

Grundbaulabor Trier | Wolkerstraße 4 | 54296 Trier

Agence OTAN de soutien et d'acquisition (NSPA)
Bureau des infrastructures et
des services généraux
11, rue de la Gare
L-8325 Capellen

Bericht Nr.: 21292-1
Ref.: Nw/Lm
Datum: 09. November 2022

DIPL.-ING. E. LEHMANN | Ingenieur GmbH

Wolkerstraße 4 | D-54296 Trier
T. +49 651 93881 - 0 | F. +49 651 93881 - 81
info@gbt-trier.de | www.gbt-trier.de

Sparkasse Trier | BIC: TRISDE55XXX
IBAN: DE32 5855 0130 0000 9079 15
UST-ID: DE 149 880 707 | St.-Nr. 42/662/0042/1

BIL | BIC: BILLULL
IBAN: LU06 0022 1607 0162 0000
UST-ID: LU 125 149 15 | Lux TVA 1983 3400 129

Geschäftsführer
E. Lehmann, Dipl.-Ing. (TU) | B. Mertes, Dipl.-Ing. (Univ.)
Amtsgericht Wittlich, HRB-Nr. 2202 | Gerichtsstand Trier

Baugrundgutachten und geotechnische Empfehlungen

Projekt:	Neubau eines Verwaltungsgebäudes der NSPA, Rue de la Gare in Capellen
----------	--

Auftraggeber:	Agence OTAN de soutien et d'acquisition (NSPA)
---------------	--

Örtliche Untersuchung:	13. Juli 2022
------------------------	---------------

Inhalt:

1	Vorbemerkung	1
2	Beschreibung der Baugrundverhältnisse	2
2.1	Allgemeine Geologie	2
2.2	Ergebnisse der Felderkundungen	2
2.3	Ergebnisse bodenmechanischer Laborversuche	3
2.4	Ergebnisse chemischer Analysen	4
2.5	Baugrundmodell, charakteristische Bodenkenngößen, Wiedereinbaufähigkeit	5
2.6	Grundwasserverhältnisse und Versickerungsfähigkeit	7
3	Geotechnische Empfehlungen	7
3.1	Allgemeines zum Bauvorhaben	7
3.2	Gründungsvorschlag und zulässige Sohlspannungen	8
3.3	Dränage und Abdichtung	11
3.4	Böschungen und Verbau	13
3.5	Bauen am Bestand	14
4	Besondere Hinweise	14

Anlagen:

Anlage 1:	Lageplan, geologische und topographische Karten, Schichtenfolgen und Sondierdiagramme
Anlage 2:	Geländeschnitte mit Gründungsempfehlungen
Anlage 3:	Ergebnisse bodenmechanischer Laborversuche
	Anlage 3.1: Zusammenfassung bodenmechanischer Kenngößen
	Anlage 3.2 und 3.3: Bestimmung der Konsistenzgrenzen
Anlage 4:	Ergebnisse chemischer Analysen
	PAK-Analyse, Agrolab Prüfbericht Nr.: 3308309 - 468274

1 Vorbemerkung

Die Agence OTAN de soutien et d'acquisition (NATO Support and Procurement Agency, NSPA) plant den Neubau eines weiteren Verwaltungsgebäudes auf dem im Süden von Capellen gelegenen Militärstützpunkt der NSPA. Bereits im Jahr 2019 hat das Grundbaulabor Trier das geotechnische Gründungsgutachten Nr. 91891-1 für den Neubau eines Verwaltungsgebäudes auf dem Gelände abgegeben. Bei dem hier begutachtenden Neubau handelt es sich um ein Zwillingsgebäude, welches rd. 30 m südlich des bereits in Bericht Nr. 91891-1 beschriebenen Verwaltungsgebäudes errichtet werden soll. Nach den uns vorliegenden Planunterlagen erhält der Neubau fünf Vollgeschosse, wobei das unterste Geschoss als Unterkellerung ausgebildet wird. Die Abmessungen des rechteckigen Gebäudegrundrisses belaufen sich auf rd. 28,0 m • 60,0 m. Bei der zu begutachtenden Fläche handelt es sich um ein annähernd ebenes Gelände, welches einst mit zwei Hallen bebaut war. Diese waren zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung bereits rückgebaut.

