

Am Birkenweiher 22 · 77839 Lichtenau
Festnetz: 07227 9958050
Mobil: 0176/70001055
E-Mail: info@ralfhettich.de

- Baugrunduntersuchungen
- Bodenuntersuchungen (VwV u. LAGA)
- Lastplattendruckversuche (stat.+dyn.)
- Altlastenerkundungen

[Dr. Ralf Hettich · Am Birkenweiher 22 · 77839 Lichtenau](#)

Frammelsberger Holzhaus
Vertriebsbüro AS-Immobilien u. Bauservice GmbH
z. Hd. Herrn Rainer Schlachter
St. Wendel Str. 19
77704 Oberkirch

Projekt 210129_1

EG „Im Baumannsbündt“

77743 Altenheim

Geotechnischer Bericht

Datum: 21.02.2021

Verteiler: 1 x Frammelsberger Holzbau als pdf-Datei

INHALTSVERZEICHNIS

1. Veranlassung	4
2. Durchgeführten Untersuchungen.....	4
2.1 Beprobung und Laboruntersuchungen	5
2.1.1 Geotechnische Untersuchungen	5
2.1.2 Schadstoffuntersuchungen.....	5
3. Bebauungsgebiet	6
4. Baumaßnahmen	7
5. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse.....	8
5.1 Baugrund	8
5.1.1 Schicht 1: Oberboden /Homogenbereich A.....	8
5.1.2 Schicht 2: Auffüllungen /Homogenbereich B	8
5.1.3 Schicht 3: Schluffe/ Homogenbereich C	9
5.1.4 Schicht 4: Schluffige Kiese/ Homogenbereich D.....	9
5.1.5 Schicht 5: Sandige Kiese / Homogenbereich E.....	9
5.2 Grundwasser und Hochwasserrisiko	10
6. Bodenmechanische Kennwerte / Ersatzboden	11
6.1 Baugrundmodell und Bodenmechanische Kennwerte	11
6.2 Ersatzboden.....	13
7. Erdbeben.....	14
8. Umwelttechnische Untersuchungen	14
9. Bauwerke und vorgesehene Baumaßnahmen	15
9.1 Schachtbauwerke	15
9.2 Rohraufleger	15
9.3 Verkehrsflächen	19
9.4 Trinkwasserleitungen	22
9.5 Wohnbebauung	22
9.6 Wiederverwertbarkeit des Aushubmaterials	25
9.7 Befahrbarkeit des Planums.....	26
9.8 Grundwasserabsenkung.....	26
10. Allgemeiner Hinweis.....	27

ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 1:** Lageplan
- Anlage 2:** Bohrprofile der Rammkernbohrungen RKB 1 - RKB 6
- Anlage 3:** Laboruntersuchungen, Geotechnik
- Anlage 4:** Laboruntersuchungen, Umwelt (wird nachgereicht)

1. Veranlassung

Das Vertriebsbüro AS-Immobilien u. Bauservice GmbH in Person von Herrn Schlachter plant südwestlich der Straße „Im Baumannsbündt“ in Altenheim (Gemeinde Neuried) die Erschließung eines neuen Baugebietes.

Das Büro für Bodengutachten Dr. Ralf Hettich, Lichtenau, wurde mit der Durchführung der erforderlichen Untersuchungen und Erstellung des geotechnischen Gutachtes beauftragt.

2. Durchgeführten Untersuchungen

Für die Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden die Bohrungen RKB 1 und RKB 2 im Fahrbahnbereich der geplanten Zufahrtsstraße und die Bohrungen RKB 3 – RKB 6 im Bereich der geplanten Häuser am 12.02.2021 abgeteuft (s. Anl. 1).

Die Erkundungstiefe der Bohrungen wurde – im Bereich der Zufahrt - bis in eine Tiefe von 3,0 m unter GOK durchgeführt. Für die Bebauung der Häuser wurden die Bohrungen bis 5,0 m unter GOK abgeteuft.

Die Lage und Ansatzhöhe der Bohrungen können dem Lageplan entnommen werden.

2.1 Beprobung und Laboruntersuchungen

2.1.1 Geotechnische Untersuchungen

Das Bohrgutmaterial wurde beprobt und nach DIN 4022/4023 angesprochen.

Aus den Bohrungen wurden folgende Bodenproben entnommen und geotechnischen Untersuchungen unterzogen (s. Tab. 1).

Tab. 1: Zusammenstellung der entnommenen und untersuchten Bodenproben

Proben	Tiefe [m]	Bodenart	Kornverteilung	Wassergehalt	Zustandsgrenze
			DIN 18123	DIN 18121	DIN 18122
2.1 (RKB 2)	0,4 – 0,9	Schluff	x	x	x
2.2 (RKB 2)	0,9 – 1,4	Kies	x	-	-
2.3 (RKB 2)	1,4 – 2,3	Kies	x	-	-

x = Probe untersucht; - = Probe nicht untersucht

2.1.2 Schadstoffuntersuchungen

Aus den angetroffenen Ablagerungen wurden aus den Bohrungen RKB 1 und RKB 2 bezogen auf die geplante Straße mehrere einzelne Proben entnommen, die danach zu Mischprobe MP 1 vereinigt wurden (s. Tab. 2).

