

Baugrund
Boden- und Felsmechanik
Geotechnik
Hydrogeologie
Altlastensanierung
Umweltgeologie



**Ingenieur- und
Hydrogeologisches
Büro GmbH & Co. KG**

**Baugrund- und Gründungsgutachten
Gemeinschaftsschuppen
in Hohenstein-Eglingen**



Auftraggeber:

Gemeinschaftsschuppen Eglingen
Dietmar Heinrich
Schloßstraße 45/1

72531 Hohenstein

Auftragnehmer:

ihb GmbH & Co. KG
Albrechtstraße 29

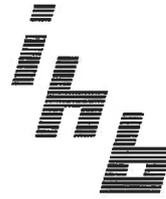
72072 Tübingen

Projekt-Nummer: I 240603

Februar 2024

Registergericht Stuttgart HRB 787836

Baugrund
Boden- und Felsmechanik
Geotechnik
Hydrogeologie
Altlastensanierung
Umweltgeologie



**Ingenieur- und
Hydrogeologisches
Büro GmbH & Co. KG**

ihb GmbH & Co. KG • Albrechtstraße 29 • 72072 Tübingen

Gemeinschaftsschuppen
Dietmar Heinrich
Schloßstraße 45/1

72531 Hohenstein

Geschäftsführer

M.Sc. Moritz Fundinger

Albrechtstraße 29

72072 Tübingen

Tel. 0 70 71 / 76 76 0

E-Mail:

m.fundinger@ihb-tuebingen.de

Internet:

<https://www.ihb-tuebingen.de/>

Tübingen, den 22.02.2024

**Baugrund- und Gründungsgutachten
Gemeinschaftsschuppen
in Hohenstein-Eglingen**

Projekt-Nr. I 240603

ihb GmbH & Co. KG
Kommanditgesellschaft
Sitz Tübingen
Amtsgericht Stuttgart
HRA 739856

persönlich haftende Gesellschafterin
ihb Verwaltungs GmbH
HRB 787836
Geschäftsführer
M.Sc. Moritz Fundinger



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Allgemeines	4
2 Durchgeführte Untersuchungen	5
2.1 Schürfgruben	6
2.2 Schürfgrubenversickerungsversuche	7
2.3 Rammsondierungen.....	8
2.4 Bodenmechanische Untersuchungen.....	9
3 Grundwasserverhältnisse.....	11
4 Homogenbereiche nach VOB Teil C	11
5 Bodenmechanische Kennwerte.....	13
6 Gründungstechnische Folgerungen	14
6.1 Baugrubenerstellung und Wasserhaltung.....	16
6.2 Generelle Hinweise zur Bauausführung	16
7 Zusammenfassung.....	19
8 Abschließende Bemerkungen	20

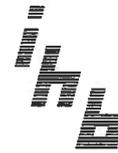


TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 1	Ergebnisse der Schürfgruben 6
Tabelle 2	Ergebnisse der Schürfversickerungsversuche nach <i>MAROTZ</i> 8
Tabelle 3	Glühverluste der Bodenproben 9
Tabelle 4	Ergebnisse der Konsistenzuntersuchungen 10
Tabelle 5	Ergebnisse der Korngrößenverteilung 10
Tabelle 6	Homogenbereiche nach DIN 18300 12
Tabelle 7	Bodenmechanische Kennwerte der anstehenden Schichten 13

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1	Lagepläne
Anlage 2	Schichtenprofile der Schürfgruben SG-1 bis SG-6
Anlage 3	Rammdiagramme der Rammsondierungen RS-1 und RS-2
Anlage 4	Systemschnitt mit Untersuchungsergebnissen
Anlage 5	Ergebnisse der Konsistenzuntersuchungen
Anlage 6	Ergebnisse der Korngrößenverteilung
Anlage 7	Beispielberechnungen Streifenfundamente



1 Allgemeines

Die **Wolf System GmbH** (Osterhofen) plant für die Bauherren der **Schuppengemeinschaft Eglingen** beim „Hartweg“ in Hohenstein-Eglingen den Neubau von zwei benachbarten Schuppen. Bei dem Grundstück mit der **Flurstücksnummer 389** handelt es sich um eine nahezu ebene, leicht nach Süden einfallende Ackerfläche (s. **Deckblatt**).

Die geplanten Gebäude weisen eine ungefähre Abmessung von 50 m x 14 m auf. Das Regenwasser soll im Süden über Versickerungsmulden in den Untergrund versickern. Nach Auskunft der Bauherren liegt die **FFH** des westlichen Schuppens Teil A bei **738,31 m NN** und die **FFH** des östlichen Schuppens Teil B bei **737,66 m NN**. Angaben über auftretende Lasten liegen derzeit noch nicht vor.

Das **ihb** wurde von der **Schuppengemeinschaft Eglingen** beauftragt, die Baugrundverhältnisse geotechnisch zu erkunden und ein Baugrund- und Gründungsgutachten für das geplante Bauvorhaben zu erstellen. Eine altlastenrelevante Bewertung des anstehenden Untergrundes war jedoch nicht Gegenstand der Beauftragung.

Zur Bearbeitung des Auftrages standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Bestands- und Maßnahmeplan im Maßstab 1 : 500, gefertigt von dem **Ingenieurbüro Menz** (Tübingen) am 29.01.2024
- Vorentwurf „Erweiterung Schuppensondergebiet SO2“ im Maßstab 1 : 500, gefertigt vom **Architekturbüro Künster** (Reutlingen) am 27.02.2024
- Grundrisse, Ansichten und Schnitte im Maßstab 1 : 100, gefertigt von dem **Ingenieurbüro Wolf System GmbH** (Osterhofen) am 23.11.2023
- Geologische Karte von Baden-Württemberg, **Blatt 7622 - Hohenstein**, herausgegeben vom Geologischen Landesamt Baden-Württemberg 1994

Nach der Geologischen Karte lagern im Untersuchungsgebiet unter Schwemmliehmablagerungen die Schichten der „unteren Massenkalk“ (Weißer Jura).

Das Bauvorhaben befindet sich in der Wasserschutzgebietszone III und IIIA.



2 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung der Untergrund- und Grundwasserverhältnisse wurden am 15.02.2024 insgesamt sechs Schürfgruben (**SG-1** bis **SG-6**) bis in eine maximal ausführbare Tiefe von 3,90 m unter Gelände (**GOK**) angelegt. Zur Ermittlung der möglichen Versickerung im Bereich der geplanten Versickerungsmulden wurden in den Schürfgruben **SG-5** und **SG-6** Schürfversickerungsversuche durchgeführt. Der in den Schürfgruben angetroffene Schichtaufbau wurde durch das **ihb** geologisch und bodenmechanisch aufgenommen.

Zusätzlich zu den Schürfgruben wurden zur Feststellung der Lagerungsdichte des Untergrundes zwei Rammsondierungen **RS-1** und **RS-2** mit der schweren Rammsonde (**DPH**) innerhalb der geplanten Schuppen durchgeführt.

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 Baugrundstücks 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. In der **Anlage 3** sind die Ergebnisse der Rammsondierungen in Form von Rammdiagrammen wiedergegeben. Einen Überblick über die Untergrundverhältnisse gibt der Systemschnitt in der **Anlage 4**.

Die Einmessung der Untersuchungspunkte nach Lage und Höhe erfolgte durch die Bau-firma **Josef Rudolf e.K.** (Hohenstein).



2.1 Schürfgruben

Unter dem 40 cm starken, humosen, schwach kiesig-steinigen **Mutterboden** folgt ein unterschiedlich mächtiger, brauner bis dunkelbrauner, meist tonig-schluffiger bis bereichsweise kiesig-steiniger **Schwemmlehm** mit steifer Konsistenz. Der Schwemmlehm geht teilweise fließend in einen stark tonigen, steinigen bis blockigen, steifen **Ablehm** über. Unter dem Schwemmlehm und dem Ablehm lagern hellbraune bis braune, **aufgelöste, zersetzte** bis **verwitterte Kalksteine-** und **Blöcke** in tonig- bis stark toniger, steifer Matrix.

Schicht- oder Hangwasserzutritte konnten in den Schürfgruben bis zum Verfüllen nicht festgestellt werden.

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

Tabelle 1:
Ergebnisse der Schürfgruben

Aufschluss	Oberboden [bis m]	Schwemmlehm [bis m]	Ablehm [bis m]	aufgelöste Kalksteine [ab m NN]
SG-1	0,40	1,10	-	736,57
SG-2	0,40	1,30	2,00	736,31
SG-3	0,40	2,20	> 3,90	-
SG-4	0,40	1,80	> 2,60	-
SG-5	0,40	1,30	-	737,11
SG-6	0,40	1,10	-	736,30



2.2 Schürfgrubenversickerungsversuche

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.

Zur Erkundung der Versickerungsfähigkeit von Regenwasser im Bereich der geplanten Versickerungsanlagen wurden zwei Sickerversuche in den Schürfgruben **SG-5** und **SG-6** jeweils in den zersetzten bis verwitterten Kalksteinen nach **MAROTZ** (1968) durchgeführt.

Dabei handelt es sich um einen Auffüllversuch, bei dem der Wasserstand in der Schürfgrube auf einem Niveau gehalten und die Schüttmenge pro Zeit bestimmt wird. Daraus lässt sich der Durchlässigkeitsbeiwert des Untergrundes ermitteln.

Der durchgeführte Versuch in der Schürfgrube **SG-5** ergab einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 2,86 \times 10^{-5} \text{ m/s}$. Der ermittelte ungesättigte Durchlässigkeitsbeiwert beträgt $k_{fu} = 1,43 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

In der Schürfgrube **SG-6** ergaben sich Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f = 1,67 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ und $k_{fu} = 8,34 \times 10^{-5} \text{ m/s}$. Die Ergebnisse des Versuchs sind in der nachfolgenden **Tabelle 2** aufgelistet.

Damit ist der Untergrund in den untersuchten Schürfgruben **SG-5** und **SG-6** nach dem **Arbeitsblatt DWA-A 138** als **versickerungsfähig** zu klassifizieren.

