



**Neubaugebiet
Jakob-Dörr-Strasse
in
78315 Radolfzell am Bodensee
Baugrunderkundung**

Bericht-Nr. 1

Ausfertigung Auftraggeber
(inkl. CD-ROM)

Erstellt im Auftrag von:

Stadt Radolfzell
Tiefbauamt
Güttinger Str. 3
78315 Radolfzell am Bodensee

Projekt:

GBB-09-0155

Bearbeiter:

Dipl.-Geol. E. M. Stephan
Dr. H.-U. Stephan

Ort, Datum:

Stockach, den 25.03.2009

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	3
2	Veranlassung.....	5
3	Unterlagen und Literatur	5
4	Umfang der Baugrunduntersuchungen.....	6
4.1	Geländeuntersuchungen	6
4.2	Geotechnische Laboruntersuchungen.....	6
5	Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen	7
5.1	Geologischer Überblick	7
5.2	Schichtenaufbau	7
5.3	Ergebnisse der geotechnischen Laborversuche	11
5.4	Bodenmechanische Kennwerte und Klassifikation	13
5.5	Erdbebenzone.....	15
5.6	Grundwasserverhältnisse	15
5.7	Versickerungsfähigkeit	15
6	Bautechnische Folgerungen	16
6.1	Eignung der aufgeschlossenen Schichten zum Wiedereinbau	17
6.2	Gründungen	17
6.3	Kanalbau.....	19
6.4	Strassenbau.....	20

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Umfang der geotechnischen Laboruntersuchungen
- Tabelle 2: Obergrenzen sowie Mächtigkeiten der aufgeschlossenen Schichteinheiten
- Tabelle 3: Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen und Klassifizierung der angetroffenen Schichteinheiten nach Frostsicherheit, DIN 18 300 und DIN 18 196
- Tabelle 4: Durchlässigkeitsbeiwert der betreffenden Bodenschicht (nach HAZEN)

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1:** Übersichtslageplan Radolfzell, Maßstab 1:30 000
- Anlage 2:** Lageplan der Ramm- und Rammkernsondierungen, Maßstab ca. 1:3300
- Anlage 3:** Rammkernsondierungen RKS 1/09 – RKS 7/09
- Anlage 3.1: Schichtenverzeichnisse der Rammkernsondierungen
- Anlage 3.2: Zeichnerische Darstellung der Rammkernsondierungen
- Anlage 3.3: Rammkernfotografien
- Anlage 4:** Schwere Rammsondierungen DPH 1/09 – DPH 8/09
- Anlage 4.1: Messprotokolle der Rammsondierungen
- Anlage 4.2: Diagramme der Rammsondierungen
- Anlage 5:** Ergebnisse der Laboruntersuchungen
- Anlage 5.1: Wassergehalte
- Anlage 5.2: Kornverteilungsdiagramme
- Anlage 5.3: Konsistenzgrenzen
- Anlage 6:** Fotodokumentation
- Anlage 7:** CD-ROM
- Anlage 7.1: Verzeichnis CD-ROM
- Anlage 7.2: CD-ROM

1 Zusammenfassung

Die Stadt Radolfzell am Bodensee plant die Erschließung des Neubaugebietes „Jakob-Dörr-Strasse“, Verlängerung Kreuzbühl.

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 07.03. und am 10.03.2009 sowie vom 19.03.–20.03.2009 sieben Rammkernsondierungen (RKS 1/09 – RKS 7/09) bis in eine maximale Tiefe von 6,0 m unter Geländeoberkante sowie 8 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) bis in max. 9,0 m Tiefe durchgeführt. Anhand der Auswertung der Messprotokolle der Rammsondierungen und der geologischen Aufnahme der Rammkernsondierungen mit zusätzlicher Probennahme und anschließender geotechnischer Laboruntersuchung (vgl. Kapitel 5.3) werden Rückschlüsse auf die Baugrundeigenschaften gezogen.

Im Untersuchungsgebiet wird nach 0,30 m - 1,30 m Oberboden der Untergrund in den vier Rammkernsondierungen RKS 1/09, RKS 2/09, RKS 6/09 und RKS 7/09 bis zur Sondierendtiefe in maximal 6 m unter GOK von Sedimenten der Würmzeitlichen Grundmoräne aufgebaut. In Rammkernsondierung RKS 4/09 und RKS 5/09 folgt nach 2,30 m – 3,30 m mächtiger Grundmoräne der Beckenton bis zur Sondierendtiefe in 4,0 – 5,0 m unter GOK. Nur in Rammkernsondierung RKS 3/08 folgt direkt unter dem Oberboden der Beckenton bis zur Sondierendtiefe in 6 m unter GOK. Sedimente der Grundmoräne stehen in dieser Sondierung nicht an.

Im Untersuchungsgebiet wurden mehrere Schicht- / Grundwasserzutritte festgestellt. Vor allem im Grenzbereich zwischen den kiesig sandigen Abfolgen und den schluffig-tonigen Schichten innerhalb der Grundmoräne kommt es zu zahlreichen Wasserzutritten.

Auch im Ausstrichsbereich des Beckentons wurde bei Rammkernsondierung RKS 3/09 in 1,30 m unter GOK (408,55 m ü.NN) Schicht- / Grundwasser festgestellt.

Nur bei Rammkernsondierung RKS 2/09 wurde kein Schicht- oder Grundwasser nachgewiesen.

An sechs Bodenproben aus dem ungesättigten Bodenbereich konnte im bodenmechanischen Labor die Durchlässigkeit der betreffenden Bodenschicht unter Beachtung der Gültigkeitsregeln überschlägig abgelesen werden. Die dort ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte erfüllen die Anforderungen an die Durchlässigkeit des Untergrundes zum Versickern von Oberflächenwasser. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass in der Tiefe der ungesättigten Bodenzone wasserstauende bindige Schichten anstehen, welche die Versickerungsleistung entsprechend negativ beeinflussen können.

Nach den vorliegenden Sondierergebnissen stehen in der nordwestlichen und westlichen Hälfte des Untersuchungsgebietes unter dem Oberboden überwiegend die verwitterungsresistenten, schluffig sandigen und kiesigen, tragfähigen Schichtfolgen der Grundmoräne an, im Tal herrschen die schluffigen tonigen, nicht oder wenig tragfähigen Abfolgen des Beckentons vor (vgl. Kapitel 6.2).

Die bei den Aushubarbeiten anfallenden Böden sind gemäß ZTVA-StB überwiegend den Verdichtbarkeitsklassen V1, V2 und V3 (vgl. Tabelle 3) zuzuordnen. Bei Verwendung von Böden der Verdichtbarkeitsklassen V2 und V3 für die Verfüllzone sollen diese einen Wassergehalt nahe dem optimalen Wassergehalt aufweisen.

In Höhe Kanalsohle anstehende mindestens steife Tone/Schluffe bzw. schwach bindige bis bindige Kiese und Sande weisen ausreichende Tragfähigkeitseigenschaften zur Auflagerung der Kanäle auf. Sollten wider Erwarten im Bereich der Rohrsohlen nicht tragfähige Zonen auftreten, so sind diese zu beräumen und gegen geeignetes tragfähiges Material auszutauschen.

