

ALEUDA Südbayern GmbH
Ingolstädter Straße 120

85080 Gaimersheim

AZ 24-03-15
02.04.2024

Geotechnisches Baugrundgutachten Bauvorhaben: Ainring, Salzstraße

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

Anlagen:

- 1.1 Lageplan
- 2.1-3 geotechnische Baugrundprofile
- 3.1-4 bodenmechanische Laborversuche
- 4.1 Fundamentdiagramme

Unterlagen: Geologische Karte, Lageplan

1. Vorgang

Die ALEUDA Südbayern GmbH 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 am 25. und 26.03.2024 fünf Rammkernsondierungen RKS 1-5, Tiefe je 7,0 m bis 7,5 m, mit durchgehendem Gewinn von gekernten Bodenproben des Durchmessers 50 mm nach DIN 4021 sowie vier Rammsondierungen DPH 1-4, Tiefe jeweils 10 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 Kanaldeckel = 430,87 m ü NN, der im Lageplan dargestellt ist, eingemessen.

2. Morphologie, Geologische Situation Schichtenfolge

Morphologie

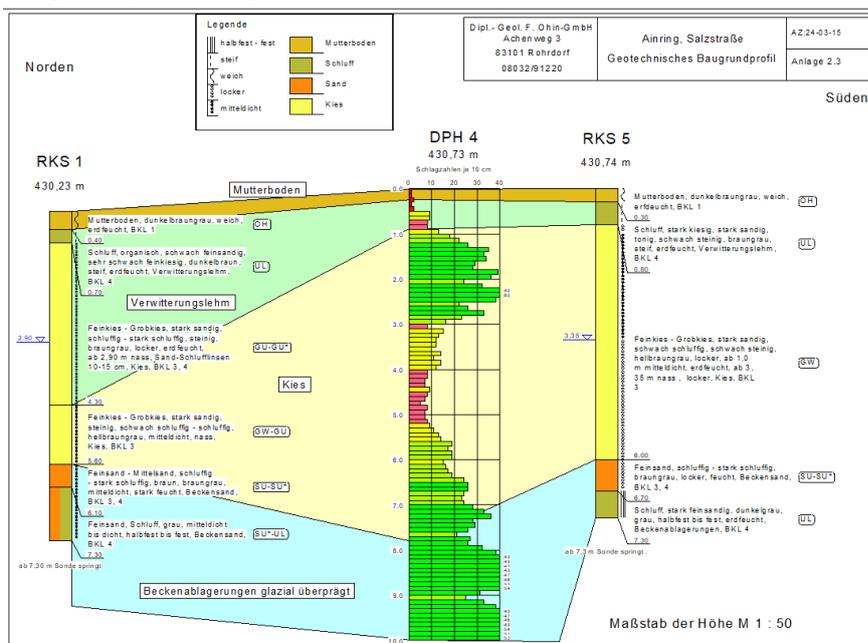
Das Baugelände liegt im Norden von Ainring zwischen dem Schwimmbadweg im Norden und der Salzstraße im Osten. Der Mühlstätter Graben und der Sonnwiesgraben verlaufen rund 50 m bzw. 200 m nördlich vom Untersuchungsgelände. Die Geländeoberkante ist wellig ausgebildet und gliedert sich in kleinere Rücken und Mulden. Der Höhenunterschied auf dem Grundstück beträgt ca. 1,0 m. Das Untersuchungsgelände wird derzeit größtenteils als Grünfläche genutzt. Im Südosten des Grundstückes befindet sich ein Kindergarten.

Geologische Situation

Der tiefere Untergrund des Baugeländes besteht aus Beckenablagerungen, die gegen Ende der letzten Eiszeit im Saalachbecken abgelagert wurden. Durch spätere Gletschervorstöße wurde dieses Sediment glazial überprägt und verfestigt. Darüber folgen fluviatile Kiese und Sande, die nach dem Ende der letzten Eiszeit von der Saalach sedimentiert wurden. Mit der fortschreitenden Klimaerwärmung wurde das anstehende Sediment entfestigt und der Verwitterungslehm bildete sich.

Schichtenfolge

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



- : Mutterboden
- : Verwitterungslehm
- : Kies
- : Beckenablagerungen

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

Mutterboden

Der Mutterboden bedeckt das gesamte Gelände und ist 0,3 m bis 0,4 m dick.

