

BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE

Dipl.-Ing. G. Zeiser, Dipl.-Ing. (FH) K. Deis



BFI ZEISER GmbH & Co. KG
MÜHLGRABEN 34
73479 ELLWANGEN

Telefon 0 79 61/ 933 89-0
Telefax 0 79 61/ 933 89-29
e-mail bfi@bfi-zeiser.de
Internet www.bfi-zeiser.de

Baugrunduntersuchung
Altlastenerkundung
Labor- und Feldversuche
Beweissicherung
Erschütterungsmessungen
Erdstatische Nachweise
Wasserbau
Fachplanung/Bauleitung
Aufschlussbohrungen
Kleinbohrpfähle
Brunnen/Geothermie

BFI ZEISER GmbH & Co. KG · Mühlgraben 34 · 73479 Ellwangen

HGE Haller Grundstücks- und
Erschließungsgesellschaft mbH
Stadt Schwäbisch Hall
Am Markt 7/8
74523 Schwäbisch Hall

Ihre Zeichen

Unsere Zeichen

kd-se-ll/ Az. 120856

Datum

21.01.2021

Schwäbisch Hall-Tüngental, Erschließung Altenhausener Straße

hier: Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung

Auftraggeber:

HGE Haller Grundstücks- und
Erschließungsgesellschaft mbH
Stadt Schwäbisch Hall
Am Markt 7/8
74523 Schwäbisch Hall

Planung:

Ingenieurbüro Bürgel
Im Bühl 8
74547 Untermünkheim

Ingenieurgeologische
Untersuchung und
Beratung:

Büro für Ingenieurgeologie
BFI Zeiser GmbH & Co. KG
Mühlgraben 34
73479 Ellwangen

INHALTSVERZEICHNIS

Textteil	Seite
1. Planunterlagen	4
2. Lage und Aufgabenstellung	4
3. Untergrund.....	5
3.1 Geologische Situation.....	5
3.2 Stratigrafie	6
3.3 Wasserverhältnisse	6
3.4 Laborversuche.....	7
3.5 Geotechnische Kategorie.....	7
3.6 Homogenbereiche	8
3.7 Frostempfindlichkeit	9
3.8 Bodenkennwerte.....	10
4. Orientierende chemische Untersuchungen	11
4.1 Untersuchungen nach VwV Boden und DepV	11
4.2 Sulfatanalyse.....	11
4.3 Betonaggressivität des Grundwassers.....	12
5. Erdbebenzone und seismische Lastannahmen	12
6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen	12
6.1 Kanäle	12
6.1.1 Gründung des Rohraufagers.....	12
6.1.2 Sicherung der Kanalgräben.....	13
6.1.3 Kanalgrabenverfüllung.....	14
6.2 Straßenbau.....	15
6.2.1 Planum	15
6.2.2 Tragschicht.....	16
6.3 Gebäude	17
6.3.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten	17
6.3.2 Baugrubensicherung und Wasserhaltung	18
6.3.3 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	19

6.3.4 Arbeitsraumverfüllung	19
6.4 Bodenverbesserung.....	20
7. Abnahme und Haftung	22

Anlagenteil

Anlage 1.1:	Geologische Karte	M. 1 : 500
Anlage 1.2:	Lageplan mit Lage der Bohrungen B 1 und B 2	M. 1 : 500
Anlage 2:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 1 und B 2	M. 1 : 33

1. Planunterlagen

Zur Ausarbeitung des Gutachtens standen dem BFI folgende Unterlagen zur Verfügung:

- | | | |
|---------------------|----------------|----------------|
| – Lageplan | M. 1 : 500 | vom 04.12.2020 |
| – Regelquerschnitt | M. 1 : 50 | vom 08.01.2020 |
| – Kanallängsschnitt | M. 1 : 100/500 | vom 08.01.2020 |

Die Pläne der Telekommunikation sowie der öffentlichen Leitungen (Gas, Wasser, Strom) wurden vom BFI eingeholt.

2. Lage und Aufgabenstellung

Die HGE Haller Grundstücks- und Erschließungsgesellschaft mbH beabsichtigt die Erschließung „Altenhausener Straße“. Das Baugebiet liegt im Westen von Schwäbisch Hall-Tüngental, südlich der Altenhausener Straße und schließt unmittelbar an den bereits erschlossenen Teil des Wohnbaugebietes an.

Das Gelände fällt nach den Ansatzhöhen der Bohrungen von 388,55 mNN auf 387,13 mNN nach Süden ein und wurde vormals landwirtschaftlich genutzt.

Nach den vorliegenden Planunterlagen liegt die Belastungsklasse der Erschließungsstraßen nach RStO bei Bk 1,0.

Die Verlegetiefe der Kanäle ist nach den vorliegenden Planunterlagen zwischen ca. 2,00 m und 3,25 m unter GOK geplant.

Das BFI wurde von der HGE Haller Grundstücks- und Erschließungsgesellschaft mbH beauftragt, eine Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung für die geplante Erschließung durchzuführen.

3. Untergrund

3.1 Geologische Situation

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 14.01.2021 auftragsgemäß zwei Bohrungen (B 1 – B 2) bis in Tiefen von 5,00 m Tiefe unter GOK abgeteuft.

Da mit den Bohrungen der Anschnitt von Grundwasser zu erwarten war, wurde am 02.12.2020 eine wasserrechtliche Erlaubnis beim Landratsamt beantragt. Die wasserrechtliche Erlaubnis wurde vom Landratsamt mit Entscheidung vom 02.12.2020 unter Auflagen erteilt.

Des Weiteren ist auf dem geplanten Gelände mit Kampfmitteln zu rechnen. Daher wurde eine Luftbilddauswertung auf Kampfmittelbelastung durchgeführt. Da hier bei der Auswertung Anhaltspunkte auf das Vorhandensein von Kampfmitteln festgestellt wurden, wurden die Bohrungen vorsondiert.

