

Geotechnischer Bericht
ZUR
Erschließung Neubaugebiet „Rittenäcker“ in 88433 Schemmerhofen

Aktenzeichen: AZ 13 08 002

Bauvorhaben: BV Erschließung Neubaugebiet „Rittenäcker“ in 88433
Schemmerhofen
- Baugrunderkundung -

Auftraggeber: Gemeinde Schemmerhofen
Hauptstraße 25
88433 Schemmerhofen

Bearbeitung: Dipl.-Geol. Dietrich Krauss
Dipl.-Geol. Joanna Brych

Datum: 30.09.2013

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang	4
2	Geomorphologie des Untersuchungsgebietes	5
2.1	Morphologie und Geologie des Untersuchungsareals	5
2.2	Allgemeine Baugrundbeschreibung.....	5
3	Geotechnisches Baugrundmodell	6
3.1	Bautechnische Beschreibung der Schichten	6
3.2	Bodenmechanische Laborversuche	8
3.3	Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung	10
4	Georisiken	12
4.1	Seismische Aktivität	12
5	Hydrogeologie	12
5.1	Grundwasserverhältnisse.....	12
5.2	Versickerungsfähigkeit der Böden nach DWA A-138.....	13
5.3	Geothermische Standortbeurteilung.....	14
6	Grundbautechnische Empfehlungen und baubegleitende Maßnahmen	14
6.1	Baumaßnahme.....	14
6.2	Baugrundkriterien.....	14
6.3	Wohnbebauung / Gründung	15
6.3.1	Baugrube / Baugrubenverbau	18
6.3.2	Trockenhaltung von Bauwerken	18
6.4	Kanalbau.....	19
6.5	Straßenbau	21
7	Hinweise und Empfehlungen	22

Anlagenverzeichnis

- 1.1 Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 25 000
- 1.2 Lageplan mit Untersuchungspunkten, unmaßstäblich
- 2.1-2 Geotechnische Baugrundschnitte, M.d.H. 1 : 150, M.d.L. unmaßstäblich
- 3 Fotodokumentation der Bohrkerne
- 4.1-2 Bodenmechanische Laborversuche
- 5.1-2 Ergebnisse der Sickerversuche
- 6 Geothermische Standortbeurteilung
- 7.1-2 Grundbruch- und Setzungsberechnungen

Verwendete Unterlagen und Literatur

- [1] Ingenieurbüro Funk GmbH, Konrad-Manop-Straße 25, 88499 Riedlingen; Vorentwurf Erschließung Baugebiet „Rittenäcker“
- [1.1] Plan, Vorentwurf, Maßstab 1 : 500, vom 15.05.2013
- [3] Geologische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 7824 Biberach a. d. Riß-Nord, Maßstab 1 : 25 000
- [4] Topographische Karte Blatt 7921 Sigmaringen, Maßstab 1 : 25 000
- [5.1] DIN EN 1997-1, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1 Allgemeine Regeln
- [5.2] DIN EN 1997-1/NA Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1 Allgemeine Regeln
- [5.3] DIN EN 1997-2, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
- [5.4] DIN EN 1997-2/NA, Nationaler Anhang, National festgelegte Parameter
- [6] DIN 1054:2012-12; Baugrund- Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- [7] Prinz, Helmut; Strauß, Roland: Abriss der Ingenieurgeologie. 4. Auflage, 674 Seiten, 403 Abb., Elsevier GmbH, München 2006.

1 Vorgang

Die Gemeinde Schemmerhofen beabsichtigt die Erschließung des Neubaugebietes „Rittenäcker“ in Schemmerhofen. Aus diesem Grunde wurde die Firma BauGrund Süd beauftragt, die geologische und hydrogeologische Beschaffenheit des Untergrundes zu erkunden und die Ergebnisse, gemäß Eurocode 7, in einem geotechnischen Bericht nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN EN 1997-2 zusammenfassend darzustellen und gründungstechnisch zu bewerten.

Zu diesem Zweck kamen am 05./06. und 09.09.2013 insgesamt vier Rammkernbohrungen (BK 1-4/13) bis in eine Tiefe zwischen 8,0 m und 10,0 m unter GOK zur Ausführung.

In Ergänzung zu den Aufschlussbohrungen wurden zur Ermittlung des Lagerungszustandes bzw. der Festigkeit des Untergrundes sowie zur weiteren Abgrenzung der geologischen Schichtenfolge zwei Rammsondierungen (DPH 1-2/13) mit der schweren Rammsonde (dynamic probing heavy) nach DIN EN ISO 22476-2 abgeteuft. Die Sondierungen endeten in Tiefen zwischen 5,9 m - 9,9 m unter GOK.

Der Standort des Untersuchungsgebietes kann aus dem Übersichtslageplan der Anlage 1.1 entnommen werden. Die Lage der niedergebrachten Aufschlüsse ist im Detail in der Anlage 1.2 wiedergegeben.

Die erkundeten Bodenschichten wurden nach DIN EN ISO 14688-1, DIN 18196, DIN 18300 und DIN 18301 ingenieurgeologisch aufgenommen, wobei eine Zusammenfassung stratigraphisch gleicher Schichten stattfand. Daher können diese von der genormten Farbgebung für Lockergesteine teilweise abweichen. Das Bohrprofil ist im geotechnischen Baugrundschnitt der Anlage 2 wiedergegeben.

Eine Fotodokumentation der Bohrkerns enthält die Anlage 3.

Zusätzlich zu der manuellen Ansprache des Bodens wurden gestörte Bodenproben entnommen und im Erdbaulabor der Firma BauGrund Süd bodenmechanisch untersucht. Die Ergebnisse der durchgeführten Laborversuche sind in den Anlagen 4.1-2 dargestellt.

In den Bohrungen BK 1/13 und BK 3/13 wurden im Bohrloch Sickersversuche durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in der Anlage 5 ersichtlich.

Die Anlage 6 enthält eine Bewertung des Untergrundes hinsichtlich der Nutzung oberflächennaher Erdwärme zum Heizen und Kühlen des Bauwerks.

Die Untersuchungspunkte wurden nach Abschluss der Bohr- und Sondierarbeiten von dem Ingenieurbüro Funk GmbH, Riedlingen nach Lage und Höhe eingemessen.

2 Geomorphologie des Untersuchungsgebietes

2.1 Morphologie und Geologie des Untersuchungsareals

Das Erschließungsgebiet befindet sich im südöstlichen Teil des Ortsteils Schemmerhofen, ca. 450 m nordwestlich der Riss und etwa 200 m westlich des Mühlbaches. Das untersuchte Areal wird derzeit als landwirtschaftliche Fläche genutzt.

Morphologisch gesehen fällt das Gelände von Süden nach Norden hin, nahezu bis auf das Niveau des Mühlbaches, einem Zufluss zur Riss, ab. Die Geländehöhen bewegen sich zwischen ca. 517 m ü. NN und 531 m ü. NN. Aus geologischer Sicht besteht der tiefere Untergrund im Untersuchungsgebiet aus tertiären Molassesedimenten (Obere Meeresmolasse). Der obere Bereich wird von einer Verwitterungsdecke gebildet. Im tieferliegenden Gelände finden sich Hangablagerungen und in der Nachbarschaft von Gewässern (Mühlbach) auch Talablagerungen in Form von Talkies. Die Talablagerungen werden hier von Auesedimenten (Auelehm mit Seekreidehorizonten) überdeckt. Eine dünne Mutterbodenschicht (Ackerkrume) bildet den Abschluss der Schichtenfolge zur Geländeoberkante.

2.2 Allgemeine Baugrundbeschreibung

Mit den abgeteuften Aufschlüssen kann für das projektierte Areal folgende generalisierte Schichtenabfolge zugrunde gelegt werden:

Oberboden (Ackerkrume)	(Rezent / Holozän)
Verwitterungsdecke	(Quartär – Holozän)
Aueablagerungen	(Quartär – Holozän)
Talkies	(Quartär – Holozän)
Hangablagerungen	(Quartär – Holozän)
Obere Meeresmolasse	(Tertiär)

Im Einzelnen wurden die erkundeten Schichten mit den abgeteuften Bohrungen und Sondierungen in folgenden Schichttiefen festgestellt:

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

Aufschluss	Oberboden	Verwitterung s-decke	Aue- sedimente	Talkies	Hangab- lagerungen	Molasse
BK 1/13	0,00 – 0,50	-	0,50 – 1,50	1,50 – 3,10	-	3,10 – 10,00*
BK 2/13	0,00 – 0,40	0,40 – 1,50	-	-	1,50 – 6,00	6,00 – 8,00*
BK 3/13	0,00 – 0,50	0,50 – 2,50	-	-	-	2,50 – 10,00*
BK 4/13	0,00 – 0,50	0,50 – 1,40	-	-	-	1,40 – 10,00*

* Endtiefe Bohrung

Tabelle 2: Schichtglieder und Schichttiefen Rammsondierungen (bis m unter Gelände)

Aufschluss	Oberboden	Verwitterungsdecke	Aue-sedimente	Talkies	Hangab-lagerungen	Molasse
DPH 1/13**	0,00 - 0,50	0,50 - 1,50	-	-	1,50 - 5,90*	-
DPH 2/13**	0,00 - 0,50	0,50 - 2,50	-	-	-	2,50 - 9,90*

* Endtiefe Sondierung

** Da es sich bei Rammsondierungen um ein indirektes Aufschlussverfahren handelt (keine Bodenförderung), sind die Schichtgrenzen als Interpolation zu betrachten

3 Geotechnisches Baugrundmodell

3.1 Bautechnische Beschreibung der Schichten

Durch Interpolation der punktuellen Aufschlüsse wurde unter Berücksichtigung der geologischen Zusammenhänge ein 2-dimensionales Baugrundmodell entwickelt. Der Aufbau, die Zusammensetzung sowie die bautechnischen Eigenschaften des Untergrundes werden nachfolgend beschrieben. Das für das Bauvorhaben zugrunde gelegte Baugrundmodell ist in der Anlage 2 wiedergegeben.

Oberboden (Ackerkrume)

Der am Standort in einer Mächtigkeit von ca. 0,50 m angetroffene Oberboden (Ackerkrume) ist der geologischen Aufnahme nach als ein braun bis dunkelbraun gefärbter, feinsandiger, schwach feinkiesiger, humoser Schluff anzusprechen. Die Zustandsform ist nach den Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen $N_{10} = 1 - 9$ (N_{10} = Anzahl der Schläge pro 10 cm Eindringung des Sondiergestänges) und der manuellen Ansprache nach als weich bis steif zu beschreiben.

Der Mutterboden ist als nicht tragfähig und als äußerst frost- und witterungsanfällig einzustufen. Dieser darf nur für statisch nicht relevante Zwecke zur Geländeangleichung benutzt werden. Nach DIN 18300 wird der Mutterboden der Bodenklasse 1 zugeordnet.

Verwitterungsdecke

Unter dem Mutterboden folgt eine bis zu 2,30 m mächtige (DPH 2/13) Verwitterungsdecke. Der Verwitterungslehm ist bodenmechanisch betrachtet als feinsandiger bis stark feinsandiger, schwach kiesiger bis kiesiger, schwach toniger bis toniger Schluff bzw. als feinsandiger, stark schluffiger Ton anzusprechen, dessen Zustandsform nach den Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen ($N_{10} = 1 - 8$) und der manuellen Ansprache als weich bis steif zu beschreiben ist.

Der Verwitterungslehm fällt nach DIN 18 300 in die Bodenklasse 4.

AZ 13 08 002, BV Erschließung Neubaugebiet „Rittenäcker“ in 88433 Schemmerhofen

Die lehmigen Verwitterungsböden sind als sehr frost- und witterungsempfindlich einzustufen. Im Kontakt mit Wasser weichen sie rasch auf und verlieren an Tragfähigkeit. Die Verwitterungsdecke ist als gering tragfähig einzustufen.

Aueablagerungen

Im nördlichen, tiefergelegenen Bereich des Untersuchungsgebietes (BK 1/13) wurden Auesedimente (Auelehm, Seekreide) angetroffen, die sich nach den Bohr- und Sondierergebnissen bis in eine Tiefe von 1,5 m unter der Geländeoberfläche erstrecken.

Den Erkundungsbohrungen zufolge bestehen die Aueablagerungen zuoberst aus einem stark feinsandigen, schwach feinkiesigen, tonigen, Schluff (Auelehm). Darunter setzen sich die Auesedimente aus einem tonigen, kalkhaltigen, organischen Schluff (Seekreide) zusammen.

Nach der manuellen Ansprache des Bohrgutes weisen die Auesedimente eine weiche bis steife Konsistenz auf.

