

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

Stadt Ellwangen
Spitalstraße 4
73479 Ellwangen

Ihre Zeichen

Unsere Zeichen

kd-nm-seb/ Az. 230450

Datum

08.11.2023

Ellwangen-Pfahlheim, GE „Breiter Weg-Erweiterung u. Änderung“
hier: Baugrunduntersuchung mit Gründungsberatung

Auftraggeber:

Stadt Ellwangen
Spitalstraße 4
73479 Ellwangen

Planung:

A2Plan Ingenieure GmbH
Dr.-Rudolf-Schieber-Straße 2
73463 Westhausen

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.....	4
3.1 Geologische Situation	4
3.2 Stratigrafie	6
3.3 Wasserverhältnisse	6
3.4 Laborversuche.....	7
3.4.1 natürlicher Wassergehalt	7
3.4.2 Sulfatanalyse	7
3.5 Geotechnische Kategorie.....	8
3.6 Homogenbereiche	9
3.7 Frostepfindlichkeit	11
3.8 Bodenkennwerte.....	11
4. Chemische Untersuchung:	12
5. Erdbebenzone	13
6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen	13
6.1 Kanäle	13
6.1.1 Gründung des Rohraufagers.....	13
6.1.2 Sicherung der Kanalgräben.....	14
6.1.3 Kanalgrabenverfüllung	14
6.2 Straßenbau.....	15
6.2.1 Planum	15
6.2.2 Tragschicht.....	17
6.3 Kreisverkehr L1076	17
6.3.1 Anforderungen	17
6.3.2 Bewertung des bestehenden Straßenaufbaus und Empfehlungen.....	18
6.4 Gebäude	19
6.4.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten	19

6.4.2 Baugrubensicherung und Wasserhaltung	21
6.4.3 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	21
6.4.4 Arbeitsraumverfüllung	22
6.5 Bodenverbesserung.....	22
7. Abnahme und Haftung	24

Anlagenteil

Anlage 1.1: Geologische Karte	M. 1 : 10.000
Anlage 1.2: Lageplan mit Lage der Bohrungen B 1 bis B 5	M. 1 : 750
Anlage 2: Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 1 bis B 5	M. 1 : 25

1. Planunterlagen

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

- Lageplan M. 1 : 600 vom 07.11.2023
- Bebauungsplan GE „Breiter Weg-Erweiterung u. Änderung“ vom 03.11.2022

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

2. Lage und Aufgabenstellung

Das a2Plan plant für die Stadt Ellwangen die Erweiterung bzw. Änderung des Gewerbegebietes „Breiter Weg“ in Ellwangen-Pfahlheim. Das Erweiterungsgebiet liegt im Osten von Ellwangen-Pfahlheim, am Ortsende in Richtung Tannhausen, nördlich der L1076, und schließt unmittelbar an das bestehende Gewerbegebiet an. Zum Anschluss an die L1076 soll ein Kreisverkehr gebaut werden.

Das BFI wurde von der Stadt Ellwangen beauftragt, eine Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung für die geplante Erschließung durchzuführen.

3. Untergrund

3.1 Geologische Situation

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 18.09.2023 auftragsgemäß fünf Bohrungen (B 1 – B 4) bis in Tiefen zwischen 2,50 m (B 3 und B 4 im Bereich des Kreisverkehrs) und 5,00 m (B 1 und B 2 im Bereich des geplanten Gewerbegebietes) unter Gelände abgeteuft. Ergänzend wurde die Bohrung B 5 im Bereich des vorhandenen Wirtschaftsweges bis 1,50 m unter GOK angelegt.

Da mit den Bohrungen der Anschnitt von Grundwasser zu erwarten war, wurde am 18.08.2023 eine wasserrechtliche Erlaubnis beim Landratsamt beantragt. Die wasserrechtliche Erlaubnis wurde vom Landratsamt mit Entscheidung vom 30.08.2023 unter Auflagen erteilt.

Die Ansatzhöhen der Bohrungen wurden auf einen Kanaldeckel eingemessen, dessen Deckelhöhe mit 497,15 mNN angegeben wurde.

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):

In der Bohrung B 5 (im Bereich des vorhandenen Wirtschaftsweges) wurde zunächst eine 0,22 m starke Asphaltdecke auf einer 0,48 m starken Schotterschicht erkundet.

