

Baugrund
Boden- und Felsmechanik
Geotechnik
Hydrogeologie
Altlastensanierung
Umweltgeologie



**Ingenieur- und
Hydrogeologisches
Büro GmbH**

**Erschließungsgutachten
Wohngebiet „Walddorfer Wasen III“
in Pliezhausen-Gniebel**



Auftraggeber:

Citiplan GmbH
Wörthstraße 93

72793 Pfullingen

Auftragnehmer:

ihb - Ingenieur- und Hydro-
geologisches Büro GmbH
Albrechtstraße 29

72072 Tübingen

Projekt-Nummer: I 171002

Juli 2017

Registergericht Stuttgart HRB 381312

Baugrund
Boden- und Felsmechanik
Geotechnik
Hydrogeologie
Altlastensanierung
Umweltgeologie



**Ingenieur- und
Hydrogeologisches
Büro GmbH**

ihb GmbH • Albrechtstraße 29 • 72072 Tübingen

Citiplan GmbH
Wörthstraße 93

72793 Pfullingen

Geschäftsführer
Diplom-Geologen
Dr. Thomas Irouschek
Andreas Funderinger

Albrechtstraße 29
72072 Tübingen
Tel. 0 70 71 / 76 76 0
Fax 0 70 71 / 7 35 23
E-Mail: ihb.gmbh@t-online.de
Tübingen, den 04.07.2017

**Erschließungsgutachten
Wohngebiet „Walddorfer Wasen III“
in Pliezhausen-Gniebel**

Projekt-Nr. | 171002



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1	Allgemeines.....4
2	Durchgeführte Untersuchungen.....5
2.1	Schürfgruben.....5
2.2	Bodenmechanische Untersuchungen.....6
3	Grundwasserverhältnisse9
4	Homogenbereiche nach VOB Teil C.....10
5	Bodenmechanische Kennwerte12
6	Hinweise zur Erschließung13
6.1	Versickerungsfähigkeit13
6.2	Kanal- und Leitungsgräben.....13
6.3	Erschließungsstraße.....15
6.4	Bebauung.....17
7	Generelle Hinweise zur Bauausführung.....19
8	Zusammenfassung.....20
9	Abschließende Bemerkungen.....21



TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 1	Ergebnisse der Schürfgruben 6
Tabelle 2	Ergebnisse der Konsistenzuntersuchungen 8
Tabelle 3	Ergebnisse der Proctorversuche 8
Tabelle 4	Glühverluste der Bodenproben 9
Tabelle 5	Ergebnisse der Durchlässigkeitsversuche 9
Tabelle 6	Homogenbereiche nach DIN 18300 11
Tabelle 7	Bodenmechanische Kennwerte der anstehenden Schichten 12

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1	Lagepläne
Anlage 2	Schichtenprofile der Schürfgruben SG-1 bis SG-3
Anlage 3	Ergebnisse der Konsistenzuntersuchungen
Anlage 4	Ergebnisse der Proctorversuche
Anlage 5	Ergebnisse der Durchlässigkeitsversuche
Anlage 6	Körnungsband Homogenbereich B nach DIN 18300



1 Allgemeines

Die **Citiplan GmbH** plant in Pliezhausen-Gniebel die Erschließung des Wohngebietes „Walddorfer Wasen III“. Das geplante Baugebiet liegt am nordöstlichen Ortsrand von Gniebel. Die Erschließung des Baugebietes erfolgt von Norden von der „Schubertstraße“ über die geplante ca. Nord-Süd verlaufende „Brahmsstraße“ und von Süden vom „Schulweg“ über die geplante ebenfalls Nord-Süd verlaufende „Verdistraße“. Zwischen der geplanten westlichen „Brahmsstraße“ und der östlichen „Verdistraße“ ist auf Höhe der „Haydnstraße“ die „Vivaldistraße“ als neue Verbindungsstraße geplant.

Derzeitig wird das leicht nach Süden einfallende Gelände überwiegend landwirtschaftlich und im nördlichen Bereich von einer Gärtnerei genutzt (s. **Deckblatt**).

Das **ihb - Ingenieur- und Hydrogeologische Büro GmbH** wurde von der **Citiplan GmbH** (Pfullingen) beauftragt, für die Erschließung des geplanten Baugebietes eine geotechnische Erkundung der Untergrund- und Grundwasserverhältnisse durchzuführen. Eine atlasrelevante Bewertung war nicht Gegenstand der Beauftragung.

Zur Bearbeitung des Auftrages standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Vorabzug Bebauungsplan und örtliche Bauvorschriften „Walddorfer Wasen III“ im Maßstab 1 : 500, gefertigt von der **Citiplan GmbH** (Pfullingen) am 03.02.2017
- Absteckplan mit den geplanten Schürfruben und Höhen im Maßstab 1 : 1.000, gefertigt von der **REIK Ingenieurgesellschaft mbH** (Pfullingen)
- Geologische Karte von Baden-Württemberg, **Blatt 7421 - Metzingen**, herausgegeben vom Geologischen Landesamt Baden-Württemberg 1981

Nach der Geologischen Karte (**Blatt 7421**) lagern im geplanten Baugebiet unter einer **Lößlehmbedeckung** die „**Arietenschichten**“ des Unteren Schwarzen Juras (**Lias α**). Das geplante Baugebiet liegt **nicht** in einem festgesetzten Wasserschutzgebiet.



2 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung der Untergrund- und Grundwasserverhältnisse wurden am 01.06.2017 mit dem zur Verfügung stehenden Minibagger drei Schürfgruben (**SG-1** bis **SG-3**) bis in eine maximale Tiefe von 3 m unter Gelände (**GOK**) angelegt.

Auf eine ursprünglich geplante weitere Schürfgrube wurde verzichtet, da diese in einem Getreidefeld und nahe der Schürfgrube SG-3 lag. Der in den Schürfgruben angetroffene Schichtaufbau wurde durch das **ihb** geologisch und bodenmechanisch aufgenommen.

Die bodenmechanischen Eigenschaften des Untergrundes wurden durch Untersuchungen an charakteristischen Bodenproben im bodenmechanischen Labor des **ihb** ermittelt. Die gewonnenen Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen dienen zur Klassifizierung der angetroffenen Böden nach **DIN 18196**, sowie zur Festlegung der bodenmechanischen Kennwerte.

Die Lage des Untersuchungsareals und der Untersuchungspunkte ist in den Lageplänen der **Anlage 1** wiedergegeben. Die Ergebnisse der Schürfgrubenaufnahmen sind gemäß **DIN 4023** als Schichtenprofile in der **Anlage 2** dargestellt.

Die Einmessung der Untersuchungspunkte nach Lage und Höhe erfolgte durch die **REIK Ingenieurgesellschaft mbH** (Pfullingen).

2.1 Schürfgruben

In den Schürfgruben wurden, abgesehen von Mächtigkeitsunterschieden, vergleichbare Untergrundverhältnisse angetroffen. Unter dem 30 - 40 cm mächtigen **Mutterboden** folgt ein, im obersten Bereich durch die sommerliche Witterung ausgetrockneter, halbfester und im tieferen Bereich überwiegend steifer **Lößlehm**. Im Liegenden folgt ein fließender Übergang in einen ebenfalls meist steifen **Liaslehm**, in dem eine graubraune, aufgelöste, **verwitterte Kalksteinbank** eingelagert ist.



Abgesehen von geringfügig feuchten Kalksteinen in der Schürfgrube **SG-2** konnten in den Schürfgruben bis zum Verfüllen keine Schicht- oder Grundwasserzutritte festgestellt werden.

Eine tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse ist in der nachfolgenden **Tabelle 1** aufgelistet.

Tabelle 1:
Ergebnisse der Schürfgruben

Aufschluss	Ansatzhöhe [m NN]	Oberboden [bis m]	Lößlehm [bis m]	Liaslehm [bis m]	verw. Kalkstein [in m NN]
SG-1	420,27	0,30	2,80	> 3,00	417,37
SG-2	420,76	0,30	2,30	> 2,80	418,16
SG-3	422,16	0,40	2,70	> 3,00	-

2.2 Bodenmechanische Untersuchungen

Für die bodenmechanische Beurteilung der anstehenden Böden wurden aus den Schürfgruben Bodenproben entnommen und im bodenmechanischen Labor des **ihb** untersucht.

Zur Klassifizierung der Böden wurden an drei Proben die Konsistenzgrenzen nach **DIN 18122** ermittelt. Darüber hinaus wurden für die Zuordnung der Konsistenz an weiteren Bodenproben die natürlichen Wassergehalte nach **DIN 18121** bestimmt.

Für die Beurteilung der Wiedereinbaufähigkeit und zur Festlegung der Bodenverbesserung wurde an zwei Proben die Proctordichte mit den optimalen Wassergehalt nach **DIN 18127** bestimmt.



Darüber hinaus wurde an zwei Proben die Wasserdurchlässigkeit nach **DIN 18130** ermittelt. Für die Angaben der Eigenschaften der Homogenitätsbereiche wurden zusätzlich an zwei Proben die Glühverluste nach **DIN 18128** ermittelt.

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen sind in den nachfolgenden **Tabellen 2 bis 5** und in den **Anlagen 3 bis 5** wiedergegeben. Die ermittelten Wassergehalte sind neben den Schichtenprofilen in der **Anlage 2** dargestellt.

Wie die Untersuchungsergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen zeigen, handelt es sich bei dem **Liaslehm** um einen steifen, ausgeprägt plastischen Ton, der nach **DIN 18196** der **Bodengruppe TA** zuzuordnen ist. Der **Lößlehm** ist als mittel- bis ausgeprägt plastischer Ton anzusprechen und nach **DIN 18196** den **Bodengruppen TM** bzw. **TA** zuzuordnen.

Wie die Ergebnisse der Proctorversuche zeigen, liegt der natürliche Wassergehalt des **Lößlehms** auf dem „nassen Ast“ der Proctorkurve und überschreitet teilweise den maximal zulässigen Wassergehalt für einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 97\%$ Proctordichte.

Die hohen Glühverluste der Bodenproben sind darin begründet, dass es sich insbesondere bei dem Liaslehm um einen ausgeprägt plastischen Ton mit einem hohen Anteil an Tonmineralen handelt. Da bei der Ermittlung des Glühverlustes nach **DIN 18128** bei 550 °C nicht nur die organischen Bestandteile verascht werden, sondern auch das Kristallwasser der Tonminerale freigesetzt wird, ergeben sich bei dieser Methode zu hohe organische Gehalte.

Die ermittelten Durchlässigkeiten lagen mit $k = 3,8 \times 10^{-11}$ m/s bzw. $k = 1,0 \times 10^{-10}$ m/s in der zu erwartenden Größenordnung.

