

Rathaus Oberaudorf
Kufsteiner Straße 6

83080 Oberaudorf

AZ 23-01-10
07.02.2023

Geotechnisches Baugrundgutachten **Bauvorhaben: Oberaudorf, Am Heimfeld**

1. Vorgang
2. Morphologie, Geologische Situation, Schichtenfolge
3. Bautechnische Beschreibung der Schichten, Bodenkennwerte
4. Grundwasserverhältnisse
5. Gründung und baubegleitende Maßnahmen

Anlagen:

- 1.1 Lageplan
- 2.1-6 geotechnische Baugrundprofile
- 3.1-4 bodenmechanische Laborversuche
- 4.1-6 Fundamentdiagramm

Unterlagen: Geologische Karte, Bebauungsplan (Stand 13.09.2022),
Baugrundgutachten AZ 10-04-05 vom 17.04.2019

1. Vorgang

Die Gemeinde Oberaudorf beauftragte das Büro des Unterzeichners mit der Baugrunderkundung und Erstellung eines ingenieurgeologischen Baugrundgutachtens mit Gründungsvorschlag für o.g. Bauvorhaben.

Zur Erkundung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse wurden in der Zeit vom 31.01. bis 02.02.2023 zehn Rammkernsondierungen RKS 1 bis 10, max. Tiefe 12,0 m, mit durchgehendem Gewinn von gekernten Bodenproben des Durchmessers 50 mm nach DIN 4021 sowie sieben Rammsondierungen DPH 1 bis 7, maximale Tiefe 12,0 m, (schwere Rammsonde nach DIN 4094) ausgeführt.

Die Lage der geotechnischen Aufschlüsse ist im Lageplan in der Anlage 1.1 dargestellt. Die angegebenen Höhen wurden von dem Höhenfestpunkt = 490,95 m ü NN, der im Lageplan dargestellt ist, eingemessen.

2. Morphologie, Geologische Situation Schichtenfolge

Morphologie

Das Baugelände liegt im Nordwesten der Gemeinde Oberaudorf und umfasst das Gelände des ehemaligen Schwimmbads an der Bad-Trißl-Straße.

Das Schwimmbad wurde bereits vor mehreren Jahren abgerissen, nur im Süden bestehen noch Parkflächen, die im Zuge der Neubaumaßnahmen abgerissen werden. Das restliche Gelände liegt derzeit brach, bzw. wird als Lagerfläche genutzt.

Die Geländeoberfläche fällt von Nordwesten nach Südosten auf einer Strecke von etwa 110 m um ca. 1,2 m ab. Der südlich gelegene Parkplatz liegt etwa 2,0 m bis 2,5 m tiefer als das nördliche Gelände.

Geologische Situation



Der Untergrund des Baugeländes besteht aus fluviatilen Kiesen und Sanden, die nach der letzten Eiszeit vom Inn sedimentiert wurden. Darüber folgen Schwemmfächerablagerungen die aus dem westlich gelegenen Mangfallgebirge über den Auerbach und den Röthenbach ins Tal transportiert wurden.

Im Zuge der Bebauung wurde das Gelände mit einer Auffüllung überdeckt und im Bereich der Parkflächen mit einem Kieskoffer und einer Straßendecke versiegelt.

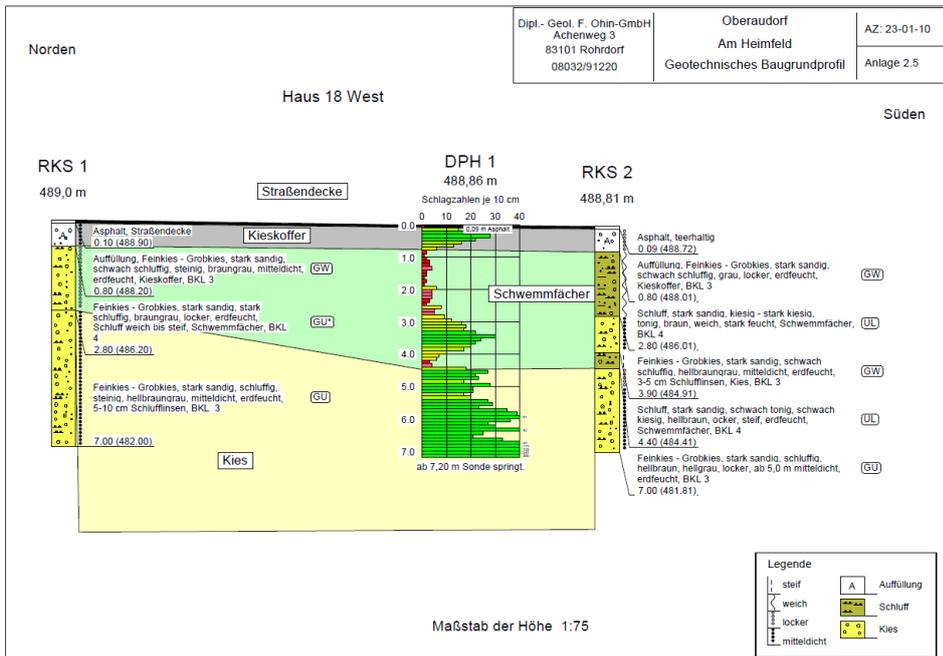
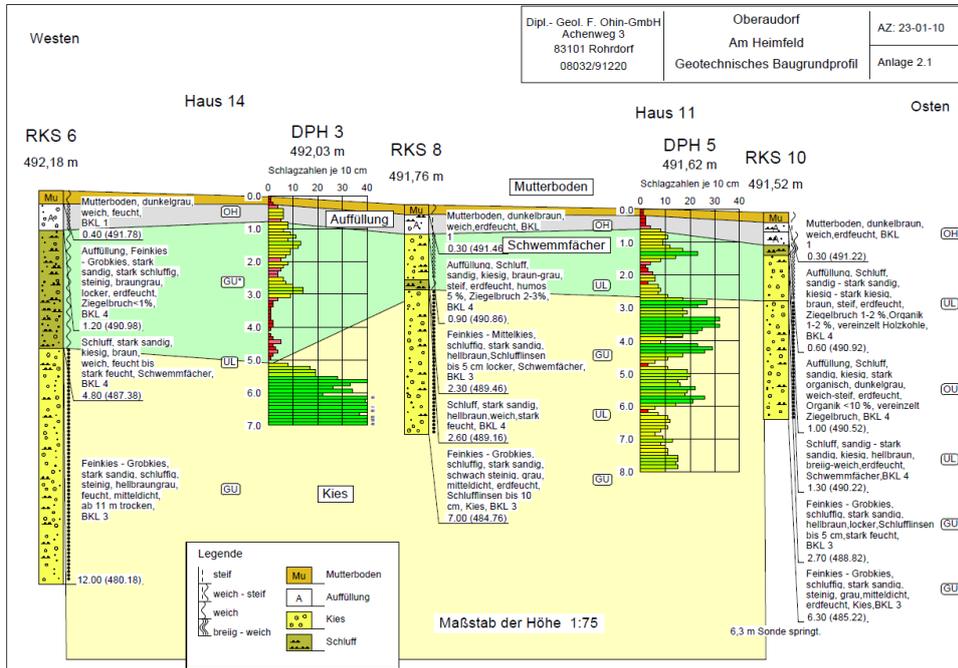
Ausschnitt aus der geologischen Karte