In den restlichen Bohrungen wurde zunächst ein 0,20 m (Bankett) bis 0,50 m (Gewerbegebietsfläche) starker Mutterboden erkundet.

Der Mutterboden bzw. der Schotter sind von einem tonigen Sand unterlagert. Den Sanden sind lokal Kalksteinbänke eingelagert.

Ab Tiefen zwischen 0,50 m und 1,90 m unter GOK bis zu den Endtiefen der Bohrungen stehen sehr mürbe bis mürbe und mäßig harte Kalk-, Ton- und Sandsteine an.

Die Tiefen, in denen OK der mind. sehr mürben Festgesteine angetroffen wurden, sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: OK Festgestein (mind. sehr mürb)

Bohrung	Ansatzhöhe [mNN]	OK Festgestein (min. sehr mürb)	
		[m u. GOK]	[mNN]
B 1	497,28	0,50	496,78
B 2	497,14	0,80	496,34
B 3	496,75	1,90	494,85
B 4	495,71	1,70	494,01
B 5	496,08	-	-

- kein Fels bis zur Endtiefe angetroffen

3.2 Stratigrafie

Stratigrafisch handelt es sich bei den angetroffenen Ton-, Kalk- und Sandsteinen um Schichtglieder der Bamberg- und Gryphäen-Sandstein-Formation. Bei den darüber anstehenden Sanden handelt es sich um dessen quartäre Verwitterungsprodukte sowie lössführende Fließerde.

3.3 Wasserverhältnisse

In keiner der Bohrungen wurden während der Bohrarbeiten Wasserzutritte verzeichnet. In Abhängigkeit von jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch lokal und temporär mit Schicht- und Sickerwasserzutritten in den Deckschichten sowie an den Festgesteinen 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

3.4.1 natürlicher Wassergehalt

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 17 gestörte Proben entnommen, von denen 5 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.-%]
1/2	1	1,20	S, q Sst	8,67
2/1	2	0,60	S, g	10,88
3/1	3	1,00	S,g	15,86
4/2	4	1,00	S, t, g'	25,70
5/3	5	1,10	S, t*, g	27,91

3.4.2 Sulfatanalyse

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 wurden die Proben P 2/1 und P 3/1 auf Sulfat untersucht.

Tabelle 3: Sulfatanalyse

Probe-Nr.	P 2/1	P 3/1	Grenzwert
Bodenart	Sand	Sand	nach ZTV E-StB 17
Entnahmetiefe [m]	0,60	1,00	vorgegebener Grenzwert 0,3 % der Trockenmasse
Sulfatgehalt [mg/kg]	453	236	< 3000

Die Sulfatgehalte der Proben liegen unter dem nach ZTV E-StB 17 vorgegebenen Grenzwert von 0,3 % der Trockenmasse ($\cong 3000$ mg/kg), welcher als unkritisch für bodenstabilisierende Maßnahmen erachtet wird. Nach dem Ergebnis der Sulfatanalyse ist eine Bodenverbesserung somit möglich.

Im Bereich des Bauvorhabens ist nicht mit erhöhten Sulfatgehalten zu rechnen.

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 1

Grundwasser: GK 1

Hieraus ergibt sich aus baugrundgeologischer Situation eine Einstufung in die Geotechnische Kategorie 1. Für das Bauvorhaben ist zu prüfen, ob die Einstufung in eine höhere Geotechnische Kategorie erforderlich wird. Dies könnte beispielsweise bei Gräben > 2,00 m der Fall sein.

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 Schotter dem **Homogenbereich 2** zugeordnet. Die anstehenden Sande wurden unter dem **Homogenbereich 3** zusammengefasst. Die darunter anstehenden Ton-, Kalk- und Sandsteine werden unter dem **Homogenbereich 4** erfasst.

Wir weisen darauf hin, dass die Übergänge zwischen den Verwitterungsdecken und den unterlagernden Festgesteinen (Homogenbereiche 3 und 4) in Abhängigkeit vom Aufwitterungsgrad oft fließend sind und daher nicht scharf abgegrenzt werden können. Daher kann auch die Höhenlage der Festgesteine lokal schwanken.

