

# 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

Datum

gz-pl-se-sb/ Az 121106 30.11.2021

## Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX

hier: Baugrundvoruntersuchung mit Gründungsberatung

Auftraggeber:

Stadt Ellwangen  
Spitalstraße 4  
73479 Ellwangen

Planung:

B&P Beratende Ingenieure  
Förstner - Lechler - Zander - Partnerschaft mbB  
Mühlgraben 34  
73479 Ellwangen

stadtlandingenieure GmbH  
Wolfgangstraße 8  
73479 Ellwangen

Ingenieurgeologische  
Untersuchung und  
Beratung:

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

## INHALTSVERZEICHNIS

Textteil	Seite
<b>1. Unterlagen.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Allgemeines und Lage.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Untergrund.....</b>	<b>5</b>
3.1 Baugrundgeologische Situation .....	5
3.2 Stratigrafie .....	9
3.3 Wasserverhältnisse .....	9
3.4 Laborversuche .....	12
3.4.1 Natürlicher Wassergehalt .....	12
3.4.2 Zustandsgrenzen .....	12
3.4.3 Kornverteilung .....	13
3.5 Geotechnische Kategorie .....	14
3.6 Homogenbereiche.....	15
3.7 Frostempfindlichkeit .....	17
3.8 Bodenkennwerte .....	18
<b>4. Erdbebenzone.....</b>	<b>19</b>
<b>5. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen .....</b>	<b>20</b>
5.1 Leitungsbau .....	20
5.1.1 Gründung des Rohraufagers.....	20
5.1.2 Sicherung der Kanalgräben.....	21
5.1.3 Kanalgrabenverfüllung.....	22
5.2 Straßenbau .....	23
5.2.1 Planum .....	24
5.2.2 Tragschicht .....	25
5.3 Gebäude .....	25
5.3.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten.....	25
5.3.2 Baugrubensicherung.....	27
5.3.3 Wasserhaltung während der Bauzeit .....	28
5.3.4 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	28
5.3.5 Arbeitsraumverfüllung .....	29

5.4	Regenüberlaufbecken.....	30
5.4.1	Lastabtragung .....	30
5.4.2	Sicherung der Baugrube und Wasserhaltung.....	31
5.4.3	Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile.....	31
5.4.4	Arbeitsraumverfüllung .....	32
5.5	Bodenverbesserung.....	33
6.	<b>Abnahme und Haftung .....</b>	<b>35</b>

## Anlagenteil

Anlage 1.1:	Geologische Karte	M. 1 : 10.000
Anlage 1.2:	Übersichtslageplan	M. 1 : 10.000
Anlage 1.3:	Lageplan der Bohrungen sowie der Grund- und Sickerwassermessstellen	M. 1 : 2.500
Anlage 2.1:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 1 bis B 5	M. 1 : 50
Anlage 2.2:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 11, B 8. B 6	M. 1 : 75
Anlage 2.3:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 9, B 10, B 7	M. 1 : 100
Anlage 2.4:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen sowie der Grund- und Sickerwassermessstellen B 12/GWM, B 13/SWM, B 14/SWM, B 15/SWM	M. 1 : 50
Anlage 2.5:	Schnitt: Darstellung der Bohrungen B 18, B 19, B 16 und B 17	M. 1 : 50
Anlagen 3:	Zustandsgrenzen	
Anlagen 4:	Kornverteilungen	

## 1. Unterlagen

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

– Lageplan	M. 1 : 5000	vom 12.11.2021
– Lageplan mit Bohrpunkten	M. 1 : 2500	vom 01.04.2021
– Lageplan	M. 1 : 2500	vom 24.08.2021
– Kanallängsschnitt Fläche A1	M. 1 : 2500/250	vom 24.08.2021
– Kanallängsschnitt Fläche A2 (RW)	M. 1 : 2500/250	vom 24.08.2021
– Kanallängsschnitt Fläche A2 (MW)	M. 1 : 2500/250	vom 24.08.2021
– Längsschnitt MW 01 – KM8610086	M. 1 : 2500/250	vom 24.08.2021

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

## 2. Allgemeines und Lage

Die Stadt Ellwangen beabsichtigt die Erweiterung des Gewerbegebietes Neunheim IX. Das Baugebiet liegt nordwestlich des bestehenden Gewerbegebietes, nördlich der L 1060 (s. Übersichtslageplan in Anlage 1.2).

Die Geländehöhen, der derzeit landwirtschaftlich genutzten Flächen, liegen im Osten bei bis zu ca. 522 mNN und im Westen bei ca. 509 mNN.

Nach Auskunft von Frau Bergdolt (stadtlandingenieure GmbH), liegt die Belastungsklasse der Erschließungsstraßen nach RStO bei Bk 32.

Die Verlegetiefe der Kanäle ist nach den vorliegenden Unterlagen zwischen 1,40 m und 10,14 m unter aktueller GOK vorgesehen.

Das BFI wurde von der Stadt Ellwangen mit der Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung sowie mit der Altlastenerkundung für die geplante Erschließung beauftragt.

Teil dieses Gutachtens sind Angaben zur geplanten Erschließung. Die Altlastenerkundung wird in einem separaten Bericht dargestellt.

### 3. Untergrund

#### 3.1 Baugrundgeologische Situation

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden zwischen dem 07. und 09.07.2021 auftragsgemäß insgesamt 19 Bohrungen (B 1 – B 19) bis in Tiefen zwischen 3,00 m und 12,50 m unter GOK angelegt.

Im Rahmen der Altlastenerkundung wurde die Bohrung B 12 zu einer Grundwassermessstelle (B 12/GWM) und die Bohrungen B 13 bis B 15 zu Sickerwasserwassermessstellen (B 13/SWM – B 15/SWM) ausgebaut.

Da mit den Bohrungen der Anschnitt von Grundwasser zu erwarten war, wurde am 14.04.2021 eine wasserrechtliche Erlaubnis beim Landratsamt beantragt.

Die Lage der Bohrungen kann dem Lageplan in Anlage 1.3 entnommen werden.

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

Zuoberst wurde in allen Bohrungen, außer B 3, **Mutterboden** in Stärken zwischen 0,20 m und 0,40 m ermittelt. Bei B 3 wurde eine zuoberst 0,20 m starke Schottererschicht durchteuft.

Unterhalb des Mutterbodens wurden lokal **Auffüllungen** angetroffen:

- Im Bereich der Fläche 1 (Altablagerung Neunheimer Heide, VARTA) bestehen die Auffüllungen aus schluffigen, steinigen Tonen, lokal aus schluffig-kiesigen Sanden. In B 14/SWM wurden Ziegelreste angetroffen. Die Basis der Ablagerung wurde in Tiefen zwischen 1,00 m und 1,70 m u. GOK erkundet.

Bei der Gefahrenverdachtserkundung wurden jedoch lokal deutliche höhere Auffüllmächtigkeiten über 6,50 m (Endtiefe der entsprechenden Bohrung) festgestellt. In dieser Bohrung, die sich in der Nähe zur Bohrung B 15/SWM befinden muss, wurden Hausmüllanteile, Straßenaufbruch und Bauschutt angetroffen. Eine genaue Verortung der Bohrpunkte aus dieser früheren Untersuchung auf die heutigen topographischen Verhältnisse und die aktuelle Flurstückssituation ist nicht möglich.

- In Fläche 2 (Auffüllplatz zwischen Neunheim und Rattstadt) und Fläche 3 (ehemaliger Müllplatz) wurden Auffüllungen aus schluffigen Tonen, lokal mit etwas Ziegelbruch, erbohrt. Die Auffüllungsbasis wurde hier in Tiefen von 1,50 m u. GOK (Fläche 2) bzw. 1,00 m – 1,10 m (Fläche 3) festgestellt. Im Rahmen der OU von 2005 wurden jedoch die Auffüllungen in Tiefen zwischen 1,90 m und 4,30 m Tiefe angetroffen. Lokal wurden darin auch Asphaltreste, Betonbruch, Metall- und Kunststoffreste angetroffen. Lokal wurde auch Fäulnisgeruch festgestellt, was auf organische Anteile (Hausmüll) hindeutet. Auch hier können die Bohrpunkte nicht im aktuellen Gelände verortet werden.
- Weitere Auffüllungen, die aber nicht zu den o. g. Altablagerungen gehören, wurden bei B 2 (0,20 m – 1,10 m), B 9 (0,20 m – 0,80 m) und B 3 (0,20 m – 0,50 m) angetroffen. Diese bestehen ebenfalls aus schluffigen Tonen, lokal mit Ziegelbruch.

Die Konsistenzen der Auffüllungen sind überwiegend steif, lokal auch weich-steif. In Tabelle 1 sind Ober- und Unterkanten sowie Mächtigkeiten der bei den Bohrungen angetroffenen Auffüllschichten angegeben.

Tabelle 1: Auffüllungsmächtigkeiten gemäß den Bohrergebnissen (BFI 2021)

Bohrung	Ansatzhöhe [mNN]	Auffüllung			
		Oberkante [m u. GOK]	Unterkante* [m u. GOK]	Mächtigkeit* [m]	Unterkante* [mNN]
B 2	509,03	0,20	1,10	0,90	507,93
B 3	513,54	0,20	0,50	0,30	513,04
B 9	522,58	0,20	0,80	0,60	521,78
B 13/SWM	517,24	0,20	1,70	1,50	515,54
B 14/SWM	516,19	0,20	1,20	1,00	514,99
B 15/SWM	518,61	0,20	1,00	0,80	517,61
B 16	512,02	0,30	1,10	0,80	510,92
B 17	513,24	0,20	1,00	0,80	512,24
B 18	509,28	0,20	1,50	1,30	507,78
B 19	509,89	0,20	1,50	1,30	508,39

\* im Rahmen der früheren Untersuchungen wurden lokal deutlich tiefere Unterkanten der Auffüllung (größere Mächtigkeiten bis über 6,5 m) festgestellt.

Die Tone werden ab einer Tiefe zwischen 1,00 m und 6,50 m unter GOK von mürben bis mäßig harten Tonsteinen mit mäßig harten bis harten Kalksteinbänken unterlagert. Die Ton- und Kalksteine können lokal zu Ton bzw. Blockwerk entfestigt sein (B 7, B 9).

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

Zusammenfassend wurde OK der mindestens sehr mürben Ton-/ Mergelsteine bzw. Kalksteine in den Bohrungen in folgenden Tiefen angetroffen (s. Tabelle 2):

Tabelle 2: OK Ton-/ Mergel-/ Kalkstein, mindestens sehr mürb

Bohrung	Ansatzhöhe [mNN]	OK Ton-/ Mergel-/ Kalkstein min. sehr mürb	
		[m u. GOK]	[mNN]
B 1	511,65	2,80	508,85
B 2	509,03	2,80	506,23
B 3	513,54	2,00	511,54
B 4	513,90	4,10	509,80
B 5	518,32	1,40	516,92
B 6	520,30	4,00	516,30
B 7	511,71	3,30	508,41
B 8	519,34	3,60	515,74
B 9	522,58	6,50	516,08
B 10	513,60	-	-
B 11	516,40	1,80	514,60
B 12/GWM	513,77	4,00	509,77
B 13/SWM	517,24	2,70	514,54
B 14/SWM	516,19	-	-
B 15/SWM	518,61	1,00	517,61
B 16	512,02	-	-
B 17	513,24	-	-
B 18	509,28	-	-
B 19	509,89	-	-

- kein Fels bis zur Endtiefe angetroffen



### 3.2 Stratigrafie

Stratigrafisch handelt es sich bei den an der Basis der Bohrungen angetroffenen Ton-/ Mergel- und Kalksteinen um Schichtglieder des Mittleren Unterjura bzw. der Obtususton-Formation (Lias). Bei den darüber anstehenden Tonen handelt es sich um quartäre Verwitterungsprodukte.

### 3.3 Wasserverhältnisse

In rund der Hälfte der Bohrungen wurde Wasser angetroffen, die übrigen waren nach Bohrende trocken. Die Niveaus der nach Abschluss der Bohrarbeiten in den offenen Bohrlöchern gemessenen Wasserstände sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Wasserstände nach Abschluss der Bohrarbeiten

Bohrung	Ansatzhöhe [mNN]	Wasserstand nach Bohrende (07.-09.07.2021)	
		[m u. GOK]	[mNN]
B 1	511,65	1,50	510,15
B 2	509,03	1,50	507,53
B 3	513,54	-	-
B 4	513,90	-	-
B 5	518,32	-	-
B 6	520,30	4,50	515,80
B 7	511,71	4,50	507,21
B 8	519,34	6,50*	512,84*
B 9	522,58	5,70	516,88
B 10	513,60	-	-
B 11	516,40	1,80	514,60
B 12/GWM	513,77	3,70	510,07
B 13/SWM	517,24	-	-
B 14/SWM	516,19	-	-
B 15/SWM	518,61	-	-

B 16	512,02	-	-
B 17	513,24	-	-
B 18	509,28	2,40**	506,88**
B 19	509,89	1,20	508,69

- kein Wasser angetroffen

\* nur Schichtwasserzutritte

\*\* Wasser angebohrt, Anstieg über GOK (artesisch)

Bei dem Wasser handelt es sich um Grundwasser, welches an durchlässige Lagen innerhalb der Tonsteine bzw. des darüber liegenden Aufwitterungs- bzw. Auffüllungshorizontes gebunden ist. Beim Einschneiden in das Gelände muss in Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen lokal und temporär auch mit höheren Grundwasserständen sowie Schicht- und Sickerwasserzutritten 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 Durchlässigkeit der aufgeschlossenen Bodenschichten, können die Wasserstände jedoch im Bohrloch zeitverzögert ansteigen, so dass die Wasserstandsmessungen nicht zwangsläufig den Ruhewasserspiegel repräsentieren. So hätten sich evtl. auch den Bohrlöchern, die nach Bohrende trocken waren, nach entsprechender Wartezeit Wasserstände eingestellt. Entsprechend waren in den nach Bohrende trockenen Sickerwassermessstellen B 13/SWM bis B 15/SWM nach einigen Tagen Wasserstände messbar. Genaue Messungen des Ruhewasserspiegels und langfristige Beobachtungen der Grundwasserganglinie sind daher nur in Grundwassermessstellen, die in den grundwasserführenden Schichten verfiltert sind, möglich.