Tabelle 2:

Ergebnisse der Konsistenzuntersuchungen

Probenbezeichnung		G-2	G-3	G-5
Entnahmestelle		SG-1	SG-2	SG-3
Entnahmetiefe	(m)	2,50	2,00	3,00
Bodenart		Lößlehm	Lößlehm	Liaslehm
natürl. Wassergehalt	(Gew.%)	22,1	20,5	21,2
Fließgrenze	w _L	52,2	43,5	57,0
Ausrollgrenze	w _P	20,3	20,7	20,4
Plastizitätszahl	I _P	31,9	22,8	36,6
Konsistenzzahl	I _c	0,94	1,01	0,98
Zustandsform		steif	halbfest	steif
Bodengruppe nach DIN 18196		TA	TM	TA

Tabelle 3:

Ergebnisse der Proctorversuche

Probenbezeichnung		G-1	G-4
Entnahmestelle		SG-1	SG-3
Entnahmetiefe	(m)	0,60	2,00
Bodenart		Lößlehm	Lößlehm
natürl. Wassergehalt	Gew.%	26,2	20,2
100% Proctordichte	g/cm ³	1,605	1,717
opt. Wassergehalt	Gew.%	21,2	17,1
geforderter Verdichtungsgrad		97%	97%
min. zul. Wassergehalt	%	18,9	14,3
max. zul. Wassergehalt	%	25,4	21,1

Tabelle 4:

Glühverluste der Bodenproben

Entnahmestelle		SG-1	SG-3
Entnahmetiefe	(m)	2,50	3,00
Bodenart		Lößlehm	Liaslehm
Glühverlust	(%)	4,47	7,05

Tabelle 5:

Ergebnisse der Durchlässigkeitsversuche

Entnahmestelle		SG-5	SG-3
Entnahmetiefe	(m)	0,60	2,00
Bodenart		Lößlehm	Lößlehm
Wassergehalt vor kf	Gew. %	26,7	20,3
Wassergehalt nach kf	Gew. %	27,1	20,7
Feuchtraumdichte	t/m ³	1,936	2,042
Trockenraumdichte	t/m ³	1,528	1,697
kf-Wert	m/s	3,8 x 10 ⁻¹¹	1,0 x 10 ⁻¹⁰

3 Grundwasserverhältnisse

Wie bereits im vorstehenden Kapitel 2.1 angesprochen, wurden lediglich in der Schürfgrube SG-2 im Bereich der aufgelösten Kalksteinlage Vernässungen festgestellt. Grund- oder Schichtwasserzutritte konnten in den Schürfgruben bis zum Verfüllen nicht beobachtet werden.



Generell muss jedoch in den Kalksteinbänken der „Arietenschichten“ mit einer Kluftwasserführung gerechnet werden. Auch in den tiefer liegenden Schichten des plattig-stückigen, verwitterten Tonsteins muss ebenfalls mit Schichtwasserzutritten gerechnet werden.

Aufgrund der überlagernden, gering durchlässigen Deckschichten (Lößlehm und Liaslehm) muss im Untersuchungsgebiet mit gespannten Schichtwasserverhältnissen gerechnet werden.

4 Homogenbereiche nach VOB Teil C

Nach der neuen **VOB Teil C** (08-2015) sind die angetroffenen Böden und Felsschichten anstelle der früher geltenden Bodenklassen 1 bis 7 in „Homogenbereiche“ zu unterteilen.

Homogenbereiche sind ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- und Felsschichten, der für das jeweilige Gewerk vergleichbare Eigenschaften aufweist und sich von den Eigenschaften der abgegrenzten Bereiche abhebt.

Für die Beschreibung der Homogenbereiche muss die Bandbreite von Eigenschaften und Kennwerten angegeben werden, die aufgrund von Feld- und Laboruntersuchungen sowie aus Erfahrungen zu erwarten sind.

Entsprechend der ATV **DIN 18300** werden für die im Untersuchungsgebiet anstehenden Bodenhorizonte die in der nachstehenden **Tabelle 6** aufgelisteten Homogenbereiche vorgeschlagen.

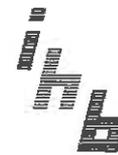


Tabelle 6:
Homogenbereiche nach DIN 18300 (HE - Homogenbereich Erdarbeiten)

	Homogenbereich A	Homogenbereich B
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Löß-/Liaslehm
Korngrößenverteilung	-	s. Anlage 6
Massenanteile Steine und Blöcke [%]	< 10	< 5
Massenanteile große Blöcke [%]	0	0
Dichte ρ [g/cm ³]	-	1,8 - 2,1
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	-	< 300
Wassergehalt w [%]	-	< 35 (20,5 - 26,2)
Plastizitätszahl I_p [%]	-	< 40 (22,8 - 36,6)
Konsistenzzahl I_c	-	0,75 - 1,25 (0,94 - 1,01)
Lagerungsdichte	-	-
organischer Anteil V_{of} [%]	-	< 8 (4,5 - 7,1)
Bodengruppe nach DIN 18196	TM, TA, OU, OT	TM, TA
„alte“ Bodenklasse	1	4 - 5

Bei den in Klammern angegebenen Werten handelt es sich um ermittelte Werte

	Homogenbereich C	Homogenbereich D
Ortsübliche Bezeichnung	verwitterter Kalkstein	Kalkstein
Benennung DIN EN ISO 14689	Kalkstein	Kalkstein
Dichte ρ [g/cm ³]	2,1 - 2,4	2,4 - 2,7
Verwitterung, Veränderlichkeit	verfärbt, veränderlich	frisch, nicht veränderlich
einaxiale Druckfestigkeit [MPa]	< 100	< 150
Trennflächenrichtung	söhlig, flach geneigt	söhlig, flach geneigt
Schichtflächenabstand	sehr dünn - dünn	dünn - mittel
Gestelnkörperform	tafelförmig, prismatisch	tafelförmig, prismatisch
Bodenklasse nach „alter“ DIN	6	7

5 Bodenmechanische Kennwerte

Anhand der bodenmechanischen Klassifizierung können gemäß **DIN 1055** für erdstatische Berechnungen die nachfolgend aufgelisteten Werte der **Tabelle 7** in Ansatz gebracht werden.

Tabelle 7:
Bodenmechanische Kennwerte der anstehenden Schichten

Bodenart	Wichte (kN/m ³)		Reibungswinkel (°)	Kohäsion (kN/m ²)	Steifemodul (MN/m ²)
	cal. γ	cal. γ'	cal. φ_k	cal. c_k	cal. $E_{s,k}$
Quartär					
Lößlehm	19,5 - 20,5	9,5 - 10,5	15,0 - 17,5	10 - 15	4 - 6
Liaslehm	18,5 - 19,5	8,5 - 9,5	15,0	10 - 15	3 - 5
Lias					
verwittert	20 - 21	10 - 11	25 - 30	10 - 20	10 - 30
unverwittert	22 - 23	12 - 13	30 - 35	*	> 80

* Schwankt je nach Trennflächengefüge, Verwitterungsgrad und Richtung der Beanspruchung in weiten Grenzen.
Die Werte liegen jedoch erfahrungsgemäß bei > 20 kN/m².

Gemäß der „Karte der Erdbebenzonen und Untergrundklassen für Baden-Württemberg“ befindet sich das Baugebiet in der **Erdbebenzone 2** und in der **Untergrundklasse R** (Gebiet mit felsartigem Gesteinsuntergrund). Nach der **DIN EN 1998-1/NA** (2011-01) ist der Baugrund der **Baugrundklasse B** zuzuordnen.

Der oberflächennah anstehende Lößlehm ist sehr frostempfindlich und in die **Frostempfindlichkeitsklasse F 3** einzustufen.



6 Hinweise zur Erschließung

Aufgrund der Geländemorphologie kann davon ausgegangen werden, dass sich die Erschließungsstraßen weitestgehend der natürlichen Topographie anpassen und daher keine tieferen Einschnitte oder größere Dammschüttungen erforderlich sind.

6.1 Versickerungsfähigkeit

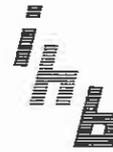
Nach dem **Arbeitsblatt DWA-A 138** werden Lockergesteine mit einer Durchlässigkeit zwischen $1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ und $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ als versickerungsfähig angesehen. Die im Baufeld anstehenden Deckschichten (Löß- bzw. Liaslehm) weisen deutlich geringere Durchlässigkeiten in einer Größenordnung von $k_f = 10^{-10} - 10^{-11} \text{ m/s}$ auf, so dass eine Versickerung in diesen Schichten nicht möglich ist.

6.2 Kanal- und Leitungsgräben

Beim Anlegen der Schürfgruben traten in den Deckschichten (Löß- und Liaslehm) und in den eingelagerten, verwitterten Kalksteinbänken keine erschwerten Lösbarkeiten auf. Bei einem tieferen Aushub muss in den gering verwitterten Schichten des Lias α (Kalk- und Tonsteine) jedoch mit Fels der „alten“ Bodenklasse 7 gerechnet werden.

Bei der Planung und Ausführung der Leitungsgräben sind die Richtlinien der **DIN EN 1610** und der **ZTV E-StB 09** einzuhalten.

Prinzipiell könnten die Kanalgräben, sofern keine Schicht- oder Sickerwasserzutritte auftreten, mit freien Böschungen nach **DIN 4124** (s. **Kap 6.4**) angelegt werden. Sofern auf den erhöhten Mehraufwand beim Aushub und Wiedereinbau verzichtet werden soll, müssen die Gräben abschnittsweise hergestellt und durch temporär eingestellte Verbauplatten gesichert werden.



Sollten im Bereich des Rohraufлагers aufgeweichte Bereiche angetroffen werden, sind diese auszuräumen und durch Bodenaustauschmaterial zu ersetzen. Als Bodenaustauschmaterial sollte ein korngestuftes Material (z. B. Schotter-Splitt-Gemisch der Körnung 2/45 oder 2/56 mm) verwendet werden. Beim Bodenaustausch ist wegen der Druckausbreitung unter der Rohrsohle auf einen ausreichenden seitlichen Überstand zu achten. Zur Gewährleistung der Filterstabilität muss bei Schichtwasserzutritten ein Filtervlies zwischen dem bindigen Boden und dem Material des Rohraufлагers bzw. der Rohrleitungszone angeordnet werden. Damit das Geotextil bei der Überschüttung mit dem Schotter-Splitt-Gemisch nicht zerstört wird, sollte hierfür ein reißfestes Geotextil der **Robustheitsklasse GKR 3** verwendet werden.

Bereiche, in denen in der Grabensohle Felsbänke anstehen, müssen nach **DIN EN 1610** mit einer Bettung vom **Typ 1** mit einer Bettungsschicht von 150 mm ausgeführt werden.

Die Leitungszone darf entsprechend der **DIN EN 1610** nur mit steinfreiem, verdichtungsfähigem Material verfüllt werden. Die Verfüllung der **Leitungszone** hat entsprechend den Richtlinien der **ZTV E-StB 09** lagenweise verdichtet mit einer Proctordichte von $D_{Pr} \geq 97\%$ zu erfolgen.

In den Kanalgräben muss je nach Tiefe mit Sicker- und Schichtwasserzutritten gerechnet werden. Um sicherzustellen, dass die räumliche und zeitliche Ausdehnung des Eingriffes so gering wie möglich gehalten wird, sollten bei auftretenden Schichtwasserzutritten die Kanalgräben abschnittsweise hergestellt werden. Darüber hinaus sollte in diesem Fall an jeder Schachthaltung bzw. in einem Abstand von ca. 50 m ein Querriegel in Form einer Beton- oder Tonsperre eingebaut werden. Zur Vermeidung von Grundwasserumläufigkeiten sollten diese seitlich ca. 1 m in den „gewachsenen“ Untergrund einbinden. Die Auftriebsicherheit der Leitungen muss gewährleistet sein.

Bei der **Grabenverfüllung** sind die Anforderungen gemäß Abschnitt 4.3.2 der **ZTV E-StB 09** in Abhängigkeit vom Verfüllmaterial und der Einbautiefe zu erfüllen. Dies bedeutet, dass die anstehenden, bindigen Böden mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 97\%$ eingebaut werden müssen.