Verwitterungslehm

Der Verwitterungslehm setzt unter dem Mutterboden in 0,3 m bis 0,4 m Tiefe ein. Seine Unterkante ist abhängig von der Verwitterungsintensität und schwankt in der Regel zwischen 0,6 m und 1,7 m Tiefe. In Ausnahmefällen, wie im Nordosten, kann die Basis des Verwitterungslehmes auf bis zu 4,3 m Tiefe abfallen. Die Schichtdicke des Verwitterungslehmes beträgt größtenteils zwischen 0,3 m und 1,4 m und kann sich punktuell auf 4,0 m erhöhen. Unter dem Verwitterungslehm liegt der Kies.

Kies

Die Oberkante des Kieses liegt über weite Strecken zwischen 0,6 m und 1,7 m unter Gelände. Kleinräumig, wie im Nordosten im Bereich der Sondierung RKS 1, kann die Oberkante des Kieses auf bis zu 4,3 m Tiefe abfallen. Die Kies hat sich rinnenförmig in die Beckenablagerungen eingeschnitten. Seine Unterkante schwankt stark und liegt zwischen 4,2 m und 7,8 m Tiefe. Die Schichtdicke des Kieses schwankt, je nach dem ob man sich auf einem Rücken oder einer tiefer eingeschnittenen Rinne befindet, zwischen 1,3 m und 6,8 m. Unter dem Kies folgen die glazial überprägten Beckenablagerungen.

Glazial überprägte Beckenablagerungen

Die glazial überprägten Beckenablagerungen bilden den Abschluss der natürlichen Schichtenfolge und setzen zwischen 4,2 m und 7,8 m Tiefe ein. Mit den bis zu 10 m tiefen Sondierungen wurden die glazial überprägten Beckenablagerungen nicht durchstoßen. Aus nahe gelegenen Bohrungen ist bekannt, dass sich die Beckenablagerungen noch einige 10er Meter in die Tiefe fortsetzen werden. Unter den Beckenablagerungen wird das tertiäre Festgestein erwartet.

8143B0015388

Detailinformationen Bohrungen

Schicht- und Teilschichtdaten

Bearbeitungsdatum: 1980
 Qualität Schichtenverzeichnis: noch nicht beurteilt

Obergrenze [m]	Untergrenze [m]	Petrographie - Schichten	Petrographie - Teilschichten	Gesteinsansprache DIN 4022	Farbe	Zustand und Festigkeit	Feuchtezustand	Stratigraphie	Schichtbestandteil
0.00	3.00	Kies		mG,gG				Quartär-Ablagerung	
3.00	4.00	Feinkies		fG				Quartär-Ablagerung	
4.00	10.00	Kies		fG,mG				Quartär-Ablagerung	
10.00	15.00	Tonmergel		T,U,k,s,fg'	mittelgrau			Quartär-Ablagerung	
15.00	46.00	Ton		T	mittelgrau bis grünlich			Würm-Ablagerung	
46.00	58.00	Tonmergel	Kalkstein	T,U,s',k	mittelgrau			Rhenodanubischer Flysch	Lage(n)
58.00	78.00	Wechselfolge (aus...)	Tonmergelstein	Kst,Mst,u',s'				Rhenodanubischer Flysch	Teilschicht
			Kalkstein	Kst,Mst,u',s'				Rhenodanubischer Flysch	Teilschicht
			Kalksandstein	Kst,Mst,u',s'				Rhenodanubischer Flysch	Teilschicht
			Kalkmergelstein	Kst,Mst,u',s'				Rhenodanubischer Flysch	Teilschicht

3. Bautechnische Beschreibung der Schichten, Bodenkennwerte

Zusätzlich zur Schichtansprache, die in den geotechnischen Baugrundprofilen in der Anlage 2.1-3 dargestellt ist, werden die bautechnischen Eigenschaften der angetroffenen Bodenschichten wie folgt beurteilt:

Verwitterungslehm

Der braun gefärbte Verwitterungslehm besteht aus einem stark sandigen Gemenge aus Schluff und Kies, das zum Teil steinig ausgebildet ist. Insbesondere im Bereich von morphologischen Senken kann der Verwitterungslehm an seiner Oberfläche organische Bestandteile enthalten. Eine Korngrößenanalyse des Verwitterungslehmes ergab folgende Zusammensetzung (Anlage 3.1):

RKS 1	
Tiefe [m]	1,6 – 3,5
Kies	49 %
Sand	23 %
Schluff	28 %
Ungleichförmigkeit U	-
Krümmungszahl C	-
Bodengruppe	GU*
Bodenklasse	4
Frostsicherheit	F3
Durchlässigkeit k_f	-

Entsprechend dem Bohrwiderstand schwankt die Lagerungsdichte des Verwitterungslehmes zwischen locker und mitteldicht gelagert. Die schluffige Matrix des Verwitterungslehm zeigt nach der manuellen Prüfung am steife Konsistenz.

