



Ingenieurbüro für Erd- und Grundbau



GeoTech Kaiser GmbH | Brugger Straße 8 | D-78628 Rottweil

Eberhardt Bewehrungsbau GmbH
Herrn Haag
An der Ostrach 56/1

D-88367 Hohentengen

GeoTech Kaiser GmbH
Brugger Straße 8
D-78628 Rottweil
Tel.: 0741 / 34861841
Fax: 0741 / 34861842
Mobil: 0151 / 14018132
info@geotech-kaiser.de
www.geotech-kaiser.de

Bericht Nr.: 4774-2018

Datum: 14.05.2018

**Neckar Line Rottweil
Baugrundgutachten**

Inhaltsverzeichnis

1	ALLGEMEINES	2
1.1	VORGANG.....	2
1.2	UNTERLAGEN.....	2
2	FELDERKUNDUNGEN	3
3	BESCHREIBUNG DES UNTERGRUNDES	3
3.1	GEOLOGISCHER ÜBERBLICK UND ALLGEMEINE BAUGRUNDBESCHREIBUNG.....	3
3.2	LABORVERSUCHE	5
3.3	ERDBEBENZONEN NACH DIN 4149.....	6
3.4	HOMOGENBEREICHE NACH DIN 18300-2015	6
3.5	BODENKENNWERTE.....	7
4	GRÜNDUNGSTECHNISCHE EMPFEHLUNGEN	8
4.1	EINSTIEG BOCKSHOF, BK1	8
4.2	PFEILER NEBEN BAHNLINIE IM NECKARTAL, BK2.....	10
4.3	PFEILER UNTERHALB DES STEINBRUCHS	12
4.4	WIDERLAGER NORD, BK4	13
5	WEITERE VORGEHENSWEISE	14

Anlagen: Anlage 1 – Lagepläne IB Oberfell und KTS

Anlage 2 – Bohrprofile

Anlage 3 – Schichtenverzeichnisse

Anlage 4 – Laborversuche

Anlage 5 – Bilder

1 Allgemeines

1.1 Vorgang

Das IB KTS Innovations plant für die Eberhardt Bewehrungsbau GmbH eine Fußgänger-Hängebrücke über das Neckartal in Rottweil. Der Einstieg ist am Bockshof unmittelbar unterhalb des Dominikanermuseums geplant. Der Ausstieg soll an der Krone des ehemaligen Steinbruchs parallel der Balingen Straße (B27) erfolgen. Zur Stützung der Brücke sind Stützpfeiler an der Bahnlinie unterhalb des Nägelegrabens und unterhalb des Steinbruchs in der Nähe des Zusammenflusses Triebwerkskanal und Neckar geplant.

Für die weitere Planung und Erstellung der Statik war es notwendig, eine Baugrunderkundung durchführen zu lassen. Das IB GeoTech Kaiser wurde per email am 19.01.2018 auf Grundlage des Angebotes vom 21.09.2017 beauftragt, eine Baugrunderkundung mit 4 Kernbohrungen durchzuführen und ein Gutachten zu erstellen. Wegen der derzeitigen Unzugänglichkeit des nördlichen Pfeilerstandortes mit einem Bohrergerät wurde die vorgesehene Kernbohrung 3 noch nicht durchgeführt. Hierzu wäre es erforderlich gewesen, zunächst eine Baustraße zu schütten. Die Gründungsempfehlungen für diesen Pfeilerstandort wurden auf der Grundlage von benachbarten Archivbohrungen und der allgemeinen Einschätzung der Geologie im Neckartal vorgenommen. Das Gutachten wird in Kooperation mit Herrn Dr. Ing. Hans-Werner Schade als technischer Berater erstellt.

1.2 Unterlagen

Zur Erstellung des Gutachtens standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Grundriss, Maßstab 1:1.500, erstellt vom IB KTS Innovations
- [2] Bohrpunkte, Maßstab 1:500, erstellt und eingemessen vom Vermessungsbüro Obergfell
- [3] Längsschnitt durch die Brücke vom 10.01.18, erstellt vom IB KTS Innovations
- [4] Div. Bohrprofile aus der weiteren Umgebung, LGRB Freiburg
- [5] Geologische Karte von Baden-Württemberg, Maßstab 1:25.000, Blatt Nr. 7817 Rottweil mit Erläuterungen zur geologischen Karte
- [6] EA Pfähle, Verlag Ernst & Sohn, 2007
- [7] Verpreßanker, H. Ostermayer in Grundbautaschenbuch Bd. 2, Ernst & Sohn, 1991

2 Felderkundungen

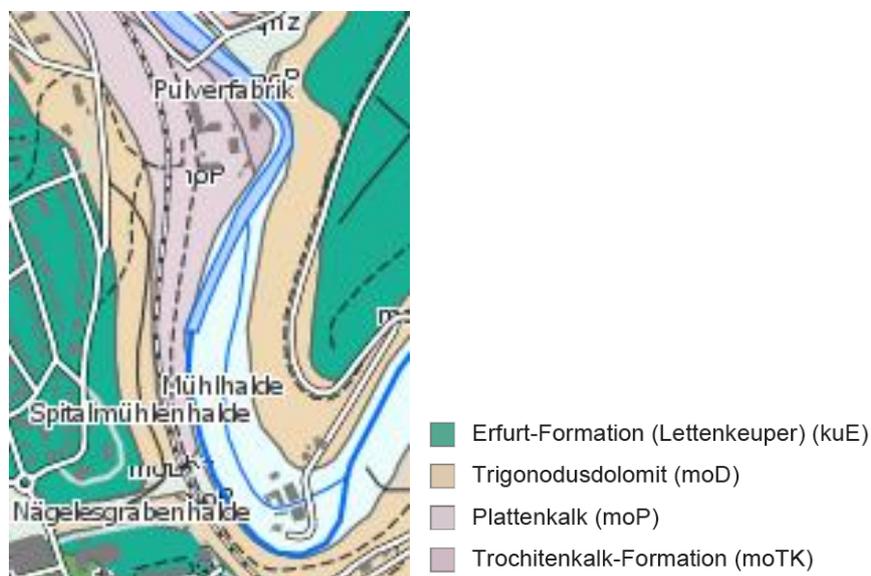
In der Zeit vom 21. - 23.03.18 wurden von der Fa. GeoKern GbR, Wiesloch, drei Kernbohrungen bis in max. Tiefen von 18 m abgeteuft. Die Bohrstellen liegen am geplanten Einstieg beim Bockshof (BK1), beim ersten geplanten Pfeiler, neben der Bahnlinie unterhalb des Nägelegrabens (BK2) und oberhalb des Ausstiegs, beim ehemaligen Steinbruch (BK4). Der geplante Standort des zweiten Pfeilers war mit dem Bohrgerät aufgrund einer fehlenden Baustraße auf einem neu zu schüttenden, provisorischen Damm in der Neckartalaue nicht zugänglich.

Die Lage der Ansatzpunkte ist im Grundrissplan des IB KTS Innovations und den Plänen vom IB Obergfell eingetragen. Die Höhen der Ansatzpunkte wurden vom IB Obergfell eingemessen und ausgepflockt. Die Bodenschichten wurden ingenieurgeologisch aufgenommen und sind in Anlage 2 graphisch als Profilsäulen und in Anlage 3 in Form von Schichtenverzeichnissen zusammengestellt. Anlage 5 zeigt Bilder von den Standorten und den Kernstrecken.

3 Beschreibung des Untergrundes

3.1 Geologischer Überblick und allgemeine Baugrundbeschreibung

Die Trasse der Hängebrücke ist vom Bockshof zum alten Steinbruch geplant und überspannt das Neckartal mit Hilfe von zwei Stützpfeilern. Nach der geologischen Karte stehen im Bereich des Ein- und Ausstiegs Sedimente des Unteren Keupers (ku) über Oberem Muschelkalk, Trigonodusdolomit (mo δ), an. Bei den Stützpfeilern sind quartäre Decklehme und Neckarkiese über den Festgesteinen des Oberen Muschelkalks, Trigonodusdolomit (mo δ) und Nodosusschichten (mo2), zu erwarten.



Am geplanten **Einstieg, BK1**, stehen in den oberen 2,00 m aufgefüllte, schwach schluffige Schotter-Splitt-Sandgemische an. Darunter folgen weitere Auffüllungen in Form von braunem, tonigem Schluff mit geringem Ziegelbruchanteil der Gruppe TM gemäß DIN 18196 in steif-halbfester Konsistenz. Ab 3,60 m unter GOK stehen Verwitterungslehme des Unteren Keupers in Form von mittelplastischem Ton, TM gemäß DIN 18196, an, die ab 3,90 m Tiefe in verwitterten, mürben, schluffig zerbohrten dolomitischen Mergel (Verwitterungsstufe V3/V4) mit halbfester bis fester Konsistenz übergehen. Ab 4,50 m wurde das Bohrverfahren auf Rotationskernbohren mit Wasserzugabe umgestellt. Durch die Wasserzugabe beim Bohren wurden die bindigen Bestandteile aufgeweicht und Feinteile ausgespült, so dass sich kein Kern gewinnen ließ. Ab 10,50 m stehen stark klüftige, harte Dolomitlagen des mo δ an. Das Bohrgut ist in weiten Teilen kleinstückig zerbrochen, die gewonnenen Bohrkern, die Schichtdicken von 5 – 50 cm aufweisen, zeigen meist vertikale Klüfte und sind stellenweise feilöchrig (porös). Das Gestein ist mäßig hart und zeigt Verwitterungsspuren (z.T. Verfärbungen, V2). Das Aufstellen der vertikalen Schichtlagen ist auch am freigelegten Fels im Neckartal erkennbar.

Beim **Pfeiler an der Bahnlinie, BK2**, sind die oberen 5 m aufgefüllt. Diese bestehen aus schluffigem Kalksteinschotter im oberen Meter (GU) gefolgt von Kalkstein-Schluff-Gemischen der Gruppe GU* gemäß DIN 18196 bis ca. 2,00 m Tiefe. Darunter stehen schwach kiesige, tonige Schluffe, z.T. organisch, der Gruppe TM, untergeordnet TA/OT, in steifer Konsistenz an. Die Auffüllungen enthalten geringe Anteile an Ziegelbruchstücken. Ab 5,00 m unter GOK steht schluffig zerbohrter, mürber, grauer Kalkstein an. Ab 6,30 m wurde auf Rotationskernen mit Wasserzugabe umgestellt. Bis zur Endtiefe bei 18,00 m stehen harte, kompakte, nahezu unverwitterte Kalksteinbänke (V1/V2) des oberen Muschelkalks (mo 2) mit Kernstücken von 5 bis 30 cm und nahezu senkrecht aufgestellten Klüften um ca. 70° an.

Am **Ausstieg, BK4**, stehen bis ca. 9,50 m Tiefe Sedimente des Unteren Keupers an. Bis 4,60 m unter GOK handelt es sich hierbei um dünne Wechsellagen von mürben, zerbohrten, dolomitischen Mergeln/Dolomitstein und Tonstein (V4/V5) mit halbfester bis fester Konsistenz. Bis 6,20 m Tiefe stehen verwitterte, mürbe, zerbohrte Sandsteine (sandige Pflanzenschiefer, V4) gefolgt von mürbem, grauem, festen Tonstein (V4) an. Ab ca. 8 m Tiefe ist der Tonstein mäßig hart ausgebildet. Die Kerne sind 5 cm bis 10 cm lang (V2). Ab 9,50 m Tiefe stehen bis zum Ende bei 17,60 m harte Dolomite des mo δ und Grenzdolomit ku zum Oberen Muschelkalk an. Die Dolomite sind z.T. leicht porös jedoch überwiegend kompakt, die Kerne sind 10 cm bis 30 cm mächtig, die Klüfte um ca. 70° – 80° aufgestellt. Die Dolomitsteinfolgen sind unregelmäßig geklüftet, z.T. massig und bankig ausgebildet. Die Verwitterung ist überwiegend als gering einzustufen (V1).

Die bindigen Auffüllungen und Verwitterungsdecken des Unteren Keupers sind als stark witterungs- und frostempfindlich einzustufen, Klasse F3.

Wasser wurde nur in BK2 festgestellt. Hier wurde der Ruhewasserspiegel bei 10,60 m Tiefe gemessen.

3.2 Laborversuche

An dem aufgefüllten Lehm aus BK1 (2,60 – 2,90m) wurden die Zustandsgrenzen nach DIN 18123 ermittelt (Anlage 4.1). Nach den Atterberg-Kriterien ergibt sich folgende Einstufung:

Probe	Wassergehalt [%]	Konsistenz	Bodengruppe DIN 18196
BK1 (2,60 – 2,90m)	22,1	halbfest	TA

An den zerbohrten, dolomitischen Mergeln des Unteren Keupers BK1 (6,00 – 7,00 m) wurde zur Abschätzung des Steifemoduls ein CBR-Versuch gemäß TP BF-StB Teil B7.1 durchgeführt. Der CBR-Versuch ist ein Stempeldruckversuch und erlaubt die Abschätzung der auf der Baustelle zu erwartenden Tragfähigkeiten. Gemessen wird die Kraft, die notwendig ist, einen Stempel mit kreisförmigem Querschnitt der Fläche $F = 19,63 \text{ cm}^2$ mit einer konstanten Vorschubgeschwindigkeit von 1,27 mm/min bis zu einer Tiefe von 10 mm in den Boden einzudrücken. Aus dem prozentualen Verhältnis zum Stempeldruck eines Standardbodens wird der CBR-Wert (California Bearing Ratio) berechnet. Unter Einbau mit einfacher Proctordichte wurde ein CBR-Wert von 34,8% gemessen bei einem natürlichen Wassergehalt von 11,2% (Anlage 4.2). Daraus kann der Steifemodul der festen Mergellagen in einer Größenordnung von $E_s \approx 40 - 60 \text{ MN/m}^2$ abgeschätzt werden. Der Wassergehalt der Probe BK1 (5,00 – 6,00 m) beträgt 11,8%.

An 5 ausgewählten Bohrkernen der drei Kernbohrungen wurde an der Hochschule Biberach die einaxiale Druckfestigkeit bestimmt (Anlage 4.3). Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Bohrkern		Dichte [g/cm ³]	Druckfestigkeit [N/mm ²]
BK1 14,40 – 14,50 m	Dolomit (mo δ)	2,381	47,80
BK1 15,00 – 15,50 m	Dolomit (mo δ)	2,256	25,55
BK2 11,30 m	Kalkstein (mo 2)	2,640	98,26
BK4 8,70 m	Tonstein (ku)	2,357	8,80
BK4 10,00 m	Dolomit (mo δ)	2,367	16,32

Die einaxiale Druckfestigkeit der geprüften **Dolomite des mo δ** liegt im Bereich 16 – 50 N/mm². Sie wird damit nach DIN 14689 als "**gering bis mäßig hoch**" eingestuft. Der **Kalkstein (mo 2)** in BK2 ist deutlich härter als der Dolomit, die Druckfestigkeit wird nach DIN 14689 als "**hoch bis**

"sehr hoch" eingestuft. Die Druckfestigkeit der Mergel- und Tonsteinlagen des ku wird als "sehr gering bis gering" eingestuft.

