



Baugrunduntersuchung, Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Bauvorhaben: Teilneubau Betriebshof
Goethestr. 16
33330 Gütersloh

Bauherr: Stadt Gütersloh

Bearbeitungs-Nr.: 12.899

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Marjeh

Verteiler: Stadt Gütersloh
Technisches Gebäudemanagement
Kaiserstr. 5
33330 Gütersloh

Borgholzhausen, den 06.08.2026

Zeichen: 12899 Teilneubau Betriebshof, Goethestr. 16 in 33330 Gütersloh

Hesselteicher Str. 71
33829 Borgholzhausen

Telefon: 05425 / 94 42 - 0
Fax: 05425 / 94 42 - 44
info@erdbaulabor-schemm.de

Inhalt

1	Vorgang und Bauvorhaben.....	4
2	Unterlagen.....	4
3	Art, Umfang und Zeitpunkt der Untersuchungen	5
4	Baugrundaufbau.....	8
5	Ergebnisse der Rammsondierungen	9
6	Grundwasser	10
7	Bezeichnung der Böden und bodenmechanische Kennwerte	12
8	Homogenbereich nach DIN 18320 (Landschaftsbauarbeiten).....	15
8.1	Homogenbereiche nach DIN 18300 (Erdarbeiten)	16
9	Folgerungen für die Gründung	18
9.1	Allgemeines.....	18
9.2	Baugrundbeurteilung.....	19
9.3	Gründung vom nicht unterkellerten Neubau	20
9.4	Unterkellertes bzw. teilunterkellertes Neubau	22
10	Bauwerksabdichtung, Auftriebssicherung, Dränagen	23
10.1	Nicht unterkellertes Neubau.....	23
10.2	Unterkellertes bzw. teilunterkellertes Neubau	24
11	Baugrube und Wasserhaltung	24
12	Befestigung der Außenanlagen	25
12.1	Belastungsklasse	25
12.2	Frostempfindlichkeitsklasse/erforderliche Dicke des Oberbaus	26
12.3	Tragfähigkeit des Planums.....	27
12.4	Verkehrsflächen der Belastungsklasse Bk0,3	27
12.5	Verkehrsflächen der Belastungsklasse Bk 1,0	29

12.6	Verkehrsflächen der Belastungsklasse bis Bk1,8.....	30
12.7	Verkehrsflächen der Belastungsklasse bis Bk3,2.....	31
13	Beurteilung der Möglichkeit einer Regenwasserversickerung.....	32
14	Orientierende abfalltechnische Untersuchungen	33
14.1	Bewertung nach der Ersatzbaustoffverordnung	33
14.2	Bewertung nach der LAGA M20 2004, TR-Boden.....	36
14.3	Bewertung nach der Deponieverordnung (DepV) 2020.....	37
15	Zusammenfassung, Weiteres	38

Anlagen

1	Körnungslinien	
2	Lageplan	M. 1: 1000
3.0 – 3.2	Profilschnitte und Widerstandsdiagramme	M. 1: 50

Anhang

Probenahmeprotokolle nach der LAGA PN 98
Analyseergebnisse der Eurofins Umwelt Nord GmbH, NL Osnabrück
Ergebnisse der Grundwasseranalyse, GBA Hamburg, NL Hildesheim
Einstufung Betonaggressivität nach DIN 4030

1 Vorgang und Bauvorhaben

In der Gemarkung Gütersloh, Flur 50, Flurstück 518 (Goethestr. 16) ist ein Rückbau der teilunterkellerten Gebäudeteile A und B und des nicht unterkellerten Gebäudes C geplant. Ferner ist die Entwicklung eines ersten Entwurfes für einen Teilneubau vorgesehen, dessen Kubatur ungefähr der alten entsprechen soll. Der Entwurf liegt noch nicht vor, auch keine grobe Vorplanung/Skizze. Wir gehen zunächst von einer 1- bis 3-geschossigen, nicht oder evtl. 1-fach unterkellerten neuen Verwaltung- und einem Technikgebäude aus. **Wir bitten bei konkreter Planung um Benachrichtigung.**

Das Gelände im Untersuchungsbereich liegt zwischen ca. 78,31 und 78,80 m NHN. Das Baunull = OKFF EG ist noch nicht genau festgelegt. Wir gehen zunächst davon aus, dass das Baunull auf ca. mittlerer Geländehöhe und die OKFF KG ca. 3,0 m unter Baunull liegen werden und **bitten bei gravierender Abweichung um Benachrichtigung.**

Unser Büro wurde beauftragt, den Baugrund zu erkunden und ein Gründungsgutachten auszuarbeiten. Weiterhin soll die Möglichkeit einer Regenwasserversickerung beurteilt werden.

Aus dem Mutterboden, den Auffüllungen und den anstehenden Böden sollten vier repräsentative Mischproben zusammengestellt, nach der **ErsatzbaustoffV**, Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke vom Juli 2021 sowie der **LAGA M20 2004**, TR-Boden und gemäß der Deponieverordnung (**DepV**) 2020 untersucht und eingestuft werden.

2 Unterlagen

Zur Bearbeitung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

U/1	Auftrag vom 16.03.2026	
U/2	Lageplan	M. 1: 1000
U/3	Lageplan, Abbruch	M. 1: 1000

Weiterhin wurde die Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, Maßstab 1: 100.000, hinzugezogen.

3 Art, Umfang und Zeitpunkt der Untersuchungen

Zur Erkundung des Baugrundes wurden am 13. und 14.04.2026 insgesamt 11 Kleinrammbohrungen (RKB 1 bis 11) gemäß DIN EN ISO 22475-1 bis 6,0 m unter Geländeoberkante (GOK) abgeteuft.

Zur Abschätzung der Tragfähigkeiten bzw. der Lagerungsdichten des Untergrundes wurde neben den Kleinrammbohrungen jeweils eine Rammsondierung (DPM 1 bis 11) mit der mittelschweren Rammsonde DPM-10 gemäß TP BF-StB, Teil B 15.1, gleichtief niedergebracht.

Zur Durchführung der Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen RKB/DPM 3, 5, 6 und 7 musste die fest eingespannte Pflasterbefestigung durch insgesamt 8 Kernbohrungen (Ø 60 mm) geöffnet und anschließend provisorisch mit Beton verschlossen werden.

Aus der Rammkernbohrung RKB 4 wurde eine Grundwasserprobe entnommen, die bei der GBA Gesellschaft für Bioanalytik Hamburg mbH, NL Hildesheim hinsichtlich der Betonaggressivität nach DIN 4030 untersucht wurde (Ergebnis s. Abschnitt 6).

Der Anlage 2 sind die Ansatzpunkte der Aufschlüsse zu entnehmen. Die Sondierprofile mit den Rammdiagrammen sind in der Anlage 3 gemäß DIN 4023 farbig dargestellt.

Nach Beendigung der Feldarbeiten wurden die Ansatzpunkte auf den Festpunkt FP = 78,37 m NHN = OK KD eingemessen (s. Anlage 2). Die Höhen sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Höhen der Ansatzpunkte

Ansatzpunkt	Höhe [m NHN]
RKB/DPM 1	78,58
RKB/DPM 2	78,52
RKB/DPM 3	78,50
RKB/DPM 4	78,31
RKB/DPM 5	78,38
RKB/DPM 6	78,41
RKB/DPM 7	78,44
RKB/DPM 8	78,54
RKB/DPM 9	78,62
RKB/DPM 10	78,74
RKB/DPM 11	78,80

Zur Ermittlung von bodenmechanischen Kennziffern wurden in unserem Labor an repräsentativem Probenmaterial folgende Versuche durchgeführt:

- Ansprache von 91 gestörten Bodenproben
- 5 Bestimmungen der Korngrößenverteilungen durch Siebanalyse gem. DIN EN ISO 17892-4
- 2 Bestimmungen der organischen Anteile durch Glühverlust gem. DIN 18128
- 7 Bestimmungen der Wassergehalte durch Ofentrocknung gem. DIN EN ISO 17892-1

Die Ergebnisse der Glühverlust- und Wassergehaltsbestimmungen sind an die Schichtenprofile in den Anlagen 3.0 – 3.1 angetragen.

Die manuelle und visuelle Bodenprobenansprache wurde durch die stichprobenartig durchgeführten labortechnischen Bestimmungen der Korngrößenverteilungen (s. Anlage 1) bestätigt.