Schichtenfolge

Entsprechend der geologischen Situation wurde in den Sondierungen das folgende Baugrundprofil angetroffen:

- : Mutterboden
- : Straßendecke
- : Auffüllung
- : Kieskoffer
- : Schwemmfächer
- : Kies

Das geologische Normalprofil baut sich von oben nach unten wie folgt auf:



Mutterboden

Der Mutterboden bedeckt das Gelände im Bereich der Grünfläche im Norden und wird 0,2 m bis 0,4 m dick.

Unter dem Mutterboden folgt eine Auffüllung.

Straßendecke

Die Straßendecke ist nur im Bereich der Zufahrtsstraße und im Süden im Bereich des Parkplatzes vorhanden. Die gemessene Schichtdicke der Straßendecke schwankt mit 9 cm bis 10 cm nur sehr geringfügig. Unter der Straßendecke folgt der Kieskoffer.

Auffüllung

Die Auffüllung ist im gesamten nördlichen Gelände vorhanden. Nur im Süden, im Bereich des Parkplatzes wurde sie nicht festgestellt.

Die Auffüllung setzt im Bereich der Grünfläche unter dem Mutterboden zwischen 0,2 m und 0,4 m unter Gelände ein. Im Bereich der Lagerfläche steht die Auffüllung bereits an der Geländeoberkante an.

Die Basis der Auffüllung liegt in der Regel zwischen 0,6 m und 1,6 m unter Gelände. Die Ausnahme bildet der Bereich der Lagerfläche. Hier wurde die Unterkante der Auffüllung teilweise erst bei 2,8 m Tiefe angetroffen.

Die Schichtdicke der Auffüllung schwankt stark zwischen 0,3 m und 2,8 m. Unter der Auffüllung folgt der Schwemmfächer.

Kieskoffer

Der Kieskoffer setzt unter der Straßendecke des Parkplatzes bei 0,09 m bis 0,1 m Tiefe ein und reicht bis 0,7 m bis 0,9 m unter Gelände. In den Sondierungen zeigte sich mit 0,5 m bis 0,7 m eine relativ einheitliche Schichtdicke des Kieskoffers. Unter dem Kieskoffer folgt der Schwemmfächer.

Schwemmfächer

Der Schwemmfächer ist im gesamten Gelände vorhanden. Seine Oberkante liegt im Norden unter der Auffüllung zwischen 0,6 m und 2,8 m unter Gelände. Im Süden setzt der Schwemmfächer unter dem Kieskoffer des Parkplatzes bei 0,6 m bis 0,8 m unter Gelände ein.

Der Schwemmfächer wurde in mehreren Ereignissen abgelagert, die sich unregelmäßig über das Gelände verteilen und vorhandene Rinnen und Unebenheiten auffüllen. Dementsprechend schwankt die Tiefenlage, in der die Basis des Schwemmfächers angetroffen, sehr stark zwischen 2,6 m und 6,9 m unter Gelände.

Die Schichtdicke des Schwemmfächers schwankt in Abhängigkeit der überlagernden Auffüllung und der unregelmäßigen Entstehungsgeschichte zwischen 1,4 m und 5,5 m.

Unter dem Schwemmfächer folgt der Kies.

Kies

Der Kies bildet den Abschluss der erschlossenen Schichtenfolge. Seine Oberkante liegt unter dem Schwemmfächer zwischen 2,6 m und 6,9 m Tiefe. Die Basis des Kieses wurde mit den maximal 12,0 m tiefen Sondierungen nicht erreicht. Entsprechend dem Schichtenverzeichnis einer nahegelegenen Erdwärmesonde wird die Unterkante des Kieses bei ca. 30 m unter Gelände erwartet.

3. Bautechnische Beschreibung der Schichten, Bodenkennwerte

Zusätzlich zur Schichtansprache, die in den geotechnischen Baugrundprofilen in der Anlage 2.1-6 dargestellt ist, werden die bautechnischen Eigenschaften der angetroffenen Bodenschichten wie folgt beurteilt:

Straßendecke

Zur Bestimmung von Teer wurde das Lackansprühverfahren angewandt. Dieses Verfahren wird vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft (Merkblatt Nr 3.4/1) als qualitativer Schnelltest zur Erkennung des Teergehaltes vorgeschlagen. Aufgrund des Farbtestes wurden folgende Befunde festgestellt:

Sondierung	Tiefe	Befund
RKS 1	0,0 – 0,10	Asphalt
DPH 1	0,0 – 0,09	Asphalt
DPH 2	0,0 – 0,09	Asphalt
RKS 4	0,0 – 0,09	Asphalt
RKS 2	0,0 – 0,09	Asphalt, schwach teerhaltig
RKS 3	0,0 – 0,09	Asphalt, schwach teerhaltig

Die Proben zeigen größtenteils keine Auffälligkeiten wie Geruch oder Aussehen, die auf teerhaltiges Material hindeuten.

Die Ausnahme bildet die Straßendecke aus den Sondierungen RKS 2 und RKS 3. Hier wurde beim Lackansprühverfahren eine leichte Braunfärbung festgestellt, die einen Hinweis auf teerhaltiges Material darstellt.

Zur Bestimmung des PAK – Gehalts wurden von der Straßendecke Proben entnommen und im Labor zu den Mischproben MP 1 bis MP 3 zusammengeführt. Die Mischproben wurden dem Institut Fresenius zur Analyse übergeben. Die chemischen Analyseergebnisse werden nachgereicht.