Das Grundbaulabor Trier (GBL-T) wurde von o. g. Bauherrn am 11. Juli 2022 unter der Auftragsnummer NSPA-9471517 mit der Durchführung einer Baugrunduntersuchung und Abgabe eines gezielten Gründungsgutachtens unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Bauwerk, Bestand und Baugrund beauftragt.

Die Felderkundung erfolgte am 13. Juli 2022 durch ein Einsatzteam des GBL-T. Im Zuge der Feldarbeiten wurden drei Rammkernsondierungen (RKS) niedergebracht und das zutage geförderte Bohrgut von einem unserer Ingenieure lithologisch angesprochen. Um zusätzlich Informationen über die Lagerungsdichte bzw. die Konsistenz der anstehenden Bodenschichten zu erhalten, wurde neben jeder RKS eine Rammsondierung (RS) in Anlehnung an DIN EN ISO 22476-2 durchgeführt.

Zur Ermittlung bodenmechanischer Kennwerte wurden dem Baugrund eine Sonderprobe (SP) und drei gestörte Proben (gP) entnommen und das Material im Labor des GBL-T normgerecht bodenphysikalisch untersucht. Anhand des Bohrgutes der RKS 1 erfolgte des Weiteren eine Beprobung der im Baufeld angetroffenen Schwarzdecke der bestehenden Verkehrsfläche. Die Probe wurde an die Agrolab Labor GmbH zur Analyse auf PAK übergeben.

Zur Ausarbeitung des Gutachtens standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Aktuelle Planunterlagen des Büros INCA Ingénieurs Conseils Associés
- Topographische Karte TC 16, Garnich der Administration du Cadastre et de la Topographie
- Geologische Karte Blatt 03, Luxemburg des Ministère des Travaux Publics
- Geotechnisches Gutachten Nr. 91891-1 des GBL-T zum Neubau des Verwaltungsgebäudes

2 Beschreibung der Baugrundverhältnisse

2.1 Allgemeine Geologie

In Anlage 1 ist in dem uns zur Verfügung gestellten Lageplan das geplante Verwaltungsgebäude maßstabsgerecht dargestellt und hierin die Lage der Untersuchungsstellen eingetragen. Außerdem sind Ausschnitte der topographischen und geologischen Karte im Maßstab 1 : 10.000 dargestellt, aus denen die Lage der Baustelle innerhalb von Capellen sowie die hier zu erwartenden geologischen Formationen ersichtlich sind.

Aus der geologischen Karte geht hervor, dass im Bereich des Baufeldes mit der geologischen Formation der Fossilarmen Tone (li₄) zu rechnen ist, welche stratigraphisch dem Mittleren Lias zuzuordnen ist. In der Legende der geologischen Karte sind diese beschrieben als *Mergel, tonig, siltig, grau; Konkretionen aus tonigem Kalk, graublau*. Im südlichen Bereich des Stützpunktes sind als jüngste geologische Formation die alluvialen Ablagerungen des Meneschbaaches verzeichnet, die das zuvor beschriebene Ausgangsgestein überdecken. Im Zuge der Aushubarbeiten werden diese quartären Ablagerungen aufgrund der doch deutlichen Distanz zum Meneschbaach vermutlich nicht anzutreffen sein.

2.2 Ergebnisse der Felderkundungen

Die festgestellten Schichtenfolgen sind ebenfalls in Anlage 1 gemäß DIN 4022/4023 dargestellt. Angaben zur Mächtigkeit der durchörterten Schichten sowie deren geotechnische Beschreibung mit Gruppierung nach DIN 18196 (2011) und Klassifizierung nach DIN 18300 (2012) stehen rechts der Schichtenbilder, während links davon die Tiefe der Schichtwechsel bezogen auf die Geländeoberkante (GOK) am Bohransatzpunkt sowie ihre Lage im geodätischen Höhensystem eingetragen sind. Ebenfalls dargestellt sind die Höhenlagen der entnommenen Erdstoffproben bezogen auf den Bohransatzpunkt und die festgestellten Wasserstände.