Nach DIN 18 300 ist dieser Boden der Bodenklasse 4 zugeordnet.

Die Aueablagerungen sind als gering tragfähig einzustufen. Das Material ist aufgrund erhöhten Feinkornanteils witterungsanfällig und weicht in Kontakt mit Wasser schnell auf.

Talkies

Unterhalb der Auesedimente folgen im Bereich der Bohrung BK 1/13 alluviale Talablagerungen in Form von Talkies. Die Basis der Talkiese liegt nach den Bohrungsergebnissen in BK 1/13 bei ca. 3,1 m u. GOK.

Aus geotechnischer Sicht handelt es sich bei den Talkiesen um einen beigegrau bis braun gefärbten, schwach schluffigen bis schluffigen, sandigen Kies. Gemäß dem festgestellten Bohrwiderstand kann dem Talkies eine mitteldichte Lagerungsdichte zugeordnet werden.

Nach DIN 18 300 sind die Talkiese der Bodenklassen 3, je nach Feinkornanteil auch der Bodenklasse 4 zuzuordnen.

Die sandig - kiesigen Talsedimente stellen einen gut tragfähigen Baugrund dar.

Hangablagerungen

Im Bereich der Bohrung BK 2/13 folgen unter der Verwitterungsdecke quartäre Hangablagerungen. Die ockerbraune bis graue Sedimente der Hangablagerungen sind bautechnisch als schwach feinsandige, schwach kiesige bis kiesige, tonige Schluffe anzusprechen.

Bereichsweise können die Hangablagerungen auch aus einem braungrau gefärbten, schluffigen, sandigen Kies bestehen.

Bis in eine Tiefe von max. 5,3 m weisen die Hangablagerungen eine weiche bis steife Konsistenz auf ($N_{10} = 1 - 12$). Darunter liegt die Zustandsform im halbfesten bzw. dichten bis sehr dichten Bereich ($N_{10} = 20 - 112$).

Die Hangablagerungen stellen in weicher - steifer Zustandsform einen gering bis mäßig tragfähigen Baugrund dar. Die steifen bzw. mitteldicht – dicht gelagerten Hangablagerungen sind dagegen als gut tragfähig zu bewerten. Die lehmhaltige Hangablagerung ist frost- und witterungsempfindlich und weicht in Kontakt mit Wasser oberflächlich auf.

Obere Meeresmolasse

Die Ablagerungen der Oberen Meeresmolasse wurden im gesamten Untersuchungsgebiet unterhalb der quartären Sedimente erbohrt. Bei den Sedimenten der Oberen Meeresmolasse handelt es sich um eine Wechselfolge aus hellbraun bis hellgrau gefärbten feinsandigen bis stark feinsandigen, schwach tonigen Schluffen bzw. schluffigen Tonen und grau bis hellbraun gefärbten Fein- bis Mittelsanden mit variierendem Schluffanteil (schwach schluffig bis stark schluffig).

Die Konsistenz der bindigen Molasseböden ist im oberen Bereich (bis 3,0 m u. GOK) als weich bis steif ($N_{10} = 2 - 4$) anzusprechen und geht zur Tiefe hin rasch in eine steife bis halbfeste bzw. halbfeste bis feste ($N_{10} = 4 - 46$) Konsistenz über.

Die erkundeten Tone und Schluffe sind nach der DIN 18300 der Bodenklasse 4 zuzuordnen. Bei fester Konsistenz fallen die Böden in die Bodenklasse 6. Die bindigen Molasseböden sind als sehr frost- und witterungsempfindlich einzustufen. Sie weichen im Kontakt mit Wasser rasch auf und verlieren an Tragfähigkeit.

Gemäß dem beobachteten Bohrfortschritt kann den Molassesanden eine mitteldichte bis dichte Lagerungsdichte zugeordnet werden. Der Sandboden zeigt im wassergesättigten Zustand bei mechanischer Beanspruchung ein thixotropes Stoffverhalten, wobei im Anschnitt dieser auch zum Ausfließen neigen kann. Die Molassesande fallen auf Grund ihres hohen Feinkornanteils gemäß der DIN 18300 überwiegend in die Bodenklasse 4. Sande mit geringerem Schluffanteil (schwach schluffig) sind der Bodenklasse 3 zuzuordnen. Im wassergesättigten Zustand fallen die Molassesande in die Bodenklasse 2.

Im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes wurde die Molasse ab einer Tiefe von 6,5 m (BK 2/13) und 9,4 m (BK 1/13) als Tonmergel mit einer festen Konsistenz (Tonmergelstein) erbohrt. Nach DIN 18300 handelt es sich um Bodenklassen 6, (7). Die mindestens mitteldicht gelagerten Molassesande bzw. die Tone und Schluffe von mindestens steifer Konsistenz sowie feste Tonmergelsteine sind als gut tragfähig einzustufen.

3.2 Bodenmechanische Laborversuche

Zusätzlich zu der manuellen Ansprache des Bohrgutes wurden bodenmechanische Laborversuche durchgeführt. Die einzelnen Ergebnisse werden in den folgenden Ausführungen beschrieben.

Wassergehalt

Der Wassergehalt einer Bodenprobe ist das Verhältnis des Gewichtes des Porenwassers zum Gewicht der trockenen Probe. Der natürliche Wassergehalt ist bei einem bindigen Boden ein entscheidender Faktor zur Bestimmung des Bodenzustandes bzw. der Konsistenz.

Tabelle 3: Übersicht der durchgeführten Wassergehaltsbestimmungen

Aufschluss	Tiefe [m]	Wassergehalt [%]	Geologische Einheit
BK 2/13	1,0	13,04	Verwitterungsdecke
	2,0	22,42	Hangablagerungen
	3,0	29,37	Hangablagerungen
	4,0	30,03	Hangablagerungen
BK 3/13	2,0	25,94	Verwitterungsdecke
	3,0	27,12	Molasse
	4,0	21,80	Molasse
BK 4/13	2,0	25,54	Molasse
	3,0	22,59	Molasse
	4,0	22,26	Molasse

Wie das Wassergehaltsprofil aufzeigt, liegt der natürliche Wassergehalt der Verwitterungsdecke zwischen $w_n \sim 13\%$ und $w_n \sim 26\%$, wobei der unterschiedliche Wassergehalt auf den variierenden Feinsandanteil (feinsandig bis stark feinsandig) zurückzuführen ist.

Die Hangablagerungen weisen einen Wassergehalt zwischen $w_n \sim 22\%$ und $w_n \sim 30\%$. Der Wassergehalt steigt mit zunehmender Tiefe auf, was auf schichtwasserführende, durchlässigere Lagen innerhalb der Grundmoräne beruht und wahrscheinlich auch in Zusammenhang mit dem Talgrundwasser zu sehen ist.

Die Sedimente der Oberen Meeresmolasse weisen einen durchschnittlichen Wassergehalt von $w_n \sim 24\%$ auf. Die gemessenen Wassergehalte bestätigen die bis in einer Tiefe von 4,0 m u. GOK, manuell festgestellte steife (bis ca. 3,0 m u. GOK) bzw. (bis ca. 4,0 m u. GOK) steife bis halbfeste Konsistenz.

Korngrößenverteilungen

Eine Korngrößenverteilung liefert eine orientierende Beurteilung des Baugrundes hinsichtlich der Durchlässigkeit, Frostempfindlichkeit, Zusammendrückbarkeit, Scherfestigkeit, Eignung als Filtermaterial. Zur Ermittlung der Kornverteilung werden die Korngrößen getrennt untersucht und zwar für die Korngrößen $d > 0,063$ mm durch Sieben und für die Korngrößen $d < 0,125$ mm durch Sedimentation (Schlämmen).

Die aus der Kornverteilungskurve ermittelte Zusammensetzung des Talkieses ist im Detail in der Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Übersicht der durchgeführten granulometrischen Analysen

Aufschluss	Tiefe (m u. Gel.)	Kiesanteil [%]	Sandanteil [%]	Schluff/Ton- anteil [%]	Bodenart	Geologische Einheit	k_f – Wert [m/s]
BK 1/13	2,0 – 3,0	67,0	16,9	8,2	Kies, grobsandig, schwach schluffig, schwach steinig	Talkies	$1,9 \times 10^{-4}$

* k_f – Wert ermittelt aus Kornverteilungslinie nach Hazen

Wie aus der Tabelle 4 hervorgeht, bestehen die Talkiese aus einem grobsandigen, schwach schluffigen, schwach steinigen Kies. Die aus der Kornverteilungslinie nach Hazen ableitbare Durchlässigkeit ist für den Talkies mit k_f -Wert von $k_f = 1,9 \times 10^{-4}$ m/s anzugeben. Nach DIN 18130 handelt es sich somit um einen durchlässigen bis stark durchlässigen Boden.

3.3 Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung

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

Tabelle 5: Charakteristische Bodenkennwerte (Erfahrungswerte)

Schichten	Wichte (feucht) γ [kN/m ³]	Wichte (u. Auftrieb) γ' [kN/m ³]	Reib.-winkel dräniert φ' [0]	Kohäsion dräniert c' [kN/m ²]	Steifemodul Es [MN/m ²]
Oberboden (Ackerkrume)	14 - 15	4 - 5	15 - 17,5	0 - 1	1 - 4
Verwitterungsdecke	18 - 19	8 - 9	25 - 27,5	2 - 4	4 - 8
Aueablagerungen	17 - 18	7 - 8	22,5 - 27,5	2 - 4	2 - 5
Talkies	19 - 21	9 - 11	32 - 37,5	0	30 - 50

AZ 13 08 002, BV Erschließung Neubaugebiet „Rittenäcker“ in 88433 Schemmerhofen

Schichten	Wichte (feucht) γ [kN/m ³]	Wichte (u. Auftrieb) γ' [kN/m ³]	Reib.-winkel dräniert φ' [0]	Kohäsion dräniert c' [kN/m ²]	Steifemodul Es [MN/m ²]
Hangablagerung	18 - 19	8 - 9	25 - 32,5	3 - 5	5 - 15
Obere Meeresmolasse (sandig)	18 - 20	9 - 11	27,5 - 32,5	1 - 2	20 - 40
Obere Meeresmolasse (Ton-/Mergel)	18,5 - 19,5*	8,5 - 9,5*	22,5 - 27,5*	1 - 3*	4 - 8*
	20 - 21	10 - 11	25 - 30	5 - 10	20 - 50
	21,5 - 22,5**	11 - 12**	27,5 - 32,5**	10 - 20**	40 - 60**

* aufgeweichte Molasse mit weicher bis steifer Konsistenz

** feste Tonmergel

Tabelle 6: Erdbautechnische Klassifizierung der Böden

Schichten	Bodengruppe [DIN 18196]	Bodenklasse [DIN 18300]	Frostempfindlichkeit [ZTV E-StB 09;Tab.1]	Bodenklasse [DIN 18301]
Oberboden (Ackerkrume)	OU	1	F3	BO1, BB1-2
Verwitterungsdecke	UL; UM/TM; UL	4	F3	BB2
Aueablagerungen	UL/SU*; OU	4	F3	BB2, BO1
Talkies	GU; GU*	3, 4	F2-3	BN1-2
Hangab- lagerungen	UL/UM; GU*; TM	4,(5,6)	F3	BB2-3; BN2; (BS1-2)
Obere Meeresmolasse	SU; SU/SU*; SU*/UL; UL/SU*; UL; TM; Mst	4,6,(7)	F2-3	BB2-4 ; BN1-2

4 Georisiken

4.1 Seismische Aktivität

Entsprechend der „Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg, 2005“ befindet sich das Untersuchungsgebiet in der **Erdbebenzone 0** (Gebiet, in der gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveau rechnerisch die Intensität 6 bis < 6,5 zu erwarten ist) und der **Untergrundklasse T** (Übergangsbereich zwischen den Untergrundklassen R und S sowie Gebiete relativ flachgründiger Sedimentbecken)

Nach DIN EN 1998-1/NA:2010-08, Abs. 5.2.3 Baugrundklassen, ist die **Baugrundklasse C** (feinkörnige Lockergesteine in mindestens steifer Konsistenz bzw. in mitteldichter Lagerung) zugrunde zu legen.

5 Hydrogeologie

5.1 Grundwasserverhältnisse

In den zwei talseitig gelegenen Bohrungen, BK 1/13 und BK 2/13, wurde während der Aufschlussarbeiten ein Zutritt von Grund-/Schichtenwasser festgestellt.