Auf die Analyse einer Grundwasserprobe nach DIN 4030 wurde bisher verzichtet. Hinweise auf aggressive Böden und Grundwasser liegen nicht vor. Generell muss man im Rottweiler Neckartal jedoch mit leicht erhöhten Sulfatgehalten im Grundwasser sowie ggf. auch im Neckarwasser rechnen, sodass für die Gründung Beton mit einem erhöhten Sulfatwiderstand gewählt werden sollte.

3.3 Erdbebenzonen nach DIN 4149

Rottweil befindet sich nach der Karte der Erdbebenzonen von Baden-Württemberg in der **Zone 1**. Gemäß DIN 4149, Tabelle 2, beträgt der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung in der Zone 1 $a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$. Die Dolomit- und Kalksteinlagen des Oberen Muschelkalks sind bereichsweise stark klüftig und werden daher in die **Baugrundklasse B** eingestuft. Nach der Karte der Erdbebenzonen liegt Rottweil in der geologischen **Untergrundklasse R** (Gebiete mit felsartigem Untergrund).

3.4 Homogenbereiche nach DIN 18300-2015

	Homogenbereich E1	Homogenbereich E2
Bezeichnung	Auffüllungen grob- bis gemischtkörnig	Feinkörnige Auffüllungen Verwitterungslehm
Korngrößenverteilung	G,s,x-x',u-u'	U,t,s,g,o'
Masseanteile Steine, Blöcke	< 15% (BK2)	-
Dichte	$\approx 1,8 - 2,0 \text{ t/m}^3$	$\approx 1,8 - 2,0 \text{ t/m}^3$
undrainierte Kohäsion c_u	k.A.	50 – 100 kN/m ²
Wassergehalt	n.b.	n.b.
Plastizität- und Konsistenz	-	mittel bis ausgeprägt steif bis halbfest
Lagerungsdichte	locker - mitteldicht	-
organischer Anteil	-	schwach
Abrasivität	schwach	keine
Bodengruppe DIN 18196	GE,GU,GU*	TM/TA
Bodenklasse DIN 18300-2010	3 – 4	4 – 5
Bodenklasse DIN 18301-2010	BN1 – BN2	BB2 – BB3

	Homogenbereich E3	Homogenbereich E4	Homogenbereich E5
Bezeichnung	Tonstein/Mergelstein Unterkeuper	Trigonodusdolomit	Nodosuskalke
Benennung DIN 14689-1	Tonstein/Mergelstein	Dolomitstein	Kalkstein
Dichte	≈ 2,1 – 2,4 t/m ³	≈ 2,3 – 2,4 t/m ³	2,4 – 2,65 t/m ³
Verwitterung Veränderungen Veränderlichkeit DIN 14689-1	stark bis schwach verfärbt bis frisch verwittert ist veränderlich frisch nicht veränderlich	schwach schwach verfärbt nicht veränderlich	schwach schwach verfärbt nicht veränderlich
Druckfestigkeit einaxial DIN 14689-1	mürbfest > 0,5 – 2 N/mm ² Kerne 5 – 10 N/mm ²	15 – 50 N/mm ²	60 – 100 N/mm ²
Trennflächenrichtung Trennflächenabstand Gesteinskörperform DIN 14689-1	horizontal, vertikal laminiert tafelförmig	horizontal, vertikal sehr dünn bis mittel tafelförmig bis prisma- tisch	horizontal, vertikal sehr dünn bis mittel tafelförmig bis prisma- tisch
Abrasivität	schwach abrasiv	abrasiv	abrasiv
Bodenklasse DIN 18300-2010	6 – (7)	(6) – 7	(6) – 7
Bodenklasse DIN 18301-2010	BB 3-BB 4, FV 1 – FV 2; FD 1	FV 2 – FV 6; FD 2	FV 2 – FV 5; FD 2 - FD 3

Die in der Tabelle angegebenen Homogenbereiche beschränken sich auf die punktuell durchgeführten Baugrundaufschlüsse. Bei Abweichungen von den beschriebenen Bodenarten ist der Baugrundgutachter zu verständigen.

3.5 Bodenkennwerte

Auf Grundlage der Erkundungsergebnisse unter Berücksichtigung der örtlichen Erfahrungen kann mit den in der Tabelle angegebenen Bodenkennwerten gerechnet werden.

Geologische Schichtbezeichnung	Wichte des feuchten Bodens γ kN/m ³	Wichte des Bodens unter Auftrieb γ' kN/m ³	Reibungs- winkel ϕ'	Kohäsion c' kN/m ²	Steife- modul E_s MN/m ²
Auffüllungen, GE/GU	18 – 20	8 - 10	32,5 - 35	0	40 - 60
Auffüllungen TM/TA steif halbfest	18 – 19 19 – 20	8 – 9 9 - 10	22,5	5 10	5 - 7 7 - 10
Verwitterungslehm, TM halbfest	19 – 20	9 – 10	25	10 – 15	10 - 14
Mergelstein / Tonstein mürbfest, verwittert	21 – 23	11 – 12	30	10	40 – 60
Tonstein, fest-hart	22 – 24	12 – 14	30	15 - 20	50 – 100
Dolomit, mäßig hart	23 – 24	13 – 14	40*	-	> 100
Kalkstein hart	24 – 26,5	14 – 16,5	45*	-	> 200

* Ersatzreibungswinkel

4 Gründungstechnische Empfehlungen

4.1 Einstieg Bockshof, BK1

Die Einstiegsplattform kann als tiefergeführte Flachgründung auf den mürben Mergelsteinlagen des Unterkeupers gegründet werden, die ab einer Tiefe von ca. 3,90m unter GOK erwartet werden. Hier kann ein Bemessungswert des Sohldruckwiderstands $\sigma_{R,d} = 450 \text{ kN/m}^2$ (entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck $\sigma_{zul} = 320 \text{ kN/m}^2$) angesetzt werden. Alternativ ist auch eine höher liegende Flachgründung in mindestens steif-halbfest konsistenten Auffüllungen in ca. 1,50m Tiefe mit einem Bemessungswert des Sohldruckwiderstands $\sigma_{R,d} = 250 \text{ kN/m}^2$ möglich. Zur Einhaltung des Grundbruchkriteriums ist eine Berme zum Hang von $\geq 1,00\text{m}$ vorzusehen. Der Grundbruchnachweis für das hochliegende Fundament muss geführt werden. Die mittlere Hangneigung in Richtung Neckartal beträgt anhand der Vermessungen [2] ca. 28° . Bei fehlender Grundbruchsicherheit kann das südliche Widerlagerfundament etwas weiter in Richtung Süden verschoben werden. Im Bereich des Einstieges muss die bestehende Mauer und die Wand vor dem Fundament abgebrochen werden.

Der Fundamentgraben kann in den oberen rolligen Auffüllungen bis ca. 2 m unter GOK unter ca. 45° und darunter in den bindigen Bodenschichten unter einem Winkel $\beta \leq 60^\circ$ angelegt werden. Die Böschungswände sind mit Folie vor Witterungseinflüssen zu schützen.

Die Gründungssohle ist nach dem Aushub mit Plattenrüttler oder Anbauverdichter am Bagger sorgfältig nachzuverdichten und zum Schutz vor Witterungseinflüssen ist möglichst umgehend die Sauberkeitsschicht einzubringen. Sofern im Gründungsbereich Böden in geringeren Konsistenzen anstehen, ist die Gründung zu vertiefen und die Mehrtiefe ggf. mit Magerbeton C12/15 zu verfüllen.

Da das Widerlager im Wesentlichen mit horizontalen Zugkräften aus der Zugseilbrücke belastet wird, ist es empfehlenswert, zusätzlich zum Fundament eine Rückverankerung vorzusehen. Zur Verankerung eignen sich Verpreßanker und auch Mikropfähle nach DIN EN 14199 (z. B. Ischebeck Mikropfahl TITAN mit der bauaufsichtlichen Zulassung Z-34.14-2019), die mit einer geschätzten Gesamtlänge von ca. 20 m ca. 6 m in den harten Dolomitstein einbinden. Vorgeschlagen wird z. B. der Mikropfahl Ischebeck TITAN 73/53 (Stahlrohr mit 73 mm Außendurchmesser). Dieser Ankerpfahl ist z.B. mit einer charakteristischen Tragfähigkeit $R_k = 900 \text{ kN}$ zugelassen (Bemessungswert $R_d = 783 \text{ kN}$). Die Anker können max. 45° geneigt werden, es wird empfohlen, Ankerneigungen zwischen 20° bis 40° auszuführen. Diese Pfähle können sehr gut an die wechselnden Felsqualitäten angepasst werden und benötigen auch als Daueranker keine wiederholten Zugversuche.

Für die Mikropfähle TITAN sind folgende Nachweise zu führen:

- Nachweis der inneren Tragfähigkeit: $E_d < R_d$ mit $R_d = R_k/1,15$ (Werte aus Zulassung Z 34.14.-209 und DIN EN 1997)
- Nachweis der äußeren Tragfähigkeit (Grenzfläche Verpresskörper – Boden): Verpresskörperdurchmesser $D = d+a$ (d = Bohrdurchmesser; a = Aufweitung, $\cong 20\text{mm}$ (mit Außenspülung)). Der **Bruchwert der Pfahlmantelreibung** kann in Anlehnung an [5] Tab. 5.32 im Bereich **0,00 – 11,00m (Unterkeuperböden) unter GOK** mit $q_{s,k} = 100 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden. Im **mäßig harten Dolomit (> 11m)** kann der Bruchwert auf $q_{s,k} = 300 \text{ kN/m}^2$ erhöht werden. Die Bemessung ist mit Teilsicherheitsbeiwerten nach DIN 1054 durchzuführen. Die Bemessungswerte sind durch Probelastungen (Zugversuche) an ≥ 2 Pfählen zu bestätigen.

Als **Alternative zur vorgenannten Flachgründung** mit zusätzlichen Zugankern kann auch eine Gründung auf einem Pfahlbock gewählt werden. Eine kostengünstige Variante ist eine Gründung auf Mikropfählen nach DIN EN 14199 (z.B. GEWI-Pfähle oder auch Ischebeck Pfähle), die als schräg geneigte Druck- und Zugpfähle in einem ca. 1,50m mächtigen Fundamentbalken eingebunden werden. Diese Variante kann ggf. zusätzlich auch mit einer Verankerung mit Ischebeck Ankern kombiniert werden. Die ca. 13 m langen Mikropfähle (statischer Nachweis muss noch geführt werden, daraus ergibt sich die erforderliche Pfahlänge) sind in den mäßig harten Dolomit einzubinden mit zusätzlicher Verankerung zur Aufnahme der Zugkräfte s.o. Zur Bemessung können die o.g. Bruchwerte der Pfahlmantelreibung angesetzt werden. Ein Knicknachweis ist nicht erforderlich.

Bei einer **Bemessung mit Bohrpfählen nach DIN EN 1536** ($d \geq 600\text{mm}$) mit Zugverankerung anstatt Mikropfählen dürfen in Anlehnung an [6] folgende charakteristischen Kennwerte nach Tab. 5.15 und 5.17 angesetzt werden:

Bodenschichten	Bruchwert der Pfahlmantelreibung q_{s1k}	Bruchwert des Pfahlspitzenwiderstands q_{b1k}
Verwitterungslehm steif-halbfest (0,00 m – 4,00 m unter GOK)	$q_{s1k} = 45 \text{ kN/m}^2$	
Mergelstein, mürbfest (4,00 m – 11,00 m unter GOK)	$q_{s1k} = 75 \text{ kN/m}^2$	
Dolomit, klüftig, mäßig hart	$q_{s1k} = 300 \text{ kN/m}^2$	$q_{b,1k} = 3000 \text{ kN/m}^2$

Zur Ermittlung der Biegemomente dürfen die Bettungsmoduln nach der Formel $k_S = E_{sk}/D$ (mit $D \leq 1,00\text{m}$ und E_{sk} aus Kapitel 3.5) berechnet werden.

Als **Variante ohne zusätzliche Zuganker** wäre auch eine Abtragung der Lasten über ein Pfahlbocksystem denkbar. Die Bohrpfähle nach DIN EN 1536 ($d \geq 600\text{mm}$) werden hier mit ca. 20° gegen die Vertikale geneigt eingebohrt und in einem ca. 1,50 m starken Fundamentbalken eingebunden. Für die Bemessung gelten die o.a. Kennwerte der EA-Pfähle [1].

4.2 Pfeiler neben Bahnlinie im Neckartal, BK2

Der Pfeiler ist hier am Rand des geschütteten Fahrweges nahe dem steil zum Neckar abfallenden Hang geplant. Die Böschungsneigung in Richtung Neckar beträgt hier ca. 35° . Die Bohrung wurde aus Gründen der Zugänglichkeit leicht verlegt an den Wegrand und liegt ca. 20 cm höher, als die ausgepflockte Stelle. Die oberen 5 m sind hier aufgefüllt mit überwiegend feinkörnigen Böden der Gruppe TM/TA. Die Konsistenz ist weitestgehend steif. Darunter folgen die Nodosuskalke des m_2 , die noch bis zu einer Tiefe von 6,30 m durch Rammen gelöst und darunter mittels Rotationskernbohrung mit Wasserzugabe aufgeschlossen wurden.

Die Gründung des Pfeilers ist mit Bohrpfählen nach DIN EN 1536 ($d \geq 600\text{mm}$) möglich, die als Pfahlbock mit einer Neigung $\alpha \leq 20^\circ$ unter der Fundamentplatte hergestellt werden. Da hier voraussichtlich - spätestens mit dem Erreichen des Neckarwasserspiegels - mit Wasser zu rechnen ist, sind die Bohrpfähle verrohrt mit Wasserzugabe herzustellen.

Für die Bemessung können in Anlehnung an EA-Pfähle [6] Tab. 5.13, 5.15 und 5.17 folgende charakteristischen Kennwerte angesetzt werden:

Bodenschichten	Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s1,k}$	Bruchwert des Pfahlspitzenwiderstands $q_{b1,k}$
Bindige Auffüllungen, steif (0,00 m – 5,00 m unter GOK)	$q_{s1k} = 30 \text{ kN/m}^2$	
Kalkstein zerbohrt (5,00 m – 6,30 m unter GOK)	$q_{s1k} = 130 \text{ kN/m}^2$	
Kalkstein, klüftig, hart > 6,30 m	$q_{s1k} = 500 \text{ kN/m}^2$	$q_{b,1k} = 5000 \text{ kN/m}^2$

Zur Ermittlung der Biegemomente dürfen die Bettungsmoduln nach der Formel $k_s = E_{sk}/D$ ($D \leq 1\text{m}$, E_{sk} aus Kapitel 3.5) berechnet werden.

