tiefe [m]	E [MN/m ²]	γ [KN/m ³]	s [cm]	Bodenbezeichnung
1	2,20	15,0	20,0	0,00	SU*
2	4,30	10,0	20,0	0,00	UL
3	4,60	1,0	15,0	0,00	HZ
4	5,70	15,0	11,0	0,00	SU*
5	8,90	50,0	11,0	0,55	SE/GW
6	15,00	70,0	11,0	0,08	SE
7					
8					
9					
10					
			Summe	0,63	

**Indirekte Setzungsberechnung nach Boussinesq / Steinbrenner
Setzung unter einem Rechteckfundament**

Eingangsdaten:

Geometrie: Auflast/ Eigengewicht: Grenztiefe /-spannung:

a 10,50 [m] σ' 60 [KN/m²] z*+ d 9,66 [m]
b 7,85 [m] $\Delta\sigma$ 0 [KN/m²] $\Sigma\gamma \cdot z$ 146 [KN/m²]
d 2,95 [m] σ_0' 60 [KN/m²] σ_M 29 [KN/m²]
Q 4946 [KN]



Bodenplatte Brücke, Gesamtsetzung bei Bau

Untergrundaufbau und resultierende Setzungen für starre Fundamente:

Schichten ab GOK	Tiefe [m]	E [MN/m ²]	γ [KN/m ³]	s [cm]	Bodenbezeichnung
1	2,20	15,0	20,0	0,00	SU*
2	4,30	10,0	20,0	0,75	UL
3	4,60	1,0	15,0	1,37	HZ
4	5,70	15,0	11,0	0,28	SU*
5	8,90	50,0	11,0	0,16	SE/GW
6	15,00	70,0	11,0	0,02	SE
7					
8					
9					
10					
Summe				2,57	

Geometrie: Auflast/ Eigengewicht: Grenztiefe /-spannung:

a 10,50 [m] σ' 238 [KN/m²] z*+ d 8,13 [m]
b 1,00 [m] $\Delta\sigma$ 0 [KN/m²] $\Sigma\gamma \cdot z$ 129 [KN/m²]
d 2,95 [m] σ_0' 238 [KN/m²] σ_M 26 [KN/m²]
Q 2500 [KN]

Lastumlagerung auf Widerlagerwand

Untergrundaufbau und resultierende Setzungen für starre Fundamente:

Schichten ab GOK	Tiefe [m]	E [MN/m ²]	γ [KN/m ³]	s [cm]	Bodenbezeichnung
1	2,20	15,0	20,0	0,00	SU*
2	4,30	10,0	20,0	1,92	UL
3	4,60	1,0	15,0	2,39	HZ
4	5,70	15,0	11,0	0,41	SU*
5	8,90	50,0	11,0	0,14	SE/GW
6	15,00	70,0	11,0	0,00	SE
7					
8					
9					
10					
Summe				4,86	