Bei der Ausführung der Verkehrsflächen wird davon ausgegangen, dass hier ein Erdplanum mit ausreichender Tragfähigkeit gemäß ZTVE StB 94 vorliegt. Sollte lokal das erforderliche Verformungsmodul von $E_{v2(Soll)} = 45,0 \text{ MN/m}^2$ nicht erzielt werden können (z.B. Bereiche mit feinkörnigen bindigen Sedimenten), sind Bodenaustauschmaßnahmen zu ergreifen, um die für das Erdplanum geforderten $45,0 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen.

Im Anschluss daran muss eine Tragschicht mit geeignetem verdichtungsfähigem Material wie z.B. Kiessand, Steinerde oder einem unbelasteten Recyclingmaterial von mindestens 0,3 m -0,4 m Dicke aufgebracht und entsprechend sorgfältig verdichtet werden, um eine für den Strassenbau erforderliche Tragfähigkeit von $E_{v2(Soll)} = 120,0 \text{ MN/m}^2$ herzustellen (vgl. Kapitel 6.4).

2 **Veranlassung**

Die Stadt Radolfzell am Bodensee plant die Erschließung des Neubaugebietes „Jakob-Dörr-Strasse“, Verlängerung Kreuzbühl.

Hierzu benötigt sie generelle Aussagen über den Aufbau und die Tragfähigkeit des Untergrundes. Außerdem werden Angaben zu den Grundwasserverhältnissen und zu den Versickerungseigenschaften sowie zur Verdichtbarkeit bzw. Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials gemacht. Ferner werden Empfehlungen zur Herstellung der Verkehrswege und der Kanalisation sowie allgemeine Hinweise für die Bauausführung gegeben.

Mit Schreiben vom 20.01.2009 wurde die GBB – GrundBau Bodensee GmbH, Stockach, vom Tiefbauamt der Stadt Radolfzell, vertreten durch Herrn Schwarze, mit der Durchführung der Baugrunduntersuchungen und der Anfertigung eines entsprechenden Baugrundgutachtens beauftragt.

Zur Erkundung des Untergrundes ist die Durchführung von sieben Rammkernsondierungen (RKS 1/09 – RKS 7/09) vorgesehen, anhand deren geologischer Aufnahme und zusätzlicher Probennahme mit anschließender geotechnischer Laboruntersuchung Rückschlüsse auf die Baugrundeigenschaften gezogen werden sollen. Zur Ermittlung der Festigkeit des Untergrundes sind darüber hinaus 8 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH 1/09 und DPH 8/09) vorgesehen.

3 **Unterlagen und Literatur**

Die im Folgenden aufgeführten Unterlagen sowie die genannte Literatur wurden für die Bearbeitung des vorliegenden Gutachtens herangezogen:

- [U1] Stadt Radolfzell, Tiefbauamt, Übersichtslageplan zur Erschließung des Neubaugebietes „Jakob-Dörr-Strasse“ in 78315 Radolfzell am Bodensee.
- [U2] Stadtwerke Radolfzell GmbH, Leitungspläne zum Areal des Neubaugebietes „Jakob-Dörr-Strasse“ in 78315 Radolfzell am Bodensee.
- [U3] Geologische Karte von Baden-Württemberg, M 1:25000, Blatt 8219 Singen (Htwl.) Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, 2. Auflage 1989.
- [U4] Karte der Erdbebenzonen für Ba-Wü, 11 1:350 000, III. Auflage 1988, Landesvermessungsamt Ba-Wü.
- [U5] ATV (Abwassertechnische Vereinigung e.V. 1990): Arbeitsblatt A138.- Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser.; St. Augustin.
- [U6] ZTVE-StB 94 / Fassung 97, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau.

4 Umfang der Baugrunduntersuchungen

4.1 Geländeuntersuchungen

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse und Entnahme von Bodenproben für bodenmechanische Laboruntersuchungen wurden am 07.03. und am 10.03.2009 sowie vom 19.03. – 20.03.2009 sieben Rammkernsondierungen (RKS 1/09 – RKS 7/09) bis in eine maximale Tiefe von 6,0 m unter Geländeoberkante sowie 8 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) bis in max. 9,0 m Tiefe durchgeführt. Anhand der Auswertung der Messprotokolle der Rammsondierungen und der geologischen Aufnahme der Rammkernsondierungen mit zusätzlicher Probennahme und anschließender Laboruntersuchung werden Rückschlüsse auf die Baugrundeigenschaften gezogen.

Die Rammkernsondierungen wurden von einem Mitarbeiter der GBB - GrundBau Bodensee GmbH geologisch aufgenommen. Es wurde jeweils ein Schichtenverzeichnis mit dazugehöriger zeichnerischer Darstellung nach DIN 4023 angefertigt (vgl. Anlage 3).

Die entsprechenden Protokolle nach DIN 4094 und DIN 4023 zu den schweren Rammsondierungen sind in Anlage 4 abgeheftet.

Die Entnahme von insgesamt 14 gestörten Bodenproben für bodenmechanische Laborversuche erfolgte schicht- bzw. halbmeter- und meterweise aus den Rammkernsondierungen.

Die Ansatzpunkte der Rammkernsondierungen und Rammsondierungen sind im Lageplan der Anlage 2 dargestellt.

4.2 Geotechnische Laboruntersuchungen

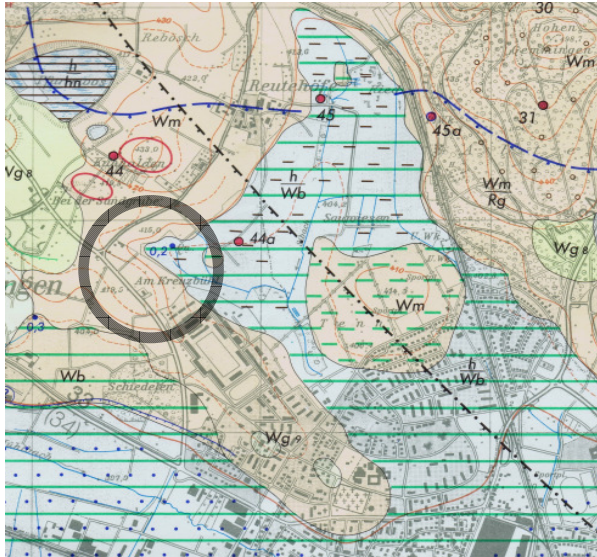
Zur Klassifizierung der Böden und zur Festlegung bodenmechanischer Kennwerte wurden an ausgewählten Bodenproben folgende bodenmechanische Laborversuche durchgeführt:

Tabelle 1: Umfang der geotechnischen Laboruntersuchungen

Laboruntersuchungen	DIN	Proben Rammkernsondierung
Wassergehaltsbestimmung	18121 T1	RKS1/P3, RKS2/P1, RKS2/P2, RKS3/P1, RKS3/P2, RKS3/P3, RKS4/P1, RKS4/P2, RKS5/P1, RKS5/P2, RKS6/P1, RKS6/P2, RKS7/P1, RKS7/P2
Korngrößenverteilung aus Siebanalyse und kombinierter Sieb- u. Schlämmanalyse	18123	RKS1/P3, RKS2/P1, RKS2/P2, RKS6/P2, RKS6/P3, RKS7/P1
Konsistenzgrenzen	18122	RKS3/P2, RKS4/P2, RKS5/P2, RKS7/P2

5 Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen

5.1 Geologischer Überblick



Ausschnitt aus der Geologischen Karte 1:25 000 Blatt 8219 Singen (Htwl.)