Tabelle 2:

Ergebnisse der Schürfversickerungsversuche nach MAROTZ

Schürfgrube	SG-5	SG-6
Länge [m]	2,30	2,10
Breite [m]	1,00	1,00
Tiefe [m]	1,60	1,50
Wasserstand im Schurf [m]	0,15	0,15
Grundwasserflurabstand [m]	10,00	10,00
Schüttmenge [l]	60,00	320,00
Zeit t [s]	3600	3600
Schüttung [m ³ /s]	1,67 x 10 ⁻⁵	8,89 x 10 ⁻⁵
Durchlässigkeitsbeiwert (ungesättigt) k_{ru} [m/s]	1,43 x 10 ⁻⁵	8,34 x 10 ⁻⁵
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	2,86 x 10 ⁻⁵	1,67 x 10 ⁻⁴

2.3 Rammsondierungen

Bei Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (**DPH - dynamic probing heavy**) handelt es sich um eine indirekte Erkundungsmethode nach einem genormten Verfahren (**DIN EN ISO 22476-2**), bei dem ein Stab mit verdickter Spitze (Querschnitt von **15 cm²**) durch ein Fallgewicht (**50 kg**) mit gleichbleibender Fallhöhe (**50 cm**) in den Untergrund eingerammt wird. Die sich ergebenden Schlagzahlen für eine Eindringtiefe von 10 cm (**N₁₀**) sind ein Maß für den Eindringwiderstand und lassen Rückschlüsse auf das Verformungs- und Festigkeitsverhalten des Untergrundes zu.

Wie die Rammdiagramme in der **Anlage 3** zeigen, werden in den Rammsondierungen meist Schlagzahlen von $N_{10} \leq 5$ Schläge bis 10 Schläge/10 cm Eindringtiefe ermittelt, die für eine maximal steife Konsistenz des Schwemm- und Ablehms sprechen. Schlagzahlen von $N_{10} \geq 10$ Schläge/10 cm Eindringtiefe werden durch Steine und Blöcke in dem Ablehm hervorgerufen. Die deutlich höheren Schlagzahlen weisen auf verwitterten bis festen Kalkstein hin.

2.4 Bodenmechanische Untersuchungen

Für die bodenmechanische Beurteilung der anstehenden Böden wurden aus den Schürfundgruben Bodenproben entnommen und im bodenmechanischen Labor des **ihb** untersucht. Für die Klassifizierung der Böden wurden an insgesamt drei Proben aus dem Schwemm- und Ablehm die Konsistenzgrenzen nach **DIN 18122** und an einer Probe aus den aufgelösten bis verwitterten Kalksteinen die Korngrößenverteilung nach **DIN 18123** bestimmt.

Darüber hinaus wurden für die Zuordnung der Konsistenz an weiteren Bodenproben die natürlichen Wassergehalte nach **DIN 18121** ermittelt, und für die Angaben der Eigenschaften der Homogenbereiche an drei Proben der Glühverlust nach **DIN 18128** bestimmt.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den nachfolgenden **Tabellen 3 bis 5** und in den **Anlagen 5 und 6** wiedergegeben.

Wie die Untersuchungsergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen zeigen, handelt es sich bei dem untersuchten **Schwemmlehm** um einen steifen, ausgeprägt plastischen Ton und bei dem **Ablehm** um einen steifen, hochplastischen Ton, die beide nach **DIN 18196** der **Bodengruppe TA** zuzuordnen sind.

Die **aufgelösten bis verwitterten Kalksteine** sind als gemischtkörniger Boden anzusprechen und bei einem Feinkornanteil von kleiner 15 Gew.% nach **DIN 18196** der **Bodengruppe GU bzw. GT** zuzuordnen.

Tabelle 3:

Glühverluste der Bodenproben

Entnahmestelle	SG-1	SG-2	SG-3
Entnahmetiefe (m)	0,90	1,50	2,00
Bodenart	Schwemmlehm	Ablehm	Schwemmlehm
Glühverlust (%)	4,7	1,7	2,8



Tabelle 4:

Ergebnisse der Konsistenzuntersuchungen

Probenbezeichnung	E-1	E-3	E-4
Entnahmestelle	SG-1	SG-2	SG-3
Entnahmetiefe (m)	0,90	1,50	2,00
Bodenart	Schwemm lehm	Alblehm	Schwemm lehm
natürl. Wassergehalt (Gew.%)	30,3	35,7	29,2
Fließgrenze w_L	76,9	108,4	62,0
Ausrollgrenze w_P	28,8	26,6	25,3
Plastizitätszahl I_P	48,1	81,8	36,7
Konsistenzzahl I_c	0,97	0,89	0,89
Zustandsform	steif	steif	steif
Bodengruppe nach DIN 18196	TA	TA	TA

Tabelle 5:

Ergebnisse der Korngrößenverteilung

Probenbezeichnung	E-2
Entnahmestelle	SG-1
Entnahmetiefe (m)	2,80
Feinkornanteil (%)	14,4
Sandanteil (%)	3,0
Kiesanteil (%)	57,7
Steinanteil (%)	24,9
Bodengruppe nach DIN 18196	GU/GT



3 Grundwasserverhältnisse

Wie bereits in den vorstehenden Kapiteln angesprochen, konnten sowohl in den Schürfgruben, als auch in den Bohrlöchern der Rammsondierungen keine Schicht- oder Grundwasserzutritte festgestellt werden. Erfahrungsgemäß muss jedoch nach länger anhaltenden Niederschlägen mit Hang- und Sickerwasserzutritten gerechnet werden.

4 Homogenbereiche nach VOB Teil C

Nach der neuen **VOB Teil C** sind die angetroffenen Böden und Felsschichten anstelle der früher geltenden Bodenklassen 1 bis 7 entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in „Homogenbereiche“ zu unterteilen. Ein Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- und Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Gegebenenfalls sind umweltrelevante Inhaltsstoffe bei der Einteilung der Homogenbereiche zu berücksichtigen.

Bei den zu erwartenden Erdarbeiten handelt es sich überwiegend um einen Aushub, so dass entsprechend der **DIN 18300** für die im Untersuchungsgebiet anstehenden Bodenhorizonte die in der nachstehenden **Tabelle 6** aufgelisteten Homogenbereiche vorgeschlagen werden.

Bei den aufgeführten Eigenschaften und Kennwerten handelt es sich **nicht** um charakteristische Kennwerte für Berechnungen, sondern um mögliche Spannbreiten, die zur Abschätzung der Bearbeitbarkeit der Boden- und Felsschichten für die jeweiligen Baugeräte verwendet werden können.



Tabelle 6:
Homogenbereiche nach DIN 18300

	Homogenbereich A	Homogenbereich B	Homogenbereich C
Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Schwemm- und Alblehm	aufgelöste Kalksteine
Korngrößenverteilung	-	-	siehe Anlage 6
Massenanteile Steine [%]	< 15	< 30	< 60
Massenanteile Blöcke [%]	0	< 10	< 20
Massenanteile große Blöcke [%]	0	< 5	0
Dichte ρ [g/cm ³]	-	1,8 - 2,1	1,8 - 2,1
undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m ²]	-	< 200	-
Wassergehalt w [%]	-	< 40 (24,5 - 35,7)	< 20 (9,2)
Plastizitätszahl I_p [%]	-	< 90 (36,7 - 81,8)	-
Konsistenzzahl I_c	-	0,75 - 1,25 (0,89 - 0,97)	-
Lagerungsdichte	-	-	mitteldicht - dicht 0,45 - 0,90
organischer Anteil V_{gl} [%]	-	< 6 (1,7 - 4,7)	< 5
Bodengruppe nach DIN 18196	TL, TM, TA, OU, OT	TA	GU, GT, GU*/GT*
„alte“ Bodenklasse	1	5	3 - 5

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

	Homogenbereich D	Homogenbereich E
Ortsübliche Bezeichnung	verwitterter Kalkstein	Kalkstein
Benennung DIN EN ISO 14689	Kalkstein	Kalkstein
Dichte ρ [g/cm ³]	2,2 - 2,4	2,5 - 2,7
Verwitterung, Veränderlichkeit	verfärbt, veränderlich	frisch, nicht veränderlich
einaxiale Druckfestigkeit [MPa]	< 150	< 250
Trennflächenrichtung	söhlig, flach geneigt	söhlig, flach geneigt
Schichtflächenabstand	sehr dünn - dünn	dünn - mittel
Gesteinskörperform	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					
Schwemmlehm	18,5	8,5	15	10	4 - 8
Ablehm	18,5	8,5	15	10	3 - 5
aufgelöster Kalkstein	20 - 22	11 - 13	27,5 - 30	0 - 2	15 - 40
Weißer Jura					
Kalkstein, verwittert	21 - 23	11 - 13	30 - 35	0	50 - 100
Kalkstein	23 - 24	13 - 14	35 - 45	*	> 100

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

Gemäß der „Karte der Erdbebenzonen und Untergrundklassen für Baden-Württemberg“ befindet sich das Baugebiet in der **Erdbebenzone 3** und in der **Untergrundklasse R** (Gebiet mit felsartigem Gesteinsuntergrund). Nach der **DIN EN 1998-1/NA** (2011-01) ist der Baugrund der **Baugrundklasse A** zuzuordnen.

Sowohl der ausgeprägt plastische Schwemm-, als auch der Ablehm sind gering bis mittel frostempfindlich und in die **Frostempfindlichkeitsklasse F 2** einzustufen.

6 Gründungstechnische Folgerungen

Wie die Baugrunduntersuchungen zeigen, lagern im Baufeld unter dem **Mutterboden** unterschiedlich mächtige bindige **Deckschichten** aus einem hochplastischen **Schwemm-** und einem teils steinig-blockigem **Ablehm**, die von **aufgelösten**, **zersetzten** bis **verwitterten Kalksteinen** und **-Blöcken** unterlagert 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 stellen die bindigen **Deckschichten** einen sehr begrenzt tragfähigen und kompressiblen Baugrund dar, der nur zur Lastabtragung **geringer** Bauwerkslasten geeignet ist.

Darüber hinaus sind die hochplastischen **Schwemm-** und **Ablehme** als stark **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. 1,80 m unter Geländeoberkante. Zur Begegnung der Gefahr von Schrumpfsetzungen wird daher beim Auftreten dieser Böden generell eine **Mindestgründungstiefe** von **2,00 m** unter fertigem Gelände empfohlen.

Für die **aufgelösten Kalksteine** kann festgestellt werden, dass deren Tragfähigkeit in erster Linie vom Feinkornanteil (Korngröße $< 0,063$ mm) geprägt wird. Generell kann davon ausgegangen werden, dass Böden mit einem Feinkornanteil kleiner 15 Gew.%, entsprechend der **Bodengruppe GU** bzw. **GT** nach **DIN 18196**, einen **Korn-zu-Korn-Kontakt** aufweisen.

Wie die Untersuchungsergebnisse zeigen, weisen die aufgelösten, zersetzten Kalksteine einen Feinkornanteil von weniger als 15 Gew.% auf und stellen daher einen **tragfähigen Gründungshorizont** dar.



