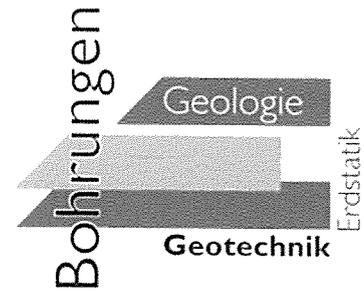


BauGrund Süd

Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH

BauGrund Süd · Maybachstraße 5 · 88410 Bad Wurzach



Baugrund – und Grundwassererkundung
Baugrundgutachten, Geotechnik
Erdstatik, Statik im Spezialtiefbau
Brunnenanlagen

Geotechnisches Gutachten

Baugebiet "Angelestraße" in Oberhofen Erschließung und Bebauung (zusätzliche Untersuchungen 2009)

Aktenzeichen: 03 06 14-2

Bauvorhaben: Baugebiet "Angelestraße" in Oberhofen
- Baugrunduntersuchung / Erschließung und Bebauung -

Auftraggeber: Stadt Ravensburg - Tiefbauamt
Seestraße 32
88214 Ravensburg

Datum: 05.08.2009

Bearbeitung: Dipl.-Geologe Eduard Frankovsky
Dipl. Ing. (FH) Ralf Frankovsky

- Inhalt:
1. Vorgang
 2. Baugrundsichtung
 3. Bautechnische Beschreibung der Schichten, Bodenkennwerte
 4. Grundwasserverhältnisse
 5. Gründung und baubegleitende Maßnahmen

- Anlagen:
- 1.1 Lageplan mit Untersuchungspunkten, M 1 : 1000
 - 2.1 Geotechnischer Baugrundschnitt Bereich "Nord" M.d.H. 1 : 50
 - 2.2 Geotechnischer Baugrundschnitt Bereich "Mitte" M.d.H. 1 : 50
 - 2.3 Geotechnischer Baugrundschnitt Bereich "Süd" M.d.H. 1 : 50
 - 3.1-3 Durchlässigkeitsversuche Juni 2003
 - 4.1-2 Fundamentdiagramme für die Gründung im Geschiebemergel

Unterlagen:

- [1] Bebauungsplan "Angelestraße / Kirchweg", M 1:1000; Stadtplanungsamt Ravensburg
- [2] Geotechnisches Versickerungsgutachten Baugebiet „Angelestraße“ in Oberhofen, BauGrund Süd 08.07.2003, AZ 030614
- [3] Geotechnisches Gutachten – Erschließung und Bebauung – Baugebiet „Angelestraße“ in Oberhofen, BauGrund Süd 24.06.2009, AZ 030614-1
- [3] Topographische Karte Blatt TK 8223 Ravensburg, M 1:25.000
- [4] Geologische Karte Blatt GK 8223 Ravensburg, M 1:25.000

1. Vorgang

Am südöstlichen Ortsrand von Oberhofen soll das Baugebiet "Angelestraße" erschlossen und bebaut werden.

Im geplanten Baugebiet wurde im Juli 2003 von der BauGrund Süd ein Gutachten mit Schwerpunkt auf die Versickerungsfähigkeit der im Baugebiet anstehenden Böden erstellt.

Am 24.06.2003 wurden an neun Stellen Baggerschürfe (SG1-9/03) ausgehoben. Die in den Baggerschürfen aufgeschlossenen Bodenschichten wurden nach DIN 4022 ingenieurgeologisch angesprochen und sind in den geotechnischen Baugrundschnitten (Anlagen 2.1-2) dargestellt. Die Lage und die Ansatzhöhen der Schürfruben wurden vom Vermessungsbüro Haag und Noll, Ravensburg eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist in Anlage 1.1 in den aktuellen Bebauungsplan aufgetragen. Die aktuelle westliche Grenze des Baugebietes bildet der Kirchweg. Somit liegen die Schürfe SG7/03, SG8/03 und SG9/03 nicht mehr innerhalb des Baugebietes.

Am 24.06.2009 wurde von der BauGrund Süd ein geotechnisches Gutachten zur Erschließung und Bebauung des Baugebietes Angelestraße auf Grundlage der Baggerschürfe aus dem Jahr 2003 erstellt. Dabei konnte das Baugebiet in 2 Bereiche eingeteilt werden. Bereich 1 („Baugebiet Nord“ – gute Bebaubarkeit) und Bereich 2 („Baugebiet Süd“ – mäßige Bebaubarkeit). Um die Grenze der beiden Bereiche genauer bestimmen zu können, wurde die BauGrund Süd beauftragt sechs weitere Schürfe auszuheben und die aufgeschlossenen Schichten ingenieurgeologisch zu begutachten.

Am 14.07.2009 wurden hierzu die Baggerschürfe SG 1-6/09 ausgehoben. Die dabei aufgeschlossene Schichtenfolge ist zusammen mit den Ergebnissen der Baggerschürfe aus dem Jahr 2003 in den geotechnischen Baugrundschnitten (Anl. 2.1-3) dargestellt. Die Lage und Höhe der neuen Erkundungsstellen wurden von Mitarbeiter der Ingenieurgesellschaft Assfalg Gaspard Partner eingemessen. Die Lage und Höhe aller Aufschlusspunkte ist in der Anlage 1.1 dargestellt.

Nachfolgend werden die Ergebnisse aus den Gutachten vom 08.07.2003 und vom 24.06.2009 mit den Ergebnissen der Schürfe vom 14.07.2009 zusammengefasst.