Tab. 2: Zusammenstellung der entnommenen und untersuchten Bodenproben

Bohrungen	Probe	Entnahmetiefe [m]	Untersuchungsumfang
RKB 1, RKB 2	MP 1	0,0 – 1,5	VwV

Die Proben wurden nach der **VwV** analysiert und nach der **AbfR 4.2.8 - Baden-Württemberg 2007** bewertet (s. Kap. 8).

3. Bebauungsgebiet

Das Bebauungsareal befindet sich in Altenheim und liegt unmittelbar südwestlich der Straße „Im Raumannsbündt“. Westlich grenzt das Erschließungsgebiet an die bestehende Bebauung.

Die Bebauungsfläche ist relativ eben und liegt in Mitte bei rd. 145,9 m+NN. Derzeit wird die Fläche nicht genutzt.



Bild. 1: Erschließungsgebiet „Im Raumannsbündt“

Die geplante Anschlussstraße wird im Norden des Erschließungsgebietes an die Straße „Im Baumannsbündt“ angeschlossen.

4. Baumaßnahmen

Die Höhenlage der geplanten Straße, bzw. die OK der Fahrbahn liegen uns nicht vor. Aufgrund der Topographie der Fläche sind wir von einer OK der Fahrbahn = Straße „Im Baumannsbündt“, d.h. in Mitte von rd. 146,0 m+NN ausgegangen.

Im Einzelnen waren über folgende Bauwerke geotechnischen Aussagen zu treffen:

- Erstellung von Abwasser- und Regenwasserkanalisation

Für die Vorplanung der Leitungen sind wir von der Tiefe der geplanten Entwässerungsleitungen von:

- ca. 144,5 m+NN, d.h. ca. 1,5 ab OK der Fahrbahn für die Schmutzwasserkanalisation,
- ca. 145,3 m+NN, d.h. ca. 0,7 m ab OK der Fahrbahn für die Regenwasserkanalisation

ausgegangen.

- **Schachtbauwerke**

Für die Schächte wurde die Gründungstiefe bei ca. 144,2 m+NN für das Schmutzwasser und ca. 145,0 m+NN für das Regenwasser angenommen.

- **Straßenbau**

Bei der Straße sind wir von der Belastungsklasse Bk 1,0 mit einer Asphaltdecke ausgegangen.

- **Wohnbebauung**

Laut Planung sind im Erschließungsgebiet 4 EFH geplant. Die Ausführung der Häuser – mit Keller oder ohne Unterkellerung - liegt noch nicht fest. Für die Vorplanung der Häuser sind wir auf die Ausführung mit Keller und ohne Unterkellerung eingegangen. Bei der Gründungsart wurde die Abtragung der Lasten über eine tragende Bodenplatte und über Streifenfundamente in Betracht gezogen.

5. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

5.1 Baugrund

Anhand der Bohrungen kann der Schichtaufbau des Untergrundes in mehrere Homogenbereiche unterteilt und wie folgt beschrieben werden:

- Schicht 1 Oberboden/Homogenbereich A
- Schicht 2 Auffüllungen/Homogenbereich B
- Schicht 3 Schluffe/Homogenbereich C
- Schicht 4 Schluffige Kiese/Homogenbereich D
- Schicht 5 Sandige Kiese/Homogenbereich E

5.1.1 Schicht 1: Oberboden /Homogenbereich A

Die humosen Schluffe der Schicht 1 wurden nur in den Bohrungen RKB 4 und RKB 5 in einer Mächtigkeit von rd. 0,3/0,4 m festgestellt (s. Anl. 2).

Es handelt es sich um tonige, sandige Schluffe mit organischen Beimengungen. Aus geotechnischer Sicht können diese Ablagerungen der **Bodengruppe OU** und dem **Homogenbereich A** zugeordnet werden.

5.1.2 Schicht 2: Auffüllungen /Homogenbereich B

Die Auffüllungen der Schicht 2 wurden in den Bohrungen RKB 1 – RKB 3 und RKB 6 ab GOK bis in eine Tiefe von 0,3/0,4 m u. GOK erbohrt.

Es handelt es sich hier um großflächige, kiesige und schluffige Aufschüttungen mit Ziegel- und Schlackenreste der früheren Bebauung. Aus geotechnischer Sicht kann Material der Aufschüttung als Böden die der **Bodengruppe GU/GÜ** und dem **Homogenbereich B** zugeordnet wurden.

5.1.3 Schicht 3: Schluffe/ Homogenbereich C

Die Auffüllungen der Schicht 2 wurden in allen Bohrungen durch die geringmächtigen Schluffe unterlagert. Die Unterkante der Schicht liegt in den Bohrungen zwischen ca. 0,6 m unter GOK (145,6 m+NN) und ca. 0,9 m unter GOK (145,0 m+NN).

Die schwach sandigen, schwach kiesigen Schluffe, die durchgehend eine steife Konsistenz besitzen, wurden von uns aus geotechnischer Sicht der **Bodengruppe GÜ** und dem **Homogenbereich C** zugeordnet.

5.1.4 Schicht 4: Schluffige Kiese/ Homogenbereich D

Die schluffigen Kiese wurden in allen Bohrungen außer RKB 3 und RKB 4 angetroffen. Die UK dieser Kiese wurde einheitlich bei rd. 1,3 m u. GOK, bzw. bei 144,6 m+NN erbohrt. Die Mächtigkeit der Schicht schwankt in den Bohrungen zwischen 0,3 m und 0,6 m. Anhand des Bohrfortschrittes kann aus einer dichten Lagerung der schluffigen Kiese ausgegangen werden.