Nach der geologischen Karte von Baden-Württemberg 1:25000, Blatt 8219 Singen (Htwl.), stehen im Untersuchungsgebiet die Sedimente der Würmeiszeitlichen Grundmoräne und des Beckentons an..

Die Grundmoräne wird überwiegend von Ton, Silt, Sand und Steinen in unterschiedlicher Zusammensetzung aufgebaut.

Der Beckenton besteht aus grauem, tonigem, feinschichtigem Silt.

Legende:

Grundmoräne: beige gefärbt mit Kürzel Wm

Beckenton: hellblau mit grünen waagerechten Linien mit Kürzel h/Wb.

5.2 Schichtenaufbau

Im Untersuchungsgebiet wird nach 0,30 m - 1,30 m Oberboden der Untergrund in den vier Rammkernsondierungen RKS 1/09, RKS 2/09, RKS 6/09 und RKS 7/09 bis zur Sondierentiefe in maximal 6 m unter GOK von Sedimenten der Würmzeitlichen Grundmoräne aufgebaut. In Rammkernsondierung RKS 4/09 und RKS 5/09 folgt nach 2,30 m – 3,30 m mächtiger Grundmoräne der Beckenton bis zur Sondierentiefe in 4,0 – 5,0 m unter GOK. Nur in Rammkernsondierung RKS 3/08 folgt direkt unter dem Oberboden der Beckenton bis zur Sondierentiefe in 6 m unter GOK. Sedimente der Grundmoräne stehen in dieser Sondierung nicht an.

Das Ausstreichen der unterschiedlichen Sedimentfolgen lässt sich auch an der Morphologie des Untersuchungsgeländes nachvollziehen: In der nordwestlichen und westlichen Hälfte des Geländes formen die verwitterungsresistenten schluffig sandigen und kiesigen Anteile der Grundmoräne den Berghügel, im Tal dominieren die schluffig tonigen Abfolgen des Beckentons.

Rammkernsondierungen:

Rammkernsondierung RKS 1/09:

Nach 0,30 m weichem, schluffigem, tonigem und humosem Mutterboden folgen bis zur Sondierentiefe in 6,0 m unter GOK stark schluffige sandige Kiese der Grundmoräne in überwie-

gend halbfester und fester Konsistenz. Nur im Bereich von 1,60 m – 2,20 m unter GOK liegen die Sedimente aufgrund von Schicht-/ Grundwasserzutritt in breiiger Konsistenz vor.

Rammkernsondierung RKS 2/09:

Nach 0,50 m steifem, schluffigem, tonigem und kiesigem Oberboden folgen bis zur Sondierendtiefe in 6,0 m unter GOK Sedimente der Grundmoräne, wobei bis in 2,00 m unter GOK die schluffigen tonigen Anteile in überwiegend steifer und halbfester Konsistenz dominieren. Darunter überwiegen die schluffig sandigen kiesigen Sedimente, die in halbfester und fester Konsistenz vorliegen.

Rammkernsondierung RKS 3/09:

Nach 1,50 m weichem, schluffigem, tonigem und kiesigem Oberboden folgen bis zur Sondierendtiefe in 6,0 m unter GOK die grauen, graubeigen schluffigen Tone des Beckentons, die in überwiegend steifer und halbfester Konsistenz anstehen.

Rammkernsondierung RKS 4/09:

Nach 1,00 m weichem und steifem, schluffigem, tonigem, sandigem und kiesigem Oberboden folgen bis in ca. 3,80 m unter GOK eine Wechselfolge der Grundmoräne aus locker gelagerten schluffigen Sanden und überwiegend steifen schluffigen Tonen. Darunter stehen bis zur Sondierendtiefe in 5,00 m die grauen, graubeigen Tone des Beckentons in überwiegend halbfester Konsistenz an.

Im Grenzbereich zwischen den Sanden und den Tonen kommt es zum Austritt von Schichtwässern

Rammkernsondierung RKS 5/09:

Nach 1,30 m weichem, schluffigem, tonigem, sandigem und kiesigem Oberboden folgen bis in ca. 3,60 m unter GOK überwiegend steife, schluffige, beige Tonen der Grundmoräne, denen von 2,00 – 2,40 unter GOK locker gelagerter schluffiger Sand zwischengelagert ist. Unter 3,60 m unter GOK stehen die grauen, graubeigen Tone des Beckentons in überwiegend halbfester Konsistenz an.

Im Grenzbereich zwischen dem Sand und dem liegenden Ton kommt es zum Austritt von Schicht-/ Grundwässern

Rammkernsondierung RKS 6/09:

Nach 0,40 m weichem, schluffigem, tonigem, sandigem und kiesigem Oberboden folgt bis zur Sondierendtiefe in 5,00 m eine Wechsellagerung der Grundmoräne aus kiesigen schluffigen Sanden und schluffigen Tonen. Dabei sind bis in etwa 3,00 m unter GOK die Sande

überwiegend locker und die Tone überwiegend steif gelagert, tiefer liegen die Sande überwiegend in mitteldichter Lagerung und die Tone in halbfester Konsistenz vor.
Wie bei Rammkernsondierung RKS 4/09 und RKS 5/09 kommt es auch hier im Grenzbereich zwischen den Sanden und den Tonen zum Austritt von Schichtwässern.

Rammkernsondierung RKS 7/09:

Auch bei Rammkernsondierung RKS 7/09 steht nach 0,30 m weichem, schluffigem, tonigem, sandigem und kiesigem Oberboden bis zur Sondierentiefe in 6,00 m unter GOK eine Wechselfolge der Grundmoräne aus anfangs locker gelagerten schluffigen Sanden und überwiegend steifen schluffigen Tonen an. Unterhalb von ca. 3,00 m sind die Sande dichter – mitteldicht - gelagert und die Tone liegen in halbfester und fester Konsistenz vor.
Auch kommt es hier im Grenzbereich zwischen den Sanden und den Tonen wiederholt zum Austritt von Schichtwässern.