Kieskoffer

Der braun bis grau gefärbte Kieskoffer besteht aus einem stark sandigen und schwach schluffigen bis schluffigen Fein- bis Grobkies, der teilweise steinig ausgebildet ist. Fremdbestandteile wurden nicht festgestellt.

Der Kieskoffer ist als nicht bis gering frostempfindlich der Frostschutzklasse F1 bis F2 einzustufen.

Die Lagerungsdichte ist entsprechend dem Bohrwiderstand als locker bis mitteldicht gelagert einzustufen.

Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen bestätigen mit im Mittel $N_{10} = 10$ bis 15 Schlägen die lockere bis mitteldichte Lagerung.

Von dem Kieskoffer wurde aus den Sondierungen RKS 1 bis RKS 4 jeweils eine Probe entnommen, die im Labor zu der Mischprobe MP 4 zusammengeführt wurde. Die Mischprobe wird vom Institut Fresenius nach den Vorgaben des Leitfadens in der Fraktion < 2 mm analysiert. Die chemischen Analyseergebnisse werden nachgereicht.

Im Bereich des bestehenden Parkplatzes ist ein unterkellertes Gebäude geplant. Der Kieskoffer hat für eine zukünftige Gründung keine Relevanz. Der Kieskoffer kann vorbehaltlich der chemischen Analyseergebnisse als Bauwerkshinterfüllung verwendet werden.

Auffüllung

Die braun bis grau gefärbte Auffüllung besteht aus einem sandigen bis stark sandigen und teilweise steinigen Gemenge aus Schluff und Kies.

Als Fremdbestandteile wurden im Norden bis zu 3 % Ziegelbruch, bis zu 10 % organische Bestandteile sowie vereinzelt Holzkohle festgestellt. Richtung Süden verändern sich die angesprochenen Fremdbestandteile auf bis zu 1 % Beton- und Ziegelbruch, sowie vereinzelt Holz und Asphaltbruch.

Die Lagerungsdichte der kiesigen Bestandteile der Auffüllung ist entsprechend dem Bohrwiderstand als locker gelagert zu beschreiben. Die schluffigen Abschnitte und die schluffige Matrix der kiesigen Horizonte weist nach manueller Prüfung am Bohrgut eine weiche bis steife Konsistenz auf.

Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen liegen im Mittel bei $N_{10} = 2$ bis 6 Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe und bestätigen die weiche bis steife Konsistenz bzw. lockere Lagerung der Auffüllung. Schlagzahlen von $N_{10} = 0$ bis 1 Schlag zeigen die organische Ausprägung der Auffüllung an. Vereinzelt höhere Schlagzahlen sind auf Steine zurückzuführen.

Von der Auffüllung wurde aus den nördlichen Sondierungen RKS 6, 8 und 10 sowie Richtung Süden aus den Sondierungen RKS 5, 7 und 9, jeweils Proben entnommen und im Labor zu den Mischproben MP 5 und MP 6 zusammengeführt. Die chemischen Analyseergebnisse nach den Vorgaben des Leitfadens in der Fraktion < 2 mm werden nachgereicht.

Die Auffüllung stellt aufgrund ihrer Zusammensetzung und der lockeren Lagerung bzw. weichen Konsistenz einen nicht frostsicheren, setzungsanfälligen und nicht tragfähigen Baugrund dar. Durch die organischen Bestandteile wird die Auffüllung bei Lasteintrag mit Differenzsetzungen reagieren.

Schwemmfächer

Der Schwemmfächer ist braungrau bis hellbraun gefärbt und setzt sich aus einer chaotischen Wechsellagerung von einem stark sandigen und schluffigen bis stark schluffigen Fein- bis Grobkies und einem stark sandigen und kiesigen bis stark kiesigen Schluff zusammen. Der Steinanteil im Schwemmfächer variiert in horizontaler und vertikaler Richtung stark. In unregelmäßigen Abständen sind bis zu 20 cm dicke Schlufflinsen im Schwemmfächer eingelagert.

Eine Korngrößenanalyse der kiesigen Fraktion des Schwemmfächers ergab folgende Zusammensetzung (Anlage 3.1):

	RKS 2
Tiefe [m]	2,8 – 3,9
Kies	49 %
Sand	34 %
Schluff	17 %
Ungleichförmigkeit U	--
Krümmungszahl C	--
Bodengruppe	GU*
Bodenklasse	4
Frostsicherheit	F3
Durchlässigkeit kf	-

Entsprechend dem Bohrwiderstand weisen die kiesigen Abschnitte eine überwiegend lockere Lagerung auf. Die Schluffe weisen nach manueller Prüfung größtenteils eine weiche Konsistenz auf. Untergeordnet kommt auch eine weiche bis breiige Konsistenz und eine lockere bis mitteldichte Lagerung vor.

Die Schlagzahlendiagramme der schweren Rammsondierungen zeigen für die schluffigen Abschnitte mit $N_{10} = 1$ bis 5 Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe eine weiche bis breiige Konsistenz an.

Im Bereich der kiesigen Zusammensetzung zeigen die reichen Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen von $N_{10} = 5$ bis 12 Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe bis hin zu $N_{10} > 20$ Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe.

Nach DIN 4094 4.9 sowie DIN 1054 Tabelle A 6.3 liegt die Lagerungsdichte D zwischen 0,20 bis 0,40 und $> 0,52$ was einer lockeren bis mitteldichten Lagerung der kiesigen Bereiche entspricht.

Die Ableitung der Durchlässigkeit aus dem Siebast der Korngrößenverteilung ist nach Hazen und Beyer ab einem Schluffgehalt $> 10\%$ nicht zulässig. Die Durchlässigkeit der kiesigen Abschnitte des Schwemmfächers wird anhand der Kornzusammensetzung auf $k_f = 5 \times 10^{-6}$ m/s abgeschätzt. Die schluffigen Bereiche sind als gering bis nahezu undurchlässig zu bewerten.

Insgesamt ist der Schwemmfächer aufgrund seiner variablen Zusammensetzung und der abschnittswisen breiigen bis weichen Konsistenz als ein frostempfindlicher, zu Differenzsetzungen neigender und bedingt tragfähiger Baugrund einzustufen, dessen Tragfähigkeit durch einen Teilbodenersatzkörper zu erhöhen ist.