Die innerhalb der festgelegten Homogenbereiche zu erwartende Bandbreite der Eigenschaften wird auf Grundlage von Erfahrungswerten und den durchgeführten Laborversuchen angegeben und kann der Tabelle 4 entnommen werden. Aufgrund der inhomogenen und engräumig wechselnden Zusammensetzung wurden auch wechsellagernde rollige und bindige Böden zusammengefasst, sodass in der Tabelle innerhalb eines Homogenbereiches Eigenschaften beider Bodenarten wie bspw. Konsistenz und Lagerungsdichte aufgeführt sind. 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 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Homogenbereiche

Homogenbereich	2	3	4
Bezeichnung	Schotter	Sande	Ton- Sand- und Kalkstein
Bodengruppe nach DIN 18196	GI, GW, GE, GU, GU*, GT, GT*	SU, ST, SU*, ST*, SE, SW, SI	
Bodengruppe nach DIN 18915	2, 4	2, 4, 6	
Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO 14688-2	-	gering-hoch < 5 -20%	
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern	-	-	
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	4 % – 15 %	4 % – 40 % (8,67-27,91%) ¹⁾	
Konsistenz nach DIN 18122 und DIN EN ISO 14688-1	-		
undräßierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4, DIN 18136, DIN 18137 und DIN EN ISO 14688-2	-		
Kohäsion nach DIN 18137-1, 2, 3	-		
organischer Anteil nach DIN 18128 und DIN EN ISO 14688-2			
Lagerungsdichte nach DIN 18126, DIN EN ISO 14688-2	mitteldicht - dicht, I _D 35 – 85 %	mitteldicht - dicht, I _D 35 – 85 %	
Dichte nach DIN 18125-2	2,00 g/cm ³ – 2,50 g/cm ³	1,70 g/cm ³ – 2,30 g/cm ³	2,00 g/cm ³ – 2,85g/cm ³
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1			Tonstein Kalkstein Sandstein
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1			bis 160 MN/m ²
Trennflächen, DIN EN ISO 14689-1			sehr dünnbankig - dickbankig
Verwitterung DIN EN ISO 14689-1			frisch – mäßig verwittert
Veränderlichkeit DIN EN ISO 14689-1			veränderlich – stark veränderlich
Homogenbereiche für Bohrungen zur geotechnischen Erkundung und Untersuchung nach DIN 18301	bindige, nicht bindige oder organische Böden	bindige, nicht bindige oder organische Böden	Fels oder Stufen des verwitterten Fels

¹⁾ durch Laborversuche belegt

3.7 Frostempfindlichkeit

Nach ZTVE-StB 17 erfolgt die Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Bodengruppen in drei Frostempfindlichkeitsklassen:

F 1	nicht frostempfindlich
F 2	gering- bis mittelfrostempfindlich
F 3	sehr frostempfindlich

Die lokal angetroffenen Schotter sind in Abhängigkeit von ihren Bindigkeitsanteilen den **Frostempfindlichkeitsklassen F 1 und F 2** zuzuordnen.

Die Sande sind in Abhängigkeit ihrer Bindigkeitsanteile den **Frostempfindlichkeitsklassen F 2 und F 3** zuzuordnen.

3.8 Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können folgende Bodenkennwerte angesetzt werden:

Hinterfüllung/ Tragschicht:

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

Anstehend:

Sand, kiesig, tonig	cal γ	=	20	kN/m ³
	cal γ'	=	11	kN/m ³
	cal ϕ'	=	27	°
	cal c'	=	3	kN/m ²

Ton-/Sand-/Kalkstein sehr mürb, mürb	cal γ	=	22	kN/m ³
	cal γ'	=	13	kN/m ³
	cal ϕ'	=	35	°
	cal c'	=	25	kN/m ²

Ton-/Sand-/Kalkstein	cal γ	=	22	kN/m ³
mäßig hart-hart	cal γ'	=	13	kN/m ³
	cal ϕ'	=	40	°
	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. Chemische Untersuchung:

Die Asphaltprobe P 5/1 wurde auftragsgemäß laborchemisch auf PAK im Feststoff analysiert.

Bei der untersuchten Probe waren PAK nicht nachweisbar. Phenole sind erfahrungsgemäß nicht zu erwarten. Das Material entspricht damit der Verwertungsklasse A und ist als "nicht teerhaltig" im Sinne der RuVA und des "Leitfadens teerhaltiger Straßenaufbruch" einzustufen.