Tabelle 2: Obergrenzen sowie Mächtigkeiten der in den Rammkernsondierungen aufgeschlossenen Schichteinheiten

Aufschluß	RKS 1/09	RKS 2/09	RKS 3/09	RKS 4/09	RKS 5/09	RKS 6/09	RKS 7/09
Ansatzhöhe (m ü NN)	417,35	416,15	409,85	410,50	408,50	410,25	414,80
Oberboden	417,35* 0,30**	416,15* 0,50**	409,85* 1,30**	410,50* 0,50**	408,50* 1,30**	410,25* 0,40**	414,80* 0,30**
Grundmoräne	417,05* 5,70**	415,65* 5,50**	-	410,00* 3,30**	407,20* 2,30**	409,85* 4,60**	414,50* 5,70**
Beckenton	-	-	408,55* 6,70**	406,70* 1,20**	404,90* 0,40**	-	-
Endtiefe [muGOK]	6,00 m	6,00 m	6,00 m	5,00	4,00 m	5,00 m	6,00
Endtiefe [müNN]	411,35	410,15	403,85	405,50	404,50	405,25	408,80

* : Schichtoberkante in m ü. NN
** : Schichtmächtigkeit in m

Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH):

Rammsondierung DPH 1/09:

Die Auswertung der Messprotokolle der Sondierung mit der Schweren Rammsonde DPH 1/09 gibt für den Bereich bis in ca. 1,50 m Tiefe überwiegend weiche, anfangs auch weichbreiige Konsistenzen vor. Nach ca. 1,00 m mit steifen Konsistenzen und einem weiteren Meter mit halbfesten Konsistenzen dominieren bis zur Sondierendtiefe in 7,00 m Schlagzahlen für feste Konsistenzen.

Rammsondierung DPH 2/09:

Die Auswertung der Messprotokolle der Sondierung mit der Schweren Rammsonde DPH 2/09 zeigt ähnliche Verhältnisse wie bei Rammsonde DPH 1/09. Nach dem ersten Meter nicht tragfähigen Oberboden folgen bis in etwa 3,00 m unter GOK Schlagzahlen für steife Konsistenzen. Nach 0,50 m mit halbfesten Konsistenzen herrschen bis zur Sondierendtiefe in 7,00 m feste Konsistenzen vor.

Rammsondierung DPH 3/09:

Die Auswertung der Messprotokolle der Sondierung mit der Schweren Rammsonde DPH 3/09 gibt für den Bereich bis in ca. 4,40 m Tiefe nicht tragfähige überwiegend weiche Konsistenzen vor. Darunter folgt bis zur Sondierendteufe in 7,00 m tragfähiger Untergrund mit Konsistenzen von halbfest und fest.

Rammsondierung DPH 4/09:

Die Auswertung der Messprotokolle der Sondierung mit der Schweren Rammsonde DPH 4/09 gibt für den Bereich bis in ca. 3,50 m Tiefe nicht tragfähige überwiegend weiche Konsistenzen vor. Darunter folgt bis zur Sondierendteufe in 9,00 m tragfähiger Untergrund mit Konsistenzen von halbfest und fest.

Rammsondierung DPH 5/09:

Vergleichbar mit Rammsondierung DPH 4/09 gibt auch hier die Auswertung der Messprotokolle für den Bereich bis in ca. 3,50 m Tiefe nicht tragfähige überwiegend weiche Konsistenzen vor. Darunter folgt, nach einem Meter mit steifen Konsistenzen, bis zur Sondierendteufe in 9,00 m tragfähiger Untergrund mit Konsistenzen von halbfest und fest.

Rammsondierung DPH 6/09:

Die Auswertung der Messprotokolle der Sondierung mit der Schweren Rammsonde DPH 6/09 gibt für den Bereich bis in ca. 4,50 m Tiefe nicht tragfähige überwiegend weiche Konsistenzen vor. Nach einem halben Sondiermeter mit steifen Konsistenzen folgt bis zur Sondierendteufe in 8,00 m tragfähiger Untergrund mit Konsistenzen von halbfest und fest.

Rammsondierung DPH 7/09:

Vergleichbar mit Rammsondierung DPH 6/09 gibt auch hier die Auswertung der Messprotokolle für den Bereich bis in ca. 4,30 m Tiefe nicht tragfähige überwiegend weiche Konsistenzen vor. Nach einem Sondiermeter mit steifen Konsistenzen folgt bis zur Sondierendteufe in 8,00 m tragfähiger Untergrund mit Konsistenzen von halbfest und fest.

Rammsondierung DPH 8/09:

Die Auswertung der Messprotokolle der Sondierung mit der Schweren Rammsonde DPH 8/09 gibt für den Bereich bis in ca. 5,50 m Tiefe nicht tragfähige überwiegend weiche Konsistenzen vor. Nach einem halben Sondiermeter mit steifen Konsistenzen folgt bis zur Sondierendteufe in 9,00 m tragfähiger Untergrund mit Konsistenzen von überwiegend halbfest und im letzten Sondiermeter auch fest.

5.3 Ergebnisse der geotechnischen Laborversuche

Zur Festlegung der Bodenkennwerte und zur Klassifizierung der anstehenden Bodenschichten wurden, wie bereits erwähnt, Laboruntersuchungen durchgeführt. Die Ergebnisse der geotechnischen Laborversuche sind in den Anlagen 5.1, 5.2 und 5.3 dargestellt.

Wassergehalte (DIN 18121):

Der natürliche Wassergehalt nach DIN 18121 wurde an insgesamt 14 Bodenproben ermittelt.

Von Rammkernsondierung RKS 1/09 stammt die Probe P3 aus den schluffigen, sandigen Kiesen der Grundmoräne in 2,00 – 3,00 m Tiefe und hat einen Wassergehalt von 10,58 %.

Von Rammkernsondierung RKS 2/09 stammen zwei Proben aus den stark schluffigen kiesigen Sanden der Grundmoräne: Probe P1 aus 2,00 – 2,40 m Tiefe mit einem Wassergehalt von 13,13 % und Probe P2 aus 4,00 – 4,50 m Tiefe mit 14,64 %.

Von Rammkernsondierung RKS 3/09 stammen drei Proben: Probe P1 aus den stark schluffigen Tonen des Oberbodens in 0,50 – 1,00 m Tiefe mit einem Wassergehalt von 22,53 % und Probe P2 und P3 aus den Beckentonen, wobei P2 aus 2,00 - 2,50 m unter GOK einen Wassergehalt von 20,83 % und P3 aus 4,50 - 5,00 m unter GOK einen Wassergehalt von 29,51 % hat.

Von Rammkernsondierung RKS 4/09 stammt die Probe P1 aus den schluffigen Sanden der Grundmoräne in 2,00 – 2,60 m Tiefe und hat einen Wassergehalt von 16,41 %. Die andere Probe P2 stammt aus den Beckentonen in 4,00 – 4,50 m Tiefe und hat einen Wassergehalt von 19,79 %.

Von Rammkernsondierung RKS 5/09 stammen zwei Proben aus den schluffigen Tonen der Grundmoräne: Probe P1 aus 1,50 – 2,00 m Tiefe mit einen Wassergehalt von 23,13 % und Probe P2 aus 2,50 – 3,00 m Tiefe mit 20,51 %.

Von Rammkernsondierung RKS 6/09 stammen ebenfalls zwei Proben, beide aus den Sanden der Grundmoräne, wobei Probe P1 einen Wassergehalt von 16,33 % und Probe P2 von 15,22 % hat.