Kies

Der grau bis hellbraun gefärbte Kies besteht aus einem stark sandigen und schwach schluffigen bis schluffigen Fein- bis Grobkies, der abschnittsweise steinig bis stark steinig ausgebildet ist. Drei Korngrößenanalysen des Kieses ergaben folgende Zusammensetzungen (Anlage 3.1):

	RKS 2	RKS 6	RKS 9
Tiefe [m]	4,4 – 7,0	4,8 – 12,0	5,0 – 7,0
Kies	61 %	66 %	70 %
Sand	25 %	22 %	20 %
Schluff	14 %	12 %	10 %
Ungleichförmigkeit U	-	-	161,7
Krümmungszahl C	-	-	4,5
Bodengruppe	GU	GU	GU
Bodenklasse	3	3	3
Frostsicherheit	F2	F2	F2
Durchlässigkeit k_f	-	-	7×10^{-5} m/s

Entsprechend dem Bohrwiderstand ist der Kies überwiegend mitteldicht gelagert. Untergeordnet kommt auch eine lockere Lagerungsdichte vor.

Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierung zeigen im Mittel $N_{10} = 15$ bis 20 Schläge pro 10 cm Eindringtiefe. Im Bereich einer steinigen Ausprägung des Kieses sind die Schlagzahlen auf $N_{10} > 40$ Schläge pro 10 cm Eindringtiefe erhöht. Nach DIN 4094 4.9 sowie DIN 1054 Tabelle A 6.3 liegt die Lagerungsdichte D zwischen 0,46 und 0,52, was einer mitteldichten Lagerung des Kieses entspricht.

Die Auswertung der Sieblinie nach Hazen und Beyer ergab für die Kiesprobe aus der Sondierung RKS 9 eine Durchlässigkeit von $k_f = 7 \times 10^{-5}$ m/s. In den übrigen Proben wurde der für eine Ableitung der Durchlässigkeit zulässige Schluffgehalt von 10 % überschritten.

Das stützende Korngerüst verleiht dem Kies eine gute Tragfähigkeit, die nur geringe Setzungen erwarten lässt. Der Kies ist als ein tragfähiger Baugrund einzustufen.

Für die Standsicherheitsberechnungen dürfen die folgenden Bodenkennwerte verwendet werden:

Tabelle 1: charakteristische Bodenkennwerte

		Kieskoffer	Auffüllung	Schwemm- fächer	Kies
Wichte γ_k	kN/m ²	21/11 20/10	19/9 18/8	20/10 19/9	21/11 20/10
Reibungswinkel φ_k	Grad	35 32,5	25 22,5	32,5 (Kies) 25 (Schluff)	37,5 35
Kohäsion undränniert c_{uk}	kN/m ²	0	40 0	40 0	0
Kohäsion dränniert c'_k	kN/m ²	0	1 0	1 0	0
Steifezahl E_{sk}	MN/m ²	15 7	4 2	40 (Kies) 7 (Schluff)	100 80
Bodengruppe	DIN 18196	GW - GU	GU* - UL, OU	GU – GU*, UL	GU
Bodenklasse	DIN 18300	3	4	3 bis 4	3
Frostsicherheit	ZTVE	F1 - F2	F3	F2 - F3	F2

Obere und untere vorsichtige mittlere Schätzwerte DIN 1054 -2003.

4. Grundwasserverhältnisse

In den aktuellen Sondierungen wurde bis 12,0 m Tiefe kein Grundwasser angetroffen. Die Sondierungen aus dem Jahr 2019 zeigen Grundwasser zwischen 6,4 m und 6,9 m unter Gelände.

Aufgrund der aktuellen Sondierungen ist davon auszugehen, dass es sich bei dem angetroffenen Wasser im Jahr 2019 nicht um Grundwasser im eigentlichen Sinne handelt, sondern um Schichtenwasser, welches in östlicher Richtung dem Inn zuströmt. Die Ergiebigkeit wird als gering eingeschätzt.

Auch in den feinteilarmen bzw. kiesigen Bereichen des Schwemmfächers kann Schichtenwasser auftreten. Die Ergiebigkeit dieser diffusen Wasserwegsamkeiten wird ebenfalls als gering eingeschätzt.

Der eigentliche Grundwasserspiegel wird tiefer im Untergrund erwartet. Drei westlich gelegene Erdwärmesonden in der Nähe zeigen Grundwasser zwischen 12,0 m und 25,0 m unter Gelände an.

Für den Bereich des Baufeldes wird ein mittlerer Grundwasserstand bei 480,00 m ü NN abgeschätzt. Als Grundwasserleiter wirkt der Kies.

4.1 Versickerungsversuch

Zur Ermittlung der Durchlässigkeit des Kiesel wurde in den Sondierungen RKS 2, RKS 6 und RKS 9 jeweils ein Versickerungsversuch durchgeführt.

Dazu wurde in das Bohrloch zu einem temporären Pegel ausgebaut, mit Wasser befüllt und die Absenkung in definierten Zeitabständen gemessen.

Die Ergebnisse stellen sich wie folgt dar:

Sondierung	Durchlässigkeit k_f
RKS 2	$1,9 \times 10^{-4}$ m/s
RKS 6	$2,0 \times 10^{-4}$ m/s
RKS 9	$1,3 \times 10^{-4}$ m/s

In der Korngrößenanalyse wurde für den Kies aus der Sondierung RKS 9 ein k_f – Wert von 7×10^{-5} m/s ermittelt.

Zur Bemessung der Versickerungseinrichtung ist für den Kies eine Durchlässigkeit von $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s anzusetzen.

Es wird empfohlen die angegebene Durchlässigkeit mit einem großflächigen Versickerungsversuch in einer Schürfgrube zu überprüfen.

Zur Versickerung von Niederschlagswasser ist der Kies geeignet. Der Schwemmfächer ist aufgrund unregelmäßiger Zusammensetzung und der schluffigen Bestandteile nicht für eine geregelte Versickerung von Niederschlagswasser geeignet.

4.2 Überschwemmungsgebiet

Gemäß dem Informationsdienst überschwemmungsgefährdete Gebiete des bayrischen Landesamtes für Umwelt, ist das Baugelände bei einem 100-jährigen Hochwasser HQ100 nicht überflutungsgefährdet. Bei einem extremen Hochwasser HQextrem droht eine Überflutung von Teilen des Baugeländes von bis zu 0,5 m.



HQ100



HQextrem

4.3 Bemessungswasserstand

Nach DIN 18533 ist bei Böden mit einer Durchlässigkeit $k_f < 1 \cdot 10^{-4}$ m/s mit einem zeitweisen Aufstau von Sickerwasser in der Arbeitsraumverfüllung bis zur Geländeoberkante zu rechnen.

