

HYDROSOND

Geologisches Büro
Bernhard Krauthausen

[Hydrosond - Winnipeg Ave. B112 77836 Rheinmünster](#)

HODAPP GmbH & Co. KG
Stahltürenbau CNC-Blechtechnik
z. Hd. Herrn Hodapp
Großweierer Straße 77
77855 Achern-Großweier

- **Hydrogeologie**
Wassererschließung
Grundwassermodellierung
Schutzzonenausweisung
- **Ingenieurgeologie**
Baugrund - Gründungsberatung
Bohrtechnik - Brunnenbau
- **Umweltgeologie**
Altlasten - Deponien
Sanierungen – Rückbau
Geothermie
Regenwasserversickerung

**ERWEITERUNG DER PRODUKTIONSHALLE
UND
NEUBAU DES BÜROGEBÄUDES
DER FA. HODAPP
77855 Achern-Großweier**

BERICHT ZUR BAUGRUNDUNTERSUCHUNG

Auftrags-Nr. : 20225
Datum : 11.01.2020
Verteiler : 1 x Fa. Hodapp GmbH & Co. KG

Büro Baden-Airpark
Winnipeg Ave. B112
77836 Rheinmünster
Tel. 07229 / 697333
Fax 07229 / 697309

Büro Berg / Pfalz
Ludwigstraße 1
76768 Berg/Pfalz
Tel. 07273 / 4106
Fax 07273 / 1332

Bankverbindung:
Sparkasse GER-Kandel
IBAN: DE50 5485 1440 0001 0091 90
BIC: MALADE51KAD
mail@hydrosond.de

INHALTSVERZEICHNIS

1. Veranlassung
2. Durchgeführte Untersuchungen
3. Standort und geplantes Bauwerk
4. Untergrundverhältnisse
5. Grundwasserverhältnisse
6. Bodenmechanische Kennwerte
7. Bodendurchlässigkeit
8. Erdbeben
9. Gründung
10. Baugrube, Abdichtung, Unterfangung
11. Hinweise für die Bauausführung

ANLAGENVERZEICHNIS

- Anl. 1: Lageplan Baufenster
- Anl. 1-1 UK der Schicht 2 (Auffüllungen)
- Anl. 2: Bohrprofile der Bohrungen
- Anl. 3: Protokolle der Rammsondierungen
- Anl. 4: Laborergebnisse Bodenmechanik, Hydrosond

1. Veranlassung

Die Fa. Hodapp GmbH & Co. KG, Achern-Großweier, plant eine Erweiterung der Produktionshalle und ein Neubau des Bürogebäudes.

Das Geologische Büro HYDROSOND, Rheinmünster, wurde mit der Durchführung einer Baugrunderkundung und der Erstellung des hiermit vorgelegten Gutachtens beauftragt.

2. Standort und geplantes Bauwerk

2.1 Standortbeschreibung

Das Baufenster befindet sich innerhalb des Betriebsgeländes und unmittelbar südwestlich der Produktionshalle.



Bild 1: Bebauungsfenster

Die Bebauungsfläche ist derzeit frei von Bebauung, relativ eben und wird als Grünfläche genutzt.

2.2 Bauwerk

Die geplante Erweiterung (Halle) weist einen viereckigen Grundriss mit Seitenlängen von rd. 22 m x 60 m auf und wird an die östlichen und westlichen Seiten des Bestandes angebaut.

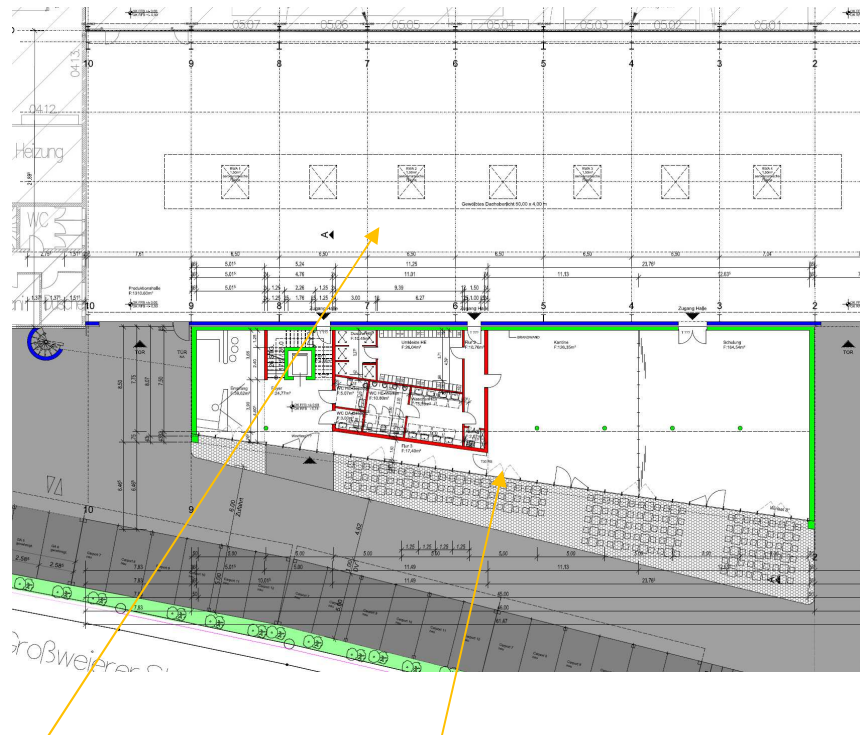


Abb. 1: Erweiterung der Halle und Neubau Bürogebäude

Das trapezförmige Bürogebäude mit Aufzugsanlage wird an die südliche Seite der Erweiterung angebaut (s. Abb. 1).

Nach Angaben der Planer soll die OK des RF-Bodens der Bodenplatte der Halle und die OK des RF-Bodens der Bodenplatte des Bürogebäudes einheitlich in der gleichen Höhe wie Bestand (RFB der Bodenplatte des Bestandes = 0,0 m = BauNull) zu liegen kommen (s. Abb. 2).

Ein Fundamentplan, Angaben zu den abzutragenden Lasten und zur Ausführung der Bodenplatte liegen noch nicht vor.