So wurden für die Detailuntersuchung der Altablagerung Neunheimer Heide (VARTA) die in den Grund- und Sickerwassermessstellen B 12/GWM und B13/SWM – B 15/SWM eingerichtet. Die darin am 29.07.2021 gemessenen Wasserstände sind in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4: Wasserstände in Grund-/Sickerwassermessstellen

Bohrung	Ansatzhöhe [mNN]	Ruhewasserstand am 29.07.2021	
		[m u. GOK]	[mNN]
B 12/GWM	513,77	2,40	511,37
B 13/SWM	517,24	2,24	515,00
B 14/SWM	516,19	1,67	514,52
B 15/SWM	518,61	0,72	517,89

Die Wasserstände der Grund-/Sickerwassermessstellen deuten auf zwei unterschiedliche Grundwasserhorizonte hin:

Im unmittelbaren Bereich der Altablagerung wurden in den Sickerwassermessstellen B 13/SWM – B 15/SWM hohe Wasserstände zwischen 517,89 mNN im Osten und 515,00 mNN im Westen gemessen. Hierbei handelt es sich um einen Schicht-/Stauwasserhorizont, der z. T. innerhalb der Auffüllungen liegt und hangwärts nach Westen entwässert.

Die unmittelbar westlich der Altablagerung gelegene Grundwassermessstelle B 12/GWM zeigt hingegen mit 511,37 mNN einen deutlich tieferen Wasserspiegel, der zu einem zusammenhängenden Grundwasserhorizont in den tieferen Ton-/Kalksteinschichten gehört und unterhalb der gering durchlässigen Tone gespannt ist.

Die Bohrungen in den Flächen 2 und 3 waren, mit Ausnahme von B 18, nach Bohrende trocken (Anlage 2.2). In B 18 wurde jedoch unterhalb einer Tonschicht mit Erreichen einer zu Blockwerk aufgewitterten Kalksteinbank Grundwasser angetroffen. Dieses stieg dann sofort an und ist über Gelände in einer Menge von über 2 l/s ausgetreten. Das Bohrloch wurde darauf verdämmert. Das Grundwasser in den Kalksteinschichten ist somit gegebenenfalls artesisch gespannt, wobei Vernässungen der Wiese im Umfeld auf Grundwassereinflüsse hindeuten. Bei Anschnitt dieser Schichten, z. B. beim Kanalgrabenaushub, muss daher mit starkem Wasserandrang gerechnet werden.

Wir empfehlen dringend, im Bereich der Grundwasseraustritte Grundwassermessstellen zu errichten um zu verifizieren, ob das Grundwasser tatsächlich gespannt ist, oder ob z.B. eine alte Felddränge angetroffen wurde.

### 3.4 Laborversuche

#### 3.4.1 Natürlicher Wassergehalt

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 43 gestörte Proben entnommen. Von den aus dem Boden entnommenen Proben wurden 6 auf ihren natürlichen Wassergehalt untersucht. Dabei wurden die in Tabelle 5 aufgeführten Werte ermittelt.

Tabelle 5: natürliche Wassergehalte

Probe P	Bohrung B	Tiefe [m]	Bodenart (Konsistenz)	natürlicher Wassergehalt [Gew.-%]
1/1	1	0,70	T (st)	22,23
3/2	3	1,25	T,u' (st)	21,03
5/1	5	0,70	T (st)	22,00
6/1	6	1,20	T,u,g' (st)	19,87
10/1	10	1,10	T (st)	22,51
12/2	12	0,65	T,u,s' (st)	20,67

#### 3.4.2 Zustandsgrenzen

Zur Ermittlung der Wasserempfindlichkeit wurden an den Proben P 1/1, P 1/2, P 5/1, P 8/2, P 9/2 und P 10/1 nach DIN 18122 die Fließ- und Ausrollgrenzen bestimmt und daraus die Plastizitätszahlen errechnet. Im Einzelnen können die Versuchsergebnisse der Anlagen 3.1 bis 3.6 sowie der Tabelle 6 entnommen werden.

Tabelle 6: Zustandsgrenzen

Probe	P 1/1	P 1/2	P 5/1	P 8/2	P 9/2	P 10/1
Wassergehalt $w_N$ [%]	22,2	24,0	22,0	20,3	22,1	22,5
Fließgrenze $w_L$ [%]	49,6	42,3	47,9	44,5	47,3	46,9
Ausrollgrenze $w_P$ [%]	19,6	18,0	20,3	20,6	20,6	20,4
Plastizitätszahl $I_P$ [%]	30,0	24,3	27,6	23,9	26,7	26,5
Konsistenzzahl $I_C$	0,913	0,753	0,938	1,013	0,944	0,921
Gruppensymbol	TM	TM	TM	TM	TM	TM
Konsistenz	steif	w-st	steif	st-hf	steif	steif

### 3.4.3 Kornverteilung

Die Tone wurden an den Proben P 1/1, P 1/2, P 5/1, P 8/2, P 9/2 und P 10/1 auf ihre Kornverteilung nach DIN 18 123 untersucht. Die Gewichtsprozent der einzelnen Kornfraktionen sind der Tabelle 7 zu entnehmen. Die Kornverteilungskurve mit weiteren Angaben ist in den Anlagen 4.1 bis 4.6 dargestellt.

Tabelle 7: Ergebnisse der Siebanalyse

Probe P	Entnahme- tiefe [m]	Korngröße (Gew.-%)			Gruppen- symbol nach DIN 18196	Bodenart nach DIN 4022
		< 0,063 mm	> 0,063 bis < 2,0 mm	> 2,0 bis < 60,0 mm		
1/1	0,70	96,8	2,2	1,1	TM	T
1/2	1,30	60,5	21,1	18,4	TM	T,s,g
5/1	0,70	97,5	2,1	0,4	TM	T
8/2	1,65	88,0	10,3	1,6	TM	T,s‘
9/2	1,60	95,3	4,4	0,4	TM	T
10/1	1,10	98,2	1,7	0,1	TM	T

### 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 (Auffüllungen)  
Grundwasser:            GK 3 (gespanntes Grundwasser)

Hieraus ergibt sich für die baugrund- und hydrogeologische Situation eine Einstufung in die **Geotechnische Kategorie 3**.

### 3.6 Homogenbereiche

Die in den Bohrungen angetroffenen Bodenarten wurden zu Homogenbereichen zusammengefasst. Die Homogenbereiche (1 – 5) 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 lokal aufgeschlossenen Schotter unter dem **Homogenbereich 2** erfasst. Die Auffüllungen wurden unter dem **Homogenbereich 3** und die anstehenden Tone und Steine wurden unter dem **Homogenbereich 4** zusammengefasst. Die darunter anstehenden Ton-/ Mergel- und Kalksteine werden unter dem **Homogenbereich 5** 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 8 entnommen werden. Wo Erfahrungswerte durch Laborversuche belegt sind, wurden diese Werte mit einer <sup>1)</sup> gekennzeichnet.

Wir weisen darauf hin, dass die Übergänge zwischen den Verwitterungsdecken und den unterlagernden Festgesteinen (Homogenbereiche 4 und 5) in Abhängigkeit vom Aufwitterungsgrad oft fließend sind und daher nicht scharf abgegrenzt werden können. Daher kann auch die Höhenlage der Festgesteine lokal schwanken.

Für Bohrarbeiten zur geotechnischen Erkundung wurden die Bodenarten nach **DIN 18301 - Bohrarbeiten** in der letzten Zeile der Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 8: Homogenbereiche

Homogenbereich	2	3	3	4
Bezeichnung	Tragschicht-schotter	Auffüllungen	Tone, Steine	Tonstein, Mergelstein, Kalkstein
Bodengruppe nach DIN 18196	GI, GW, GE, GU, GU*, GT, GT*	TA, TL, TM, X	TA, TL, TM, X	-
Bodengruppe nach DIN 18915	2, 4	4, 6, 8	4, 6, 8	-
Stein- und Blockanteil nach DIN EN ISO 14688-2	-	gering – hoch < 5 % - 20 %	gering – hoch < 5 % - 20 %	-
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 mit Körnungsbändern	-	-	-	-
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	4 % – 15 %	10 % – 40 %	10 % – 40 % (19,87 % - 22,23 %) <sup>1)</sup>	-
Konsistenz nach DIN 18122 und DIN EN ISO 14688-1	-	weich – halbfest I <sub>c</sub> 0,5 – > 1,0 I <sub>p</sub> 4% - > 20 %	weich – halbfest I <sub>c</sub> 0,5 – > 1,0 I <sub>p</sub> 4% - > 20 %	-
undrännierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4, DIN 18136, DIN 18137 und DIN EN ISO 14688-2	-	25 kN/m <sup>2</sup> - 600 kN/m <sup>2</sup>	25 kN/m <sup>2</sup> - 600 kN/m <sup>2</sup>	-
Kohäsion nach DIN 18137-1, 2, 3	-	0 – 15 kN/m <sup>2</sup>	0 – 15 kN/m <sup>2</sup>	-
organischer Anteil nach DIN 18128 und DIN EN ISO 14688-2	-	nicht vorhanden V <sub>GI</sub> < 2 %	nicht vorhanden V <sub>GI</sub> < 2 %	-
Lagerungsdichte nach DIN 18126, DIN EN ISO 14688-2	mitteldicht - dicht, I <sub>D</sub> 35 – 85 %	-	-	-
Dichte nach DIN 18125-2	2,00 g/cm <sup>3</sup> - 2,50 g/cm <sup>3</sup>	1,50 g/cm <sup>3</sup> - 1,85 g/cm <sup>3</sup>	1,50 g/cm <sup>3</sup> - 1,85 g/cm <sup>3</sup>	2,30 g/cm <sup>3</sup> – 2,85 g/cm <sup>3</sup>
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	Tonstein, Mergelstein, Kalkstein
Einaxiale Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlung Nr. 1	-	-	-	bis 160 MN/m <sup>2</sup>
Trennflächen, DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	sehr dünnbankig - dickbankig
Verwitterung DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	frisch – mäßig verwittert



Homogenbereich	2	3	3	4
Bezeichnung	Tragschicht- schotter	Auffüllungen	Tone, Steine	Tonstein, Mergelstein, Kalkstein
Veränderlichkeit DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	veränderlich
Homogenbereiche für Bohrungen zur geotechnischen Erkundung und Untersuchung nach DIN 18301	bindige, nicht bindige oder organische Böden	bindige, nicht bindige oder organische Böden	bindige, nicht bindige oder organische Böden	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 Auffüllungen und die anstehenden Tone der **Frostepfindlichkeitsklasse F 3** zuzuordnen.

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

### 3.8 Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können folgende Bodenkennwerte angesetzt werden:

#### Hinterfüllung:

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

#### Auffüllung:

Ton, schluffig, kiesig	cal $\gamma$	=	19	kN/m <sup>3</sup>
steif	cal $\gamma'$	=	9	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	28	° (Ersatzreibungswinkel)

#### Anstehend:

Ton, sandig, kiesig	cal $\gamma$	=	19	kN/m <sup>3</sup>
weich, weich-steif	cal $\gamma'$	=	9	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	25	°
	cal $c'$	=	3	kN/m <sup>2</sup>

Ton, sandig, kiesig	cal $\gamma$	=	19	kN/m <sup>3</sup>
steif, steif-halbfest	cal $\gamma'$	=	9	kN/m <sup>3</sup>
	cal $\phi'$	=	25	°
	cal $c'$	=	5	kN/m <sup>2</sup>

Ton/ Tonstein	$\text{cal } \gamma$	=	20	kN/m <sup>3</sup>
entfestigt, halbfest	$\text{cal } \gamma'$	=	11	kN/m <sup>3</sup>
	$\text{cal } \phi'$	=	25	°
	$\text{cal } c'$	=	17	kN/m <sup>2</sup>

Ton-/ Mergel- und Kalkstein	$\text{cal } \gamma$	=	22	kN/m <sup>3</sup>
sehr mürb, mürb	$\text{cal } \gamma'$	=	13	kN/m <sup>3</sup>
	$\text{cal } \phi'$	=	35	°
	$\text{cal } c'$	=	25	kN/m <sup>2</sup>

Kalkstein	$\text{cal } \gamma$	=	23	kN/m <sup>3</sup>
mäßig mürb, hart	$\text{cal } \gamma'$	=	13	kN/m <sup>3</sup>
	$\text{cal } \phi'$	=	38	°
	$\text{cal } c'$	=	40	kN/m <sup>2</sup>

Dabei sind:

$\text{cal } \gamma$	=	Feuchtwichte
$\text{cal } \gamma'$	=	Wichte unter Auftrieb
$\text{cal } \phi'$	=	Reibungswinkel
$\text{cal } c'$	=	Kohäsion

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

#### 4. Erdbebenzone

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

## **5. Gründungstechnische und konstruktive Maßnahmen**

### **5.1 Leitungsbau**

#### **5.1.1 Gründung des Rohraufagers**

Die Verlegetiefe der Kanäle ist nach den vorliegenden Unterlagen zwischen 1,40 m und 10,14 m unter aktueller GOK vorgesehen.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen liegen die Kanalsohlen lokal noch in den steifen und halbfesten Tonen und größtenteils bereits in den Festgesteinen.