Wie die Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen zeigen, überschreiten die natürlichen Wassergehalte des **Löß-** und des **Liaslehms** teilweise den maximal zulässigen Wassergehalt für einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 97\%$ Proctordichte. Daher muss der beim Aushub anfallenden Löß- und Liaslehm für den Wiedereinbau im Kanalgraben mit Bindemittel zu **verbessern**.

Sofern bei einem tieferen Aushub auch halbfester **Liaslehm** oder stückig **verwitterter Tonstein** angetroffen wird, kann dieser **ohne** eine zusätzliche Aufbereitung für den Wiedereinbau im Kanalgraben verwendet werden.

Bei einem halbfesten Liaslehm, der ohne eine Bodenverbesserung eingebaut werden soll, muss beachtet werden, dass für einen optimalen Einbau mit dem nach **ZTV E-StB** geforderten Luftporenanteil von $n_a \leq 8\%$, der **ausgeprägt plastische** Liaslehm mit einem Schau-felseparator aufbereitet werden muss. Festgesteinsbänke (Kalk- und Tonsteine) müssen für einen Wiedereinbau im Kanalgraben ebenfalls entsprechend aufbereitet werden.

Bei der Bodenverbesserung für den Wiedereinbau des Materials geht es in erster Linie um eine Reduzierung des Einbauwassergehaltes. Im Hinblick auf die längere Verarbeitungszeit wird daher empfohlen, die Bodenverbesserung für den Wiedereinbau im Kanalgraben mit **Weißfeinkalk** auszuführen. Für die Ausschreibung kann hierfür von einer Zugabemenge von ca. **30 kg/m³** ausgegangen werden. Die exakte Bindemittelzugabe ist witterungsabhängig und muss vor Baubeginn durch entsprechende Untersuchungen ermittelt werden.

6.3 Erschließungsstraße

Bei unwesentlicher Veränderung des Höhenniveaus liegt das zu erwartende Erdplanum der Erschließungsstraße im Lößlehm.

Für die Ausführung eines Regelaufbaus der Straßen muss auf dem Erdplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erzielt werden. Grundlage hierfür sind die Richtlinien der **RStO 12** und der **ZTV E-StB 09**.



Auf dem Löß- und Liaslehm kann je nach Witterung von einem vorhandenen Verformungsmodul in einer Größenordnung von $E_{v2} \leq 5 - 15 \text{ MN/m}^2$ ausgegangen werden. Ein einfacher Regelaufbau nach o. g. Richtlinien ist daher nicht möglich. Zum Erreichen der geforderten Tragfähigkeit sind deshalb gesonderte Maßnahmen erforderlich.

Aufgrund der angetroffenen Untergrundverhältnisse ist in erster Linie an eine **Bodenverbesserung** mittels hydraulischem Bindemittel zu denken. Da es im Straßenbereich bei der Bodenverbesserung in erster Linie um eine Erhöhung der Tragfähigkeit und nicht nur um eine Reduzierung des Wassergehaltes geht, muss die Bodenverbesserung mit einem Spezialbindemittel aus Weißfeinkalk und Zement (**DOROSOL**) ausgeführt werden. Für eine ausreichende Krümelbildung muss in den ausgeprägt plastischen Tonen **DOROSOL C 70** verwendet werden. Auf die begrenzte Verarbeitungszeit des Materials nach **Abs. 12.2.5** der **ZTV E-StB 09** wird hingewiesen. Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen, darf eine Mindestbindemittelmenge von **2%** nicht unterschritten werden. Für die Ausschreibung kann von einer Zugabemenge von ca. **40 kg/m³** bzw. **16 kg/m²** **DOROSOL C 70** bei einer zu fordernden Mindeststärke von **40 cm** ausgegangen werden. Da auch hier die exakte Bindemittelzugabe witterungsabhängig ist, muss auch diese vor Baubeginn durch entsprechende Untersuchungen ermittelt werden.

Generell besteht auch die Möglichkeit einen **Bodenaustausch** durchzuführen, bei dem die ungebundene Tragschicht entsprechend dem tatsächlich vorhandenen Verformungsmodul des Untergrundes verstärkt wird. Bei der oben abgeschätzten Größenordnung des Verformungsmoduls von $E_{v2} \leq 5 - 15 \text{ MN/m}^2$ müsste nach einschlägigen Diagrammen ein Bodenaustausch in der Größenordnung von **30 - 50 cm** durchgeführt werden.

Die endgültige Dimensionierung des erforderlichen Bodenaustausches muss mittels Plattendruckversuchen nach **DIN 18134** auf dem Erdplanum erfolgen. Die hierfür erforderlichen Versuche können durch unser Büro ausgeführt werden. Für den Bodenaustausch ist ein abgestuftes Mineralgemisch vorzusehen.



6.4 Bebauung

Da keine konkrete Planung über die vorgesehene Bebauung vorliegt und mit den Untersuchungen nur ein grobes Untersuchungsrastraster mit einer geringen Erkundungstiefe für die Erschließung des Baugebietes angelegt wurde, können zur möglichen Bebauung lediglich **allgemeine Hinweise** gegeben werden.

Generell gilt, dass bindige Böden mit steigendem natürlichem Wassergehalt (w_n) und höherer Plastizität (I_p) eine geringere Konsistenz (I_c) und eine größere Zusammendrückbarkeit aufweisen. Daher stellt insbesondere der weiche bis steife, ausgeprägt plastische **Löß-** und **Liaslehm** nur einen sehr begrenzt tragfähigen und kompressiblen Baugrund dar, der **nicht** zur Lastabtragung **geeignet** ist.

Nach der alten **DIN 1054** beträgt die aufnehmbare Sohlspannung für mittig belastete Streifenfundamente, die mindestens 0,50 m einbinden, bei steifen bis halbfesten, ausgeprägt plastischen Tonen nur $\sigma_{zul} \leq 90 \text{ kN/m}^2$ und bei steifen, mittelplastischen Tonen nur $\sigma_{zul} \leq 120 \text{ kN/m}^2$. Außerdem muss bei einer Gründung auf den kompressiblen Böden bei unterschiedlichen Lasten mit erheblichen **Setzungsdifferenzen** gerechnet werden. Darüber hinaus sind die im Baugebiet lagernden Deckschichten als **schrumpfungsempfindliche** Böden einzustufen, die beim Austrocknen zu Schrumpfungen neigen. Derartige Volumenänderungen führen im Verlauf von trockenen, heißen Sommern häufig zu Setzungen und zu Bauwerksschäden. Nach den bisherigen Erkenntnissen reichen witterungsbedingte Einflüsse bis ca. 1,60 m unter Geländeoberkante. Zur Begegnung der Gefahr von Schrumpfsetzungen wird daher beim Auftreten dieser Böden generell eine **Mindestgründungstiefe** von **1,80 m** unter fertigem Gelände empfohlen.

Die im Liegenden zu erwartenden, verwitterten „Arietenschichten“ stellen insbesondere bei einer halbfesten bis festen Konsistenz generell einen **gut tragfähigen** Gründungshorizont dar. Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung stehen die verwitterten Ton- und Kalksteine des Lias α jedoch erst in über 3 m Tiefe an und werden, wenn überhaupt, nur bei unterkellerten Gebäuden mit der planmäßigen Gründung erreicht.



Nähere Angaben zur Gründung der Gebäude können erst anhand konkreter Planungen sowie weiterer, tieferer Baugrundaufschlüsse erfolgen.

Bei Böschungshöhen bis 5 m und **ohne** Wasserzutritt können Baugrubenböschungen entsprechend den Maßgaben der **DIN 4124** in den steifen bis halbfesten Böden mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 60^\circ$ angelegt werden. Die übrigen Hinweise der **DIN 4124**, wie unbelastete Böschungskronen und die Neigung des angrenzenden Geländes, sind **unbedingt** zu beachten.

Generell sind Bauwerke, die in die gering durchlässigen Deckschichten einbinden, zur Vermeidung von drückendem Wasser durch versickerndes Niederschlagswasser entsprechend den Maßgaben der **DIN 4095** zu drainieren. Eine Ableitung von Grundwasser findet hierdurch **nicht** statt. Ein **rückstaufreier** Anschluss der Drainage an einen Sickerschacht mit Notüberlauf in den Mischwasserkanal muss im Zuge des Bauantrages eingereicht und vom Netzbetreiber (Gemeinde Pliezhausen) genehmigt werden.

Bei Gebäuden, die in die plattig-stückigen, verwitterten Tonsteine des Lias β einbinden, muss mit Grund- und Schichtwasserzutritten gerechnet werden. Eine dauerhafte Ableitung des anfallenden Schicht- bzw. Grundwassers ist nach dem Wassergesetz für Baden-Württemberg (**WG**) **nicht genehmigungsfähig**. Daher dürfen Gebäude, die ins Grundwasser einbinden **nicht drainiert** werden und alle Gebäudeteile, die unterhalb des festzulegenden Bemessungswasserstandes liegen, müssen als wasserdichte, auftriebssichere Wannen ausgebildet werden.

Generell wird empfohlen, ein speziell auf die konkrete Planung bezogenes Gründungsgutachten erstellen zu lassen.



7 Generelle Hinweise zur Bauausführung

Bei der Bodenverbesserung mit hydraulischem Bindemittel sind mögliche Auswirkungen auf die angrenzende Bebauung zu beachten. Gegebenenfalls muss ein staubarmes Bindemittel (**DOLOSOL PRO**) verwendet werden. Bei der Bodenverbesserung ist auf eine intensive Homogenisierung des Boden-Bindemittel-Gemisches zu achten. Um dies zu gewährleisten, muss die Einarbeitung so lange erfolgen, bis eine gleichmäßige Durchmischung des Boden-Bindemittel-Gemisches vorliegt. Gegebenenfalls sind hierfür mehrere Fräsübergänge erforderlich.

Bei der Verfüllung von Leitungsgräben gelten die Verdichtungsanforderungen entsprechend Abschnitt 9.5 und 4.3.2 der **ZTV E-StB 09**. Es wird empfohlen, die Eigen- und Fremdüberwachungsprüfungen im vorgeschriebenen Umfang nach der **Tab. 8** der **ZTV E-StB 09** durchzuführen. Um gegebenenfalls rechtzeitig geeignete Maßnahmen ergreifen zu können, ist darauf zu achten, dass die Kontrollprüfungen bereits zu Beginn und nicht erst an der fertigen Grabenverfüllung durchgeführt werden.

Der Einbau von Fremdmaterial hat generell lagenweise und verdichtet, entsprechend den einschlägigen Normen und erdbautechnischen Vorschriften der **ZTV E-StB 09** zu erfolgen.

Im Baufeld muss insbesondere bei schlechter Witterung auf dem Löß- und Liaslehm mit **erheblichen** Befahrungsschwierigkeiten gerechnet werden.

Im Baufeld muss neben Tag- und Hangwasserzutritten bei tieferen Einschnitten in den Festgesteinen der „Arietenschichten“ auch mit Schichtwasserzutritten gerechnet werden. Generell können die Wasserzutritte durch eine „offene“ Wasserhaltung mittels seitlichen Drainagegräben und Pumpensämpfen unter Zwischenschaltung eines Absetzbeckens abgeleitet werden. Sofern die Kanäle aufgrund der Tiefenlage das Schichtwasser in den „Arietenschichten“ des Lias α anschneidet, müssen die wasserrechtlichen Aspekte mit der zuständigen Wasserrechtsbehörde beim **Landratsamt Reutlingen** abgestimmt werden.