2. Geologische Situation, Baugrundsichtung

2.1 Geologische Situation

Das geplante Bauareal liegt am südöstlichen Ortsrand von Oberhofen, östlich der Angelestraße. An der südlichen und östlichen Grenze des geplanten Baugebietes verläuft ein Wassergraben.

Morphologisch handelt es sich um die linke Talflanke des Schussentales, die hier als Terrasse ausgebildet ist.

Geologisch gesehen wurde das heutige Schussental vorwiegend während der letzten Vereisung (Würm) vom Rheingletscher und seinen Schmelzwässern geformt. Der Gletscher schürfte aus dem tertiärzeitlichen Molassesockel die Hohlform des heutigen Schussentales. Dementsprechend bestehen die Hochflächen des heutigen Tals sowie sein Untergrund selbst aus einem Sockel aus Molassegestein (Untere Süßwassermolasse), der von Grund- bzw. Seitenmoräne, dem sog. Geschiebemergel bedeckt wird. Die vom Eis kommenden Schmelzwässer strömten an dem im Schussental befindlichen Zungengletscher nach Norden und schütteten über die vom Eis freigelegte Geschiebemergeloberfläche feinteilmarme Sedimente (z.B. Beckensande). Nach dem Eisrückzug vertiefte sich die Talsohle des Schussentales und die während der Eiszeit abgelagerten Schichten blieben als sog. Terrassen an den Talhängen zurück. In der Talmitte bildete sich eine mehrere Meter dicke Schicht aus Beckentonen. Die Oberfläche der Glazialböden verwitterte zu einer Verwitterungsdecke (Verwitterungslehm). Eine Oberbodenschicht (Mutterboden) schließt die natürliche Schichtenfolge ab. Im Bereich des oben erwähnten Wassergrabens wurden anmoorige Bachlehme abgelagert. Die Anmoorböden (Ried) setzen sich nach Südosten fort. Infolge von Geländeangleichungen wird die natürliche Schichtenfolge stellenweise von künstlichen Auffüllungen überdeckt.

2.2 Baugrundsichtung

Aus der vorgenannten allgemeinen geologischen Situation und den ausgeführten Aufschlüssen kann daher für den Untersuchungsbereich die folgende generelle Schichtenfolge abgeleitet werden:

Auffüllungen	(Rezent)
Mutterboden	(Holozän)
Bachablagerungen (Bachlehm, Bachkies)	(Holozän)
Verwitterungsdecke	(Pleistozän - Holozän)
Beckensand (Terrassenstufe δ_{s4})	(Spätpleistozän, Spätwürm)
Geschiebemergel	(Pleistozän, Würm).

Mit den fünfzehn Baggerschürfen SG1-9/03 und SG1-6/09 wurden im Juni 2003 und im Juli 2009 folgende Schichtglieder bzw. Schichttiefen festgestellt:

Tabelle 1.a: Schichtglieder und Schichttiefen (bis m unter Gelände)

Schurf	SG1/03	SG2/03	SG3/03	SG4/03	SG5/03
Auffüllung	0,00 – 0,60	–	–	0,00 – 1,00	–
Mutterboden	–	0,00 – 0,15	0,00 – 0,30	1,00 – 1,60	0,00– 0,25
Verwitterungsdecke	0,60 – 1,00	0,15 – 1,60	0,30 – 1,20	1,60 – 2,00	0,25– 0,50
Bachablagerungen	–	–	–	–	–
Beckensand	–	–	–	–	0,50 – 2,90
Geschiebemergel	1,00 – 2,20	1,60 – 2,10	1,20 – 2,30	2,00 – 2,40	–*

* konnte mit dem Schurf nicht erkundet werden

Tabelle 1.b: Schichtglieder und Schichttiefen (bis m unter Gelände)

Schurf	SG6/03	SG7/03	SG8/03	SG9/03
Auffüllung	–	–	0,00 – 0,40	–
Mutterboden	0,00 – 0,25	0,00 – 0,4	–	0,00 – 0,20
Verwitterungsdecke	0,25– 0,60	0,40 – 0,5	0,40 – 0,90	–
Bachablagerungen	–	–	–	0,20 – 1,90
Beckensand	0,60 – 2,40	0,50 – 1,7	–	–
Geschiebemergel	–*	–*	0,90 – 1,50	1,90 – 2,10

* konnte mit dem Schurf nicht erkundet werden

Tabelle 1.c: Schichtglieder und Schichttiefen (bis m unter Gelände)

Schurf	SG1/09	SG2/09	SG3/09	SG4/09	SG5/09	SG6/09
Auffüllung	0,00 – 1,20	–	–	0,00 – 1,00	0,00 – 0,20	–
Mutterboden	–	0,00 – 0,20	0,00 – 0,60	1,00 – 1,60	–	0,00 – 0,15
Verwitterungsdecke	–	0,20 – 1,40	0,60 – 1,80	–	0,20 – 0,90	0,15 – 0,80
Bachablagerungen (Bachlehm)	–	1,40 – 1,80	–	–	–	–
Bachablagerungen (Bachkies)	–	1,80 – 2,20	–	1,60 – 2,30	0,90 – 1,10	–
Beckensand	1,20 – 3,30	2,20 – 2,90	–	–	1,10 – 1,60	–
Geschiebemergel	–*	–*	1,80 – 2,70	2,30 – 3,10	1,60 – 2,80	0,80 – 3,00