Die Ablagerungen der Schicht 4 wurden von uns aus geotechnischer Sicht der **Bodengruppe GU** und dem **Homogenbereich D** zugeordnet.

5.1.5 Schicht 5: Sandige Kiese / Homogenbereich E

Die sandige Kiese der Schicht 5 wurden ab UK der Schicht 4 bis zur der Endtiefe von 5,0 m unter GOK erbohrt. Bei Ablagerungen dieser Schicht handelt es sich überwiegend um sandige, schwach grobkiesige Fein- bis Mittelkiese.

Innerhalb der Schicht wurden in den Bohrungen RKB 4, RKB 5 und RKB 6 die Fein- bis Mittelsande in einer Mächtigkeit zwischen 0,3 m und 0,8 m angetroffen.

Nach dem Bohrfortschritt sind die Ablagerungen der Schicht 5 überwiegend mitteldicht gelagert und wurden einheitlich der **Bodengruppe GW** und dem **Homogenbereich E** zugeordnet.

5.2 Grundwasser und Hochwasserrisiko

5.2.1 Grundwasser

Zum Zeitpunkt der Untersuchungen konnte das Grundwasser in den Bohrungen bei rd. 1,5 m unter GOK gemessen werden. Bezogen auf NN lag der Grundwasserspiegel bei rd. 144,5 m+NN.

Aussage über die Schwankungsbreite des Grundwasserspiegels liegt uns noch nicht vor und wurde bei den Behörden angefragt.

Allerdings kann - aus unseren Erfahrungen - der angetroffene Grundwasserstand als mittleren Grundwasserstand angesehen werden. Demnach kann - bezogen auf das Baufenster - mit einem HGW von rd. 145,7 m+NN (Schwankungsbreite $\pm 2,5$ m) und damit mit einem Bemessungswasserstand von rd. 146,0 m+NN (HGW + 0,3 m Sicherheitszuschlag) zu rechnen.

5.2.2 Oberflächenwasser

Nach dem Hochwasser Risikomanagement Baden-Württemberg befindet sich das Baugebiet außerhalb von Überschwemmungsflächen (s. Abb. 3).

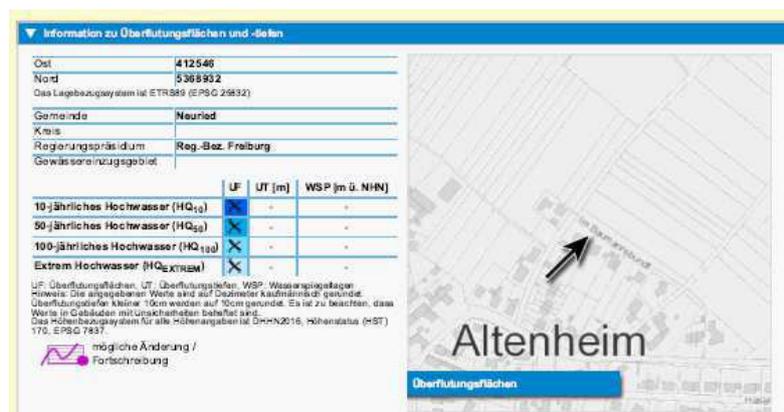


Abb. 1: EG „Im Baumannsbündt“

6. Bodenmechanische Kennwerte / Ersatzboden

6.1 Baugrundmodell und Bodenmechanische Kennwerte

Aus den durchgeführten Untersuchungen wurde das in Tabelle 3 angegebene Baugrundmodell abgeleitet, in dem der Baugrund in Homogenbereiche nach DIN 18300 (Erdarbeiten), VOB Teil C, 2016, unterteilt ist.

Für die angetroffenen Bodenarten können die relevanten Baugrundkenngrößen der Tabelle entnommen werden. Diese Werte können als Grundlage für die erdstatischen Berechnungen dienen und wurden anhand der Bodenansprache und auf der Basis unserer Erfahrungen festgelegt.

Tab. 3: Baugrundmodell – Homogenbereiche und Bodenmechanische Kennwerte

Homogenbereich		A	B	C	D	E
Bezeichnung DIN 4023		<u>Oberboden</u>	<u>Auffüllungen</u>	<u>Schluffe</u>	<u>Schluffige Kiese</u>	<u>Sandige Kiese</u>
Bodengruppe DIN 18196		OU	GU	GÜ	GU	GW
*Frostempfindlichkeit ZTV-StB 12		F3	F2	F3	F2	F1
Bodenklasse DIN 18300		1	3/4	4	3	3
UK-Schicht	[m u. GOK]	0,3/0,4	0,3 – 0,4	0,6 – 0,9	1,3	-
Schicht- mächtigkeit	[m]	0,3/0,4	0,3/0,4	0,3/0,7	0,3/0,6	-
Konsistenz		-	mitteldicht	steif	dicht	mitteldicht
Steine d = 63 – 200 mm	[Gew.-%]	-	<5,0	-	<5,0	<5,0
Blöcke d = 200 – 630 mm	[Gew.-%]	-	-	-	<5,0	<5,0