Für die orientierenden abfalltechnischen Untersuchungen wurden aus etwa gleichartigem Bodenmaterial folgende Mischproben zusammengestellt:

Tabelle 2: Zusammenstellung der Mischproben

Mischprobe	RKB	Tiefe (m)		
MP 1 – Oberboden / humose Sande FB < 10%	1	0,00 – 0,10		
	2	0,00 – 0,30	0,70 – 0,85	
	3	0,50 – 0,70		
	5	0,70 – 0,90		
	6	0,70 – 1,00		
	10	0,30 – 1,00		
	11	0,10 – 1,00		
MP 2 – Naturschotter / Sande FB < 10%	3	0,10 – 0,20	0,20 – 0,50	
	4	0,10 – 0,15	0,15 – 0,45	
	5	0,10 – 0,15	0,15 – 0,35	0,35 – 0,70
	6	0,10 – 0,15	0,15 – 0,40	0,40 – 0,70
	7	0,10 – 0,15	0,15 – 0,45	0,45 – 1,00
	8	0,10 – 0,40	0,40 – 1,00	1,00 – 1,80
	9	0,10 – 0,15	0,15 – 0,25	0,25 – 0,80
	11	0,05 – 0,10		
MP 3 – aufgefüllte Sande FB > 10%	1	0,10 – 1,00		
	2	0,30 – 0,70		
	4	0,45 – 1,00	1,00 – 1,50	
MP 4 – gewachsene Sande	1	1,00 – 2,00	2,00 – 3,00	3,00 – 4,00
	2	0,85 – 1,00 3,00 – 4,00	1,00 – 2,00	2,00 – 3,00
	3	0,70 – 1,00 3,00 – 4,00	1,00 – 2,00	2,00 – 3,00
	4	1,40 – 2,60	2,60 – 3,00	3,00 – 4,00
	5	0,90 – 1,00 3,00 – 4,00	1,00 – 2,00	2,00 – 3,00
	6	0,70 – 1,00 3,00 – 4,00	1,00 – 2,00	2,00 – 3,00
	7	1,00 – 2,00	2,00 – 3,00	3,00 – 4,00
	8	1,80 – 2,00	2,00 – 3,00	3,00 – 4,00
	9	0,80 – 1,00 3,00 – 4,00	1,00 – 2,00	2,00 – 3,00
	10	1,00 – 2,00	2,00 – 3,00	3,00 – 4,00
	11	1,00 – 2,00	2,00 – 3,00	3,00 – 4,00

Die Proben wurden der Eurofins Umwelt Nord GmbH, NL Osnabrück, übergeben. Folgendes Untersuchungsprogramm wurde durchgeführt:

MP 1, MP 2 und MP 4

- 3 chemische Untersuchungen nach der **ErsatzbaustoffV (EBV)**, Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke vom Juli 2021, Anl. 1, Tab 3 komplett, (2:1 Schütteleluat) [FS+EL], Kategorie BM Fremdbestandteile <10 Vol.-%.

MP 3

- 1 chemische Untersuchung nach der **ErsatzbaustoffV (EBV)**, Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke vom Juli 2021, Anl. 1, Tab 3 komplett, (2:1 Schütteleluat) [FS+EL], Kategorie BM Fremdbestandteile >10 Vol.-%.

MP1 bis MP 4

- 4 chemische Untersuchungen nach der LAGA M20 2004, TR-Boden, Tabelle II.1.2-4 und II.1.2-5 (Feststoff und Eluat).
- 4 Analysen nach der Deponieverordnung (DepV) 2020, Anhang 3, Tabelle 2, Spalte 5 (DK 0) abzgl. Parameter LAGA TR Boden.

Die Untersuchungsergebnisse liegen als Anhang bei und werden im Kapitel 14 abfalltechnisch gemäß der Ersatzbaustoffverordnung (EBV), LAGA und DepV eingestuft.

4 Baugrundaufbau

Die Geologische Karte von NRW, M. 1: 100.000, weist im Untersuchungsbereich oberpleistozänen bis holozänen Flugsand über Niederterrassensande der Weichsel-Kaltzeit aus.

Unter dem 0,1/0,3 m dicken aufgefüllten sandigen **Mutterboden** (RKB 1, 2 und 10), dem 0,1 m dicken **Pflaster** (RKB 3 bis 9) bzw. dem 0,05 m dicken **Beton** (RKB 11) sind bei allen Kleinrammbohrungen **Auffüllungen** vorhanden.

Die Auffüllungen reichen bis in Tiefen zwischen 0,5 und 1,8 m unter Bohransatzpunkt (AP). Es handelt es sich um schwach humosen bis humosen, schwach bis stark kiesigen, schwach schluffigen Fein- bis Mittelsand sowie um Naturschotter aus sandigem, schwach schluffigem Kies. In den Auffüllungen sind **Ziegel-** und **Schotterteste** enthalten.

Es ist nicht auszuschließen, dass in den Auffüllungen Ziegelsteine oder Betonteile vorhanden sind, die mit dem eingesetzten Sondiergerät nicht erkundet werden können.

Unter den Auffüllungen wurden bis zur Endtiefe **Sande** aufgeschlossen. Diese bestehen vorwiegend aus mittelsandigem bis stark mittelsandigem, zum Teil schwach grobsandigem Feinsand sowie aus mittelsandigem, schwach schluffigem Feinsand.

Der genaue Baugrundaufbau mit Antragung der Bodenklassen nach DIN 18300:2012 und der Bodengruppen nach DIN 18196 kann den Anlagen 3.0 bis 3.2 entnommen werden.

5 Ergebnisse der Rammsondierungen

Nach den Widerstandsdiagrammen (Anzahl der Schläge/10 cm Eindringtiefe = N_{10}) der mittelschweren Rammsonden DPM-10 weisen die **Auffüllungen** sowie die **Sande** im oberen Bereich bei $N_{10} = 0 - 39$ sehr lockere bis sehr dichte Lagerungen auf.

Die anstehenden **Sande** sind zur Tiefe vorwiegend mitteldicht bis dicht gelagert und somit tragfähig. Lediglich in der Rammsondierung DPM 4 sind die Flugsande bis ca. 3,5 m Tiefe auffällig locker gelagert.

Im Hinblick auf die geplante Gründungstiefe kann der Untergrund als bedingt tragfähig bezeichnet werden.

6 Grundwasser

Bei den Feldarbeiten im **April 2026** wurde in allen Kleinrammbohrungen Grundwasser zwischen 1,8 und 2,9 m Tiefe festgestellt. Der höchste Wasserstand im Bohrloch lag bei RKB 8 bei **76,74 m NHN** und der niedrigste bei RKB 3 bei 75,60 m NHN.

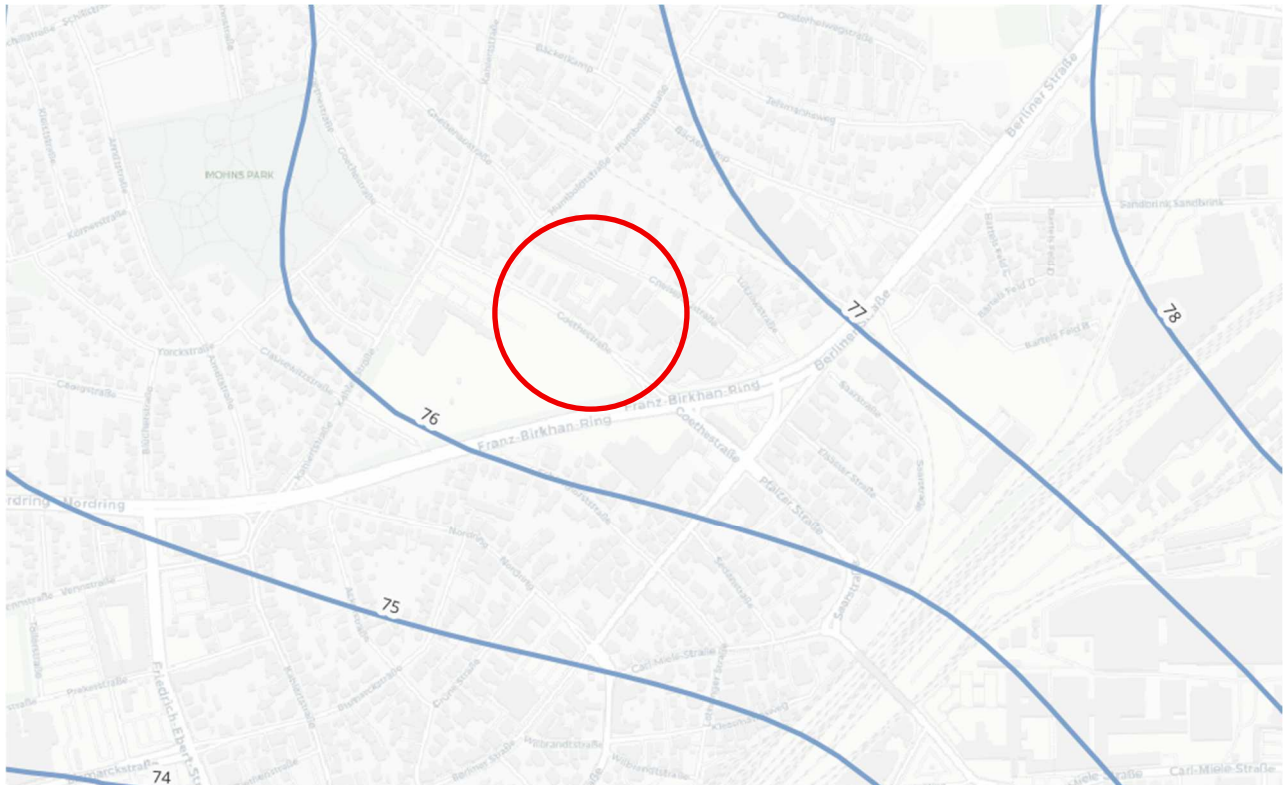


Abbildung 1: Grundwassergleichenplan April 1988
Quelle: opengeodata.nrw.de - Lizenz: dl-de/by-2-0

Aus Abbildung 1 ist der Grundwassergleichenplan vom April 1988 zu erkennen. Demnach liegt der Betriebshof zwischen den Ganglinien 76,0 m NHN und 77,0 m NHN.