Die Ansatzhöhen der Bohrungen wurden bauseits eingemessen und ausgepflockt.

Die Lage der Bohrungen kann dem Lageplan (Anlage 1.2) entnommen werden.

Anhand der Aufschlüsse ergibt sich folgendes Bild des Untergrundes (siehe auch Anlage 2):

Die Stärke des Mutterbodens wurde zwischen 0,20 m und 0,30 m ermittelt.

Unter dem Mutterboden stehen weiche bis steife, steife und halbfeste schluffige Tone an.

Die Tone werden ab einer Tiefe von 3,50 m bzw. 3,80 m unter GOK von einer Wechselfolge aus sehr mürben Tonsteinen und mäßig harten und harten Kalk-/Mergelsteinen unterlagert.

Zusammenfassend wurde OK der mindestens sehr mürben Festgesteine in den Bohrungen in folgenden Tiefen angetroffen:

Tabelle 1: OK Festgestein, min. sehr mürb

Bohrung B	Ansatzpunkt mNN	OK Festgestein	
		m unter GOK	mNN
1	388,55	3,50	385,05
2	387,13	3,80	383,33

3.2 Stratigrafie

Stratigrafisch handelt es sich bei den an der Basis der Bohrungen angetroffenen Ton-/ Mergel- und Kalksteinen um Schichtglieder der Erfurt-Formation (Lettenkeuper). Die darüber lagernden Tone sind deren quartäre Verwitterungsdeckschicht und Lösslehme.

3.3 Wasserverhältnisse

In der Bohrung B 2 wurden bei 3,80 m unter GOK Grundwasserzutritte festgestellt. Die Bohrung B 1 war bis Abschluss der Bohrarbeiten trocken. In Abhängigkeit von jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch lokal und temporär mit Schicht- und Sickerwasserzutritten und höheren Grundwasserständen gerechnet werden.

Wasserstandsmessungen im offenen Bohrloch zeigen lediglich die Wasserstände an, die sich im Zeitraum zwischen dem Abteufen und dem Verschließen der Bohrlöcher eingestellt haben. In Abhängigkeit von der Porosität und der Klüftigkeit und somit der Durchlässigkeit der aufgeschlossenen Bodenschichten, können die Wasserstände jedoch im Bohrloch zeitverzögert ansteigen, so dass die Wasserstandsmessungen nicht zwangsläufig den Ruhewasserspiegel repräsentieren. Genaue Messungen des Ruhewasserspiegels und langfristige Beobachtungen der Grundwasserganglinie sind daher nur in Grundwassermessstellen, die in den grundwasserführenden Schichten verfiltert sind, möglich.

3.4 Laborversuche

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 10 gestörte Proben entnommen, von denen 4 auf ihren natürlichen Wassergehalt untersucht wurden. Dabei wurden die in Tabelle 2 aufgeführten Werte ermittelt.

Tabelle 2: natürliche Wassergehalte

Probe P	Bohrung B	Tiefe [m]	Bodenart (Konsistenz)	natürlicher Wassergehalt [Gew.-%]
1/1	1	0,60	T,u* (w-st)	22,08
1/2	1	1,60	T,u (st-hf)	22,43
2/1	2	0,50	T,u (w-st)	22,17
2/2	2	1,60	T,u' (st-hf)	21,17

3.5 Geotechnische Kategorie

Die bautechnischen Maßnahmen sind nach DIN 1054 in die Geotechnischen Kategorien GK 1, GK 2 oder GK 3 einzustufen. Maßgebend für die Einstufung ist dabei jenes Merkmal, das die höchste Geotechnische Kategorie ergibt. Für Baugrund und Grundwasser ergibt sich dabei folgende Einstufung:

Baugrund GK 2(lokal weiche Schichten)

Grundwasser: GK 2(Wasserzutritte in Einschnitten möglich)

Hieraus ergibt sich aus baugrundgeologischer Situation eine Einstufung in die Geotechnische Kategorie 2. Aufgrund der Tiefe der Gräben > 2,00 m und < 5,00 m ist ebenfalls die Einstufung in die **Geotechnische Kategorie 2** erforderlich.

3.6 Homogenbereiche

Die in den Bohrungen angetroffenen Bodenarten wurden zu Homogenbereichen zusammengefasst. Die Homogenbereiche (1 – 4) sind den in Anlage 2 dargestellten Bodenprofilen zu entnehmen. Sie sind am rechten Rand der Profile, hinter der Schichtbeschreibung dargestellt. Die Einteilung erfolgte auf Grundlage der Bodenansprache und der Laborversuche, wobei die Schichten entsprechend ihrer Eigenschaften zu Homogenbereichen zusammengefasst wurden.

Dabei wurde der **Mutterboden** gemäß **DIN 18320 – Landschaftsbauarbeiten** als **Homogenbereich 1** bezeichnet.

Entsprechend der **DIN 18300 – Erdarbeiten** wurden die anstehenden Tone unter dem **Homogenbereich 2** zusammengefasst. Die anstehenden Tonsteine wurden unter dem **Homogenbereich 3** zusammengefasst. Die darunter anstehenden Mergel- und Kalksteine werden unter dem **Homogenbereich 4** erfasst.

Die innerhalb der festgelegten Homogenbereiche zu erwartende Bandbreite der Eigenschaften wird auf Grundlage von Erfahrungswerten und den durchgeführten Laborversuchen angegeben und kann der Tabelle 3 entnommen werden. Wo Erfahrungswerte durch Laborversuche belegt sind, wurden diese Werte mit einer ¹⁾ gekennzeichnet.