Alternativ kann eine Flachgründung in einem geschlossenen Spundwandkasten in einer Tiefe von ca. 1,50 m unter Ansatz eines Bemessungswertes des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} = 400 \text{ kN/m}^2$ gewählt werden. Dieser für den Untergrund relativ hohe Bemessungswert setzt voraus, dass die Spundwand im Boden verbleibt und im Bereich des Fundamentes konstruktiv mit dem Fundament verbunden wird. In Höhe der freigelegten Gründungssohle ist eine Nachverdichtung mit Plattenrüttler oder auch Anbauverdichter am Bagger (einschließlich der Spundwandtäler) vorzunehmen und unmittelbar danach muss die Gründungssohle mit Magerbeton oder einer ver-

dickten Sauberkeitsschicht versiegelt werden. Die dauerhaft verbleibende Spundwand wird hierbei bis zum Fels gerammt und dient gleichzeitig als Kolkschutz. Zusätzlich kann die Spundwand – falls es sich als erforderlich erweisen sollte - auch noch als Schneidenlagerung zur vertikalen Lastabtragung herangezogen werden. In diesem Fall werden die vom Fundament nicht aufgenommenen vertikalen Belastungen über den Spitzendruck der Spundwände in den tieferen Untergrund abgetragen. Durch Anschweißen von Stahlstreben im Bereich der Spundwandtäler muss die erforderliche Kraftübertragung vom Fundament auf die Spundwand nachgewiesen werden. Bei gedungenen Profilen, deren mittlerer Abstand der Stege ≤ 400 mm beträgt, kann der Spitzenwiderstand auf die von der Umhüllenden des Wandquerschnittes begrenzte Fläche (Pfropfbildung) angesetzt werden. Ist der Abstand der Stege größer als 400 mm, kann es erforderlich sein, Flach- oder Profilstähle in Höhe des Spundwandfußes einzuschweißen. Im vorliegenden Fall ist ein Spitzendruck von zul. $\sigma = 800$ kN/m² zulässig. Die Spundwandprofile können eingerüttelt werden, der unterste Meter muss jedoch mit einer Schlagramme eingebracht werden.

Die Abtragung der horizontalen Lasten erfolgt nach der Erddrucktheorie über die Wandbettung, wobei hier die Bodenkennwerte aus Abschnitt 3.5 heranzuziehen sind.

Bei einer Spundwand als tragendes Element muss die mögliche Korrosion im Untergrund mit berücksichtigt werden. Im Hinblick auf die Stahlaggressivität nach DIN 50930 ist eine Wasseranalyse durchzuführen. Üblich ist, dass entsprechend den Erfahrungswerten der EAU (E 35) ein Abrostungsfaktor in der Hauptangriffszone im Süßwasser von 0,02 mm/Jahr als langfristiger Mittelwert angesetzt wird, wobei dieser Abrostungsfaktor nur auf der Luftseite angesetzt wird. Geht man davon aus, dass das Bauwerk für eine Lebensdauer von 100 Jahren bemessen wird, müssen 2 mm des Stahlquerschnittes als möglicher Abrostungsfaktor mit berücksichtigt werden. Dies setzt jedoch voraus, dass im Grundwasser kein erhöhter Korrosionsangriff zu erwarten ist.

Für eine Schneidenlagerung ist ein kräftiges, rammgünstiges Profil zu wählen. In der folgenden Tabelle ist die anzusetzende Spitzendruckfläche für verschiedene LARSEN und HOESCH-Profile angegeben ("HSP HOESCH SPUNDWAND UND PROFIL - Spundwandbauwerke im Verkehrswegebau"):

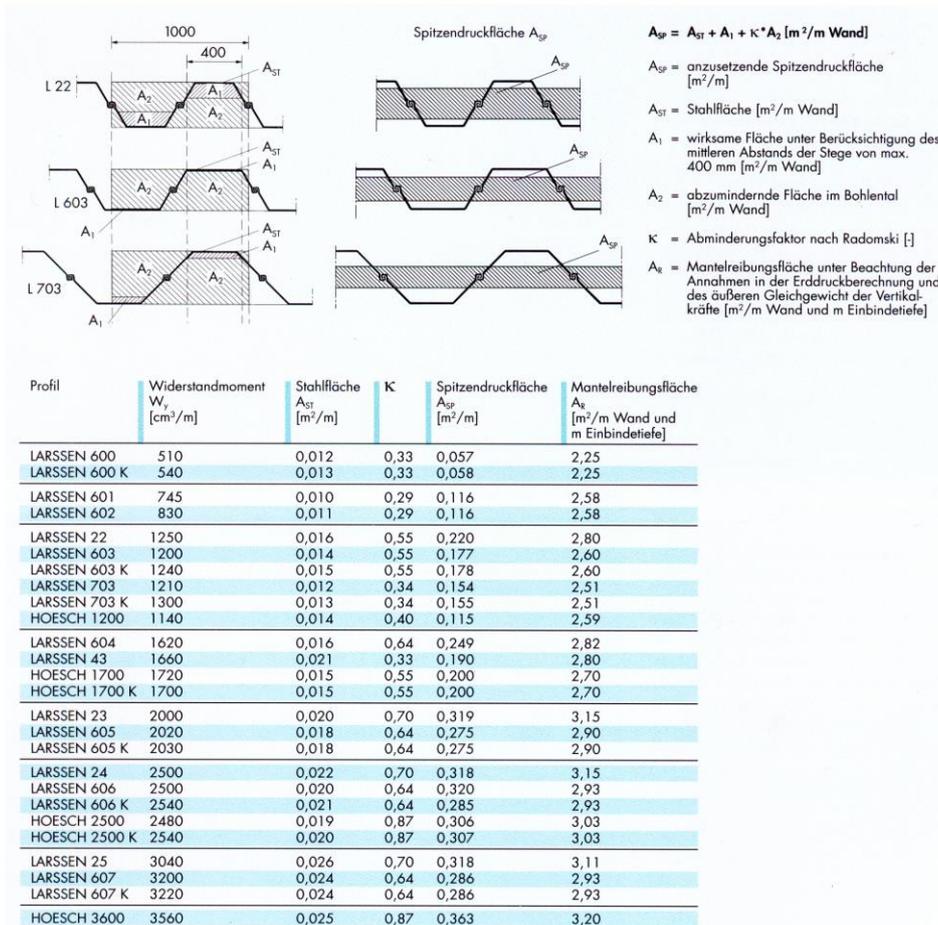


Abb. 37: Maßgebende profilabhängige Spitzendruck-/Mantelreibungsflächen

Beim Rammen ist grundsätzlich mit Erschütterungen zu rechnen, d.h. die Rammarbeiten müssen mit der Bahn abgesprochen werden.

4.3 Pfeiler unterhalb des Steinbruchs

Hier konnte aufgrund der mangelnden Zugänglichkeit noch keine Bohrung abgeteuft werden. Zur ungefähren Abschätzung der zu erwartenden Bodenschichtung wurden beim geol. Landesamt die Ergebnisse von Bohrungen vom alten Gaswerksgelände eingeholt. Bei der uns vorliegenden, nächstgelegenen Bohrung Nr. 7817-266 von 1990 zeigt sich folgendes Profil:

Bohrung Nr. 7817-266 Ansatz 544,63m

- 0,00 – 1,80m feinkörnige Auffüllungen: U,s,g'
- 1,80 – 5,50m Neckarkiese: G,u,s,x'-x
- 5,50 – 22,00m Kalkstein, grau, Oberer Muschelkalk
- 22,00 – 28,00m Dolomit, beige, Mittlerer Muschelkalk

Wasserzutritt war bei 1,60 m. Starker Wasserandrang war bei ca. 18 m Tiefe. Im Fels wurde eine Vollbohrung ausgeführt, deshalb ist über die Qualität/Klüftung des Kalksteins nichts bekannt. Im Bohrprotokoll wird der Fels als hart bezeichnet.

Der geplante Pfeilerstandort liegt vermutlich etwas weiter hangwärts, so dass hier ähnliche Bodenverhältnisse wie in der Bohrung Nr. 7817-266 erwartet werden. Wir halten es sofern für möglich, für die Vorbemessung des Pfeilerfundaments die Empfehlungen und Kennwerte aus Kapitel 4.2 anzusetzen. **Eine Bohrung, mindestens aber ein Baggerschurf und evtl. zwei Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde zur indirekten Erkundung der Felskante, sind spätestens im Zuge der Herstellung der Baustraße durchzuführen.**

Alternativ zu den in Kapitel 4.2 genannten Gründungsmöglichkeiten wäre hier ggf. auch eine Brunnengründung, die mittels Stahlhilfsverrohrungen bis auf den Fels abgeteuft und ausbetoniert wird, möglich. Da der Felshorizont im oberen Bereich vermutlich noch verwittert, evtl. entfestigt ist, schlagen wir als Bemessungswert des Sohldruckwiderstands $\sigma_{R,d} = 840 \text{ kN/m}^2$ (entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck $\sigma_{zul} = 600 \text{ kN/m}^2$) vor. Bei diesem Verfahren ist jedoch auf einen ausreichend großen Durchmesser der Brunnen zu achten ($DN \approx 1,50 \text{ m}$), damit größere Steine im Neckarkies mit dem Polypgreifer ausgeräumt und die Brunnen sauber bis auf den Felshorizont abgeteuft werden können.

Da der Standort des Pfeilers im Überflutungsbereich des Neckars liegt, ist ggf. eine Bauwasserhaltung, möglicherweise auch eine temporäre Sicherung der Fundamentgrube mittels Spundwandkasten erforderlich.

4.4 Widerlager Nord, BK4

Das Widerlager Nord kann in den verwitterten, zerbohrten, mürbfesten Wechsellagen aus Dolomit-, Mergel- und Tonstein des Unteren Keupers gegründet werden. Bei einer Einbindung des Fundaments mit $\geq 2,00 \text{ m}$ Tiefe, wie im Schnitt [3] dargestellt mit einer Geländeneigung von ca. 20° ist die Grundbruchsicherheit bei Fundamentbreiten $\leq 4 \text{ m}$ noch eingehalten, wenn als Bemessungswert des Sohldruckwiderstands $\sigma_{R,d} = 600 \text{ kN/m}^2$ (entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck $\sigma_{zul} = 430 \text{ kN/m}^2$) nicht überschritten wird. Dieses setzt voraus, dass der Standort des Widerlagers etwas vom Rand der steilen Böschung abgerückt und in Richtung obere flachere Berme verlegt wird. Ansonsten muss eine ausreichende Grundbruchsicherheit nachgewiesen werden. Die Fundamentgrube kann unter 60° geböscht angelegt werden. Die Böschungswände sind zum Schutz vor Witterungseinflüssen mit Folie abzuhängen. Die weiteren Hinweise der DIN 4124 sind zu beachten. Die Gründungsempfehlungen für dieses Widerlager sind sinngemäß unseren Empfehlungen für das südliche Widerlager zu übernehmen.

Für die Verankerung eignen sich analog dem südlichen Widerlager Ischebeck Mikropfähle TITAN nach DIN EN 14199 (bauaufsichtliche Zulassung Z-34.14-2019), die geschätzt 6 m in den harten Dolomitstein einbinden. Nähere Angaben zur Bemessung sind bereits in Kapitel 4.1 enthalten. Auch hier wird empfohlen, die Bemessungswerte durch Probelastungen an ≥ 2 Pfählen zu überprüfen.

5 Weitere Vorgehensweise

Empfohlen wird, die weitere Planung auf der Basis dieser Empfehlungen vorzunehmen und eine Abstimmung der Gründung zwischen Statiker und Baugrundgutachter nach Vorliegen der genauen Belastungen vorzunehmen. Für das Widerlager Nord muss als erstes eine Baustraße hergestellt werden und danach können hier auch die noch fehlenden Erkundungen vorgenommen werden.

Bei weiteren Fragen stehen wir gerne zur Verfügung.

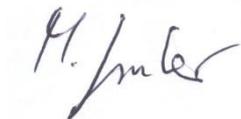
GeoTech Kaiser GmbH



Dipl.-Ing. (FH) Alexander Kaiser

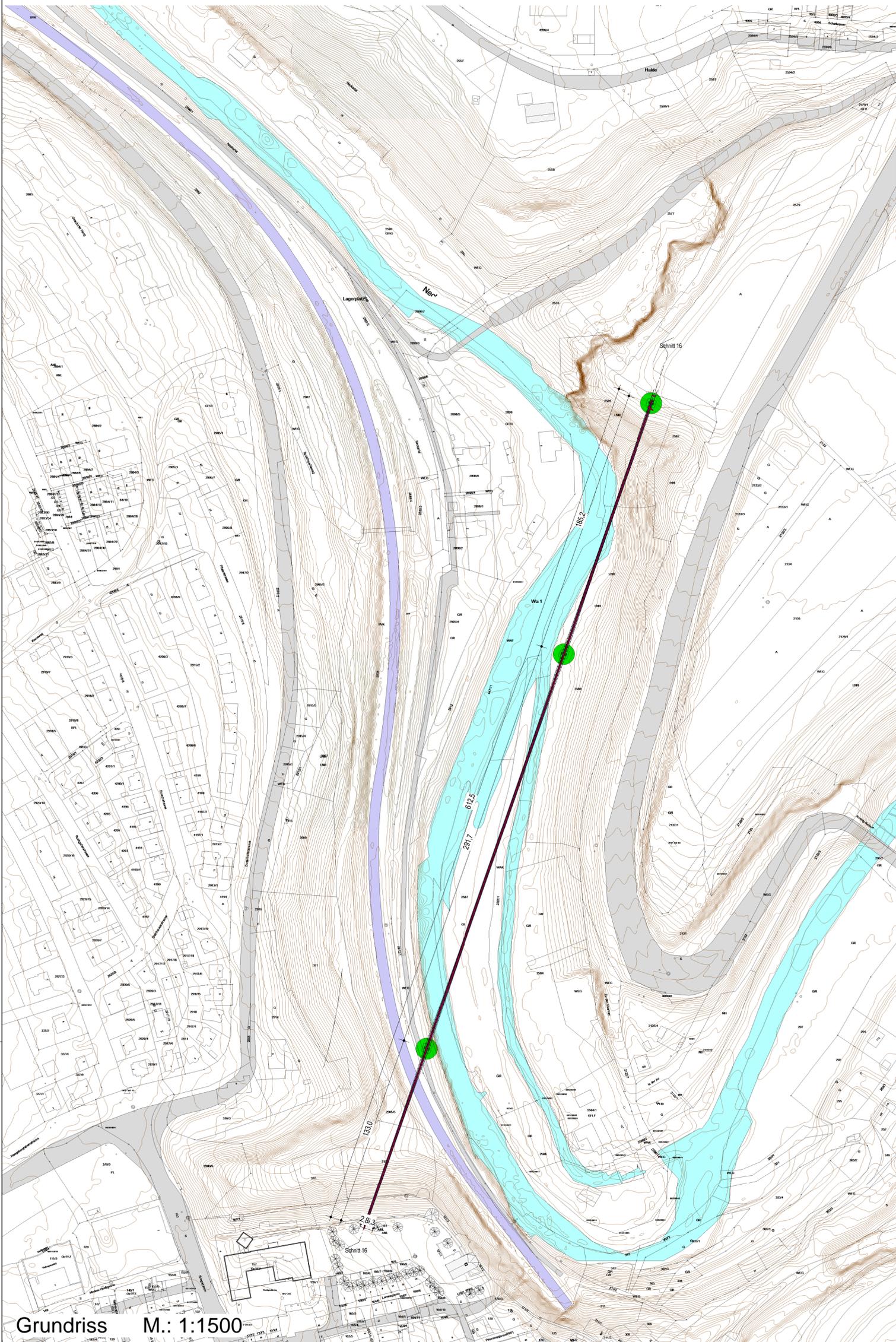
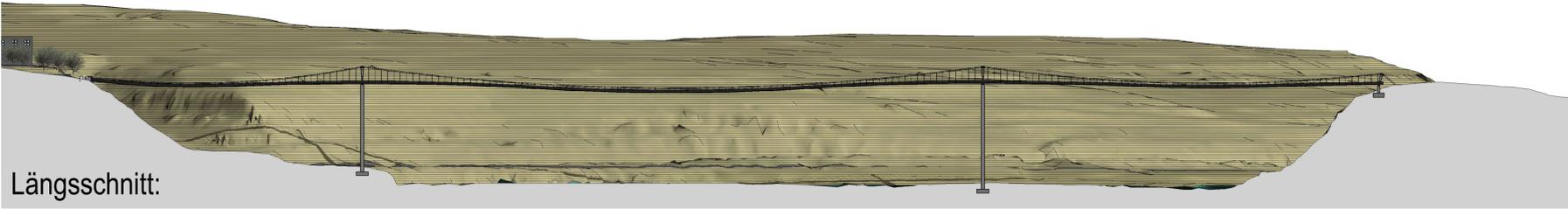