Im oberen und organisch ausgebildeten Abschnitt zeigen die Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen $N_{10} = 1$ bis 2 Schläge pro 10 cm Eindringtiefe. Darunter erhöhen sich die Schlagzahlen auf im Mittel $N_{10} = 6$ Schläge pro 10 cm Eindringtiefe. Die geringen Schlagzahlen an der Oberfläche des Verwitterungslehmes sind auf die organischen Bestandteile zurückzuführen. Darunter entsprechen die gemessenen Schlagzahlen einer lockeren Lagerung der Kies bzw. einer steifen Konsistenz der schluffigen Matrix.

Die Ableitung der Durchlässigkeit aus dem Siebast der Korngrößenverteilung nach Hazen und Beyer ist ab einem Schluffgehalt $> 10\%$ nicht zulässig. Insgesamt wird die Durchlässigkeit des Verwitterungslehmes aufgrund der Kornzusammensetzung auf $k_f = 1 \times 10^{-6}$ m/s abgeschätzt.

Der Verwitterungslehm ist als schwach durchlässig einzustufen und eignet sich nicht zur geregelten Versickerung von Niederschlagswasser.

Aus bautechnischer Sicht eignet sich der Verwitterungslehm aufgrund seiner stark variierenden Zusammensetzung und Schichtdicke nicht zur Abtragung von Tragwerkslasten in den Untergrund. Für den tiefgreifenden Verwitterungslehm in der Sondierung RKS 1, der entsprechend der Sieblinie aus einem stark schluffigen Kies besteht, wird empfohlen im Laufe des Baugrubenaushubs eine gesonderte Beurteilung durchzuführen.

Verkehrsflächen können auf dem Verwitterungslehm gegründet werden, wenn seine Tragfähigkeit mit einem Teilbodenersatzkörper erhöht wird.

Kies

Der grau bis braun gefärbte Kies baut sich aus einem schwach schluffigen bis schluffigen, stark sandigen und teils schwach steinigen Fein- bis Grobkies auf. Drei Korngrößenanalysen des Kieses ergaben folgende Zusammensetzungen (Anlage 3.1):

	RKS 1	RKS 2	RKS 3
Tiefe [m]	4,3 – 6,5	1,7 – 4,2	0,9 – 6,5
Kies	66 %	57 %	62 %
Sand	25 %	29 %	31 %
Schluff	9 %	14 %	7 %
Ungleichförmigkeit U	112,5	-	66,6
Krümmungszahl C	3,0	-	1,5
Bodengruppe	GU	GU	GU
Bodenklasse	3	3	3
Frostsicherheit	F2	F2	F2
Durchlässigkeit k_f	$7 \cdot 10^{-5}$ m/s	-	$1 \cdot 10^{-4}$ m/s

Entsprechend dem Bohrwiderstand wechselt die Lagerungsdichte des Kieses zwischen locker und mitteldicht gelagert.

Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierung zeigen über dem Grundwasser im Mittel $N_{10} = 20$ bis 25 Schläge und reduzieren sich im Grundwasser auf $N_{10} = 5$ bis 10 Schläge pro 10 cm Eindringtiefe. Nach DIN 4094 4.2 und 4.9 liegt die Lagerungsdichte D über dem Grundwasser zwischen 0,53 und 0,58. Im Grundwasser reduziert sich die Lagerungsdichte des Kieses auf $D = 0,38$ bis 0,48. Nach DIN 1054 Tabelle A 6.3 ist der Kies über dem Grundwasser mitteldicht gelagert und nimmt im Grundwasser eine lockere Lagerung an.

Die Auswertung der Sieblinie nach Hazen und Beyer ergab eine Durchlässigkeit des Kiesel von $k_f = 1 \times 10^{-4}$ m/s. Der Kies ist nach DIN 18130 als stark durchlässig einzustufen und zur Versickerung von Niederschlagswasser geeignet.

Der Kies ist als ein tragfähiger und nur zu geringen Setzungen neigender Baugrund zu bewerten.