Für Bohrarbeiten zur geotechnischen Erkundung wurden die Bodenarten nach **DIN 18301 - Bohrarbeiten** in der letzten Zeile der Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Homogenbereiche

Homogenbereich	2	3	4
Bezeichnung	Tone	Tonstein	Mergelstein/ Kalkstein
Bodengruppe nach DIN 18196	TA, TL, TM	-	-
Bodengruppe nach DIN 18915	4, 6, 8	-	-
Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO 14688-2	gering < 5 %	-	-
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern	-	-	-
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	10 % – 40 % (21,17 % - 22,43 %) ¹⁾	-	-

Homogenbereich	2	3	4
Bezeichnung	Tone	Tonstein	Mergelstein/ Kalkstein
Konsistenz nach DIN 18122 und DIN EN ISO 14688-1	weich – halbfest Ic 0,5 – > 1,0 Ip 4% - > 20 %	-	-
undrÄnirte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4, DIN 18136, DIN 18137 und DIN EN ISO 14688-2	25 kN/m ² - 600 kN/m ²	-	-
Kohäsion nach DIN 18137-1, 2, 3	0 – 15 kN/m ²	-	-
organischer Anteil nach DIN 18128 und DIN EN ISO 14688-2	nicht vorhanden V _{GI} < 2 %	-	-
Lagerungsdichte nach DIN 18126, DIN EN ISO 14688-2	-	-	-
Dichte nach DIN 18125-2	1,50 g/cm ³ - 1,85 g/cm ³	2,30 g/cm ³ – 2,85 g/cm ³	2,30 g/cm ³ – 2,85 g/cm ³
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1	-	Tonstein	Mergelstein, Kalkstein
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	-	bis 120 MN/m ²	bis 160 MN/m ²
Trennflächen, DIN EN ISO 14689-1	-	sehr dünnbankig - dickbankig	dünnbankig - dickbankig
Verwitterung DIN EN ISO 14689-1	-	frisch – mÄßig verwittert	frisch – mÄßig verwittert
VerÄnderlichkeit DIN EN ISO 14689-1	-	verÄnderlich	verÄnderlich
Homogenbereiche für Bohrungen zur geotechnischen Erkundung und Untersuchung nach DIN 18301	bindige, nicht bindige oder organische Böden	Fels oder Stufen des verwitterten Fels	Fels oder Stufen des verwitterten Fels

¹⁾ durch Laborversuche belegt

3.7 Frostepfindlichkeit

Nach ZTVE-StB 17 erfolgt die Klassifikation der Frostepfindlichkeit von Bodengruppen in drei Frostepfindlichkeitsklassen:

- F 1 nicht frostepfindlich
- F 2 gering- bis mittelfrostepfindlich
- F 3 sehr frostepfindlich

Nach dieser Einteilung sind die Tone der **Frostepfindlichkeitsklasse F 3** zuzuordnen.

3.8 Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können folgende Bodenkennwerte angesetzt werden:

Hinterfüllung:

Sandiger Kies bzw. Schotter,	cal γ	=	21	kN/m ³
bindigkeitsarm, $D_{Pr} \geq 100$ %	cal γ'	=	12	kN/m ³
	cal ϕ'	=	37	°
	cal c'	=	0	kN/m ²

Anstehend:

Ton, schluffig	cal γ	=	19	kN/m ³
weich, weich-steif	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal ϕ'	=	25	°
	cal c'	=	3	kN/m ²

Ton, schluffig	cal γ	=	19	kN/m ³
steif, steif-halbfest	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal ϕ'	=	25	°
	cal c'	=	5	kN/m ²

Ton, schluffig	cal γ	=	19	kN/m ³
halbfest	cal γ'	=	9	kN/m ³
	cal ϕ'	=	25	°
	cal c'	=	7	kN/m ²

Tonstein	cal γ	=	22	kN/m ³
sehr mürb, mürb	cal γ'	=	13	kN/m ³
	cal ϕ'	=	35	°
	cal c'	=	25	kN/m ²

Mergel-/ Kalkstein	cal γ	=	23	kN/m ³
mäßig hart, hart	cal γ'	=	13	kN/m ³
	cal ϕ'	=	38	°
	cal c'	=	40	kN/m ²

Dabei sind:

cal γ	=	Feuchtwichte
cal γ'	=	Wichte unter Auftrieb
cal ϕ'	=	Reibungswinkel
cal c'	=	Kohäsion

Hinsichtlich Hinterfüllung und Erddruckbeanspruchung ist das "Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke" zu beachten.

4. Orientierende chemische Untersuchungen

4.1 Untersuchungen nach VwV Boden und DepV

Die in den Bohrungen angetroffenen Tone wurden an der Mischprobe MP 1 (aus P 1/1, P 1/2, P 1/3, P 2/1, P 2/2 und P 2/3) auf eine Verwertung nach dem Parameterumfang der "Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial" (VwV Boden) analysiert. Für den Fall einer Entsorgung auf nach Deponieverordnung zugelassenen Deponien wurde zusätzlich nach Deponieverordnung (DepV) analysiert.

Die Analyseergebnisse liegen derzeit noch nicht vor und werden in einem Nachgang zum Gutachten nachgereicht.

4.2 Sulfatanalyse

Das Bauvorhaben liegt stratigraphisch in den Schichten des Lettenkeupers. Hier sind lokal erhöhte Sulfatgehalte zu erwarten.

Bei sulfathaltigen Untergrundverhältnissen kann es durch das Einarbeiten von Bindemitteln zu Quellprozessen kommen, die zu Aufwölbungen und Schäden an Bauwerken und Fahrbahnen führen können. Daher wurde die Proben P 1/2 und P 2/1 auf Sulfat untersucht.

Die Analyseergebnisse liegen derzeit noch nicht vor und werden in einem Nachgang zum Gutachten nachgereicht.

Wir weisen darauf hin, dass es beim Einbau von RC-Materialien in Sulfat führenden Böden oder auf verbesserten Schichten zu Hebungen und Bauschäden kommen kann. Wir raten daher von einem Einbau von RC-Material auf entsprechend behandelten Böden bzw. in Böden mit erhöhten Sulfatgehalten dringend ab.

