

Geotechnischer Bericht

Bebauung Am Sommerrain, Grundstücke 3104/1 und 3104/64 in Backnang

Auftraggeber: **Landsiedlung Baden-Württemberg GmbH**
70176 Stuttgart, Herzogstraße 6A

Projekt-Nr.: 2-22-034

Gutachten-Nr.: **2-22-034-01-hö**

__ . Ausfertigung

25.07.2022



Inhaltsverzeichnis

1 Vorbemerkungen.....	4
2 Untersuchungsumfang.....	5
2.1 Geländearbeiten.....	5
2.2 Bodenmechanische Laborversuche.....	6
3 Baugrund.....	6
3.1 Lage, Morphologie und geologischer Überblick.....	6
3.2 Geologischer Schichtaufbau.....	6
3.3 Grundwasser.....	7
3.4 Homogenbereiche, Boden-/Frostempfindlichkeitsklassen, Bodenkennwerte.....	7
3.5 Wasserdurchlässigkeit.....	9
3.6 Betonaggressivität.....	9
4 Erschließung und Bebauung.....	10
4.1 Wasserhaltung im Bauzustand.....	11
4.2 Leitungszone.....	11
4.3 Hauptverfüllung von Kanal- und Leitungsgräben.....	12
4.4 Verkehrsflächen.....	15
4.5 Bebauung.....	21
4.5.1 Baugruben.....	21
4.5.2 Hinweise zur Gründung und Bauausführung.....	22
4.6 Erdbebengefährdung.....	26
5 Bauwerksabdichtung und Entwässerung.....	26
5.1 Allgemeines.....	26
5.1.1.1 Bauwerksabdichtung von Neubauten.....	27
5.2 Versickerung von Oberflächenwasser.....	28
6 Zusammenfassung und Schlussbemerkungen.....	29

Verzeichnis des Anhangs

Anhang 1: Richtlinien, Vertrags- und Lieferbedingungen, Arbeitsblätter, Rechtsgrundlagen, Normen und sonstige Unterlagen nach dem aktuellen Stand der Geotechnik

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1:	Lagepläne	M 1 : 25.000/M 1: 500
Anlage 2:	Schichtenverzeichnisse und Schichtprofile	M 1 : 50
Anlage 3:	Geologische Schnitte	M 1: 250/100
Anlage 4:	Versuchsprotokolle bodenmechanische Versuche	
Anlage 5:	Homogenbereiche nach DIN 18 300: 2019-09	

1 Vorbemerkungen

Die Landsiedlung Baden-Württemberg beabsichtigt in Backnang, Am Sommerrain die Bebauung der Grundstücke 31041 und 3104/64. Die Fläche wird derzeit als Grünfläche / Garten genutzt.

Um Kenntnis über die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse zu erhalten, wurde unser Haus von der Landsiedlung im Schreiben (E-Mail) vom 04.05.2022 beauftragt, das Baugebiet auf seine Baugrund- und Grundwasserverhältnisse zu untersuchen und ein Gutachten auszuarbeiten. Grundlage des Auftrags war unser Angebot Nr. B 2-22-005b vom 06.04.2022.

Zur Ausarbeitung des Gutachtens wurde uns ein Bestandslageplan und eine Luftbildaufnahme übersandt. Ein Bebauungsplan liegt nicht vor.

Bei den jeweiligen Versorgungsträgern wurden aktuelle Kabel- und Leitungspläne für die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Sparten erhoben.

Weiterhin wurden die Topographische und die Geologische Karte M 1 : 25 000, Blatt 7022 Backnang, die Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, M 1 : 350 000 sowie die Online-Kartenservices der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) und des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) mit herangezogen.

Der Baugrunderkundung und Ausarbeitung des geotechnischen Berichts liegen außerdem, soweit zutreffend, die in Anhang genannten Richtlinien, Vertrags- und Lieferbedingungen, Arbeitsblätter, Rechtsgrundlagen, Normen und sonstige Unterlagen in der Geotechnik und im Abfallrecht zugrunde. Im nachfolgenden Text benutzte Kürzel werden dort erläutert.

2 Untersuchungsumfang

2.1 Geländearbeiten

Zur Erkundung der anstehenden Bodenschichten wurden vom 15. bis 17.03.2022 12 Kleinbohrungen ($\varnothing$ 60 mm) nach DIN EN ISO 22475-1:2007-1 hergestellt. Um das Untersuchungsrastraster zu ergänzen und die Lagerungsdichte/Festigkeit der Bodenschichten festzustellen, wurden zusätzlich fünf Schwere Rammsondierungen (DIN EN ISO 22476-2) durchgeführt.

Die Rammsondierungen dienen zur Ermittlung der Lagerungsdichte des Bodens. Bei den ausgeführten Schweren Rammsondierungen (DPH) wird eine Sonde mit einer Querschnittsfläche von 15 cm² durch Rammen mit einem Fallgewicht von 50 kg bei gleichbleibender Fallhöhe von 0,50 m in den Untergrund eingetrieben. Die benötigte Schlagzahl N_{10} für jeweils 10 cm Eindringtiefe gibt Auskunft über die Lagerungsdichte bzw. Konsistenz des Untergrunds.

Die Schichtenfolge der Bohrungen wurde nach geologischen und geotechnischen Kriterien aufgenommen (Benennung und Beschreibung nach DIN EN 14 688/14 689 wobei die bisher gebräuchlichen Bezeichnungen der zurückgezogenen DIN 4022 beibehalten wurden) und nach DIN 18 196 und DIN 18 300 klassifiziert. Weiterhin wurden Wasserzutritte/-anstiege dokumentiert und das Bohrgut organoleptisch auf mögliche Verunreinigungen geprüft.

Die Kleinbohrungen und Rammsondierungen wurden nach Lage und Meereshöhe eingemessen. Als Höhenbezugspunkt diente die Höhe des Kanaldeckels KS 2932 mit 287,75 mNN (entnommen aus dem Kanalplan der Stadt Backnang).

Die Anordnung der Aufschlusspunkte auf dem Grundstück ist aus dem Lageplan ersichtlich (Anlage 1). Anlage 2 enthält die Schichtprofile (Schichtenverzeichnisse) der Kleinbohrungen und die Rammsondierprofile. In Anlage 3 sind die Schicht- und Rammsondierprofile in fünf geologischen Schnitten aufgetragen. Die Bohr- und Sondieröffnungen wurden nach Beendigung der Geländearbeiten mit Quellton verschlossen.

Ursprünglich waren noch drei tiefere Kernbohrungen bis in den felsigen Untergrund des Lettenkeupers/ des Oberen Muschelkalks geplant. Diese könnten aber wegen der Zugänglichkeit des bestehenden Geländes für die Bohrgerätschaften nicht durchgeführt werden. Sie sollen nachgeholt werden, sobald die Befahrbarkeit der Grundstücke möglich ist.

2.2 Bodenmechanische Laborversuche

Aus den Bohrungen wurden insgesamt sechs Bodenproben für Bodenmechanische Untersuchungen entnommen. Im hauseigenen Baugrundlabor wurden deren natürlicher Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1) und davon an fünf Proben deren Konsistenzgrenzen (DIN EN ISO 17892-12) ermittelt. Mit den Laborversuchen war eine Einstufung der Bodenschichten in Bodengruppen nach DIN 18 196 möglich, was für die Bestimmung von Bodenkennwerten und für die Festlegung der Homogenbereiche von Bedeutung ist.

3 Baugrund

3.1 Lage, Morphologie und geologischer Überblick

Die untersuchten Grundstücke liegen rund 50 Höhenmeter über dem Stadtkern von Backnang an der Murr. Die Hochfläche wird nach der geologischen Karte Blatt 7022 Backnang von Schichten des Lettenkeupers gebildet.

Die darunter anstehenden Kalksteine und Mergel des Oberen Muschelkalks bilden den steilen Taleinschnitt der Murr.

Von der Hochfläche erstrecken sich keilförmige Einschnitte in den Lettenkeuper und Muschelkalk, erzeugt durch ehemalige oder auch rezente Wasserläufe. So dürfte das wohl auch im Bereich der untersuchten Fläche gewesen sein. Die ehemalige Klinge wurde aufgefüllt, so dass das Gelände heute verhältnismäßig flach bzw. leicht nach Südwesten geneigt ist.

3.2 Geologischer Schichtaufbau

In den Kleinbohrungen wurden, außer in BS 6 an der Südecke (dort nur geringe Mächtigkeit) erdig-kiesige Auffüllungen von 1,5 m bis über 6 m angetroffen. Folgende Mächtigkeiten wurden festgestellt:

BS 1: > 6 m	BS 7: 4,00 m
BS 2: 1,50 m	BS 8: 2,60 m
BS 3: 4,60 m	BS 9: > 3,70 m
BS 4: 3,00 m	BS 10: > 3,80 m
BS 5: > 6 m	BS 11: > 4,00 m
BS 6: 0,50 m	BS 12: > 4,00 m

Unter den Auffüllungen folgte teils hellbrauner Lösslehm und tonige Verwitterungsschichten des Lettenkeupers. Bodenmechanisch sind diese Schichten als mittelplastische Tone, der Lösslehm auch als leichtplastischer Schluff von steifer und halbfester Konsistenz anzusprechen. Schichten des Lettenkeupers wurden lediglich in BS 6 und BS 7 ab 2,80/ 5,40 m in Form eines Sandsteins aufgeschlossen.

3.3 Grundwasser

Grundwasserzutritte wurden bis zu den Aufschlussendtiefen nicht angetroffen. Dennoch können in den Auffüllungen Stauwasserzutritte nicht ausgeschlossen werden. So wurde in BS 8 nach Bohrende ein Wasserstand von 2,73 m (286,34 mNN), in BS 10 von 2,15 m (285,22 mNN) gemessen.