Von Rammkernsondierung RKS 7/09 stammt die Probe P1 aus den schluffigen Sanden der Grundmoräne in 1,00 – 1,50 m Tiefe und hat einen Wassergehalt von 16,10 %. Die andere Probe P2 stammt aus den schluffig-tonigen Anteilen der Grundmoräne in 1,50 – 2,00 m Tiefe und hat einen Wassergehalt von 19,23 %.

Korngrößenverteilung (DIN 18 123):

Zur Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18 123 wurden an 6 Bodenproben Siebanalysen durchgeführt. Da die im Untersuchungsgebiet angetroffenen Sedimente auch Anteile von Korngrößen unter 0,063 mm enthalten, wurde die Korngrößenverteilung an 2 Proben durch Siebung und Sedimentation (Schlamm-analyse) ermittelt. An den 4 anderen Proben erfolgte die Bestimmung der Korngrößen durch Siebung.

Siebung:

Aus den gemischtkörnigen Sedimenten der Grundmoräne wurden die Proben RKS 1/P3 aus 3,0 m Tiefe, RKS 6/P2 aus 1,7 m und RKS 6/P3 aus 4,5 m unter GOK sowie RKS 7/P1 aus 1,5 m Sondiertiefe untersucht. Danach besteht die Probe RKS 1/P3 aus 7,1 % Schluff, 22,4 % Sand und 70,5 % Kies und ist in die Bodengruppe GU einzustufen.

Die Untersuchung der Probe RKS 6/P2 aus 1,7 m Tiefe ergab einen schwach schluffigen, fein- und mittelkiesigen intermittierenden Sand der Bodengruppe SI mit 3,4 % Schluff-, 69,0 % Sand- und 27,6 % Kiesanteil.

Bei der Untersuchung der Probe RKS 6/P3 aus 4,5 m Tiefe und der Probe RKS 7/P1 aus 1,5 m unter GOK erfolgt jeweils die Einstufung in die Bodengruppe SE.

Bei Probe RKS 6/P3 handelt es sich um einen schwach schluffigen, fein- und mittelkiesigen Sand mit 5,0 % Schluff-, 76,8 % Sand- und 18,2 % Kiesanteil.

Bei Probe RKS 7/P1 handelt es sich um einen schwach schluffigen, stark feinsandigen Mittelsand mit 4,3 % Schluff-, 92,5 % Sand- und 3,1 % Kiesanteil.

Schlamm-analyse:

Aus den gemischtkörnigen Sedimenten der Grundmoräne mit hohem Feinanteil wurden die Proben RKS 2/P1 aus 2,4 m Tiefe und RKS 2/P2 aus 5,0 m unter GOK untersucht, mit dem Ergebnis, dass beide Proben in die Bodengruppe SU* eingestuft werden.

Probe RKS 2/P1 enthält 3,1 % Ton-, 26,8 % Schluff-, 58,0 % Sand- und 12,0 % Kies.

Probe RKS 2/P2 hat 0,9 % Ton-, 18,9 % Schluff-, 44,3 % Sand- und 35,9,0 % Kiesanteil.

Konsistenzgrenzen (DIN 18 122):

An zwei Proben aus den Tonen der Grundmoräne und an zwei weiteren Proben aus dem Beckenton wurden die Konsistenzgrenzen ermittelt.

Aus Rammkernsondierung RKS 3/09 wurde der Beckenton aus 2,50 m Entnahmetiefe untersucht. So erreicht die Probe P2 bei einem natürlichen Wassergehalt von 20,83 % eine Konsistenzzahl von $I_c = 0,87$, was einer steifen Zustandsform des ausgeprägt plastischen Tones (TA) entspricht.

Bei einem Wassergehalt $> 58,2$ % erfolgt der Übergang in den flüssigen Zustand. Die sehr hohe Plastizitätszahl von 42,8 % zeigt, dass der Boden nicht wasserempfindlich ist.

Aus Rammkernsondierung RKS 4/09 wurde der Beckenton aus 4,50 m Entnahmetiefe untersucht. So erreicht die Probe P2 bei einem natürlichen Wassergehalt von 19,79 % eine Konsistenzzahl von $I_c = 0,83$, was einer steifen Zustandsform des mittel- bis ausgeprägt plastischen Tones (TM/TA) entspricht. Bei einem Wassergehalt $> 48,5$ % erfolgt hier der Übergang in den flüssigen Zustand. Die hohe Plastizitätszahl von 34,4 % zeigt, dass der Boden nicht wasserempfindlich ist.

Aus Rammkernsondierung RKS 5/09 wurden die tonigen Anteile der Grundmoräne aus 3,00 m Entnahmetiefe untersucht. So erreicht die Probe P2 bei einem natürlichen Wassergehalt von 20,51 % eine Konsistenzzahl von $I_c = 0,88$, was einer steifen Zustandsform des ausgeprägt plastischen Tones (TA) entspricht.

Bei einem Wassergehalt $> 57,5$ % erfolgt der Übergang in den flüssigen Zustand. Die sehr hohe Plastizitätszahl von 42,2 % zeigt, dass der Boden nicht wasserempfindlich ist.

Aus Rammkernsondierung RKS 7/09 wurden die tonigen Anteile der Grundmoräne aus 2,00 m Entnahmetiefe untersucht. So erreicht die Probe P2 bei einem natürlichen Wassergehalt von 19,23 % eine Konsistenzzahl von $I_c = 0,83$, was einer steifen Zustandsform des mittelplastischen Tones (TM) entspricht. Bei einem Wassergehalt $> 46,3$ % erfolgt hier der Übergang in den flüssigen Zustand. Die hohe Plastizitätszahl von 32,5 % zeigt, dass der Boden nicht wasserempfindlich ist.

5.4 Bodenmechanische Kennwerte und Klassifikation

In Tabelle 3 sind die bodenmechanischen Kennwerte der relevanten Schichteinheiten für erdstatische Berechnungen aufgrund der durchgeführten Laborversuche sowie unserer Erfahrungen bei ähnlichen Böden und nach Tabellenwerten angegeben. Darüber hinaus sind die aufgeschlossenen Schichteinheiten klassifiziert.

Tabelle 3: Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen in Abhängigkeit der Zustandsform sowie Klassifizierung der Schichteinheiten nach DIN 18300, 181196 und DIN 1054-100 sowie Frostsicherheit und Verdichtbarkeit.