Dr.-Ing. Hans-Werner Schade

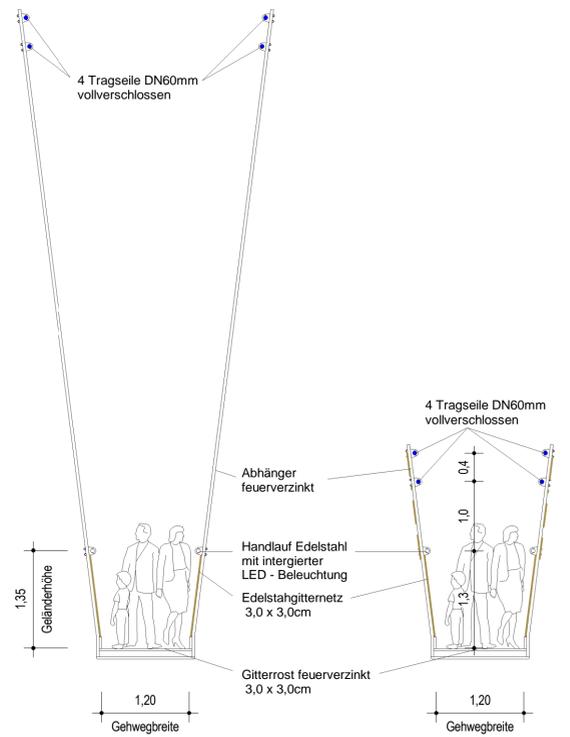


Dipl.-Geol. Marc Gruler

Längsschnitt:

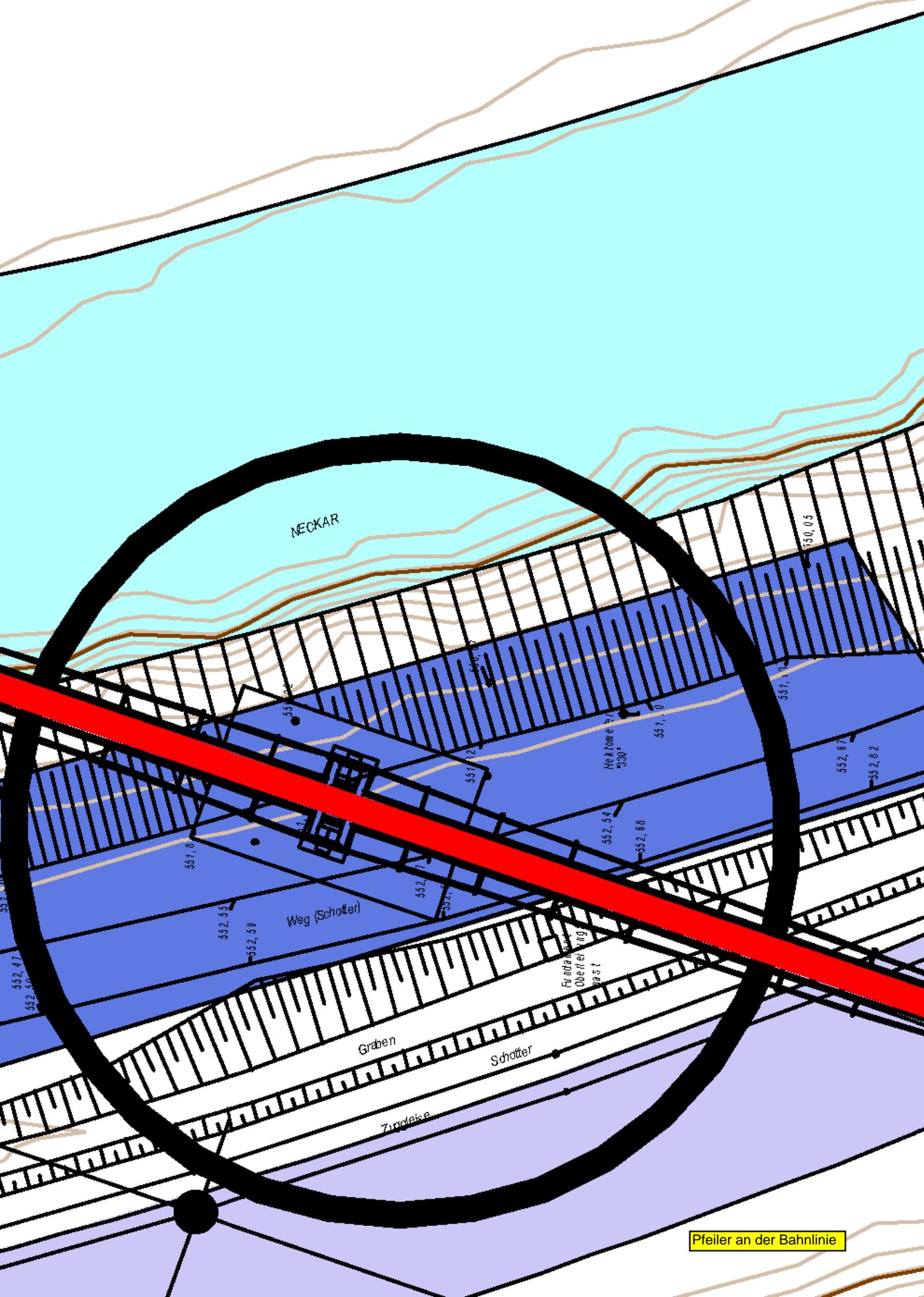


Grundriss M.: 1:1500



Regelquerschnitt M.: 1:100

Projekt Hängebrücke Rottweil	
Bauherr Eberhardt Immo GmbH	
Plan Lageplan / Längsschnitt / Regelquerschnitt	
KTS Innovations GmbH Rauth 90 A-6642 Stanzach +43 664 54 82 838 martin@kts-innovations.com	Projektnummer 201601 Plannummer V016A
Datum 23/01/16 Gezeichnet KM	



NECKAR

Weg (Schotter)

Graben

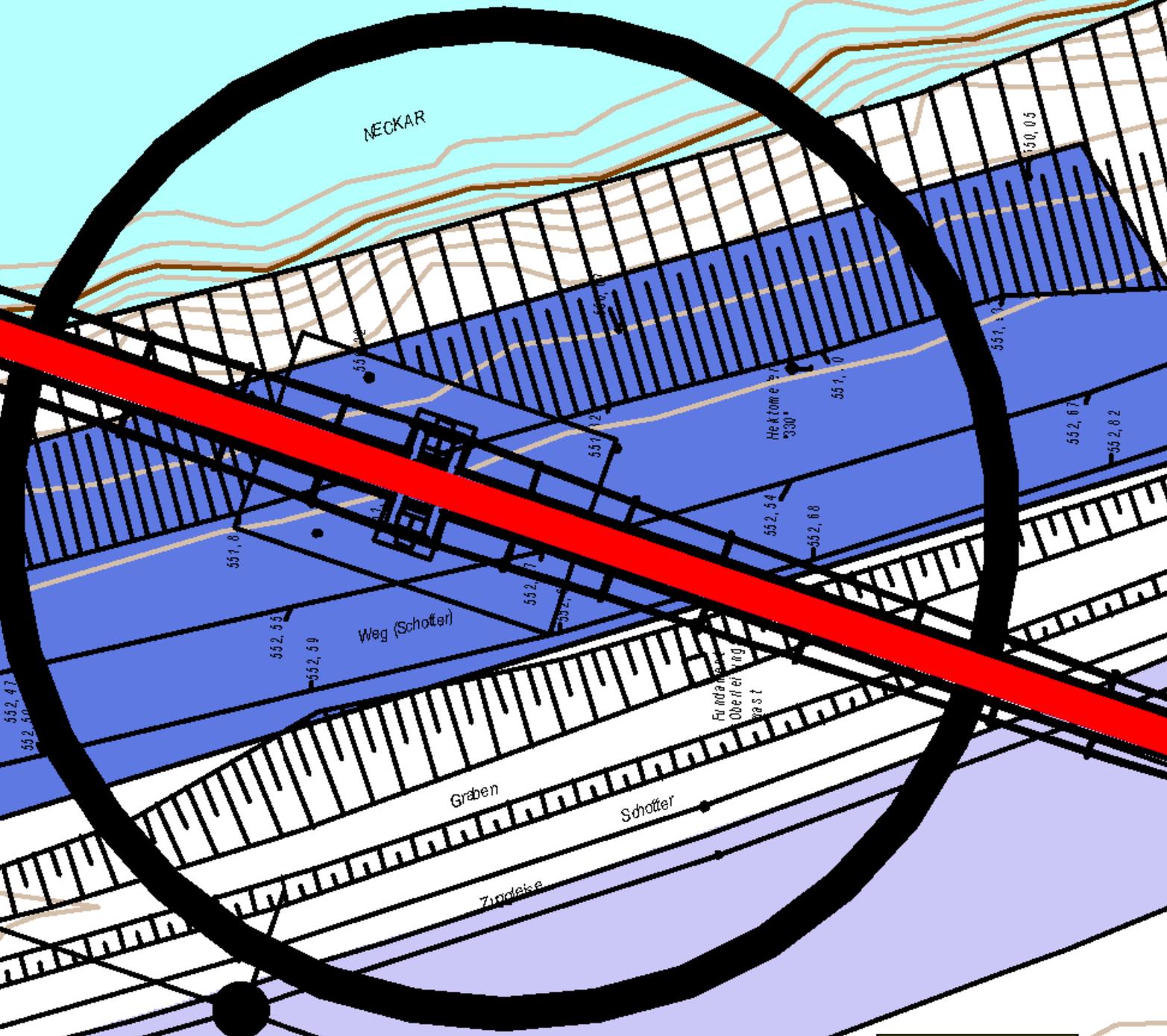
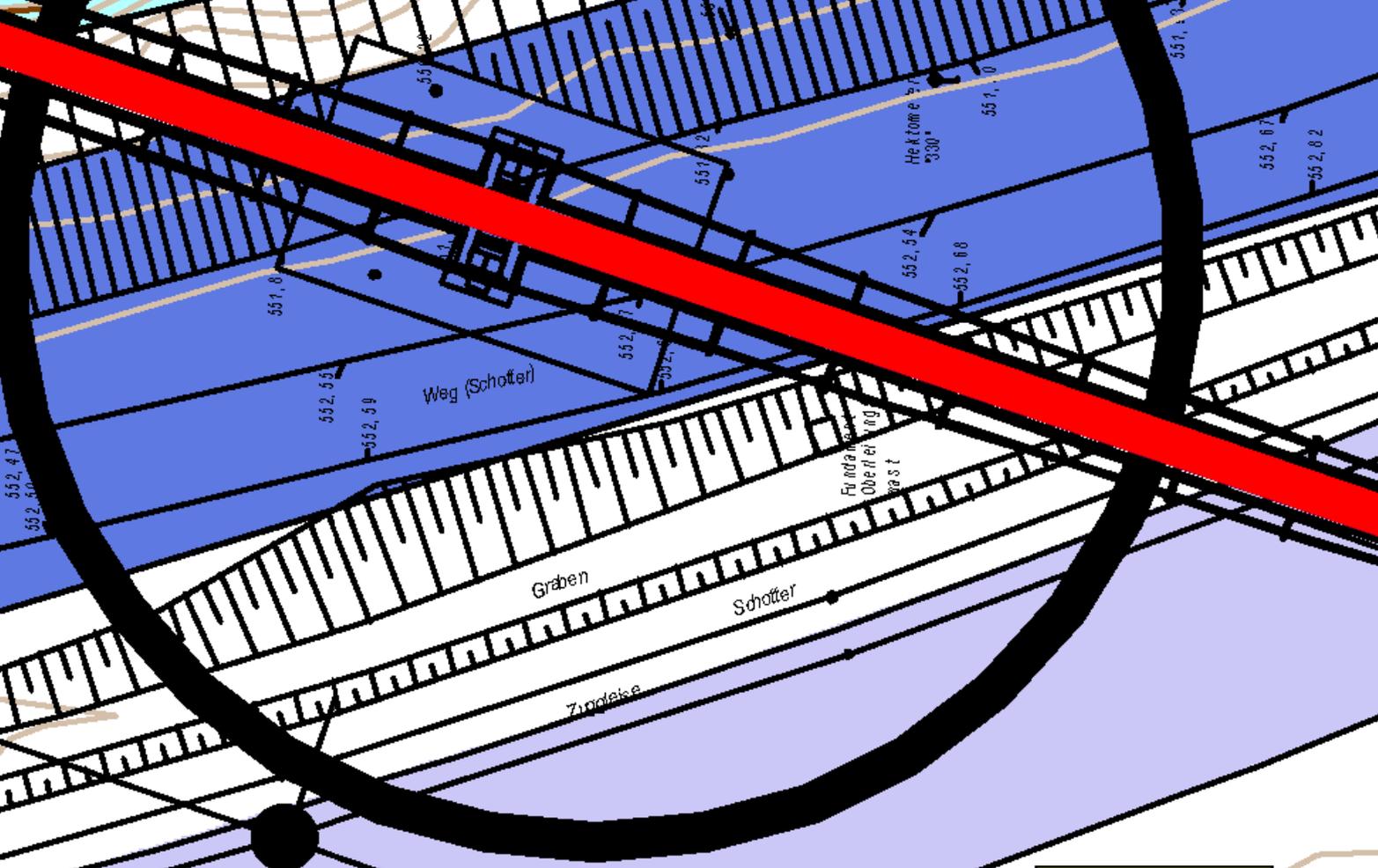
Schotter

Zugleise

Fundament
Oberleitung
mast

Hecklome 71
330*

Pfeiler an der Bahnlinie



NECKAR

Weg (Schotter)

Graben

Schotter

Zugleise

Fundament
Oberleitung
mast

Hecklome 71
330*

Pfeiler an der Bahnlinie



NECKAR

Weg (Schotter)