Das Rohraufager kann in den mindestens steifen Tonen sowie den Festgesteinen ohne besondere Zusatzmaßnahmen gegründet werden. In weichen Bereichen, Auffüllungen und für den Fall dass die Tone und Tonsteine durch Wasserzutritte aufweichen, ist unter dem Rohraufager ein 0,30 m starker Bodenaustausch vorzusehen, der bei Bedarf anzuordnen ist.

Als Austausch-Material eignet sich ein bindigkeitsarmes, gut abgestuftes und verdichtungsfähiges Material, z.B. Baustoffgemisch 0/56 mm.

In Bereichen, in denen die Festgesteine auf Höhe des Rohraufagers abtauchen, sind diese auf einer Länge von 1,50 m abzutreten, um Spannungsspitzen zwischen dem Fels und den bindigen Böden zu vermeiden.

Lokal und temporär muss mit Wasserzutritten 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.

### 5.1.2 Sicherung der Kanalgräben

Wir schlagen vor, die Leitungsgräben bis OK Fels z. B. mit Verbauelementen entsprechend der DIN 4124 zu sichern. Wir weisen darauf hin, dass die oberflächennahen Auffüllungen beim Ausheben des Kanalgrabens sehr instabile Baugrubenwände bilden können. Im Fels kann senkrecht geböscht werden. Lose Steine und Blockwerk sind aus der Böschung zu entfernen oder zu sichern.

Wir weisen darauf hin, dass das Grundwasser teilweise gespannt ist. Beim Aushub der Kanalgräben ist daher lokal mit starken Wasseraustritten zu rechnen. Gegebenenfalls ist eine vorauseilende Wasserhaltung erforderlich.

Für Gruben, die > 5,00 m in das Gelände oder in das Grundwasser einschneiden ist ein rechnerischer Nachweis erforderlich.

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
- 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.

Vor Beginn der Baumaßnahme ist zu prüfen, ob einzelne Gebäude in Abhängigkeit zu ihrer Entfernung und Gründungstiefe einen Lasteinfluss auf den Kanalgraben ausüben. Gegebenenfalls werden dann zusätzliche Maßnahmen zur Sicherung des Kanalgrabens bzw. des Gebäudebestandes erforderlich. Insbesondere bei nahe angrenzenden Gebäuden und bei nicht unterkellerten Gebäuden wird dies u. U. der Fall sein.

### **5.1.3 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 ZTV A lagenweise ( $\leq 0,30$  m) zu verfüllen und zu verdichten. Die beim Aushub anfallenden Tone sind ohne bodenverbessernde Maßnahmen nicht geeignet. Das Material muss dabei im Vorfeld auf Sulfat und seine Eignung untersucht und für den Einbau freigegeben werden. Vorab kann nach den Ergebnissen der Laborversuche von den in Kapitel 5.5 angegebenen 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.

Die anfallenden Festgesteine bis Steinkorngröße ( $< 200 \text{ mm}$ ) 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.

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

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 8 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.

## **5.2 Straßenbau**

Nach Auskunft von Frau Bergdolt, stadtlandingenieure GmbH, liegt die Belastungsklasse der Erschließungsstraßen nach RStO bei Bk 32.

Nach den Vorliegenden Unterlagen liegt die Straße teilweise bis zu ca. 5,00 m unter aktueller GOK.

### 5.2.1 Planum

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.

Auf Niveau Planum stehen nach den Ergebnissen der Bohrungen lokal Auffüllungen und lokal weiche bis steife und steife Tone an. Im Bereich der Geländeeinschnitte sind auf Planum bereits Festgesteine zu erwarten.

Die auf Planum geforderten Verformungsmoduln  $E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$  werden insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen auf den Tonen und Auffüllungen 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. Das Material muss dabei im Vorfeld auf Sulfat und seine Eignung untersucht und für den Einbau freigegeben werden. Vorab kann nach den Ergebnissen der Laborversuche von den in Kapitel 5.5 angegebenen 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, 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.

In Bereichen, in denen bereits Festgesteine anstehen, sind die Tragfähigkeiten durch Plattendruckversuche zu prüfen. Anhand der Ergebnisse ist festzulegen ob und in welcher Stärke ein Bodenaustausch bzw. eine Bodenverbesserung erforderlich ist.



### 5.2.2 Tragschicht

Auf der ungebundenen Tragschicht ist nach RStO (Tafel 1, Zeile 3) bzw. ZTV-SoB 09 bei Straßen der Belastungsklasse Bk 32 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 32 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 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.

## 5.3 Gebäude

### 5.3.1 Allgemeine Gründungsmöglichkeiten

Nach den Ergebnissen der Bohrungen werden die Gründungssohlen unterkellerter Gebäude bei einer angenommenen Geschosshöhe von etwa 3,00 m lokal in den Auffüllungen, lokal in den steifen und halbfesten Tonen und lokal bereits in den mindestens sehr mürben Festgesteinen liegen.

Die Gründungssohlen nicht unterkellerter Gebäude werden bei frostsicherer Gründung, 1,00 m unter GOK, lokal in den Auffüllungen und lokal in den weichen bis steifen und steifen Tonen liegen.

Die Auffüllungen sind für die Gründung von Gebäuden nicht geeignet, da diese inhomogen zusammengesetzt und unzureichend verdichtet sein können. Bei einer Überbauung sind daher unkalkulierbare Setzungen zu erwarten, die zu Bauwerksschäden führen werden. Die Auffüllungen sind daher zu durchgründen. Hierzu erforderliche Fundamentvertiefungen können als lokale Plomben mit Magerbeton ausgeführt werden.

Generell ist auf eine einheitliche Gründung zu achten. Bei einer Gründung z. T. auf dem Ton-/ Mergel- und Kalkstein und z. T. auf dem Ton sind Setzungsunterschiede zu erwarten, die durch die Konstruktion schadlos aufgenommen werden müssen. Hierzu erforderliche Fundamentvertiefungen können als lokale Plomben mit Magerbeton ausgeführt 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  $\sigma_{zul}$  nach DIN 1054:2005-01 ausgegangen werden:

Tabelle 9: Sohlwiderstände  $\sigma_{R,d}$  bzw. aufnehmbare Sohldrücke  $\sigma_{zul}$

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

Voraussetzung für den Ansatz der o.g. Sohlwiderstände ist die Einhaltung einer Mindestbreite von 0,40 m bei Streifen- und 0,80 m bei Einzelfundamenten.

Auf eine frostsichere Gründung der außenliegenden Fundamente  $> 1,00$  m unter GOK ist zu achten.

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, ergänzende Erkundungen und eine Gründungsberatung im Einzelfall vorzusehen.

### **5.3.2 Baugrubensicherung**

Böschungen können gemäß DIN 4124 bis  $\leq 5,00$  m oberhalb des Grundwassers im Bereich der mindestens steifen Tone mit einer Böschungsneigung von  $\beta \leq 60^\circ$  hergestellt werden. In weichen Tönen sowie in den Auffüllungen ist die Böschungsneigung auf  $\beta \leq 45^\circ$  abzuflachen. Im Bereich der Ton- und Sandsteine 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 gelangt und die Folie nicht vom Wind weggeklappt werden kann.

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

### **5.3.3 Wasserhaltung während der Bauzeit**

Bei Bauvorhaben, die oberhalb des Grundwassers liegen, muss mit Tagwasser sowie mit temporären Schicht- und Sickerwasserzutritten gerechnet werden. Lokal und temporär in die Baugrube zutretende Schichtwässer können über eine offene Wasserhaltung abgezogen werden.

Für Bauvorhaben, die ins Grundwasser einschneiden, ist eine offene Wasserhaltung über einen oder mehrere Pumpenschächte und einen umlaufenden Drainagegraben vorzusehen. Eine Wasserhaltung kann dann über den Pumpenschacht erfolgen, der bis mindestens 0,50 m unter die Aushubsohle zu führen ist.

Für die Wasserhaltung ist eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich, die rechtzeitig vor Baubeginn beim Landratsamt zu beantragen ist.

Wir weisen darauf hin, dass im tiefliegenden Bereich im Westen, bei B 18, gespanntes Grundwasser angetroffen wurde (s. Kap. 3.3). In solchen Bereichen sind zwingend ergänzende Erkundungen und eine vorausseilende Wasserhaltung erfolgen.

### **5.3.4 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile**

Grundwasser wurde bei den Bohrungen zwischen 1,20 m und 5,70 m unter GOK angetroffen.

In Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch auch mit 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.

Sofern Dränagen nicht möglich sind, sind die Gebäude wasserdicht und auftriebssicher herzustellen.

### **5.3.5 Arbeitsraumverfüllung**

Die in den Bohrungen angetroffenen und beim Aushub anfallenden, mindestens steifen Tone 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).

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 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.

## 5.4 Regenüberlaufbecken

### 5.4.1 Lastabtragung

Die Bohrung B 7 wurde auftragsgemäß im Bereich des geplanten Regenüberlaufbeckens im Osten des Erschließungsgebietes angelegt.

Die Sohle des RÜB liegt nach den vorliegenden Unterlagen bei ca. 508,60 mNN.

Nach den Ergebnissen der Bohrung B 7 liegen die Gründungssohlen bereit sin den Kalk-/ Sandsteinen bzw. Blöcken.

Bei der Bemessung der Fundamente kann auf den Festgesteinen ein **Bemessungswert für den Sohlwiderstand  $\sigma_{R,d}$  von 700 kN/m<sup>2</sup>** nach DIN 1054:2010-12 angesetzt werden (entspricht einem aufnehmbaren Sohldruck  $\sigma_{zul}$  von 500 kN/m<sup>2</sup> nach DIN 1054:2005-01).

Voraussetzung für den Ansatz der o.g. Sohlwiderstände 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.

Die Gründung des Bauwerks kann auch über eine Bodenplatte mit lastverteilernder Tragschicht gegründet werden. Nach Vorliegen der Planung und Lasten kann für die Bemessung der Bodenplatte nach dem Bettungsmodul-Verfahren ein Bettungsmodul berechnet werden. Die aus der FE-Berechnung mit dem dann errechneten Bettungsmodul resultierenden Verformungen sind auf Bauwerksverträglichkeit zu prüfen. Die Stärke der Tragschicht ist dementsprechend zu dimensionieren.

#### **5.4.2 Sicherung der Baugrube und Wasserhaltung**

Die Baugrube wird bis rund 3,50 m in das Gelände einschneiden. Böschungen können gemäß DIN 4124 bis  $\leq 5,00$  m oberhalb des Grundwassers im Bereich der mindestens steifen Tone mit einer Böschungsneigung von  $\beta \leq 60^\circ$  hergestellt werden. Im Bereich der Festgesteine kann mit  $\beta \leq 80^\circ$  geböschet 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 gelangt und die Folie nicht vom Wind weggeklappt werden kann.

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

Das Bauvorhaben schneidet nicht ins Grundwasser ein. Jedoch muss mit Tagwasser sowie mit temporären Schicht- und Sickerwasserzutritten gerechnet werden. Lokal und temporär in die Baugrube zutretende Schichtwässer können über eine offene Wasserhaltung abgezogen werden.

#### **5.4.3 Trockenhaltung der ins Erdreich einschneidenden Bauteile**

Grundwasser wurde bei der Bohrung B 7 in einer Tiefe von 4,50 m unter GOK angetroffen. In Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Niederschlagsmengen muss jedoch auch mit höheren Grundwasserständen gerechnet werden. Zudem werden verfüllte Baugruben nach starken Niederschlägen allmählich mit Wasser gefüllt.

Erfahrungsgemäß wird das Bauwerk ohnehin wasserdicht hergestellt. Das Bauteil ist entsprechend bis zum Niveau einer Begrenzungsdrainage, die an eine rückstaufreie Vorflut angeschlossen wird, auftriebssicher herzustellen. Alternativ kann das Gebäude bis GOK auftriebssicher und wasserdicht ausgeführt werden.

Bei Ausführung von wasserundurchlässigen Bauteilen gemäß der DafStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Baukörper aus Beton“ ist der **Bemessungswasserstand** dann auf das Niveau der Begrenzungsdrainage bzw. auf OK Gelände anzusetzen. Weiterhin gilt die **Beanspruchungsklasse 1** (ständig und zeitweise drückendes Wasser).

Wird nicht gemäß der o.g. DafStb-Richtlinie gebaut, so sind Abdichtungsmaßnahmen der erdberührenden Bauteile gemäß DIN 18533 vorzusehen. Für diese gilt im vorliegenden Fall ohne Dränagen die **Wassereinwirkungsklasse W 2.2 E**.

#### 5.4.4 Arbeitsraumverfüllung

Die in den Bohrungen angetroffenen und beim Aushub anfallenden, mindestens steifen Tone 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). 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 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.

## 5.5 Bodenverbesserung

Folgende Angaben gelten für die noch ausstehenden Sulfat-Untersuchungen. Wird in sulfathaltigen Böden verbessert, muss mit gravierenden Bauwerksschäden infolge von Quellhebung gerechnet werden. In den Schichten des Lias ist jedoch nicht mit erhöhten Sulfatgehalten zu rechnen.