Baugrund	Wichte γ [kN/m ³]	Wichte γ' unter Auftrieb [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ' [ϕ]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Steifemodul E_s [MN/m ²]	Frostempfindlichkeit	Verdichtbarkeit	Bodenklasse nach DIN 18 300	Bodengruppe nach DIN 18196
Grundmoräne kiesig, sandig, stark schluffig									
weich	19-20	9-10	22,5-30	0	5-20	F3	V2	4	GU*, SU*
steif	20-21	10-11	22,5-30	2-5	10-30				
halbfest, fest	21-22	11-12	22,5-30	5-10	40-80				
Grundmoräne kiesig, sandig, z.T. schluffig									
locker	17-18	9-10	30-32,5	0	20-50	F1,(F2)	V1	3, (5)	GI, GE, GW, SI, SE, SW, GU, SU
mitteldicht	18-19	10-11	32,5-35	0	40-100				
dicht	19-21	11-12	35-37,5	0	80-200				
Beckenton, tonige schluffige Anteile der Grundmoräne mittelpastisch									
weich	17	7	17,5-25	0	1-2,5	F2,F3	V3	4	TM, UM
steif	18-19,5	8-9	17,5-25	5-20	2,5-5				
halbfest, fest	20,5	10-10,5	17,5-25	10-30	5-10				
Beckenton, tonige schluffige Anteile der Grundmoräne ausgeprägt plastisch									
weich	18	8	17,5-20	0	1-2	F2	-	5	TA, UA
steif	18-19	8-9	17,5-20	10-30	3-4				
halbfest, fest	19-20,5	9-10,5	17,5-20	20-35	4-8				

5.5 Erdbebenzone

Das Untersuchungsgebiet liegt nach der Karte der Erdbebenzonen für Baden-Württemberg (Stand 1988) in der Zone 2. Nach DIN 4149 T1 ist für den Baugrundfaktor ein Wert von 1,2 – 1,4 vorzusehen.

5.6 Grundwasserverhältnisse

Im Untersuchungsgebiet wurden mehrere Schicht- / Grundwasserzutritte festgestellt. Vor allem im Grenzbereich zwischen den kiesig sandigen Abfolgen und den schluffig-tonigen Schichten innerhalb der Grundmoräne kommt es zu zahlreichen Wasserzutritten, die nachfolgend gelistet sind:

- Rammkernsondierung RKS 1/09: Wasserzutritt bei 1,60 m unter GOK (415,75 m ü.NN)
- Rammkernsondierung RKS 4/09: Wasserzutritt bei 1,60 m und bei 2,60 m unter GOK (408,90 m ü.NN und 407,90 m ü.NN)
- Rammkernsondierung RKS 5/09: Wasserzutritt bei 2,40 m unter GOK (406,10 m ü.NN)
- Rammkernsondierung RKS 6/09: Wasserzutritt bei 1,70 m unter GOK (408,55 m ü.NN)
- Rammkernsondierung RKS 7/09: Wasserzutritte innerhalb der Wechselfolge im Bereich von 0,70 m unter GOK (414,10 m ü.NN) bis 4,70 m unter GOK (410,10 m ü.NN)

Im Ausstrichsbereich des Beckentons wurde bei Rammkernsondierung RKS 3/09 in 1,30 m unter GOK (408,55 m ü.NN) Schicht- / Grundwasser festgestellt.

Nur bei Rammkernsondierung RKS 2/09 wurde kein Schicht- oder Grundwasser nachgewiesen.

Es ist davon auszugehen, dass im gesamten Baufeld besonders im Bereich der Grundmoräne aufgrund der wechselnden durchlässigen und stauenden Horizonte sowie im Grenzbereich zum Beckenton mit auftretendem Sicker- bzw. Schicht- / Grundwasser in unterschiedlicher Ergiebigkeit gerechnet werden muss.

5.7 Versickerungsfähigkeit

Um entscheiden zu können, ob im Boden versickert werden kann, ist es unter anderem notwendig, die Versickerungseigenschaften des Untergrundes zu kennen. Der für die Versickerung interessante und relevante Abschnitt (Sickerraum) ist der über dem Grundwasser liegende ungesättigte Bodenbereich.

Aufgrund der im bodenmechanischen Labor ermittelten Kornverteilungen (vgl. Anlage 5.2) kann aus den 6 untersuchten Bodenproben aus dem ungesättigten Bodenbereich die Durchlässigkeit der betreffenden Bodenschicht unter Beachtung der Gültigkeitsregeln überschlägig abgelesen werden.

Nach HAZEN gilt für die Durchlässigkeit k folgende Formel:

$$K=0,0116 \cdot d_{10}^2 \text{ [m/s]}$$

Damit ergibt sich die in folgender Tabelle dargestellte überschlägige Durchlässigkeit für die aufgeführte Bodenschicht.

Tabelle 4: Durchlässigkeitsbeiwert der betreffenden Bodenschicht (nach HAZEN)

Bodenart	Bodenprobe	Tiefe [m]	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	Durchlässigkeit
GU	RKS1/P3	3,0	$9,8 \times 10^{-5}$	mäßig-mittel durchlässig
SU*	RKS2/P1	2,4	$4,9 \times 10^{-5}$	mäßig durchlässig
SU*	RKS2/P2	5,0	$1,0 \times 10^{-5}$	mäßig durchlässig
SI	RKS6/P2	1,7	$2,1 \times 10^{-4}$	mittel durchlässig
SE	RKS6/P3	4,5	$1,5 \times 10^{-4}$	mittel durchlässig
SE	RKS7/P1	1,5	$1,2 \times 10^{-4}$	mittel durchlässig

Diese Werte entsprechen nach DIN 18300, Tabelle 1, einem durchlässigen Boden. Nach dem ATV- Arbeitsblatt A 138 soll der Untergrund für eine Versickerung von Oberflächenwasser eine Durchlässigkeit von $K_f > 5 \cdot 10^{-6}$ m/s aufweisen. Die in oben stehender Tabelle 3 ermittelten Durchlässigkeiten erfüllen diese Anforderung, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dass in der Tiefe der ungesättigten Bodenzone wasserstauende bindige Schichten anstehen, welche die Versickerungsleistung entsprechend negativ beeinflussen können.

6 Bautechnische Folgerungen

Die vorliegenden Erkenntnisse beruhen auf den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen anhand von 7 Rammkernsondierungen und 8 schweren Rammsondierungen. Aufgrund der punktuellen Erkundung sind Abweichungen der Untergrundverhältnisse von den im Gutachten getroffenen Aussagen nicht auszuschließen. Daher ist eine sorgfältige Überwachung der Erd- und Verbauarbeiten und eine laufende Überprüfung der angetroffenen Bodenverhältnisse im Vergleich mit den im Gutachten enthaltenen Angaben erforderlich.

Nach den vorliegenden Sondierergebnissen stehen in der nordwestlichen und westlichen Hälfte des Untersuchungsgebietes unter dem Oberboden überwiegend die verwitterungsresistenten, schluffig sandigen und kiesigen Anteile der Grundmoräne an, im Tal herrschen die schluffig tonigen Abfolgen des Beckentons vor.

6.1 Eignung der aufgeschlossenen Schichten zum Wiedereinbau

Aufgrund der vorgegebenen Morphologie werden Geländeabtragungen im westlichen und nordwestlichen Baufeld und demgegenüber Anschüttungen im Talbereich notwendig.

Die Geländeauffüllungen können dabei mit den nicht bindigen bis schwach bindigen Sedimenten der Grundmoräne (GI, GE, GW, SI, SE, SW, GU, SU) der Verdichtbarkeitsklassen V1, V2 und V3 erfolgen, wobei die Verdichtungskriterien nach den gültigen Erdbaurichtlinien (ZTVE StB 94) zu beachten sind. So müssen bei Verwendung von Böden der Verdichtbarkeitsklassen V2 und V3 diese einen Wassergehalt nahe dem optimalen Wassergehalt aufweisen.