Tabelle 7: Grundwasserstände in den Bohrungen BK 1-2/13, Messungen am 06.09.2013

Bohrung	Wasser angetroffen		Wasser nach Bohrende	
	m u. Gel.	m ü. NN	m u. Gel.	m ü. NN
BK 1/13	3,10	514,31	3,10	514,31
BK 2/13	6,00	515,53	6,00	515,53

Die Talkiese stellen im Untersuchungsgebiet einen Porengrundwasserleiter dar. Der unterlagernde Grundwasserstauer wird von den bindigen Böden der tertiären Molasse gebildet.

Nach lang anhaltenden Niederschlagsperioden ist mit Schichtwasser in den sandigeren Lagen der Verwitterungsdecke, des Hangschuttes sowie in den Aueablagerungen zu rechnen.

Wie die manuelle Prüfung des Bohrgutes bestätigt sind die Molassesande als feucht bis stark feucht anzusprechen, dementsprechend können diese Böden schichtwasserführend sein.

Die angetroffenen Wasserspiegel stellen eine Momentaufnahme dar, in Abhängigkeit der jahreszeitlichen Grundwasserschwankung sind auch höhere Wasserspiegel möglich.

5.2 Versickerungsfähigkeit der Böden nach DWA A-138

Die Versickerung von Niederschlagswasser setzt einen durchlässigen Untergrund und einen ausreichenden Abstand zur 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 Sickeranlage mit verzögerter Versickerung in Trockenperioden dem Untergrund zugeführt werden.

Nach dem DWA A-138 (April 2005) sollte der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung stattfinden soll, zwischen $k_f = 1,0 \times 10^{-3}$ m/s und $k_f = 1,0 \times 10^{-6}$ 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 $k_f < 1,0 \times 10^{-6}$ m/s ist eine Regenwasserbewirtschaftung über Versickerung nicht mehr gewährleistet, so dass die anfallenden Wassermengen über ein Retentionsbecken abgeleitet werden können.

In den Bohrungen BK 1/13 und BK 3/13 wurden zur Ermittlung der Durchlässigkeit des anstehenden Untergrundes Sickerversuche durchgeführt.

Die Ergebnisse der durchgeführten Feldversuche, ergänzt um die Laborversuche zur k_f -Wertbestimmung sind in nachstehender Tabelle wiedergegeben:

Tabelle 8: Ergebnisse Durchlässigkeitsversuche (Feld- und Laborversuche)

Aufschluss	Versuchstiefe (m u. Gel.)	Durchlässigkeit k_f -Wert Feldversuch (m/s)	Durchlässigkeit k_f -Wert Laborversuch (m/s)	Bodenart
BK 1/13	1,70	2×10^{-04}	$1,9 \times 10^{-04}$	Talkies
BK 3/13	1,70	2×10^{-06}	-	Verwitterungsdecke

Wie die Ergebnisse der Durchlässigkeitsbestimmungen mittels Sickerversuch (vgl. Anlage 5), und Laborversuch (vgl. Anlage 4.2) zeigen, wurden für die Talkiese Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen $k_f = 1,9 \times 10^{-4}$ m/s und $k_f = 2 \times 10^{-4}$ m/s ermittelt. Nach DIN 18 130 handelt es sich damit um durchlässige bis stark durchlässige Böden.

Der Durchlässigkeitsbeiwert der lehmigen Verwitterungsdecke liegt gemäß des durchgeführten Sickerversuches bei $k_f = 2 \times 10^{-6}$ m/s. Nach DIN 18 130 sind diese Boden als schwach durchlässig zu bezeichnen.

Festzustellen ist, dass der Talkies hinsichtlich seiner Durchlässigkeit den Anforderungen der DWA A138 genügt. D.h. dass unter Einhaltung des erforderlichen Grundwasserabstandes von min. 1 m, über den Talkies, wie er im Bereich der Bohrung BK 1/13 angetroffen wurde, eine Versickerung von Niederschlagswassers erfolgen kann. Im übrigen Bereich des Erschließungsgebietes sehen wir die notwendigen Voraussetzungen für eine Versickerung von Niederschlagswasser als nicht erfüllt.

Bau und Betrieb von Versickerungsanlagen sind mit der zuständigen Fachbehörde abzustimmen.

5.3 Geothermische Standortbeurteilung

Eine geothermische Standortbeurteilung wird im Einzelnen in der Anlage 6 beschrieben. Detaillierte Fragen und Planungen werden von unserer **Partnerfirma EEM** (ErdEnergie Management GmbH, Maybachstraße 6, 88410 Bad Wurzach) bearbeitet.

6 Grundbautechnische Empfehlungen und baubegleitende Maßnahmen

6.1 Baumaßnahme

Grundlage der Baugrundbeurteilung sind die beschriebenen geotechnischen Aufschlussresultate. Eine weitergehende Planung zur Baugebietserschließung liegt gegenwärtig noch nicht vor, so dass im Folgenden auf die allgemeinen geotechnischen Aspekte im Hinblick auf die Bebaubarkeit des Erschließungsgebietes eingegangen wird.

Zu bewerten sind die Baugrundverhältnisse im Hinblick auf eine geplante Wohnbebauung, den Kanal- sowie den Straßenbau.

Bei der Wohnbebauung werden flachgegründete Bauwerke ohne und mit Unterkellerung berücksichtigt. Bezüglich der Kanalsohlage wird von einer Einbindetiefe von rund 3 m unter GOK ausgegangen.

6.2 Baugrundkriterien

Wie den geotechnischen Baugrundschnitten (vgl. Anlage 2.1 bis 2.2) zu entnehmen ist, tritt im Bereich des gesamten Standortes unterhalb des Oberbodens eine etwa 1 bis maximal 2 m starke Verwitterungsdecke auf. Darunter folgen im Großteil des Gebietes unmittelbar die Molassesedimente. Lediglich in der Tallage werden die Molassesedimente noch von jüngeren Talablagerungen und Hangablagerungen überdeckt.

Bautechnisch betrachtet, ist die Verwitterungsdecke, die als ein weicher – steifer Schluff ansteht, nur eingeschränkt geeignet Bauwerkslasten abzutragen. Als ungeeignet für eine Gründung sind die in der Talniederung des Erschließungsgebietes anstehenden Auelehme und Seekreidevorkommen zu bewerten. Die Hangablagerung stellen einen mäßig – gut geeigneten Baugrund dar. Aus geotechnischer Sicht stellen die mindestens steifen Molasseschichten den günstigsten Baugrund mit der besten Tragfähigkeit am Standort dar.

Für die Kanalbauarbeiten ist in Abhängigkeit der Lage innerhalb des Erschließungsgebietes davon auszugehen, dass nach Aushub der Verwitterungsdecke sowie Aushub der Auelehme und Seekreidevorkommen die Kanalsohle mehrheitlich innerhalb der schluffigen Molassesedimente bzw. innerhalb der schluffigen Hangablagerungen zu liegen kommt. Im Talbereich des Erschließungsgebietes (s. BK 1/13) ist auch mit einem kiesig – sandigen Untergrund auf der Kanalsohle zu rechnen.

Von einer Wasserführung ist im tiefliegenden Erschließungsgebiet in der Talau des Mühlbaches innerhalb der oberflächennah anstehenden Talkiese auszugehen. Weiterhin ist nicht auszuschließen, dass innerhalb grobkörnigerer Horizonte in den Hangablagerungen sowie innerhalb von sandigen Horizonten in den Molasseschichten auch Schichtwasservorkommen auftreten.

Dies ist hier bei der Ausführung von tieferen Baugruben sowie bei Kanalbauarbeiten zu berücksichtigen.

Die Durchlässigkeitsverhältnisse sind bei den o.g. Schichtwasservorkommen jedoch meist gering, so dass die Intensität eines eventuellen Wasserzuflusses als eher niedrig einzustufen ist. Anders dagegen in den Talkiesen, die aufgrund der guten Durchlässigkeiten bei einem höheren Wasserstand auch höhere Zustrommungen aufweisen können.

6.3 Wohnbebauung / Gründung

Gegenwärtig liegen für die Bebauung des Erschließungsgebietes noch keine weiterführenden Planungen vor, so dass im Folgenden generell auf die in Abhängigkeit des angetroffenen Untergrundes möglichen Gründungsvarianten eingegangen wird.

Für nicht unterkellerte Wohnbebauungen kann eine Gründung prinzipiell auf Streifen – und Einzelfundamenten vorgenommen werden, sofern die Fundamente entsprechend weit genug einbinden um die weniger tragfähigen Böden der Verwitterungsdecke zu durchstoßen und mit ihrer Fundamentsohle die Molasseschichten bzw. Hangablagerungen von mindestens steifer Konsistenz erreichen. Bezüglich der Gründungen im talseitigen Bereich des Erschließungsgebietes empfehlen wir die Fundamente auf den Talkiesen abzusetzen (S. BK 1/13).

Vorzugsweise empfehlen wir jedoch für nichtunterkellerte Bauwerke Gründungen auf Bodenplatten auszuführen, unter der Maßgabe, dass die weniger tragfähige Verwitterungsdecke weitgehend abgetragen wird und ein druckverteiler Bodenersatzkörper von min. 1 m Mächtigkeit unterhalb der Bodenplatte über den Molasseschichten bzw. den Hangablagerungen eingebaut wird.

Im talseitigen Bereich, sind bei Bodenplattengründungen die nicht tragfähigen Auesedimente vollständig auszuräumen, so dass die Fundamentsohle die mitteldicht gelagerten Terrassenkiese erreicht. In diesem Falle kann der Bodenersatzkörper auch Mächtigkeiten von > 1 m erreichen.

Unterkellerte Gebäude binden bezogen auf die aktuelle GOK im Großteil des Erschließungsgebietes in die gut tragfähigen Molasseschichten ein. Lediglich im talseitigen Baugebiet werden dort, wo Hangablagerungen anstehen, mit der Kellersohle die Molasseschichten noch nicht erreicht. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand gehen wir davon aus, dass auch die Hangablagerungen auf der Sohlentiefe der unterkellerten Gebäude eine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen. Dies ist jedoch für jedes Bauvorhaben im Einzelfall zu verifizieren.

Prinzipiell können auch die unterkellerten Bauwerke mit Streifen- / Einzelfundamente sowie auch mittels Bodenplatte gegründet werden. In der Tallage empfehlen wir vorzugsweise eine Bodenplattengründung aufgrund der dort erforderlichen vollständigen Abdichtung des Untergeschosses.

Gründung auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte

Für die Gründung von Wohngebäuden mittels elastisch gebetteter Bodenplatte wird in Abhängigkeit von der Baugrundqualität / Gründungstiefe ein **Vorbemessungswert** für den Bettungsmodul abgeschätzt:

- Nicht unterkellertes Bauwerk mit Gründung auf einem Bodenersatzkörper über mindestens steifer Verwitterungsdecke
Bettungsmodul $k_s = 3 - 5 \text{ MN/m}^3$
- Unterkellertes Bauwerk mit Gründung auf mindestens steifen Hangablagerungen bzw. steifen Molasseschichten
Bettungsmodul $k_s = 6 - 12 \text{ MN/m}^3$

Der tatsächliche Bettungsmodul ist im Einzelnen nach Vorliegen detaillierter Lasten und ortsspezifischer Aufschlussdaten durch eine spezielle Setzungsberechnung auszulegen.

Nach Vorbereitung der Aufstandsflächen ist für die Bodenplatten von unterkellerten Bauwerken ein druckverteilendes Tragschichtpolster herzustellen. Die Mächtigkeit ist mit etwa 0,3 m abzuschätzen und richtet sich nach der tatsächlichen Beschaffenheit der Gründungssohle zum Zeitpunkt des Aushubes. Für nicht unterkellerte Bauwerke mit bereichsweiser Gründungsverbesserung wäre nach Aushub der nicht tragfähigen Böden ebenfalls ein Einbau eines Tragschichtpolsters aus hochverdichtbarem Ersatzmaterial (z. B. Frostschutzkies 0/45) in einer entsprechend größeren Mächtigkeit (ca. 0,5 – 1,0 m) vorzusehen. Vor Einbau der Tragschicht empfiehlt sich ein Trennvlies (GRK 3) zu verlegen.

Sollten auf geplanten Gründungssohlen noch weiche Schichten anstehen, so sind diese vollständig auszuräumen und durch Tragschichtmaterial zu ersetzen.

Gründung auf Streifen- / Einzelfundamenten

Betrachtet wird im Folgenden exemplarisch die Gründung auf Streifen - / Einzelfundamenten für unterkellerte Bauwerke im Bereich der Hangablagerungen.

Zur Vorbemessung der Fundamente darf der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ aus den Anlagen 7.1-2 bestimmt werden.