3.4 Homogenbereiche, Boden-/Frostempfindlichkeitsklassen, Bodenkennwerte

In der Neufassung der DIN 18 300 werden Boden- und Felsarten in Homogenbereiche eingeteilt. Die bisherigen Bodenklassen entfallen.

Ein Homogenbereich umfasst einen begrenzten Bereich mit einer oder mehreren Boden- und/oder Felsarten, die entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweisen. Umweltrelevante Inhaltsstoffe sind bei der Einteilung in Homogenbereiche ggf. zu berücksichtigen.

Die Einstufung von Böden in Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB 17 erfolgt auf Grundlage ihrer Zusammensetzung (Feinkornanteil, Kornverteilung, Mineralart) und der Einteilung in Boden- gruppen nach DIN 18 196.

Die Zuordnung der angetroffenen Boden- und Felsarten zu Homogenbereichen nach den Richtlinien der DIN 18 300 ist in Anlage 5 mit deren Eigenschaften und der geschätzten Bandbreite der geotech- nischen Kennwerte tabellarisch aufgelistet.

Die Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB sowie die bisherigen Bodenklassen nach DIN 18 300 Ausgabe 2012 (zurückgezogen) sind zum Vergleich ebenfalls mit angegeben.

Die angegebenen Kennwerte sind nur für den Baubetrieb bzw. zur Beurteilung der erforderlichen Erdbauleistung maßgeblich und dürfen nicht für geotechnische/erdstatische Berechnungen herange- zogen werden. Es handelt sich um geschätzte obere und untere Grenzwerte und nicht um charakte- ristische Werte im Sinne der DIN EN 1997 (EC 7) bzw. DIN 4020.

Sollte es zu Unstimmigkeiten bezüglich der Einteilung der anstehenden Boden- und Felsarten kom- men, so kann der Baugrundgutachter beim Baugrubenaushub hinzugezogen werden.

Bodenkennwerte

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche können Anlage 4 entnommen werden. Die im Folgenden für die an den Untersuchungspunkten aufgeschlossenen Bodenschichten angegebe- nen charakteristischen Boden- bzw. Berechnungskennwerte wurden nicht direkt durch bodenmecha- nische Laborversuche bestimmt. Sie wurden unter Berücksichtigung der Ergebnisse der bodenme- chanischen Laborversuche und dem Geländebefund in Anlehnung an DIN 1055 und weiteren Litera- turangaben eingeschätzt. In Klammern ist die geschätzte Schwankungsbreite angegeben, die bei Grenzwertbetrachtungen ggf. anzusetzen ist.

Bodenschicht	Boden- gruppe nach DIN 18 196	Wichte		Reibungs- winkel ϕ_k [°]	Kohäsion c_k [kN/m ²]	Steife- ziffer $E_{s,k}$ [MPa]	Wasser- durch- lässigkeits- beiwert $k_{f,k}$ [m/s]
		über Wasser γ_k [kN/m ³]	unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]				
Lösslehm, steif, Verwitterungs- schichten, steif	TM, UL	19 (18-20)	9 (8-10)	22,5 (20-27)	5 (3-7)	6 (4-8)	10^{-7} (10^{-6} - 10^{-9})
Verwitterungs- schichten, halb- fest	TM	20 (19-21)	10 (9-11)	22,5 (20 - 25)	10 (7,5-15)	10 (8-12)	10^{-7} (10^{-6} - 10^{-9})

Werden Schichten in offenen Baugruben/Kanalgräben längere Zeit der Witterung ausgesetzt, können sich die Kennwerte rapide verschlechtern. Dies gilt auch für Profilabschnitte, in denen Stau- oder Schichtwasser austritt und zu einem Aufweichen der Bodenschicht führt.

3.5 Wasserdurchlässigkeit

Versickerungsversuche Vor-Ort oder an Laborproben wurden keine durchgeführt.

Der Lösslehm und die Verwitterungsschichten sind als schwach durchlässig nach DIN 18130 einzu-
stufen. Der zu erwartende Durchlässigkeitsbeiwert liegt erfahrungsgemäß in der Größenordnung von $k_f = 10^{-7}$ m/s. Bei den Verwitterungsschichten ist die Durchlässigkeit geringer anzusetzen. In den Auf-
füllungen sind unterschiedliche Durchlässigkeiten, je nach Zusammensetzung.

3.6 Betonaggressivität

Eine chemische Analyse von Bodenproben auf Betonaggressivität nach DIN 4030 wurde nicht durch-
geführt. Aufgrund der petrographischen Zusammensetzung der anstehenden natürlichen Bodenschich-
ten wird nicht von einer erhöhten Betonaggressivität auszugehen.

4 Erschließung und Bebauung

Planunterlagen zu Erschließungsmaßnahmen oder zur Bebauung liegen uns nicht vor, so dass hier nur allgemeine Hinweise gegeben werden können.

Bei der Herstellung und Sicherung von Kanal- und Leitungsgräben sind die Vorgaben der DIN 4124, der DIN EN 1610 (Abwasserleitungen und -kanäle), der DIN EN 805 (Trinkwasserleitungen), der einschlägigen Arbeitsblätter (für Gasleitungen z.B. DVGW G 459, G 462, G 475) sowie die Vorgaben der jeweiligen Netzbetreiber zu beachten.

Gräben über 1,25 m sind zu böschten oder zu verbauen. Sollte frei geböscht werden, sind nach DIN 4124, Abschnitt 4.2.4 bei Böschungen bis 5 m Höhe folgende Böschungswinkel β ohne rechnerischen Standsicherheitsnachweis maximal zulässig:

- | | | |
|----|---|-----------------------|
| a) | nichtbindige oder weiche, bindige Böden | $\beta \leq 45^\circ$ |
| b) | steife bis halbfeste bindige Böden | $\beta \leq 60^\circ$ |

Die angetroffenen Auffüllungen können voraussichtlich unter $\leq 60^\circ$ frei geböscht werden. Weiche/ lockere Auffüllungen müssen mit $\leq 45^\circ$ geböscht werden.

Ein maßhaltiger Aushub ohne besondere Erschwernisse kann erwartet werden.

Um die Massen für Aushub und Verfüllung möglichst gering zu halten, werden Kanal- und Leitungsgräben meist mit senkrechten Wänden hergestellt und mit einem Verbau gesichert. Dies ist bei Gräben über 2 m Tiefe generell zu empfehlen. Dabei gelten ebenfalls die Vorgaben der DIN 4124, DIN EN 1610 und DIN EN 805.

Verbausysteme, bei denen die Verbauelemente kontinuierlich mit dem Aushub abgesenkt werden, sind zu bevorzugen. Einfache Verbaukörper, die nach dem Aushub in die Gräben eingestellt werden, können nur bei ausreichend standfesten Grabenwänden eingesetzt werden, wenn nicht mit Nachbrüchen zu rechnen ist. Die Wahl des Verbausystems ist daher den Baugrundverhältnissen anzupassen.

Es ist zu beachten, dass ein Verbau mit vorausseilendem Erdaushub und anschließender Sicherung des Grabens mit einem nicht kraftschlüssigen Verbau (z. B. durch Verbauplatten) Spannungsumlagerungen im benachbarten Untergrund bewirkt, welche Setzungen oder Sackungen bis hin zur Gelän-

deoberkante verursachen können. Es muss daher sichergestellt sein, dass bereits bestehende Bauteile (z. B. Wasserleitungen, Strom- oder Telefonkabel) insbesondere in den Anschlussbereichen zu den bestehenden Kanälen nicht setzungsempfindlich sind bzw. keine unzulässigen Verformungen erfahren.

4.1 Wasserhaltung im Bauzustand

In den Kanal- und Leitungsgräben kann es in Auffüllungen zu (vermutlich geringen) Stauwasserzutritten kommen, die eventuell eine Wasserhaltung erforderlich werden lassen können. Bei nur geringen Wasserzutritten ist dies in Form einer offenen Wasserhaltung möglich.

4.2 Leitungszone

Die Leitungszone (Bettung, Seitenverfüllung und Rohrabdeckung) ist gemäß DIN EN 1610 (Abwasserleitungen und -kanäle), DIN EN 805 (Trinkwasserleitungen) bzw. den einschlägigen DVGW- Arbeitsblättern (z.B. G 459, G 462 für Gasleitungen) auszuführen.

Den Untersuchungsergebnissen zufolge kann im aufgefüllten als auch im natürlich anstehenden Untergrund von ausreichender Tragfähigkeit im Auflagerbereich ausgegangen werden.

Sollten weiche oder gar breiige, nicht tragfähige Bodenschichten im Sohlbereich zu liegen kommen, sind diese auszuräumen und durch das Material der Bettung zu ersetzen. Ein Bodenaustausch muss über die gesamte Grabenbreite ausgeführt werden. Bei Wasserzutritten ist auch bei Böden mit steifer oder besserer Konsistenz damit zu rechnen, dass die Grabensohle bei der Bearbeitung aufweicht.

Rohre von Abwasserkanälen können auf einer Bettung Typ 1 (Regelausführung) nach DIN EN 1610, Abschnitt 7.2.1 verlegt werden. Bettungen des Typs 2 und 3 sind i.d.R. schwierig auszuführen und daher nicht zu empfehlen. Die in DIN EN 1610 angegebene Mindestdicke der unteren Bettungsschicht a sollte aufgrund langjähriger Erfahrungen gemäß DWA A-139 „Einbau und Prüfung von Abwasserkanälen und -leitungen“ erhöht werden und bei normalen Böden mindestens $100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN}$ in mm betragen.