Nach den durchgeführten Setzungs- und Grundbruchberechnungen (**Anlage 7**) liegt die zulässige Bodenpressung für mittig belastete Streifenfundamente, die frostsicher in **1 m** Tiefe gegründet werden und **bewehrungsmäßig** mit der Bodenplatte verbunden sind, nach **DIN 1054 (2005-01)** bei $\sigma_{zul} \leq 120 \text{ kN/m}^2$. Dies entspricht einem Bemessungswert des Sohlwiderstands (design-Wert) von $\sigma_{R,d} = 168 \text{ kN/m}^2$ nach **DIN 1054 (2010-12)**. Die aus der Belastung auftretenden Setzungen liegen in Abhängigkeit von der Fundamentbreite bei **2,0 - 3,5 cm**.

Stehen im frostsicheren Gründungsbereich die **hochplastischen Deckschichten** an, müssen die Streifenfundamente schrumpfungssicher auf **2 m** unter Geländeoberkante vertieft werden.

Bei einer Gründung auf einer entsprechend dimensionierten Bodenplatte kann für die vorläufige Bemessung der Sohlplatte, die auf dem steifen **Schwemmlehm** und einer **30 cm** Schotterlage gegründet ist, von einem Bettungsmodul in einer Größenordnung von $k_{s,k} = 1,5 \text{ MN/m}^3$ ausgegangen werden. In den Randbereichen kann für die Kantenpressung der Bettungsmodul auf $k_{s,k} = 3,0 \text{ MN/m}^3$ erhöht werden.

Zur Verfestigung der Lasten muss die Bodenplatte auf einer mindestens **30 cm** starken Filter- bzw. Schottertragschicht aufliegen. Sofern die Tragschicht zur Grundwasserumläufigkeit dienen und kapillARBrechend ausgebildet sein soll, muss als Tragschicht ein Material ohne „Nullanteile“ (z.B. 2/45 mm oder 2/56 mm) verwendet werden.



6.1 Baugrubenerstellung und Wasserhaltung

Nach den vorliegenden Planunterlagen erhalten die Schuppen keine Unterkellerung, so dass mit keinem nennenswerten Baugrubenaushub gerechnet werden muss.

Generell können freie Baugrubenböschungen unter Beachtung der Richtlinien entsprechend den Maßgaben der **DIN 4124** ohne Wasserzutritt bis zu einer Böschungshöhe von 5 m in den aufgelösten Kalksteinen als Regelböschung mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ angelegt werden. Auch in den mindestens steifen, bindigen Deckschichten sollte aufgrund der Rutschungsempfindlichkeit der hochplastischen Tone der Böschungswinkel $\beta \leq 45^\circ$ eingehalten werden. Die übrigen Hinweise der **DIN 4124**, wie unbelastete Böschungskronen und die Neigung des angrenzenden Geländes, sind zu beachten.

Generell sind Bauwerke, die in gering durchlässigen Schichten 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.

6.2 Generelle Hinweise zur Bauausführung

Um eine nachträgliche Aufweichung des Erdplanums zu verhindern, sollte eine Profilierung des Geländes erfolgen, so dass durch ein entsprechendes Gefälle bzw. Dachprofil die Entwässerung des Rohplanums auch im Bauzustand gewährleistet ist. Die hierdurch erforderliche Massenmehrung des Tragschichtmaterials ist unvermeidbar.

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. Im Bereich der durchgeführten Schürfgrubenversickerungsversuche ist der Untergrund als **versickerungsfähig** einzustufen. Eine Versickerung in den bindigen Deckschichten ist nicht möglich ist.

Hinsichtlich der Arbeitsraumverfüllung muss angemerkt werden, dass bei bindigen Erdstoffen selbst bei guter Verdichtung Setzungen in einer Größenordnung von 1 - 2% der Schütthöhe auftreten, welche im Bereich von Grünflächen in Kauf genommen werden können.

Unter befestigten Flächen empfiehlt es sich jedoch, die Arbeitsraumverfüllung mit Schotter- oder Siebschuttmaterial auszuführen. Generell muss die Verfüllung der Arbeitsräume entsprechend **ZTV E-StB 17** mit einem Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100\%$ Proctordichte erfolgen.

Für die Auflagerung höher belasteter Bodenplatten wird in Hallen üblicherweise auf der Tragschicht ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 80 - 120 \text{ MN/m}^2$ gefordert. Damit dies erreicht werden kann, muss auf dem Erdplanum eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ vorhanden sein und je nach Anforderung eine Tragschicht von 20 - 30 cm aufgebracht werden.

Zum Erreichen der geforderten Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Erdplanum sind gesonderte Maßnahmen in Form einer **Bodenverbesserung** mit hydraulischem Bindemittel oder eines zusätzlichen **Bodenaustausches** erforderlich.

Im Fall eines Bodenaustausches, bei dem die ungebundene Tragschicht entsprechend dem tatsächlich vorhandenen Verformungsmodul des Untergrundes verstärkt wird, muss bei der abgeschätzten Größenordnung des Verformungsmoduls der bindigen Deckschichten von $E_{v2} = 10 \text{ MN/m}^2$ nach einschlägigen Diagrammen mit einem zusätzlichen Bodenaustausch in einer Größenordnung von **40 cm** gerechnet werden.

Die endgültige Dimensionierung des erforderlichen Bodenaustausches muss durch Plattendruckversuche 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.



Alternativ können die bindigen Deckschichten mit Bindemittel verbessert werden. Da es bei der **Bodenverbesserung** mittels hydraulischem Bindemittel 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.

Um die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Erdplanum zu erreichen, darf eine Mindestbindemittelmenge von **2%** nicht unterschritten werden. Für eine ausreichende Krümelbildung sollte in dem plastischen Schwemmlehm **DOROSOL C 70** verwendet werden.

Für die Ausschreibung kann von einer Zugabemenge von **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.

Auf dem entweder durch Bodenaustausch oder mit Bindemittel verbesserten Erdplanum muss ein frostsicherer Schotteraufbau von mindestens **50 cm** erfolgen.

Die Auflagerung der Bodenplatten muss auf einer kapillarbrechenden Filter- und Ausgleichsschicht von 20 cm erfolgen. Als Material wird ein kornabgestuftes, frostsicheres Mineralgemisch (z. B. Schotter-Splitt-Gemisch der Körnung 2/32 oder 2/45 mm) empfohlen.

Zur Einhaltung der Filterstabilität muss bei bindigen Böden im Erdplanum zwischen dem Erdplanum und der kapillarbrechenden Filterschicht zusätzlich ein reißfestes Geotextil (Filtervlies) eingelegt werden. Vor dem Betonieren der Bodenplatte muss die Oberfläche der Filterschicht zusätzlich durch eine Folie geschützt werden.

Der Einbau von Fremdmaterial hat generell lagenweise und verdichtet, entsprechend den einschlägigen Normen und den erdbautechnischen Vorschriften der **ZTV E-StB 17** zu erfolgen.



7 Zusammenfassung

Der Baugrund im Bereich der geplanten Gemeinschaftsschuppen besteht unter dem 40 cm starken **Oberboden** aus einem unterschiedlich mächtigen, steifen, hochplastischen Schwemm- und Ablehm, der von **aufgelösten, zersetzten bis verwitterten Kalksteine- und Blöcken** in toniger Matrix unterlagert wird. Grund- oder Schichtwasserzutritte konnten in den Baugrundaufschlüssen nicht festgestellt werden.

Bei einer frostsicheren 1 m tiefen Gründung der Schuppen auf Streifenfundamenten, die **bewehrungsmäßig** mit der Bodenplatte verbunden sind, liegt die nach den durchgeführten Setzungs- und Grundbruchberechnungen zulässige Bodenpressung nach **DIN 1054** (2005-01) bei $\sigma_{zul} \leq 120 \text{ kN/m}^2$. Dies entspricht einem Bemessungswert des Sohlwiderstands (design-Wert) von $\sigma_{R,d} = 168 \text{ kN/m}^2$ nach **DIN 1054** (2010-12). Die aus der Belastung auftretenden Setzungen liegen in Abhängigkeit von der Fundamentbreite bei **2,0 - 3,5 cm**.

Stehen im frostsicheren Gründungsbereich die **hochplastischen Deckschichten** an, müssen die Streifenfundamente schrumpfungssicher auf **2 m** Tiefe unter Geländeoberkante vertieft werden.

Bei einer Gründung auf einer entsprechend dimensionierten Bodenplatte kann für die vorläufige Bemessung der Sohlplatte, die auf dem steifen **Schwemmlehm** und einer **30 cm** Schotterlage gegründet ist, von einem Bettungsmodul in einer Größenordnung von $k_{s,k} = 1,5 \text{ MN/m}^3$ ausgegangen werden. In den Randbereichen kann für die Kantenpressung der Bettungsmodul auf $k_{s,k} = 3,0 \text{ MN/m}^3$ erhöht werden.

Nach den durchgeführten Schürfgrubenversickerungsversuchen in den Schürfgruben **SG-5** und **SG-6** ist der Untergrund im angegebenen Bereich als **versickerungsfähig** einzustufen.

Zum Erreichen der geforderten Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Erdplanum sind gesonderte Maßnahmen in Form einer **Bodenverbesserung** mit hydraulischem Bindemittel oder eines zusätzlichen **Bodenaustausches** erforderlich.

8 Abschließende Bemerkungen

Die Untergrundverhältnisse für die geplanten Gemeinschaftsschuppen auf dem **Flurstück 389** beim „Hartweg“ in Hohenstein-Eglingen wurden anhand der durchgeführten Untersuchungen beschrieben und beurteilt. Die Angaben beziehen sich daher auf die Untersuchungsstellen. Aufgrund von Inhomogenitäten in den Untergrundverhältnissen können lokale Abweichungen von den Befunden nicht ausgeschlossen werden. Bei Abweichungen können die flächig aufgeschlossenen Untergrundverhältnisse erneut begutachtet werden. Sofern Unklarheiten auftreten, sollte der Gutachter bei der Festlegung der ersten Gründungssohlen hinzugezogen werden.

Es wird eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten empfohlen. Hierbei müssen die bei den Gründungsarbeiten 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 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.