8 Zusammenfassung

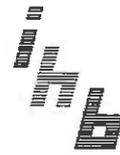
Im geplanten Baugebiet „Walddorfer Wasen III“ in Pliezhausen-Gniebel lagert unter dem **Mutterboden** ein überwiegend steifer **Lößlehm**, der fließend in einen steifen Verwitterungslehm des Lias (**Liaslehm**) übergeht, in dem aufgelöste, **verwitterte Kalksteinbänke** vorhanden sind. Aufgrund der geringen Erkundungstiefe wurden die unterlagernden, verwitterten „Arietenschichten“ des Lias α nicht erreicht. Generell muss in den tiefer liegenden „Arietenschichten“ mit Schichtwasserzutritten gerechnet werden. Aufgrund der überlagernden, gering durchlässigen Deckschichten muss von **gespanntem** Schichtwasser ausgegangen werden.

Die nach dem **Arbeitsblatt DWA-A 138** geforderte Durchlässigkeit zwischen $1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ und $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ wird in den bindigen Deckschichten nicht erreicht. Das Gebiet ist daher für eine Versickerung **nicht geeignet**.

Der angetroffene Löß- und Liaslehm ist **nicht** für den direkten Wiedereinbau im Kanalgraben geeignet. Zur Reduzierung des Einbauwassergehaltes muss der Löß- und Liaslehm mit **Weißfeinkalk** verbessert werden. Für die Ausschreibung kann hierfür von einer Zugabemenge von ca. **30 kg/m³** ausgegangen werden.

Auf dem Erdplanum der Erschließungsstraßen wird der erforderliche Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nicht erreicht. Bei einer **Bodenverbesserung** mit hydraulischem Bindemittel kann von einer Zugabemenge von ca. **40 kg/m³** bzw. **16 kg/m²** **DOROSOL C 70** bei einer zu fordernden Mindeststärke von **40 cm** ausgegangen werden. Da die exakte Bindemittelzugabe witterungsabhängig ist, muss diese vor Baubeginn durch entsprechende Untersuchungen ermittelt werden. Bei einem **Bodenaustausch** muss mit einer Verstärkung der Tragschicht in der Größenordnung von **30 - 50 cm** gerechnet werden. Die Festlegung der Bodenaustauschstärke muss durch Plattendruckversuche nach **DIN 18134** erfolgen.

Die im Baugebiet anstehenden Deckschichten (Löß- und Liaslehm) sind nur sehr gering tragfähig und schrumpfungsempfindlich. Baugrubenböschungen dürfen entsprechend der **DIN 4124** in den steifen bis halbfesten Böden mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 60^\circ$ angelegt werden.



9 Abschließende Bemerkungen

Die Untergrundverhältnisse im geplanten Baugebiet „Walddorfer Wasen III“ in Pliezhausen-Gniebel wurden anhand der durchgeführten Untersuchungen beschrieben und beurteilt. Die Angaben beziehen sich auf die Untersuchungsstellen. Aufgrund von geologisch bedingten Inhomogenitäten können lokale Abweichungen von den Befunden nicht ausgeschlossen werden.

Es wird eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten empfohlen. Hierbei müssen die angetroffenen Boden- und Grundwasserverhältnisse mit den Untersuchungsergebnissen und Folgerungen des Gutachtens verglichen werden. Darüber hinaus können die getroffenen Abschätzungen und Interpolationen der Untergrundverhältnisse nicht als Grundlage für eine Massenermittlung dienen und ein Aufmaß vor Ort ersetzen.

Sollten sich im Rahmen der Erschließungsarbeiten Baugrundverhältnisse ergeben, die von denen im Gutachten beschriebenen abweichen, so ist der Gutachter erneut zu einer Beurteilung aufzufordern. Darüber hinaus ist der Gutachter zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern, wenn sich Fragen zu Sachverhalten ergeben, die im vorliegenden Gutachten nicht oder abweichend erörtert wurden.

Tübingen, den 04. Juli 2017

ihb GmbH

Dipl.-Geol. A. Fündinger

Geschäftsführer
Diplom-Geologen
Dr. Thomas Iroschek
Andreas Fündinger

Albrechtsstraße 29
72072 Tübingen
Tel. 0 70 71 / 76 76 0
Fax 0 70 71 / 7 35 23



**Ingenieur- und
Hydrogeologisches
Büro GmbH**

Anlage 1

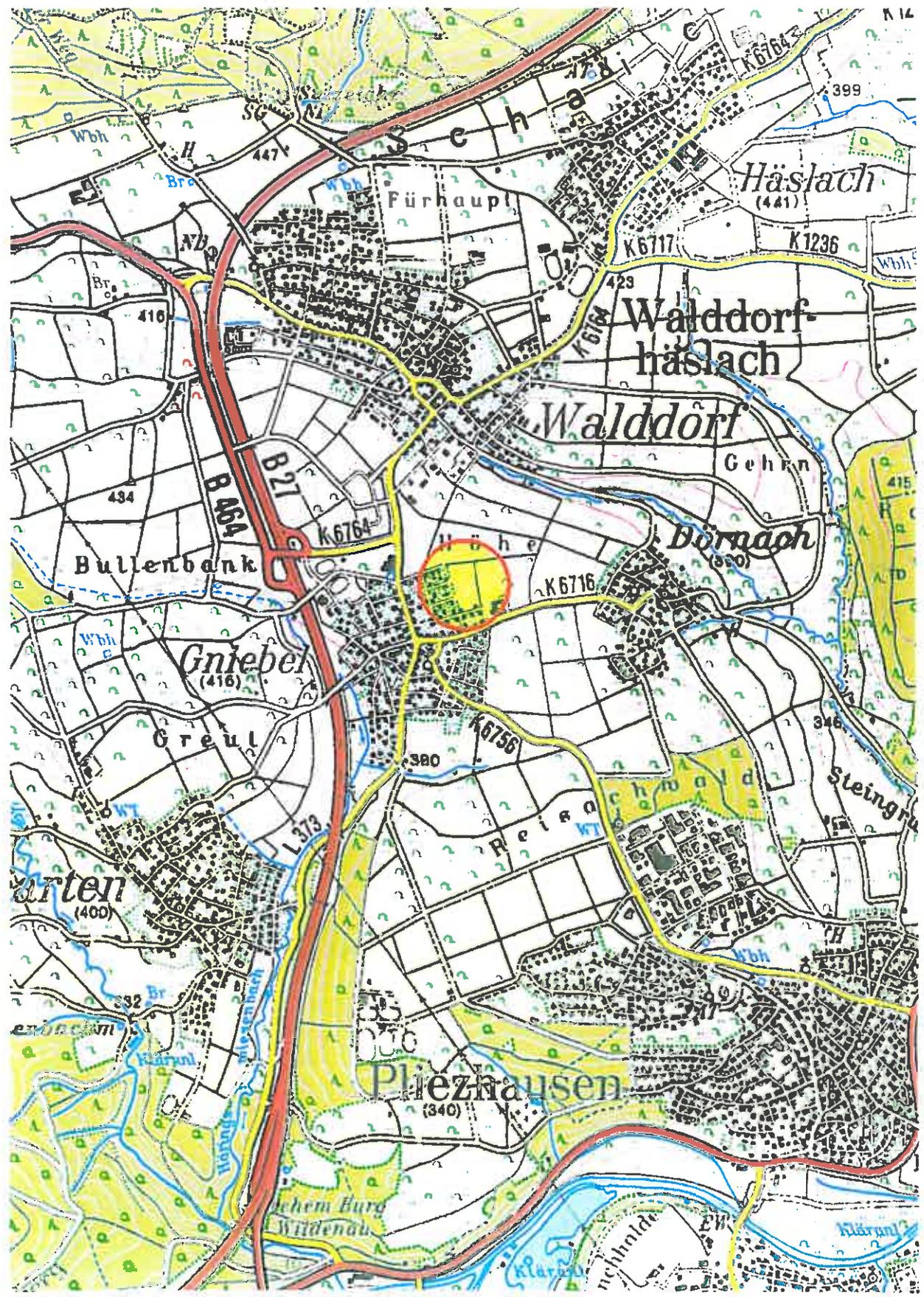
Lagepläne

ihb GmbH
Albrechtstraße 29
72072 Tübingen
Tel.: 07071/76760

"Walddorfer Wasen III"
Pliezhausen-Gniebel

Bericht Nr.: I 171002
Maßstab: 1 : 25.000

Übersichtslageplan



ihb GmbH
Albrechtstraße 29
72072 Tübingen
Tel.: 07071/76760

"Walddorfer Wasen III"

Pliezhausen-Gniebel

Bericht Nr.: I 171002

Sichthöhe: 995 m

Luftbild des Untersuchungsgebietes



ihb GmbH
 Albrechtstraße 29
 72072 Tübingen
 Tel.: 07071/76760

"Walddorfer Wasen III"
 Pliezhausen-Gniebel

Bericht Nr.: I 171002
 Maßstab: 1 : 1.000

Lageplan der Schürfgruben



WA 1	0,35
SD, vPD	0
DN 15 - 25"	1000
DN 35 - 45"	1000

WA 2	0
FD	2
DN 0 - 6"	0

WA	
FD	
DN 0	

Geschäftsführer
Diplom-Geologen
Dr. Thomas Iroschek
Andreas Fündinger

Albrechtstraße 29
72072 Tübingen
Tel. 0 70 71 / 76 76 0
Fax 0 70 71 / 7 35 23



**Ingenieur- und
Hydrogeologisches
Büro GmbH**

Anlage 2

**Schichtenprofile der Schürfgruben
SG-1 bis SG-3**

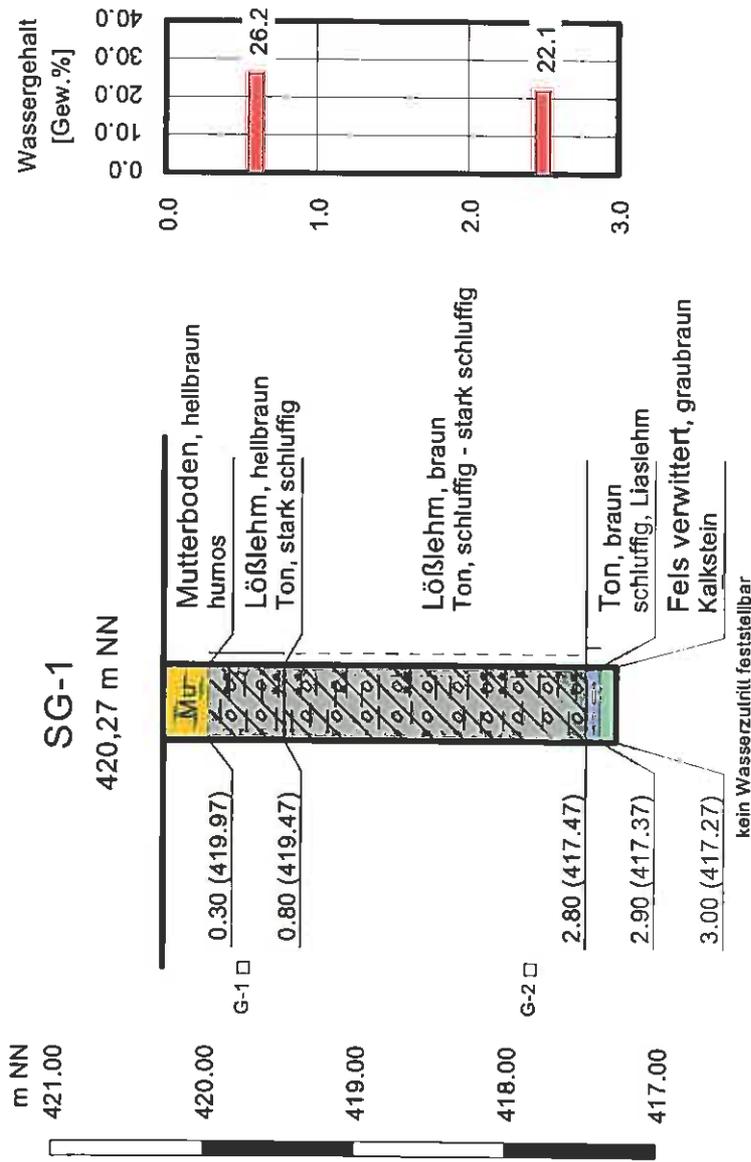
ihb GmbH
 Albrechtstraße 29
 72072 Tübingen
 Tel.: 07071 - 76760