Die Grabensohlen für Gas- und Trinkwasserleitungen sind so auszuheben, dass die Rohre auf ihrer gesamten Länge satt aufliegen und die Grabensohle zur Bettung wird. Punkt- oder Linienlagerung ist

nicht zulässig. Wenn die Grabensohle für die Bettung der Rohrleitung nicht geeignet ist (z.B. nicht tragfähiger Boden), ist mindestens 0,15 m tiefer auszuheben und der Aushub durch ein geeignetes Bettungsmaterial zu ersetzen, dessen Korngrößenzusammensetzung und Kornform keine Beschädigungen der Rohre verursacht. Wenn nötig sind im Verbindungsbereich gesonderte Vertiefungen im Auflager vorzunehmen. Gegebenenfalls muss eine Sandbettung nach Vorgabe des Netzbetreibers eingebracht werden.

Das Material für die Bettungsschicht muss die Anforderungen nach Abschnitt 5.3 der DIN EN 1610 erfüllen. Das Größtkorn darf bei Rohren $\leq$ DN 200 maximal 22 mm und bei Rohren $\leq$ DN 600 maximal 40 mm betragen. Bei größeren Nennweiten gibt es nach DIN EN 1610 keine Korngrößenbeschränkung. Für FBS-Beton- und -Stahlbetonrohre kann das Größtkorn im Auflagerbereich bis zur halben Wanddicke, höchstens jedoch 64 mm betragen. Wir empfehlen, als Bettungsmaterial Fremdmaterial zu verwenden (z. B. Schotter-Splitt-Gemisch 0/32).

In der Leitungszone ist Material nach den Anforderungen der DIN EN 1610 bzw. DIN EN 805 und der einschlägigen DVGW-Arbeitsblätter bzw. Herstelleranforderungen einzubauen. Schüttmaterial, Schütthöhe und Verdichtungsgerät müssen aufeinander abgestimmt sein. In der Leitungszone darf nur mit leichten Verdichtungsgeräten verdichtet werden. Der Einbau ist in Lagen von maximal 0,2 m - 0,3 m auszuführen. Die Anforderung an das 10% Mindestquantil des Verdichtungsgrads D_{Pr} beträgt 97%.

Die Dicke der Abdeckung über der Rohrleitung sollte i.d.R. 300 mm betragen. Eine Mindestdicke von 150 mm über dem Rohrschaft und 100 mm über der Rohrverbindung darf nicht unterschritten werden.

4.3 Hauptverfüllung von Kanal- und Leitungsgräben

Die Hauptverfüllung ist gemäß den Planungsanforderungen auszuführen und lagenweise verdichtet einzubauen. Über den Rohren darf eine mechanische Verdichtung erst ab einer Schichtdicke von $\geq$ 300 mm erfolgen. Mittlere und schwere Verdichtungsgeräte dürfen erst ab einer Überdeckungshöhe von 1,00 m zum Einsatz kommen.

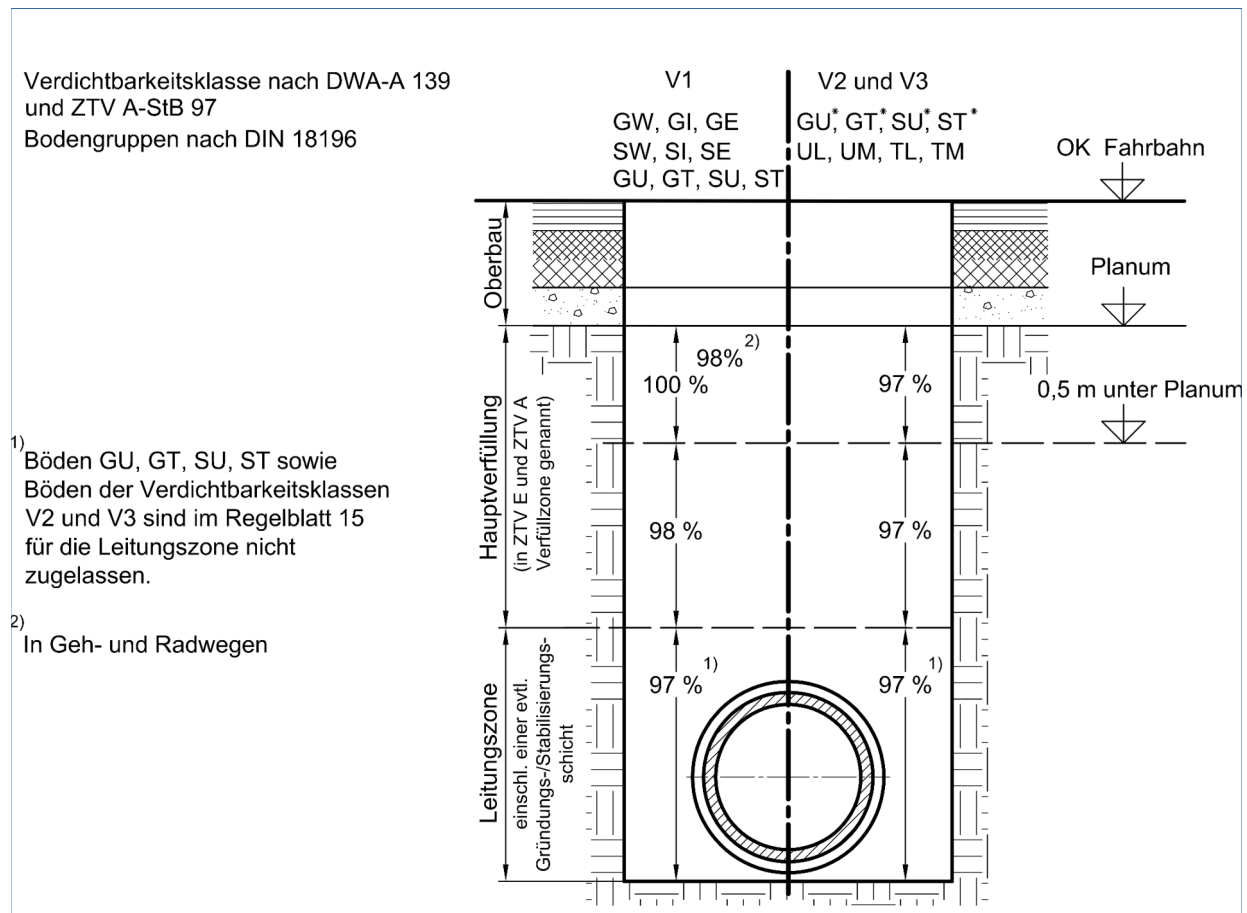
Bei der Wiederverfüllung und Verdichtung von Leitungsgräben sind die Richtlinien der ZTV E-StB 17 und der ZTV A-StB 12 sowie DIN EN 1610 einzuhalten. In den (zurückgezogenen) ZTV A-StB 97/06 sind die für die Verfüllzone geeigneten Bodenarten in Verdichtbarkeitsklassen eingeteilt.

Verdichtbarkeitsklasse	Kurzbeschreibung	Bodengruppe (DIN 18 196)
V 1	nicht bindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden	GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST
V 2	bindige, gemischtkörnige Böden	GU*, GT*, SU*, ST*
V 3	bindige, feinkörnige Böden	UL, UM, TL, TM
	für das Verfüllen von Leitungsgräben nicht geeignet	HN, HZ, F, OU, OT, OK, TA

Wir empfehlen, trotz der in den aktuell gültigen ZTV A-StB nicht mehr enthaltenen Regelungen, für die Verfüllzone Böden der Verdichtbarkeitsklasse V 1 zu verwenden, da sie wegen ihrer geringeren Wasser- und damit Witterungsempfindlichkeit in der Regel leichter zu verdichten sind als Böden der Klassen V 2 und V 3. Werden Böden der Klassen V 2 und V 3 verwendet, so muss der Wassergehalt dem optimalen Wassergehalt beim Proctorversuch entsprechen.

Steife oder gar weiche lehmige Auffüllungen sind i.d.R. zu feucht für den optimalen Wassergehalt, dieser liegt erfahrungsgemäß am Übergang von steifer zu halbfester Konsistenz.

Gemäß ZTV E-StB 17 und ZTV A-StB 12 sind folgende Verdichtungsanforderungen einzuhalten:



Bei Baugruben und Gräben außerhalb von Verkehrsflächen ist mindestens die Lagerungsdichte des umgebenden Bodens einzuhalten, gemäß ZTV E-StB 17 jedoch mindestens 97% D_{Pr} .

Die nachfolgenden Bewertungen und Hinweise beziehen sich ausschließlich auf die geotechnische Eignung von Böden. Böden, die den o.g. abfallrechtlichen Anforderungen nicht genügen, dürfen auch bei geotechnischer Eignung nur im oberen Teil von Graben- und Baugrubenverfüllungen eingebaut werden.

Die anstehenden und beim Aushub anfallenden Auffüllungen sind den Verdichtbarkeitsklassen V 2 und V 3 zuzuordnen.

Eine Bodenaufbereitung mit Kalk- oder Mischbinder ist unter den gegebenen Rahmenbedingungen nicht praktikabel.

Gut für Verfüllzwecke geeignet sind Tragschichtmaterial nach ZTV SoB-StB 04 oder gleichwertige Schotter-Splitt-Gemische. Bei nicht güteüberwachtem Material ist dessen Eignung vor dem Einbau ggf. nachzuweisen, sofern nicht örtliche Erfahrungen hinsichtlich der Eignung vorliegen.

Bei Grabenverfüllungen mit unverändertem, ursprünglich vorhandenem Bodenmaterial muss auch bei sorgfältiger Verdichtung mit späteren Setzungen gerechnet werden. Daher sollte von dessen Verwendung im Fahrbahnbereich abgesehen werden. Hier sollte z.B. Betonrecycling (Zulassung nach TL Gestein-StB 04 bzw. TL G SoB-StB 04 und UVM-Erlass), Schotter oder gleichwertiges verwendet werden.