* konnte mit dem Schurf nicht erkundet werden

3. Bautechnische Beschreibung der Schichten, Bodenkennwerte

3.1 Bautechnische Beschreibung der Schichten

Zusätzlich zu der Schichtansprache, die bei den Untersuchungsprofilen, vgl. Anlagen 2.1-2, dargestellt ist, werden die bautechnischen Eigenschaften der Bodenschichten wie folgt beurteilt:

Auffüllungen

Die zur Geländemodellierung aufgebrauchten Auffüllungen bestehen aus Lehmböden. Aus bautechnischer Sicht handelt es sich um schwach tonige, feinsandige bis sandige, lokal schwach humose oder schwach kiesige Schluffe. Anthropogene Einschlüsse wurden in der Schürftgrube SG8/03 in Form von vereinzelt Ziegelbruch und Glasscherben festgestellt. Die Konsistenzen der Auffüllungen liegen zwischen weich und steif. Die Auffüllungen sind auf Grund ihrer inhomogenen Zusammensetzung unterschiedlich tragfähig.

Mutterboden

Die Oberbodenschicht ist dunkelbraun, lokal auch schwarzbraun gefärbt. Es handelt sich um einen schwach tonigen, feinsandigen und humosen bis stark humosen (anmoorigen) Schluff. Die Konsistenz ist weich bis steif. Die Oberbodenschicht ist nicht tragfähig.

Bachablagerungen (Bachlehm und Bachkies)

Die in den Schürffgruben SG2/09, SG4/09 und SG9/03 erkundeten Bachablagerungen liegen als Bachlehm und Bachkies vor. Der schwarzbraun und grau gefärbte Bachlehm kann aus bautechnischer Sicht als ein schwach toniger, schwach sandiger bis feinsandiger, schwach kiesiger Schluff bezeichnet werden. Der Bachlehm ist anmoorig (stark humose Muddelagen, Holz- und Pflanzenreste).

Die Kiesfraktion der Bachablagerungen ist ein grau gefärbter, schwach schluffiger und sandiger Fein- bis Grobkies. Die Konsistenz des Lehms kann der manuellen Ansprache nach als weich, die Lagerungsdichte des Kiesel als locker klassifiziert werden. Die Tragfähigkeit der Bachablagerung ist als gering zu bewerten.

Verwitterungsdecke

Die rostbraun bis hellbraun gefärbte Verwitterungsdecke besteht aus bautechnischer Sicht aus einem schwach tonigen bis tonigen, feinsandigen bis stark feinsandigen, vereinzelt kiesigen bis schwach kiesigen Schluff. Die Konsistenz des Verwitterungslehms ist der manuellen Ansprache zufolge vorwiegend als steif zu bewerten. Die Tragfähigkeit der Verwitterungsdecke ist mäßig bis gut.

Beckensand

Bei dem hellbraungrau bis grau gefärbten Beckensand handelt es sich aus bautechnischer Sicht um einen schluffigen bis stark schluffigen Feinsand. In ungestörtem Zustand kann der Lagerungszustand des stark feuchten bis nassen Sandes dem Baggerwiderstand zufolge als locker bis mitteldicht bezeichnet werden. Das Feinsand-Schluff-Gemisch zeigt ausgeprägte thixotrope Eigenschaften, das heißt, dass es bei mechanischer Beanspruchung (Erschütterungen etc.) zu fließen beginnt. Ungesicherte Baugruben im Grundwasserbereich werden sehr schnell einstürzen. Die Tragfähigkeit des stark schluffigen Beckensandes kann in ungestörtem Zustand als mäßig bis gut bewertet werden. Im gestörten Zustand ist der Sand nicht mehr tragfähig und fängt zu fließen an.

Geschiebemergel

Die Grundmoränenablagerungen (Geschiebemergel) sind hellbraungrau bis grau gefärbt. Der Geschiebemergel ist aus bautechnischer Sicht als ein schwach toniger bis toniger, schwach feinsandiger bis stark feinsandiger, schwach kiesiger bis stark kiesiger Schluff zu beschreiben. Erfahrungsgemäß können stellenweise in der Grundmoräne auch größere Steine und Blöcke (Findlinge) vorkommen. Die Konsistenz des Geschiebemergels befindet sich im untersuchten Tiefenbereich meist bei steif und nur untergeordnet im Übergangsbereich von steif zu halbfest. In tieferen Schichten kann die Konsistenz bis fest zunehmen. Nach DIN 18300 sind gemischt-körnige Böden weicher bis halbfester Konsistenz in die Bodenklasse 4 und Böden mit fester Konsistenz in die Bodenklasse 6 zu rechnen. Steiniger Geschiebemergel gehört zur Bodenklasse 5, während die Findlinge zur Felsklasse 6 und 7 gerechnet werden. Die Tragfähigkeit des Geschiebemergels ist als gut (steife Konsistenz) bis sehr gut (halbfeste Konsistenz) zu bewerten.