Ausgehend von den Laborversuchsergebnissen kann in der Ausschreibung von den in Tabelle 10 angegebenen Bindemittelmengen auf 100 Gew.-% des trockenen Bodens ausgegangen werden. Ausgehend von einer geschätzten Trockendichte der Tone von im Mittel  $1,75 \text{ t/m}^3$  ergeben sich folgende Bindemittelmengen:

Tabelle 10: Bindemittelmengen

Bereich	Menge [%]	[kg/m <sup>3</sup> ]	Frästiefe: 0,30 m [kg/m <sup>2</sup> ]	Frästiefe: 0,40 m [kg/m <sup>2</sup> ]
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.

## 6. 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 Sulfat- und Eignungsuntersuchung im Falle einer Bodenverbesserung

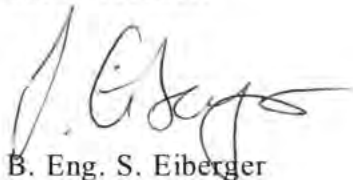
Für die Einzelbauvorhaben ist die Hinzuziehung des BFI zur Erkundung des Baugrundes und zur Gründungsberatung im Einzelfall Voraussetzung für die Haftung.

Für das BFI:



Dipl.-Ing. G. Zeiser

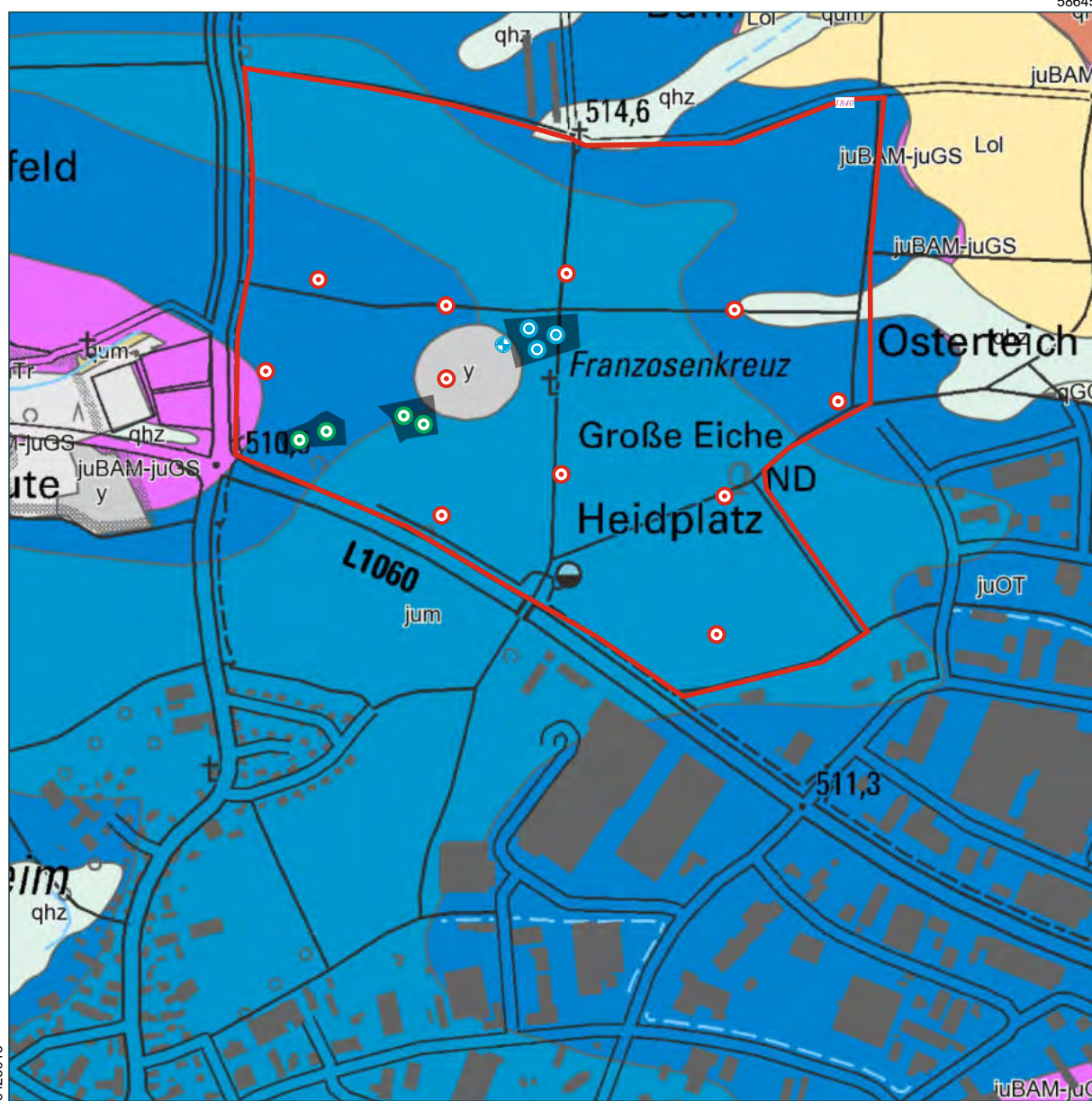
Sachbearbeiter:



B. Eng. S. Eiberger

gez. Baumann

Dipl. Umweltwiss. S. Baumann



#### GK50: Geologische Einheiten (Flächen)

- Anthropogen verändertes Gelände (y)
- Mittlerer Unterjura (jum)
- Obtususton-Formation (juOT)
- Bamberg- und Gryphäensandstein-Formation (juBAM-juGS)
- Trossingen-Formation (Knollenmergel) (kmTr)
- Löwenstein-Formation (Stubensandsteine) (kmLw)



#### Legende

- Baugrund-Bohrung
- Altlasten-Bohrung
- Altlasten-Grundwassermessstelle 4"
- Altlasten-Sickerwassermessstelle 4"

# BFI

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

Az: 121106

Anlage: 1.1

Projekt: Ellwangen, Entwässerung Gewerbegebiet Neunheim IX

Geologische Karte

Maßstab:  
1 : 10000

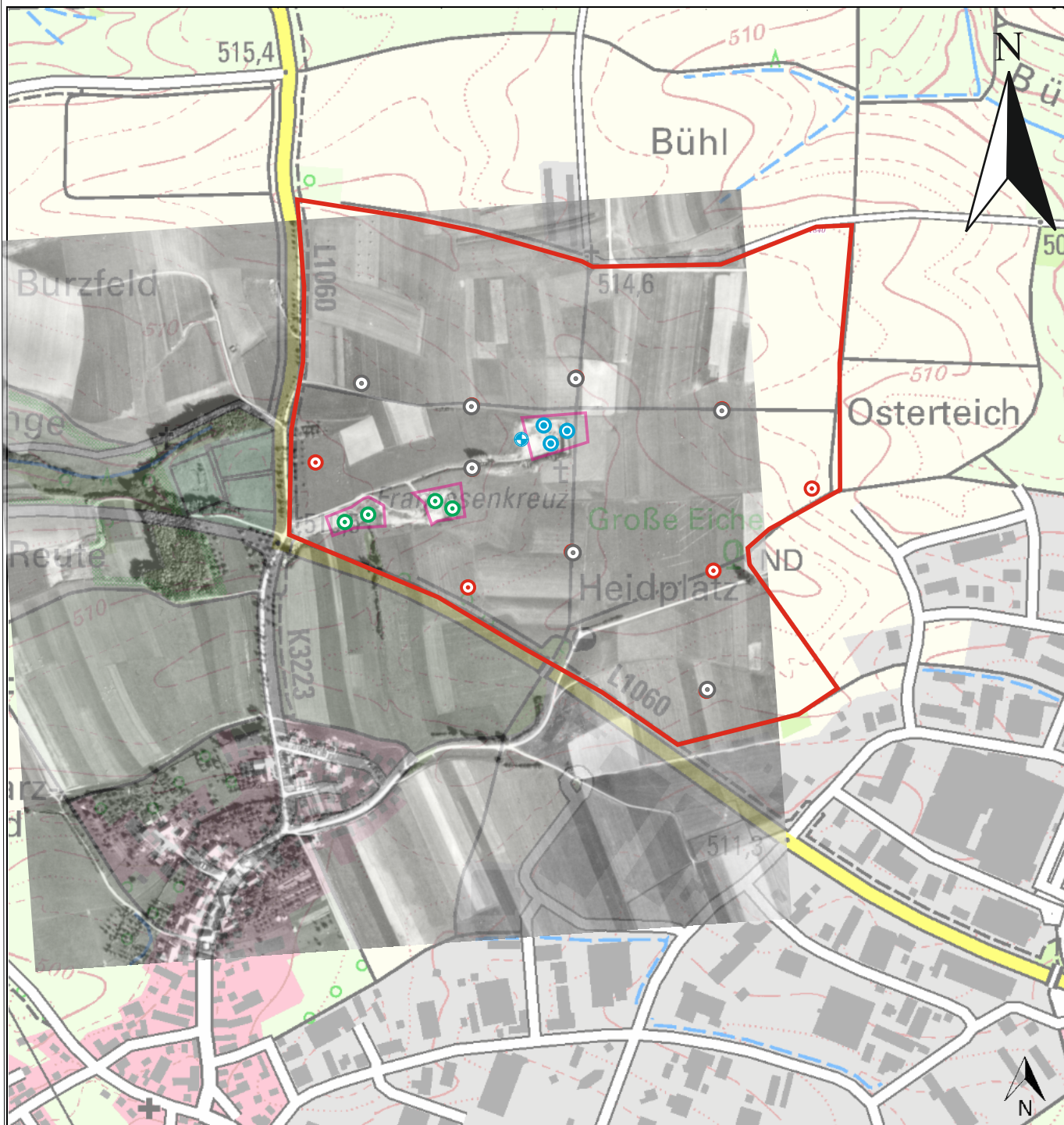
Auftraggeber: Stadt Ellwangen,  
Spitalstraße 4, 73479 Ellwangen

Datum: 09.08.2021

Bearbeiter: pl

Ausgeführt: pl





Copyright Fachinhalte: © Geoportal Raumordnung BW; Copyright Geobasisdaten: © LGL BW, LVG BY, LVermGeo RLP, HVBG HE, Geobasis-D

0 100 200 300 400 m

#### Legende

- Baugrund-Bohrung mit Analytik
- Baugrund-Bohrung (Darstellung im Baugrundgutachten)
- Altlasten-Bohrung
- Altlasten-Grundwassermessstelle 4"
- Altlasten-Sickerwassermessstelle 4"
- ungefährer Umriss Alttablagerung
- Abgrenzung Baugebiet

# BFI

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

Az: 121106

Anlage: 1.2

Projekt: Ellwangen, Entwässerung Gewerbegebiet Neunheim IX

Übersichtslageplan mit Luftbild von 1960

Maßstab:  
1 : 10000

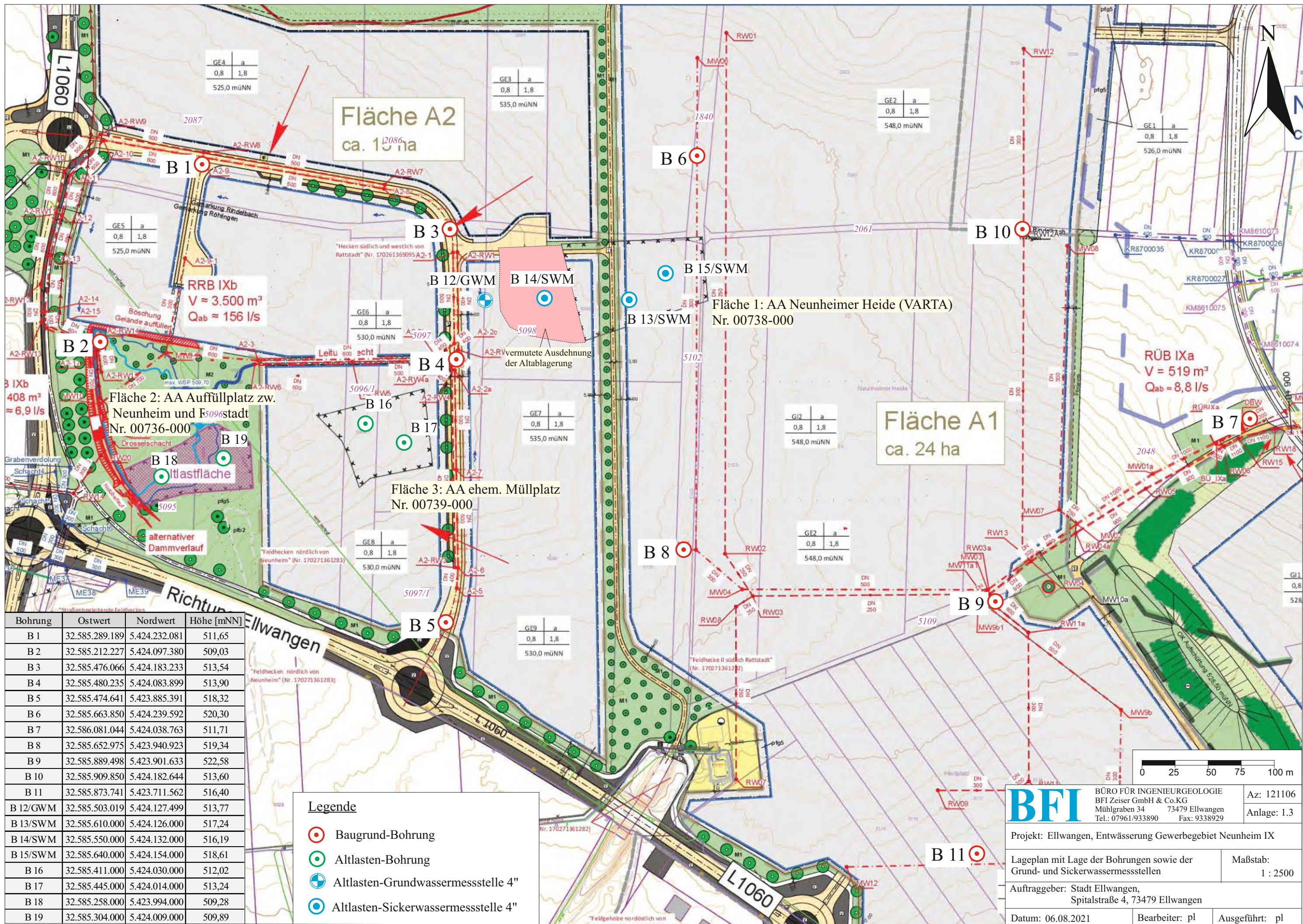
Auftraggeber: Stadt Ellwangen,  
Spitalstraße 4, 73479 Ellwangen