Das Verfüllgut ist lagenweise einzubauen und optimal zu verdichten. Die Mächtigkeit der einzelnen Lagen sollte 30-40 cm nicht überschreiten. Die Anforderung an das 10%-Mindestquantil des Verdichtungsgrades D_{Pr} in der Verfüllzone beträgt in Abhängigkeit vom eingebauten Erdstoff zwischen $\geq 97\%$ und $\geq 100\%$. Im Übrigen wird auf die Vorgaben der ZTV E-StB 17 und ZTV A-StB 12 für die Verfüllung in Straßenbereichen verwiesen.

Die Verdichtung der Grabenverfüllung ist im geforderten Umfang gemäß ZTV E-StB je nach gewählter Prüfmethode im Zuge der Eigenüberwachung durch den Auftragnehmer nachzuweisen. Unabhängige Kontrollprüfungen durch den Auftraggeber werden empfohlen.

Unverändertes Aushubmaterial kann eventuell in nicht setzungsempfindlichen Bereichen (z.B. unter Grünflächen, zur Geländemodellierung) wieder eingebaut werden, wo keine besonderen Anforderungen hinsichtlich optimaler Verdichtbarkeit zu stellen sind und im Lauf der Zeit auftretende Konsolidationssetzungen der Grabenverfüllung ggf. im Zuge der gärtnerischen Pflege ausgeglichen werden können.

Der Rückbau eines Grabenverbaus muss unter abwechselndem schrittweisem Ziehen und unmittelbar anschließendem Nachverdichten erfolgen. Es muss eine kraftschlüssige und vollflächige Verbindung des Verfüllmaterials mit dem gewachsenen Boden der Grabenwand entstehen. Ist ein Rückbau erst nach dem Verfüllen möglich, so ist dies in der Rohrstatik zu berücksichtigen. In besonderen Fällen ist der Verbau im Untergrund zu belassen.

Im Gründungsbereich der Schachtbauwerke kann überwiegend mit ausreichend tragfähigem Baugrund gerechnet werden.

4.4 Verkehrsflächen

Bei der Bemessung und Ausführung von Verkehrsflächen empfehlen wir, die Richtlinien der RStO 12, der ZTV E-StB 17 und der ZTV T-StB 95 bzw. ZTV SoB-StB 04 und ZTV Beton-StB 07 zu beachten.

Bei der Erschließung von Baugebieten ist nach RStO12 in der Regel ein stufenweiser Ausbau der Fahrbahnbefestigung vorzusehen, dessen erste Ausbaustufe den zu erwartenden Baustellenverkehr aufnehmen muss. Soll nach weitgehender Fertigstellung der angrenzenden Bebauung der vollständige Aufbau hergestellt werden, ist der Zustand der verbleibenden Teilbefestigung gemäß RStO 12, Abschnitt 4, zu berücksichtigen. Bei der Ermittlung der Belastungsklasse ist der Baustellenverkehr zu berücksichtigen.

Auf dem Erdplanum frostempfindlicher Böden wird bei Regelbauweisen nach RStO 12 ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ verlangt. An der Oberkante des Oberbaus (ungebundene Tragschicht) werden in Abhängigkeit von der Bauweise bestimmte 10%-Quantile des E_{v2} -Werts gefordert. Die Anforderungen bei Wegen betragen $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ (bei einer Decke ohne Bindemittel) und bei Straßen je nach Bauweise $E_{v2} \geq 120\text{-}150 \text{ MN/m}^2$ (Belastungsklassen Bk100 - Bk1,0) bzw. $E_{v2} \geq 100\text{-}120 \text{ MN/m}^2$ (Belastungsklasse Bk0,3). Die auf dem Erdplanum und der Trag-

schicht geforderten Verformungsmoduln sind durch Plattendruckversuche nach DIN 18 134 nachzuweisen.

Die im Bereich des voraussichtlichen Erdplanums natürlich anstehenden Bodenschichten sind den Frostempfindlichkeitsklassen F 3 (sehr frostempfindlich) und F 2 (mittel frostempfindlich) nach ZTV E-StB 17 zuzuordnen. Da eine genauere Abgrenzung unterschiedlich frostempfindlicher Bereiche nicht möglich und eher ein größerer Anteil von sehr frostempfindlichen Flächen zu erwarten ist, empfehlen wir, sämtliche Verkehrsflächen für sehr frostempfindlichen Untergrund (F 3) zu dimensionieren.

Demnach sind nach RStO 12 dimensionierte Frostschutz- und Tragschichten aufzubringen. Sofern nicht örtliche Erfahrungen oder spezielle Untersuchungen zur Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus vorliegen, kann diese Dicke unter Berücksichtigung der Frostempfindlichkeit des Bodens aus den „Ausgangswerten für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus“ in cm (RStO 12, Abschnitt 3.2.2, Tabelle 6) und den „Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse“ (RStO 12, Abschnitt 3.2.3, Tabelle 7) errechnet werden.

Das Baugebiet liegt nach RStO 12, Bild 6, in der Frosteinwirkungszone I.

Der anstehende Baugrund ist frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 2 + F 3).

Gemäß RStO 12, Abschnitt 3.2 ist unter Berücksichtigung der entsprechenden Zu- und Abschläge eine Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus von 0,60 m (Belastungsklassen Bk3,2 - Bk1,0) bzw. 0,50 m (Belastungsklasse Bk0,3) erforderlich.

Die angegebene Mindestdicke ist auf einem Untergrund mit einem Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² vorgesehen. Wird dieser Wert nach Verdichtung des Planums nicht erreicht (im vorliegenden Fall sehr wahrscheinlich), so sind besondere Maßnahmen vorzusehen.

Hierzu gehören z.B. Maßnahmen zur Bodenverbesserung (z.B. Bindemittelzugabe oder Bodenaustausch) oder Bodenverfestigung gemäß ZTV E-StB 17 bzw. ZTV Beton-StB 07 oder eine Erhöhung der Tragschichtdicke.

Wenn trockenere Böden in annähernd halbfester Konsistenz bei trockener Witterung bearbeitet werden können, so ist ein ausreichender Verdichtungsgrad voraussichtlich auch ohne Bindemittelzugabe erreichbar.

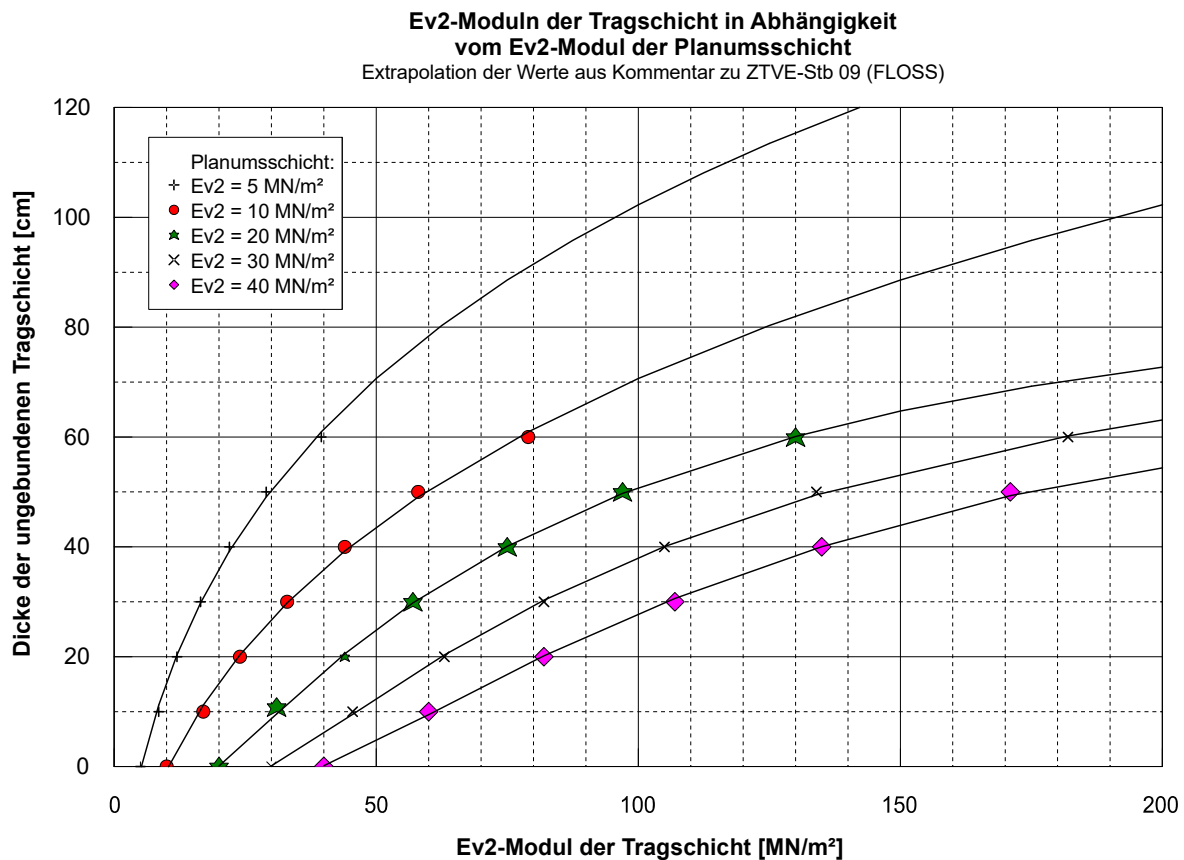
Im Folgenden wird nur auf den Bodenaustausch bzw. die Erhöhung der Tragschichtmächtigkeit eingegangen. Im Fall eines **Bodenaustauschs** werden nicht ausreichend tragfähige Schichten unterhalb des Erdplanums ausgeräumt und durch gut verdichtbares, lagenweise bei optimaler Verdichtung eingebautes, körniges Fremdmaterial ersetzt. Die Mächtigkeit des Bodenaustauschs richtet sich nach dem Verformungsmodul des Untergrunds und den Verdichtungseigenschaften des Austauschmaterials und sollte auf Testfeldern bestimmt werden. Der Bodenaustausch ist so zu bemessen, dass an dessen Oberkante ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht wird und darauf ein Regelaufbau nach RStO 12 hergestellt werden kann.