Glazial überprägt Beckenablagerungen

Die Beckenablagerungen sind grau gefärbt und bestehen an ihrer Oberfläche aus einem schluffigen bis stark schluffigen Fein- bis Mittelsand. Mit zunehmender Tiefe erhöht sich der Feinkornanteil, sodass die Beckenablagerungen in einen stark feinsandigen Schluff übergehen. Zwei Korngrößenanalysen der Beckenablagerungen ergaben folgende Zusammensetzung (Anlage 3.2):

	RKS 2	RKS 5
Tiefe [m]	4,8 – 6,0	6,7 – 7,3
Grobsand	2 %	2 %
Mittelsand	16 %	1 %
Feinsand	43 %	16 %
Schluff	39 %	81 %
Ungleichförmigkeit U	-	-
Krümmungszahl C	-	-
Bodengruppe	SU*	UL
Bodenklasse	4	4
Frostsicherheit	F3	F3

Dem Bohrwiderstand nach zu urteilen sind die sandigen Abschnitte an der Oberfläche locker gelagert und nehmen mit zunehmender Tiefe rasch eine mitteldichte Lagerung. Die Konsistenz der schluffigen Matrix liegt, der manuellen Prüfung am Bohrgut nach zu urteilen, im Übergangsbereich von halbfest nach fest.

Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen zeigen für die sandigen Abschnitte im Mittel $N_{10} = 15$ bis 20 Schläge pro 10 cm Eindringtiefe. Mit zunehmender Tiefe, in den schluffigen Abschnitten, erhöhen sich die mittleren Schlagzahlen auf $N_{10} > 40$ Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe.

Nach DIN 4094 4.7 liegt die Lagerungsdichte D der sandigen Abschnitte zwischen 0,56 bis 0,61. Nach DIN 1054 Tabelle A 6.3 sind die sandigen Abschnitte der Beckenablagerungen als dicht gelagert einzustufen. Bindige Abschnitte zeigen gemäß obiger Schlagzahlen eine halbfeste bis feste Konsistenz.

Die hohe Lagerungsdichte der sandigen Abschnitte und die halbfeste bis feste Konsistenz der Schluffe ist für die Beckenablagerungen in der Region ungewöhnlich. Die hohen Schlagzahlen und das Aufstehen der Rammkernsondierungen lassen auf eine spätglaziale Überprägung der Beckenablagerungen schließen, bei der das Material von einem Gletschervorstoß überfahren und konsolidiert wurde. In dieser Beschaffenheit weisen die Beckenablagerungen eine ähnliche Eigenschaft wie der Geschiebemergel auf.

Bei Kontakt mit Wasser gehen die Beckenablagerungen in eine lockere Lagerung bzw. weiche bis steife Zustandsform über. Eine Versickerung von Niederschlagswasser ist in den Beckenablagerungen nicht möglich.

Insgesamt können die Beckenablagerungen als ein tragfähiger und nur zu geringen Setzungen neigender Baugrund beurteilt werden.

Für die Standsicherheitsberechnungen dürfen die folgenden Bodenkennwerte verwendet werden:

Tabelle 1: charakteristische Bodenkennwerte

		Verwitterungslehm	Kies	Glazial überprägte Beckenablagerungen
Wichte γ_k	kN/m ²	19/9 17/7	21/11 20/10	21/11 20/10
Reibungswinkel φ_k	Grad	27,5 20	37,5 35	30 27,5
Kohäsion undränniert c_{uk}	kN/m ²	50 30	0 0	150 100
Kohäsion dränniert c'_k	kN/m ²	2 1	0 0	10 5
Steifezahl E_{sk}	MN/m ²	10 4	80 50	40 30
Bodengruppe	DIN 18196	GU* - UL	GU	UL - SU*
Bodenklasse	DIN 18300	4	3	4
Frostsicherheit	ZTVE	F3	F2	F3

Obere und untere vorsichtige mittlere Schätzwerte DIN 1054 -2003.

4. Grundwasserverhältnisse

Die Grundwasserbeobachtungen im Bohrloch sind in den Bohrprofilen der Anlage 2.1 dargestellt. Grundwasser lief in den Sondierungen RKS 1 bis RKS 5 zu.

4.1 Grundwasserstände, -Fließrichtung, -Leiter und Durchlässigkeit

Die Wasserstandsbeobachtungen sind wie folgt zusammenzustellen:

Bohrung	Ansatzhöhe	Grundwasser angebohrt		Grundwasser bei Bohrende	
	m ü NN	m unter Gelände	m ü NN	m unter Gelände	m ü NN
RKS 1	430,23	2,90	427,33	2,90	427,33
RKS 2	430,00	2,58	427,42	2,58	427,42
RKS 3	430,52	3,05	427,47	3,05	427,47
RKS 4	430,73	3,10	427,63	3,10	427,63
RKS 5	430,74	3,35	427,39	3,35	427,39

Die Flurabstände schwanken zwischen 2,58 m und 3,35 m unter Geländeoberkante. Der Grundwasserspiegel stellte sich im Mittel auf ca. 427,50 m ü NN ein. Entsprechend den hydrologischen Begebenheiten wird das Grundwasser in nördlicher bis nordöstlicher Richtung der Saalach zufließen.