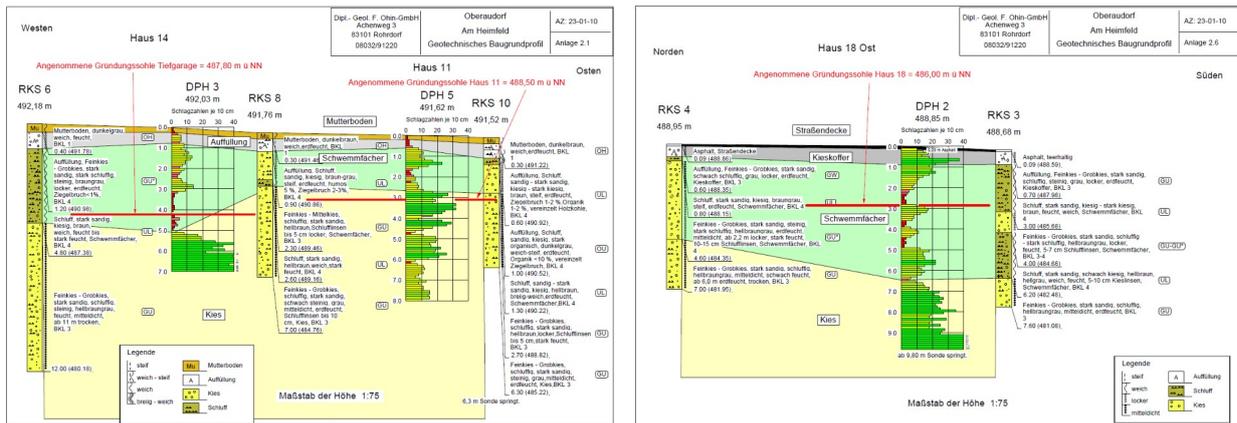
Der Schwemmfächer weist eine Durchlässigkeit $k_f < 1 \cdot 10^{-4}$ m/s auf. Aus diesem Grund ist der Bemessungswasserstand auf die jeweilige Geländeoberkante anzusetzen.

Das HHW wird auf 484 m ü NN abgeschätzt.

Der mittlere höchste Grundwasserstand MHW wird bei 482,00 m ü NN abgeschätzt.

5.1 Gründungstechnische Baugrundbeurteilung

Entsprechend dem vorliegenden geotechnischen Baugrundprofil vgl. Anlage 2.1-6 steht der tragfähige Baugrund in Form des Kiesel zwischen 489,20 m ü NN im Nordosten und 482,50 m ü NN im Bereich des Parkplatzes im Süden an.



Der bedingt tragfähige Baugrund in Form des Schwemmfächers setzt im Norden und zentralen Bereich des Baugeländes zwischen 491,00 m ü NN und 489,50 m ü NN ein. Im Bereich des Parkplatzes im Süden steht der Schwemmfächer ab 488,00 m ü NN an.

Die Auffüllung ist aufgrund ihrer Zusammensetzung und der teilweise weichen Konsistenz bzw. lockeren Lagerung als nicht tragfähig einzustufen. Die gesamten Tragwerkslasten sind in den Kies oder einen Teilbodenersatzkörper und den Schwemmfächer abzusetzen. Die Auffüllung ist mit der Gründung zu durchstoßen.

5.2. Gründung

Haus 11

Die angenommene Gründungssohle für das Baufenster 11 liegt im Kies.

Es wird vorgeschlagen das Gebäudetragwerk flach auf einer biegesteifen Bodenplatte im Kies zu gründen.

Treten an der Aushubsohle Reste des schluffigen Schwemmfächers auf, sind diese bis auf den Kies gegen einen Bodenersatzkörper zu ersetzen.

Der Bodenersatzkörper besteht aus Kiessand mit max. 5 % Schluff, min 25 % Sand, Größtkorn 100 mm. Er ist lagenweise D < 0,30 m einzubauen und auf 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten.

Um die Auflockerung durch den Aushub rückgängig zu machen, ist die Aushubsohle mit einer schweren Rüttelplatte zu verdichten.

In der Anlage 4.1 sind die Fundamentdiagramme entsprechend EC 7 nach Setzungs- und Grundbruchberechnungen entsprechend DIN 4017 und DIN 4019 dargestellt.

Es wird bei der Berechnung von folgenden Vorgaben ausgegangen:

BS-P ständige Bemessungssituation (Lastfall 1)

Teilsicherheitsbeiwert Widerstand Grundbruchwiderstand	γ_{Gr}	= 1,4
Teilsicherheit Gleiten	γ_{Gl}	= 1,10
Teilsicherheitsbeiwert ständige Einwirkungen allgemein	γ_G	= 1,35
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	= 1,5
Verhältnis von veränderlichen / ständigen Einwirkungen		= 0,5
Einbindetiefe		= 0,0 m
Mittig belastete Fundamente		

Angegeben wird in Anlehnung an DIN 1054 der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ und der effektive zulässige Sohlwiderstand $\sigma_{E,k}$

Für die so gegründete Bodenplatte dürfen die folgenden Tragfähigkeitswerte angesetzt werden.

Maßgebliche Breite von 5,0 m

Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes	$\sigma_{R,d}$	= 303 kN/m ²
Bemessungswert des Sohldrucks effektiv	$\sigma_{E,k}$	= 211 kN/m ²

Die Flachgründung auf der Bodenplatte ist bei Auslastung der o.g. Bodenpressung mit einer Setzung von 1,0 cm behaftet.

Der effektive Wert des Bettungsmoduls beträgt

$$k_s = 0,211 / 0,01 = 21,1 \text{ MN/m}^3$$

Maßgebliche Breite von 3,0 m

Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes	$\sigma_{R,d}$	= 395 kN/m ²
Bemessungswert des Sohldrucks effektiv	$\sigma_{E,k}$	= 276 kN/m ²

Die Flachgründung auf der Bodenplatte ist bei Auslastung der o.g. Bodenpressung mit einer Setzung von 1,0 cm behaftet.

Der effektive Wert des Bettungsmoduls beträgt

$$k_s = 0,276 / 0,01 = 27,6 \text{ MN/m}^3$$

Aus konstruktiven Gesichtspunkten ist das gesamte Kellergeschoss (Gründung, tragende Wände und Decke Erdgeschoss) als biegesteifer Kasten herzustellen.