Der auf einem verdichteten Erdplanum aus einer lehmigen Auffüllung bei guter Witterung erreichbare Verformungsmodul wird auf ca. $E_{v2} \approx 10\text{-}20 \text{ MN/m}^2$ geschätzt. Bei einem Bodenaustausch auf derartigem Untergrund wäre bei Schotter STS/FSS 0/45 eine Austauschdicke von 20 – 40 cm absehbar, um ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Erdplanum zu erreichen.

Die Erhöhung der Mächtigkeit der ungebundenen Tragschicht ist als Variante des Bodenaustausches zu betrachten. Hierbei wird die Tragschichtmächtigkeit soweit erhöht, dass der an Oberkante Tragschicht geforderte Verformungsmodul trotz zu geringem Verformungsmodul auf dem Erdplanum erreicht werden kann.

Ein Bodenaustausch mit körnigem, nichtbindigem Fremdmaterial oder eine Erhöhung der Tragschichtmächtigkeit kann auch bei niederschlagsreicher Witterung ausgeführt werden. Gegebenenfalls kann auf dem Erdplanum als unterste Lage der Einbau einer Lage Grobschotter („Schroppen“, z.B. 0/100 oder 0/150, $D \approx 15 - 20 \text{ cm}$) oder eines zug- und reißfesten Geotextils mindestens der Georobustheitsklasse GRK 4 erwogen werden, um ein Einarbeiten des Austausch- bzw. Tragschichtmaterials in den Untergrund zu verhindern.

Folgendes Diagramm, angelehnt an den Kommentar zu den ZTV E-StB 09, Abschnitt 4.5, gibt den Zusammenhang zwischen der Dicke des Oberbaus (ungebundene Tragschicht) und dem E_{v2} -Modul des Planums (OK Tragschicht) für verschiedene E_{v2} -Moduln des Rohplanums wieder:



Mit den oben genannten, auf dem verdichteten Erdplanum geschätzten Verformungsmodulen lassen sich etwa folgende Dicken der Schottertragschicht (ggf. einschl. Frostschuttschicht) abschätzen, um ohne Bodenverbesserung/Bodenaustausch einen den Anforderungen der RStO 12, je nach Bauweise, genügenden Verformungsmodul an deren Oberkante zu erreichen:

Anforderung:	erf. Dicke der Schottertragschicht
$Ev_2 \geq 100 \text{ MN/m}^2$:	$D \approx 50 - 70 \text{ cm}$
$Ev_2 \geq 120 \text{ MN/m}^2$:	$D \approx 60 - 80 \text{ cm}$
$Ev_2 \geq 150 \text{ MN/m}^2$:	$D \approx 65 - 90 \text{ cm}$

Vor der Herstellung des Oberbaus empfehlen wir jedoch, die tatsächliche Festigkeit des verdichteten Planums mittels Plattendruckversuchen nach DIN 18 134 zu überprüfen (können ggf. durch unser Haus durchgeführt werden), um eine Tragschichtdimensionierung anhand tatsächlich gemessener Werte zu ermöglichen.

Das obige Diagramm liefert nur für die auf Tragschichten bis 0,60 m Dicke erreichbaren Verformungsmodulen abgesicherte Angaben. Da im vorliegenden Fall voraussichtlich eine größere Trag-

schichtdicke erforderlich wird, stellen die obigen Angaben nur eine Schätzung auf Grundlage einer Extrapolation dar und es ist die Anlage von Testfeldern zur Überprüfung des tatsächlich erreichbaren Verformungsmoduls auf der vorgeschlagenen Tragschicht erforderlich.

Insbesondere bei wasserdurchlässigen Belägen ist das Erdplanum bereits mit ausreichendem Gefälle herzustellen, um einen Wasserabfluss zu ermöglichen und es sind Dränschichten und Dränagen an der Basis der Tragschicht vorzusehen. Weitere Hinweise hierzu können dem „Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen“ (MW) entnommen werden. Bei der Ausführung wasserdurchlässiger Pflasterbeläge auf gering durchlässigem Untergrund sind weitere Anforderungen zu beachten¹.

Bei bindigen und gemischtkörnigen Böden spielt der aktuelle Wassergehalt eine große Rolle. Sollte es während der Erdarbeiten zu Niederschlägen kommen, darf das ungeschützte Erdplanum nicht befahren werden, um Aufweichungen durch Walkbeanspruchung zu vermeiden. Während der Bauarbeiten ist das Erdplanum wasserfrei zu halten. Hierzu ist ein ausreichendes Quergefälle zur Ableitung von Niederschlagswasser während der Bauphase bzw. von Sickerwasser nach Fertigstellung des Oberbaus vorzusehen.

Das erforderliche Querneigungsgefälle ist u.a. von der Ausführung der Randbereiche abhängig, muss bei nicht bindemittelstabilisiertem Erdplanum mindestens 4% betragen.

Insbesondere bei für längere Zeit unmittelbar befahrenen Flächen und bei Winterbaustellen sind besondere Maßnahmen zur Sicherung der Planumsflächen vorzusehen. Ein Einbau auf gefrorener Unterlage ist nicht zulässig.

Der Einbau von Massen ist lagenweise (0,2 bis 0,4 m Lagenstärke) mit geeigneten Verdichtungsgeräten vorzunehmen. Der Verdichtungserfolg ist durch Eigenüberwachungsprüfungen des Auftragnehmers sowie durch Kontrollprüfungen des Auftraggebers nachzuweisen (können ggf. durch unser Haus ausgeführt werden).

Nach der Herstellung des Rohplanums kann der Einbau einer Lage aus Grobschotter als Basis empfohlen werden. Alternativ oder zusätzlich zur Grobschotterlage kann auch ein Geotextil mindestens der Georobustheitsklasse GRK 3 nach TL Geok E-StB 05 und/oder ein Geogitter verlegt werden, falls schlechte Befahrbarkeit und/oder Bearbeitbarkeit des Untergrunds dies erforderlich macht. Im Bereich von Baustraßen ist wegen der erhöhten Walkbeanspruchung durch den Baustellenverkehr min-

¹ Siehe z.B. Hanses, U., Wolf, G., Hofmann, T.: Wasserdurchlässiges Pflaster auf gering durchlässigem Untergrund, Tiefbau Ingenieurbau Straßenbau, April 1999, Heft 4, S. 61-69.

destens GRK 4 zu verwenden. Dies sollte als Bedarfsposition in die Ausschreibung der Erdarbeiten aufgenommen werden.

Darüber kann kornabgestuftes, gebrochenes, gut verdichtbares Material lagenweise bei optimaler Verdichtung eingebaut werden.

Sämtliche Böden und Baustoffgemische für Tragschichten sollen die Anforderungen der TL SoB-StB 04 erfüllen und nach TL G SoB-StB 04 güteüberwacht sein. RC-Baustoffe in Bezug auf potentielle Schadstoffgehalte nach dem UVM-Erlass (Dihlmann-Erlass) bewertet, der in seiner höchsten Qualitätsstufe nur eine Einstufung als Z 1.1 -Material erlaubt. Somit gelten die gleichen Einschränkungen wie für bindemittelbehandelten Boden. Ein Einbau ist lediglich unmittelbar unter einer abdeckenden Schwarzdecke möglich, wo ein Einfluss von Grund- und Sickerwassers, unter der Annahme eines nicht wasserdurchlässigen Straßenbelags, in einer stärker sichernden Einbaukonfiguration Z2 vorausgesetzt werden kann.

Zudem sind industriell hergestellten Gesteinskörnungen und RC-Baustoffe auf Eignung und Reinheit gemäß TL Gestein-StB 04 bzw. TL G SoB-StB 04 und UVM-Erlass zu prüfen. Weiterhin sind ggf. die Regelwerke RuA-StB 01, RuVA-StB und RiStWag zu beachten.

Insbesondere bei wasserdurchlässigen Belägen und Bauweisen mit Pflasterdecken ist darauf zu achten, dass das Tragschichtmaterial dauerhaft wasserdurchlässig ($k_f \geq 2 \cdot 10^{-4}$ m/s), dauerhaft frostsicher (Korngrößenverteilung) und dauerhaft frostbeständig (Materialeigenschaften) ist. Der Schlagzertrümmerungswert ist auf SZ(8/12) <18 M-% zu begrenzen, um eine eventuelle Nachverdichtung wegen Kornzertrümmerung zu minimieren.

Wir empfehlen, Tragschichtmaterial der Körnung 0/45 mit Feinkornanteil <0,063 mm unter 3% oder der Körnung 2/45 zu verwenden².

Gemische mit Größtkorn ≥ 56 mm sind wegen deren Entmischungsneigung nicht zu empfehlen.

Bei Bauweisen mit Pflasterdecken empfehlen wir, als Verlegebett keinen Muschelkalk- oder Jurasplitt zu verwenden. Nach unseren Erfahrungen neigt Kalksteinmaterial zur Verwitterung zu Feinkorn, welches sowohl das Verlegebett als auch die Tragschicht verschlämmt und wasserundurchlässig macht. Infolgedessen kann es, wenn Wasser durch die Fugen des Pflasterbelags eindringt, durch auf dem

² Bei Verwendung von Material mit Nullkorn sollte sich die Sieblinie im unteren zulässigen Bereich der ZTV SoB-StB 04 bewegen. Neben dem Schlämmkorn sollte auch der Sand- und Größtkorngehalt in der Ausschreibung definiert werden, um in der Kontrollprüfung die Eignung der Gemische kontrollieren zu können.

Verlegebett stehendes Wasser im Winter zu Frosthebungen und ganzjährig zu Hebungen und Senkungen infolge Durchfeuchtung/Trocknung kommen.