Datum: 09.08.2021

Bearbeiter: pl

Ausgeführt: pl





Bohrung	Ostwert	Nordwert	Höhe [mNN]
B 1	32.585.289.189	5.424.232.081	511,65
B 2	32.585.212.227	5.424.097.380	509,03
B 3	32.585.476.066	5.424.183.233	513,54
B 4	32.585.480.235	5.424.083.899	513,90
B 5	32.585.474.641	5.423.885.391	518,32
B 6	32.585.663.850	5.424.239.592	520,30
B 7	32.586.081.044	5.424.038.763	511,71
B 8	32.585.652.975	5.423.940.923	519,34
B 9	32.585.889.498	5.423.901.633	522,58
B 10	32.585.909.850	5.424.182.644	513,60
B 11	32.585.873.741	5.423.711.562	516,40
B 12/GWM	32.585.503.019	5.424.127.499	513,77
B 13/SWM	32.585.610.000	5.424.126.000	517,24
B 14/SWM	32.585.550.000	5.424.132.000	516,19
B 15/SWM	32.585.640.000	5.424.154.000	518,61
B 16	32.585.411.000	5.424.030.000	512,02
B 17	32.585.445.000	5.424.014.000	513,24
B 18	32.585.258.000	5.423.994.000	509,28
B 19	32.585.304.000	5.424.009.000	509,89

Legende

- Baugrund-Bohrung
- Altlasten-Bohrung
- Altlasten-Grundwassermessstelle 4"
- Altlasten-Sickerwassermessstelle 4"

**BFI**

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

Az: 121106

Anlage: 1.3

Projekt: Ellwangen, Entwässerung Gewerbegebiet Neunheim IX

Lageplan mit Lage der Bohrungen sowie der  
Grund- und Sickerwassermessstellen

Maßstab:  
1 : 2500

Auftraggeber: Stadt Ellwangen,  
Spitalstraße 4, 73479 Ellwangen

Datum: 06.08.2021

Bearbeiter: pl

Ausgeführt: pl





▽ 521.00m

▽ 520.00m

▽ 519.00m

▽ 518.00m

▽ 517.00m

▽ 516.00m

▽ 515.00m

▽ 514.00m

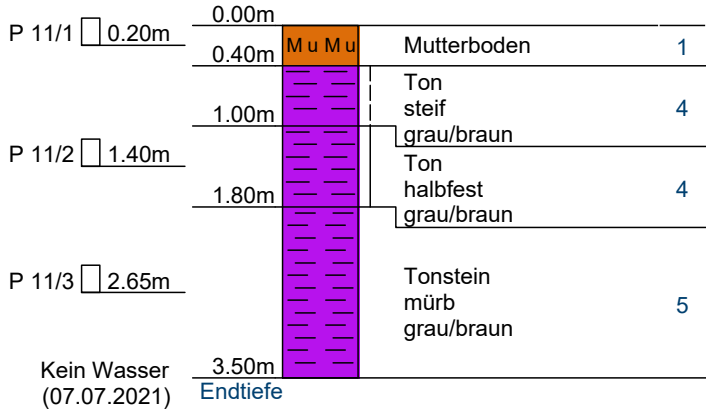
▽ 513.00m

▽ 512.00m

▽ 511.00m

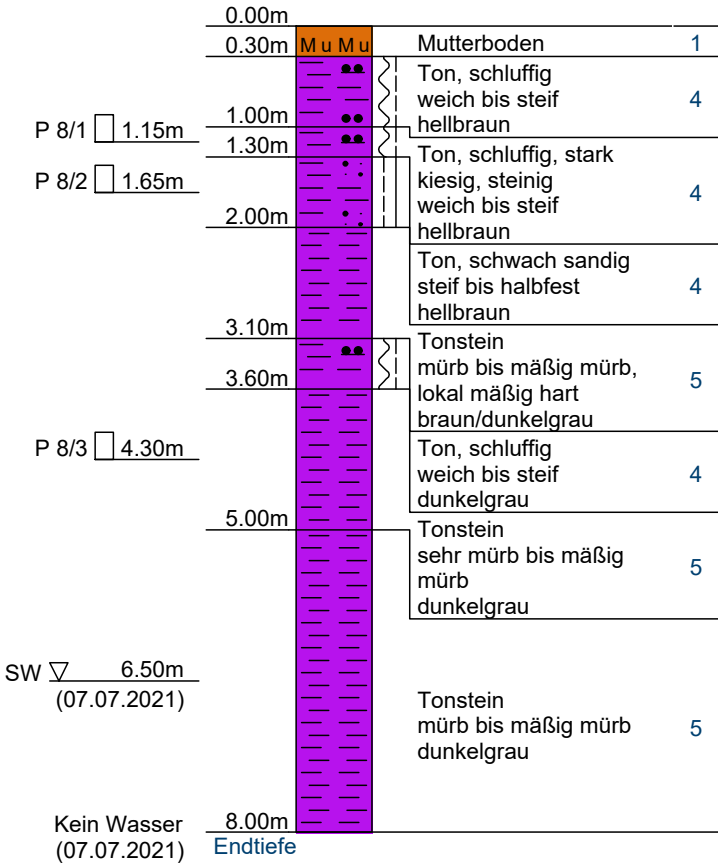
### B 11

516.40 m NN



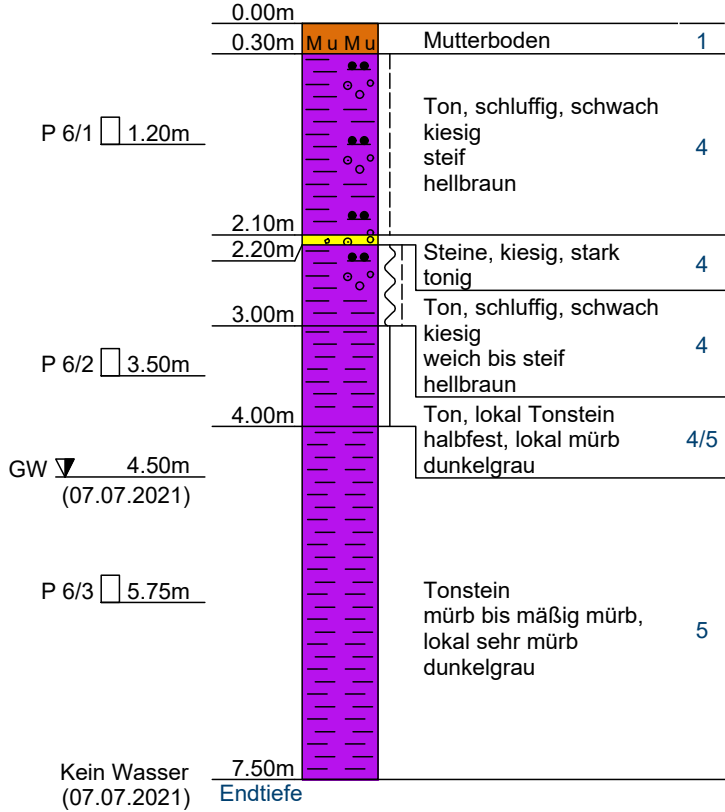
### B 8

519.34 m NN



### B 6

520.30 m NN



▽ 521.00m

▽ 520.00m

▽ 519.00m

▽ 518.00m

▽ 517.00m

▽ 516.00m

▽ 515.00m

▽ 514.00m

▽ 513.00m

▽ 512.00m

▽ 511.00m

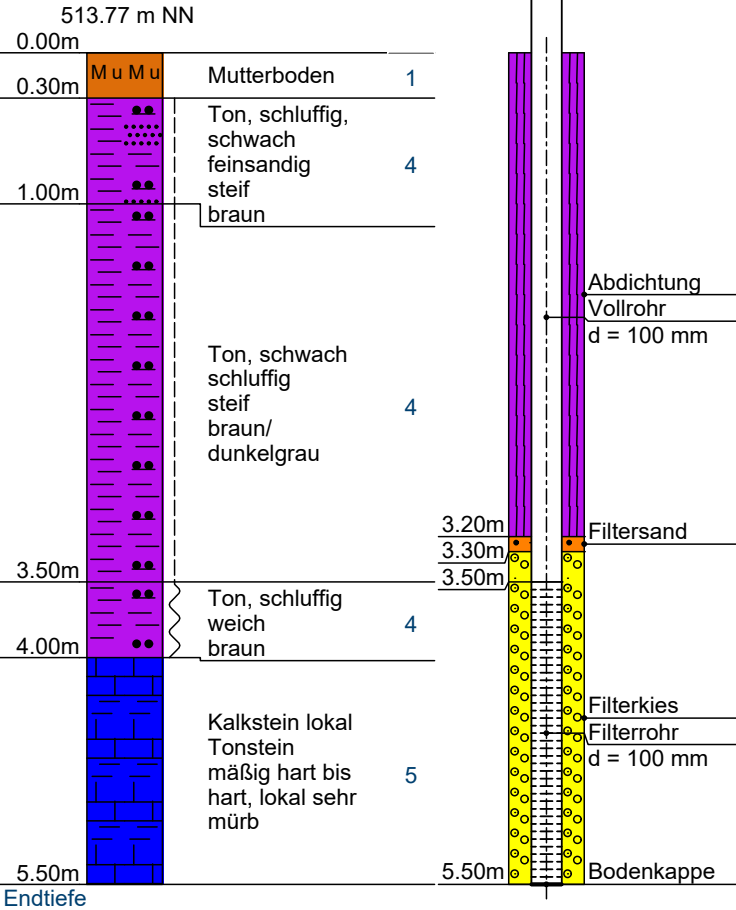
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co. KG Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29 bfi@bfi-zeiser.de Internet: www.bfi-zeiser.de Projekt: Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX	Az:	121106
	Anlage:	2.2
	Schnitt:	Ost
	Maßstab:	1:75
	Datum:	30.11.2021
	aufgenommen:	07.07.2021, sb





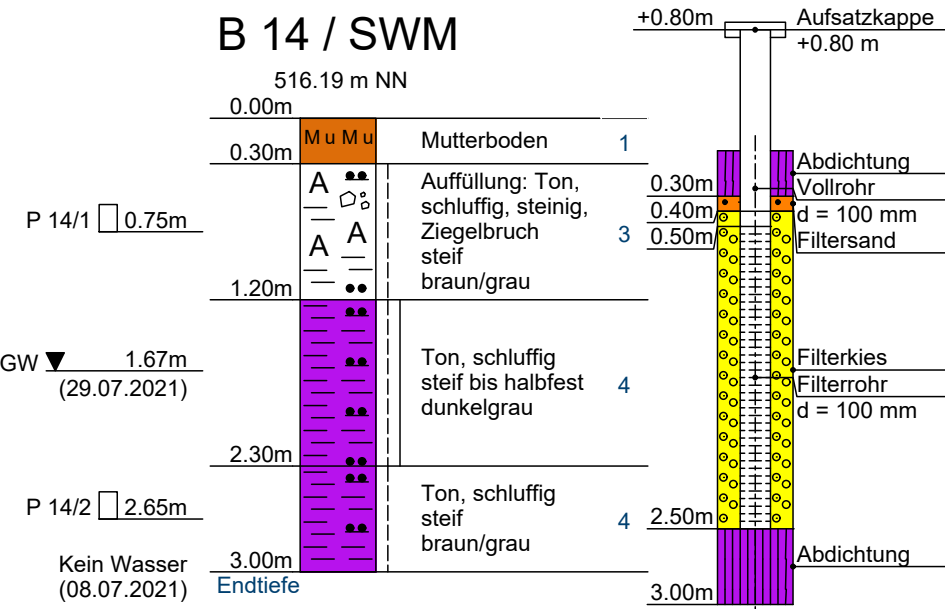
Fläche 1: Altablagerung Neunheimer Heide (VARTA)  
Nr. 00738-000