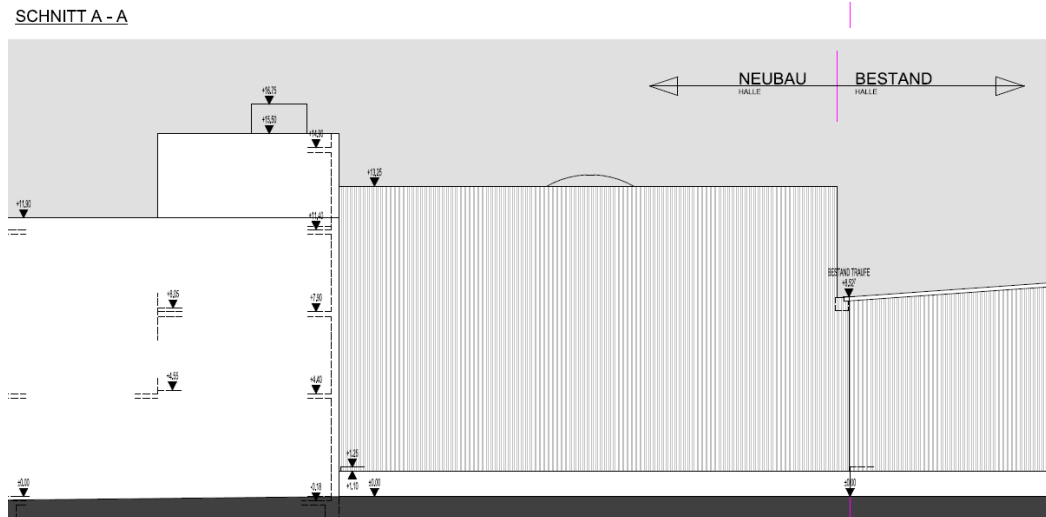


Abb. 2: Schnitt, geplanter Neubau

2.2.1 Halle

Laut Planung soll die Erweiterungshalle auf Einzelfundamente und Streifenfundamente gegründet werden. Die Bodenplatte wird „schwimmend“ verlegt, d.h. nicht tragend ausgebildet werden.

Unter Berücksichtigung der Gründung der Bestandshalle sind wir vor einer Gründungstiefe der Fundamente von 1,0 m unter BauNull (-1,0 m) ausgegangen. Demnach beträgt die Fundamenthöhe $h = 0,7$ m (s. Abb. 3).

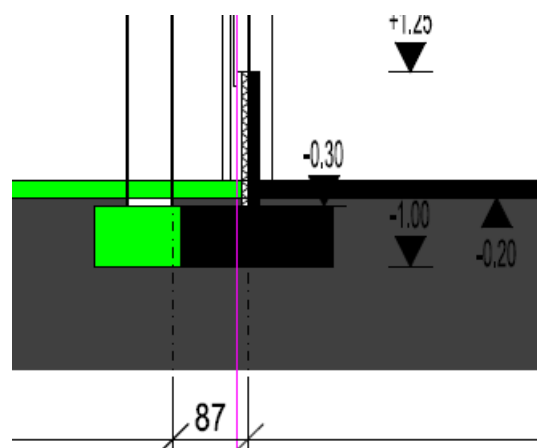


Abb. 3: Gründung Bestand

2.2.2 Bürogebäude

Die Abtragung der Lasten des Bürogebäudes soll über eine tragende Bodenplatte erfolgen, die Stützen werden auf die Bodenplatte aufgestellt.

Für die Bemessung der Bodenplatte (Bürogebäude) wurde eine einheitliche Flächenlast von 100 kN/m^2 angenommen. Bei den unseren Berechnungen gehen wir von einer Stärke der Bodenplatte von 0,3 m aus. Unter Berücksichtigung der Dicke der Sauberkeitsschicht von 0,05 m würde die UK der Bodenplatte bei rd. 0,5 m unter BauNull (-0.5 m) zu liegen kommen.

3. Durchgeführte Untersuchungen

3.1 Aufschlüsse

Zur Erkundung des Baugrundes wurden im Bereich des Baufensters insgesamt 13 Rammkernbohrungen abgeteuft, davon die Bohrungen Bk 1 – Bk 8 im Bereich der geplanten Halle und die Bohrungen Bk 9 – Bk 13 im Bereich des Bürogebäudes.

Die Erkundungstiefe der Bohrungen lag i.M. bei rd. 5,0 m u. GOK; die Bohrungen Bk 1, Bk 3, Bk 6, Bk 8 und Bk 10 wurden bis rd. 3,0 m u. GOK, d.h. bis zu dem tragfähigen Untergrund abgeteuft.

Die Lagerungsdichte der rolligen Schichten wurde durch 4 Rammsondierungen (DPH) bis in eine von Tiefe von 7,0 m u. GOK geprüft.

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse wurden nach ihrer Lage und Höhe eingemessen und können der Anlage 1 entnommen werden.

Die ingenieurgeologisch aufgenommene Schichtenfolge des Untergrundes ist gemäß DIN 4022 und DIN 4023 beschrieben. Die Ergebnisse der Bohrungen sind dem vorliegenden Bericht in Form von Bohrprofilen (Anl. 2) beigelegt.

3.2 Beprobung

Aus dem Bohrgut der Bohrungen wurden mehrere Bodenproben entnommen, die in unserem Labor geotechnisch untersucht wurden.

Tab. 1: Zusammenstellung der geotechnisch untersuchten Bodenproben

Bohrungen	Entnahmetiefe [m]	Proben	Bodenart			
				Wassergehalt	Zustandsgrenze	Kornverteilung
Bk 4	1,4 – 2,2	4,1	Schluff	x	x	x
Bk 4	2,2 – 2,6	4.2	Sand	-	-	x
Bk 4	2,6 – 5,0	4.3	Kies	-	-	x
Bk 7	2,6 – 4,8	7.1	Sand	-	-	x

x = Probe untersucht, – = Probe nicht untersucht

Weiterhin wurden zur Abdeckung der abfallrechtlichen Fragestellung (Entsorgung/ Einstufung) tiefenorientierend drei Mischproben MP 1, MP 2 und MP 3 aus den Auffüllungen der Schicht 1 gebildet.