"Walddorfer Wasen III"

Pliezhausen-Gniebel

Bericht Nr.: I 171002

Maßstab: 1 : 50



Legende

- klüftig
- halfest
- steif - halfest
- steif



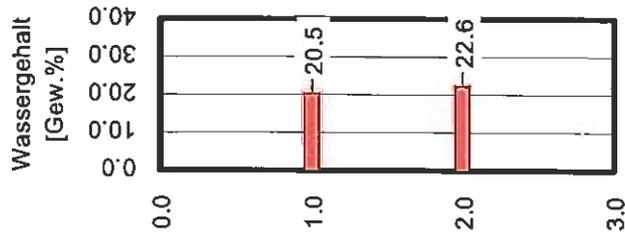
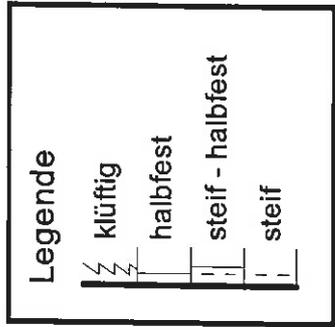
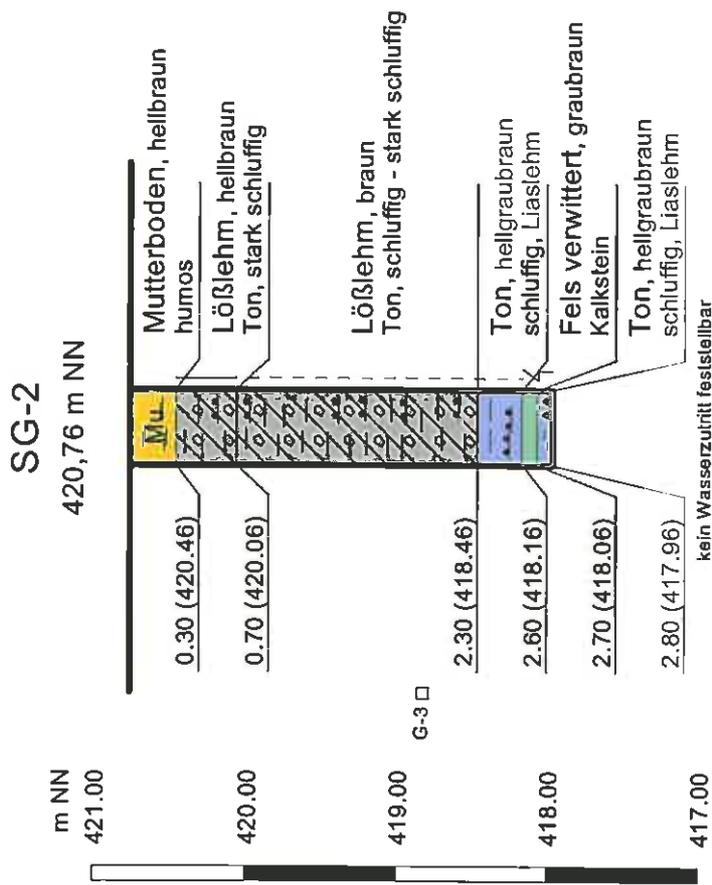
ihb GmbH
 Albrechtstraße 29
 72072 Tübingen
 Tel.: 07071 - 76760

"Walddorfer Wasen III"

Pliezhausen-Gniebel

Bericht Nr.: I 171002

Maßstab: 1 : 50



ihb GmbH
 Albrechtstraße 29
 72072 Tübingen
 Tel.: 07071 - 76760

"Waldorfer Wasen III"

Pliezhausen-Gniebel

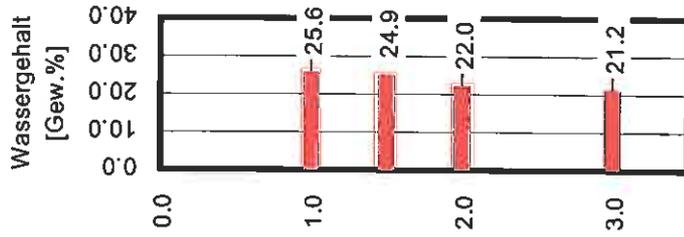
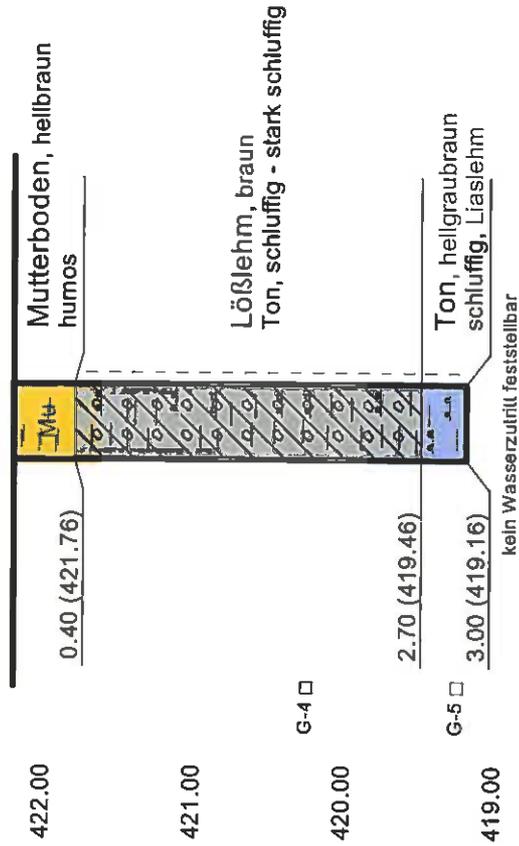
Bericht Nr.: I 171002

Maßstab: 1 : 50

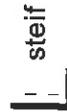
m NN
 423.00



SG-3
 422,16 m NN



Legende





Anlage 3

Ergebnisse der Konsistenzuntersuchungen

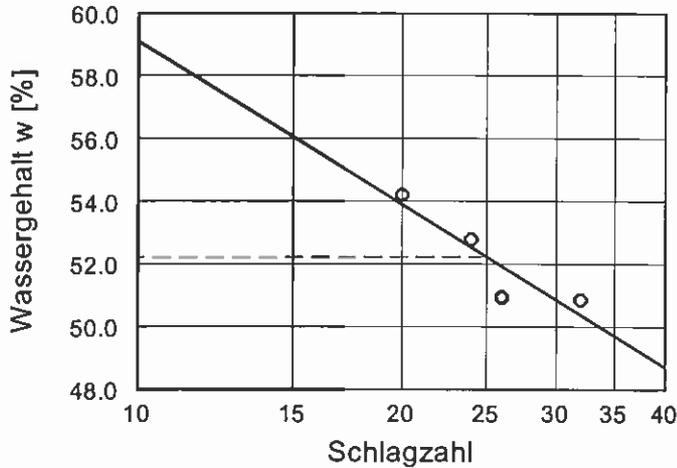
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

"Walddorfer Wasen III"
 Pliezhausen-Gniebel

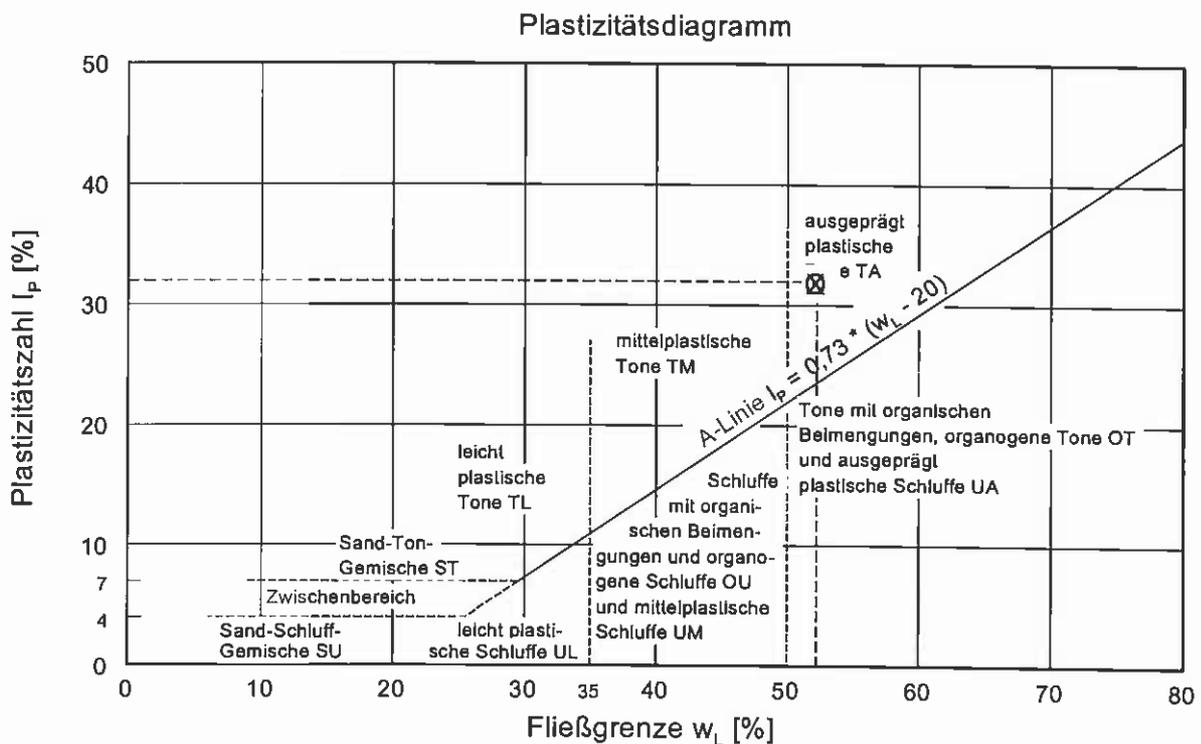
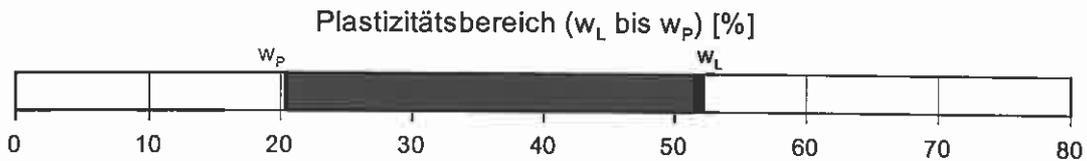
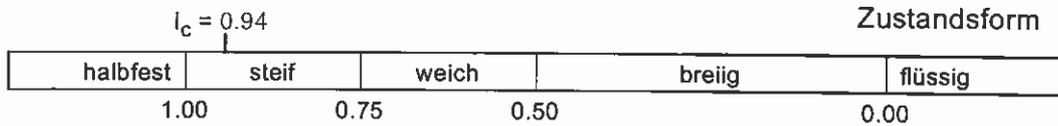
Bearbeiter: Fundinger