Dort sind für mittige Belastungen in Abhängigkeit der Fundamentgeometrie Grundbruch- und Setzungsberechnungen ausgeführt. Berechnungsgrundlagen hierfür sind der EC 7 bzw. im Detail die DIN EN 1997-1:2009-09, die DIN EN 1997-1/NA und die DIN 1054:2010-12, sowie die DIN 4017:2006-03. Es liegt die Bemessungssituation BS-P (ständige Situationen / persistent situations) zugrunde sowie die Schichtenabfolge der Bohrung BK 2/13. Die Gründungsempfehlung geht davon aus, dass die Fundamentsohlen jeweils in die mindestens steifen Hangablagerungen einbinden.

Eine frostfreie Einbindetiefe sowie das Verhältnis von veränderlichen zu Gesamtlasten wird mit 0,5 vorausgesetzt. Bei einem Ausnutzungsgrad von $\mu \leq 1,0$ und Begrenzung der rechnerischen Setzung auf z. B. $s \leq 1,5$ cm ist je nach gewählter Fundamentgeometrie folgender Bemessungswert des Sohlruckwiderstands $\sigma_{R,d}$ anzusetzen.

(Anm.: Im Gegensatz zu dem aufnehmbaren Sohlruck $zul.\sigma$ nach DIN 1054:2005-1 sind die Teilsicherheiten $\gamma_G = 1,35$ (BS-P / STR-GEO2, Beanspruchung aus ständigen Einwirkungen allgemein) und $\gamma_Q = 1,5$ (BS-P / EQU, Beanspruchung aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen) hier bereits mit einberechnet).

Tabelle 9: Bemessungswert des Sohlruckwiderstandes in Abhängigkeit der Fundamentgeometrie (Streifenfundament auf min. steifen Hangablagerungen, Auszug aus Anlage 7.1)

Streifenfundament a x b [m]	zul. $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	zul. $R_{n,d}$ [kN/m]	zugh.S [cm]
10 x 0,6	~240	~145	~1,2*
10 x 1,2	~215	~260	~1,5*

*Aushubvorentlastung 50 kN/m²

Tabelle 10: Bemessungswert des Sohlruckwiderstandes in Abhängigkeit der Fundamentgeometrie (Einzelfundament auf min. steifen Hangablagerungen, Auszug aus Anlage 7.2)

Einzelfundament a x b [m]	zul. $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	zul. $R_{n,d}$ [kN]	zugh.S [cm]
1,0 x 1,0	~330	~330	~1,3*
1,2 x 1,2	~320	~460	~1,5*

*Aushubvorentlastung 50 kN/m²

In den Anlagen 7.1-2 ist je nach gewählter Fundamentgeometrie entweder die Grundbruchsicherheit (rote Linie), oder die Begrenzung der Setzungen auf 1,5 cm (blaue Linie) maßgebend für den Bemessungswert des Sohldruckwiderstands. Die Größe der für das Bauwerk vertretbaren Setzungen ist dabei vom zuständigen Planer / Statiker festzulegen.

Bei den aufgeführten Tragfähigkeitswerten ist die gegenseitige Beeinflussung von benachbarten Fundamenten nicht berücksichtigt. Bei setzungsempfindlichen Tragkonstruktionen sind die gegenseitige Beeinflussung der Fundamente und die Verträglichkeit der Setzungsdifferenzen bzw. Fundamentverdrehungen mit einer Setzungsberechnung zu überprüfen.

6.3.1 Baugrube / Baugrubenverbau

Böschungen sind im anstehenden bindigen und mindestens steifen Untergrund mit 60 ° auszubilden, in kiesigen Untergrund (Talaue) unter maximal 45 °. Bei höheren Böschungen sind Bermen in jeweils 3 m Höhe einzufügen. Für Böschungshöhen ab 5 m ist eine Standsicherheitsberechnung durchzuführen; in diesem Falle ist der Bodengutachter durch den Planer einzuschalten.

Böschungen sind umgehend nach Freilegung mit Baufolien, die windfest angebracht werden müssen, abzudecken. An Böschungsschultern ist ein lastfreier Schutzstreifen von min. 1,5 m vorzusehen.

Sollten Wasserzutritte angeschnitten werden, so ist der Gutachter unverzüglich zur Festlegung weiterer Maßnahmen hinzuzuziehen. Ggf. sind die Böschungen abzuflachen bzw. entsprechende Wasserzutritte sind mit Stützscheiben aus Einkornbeton zu sichern. Sickerwasser ist zu fassen und schadlos abzuleiten.

Werden Verbaumaßnahmen notwendig, so kann ein Trägerbohlwandverbau oder bei Wasserzutritten in den Tallagen ein Spundwandverbau ausgeführt werden. Ggf. sind zur Einbringung von Trägern bzw. Spundwandbohlen Auflockerungsbohrungen erforderlich. Bei Anforderungen an eine geringere Verformung ist eine Rückverankerung des Verbaus vorzusehen.

Eine Verbaukonzeption kann im Einzelfall in Abstimmung mit dem Planer aufgegriffen werden. Unabhängig von der Wahl des Verbausystems ist der Verbau statisch zu bemessen. Eine Entwurfsplanung mit Leistungsbeschreibung bzw. Ausführungsstatik kann **auf Wunsch von der Firma BauGrund Süd erbracht werden.**

6.3.2 Trockenhaltung von Bauwerken

Die im Zuge der Baugrunderkundung ausgeführten Bohrergergebnisse ergaben lediglich im Talbereich BK 1/13 und BK 2/13 Hinweise auf Wasserzutritte im Tiefenbereich von 3 m bzw. 6 m unter GOK. Alle übrigen Aufschlüsse lassen keinen Wasserzutritt erwarten.

Im Talbereich, in der erweiterten Nachbarschaft zum Mühlbach, können bei Einschnitten in den Untergrund somit im angenommenen Einbindetiefenbereich von Unterkellerungen Wasserzutritte die zu Verhältnissen mit von außen drückendem bzw. aufstauendem Wasser oberhalb der Kellersohle führen nicht ausgeschlossen werden.

In diesem Falle empfehlen wir für die Ausführung des Kellergeschosses eine Abdichtung gegen drückendes Wasser entsprechend DIN 18 195 Teil 6. Je nach Nutzungsanforderung besteht auch die Möglichkeit, die Abdichtung mit WU-Beton („Weiße Wanne“) vorzunehmen.

Für den Großteil des Baugebietes kann ein Grundwasserzutritt für den unterkellerten Bauteil ausgeschlossen werden, hier erachten wir für die Beseitigung von zusickerndem Niederschlagswasser ein dauerhaft funktionsfähiges Dränagesystem mit Kontrolleinrichtungen nach DIN 4095 für ausreichend.

Die Wasserverhältnisse sollten auf jeden Fall für die jeweiligen geplanten Bauwerke im Einzelfall am konkreten Standort geprüft werden.

6.4 Kanalbau

Beim vorzunehmenden Grabenaushub sind die Ausführungen der DIN 4124 (Baugruben und Gräben) einzuhalten. Es ist davon auszugehen, dass der anstehende Boden im Bereich mit vorherrschend bindigem Bodenprofil vorübergehend standfest ist um einen Grabenverbau im Voraushub einzubringen. In Profilmereichen mit rolligem Material (z.B. BK 1/13) ist der Untergrund weniger standfest und neigt zum Nachfall, sodass ein Verbau im Absenkverfahren durchzuführen ist.

Stehen auf der Kanalsohltiefe bindige Böden an, so ist hier der Aufbau einer Gründungsschicht unterhalb der Bettung von etwa 0,2 m aus einem hochverdichtbaren, kornabgestuften Material (V1) vorzusehen. In Abhängigkeit von der Konsistenz des bindigen Bodens, ist z.B. bei weichem Boden, auch ein stärkerer Bodenaustausch gegen ein hochverdichtbares, kornabgestuftes Material (V1) unterhalb der Bettungsschicht des Rohraufagers erforderlich. Die Qualität der Gründungsschicht ist im Zweifelsfall ggf. durch Hinzuziehen des Gutachters vor Ort zu ermitteln.

Das Rohrauflager kann bei Antreffen von kiesigen Böden auf Kanalsohltiefe direkt auf diesen, nach dem Aushub nachverdichteten, Kiesen (Gründungsschicht) aufgesetzt werden.

Die Kanalsohle ist bei bindigem Untergrund mit einem Glattrandlöffel abzuziehen und nur statisch nachzuverdichten.

Unter Berücksichtigung der Aushubentlastung ergeben sich für das Leitungsauflager aus den Kanalbauwerkslasten keine nennenswerten, setzungsrelevanten Zusatzlasten.

Zu beachten ist, dass die bindigen Böden witterungsempfindlich reagieren und bei Niederschlag in eine ungünstige Konsistenz übergehen können.

AZ 13 08 002, BV Erschließung Neubaugebiet „Rittenäcker“ in 88433 Schemmerhofen

Vor diesem Hintergrund sollten entsprechende Kanalsohlen wenn möglich nur bei Trockenwetter freigelegt und kurzfristig wieder überdeckt werden. Je nach Fortschritt der Arbeiten ist eine Schutzschicht vor endgültigem Sohlaushub zu belassen.

Die Ausführung des Rohraufagers kann aus einem kornabgestuften Sand – Kiesgemisch oder Sand – Splitt – Gemisch hergestellt werden. Die Stärke (S) des Aufagers richtet sich nach dem vorgesehenen Kanalrohrdurchmesser ($S = 100 \text{ mm} + 1/10 \times \text{Nennweite des Kanalrohres}$).

Im Bereich der Leitungszone ist generell ein gut verdichtbares Ersatzmaterial (V1) zu schütten und auf 97 % Dpr (Proctordichte) zu verdichten. In der Hauptverfüllzone ist je nach Verfüllmaterial eine Verdichtung zwischen 95 % und 98 % Dpr herzustellen. Die Verdichtung ist im Zuge der Bauausführung zu prüfen und nachzuweisen (Plattendruckversuch / leichte Rammsondierungen).

Das Aushubmaterial ist, soweit es sich um vorwiegend bindige Böden handelt weniger gut verdichtbar (V3); insbesondere bei höherem Wassergehalt bzw. geringerer Konsistenz durch Niederschlagseinwirkung (weich) sind die bindigen Böden (Schluffe) für einen Wiedereinbau nicht geeignet und sollten abgefahren werden. Alternativ könnte für die Wiederverwertung des Aushubes eine Bodenverbesserung u.a. durch Zugabe und Einfräsen eines Mischbindemittels in Betracht gezogen werden; dazu wäre am entsprechenden Boden eine Eignungsprüfung zur Festlegung eines geeigneten Zugabemittels und der Zugabemenge durchzuführen.

Soweit partiell kiesiger Aushub auftritt ist dieser als ein gut verdichtbares Material (V1) für den Wiedereinbau in der Hauptverfüllzone der Kanalgräben ohne Zusatzmaßnahmen geeignet.

In tiefer liegenden Baugebietsabschnitten mit geringerem Grundwasserflurabstand empfehlen wir bei der Wiederverfüllung der Kanalgräben in entsprechenden Abständen (ca. 10 – 15 m) Querriegel aus wenig bis nichtdurchlässigem Material (Ton etc.) einzubauen um eine subsosionsverursachende Sickerströmung entlang der Kanalgrabenverfüllung zu vermeiden. Sollten im Hanggelände Sickerwasserzutritte in den verfüllten Kanalgräben nicht ausgeschlossen werden können, so sind auf den Gefällsstrecken ebenfalls Querriegel vorzusehen.

Als Ersatz- und Verfüllmaterial für abgefahrenen Aushub kann z.B. jedes verdichtbare, inerte Aushubmaterial wie z.B. Sand – Kies - oder Sand – Splitt – Schotter – Gemisch, wie auch güteüberwachtes Recyclingmaterial, unter Einhaltung der Einbaubestimmungen bezüglich des Grundwasserabstandes, eingebaut werden. Wird vorm Kanalaushub Wasser angeschnitten, gehen wir davon aus, dass der Wasserzutritt durch eine einfache Bauwasserhaltung kontrolliert werden kann. Bei kiesigem Untergrund wie in BK 1/13 und gleichzeitig höheren Wasserständen kann der Wasserzutritt dagegen auch kräftiger ausfallen; evtl. sind hier verkürzte Baulängen bzw. Spundwände in Betracht zu ziehen.

Die Vorhaltung einer einfachen Bauwasserhaltung ist weiterhin auch für den Fall von evtl. Tagwasservorkommen bei Niederschlagsereignissen auf den nicht sickertfähigen Böden zu empfehlen.

6.5 Straßenbau

Für die Herstellung des Straßenaufbaues wird die RStO 012 zu Grunde gelegt. Am Standort liegt die Frosteinwirkungszone II vor. Der anstehende Untergrund ist im Bereich der durchgeführten Aufschlüsse vorwiegend in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 einzustufen.