Auf die Untersuchungen der Bodenproben wurde bauseits vorläufig verzichtet; die Mischproben wurden als Rückstellproben zurückgestellt.

4. Untergrundverhältnisse

Zusammengefasst lässt sich der Baugrund im Bereich der geplanten Bebauung in mehrere charakteristische Untergrund-/Homogenbereiche (von oben nach unten) unterteilen, die sich in ihrer Mächtigkeit, räumlichen Ausdehnung und Kornzusammensetzung unterscheiden:

- 1: Oberboden / Homogenbereich A
- 2: Auffüllungen / Homogenbereich B
- 4: Schluffe / Homogenbereich C
- 5: Feinsande / Homogenbereich D
- 6: Kiese / Homogenbereich E

4.1 Oberboden – Homogenbereich A

Die humosen Schluffe des Oberbodens wurden in einer Mächtigkeit von ca. 0,2 bis 0,3 m erbohrt. Im Bereich der Bohrungen Bk 1, Bk 5 (Zufahrt) und Bk 4, Bk 8 (PKW-Parkplatz) ist die Oberfläche gepflastert.

Die sandigen, schwach tonigen Schluffe des Oberbodens können der **Bodengruppe OU** zugeordnet werden.

4.2 Auffüllungen – Homogenbereich B

In allen Bohrungen wurden unmittelbar unter der Schicht 1 Auffüllungen angetroffen.

Die Unterkante der Auffüllungen liegt in den Bohrungen zwischen 0,6 m und 2,6 m u. GOK, bezogen auf BauNull zwischen -0,7 m und -2,6 m. Die Mächtigkeit der Auffüllungen variiert zwischen 0,4 m und 2,5 m.

Anhand der Zusammensetzung der Auffüllungen wurden diese in drei Homogenbereiche:

B-1 (kiesige Auffüllungen – Unterbau der Pflasterdecke), **B-2** (Schluffige Auffüllungen mit Bauschutt) und **B-3** (Kiesige Auffüllungen mit Bauschutt) unterteilt.

Die kiesigen, sandigen (ohne Fremdanteil) Auffüllungen (**Homogenbereich B-1**) wurden in den Bohrungen Bk 1, Bk 4, Bk 5 und Bk 8 erbohrt.

Dabei liegt die UK der Auffüllungen in den Bohrungen Bk 1, Bk 8 bei 0,7/0,9 m u. GOK, bzw. 0,7/0,9 m unter BauNull. Es handelt sich hier um den Unterbau der Pflasterdecke.

In den Bohrungen Bk 4 und Bk 5 sinkt die UK des Homogenbereichs B1 bis in eine Tiefe von ca. 1,4 (Bk 4) und 2,6 (Bk 5) m u. GOK, bzw. bis 1,4/2,6 m unter BauNull. Es handelt sich hier u.E. um die Arbeitsraumverfüllungen des Bestandsfundaments (Bk 4) und des Heizöltanks (Bk 5).

Die kiesigen Auffüllungen können der **Bodengruppe GW** zugeordnet werden.

Die schluffigen Auffüllungen (**Homogenbereich B-2**) mit Bauschuttbeimengungen wurden in den Bohrungen Bk 6 – Bk 12 festgestellt.

Die UK des Homogenbereichs B-2 schwankt in den Bohrungen zwischen 1,1 m und 1,5 m u. GOK, bezogen auf BauNull zwischen -0,9 m und -1,1 m. Die Mächtigkeit dieser Auffüllungen liegt i.M. bei rd. 1,0 m.

Aus geotechnischer Sicht können die grauen sandigen, kiesigen Schluffe mit Beimengungen von Ziegel-/Asphaltresten und Schlacke (Bauschutt) der **Bodengruppe GÜ** (DIN 18196) zugeordnet werden.

Die kiesigen Auffüllungen (**Homogenbereich B-3**) wurden in den Bohrungen Bk 3, Bk 9 und Bk 13 erbohrt. In der Bohrung BK 9 wurden sowohl die schluffigen wie auch die kiesigen Auffüllungen dieser Schicht festgestellt.

In den Bohrungen Bk 3 und Bk 13 liegt die UK des Homogenbereichs B-3 bei 0,9/1,1 m u. GOK, bzw. zwischen 0,9 m und 1,3 m unter BauNull.

In der Bohrung Bk 9 sinkt die UK der Auffüllungen bis 2,0 m u. GOK, bezogen auf BauNull bis -1,9 m.

Damit schwankt die Mächtigkeit der Auffüllungen zwischen 0,7 m und 1,8 m.

Aus geotechnischer Sicht wurden die grauen sandigen, schluffigen Kiese mit Bauschuttbeimengungen der **Bodengruppe GU** (DIN 18196) zugeordnet.

4.3 Schluffe – Homogenbereich C

Die bindigen Ablagerungen (Schluffe) der Schicht 3 wurden in allen Bohrungen – außer in den Bohrungen Bk 5 und Bk 8 - in stark wechselnden Mächtigkeiten erbohrt.

Die UK der Schicht schwankt zwischen ca. 1,1 m (Bk 13) und 2,7 m (Bk 10, Bk 11) u. GOK; bezogen auf BauNull liegt die UK der Schicht zwischen -1,1 m und -2,4 m. Die Mächtigkeit der Schicht schwankt zwischen 0,3 m (Bk 13) und 1,6 m (Bk 11).

Es handelt sich hier um sandige bis stark sandige Schluffe, die eine steife Konsistenz aufweisen. Die Schluffe sind der **Bodengruppe UL** (DIN 18196) zuzuordnen.

4.4 Feinsande – Homogenbereich D

Die Feinsande wurden in allen Bohrungen – außer in der Bohrung Bk 10 - ab UK der Schicht 3 erbohrt.

In den Bohrungen Bk 1 – Bk 4 wurde die UK der Sandschicht relativ einheitlich bei rd. 2,5 m u. GOK festgestellt, bezogen auf BauNull liegt die UK der Sande i.M. bei -2,5 m. Die Mächtigkeit der Sandschicht variiert hier zwischen 0,2 m und 0,6 m.