Datum: 28.06.2017

Probenbezeichnung: G-2
 Entnahmestelle: SG-1
 Entnahmetiefe: 2,50 m
 Art der Entnahme: gestört
 Bodenart: Lösslehm
 Probe entnommen am: 01.06.2017



Wassergehalt $w = 22.1 \%$
 Fließgrenze $w_L = 52.2 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 20.3 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 31.9 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.94$



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

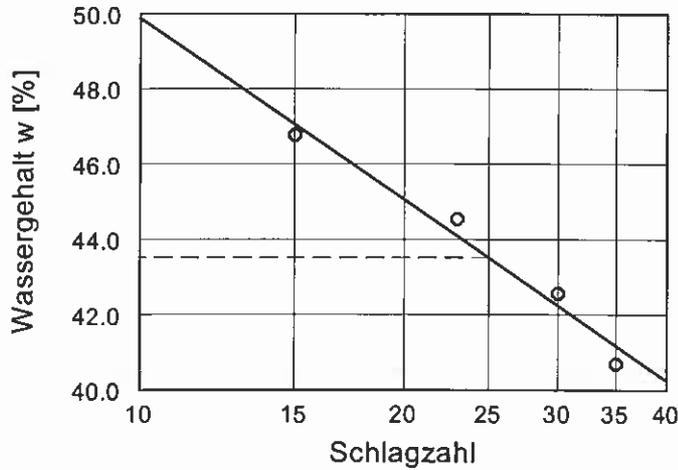
"Walddorfer Wasen III"

Pliezhausen-Gniebel

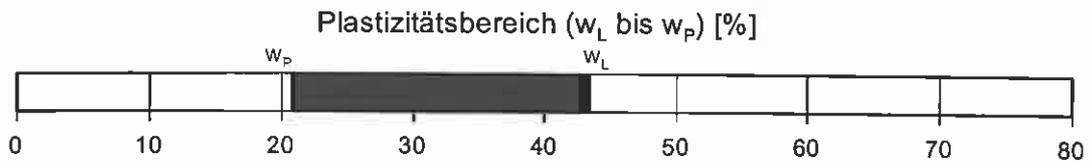
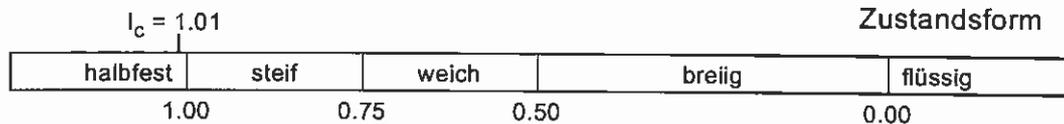
Bearbeiter: Fundinger

Datum: 28.06.2017

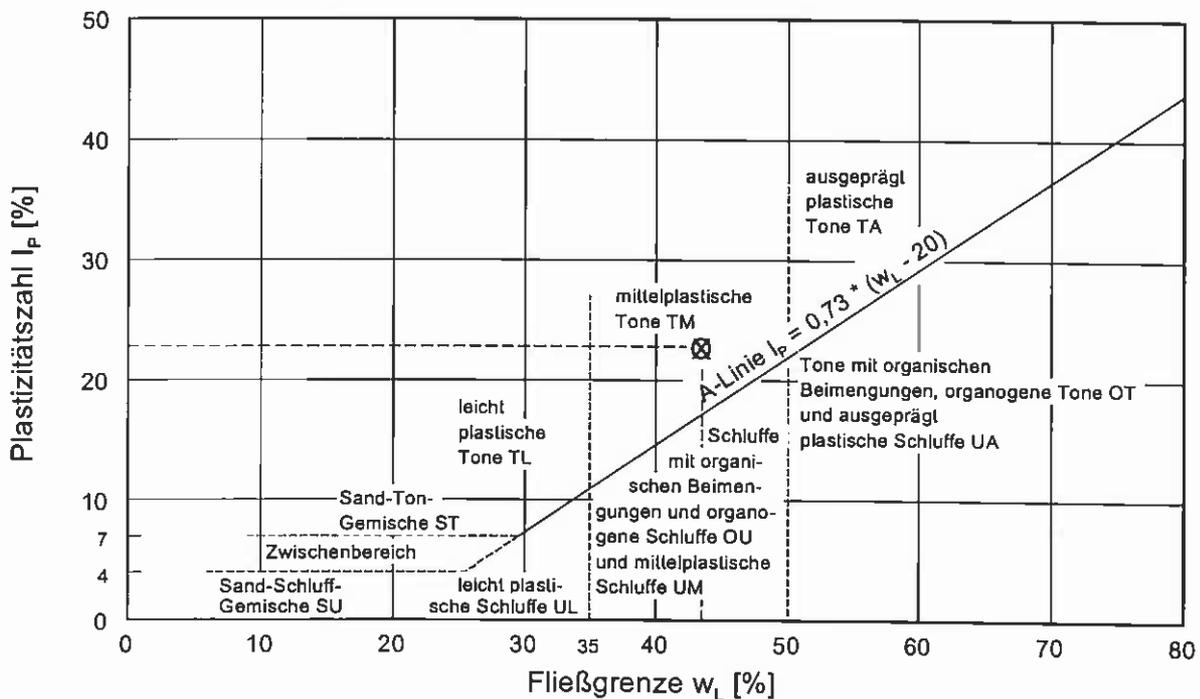
Probenbezeichnung: G-3
 Entnahmestelle: SG-2
 Entnahmetiefe: 2,00 m
 Art der Entnahme: gestört
 Bodenart: Lößlehm
 Probe entnommen am: 01.06.2017



Wassergehalt $w = 20.5 \%$
 Fließgrenze $w_L = 43.5 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 20.7 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 22.8 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.01$



Plastizitätsdiagramm



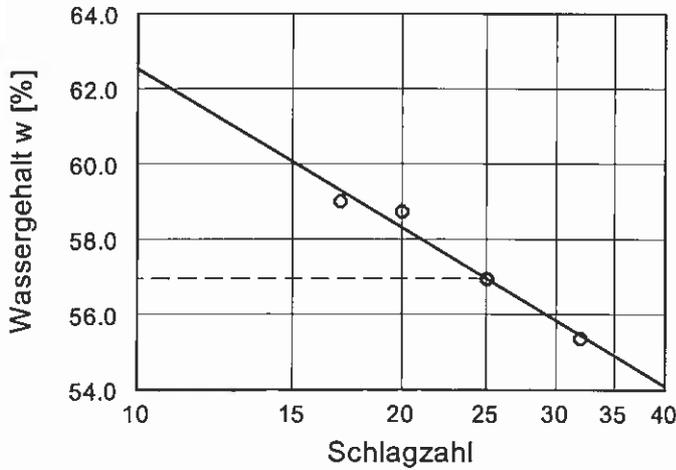
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

"Walddorfer Wasen III"
 Pliezhausen-Gniebel

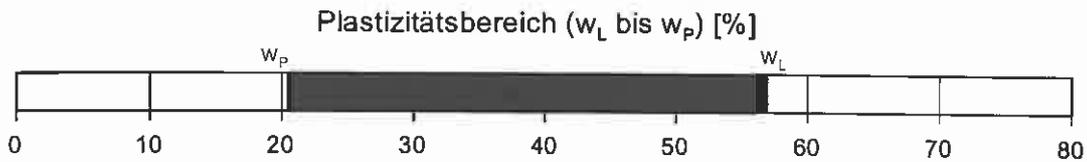
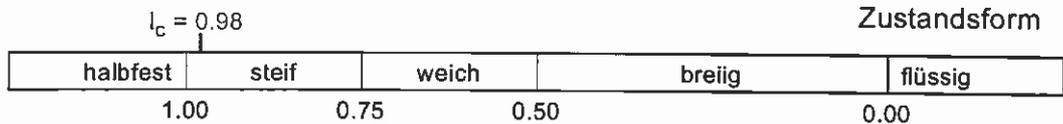
Bearbeiter: Fundinger

Datum: 28.06.2017

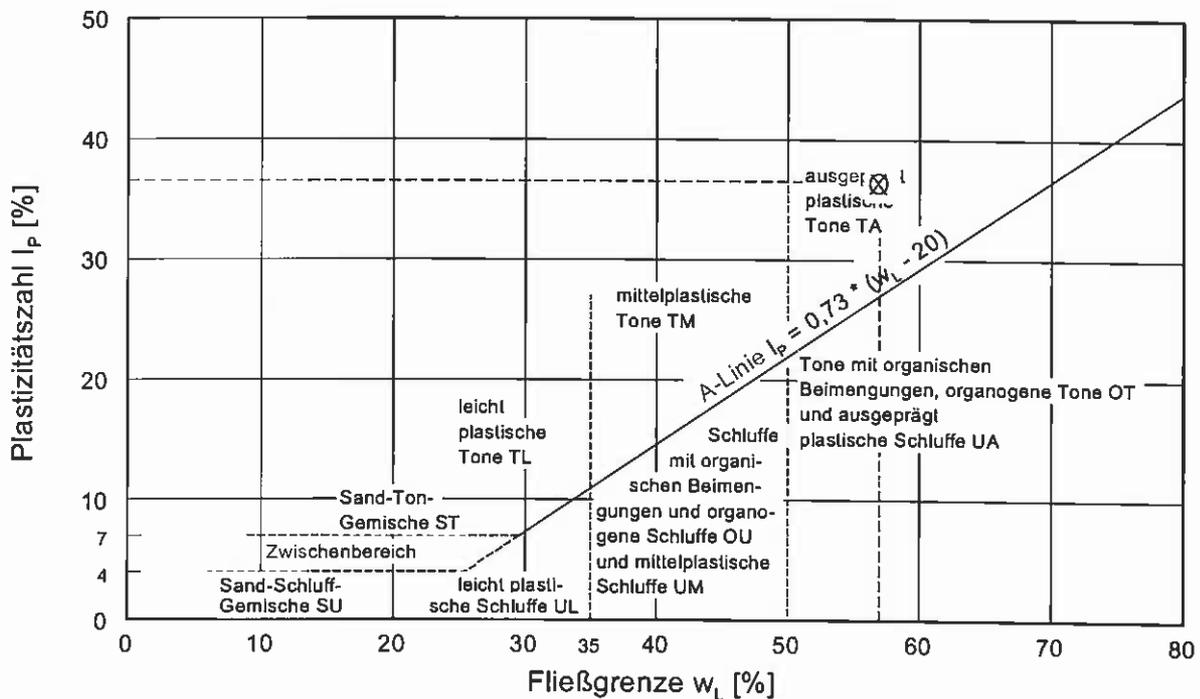
Probenbezeichnung: G-5
 Entnahmestelle: SG-3
 Entnahmetiefe: 3,00 m
 Art der Entnahme: gestört
 Bodenart: Liaslehm
 Probe entnommen am: 01.06.2017