3.2 *Bodenkennwerte*

Aus erd- und grundbautechnischer Sicht sind für die im Untersuchungsgebiet aufgeschlossenen Böden folgende charakteristischen Bodenkennwerte zugrunde zu legen:

Tabelle 2: Bodenkennwerte (Rechenwerte)

Schichten	Wichte (feucht) γ [kN/m ³]	Wichte (u. Auftrieb) γ' [kN/m ³]	Reib.-winkel dräniert φ' [°]	Kohäsion dräniert c' [kN/m ²]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
Auffüllungen	16 – 18	6 – 8	20 – 22,5	0	0
Mutterboden	15 – 16	5 – 6	17,5 – 20,0	0	0,5 – 1,0
Verwitterungsdecke	18 – 19	8 – 9	27,5	0	10 – 15
Bachablagerungen (Bachlehm)	16 – 17	6 – 7	20 – 22,5	0	0,5 – 1,0
Bachablagerungen (Bachkies)	20 – 21	10 – 11	30 – 32,5	0	0,5 – 1,0
Beckensand	18 – 19	8 – 9	27,50 – 30,0	0	15 - 20
Geschiebemergel	19 – 20	9 – 10	27,50	0 – 4	30 – 50

Die im Bauareal durchteuften Böden sind wie folgt zu klassifizieren:

Tabelle 3: Erdbautechnische Klassifizierung der Böden

Schichten	Bodengruppe [DIN 18196]	Bodenklasse [DIN 18300]	Bodenklasse [DIN 18301]	Frostempfindlichkeit [ZTVE-94; Tab.1]
Auffüllungen	(UL,OU)	4	(BB 2)	F3
Mutterboden	OU	1	BO 1	F3
Verwitterungsdecke	UL,UM	4	BB 2	F3
Bachablagerungen (Bachlehm)	UL,OU	4	BB 2	F3
Bachablagerungen (Bachkies)	GU	3	BN 2	F2
Beckensand	SU*	2,4	BN 2	F3
Geschiebemergel	UL,UM, (X,Y)	4,(5,6,7)	BB 2-3, BS 1-3	F3

4. Grundwasserverhältnisse, Durchlässigkeit, Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten

4.1 Grundwasserverhältnisse

Während des Baggerns wurde am 24.06.2003 in vier der neun Schürfe Wasser festgestellt (vgl. Anlagen 2.1-3). Es wurden folgende Wasserstände gemessen:

Tabelle 4.a: Wasserstände in den Schürfgruben SG1-9/03 (24.06.2003)

Schurf	Wasser angebaggert		Wasser am Baggerende	
	m u. Gel.	m ü. NN	m u. Gel.	m ü. NN
SG1/03	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser
SG2/03	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser
SG3/03	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser
SG4/03	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser
SG5/03	1,30	453.50	1,30	453.50
SG6/03	1,10	454.30	1,10	454.30
SG7/03	1,50	454.70	1,50	454.70
SG8/03	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser
SG9/03	1,70	457.20	1,70	457.20

Im Juli 2009 konnte lediglich in der Schürfgrube SG2/09 Wasser erkundet werden. Am 14.07.2009 wurden folgende Wasserstände gemessen:

Tabelle 4.b: Wasserstände in den Schürfgruben SG1-6/09 (14.07.2003)

Schurf	Wasser angebaggert		Wasser am Baggerende	
	m u. Gel.	m ü. NN	m u. Gel.	m ü. NN
SG1/09	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser
SG2/09	1,80	453.36	1,80	453.36
SG3/09	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser
SG4/09	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser
SG5/09	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser
SG6/09	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser	kein Wasser

Im Bereich der Schürfgruben SG5-7/03 fungieren die Beckensande als Grundwasserleiter. Es handelt sich um einen wenig durchlässigen Porengrundwasserleiter. Nach dem Anbaggern lief das Wasser nur sehr langsam in die Schürfgrube zu. Im Bereich der Schürfgrube SG9/03 befindet sich das Wasser (Schichtwasser) in den dünnen Feinkieslagen innerhalb der lehmigen Bachablagerungen. In der Schürfgrube SG2/09 konnte das Wasser in der kiesigen Fazies der Bachablagerungen festgestellt werden. Der Bachkies floss in die Schürfgrube aus.

In den Verwitterungslehm- und Geschiebemergelschichten wurde kein Wasser festgestellt. Erfahrungsgemäß ist jedoch davon auszugehen, dass nach längeren Niederschlagsereignissen in stark sandigen Lagen im Geschiebemergel bzw. der Verwitterungsdecke lokales Schichtwasser auftreten kann.

4.2 Durchlässigkeit der anstehenden Böden, Versickerungsmöglichkeiten

Angaben zur Durchlässigkeit der Böden und zu den Versickerungsmöglichkeiten im Baugebiet sind in dem Gutachten vom 08.07.2003 mit dem Aktenzeichen 090314 der BauGrund Süd GmbH enthalten:

Die Versickerung von Niederschlagswasser setzt einen durchlässigen Untergrund und einen ausreichenden Abstand zu der Grundwasseroberfläche voraus. Der Untergrund muss die anfallenden Sickerwassermengen aufnehmen können. Die Versickerung kann direkt erfolgen oder das Wasser kann über ein ausreichend dimensioniertes Speichervolumen, durch eine Si-

ckeranlage mit verzögerter Versickerung in Trockenperioden dem Untergrund zugeführt werden.

Nach dem ATV-DVWK-A138 (Januar 2002) sollte der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung stattfinden soll, zwischen $k_f = 1,0 \cdot 10^{-3}$ m/s und $k_f = 1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s liegen. Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, rd. 1,0 m betragen, um eine ausreichende Filterstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Bei Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f < 1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s ist eine Regenwasserbewirtschaftung ausschließlich über Versickerung nicht mehr gewährleistet, so dass eine ergänzende Ableitungsmöglichkeit vorzusehen ist.