Im Gründungsgutachten für den 2023 geplanten Umbau (unsere Nr. 12348) vom 11.07.2023 wurde ein Bemessungswasserstand von 77,74 m NHN zugrunde gelegt.

Nach den Grundwassermessstellen im Umfeld liegen Höchstwasserstände in den Ganglinien bis ca. 1 m oberhalb der Grundwassergleichen aus April 1988. Somit kann unter Berücksichtigung eines Sicherheitszuschlags kann für den Neubau ein

Bemessungswasserstand = 77,7 m NHN

und der mittlere höchste Grundwasserstand mit 76,7 m NHN angesetzt werden.

Weiterhin sollte nach RStO 12 Fassung 2024 und ZTV E-StB für die Befestigung der Verkehrsflächen von

ungünstigen Wasserverhältnissen = Schicht- und/oder Stauwasser zeitweise höher als 1,5 m unter Planum

ausgegangen werden.

Aus der Kleinrammbohrung RKB 4 wurde eine Grundwasserprobe entnommen, die bei der GBA Gesellschaft für Bioanalytik Hamburg mbH, NL Hildesheim hinsichtlich der chemischen Betonaggressivität nach DIN 4030 untersucht wurde. Im Ergebnis dieser Analyse ist das Grundwasser aufgrund des Gehalts an kalklösender Kohlensäure in die

Expositionsklasse XA3 (chemisch stark angreifend)

einzustufen. Die Analyseergebnisse im Einzelnen sind dem beigefügten Anhang zu entnehmen.

Es ist der Rat eines Betontechnologen einzuholen.

7 Bezeichnung der Böden und bodenmechanische Kennwerte

Durch die manuelle und visuelle Beurteilung des Bohrgutes sowie aufgrund unserer Erfahrungen mit geologisch und bodenmechanisch vergleichbaren Böden können den angebotenen Hauptbodenarten folgende bodenmechanischen Kennwerte und Eigenschaften zugeordnet werden:

a) Aufgefüllter Mutterboden/organischer Oberboden

Benennung	(DIN EN ISO 14688-1:2013)	vorwiegend Feinsand; mittelsandig, schwach kiesig bis kiesig, schwach schluffig, humos
Bodengruppe	(DIN 18196)	OH
Bodenklasse	(DIN 18300:2012)	1

Da der Mutterboden bzw. der Oberboden restlos aus dem Lastabtragungsbereich des Neubaus zu entfernen und somit gründungstechnisch ohne Relevanz ist, wird hier auf die Angabe von bodenmechanischen Kennziffern verzichtet.

b) Auffüllungen

Benennung	(DIN EN ISO 14688-1:2013)	Fein- bis Mittelsand; schwach humos bis humos, schwach bis stark kiesig, schwach schluffig und Kies; sandig, schwach schluffig Ziegel- und Schottereste
Bodengruppe	(DIN 18196)	SU und GU
Bodenklasse	(DIN 18300:2012)	3
Bodenklasse	(DIN 18301:2012)	BN1
Lagerungsdichte		sehr locker bis sehr dicht
Frostempfindlichkeits- klasse	ZTV E-StB 17	F1 - F2 (nicht bzw. gering/mittel frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A-StB 97	V 1

Hinweis: Grobe Bestandteile können durch die Kleinrammbohrungen nicht bestimmt werden. In den Auffüllungen können aber erfahrungsgemäß auch größere Steine/Blöcke vorhanden sein, die dann eine Einstufung in die **Bodenklasse 5, ggf. auch 6-7** erfordern.

c) Sand

Benennung	(DIN EN ISO 14688-1:2013)	vorwiegend Feinsand; mittelsandig bis stark mittelsandig, zum Teil schwach grobsandig und Feinsand; mittelsandig, schwach schluffig
Bodengruppe	(DIN 18196)	SE und vereinzelt SU
Bodenklasse	(DIN 18300:2012)	3
Bodenklasse	(DIN 18301:2012)	BN1
Lagerungsdichte		locker bis dicht
Frostempfindlichkeitsklasse	ZTV E-StB 17	F1 – F2 (nicht bzw. gering/mittelfrostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A-StB 97	V 1
Wichte, erdfeucht		$\gamma_k = 17,0 - 19,0 \text{ kN/m}^3$
Wichte unter Auftrieb		$\gamma'_k = 9,0 - 11,0 \text{ kN/m}^3$
Wasserdurchlässigkeit		$k_{f,k} \leq 5,0 \times 10^{-4} \text{ m/s, SE}$ $k_{f,k} \leq 5,0 \times 10^{-5} \text{ m/s, SU}$
Reibungswinkel		$\phi'_k = 28,0^\circ - 34,0^\circ$
Kohäsion		$c'_k = 0,0 \text{ kN/m}^2$
Steifemodul		$E_{s,k} = 15,0 - 70,0 \text{ MN/m}^2$

In den Sanden können erfahrungsgemäß auch gröbere Kiese bis hin zur Findlingsgröße vorhanden sein, die dann eine Einstufung in die **Bodenklasse 5** erfordern.

8 Homogenbereich nach DIN 18320 (Landschaftsbauarbeiten)

Durch die manuelle und visuelle Beurteilung des Bohrgutes sowie aufgrund unserer Erfahrungen mit geologisch und bodenmechanisch vergleichbaren Böden können den angebotenen Bodenarten Eigenschaften und Kennwerte zugeordnet und die Böden in Homogenbereiche eingeteilt werden.

Tabelle 3: Eigenschaften und Homogenbereich nach DIN 18320

Homogenbereich A	
Ortsübliche Bezeichnung	aufgefüllter sandiger Mutterboden/Oberboden¹
Bodengruppen	
Bodengruppe DIN 18196	OH
Bodengruppe DIN 18915	6, 8
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke (untere-obere Werte in M.-%)	
Steine und Blöcke ²	0-10
Große Blöcke ²	0-5
Umweltrelevante Merkmale	
Zuordnung nach der EBV / LAGA / DepV	BM-0* / Z 1.1 ¹ (Z 0*) / DK 0 (MP 1)

¹ Genaue Benennung siehe Bohrprofile

² durch Kleinrammbohrungen nicht erfassbar, abgeschätzt aus Erfahrungswerten

8.1 Homogenbereiche nach DIN 18300 (Erdarbeiten)

Tabelle 4: Eigenschaften und Homogenbereich nach DIN 18300.

Homogenbereich B		
Ortsübliche Bezeichnung		Auffüllungen ¹
Korngrößenverteilung Boden (untere-obere Werte in M.-%)		
Ton		0-5
Schluff		5-15
Sand		15-95
Kies		0-80
Steine und Blöcke ²		0-5
Große Blöcke ²		0-3
Eigenschaften / Kennwerte		
Dichte ρ	[g/cm ³]	1,6-1,9
Undrainede Scherfestigkeit c_u	[kN/m ²]	-
Wassergehalt w_n	[M.-%]	4-30
Plastizitätszahl I_p	[%]	-
Plastizität	[-]	-
Konsistenzzahl I_c	[-]	-
Konsistenz	[-]	-
Lagerungsdichte I_D	[%]	5-95
Lagerung	[-]	sehr locker bis sehr dicht
Organischer Anteil V_{gl}	[M.-%]	0-5
Bodengruppe DIN 18196	[-]	SU und GU
Umweltrelevante Merkmale		
Zuordnung nach der EBV / LAGA / DepV		BM-0 / Z 0 / DK 0 (MP 2) BM-F0* / Z 1.1 / DK 0 (MP 3)

¹ Genaue Benennung siehe Bohrprofile

² Durch Kleinrammbohrungen nicht erfassbar, abgeschätzt aus Erfahrungswerten

Tabelle 5: Eigenschaften und Homogenbereich nach DIN 18300.

Homogenbereich C		
Ortsübliche Bezeichnung		gewachsene Sande¹
Korngrößenverteilung Boden (untere-obere Werte in M.-%)		
Ton		0-4
Schluff		0-15
Sand		85-100
Kies		0-5
Steine und Blöcke ²		0
Große Blöcke ²		0
Eigenschaften / Kennwerte		
Dichte ρ	[g/cm ³]	1,7-1,9
Undrainede Scherfestigkeit c_u	[kN/m ²]	-
Wassergehalt w_n	[M.-%]	4-30
Plastizitätszahl I_P	[%]	-
Plastizität	[-]	-
Konsistenzzahl I_c	[-]	-
Konsistenz	[-]	-
Lagerungsdichte I_D	[%]	15-85
Lagerung	[-]	locker bis dicht
Organischer Anteil V_{gl}	[M.-%]	0-4
Bodengruppe DIN 18196	[-]	SE und SU
Umweltrelevante Merkmale		
Zuordnung nach der EBV / LAGA / DepV		BM-0 / Z 0 / DK 0 (MP 4)

¹ Genaue Benennung siehe Bohrprofile² Durch Kleinrammbohrungen nicht erfassbar, abgeschätzt aus Erfahrungswerten

9 Folgerungen für die Gründung

9.1 Allgemeines

Die geologischen Verhältnisse sind nur für den Bereich um den jeweiligen Aufschlusspunkt herum repräsentativ. Entsprechend dem Abstand der Bodenaufschlüsse muss eine lineare Interpolation des Schichtenverlaufes zwischen den Bohrpunkten nicht immer exakt mit der Wirklichkeit übereinstimmen.