Wassergehalt $w = 21.2 \%$
 Fließgrenze $w_L = 57.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 20.4 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 36.6 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.98$



Plastizitätsdiagramm





Anlage 4

Ergebnisse der Proctorversuche

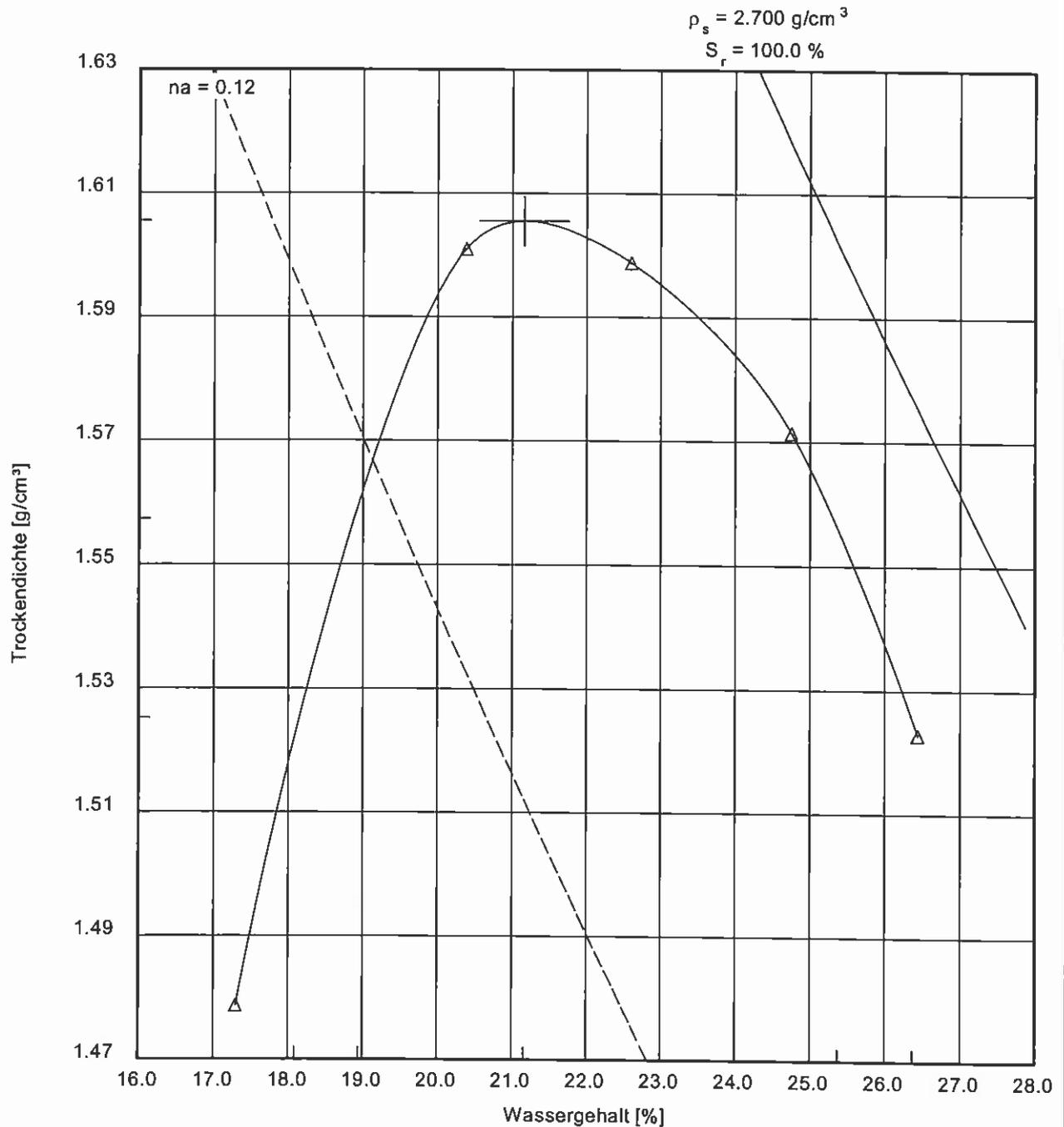
Proctorkurve nach DIN 18 127

"Walddorfer Wasen III"
 Pliezhausen-Gniebel

Bearbeiter: Fundinger

Datum: 28.06.2017

Probenbezeichnung: G-1
 Entnahmestelle: SG-1
 Entnahmetiefe: 0,60 m
 Art der Entnahme: gestört
 Bodenart: Lößlehm
 Probe entnommen am: 01.06.2017



100 % der Proctordichte $\rho_{Pr} = 1.605 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{Pr} = 21.2 \%$

97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.557 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 18.9 / 25.4 \%$

95.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.525 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 18.1 / 26.4 \%$

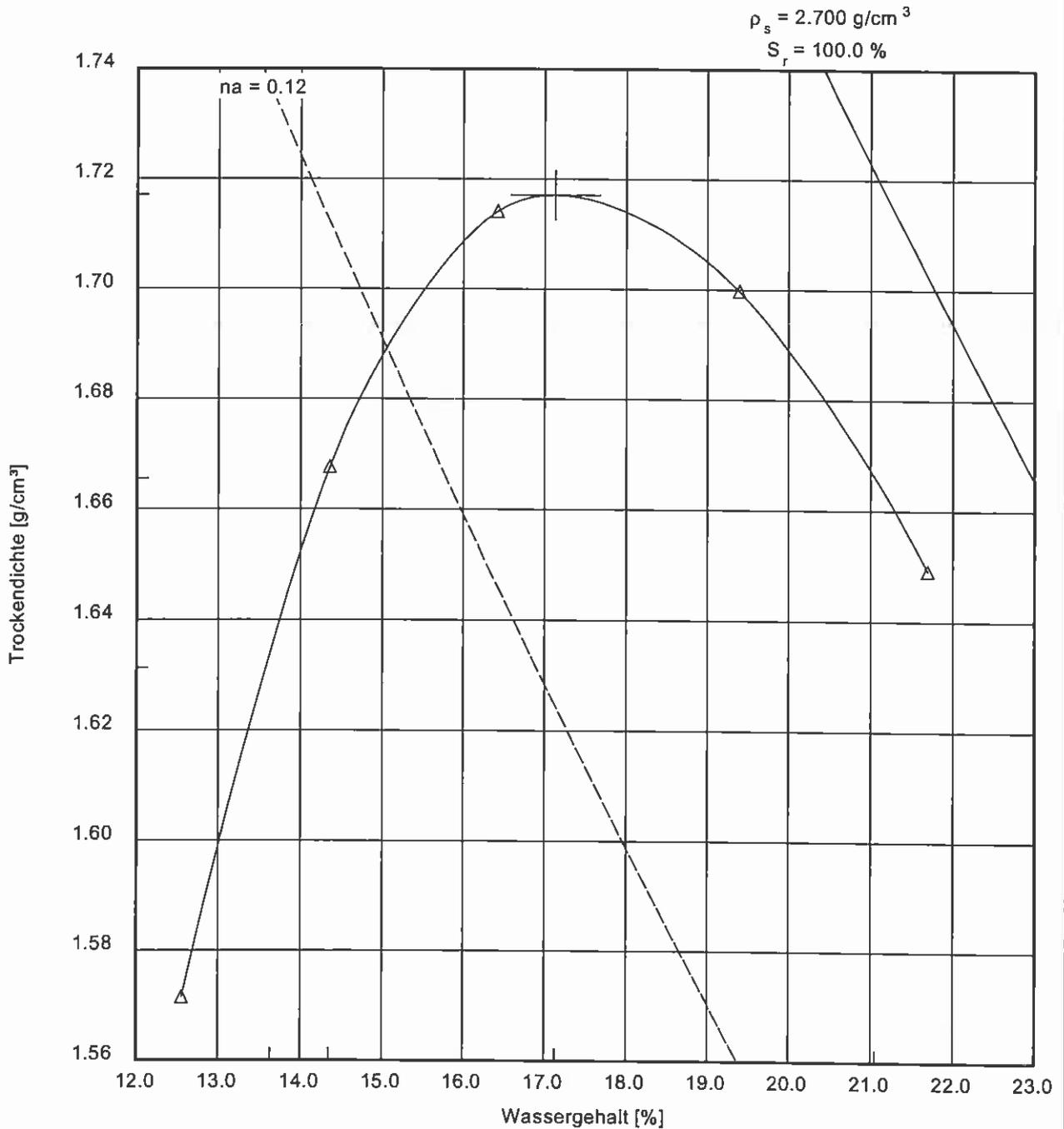
Proctorkurve nach DIN 18 127

"Walddorfer Wasen III"
 Pliezhausen-Gniebel

Bearbeiter: Fundinger

Datum: 28.06.2017

Probenbezeichnung: G-4
 Entnahmestelle: SG-3
 Entnahmetiefe: 2,00 m
 Art der Entnahme: gestört
 Bodenart: Lößlehm
 Probe entnommen am: 01.06.2017



100 % der Proctordichte $\rho_{Pr} = 1.717 \text{ g/cm}^3$

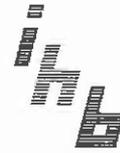
Optimaler Wassergehalt $w_{Pr} = 17.1 \%$

97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.666 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 14.3 / 21.1 \%$

95.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.631 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 13.6 / - \%$