4.3 Betonaggressivität des Grundwassers

Aus der Bohrung B 2 wurde eine Wasserprobe (WP 1) entnommen und auf betonangreifende Bestandteile untersucht.

Die Analyseergebnisse liegen derzeit noch nicht vor und werden in einem Nachgang zum Gutachten nachgereicht.

5. Erdbebenzone und seismische Lastannahmen

Das Bauvorhaben liegt nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen nach DIN EN 1998-1 in **keiner Erdbebenzone**.

6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen

6.1 Kanäle

6.1.1 Gründung des Rohraufagers

Die Verlegetiefe der Kanäle ist nach den vorliegenden Planunterlagen zwischen ca. 2,00 m und 3,25 m unter GOK geplant.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen in den Tonen liegen.

Das Rohraufleger kann in den mindestens steifen Tonen ohne besondere Zusatzmaßnahmen gegründet werden. Für den Fall, dass die Tone durch Niederschlags- bzw. Schichtwasser aufweichen, ist in der Ausschreibung unter dem Rohraufleger ein Bodenaustausch in einer Stärke von 0,20 m - 0,30 m mit Baustoffgemisch 0/56 mm, vorzusehen.

Lokal und temporär muss mit Wasserzutritten gerechnet werden. Temporär zutretendes Wasser kann während der Bauzeit in offener Wasserhaltung abgepumpt werden. Wir empfehlen, dazu in der Ausschreibung Dränagen vorzusehen. Diese sind bei Bedarf in den Gräben auf UK Rohraufleger mitzuziehen und nach Fertigstellung der einzelnen Bauabschnitte wieder zu plombieren, um keine Wasserwegsamkeiten im Untergrund zu schaffen.

6.1.2 Sicherung der Kanalgräben

Wir schlagen vor, die Leitungsgräben z. B. mit Verbauelementen entsprechend der DIN 4124 zu sichern.

Im Übrigen sind die einschlägigen Richtlinien und Normen zu beachten. Dies sind insbesondere:

- DIN EN 1610 Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen
- DIN EN 805 Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden
- TRWV DVGW W 400 Technische Regeln Wasserverteilung
- ZTVA-StB 12 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen

- ZTVE-StB 17 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau

Hinsichtlich Hinterfüllung und Erddruckbeanspruchung ist das "Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke" zu beachten.

6.1.3 Kanalgrabenverfüllung

Die beim Aushub des Kanalgrabens anfallenden, mindestens steifen Tone können zum Verfüllen der Kanalgräben im freien Gelände verwendet werden, wenn Setzungen an der Geländeoberfläche toleriert werden. Es ist aber auf eine trockene, witterungsgeschützte Zwischenlagerung zu achten. Wird weiches oder während der Zwischenlagerung aufgeweichtes Material eingebaut, muss mit starken Setzungen gerechnet werden.

Im Fahrbahnbereich gelegene Kanalgräben und solche, die einen Lasteinfluss aus Fahrbahnen oder Gebäuden erfahren, sind entsprechend der Vorgaben der ZTVE und ZTVA lagenweise ($\leq 0,30$ m) zu verfüllen und zu verdichten. Die beim Aushub anfallenden Tone sind ohne bodenverbessernde Maßnahmen nicht geeignet. Bei einer Verbesserung sind die in Kapitel 4.2 beschriebenen Risiken eines Sulfattreibens zu beachten. Die erforderlichen Bindemittelmengen und die Bindemittelart müssen im Vorfeld durch eine Eignungsuntersuchung ermittelt werden. Vorab kann in der Ausschreibung von den in Kapitel 6.4 angegebenen überschlägigen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Alternativ können die Kanalgräben auch mit gut verdichtungsfähigem, bindigkeitsarmem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm mit einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100$ % verfüllt werden.

Um beim Anschneiden von Wasserwegsamkeiten eine ständige Entwässerung durch die dränierende Wirkung längs der Kanalgrabenverfüllung bzw. der Leitungszone zu verhindern, sind in der Ausschreibung Querriegel aus Beton oder Ton vorzusehen, die bei Bedarf im Bereich der Leitungszone anzuordnen sind.

Die Querriegel sind dann im Bereich der Schächte, sowie bei Bedarf auch innerhalb der wasserführenden Bereiche anzuordnen, wobei die Maßnahmen in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Rohrstatik auszuführen sind. Der genaue Abstand sowie die Lage der Querriegel sind im Zuge der Baumaßnahme in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten und den Wasserzutritten festzulegen. Vorab schlagen wir vor, von 2 Riegeln auszugehen.

Maßgeblich für die Anordnung der Riegel bzw. der mit dränierendem Baustoffgemisch verfüllten Bereiche ist die Fließrichtung des Grundwassers. Es sollen keine neuen Wasserwegsamkeiten geschaffen werden und bestehende beibehalten werden.

6.2 Straßenbau

Nach den vorliegenden Planunterlagen liegt die Belastungsklasse der Erschließungsstraßen nach RStO bei Bk 1,0.

6.2.1 Planum

Auf Niveau Planum stehen nach den Ergebnissen der Bohrungen weiche bis steife Tone an.

Nach RStO bzw. ZTVE-StB 17 ist auf dem Planum ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ nachzuweisen. Der Verdichtungsgrad des Planums muss bei gemischt- und feinkörnigen Böden bis 0,50 m Tiefe $D_{pr} \geq 97 \%$ und bei grobkörnigen Böden $D_{pr} \geq 100 \%$ betragen. Nach ZTVE (Tabelle 9) kann dem Verdichtungsgrad von 100 % bei grobkörnigen Böden als Richtwert ein Verhältniswert von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ zugeordnet werden. Nach ETV-StB-BW, Teil 1 kann zur Beurteilung des Verdichtungszustandes ergänzend zur Tabelle 9 bei feinkörnigen Böden von einem Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,0$ und bei gemischtkörnigen Böden von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ ausgegangen werden.