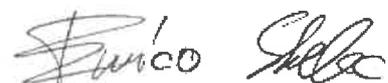
Tübingen, den 22. Februar 2024

ihb GmbH & Co. KG



M.Sc. Moritz Fundinger

Sachbearbeiter



M.Sc. Enrico Skrlec



Anlage 1

Lagepläne

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

Gemeinschaftsschuppen in Hohenstein-Eglingen

Bericht Nr.: I 240603

Sichthöhe: 1470 m

Luftbild des Untersuchungsgebietes



Lageplan der

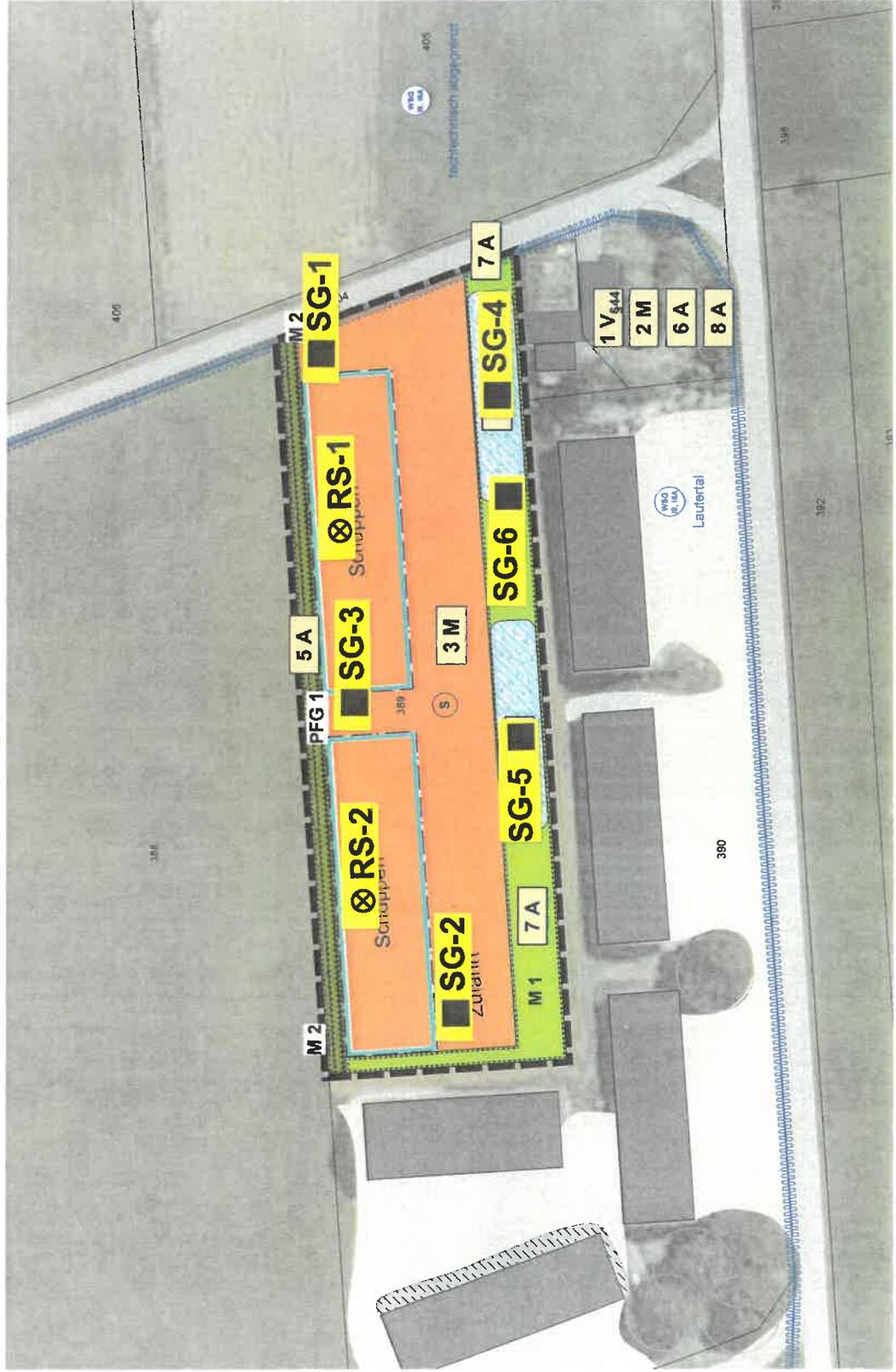
Untersuchungspunkte

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

Gemeinschaftsschuppen in Hohenstein-Eglingen

Bericht Nr.: I 240603

Maßstab: 1 : 1.000





Anlage 2

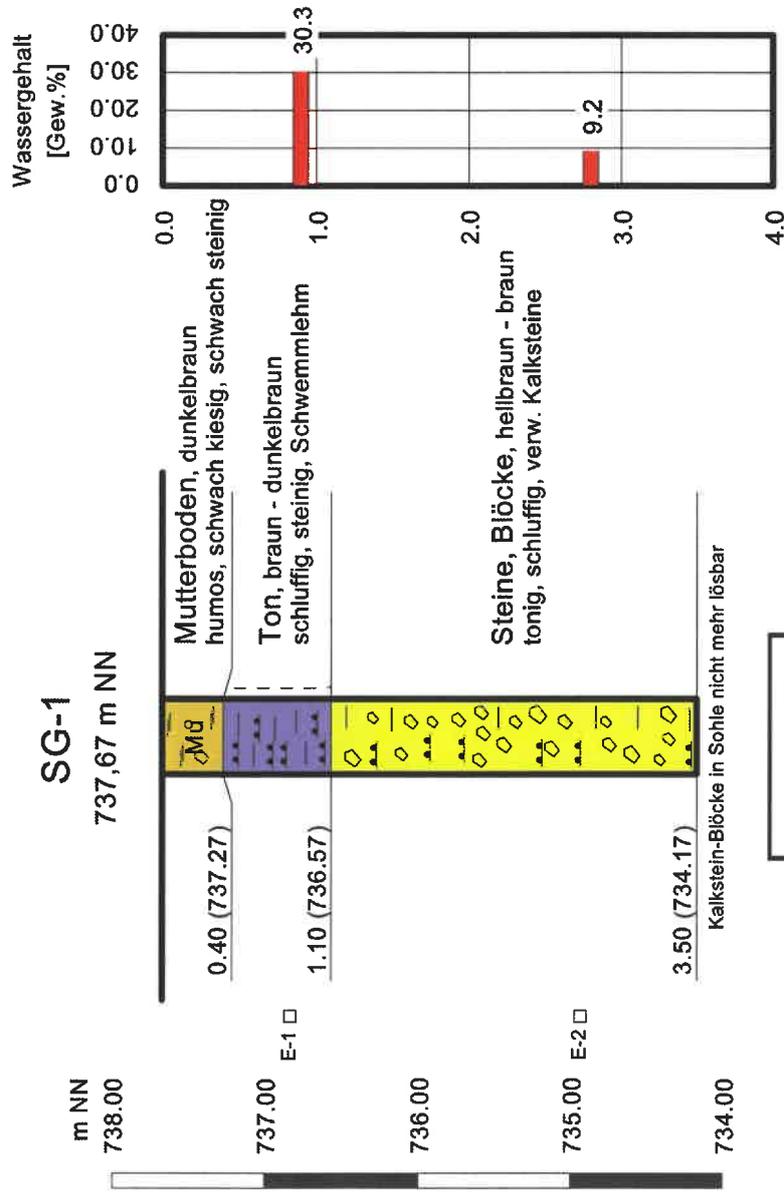
Schichtenprofile der Schürfguben SG-1 bis SG-6

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

Gemeinschaftsschuppen in Hohenstein-Eglingen

Bericht Nr.: I 240603

Maßstab: 1 : 50



Legende

□ steif

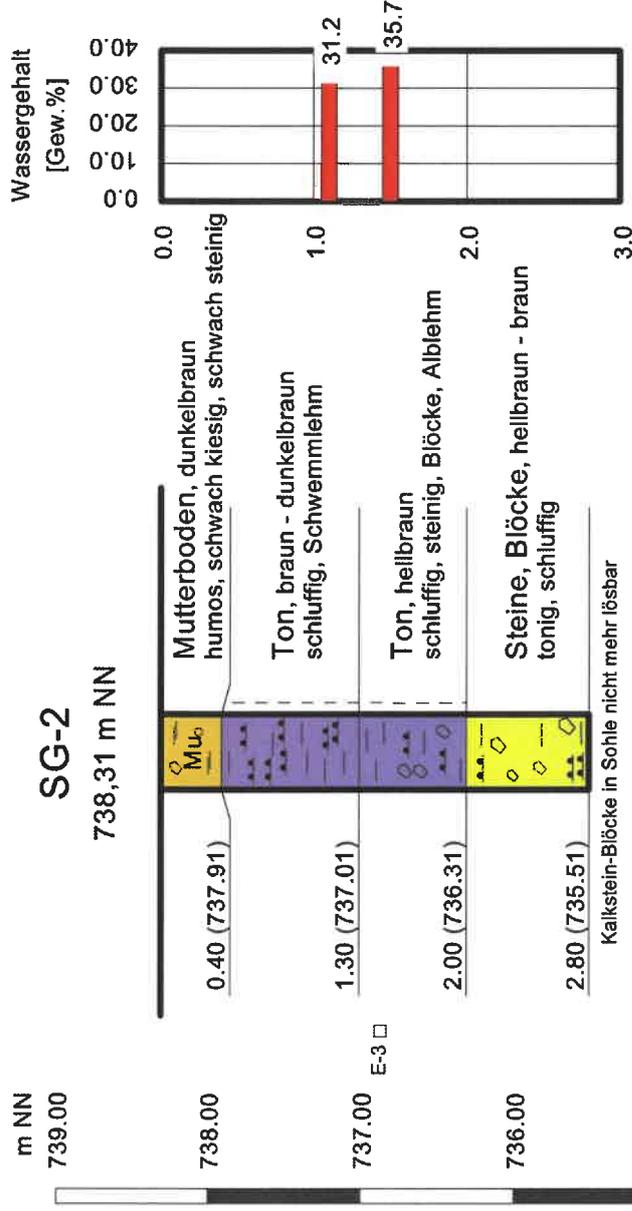
ihb GmbH & Co. KG
 Albrechtstraße 29
 72072 Tübingen
 Tel.: 07071 - 76760

Gemeinschaftsschuppen

in Hohenstein-Eggingen

Bericht Nr.: I 240603

Maßstab: 1 : 50



Legende
 steif

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

Gemeinschaftsschuppen in Hohenstein-Eglingen

Bericht Nr.: I 240603

Maßstab: 1 : 50

m NN
 739.00

SG-3

738,20 m NN

738.00

0.40 (737.80)

Mutterboden, dunkelbraun
 humos, schwach steinig

737.00

Ton, braun - dunkelbraun
 schluffig, Schwemmléhm

E-4 □

736.00

2.20 (736.00)