Die Feldversuche zur Bestimmung der Lagerungsdichte und Konsistenz des Untergrundes erfolgten mit der mittelschweren Rammsonde (DPM). Zum Einsatz kam eine Sondenspitze mit einer Querschnittsfläche von 10 cm². Ab dem verwitterten bzw. stark verwitterten Mergel wurde aufgrund der hohen Rammwiderstände an RKS 2 und RKS 3 auf die kleinere Sondenspitze von 5 cm² Querschnittsfläche gewechselt. Im Sondierdiagramm, dargestellt als Staffeldiagramm nach DIN EN ISO 22476-2 neben dem jeweiligen Schichtenbild, ist die Anzahl der Schläge angegeben, die notwendig waren, die Sonde jeweils 10 cm tiefer einzutreiben (Schlagzahl N₁₀).

Im Zuge unserer Felderkundung wurden drei Rammkernsondierungen ausgeführt um Informationen über die örtliche Bodenschichtung zu gewinnen. Aus den in Anlage 1 abgebildeten Schichtenfolgen geht hervor, dass an der Oberfläche zunächst mit anthropogenen Auffüllungen zu rechnen ist, die sich überwiegend aus der Oberflächenbefestigung aus einer Schwarzdecke und den darunter folgenden ungebundenen Schottertragschichten aus Hochofenschlacke zusammensetzen. Im Bereich der ehemaligen Halle befindet sich keine Schwarzdecke. Hier zeigte sich eine Durchmischung der Hochofenschlacke mit Bauschutt. Die Mächtigkeit der Auffüllungen, also der Tragschichten, beträgt im Baufeld rd. 0,4 m bis 0,5 m. Darunter folgt einheitlich der gewachsene Boden in Form eines schluffigen, teils mergelstückigen Tons. Hierbei handelt es sich um die bindigen Verwitterungsprodukte des im Untergrund anstehenden Mergels. Die Mächtigkeit des Verwitterungshorizontes variiert zwischen 0,95 m an RKS 1 und 1,6 m an RKS 3. Darunter steht der Mergel an, der zunächst noch stark verwittert ist. Anhand unserer Sondierungen wird ersichtlich, dass der Verwitterungsgrad des anstehenden Mergels mit zunehmender Tiefe abnimmt, sodass an der Endteufe unserer Aufschlusspunkte RKS 2 und RKS 3 der Mergel als lediglich schwach verwittert einzustufen ist.

Um auch Aussagen über die Konsistenz des Verwitterungstons bzw. des anstehenden Mergels machen zu können, wurde neben jeder RKS eine Rammsondierung durchgeführt, deren Ergebnisse in graphischer Form ebenfalls der Anlage 1 zu entnehmen sind. Die Auffüllungen mussten aufgrund der hohen Lagerungsdichte bzw. der Verfestigung der Schlacken zunächst durch Vorbohren durchörtet werden. Innerhalb der dann folgenden tonigen Verwitterungsprodukte liegen die Schlagzahlen N_{10} überwiegend zwischen 4 und 10 Schlägen, sodass hier von einer schwach steifen bis steifen Konsistenz auszugehen ist. Mit dem Übergang zum anstehenden Mergel ist in den Sondierdiagrammen ein sprunghafter Anstieg der Rammwiderstände auf Werte >100 Schläge je 10 cm Eindringtiefe zu erkennen, was einer festen Konsistenz bzw. einem Gesteinscharakter entspricht.

2.3 Ergebnisse bodenmechanischer Laborversuche

Im Zuge der Felderkundung wurden dem Untergrund eine Sonderprobe (SP) und drei gestörte Proben (gP) entnommen und in unserem Labor auf die wesentlichen bodenmechanischen Parameter untersucht. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse aller Laborversuche ist in Anlage 3.1 enthalten.

An allen Proben wurde der natürliche Wassergehalt bestimmt. Die hierbei ermittelten Werte liegen zwischen 21,6 % und 29,2 %, was für die bindigen Verwitterungsprodukte des anstehenden Mergels als normal zu bezeichnen ist. Die an der Sonderprobe ermittelte Feucht- und Trockenwichte liegt mit $20,03 \text{ kN/m}^3$ und $15,96 \text{ kN/m}^3$ ebenfalls in einem unauffälligen Bereich.