Das verwendete Bettungsmaterial muss daher hochfest (Schlagzertrümmerungswert SZ(8/12) <18 M-%) und von gedrungener Kornform sein, um Zerreißung und Kornzerkleinerung zu vermeiden. Die dauerhafte Wasserdurchlässigkeit des Bettungsmaterials ist bereits bei der Sieblinie zu berücksichtigen (Fülleranteil <0,063 mm $\leq$ 5M%). Nach unserer Einschätzung wäre beispielsweise ein Gemisch³ aus Edelbrechsand 0/2 (30%) und Edelsplitt 2/5 (70%) oder kalkarmer Moränesplitt der Körnung 2/5 als Verlegebett gut geeignet. Vor allem bei Ausführung von Tragschichten ohne Feinkorn (z.B. 2/45 oder 2/56) ist auf die Verwendung weitgestufter Korngemische ($U \geq 13$) und auf ausreichende Filterstabilität⁴ zwischen Bettungsmaterial und Tragschichtmaterial zu achten, damit kein Bettungsmaterial in die Tragschicht einwandern kann. Alternativ könnte die Verlegung eines Geotextils als Trennschicht zwischen Tragschicht und Verlegebett erwogen werden.

4.5 Bebauung

4.5.1 Baugruben

Bei der Herstellung von Baugruben und Gräben sind die Vorgaben der DIN 4124 einzuhalten. Wenn das anschließende Gelände höchstens flach geneigt ist, darf bei bindigem Baugrund von mindestens steifer Konsistenz bis zu einer Höhe von 1,25 m senkrecht abgegraben werden bzw. bis zu 1,75 m, wenn der oberste halbe Meter unter 45° abgebösch wird.

Tiefere Baugruben und Gräben sind zu böschen oder zu verbauen. Der zulässige Böschungswinkel ist u.a. abhängig von den bodenmechanischen Eigenschaften des Baugrunds. In Anlehnung an DIN 4124, Abschnitt 4.2.4 sind für Böschungen bis 5 m Höhe folgende Böschungswinkel β ohne rechnerischen Standsicherheitsnachweis maximal zulässig:

- | | | |
|----|---|-----------------------|
| a) | Auffüllungen | $\beta \leq 45^\circ$ |
| b) | nichtbindige oder weiche, bindige Böden | $\beta \leq 45^\circ$ |
| c) | steife bis halbfeste bindige Böden | $\beta \leq 60^\circ$ |

Bei Böschungshöhen über 5 m ist der rechnerische Nachweis der Standsicherheit zu erbringen oder ein Verbau vorzusehen.

3 Dieses Gemisch kann bei ausreichender Fugenbreite ggf. auch für die erste Fugenverfüllung verwendet werden. Abschließend muss die Fuge allerdings mit feinen Materialien wie z.B. Edelbrechsand 0/2 oder Brechsand-Splitt-Gemisch 0/5 eingeschlämmt werden.

4 $D_{15}/d_{85} \leq 5$ und $D_{50}/d_{50} \leq 25$
Korndurchmesser der Tragschicht (D) bzw. Bettung (d) bei 15%, 50% bzw. 85% Siebdurchgang.

Bei tieferen Baugruben und/oder Grundwasserandrang sowie beim Auftreten von Bodenschichten mit einer Konsistenz schlechter als steif können besondere Anforderungen an die Baugrubengestaltung (flachere Böschung, Bermen, Verbau) erforderlich werden.

4.5.2 Hinweise zur Gründung und Bauausführung

In den Bohrungen wurden Auffüllungen von 0,5 bis über 6 m festgestellt, die nach den Rammsondierungen locker gelagert sind, also unverdichtet eingebaut wurden. Aufgrund des anzunehmenden Alters der erdig-kiesigen Auffüllungen und der in den Bohrungen festgestellten Zusammensetzung ist davon auszugehen, dass Eigensetzungen abgeklungen sind, Eigenkonsolidation stattgefunden hat. Dennoch ist nicht auszuschließen, dass bereichsweise noch Reste von Müll, Bauschutt oder sonstige organische Reste vorliegen können. Von einer Gründung von Bauwerken auf den Auffüllungen wird abgeraten. Deshalb wird empfohlen, Neubauten entweder einzeln über Tiefgründungen auf/in den Schichten des Lettenkeupers/ Oberen Muschelkalks zu gründen oder die gesamte Baufläche vor der Bebauung zu verbessern. Bei allen Zusatzmaßnahmen ist eine Erkundung des Gründungshorizonts über Kernbohrungen erforderlich, die ausreichend tief in die Schichten des Lettenkeupers, u. U. in die Schichten des Oberen Muschelkalks reichen.

Als **Tief(er)gründung** und/oder als Baugrundverbesserung bieten sich folgende Verfahren an, die allerdings hinsichtlich der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit im Einzelfall zu überprüfen wären:

a) Verdrängungspfähle

Unter dem Begriff Verdrängungspfähle sind Fertigpfähle, Ortbeton-Verdrängungspfähle und verpresste Verdrängungspfähle zusammengefasst. Im vorliegenden Fall bieten sich Fertigpfähle an.

Als Fertigpfähle werden vorgefertigte Rammpfähle aus Stahlbeton, Stahl oder duktilem Guss bezeichnet, die durch verschiedene, auf den Untergrund und die verwendeten Pfähle abgestimmten Verfahren in den Untergrund eingetrieben werden (z.B. Rammen, Rütteln, Drücken, Drehen).

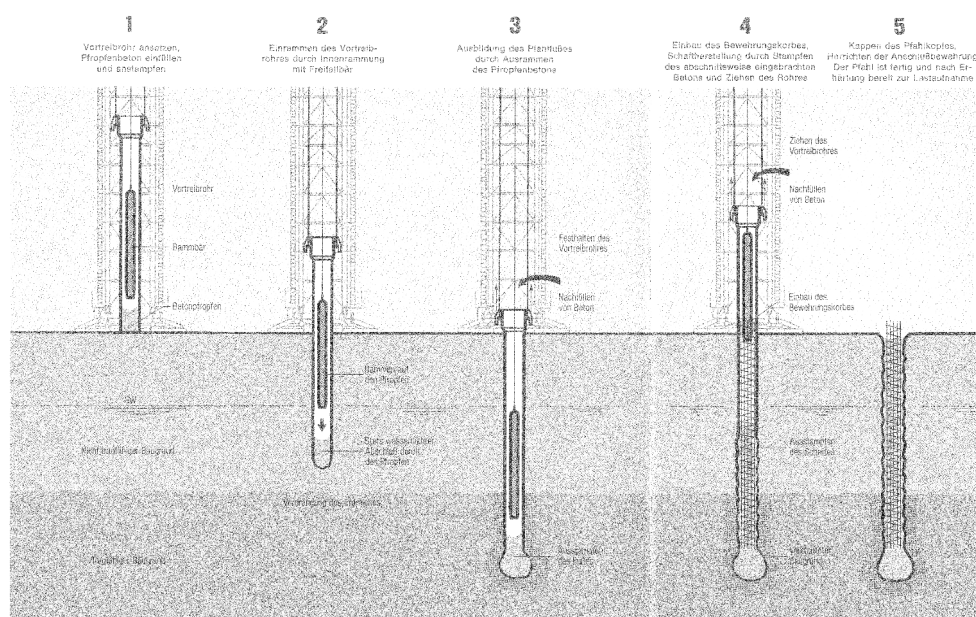
Bei Ortbeton-Verdrängungspfählen, wie z.B. dem Franki-Pfahl, wird mit einem Vortreibrohr ein Hohlraum hergestellt, in den anschließend Beton und ggf. eine Bewehrung eingebracht wird. Der während des Einbringens entstehende Hohlraum wird mit Zementsuspension verfüllt oder verpresst.

Die Belastbarkeit richtet sich nach dem Durchmesser des Vortreibrohres und nach dem von der Spezialfirma vorgegebenen Rammkriterium. Nach unserer Kenntnis können Frankipfähle mit den in der nachfolgenden Tabelle genannten Werten belastet werden. Werden größere Pfahlfüße ausgeführt, so können entsprechend höhere Lasten aufgenommen werden.

Vortreib- rohr Ø	Druckbelastung äußere Tragfähigkeiten				Zugbelastung äußere Tragfähigkeiten			
	Gebrauchslast in nicht bindi- gen Böden		Gebrauchslast in halbfest- en bindigen Böden		Gebrauchslast in nicht bindi- gen Böden		Gebrauchslast in halbfesten bindigen Böden	
	mit Norm-Ramm- arbeit	mit Fußbemes- sung	mit Norm- Ramarbeit	mit Fußbemes- sung	mit Norm-Ramm- arbeit	mit Fußbemes- sung	mit Norm-Ramm- arbeit	mit Fußbemessung
mm	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
420	1350	1800	1350	1400	400	700	400	500
510	1600	2200	1600	1800	500	900	500	700
560	2000	2800	2000	2200	630	1000	630	800
610	2400	3500	2400	2600	710	1100	710	900

Zu beachten ist, dass bei den Verdrängungspfahlsystemen Belästigungen durch Lärm und Erschütterungen auftreten, die unter Umständen nicht mehr tolerabel sein können.

Die nachfolgende Abbildung zeigt schematisch die Herstellung eines Ortbetonrammpfahles am Beispiel des Frankipfahls⁵.



5 Quelle; Verfahrensspekt der Fa. Franki

b) Bohrpfähle

Eine weitere Gründungsvariante stellen Großbohrpfähle dar, die nach DIN EN 1536 bzw. DIN 1054: 2010-12 und nach EA Pfähle⁶ zu bemessen und auszuführen wären. Deren Sohlen müssten in den festen Schichten des Lettenkeupers oder Muschelkalks liegen.