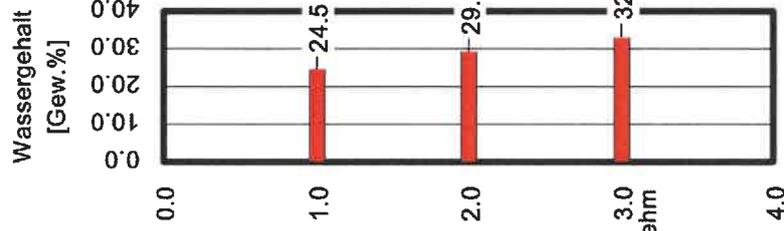
Ton, hellbraun
 schluffig, stark steinig, Blöcke, Alblehm

735.00

3.90 (734.30)

Kalkstein-Blöcke in Sohle nicht mehr lösbar

734.00



Legende

steif

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

Gemeinschaftsschuppen

in Hohenstein-Eglingen

Bericht Nr.:

I 240603

Maßstab:

1 : 50

m NN

738.00

SG-4

737,20 m NN

737.00



Mutterboden, dunkelbraun
 humos, schwach kiesig, schwach steinig

Ton, braun - dunkelbraun
 schluffig, kiesig, steinig, Schwemmlehm

Ton, hellbraun
 schluffig, schwach steinig, Alblehm

1.80 (735.40)

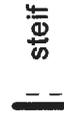
2.60 (734.60)

Schürfgrube für Versickerungsversuch

734.00



Legende



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

Gemeinschaftsschuppen

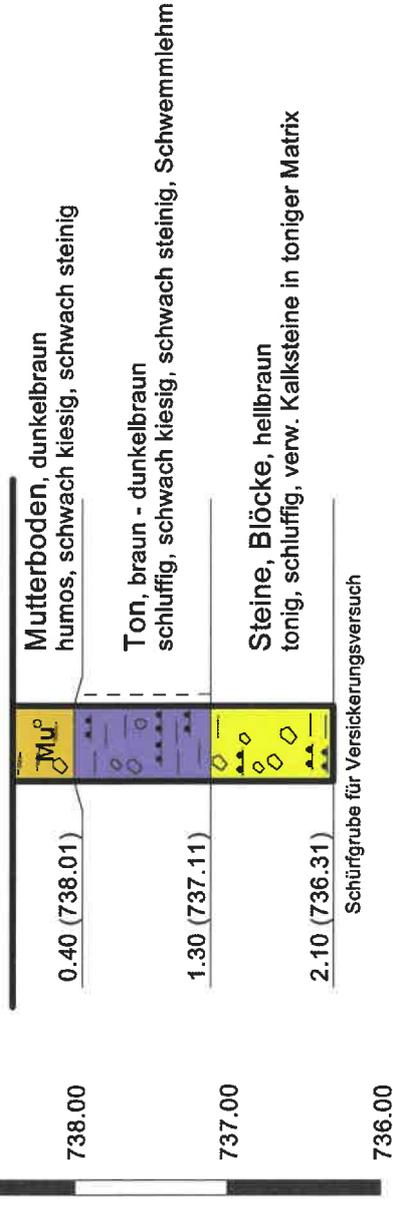
in Hohenstein-Eglingen

Bericht Nr.: I 240603

Maßstab: 1 : 50

m NN
 739.00

SG-5
 738,41 m NN

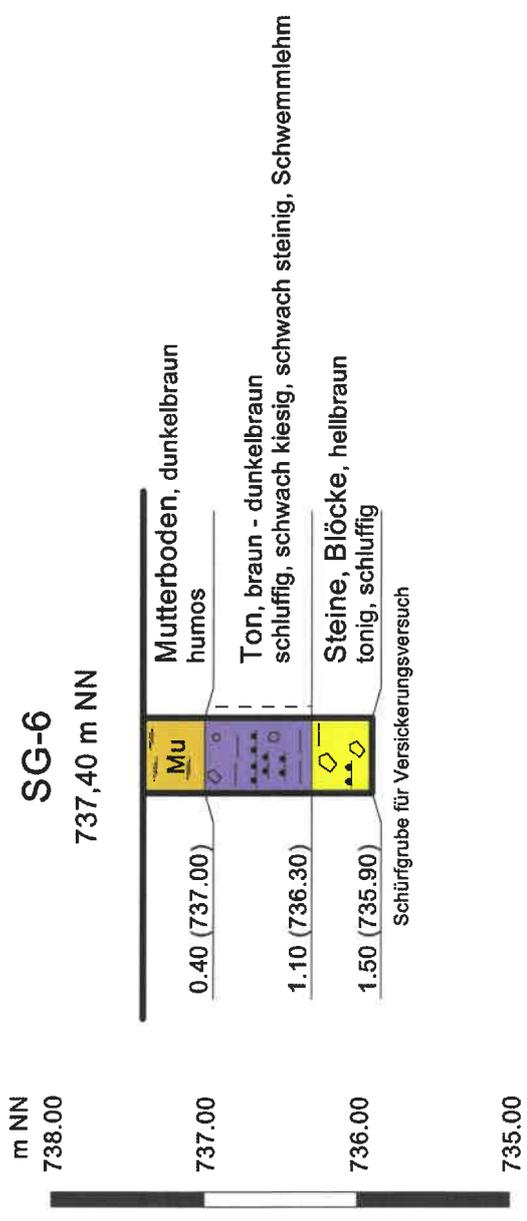


Legende

steif



ihb GmbH & Co. KG Albrechtstraße 29 72072 Tübingen Tel.: 07071 - 76760	Gemeinschaftsschuppen in Hohenstein-Eglingen		Bericht Nr.: I 240603
			Maßstab: 1 : 50



Legende

steif

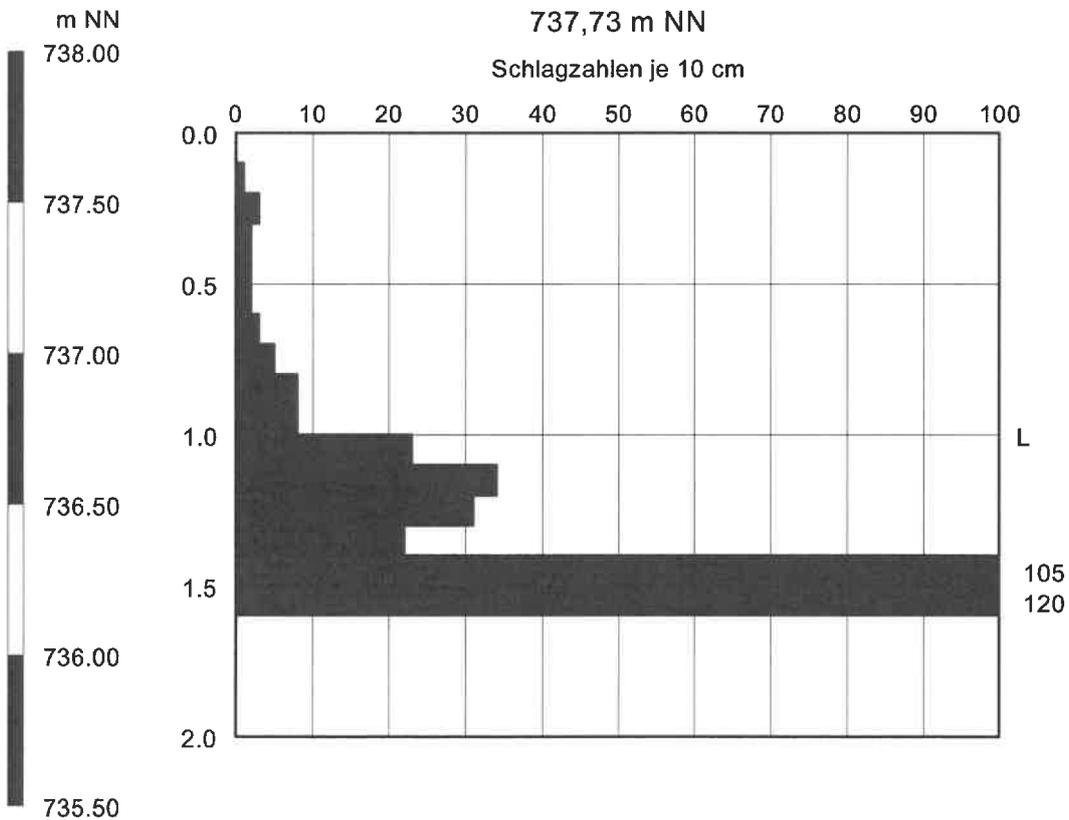


Anlage 3

Rammdiagramme der Rammsondierungen RS-1 und RS-2

RS-1 (DPH)