Die auf Planum geforderten Verformungsmoduln $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$ werden insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen auf den Tonen erfahrungsgemäß nicht erreichbar sein.

Um den auf dem Planum geforderten Wert zu erreichen, schlagen wir vor, das Planum auf einer Stärke von 0,40 m mit Bindemitteln zu verbessern.

Bei einer Verbesserung sind die in Kapitel 4.2 beschriebenen Risiken eines Sulfattreibens zu beachten.

Die erforderlichen Bindemittelmengen und die Bindemittelart müssen im Vorfeld durch eine Eignungsuntersuchung ermittelt werden. Vorab kann in der Ausschreibung von den in Kapitel 6.4 angegebenen überschlägigen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Alternativ kann ein ca. 0,40 m starker Bodenaustausch mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem und verdichtungsfähigem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm, auf einem Vlies der Klasse 3 vorgesehen werden. Dabei ist sicher zu stellen, dass sich kein Niederschlagswasser in der Schotterpackung aufstaut und dann den darunterliegenden Boden aufweicht. Auf UK Austauschkörper ist daher eine Dränage vorzusehen, auf die ein Gefälle auszubilden ist.

6.2.2 Tragschicht

Wir empfehlen, die Gesamtstärke von Frostschutz- und Tragschicht bei den Straßen der Belastungsklasse Bk 1,0 nicht unter 0,45 m zu dimensionieren, um die auf OK Tragschicht geforderten Tragfähigkeiten zu erreichen.

Zur Herstellung eines frostsicheren Oberbaues sind darüber hinaus die erforderlichen Mindestdicken gemäß den Tabellen 6 und 7 der RStO zu berücksichtigen.

Im Übrigen sind bei Herstellung des Erdplanums, der Frostschutzschicht und der oberen Tragschicht die "Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau" (ZTVE-StB 17) und die "Zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau" (ZtV-SoB-Stb 04) zu beachten.

6.3 Gebäude

6.3.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen unterkellelter Gebäude bei einer angenommenen Geschosshöhe von etwa 3,00 m gerade noch in den halbfesten Tonen liegen. Ab 3,50 m bzw. 3,80 m unter GOK stehen mindestens sehr mürbe Tonsteine an.

Die Gründungssohlen nicht unterkellelter Gebäude werden bei frostsicherer Gründung, 1,00 m unter GOK, in den steifen bis halbfesten Tonen liegen.

Allgemein ist auf eine einheitliche Gründung zu achten. D. h. eine Gründung z. T. auf den Festgesteinen und z. T. auf den Tonen ist nicht zulässig, da Setzungsdifferenzen zu erwarten sind, die zu Bauwerksschäden führen werden.

Bei der Dimensionierung von Fundamenten kann je nach den auf Gründungsniveau anstehenden Untergrundverhältnissen vorab von folgenden Bemessungswerten für den Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ DIN 1054:2010-12 bzw. aufnehmbaren Sohldrücken σ_{zul} nach DIN 1054:2005-01 ausgegangen werden:

Tabelle 4: Sohlwiderstände $\sigma_{R,d}$ bzw. aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul}

Bodenart	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	σ_{zul} [kN/m ²]
Ton min. steif	210	150
Tonstein min. sehr mürb	560	400
Mergel-/ Kalkstein Min. mäßig hart	700	500

Voraussetzung ist die Einhaltung einer Mindestbreite von 0,40 m bei Streifen- und 0,80 m bei Einzelfundamenten. Die Einbindetiefe (OK Bodenplatte – UK Fundament) muss mindestens 0,60 m betragen.

Auf eine frostsichere Gründung der außenliegenden Fundamente $> 1,00$ m unter GOK ist zu achten. Wir empfehlen jedoch, aufgrund der Gefahr der Austrocknung die Einbindetiefe mit min. 1,20 m zu wählen.

O. g. Pressungen und Gründungsempfehlungen können nur vorab zur Orientierung dienen und müssen im Einzelfall in Abhängigkeit von der Lage des Bauvorhabens und vom Baugrund sowie den Gebäudelasten überprüft werden. Detaillierte Angaben zur Gründung können erst dann gemacht werden, wenn nähere Informationen zur geplanten Bebauung bzw. Lasten vorliegen. Wir empfehlen dringend, eine Gründungsberatung im Einzelfall vorzusehen.

6.3.2 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Unbelastete Baugrubenböschungen dürfen im Allgemeinen oberhalb des Grundwassers bis zu einer Höhe von maximal 5,00 m gemäß DIN 4124 in den mindestens steifen Tonen mit einer maximalen Neigung von $\beta \leq 60^\circ$ hergestellt werden. Die nur weichen Tone sind mit $\beta \leq 45^\circ$ zu böschen. In den Festgesteinen sind Böschungsneigungen von 80° zulässig.

Die Böschungsschulter muss auf einer Breite von mindestens 2,00 m frei von Lasten sein. Bei Lasten an der Böschungsschulter, auch jenseits der 2,00 m, aus Baubetrieb (z.B. Kranstellflächen, Schwerlastverkehr, Zwischenlager) oder angrenzenden Gebäuden sind die Böschungen rechnerisch nachzuweisen.

Um Erosionsschäden zu vermeiden und um die Böschungswände vor Witterungseinflüssen bzw. dem Zutritt von Oberflächenwasser zu schützen, sind die Böschungen gegen überfließendes Niederschlagswasser sowie gegen Austrocknung zu sichern und mit Kunststoffolie abzuhängen. Die Kunststoffolie muss so angebracht werden, dass kein Niederschlagswasser unter die Folie gelangen und die Folie nicht vom Wind weggeklappt werden kann.

Im Übrigen sind die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) sowie die DIN 4124 zu berücksichtigen.

Lokal und temporär in die Baugrube zutretende Schichtwässer können über eine offene Wasserhaltung abgezogen werden.