Dichte ρ	[t/m ³]	-	-		1,9/2,0	1,9/2,0
Wassergehalt	[Gew.-%]	-	-		-	-
Plastizitätszahl I_p		-	-		-	-
Konsistenzzahl I_c		-	-		-	-
Organische Anteil	[%]	15 -20	-		-	-
Reibungswinkel φ	[°]	-	-	27,5	35,0	32,5
Kohäsion c	[kN/m ²]	-	-	5	-	-
Steifemodul E_s	[MN/m ²]	-	-	9	70,0	50,0
Wichte γ	[kN/m ³]	-	-	20,5	21,0	20,0
Wichte u. Auftrieb γ'	[kN/m ³]	-	-	11,0	13,0	12,0
Durchlässigkeit tsbeiwert k_f	[m/s]	-	-	$9,5 \times 10^{-6}$	$4,5 \times 10^{-3}$ -	$9,6 \times 10^{-4}$

*Klassifikation nach Frostepfindlichkeit: F1 – nicht frostepfindlich, F2 – gering bis mittel frostepfindlich, F3 – sehr frostepfindlich

6.2 Ersatzboden

Zur Wiederverfüllung der Arbeitsräume ist das bindige Aushubmaterial (Schluffe) nur eingeschränkt tauglich. Zur Verfüllung der Arbeitsräume sind die nicht bindigen Kies-Sand-Gemische unproblematisch. Für die Hinterfüllungen, Arbeitsraumverfüllungen, Geländeaufschüttungen und Bodenaustausche ist ein geeignetes Bodenmaterial zu verwenden. Ein eventuell einzubauender Ersatzboden hat die Kriterien der Tabelle 2 zu erfüllen.

Tab. 4: Anforderungen an Ersatzboden

Bodengruppe DIN 18196	Grob und gemischtkörnige Böden [GW, GI, GE, GU]
Kornanteil $d \leq 0,063$	≤ 10 (15) M.-%
Steinanteil $d \geq 63$ mm	≤ 10 M.-%
Ungleichförmigkeitszahl U	$U \geq 3$ für $D_{pr} \geq 98\%$ bzw. $U = 7$ für $D_{pr} \geq 100\%$
Glühverlust	≤ 3 M.-%
Schütthöhe	30 - 40 cm
Scherwinkel	$\geq 32,5$
Kohäsion	0 kN/m ²

7. Erdbeben

Für eine erdbebengerechte Projektierung von Bauwerken richtet sich die Beurteilung nach der DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (ehem. DIN 4149: 2005-04).

Für das Baugelände können folgende Zuordnungen vorgenommen werden (s. Tab. 5):

Tab. 5: Ausgewählte Parameter zur Bemessung der Erdbebensicherheit

ERDBEBENZONE	1
UNTERGRUNDKLASSE	S
BAUGRUNDKLASSE	C

8. Umwelttechnische Untersuchungen

Im Hinblick auf die Schadstoffbelastung und Entsorgungsrelevanz wurde die entnommene Probe MP 1 gemäß **VwV** analysiert und nach **AbfR 4.2.8 - Baden-Württemberg 2007** bewertet.

Die Ergebnisse liegen noch nicht vor und werden nachgereicht.

9. Bauwerke und vorgesehene Baumaßnahmen

9.1 Schachtbauwerke

Bei den Schachtbauwerken ist für ein gleichmäßiges Auflager und falls erforderlich eine ausreichende Verdichtung des Verfüllmaterials unter dem auskragenden Schachtteil zu achten.

Bei einer Lage der Gründungssohle der Schachtbauwerke von 144,2/145,0 m+NN würden diese einheitlich in die tragfähigen schluffigen Kiese der Schicht 3 und in die sandigen Kiese gegründet. Daher wären hier keine weiteren Bodenaustauschmaßnahmen erforderlich.

Die durch Aushubarbeiten unvermeidlichen Auflockerungen der Gründungssohle sollten jedoch nachverdichtet werden.

Falls unter der Sohle der Schächte Schluffe angetroffen werden, sind diese im Bereich der Gründungssohlen durch einen Bodenaustausch mit einer tragfähigen Aufschüttung aus durchlässigem Material mit einer Stärke von $\approx 0,5$ m zu ersetzen. Die erforderliche Aufschüttung ist auf 100% Proctordichte nachweislich zu verdichten.

9.2 Rohrauflager

Bei der Verlegung von Rohrleitungen müssen die Rohre gleichmäßig mit den ganzen Leitungen aufliegen und der Boden im Bereich der oberen Bettungsschicht mindestens die gleiche Dichte aufweisen wie im Bereich unter dem Rohr (s. Abb. 2).



Abb.2: Schematischer Schnitt- Leitungszone und Hauptverfüllung nach DIN EN 1610

Nach den Forderungen der DIN EN 1610 sind folgende Bettungsvarianten möglich (s. Abb. 3):

Bettung Typ 1: Tiefer ausgehobene Grabensohle, Rohrverlegung auf einzubringendes

Auflager (untere Bettungsschicht),

Bettung Typ 2: Rohrverlegung direkt auf die vorgeformte und vorbereitete Grabensohle (gewachsener Boden),

Bettung Typ 3: Rohrverlegung auf die Grabensohle (gewachsener Boden)

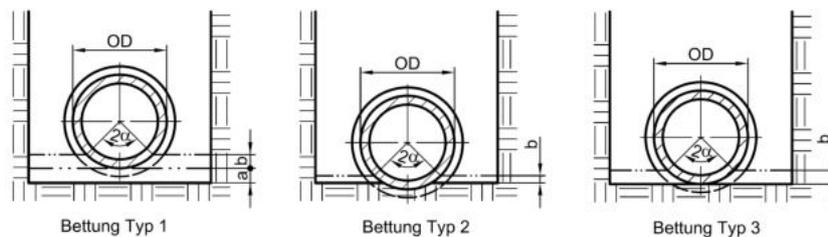


Abb. 3: Rohrbettungen nach DIN EN 1610, Ziffer 7.2

Gemäß DIN 1610 sind die Rohrgräben während dem Rohraushub und dem Verdichten wasserfrei zu halten.