In den Bohrungen Bk 5, Bk 6, Bk 7 und Bk 13 wurde die UK der Schicht zwischen 2,9 m und 3,3 m u. GOK erbohrt, damit bezogen auf BauNull liegt die UK der Sande i.M. bei -3,0 m. Die Mächtigkeit der Schicht liegt hier zwischen 0,5 m und 1,2 m.

In den Bohrungen Bk 7, Bk 9 und Bk 11, Bk 12 sinkt die UK der Sandschicht bis rd. 4,5/4,8 m u. GOK, bezogen auf BauNull liegt die UK der Sande einheitlich bei rd. -4,4 m.

Im Bereich dieser Bohrungen steigt die Mächtigkeit der Sandschicht auf rd. 2,0 m an.

Nach den Schlagzahlen der Rammsondierungen sind die Sande – mit Schlagzahlen i.M. von 10 Schläge je 10 cm Eindringungstiefe – durchgehend mitteldicht gelagert.

Die sandigen Ablagerungen der Schicht 4 sind nach DIN 18196 der Bodengruppen SU und SE zuzuordnen; aus geotechnischer Sicht wurden die Sande jedoch von uns einheitlich der **Bodengruppe SE** zugeordnet.

4.5 Kiese – Homogenbereich E

Die Kiese der Schicht 5 wurden in allen Bohrungen angetroffen.

Die grauen, sandigen und wasserführenden Kiese halten bis zur Endtiefe der Bohrungen (>5,0 m u. GOK) durch. Mit den Rammsondierungen wurden die Kiese bis ca. 7,0 m u. GOK festgestellt; nach den Schlagzahlen sind die Kiese in oberen Tiefenbereich je locker gelagert, ab ca. 6,0/6,5 m u. GOK sind die Kiese mitteldicht gelagert.

Die kiesigen Ablagerungen der Schicht 5 wurden von uns einheitlich der **Bodengruppe GI** zugeordnet.

5. Grundwasserverhältnisse

Aufgrund geringer Standfestigkeit der Bohrlöcher konnte das Grundwasser nur in den Bohrungen Bk 2 und Bk 9 gemessen werden. Bei dem vorliegenden Untergrundaufbau ist u.E. im Bereich des Baufensters mit gespannten Grundwasserverhältnissen zu rechnen.

Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurde der Grundwasserspiegel bei ca. 3,3 m u. GOK in der Bk 2 und bei 3,9 m u. GOK gemessen. Bezogen auf BauNull würde der Grundwasserspiegel i.M. bei -3,5 m liegen werden.

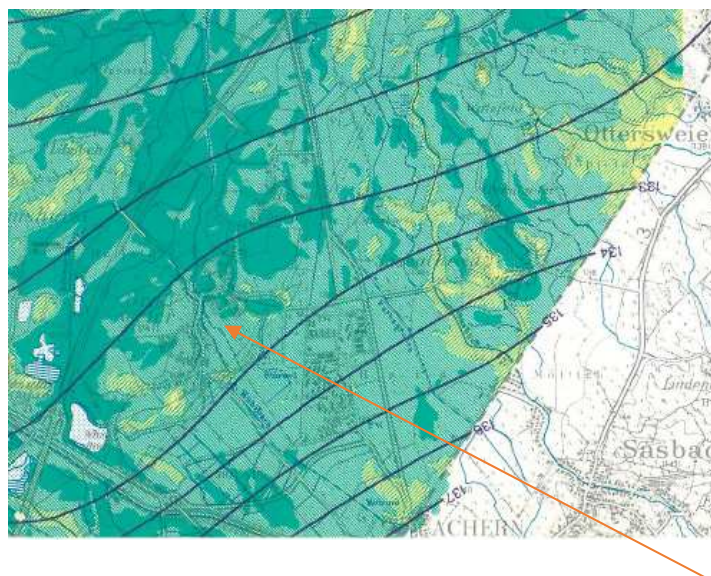


Abb. 4. Grundwassersituation, Grundwassergleichen MGW 1969, Baufenster

Aus der Grundwassergleichenkarte ergibt sich – im Bereich des Baufensters - ein mittlerer Grundwasserstand von rd. 132,5 mNN.

Es ist auch nicht auszuschließen, dass das Grundwasser im Untersuchungsbereich auf die Vorflut „Dohlegraben“ eingestellt ist. Demnach würden die Grundwasserstände mit dem Oberflächenwasser im „Dohlegraben“ korrespondieren. Dadurch kann der Grundwasserspiegel u.E. deutlich über die in den Bohrungen ermittelten Werte ansteigen. Nach Angaben des Hochwasser Risikomanagement Baden-Württemberg ist die Bebauungsfläche durch Überflutung direkt nicht betroffen (s. Abb. 5).

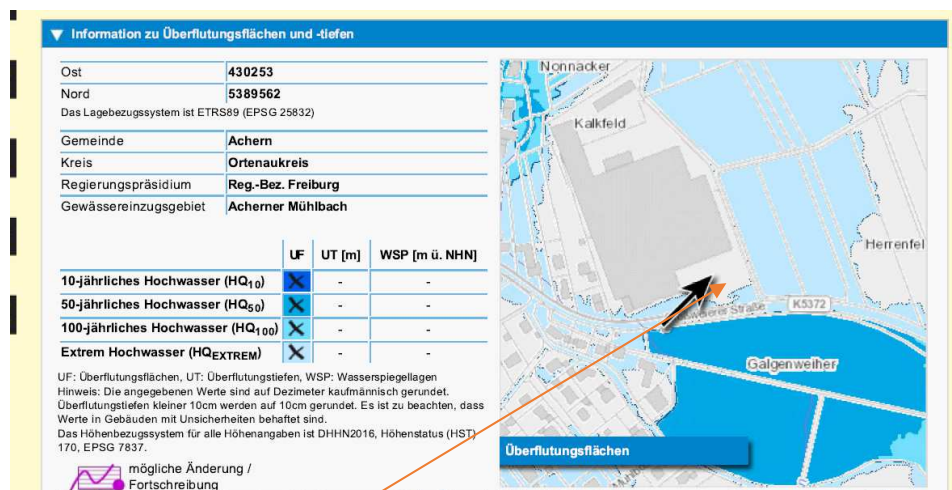


Abb. 5: Hochwassersituation, Baufenster

Allerdings würde bei Hochwasser Extrem (HQ_{extrem}) das Wasser bis in eine Höhe von rd. 134,80 mNN ansteigen und es würde unmittelbar die südliche Grenze des Bauwerks erreichen.