Anlage 5

Ergebnisse der Durchlässigkeitsversuche

ihb GmbH
 Albrechtstraße 29
 72072 Tübingen
 Tel.: 07071/76760

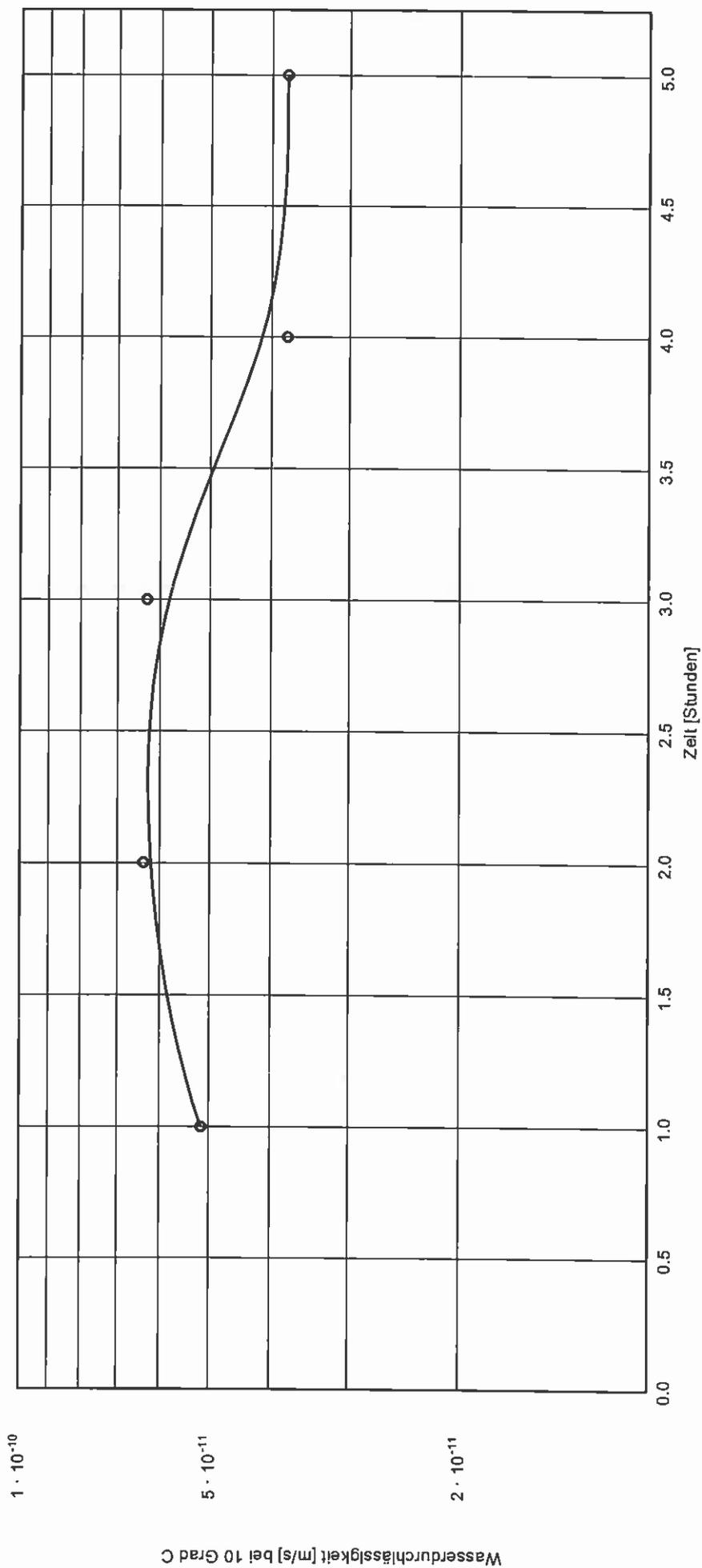
Bearbeiter: Fundinger

Datum: 28.06.2017

Durchlässigkeitsversuch "Waldorfer Wasen III"

Pliezhausen-Gniebel

Probenbezeichnung: G-1
 Probenahme am: 01.06.2017
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: fallende Druckhöhe



Projekt-Nr.:
 I 171002
 Anlage:

Bemerkungen
 Versuchsdurchführung nach
 DIN 18130 - ZY - ES - ST - 3
 Durchströmung von unten nach oben

Bodenart:	Lößlehm
Entnahmetiefe:	0,60 m
Entnahmestelle:	SG-1
k [m/s]	$3.8 \cdot 10^{-11}$

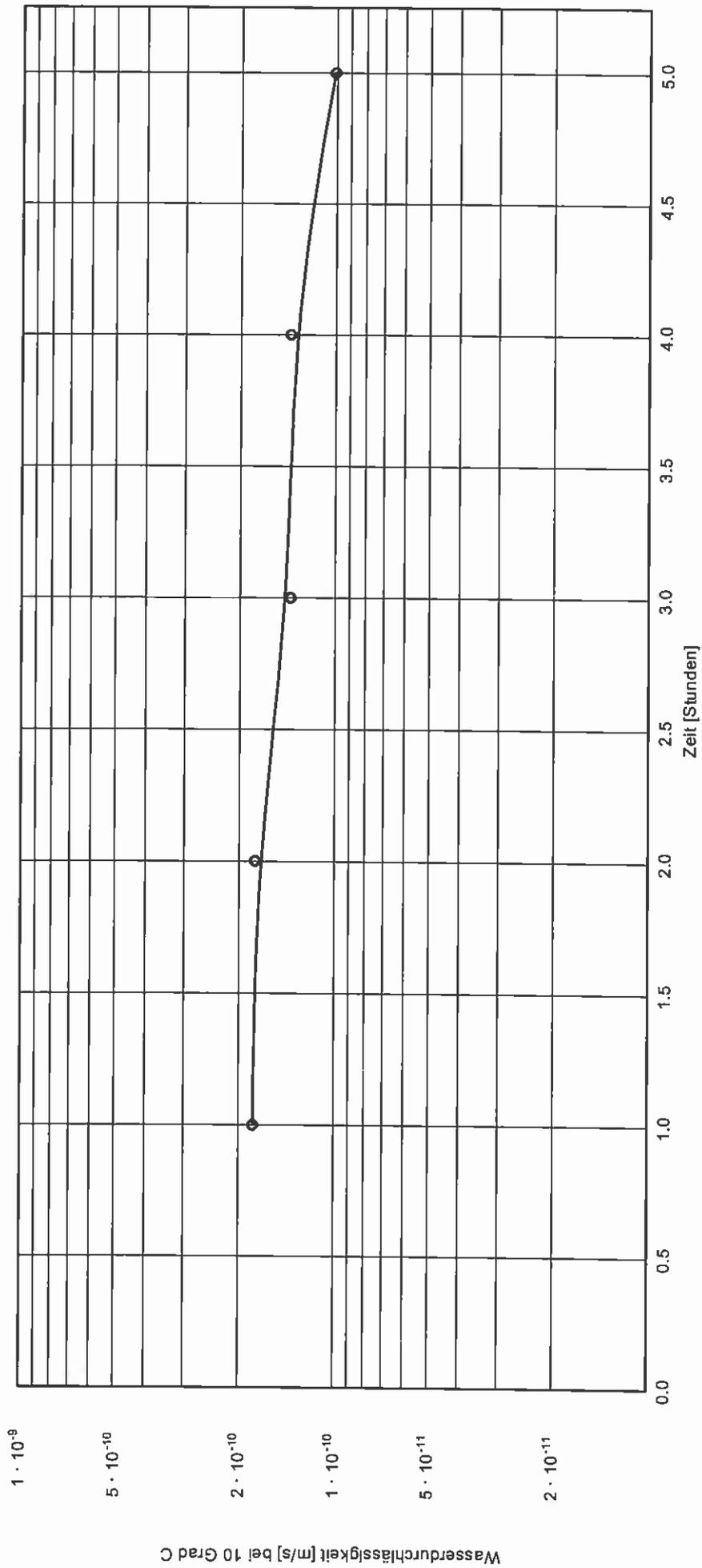
ihb GmbH
 Albrechtstraße 29
 72072 Tübingen
 Tel.: 07071/76760

Bearbeiter: Fundinger

Datum: 28.06.2017

Durchlässigkeitsversuch "Waldorfer Wasen III" Pliezhausen-Gniebel

Probenbezeichnung: G-4
 Probenahme am: 01.06.2017
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: fallende Druckhöhe



Projekt-Nr.:
 I 171002
 Anlage:

Bemerkungen
 Versuchsdurchführung nach
 DIN 18130 - ZY - ES - ST - 3
 Durchströmung von unten nach oben

Bodenart: Lösslehm

Entnahmetiefe: 2,00 m

Entnahmestelle: SG-3

k [m/s] $1.0 \cdot 10^{-10}$



Anlage 6

Körnungsband Homogenbereich B nach DIN 18300

ihb GmbH
 Albrechtstraße 29
 72072 Tübingen
 Tel.: 07071/76760

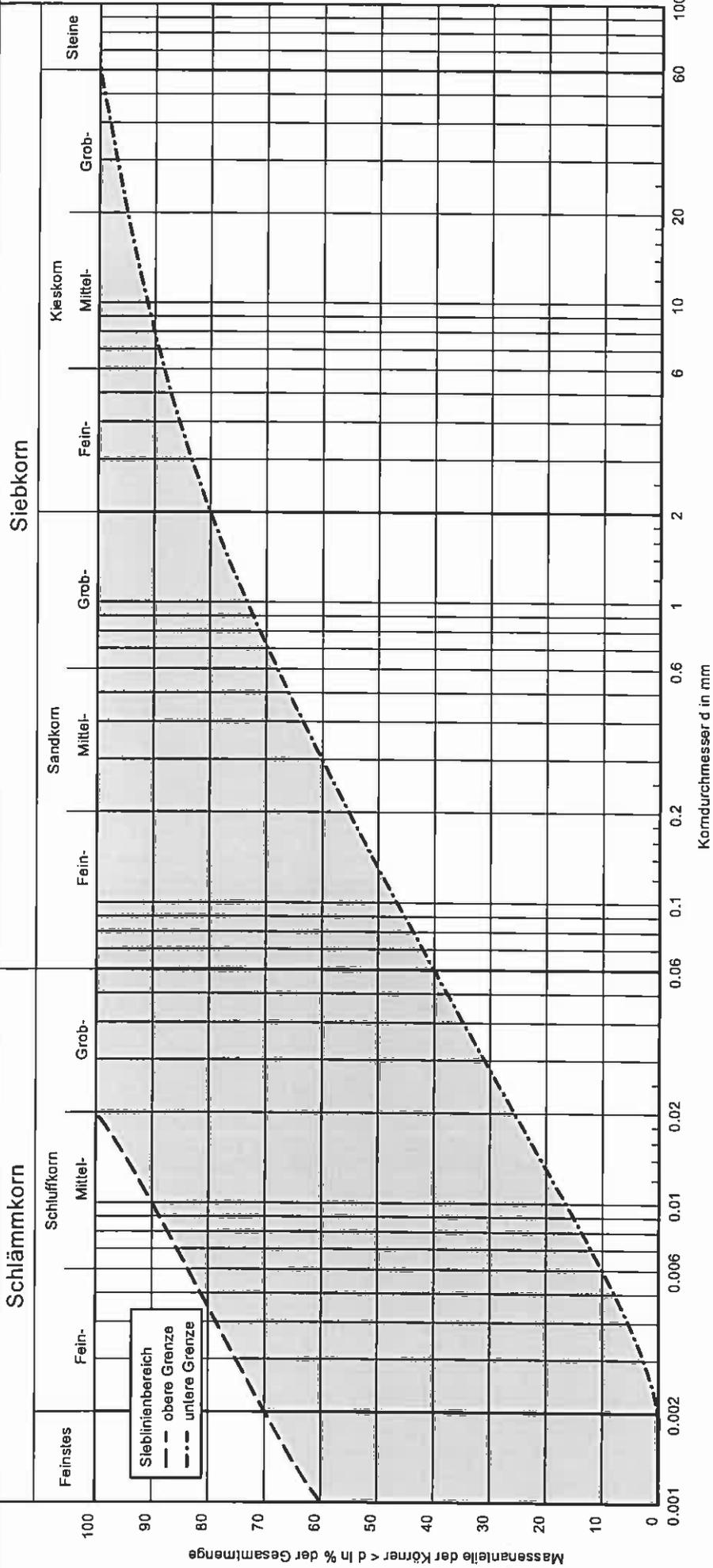
Bearbeiter: Fundinger Datum: 03.07.2017

Körnungsband

Homogenbereich B nach DIN 18300

Löß- und Liaslehm (bindige Böden)

Probenbezeichnung:
 Probe entnommen am:
 Art der Entnahme:
 Arbeitsweise: Sieb- und Schlämmanalyse



Projekt-Nr.:
 I 171002
 Anlage:

Bemerkungen:

Bezeichnung:	
Entnahmestelle:	
Entnahmetiefe:	
k [m/s] (Hazen):	
U/Cc:	
Bodenart:	
T/U/S/G [%]:	
nach DIN 18 196:	