Zum Schutz der Sohle gegen Aufweichung ist im Bereich der bindigen Böden das Belassen einer Schutzschicht zu empfehlen, die erst kurz vor Rohreinbau entfernt werden soll.

Sollten im Grabensohlenbereich Schluffe mit weicher Konsistenz angetroffen werden, sind diese auszutauschen. Daher ist in diesem Fall eine Stabilisierung der Grabensohle durch einen Bodenaustausch nach DWA-A-139 mit geeignetem Material in einer Mächtigkeit von mindestens 30 cm erforderlich.

Im Bereich des Rohraufagers sollten die Baustoffe nach DIN 1610 bei einem Rohrdurchmesser bis DN 200 keine Bestandteile enthalten, die größer als 22 mm sind.

Bei einem Rohrdurchmesser DN 200 bis DN 600 sollen die Bestandteile nicht größer als 40 mm sein.

Die Mindestabdeckungen über den Rohrleitungen sind entsprechend DIN 1610 einzuhalten d.h. die Dicke der Abdeckung ist mit 150 mm über dem Rohrschaft bzw. 100 mm über der Rohrverbindung festgelegt.

Eine mechanische Verdichtung darf im Bereich der Leitungszone bis 1,0 m Schichtdicke über Rohrscheitel nur mit leichtem Verdichtungsgerät erfolgen.

Besondere Belastungen während des Bauzustandes, das Befahren der überschütteten Rohrleitungen bei kleiner Überdeckung mit schweren Baugeräten und Fahrzeugen sind nicht zulässig.

Nach ZTVE muss die Verfüllung von Leitungsgräben einen nachgewiesenen Verdichtungsgrad von mindestens $D_{pr} = 97\%$ erreichen. Die Breite der Bettung muss mit der Grabenbreite übereinstimmen (s. Abb. 4).

Verdichtbarkeitsklasse nach DWA-A 139
und ZTV A-StB 97
Bodengruppen nach DIN 18196

1) Böden GU, GT, SU, ST sowie Böden der Verdichtbarkeitsklassen V2 und V3 sind im Regelblatt 15 für die Leitungszone nicht zugelassen.

2) In Geh- und Radwegen

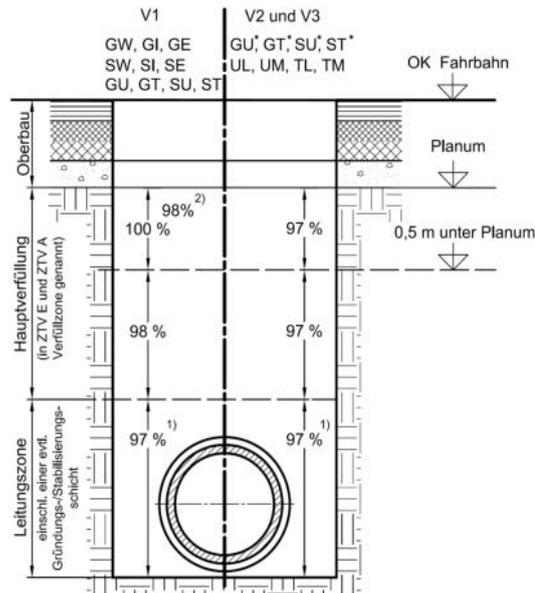


Abb. 4: Geforderte Lagerungsdichten nach ZTVE

Bei einer Verlegungstiefe der Leitungen von 144,5/145,3 m+NN würden diese im Bereich der Bohrungen RKB 1 und RKB 2 einheitlich in die Ablagerungen der Schicht 3 aufgelegt. Daher ist hier kein zusätzlicher Bodenaustausch erforderlich und die Rohrverlegung kann u.E. über die Bettung Typ 3 erfolgen.

9.3 Verkehrsflächen

Die Straßen sind in Allgemeinen auf dem Untergrund zu gründen, welcher die Anforderungen der ZTVE erfüllt bzw. welcher sich auf die entsprechenden Werte (D_{pr} und E_{v2}) verdichten lässt.

Dadurch sollen auftretende Setzungen derart minimiert werden, dass sie keine unzulässigen Verformungen in der Fahrbahnbefestigung verursachen. Des Weiteren ist die Frostsicherheit nach ZTVE und RStO zu gewährleisten.

Für die Verkehrsflächen sind wir von der Belastungsklasse Bk1,0 ausgegangen. Bei den Böden der Frostsicherheitsklasse F2/F3 sind nach Tabelle 3 der RStO folgende Mindestdicken des frostsicheren Straßenaufbaues zugrunde zu legen.

Tabelle 6: Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaues

Frostempfindlichkeitsklasse	Dicke in cm bei Belastungsklasse	
	Bk1,0	
F2	50	
F3	60	

Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse sind nach RStO, Tab. 7, zu berücksichtigen.