Damit wäre im Bereich des Baufensters mit einem Bemessungswasserstand von mindestes 134,80 mNN zu rechnen.

6. Niederschlagsversickerung

Der Boden im Baugebiet ist im Tiefenbereich der Schicht 3 (Schluffe) als schwach durchlässig einzustufen. Erfahrungsgemäß besitzen die Schluffe der Bodengruppe UL eine Durchlässigkeit von $k_f = n \times 10^{-6}/10^{-7} \text{ m/s}$.

Nach der Kornverteilung wurde ein Durchlässigkeitsbeiwert von $3,2 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ ermittelt. Weiterhin ist das Bebauungsfenster durch die flächigen Auffüllungen in einer Mächtigkeit i.M. von rd. 1,5 m überdeckt; für eine Niederschlagsversickerung über die Auffüllungen ist eine Genehmigung der Behörde erforderlich.

Damit sind u.E. die Versickerungsmöglichkeiten über die oberflächennahen bindigen Deckschichten als ungünstig einzustufen.

In allen Bohrungen wurden die Sande i.M. ab rd. 2,5 m u. GOK und die sandigen Kiese i.M. ab rd. 3,5 m u. GOK erbohrt. Die Sande und die Kiese sind mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 10^{-4} \text{ bis } 10^{-5} \text{ m/s}$, als durchlässig einzustufen; sie wären somit für eine Versickerung am besten geeignet.

Anmerkung: Für die Versickerung von Niederschlägen eignen sich i.d.R. Böden mit Durchlässigkeiten zwischen $5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ und $5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$. Je geringer die Durchlässigkeit eines Bodens ist, umso größer ist der Flächenbedarf für die Versickerung bzw. umso mehr Speicherraum muss zur Verfügung gestellt werden.

Daher kann überlegt werden, Niederschlagswässer über eine Mulden-Rigolen-Versickerung ohne längeren Rückstau in den tieferen Untergrund abzuleiten, allerdings ist der erforderliche Abstand ($> 1,0 \text{ m}$) zwischen Versickerungssohle und mittleren höchsten Grundwasserspiegel (**MHWG**) unbedingt einzuhalten.

7. Bodenmechanische Kennwerte

Die Ansprache der Böden erfolgte nach DIN 18196, die der Bodenklassen nach DIN 18300. Die Klassifikation der Frostepfindlichkeit von Bodenarten wurde nach ZTVE-STB 09 vorgenommen.

Tab. 2: Charakteristische Bodenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngrößen

Schicht	Bodenart	Konsistenz/ Lagerungsdichte	Wichte, erdfeucht γ [kN/m ³]	Reibungs- winkel ϕ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Steifemodul Es [MN/m ²]
Schicht 1	OU	-	-	-	-	-
Schicht 2	GU/GÜ	-	-	-	-	-
Schicht 3	UL	steif	20,5	27,5	4	9
Schicht 4	SE	mitteldicht	20,0	32,5	-	40
Schicht 5	GI	locker	21,0	32,5	-	50

Tab. 3: Geotechnische Klassifizierung des Baugrundes

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Bodenklasse DIN 18300	Frostempfindlichkeits- klasse ZTVE-09	Verdichtbarkeits- klasse ZTVE-09
Schicht 1	OH	1	F3	-
Schicht 2	GU/GÜ	3/4	F3	-
Schicht 3	UL	4	F3	V3
Schicht 4	SE	3	F1	V2
Schicht 5	GI	3	F1	V1

Anmerkung: Die o.g. genannten Bodenklassen nach DIN 18300 gelten nur für das Lösen des Bodens bzw. für Aushubarbeiten. Die Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Bodenarten wurde nach ZTVE-StB 09 vorgenommen:

F1 – nicht frostempfindlich, F2 – gering bis mittel frostempfindlich, F3 – sehr frostempfindlich

8. Erdbeben

Das Baugelände befindet sich nach DIN 4149, 2005-04 und der darin enthaltenen Karte der Erdbebenzonen im Bereich der **Erdbebenzone 1**.

Nach den Untersuchungen ist der Baugrund im Bereich des Baufensters der **Baugrundklasse C** zuzuordnen.

Der Einfluss der örtlichen geologischen Untergrundverhältnisse auf die Erdbebeneinwirkung ist durch drei Untergrundklassen **R**, **T** und **S** zu berücksichtigen.

Nach DIN 4149, 2005-04, Bild 3, liegt das Baufenster in der **Untergrundklasse S**.

9. Gründung

Bei der Bodenplattenstärke **der Halle** von 0,20 m und einer Sauberkeitsschicht von 0,05 m würde die UK-Bodenplatte bei rd. 0,3 m unter BauNull (-0,3 m) liegen.

Demnach würde die Sohle der Fundamente ($h = 0,7 \text{ m}$) bei rd. $1,0 \text{ m}$ unter BauNull ($-1,0 \text{ m}$) liegen.

Bei der Bohrung Bk 8 wäre unter Berücksichtigung der Geländehöhe von rd. $\pm 0,0 \text{ m}$ (Bk 1- Bk 8) und ca. $0,4 \text{ m}$ über BauNull ($+0,4 \text{ m}$) nach der erforderlichen Abschiebung des Oberbodens und der Pflasterdecke:

- im Bereich um die Bohrungen Bk 1 – Bk 6 und Bk 8 eine zusätzliche Geländeabschiebung von nur rd. $0,1 \text{ m}$ erforderlich;
- im Bereich um die Bohrungen Bk 7 und Bk 8 – südöstlicher Bereich des Baufensters – eine zusätzliche Geländeabschiebung von rd. $0,5 \text{ m}$ erforderlich.