Die **Dicke des Mutterbodens** ist wegen der Stauchung in der Rammkernsonde nicht genau erfassbar. Auch sind bei den Kleinbohrungen mit geringem Durchmesser größere Bestandteile oder evtl. vorhandene Fremdstoffe häufig nicht erkennbar. Deshalb empfehlen wir zusätzlich Baggerschürfe auszuführen, wenn der Mutterboden und die Auffüllungen genauer erkundet werden sollen.

Sollten während der Baumaßnahmen beim Aushub des Bodens Veränderungen des Schichtenverlaufes festgestellt werden, so ist unser Büro zur Festlegung eventueller weiterer Maßnahmen kurzfristig zu benachrichtigen.

Örtlich auf der Baustelle vorhandene Verhältnisse sind maßgebend.

Wie in Kapitel 1 bereits erwähnt, ist ein Rückbau der Gebäudeteile A bis C geplant. Ferner ist die Entwicklung eines ersten Entwurfes für einen Teilneubau vorgesehen, dessen Kubatur ungefähr der alten entsprechen soll. Der Entwurf liegt noch nicht vor, auch keine grobe Vorplanung/Skizze. Wir gehen in dieser Bearbeitung zunächst von einem 1- bis 3-geschossigen, nicht oder evtl. 1-fach unterkellerten Neubau (Verwaltung- und Technikgebäude) aus. **Wir bitten bei konkreter Planung um Benachrichtigung.**

Das Gelände im Untersuchungsbereich liegt zwischen ca. 78,31 und 78,80 m NHN. Das Baunull = OKFF EG ist noch nicht genau festgelegt. Wir gehen zunächst davon aus, dass das Baunull auf ca. mittlerer Geländehöhe und die OKFF KG bei ca. 3,0 m unter Baunull liegen werden und **bitten bei gravierender Abweichung um Benachrichtigung.**

Beim Abriss des Bestandes ist darauf zu achten, dass dieser komplett erfolgt, d.h. dass sämtliche aufgehende Kellerwände usw. entfernt werden, um „Spannungsspitzen und Sattellagen“ für den Neubau zu vermeiden.

Die lockeren und nicht tragfähigen Arbeitsraumverfüllungen sind mit aufzunehmen und dabei flache Böschungen $\beta = \text{ca. } 30^\circ$ herzustellen, um später eine ordnungsgemäße Verdichtung der Auffüllungen gegen das Gewachsene zu gewährleisten. Die entstehende Abrissgrube ist fachgerecht zu verfüllen.

Die Verdichtung muss gemäß ZTV E-StB 17 kontrolliert werden.

9.2 Baugrundbeurteilung

Nach den Erkundungsergebnissen sind unter dem 0,1/0,3 m dicken aufgefüllten sandigen **Mutterboden** (RKB 1, 2 und 10), dem 0,1 m dicken **Pflaster** (RKB 3 bis 9) bzw. dem 0,05 m dicken **Beton** (RKB 11) bei allen Kleinrammbohrungen bis in Tiefen zwischen 0,5 und 1,8 m sandige bzw. kiesige **Auffüllungen** vorhanden. In den Auffüllungen sind **Ziegel**- und **Schottereste** enthalten. Unter den Auffüllungen wurden bis zur Endtiefe **Flugsande** angetroffen.

Nach den Ergebnissen der Rammsondierungen weisen die **Auffüllungen** sowie die **Sande** im oberen Bereich bei $N_{10} = 0 - 39$ sehr lockere bis sehr dichte Lagerungen auf.

Die anstehenden **Sande** sind zur Tiefe vorwiegend mitteldicht bis dicht gelagert und somit tragfähig. Lediglich in der Rammsondierung DPM 4 sind die (Flug?)Sande bis ca. 3,5 m Tiefe auffällig locker gelagert. Dort muss die Lockerzone durch ergänzende Untersuchungen eingegrenzt werden.

Im Hinblick auf die geplante Gründungstiefe kann der Untergrund als bedingt tragfähig bezeichnet werden.

Grundsätzlich müssen der aufgefüllte Mutterboden, die Pflasterbefestigung, der Beton sowie die **humosen** Auffüllungen im Grundrissbereich des Neubaus restlos ausgekoffert werden. Danach sind die vorhandenen Auffüllungen bzw. die anstehenden Sande bis auf 100 % der Proctordichte zu verdichten. Danach dann kann das Gelände aufgefüllt werden.

Als Baustoff für die Geländeauffüllungen ist **Kiessand** der Bodengruppe **GW/SW**, **grobkörniges Brechkorn oder RC-Material der Körnung 0/32 oder 0/45 mm mit Feinanteilen von < 5 %** zu verwenden.

Bei Verwendung von **RC-Schotter** ist die **Wasserrechtliche Erlaubnis** zu beachten.

Die Geländeauffüllungen sollten lagenweise je Lage max. 30 cm eingebaut und verdichtet werden. Bei der Verdichtung der Geländeauffüllungen ist ebenfalls ein Verdichtungsgrad von $D_{pr} = 100 \%$ der einfachen Proctordichte zu erreichen.

Die Verdichtung muss gemäß ZTV E-StB 17 kontrolliert werden.

Der Untergrund kann dann im Hinblick auf die zu erwartende Gründungstiefe als tragfähig bezeichnet werden.

9.3 Gründung vom nicht unterkellerten Neubau

Bei Einhaltung der o.g. Baumaßnahmen kann der nicht unterkellerte Neubau aus bodenmechanischer Sicht **flach** auf **Streifen- und/oder Einzelfundamenten** gegründet werden. Wir haben **zunächst anhand der Rammdiagramme** die Grenze zwischen gering/nicht und mittel/ausreichend tragfähigem Baugrund in den Profilschnitten den Anlagen 3.0 und 3.1 als „Gt erf.“ angetragen.

Bei planmäßig nicht ausreichender Fundamenttiefe können diese über die statische Fundamenthöhe hinaus in Fundamentbreite mit **Unterbeton** tiefer geführt werden.

Örtliche Verhältnisse sind maßgebend, Baugrubenabnahmen werden empfohlen.

Die bei der Rammsondierung DPM 4 bis ca. 3,5 m Tiefe festgestellte Lockerzone sollte durch weitere Rammsondierungen eingegrenzt werden. Danach kann beurteilt werden, ob hier zusätzliche Maßnahmen für die Gründung erforderlich sind.

Bei der Dimensionierung der Gründung sollten der **Bemessungswert** des Sohlwiderstandes und der **charakteristische Wert** der Bettungsziffer für

Streifenfundamente

$$\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Mindestabmessungen: } b/h = 0,50 / 0,60 \text{ m})$$
$$k_{s,k} = 25 \text{ MN/m}^3 \quad (b = \text{Fundamentbreite, } h = \text{Einbindetiefe})$$
$$\quad \quad \quad (\text{Bettungsmodul})$$

Einzelfundamente

$$\sigma_{R,d} = 420 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Mindestabmessungen: } a/b/h = 1,00 / 1,00 / 0,60 \text{ m})$$
$$\quad \quad \quad (a/b = \text{Fundamentbreite u. -länge, } h = \text{Einbindetiefe})$$

nicht überschritten werden. Bei den Bemessungswerten sind die Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen (**Abminderung**). Die zulässigen Bodenpressungen betragen somit $\sigma_{zul} = 250/300 \text{ kN/m}^2$.

Setzungen von ca. 1,0 bis 1,5 cm sind zu erwarten und bei entsprechender Fugenausbildung als bauwerksverträglich einzustufen. Die Grundbruchsicherheiten sind gewährleistet.

Alle Außenfundamente sind mind. 0,80 m (frostfrei) unter späterer GOK zu gründen.

Sollen höhere Sohlspannungen zugelassen werden, so sind die Fundamente tiefer zu gründen und gesonderte Standsicherheitsnachweise sowie Setzungsberechnungen durchzuführen.

Unter der Sohlplatte sollte eine **mind. 40 cm** dicke Schottertragschicht 0/45 mm auf dem nachweislich tragfähigen Planum (Verformungsmodul $E_{v2} = 45 \text{ MPa}$ bei einem Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$) eingebaut werden.

Falls auf dem Planum die Mindesttragfähigkeit nicht erreicht werden kann, sollte ein zusätzlicher Teilbodenaustausch durchgeführt werden.

Bei dem Bodenaustausch ist mit einer Schichtdicke von ca. 30 - 50 cm zu rechnen. Als Austauschboden sollte Sand/Kiessand oder kornabgestufter Schotter verwendet werden. Die Tragfähigkeit des Planums und die genaue Dicke des evtl. erforderlichen Bodenaustausches sind vor Baubeginn durch die Anlage von Versuchsfeldern mit Hilfe von Lastplattendruckversuchen zu überprüfen bzw. festzulegen.