Bei der OK der Fahrbahn von 146,0 m+NN (Annahme) und der Höhe der gegenwärtigen Oberfläche i.M. 145,9 m+NN wäre es im Bereich der Fahrbahn die Böden einheitlich bis in eine Tiefe von 0,6 m unter GOK abzuschleifen. Die Aufschüttung unter OK Fahrbahnfläche muss mit verdichtbarem, frostsicherem und gut abgestuftem Material durchzuführen.

Für die Aufschüttung sind Böden der Bodengruppen GW, GI und GE am besten geeignet. Vor der Aufbringung der Schüttung wäre sinnvoll ein Geotextil (200 g/m²) zu verlegen.

Die erforderliche Aufschüttung ist nach RStO für Bauweisen mit Asphaltdecke für die Belastungsklasse Bk 1 wie folgt aufzubauen.

Tabelle 7: Asphaltdeckschicht auf Frostschutzschicht

Schicht	Belastungsklasse Bk1,0	
	Dicke [cm]	Verdichtung E _{v2} [MN/m ²]
Planum F2/F3	-	≥45
Frostschutzschicht	41	120
Asphalttragschicht	10	-
Asphaltdecke	4	-

Der Untergrund bzw. Unterbau für die Fahrbahn muss ausreichend dicht gelagert und tragfähig sein. Nach RStO ist auf dem Planum bei frostempfindlichen Untergrund (F2/F3) ein Verformungsmodul von mindestens $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen.

Ist das erforderliche Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nicht dauerhaft erreichbar, ist der Untergrund zu verbessern bzw. zu verfestigen oder die Dicke der ungebundenen Tragschicht ist zu vergrößern.

Dafür kann ein Bodenaustausch mit geeignetem Material durchgeführt werden. Nach ZTVE wäre dabei unter der Annahme eines errechneten Verformungsmoduls von $E_{v2} 10/20 \text{ MN/m}^2$ auf den Schluffen der Schicht 2 ein zusätzlicher Bodenaustausch mit Frostschutzmaterial in einer Stärke von 20 cm bis 40 cm erforderlich, um auf dem Planum das geforderte Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachweisen zu können (s. Abb. 5).

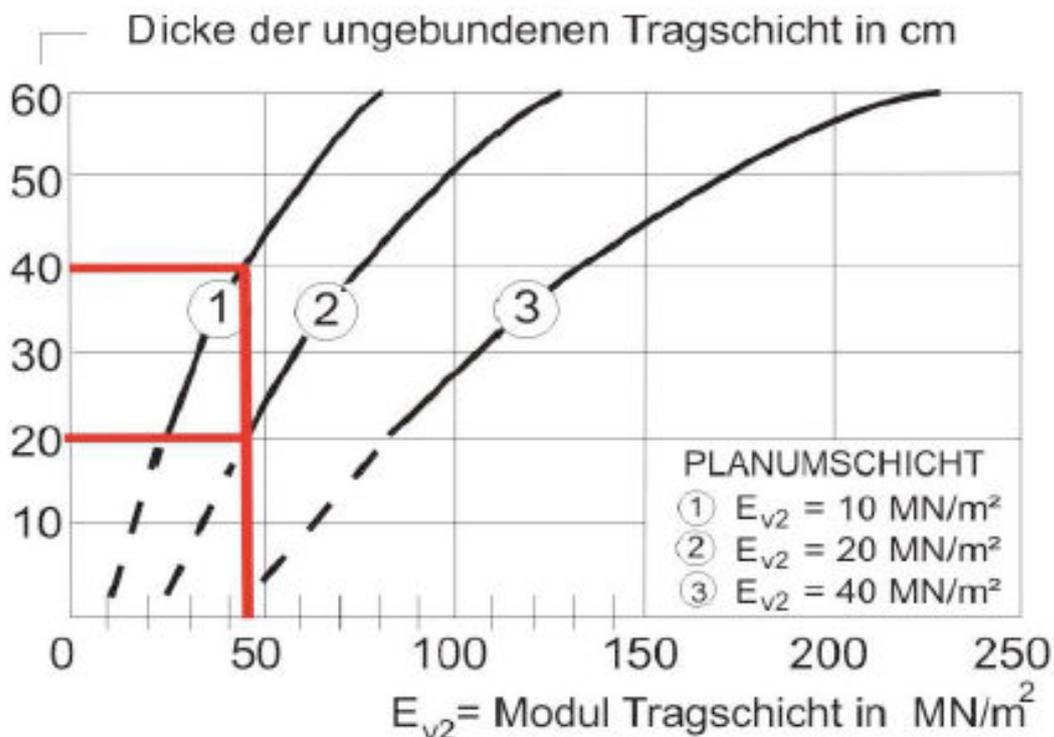


Abb. 5: Verformungsmodul E_{v2} auf der Frostschutzschicht

Das auf dem Planum und auf der Frostschutz- bzw. Tragschicht zu erreichenden Verformungsmodul ist mittels Lastplattendruckversuchen nach DIN 18 134 nachzuweisen.

9.4 Trinkwasserleitungen

Für das Rohraufleger von Wasserleitungen ist nach ZTVE ein steinfreier, gut verdichtbarer und tragfähiger Boden geeignet.