Haus 12 und 13

Die angenommene Gründungssohle der unterkellerten Gebäude liegt in dem bedingt tragfähigen Schwemmfächer.

Es wird vorgeschlagen das Gebäudetragwerk flach auf einer biegesteifen Bodenplatte oder Trägerrost auf einem Teilbodenersatzkörper zu gründen.

Der Teilbodenersatzkörper soll in Verbindung mit der biegesteifen Gründung Setzungsdifferenzen des Schwemmfächers weitgehend ausgleichen.

Der Teilbodenersatzkörper hat eine Schichtdicke von 1,0 m und baut sich wie folgt auf:

Auf dem Schwemmfächer wird ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 5 ausgelegt. Das Geotextil verhindert, dass sich der Schotter in den weichen schluffigen Untergrund drückt.

Auf dem Geotextil folgt ein Geogitter mit der Zugfestigkeit 60/60.

Auf dem Geogitter wird eine 0,7 m dicke Lage aus gebrochenen Schotter der Körnung 32-100 aufgebracht.

Die 0,7 m dicke Schotterschicht wird mit einer schweren Rüttelplatte verdichtet.

Über diese Lage folgt ein Geogitter mit den Zugfestigkeit 60/60. Das Geogitter stabilisiert den Schotterkoffer und vereinheitlicht ungleichmäßige Setzungen.

Über dem Geogitter folgt ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 4, das verhindert, dass Feianteile aus dem darüber liegenden Kiessand in den grobporigen Schotter abwandern.

Auf dem Geotextil folgt ein Kiessand mit max. 5 % Schluff, min. 25 % Sand, Größtkorn 100 mm. Der Kiessand ist lagenweise einzubauen und pro Lage auf 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Der Bodenersatzkörper reicht 1,0 m über die Bodenplatte hinaus und ist nach Außen 60° geböscht. Der Verdichtungsgrad ist zu kontrollieren und nachzuweisen.

In der Anlage 4.2 sind für die maßgeblichen Breiten der Bodenplatte die Fundamentdiagramme entsprechend obigen Vorgaben dargestellt.

Angegeben wird in Anlehnung an DIN 1054 der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ und der effektive zulässige Sohlwiderstand σ_{Ek}

Maßgebliche Breite von 5,0 m

Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes	$\sigma_{R,d}$	= 144 kN/m ²
Bemessungswert des Sohldrucks effektiv	$\sigma_{E,k}$	= 101 kN/m ²

Die Flachgründung auf der Bodenplatte ist bei Auslastung der o.g. Bodenpressung mit einer Setzung von 1,5 cm behaftet.

Der effektive Wert des Bettungsmoduls beträgt

$$k_s = 0,101 / 0,015 = 6,7 \text{ MN/m}^3$$

Maßgebliche Breite von 3,0 m

Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes	$\sigma_{R,d}$	= 164 kN/m ²
Bemessungswert des Sohldrucks effektiv	$\sigma_{E,k}$	= 115 kN/m ²

Die Flachgründung auf der Bodenplatte ist bei Auslastung der o.g. Bodenpressung mit einer Setzung von 1,5 cm behaftet.

Der effektive Wert des Bettungsmoduls beträgt

$$k_s = 0,115 / 0,015 = 7,6 \text{ MN/m}^3$$

Aus konstruktiven Gesichtspunkten ist das gesamte Kellergeschoss (Gründung, tragende Wände und Decke Erdgeschoss) als biegesteifer Kasten herzustellen.

Tiefgarage Haus 14 bis 17

Die angenommene Gründungssohle der gemeinsamen Tiefgarage der Häuser 14 bis 17 liegt im Schwemmfächer, bzw. im Übergangsbereich zwischen Schwemmfächer und Kies.

Um eine einheitliche Gründung herzustellen, wird empfohlen den Schwemmfächer bis auf den Kies gegen einen Bodenersatzkörper zu Ersetzen. Der benötigte Bodenaustausch beläuft sich bei der angenommenen Gründungssohle im Norden auf 0,4 m bis 1,5 m und im Süden der Tiefgarage auf 0,5 m bis 1,8 m.

Der Bodenersatzkörper besteht aus Kiessand mit max. 5 % Schluff, min 25 % Sand, Größtkorn 100 mm. Er ist lagenweise $D < 0,30$ m einzubauen und auf 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Der Bodenersatzkörper reicht 1,0 m über die Bodenplatte hinaus und ist mit 60° gebösch.

Die Aushubsohle ist mit einer schweren Rüttelplatte zu verdichten und vom Baugrundgutachter abnehmen zu lassen.

In der Anlage 4.3 sind für die maßgeblichen Breiten der Bodenplatte die Fundamentdiagramme entsprechend obigen Vorgaben dargestellt.

Angegeben wird in Anlehnung an DIN 1054 der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ und der effektive zulässige Sohlwiderstand $\sigma_{E,k}$

Maßgebliche Breite von 8,0 m in der Fläche

Bemessungswert des Sohlruckwiderstandes	$\sigma_{R,d}$	= 284 kN/m ²
Bemessungswert des Sohl drucks effektiv	$\sigma_{E,k}$	= 199 kN/m ²

Die Flachgründung auf der Bodenplatte ist bei Auslastung der o.g. Bodenpressung mit einer Setzung von 1,5 cm behaftet.

Der effektive Wert des Bettungsmoduls beträgt

$$k_s = 0,199 / 0,015 = 13,2 \text{ MN/m}^3$$

Maßgebliche Breite von 3,0 m in Randbereichen

Bemessungswert des Sohlruckwiderstandes	$\sigma_{R,d}$	= 443 kN/m ²
Bemessungswert des Sohl drucks effektiv	$\sigma_{E,k}$	= 310 kN/m ²

Die Flachgründung auf der Bodenplatte ist bei Auslastung der o.g. Bodenpressung mit einer Setzung von 1,5 cm behaftet.

Der effektive Wert des Bettungsmoduls beträgt

$$k_s = 0,310 / 0,015 = 20,6 \text{ MN/m}^3$$

Aus konstruktiven Gesichtspunkten ist das gesamte Kellergeschoss (Gründung, tragende Wände und Decke Erdgeschoss) als biegesteifer Kasten herzustellen.

Haus 18

Die angenommene Gründungssohle des unterkellerten Gebäudes liegt im Nordwesten im Kies und in den übrigen Bereichen im Schwemmfächer.