Der in diesen Bereichen anfallende Ausbauasphalt kann im Heißmischverfahren sowie im Kaltmischverfahren mit Bindemitteln wiederverwertet werden. Auch eine Kaltverarbeitung ohne Bindemittel in Tragschichten unter wasserundurchlässigen Deckschichten ist möglich.

5. Erdbebenzone

Entsprechend der DIN EN 1998-1/NA:2021-07 werden für den Standort der Baumaßnahme folgende spektralen Plateaubeschleunigungen angegeben:

$s_{ap,R}$ (475 a)	= 0,418 m/s ²
$s_{ap,R}$ (975 a)	= 0,691 m/s ²
$s_{ap,R}$ (2475 a)	= 1,252 m/s ²

Nach der derzeit noch gültigen DIN EN 1998-1/NA (Fassung 2011-01) liegt das Bauvorhaben nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen **in keiner Erdbebenzone**.

6. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen

6.1 Kanäle

6.1.1 Gründung des Rohraufagers

Nach den Ergebnissen der Bohrungen liegt das Rohraufager z.T. in den Sanden und z.T. in den Festgesteinen.

Das Rohraufager kann in den Sanden sowie in den Festgesteinen ohne besondere Zusatzmaßnahmen gegründet werden. Für den Fall, dass der Fels sich nicht maßhaltig lösen lässt, ist in der Ausschreibung unter dem Rohraufager ein Bodenaustausch bzw. eine Ausgleichsschicht in einer Stärke von 0,15 m - 0,30 m mit Baustoffgemisch 0/56 mm, vorzusehen.

Lokal und temporär muss mit Schichtwasserzutritten gerechnet werden. Temporär zutretendes Schichtwasser 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 Rohraufager 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, den Kanalgraben im Bereich der Verwitterungsschichten z. B. mit Verbauelementen entsprechend der DIN 4124 zu sichern. Wir weisen darauf hin, dass die oberflächennahen Sande beim Ausheben des Kanalgrabens sehr instabile Baugrubenwände bilden können.

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 Wasser-
versorgungssysteme und deren Bauteile
außerhalb von Gebäuden
- TRVV 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 Sande sowie die Festgesteine bis Steinkorngröße ($< 200 \text{ mm}$) 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 zu verfüllen und zu verdichten. Die beim Aushub anfallenden tonigen Sande sind ohne bodenverbessernde Maßnahmen nicht geeignet. Die erforderlichen Bindemittelmengen und die Art des Bindemittels müssen durch entsprechende Sulfat- und Eignungsuntersuchungen und in Abhängigkeit von den aktuellen Wassergehalten festgelegt werden. Vorab kann jedoch von den in Kapitel 6.5 angegebenen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Die anfallenden Festgesteine bis Steinkorngröße (< 200 mm) können bei optimalen Witterungsbedingungen zum Verfüllen der Kanalgräben verwendet werden. Dies ist im Zuge des Aushubs zu entscheiden. Steinblöcke müssen entweder separiert oder zerkleinert werden, um sie verwenden zu können. Es ist darauf zu achten, dass das Material gut kornabgestuft ist und hohlraumfrei verdichtet werden kann. Wir schlagen jedoch vor, in der Ausschreibung einen Bodenaustausch bzw. eine Bodenverbesserung für die Kanalgrabenverfüllung vorzusehen.

Alternativ kann in der Ausschreibung ein bindigkeitsarmes, gut abgestuftes und verdichtungsfähiges Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm, für die Kanalgrabenverfüllung vorgesehen werden.

Prinzipiell sind beim Verfüllen der Leitungsgräben die Angaben der Rohrersteller zu beachten.

6.2 Straßenbau

Nach RStO liegt die Belastungsklasse der Industriestraßen bei Bk 3,2- Bk100.

6.2.1 Planum

Auf Niveau Planum werden nach den Ergebnissen der Bohrungen Sande und Sandsteine anstehen.

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 10) 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 10 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 dem Planum geforderten Verformungsmoduln werden insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen auf den Sanden erfahrungsgemäß nicht erreichbar sein.