Die erforderliche Schichtdicke des geeigneten Bodens beträgt $t = \text{mm} + 1/10 \text{ DN}$ in mm, mindestens aber $t = 150 \text{ mm}$.

Andernfalls ist eine Ausgleichschicht aus geeignetem Material einzubauen oder ein besonderes Rohraufleger auszubilden.

Das Rohraufleger muss mindestens den Auflagerwinkel der statischen Berechnung aufweisen. Dieser soll gemäß der ZTVE für biegesteife Rohre kleiner und mittlerer Nennweite in der Regel etwa 60° betragen.

Zur Auflagerung bzw. Einbettung der Leitung können je nach Rohrmaterial, Außenschutz und Rohrdurchmesser Sand, Kiessand oder aufbereitete Korngemische von nicht steifer Konsistenz eingebaut werden.

Je empfindlicher das Rohr, desto feinkörniger und gleichmäßiger muss das Material der Einbettung sein.

9.5 Wohnbebauung

9.5.1 Bebauung ohne Keller

9.5.1.1 Abtragung der Lasten über eine Bodenplatte

Unter Annahme der UK der Bodenplatte von 145,9 m+NN müssen die Schichten 1 und 2 vollständig ausgehoben und durch verdichtungsfähiges Material ersetzt werden. Der Aushub und Austausch der Schluffe der Schicht 3 ist u.E. nicht zwingend erforderlich. Bei der Verwendung – für den Bodenaustausch – von frostsicherem Material kann auch auf die Frostschürzen verdichten.

Für die Abtragung der Lasten soll die Bodenplatte als elastisch gebettete Bodenplatte ausgebildet werden.

Unter der Berücksichtigung, dass die Schluffe unter der Bodenplatte verbleiben, kann - für die Vorbemessung der Bodenplatte - ein Bettungsmodul $[k_s]$ von rd. $k_s = 4,0 - 7,0 \text{ MN/m}^3$ eingesetzt werden.

Unter Einsatz einer Flächenlast von 50 kN/m^2 kann mit einer rechnerischen Setzung $[s]$ von $s = 1,5 \text{ cm}$ gerechnet werden.

Für die Angabe von definierten Bettungsmoduli müssen Setzungsberechnungen mit tatsächlichen Lasten durchgeführt werden.

9.5.1.2 Abtragung der Lasten über Streifenfundamente

Unter Annahme der Fundamenthöhe von $h = 0,8 \text{ m}$ wird die Sohle der Fundamente bei rd. $145,1 \text{ m} + \text{NN}$ zu liegen kommen und damit werden die Lasten in die Kiese der Schicht 3 abgetragen.

Bei einer Gründung in die dicht gelagerten Kiese der Schicht 3 können für vertikal belastete Fundamente nach ES 7-1 (2011) und DIN 1054:2010, Tabelle A 6.2, folgende Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ zugrunde gelegt werden (Bemessungssituation BS-P

Tabelle A 6.2 — Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands für Streifenfundamente auf nichtbindigem Boden auf der Grundlage einer ausreichenden Grundbruchsicherheit und einer Begrenzung der Setzungen mit den Voraussetzungen nach Tabelle A 6.3

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments m	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands kN/m ² b bzw. b'					
	0,50 m	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m
0,50	280	420	460	390	350	310
1,00	380	520	500	430	380	340
1,50	480	620	550	480	410	360
2,00	560	700	590	500	430	390
bei Bauwerken mit Einbindetiefen $0,30 \text{ m} \leq d \leq 0,50 \text{ m}$ und mit Fundamentbreiten b bzw. $b' \geq 0,30 \text{ m}$	210					
ACHTUNG — Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohlrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.						

Bei Rechteckfundamenten mit einem Seitenverhältnis von $b_B / b_L < 2$ bzw. $b_{B'} / b_{L'} < 2$ darf der in der Tabelle A 6.3 angegebene Bemessungswerte des Sohlwiderstandes um 20 % erhöht werden. Unter Berücksichtigung der Grundwasserverhältnisse müssen die Tabellenwerte um 40% gemindert werden.

Für die Streifenfundamente mit Abmessungen von: $b \times h = 0,6 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}$, kann mit einer zul. Bodenpressung $[\sigma_0]$ von $\sigma_0 = 150/200 \text{ kN/m}^2$ bzw. Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $[\sigma_{R,d}] = 210/280 \text{ kN/m}^2$ gerechnet werden.

Bei den Berechnungen muss die Beeinflussung des Grundwassers unbedingt berücksichtigt werden.

9.5.2 Bebauung mit Keller

9.5.2.1 Abtragung der Lasten über eine Bodenplatte

Unter Annahme der Kellerhöhe von rd. 3,0 m würde die UK der Bodenplatte bei rd. 143,0 m+NN zu liegen kommen. Damit würden die Lasten aus der Bodenplatte direkt in die Kiese der Schicht 3 abgetragen. Daher ist hier kein zusätzlichen Bodenaustausch erforderlich.

Unter der Berücksichtigung von Aushubentlastung kann - für die Vorbemessung der Bodenplatte - ein Bettungsmodul $[k_s]$ von rd. $k_s \geq 10 \text{ MN/m}^3$ eingesetzt werden.

Unter Einsatz einer Flächenlast von 50 kN/m^2 kann mit einer rechnerischen Setzung $[s]$ von $s < 0,5 \text{ cm}$ gerechnet werden.