B 12 / GWM



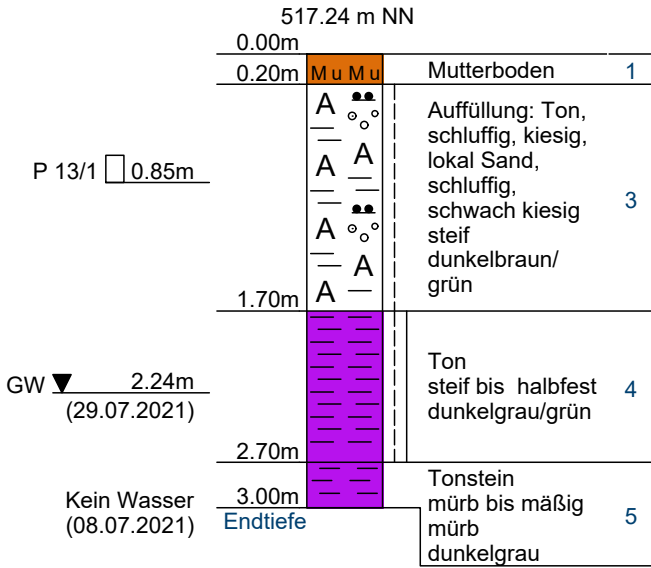
Messstellenausbau

B 14 / SWM

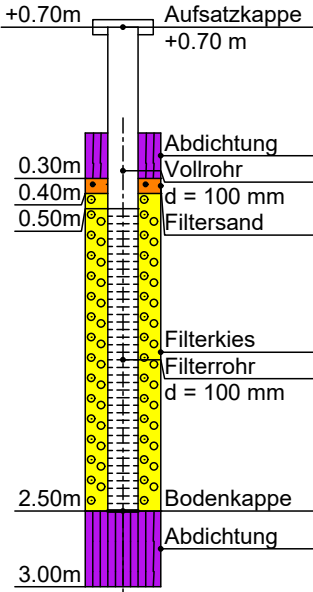


Messstellenausbau

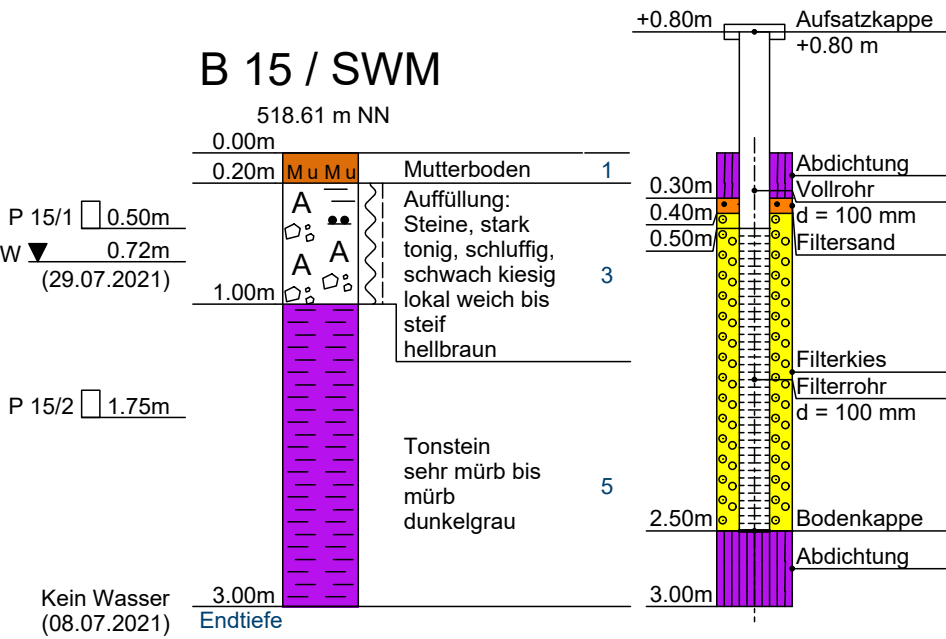
B 13 / SWM



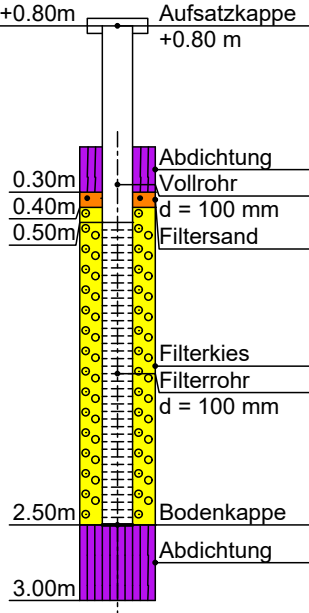
Messstellenausbau



B 15 / SWM



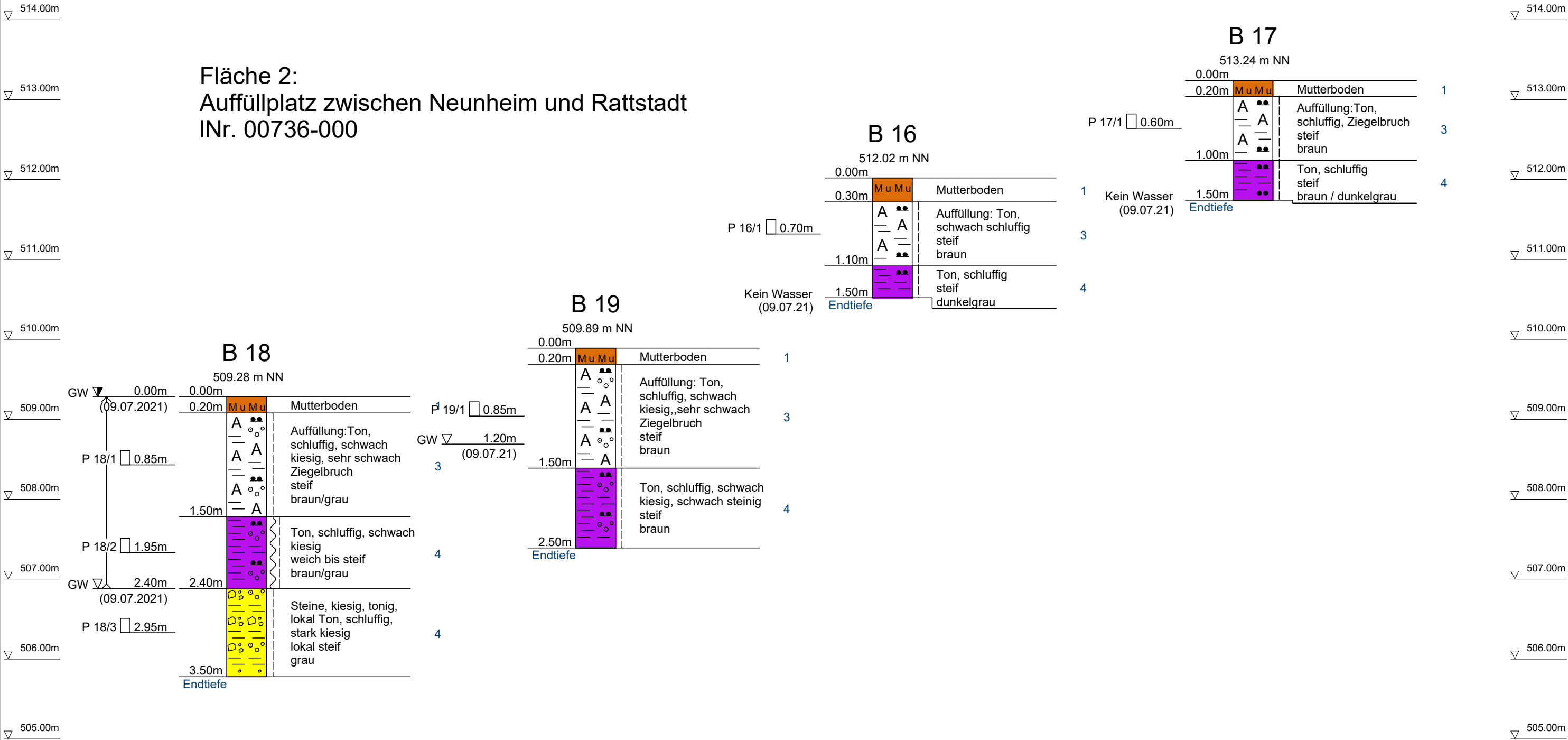
Messstellenausbau



BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Az:	121106
BFI Zeiser GmbH & Co. KG	Anlage:	2.4
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Schnitt:	Altabl. 00738-000
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29	Maßstab:	1:50
bfi@bfi-zeiser.de	Datum:	30.11.2021
Internet: www.bfi-zeiser.de	aufgenommen:	08..07.2021
Projekt: Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX		

Fläche 2:  
Auffüllplatz zwischen Neunheim und Rattstadt  
INr. 00736-000

Fläche 3:  
Altablagerung ehemaliger Müllplatz  
Nr. 00739-000



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	Az:	121106
	Anlage:	2.5
	Schnitt:	Altabl.00736-000,0739-000
	Maßstab:	1:50
	Datum:	30.11.2021
	aufgenommen:	09.07.2021, sb
Projekt: Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX		

	Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.										
Zahl der Schläge	40	28	16							
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	135.40	133.30	128.70			118.70	119.50			
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	123.80	120.80	117.00			114.80	115.60			
Behälter $m_B$ [g]	96.50	95.40	95.80			95.40	95.10			
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	11.60	12.50	11.70			3.90	3.90			
Trockene Probe $m_t$ [g]	27.30	25.40	21.20			19.40	20.50	Mittel		
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	42.5	49.2	55.2			20.1	19.0	19.6		

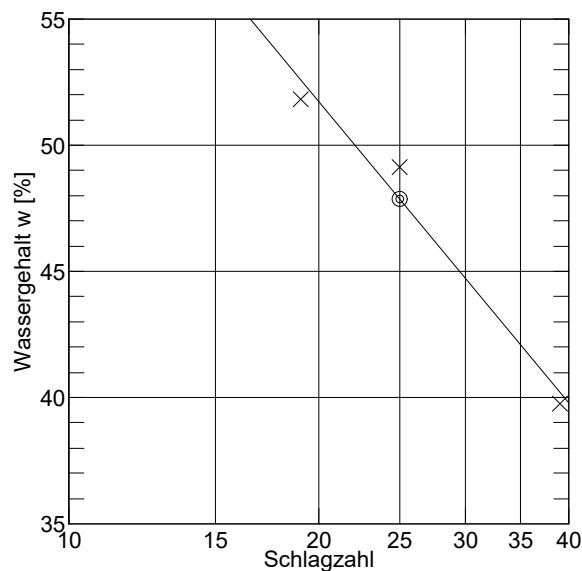


	Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.										
Zahl der Schläge	38	20	15							
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	133.60	128.70	129.60			119.60	124.30			
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	123.50	118.20	118.50			116.20	119.80			
Behälter $m_B$ [g]	95.80	95.60	95.50			96.50	95.80			
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	10.10	10.50	11.10			3.40	4.50			
Trockene Probe $m_t$ [g]	27.70	22.60	23.00			19.70	24.00	Mittel		
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	36.5	46.5	48.3			17.3	18.8	18.0		

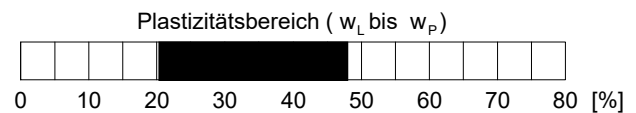


BFI	Projekt : Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Projektnr.: 121106
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Anlage : 3.3
Tel. 07961/565776-0 Fax 55603	Datum : 12.07.2021
<b>Zustandsgrenzen</b> DIN 18 122	Probe Nr.: P 5/1
	Entnahmestelle: B 5
	Entnahmetiefe: 0,70 m
Ausgef. durch : sb	Bodenart: T

		Fließgrenze				Ausrollgrenze			
Behälter-Nr.									
Zahl der Schläge		39	25	19					
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	130.60	130.50	129.80		115.70	118.70		
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	120.70	119.20	118.50		111.90	114.70		
Behälter	$m_B$ [g]	95.80	96.20	96.70		93.50	94.70		
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	9.90	11.30	11.30		3.80	4.00		
Trockene Probe	$m_t$ [g]	24.90	23.00	21.80		18.40	20.00	Mittel	
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[%]	39.8	49.1	51.8		20.7	20.0	20.3	



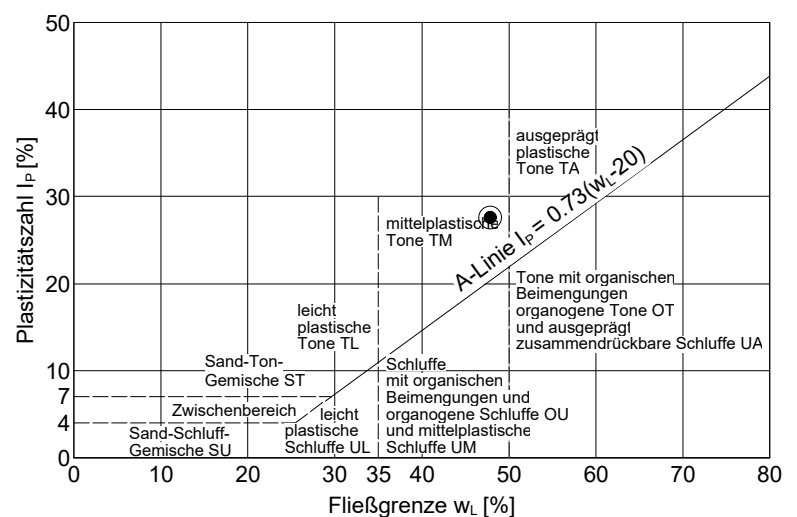
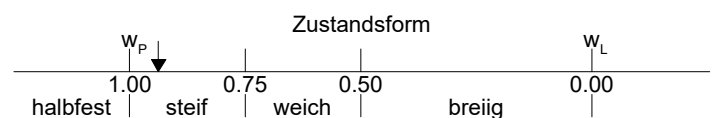
Wassergehalt  $w_N = 22.0$  %  
 Fließgrenze  $w_L = 47.9$  %  
 Ausrollgrenze  $w_P = 20.3$  %