Für eine angenommene Belastungsklasse Bk0,3 bis Bk 1 (Wohnstraße) ist eine erforderliche Aufbaustärke des frostsicheren Oberbaues von mind. 50 cm + 5 cm für Zone II + 5 cm für Lage am Nordhang = 60 cm (Tabelle 6 und 7 RStO 12) vorzusehen (die tatsächliche Belastungsklasse ist durch den Planer vorzugeben).

Für den Aufbau der Tragschicht wird zur Erzielung eines ausreichend hohen E_{v2} – Moduls auf OK Erdplanum eine Planumstragfähigkeit von $\sim 45 \text{ MN/m}^2$ vorausgesetzt. Davon wird nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen gegenwärtig für den Großteil des untersuchten Planungsbereiches auf der oberflächennah anstehenden Verwitterungsdecke mit weicher bzw. weich – steifer Konsistenz nicht ausgegangen. In Betracht zu ziehen ist daher ein zusätzlicher Bodenaustausch unterhalb der Tragschichtlage bzw. eine Bodenverbesserung über eine gegenwärtig angenommene Tiefe von ca. 0,2 - 0,3 m. Im Bereich der Tallage (BK 1/13) ist auch ein darüberhinausgehender Bodenaustausch einzukalkulieren.

Im Zuge der Bauausführung ist dies vorab im Einzelnen mittels Plattendruckversuchen zu prüfen. Sollte der Planumswert niedriger liegen, ist der Bodengutachter zur Festlegung der Maßnahmen hinzuzuziehen.

Die Tragschichtausbildung ist gem. ZTVT - Stb auszuführen. Die Verdichtungs- und Tragfähigkeitsanforderungen sind nachzuweisen und zu dokumentieren.

Verdichtungskontrollen und Tragfähigkeitsmessungen können bei Bedarf durch die Firma Baugrund Süd erbracht werden.

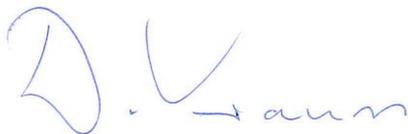
7 Hinweise und Empfehlungen

Die im Bericht enthaltenen Angaben beziehen sich auf die oben genannten Untersuchungsstellen. Abweichungen von gemachten Angaben (Schichttiefen, Bodenzusammensetzung etc.) können auf Grund der Heterogenität des Untergrundes bzw. aufgrund des hier vorliegenden Untersuchungsrahmens nicht ausgeschlossen werden. Die in den Aufschlüssen dargestellten Schichtgrenzen sind als Interpretation zu sehen.

Der geotechnische Bericht geht allgemein auf die geotechnischen Gegebenheiten des Erschließungsgebietes in seiner Gesamtheit ein. Es wird dringend empfohlen für die einzelnen Bauvorhaben am Ort konkreter Bauplätze jeweils eine ergänzende Baugrunduntersuchung für eine angepasste Gründungsempfehlung und eventuelle Trockenhaltungsmaßnahmen (Drainage oder Weisse Wanne o. dgl.) durchzuführen.

Der vorliegende geotechnische Bericht gibt den zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichtes vorliegenden Planungsstand wieder. Weitere Ausführungen der Planung sind ggf. mit dem Gutachter abzustimmen. Gegebenenfalls sind weitere Aufschlüsse bzw. Berechnungen erforderlich, um die bisherigen geotechnischen Angaben und Empfehlungen dem aktuellen Planungsstand bzw. der Ausführungsplanung gegenüber bestätigen zu können.

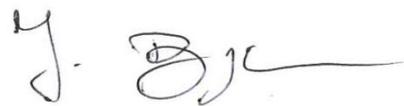
Für ergänzende Erläuterungen sowie zur Klärung der im Verlauf der weiteren Planung und Ausführung noch offenen Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.



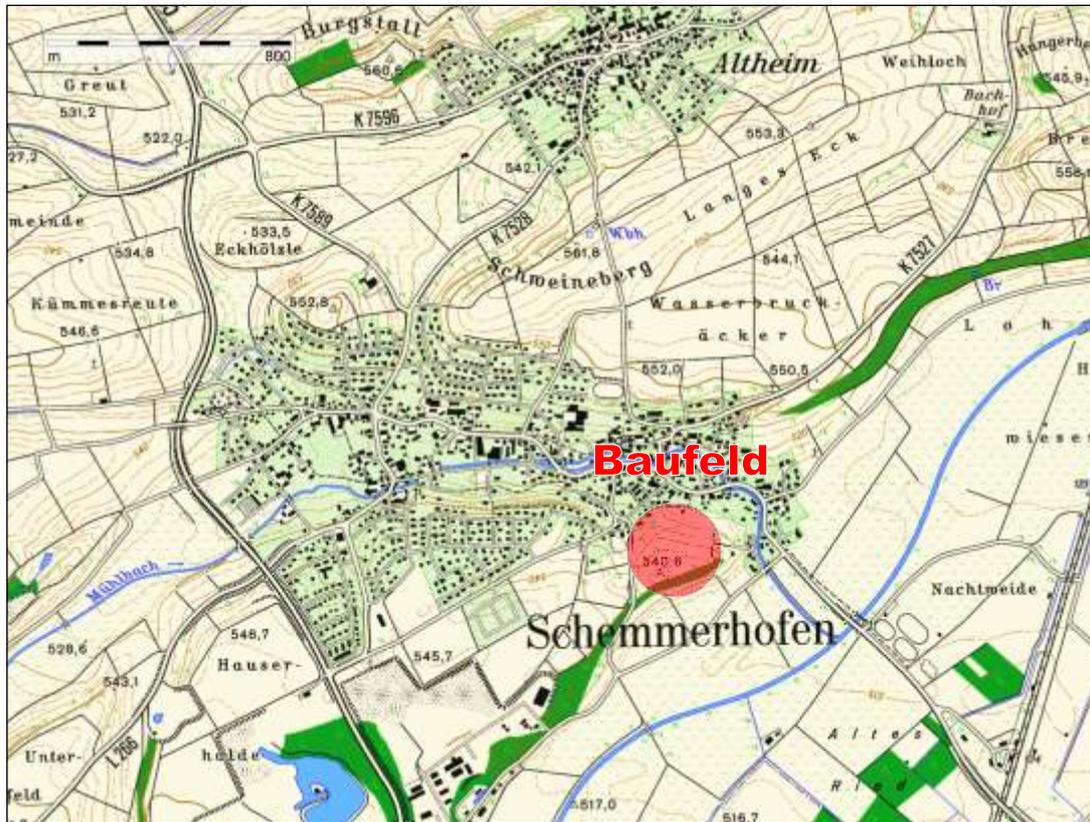
Dipl.- Geol. Dietrich Krauss



Alois Jäger
Geschäftsführer



Joanna Brych
Dipl.-Geol.

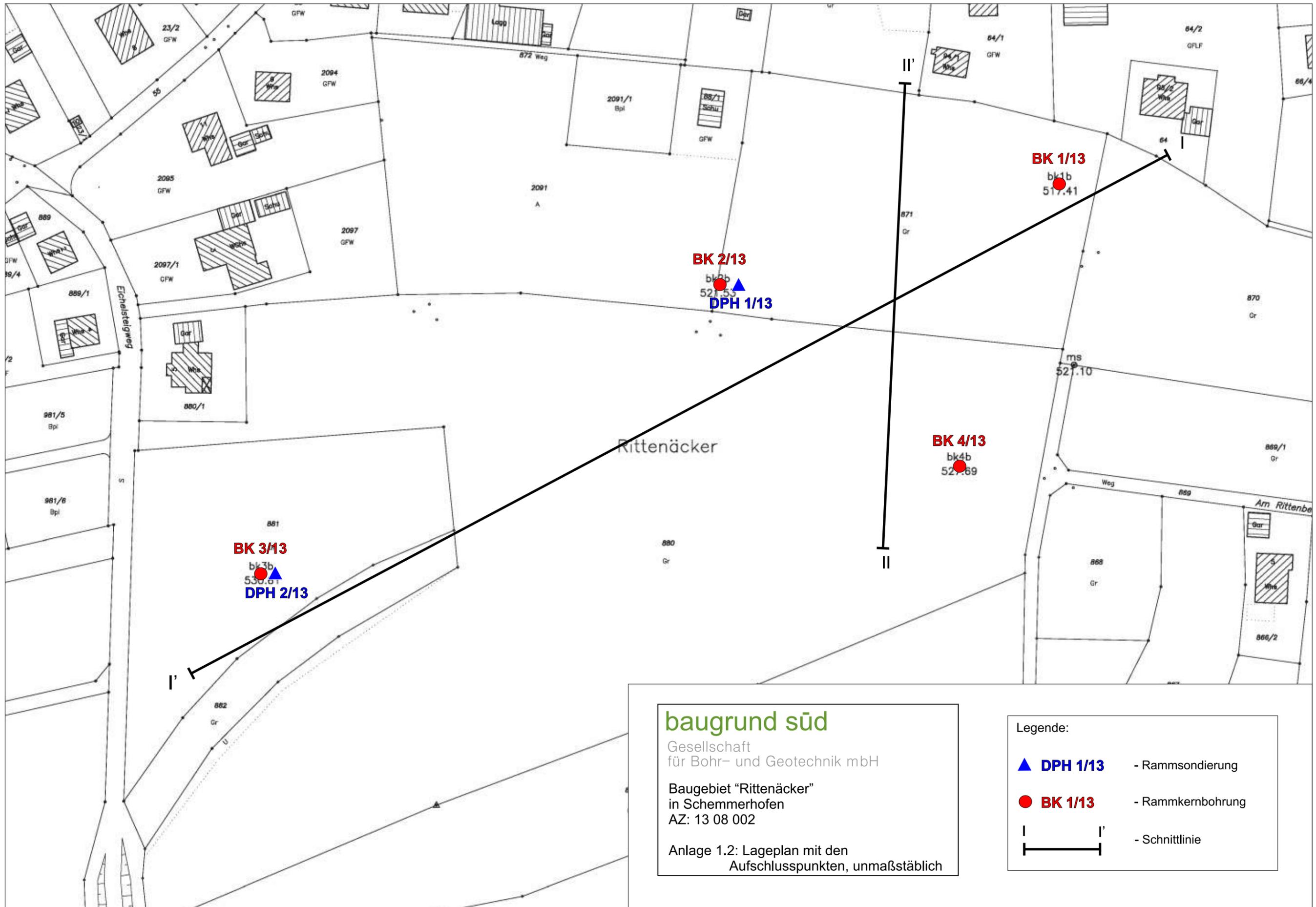


baugrund süd

Gesellschaft
für Bohr- und Geotechnik mbH

Baugebiet "Rittenacker"
in Schemmerhofen
AZ: 13 08 002

Anlage 1.1: Übersichtslageplan,
M 1 : 25 000



baugrund süd

Gesellschaft
für Bohr- und Geotechnik mbH

Baugebiet "Rittenäcker"
in Schemmerhofen
AZ: 13 08 002

Anlage 1.2: Lageplan mit den
Aufschlusspunkten, unmaßstäblich

Legende:

- ▲ **DPH 1/13** - Rammsondierung
- **BK 1/13** - Rammkernbohrung
- Schnittlinie

Geotechnischer Baugrundschnitt II - II'