6.3.3 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile

Grundwasser wurde nur in Bohrung B 2 in 3,80 m unter GOK angetroffen. In Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch temporär mit Sickerwasserzutritten und höheren Grundwasserständen gerechnet werden. Zudem werden verfüllte Baugruben nach starken Niederschlägen allmählich mit Wasser gefüllt.

Zum Schutz der ins Erdreich einschneidenden Bauteile gegen Staunässe und Sickerwasser sind entlang erdberührender Außenwände gemäß DIN 4095 Dränagen einzubauen.

Wir empfehlen im Vorfeld der weiteren Planung mit dem Landratsamt abzustimmen, ob Dränagen genehmigt werden.

6.3.4 Arbeitsraumverfüllung

Die in den Bohrungen angetroffenen mindestens steifen Tone sowie die Festgesteine bis Steinkorngröße (< 200 mm) können zum Verfüllen der Arbeitsräume verwendet werden, wenn Setzungen an der Geländeoberfläche toleriert werden (z. B. in Grünflächen). Steinblöcke müssen entweder separiert oder zerkleinert werden, um sie zum Verfüllen der Arbeitsräume verwenden zu können. Es ist darauf zu achten, dass das Material gut kornabgestuft ist und hohlraumfrei verdichtet werden kann.

Es ist jedoch auf eine trockene, witterungsgeschützte Zwischenlagerung zu achten, um ein Aufweichen des Materials zu verhindern.

Wird weiches oder aufgeweichtes Material eingebaut, so muss mit starken Setzungen gerechnet werden, da die Verdichtbarkeit des Bodens mit zunehmendem Wassergehalt abfällt und eine ausreichende Verdichtung bei sehr hohen Wassergehalten des Bodens dann nicht mehr möglich ist.

Überbaute Arbeitsräume, in denen keine Setzungen auftreten dürfen, wie bspw. unter Zufahrten, Terrassen oder PKW-Stellflächen, sind mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm zu verfüllen und mit einem Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 100 \%$ zu verdichten. Auch sind entsprechende Verdichtungsnachweise zu erbringen.

6.4 Bodenverbesserung

Die nachfolgenden Angaben gelten für Böden, die nach den noch ausstehenden Eignungsuntersuchungen und Sulfatbestimmungen für eine Bodenverbesserung freigegeben werden. Wird in sulfathaltigen Böden verbessert, muss mit gravierenden Bauwerksschäden infolge von Quellhebung gerechnet werden.

Ausgehend von den Laborversuchsergebnissen kann in der Ausschreibung von den in Tabelle 5 angegebenen Bindemittelmengen auf 100 Gew.-% des trockenen Bodens ausgegangen werden. Ausgehend von einer geschätzten Trockendichte der sandigen Tone von im Mittel $1,75 \text{ t/m}^3$ ergeben sich folgende Bindemittelmengen:

Tabelle 5: Bindemittelmengen

Bereich	Menge [%]	[kg/m ³]	Frästiefe: 0,30 m [kg/m ²]	Frästiefe: 0,40 m [kg/m ²]
Kanalgraben:	2,0 – 3,0	35,0 – 52,5	10,5 – 15,8	14,0 – 21,0
Planum:	3,0 – 4,0	52,5 – 70,0	15,8 – 21,0	21,0 – 28,0

Eine exakte Angabe über erforderliche Zugabemengen an Bindemittel und die Art des Bindemittels kann erst nach Durchführung einer Eignungsprüfung erfolgen. Im Zuge der Eignungsprüfung ist auch der Sulfatgehalt des Bodens im Feststoff zu bestimmen. Bei sulfathaltigen Böden kann es durch das Einarbeiten von Bindemitteln zu Schäden infolge von Baugrundhebungen kommen.

In weichen Bereichen oder bei Niederschlägen muss mit Mehrmengen an Bindemitteln gerechnet werden, um eine ausreichende Verdichtbarkeit und Tragfähigkeit zu erzielen.

Bei der Verbesserung der Kanalgrabenverfüllung bis 0,50 m unter Planum eignet sich z.B. Weißfeinkalk oder Bodenbinder 500, bzw. ein gleichwertiges Mischbindemittel. Bei der Verbesserung des Planums eignet sich z.B. Bodenbinder 500 oder ein gleichwertiges Mischbindemittel. Als gleichwertig sind Bindemittel zu sehen, mit denen sich gleiche einaxiale Druckfestigkeiten bzw. E_{v2} -Werte bei gleicher Bindemittelmenge erzielen lassen.

Wir weisen darauf hin, dass es durch die Staubentwicklung beim Einfräsen und Verdriftung der aggressiven Bindemittel durch den Wind zu Schäden an Fahrzeugen und Gebäuden kommen kann. Im Falle eines Bindemittleinsatzes ist daher auf geeignete Windverhältnisse zu achten. Zudem ist bei Bedarf eine Fräse vorzuhalten, die das Einbringen des Bindemittels unter einer Staubschutzschürze ermöglicht.

7. Abnahme und Haftung

Haftungsvoraussetzungen sind:

- die Zusendung der Ausführungspläne
- die Abnahme der Kanalgrabensohlen
- die Durchführung von Verdichtungskontrollen der Kanalgrabenverfüllung
- die Abnahme von Planum und Tragschichten durch Plattendruckversuche
- die Durchführung einer Eignungsuntersuchung im Falle einer Bodenverbesserung

Für die Einzelbauvorhaben ist die Hinzuziehung des BFI zur Erkundung des Baugrundes und zur Gründungsberatung im Einzelfall Voraussetzung für die Haftung.