Die Tragschicht ist intensiv bis auf 100 % der Proctordichte zu verdichten. Auf OK Schottertragschicht sind ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$ und ein Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ zu erreichen.

Wird die Sohlplatte stärker belastet, muss der Oberbau entsprechend verstärkt werden. Diese Arbeiten sind mit unserem Büro abzustimmen.

Am unterkellerten Teil müssen die Fundamente bis auf die Gründungstiefe des Kellergeschosses durch Unterbeton herunter geführt und mit 30° abgetreptt werden.

Um eine freitragende Sohlplatte im Bereich der Arbeitsraumverfüllung zum Keller zu vermeiden, muss die Verfüllung des Arbeitsraumes sorgfältig erfolgen (lagenweise, max. 30 cm dick, verdichtet auf $\geq 100 \%$ der Proctordichte).

Bei der Verwendung von „Füllsand“ der Bodengruppe SU mit max. Feinanteilen ($< 0,063 \text{ mm}$) von max. 10 % ist ein Verdichtungsgrad von 100 % der Proctordichte auf jeder 3. Lage nachzuweisen.

9.4 Unterkellerte bzw. teilunterkellerte Neubau

Im Hinblick auf die erforderliche Abdichtung (s. unten) und die festgestellten Untergrundverhältnisse sollte der unterkellerte bzw. teilunterkellerte Neubau auf einer **bewehrten Stahlbetonplatte** gegründet werden.

Vor Einbau der Sauberkeitsschicht müssen die anstehenden und ordnungsgemäß entwässerten Sande intensiv bis auf 100 % der Proctordichte verdichtet werden.

Bei der Dimensionierung der Sohle sollten der **Bemessungswert** des Sohlwiderstandes und der **charakteristische Wert** der Bettungsziffer von

Sohlwiderstand	$\sigma_{R,d} = 250 \text{ kN/m}^2$
Bettungszahl	$k_{s,k} = 18 \text{ MN/m}^3$

nicht überschritten werden. Die zulässige Bodenpressung beträgt somit $\sigma_{zul} = 180 \text{ kN/m}^2$.

Es sind Setzungen von 0,5 bis 1,0 cm zu erwarten und bei entsprechender Fugenausbildung als bauwerksverträglich einzustufen.

10 Bauwerksabdichtung, Auftriebssicherung, Dränagen

10.1 Nicht unterkellelter Neubau

Ein stark wasserdurchlässiger Untergrund ($k_f > 10^{-4} \text{ m/s}$) liegt meist nur bei lockerer bis mitteldichter Lagerung vor. Bei verdichtetem und durch Bauarbeiten verschmutztem Untergrund muss damit gerechnet werden, dass der Untergrund weniger durchlässig wird und sich Wasser vor einbindenden Bauteilen zeitweise aufstaut.

Deshalb sollte die Sohle über GOK angeordnet, eine kapillARBrechende Schicht mit Ringdränagen nach DIN 4095 eingebaut und das Außengelände um das Gebäude mit Gefälle weg von diesem profiliert werden. Dann genügt eine Abdichtung nach DIN 18533 gegen Bodenfeuchte (**Wassereinwirkungsklasse W1.1-E** nach DIN 18533-1:2017).

Andernfalls ist eine Abdichtung gegen drückendes Wasser (**Wassereinwirkungsklasse W2.1-E** nach DIN 18533-1:2017) erforderlich.

Eine kapillARBrechende Schicht besteht i.d.R. bei dem festgestellten sandigen Untergrund aus **einer 15 cm** dicken Lage aus nichtbindiger Gesteinskörnung wie Kies bzw. Grobkies der Körnung **16/32 mm**.

Zwischen der Dränage und der kapillARBrechenden Schicht unter der Sohlplatte ist eine hydraulische Verbindung zu gewährleisten.

Wenn die o. b. mind. Schichtdicke und die Körnung der Tragschicht unter der Sohlplatte gegeben sind, kann die Schottertragschicht als kapillARBRECHENDE Schicht betrachtet werden. In diesem Zusammenhang weisen wir darauf hin, dass eine Verdichtung des o. b. Materials aufgrund der fehlenden Sand- und Schluffanteile problematisch ist.

10.2 Unterkellerte bzw. teilunterkellerte Neubau

Da sich das Niederschlagswasser/Schichtwasser und Grundwasser in den durchlässigen Arbeitsräumen einstauen wird, ist der Keller wasserdicht als „**WeißE Wanne**“ oder als „Schwarze Wanne“ auszubilden bzw. gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser (**Wassereinwirkungsklasse W2.1-E** nach DIN 18533-1:2017 bei $\leq 3,0$ m Eintauchtiefe bzw. **W2.2-E** bei $> 3,0$ m Eintauchtiefe) abzudichten und gegen Auftrieb zu bemessen:

Bemessungswasserstand = 77,7 m NHN

Maßnahmen zur Auftriebssicherung sind:

- Verstärkte Bodenplatte
- Plattenüberstände mit Erdauflast
- Erdauflast auf das Gebäude
- Zuganker
- bzw. die Kombination dieser.

Die Maßnahmen zur Auftriebssicherung sind hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit zu überprüfen und noch zu diskutieren.

11 Baugrube und Wasserhaltung

Bei den ggf. erforderlichen Fundamenttieferführungen sind die Fundamentgräben und –gruben kurzzeitig standsicher. Der Unterbeton ist unverzüglich einzubringen.

Bei funktionierender Wasserhaltung und ausreichendem Platzbedarf können temporäre Baugrubenböschungen unter $\beta \leq 45^\circ$ angelegt werden.

Planungsseitig ist zu prüfen, ob ggf. zur Straße oder zu den Nachbargrundstücken bzw. Nachbargebäuden (deren Gründungstiefen - Keller/ohne Keller - müssen bekannt sein) bei der Baugrube ein Verbau erforderlich wird.

Für die Durchführung der Erd- und Gründungsarbeiten ist zusätzlich zu einer offenen Wasserhaltung mit Dränsträngen und Pumpensämpfen sowie eine Grundwasserabsenkung durch eine **Vakuumanlage** für den Bedarfsfall vorzusehen.

Auf starken Wasserandrang ($k_f = 3 \times 10^{-4}$ bis 10^{-5} m/s) wird hingewiesen. Eine Beweissicherung an naheliegenden Gebäuden wird empfohlen.

12 Befestigung der Außenanlagen

12.1 Belastungsklasse

Im Zuge der Baumaßnahme sind Pkw- und Lkw-Verkehrsflächen geplant. Angaben über die Belastungsklasse nach RStO 12 liegen uns nicht vor.

Aus bodenmechanischer Sicht sollten die Pkw-Stellplätze in die Belastungsklasse Bk0,3 oder höher und die Lkw-Verkehrsflächen in die Belastungsklasse Bk1,8 oder höher gemäß RStO 12 eingestuft werden (s. Tabelle 6).

Tabelle 6: Verkehrsflächen in Neben- und Rastanlagen sowie Abstellflächen und zugeordnete Belastungsklassen nach Tabellen 4 und 5 der RStO 12

Verkehrsart	Belastungsklasse
Schwerverkehr	Bk3,2 bis Bk10
nicht ständig von Schwerverkehr genutzten Flächen	Bk1,0 / Bk1,8
Pkw-Verkehr einschließlich geringem Schwerverkehrsanteil	Bk0,3 bis Bk1,8
Pkw-Verkehr	Bk0,3

Bei besonderen Beanspruchungen in Ein- und Ausfahrten, vor Ladebuchten und ständig durch den Schwerverkehr genutzten Flächen sollte eine Belastungsklasse Bk3,2 oder höher gewählt werden.

Die Belastungsklasse muss vom Planer festgelegt werden. Bei höherer oder niedrigerer Belastungsklasse muss uns diese mitgeteilt werden, damit unsere Empfehlungen eventuell angepasst werden können.

12.2 Frostempfindlichkeitsklasse/erforderliche Dicke des Oberbaus

Nach den Erkundungsergebnissen kann der Untergrund/Unterbau in die

Frostempfindlichkeitsklasse F2 „gering/mittel frostempfindlich“

eingestuft werden.

Für die Verkehrsflächen gelten dabei unter Zugrundelegung der RStO 12 für den frostsicheren **entwässerten Gesamtaufbau** folgende Mindeststärken.

Tabelle 7: Mindestdicken für den frostsicheren entwässerten Oberbau

Frostempfindlichkeits- klasse	Dicken [cm] bei Belastungsklassen	
	Bk3,2 bis Bk1,0	Bk0,3
F2	50	40

Zusätzlich zu den genannten Dicken muss für **ungünstige Grundwasserverhältnisse** (Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum) ein **Zuschlag von +5 cm** geplant werden.

Bei Entwässerung der Verkehrsflächen und der Randbereiche über Rinnen darf eine Minderdicke von -5 cm angesetzt werden.

Das Planum unter den Verkehrsflächen muss dauerhaft trocken gehalten, das heißt, entwässert werden.