Graben

Schotter

Zugleise

Fundament
Oberleitung
mast

Hecklome 71
330*

Pfeiler an der Bahnlinie

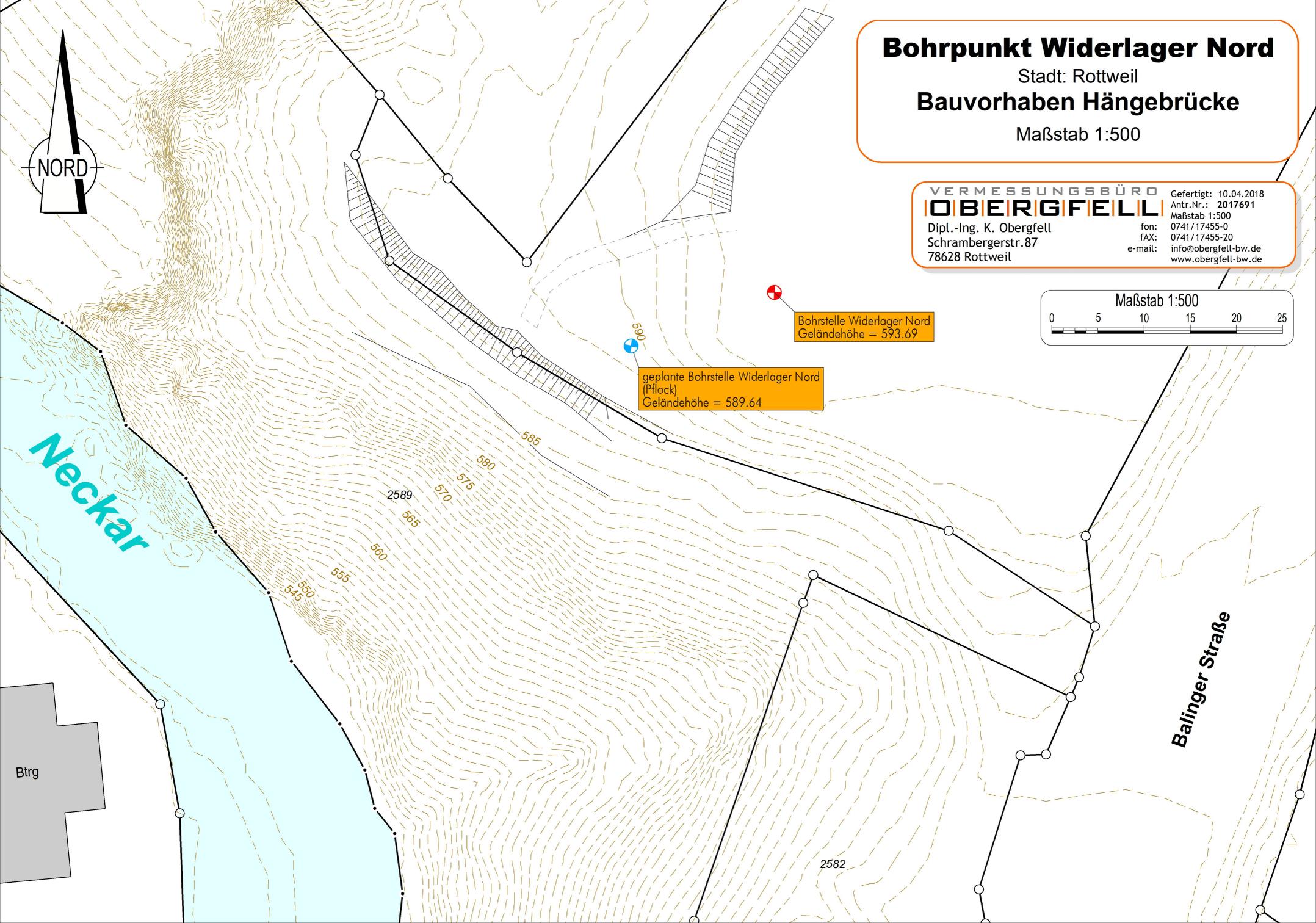
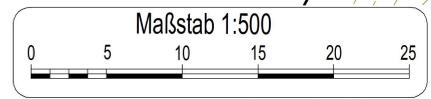


Bohrpunkt Widerlager Nord

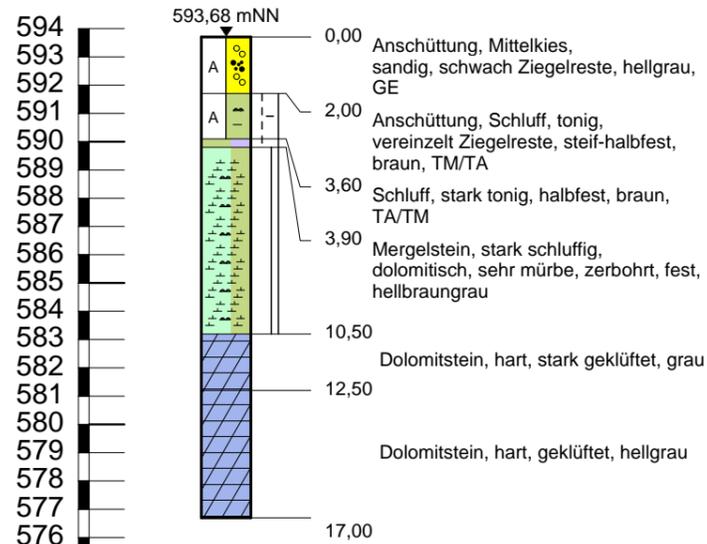
Stadt: Rottweil
Bauvorhaben Hängebrücke
Maßstab 1:500

VERMESSUNGSBÜRO
OBERG|F|E|L|L
Dipl.-Ing. K. Obergfell
Schrambergerstr.87
78628 Rottweil

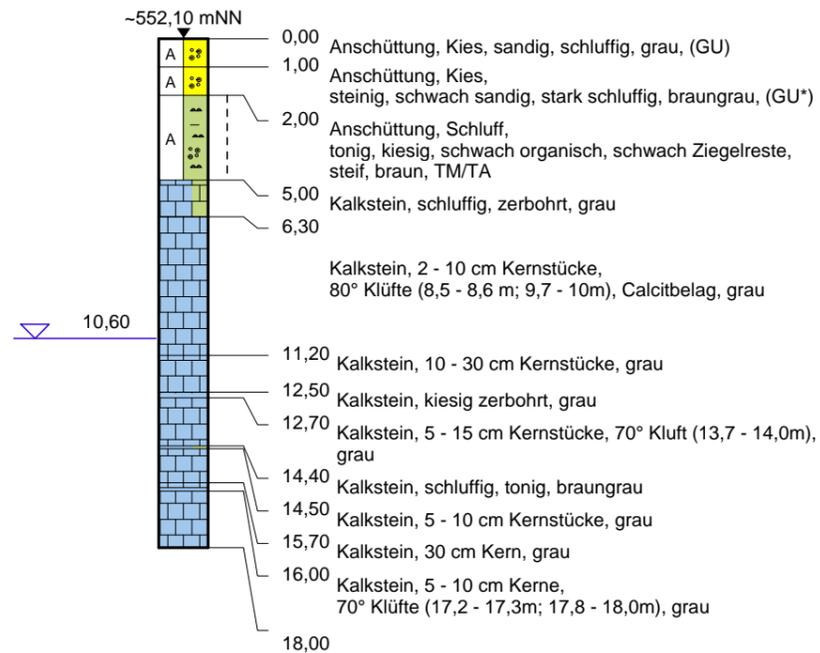
Gefertigt: 10.04.2018
Antr.Nr.: 2017691
Maßstab 1:500
fon: 0741/17455-0
fax: 0741/17455-20
e-mail: info@obergfell-bw.de
www.obergfell-bw.de



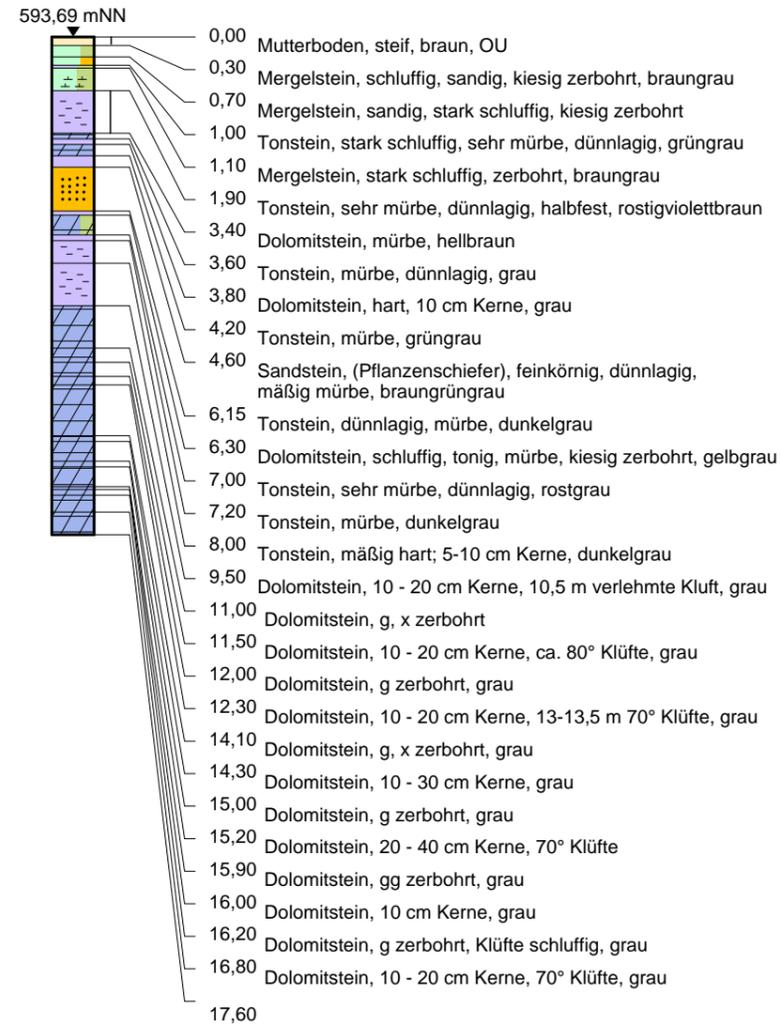
BK1



BK2



BK4



Zeichenerklärung

Mu		Mutterboden
A		Anschüttung
U		Schluff
mG		Mittelkies
G		Kies
Tst		Tonstein
Sst		Sandstein
Mst		Mergelstein
Kst		Kalkstein
Dst		Dolomitstein
u		schluffig
s		sandig
g		kiesig
x		steinig
o		organisch
t		tonig
zb		Ziegelreste
		Schicht steif
▽ 3,50 (02.99)		Grundwasser angebohrt muGOK
		Schicht fest
		Schicht halbfest
		Schicht steif-halbfest

GeoTech Kaiser GmbH IB für Erd- und Grundbau Brugger Straße 8, 78628 Rottweil Tel/Fax: 0741/348618-41 (-42) info@geotech-kaiser.de			
Auftraggeber: Eberhardt Bewehrungsbau		Projekt-Nr.	
Bauvorhaben: Hängebrücke Rottweil		Anlage-Nr. 2	
Maßstab	Höhen-Maßstab	Gezeichnet:	Gepueft:
	1 : 250	Gruler	Kaiser
		Gutachter:	Datum
		Gruler/Kai	21.03.2018



GeoTech Kaiser GmbH
 IB für Erd- und Grundbau
 Brugger Straße 8, 78628 Rottweil
 Tel/Fax: 0741/348618-41 (-42)
 info@geotech-kaiser.de

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Proj. Nr.:

Anlage:
3

Bauvorhaben: Hängebrücke Rottweil

Bohrung: BK1

Blatt: 1
 Geländehöhe: 593,68 mNN
 geprüft: Kaiser

Datum:
21.03.2018

1	2				3	4	5	6
Bis ...m unter Ans.- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeug Kernverlust	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung 1)					Art	Nr	Tiefe in m von: bis:
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe 1)	i) Kalkgehalt				
2,00	Anschüttung, Mittelkies sandig, Ziegelreste'							
			hellgrau					
			GE					
3,60	Anschüttung, Schluff tonig							
	vereinzelt Ziegelreste							
	steif-halbfest		braun					
		TM/TA						
3,90	Schluff stark tonig							
	halbfest		braun					
		TA/TM						
10,50	Mergelstein stark schluffig							
	dolomitisch, sehr mürbe zerbohrt							
	fest		hellbraungrau					
12,50	Dolomitstein							
	hart stark geklüftet							
			grau					
17,00	Dolomitstein							
	hart geklüftet							
			hellgrau					



GeoTech Kaiser GmbH
 IB für Erd- und Grundbau
 Brugger Straße 8, 78628 Rottweil
 Tel/Fax: 0741/348618-41 (-42)
 info@geotech-kaiser.de

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Proj. Nr.:

Anlage:
3

Bauvorhaben: Hängebrücke Rottweil

Bohrung: BK2

Blatt: 1
 Geländehöhe: 552,10 mNN
 geprüft: Kaiser

Datum:
21.03.2018

1	2				3	4	5	6
Bis ...m unter Ans- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeug Kernverlust	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung 1)					Art	Nr	Tiefe in m von: bis:
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe 1)	i) Kalkgehalt				
1,00	Anschüttung, Kies sandig, schluffig							
			grau					
			(GU)					
2,00	Anschüttung, Kies stark steinig, sandig', schluffig							
			braungrau					
			(GU*)					
5,00	Anschüttung, Schluff tonig, kiesig, organisch', Ziegelreste'							
	steif		braun					
			TM/TA					
6,30	Kalkstein schluffig							
	zerbohrt							
			grau					
11,20	Kalkstein							
	2 - 10 cm Kernstücke 80° Klüfte (8,5 - 8,6 m; 9,7 - 10m)							
	Calcitbelag		grau					
12,50	Kalkstein							
	10 - 30 cm Kernstücke							
			grau					



GeoTech Kaiser GmbH
 IB für Erd- und Grundbau
 Brugger Straße 8, 78628 Rottweil
 Tel/Fax: 0741/348618-41 (-42)
 info@geotech-kaiser.de

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Proj. Nr.:

Anlage:
3

Bauvorhaben: Hängebrücke Rottweil

Bohrung: BK2

Blatt: 2
 Geländehöhe: 552,10 mNN
 geprüft: Kaiser

Datum:
21.03.2018

1	2				3	4	5	6
Bis ...m unter Ans.- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeug Kernverlust	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung 1)					Art	Nr	Tiefe in m von: bis:
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe 1)	i) Kalkgehalt				
12,70	Kalkstein							
	kiesig zerbohrt							
			grau					
14,40	Kalkstein							
	5 - 15 cm Kernstücke 70° Kluft (13,7 - 14,0m)							
			grau					
14,50	Kalkstein schluffig, tonig							
			braungrau					
15,70	Kalkstein							
	5 - 10 cm Kernstücke							
			grau					
16,00	Kalkstein							
	30 cm Kern							
			grau					
18,00	Kalkstein							
	5 - 10 cm Kerne 70° Klüfte (17,2 - 17,3m; 17,8 - 18,0m)							
			grau					



GeoTech Kaiser GmbH
 IB für Erd- und Grundbau
 Brugger Straße 8, 78628 Rottweil
 Tel/Fax: 0741/348618-41 (-42)
 info@geotech-kaiser.de

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Proj. Nr.:

Anlage:
3

Bauvorhaben: Hängebrücke Rottweil

RKS: BK4

Blatt: 1
 Geländehöhe: 593,69 mNN
 geprüft: Kaiser

Datum:
21.03.2018

1	2				3	4	5	6
Bis ...m unter Ans.- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeug Kernverlust	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung 1)					Art	Nr	Tiefe in m von: bis:
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe 1)	i) Kalkgehalt				
0,30	Mutterboden							
	steif							
			braun					
0,70	Mergelstein schluffig, sandig							
	kiesig zerbohrt							
			braungrau					
1,00	Mergelstein stark sandig, schluffig							
	kiesig zerbohrt							
1,10	Tonstein stark schluffig							
	sehr mürbe dünnlagig							
			grüngrau					
1,90	Mergelstein stark schluffig							
	zerbohrt							
			braungrau					
3,40	Tonstein							
	sehr mürbe dünnlagig							
	halbfest		rostigviolettbraun					



GeoTech Kaiser GmbH
 IB für Erd- und Grundbau
 Brugger Straße 8, 78628 Rottweil
 Tel/Fax: 0741/348618-41 (-42)
 info@geotech-kaiser.de

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Proj. Nr.:

Anlage:
3

Bauvorhaben: Hängebrücke Rottweil

RKS: BK4

Blatt: 2
 Geländehöhe: 593,69 mNN
 geprüft: Kaiser

Datum:
21.03.2018

1	2				3	4	5	6
Bis ...m unter Ans.- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeug Kernverlust	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung 1)					Art	Nr	Tiefe in m von: bis:
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe 1)	i) Kalkgehalt				
3,60	Dolomitstein							
	mürbe							
			hellbraun					
3,80	Tonstein							
	mürbe dünnlagig							
			grau					
4,20	Dolomitstein							
	hart 10 cm Kerne							
			grau					
4,60	Tonstein							
	mürbe							
			grüngrau					
6,15	Sandstein (Pflanzenschiefer)							
	feinkörnig, dünnlagig mäßig mürbe							
			braungrüngrau					
6,30	Tonstein							
	dünnlagig, mürbe							
			dunkelgrau					



GeoTech Kaiser GmbH
 IB für Erd- und Grundbau
 Brugger Straße 8, 78628 Rottweil
 Tel/Fax: 0741/348618-41 (-42)
 info@geotech-kaiser.de

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Proj. Nr.:

Anlage:
3

Bauvorhaben: Hängebrücke Rottweil

RKS: BK4

Blatt: 3
 Geländehöhe: 593,69 mNN
 geprüft: Kaiser

Datum:
21.03.2018

1	2				3	4	5	6
Bis ...m unter Ans- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeug Kernverlust	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung 1)					Art	Nr	Tiefe in m von: bis:
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe 1)	i) Kalkgehalt				
7,00	Dolomitstein schluffig, tonig							
	mürbe kiesig zerbohrt							
			gelbgrau					
7,20	Tonstein							
	sehr mürbe dünnlagig							
			rostgrau					
8,00	Tonstein							
	mürbe							
			dunkelgrau					
9,50	Tonstein							
	mäßig hart; 5-10 cm Kerne							
			dunkelgrau					
11,00	Dolomitstein							
	10 - 20 cm Kerne 10,5 m verlehnte Kluft							
			grau					
11,50	Dolomitstein							
	g, x zerbohrt							



GeoTech Kaiser GmbH
 IB für Erd- und Grundbau
 Brugger Straße 8, 78628 Rottweil
 Tel/Fax: 0741/348618-41 (-42)
 info@geotech-kaiser.de

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Proj. Nr.:

Anlage:
3

Bauvorhaben: Hängebrücke Rottweil

RKS: BK4

Blatt: 4
 Geländehöhe: 593,69 mNN
 geprüft: Kaiser

Datum:
21.03.2018

1	2				3	4	5	6
Bis ...m unter Ans.- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeug Kernverlust	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung 1)					Art	Nr	Tiefe in m von: bis:
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe 1)	i) Kalkgehalt				
12,00	Dolomitstein							
	10 - 20 cm Kerne ca. 80° Klüfte							
			grau					
12,30	Dolomitstein							
	g zerbohrt							
			grau					
14,10	Dolomitstein							
	10 - 20 cm Kerne 13-13,5 m 70° Klüfte							
			grau					
14,30	Dolomitstein							
	g, x zerbohrt							
			grau					
15,00	Dolomitstein							
	10 - 30 cm Kerne							
			grau					
15,20	Dolomitstein							
	g zerbohrt							
			grau					



GeoTech Kaiser GmbH
 IB für Erd- und Grundbau
 Brugger Straße 8, 78628 Rottweil
 Tel/Fax: 0741/348618-41 (-42)
 info@geotech-kaiser.de

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Proj. Nr.:

Anlage:
3

Bauvorhaben: Hängebrücke Rottweil

RKS: BK4

Blatt: 5
 Geländehöhe: 593,69 mNN
 geprüft: Kaiser

Datum:
21.03.2018

1	2				3	4	5	6
Bis ...m unter Ans.- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeug Kernverlust	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung 1)					Art	Nr	Tiefe in m von: bis:
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe 1)	i) Kalkgehalt				
15,90	Dolomitstein							
	20 - 40 cm Kerne 70° Klüfte							
16,00	Dolomitstein							
	gg zerbohrt							
			grau					
16,20	Dolomitstein							
	10 cm Kerne							
			grau					
16,80	Dolomitstein							
	g zerbohrt Klüfte schluffig							
			grau					
17,60	Dolomitstein							
	10 - 20 cm Kerne 70° Klüfte							
			grau					

Anlage

Gutachten vom



Geotechnische Ingenieure

Baden-Württemberg
Archiv

7817/266

BOHRPROFIL

Bohrung/Projekt TB 3 / Erkundung Altes Gaswerk Rottweil

Gemarkung Rottweil	TK25 7817 Rottweil
Kreis Rottweil	Koordinaten r 3472443 h 5337020
Bohrfirma Terrasond GmbH	Ansatz (m ü. NN) 544,63
Bohrmeister/Bohrzeit Kammerer/11.10.-12.10.90	Lage beim alten Gaswerk
Bohrverfahren Rammkernbohrung - 5,5 m	
Lufthammerbohrung -28,0 m	Geol. Aufnahme durch Dipl.-Geol. Th. Dobrinski
Bohr-Ø (mm) 250	nach ausgelegten/aufbewahrten Proben am 12.10.90
Filter (von - bis, Ø) 15,30-25,30 DN 125	Kerne (von - bis, Ø) 0,00 - 5,50 m
	Bohrklein 5,50-28,00 m
Wasserspiegel angetr. 1,60 m unter GOK	Kurzprofil 0,00- 2,00 Auffüllung
Ruhewasserspiegel m unter	2,00- 5,50 Quartär
= m ü. NN am	5,50- 22,00 Ob. Muschelkalk
ab 18,00 m starker Wasserandrang	22,00- 28,00 Mittl. Muschelkalk
	Weitere Untersuchungen/Bemerkungen
	Grundwasseranalysen

Meter u. GOK

0,00 - 2,00	Auffüllung Schluff, tonig, sandig, mit Ziegelbruch- stücken, Holz, braun, erdfeucht
2,00 - 5,50	Neckarschotter Kies, sandig, schluffig, braungrau, Kalksteine kaum gerundet teilweise schluffig tonige Horizonte, Gerölle bis 10 cm Ø, feucht
5,50 - 22,00	Kalkstein, grau (zerbohrt)
22,00 - 28,00	Dolomit, beige (zerbohrt)
E.T.	

Zustandsgrenzen Nr. 1
 nach DIN 18122

 Entnahmestelle: BK1
 Bodenart: TA
 Tiefe: 2,60 - 2,90m
 Art der Entnahme: gestört

Projekt-Nr.:

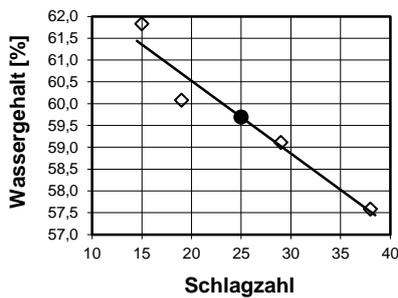
Bauvorhaben: Hängebrücke Rottweil

Prüfer: Sommer

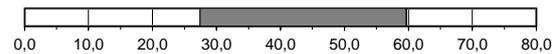
Datum: 04.05.2018

Entn. am:

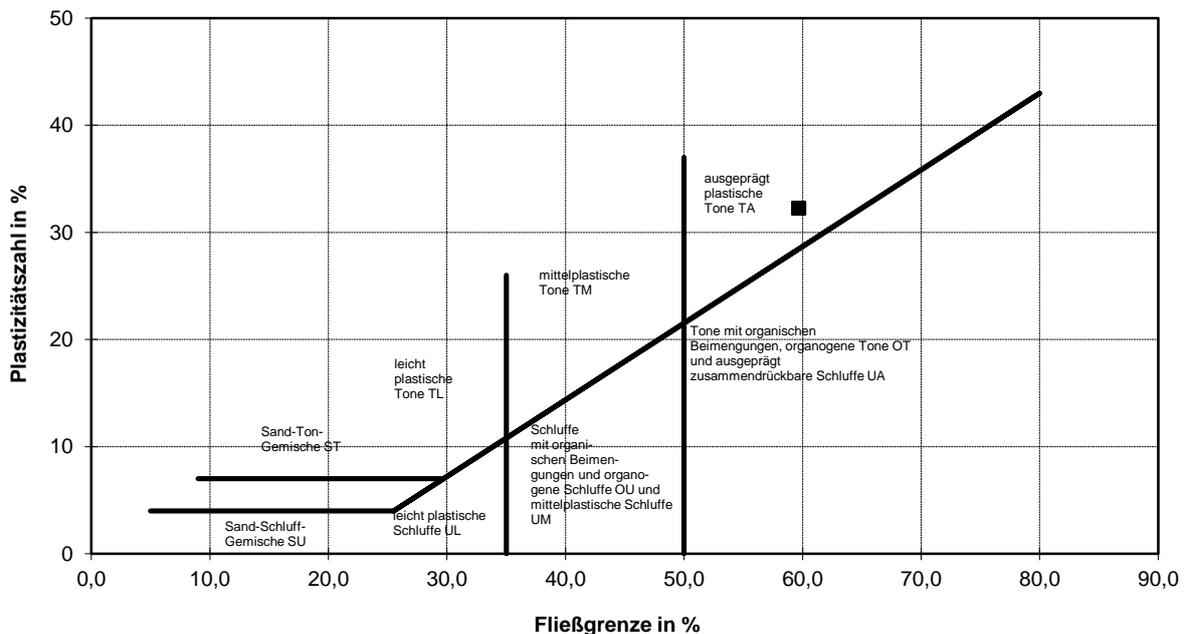
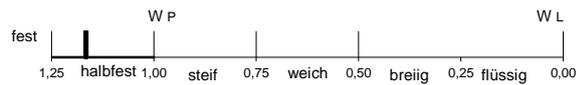
Behälter-Nr.	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
	1	2	3	4	5	6	7
Zahl der Schläge	38	29	19	15			
Feuchte Probe + Behälter [g]	73,04	72,37	71,85	72,69	70,13	76,42	70,86
Trockene Probe + Behälter [g]	68,52	68,25	67,26	68,22	68,13	74,42	68,58
Behälter [g]	60,67	61,28	59,62	60,99	60,77	67,23	60,24
Wasser [g]	4,52	4,12	4,59	4,47	2,00	2,00	2,28
Trockene Probe [g]	7,85	6,97	7,64	7,23	7,36	7,19	8,34
Wassergehalt [%]	57,6	59,1	60,1	61,8	27,2	27,8	27,3



Wassergehalt nat.	w	22,1 %
Fließgrenze	w _L	59,7 %
Ausrollgrenze	w _P	27,4 %
Überkorn > 0,4 mm	ü	%
Wassergehalt Überk.	w _ü	%
Wassergehalt < 0,4 mm		%

 Plastizitätsbereich w_L bis w_P


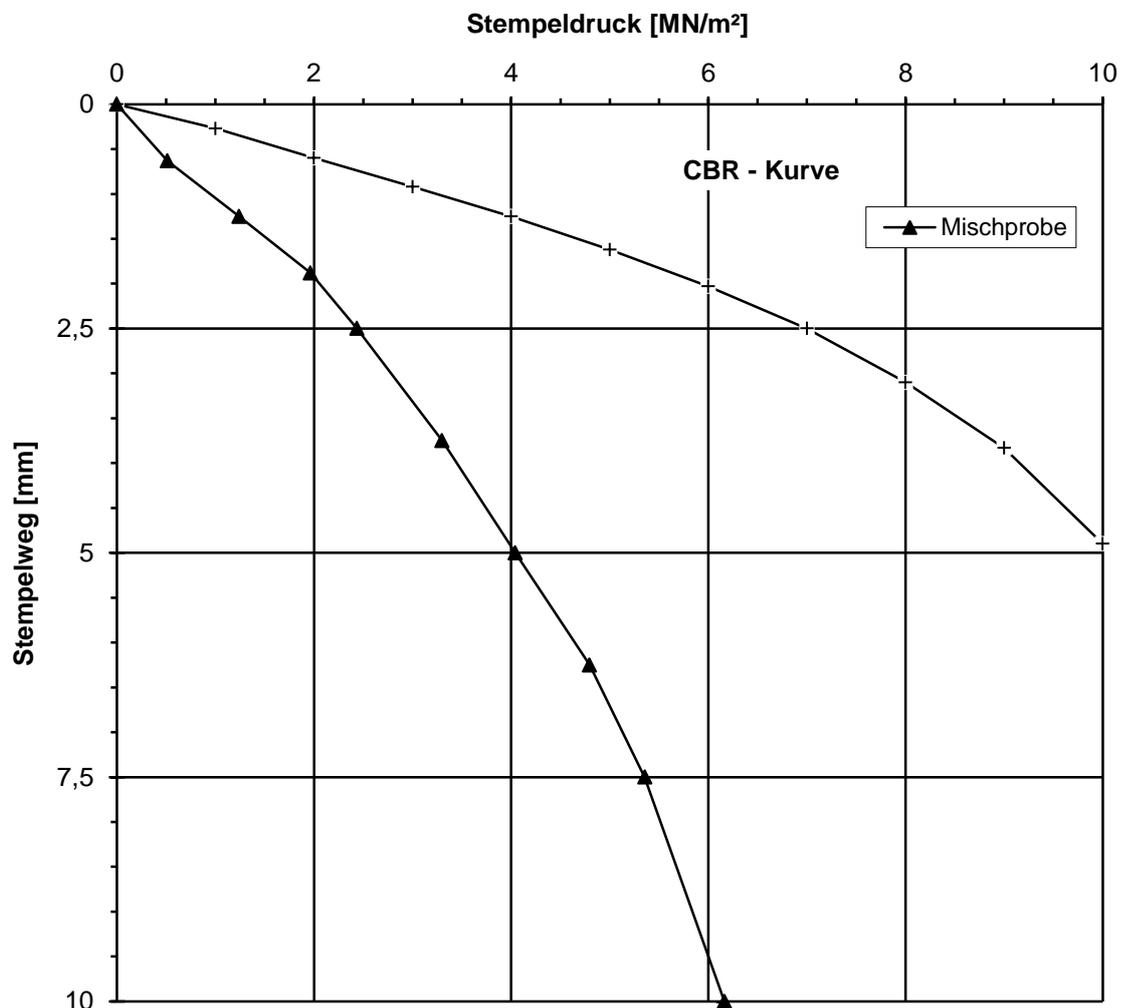
Plastizitätszahl	I _P	32,2 %
Konsistenzzahl	I _c	1,17
korr. Konsistenzzahl	I _c ü	