Diese Gründungsart ist in der Regel die setzungsärmste, jedoch sicherlich teuerste Lösung, da mit größeren Pfahllängen gerechnet werden muss. Zu dem könnten Bohrpfähle eher unwirtschaftlich zu sein.

c) Vermörtelte Stopfsäulen, Fertigmörtel-Stopfsäulen und Betonrüttelsäulen (Baugrundverbesserung)

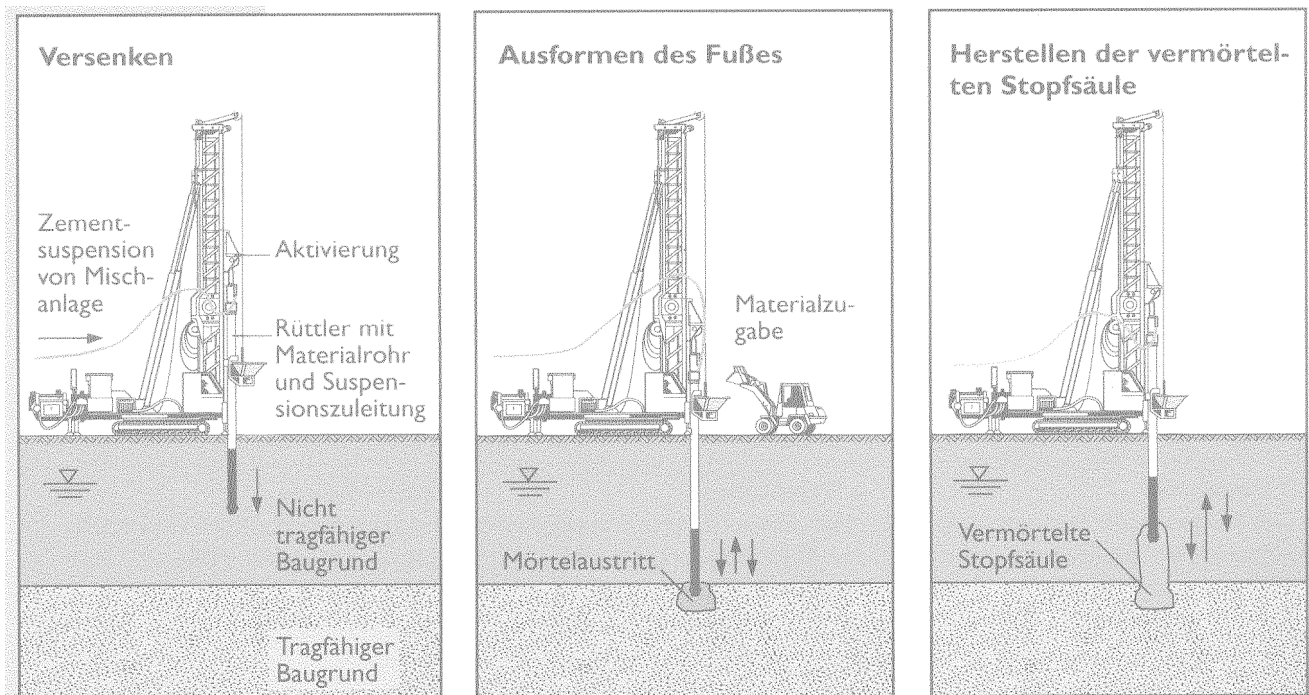
Vermörtelte Stopfsäulen, Fertigmörtel-Stopfsäulen und Betonrüttelsäulen sind Varianten der unvermörtelten Rüttelstopfsäulen, die als unbewehrte bezeichnet werden können. Grundlage für die Herstellung in der Praxis sind bauaufsichtliche Zulassungen, weil wesentliche Merkmale weder der DIN 1054 noch der DIN 1536 entsprechen.

Bei vermörtelten Stopfsäulen wird dem eingebauten Zuschlagsstoff Zementsuspension als Bindemittel zugegeben, so dass nach dem Erhärten eine verfestigte Säule entsteht. Bei Fertigmörtel-Stopfsäulen wird besonderer Beton der Güte C 12/15 bis C 20/26 eingebaut. Das Tragverhalten ergibt sich in Anlehnung an DIN 1054 aus dem Pfahlwiderstand und der Pfahlkopfverschiebung.

d) Rüttelstopfverdichtung (Baugrundverbesserung)

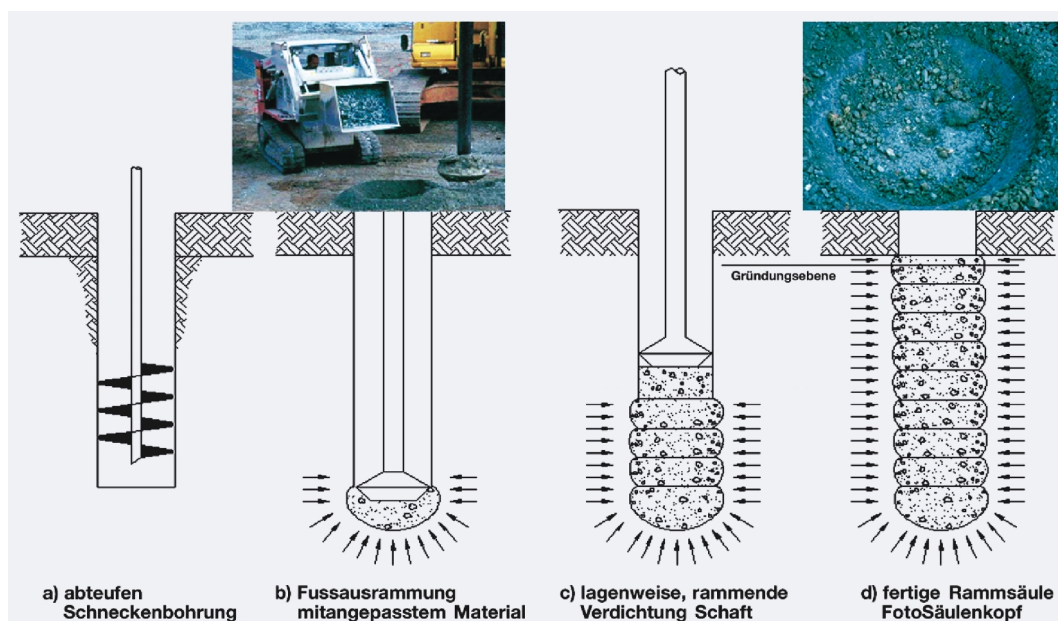
Eine weitere Möglichkeit könnte eine Gründung auf durch Rüttelstopfsäulen verbessertem Untergrund sein. Hierbei werden unvermörtelte oder vermörtelte Stopfsäulen bis in den Kies oder bis in die Stubensandsteinschichten hergestellt, deren Raster lastabhängig angeordnet wird. Bei dieser Art der Bodenverbesserung fällt praktisch kein Aushub an. Auf dem Säulenraster kann eine herkömmliche Flachgründung mit Einzel- und Streifenfundamenten erfolgen.

6 EA Pfähle: Empfehlung des Arbeitskreises „Pfähle“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. 2. Auflage 2012



e) GeoPier Bohr-Rammsäulen

Im Falle von GeoPier Bohrrammsäulen erfolgen einzelfallbezogene Angaben zur Belastbarkeit sowie eine Setzungsprognose herstellerseits. Herstellerangaben zufolge können je nach Untergrund Trag-fähigkeiten von bis zu 200 - 700 kN je Einzelsäule bzw. ein aufnehmbarer Sohldruck von bis zu 500 kN/m² erreicht werden (charakteristische Werte $V_{E,k}$ bzw. $\sigma_{E,k}$). Außerdem ist eine Probebelastung Teil der Eigenüberwachung bzw. Qualitätssicherung. Nachfolgende, aus einer Herstellerinformation entnommene Abbildung zeigt schematisch die Herstellung der Bohr-Rammsäulen:



f) Betonpfeiler (Einzelgründung)

Betonpfeiler sind möglichst in rundem Querschnitt ca. 1/2 Pfeilerdurchmesser in die Lettenkeuperschichten einzubinden. Eine Verrohrung der Pfeiler ist vorsorglich einzuplanen.

g) Vermörtelte Rammschotterpfeiler (System Bieger, Einzelgründung)

Bei diesem Verfahren werden mit Rundschalengreifer oder Bohrschnecke großformatige Pfeileröffnungen ($\varnothing$ 0,80 m bis 1,50 m) bis in den Kies oder in die Stubensandsteinschichten (Einbindung 1/2 Pfeilerdurchmesser) hergestellt. Die Öffnungen werden anschließend lagenweise mit vermörteltem Schotter verfüllt und mit einem Fallgewicht verdichtet.

Der Belastungswert beruht auf den über 20-jährigen Erfahrungen der ausführenden Fachfirmen. Gegebenenfalls kann von den Firmen eine Referenzliste angefordert werden.

Das Eigengewicht von Rammschotterpfeilern kann vernachlässigt werden.

4.6 Erdbebengefährdung

Nach der Karte der Erdbebenzonen für Baden-Württemberg bzw. nach DIN 4149:2005-04 liegt **Backnang außerhalb von Erdbebenzonen**. Es werden keine Vorkehrungen gegenüber Erdbeben gefordert.

5 Bauwerksabdichtung und Entwässerung

5.1 Allgemeines

Erdeinbindende Baukörper sind gegen Durchfeuchtung aus dem Untergrund zu schützen. Neben immer vorhandenem, kapillar gebundenem Wasser (Erdfeuchtigkeit) und der Schwerkraft folgend kann sich bei gering wasserdurchlässigem Untergrund in die Arbeitsräume eindringendes Niederschlags-, Schicht- und Sickerwasser an der Baugrubensohle aufstauen, wenn es nicht ausreichend schnell zur Tiefe in versickern kann. Um eine Beanspruchung erdeinbindender Baukörper durch drückendes Wasser zu verhindern, stellt eine Dränanlage in Verbindung mit einer Abdichtung gegen Erdfeuchtig-

keit und nicht stauendes Sickerwasser in derartigen Fällen die angemessene und i.d.R. kostengünstigste technische Lösung dar.