12.3 Tragfähigkeit des Planums

Voraussetzung für den Regelaufbau der Straßen gem. RStO ist eine Mindesttragfähigkeit im Planum von $E_{v2} \geq 45$ MPa. Da nach Abtrag des Mutterbodens schwach verlehnte sandige Auffüllungen bzw. gewachsene Sande anstehen, wird die Mindesttragfähigkeit im Planum bei günstigen Witterungsbedingungen und einer fachgerechten Nachverdichtung i.d.R. erreicht.

Es ist nicht auszuschließen, dass in Zeiten ungünstiger Witterungsbedingungen und bei hohen Wasserständen die geforderte Mindesttragfähigkeit auf dem Planum von $E_{v2} \geq 45$ MPa ohne Planumverbesserung **nicht** erreicht werden kann.

Die Planumsverbesserung kann hier durch einen Teilbodenaustausch oder mittels Zementverfestigung erfolgen. Bei dem Bodenaustausch ist mit einer Schichtdicke von ca. 30 bis 40 cm zu rechnen.

Als Austauschboden sollte weitgestufter Kies oder geeignetes RC-Material der Boden- gruppe GW verwendet werden. Der Austauschboden ist bis auf 100 % der Proctordichte zu verdichten und auf OK Bodenaustausch bzw. auf dem Planum ein **$E_{v2} \geq 45$ MPa** nachzuweisen.

12.4 Verkehrsflächen der Belastungsklasse Bk0,3

Der frostsichere Gesamtaufbau errechnet sich wie folgt:

Frostempfindlichkeitsklasse F2, Belastungsklasse Bk0,3		40 cm
Frosteinwirkungszone I	+	0 cm
Wasserverhältnisse ungünstig gem. ZTV E-StB/RStO	+	5 cm
	=	45 cm

Die Dicke des frostsicheren Straßenaufbaues beträgt mindestens **45 cm**.

Auf dem tragfähigen bzw. verbesserten Planum kann zum Beispiel ein Regelaufbau „Schottertragschicht auf Frostschutzschicht“ gemäß RStO 12, Tafel 3, Zeile 1 (**Belastungsklasse Bk0,3**) wie folgt eingebaut werden:

Pflasterdecke		8 cm
Pflasterbettung	+	4 cm
Schottertragschicht	+	15 cm
Frostschutzschicht*	+	20 cm
Gesamtoberbau	=	47 cm

*Die Frostschutzschicht ist wegen der Anforderung an die Tragfähigkeit dicker als aus Frostschutzgründen erforderlich (s. Tabelle 8).

Bei Entwässerung der Fahrbahn und der Randbereiche über Rinnen darf eine Minderdicke der Frostschutzschicht von -5 cm angesetzt werden.

Die Frostschutzschicht kann je nach Verdichtungserfolg des Planums angepasst werden.

Tabelle 8: Minstdicken der Tragschichten ohne Bindemittel (ToB)
in Abhängigkeit von der Tragfähigkeit der Unterlage analog Tabelle 8 der RStO

Verformungsmodul auf der Unterlage E_{v2} MPa	Verformungsmodul auf OK ToB E_{v2} MPa	Minstdicken [cm] bei ToB	Art der ToB
120	180	20	Schottertragschicht (STS)
120	150	15	
45	80	15	
45 (80)	120	30 (25)	Frostschutz- schicht (FSS) aus Breckorn
45 (80)	100	20 (15)	

Es kommen auch andere Regelaufbauten gemäß RStO infrage. Auf der Schottertragschicht ist ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120$ MPa nachzuweisen, der Verhältnisswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ ist einzuhalten. Auf der Frostschutzschicht sind ein $E_{v2} \geq 100$ MPa und ein Verhältnisswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$ zu erzielen.

12.5 Verkehrsflächen der Belastungsklasse Bk 1,0

Der frostsichere Gesamtaufbau errechnet sich wie folgt:

Frostempfindlichkeitsklasse F2, Belastungsklasse Bk1,0		50 cm
Frosteinwirkungszone I	+	0 cm
Wasserverhältnisse ungünstig gem. ZTV E-StB/RStO	+	5 cm
	=	55 cm

Die Dicke des frostsicheren Straßenaufbaues beträgt mindestens 55 cm.

Auf dem tragfähigen bzw. verbesserten Planum kann zum Beispiel ein Regelaufbau „Schottertragschicht auf Frostschutzschicht“ gemäß RStO 12, Tafel 3, Zeile 1 (**Belastungsklasse Bk1,0**) wie folgt eingebaut werden:

Pflasterdecke		8 cm
Pflasterbettung	+	4 cm
Schottertragschicht	+	20 cm
Frostschutzschicht*	+	30 cm
Gesamtoberbau	=	62 cm

*Die Frostschutzschicht ist wegen der Anforderung an die Tragfähigkeit dicker als aus Frostschutzgründen erforderlich (s. Tabelle 8).

Die Frostschutzschicht kann je nach Verdichtungserfolg des Planums angepasst werden.

Es kommen auch andere Regelaufbauten gemäß RStO infrage. Auf der Schottertragschicht ist ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 150 \text{ MPa}$ nachzuweisen, der Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ ist einzuhalten. Auf der Frostschutzschicht sind ein $E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$ und ein Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ zu erreichen.

12.6 Verkehrsflächen der Belastungsklasse bis Bk1,8

Der frostsichere Gesamtaufbau errechnet sich wie folgt:

Frostempfindlichkeitsklasse F2, Belastungsklasse Bk1,8		50 cm
Frosteinwirkungszone I	+	0 cm
Wasserverhältnisse ungünstig gem. ZTV E-StB/RStO	+	5 cm
	=	55 cm

Die Dicke des frostsicheren Straßenaufbaues beträgt mindestens 55 cm.

Auf dem tragfähigen bzw. verbesserten Planum kann zum Beispiel ein Regelaufbau „Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht“ gemäß RStO 12, Tafel 1, Zeile 3 (**Belastungsklasse Bk1,8**) wie folgt eingebaut werden:

Asphaltdecke (incl. Binder)		4 cm
Asphalttragschicht	+	12 cm
Schottertragschicht	+	15 cm
Frostschutzschicht*	+	30 cm
Gesamtoberbau	=	61 cm

*Die Frostschutzschicht ist wegen der Anforderung an die Tragfähigkeit dicker als aus Frostschutzgründen erforderlich (s. Tabelle 8).

Die Frostschutzschicht kann je nach Verdichtungserfolg des Planums angepasst werden.

Es kommen auch andere Regelaufbauten gemäß RStO je nach Belastungsklasse infrage. Auf der Schottertragschicht ist ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 150 \text{ MPa}$ nachzuweisen. Auf der Frostschutzschicht sind ein $E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$ und ein Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ zu erzielen.

12.7 Verkehrsflächen der Belastungsklasse bis Bk3,2

Der frostsichere Gesamtaufbau errechnet sich wie folgt:

Frostepfindlichkeitsklasse F2, Belastungsklasse Bk3,2		50 cm
Frosteinwirkungszone I	+	0 cm
Wasserverhältnisse ungünstig gem. ZTV E-StB/RStO	+	5 cm
	=	55 cm

Die Dicke des frostsicheren Straßenaufbaues beträgt mindestens 55 cm.

Auf dem tragfähigen bzw. verbesserten Planum kann zum Beispiel ein Regelaufbau „Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschutzschicht“ gemäß RStO 12, Tafel 1, Zeile 3 (**Belastungsklasse Bk3,2**) wie folgt eingebaut werden:

Asphaltdecke (inkl. Binder)		10 cm
Asphalttragschicht	+	10 cm
Schottertragschicht	+	15 cm
Frostschutzschicht*	+	30 cm
Gesamtoberbau	=	65 cm

*Die Frostschutzschicht ist wegen der Anforderung an die Tragfähigkeit dicker als aus Frostschutzgründen erforderlich (s. Tabelle 8).

Die Frostschutzschicht kann je nach Verdichtungserfolg des Planums angepasst werden.

Es kommen auch andere Regelaufbauten gemäß RStO je nach Belastungsklasse infrage. Auf der Schottertragschicht ist ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 150 \text{ MPa}$ nachzuweisen. Auf der Frostschutzschicht sind ein $E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$ und ein Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ zu erreichen.

13 Beurteilung der Möglichkeit einer Regenwasserversickerung

Gemäß DWA – A 138 REGELWERK (Oktober 2024) "Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser" sind für die dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser aus der Sicht des Bodenschutzes die standortspezifischen Eigenschaften des Bodens und aus der Sicht des Grundwasserschutzes die Durchlässigkeit, Mächtigkeit sowie die physikalische, chemische und biologische Leistungsfähigkeit des Sickerraumes von grundlegender Bedeutung.

Entscheidend für die Ausbreitung der Wasserinhaltsstoffe in der ungesättigten Zone und für die Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung ist nicht der für die gesättigte Zone bestimmte k_f -Wert, sondern der in der ungesättigten Zone geringere $k_{f,u}$ -Wert maßgeblich.

Der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich liegt etwa in einem k_f -Bereich von 10^{-3} bis 10^{-6} m/s.