CBR - VERSUCH

TP BF - StB Teil B 7.1

Entnahmestelle / Proben Nr.	-	Hängebrücke Rottweil	Seite Anlage 4.2
Entnahmetiefe	m	BK1, 6,00m - 7,00m	
Bodenart / Bodengruppe	-	dolomit. Mergel, zerbohrt	Projekt Nr.
Verdichtungsarbeit	MN/m ²	0,59	
Trockendichte	g/cm ³	1,77	
Wassergehalt vor dem Versuch	%	11,2	
Wassergehalt nach dem Versuch	%	-	
Prüfalter	Tage	0	
Stempelfläche	mm ²	1963,00	
Auflast	kg	6,19	
Bindemittelmenge	%	0	
CBR - WERT	%	34,8	



Hochschule Biberach · Karlstraße 11 · 88400 Biberach/Riß

GeoTech Kaiser GmbH
Alexander Kaiser
Brugger Straße 8

78628 Rottweil

Telefon: 07351 582-510
Telefax: 07351 582-519
E-Mail: schad@hochschule-bc.de

Datum: 20.04.2018

**Prüfstelle nach RAP Stra 2010 für Baustoffe
und Baustoffgemische im Straßenbau**

<p>Fachgebiet A - ZTV E <i>Böden einschließlich Bodenverbesserungen</i></p>
<p>Fachgebiet H - ZTV Beton <i>Tragschichten aus hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Bodenverfestigungen</i></p>
<p>Fachgebiet I - ZTV SoB <i>Baustoffgemische für Schichten ohne Bindemittel und für den Erdbau</i></p>

Anlage 4.3

Projekt: BV Hängebrücke Rottweil

Bericht: Einaxiale Druckversuche an zylindrischen Gesteinsprüfkörpern
DGGT-Empfehlung Nr. 1 – Ausgabe 2004

Auftraggeber: GeoTech Kaiser GmbH
Brugger Straße 8
78628 Rottweil

Ausführung: Hochschule Biberach
Prüfstelle für Geotechnik
Karlstraße 7
88400 Biberach

1.0 Beauftragung

Die Prüfstelle für Geotechnik der Hochschule Biberach wurde durch Herrn Kaiser, GeoTech Kaiser GmbH, beauftragt, die einaxiale Druckfestigkeit an angelieferten Gesteinsproben zu bestimmen. Die Bohrkern wurden durch den Auftraggeber am 06.04.2018 der Prüfstelle für Geotechnik zugestellt.

2.0 Prüfvorschrift

TP BF-StB, Teil C1: Technische Prüfvorschrift für Boden und Fels im Straßenbau , Einaxiale Druckversuche an zylindrischen Gesteinsprüfkörpern, Ausgabe 2004
DGGT-Empfehlung Nr. 1, Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau

3.0 Ergebnisse der einaxialen Druckversuche

Die Herstellung der Endflächen des Prüfkörpers erfolgt durch Schleifen.

Bohrkern	Tiefe	Höhe [cm]	Durchmesser [cm]	Dichte [g/cm ³]	Druckfestigkeit [N/mm ²]	Korrigierte Druckfestigkeit [N/mm ²]	E – Modul ^{*)} [MN/m ²]
BK 1	14,40 – 14,50 m	11,87 ^{**)}	10,19	2,381	52,04	47,8	--
BK 1	15,00 – 15,50 m	21,79	10,14	2,256	25,55	--	11720
BK 2	11,30 m	19,40	10,16	2,640	98,26	--	28470
BK 4	8,70 m	11,67 ^{**)}	10,29	2,357	8,80	8,0	--
BK 4	10,00 m	21,42	10,34	2,367	16,32	--	8240

^{*)} E-Modul inkl. Maschinenverformung, ^{**)} keine ausreichende Höhe vorhanden

Der Verformungsmodul wurde im nahezu linearen Bereich der Kraftaufnahme zwischen 30% und 70 % der Maximalspannung bestimmt. Das Ergebnis kann nur als Richtwert gewertet werden, da die Maschinenverformung nicht berücksichtigt werden kann.

Das Bruchbild ist in der Bilddokumentation in Anlage 2 dargestellt. Das Druckspannungs-Stauchungs-Diagramm ist in Anlage 1 ersichtlich.

Biberach, 20.04.2018

Stellvertretende Leiterin der Prüfstelle



M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Monika Schad



Astrid Franz

Einaxial-Versuch TP BF-StB, Teil C1 Gesteinsprüfkörper

Prüfungsnummer:

Entnahmestelle: BK1

Tiefe: 14,40 - 14,50 m

Bodenart:

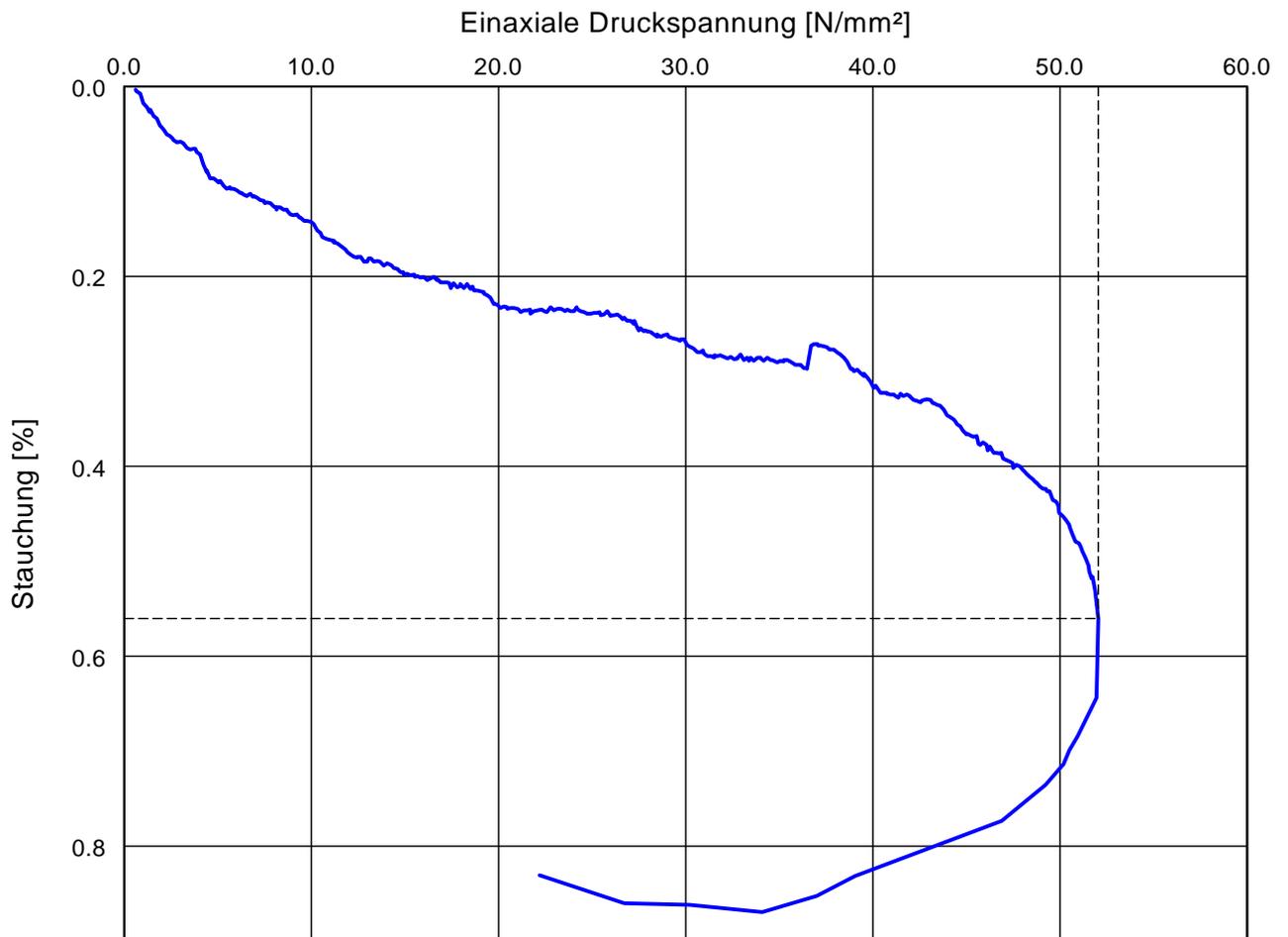
Art der Entnahme: Bohrkern

Probenalter:

BV Hängebrücke Rottweil

Bearbeiter: Franz

Datum: 19.04.2018



Anfangsvolumen [cm ³] = 968.03	Anfangshöhe [mm] = 118.70
Durchmesser [mm] = 101,9	Dichte [g/cm ³] = 2,381
Abminderung bei d/l < 2 = 47,8 N/mm ²	

Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²] = 52.041
 Stauchung [%] = 0.56
 E = 21567.8 MN/m²

Einaxial-Versuch TP BF-StB, Teil C1 Gesteinsprüfkörper

Prüfungsnummer:

Entnahmestelle: BK1

Tiefe: 15,00-15,50m

Bodenart:

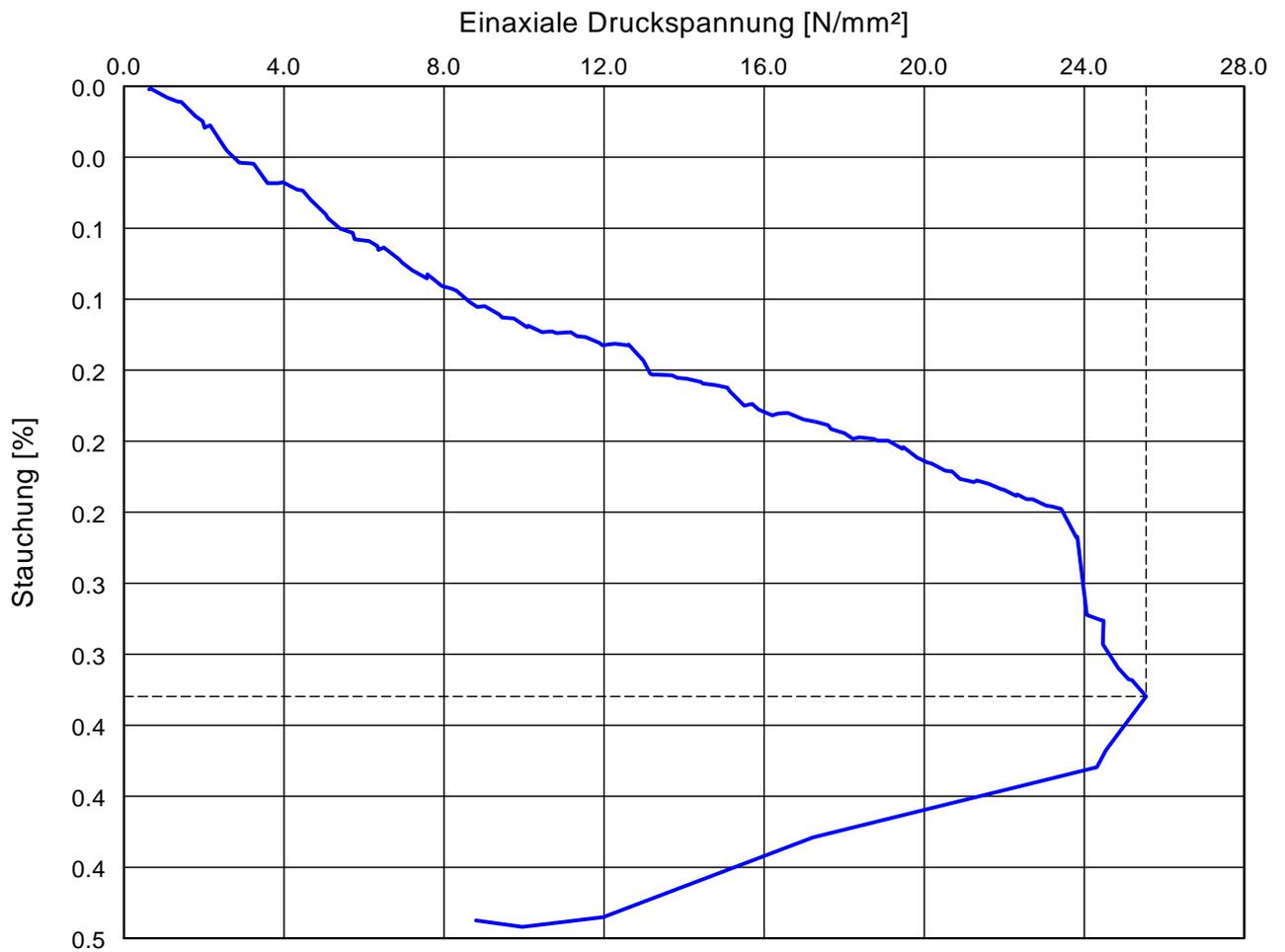
Art der Entnahme: Bohrkern

Probenalter:

BV Hängebrücke Rottweil

Bearbeiter: Franz

Datum: 19.04.2018



Anfangsvolumen [cm ³] = 1759.64	Anfangshöhe [mm] = 217.90
Durchmesser [mm] = 101,4	Dichte [g/cm ³] = 2,256

Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²] = 25.545
 Stauchung [%] = 0.34
 E = 11720.7 MN/m²