Das Gebäude kann entsprechend den Vorgaben der Häuser 12 und 13 auf einem Teilbodenersatzkörper im Schwemmfächer gegründet werden. Im Nordwesten kann das Gebäude auf dem anstehenden Kies gegründet werden. Im Südosten zeigt die Rammkernsondierung unterhalb der Gründungssohle eine starke Schluffschicht an. Bestätigt sich beim Baugrubenaushub diese starke Schluffschicht ist in diesem Bereich der Bodenersatzkörper auf 2,0 m Dicke zu erhöhen. Der Umfang des Bodenaustauschs kann erst nach dem Aushub festgelegt werden.

In der Anlage 4.4 sind für die maßgeblichen Breiten der Bodenplatte die Fundamentdiagramme entsprechend obigen Vorgaben dargestellt.

Angegeben wird in Anlehnung an DIN 1054 der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ und der effektive zulässige Sohlwiderstand $\sigma_{E,k}$

Maßgebliche Breite von 5,0 m

Bemessungswert des Sohlwiderstandes	$\sigma_{R,d}$	= 155 kN/m ²
Bemessungswert des Sohlwiderstands effektiv	$\sigma_{E,k}$	= 108 kN/m ²

Die Flachgründung auf der Bodenplatte ist bei Auslastung der o.g. Bodenpressung mit einer Setzung von 2,0 cm behaftet.

Der effektive Wert des Bettungsmoduls beträgt

$$k_s = 0,108 / 0,02 = 5,4 \text{ MN/m}^3$$

Maßgebliche Breite von 3,0 m

Bemessungswert des Sohlwiderstandes	$\sigma_{R,d}$	= 190 kN/m ²
Bemessungswert des Sohlwiderstands effektiv	$\sigma_{E,k}$	= 132 kN/m ²

Die Flachgründung auf der Bodenplatte ist bei Auslastung der o.g. Bodenpressung mit einer Setzung von 2,0 cm behaftet.

Der effektive Wert des Bettungsmoduls beträgt

$$k_s = 0,132 / 0,02 = 6,6 \text{ MN/m}^3$$

Aus konstruktiven Gesichtspunkten ist das gesamte Kellergeschoss (Gründung, tragende Wände und Decke Erdgeschoss) als biegesteifer Kasten herzustellen.

Eine Vergleichsrechnung ergab, dass es aufgrund der unterschiedlichen Böden im Einflussbereich der Gründung (Nordwesten Kies und Südosten Schwemmfächer) zu Differenzsetzungen bis zu 1,5 cm kommt. Diese Setzungen können nicht vermieden werden und sind statisch auszugleichen.

Kanäle und Schächte

Die angenommene Gründungssohle der Kanäle und Schächte liegt in dem bedingt tragfähigen Schwemmfächer.

Es wird vorgeschlagen die Kanäle und Schächte auf einem Teilbodenersatzkörper in den Schwemmfächer zu gründen.

Im Bereich der Kanäle beträgt der Bodenersatzkörper 0,3 m und im Bereich der Schächte 0,7 m. Auf dem Schwemmfächer ist ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 4 auszulegen.

Das Fließ verhindert, dass sich der Schotter in den schluffigen Untergrund drückt. Auf dem Geotextil wird eine 0,3 m dicke Lage aus gebrochenen Schotter, der Korngröße 32/64 eingebaut. Der Schotterkoffer ist lagenweise $D < 0,30$ m einzubauen und pro Lage auf 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Der Bodenersatzkörper reicht über die gesamte Baugrubenbreite.

Der Verbau ist vor dem Einbau sukzessive hochzuziehen, sodass der Kies bündig an dem anstehenden Boden anliegt. Der Bodenersatzkörper ist in das Geotextil einzuschlagen.

In der Anlage 4.5-4.6 sind die Fundamentdiagramme entsprechend EC 7 nach Setzungs- und Grundbruchberechnungen entsprechend DIN 4017 und DIN 4019 nach obigen Angaben dargestellt.

Angegeben wird in Anlehnung an DIN 1054 der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ und der effektive zulässige Sohlwiderstand σ_{Ek}

Bei einer Begrenzung der Setzung auf 1,0 cm sind folgende Tragfähigkeitswerte anzusetzen:

Bemessungswert des Sohl Druck $\sigma_{R,d}$

Kanal angenommen	$b = 0,5 \text{ m}$	$\sigma_{R,d} = 240 \text{ kN/m}^2$
Schacht angenommen	$a = 1,5 \text{ m}$	$\sigma_{R,d} = 315 \text{ kN/m}^2$

effektive zulässige Sohlwiderstand σ_{Ek}

Kanal angenommen	$b = 0,5 \text{ m}$	$\sigma_{Ek} = 167 \text{ kN/m}^2$
Schacht angenommen	$a = 1,5 \text{ m}$	$\sigma_{Ek} = 220 \text{ kN/m}^2$

5.3 Grundwasserschutz und Auftriebssicherheit

Entsprechend der Ausführung im Abschnitt 4 wurde in den aktuellen Sondierungen bis 12,0 m kein Grundwasser angetroffen. In den Sondierungen aus dem Jahr 2019 wurde Schichtenwasser bei 6,4 m bis 6,9 m unter Gelände festgestellt.

Ein Grundwasserspiegel, der sich im Bereich der Untergeschosse oder der Kanäle und Schächte bewegt, wird sich nicht einstellen. Allerdings ist bei Böden mit einer Durchlässigkeit $k_f < 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ nach DIN 18533 mit einem zeitweisen Aufstau von Sickerwasser in der Arbeitsraumverfüllung bis zur Geländeoberkante zu rechnen.

Es wird vorgeschlagen, die Arbeitsraumverfüllung über eine Drainage zu entwässern. Das Wasser ist im Kies zu versickern.

Ist eine Entwässerung der Arbeitsraumverfüllung nicht möglich, muss der Keller aus wasserdichtem Beton, als eine sogenannte weiße Wanne hergestellt werden.

Zur Bemessung der Auftriebssicherheit ist der höchste Wasserstand auf die jeweilige Geländeoberkante anzusetzen. Wird der Arbeitsraum über eine Drainage entwässert, kann der Bemessungswasserstand auf die Höhe der Drainage herabgesetzt werden.

5.4 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Haus 11 bis 13

Die Baugruben für die einzelnen Gebäude 11 bis 13 werden mit dem erforderlichen Teilbodenersatzkörper zwischen 3,0 m und 4,0 m tief. Freie Böschungen sind in den anstehenden Böden bis 4,0 m Tiefe unter 45° möglich.