Es ist anzumerken: dass bei Ausführung der Häuser mit Kellergeschoss mit Grundwasserabsenkung ist.

9.5.3 Baugrubenböschungen

Nach DIN 4124 sind folgende Böschungsneigungen einzuhalten:

- für nichtbindige Böden $\beta \leq 45^\circ$;
- für steife bindige Böden $\beta \leq 60^\circ$;
- für weiche bindige Böden $\beta \leq 33^\circ$.

Die Baugrubenböschung ist gegen Niederschläge mit Baufolie abzudecken und darauf zu achten, dass die Böschungsschulter über eine Breite von mindestens 1,5 m lastfrei gehalten wird. Der Leitungsgraben ist während der Bauarbeiten wasserfrei zu halten, also durch eine Abdeckung zu schützen.

Lotrechter Aushub darf nach DIN 4124 nur bis 1,25 m Tiefe erfolgen. Bei Tiefen zwischen 1,25 m und 1,75 m muss mit einer abgeböschten Kante oder einem Teilverbau gesichert werden.

Bei Tiefen $> 1,75$ m ist nach DIN 4124 abzuböschten oder zu verbauen.

9.6 Wiederverwertbarkeit des Aushubmaterials

Eine Einstufung der verschiedenen Bodengruppen in unterschiedliche Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVE ist in der Tabelle 8 zu entnehmen. Damit ergibt sich eine Unterteilung in gut verdichtbare (Verdichtbarkeitsklasse V1) bis weniger gut verdichtbare Böden (V3)

Bezüglich der Hinterfüllung und Überschüttung für die Leitungszone empfehlen sich grundsätzlich Baustoffe der Verdichtbarkeitsklasse V1.

Tab. 8: Verdichtbarkeitsklassen

Verdichtbarkeitsklasse	Kurzbeschreibung	Bodengruppe n. DIN 18196
V1	nicht bindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden	GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST
V2	bindige, gemischtkörnige Böden	GU*, GT*, SU*, ST*
V3	bindige, feinkörnige Böden	UL, UM, TL, TM, TA

Bei einem Aushub der Baugruben ist im Bereich der Leitungen mit Bodenmaterial der Schicht 1 (Oberboden), Schicht 2 (Auffüllungen) und der Schicht 3 (Schluffe) zu rechnen.

Für einen Wiedereinbau ist der Oberboden (Schicht 1) generell nicht geeignet. Inwieweit Aushubmaterial (Oberboden) zwischengelagert und später zur Geländemodellierung eingesetzt werden kann, liegt im Ermessen der Planer.

Die sandige und kiesige Ablagerungen (Schicht 4, Schicht 5) können der Verdichtbarkeitsklasse V1 zugeordnet werden.

Nach Fertigstellung der Leitungsgräben kann bereits ausgehobenes Material wiederverfüllt werden bzw. als Baustoff der Verdichtbarkeitsklasse V1 wiederverwertet werden.

9.7 Befahrbarkeit des Planums

Auf dem Planum ist ein Befahren in der Regel nur bei guter Witterung möglich. Das Planum ist unbedingt vor den Witterungseinflüssen zu schützen, da unter Wasserzutritt und Einwirkung von mechanischer Energie ist hier eine Änderung der Tragfähigkeit zu erwarten.

Vor Beginn der Arbeiten ist der Oberboden abzutragen. Auf dem Planum sollen ca. 30 cm Bodenaufschüttung aufgebracht und verdichtet werden, die während der Kanalbaumaßnahmen als Baustraße dienen soll.

9.8 Grundwasserabsenkung

Unter der Berücksichtigung vom HGW (geschätzt) ist der Grundwasserspiegel während der Baumaßnahmen eventuell und vorübergehend abzusenken.

Wir weisen darauf hin, dass für die Entnahme, Förderung und Einleitung von Grundwasser die entsprechenden Genehmigungen (LRA-Wasserbehörde) einzuholen sind.

Die Berechnungen, der Antrag zur Grundwasserentnahme zum Zweck einer Grundwasserhaltung nach Wasserschutzgesetz (WSG), die erforderlichen Entnahmemengen, sowie die Abschätzung der hydraulischen Auswirkungen

auf das Umfeld (Reichweiten Absenktrichter) können im Vorfeld überschlägig anhand der o.g. Durchlässigkeitsbeiwerte durch die Fachbohrfirmen erfolgen.

10. Allgemeiner Hinweis

Bei den Bauarbeiten sollten folgende Hinweise beachtet werden:

- Um eine zu starke Auflockerungen der Gründungssohle zu vermeiden, sollten die Aushubarbeiten möglichst schonend durchgeführt werden.
- Durch die Aushubarbeiten resultierende und nicht vermeidbare Auflockerungen der Baugrubensohle sollten nachverdichtet bzw. ersetzt werden.
- Das Baugrundmodell resultiert aus punktuellen Aufschlüssen. Die Baugrundverhältnisse sind natürlichen Schwankungen unterworfen und können deshalb lokal von den Profilen in den Bohrungen abweichen.
- Bei eventuellen Unsicherheiten aller Art und/oder Abweichungen gegenüber den hier angetroffenen und beschriebenen Untergrundverhältnissen sollte die Beratung und Baubegleitung durch einen Baugrundgutachter erfolgen.

gez. Dr. Ralf Hettich