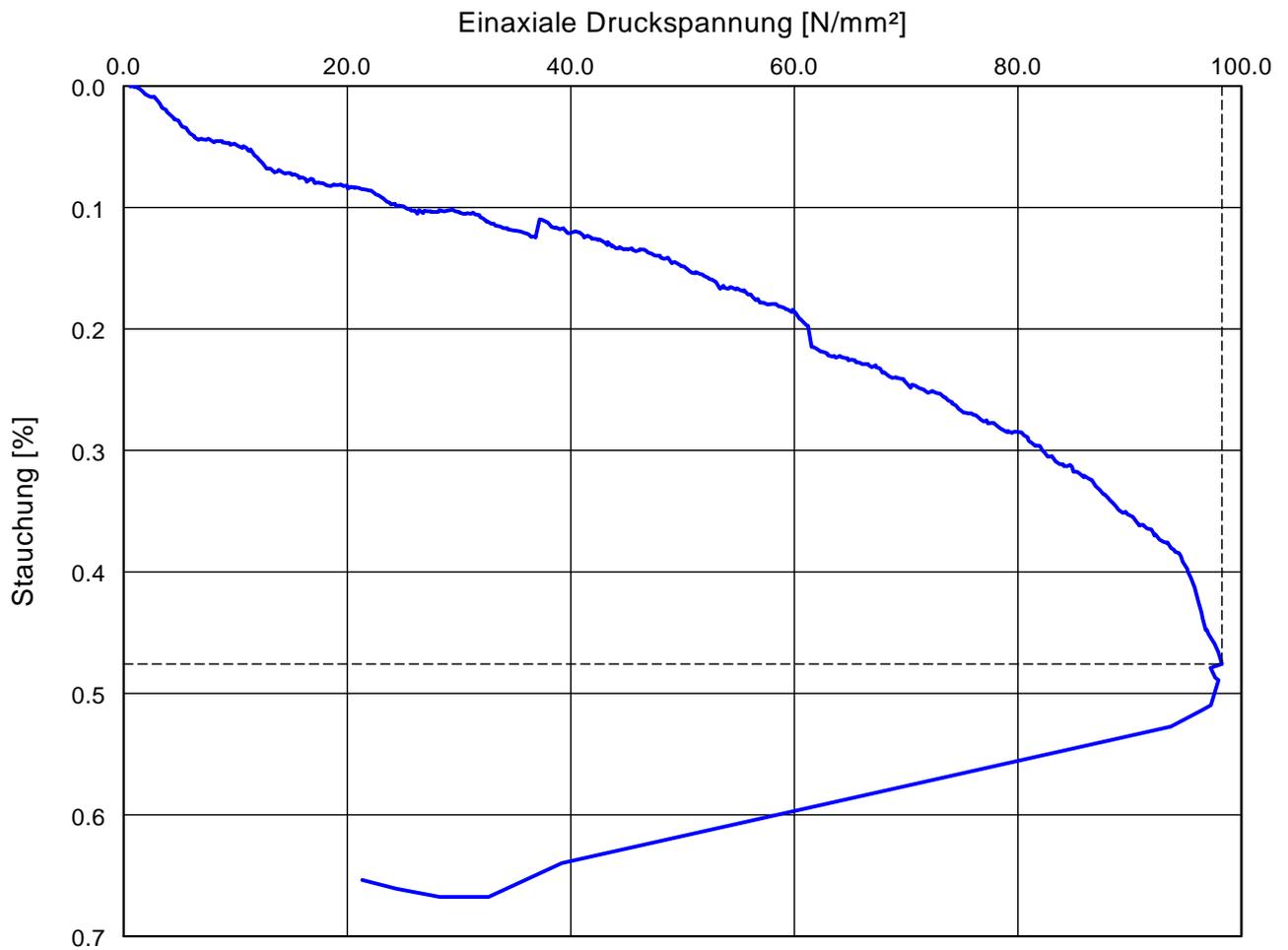
Einaxial-Versuch TP BF-StB, Teil C1 Gesteinsprüfkörper

Prüfungsnummer:
 Entnahmestelle: BK2
 Tiefe: 11,30m
 Bodenart:
 Art der Entnahme: Bohrkern
 Probenalter:

BV Hängebrücke Rottweil

Bearbeiter: Franz

Datum: 19.04.2018



Anfangsvolumen [cm ³] = 1572.82	Anfangshöhe [mm] = 194.00
Durchmesser [mm] = 101,6	Dichte [g/cm ³] = 2,640

Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²] = 98.256
 Stauchung [%] = 0.48
 E = 28467.3 MN/m²

Einaxial-Versuch TP BF-StB, Teil C1 Gesteinsprüfkörper

Prüfungsnummer:

Entnahmestelle: BK4

Tiefe: 8,70m

Bodenart:

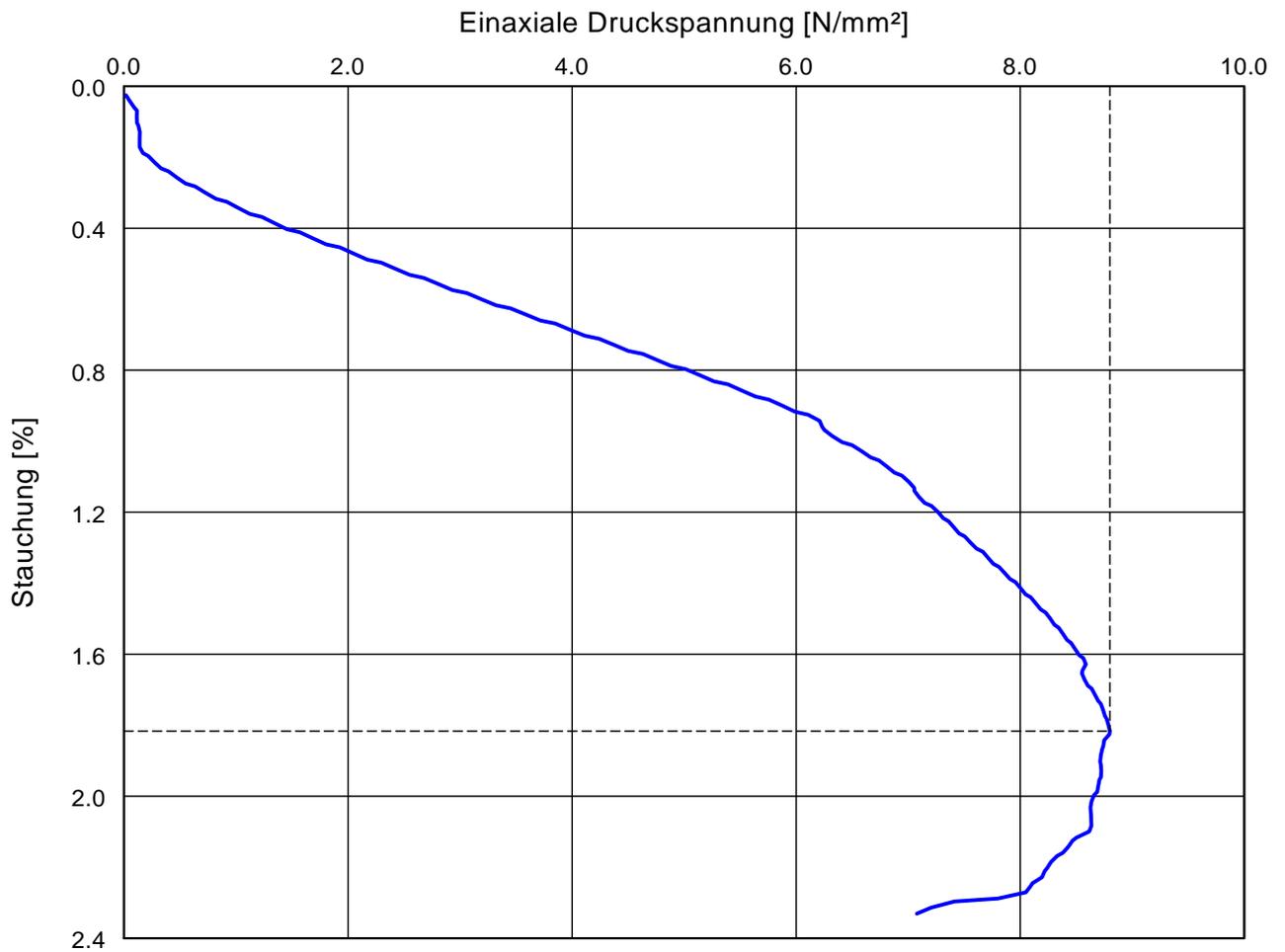
Art der Entnahme: Bohrkern

Probenalter:

BV Hängebrücke Rottweil

Bearbeiter: Franz

Datum: 19.04.2018



Anfangsvolumen [cm ³] = 970.49	Anfangshöhe [mm] = 116.70
Durchmesser [mm] = 102,9	Dichte [g/cm ³] = 2,357
Abminderung bei d/l < 2 = 8,0 N/mm ²	

Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²] = 8.799
 Stauchung [%] = 1.82
 E = 886.9 MN/m²

Einaxial-Versuch TP BF-StB, Teil C1 Gesteinsprüfkörper

Prüfungsnummer:

Entnahmestelle: BK4

Tiefe: 10,00m

Bodenart:

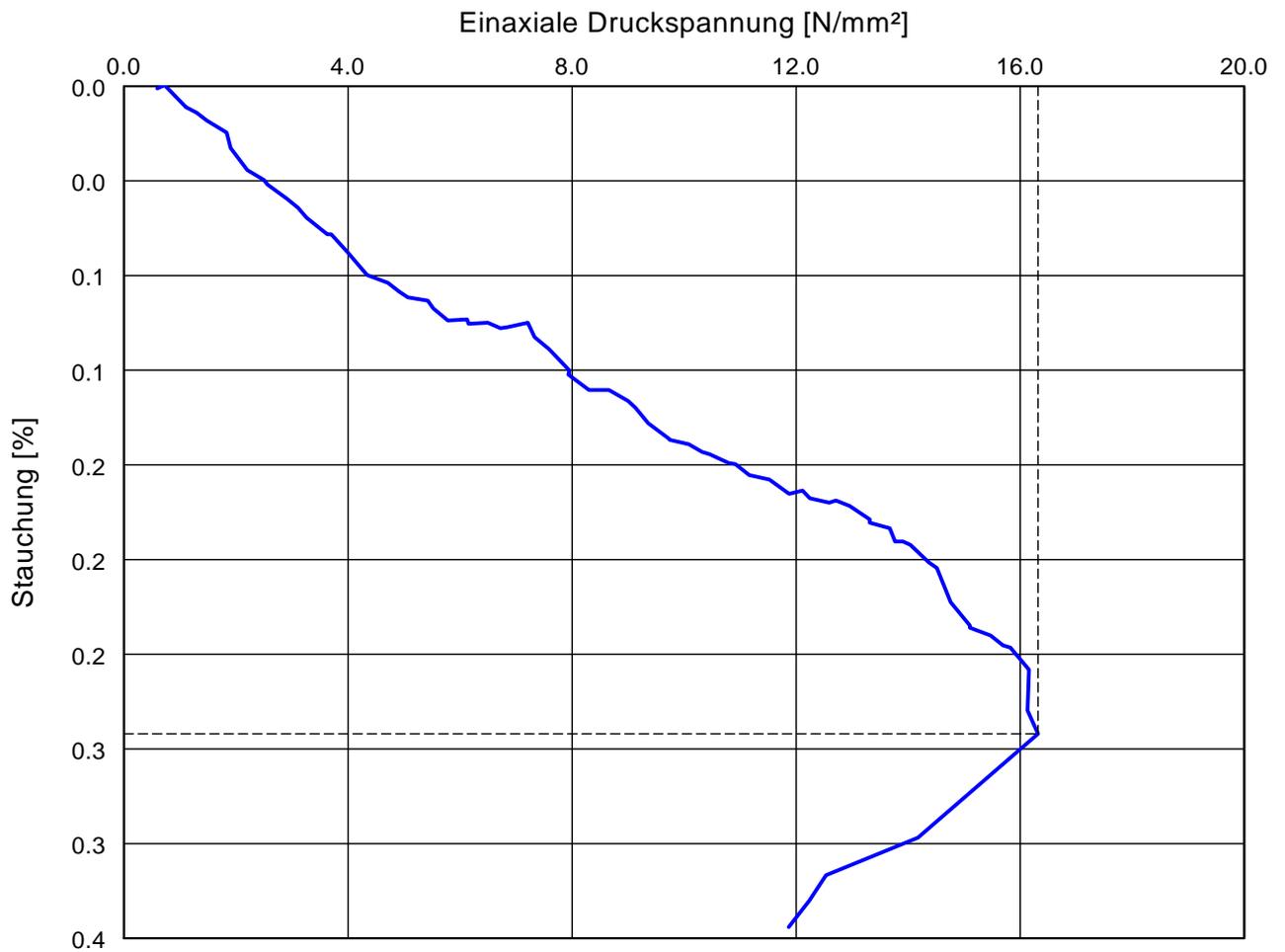
Art der Entnahme: Bohrkern

Probenalter:

BV Hängebrücke Rottweil

Bearbeiter: Franz

Datum: 19.04.2018



Anfangsvolumen [cm ³] = 1798.67	Anfangshöhe [mm] = 214.20
Durchmesser [mm] = 103,4	Dichte [g/cm ³] = 2,367

Einaxiale Druckfestigkeit [N/mm²] = 16.318
 Stauchung [%] = 0.27
 E = 8241.6 MN/m²

Bohrkern: BK 1, 14,40 – 14,50 m

Anlieferung



Druckfestigkeit



Bohrkern: BK 1, 15,00 - 15,50 m

Anlieferung



Druckfestigkeit

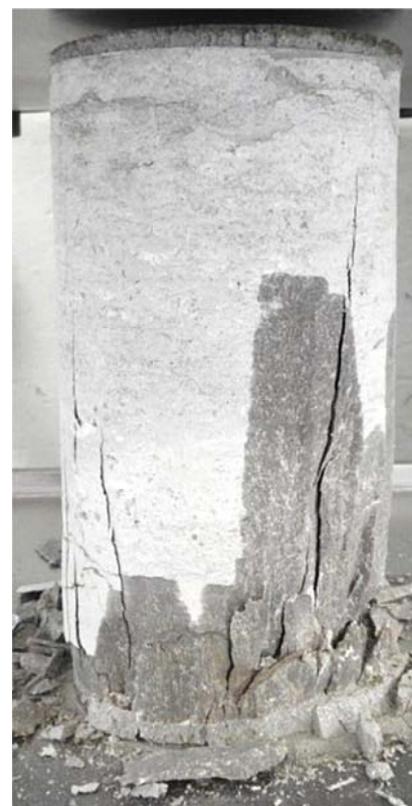


Bohrkern: BK 2, 11,30 m

Anlieferung



Druckfestigkeit



Bohrkern: BK 4, 8,70 m

Anlieferung



Druckfestigkeit



Bohrkern: BK 4, 10,00 m

Anlieferung



Druckfestigkeit



Anlage 5, Bilder



BK1



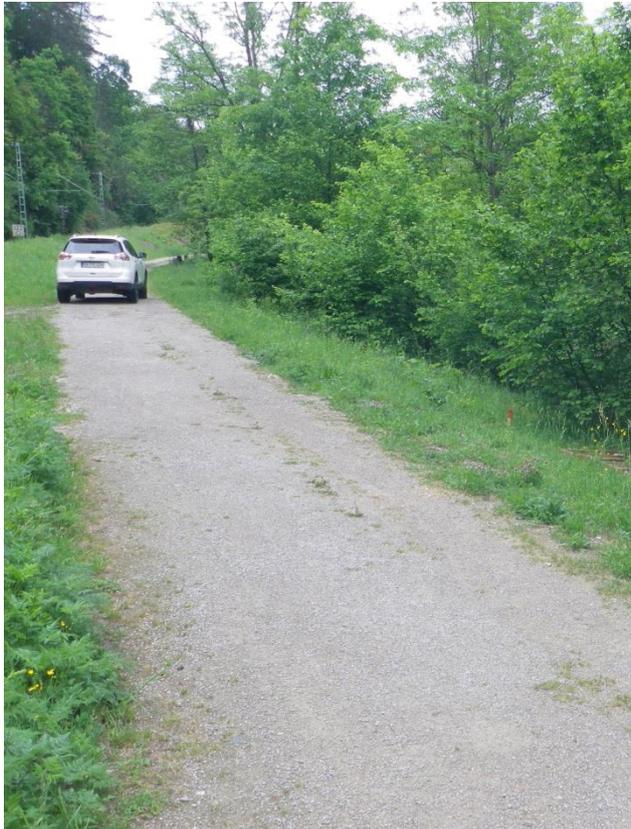
BK2



BK4



BK1



BK2



BK3