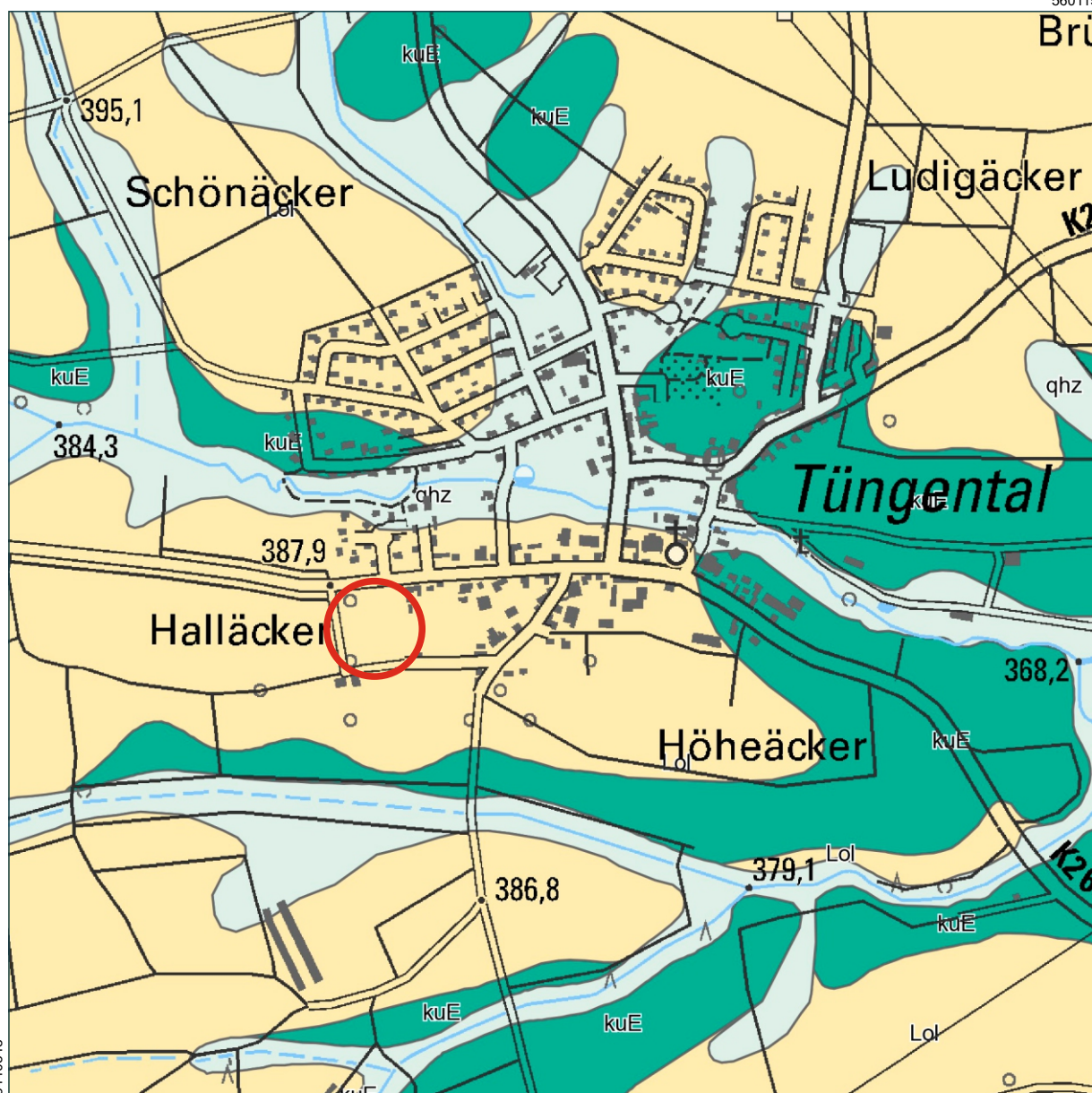
Für das BFI:

Dipl.-Ing. (FH) K. Deis

Sachbearbeiter:

B.Eng. S. Eiberger

M. Sc. Geol. L. Lielauss



GK50: Geologische Einheiten (Flächen)

GeoLa Geologie: Geologische Einheiten (Flächen)

- Lösslehm (Lol)
- Holozäne Abschwemmmassen (qhz)
- Auenlehm (Lf)
- Erfurt-Formation (Lettenkeuper) (kuE)
- Oberer Muschelkalk (mo)

BFI

BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE
BFI Zeiser GmbH & Co. KG
Mühlgraben 34 73479 Ellwangen
Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929

Az: 120856

Anlage: 1.1

Projekt: Schwäbisch Hall-Tüngental, Erschließung Altenhausener Straße

Geologische Karte

Maßstab:

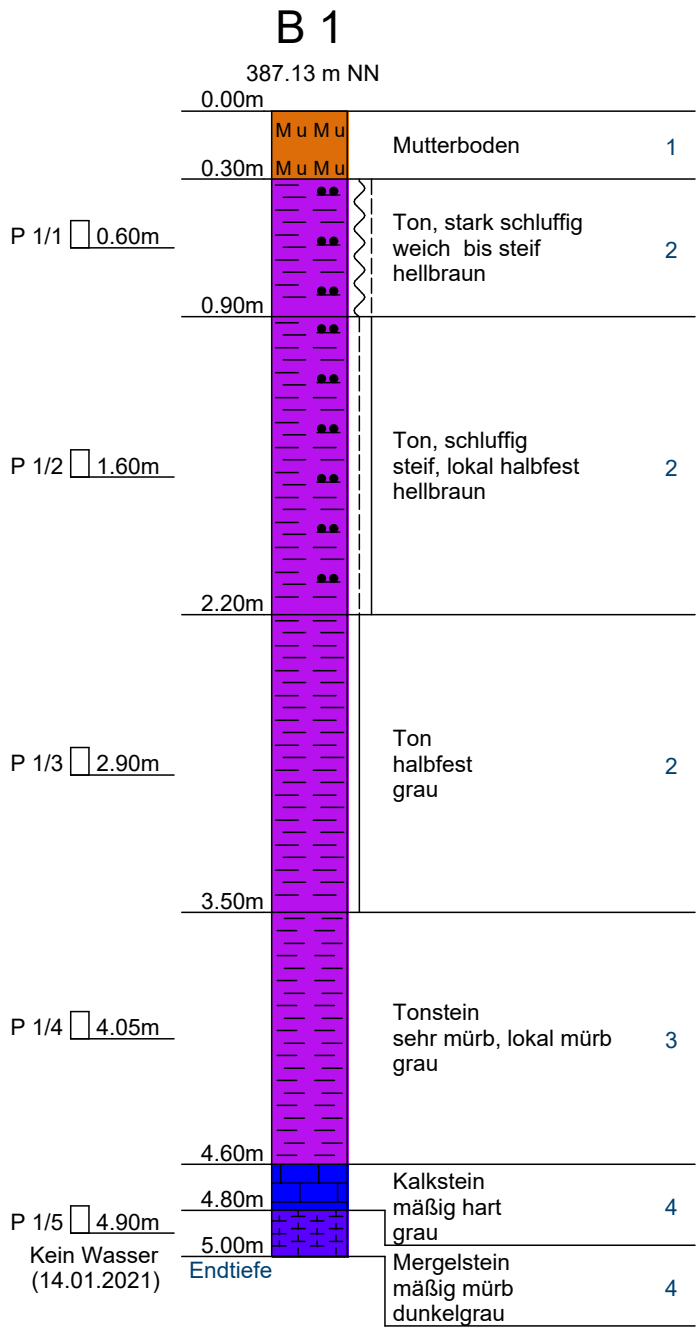
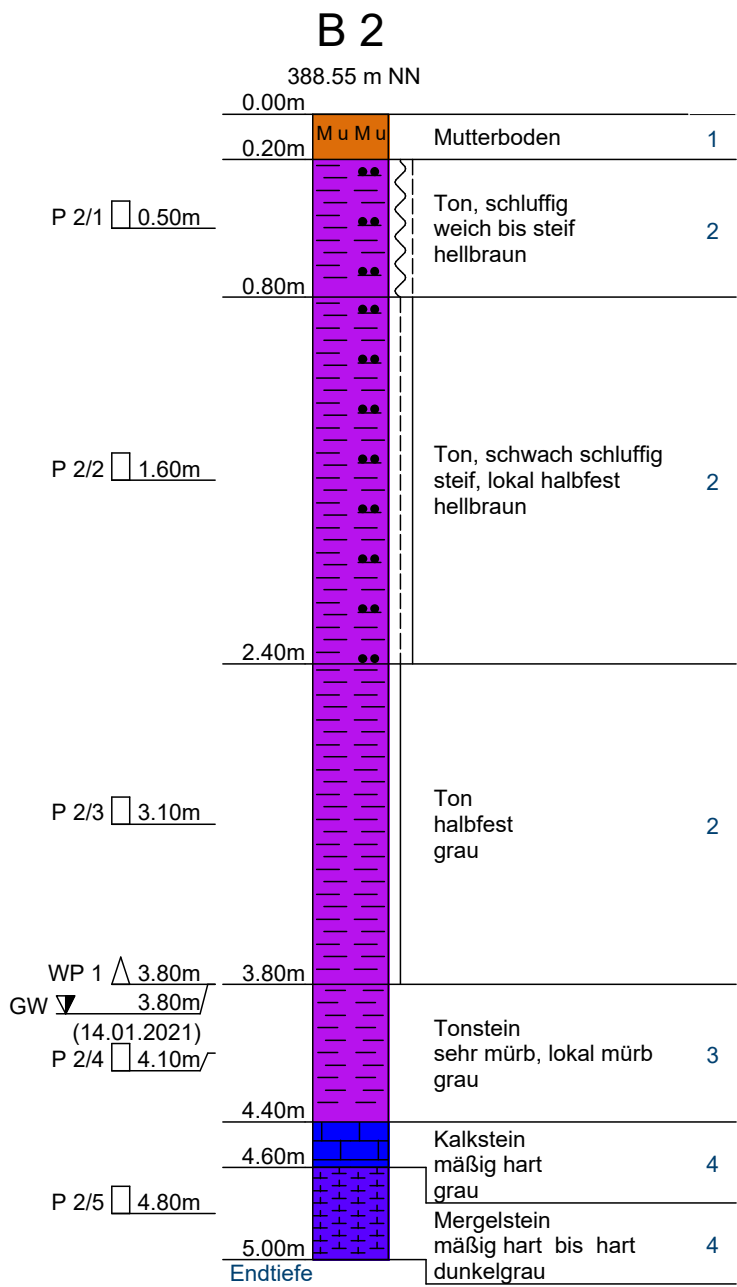
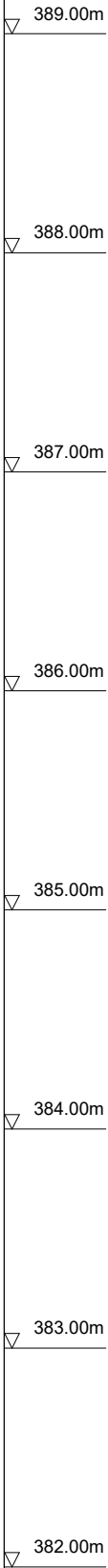
1 : 10.000

Auftraggeber: HGE Haller Grundstücks- und Erschließungsgesellschaft mbH
Am Markt 7/8, 74523 Schwäbisch Hall

Datum: 18.01.2021

Bearbeiter: se

Ausgeführt: se



BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29 bfi@bfi-zeiser.de Internet: www.bfi-zeiser.de Projekt: SHA Tüngental, Erschließungen Altenhausener Straße	Az:	120856
	Anlage:	2
	Schnitt:	
	Maßstab:	1:33
	Datum:	22.01.2021
	aufgenommen:	Il, je