Als Grundwasserleiter wirkt der Kies, der als großflächig verbreiteter Aquifer ausgebildet ist. Der Grundwasserleiter wird aufgrund seiner Ausdehnung und starken Durchlässigkeit von erheblichen Wassermengen durchströmt. Die Grundwasser-sohlschicht wird von den Beckenablagerungen gebildet.

Die Durchlässigkeit des Kieses wurde anhand der Korngrößenverteilung auf $k_f = 1 \times 10^{-4}$ m/s bestimmt. Der Kies ist nach DIN 18130 als stark durchlässig einzustufen und zur Versickerung von Niederschlagswasser geeignet.

4.2 Versickerungsversuch

Zur Ermittlung der Durchlässigkeit des Untergrundes wurde in den Sondierungen RKS 1 und RKS 3 jeweils ein Versickerungsversuch durchgeführt. Dazu wurde das temporär ausgebaute Bohrloch mit Wasser aufgefüllt und die Absenkung des Wasserspiegels im Bohrloch in definierten Zeitabständen gemessen. Die Versickerungsversuche ergaben folgende Ergebnisse (siehe Anlage 3.2-3)

	k_f -Versickerungsversuch	k_f -Korngrößenverteilung
RKS 1	2×10^{-3} m/s	7×10^{-5} m/s
RKS 3	3×10^{-4} m/s	1×10^{-4} m/s

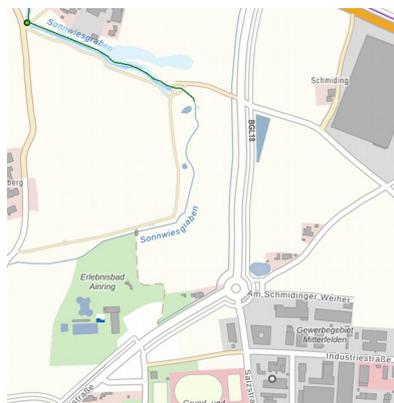
Im Bereich der Sondierung RKS 1 zeigen die ermittelten Durchlässigkeiten aus der Korngrößenverteilung und dem Versickerungsversuch ein stark unterschiedliches Ergebnis. Dies führen wir auf die steinige Ausbildung des Kiesel, die mit der Korngrößenverteilung nicht erfasst wurde. Aufgrund des Bohrdurchmessers werden Steine zerkleinert und bleiben nur als Bruchstücke in Kieskorngröße oder kleiner im Bohrgut zurück.

Im Bereich der Sondierung RKS 3 liegen die ermittelten Durchlässigkeiten aus der Korngrößenverteilung und dem Versickerungsversuch in derselben Größenordnung.

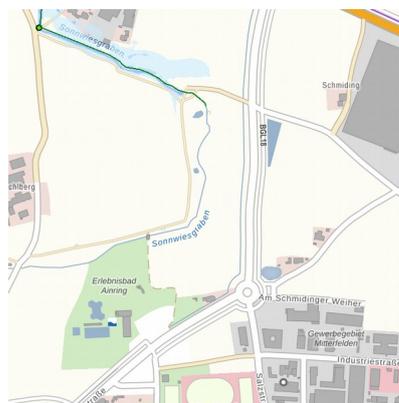
Insgesamt darf für den Kies eine Durchlässigkeit von $k_f = 3 \times 10^{-4}$ m/s angesetzt werden. Der Kies ist nach DIN 18130 als stark durchlässig einzustufen.

4.2 Überschwemmungsgebiet

Gemäß dem Informationsdienst überschwemmungsgefährdete Gebiete des bayerischen Landesamtes für Umwelt liegt das Baugelände weder bei einem 100-jährigen Hochwasser HQ₁₀₀ noch bei einem extremen Hochwasserereignis HQ-extrem im Überflutungsbereich des Sonnwiesgrabens.