Aus drei verschiedenen Schichten wurden ungestörte Bodenproben (Zylinderprobe) entnommen und Durchlässigkeitsversuche (DIN 18 130) im bodenmechanischen Labor durchgeführt. Die vertikalen Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f) der Versuche, sowie die Bemessungs – k_f – Werte nach der ATV-DVWK-A138, Tab. B1 sind in der Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 5: Ergebnisse Durchlässigkeitsversuche u. Bewertung

Aufschluss	Tiefe des Versuchs / Probe (m u. Gel.)	Durchlässigkeit k_f -Wert Laborversuch (m/s)	Durchlässigkeit k_f -Wert Bemessung (m/s)	Bodenart
SG1/03	1,80	$6,0 \cdot 10^{-10}$	$6,0 \cdot 10^{-10}$	Geschiebemergel
SG2/03	1,20	$3,3 \cdot 10^{-9}$	$3,3 \cdot 10^{-9}$	Verwitterungsdecke (Verwitterungslehm)
SG5/03	1,30	$6,1 \cdot 10^{-7}$	$6,1 \cdot 10^{-7}$	Beckensand

Nach DIN 18130, Teil 1, Tabelle 1 sind der Verwitterungslehm und der Geschiebemergel als „sehr schwach durchlässig“ zu bewerten. Der stark schluffige Beckensand ist „schwach durchlässig“.

Keiner der anstehenden bzw. untersuchten Böden entspricht den Anforderungen der ATV-DVWK-A138. Die durchgeführten Versuche ergaben Bemessungswerte (vertikale k_f – Werte) zwischen $k_f = 6,1 \cdot 10^{-7}$ m/s (Beckensand) und $k_f = 6,0 \cdot 10^{-10}$ m/s (Geschiebemergel).

Grundsätzlich ist nach ATV-Arbeitsblatt A138 die Versickerung von Oberflächenwasser in diesen Böden ohne eine ergänzende Ableitungsmöglichkeit (z.B. Retentionsbecken) nicht möglich.

4.3 Randbedingungen nach der ATV-DVWK-A138

Bebauung

Das Untersuchungsgelände ist momentan unbebaut, grenzt jedoch im Nordwest-, Nord- und Nordostbereich an bestehende Wohngebiete (vgl. Anlage 1.1) an.

Der Mindestabstand zentraler bzw. dezentraler Versickerungsanlagen (vgl. ATV-DVWK-A138, S.20, Bild2) sollte von bestehender bzw. geplanter Bebauung - vom Baugrubenfußpunkt ausgehend - das 1,5-fache der Baugrubentiefe nicht unterschreiten. Ansonsten sind die Keller wasserdicht auszuführen.

Wasserschutzgebiet

Nach Auskunft des Tiefbauamtes befindet sich das Bebauungsareal in keinem Wasserschutzgebiet.

Alllastenverdachtsflächen

Nach ATV-DVWK-A138 dürfen keine Versickerungen im Bereich von belasteten Auffüllungen ausgeführt werden. Im Untersuchungsgebiet wurden lokale Auffüllungshorizonte erkundet. Diese Auffüllungen bzw. die angetroffenen natürlichen Schichten zeigten jedoch organoleptisch keine alllastenverdächtigen Schadstoffanreicherungen. Werden bei der Herstellung der Versickerungsanlagen dennoch kontaminierte Bereiche festgestellt, so müssen die relevanten Bereiche genau untersucht und eingegrenzt werden.

5. Gründung und baubegleitende Maßnahmen

Entsprechend der Baugrundsichtung (gute, mäßige bzw. schlechte Bebaubarkeit) kann das geplante Baugebiet in zwei Bereiche abgegrenzt werden:

Bereich 1 (gute Bebaubarkeit)

SG1/03, SG2/03, SG3/03, SG4/03; SG3/09, SG4/09, SG5/09, SG6/09

→ Bereich „Baugebiet Nord“ und Teil von „Baugebiet Mitte“, Profile Anlagen 2.1 und 2.2

Bereich 2 (mäßige Bebaubarkeit)

SG5/03, SG6/03, (SG7/03); SG1/09, SG2/09

→ Bereich „Baugebiet Süd“, und Teil von „Baugebiet Mitte“, Profile Anlagen 2.3 und 2.2

Bereich 1 – „Baugebiet Nord“ und Teil von „Baugebiet Mitte“ (s. Anlage 1.1)

Im **Bereich 1** stehen unter Mutterboden bzw. Auffüllungen und Verwitterungsdecke (SG4/09 unter Bachkies) die gut tragfähigen Böden der Grundmoräne (Geschiebemergel) an.

Es wird angenommen, dass in diesem Bereich Bebauungen mit und ohne Kellergeschoss entstehen. Tragwerke der Neubauten können flach und konventionell auf Einzel- und Streifenfundamenten in der Grundmoräne (Geschiebemergel) frostsicher gegründet werden. Die frostsichere Fundamenteinbindetiefe ist mit $t \geq 0,80$ m anzusetzen.

Sollten die Gründungssohlen nicht in der Grundmoräne zu liegen kommen (keine Unterkellerung des Gebäudes), so ist die Verwitterungsdecke mit der Gründung zu durchstoßen und gegen Magerbetonvertiefungen zu ersetzen. Bei der Gründung auf Fundamentvertiefungen für das Tragwerk werden vom Niveau UK Fundament Vertiefungen bis zur Grundmoräne ausgehoben und unmittelbar nach dem Aushub mit Magerbeton verfüllt. Diese Fundamentvertiefungen können in den angetroffenen Böden im Bauzustand „Vollaushub“ kurzfristig mit Böschungen von annähernd 90° geböscht werden. Die so hergestellten Fundamentvertiefungen dürfen nicht betreten werden und sind unmittelbar nach dem Aushub mit Magerbeton bis UK Fundament zu verfüllen.