Auch kann mäßig bindiges Fremdmaterial der Bodengruppen GU, GU*, GT, SW, SU aufgebracht werden, wobei aber eine Zugabe von 2-3% Kalkzement (Verhältnis 1:1) erforderlich wird.

6.2 Gründungen

Nachfolgend werden die Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen dargestellt:

Oberboden:

Die zuoberst anstehenden überwiegend weichen, weich-steifen, schluffig sandigen, z.T. humosen Schichten sind aufgrund ihrer Zusammensetzung, Konsistenz und geringen Mächtigkeit als nicht tragfähig einzustufen.

Grundmoräne:

Die anstehende Würmeiszeitlich vorbelastete Grundmoräne weist zur Abtragung von mittleren Bauwerkslasten eine ausreichende Tragfähigkeit auf und kann somit als Gründungshorizont für eine Flachgründung als ausreichend tragfähig angesehen werden.

Bei höheren Bauwerkslasten werden ggf. im Einzelfall zusätzliche Erkundungsmaßnahmen des Baugrunds erforderlich.

Zur Vorbemessung von Streifenfundamenten mit Breiten von $b=0,5$ m bis 2,0 m kann eine zulässige Bodenpressung von $\delta_{zul} = 120 - 230 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden. Diesem Wert liegt eine Einbindetiefe des Fundamentes in die Grundmoräne von 1,0 m zugrunde. Bei Ausnutzung dieser Sohlpressungen sind Setzungen bis ca. 3 cm und Setzungsunterschiede bis ca. 2 cm zu erwarten.

Wird eine Bodenplatte ausgebildet, kann diese mit einem Bettungsmodul von $k_s = 10 - 20 \text{ MN/m}^3$ vorbemessen werden.

Um Frostsicherheit zu gewährleisten, sollten die Fundamente mindestens 0,8 m tief eingebunden werden.

Bei Wasserzutritt weicht die ansonsten relativ feste Grundmoräne rasch auf, entfestigt sich und verliert dann ihre ursprünglich gute Tragfähigkeit. Dort, wo die Grundmoräne stark tonig-schluffig ausgebildet ist, können sich dann die Baugrundeigenschaften denen des Beckentones annähern. Sollten beim Herstellen der Fundamentsohlen weiche, durchfeuchtete, nicht tragfähige Bereiche angetroffen werden, so müssen diese ausgetauscht werden.

Der Bodenaustausch sollte aus einem verdichtungsfähigen Material, wie z.B. Wandkies, Steinerde, Magerbeton oder einem kontaminationsfreiem Recyclingmaterial, aufgebaut werden. Der Bodenaustausch ist so breit auszubilden, dass sich ein Lastausbreitungswinkel von 45° gegen die Waagrechte einstellen kann. Das Material ist DIN-konform lagenweise einzubauen und auf einen Verdichtungsgrad von $D_{pr} \geq 100\%$ zu verdichten.

Sandschichten innerhalb der Grundmoräne:

Auch die vor allem in den Rammkernsondierungen RKS 2/09, RKS 6/09 und RKS 7/09 auftretenden, anfangs locker, tiefer auch mitteldicht gelagerten Sandschichten weisen zur Abtragung von leichten bis mittleren Bauwerkslasten ausreichende Tragfähigkeiten auf, wobei locker gelagerte Bereiche zuvor entsprechend sorgfältig verdichtet werden müssen.

In Abhängigkeit vom Schluffanteil (SU^*) ist ggf. zusätzlich eine etwa 0,3-0,4 m dicke Tragschicht aus geeignetem verdichtungsfähigem Material, wie z.B. Kiessand, Steinerde oder einem unbelasteten Recyclingmaterial, aufzubringen und ebenfalls entsprechend sorgfältig zu verdichten.

Falls vorgesehen sein sollte, Bauwerke mit höheren Lasten auf diesem untersuchten Gelände zu errichten, ist es notwendig, die Tragfähigkeit des zuvor verdichteten Bodens durch Aufbringen einer entsprechend dickeren Schicht mit verdichtungsfähigem Tragschichtmaterial zu verbessern. Die aufzubringende Tragschicht ist bei Anwendung einer Bodenplatte bis mind. 0,5 m und bei Erstellung von Einzel- und Streifenfundamenten bis mind. 1,0 m unter die Fundamentsohle hinabzuführen. Um Frostsicherheit zu gewährleisten, sollte eine Einbindetiefe von mindestens 0,8 m berücksichtigt werden.

Bei Fundamentbreiten bis 1,0 m und einer Mindesteinbindetiefe von $> 0,5 \text{ m}$ können Bodenpressungen von $\sigma_0 = 120 - 200 \text{ kN/m}^2$ bei mindestens mitteldichter Lagerung der Sande für Streifenfundamente zugelassen werden. Bei Ausnutzung dieser Sohlpressungen sind Setzungen von ca. 2 cm und Setzungsunterschiede von ca. 1 cm zu erwarten.

Wird eine Bodenplatte ausgebildet, kann diese mit einem Bettungsmodul von $k_s = 2,0 \text{ MN/m}^3$ vorbemessen werden.

Beckenton:

Aufgrund der notwendigen Anschüttungen im Tal und damit im Ausstrichsbereich des Beckentons, fällt dieser als Gründungshorizont nicht in Betracht.

Allgemein ist aber anzumerken, dass die Schichten des Beckentons grundsätzlich als setzungsempfindlich und besonders unter Einfluß von Wasser als wenig standfest angesprochen werden müssen.

Hinweise zur Bauausführung

Bei Durchführung von Erdarbeiten ist zu beachten, dass bindige Bodenmaterialien bei Wasserzutritt und unter Beanspruchung schnell ihre Konsistenz verändern und weich bis breiig werden. So sind Gründungs- oder Aushubsohlen in der Grundmoräne unmittelbar nach Freilegung mit einer Sauberkeitsschicht aus Sand-Kies-Material, kontaminationsfreien Recyclingbaustoffen oder auch Magerbeton abzudecken und zu sichern, falls nicht sofort mit dem weiteren Aufbau begonnen werden kann. Die Gründungssohle darf nach Möglichkeit nicht mit Baumaschinen befahren werden.

Die Baugrube kann geböschert hergestellt werden. Die Böschungsneigung ist hierbei nicht steiler als 45° einzustellen. Die Böschungskante ist auf einer Breite von 3 m lastenfrei zu halten. Die Böschungen sind in geeigneter Weise z.B. mit einer Baufolie gegen Erosion zu schützen.

Bei den Sandschichten innerhalb der Grundmoräne ist zu beachten, dass die Schürf- oder Baugrubenwände beim Ausgraben schnell instabil werden können und ggf. durch einen Verbau gesichert werden müssen.

Die Verbauarbeiten sind gemäß DIN 4124 und den „Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben“ (EAB) auszuführen.

Maßnahmen zur Wasserhaltung gegen zufließendes Schicht-/ Grund- oder Oberflächenwasser in die Baugrube sind vorzunehmen. Dabei ist ggf. die Wasserhaltung bereits während dem Aushub zu betreiben, um zu verhindern, dass die Aushubsohle durch zufließendes Wasser aufweicht.