Wir schlagen deshalb vor, das Planum, da wo die Sande anstehen, auf einer Stärke von 0,40 m mit Bindemittel zu verbessern. Die erforderlichen Bindemittelmengen und die Bindemittelart müssen im Vorfeld durch eine Sulfat- und Eignungsuntersuchung ermittelt werden. Vorab kann in der Ausschreibung von den in Kapitel 6.5 angegebenen überschlägigen Bindemittelmengen ausgegangen werden.

Alternativ kann auf Planum ein ca. 0,40 m starker Bodenaustausch mit bindigkeitsarmen, gut abgestuften und verdichtungsfähigen Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm, ausgeführt 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 Drainage vorzusehen, auf die ein Gefälle auszubilden ist.

In Bereichen in denen bereits der Fels ansteht kann die Stärke des Bodenaustausches reduziert bzw. darauf verzichtet werden wenn eine ausreichende Tragfähigkeit gegeben ist.

6.2.2 Tragschicht

Bei Straßen der Belastungsklasse Bk 3,2- Bk100 ist auf der ungebundenen Tragschicht nach RStO (Tafel 1, Zeile 3) bzw. ZTV-SoB 09 ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 150 \text{ MPa}$ ($E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$) nachzuweisen.

Wir empfehlen, die Gesamtstärke von Frostschutz- und Tragschicht bei den Straßen der Belastungsklasse Bk 3,2- Bk 100 nicht unter 0,45 m zu dimensionieren, um die auf OK Tragschicht geforderten Tragfähigkeiten zu erreichen. Bei anstehendem Fels kann die Tragschichtstärke ggf. reduziert werden, dies ist bei der Ausführung zu prüfen.

Zur Herstellung eines frostsicheren Oberbaues sind darüber hinaus die erforderlichen Minstdicken 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 Kreisverkehr L1076

Nach RStO liegt die Belastungsklasse der Verbindungs- bzw. Landstraßen bei Bk 3,2- 10.

6.3.1 Anforderungen

Nach RStO bzw. ZTVE-StB 09 ist auf dem Planum ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ 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 Verhältnisswert 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.

Auf der ungebundenen Tragschicht ist nach RStO, bzw. ZTV-SoB 09 bei Straßen der Belastungsklasse Bk 3,2 –10 ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ ($E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$) nachzuweisen.

6.3.2 Bewertung des bestehenden Straßenaufbaus und Empfehlungen

Die Mindeststärken des frostsicheren Oberbaues sind nach den Tabellen 6 und 7 der RStO festzulegen. Bei Straßen der Belastungsklasse Bk 3,2-10 ist gemäß Tabelle 6 auf F3-Böden eine Mindestdicke von 0,65 m erforderlich.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden auf Niveau **Planum**, seitlich des bestehenden Straßenkörpers, tonige Sande anstehen.

Der auf dem Planum geforderten Verformungsmodul wird insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen erfahrungsgemäß nicht erreicht werden. Um den auf dem Planum geforderten Wert zu erreichen, schlagen wir vor, einen ca. 0,40 m starken Bodenaustausch mit bindigkeitsarmem, gut abgestuftem und verdichtungsfähigem Material, z. B. Baustoffgemisch 0/56 mm oder den alten Tragschichtschottern aus Wirtschaftsweg und Straße, durchzuführen.

Die vorhandene Tragschichtstärke sowie Tragfähigkeit ist nach dem Ausbau des Asphaltes zu prüfen. Erfahrungsgemäß sind die eingebauten Tragschichtschotter durch die mechanischen Einwirkungen nicht mehr frostsicher. Wir empfehlen den Schotter als Austausch unter der eigentlichen Tragschicht zu verwenden bzw. auch als zur Kanalgrabenverfüllung.

Auf dem Bodenaustausch ist die Gesamtstärke von **Frostschutz- und Tragschicht** bei den Straßen der Belastungsklasse Bk 3,2-10 nicht unter 0,45 m zu dimensionieren, um die auf OK Tragschicht geforderten Tragfähigkeiten zu erreichen.

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 09) und die "Zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau" (ZtV-SoB-Stb 04) zu beachten.

6.4 Gebäude

6.4.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen unterkellerter Gebäude bei einer angenommenen Geschosshöhe von etwa 3,00 m in den Festgesteinen liegen.