Die Lasten **des Bürogebäudes** werden über eine tragende und elastisch gebettete Bodenplatte abgetragen. Bei dieser Art der Gründung sind wir von der Stärke der Bodenplatte von $0,3 \text{ m}$ und Dicke der Sauberkeitsschicht von $0,05 \text{ m}$ ausgegangen. Demnach würde die UK der Bodenplatte bei rd. $0,5 \text{ m}$ unter dem BauNull liegen.

Daher wäre es hier nach der erforderlichen Abschiebung des Oberbodens:

- im Bereich um die Bohrungen Bk 1 – Bk 6 und Bk 8 eine zusätzliche Geländeabschiebung von nur rd. $0,1 \text{ m}$ erforderlich;
- im Bereich um die Bohrung Bk 7 – südöstlicher Bereich des Baufensters – eine zusätzliche Geländeabschiebung von rd. $0,5 \text{ m}$ erforderlich.

9.1 Bewertung der Untergrundverhältnisse

- o Die **Schicht 1** ist aufgrund fehlender Tragfähigkeit für eine Gründung generell nicht geeignet und muss ohnehin bei den Baumaßnahmen ausgehoben werden.
- o Die Ablagerungen der **Schicht 2 (Auffüllungen)** können u.E. als bedingt tragfähig eingestuft werden.

Bei Abtragung der Lasten über Einzel-Streifenfundamente sind diese jedoch unter der Sohle der Fundamente vollständig auszuheben und ggf. zu ersetzen.

Da die Bodenplatte der Halle „schwimmend“ verlegt werden soll, d.h. nicht tragend ausgebildet, können u.E. die Auffüllungen unter einer Bodenplatte und damit im Untergrund verbleiben.

- o Die Schluffe der **Schicht 3** besitzen durchgehend eine steife Konsistenz und können daher eventuell als Gründungsebene der Fundamente dienen. Allerdings – bei sehr unterschiedlicher Mächtigkeit der Schluffe unter der Sohle der Fundamente - ist bei Abtragung der Lasten in die Schluffe mit Setzungsdifferenzen zu rechnen.
Bei Abtragung der Lasten über eine tragende Bodenplatte (Bürogebäude) können die Schluffe der Schicht 4 unter der Bodenplatte verbleiben.
- o Die rolligen Ablagerungen der **Schicht 4** und **Schicht 5** (Sande, Kiese) sind als gut tragfähiger Untergrund einzustufen. Allerdings ist - je nach Tiefenlage der OK der Sande/Kiese - eine direkte Abtragung der Lasten in die Sande mit zusätzlichen Maßnahmen (z.B. Bodenaustausch, Magerbetonpfeiler) verbunden.

9.2 Erweiterung der Produktionshalle

Für die Abtragung der Lasten der Erweiterung der Produktionshalle wurde von uns zwei Möglichkeiten der Gründung erläutert:

- Variante 1: Abtragung der Lasten über Auffüllungen und Schluffe
- Variante 2: Abtragung der Lasten über Magerbetonaustausch in die Sande, bzw. Kiese

9.2.1 Variante 1

Bei der vorgesehenen Gründungstiefe der Fundamente von 1,0 m unter BauNull würden die Bauwerklasten teilweise in die Auffüllungen der Schicht 2 und z.T. in die Schluffe der Schicht 3 abgetragen werden.

Diese Art der Gründung wäre mit Setzungen und Setzungsdifferenzen verbunden, da:

- o die UK der Schicht 2 bzw. Schicht 3 schwankt zwischen ca. 0,6 m unter BauNull und ca. 2,6 m unter BauNull; demzufolge würde auch der erforderliche Bodenaustausch der Auffüllungen sehr unterschiedlich ausfallen, was zu unterschiedlichen Setzungen führen würde;
- o die Mächtigkeit der unter der Sohle der Fundamente verbleibenden Schluffe stark variiert, würden daher zusätzlichen Setzungsunterschiede auftreten.

Die Ergebnisse der Berechnungen belegen, dass für die Fundamente mit Abmessungen ($a = b = 1,5 \text{ m}$) und einer eingesetzten Last von 2.000 kN die rechnerischen Setzungen zwischen **$s = 2,0 \text{ cm}$ und $s = 5,0 \text{ cm}$** liegen würden.

Demnach wird die Gründungsvariante mit Abtragung der Lasten über die Auffüllungen nicht empfohlen und nicht weiterverfolgt.

9.2.2 Variante 2

Bei dieser Art der Gründung müssen die Auffüllungen und die Schluffe vollständig unter der Sohle der Fundamente ausgehoben werden und durch Magerbeton ersetzt werden.

Unter der Bodenplatte können die Auffüllungen jedoch verbleiben.

Nach den Ergebnissen der Bohrungen liegt die OK der Sandschicht ca. 2,0 und 2,5 m unter BauNull, d.h. die Magerbetonplomben müssen bis zu der OK der Sandschicht geführt werden.

Bei Abtragung der Lasten in die Sande - über Magerbetonpfeiler - kann folgende zul. Bodenpressung $[\sigma_0]$, bzw. Bemessungswert des Sohlwiderstandes $[\sigma_{R,d}]$ zugrunde gelegt werden:

- o Einzelfundamente ($a = b = 1,5 \text{ m}$, $h = 0,7 \text{ m}$, $d^* = 2,0 \text{ m}$)

$$\sigma_0 = 461,5 \text{ kN/m}^2; \sigma_{R,d} = 645,8 \text{ kN/m}^2$$

*d = Einbindungstiefe

Unter Einsatz der o.g. Sohlpressung und bei Abtragung der Lasten über die Pfeiler kann mit rechnerischen Setzungen von $s \leq 1,0 \text{ cm}$ gerechnet werden.

- o Streifenfundamente ($b = 0,8 \text{ m}$, $h = 0,7 \text{ m}$, $d = 2,0 \text{ m}$)

$$\sigma_0 = 310,0 \text{ kN/m}^2; \sigma_{R,d} = 434,0 \text{ kN/m}^2$$

*Bei den Berechnungen wurde mögliche Beeinflussung des Grundwassers berücksichtigt

Um das Aushubvolumen - bei der Herstellung der Streifenfundamente - geringer zu halten, kann in Erwägung gezogen werden, die Lasten aus den Streifenfundamente auch über einzelne Pfeiler in den tieferen Untergrund abzutragen. In diesem Fall werden die Streifenfundamente auf die Pfeiler aufgelegt, die Fundamente müssen dabei als elastisch gebettete Balken bemessen.