Maßstab d.H. 1:150, Maßstab d. L. unmaßstäblich

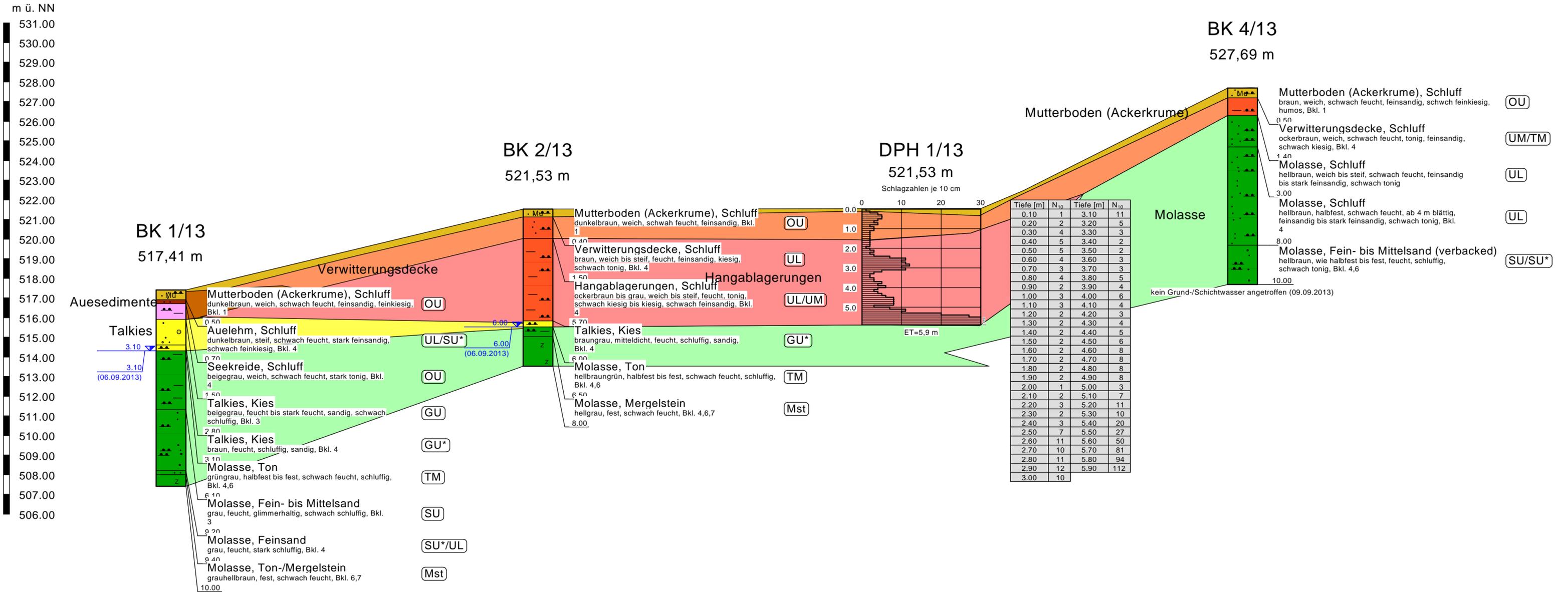
baugrund süd
Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH
Maybachstraße 5
88410 Bad Wurzach

Baugebiet "Rittenäcker"

in Schemmerhofen

AZ 13 08 002

Anlage Nr. 2.2



Anm.: Der Geländeverlauf und die Schichtenabfolge zu den Aufschlüssen ist interpoliert.
Die Aufschlüsse und die Schichtenabfolge stellen punktuelle Untersuchungen dar.
Die Schichtenunterteilung bei den Sondierungen ist interpoliert.

0 - 4 m



4 - 10 m



0 - 4 m



4 - 8 m



0 - 4 m



4 - 10 m



0 - 4 m



4 - 10 m



Wassergehaltsbestimmung nach DIN 18121

BV Baugebiet "Rittenäcker" in Schemmerhofen

AZ 13 08 002

Bohrung Nr.	BK 2/13			
Prüfungsnummer	1	2	3	4
Entnahmetiefe [m]	1,0	2,0	3,0	4,0
Behälter Gewicht [g]	24,3	22,5	24,1	24,5
Probe feucht + Behälter [g]	92,8	105,5	104,7	108,5
Probe trocken + Behälter [g]	84,9	90,3	86,4	89,1
Wassergehalt w [%]	13,04	22,42	29,37	30,03

Bohrung Nr.	BK 3/13		
Prüfungsnummer	1	2	3
Entnahmetiefe [m]	2,0	3,0	4,0
Behälter Gewicht [g]	3,5	29,3	29,3
Probe feucht + Behälter [g]	117,6	98,2	96,9
Probe trocken + Behälter [g]	94,1	83,5	84,8
Wassergehalt w [%]	25,94	27,12	21,80

Bohrung Nr.	BK 4/13		
Prüfungsnummer	1	2	3
Entnahmetiefe [m]	2,0	3,0	4,0
Behälter Gewicht [g]	29,3	31	32,3
Probe feucht + Behälter [g]	110,4	101	110,3
Probe trocken + Behälter [g]	93,9	88,1	96,1
Wassergehalt w [%]	25,54	22,59	22,26

BauGrund Süd
 Gesellschaft für Bohr-und Geotechnik mbH
 Maybachstraße 5
 88410 Bad Wurzach

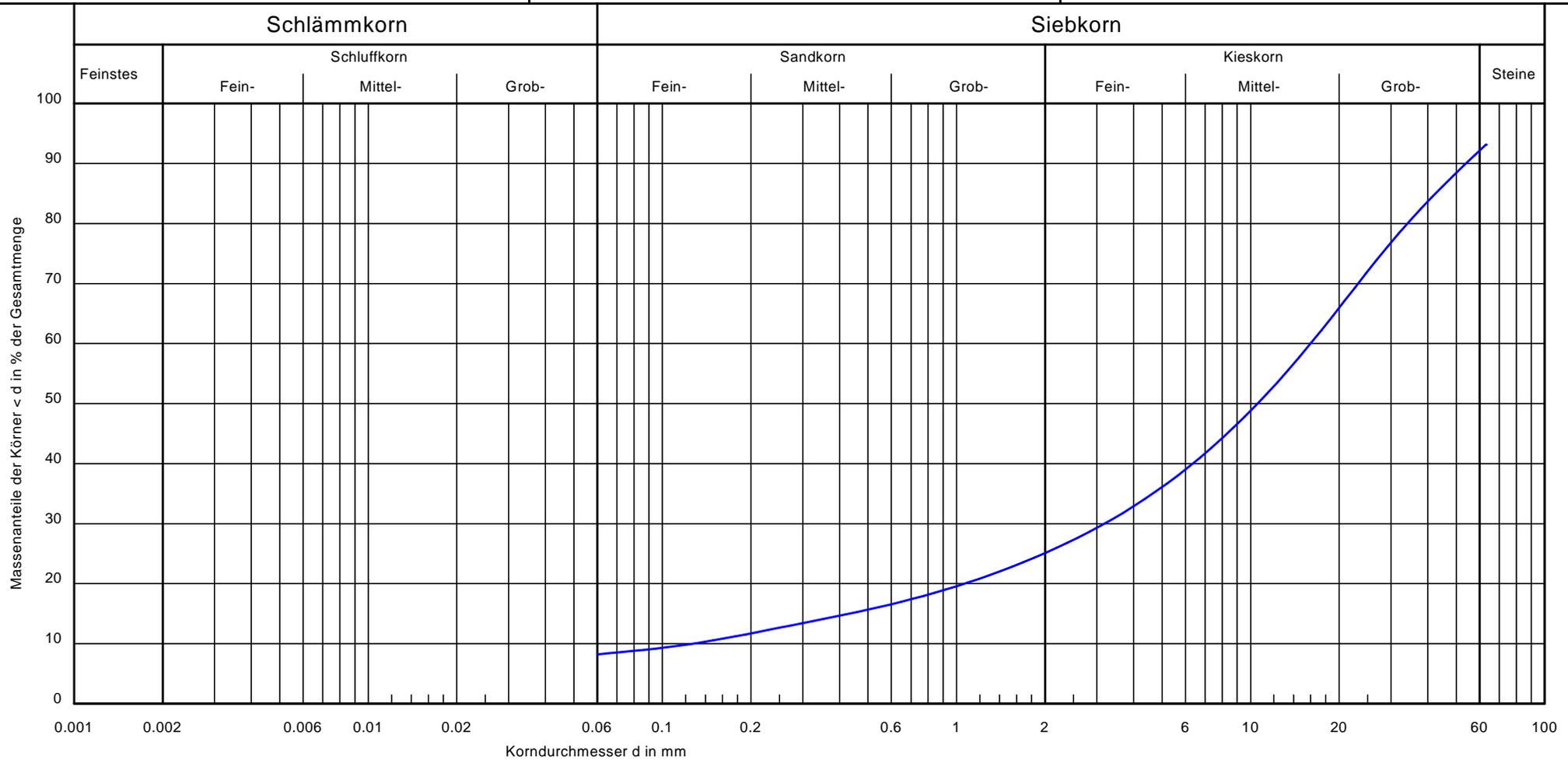
Bearbeiter: P.M.

Datum: 23.09.2013

Körnungslinie

Bebauung Rittenäcker in Schemmerhofen

Prüfungsnummer: 1
 Probe entnommen am: 20.09.2013
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Siebung



Bezeichnung:		Bemerkungen:	Bericht: AZ 1308002 Anlage: 4.2
Bodenart:	G, u', x', gs'	Nach DIN 4022:	
Tiefe:	2,5 - 3,2 m	Kies, schwach schluffig,	
U/C _c :	125.9/5.0	grobsandig,	
Entnahmestelle:	BK 1/13	schwach steinig	
k [m/s] (Hazen):	1.9 * 10 ⁻⁴		
T/U/S/G [%]:	- /8.2/16.9/67.0		

Absinkversuch in der verrohrten Bohrung (Bohrlochrohr) nach MAAG

Projekt: BV Baugebiet Rittenäcker in Schemmerhofen
Versuch: BK 1/13
Versuchsdatum: 6.9.13
AZ: 13 08 002
Anlage: 5.1

h_1 = Wasserstand im Rohr bei Versuchbeginn (über Boden) = **1,640**
 h_2 = Wasserstand im Rohr bei Versuchsende (über Boden) = **0,000**
 Δh = $h_1 - h_2$ (in m)
 h_m = gemittelter Wasserstand (in m) $h_m = h_1 - dh/2$
 Δt = Versuchszeit (in s)
 $2r$ = Rohrdurchmesser (in m) = **0,165**

Versuchsauswertung:

Zeit (s)	Δt (s)	Höhe (m)	Δh (m)	h_m (m)	k_f (m/s)
0		1,640			
10	10,00	1,360	0,280	1,500	3,85E-04
30	30,00	1,500	0,140	1,570	6,13E-05
50	50,00	1,300	0,340	1,470	9,54E-05
60	60,00	1,200	0,440	1,420	1,07E-04
90	90,00	0,460	1,180	1,050	2,58E-04
120	120,00	0,120	1,520	0,880	2,97E-04

Mittelwert: 2,00E-04

Bodenart: Kies, sandig, schwach schluffig

Absinkversuch in der verrohrten Bohrung (Bohrlochrohr) nach MAAG

Projekt: BV Baugebiet Rittenäcker in Schemmerhofen
Versuch: BK 3/13
Versuchsdatum: 6.9.13
AZ: 13 08 002
Anlage: 5.2

h_1 = Wasserstand im Rohr bei Versuchbeginn (über Boden) = **1,900**
 h_2 = Wasserstand im Rohr bei Versuchsende (über Boden) = **0,000**
 $\Delta h = h_1 - h_2$ (in m)
 h_m = gemittelter Wasserstand (in m) $h_m = h_1 - dh/2$
 Δt = Versuchszeit (in s)
 $2r$ = Rohrdurchmesser (in m) = **0,165**

Versuchsauswertung:

Zeit (s)	Δt (s)	Höhe (m)	Δh (m)	h_m (m)	kf (m/s)
0		1,900			
120	120,00	1,870	0,030	1,885	2,74E-06
300	300,00	1,830	0,070	1,865	2,58E-06
600	600,00	1,780	0,120	1,840	2,24E-06
900	900,00	1,740	0,160	1,820	2,01E-06
1500	1500,00	1,650	0,250	1,775	1,94E-06
1800	1800,00	1,620	0,280	1,760	1,82E-06
2100	2100,00	1,600	0,300	1,750	1,68E-06
2400	2400,00	1,570	0,330	1,735	1,63E-06
2700	2700,00	1,540	0,360	1,720	1,60E-06

Mittelwert: 2,03E-06

Pegel OK = 0,20 m ü. GOK
 Bodenart: Schluff, stark feinsandig, schwach tonig

Anlage 6

Geothermische Standortbeurteilung

Erschließung Neubaugebiet „Rittenäcker“ in 88433 Schemmerhofen

Aktenzeichen: AZ 13 08 002

Auftraggeber: Gemeinde Schemmerhofen
Hauptstraße 25
88433 Schemmerhofen

Bearbeitung: Dipl.-Geol. Steffen Rehner

Datum: 30.09.2013

Inhaltsverzeichnis

- 1 **Veranlassung****
- 2 **Einführung in die oberflächennahe Geothermie****
 - 2.1 Kurzbeschreibung Erdwärmesonden
 - 2.2 Kurzbeschreibung thermische Brunnenanlage
- 3 **Geologie, Hydrogeologie und geothermisches Potential****
 - 3.1 Geologischer Schichtenaufbau
 - 3.2 Hydrogeologische Verhältnisse
 - 3.3 Geothermisches Potential
- 4 **Beurteilung der Wärmequellsysteme****
 - 4.1 Thermische Brunnenanlage
 - 4.2 Erdwärmesonden
- 5 **Zusammenfassung****
- 6 **Die wesentlichen Vorteile von Erdwärme auf einen Blick****
- 7 **Literatur****

1 Veranlassung

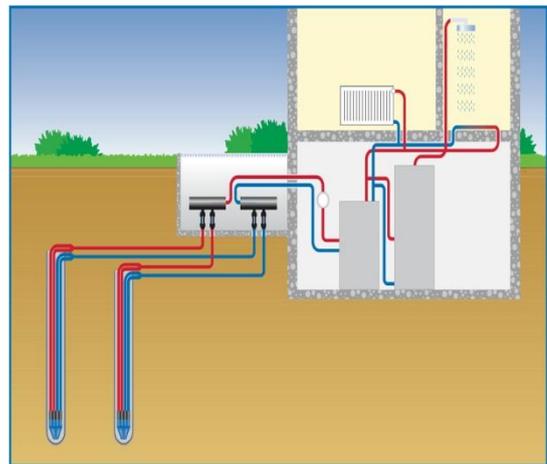
Im Zuge der Baugrunduntersuchung für die Erschließung des Neubaugebietes „Rittenäcker“ in Schemmerhofen wird der Standort hinsichtlich oberflächennaher geothermischer Nutzung überprüft.