Plastizitätszahl  $I_P = w_L - w_P = 27.6$  %

Liquiditätsindex  $I_L = \frac{w_N - w_P}{I_P} = 0.062$

Konsistenzzahl  $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_P} = 0.938$

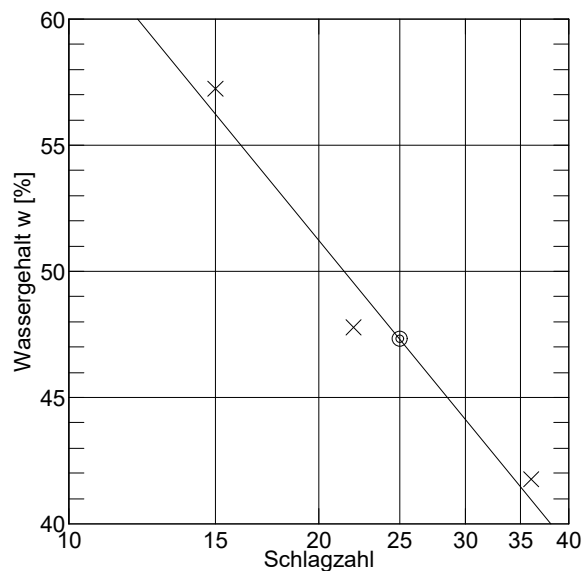


	Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.										
Zahl der Schläge	40	27	15							
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	133.30	133.60	134.70			120.30	119.60			
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	123.20	122.20	121.40			116.00	115.50			
Behälter $m_B$ [g]	95.80	96.00	96.10			95.40	95.30			
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	10.10	11.40	13.30			4.30	4.10			
Trockene Probe $m_t$ [g]	27.40	26.20	25.30			20.60	20.20	Mittel		
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	36.9	43.5	52.6			20.9	20.3	20.6		

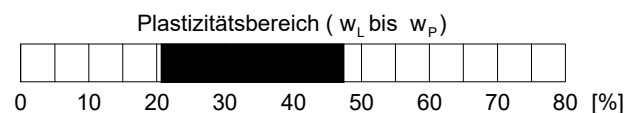
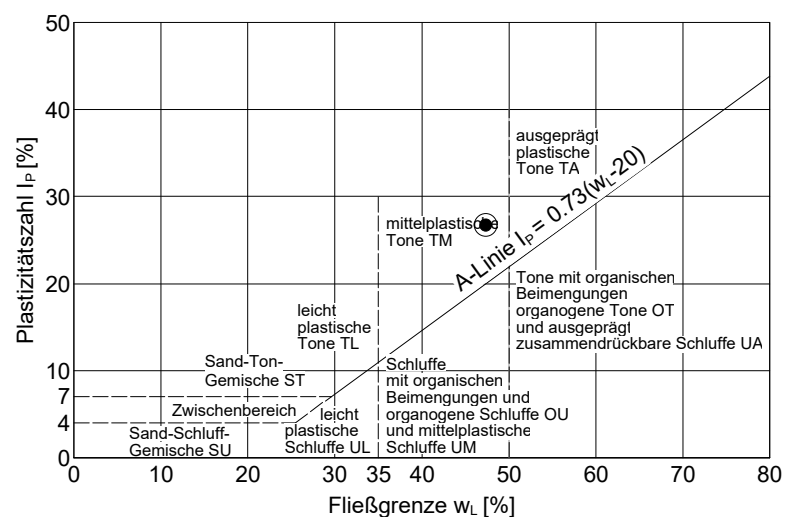
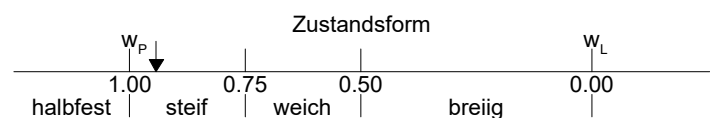


BFI	Projekt : Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX
BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE	Projektnr.: 121106
Mühlgraben 34 - 73479 Ellwangen	Anlage : 3.5
Tel. 07961/565776-0 Fax 55603	Datum : 12.07.2021
<b>Zustandsgrenzen</b> DIN 18 122	Probe Nr.: P 9/2
	Entnahmestelle: B 9
	Entnahmetiefe: 1,60 m
Ausgef. durch : sb	Bodenart: T

		Fließgrenze				Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.										
Zahl der Schläge		36	22	15						
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	134.80	135.70	136.90		120.30	121.70			
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	123.40	122.80	121.90		116.00	117.30			
Behälter	$m_B$ [g]	96.10	95.80	95.70		95.80	95.30			
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	11.40	12.90	15.00		4.30	4.40			
Trockene Probe	$m_t$ [g]	27.30	27.00	26.20		20.20	22.00	Mittel		
Wassergehalt	$\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	41.8	47.8	57.3		21.3	20.0	20.6		



Wassergehalt	$w_N = 22.1 \%$
Fließgrenze	$w_L = 47.3 \%$
Ausrollgrenze	$w_P = 20.6 \%$

Plastizitätszahl  $I_p = w_L - w_P = 26.7 \%$ 
$$\text{Liquiditätsindex } I_L = \frac{W_N - W_P}{I_P} = 0.056$$
$$\text{Konsistenzzahl } I_C = \frac{W_L - W_N}{I_P} = 0.944$$




	Fließgrenze					Ausrollgrenze				
Behälter-Nr.										
Zahl der Schläge	37	25	16							
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_B$ [g]	131.10	132.10	131.40			119.60	118.70			
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_B$ [g]	120.70	120.60	118.70			115.60	114.80			
Behälter $m_B$ [g]	95.80	96.00	94.70			95.60	96.00			
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	10.40	11.50	12.70			4.00	3.90			
Trockene Probe $m_t$ [g]	24.90	24.60	24.00			20.00	18.80	Mittel		
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [%]	41.8	46.7	52.9			20.0	20.7	20.4		

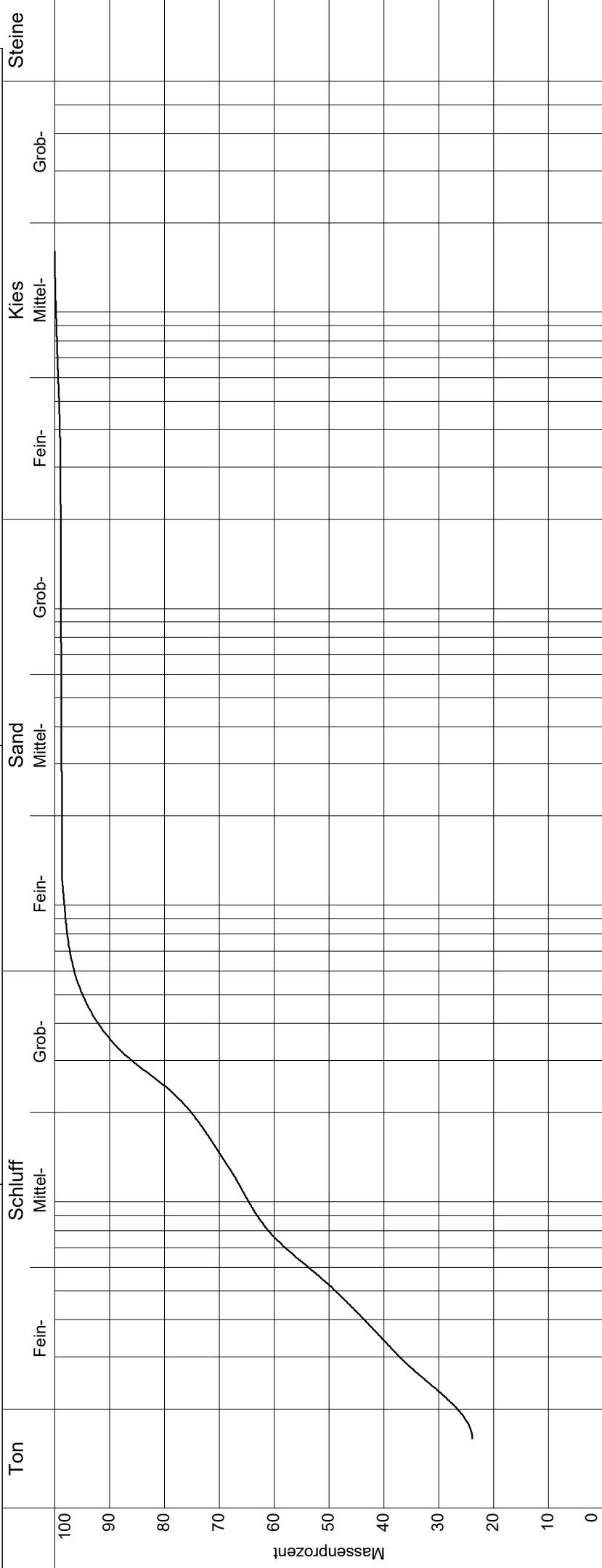


BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE  
Mühlgraben 34  
73479 Ellwangen  
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29

# Kornverteilung

DIN 18 123-7

Projekt : Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX  
Projektnr.: 121106  
Datum : 28.07.2021  
Anlage : 4.1



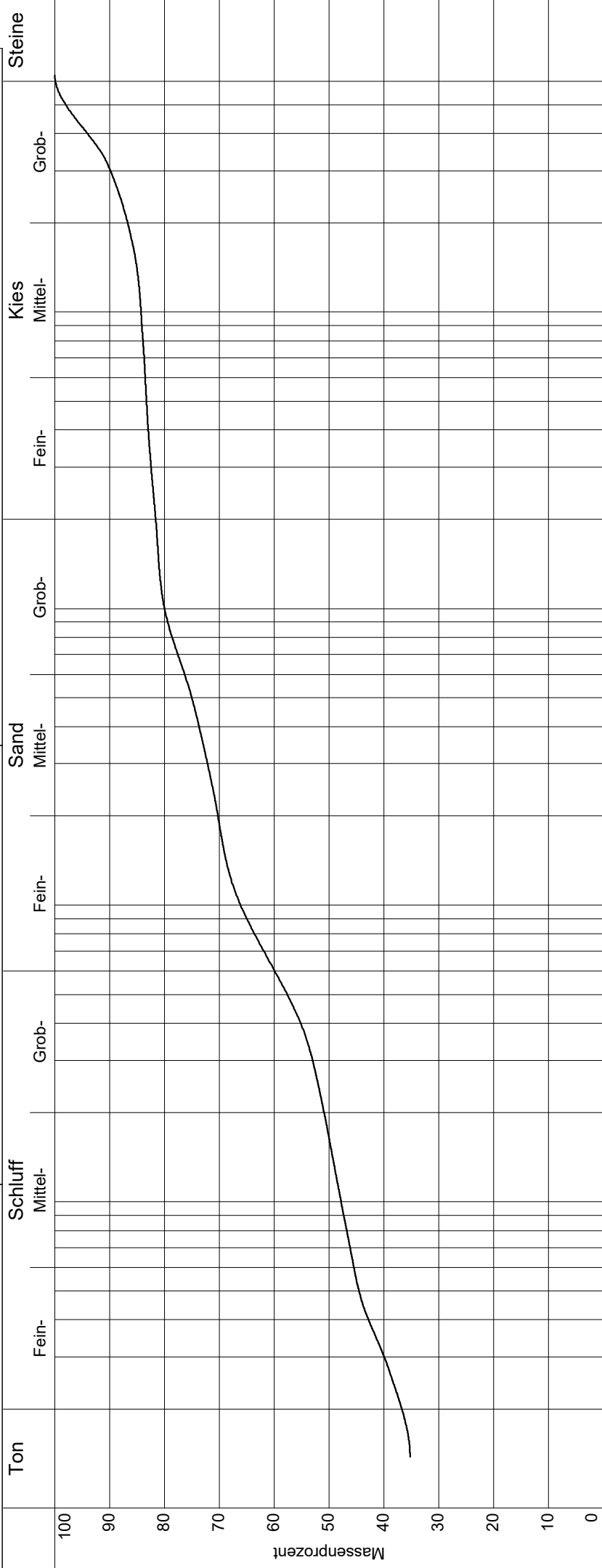
Bodenart	T
Bodengruppe	TM
Anteil < 0.063 mm	96.8 %
Frostempfindl.klasse	F3
Kornfrakt. T/U/S/G/X	26.6/70.1/2.2/1.1 %
Siebung	—— P 1/1

BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE  
Mühlgraben 34  
73479 Ellwangen  
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29

# Kornverteilung

DIN 18 123-7

Projekt : Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX  
Projektnr.: 121106  
Datum : 28.07.2021  
Anlage : 4.2