Bei Abtragung der Lasten in die Sande, bzw. Kiese können für die Vorbemessungen der Fundamente nach EC 7.1 (2011) und nach DIN 1054:2010, Tabelle A 6.2, folgende Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ zugrunde gelegt werden:

Tabelle A 6.2 — Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands für Streifenfundamente auf nichtbindigem Boden auf der Grundlage einer ausreichenden Grundbruchsicherheit und einer Begrenzung der Setzungen mit den Voraussetzungen nach Tabelle A 6.3

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands					
	kN/m ²					
	b bzw. b'					
m	0,50 m	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m
0,50	280	420	460	390	350	310
1,00	380	520	500	430	380	340
1,50	480	620	550	480	410	360
2,00	560	700	590	500	430	390
bei Bauwerken mit Einbindetiefen $0,30\text{ m} \leq d \leq 0,50\text{ m}$ und mit Fundamentbreiten b bzw. $b' \geq 0,30\text{ m}$	210					
ACHTUNG — Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohlrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.						

Anmerkung: Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ nach EC 7-1, Tabelle A 6.2 gilt für den Fall, dass der Abstand zwischen Grundwasserspiegel und Gründungssohle mindestens so groß ist wie die maßgebende Fundamentbreite b .

Liegt der Grundwasserspiegel im Bereich der Gründungssohle, müssen die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes um 40% verringert werden.

Bei den auf Grundlage der Tabelle A 6.2 bemessenen Fundamenten können bei mittiger Belastung Setzungen in einer Größenordnung von $s = 1,0/1,5 \text{ cm}$ auftreten.

9.2.3 Bodenplatte

Bei Abtragung der Lasten über die Einzelfundamente wird die Bodenplatte „schwimmend“ verlegt und damit mit den Fundamenten nicht kraftschlüssig verbunden.

Ein zusätzlicher Bodenaustausch unter der Bodenplatte ist u.E. nicht erforderlich.

Bei den Auffüllungen der Schicht 2 handelt es sich um nicht frostsicheres Material, daher ist für die geplante Bodenplatte auf die Frostsicherheit zu achten, ggf. sind Frostschrägen vorzusehen.

Bei den angetroffenen Verhältnissen wäre u.E. wie nachfolgend dargestellt vorzugehen:

- o zunächst ist der Oberboden (Schicht 1) abzuschleifen,
- o durch ein leichtes Gefälle des Geländes und aufgrund unterschiedlicher Mächtigkeit der Oberbodenschicht und der dadurch unterschiedlichen Tiefe der Oberkante der Schicht 2 würde die OK des Planums im nördlichen Bereich des Baufensters höher und im südlichen tiefer liegen,
- o daher muss anschließend eine einheitliche Arbeitsebene hergestellt werden: dafür könnte das im nördlichen Bereich anfallende und überschüssige Material der Schicht 2 für die Herstellung der einheitlichen Arbeitsebene im südlichen Bereich verwendet werden,

- o anschließend sollte die Arbeitsebene nachverdichtet werden,
- o falls erforderlich, ist Differenz zwischen Planum der Arbeitsebene und UK der Bodenplatte mit verdichtungsfähigem Material aufzuschütten,
- o vor der Aufbringung der Sauberkeitsschicht wäre es sinnvoll, eine Folie zu verlegen.

Gemäß RStO 12 (Betondecke) wäre auf der Oberfläche der Tragschicht ein Verformungsmodul von mindestens $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

9.3 Bürogebäude, Bodenplattengründung

Bei dieser Art der Gründung würden die Wände auf eine Fundamentplatte aufgestellt, die als elastisch gebettete Platte ausgebildet werden muss.

Unter Berücksichtigung einer Bodenplattenstärke von 0,30 m, Sauberkeitsschicht von 0,05 m und dem Bodenaufbau von 0,15 m (Estrich, Bodenbelag) würde die UK der Bodenplatte bei rd. 0,5 m unter dem BauNull zu liegen kommen.

Demnach würden die Lasten aus der Bodenplatte – nach Abschiebung des Oberbodens - auch hier in die Auffüllungen und die Teilweise direkt in die Schluffe der Schicht 3 abgetragen werden.

Um die zu erwartenden Setzungen zu minimieren, wäre es u.E. sinnvoll, vor Aufbringung der erforderlichen Aufschüttung (Differenz zwischen Planum – UK Bodenplatte) das hergestellte Planum durch eine Kalk-Zement-Zumischung zu verfestigen. Vor der Aufschüttung wäre das hergestellte Planum danach durch ein Geotextil (200/250 g/m²) zu schützen.

Für die Berechnungen wurde von uns eine Befestigung des Untergrundes in einer Mächtigkeit von 50 cm angenommen, dabei wurde für diese Schicht ein Steifenmodul von $E_s = 50 \text{ kN/m}^2$ eingesetzt.

Für die unter der Bodenplatte verbleibenden Auffüllungen und Schluffe wurde ein Steifemodul von $E_s = 9,0 \text{ kN/m}^2$ angenommen.

Für die Vorbemessung der Platte nach dem Bettungsmodulverfahren (Annahme Flächenlast = 100 kN/m²) ergaben die Berechnungen folgende rechnerischen Setzungen und entsprechenden Bettungsmoduli:

- **s = 1,7 cm** (Rand der Bodenplatte) und **s = 2,4 cm** (Mitte der Bodenplatte)
- **k_s = 6,6 MN/m³** (Rand der Bodenplatte) und **k_s = 4,5 MN/m³** (Mitte der Bodenplatte)

Im Bereich der Stützen - je nach Lasten - wäre es sinnvoll, eine Verstärkung der Bodenplatte (Vouten) vorzusehen. Für diese Bereiche ergaben die Berechnungen folgende rechnerische Setzungen (Stützenlast 1.000 kN) und Bettungsmoduli:

- **s = 2,3 cm** und **k_s = 5,1 MN/m³**

Für die Voute – in der Bodenplatte - mit Abmessungen 1,5 x 1,5 m (unten) und h = 0,5 m kann folgende zul. Bodenpressung [σ_0] und als Bemessungswert des Sohlwiderstandes [$\sigma_{R,d}$] angenommen werden:

- **$\sigma_0 = 183,6 \text{ kN/m}^2$; $\sigma_{R,d} = 257,0 \text{ kN/m}^2$**

9.4 Gründungsempfehlungen

Anhand der Berechnungen kann u.E. die geplante Gründungsart für die Halle und des Bürogebäudes beibehalten werden.