2 Einführung in die oberflächennahe Geothermie

Geothermie ist die in Form von Wärme gespeicherte Energie unterhalb der festen Oberfläche der Erde. Die oberflächennahe Geothermie nutzt den Untergrund bis zu einer Tiefe von ca. 400 m und Temperaturen bis 25 °C für das Beheizen und Kühlen von Gebäuden. Hierzu wird die Wärme aus dem Erdreich und oberflächennahen Gestein oder aus dem Grundwasser gewonnen. Die Wärme wird an der Oberfläche an die Wärmepumpe abgegeben und durch sie auf das zum Heizen und zur Warmwasserbereitung notwendige Temperaturniveau gebracht. Dabei spendiert der Untergrund bis zu 80 % der erforderlichen Energie. Durch Einsatz dieser Wärme und lediglich rund 20 % Antriebsenergie beheizt die Wärmepumpe das Gebäude. Der Untergrund kann aber auch direkt oder indirekt als Quelle für Klimakälte genutzt werden.

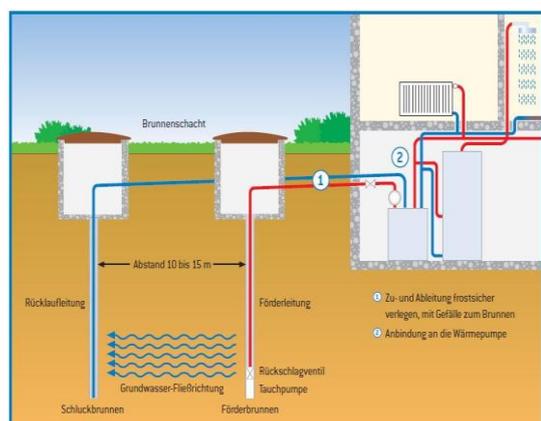
2.1 Kurzbeschreibung Erdwärmesonden

Die Erschließung von Erdwärme im Boden, Sedimenten und festen Gesteinen erfolgt über Erdwärmesonden. Erdwärmesonden gehören zu den geschlossenen Systemen und werden in vertikale Bohrungen mit einer Tiefe von wenigen Metern bis über 200 Metern installiert. Im Sondenkreislauf wird eine Wärmeträgerflüssigkeit durch den Boden geleitet, um die darin gespeicherte Wärme im Heizbetrieb aufzunehmen bzw. im Kühlbetrieb abzugeben. Ausgehend von einer Jahresmitteltemperatur von 8,5 °C in Deutschland und einem geothermischen Gradienten von 3 °C/100 m liegt die Untergrundtemperatur beispielsweise in etwa 100 m Tiefe bei etwa 11-12 °C.



2.2 Kurzbeschreibung thermische Brunnenanlage

Bei einer thermischen Brunnenanlage wird Grundwasser über einen Entnahmekosten gefördert und der Wärmepumpe zugeführt, die dem Grundwasser die Wärme entzieht. Das abgekühlte Wasser wird danach über einen Schluckbrunnen in den Untergrund zurückgeleitet. Aufgrund der in Deutschland ganzjährig konstanten Grundwassertemperaturen von 8-11 °C kann Grundwasser, in Abhängigkeit von



den hydrogeologischen Voraussetzungen vor Ort, eine energetisch effiziente Wärmequelle darstellen. Die Brunnensysteme zählen zu den offenen Systemen und eignen sich optimal zu direkten oder indirekten Kühlung.

3 Geologie, Hydrogeologie und geothermische Standortbedingungen

Die oberflächennahe geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse wurden im Zuge der Baugrunderkundung mittels vier Rammkernbohrungen und zwei Rammsondierungen bis in eine Tiefe von maximal 10,0 m unter GOK erkundet. Die geologische Gliederung der erkundeten Böden ist im geotechnischen Bericht vom 30.09.2013 [1] detailliert beschrieben.

3.1 Geologischer Schichtenaufbau

Unter maximal 6,0 m mächtigen quartären Ablagerungen wird der Untergrund von Sedimenten der Oberen Meeresmolasse und Unteren Süßwassermolasse aufgebaut. Diese tertiären Schichten bestehen überwiegend aus Mergel- und Sandstein gemäß Referenzbohrungen der Fa. BauGrund Süd Gesellschaft für Geothermie mbH.

3.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Bei den Sondierbohrungen BK 1/13 und 3/13 wurde Zutritt von Grund-/Schichtwasser zwischen 3,1 bzw. 6,0 m unter GOK angetroffen. Sickerversuche ergaben einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 2,0 \times 10^{-4}$. Damit ist der Grundwasserleiter als „durchlässig“ bis „stark durchlässig“ zu bezeichnen.

3.3 Geothermisches Potential

Die Wärmeleitfähigkeit der Lithologie ist ein wesentlicher Kennwert zur Auslegung von Erdwärmesonden. Die Wärmeleitfähigkeit der zu erwartenden Formationen variiert gemäß VDI Richtlinien 4640 [2] zwischen 0,4 bis 2,8 W/m*K (Tabelle 1).

Tabelle 1: Effektive Wärmeleitfähigkeit nach VDI 4640 Blatt 1

Tiefe u. GOK [m]	Schicht	Wärmeleitfähigkeit nach VDI 4640 Blatt 1 [W/m*K]
0 - 10	Schluff, Kies Quartäre Bedeckung	0,4 – 1,8
> ET	Mergel- und Sandstein Tertiäre Molassesedimente	2,3 – 2,8

* prognostiziertes Profil nach Sondenbohrungen

4 Beurteilung der Wärmequellsysteme

4.1 Thermische Brunnenanlage

Für den Betrieb einer thermischen Brunnenanlage muss, wie im Abschnitt 2.2 erläutert, ausreichend Grundwasser zur Verfügung stehen. Mit dem Aufschlussergebnis der Bohrungen BK 1/13 und 3/13 wurde zwar Grund-/Schichtwasser angetroffen, jedoch wird dieses als nicht ergiebig genug für den Betrieb einer Wärmepumpe eingeschätzt.

4.2 Erdwärmesonden

Das Bauvorhaben befindet sich außerhalb von Wasser- oder Quellschutzgebieten, was den Betrieb von Erdwärmesonden voraussetzt. Für den Bau ist lediglich eine flurstückgenaue Überprüfung des Sachverhaltes bei der zuständigen Behörde notwendig. Aus Sicht des Grundwasserschutzes besteht an dem Standort eine Tiefenbeschränkung auf 382 m u. GOK [3]. Somit bestehen am geplanten Standort günstige Rahmenbedingungen für die Errichtung einer Erdwärmesondenanlage.

Die Firma BauGrund Süd hat in Schemmerhofen bereits über 15 Erdwärmesondenanlagen realisieren können. Bohrtechnische Schwierigkeiten traten bei der Errichtung nicht auf.

5 Zusammenfassung

Der Standort eignet sich nach den derzeitigen Erkenntnissen gut für die thermische Nutzung über Erdwärmesonden. Eine detaillierte Auslegung und Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Brunnen- oder Erdsondenanlage kann ggf. in enger Abstimmung mit der HLS-Planung bereits im Vorfeld erfolgen.

Ein wichtiger Aspekt für die Wirtschaftlichkeit einer geothermischen Anlage ist immer die richtige Auslegung und die Nutzung der Anlage zum Heizen und insbesondere zum Kühlen des geplanten Objektes. Die Verbrauchskosten für die Kühlung sind grundsätzlich näher zu betrachten, als die Kosten, die zum Beheizen des Gebäudes anfallen.

Durch den Einsatz oberflächennaher Geothermie sind Einsparungen von über 50 % des Primärenergiebedarfs möglich. Desgleichen werden die Anforderungen der gültigen EnEV (Energieeinsparverordnung) vollumfänglich erfüllt.

Wir beraten Sie gerne unverbindlich oder zeigen Ihnen an Hand von Referenzen auch bereits erstellte Objekte in Ihrer Umgebung.

6 Die wesentlichen Vorteile von Erdwärme auf einen Blick

- ✓ Heizen und Kühlen in einem System.
- ✓ Mit einer eigenen Energiequelle auf dem Grundstück steigern Sie den Wert Ihrer gewerblichen Immobilie.
- ✓ Mit Erdwärme sind Sie unabhängig von steigenden Öl- und Gaspreisen und reduzieren Ihren Verbrauchskosten um rund 50 %.
- ✓ Erdwärme ist das wirtschaftlichste Heizsystem - heute und in der Zukunft, besonders im gewerblichen Bereich.
- ✓ Erdwärme ist eine wartungsarme Technik, platzsparend, leise, kein Schornstein, keine Lagerung.
- ✓ Durch die Nutzung regenerativer Energiequellen leistet Erdwärme einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Im Vergleich zur Gasheizung fallen 38 %, im Vergleich zur Ölheizung sogar 57 % weniger CO₂-Emissionen an.
- ✓ Mit Erdwärme unterschreiten Sie die zulässigen Werte für den Primärenergiebedarf laut Energieeinsparverordnung EnEV bei weitem, während sie von anderen Systemen gerade noch erfüllt bzw. sogar überschritten werden.



Foto oben (Beispiel):
Erdwärmesondenbohrung der
Firma BauGrund Süd

Foto links (Beispiel): Seilbagger für
Brunnenbohrungen der Firma BauGrund
Süd

7 Literatur

- [1] BauGrund Süd, Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH, Geotechnischer Bericht zur Erschließung des Neubaugebietes „Rittenäcker“ in Schemmerhofen, AZ 13 08 022.
- [2] VDI Richtlinien 4640, Blatt 1, Verein Deutscher Ingenieure, Auflage 2010.
- [3] Informationssystem Oberflächennaher Geothermie ISONG, LGRB RP Freiburg
- [4] BauGrund Süd - DC-GIS Datenbank.

Bei Fragen steht Ihnen gerne Herr Alois Jäger (Tel. 07564 9313-13 oder E-Mail a.jaeger@baugrundsued.de) zur Verfügung.