Die freien Böschungen sind konstruktiv mit Folie o.ä. gegen Erosion durch Niederschlagswasser zu schützen.

Bei Schichtwasserzutritten sind die Böschungen mit Stützscheiben aus Einkornbeton zu sichern. Diese Maßnahme kann erst beim Aushub der Baugrube, wenn Schichtwasserzutritte bekannt sind, quantifiziert werden.

Steilere Böschungen sind möglich, sie sind jedoch statisch nachzuweisen und ggf. mit Spritzbeton und Erdnägeln zu sichern. Dort, wo mit Spritzbeton die Böschungen verschlossen werden, muss durch Drainöffnungen dafür Sorge getragen werden, dass sich kein Stauwasser hinter der Betonschale ansammeln kann.

Tiefgarage Haus 14 bis 17

Die Baugrube für die gemeinsame Tiefgarage der Häuser 14 bis 17 wird mit dem erforderlichen Bodenaustausch zwischen 3,6 m und 5,5 m tief.

Eine freie Böschung ist nach Westen und Süden aufgrund des geringen Abstands zur Straße nicht möglich. Nach Norden und Osten sind in Abhängigkeit des Bauablaufs freie Böschungen bis 4,0 m nach obigen Vorgaben zulässig. Sind freie Böschungen aufgrund des Platzbedarfs oder der Aushubtiefe nicht möglich, muss die Baugrube verbaut werden.

Als Verbauart ist der Trägerbohlwandverbau zu nennen. Die Bohlträger sind in vorgebohrte Löcher einzubauen, der Kies ist als schwer bis nicht ramm- bzw. rüttelbar zu bezeichnen.

Haus 18

Die Baugrube für das Haus 18 wird bis zu 4,0 m tief und kann entsprechend obiger Vorgaben als freie Böschung realisiert werden oder mit einem Trägerbohlwandverbau gesichert werden.

Kanäle und Schächte

Die Baugrube für die Kanäle und Schächte wird bis zu 3,7 m tief und kann durch großformatige Verbautafeln gesichert werden.

Eine Wasserhaltung beschränkt sich auf das Entfernen von Niederschlagswasser.

5.5 Aushubklassen

Beim Baugrubenaushub ist nach DIN 18 300 mit den folgenden Bodenklassen und Auflockerungsfaktoren zu rechnen:

Böden	Bodenklasse	Auflockerung
Kieskoffer	3	10 – 15 %
Auffüllung	4	15 - 20 %
Schwemmfächer	3 bis 4	10 - 20 %
Kies	3	10 - 15 %

Für die Verfüllung der Arbeitsräume ist der Kies geeignet. Die restlichen Arbeitsräume sind mit einem Kiessand zu verfüllen.

5.6 Homogenbereiche nach DIN 18300 2015

Die Böden sind in folgende Homogenbereiche zusammenzufassen:

	Mutterboden	Kieskoffer	Auffüllung	Schwemmfächer	Kies
Homogenbereich	O1	B1	B2	B3	B4
Korngröße	Schluff	Kies und Sand	Schluff und Kies	Schluff und Kies	Kies und Sand
Massenanteil Steine und Blöcke	0 %	< 10 %	< 10 %	< 25 %	< 10 %
Dichte in kN/m ³	15	20 - 21	18 - 19	19 - 20	20 - 21
undrainierte Scherfestigkeit in kN/m ²	40	0	0 - 40	0 - 40	0
Wassergehalt	erdfeucht	erdfeucht	erdfeucht bis stark feucht	erdfeucht bis stark feucht	trocken – stark feucht
Plastizitätszahl	-	-	10% -15 %	15%-25 %	-
Konsistenz	weich	-	weich bis steif	breiig bis steif	-
Lagerungsdichte	-	locker bis mitteldicht	locker	locker bis mitteldicht	locker
Organischer Anteil	15 %	0 %	Bis zu 10 %	0 %	0 %
Bodengruppe	OH	GW – GU	UL - GU*, OU	GU – GU*, UL	GU

5.7 Verkehrsflächen und Hofbefestigungen

Gemäß den Richtlinien der ZTVE - StB 09 (zusätzliche Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau) muss der Untergrund Mindestanforderungen bezüglich des Verformungsmoduls ($EV_2 > 45 \text{ MN/m}^2$) genügen. In dem schluffigen Schwemmfächer und der Auffüllung werden die Anforderungen an den oben genannten EV_2 - Wert nicht erreicht werden.

Die Straßen und Parkplätze sind daher auf einen zusätzlichen Bodenersatzkörper aus Kiessand ($d > 0,30 \text{ m}$) zu gründen. Dazu ist der Mutterboden abzutragen. Auf dem schluffigen Schwemmfächer oder der Auffüllung ist ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 4 anzuordnen. Das Fließ verhindert, dass sich der Kies in den schluffigen Untergrund drückt.

Der Bodenersatzkörper besteht aus Kiessand mit max. 5 % Schluff, min 25 % Sand und einem Größtkorn von 100 mm. Er ist lagenweise $d < 30 \text{ cm}$ einzubauen und pro Lage auf 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten.

Über den Bodenersatzkörper folgt der Regelaufbau aus Frostschutzkies.

In dem kiesigen Schwemmfächer werden die Anforderung an den oben genannten EV_2 - Wert erreicht werden. Die Straßen und Parkplätze können gemäß Regelaufbau aus Frostschutzkies gegründet werden.

5.8 Versickerung von Niederschlagswasser

Zur Versickerung von Niederschlagswasser ist der Kies geeignet. Der Schwemmfächer eignet sich aufgrund seiner rasch wechselnden Zusammensetzung und der größtenteils schluffigen Zusammensetzung nicht für eine geregelte Versickerung von Niederschlagswasser in den Untergrund.

Zur Versickerung eignet sich die Rohrrigolenversickerung im Kies. Der Kontakt zum Kies kann über einen Bodenersatzkörper aus schlufffreiem Kiessand hergestellt werden.

Zur Bemessung der Versickerungseinrichtung kann für den Kies eine Durchlässigkeit $k_f = 1 \times 10^{-4}$ m/s angesetzt werden.

Es wird empfohlen die Durchlässigkeit des Kieses im Bereich der geplanten Versickerungseinrichtung mit einem großflächigen Versickerungsversuch zu überprüfen.

Der mittlere höchste Grundwasserstand MHW wird auf 482,00 m ü NN abgeschätzt.

Dipl.- Geol. F. Ohin