Eine Dränanlage, bestehend aus einer Dränschicht und Dränleitungen, dient zur Entwässerung des Bodens. Für die Planung, Bemessung und Ausführung von Dränmaßnahmen gilt die DIN 4095. Dränanlagen können Abdichtungen niemals ersetzen, sondern müssen stets in Verbindung mit Abdichtungen nach DIN 18 533 geplant und ausgeführt werden.

Wassereinwirkungsklasse

Zur Festlegung der erdseitigen Wassereinwirkung auf die Abdichtungsschicht gelten folgende Wassereinwirkungsklassen:

Wassereinwirkungs-klasse	Art der Einwirkung	Abdichtung nach Abschnitt
W1-E	Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser	8.5
W1.1-E	Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden	8.5.1
W1.2-E	Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung	8.5.1
W2-E	Drückendes Wasser	8.6
W2.1-E	Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe	8.6.1
W2.2-E	Hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe	8.6.2
W3-E	Nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken	8.7
W4-E	Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden	8.8

5.1.1.1 Bauwerksabdichtung von Neubauten

Der Untergrund ist gering wasserdurchlässig im Sinne der DIN 18 130 ($k_f \leq 10^{-6}$ m/s).

Falls eine Dränanlage nach DIN 4095 möglich und zulässig ist, liegt die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E vor. Wenn eine Dränanlage nicht hergestellt werden kann oder darf, gilt bis zu Eintauchtiefen (= Tiefenlage der tiefsten Abdichtungsebene unter der Geländeoberfläche) von ≤ 3 m die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E und bei Eintauchtiefen > 3 m die Wassereinwirkungsklasse W2.2-E.

Bei gering wasserdurchlässigem Untergrund ($k_f \leq 10^{-6}$ m/s) sind erdberührte Bauteile durch eine Dränanlage nach DIN 4095 vor drückendem Wasser zu schützen (Wassereinwirkungsklasse W1.2-E) und mit einer Abdichtung nach DIN 18 533, Abschnitt 8.5 gegen Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser zu versehen. Bei Anwendung der WU-Richtlinie ist die Beanspruchungsklasse 2 nach Abschnitt 5.2 (3) sowie bei hochwertiger Nutzung die Nutzungsklasse A nach Abschnitt 5.3 (2) anzusetzen.

Falls das Einleiten von Dränagewasser in die öffentliche Kanalisation nicht zulässig ist und auch keine andere Möglichkeit zur rückstaufreien Ableitung von Dränagewasser besteht, liegt die Wassereinwirkungsklasse W2-E vor und erdberührte Bauteile (Wände und Fußböden) sind gegen drückendes Wasser nach DIN 18533, Abschnitt 8.6 oder gemäß WU-Richtlinie abzudichten. Bei Vorliegen der Wassereinwirkungsgrenze W2-E ist für das abzudichtende Bauwerk ein statischer Nachweis gegen Auftrieb und Wasserdruck erforderlich.

5.2 Versickerung von Oberflächenwasser

Gemäß DWA-Arbeitsblatt A 138 sind für Versickerungen generell Locker- und Festgesteine mit Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f \geq 10^{-6}$ m/s geeignet. Außerdem ist ein Abstand der Sohle der Versickerungseinrichtung vom mittleren höchsten Grundwasserstand⁷ von $\geq 1,0$ m einzuhalten, um eine ausreichende Sickerstrecke zur biologischen und physikalisch-chemischen Reinigung des Sickerwassers zu gewährleisten.

Die im Baufeld oberflächennah angetroffenen Bodenschichten eignen sich aufgrund ihres geringen Durchlässigkeitsbeiwerts nicht zur Wiederversickerung von nach Niederschlägen anfallendem Oberflächen- und Dachflächenwasser. Ferner ist bei einem Sicherheitszuschlag von 1,0 m auf den bestehenden Grundwasserspiegel kein ausreichender Flurabstand zum Grundwasser vorhanden.

Daher ist eine planmäßige oberflächennahe Versickerung im Sinne des DWA-Arbeitsblatts A 138 nicht sinnvoll und wirtschaftlich durchzuführen.

⁷= arithmetisches Mittel der Jahreshöchstwerte mehrerer Jahre mit Angabe des Zeitraums. Da in der Regel jedoch langjährige Messreihen des Grundwasserstands nicht verfügbar sind, kann ggf. der angegebene Bemessungswasserstand als Kriterium herangezogen werden.

6 Zusammenfassung und Schlussbemerkungen

Die Landsiedlung Baden-Württemberg beabsichtigt die Bebauung der Grundstücke 3104/1 und 3104/64, Am Sommerrain in Backnang. Um Aussagen über die Beschaffenheit des Baugrundes und die Grundwasserverhältnisse zu erhalten, wurde unser Haus mit der Baugrunderkundung und der Erstellung eines geotechnischen Berichts beauftragt.

Das Neubaugebiet liegt in der Erdbebenzone 0 und außerhalb von Wasserschutzgebieten.

Zur Baugrunderkundung wurden sechs Kleinbohrungen und fünf Schwere Rammkernsondierungen abgeteuft, bodenmechanische und chemischen Laboruntersuchungen durchgeführt. Nach Abschluss der Feldmessungen wurden alle Bohrlöcher, mit Ausnahme der beiden Grundwassermessstellen, mit Quellton verfüllt.

Den Erkundungsergebnissen zufolge liegen im geplanten Baugebiet unter 10 - 30 cm mächtigem Oberboden erdig-kiesige Auffüllungen von 0,50 bis > 6 m Mächtigkeit (Auffüllung einer Klinge) vor. Der darunter anstehende Untergrund besteht bis zur Aufschlussendtiefe aus Lösslehm, Verwitterungsschichten und Sandstein des Lettenkeupers. Grundwasser wurde nicht angetroffen.

Das geotechnische Baugrundmodell wird in Schichtenbeschreibungen, Schichtenprofilen sowie fünf schematischen geologischen Schnitten dargestellt.

Beim Kanal- und Leitungsbau kann nach jetzigen Erkenntnissen ein weitgehend maßhaltiger Aushub in mittelschwer bis schwer lösbarem, bindigem oder gemischtkörnigen Böden und eine kurzfristig gute Standsicherheit von Grabenwänden erwartet werden. Die Tragfähigkeit der Grabensohle wird meist ausreichend sein. In Lagen mit weicher lockeren Konsistenz sind gegebenenfalls Maßnahmen zur Verbesserung der Tragfähigkeit notwendig.

Das voraussichtliche Erdplanum von Verkehrsflächen wird in frostempfindlichem und für Standardbauweisen nicht ausreichend tragfähigem Untergrund liegen und sind entsprechend zu bemessen. Die Erfordernis besonderer Maßnahmen (Bodenaustausch bzw. erhöhte Tragschichtdicke) ist absehbar.

Bei ausreichenden Platzverhältnissen können Graben- und Baugrubenwände je nach Bodenart frei unter einem Winkel von $\leq 45^\circ$ bis $\leq 60^\circ$ geböscht werden. In weichen Schichtabschnitten und/oder bei Wasserzutritten können besondere Maßnahmen erforderlich werden (z. B. weitere Abflachung).

Von einer Versickerung von Niederschlagswasser wird aufgrund der dafür zu geringen Wasserdurchlässigkeit der Bodenschichten abgeraten.

Die Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen sowie die daraus resultierenden Angaben im Geotechnischen Bericht gelten nur für die Untersuchungsstellen und den Zeitpunkt der Untersuchungen. Abweichungen hiervon können nicht ausgeschlossen werden, so dass eine sorgfältige und laufende Überprüfung der angetroffenen Verhältnisse im Vergleich zu den Erkundungsergebnissen und Folgerungen im Gutachten erforderlich ist.

Der vorliegende Geotechnische Bericht beschreibt die Untergrundverhältnisse im geplanten Baugebiet Am Sommerrain in Backnang, Rems-Murr-Kreis und die aus der Baugrunderkundung resultierenden baulich notwendigen Maßnahmen im Zuge der Erschließung, soweit sie aus dem derzeitigen und uns bekannten Planungsstand absehbar sind, und gibt Hinweise zur späteren Bebauung. Der Gutachter muss über den Beginn und die Durchführung von Aushub- sowie Erschließungsarbeiten rechtzeitig verständigt und beigezogen werden, ferner bei Abschluss und/oder Änderung der Planung, um gegebenenfalls erforderliche Änderungen und Ergänzungen angeben zu können. Sollten bei der Baumaßnahme unvorhergesehene Schwierigkeiten oder Unklarheiten hinsichtlich der Angaben im Geotechnischen Bericht auftreten, so ist der Gutachter ebenfalls unverzüglich zu benachrichtigen.

Die Angabe der zu erwartenden Homogenbereiche und Bodenklassen und die in den Profilen (Anlage 2) und Schnitten (Anlage 3) eingetragenen Schichtgrenzen können nicht als Grundlage für verbindliche Massenermittlungen dienen und können ein örtliches Aufmaß nicht ersetzen.

Die geologischen Ergebnisse der Baugrunderkundung (Lageplan und Bohrprofile/Schichtenbeschreibungen) wurden mit Fertigstellung des Gutachtens gemäß Verordnung des Innenministeriums über die Überwachung von Erdaufschlüssen i. V. mit §43 Wassergesetz dem Landratsamt Rems-Murr-Kreis und gemäß §3 Lagerstättengesetz dem Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg übersandt.

Das Gutachten ersetzt kein projektbezogenes Baugrundgutachten einzelner Baumaßnahmen. Hierzu sind die Richtlinien des EC 7 bzw. der DIN 4020 zu beachten.