Für die Bemessung der Fundamente dürfen die Anlagen 3.1-2 verwendet werden. Dort sind für mittige Belastung, d.h. um die Ausmitten reduzierte Fundamentflächen, Grundbruch- und Setzungsberechnungen in Abhängigkeit der Fundamentgeometrie durchgeführt.

Berechnungsgrundlagen sind hier die DIN 1054 (neu) und die DIN 4017 (neu). Es liegt der Lastfall 1 bzw. BS-P (ständige Bemessungssituation) zugrunde und das Verhältnis von veränderlichen zu Gesamtlasten wurde mit 0,5 vorausgesetzt.

Das gewählte Profil für die Berechnung ist das des Schurfes SG2/03.

Bei einem Ausnutzungsgrad von $\mu \leq 1,0$ und der Begrenzung der Setzungen auf **$s \leq 1,5$ cm** ergeben sich in Abhängigkeit von der Fundamentart und dessen Geometrie folgende aufnehmbare Sohldrücke:

Auszug aus Anlage 3.1 – Einzelfundamente

Einzelfundament a x b = 0,80 x 0,80 m: zul. σ = 733 kN/m², zul. R = 469 kN, zugh.s = 1,07 cm

Einzelfundament a x b = 1,00 x 1,00 m: zul. σ = 742 kN/m², zul. R = 742 kN, zugh.s = 1,35 cm

Einzelfundament a x b = 1,20 x 1,20 m: zul. σ = 695 kN/m², zul. R = 1001 kN, zugh.s = 1,50 cm

Auszug aus Anlage 3.2 – Streifenfundamenten l = 10 m

Streifenfundament b = 0,8 m, l = 10 m: zul. σ = 470 kN/m², zul. R = 376 kN/m, zugh.s = 1,50 cm

Streifenfundament b = 1,0 m, l = 10 m: zul. σ = 395 kN/m², zul. R = 395 kN/m, zugh.s = 1,50 cm

Streifenfundament b = 1,2 m, l = 10 m: zul. σ = 345 kN/m², zul. R = 414 kN/m, zugh.s = 1,50 cm

Abhängig von der Fundamentgeometrie ist entweder die Grundbruchsicherheit (rote Linie im Diagramm) oder die Begrenzung der Setzung auf $s \leq 1,5$ cm (blaue Linie) maßgebend für die Bestimmung des aufnehmbaren Sohldrucks. Sollten größere Setzungen zugelassen werden, können teilweise auch höhere Sohldrücke erreicht werden. In Fällen in denen die Grundbruchsicherheit den Sohldruck bestimmt, kann ein höherer Sohldruck durch Vergrößerung der Fundamentfläche oder Erhöhung der Einbindetiefe erreicht werden.

Bei den o. g. Tragfähigkeitswerten ist die gegenseitige Beeinflussung von Fundamentlasten noch nicht berücksichtigt. Es wird vorgeschlagen, die Gründungsvorbemessung nach den Fundamentdiagrammen in den Anlagen 3.1-2 vorzunehmen. Nach Vorlage der aktuellen Bauwerkslasten sind bei setzungsempfindlichen Tragkonstruktionen die gegenseitige Beeinflussung der Fundamente und die Verträglichkeit der Setzungsdifferenzen bzw. Fundamentverdrehungen mit einer Setzungsberechnung zu überprüfen.

Bei einer als Decke ausgeführten Bodenplatte, die auf den Fundamenten aufliegt ist unter der Bodenplatte lediglich eine vliesunterlegte, kapillarbrechende Schicht (D = 0,30 m) zu fordern.

Erfährt die Bodenplatte keine Belastungen durch das Bauwerk (außer Eigenlast und Verkehrslast) und liegt diese frei zwischen den Fundamenten, so ist die Bodenplatte auf einem Bodenersatzkörper (D = 0,50 m) in den Lehm Böden der Verwitterungsdecke zu gründen. Als Bodenersatzmaterial ist ein Kiessandgemisch mit max. 5% Schluffanteil oder ein güteüberwachtes, gut abgestuftes Betonrecyclingmaterial zu verwenden. Zwischen anstehendem Lehm Boden und Bodenersatzkörper ist ein Trennvlies (GRK2) einzulegen. Das lastverteilende Gründungspolster ist lagenweise einzubauen (max. d = 0,2 m), Der fachgerechte Einbau ist anhand von Lastplattendruckversuchen (Anforderung: $E_{Vd} \geq 40$ MN/m²) zu überprüfen. Für die Bemessung dieser Bodenplatten ist von einem Bettungsmodul von $k_s = 8$ MN/m³ – 10 MN/m³ auszugehen.

Sofern die Gründung eines Hauses über eine Gründungsplatte (elastische gebettete Bodenplatte) in der Grundmoräne erfolgt, kann zur Vorbemessung der Platte, unter Berücksichtigung eines 1 m breiten Laststreifens, ein Bettungsmodul in der Größenordnung von

$$k_s = 15 - 20 \text{ MN/m}^3$$

zugrunde gelegt werden. Der exakte Bettungsmodulverlauf kann anhand einer detaillierten Setzungsberechnung bestimmt werden.

Bereich 2 – „Baugebiet Süd“ und Teil von „Baugebiet Mitte“ (s. Anlage 1.1)

Im **Bereich 2** stehen bis zur Erkundungstiefe mit den Schürfen nur mäßig tragfähige Böden in Form von Mutterboden, Verwitterungsdecke, Bachablagerungen und Beckensanden an. Die

Beckensande weisen zudem thixotrope Eigenschaften auf, was eine Aushebung von Baugruben für eventuelle Kellergeschosse erschwert. Die tiefer gelegene Grundmoräne (Geschiebemergel) konnte in diesem Bereich mit den Schürfen nicht erkundet werden.