Die Mächtigkeit des Sickerraumes bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand sollte grundsätzlich mindestens 1,0 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

Bei dem anstehenden Untergrund handelt es sich um gut wasserdurchlässige Böden, welche die erforderlichen Bedingungen hinsichtlich der Wasserdurchlässigkeit **erfüllen**. Nach langanhaltenden Niederschlägen steigen die Grundwasserstände an und die erforderliche Sickerstrecke von 1,0 m ist **nicht immer gegeben**. Somit ist der Untergrund für eine **Regenwasserversickerung nur eingeschränkt geeignet**.

Anhand der Kornverteilungen lagen die Wasserdurchlässigkeiten (k_f) der Sande nach Hazen zwischen **$k_f = 5,4 \times 10^{-5}$ und $6,6 \times 10^{-5}$ m/s** (s. Anlage 1), so dass die Sande als durchlässig bezeichnet werden können.

Für die Bemessung der Versickerungsanlage sollte ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von **$k_f = 5 \times 10^{-5}$ m/s** oder niedriger zugrunde gelegt werden.

Da die Wasserdurchlässigkeit der Sande im Labor anhand der Kornverteilung ermittelt wurde, ist ein Korrekturfaktor gemäß DWA-A 138 Oktober 2024, Anhang A, Tabelle 11 von $f_{Methode} = 0,1$ zu berücksichtigen. Danach ergibt sich ein mittlerer Wert für die Wasserdurchlässigkeit als Infiltrationsrate von $ki = 5 \times 10^{-5} \text{ m/s} \times 0,1 = 5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$. Dieser Wert oder niedriger sollte den weiteren Planungen zugrunde gelegt werden.

14 Orientierende abfalltechnische Untersuchungen

Für die orientierenden abfalltechnischen Untersuchungen haben wir insgesamt vier Mischproben, wie in Kapitel 3 beschrieben, zusammengestellt.

Die Ergebnisse der orientierenden chemischen Analysen und die Auswertung gemäß der Ersatzbaustoffverordnung (EBV), LAGA M20 2004, TR-Boden sowie gemäß der Deponieverordnung (DepV) 2020 sind im Anhang aufgeführt.

14.1 Bewertung nach der Ersatzbaustoffverordnung

Nach EBV/BBodSchV ist Bodenmaterial (BM) in eine der drei Bodenarten-Hauptgruppen Sand, Lehm/Schluff oder Ton einzustufen, für welche unterschiedliche Materialwerte in der Kategorie BM-0 angegeben sind.

Näherungsweise können die Mischproben **MP 1** bis **MP 4** in die Bodenarten-Hauptgruppe **Sand** eingestuft werden.

Natürliches Gestein wird wie Naturkies ebenfalls als BM eingestuft. Weiterhin ist der Anteil mineralischer Fremdbestandteile F (z. B. Beton, Ziegel, Asphalt, Schlacke) abzuschätzen. Folgende Materialklassen kommen häufig vor:

- BM (Bodenmaterial mit $F \leq 10 \text{ Vol.-%}$, [F kaum sichtbar])
- BM-F (Bodenmaterial mit $F \leq 50 \text{ Vol.-%}$, [F deutlich sichtbar, aber nicht über 50 %])
- RC (Bauschutt welcher zu RC-Material aufbereitet werden soll [$F > 50 \text{ Vol.-%}$])

Für eine Zuordnung als Bodenmaterial dürfen Störstoffe S wie Plastik, Glas, Eisen usw. nicht bzw. nur in vernachlässigbaren Anteilen vorkommen.

Nach der Bodenansprache liegt bei den Mischproben MP 1, MP 2 und MP 4 die Materialklasse BM und bei der MP 3 die Materialklasse BM-F vor.

In der nachfolgenden Tabelle (Tabelle 3 gemäß EBV) sind die Materialwerte für geregelte Ersatzbaustoffe ohne Gleisschotter, Bodenmaterial (BM) und Baggergut (BG) zusammengestellt.

Tabelle 9: Materialwerte für Bodenmaterial¹ und Baggergut gemäß **EBV**

Parameter	Dim.	BM-0 BG-0 Sand ²	BM-0 BG-0 Lehm, Schluff ²	BM-0 BG-0 Ton ²	BM-0 [*] BG-0 ³	BM-F0 [*] BG-F0 [*]	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3
Mineralische Fremdbestandteile	Vol.-%	Bis 10	Bis 10	Bis 10	Bis 10	Bis 50	Bis 50	Bis 50	Bis 50
pH-Wert ⁴						6,5– 9,5	6,5– 9,5	6,5– 9,5	5,5– 12,0
Elektrische Leitfähigkeit ⁴	µS/cm				350	350	500	500	1000
Sulfat	mg/l	250 ⁵	250 ⁵	250 ⁵	250 ⁵	250 ⁵	450	450	1000
Arsen	mg/kg	10	20	20	20	40	40	40	150
Arsen	µg/l				8(13)	12	20	85	100
Blei	mg/kg	40	70	100	140	140	140	140	700
Blei	µg/l				23(43)	35	90	250	470
Cadmium	mg/kg	0,4	1,0	1,5	1 ⁶	2	2	2	10
Cadmium	µg/l				2(4)	3,0	3,0	10	15
Chrom, gesamt	mg/kg	30	60	100	120	120	120	120	600
Chrom, gesamt	µg/l				10(19)	15	150	290	530
Kupfer	mg/kg	20	40	60	80	80	80	80	320
Kupfer	µg/l				20(41)	30	110	170	320
Nickel	mg/kg	15	50	70	100	100	100	100	350
Nickel	µg/l				20(31)	30	30	150	280
Quecksilber	mg/kg	0,2	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	5
Quecksilber ¹²	µg/l				0,1				
Thallium	mg/kg	0,5	1,0	1,0	1,0	2	2	2	7
Thallium ¹²	µg/l				0,2(0,3)				
Zink	mg/kg	60	150	200	300	300	300	300	1200
Zink	µg/l				100 (210)	150	160	840	1600
TOC	M%	1 ⁷	1 ⁷	1 ⁷	1 ⁷	5	5	5	5
Kohlenwasserstoffe ⁸	mg/kg				300 (600)	300 (600)	300 (600)	300 (600)	1000 (2000)
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3	0,3	0,3					
PAK15 ⁹	µg/l				0,2	0,3	1,5	3,8	20
PAK16 ¹⁰	mg/kg	3	3	3	6	6	6	9	30

Naphthalin und Methyl-naphthaline, gesamt	µg/l				2				
PCB ₆ und PCB-118	mg/kg	0,05	0,05	0,05	0,1				
PCB ₆ und PCB-118	µg/l				0,01				
EOX ¹¹	mg/kg	1	1	1	1				

¹ Die Materialwerte gelten für Bodenmaterial und Baggergut mit bis zu 10 Volumenprozent (BM und BG) oder bis zu 50 Volumenprozent (BM-F und BG-F) mineralischer Fremdbestandteile im Sinne von § 2 Nummer 8 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung mit nur vernachlässigbaren Anteilen an Störstoffen im Sinne von § 2 Nummer 9 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Bodenmaterial der Klasse BM-0 und Baggergut der Klasse BG-0 erfüllen die wertbezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß § 7 Absatz 3 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Bodenmaterial der Klasse BM-0 und Baggergut der Klasse BG-0 Sand erfüllen die wertbezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß § 8 Absatz 2 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung; Bodenmaterial der Klasse BM-0* und Baggergut der Klasse BG-0* erfüllen die wertbezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß § 8 Absatz 3 Nummer 1 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung.

² Bodenarten-Hauptgruppen gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung, 5. Auflage, Hannover 2009 (KA 5); stark schluffige Sande, lehmig-schluffige Sande und stark lehmige Sande sowie Materialien, die nicht bodenartsspezifisch zugeordnet werden können, sind entsprechend der Bodenart Lehm, Schluff zu bewerten.

³ Die Eluatwerte in Spalte 6 sind mit Ausnahme des Eluatwertes für Sulfat nur maßgeblich, wenn für den betreffenden Stoff der jeweilige Feststoffwert nach Spalte 3 bis 5 überschritten wird. Der Eluatwert für PAK₁₅ und Naphthalin und Methyl-naphthaline, gesamt, ist maßgeblich, wenn der Feststoffwert für PAK₁₆ nach Spalte 3 bis 5 überschritten wird. **Die in Klammern genannten Werte gelten jeweils bei einem TOC-Gehalt von ≥ 0,5 %.**

⁴ Stoffspezifischer Orientierungswert; bei Abweichungen ist die Ursache zu prüfen.

⁵ Bei Überschreitung des Wertes ist die Ursache zu prüfen. Handelt es sich um naturbedingt erhöhte Sulfatkonzentrationen, ist eine Verwertung innerhalb der betroffenen Gebiete möglich. Außerhalb dieser Gebiete ist über die Verwertungseignung im Einzelfall zu entscheiden.

⁶ Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm, Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg.

⁷ Bodenmaterialspezifischer Orientierungswert. Der TOC-Gehalt muss nur bei Hinweisen auf erhöhte Gehalte nach den Untersuchungsverfahren in Anlage 5 bestimmt werden. § 6 Absatz 11 Satz 2 und 3 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung ist entsprechend anzuwenden. Beim Einbau sind Volumenbeständigkeit und Setzungsprozesse zu berücksichtigen.