737,73 m NN

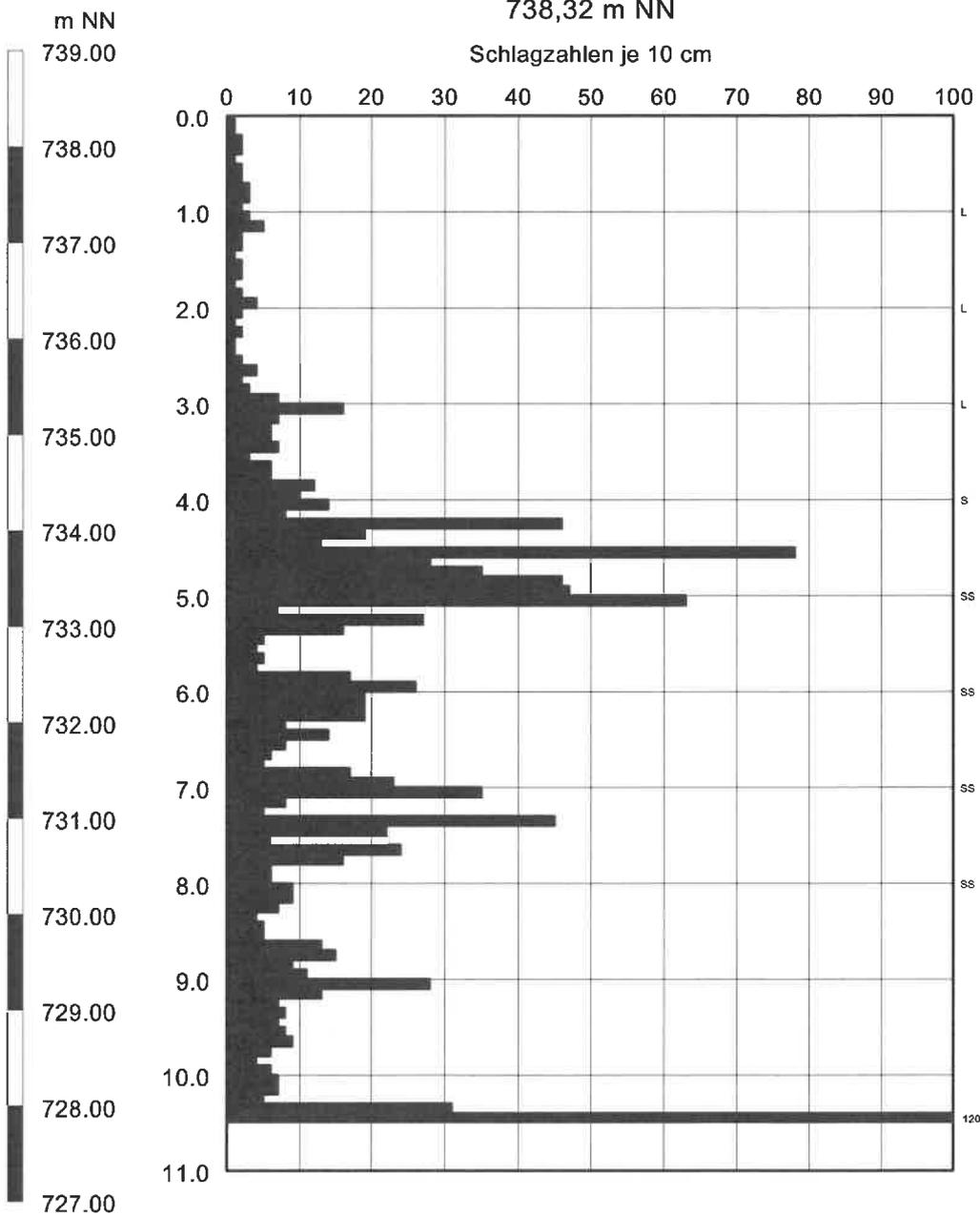


Drehbarkeit des Gestänges

- L = leicht
- M = mittel
- S = schwer
- SS = sehr schwer
- ND = nicht drehbar

RS-2 (DPH)

738,32 m NN



Drehbarkeit des Gestänges
L = leicht
M = mittel
S = schwer
SS = sehr schwer
ND = nicht drehbar

Geschäftsführer
M.Sc. Moritz Fündinger

Albrechtstraße 29
72072 Tübingen
Tel. 07071 / 76760
www.ihb-tuebingen.de



**Ingenieur- und
Hydrogeologisches
Büro GmbH & Co. KG**

Anlage 4

Systemschnitt mit Untersuchungsergebnissen

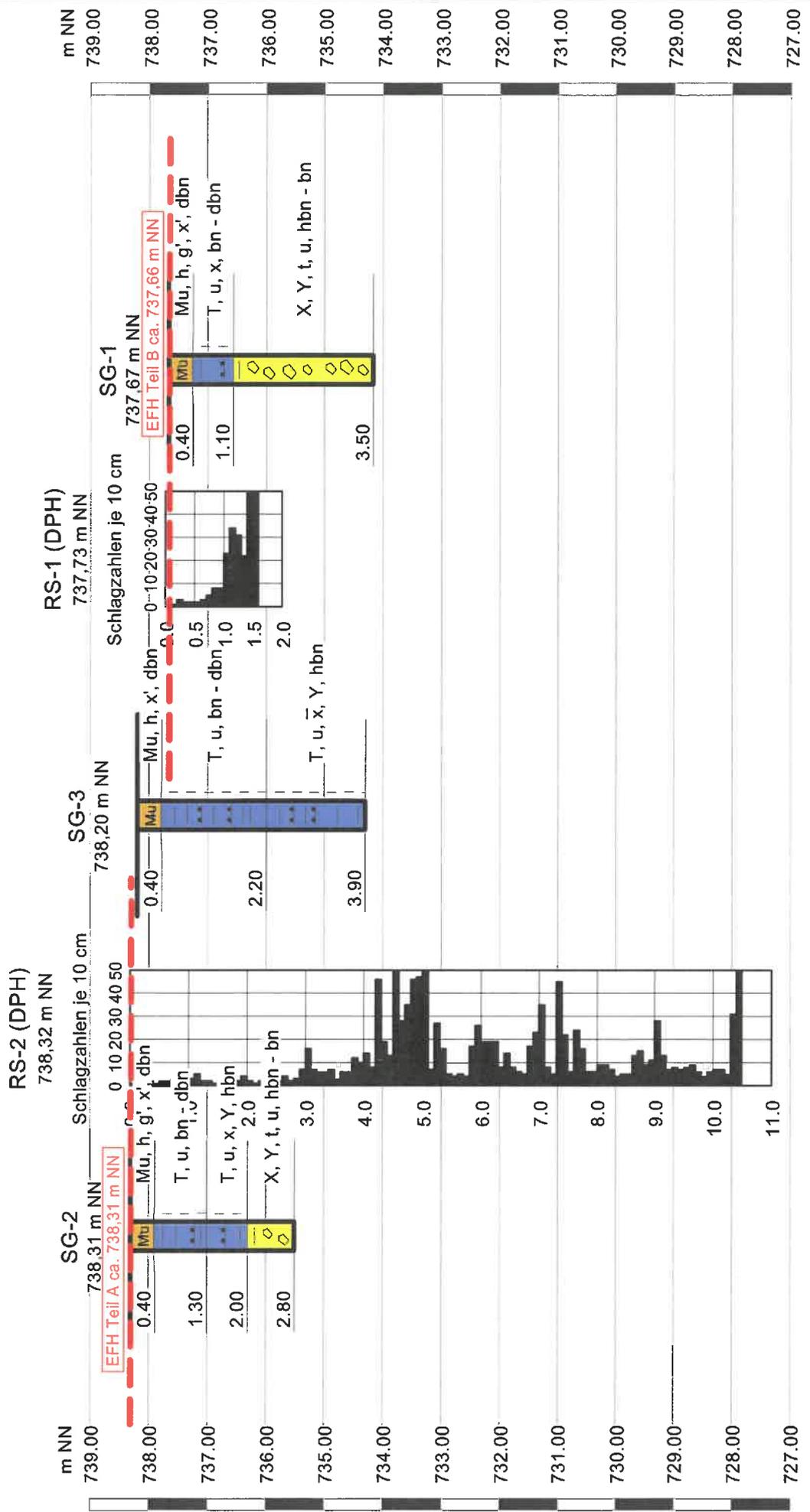
Systemschnitt

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

Gemeinschaftsschuppen in Hohenstein-Eglingen

Bericht Nr.: I 240603

Schnitt: SW - NE





Anlage 5

Ergebnisse der Konsistenzuntersuchungen

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Gemeinschaftsschuppen in Hohenstein-Eglingen

Bearbeiter: Skrlec

Datum: 20.02.2024

Probenbezeichnung: E-1

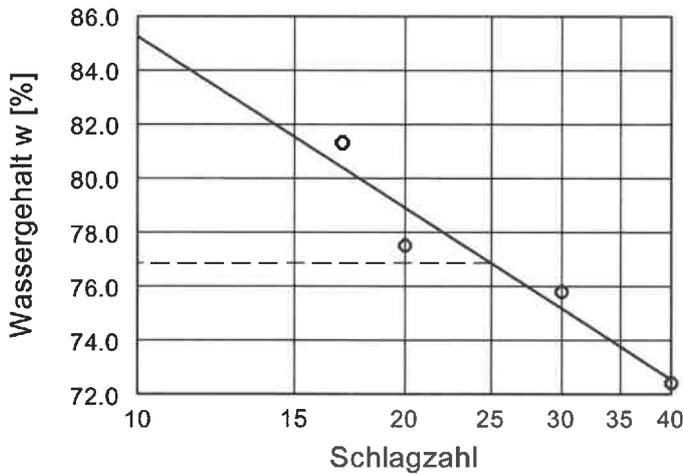
Entnahmestelle: SG-1

Entnahmetiefe: 0,90 m

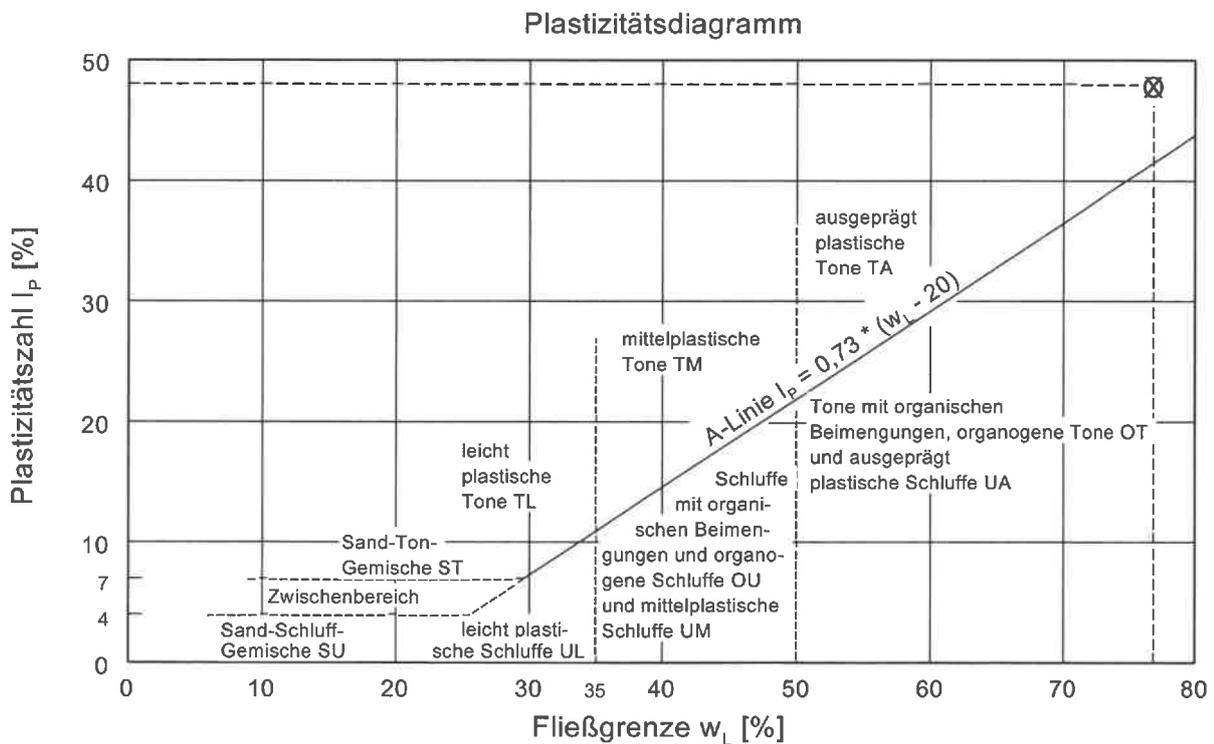
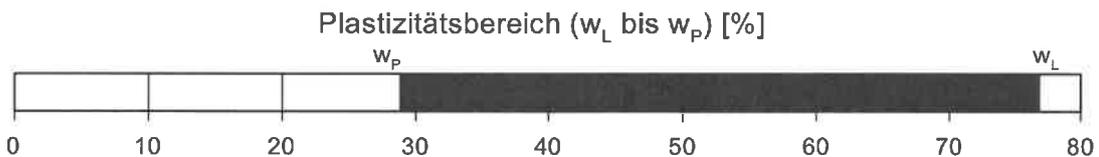
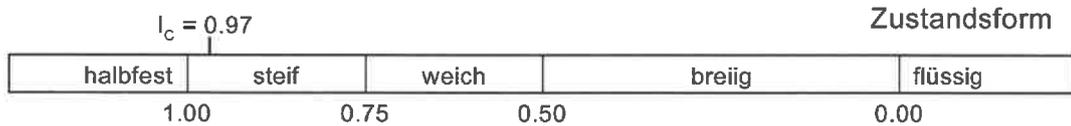
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Schwemmlehm