Die Gründungssohlen nicht unterkellerter Gebäude werden bei frostsicherer Gründung, 1,00 m unter GOK, größtenteils in den Sanden und z.T. in den Festgesteinen liegen.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass eine Gründung z.T. in den Sanden und z.T. in den Festgesteinen wegen der zu erwartenden Setzungsunterschiede nicht zulässig ist. Fundamente sind daher einheitlich zu gründen.

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 Sohlrücken 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]
Sand, kiesig	350	250
Festgestein mind. sehr mürb	560	400
Festgestein mind. mäßig hart	700	500

Voraussetzung ist die Einhaltung einer Mindestbreite von 0,40 m bei Streifen- und 0,80 m bei Einzelfundamenten.

Unter der Bodenplatte ist eine 0,15 m starke, kapillarbrechende Dränschicht, z. B. mit Baustoffgemisch 11/22 mm, vorzusehen.

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.

Alternativ können die Gebäude auch über eine Bodenplatte mit lastverteilernder Tragschicht gegründet werden.

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.

6.4.2 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Unbelastete Baugrubenböschungen dürfen gemäß DIN 4124 im Allgemeinen oberhalb des Grundwassers bis zu einer Höhe von maximal 5,00 m in den Sanden mit einer maximalen Neigung von $\leq 45^\circ$ hergestellt werden. Im Bereich der Festgesteine kann mit $\beta \leq 80^\circ$ geböscht werden.

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.

6.4.3 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile

Grundwasser wurde bei den Bohrungen nicht angetroffen. In Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch temporär mit Sickerwasserzutritten 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.

Ist die Ausbildung einer Dränage genehmigungsrechtlich, aus Platzgründen oder wegen der fehlenden Vorflut nicht machbar, ist eine wasserdichte und auftriebssichere Ausführung vorzusehen.

6.4.4 Arbeitsraumverfüllung

Die in den Bohrungen angetroffenen Sande sowie die Festgesteine bis Steinkorngröße ($< 200 \text{ mm}$) können zum Verfüllen der Arbeitsräume verwendet werden, wenn Setzungen an der Geländeoberfläche toleriert werden (z. B. in Grünflächen).

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 $D_{Pr} \geq 100 \text{ \%}$ zu verdichten. Auch sind entsprechende Verdichtungsnachweise zu erbringen.

6.5 Bodenverbesserung

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 Sande 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. In Bereichen mit weichen Konsistenzen oder bei aufweichen des Bodens durch Niederschläge 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 Staubeentwicklung 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:

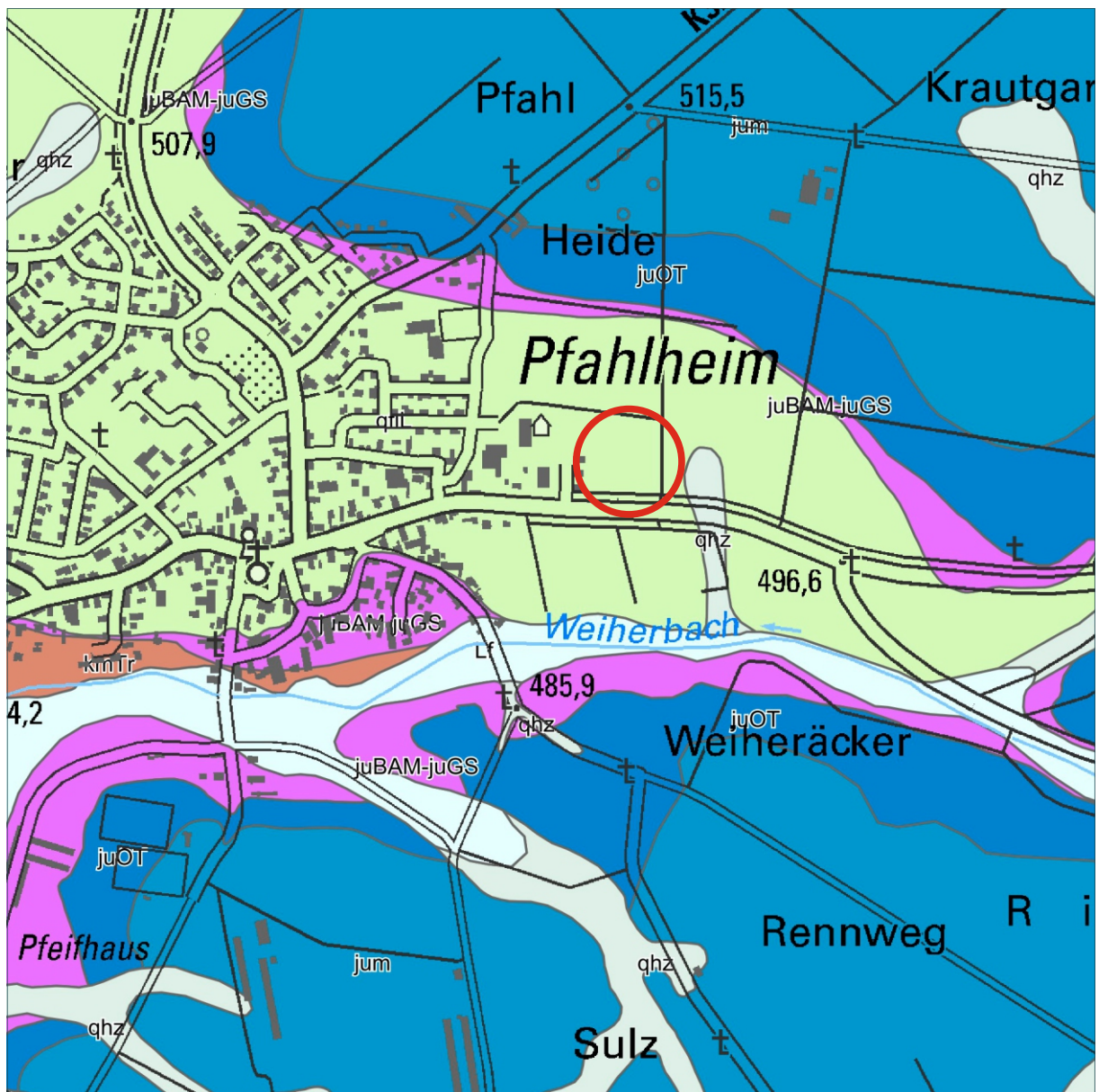
Dipl.-Ing. (FH) K. Deis

Sachbearbeiter:

M. Sc. N. Messaadi

gez. Aspacher

M.Sc. Geowiss. A. Aspacher

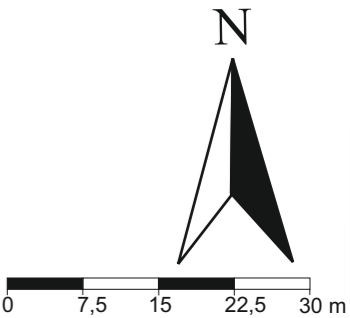


- Verwitterungs-/Umlagerungsbildung (qum)
- Verschwemmungssediment (qz)
- Holozänes Auensediment (qhTa)
- Opalinuston-Formation (jmOPT)
- Mittlerer Unterjura (jum)
- Obtususton-Formation (juOT)
- Bamberg- und Gryphäensandstein-Formation (juBAM-juGS)
- Trossingen-Formation (kmTr)
- Löwenstein-Formation (Stubensandstein) (kmLw)

BFI	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Az: 230450
	BFI Zeiser GmbH & Co. KG	
	Mühlgraben 34 73479 Ellwangen	Anlage: 1.1
	Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	
Projekt: Ellwangen-Pfahlheim, GE „Breiter Weg-Erweiterung u. Änderung“		
Geologische Karte		Maßstab: 1 : 10.000
Auftraggeber: Stadt Ellwangen Spitalstraße 4, 73479 Ellwangen		
Datum: 25.09.2023	Bearbeiter: nm	Ausgeführt: nm