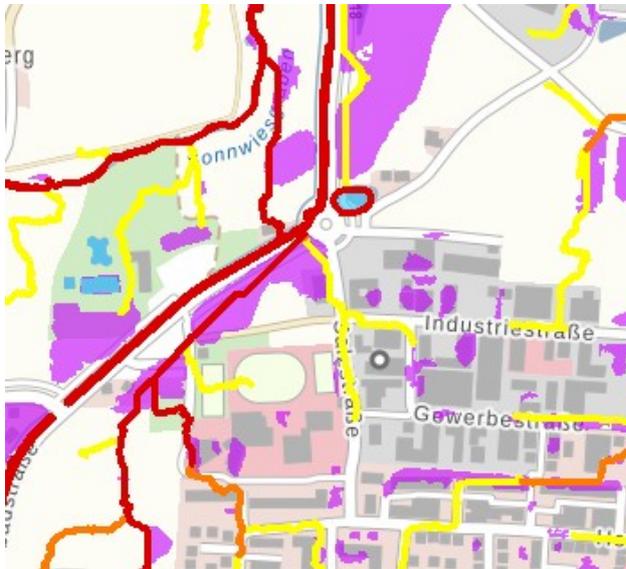


HQ100



HQ-extrem

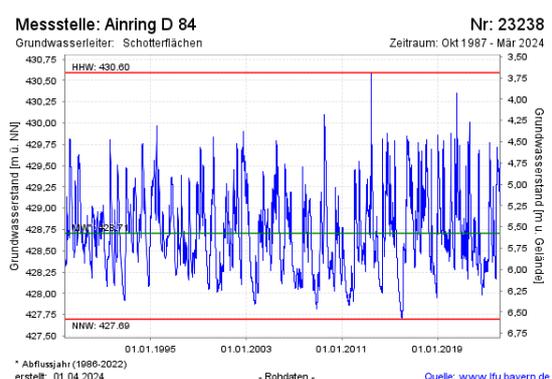
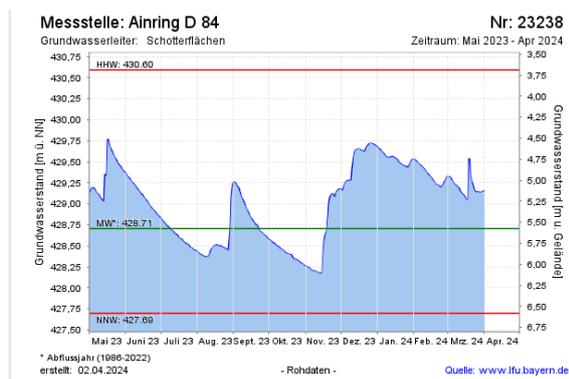
Gemäß den Gefahrenhinweiskarten des LfU-Bayerns bilden sich im Falle von Startniederschlagsereignissen im Bereich des Baugeländes Fließgewässer mit starkem Wasserabfluss (rote Linien) aus. Zusätzlich wirkt das Untersuchungsgelände als Senke, in der sich das abfließende Wasser aufstaut und einen Großteil des Geländes überflutet (violette Flächen).



Oberflächenabfluss und Aufstaubereiche als Folge von Starkniederschlägen

4.3 Bemessungswasserstand

Jahreszeitlich bedingt handelt es sich um einen Grundwasserstand, der rund 0,5 m über dem langjährigen Mittel liegt. Der Vergleich mit Grundwasseraufzeichnungen aus einem kontinuierlich ausgewerteten Grundwasserpegel in Ainring, der im selben Grundwasserleiter liegt, ergab, dass aufgrund von ergiebigen Regenfälle in Verbindung mit der Schneeschmelze der Grundwasserspiegel um weitere 1,5 m ansteigen kann.