Probe entnommen am: 15.02.2024



Wassergehalt $w = 30.3 \%$
 Fließgrenze $w_L = 76.9 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 28.8 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 48.1 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.97$



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Gemeinschaftsschuppen in Hohenstein-Eglingen

Bearbeiter: Skrlec

Datum: 20.02.2024

Probenbezeichnung: E-3

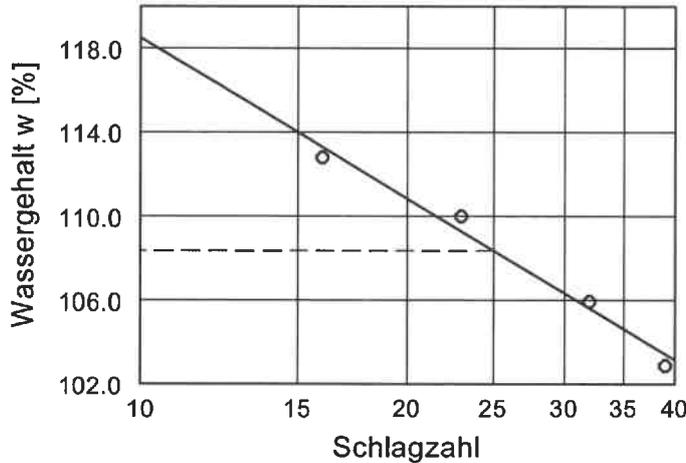
Entnahmestelle: SG-2

Entnahmetiefe: 1,50 m

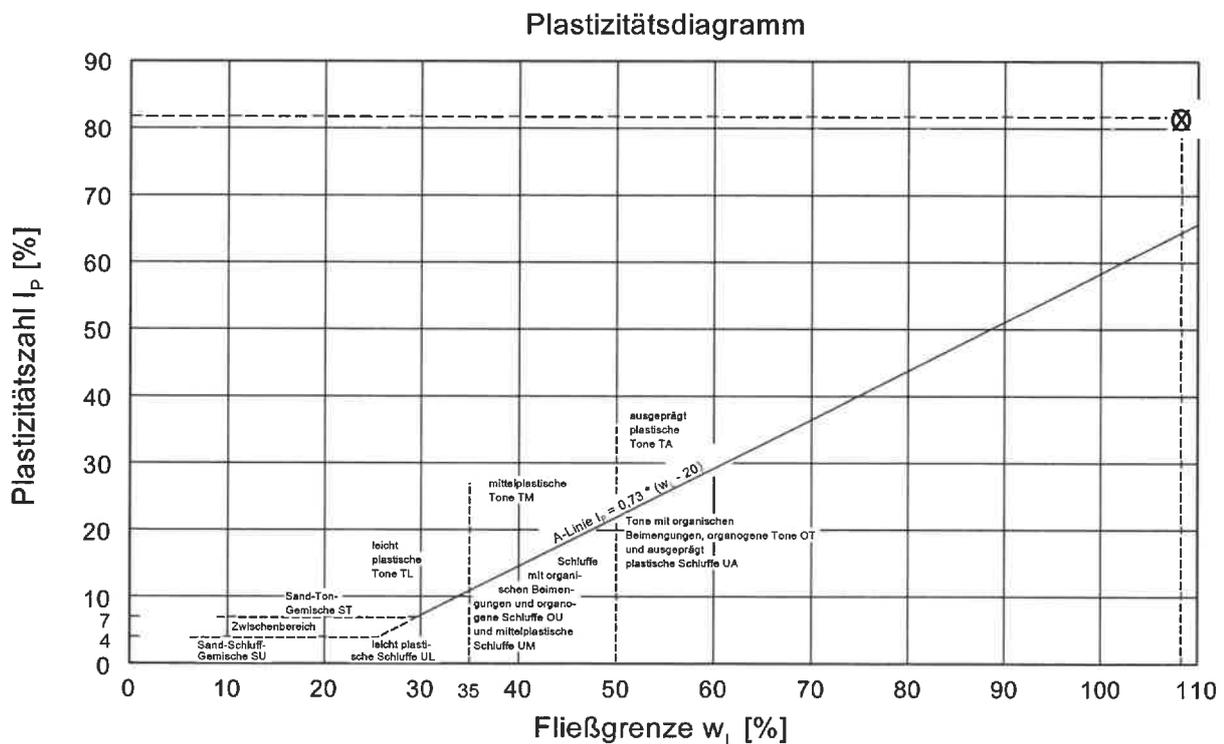
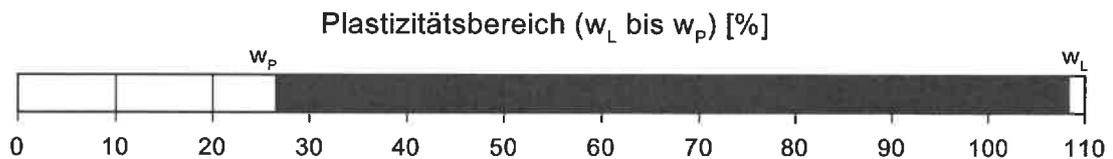
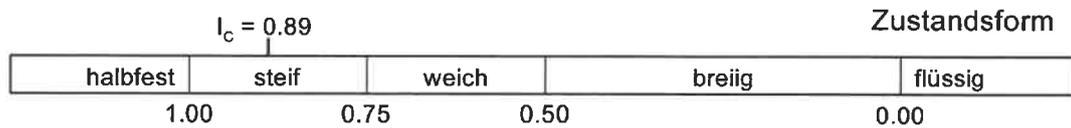
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Alblehm

Probe entnommen am: 15.02.2024



Wassergehalt $w = 35.7 \%$
 Fließgrenze $w_L = 108.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 26.6 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 81.8 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.89$



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Gemeinschaftsschuppen in Hohenstein-Eglingen

Bearbeiter: Skrlec

Datum: 20.02.2024

Probenbezeichnung: E-4

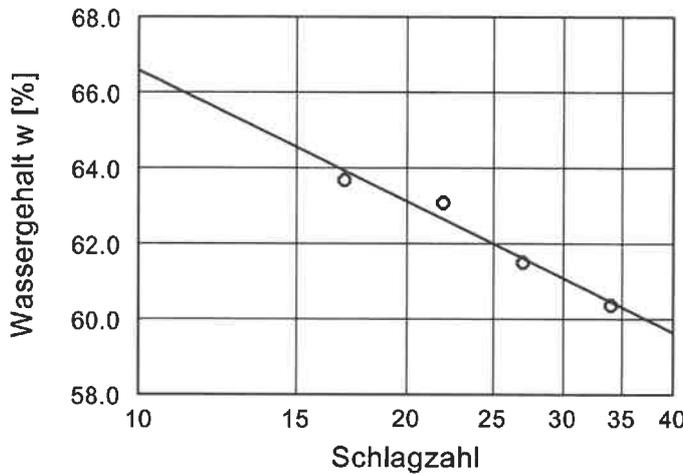
Entnahmestelle: SG-3

Entnahmetiefe: 2,00 m

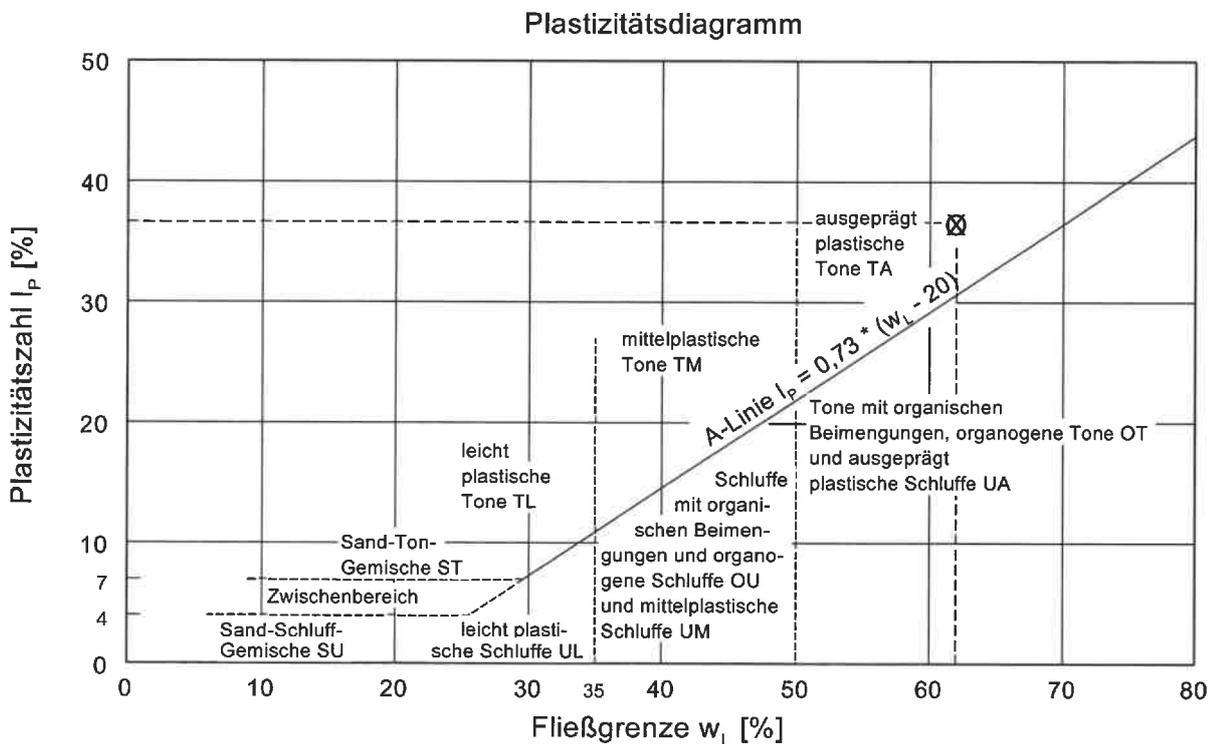
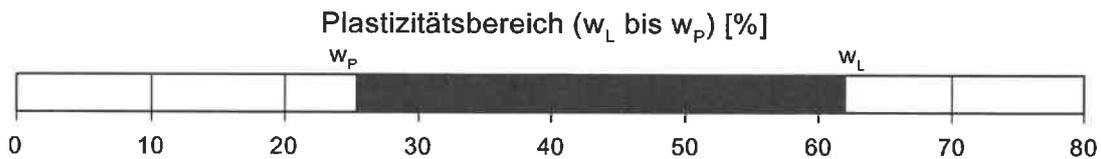
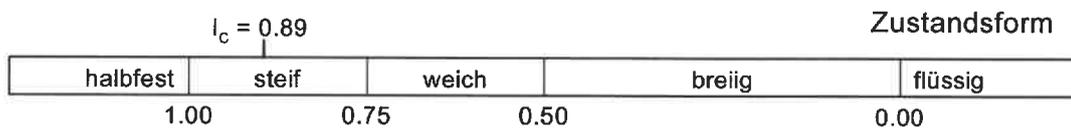
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Schwemmlehm