9.4.1 Halle

Die Abtragung der Einzellasten in die Auffüllungen (Variante 9.2.1) kann grundsätzlich nicht empfohlen werden.

Bei der Gründung der Fundamente in die Sande der Schicht 4 (Variante 9.2.2) liegen die rechnerischen Setzungen im zulässigen Bereich. Für eine Optimierung der Bemessung der Fundamente wären jedoch Setzungs- und Grundbruchberechnungen mit den tatsächlichen Lasten, bzw. entsprechend dem Lastenplan, durchzuführen.

9.4.2 Büro

Bei Abtragung der Lasten – Flächenlast 100 kN/m² - liegen die rechnerischen Setzungen für die Plattengründung im zulässigen Bereich, größere Setzungsdifferenzen sind u.E. nicht zu erwarten.

Allerdings wäre es sinnvoll, den oberen Tiefenbereich der Auffüllungen durch Kalk-Zement Zumischung zu verfestigen, ein zusätzlicher Bodenaustausch ist u.E. nicht erforderlich.

Die errechneten Bettungsmoduli liegen zwischen $4,5 \text{ MN/m}^3$ und $6,6 \text{ MN/m}^3$. Für die Bemessung der Bodenplatte wäre es – bei diesen Untergrundverhältnissen - u.E. sinnvoll, ein einheitliches Bettungsmodul zu verwenden. Dabei sollte $k_s = 4,5 \text{ MN/m}^3$ nicht überschritten werden.

Es ist hinzuweisen, dass bei dieser Art der Gründung muss die Frostsicherheit des Bauwerks gewährleistet werden.

10. Baugrube, Abdichtung, Unterfangungen

10.1 Baugrube

Die Bodenklassen der zu lösenden Böden sind im Abschnitt 6 genannt.

Beim Aushub der Baugrube werden Bodenmaterial der Schicht 1 (Oberboden) und die Auffüllungen der Schicht 2 anfallen.

Die Böschung kann bis in eine Tiefe von nur 1,25 m mit einem Böschungswinkel von 90° angelegt werden.

Die Böschungen innerhalb der Schichten 1 und 2 sind nicht steiler als 45° auszuführen; innerhalb der Schicht 3 können diese nach DIN 4124 mit einer Neigung von 60° abgebösch werden.

Alle Böschungen sind gegen Niederschlag mit Baufolie abzudecken. Außerdem ist darauf zu achten, dass die Böschungsschultern über eine Breite von mindestens 1,5 m lastfrei gehalten werden.

10.2 Abdichtung

Bezogen auf das Baufenster ist mit einem Bemessungswasserstand von rd. 134,80 mNN zu rechnen.

Demzufolge wären die erdberührenden Bauteile:

- o Bodenplatte und erdberührende Wände gemäß DIN 18533-1 gegen Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser, Klasse W1.1-E, abzudichten
- o Fundamente gemäß DIN 18533-1 gegen drückendes Wasser, Klasse W2.1-E (Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser $\leq 3,0 \text{ m}$ Eintauchtiefe), abzudichten

10.3 Unterfangungen

Die geplante Erweiterung wird westlich und nördlich unmittelbar an den Bestand (Betriebshalle, Büro) angebaut.

Die Gründungstiefe des Neubaus liegt im Bereich des Bürogebäudes eventuell höher als die des Bestandes.

Demnach müssen die Fundamente der Erweiterung entlang des Bestandes mindestens bis in die gleiche Tiefe geführt werden, d.h. die Magerbetonplombe des Fundaments muss zu der UK der Gründung des Bestandes ausgeführt werden.

Im Bereich der Betriebshalle (Bestand) sind die Fundamente der Erweiterung unmittelbar an die Fundamente des Bestandes platziert, demnach wäre hier eventuell mit Unterfangungen der Bestandsfundamente zu rechnen.

Die Grundbruchsicherheit der Unterfangungen muss durch entsprechende Berechnungen nachgewiesen werden.

11. Hinweise und Empfehlungen für die Bauausführung

Die Bodenklassen der zu lösenden Böden sind im Abschnitt 6 genannt.

Bei der Bauausführung der Aufschüttung ist zu beachten, dass die bindigen Böden nässe- und frostempfindlich sind und unter dynamischer Belastung ihre Konsistenz verändern. Aus diesem Grund dürfen die Gründungssohlen im nassen Zustand weder betreten noch befahren werden.

Bezüglich der Aufschüttung verweisen wir auf die Empfehlungen und Vorschriften des Arbeitskreises "Baugruben" (EAB) und der ZTVE-StB 09.

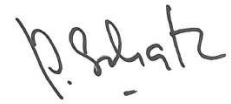
Allerdings ist bei der Auswahl des Materials auf die Frostsicherheit und Tragfähigkeit des Materials zu achten. Für die Überschüttung der Fläche sind u.E. grobkörnige Böden der Gruppen GW, GI, GE am besten geeignet.

Die genannten Stoffe müssen verwitterungsunempfindlich sein und dürfen keine quellfähigen, zerfallsempfindlichen oder bauwerksaggressiven Bestandteile enthalten.

In den wiederverfüllten und überschütteten Bereichen ist der erreichte Verdichtungsgrad mittels Plattendruckversuchen (DIN 18134) in unterschiedlichen Einbauniveaus zu überprüfen.

Die hier getroffenen Aussagen, Vorgaben und Empfehlungen beruhen auf den punktuellen Bohrungen. Daher sind die getroffenen Annahmen über die Untergrundverhältnisse während der Erdarbeiten durch den Baugrundgutachter auf Übereinstimmung zu überprüfen.

Gez. Doz. B. Krauthausen
- Dipl.-Geologe -



P. Schatz
- Dipl.-Ing. -