Da sich auf dem gering durchlässigen Untergrund Sickerwasser aufstauen kann, und, wie in Kapitel 5.6 schon erwähnt, im gesamten Baufeld mit Sicker-, Schicht- und/oder Grundwasserzutritten in unterschiedlichen Höhenlagen zu rechnen sind, empfiehlt es sich, die Gebäude ggf. mit einer wasserdichten Wanne aus Stahlbeton (weiße Wanne) oder mit einer Außendichtung gegen drückendes Wasser gemäß DIN 18 195-2000, Teil 6, gegen stauendes Sickerwasser zu schützen.

6.3 Kanalbau

In Höhe Kanalsohle anstehende mindestens steife Tone/Schluffe bzw. schwach bindige bis bindige Kiese und Sande weisen ausreichende Tragfähigkeitseigenschaften zur Auflagerung der Kanäle auf. Bei überwiegend bindigen Böden, empfiehlt sich ein zusätzliches Rohraufleger gegen Auftrieb gemäß DIN 4033 vorzusehen.

Stehen in Höhe Aushubsohle Sande an, sollten diese DIN-konform nachverdichtet werden.

Treten in Höhe Kanalsohle weiche bis breiige Ton- Schlufflagen auf, so ist ein Bodenaustausch vorzunehmen. Gleiches gilt sinngemäß für durch Wasserzutritt aufgeweichten Ton/Schluff. Um die Filterstabilität des Bodenaustauschmaterials gegenüber dem anstehenden Boden zu gewährleisten, empfiehlt sich das Auffüllmaterial mit einem geeigneten Filtervlies zu ummanteln. Als Austauschboden sollte nicht bindiges bis schwach bindiges Material mit mindestens 98 % der einfachen Proctordichte eingebaut werden.

Nicht verbaute Gräben bis höchstens 1,25 m Tiefe dürfen ohne besondere Sicherung mit senkrechten Wänden hergestellt werden, wenn die anschließende Geländeoberfläche bei den im vorliegenden Fall anstehenden überwiegend weichen bindigen Böden nicht stärker als 1:2, bei nicht bindigen Böden 1:10 geneigt ist. Unverbaute Gräben über 1,75 m Tiefe müssen vom Fußpunkt der Sohle abgeböschert werden. Der Böschungswinkel darf nicht steiler als 45° angelegt werden. Die Böschungsoberkante ist dabei in einem mindestens 2 m breiten Streifen unbelastet zu belassen. Die Böschungen sind durch Abdeckung, z.B. mit Kunststofffolien, gegen Erosion zu schützen. Wird aufgrund von großen Grabentiefen (>2,0 m) ein freies Abböschern der Gräben zu kostenintensiv und damit unwirtschaftlich, sind Grabenverbauelemente in Form von wandernden Großplattenverbauten einzusetzen. Weiterhin empfiehlt es sich, die einzelnen Gräben nur über eine kurze Strecke (<10 m) zu öffnen und nach dem Verlegen der Leitung wieder zu verfüllen.

Die Verbauarbeiten sind gemäß DIN 4124 und den „Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben“ (EAB) auszuführen.

Maßnahmen zur Wasserhaltung gegen zufließendes Schicht-/ Grund- oder Oberflächenwasser in die Baugrube sind vorzunehmen.

Verläuft die Kanaltrasse im Bereich des zukünftigen Straßenkörpers, sind bei der Verfüllung des Kanalgrabens die Forderungen der „ZTVA-StB 89“ (Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen) sowie die Forderungen der ZTVE-StB 94/ Fassung 97 zu beachten.

Die bei den Aushubarbeiten anfallenden Böden sind gemäß ZTVA-StB überwiegend den Verdichtbarkeitsklassen V1, V2 und V3 (vgl. Tabelle 3) zuzuordnen. Bei Verwendung von Böden der Verdichtbarkeitsklassen V2 und V3 für die Verfüllzone sollen diese einen Wassergehalt nahe dem optimalen Wassergehalt aufweisen.

Es ist nicht auszuschließen, dass die bei den Aushubarbeiten anfallenden Böden aufgrund von zulaufendem Schicht- oder Grundwasser möglicherweise zu nass und somit für die Wiederverfüllung nicht geeignet sein können.

Dann wird ggf. zusätzlich geeignetes Fremdmaterial erforderlich.

6.4 Strassenbau

Strassenbaumaßnahmen werden durch die ZTVE-StB 94/ Fassung 97, die ZTV Asphalt-StB94 und die RstO 86 geregelt.

Bei Ausführung von Verkehrsflächen wird auf dem Erdplanum eine bestimmte Tragfähigkeit gefordert, bei der gewährleistet ist, dass keine unzulässig großen Verformungen in der Fahrbahnkonstruktion auftreten. Das erforderliche Verformungsmodul für die Oberkante des Erdplanums beträgt $E_{v2(\text{Soll})} = 45,0 \text{ MN/m}^2$ und für die Oberkante der Tragschicht $E_{v2(\text{Soll})} = 120,0 \text{ MN/m}^2$.

Die Tragfähigkeit wird mit Plattendruckversuchen überprüft. Bei eventuell auftretenden Bereichen mit unzureichender Tragfähigkeit gemäß ZTVE StB 94/Fassung 97 kann die Tragfähigkeitserhöhung des Erdplanums durch einen Bodenaustausch, Untergrundstabilisierung mit Kalk oder Einlegen von Geokunststoffen erfolgen.

Sollte lokal das genannte Verformungsmodul nicht erzielt werden können (z.B. Bereiche mit feinkörnigen bindigen Sedimenten), sind Bodenaustauschmaßnahmen zu ergreifen, um die für das Erdplanum geforderten $45,0 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen. Dabei werden die nicht ausreichend tragfähigen Bereiche bis in eine Tiefe von 0,30 m ausgekoffert und durch tragfähiges Material ersetzt. Um die Filterstabilität zu gewährleisten und das Einsinken des Bodenaustauschs zu minimieren wird hier ggf. das Einbringen eines geeigneten Geotextils zwischen Austauschmaterial und anstehendem Boden empfohlen.

Im Anschluss daran muss eine Tragschicht mit geeignetem verdichtungsfähigem Material wie z.B. Kiessand, Steinerde oder einem unbelasteten Recyclingmaterial von mindestens 0,3 m -0,4 m Dicke aufgebracht und entsprechend sorgfältig verdichtet werden, um die erforderliche Tragfähigkeit von $E_{v2(\text{Soll})} = 120,0 \text{ MN/m}^2$ herzustellen.

Die Effektivität der Maßnahmen sollte mit Plattendruckversuchen während der Baumaßnahme kontrolliert werden.

Stehen im Planumbereich frostempfindliche Schichten an (vgl. Tabelle 3), muss ein ausreichend dicker frostsicherer Oberbau eingebracht werden. Durch Dränrohre ist diese Frostschutzschicht von Wasser freizuhalten (vgl. RstO 86)

GBB – GrundBau Bodensee GmbH

Dr. H.-U. Stephan
Geschäftsführer

E. M. Stephan
Diplom-Geologin