Probe entnommen am: 15.02.2024



Wassergehalt $w =$	29.2 %
Fließgrenze $w_L =$	62.0 %
Ausrollgrenze $w_p =$	25.3 %
Plastizitätszahl $I_p =$	36.7 %
Konsistenzzahl $I_c =$	0.89





Anlage 6

Ergebnisse der Korngrößenverteilung

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

Datum: 20.02.2024

Bearbeiter: Skritec

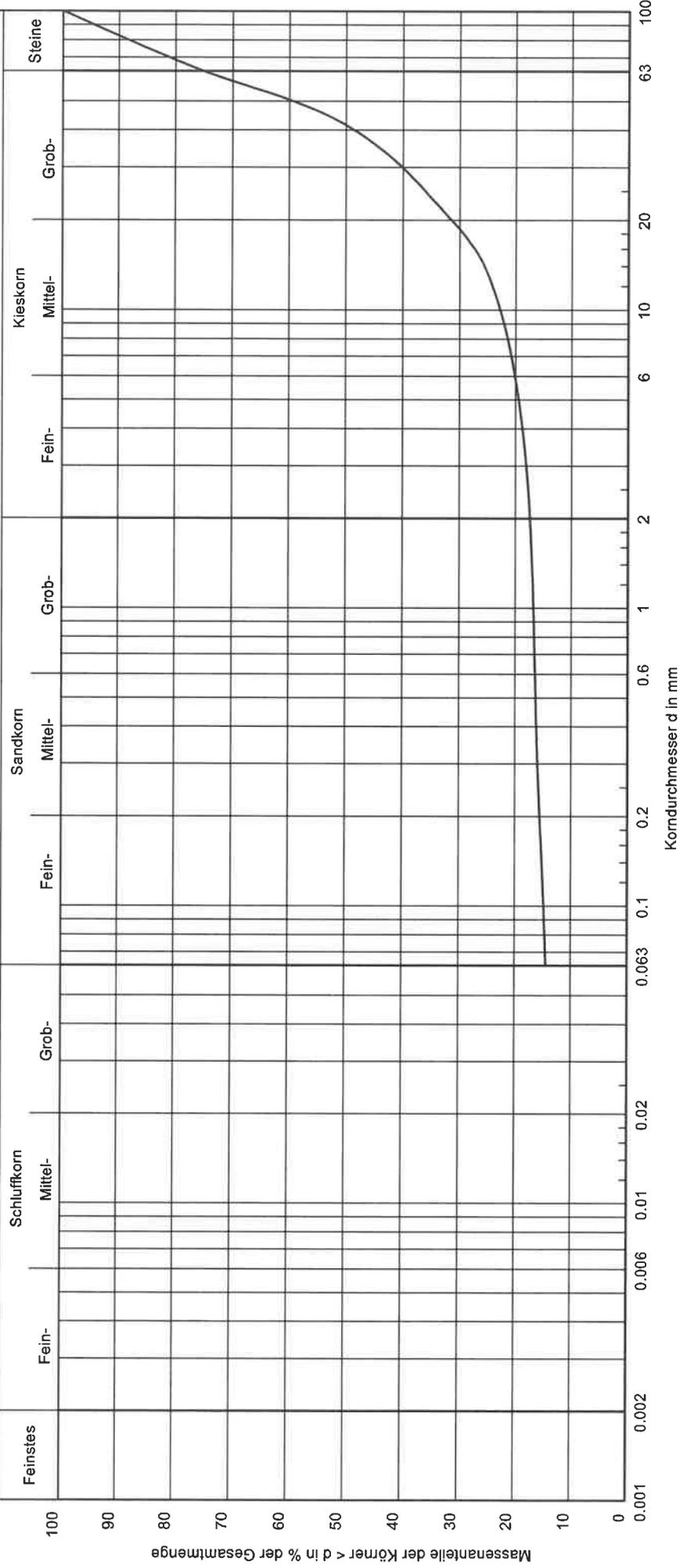
Körnungslinie

Gemeinschaftsschuppen in Hohenstein-Eglingen

Probenbezeichnung: E-2
 Probe entnommen am: 15.02.2024
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Siebung nach "nassem" Abtrennen

Schlammkorn

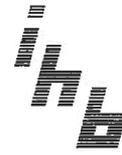
Siebkorn



Bezeichnung: E-1
 Entnahmestelle: SG-1
 Entnahmetiefe: 2,80 m
 k [m/s] (Beyer): -
 U/Cc: -/
 Bodenart: gG, x, u', mg'
 T/U/S/G [%]: -/14.4/3.0/57.7
 nach DIN 18196: GU

Bemerkungen:

Projekt-Nr.: I 240603
 Anlage:



Anlage 7

Beispielberechnungen Streifenfundamente

Boden	γ_{v} [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	Bezeichnung
	18.5/8.5	15.0	10.0	0.00	4.0	Schwemmléhm
	18.5/8.5	15.0	10.0	0.00	4.0	Alblehm
	21.0/11.0	27.5	0.0	0.00	15.0	zersetzte Kalksteine

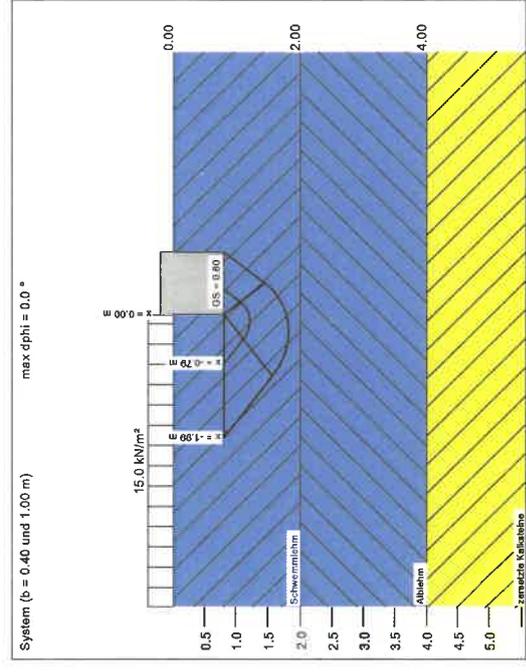
Berechnungsgrundlagen:
 Beispiélberechnung Schuppen Teil A
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{\text{a,v}} = 1.40$
 $\gamma_{\text{c}} = 1.35$
 $\gamma_{\text{g}} = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.300
 $\gamma_{\text{f(c)}} = 0.300 \cdot \gamma_{\text{a}} + (1 - 0.300) \cdot \gamma_{\text{g}}$
 $\gamma_{\text{f(c)}} = 1.395$
 Gründungssohle = 0.80 m
 Grundwasser = 10.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %

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

Bericht Nr. 1 240603

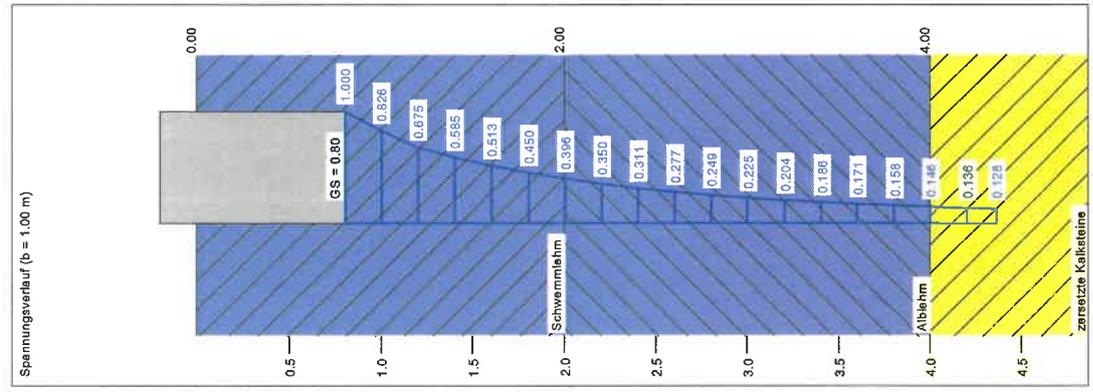
Gemeinschaftsschuppen
 in Hohenstein-Eglingen

FUK:
 Schwemmléhm



a [m]	b [m]	zul σ [kN/m ²]	zul R [kN/m]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_{z} [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t_{g} [m]	UK LS [m]
10.00	0.40	120.7	48.3	1.96	15.0	10.00	18.50	29.80	3.06	1.21
10.00	0.60	122.8	73.7	2.72	15.0	10.00	18.50	29.80	3.57	1.41
10.00	0.80	125.0	100.0	3.41	15.0	10.00	18.50	29.80	4.00	1.61
10.00	1.00	127.1	127.1	3.95	15.0	10.00	18.50	29.80	4.36	1.81

zul $\sigma = \sigma_{\text{Rk}} / (\gamma_{\text{a,v}} \cdot \gamma_{\text{f(c)}}) = \sigma_{\text{Rk}} / (1.40 \cdot 1.40) = \sigma_{\text{Rk}} / 1.95$
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.30



Spannungsverlauf (b = 1.00 m)

Streifenfundament