Alois Jäger
Geschäftsführer

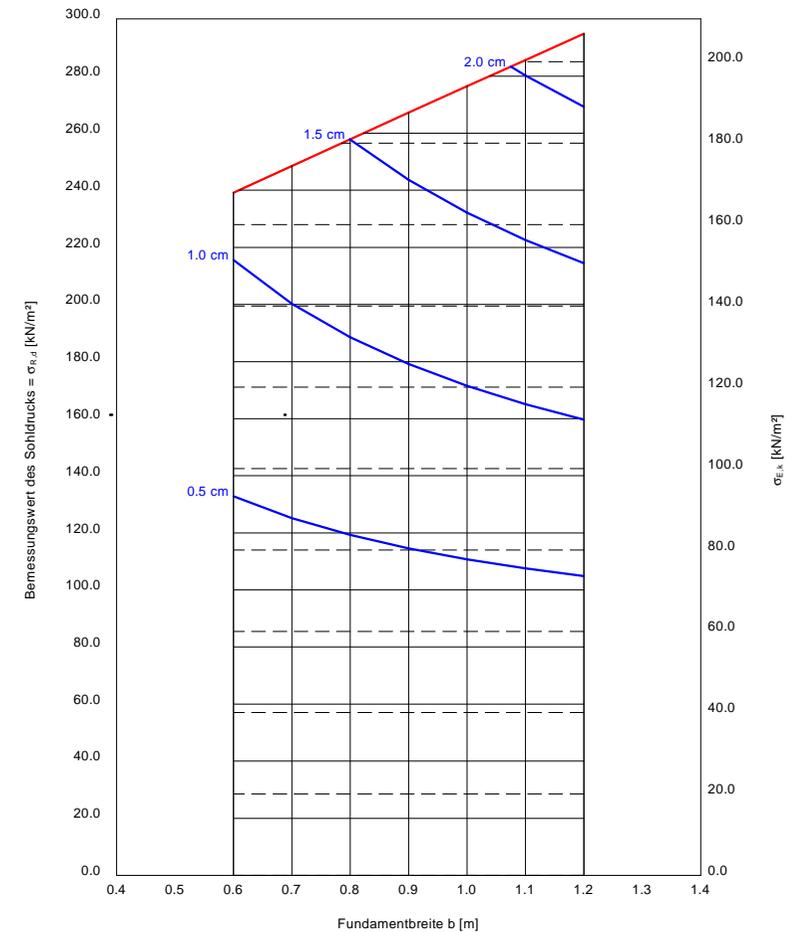
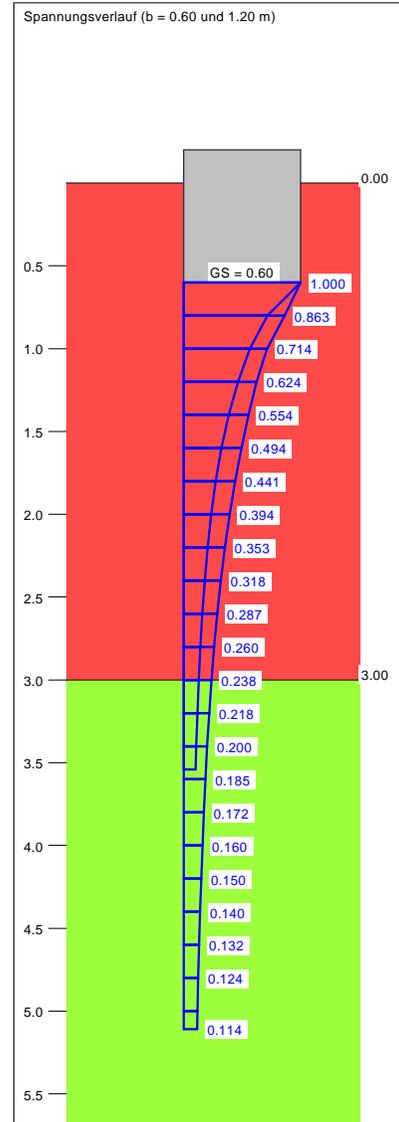
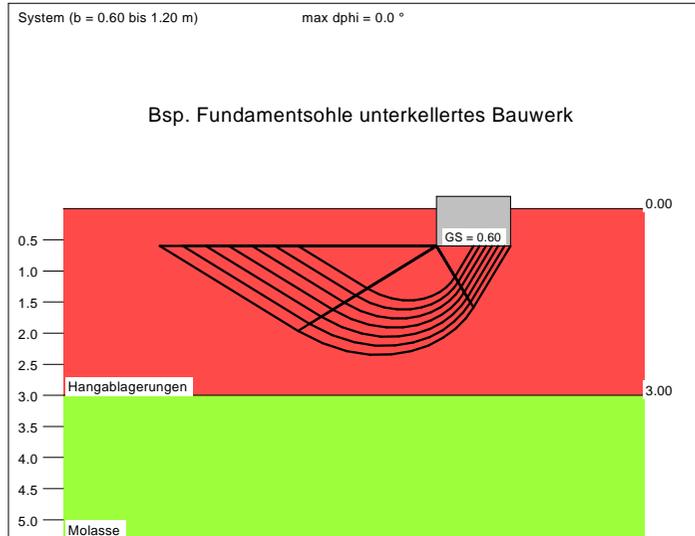
Die Angaben erfolgen auf Basis von allgemein zugänglichen, teils kostenpflichtigen geologischen Informationen und sind deshalb unverbindlich; eine Haftung jeglicher Art ist ausgeschlossen. Aufgrund der Inhomogenität des Untergrundes und eines möglichen Fazieswechsels kann die tatsächliche Situation am Standort von den Angaben abweichen. Es wird empfohlen die Grundwasserqualität auf Wärmepumpeneignung zu überprüfen.

Nachweis des Grenzzustandes GEO-2 - Grundbruch- und Setzungsberechnung für Streifenfundament auf mind. steifen Hangablagerungen

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
■	3.00	18.5	8.5	27.5	4.0	10.0	0.00	Hangablagerungen
■	>3.00	20.0	10.0	27.5	7.5	30.0	0.00	Molasse

Berechnungsgrundlagen:
 BK 2/13
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Gründungssohle = 0.60 m

Grundwasser = 6.00 m
 Vorbelastung = 50.0 kN/m²
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
— Sohldruck
— Setzungen



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	$\sigma_{\bar{0}}$ [kN/m ²]	t_g [m]	UK LS [m]
10.00	0.60	239.1	143.5	167.8	1.14 *	27.5	4.00	18.50	11.10	3.54	1.47
10.00	0.70	248.5	174.0	174.4	1.32 *	27.5	4.00	18.50	11.10	3.82	1.62
10.00	0.80	257.9	206.3	181.0	1.50 *	27.5	4.00	18.50	11.10	4.10	1.76
10.00	0.90	267.2	240.5	187.5	1.68 *	27.5	4.00	18.50	11.10	4.36	1.91
10.00	1.00	276.4	276.4	194.0	1.86 *	27.5	4.00	18.50	11.10	4.62	2.05
10.00	1.10	285.6	314.2	200.5	2.05 *	27.5	4.00	18.50	11.10	4.87	2.20
10.00	1.20	294.8	353.7	206.9	2.23 *	27.5	4.00	18.50	11.10	5.11	2.35

* Vorbelastung = 50.0 kN/m²

$\sigma_{E,k} = \sigma_{\text{alk}} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{\text{alk}} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{\text{alk}} / 2.00$ (für Setzungen)

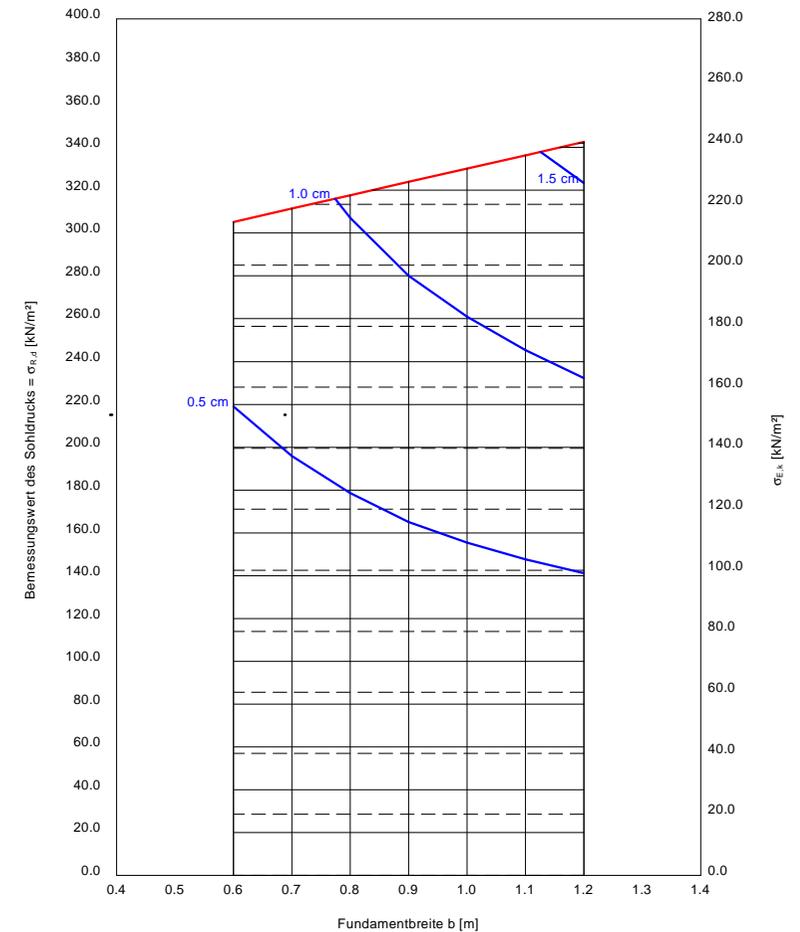
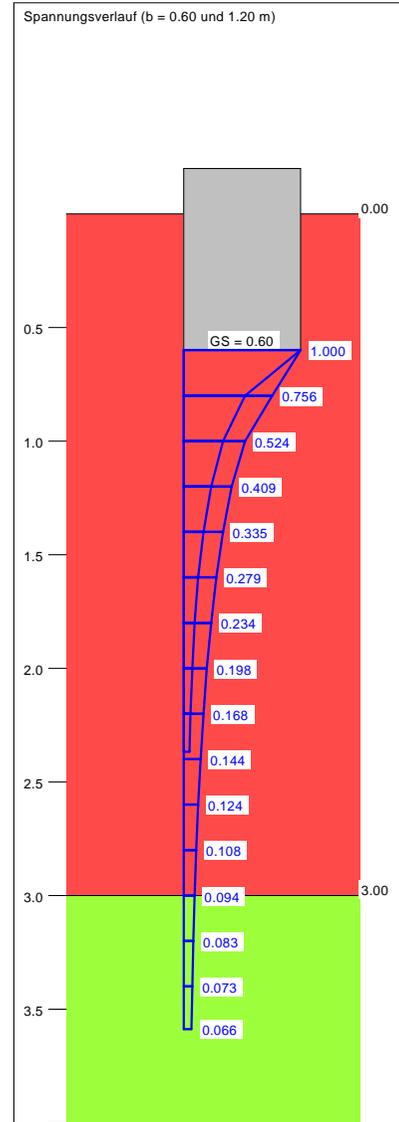
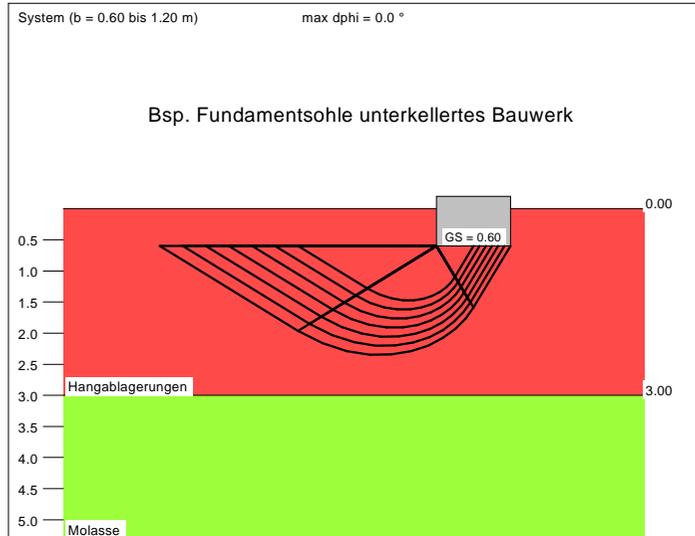
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Nachweis des Grenzzustandes GEO-2 - Grundbruch- und Setzungsberechnung für Einzelfundament auf mind. steifen Hangablagerungen

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
■	3.00	18.5	8.5	27.5	4.0	10.0	0.00	Hangablagerungen
■	>3.00	20.0	10.0	27.5	7.5	30.0	0.00	Molasse

Berechnungsgrundlagen:
 BK 2/13
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Gründungssohle = 0.60 m

Grundwasser = 6.00 m
 Vorbelastung = 50.0 kN/m²
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
— Sohldruck
— Setzungen



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	$\sigma_{\bar{U}}$ [kN/m ²]	t_g [m]	UK LS [m]
0.60	0.60	305.2	109.9	214.2	0.76 *	27.5	4.00	18.50	11.10	2.37	1.47
0.70	0.70	311.4	152.6	218.5	0.90 *	27.5	4.00	18.50	11.10	2.59	1.62
0.80	0.80	317.7	203.3	222.9	1.04 *	27.5	4.00	18.50	11.10	2.80	1.76
0.90	0.90	323.9	262.4	227.3	1.19 *	27.5	4.00	18.50	11.10	3.01	1.91
1.00	1.00	330.1	330.1	231.7	1.33 *	27.5	4.00	18.50	11.10	3.20	2.05
1.10	1.10	336.3	407.0	236.0	1.47 *	27.5	4.00	18.50	11.10	3.40	2.20
1.20	1.20	342.6	493.3	240.4	1.61 *	27.5	4.00	18.50	11.10	3.59	2.35

* Vorbelastung = 50.0 kN/m²
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{\sigma_{R,k}} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{\sigma_{R,k}} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{\sigma_{R,k}} / 2.00$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50