Eine Bebauung in diesem Bereich ist schwierig und es ist mit erheblichen Kosten zu rechnen. Es wird deshalb vorgeschlagen, in diesem Bereich auf eine Unterkellerung der Gebäude zu verzichten. Die Fundamente sind über Brunnenringe bis zum tragfähigen Grund (Geschiebemergel) zu führen. Die Tiefenlage des Geschiebemergels ist jedoch, wie bereits erwähnt, noch nicht bekannt. Zur Bemessung der Gebäude bei einer Gründung auf dem Geschiebemergel können die beim Bereich 1 aufgeführten Werte herangezogen werden. Die Beckensande sind dabei zu durchstoßen. Aufgrund der thixotropen Eigenschaften der Beckensande können die Vertiefungen nicht über offene Gräben wie im Bereich 1 realisiert werden. Stattdessen müssen die Fundamentvertiefungen als Brunnengründung ausgeführt werden. Bei einer Brunnengründung werden Brunnenringe durch den Aushub mit einem Polypgreifer im Brunneninneren bis zur Grundmoräne abgesenkt und mit Beton aufgefüllt. Bei anstehendem Grundwasser ist im Kontraktorverfahren zu betonieren. Für die Vorbemessung der kreisrunden Brunnengründung sind die Spannungen für die flächengleichen quadratischen Fundamente (Anlage 3.1) anzusetzen.

Sollten trotzdem Keller zur Ausführung kommen, so sind die Baugruben mit einem Wasser undurchlässigen Spundwandverbau zu sichern. Die Gebäude sind flächig auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte zu gründen. Der Wasserspiegel ist innerhalb des Spundwandkastens mit einer Vakuumwasserhaltung abzusenken. Nach Trockenlegung der Aushubsohle ist zunächst zur Stabilisierung der anstehenden Sande (Sicherstellung der Befahrbarkeit) eine rd. 0,3 m starke Wackelage einzuwalken, auf der dann ein Trennvlies (GRK3) zu verlegen ist. Auf diesem so geschaffenen Widerlager ist dann ein Bodenersatzkörper aus gebrochenem Material oder Schotter von 0,6 m Stärke aufzubringen. Die Gesamtstärke des Bodenersatzkörpers unter der Bodenplatte beträgt demnach flächig 0,9 m. Die Bodenplatte kann im Anschluss daran auf dem oben beschriebenen Unterbau hergestellt werden. Es ist in diesem Zusammenhang darauf zu achten, dass der Bodenersatzkörper so breit ausgebildet wird, damit sich ein Lastausbreitungswinkel von 45° einstellen kann. Für die Vorbemessung der Bodenplatte kann ein Betungsmodul k_s in der Größenordnung von $k_s = 10 - 15 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden.

Es wird empfohlen, bei den Bauwerken die Gründungssohlen auf Benachrichtigung der örtlichen Bauleitung von der BauGrund Süd abnehmen zu lassen.

5.3 Grundwasser und Entwässerung

Bei der Baugrunderkundung wurde im **Bereich 1** weder Schicht- noch Grundwasser angetroffen. Erfahrungsgemäß ist nach lang anhaltenden Niederschlägen mit Schichtwasser zu rechnen, das an sandige Einlagerungen im Verwitterungslehm und in der Grundmoräne gebunden ist. Die anstehenden Böden (Verwitterungslehm, Grundmoräne) sind für anfallendes Oberflächenwasser als Wasserstauer einzustufen. Das Wasser wird sich in diesen Böden stauen und nur sehr langsam abfließen. Die Bodenplatten und die erdberührten Wände können nicht nach den Richtlinien der DIN 4095 entwässert werden, da das Wasser nicht zur Vorflut geleitet werden kann. Die Gebäude sind deshalb nach den Vorschriften der DIN 18195 abzudichten.

Im **Bereich 2** sind die Beckensande Wasser führend. Bei einer Ausführung mit Kellern binden diese in das Wasser ein. Die Kellergeschosse sind deshalb nach den Vorgaben der DIN 18195 abzudichten bzw. aus wasserundurchlässigem Beton herzustellen.

5.4 Baugruben

Die Baugruben für Kellergeschosse werden in der Regel 2,5 m bis 3,5 m tief.

Im **Bereich 1** dürfen die Böschungen bis zu einer Tiefe von 3 m nach DIN 4124 im anstehenden Boden unter 45° ohne rechnerischen Nachweis ausgeführt werden. Bis zu einer Tiefe von 5 m dann ohne rechnerischen Nachweis, wenn nach 3 m eine mindestens 1,50 m breite Berme angeordnet wird. Die freien Böschungen, vor allem im Bereich der Verwitterungsdecke und im Geschiebemergel, sind mit Planen o. ä. gegen Witterungseinflüsse zu sichern. Bei Böschungen ohne rechnerischen Nachweis sind die Vorgaben der DIN 4124 einzuhalten. Sollten andere als die oben genannten Abmessungen für die Herstellung der Baugruben notwendig sein, oder ist zur Sicherung der Baugruben ein senkrechter Verbau notwendig, sind diese mit einer statischen Berechnung nachzuweisen. Bei Schichtwasserzutritten sind die freien Böschungen mit Stützscheiben aus Einkornbeton zu sichern.

Im **Bereich 2** können keine freien Böschungen hergestellt werden. Die Baugruben sind hier gemäß Punkt 5.2 mit einem Wasser undurchlässigen Spundwandverbau zu sichern. Der Verbau ist statisch nachzuweisen.