⁸ Die angegebenen Werte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C₁₀ bis C₂₂. Der Gesamtgehalt bestimmt nach der DIN EN 14039, „Charakterisierung von Abfällen – Bestimmung des Gehalts an Kohlenwasserstoffen von C₁₀ bis C₄₀ mittels Gaschromatographie“, Ausgabe Januar 2005 darf insgesamt den in Klammern genannten Wert nicht überschreiten.

⁹ PAK₁₅: PAK₁₆ ohne Naphthalin und Methyl-naphthaline.

¹⁰ PAK₁₆: stellvertretend für die Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) werden nach der Liste der US-amerikanischen Umweltbehörde, Environmental Protection Agency (EPA), 16 ausgewählte PAK untersucht: Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo[a]anthracen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[a]perylene, Benzo[k]fluoranthren, Chrysen, Dibenzo[a,h]anthracen, Fluoranthren, Fluoren, Indeno [1,2,3- cd]pyren, Naphthalin, Phenanthren und Pyren.

¹¹ Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen.

¹² Bei Quecksilber und Thallium ist für die Klassifizierung in die Materialklassen BM-F0*/BG-F0*, BM-F1/BG-F1, BM-F2/BG-F2, BM-F3/BG-F3 der angegebene Gesamtgehalt maßgeblich. Der Eluatwert der Materialklasse BM-0*/BG-0* ist einzuhalten

In der nachfolgenden Tabelle ist die Einstufung der untersuchten Proben gemäß der ErsatzbaustoffV, Anl. 1, Tabelle 3 Materialwerte für Bodenmaterial und Baggergut zusammengestellt.

Tabelle 10: Einstufung gem. ErsatzbaustoffV, Anl. 1, Tabelle 3 Materialwerte für Bodenmaterial und Baggergut

Bezeichnung	Einstufung	Bemerkung
MP 1 – Oberboden / humose Sande FB < 10%	BM-0*¹⁾	Quecksilber = 0,41 mg/kg Zink = 91 mg/kg
MP 2 – Naturschotter / Sande FB < 10%	BM-0	-
MP 3 – aufgefüllte Sande FB > 10%	BM-F0*	-
MP 4 – gewachsene Sande	BM-0	Chrom im Eluat nicht relevant, da Feststoffwert eingehalten

- 1) ¹ Der TOC-Gehalt ist durch natürlichen Humus im Boden bedingt und deshalb kein Schadstoff. Abfälle aus organischen Materialien, wie Klärschlamm, Kompost oder Gärsubstrate liegen nicht vor. Da die anderen Werte der Materialklassen BM/BG-0 sowie BM/BG-0* eingehalten werden, ist ein höherer Gehalt als 1 % TOC zulässig.

14.2 Bewertung nach der LAGA M20 2004, TR-Boden

Die Wiederverwendbarkeit von **mineralischen Abfällen** mit mineralischen Fremdbestandteilen <10 % kann nach den Technischen Regeln der LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen - Technische Regeln - Allgemeiner Teil I“ vom 06.11.2003 beurteilt werden.

In den Technischen Regeln werden die folgenden Einbauklassen bzw. Zuordnungswerte (Z) genannt (Abbildung 2).

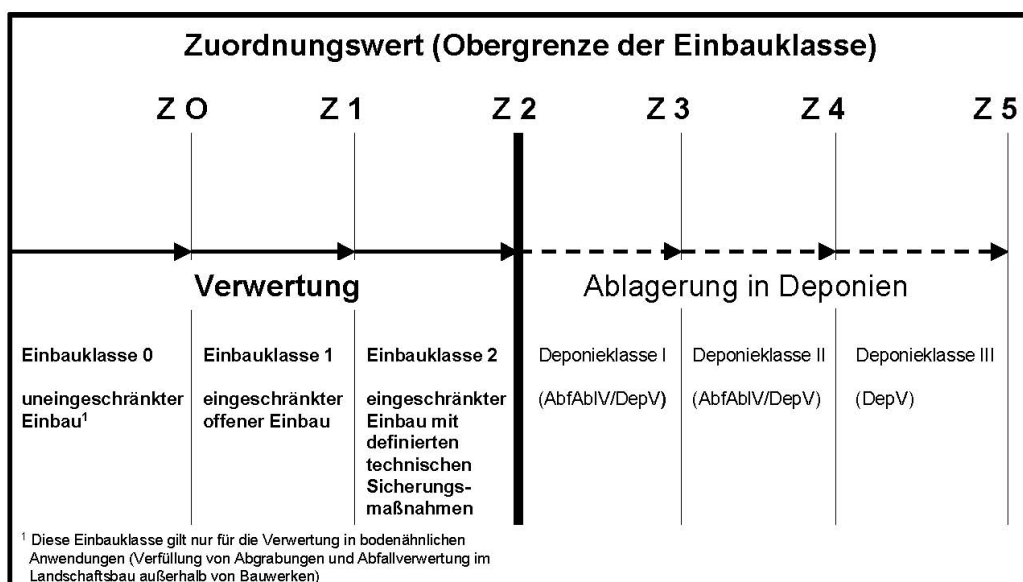


Abbildung 2: Darstellung der Einbauklassen.

Einbauklasse 0 (Zuordnungswerte Z 0):

Ein Sonderfall, der die uneingeschränkte Verwertung von geeignetem **Bodenmaterial** in bodenähnlichen Anwendungen (Verfüllung von Abgrabungen und Abfallverwertung im Landschaftsbau außerhalb von Bauwerken) darstellt.

Einbauklasse 1 (Zuordnungswerte Z 1.1 und Z 1.2):

Eingeschränkter offener Einbau (wasserdurchlässige Bauweise),

Einbauklasse 2 (Zuordnungswerte Z 2):

Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (nicht oder nur gering wasserdurchlässige Bauweise)

Mineralische Abfälle mit Schadstoffgehalten oberhalb der Z 2 Werte können ohne Behandlung nicht wiederverwendet werden und müssen entsorgt werden.

In der folgenden Tabelle ist die Zuordnung der untersuchten Proben aufgeführt:

Tabelle 11: Zuordnung der untersuchten Proben gemäß der LAGA M20 2004, TR-Boden

Probe	Einbau- klasse	Bemerkung
MP 1 – Oberboden / humose Sande FB < 10%	Z 1.1 ¹ (Z 0*)	Quecksilber = 0,24 mg/kg TOC = 1,4 %
MP 2 – Naturschotter / Sande FB < 10%	Z 0	-
MP 3 – aufgefüllte Sande FB > 10%	Z 1.1	TOC = 1,3 %
MP 4 – gewachsene Sande	Z 0	

¹Die Einstufung erfolgte nur aufgrund des TOC-Gehalts. Der TOC-Gehalt ist durch natürlichen Humus im Mutterboden bedingt. Bei den möglichen Verwertungswegen, wie das Auf- oder Einbringen auf oder in eine durchwurzelbare Bodenschicht oder die Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht, gilt der Klammerwert.

14.3 Bewertung nach der Deponieverordnung (DepV) 2020

In der folgenden Tabelle ist die Zuordnung der untersuchten Proben aufgeführt:

Tabelle 12: Zuordnung der untersuchten Proben gemäß der DepV 2020.

Probe	Deponie- klasse	Bemerkung
MP 1 – Oberboden / humose Sande FB < 10%	DK 0 ^{2a}	Glühverlust = 2,7 %, TOC = 1,4 %
MP 2 – Naturschotter / Sande FB < 10%	DK 0	-
MP 3 – aufgefüllte Sande FB > 10%	DK 0 ²	Glühverlust = 2,0 %, TOC = 1,3 %
MP 4 – gewachsene Sande	DK 0	-

²⁾ Glühverlust kann gleichwertig zu TOC angewandt werden.

^{2a)} Für das Bodenmaterial ohne Fremdbestandteile sind Überschreitungen beim Glühverlust bis 5 Masse % oder beim TOC bis 3 Masse % zulässig, da die Überschreitung ausschließlich auf natürliche Bestandteile des Bodenmaterials zurückgeht.

15 Zusammenfassung, Weiteres

In der vorliegenden Bearbeitung haben wir auf der Grundlage der Baugrunderkundungen eine allgemeine Empfehlung für die Gründung des Neubaus ausgearbeitet. Die **endgültige** Gründung ist mit unserem Büro abzustimmen.

Werden bei den Erd- und Aushubarbeiten zwischen unseren Aufschlusspunkten veränderte Verhältnisse festgestellt, so ist unser Büro zur Festlegung eventueller weiterer Maßnahmen kurzfristig zu benachrichtigen.

Die bei der Rammsondierung DPM 4 bis ca. 3,5 m Tiefe festgestellte Lockerzone sollte durch weitere Rammsondierungen eingegrenzt werden. Danach kann beurteilt werden, ob hier zusätzliche Maßnahmen für die Gründung erforderlich sind.

Damit ist unser Auftrag abgeschlossen.

Für Rückfragen stehen wir jederzeit zur Verfügung.

ERDBAULABOR SCHEMM GmbH – INGENIEURBÜRO



Dipl.-Ing. Marjeh