Legende:
Bohrung

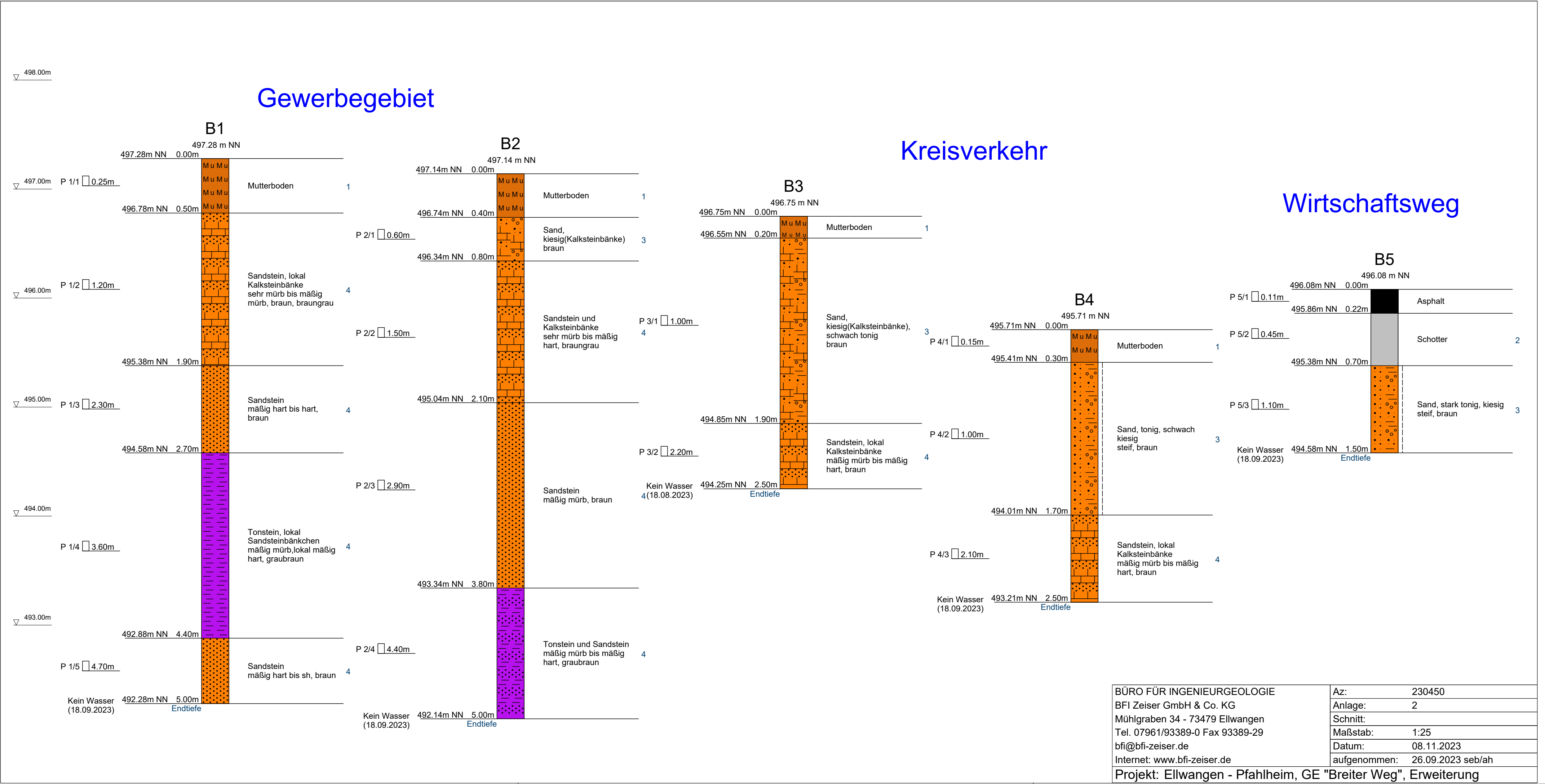


BFI	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co.KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 230450
		Anlage: 1.2
Projekt: Ellwangen - Pfahlheim, GE „Breiter Weg“, Erweiterung		
Lageplan mit Lage der Bohrungen		Maßstab: 1 : 750
Auftraggeber: Stadt Ellwangen, Spitalstraße 4, 73479 Ellwangen		
Datum: 25.09.2023	Bearbeiter: nm	Ausgeführt: nm

Gewerbegebiet

Kreisverkehr

Wirtschaftsweg



Rechnung Nummer: 2231165**Az. 230450****Zusammenstellung der Bohrungen**

Bohrungen B	0-5 m	5-10 m	10-15m	Gesamt-Meter	Pos. 1.6
1	5,00			5,00	4,50
2	5,00			5,00	4,20
3	2,50			2,50	0,60
4	2,50			2,50	0,80
5	1,50			1,50	
Summe	16,50	0,00	0,00	16,50	10,10

*

gP	WP
5	
4	
2	
3	
3	
17	0

** Asphalt*