5.5 Straßenbaumaßnahmen

Im **Bereich 1** sowie im **Bereich 2** ist davon auszugehen, dass die Erschließungsstraßen oberflächennah im Verwitterungslehm bzw. in der Grundmoräne (Bereich 1) bzw. im Beckensand (Bereich 2) zu gründen sind. Diese Böden sind entsprechend der Tabelle 3 bezüglich der Frostempfindlichkeit nach ZTVE/Stb 94 der Klasse F3 (sehr frostempfindlich) zuzuordnen. Dies bedeutet, dass im Projektgebiet frostempfindliche Böden anstehen. Des Weiteren sind diese Böden als witterungsempfindlich zu bezeichnen. Die bindigen Anteile weichen durch Niederschläge rasch auf und verlieren an Festigkeit.

Nach der ZTVE-StB 94, Fassung 97, wird für frostempfindliche Böden auf dem Planum bzw. Untergrund ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gefordert. Dieser Wert wird in den anstehenden Böden nicht erreicht werden, so dass im Bereich der Erschließungsstraßen Baugrund verbessernde Maßnahmen vorzusehen sind.

Es wird vorgeschlagen, den eigentlichen frostsicheren Straßenaufbau auf einem 0,5 m dicken Bodenersatzkörper aus Schotter bzw. Betonrecyclingmaterial zu gründen. Der Bodenersatzkörper ist lagenweise einzubauen ($d = 0,25 \text{ m}$) und zu verdichten. Zwischen Bodenersatzkörper und anstehendem Baugrund ist ein Trennvlies der Robustheitsklasse GRK 3 einzulegen. Der fachgerechte Einbau ist anhand von Plattendruckversuchen zu überprüfen. Im Bereich 2 (Beckensand) ist zusätzlich unter dem Bodenersatzkörper zur Stabilisierung der anstehenden Sande (Sicherstellung der Befahrbarkeit) eine rd. 0,3 m starke Wackenlage einzuwalken, auf der dann ein Trennvlies (GRK3) zu verlegen ist.

Alternativ zu einem Bodenersatzkörper kann der Untergrund mit Kalkzementbindemittel stabilisiert bzw. verfestigt werden (Frästiefe $\geq 0,4 \text{ m}$, Bindemittelzugabe etwa 2 - 4 Gew.-% Dorosol C30 oder C50, je nach aktueller Bodenfeuchte).

5.6 Kanalbaumaßnahmen

Die Kanalgräben können entsprechend den o. g. Ausführungen im **Bereich 1** in den anstehenden Böden unter 45° frei geböscht werden.

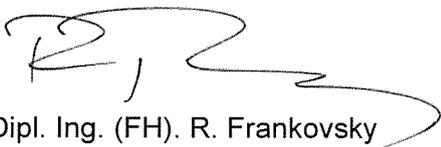
Alternativ zur freien Böschung ist eine Verbautafel einsetzbar. Der Einsatz einer Verbautafel minimiert die Aushubmenge und die Grabenbreite. Eventuell auftretendes Schichtwasser ist in den Baugruben mit einer offenen Wasserhaltung zu fassen.

Im **Bereich 2** können die Gräben oberhalb des Grundwassers ebenfalls unter 45° frei geböscht werden. Unterhalb der Grundwasserlinie sind die Kanalgräben mit einem Wasser undurchlässigen Spundwandverbau zu sichern. Die Spunddielen sind in die Wasser undurchlässige Grundmoräne einzubinden, oder das Wasser ist innerhalb der Spundwände mit einer voraussehlenden Vakuumwasserhaltung abzusenken.

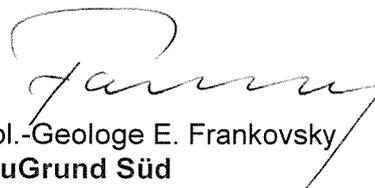
Die Kanalrohre können im Verwitterungslehm und in der Grundmoräne auf einem Teilbodenersatzkörper aus Kiessand mit $D = 30$ cm gegründet werden. Im Bereich der Beckensande ist zusätzlich unter dem Bodenersatzkörper zur Stabilisierung eine rd. 0,30 m starke Wackelage einzuwalken. Der Bodenersatzkörper aus Kiessand bzw. die Wackelage sind vollständig in ein Vlies einzuschlagen. Augenscheinlich stark aufgeweichte Bereiche des anstehenden Bodens sind auszuheben und mit oben beschriebenen Bodenersatzmaterial zu verfüllen.

Für die Verfüllung der Kanalgräben können die anstehenden Böden nicht verwendet werden. Diese Böden besitzen beim Wiedereinbau in den Kanalgraben eine größere Durchlässigkeit als der anstehende Baugrund. Bei einem Wasserzutritt werden diese Böden aufgeweicht, es werden Feinbestandteile ausgewaschen, dies führt ggf. zu Setzungen im Straßenbereich. Es wird deshalb empfohlen, die Kanalgräben mit verdichtbarem Kiesmaterial zu verfüllen. Die Grabenverfüllung ist vom Baugrund mit einem Geotextil (GRK 2) zu trennen, dadurch wird der Eintrag von Feinbestandteilen in die Grabenverfüllung reduziert.

Für ergänzende Erläuterungen sowie zur Klärung der im Verlauf der weiteren Planung und Ausführung noch offenen Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.



Dipl. Ing. (FH). R. Frankovsky
BauGrund Süd



Dipl.-Geologe E. Frankovsky
BauGrund Süd