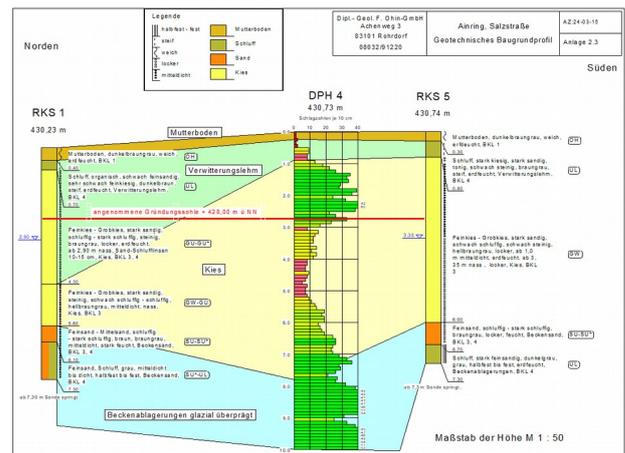
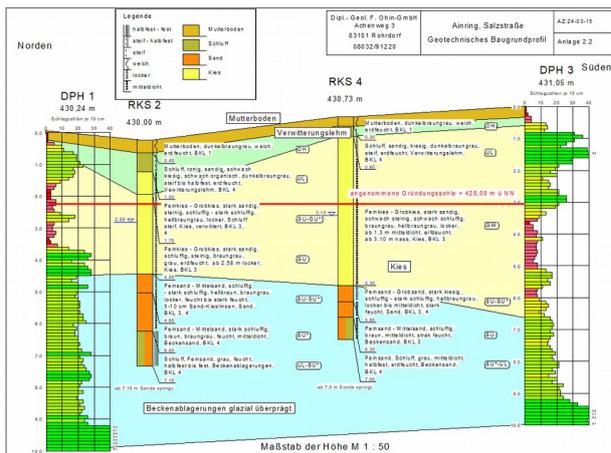
Der höchste zu erwartende Grundwasserstand wird auf HHW = 429,30 m ü NN anzusetzen. In diesem Wert ist ein Sicherheitszuschlag von 0,3 m berücksichtigt. Der mittlere höchste Grundwasserstand wird auf MHW = 428,00 m ü NN abgeschätzt.

5. Gründung und baubegleitende Maßnahmen

Auf dem Gelände ist ein Fachmarktzentrum geplant. Detaillierte Informationen zur Abmessung und Gründung des Gebäudes liegen noch nicht vor. Nach Auskunft des Auftraggebers liegt das Gründungsniveau des Gebäudes bei ca. 3,0 m unter Geländeoberkante. Der Keller soll zum Teil als Tiefgarage genutzt werden. Die Gründungssohle des Gebäudes wird von unserer Seite 3,0 m unter dem südöstlichen Geländeabschnitt (= ca. 431,00 m ü N N) bei 428,00 m ü NN angenommen. Die angenommene Gründungssohle ist im geotechnischen Baugrundprofil der Anlage 2.1-3 dargestellt und vom Planer zu kontrollieren.

5.1 Gründungstechnische Baugrundbeurteilung

Entsprechend dem vorliegenden geotechnischen Baugrundprofil vgl. Anlage 2.1-3 steht der tragfähige Baugrund in Form des Kieses über weite Strecken zwischen 0,6 m und 1,7 m unter Gelände an. Kleinräumig, wie im Nordosten im Bereich der Sondierung RKS 1, kann die Oberkante des Kieses auf bis zu 4,3 m Tiefe abfallen.



Der Verwitterungslehm eignet sich aufgrund seiner stark variierenden Zusammensetzung und Schichtdicke nicht zur Abtragung von Tragwerkslasten in den Untergrund.

Die gesamten Tragwerkslasten sind einheitlich in den Kies abzusetzen. Der Verwitterungslehm ist mit der Gründung zu durchstoßen.

5.2 Gründung

Die angenommene Gründungssohle des Gebäudes liegt zum Großteil im tragfähigen Kies und kleinräumig im nicht tragfähigen Verwitterungslehm. Es wird vorgeschlagen das Gebäudetragwerk flach auf einer biegesteifen Bodenplatte in dem Kies zu gründen.

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

Steht an der Gründungssohle der Verwitterungslehm an, ist dieser komplett bis auf den Kies gegen einen Bodenersatzkörper zu ersetzen.

Wenn die Gebäude endgültig platziert sind und ein Bauwerk im Bereich der Sondierung RKS 1 liegt, in der die tiefgreifende Verwitterungsschicht angetroffen wurde, ist hier noch einmal eine besondere Betrachtung der Tragfähigkeit des Boden anzustellen und mit bekannten Lasten eine Setzungsrechnung durchzuführen die die Auswirkungen eines dickeren Bodenersatzkörper aufzeigt.

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. Als Bodenersatzkörper darf der anstehende Kies verwendet werden.

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		

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

Maßgebliche Breite von 8,0 m – in der Fläche

Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes	$\sigma_{R,d}$	= 143 kN/m ²
Bemessungswert des Sohldrucks effektiv	$\sigma_{E,k}$	= 100 kN/m ²

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

Der Wert des Bettungsmoduls beträgt

$$k_s = 0,100 / 0,01 = 10 \text{ MN/m}^3$$

Maßgebliche Breite von 3,0 m – im Randbereich

Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes	$\sigma_{R,d}$	= 205 kN/m ²
Bemessungswert des Sohldrucks effektiv	$\sigma_{E,k}$	= 143 kN/m ²

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

Der Wert des Bettungsmoduls beträgt

$$k_s = 0,143 / 0,01 = 14,3 \text{ MN/m}^3$$

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

5.3 Grundwasserschutz und Auftriebssicherheit

Entsprechend der Ausführung im Abschnitt 4 wurde in den Sondierungen Grundwasser ab 2,6 m Tiefe beobachtet.