Bodenart

T, s, g

Bodengruppe

TM

Anteil < 0.063 mm

60.5 %

Frostempfindl.klasse

F3

Kornfrakt. T/U/S/G/X

36.7/23.8/21.1/18.4 %

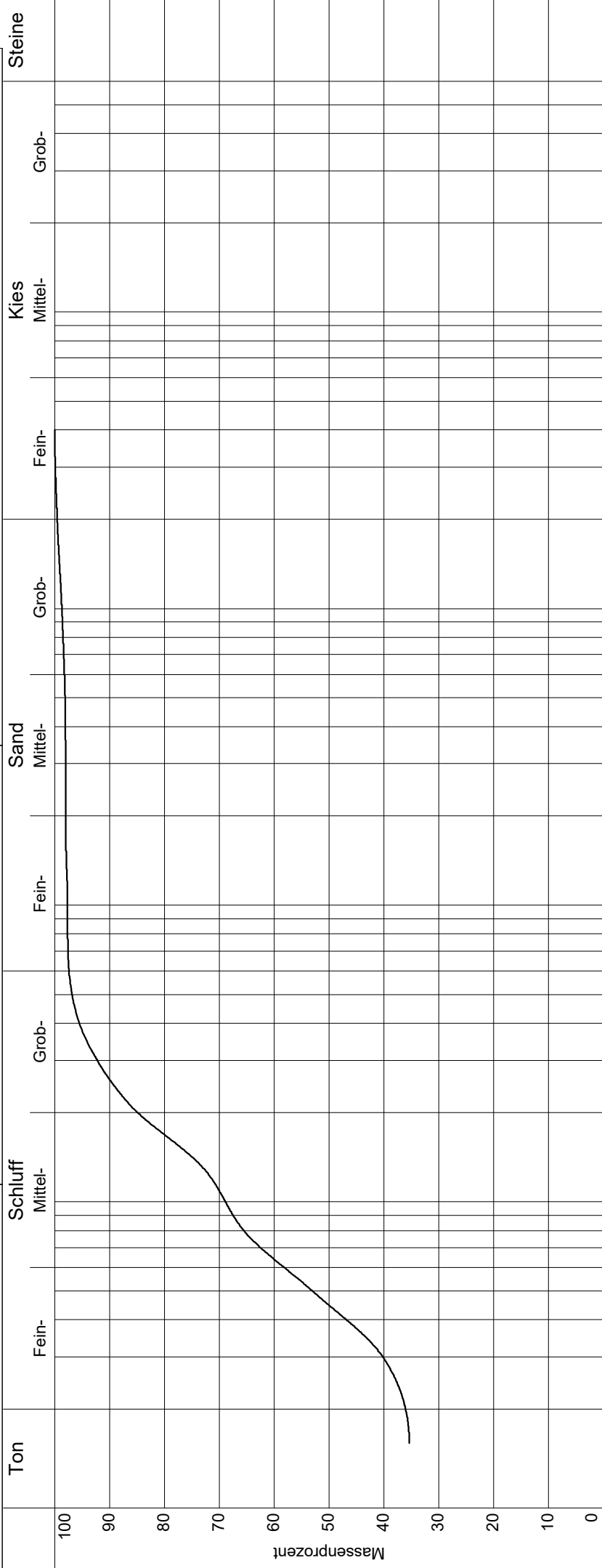
Siebung

—— P 1/2

BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE  
Mühlgraben 34  
73479 Ellwangen  
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29

Kornverteilung  
DIN 18 123-7

Projekt : Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX  
Projektnr.: 121106  
Datum : 12.07.2021  
Anlage : 4.3

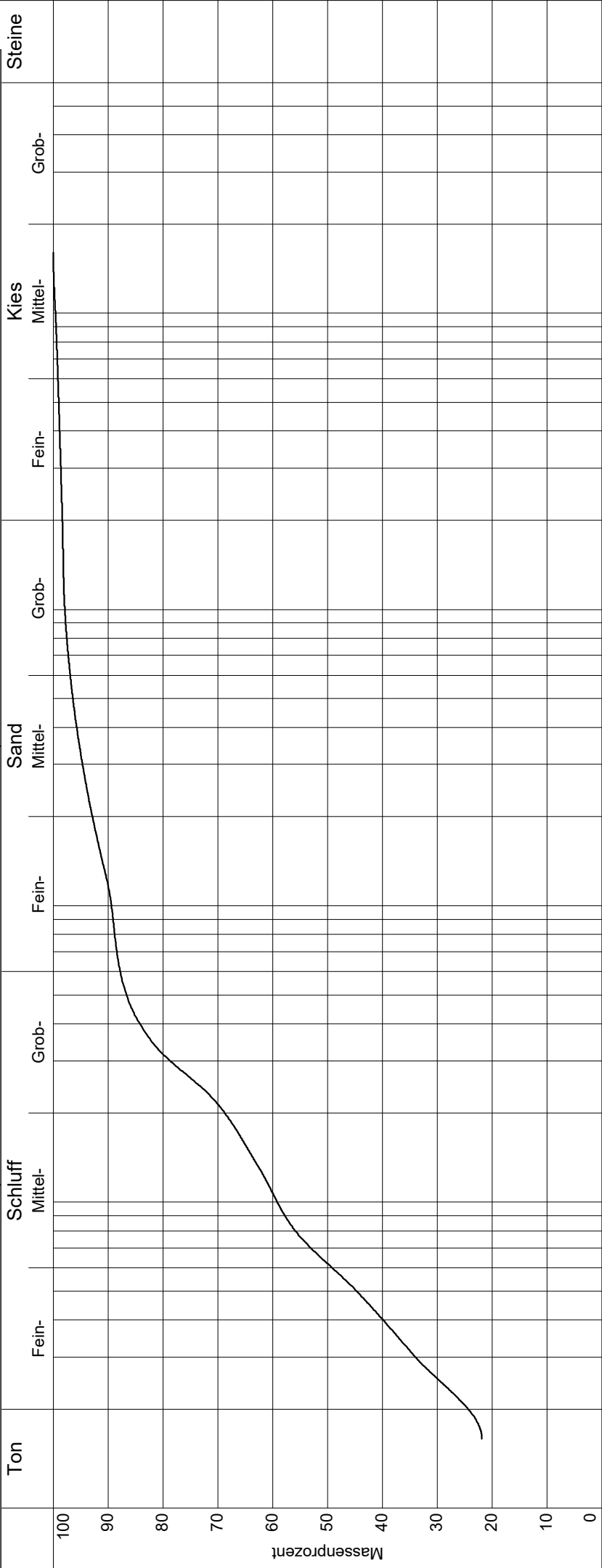


Bodenart T  
Bodengruppe TM  
Anteil < 0.063 mm 97.5 %  
Frostempfindl.klasse F3  
Kornfrakt. T/U/S/G/X 36.0/61.4/2.1/0.4 %  
Siebung — P 5/1

BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE  
Mühlgraben 34  
73479 Ellwangen  
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29

**Kornverteilung**  
DIN 18 123-7

Projekt : Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX  
Projektnr.: 121106  
Datum : 12.07.2021  
Anlage : 4.4

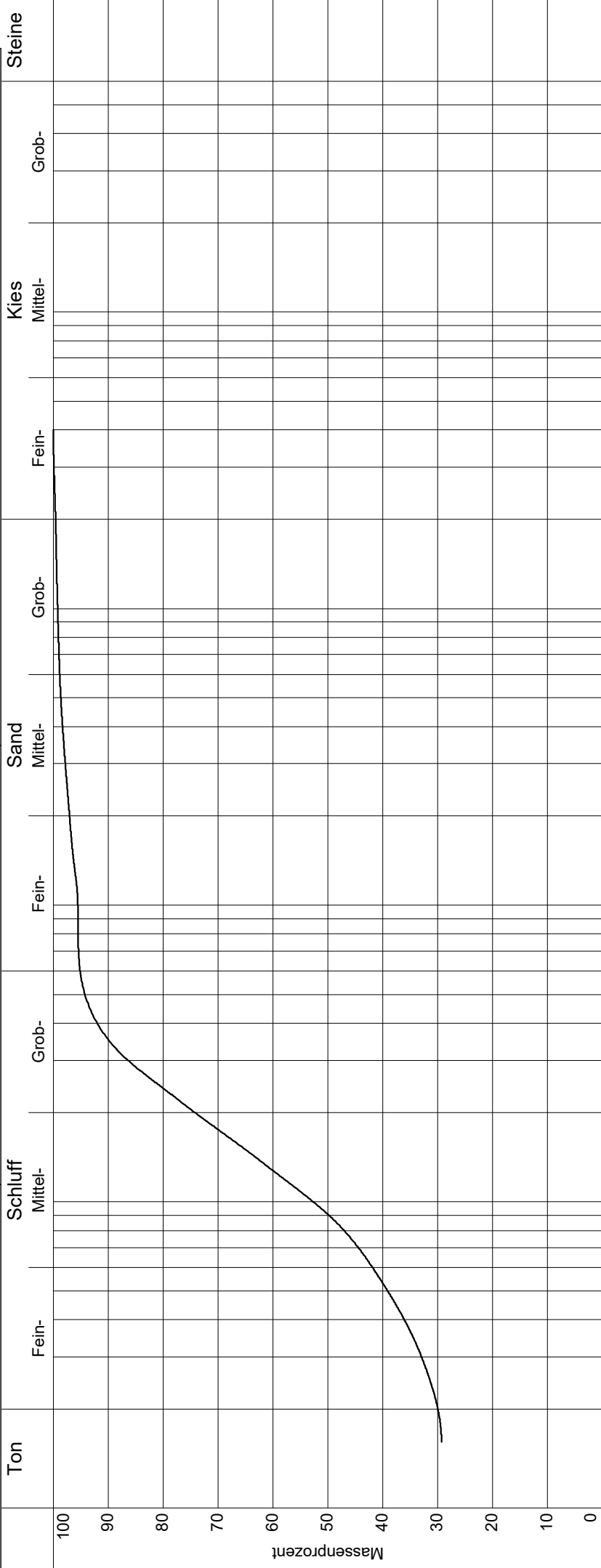


Bodenart	T, s'
Bodengruppe	TM
Anteil < 0.063 mm	88.0 %
Frostempfindl.klasse	F3
Kornfrakt. T/U/S/G/X	24.4/63.7/10.3/1.6 %
Siebung	—— P 8/2

BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE  
Mühlgraben 34  
73479 Ellwangen  
Tel. 07961/93389-0 Fax 93389-29

Kornverteilung  
DIN 18 123-7

Projekt : Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX  
Projektnr.: 121106  
Datum : 12.07.2021  
Anlage : 4.5



Bodenart T  
Bodengruppe TM  
Anteil < 0.063 mm 95.3 %  
Frostempfindl.klasse F3  
Kornfrakt. T/U/S/G/X 30.0/65.3/4.4/0.4 %  
Siebung — P 9/2

# Kornverteilung

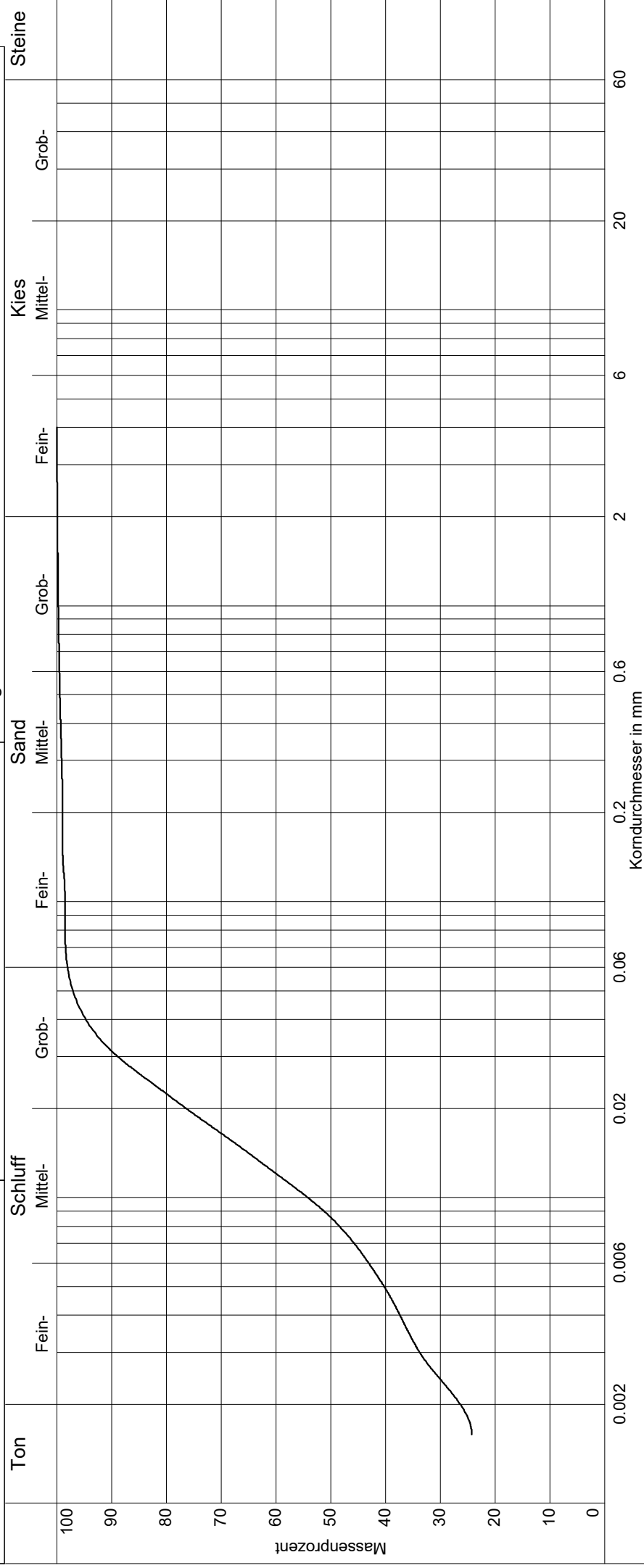
DIN 18 123-7

Projekt	: Ellwangen, Gewerbegebiet Neunheim IX
---------	----------------------------------------

Projektnr.:	121106
-------------	--------

Datum	: 12.07.2021
-------	--------------

Anlage	:	4.6
--------	---	-----



Bodenart	
----------	--

T

Bodengruppe

TM

Anteil &lt; 0.063 mm

98.2 %

Frostempfindl.klasse

F3

Kornfrakt. T/U/S/G/X

26.4/71.8/1.7/0.1 %

Siebung	
---------	--

— P 10/1