Das Kellergeschoss liegt im Grundwasserschwankungsbereich, es ist daher aus wasserdichtem Beton als eine sogenannte weiße Wanne herzustellen.

Bei der angenommenen Gründungssohle ist bis zu einer Eintauchtiefe des Gebäudes in den Grundwasserkörper von 3,0 m nach DIN 18533 die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E – mäßige Einwirkung von drückendem Wasser anzusetzen.

Erhöht sich die Eintauchtiefe aufgrund einer tiefer liegenden Gründungssohle und/oder der Überflutung durch Sturzfluten auf über 3,0 m, ändert sich die Wassereinwirkungsklasse zu W2.2-E - hohe Einwirkung von drückendem Wasser.

5.4 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Die Baugrube für das unterkellerte Gebäude wird in der Regel bis zu 3 m tief. Punktuell, im Bereich tiefer eingeschnittener Rinnen mit Verwitterungslehm, kann sich die Tiefe der Baugrube aufgrund des erforderlichen Bodenaustausches auf bis zu 4,3 m erhöhen. Die Baugrube kann in den anstehenden Böden unter 45° frei geböscht werden, sofern es die Platzverhältnisse zulassen. Dies kann erst beurteilt werden, wenn die Lage des Gebäudes auf der Baufläche bekannt ist. 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.

Wasserhaltung

Bei der angenommenen Gründungssohle wird auch bei einem um 0,5 m erhöhten Grundwasserstand, wie er zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung herrschte, keine großflächige Wasserhaltung notwendig werden. Einzig im Bereich eines kleinräumigen Bodenaustausches kann punktuell das Absenken des Grundwasserspiegels notwendig werden. Eine Dimensionierung dieser Maßnahme kann erst mit dem Baugrubenaushub, wenn die Lage und Größe des Bodenaustausches ersichtlich ist, erfolgen.

5.5 Aushubklassen

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

Böden	Bodenklasse	Auflockerung
Verwitterungslehm	4	15 %
Kies	3	10 - 15 %
Beckenablagerungen	4	20 %

Für die Verfüllung der Arbeitsräume ist der Kies geeignet.

5.6 Homogenbereiche nach DIN 18300 2015

Die Böden sind in folgende Homogenbereiche zusammenzufassen:

	Mutterboden	Verwitterungslehm	Kies	Beckenablagerungen
Homogenbereich	O1	B1	B2	B3
Korngröße	Schluff	Schluff, Sand und Kies	Sand und Kies	Schluff und Feinsand
Massenanteil Steine und Blöcke	0 %	1 %	2 %	0 %
Dichte in kN/m ³	15	17 - 19	20 - 21	20 - 21
undrainierte Scherfestigkeit in kN/m ²	40	30 - 50	-	100 - 150
Wassergehalt	erdfeucht	erdfeucht	erdfeucht, nass	erdfeucht - feucht
Plastizitätszahl	-	15 – 20 %	-	10 – 15 %
Konsistenz	weich	weich bis steif	-	halbfest
Lagerungsdichte	-	locker	mitteldicht, locker	mitteldicht
Organischer Anteil	15 %	< 1 %	-	-
Bodengruppe	OH	GU* - UL	GU	UL – SU*

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. Auf dem Verwitterungslehm 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 Verwitterungslehm 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.

5.8 Versickerung von Niederschlagswasser

Zur Versickerung eignet sich die Rohrrigolenversickerung. Der Verwitterungslehm ist aufgrund seines hohen Feinkornanteils als nahezu undurchlässig einzustufen und ist mit der Versickerungsanlage zu durchstoßen. Die Versickerungsanlage muss mindestens 0,5 m in den Kies einbinden.

Zur Bemessung der Versickerungsanlage darf für den Kies eine Bemessungsdurchlässigkeit von $k_f = 3 \times 10^{-4}$ m/s angesetzt werden.

Der mittlere höchste Grundwasserstand wird auf MHW = 428,00 m ü NN abgeschätzt.

Dipl.- Geol. F. Ohin