Mittels kombinierter Sieb-Schlamm-Analyse wurde die Kornverteilung an den beiden Proben RKS 3-1 und RKS 3-2 bestimmt (vgl. Anlage 3.1). Die Proben weisen ein annähernd gleichförmiges Körnungsband mit einem Schlammkornanteil von rd. 70 M.-% (RKS 3-2) und 93 M.-% (RKS 3-1) auf, womit die Proben gemäß DIN 18196 als feinkörniger Boden zu bezeichnen sind. Der nicht im Schlammkornbereich liegende Anteil verteilt sich überwiegend auf die Sand- und Feinkiesfraktion.

Zur genauen Festlegung der Bodengruppe sowie zur Ermittlung der Konsistenz des Bodens wurde an den Proben RKS 3-1 und RKS 3-2 die Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18122-1 ermittelt. Aufgrund der Lage im Plastizitätsdiagramm nach DIN 18196 ist das Material der Probe RKS 3-1 als ausgeprägt plastischer Ton (TA) und das der Probe RKS 3-2 als mittelplastischer Ton (TM) zu beurteilen. Mit einer Konsistenzzahl von 1,010 bzw. 1,057 ist beiden Bodenproben eine halbfeste Konsistenz zuzuordnen.

2.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Wie bereits anfänglich erwähnt, befindet sich auf dem geplanten Baufeld derzeit noch teilweise eine asphaltierte Verkehrsfläche, welche im Zuge der Bauausführung rückzubauen ist. Um einen Einblick über eine mögliche Belastung der Schwarzdecke durch teerhaltiges Bindemittel zu erlangen, wurde eine Probe aus RKS 1 zur Analyse auf ihren PAK-Gehalt an die Agrolab Labor GmbH übergeben. Die detaillierten Ergebnisse der Analytik sind der Anlage 4 zu entnehmen. Nachfolgend ist eine Zuordnung der analysierten PAK-Gehalte der Schwarzdecke tabellarisch dargestellt:

Tabelle 1: Zuordnung der Analyseergebnisse (Schwarzdecke)

Entnahmestelle	Probenbezeichnung	Art	Entnahmetiefe [m]	Trockensubstanz [%]	Organoleptik	PAK 1-16 [mg/kg]
RKS 1	RKS 1-A	Schwarzdecke	0,00-0,10	99,8	-	0,57

Tabelle 1: Grenzwerte

Bewertungskriterium	Grenzwert [mg/kg TS]
Wiederverwertung vor Ort/Recycling Luxemburg	<150
DK I (DepV)	<3000
DK II (DepV)	>3000

Die Schwarzdecke kann aufgrund der Analyseergebnisse von Probe RKS 1-A einer Recyclinganlage in Luxemburg zugeführt werden. Der Asphalt ist separat auszubauen und von anderen Aushubmassen auf einem Haufwerk zu lagern.

Für die Abfuhr zu einer Recyclinganlage ist eine erneute Haufwerksbeprobung nötig, damit das Material dort angenommen wird. Diese Beprobung kann durch ein in Luxemburg akkreditiertes Büro oder das GBL-Trier durchgeführt werden.

2.5 Baugrundmodell, charakteristische Bodenkenngrößen, Wiedereinbaufähigkeit

Der im Baugebiet anstehende Untergrund lässt sich anhand der im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Untersuchungsergebnisse in folgende Schichten mit vergleichbaren Eigenschaften untergliedern:

- **Schicht 1:** Anthropogene Auffüllungen (Schwarzdecke/Hochofenschlacke)
- **Schicht 2:** Feinkörnige Verwitterungsprodukte (Ton, schluffig)
- **Schicht 3:** Ausgangsgestein, verwittert (Mergel, verwittert)
- **Schicht 4:** Ausgangsgestein, schwach verwittert (Mergel, schwach verwittert)

Die Klassifikation der einzelnen Schichten ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 2: Boden- und Felsklassifikation

Schicht	Bodengruppe nach DIN 18196 (2011)	Bodenklasse nach DIN 18300 (2012)	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 17
1 Schwarzdecke/ Hochofenschlacke	A	3 / 4	F2
2 Ton, schluffig	TL / TM / TA	4 / 5	F3
3 Mergel, verwittert	-	5 / 6	F3
4 Mergel, schwach verwittert	-	6	F3

Aufgrund der vorgenommenen Feld- und Laborversuche sowie unter Einbeziehung eigener Erfahrungswerte können dem Baugrund für erdstatische Berechnungen folgende mittlere charakteristische Bodenkenngrößen zugeordnet werden:

Tabelle 3: Charakteristische Bodenkenngrößen

Schicht	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	E_s [MN/m ²]
2 Ton, schluffig	25,0	7,5	20,0	10,0	15
3 Mergel, verwittert	25,0	15,0	20,5	10,5	40
4 Mergel, schwach verwittert	25,0	20,0	21,0	11,0	60

Wie bereits anfänglich erwähnt, wird das geplante Verwaltungsgebäude eine eingeschossige Unterkellerung erhalten. Nach den uns vorliegenden Planunterlagen wird das Untergeschoss auf zwei unterschiedlichen Niveaus zu liegen kommen. Die Oberkannte Fertigfußboden des Untergeschosses (OKFFB UG) ist in den Plänen mit 299,95 müNNH bzw. 298,35 müNNH angegeben, was einer Einbindetiefe in das Erdreich von rd. 3,0 m bis 4,0 m entspricht.

Gemäß den Ergebnissen unserer Felderkundung werden somit alle zuvor tabellarisch aufgeführten Schichten als Aushubmaterial anfallen, wobei der lediglich schwach verwitterte Mergel mengenmäßig nur untergeordnet eine Rolle spielen wird.

Wie bereits in Kapitel 2.2 beschrieben, handelt es sich bei den anthropogenen Auffüllungen um eine Deckschicht aus Schwarzdecke sowie eine dazugehörige Tragschicht aus Hochofenschlacke. Die Schwarzdecke kann gemäß unserer Analyseergebnisse einer Recyclinganlage in Luxemburg zugeführt werden. Für die darunter lagernde Hochofenschlacke ist in der weiteren Planung ein erhöhter Abbauwiderstand zu berücksichtigen, da sich diese erfahrungsgemäß mit der Zeit verfestigt. Darüber hinaus kann das vorliegende Material erfahrungsgemäß nur nach Aufbereitung, bspw. durch Fräsen, wieder eingebaut und als Tragschichtmaterial für Verkehrsflächen verwendet werden.

Für die restlichen Aushubmassen aus den natürlich gewachsenen Böden ist der Einbau aufgrund des feinkörnigen Charakters sowie der Wasserempfindlichkeit dieser Schichten nur bedingt möglich. Von einer Verwendung im Bereich von durch Gründungslasten beaufschlagten Flächen ist aus geotechnischer Sicht abzuraten. Auch zur Arbeitsraumverfüllung sollte ein gut durchlässiges, volumenstabiles, schlag- und frostbeständiges Liefermaterial (bspw. Natursteinschotter) eingesetzt werden. Ein Einbau in Bereichen, in denen Eigensetzungen unproblematisch sind, wie bspw. zur Geländemodellierung in Grünflächen etc., ist generell möglich. Sofern dies nicht vorgesehen ist, sind die anfallenden Aushubmassen auf eine geeignete Erdstoffdeponie abzufahren.

Wir weisen darauf hin, dass bei einer geplanten Anlieferung zu einer Inertstoffdeponie im Allgemeinen eine umweltchemische Analyse der Böden gemäß „Règlement grand-ducal“ vom 25. Januar 2017 erforderlich wird. Zudem wurden an den Erdstoffdeponien in Luxemburg in der Vergangenheit vermehrt Böden abgewiesen, welche eine weiche oder breiige Konsistenz aufweisen und sich damit nicht einbauen lassen. Da auch für die zu erwartenden Aushubmassen zumindest teilweise eine schlechte Konsistenz zu erwarten ist, empfehlen wir diese Problematik bei der Planung der Entsorgungswege und -kosten zu berücksichtigen.

2.6 Grundwasserverhältnisse und Versickerungsfähigkeit

Im Zuge der für die aktuelle Beurteilung durchgeführten Felderkundung wurde lediglich am Aufschlusspunkt RKS 2 Schichtwasser in einer Tiefe von 2,38 m unter GOK (299,68 müNHN) erkundet.

Bei der im Baugebiet vorliegenden Bodenschichtung ist beim Anlegen der Baugrube bereichsweise mit Schichtwasser zu rechnen, welches über die Klüfte des Mergels in sehr geringen Mengen der Baugrube zulaufen wird. Außerdem ist bei stärkeren Niederschlägen vornehmlich mit dem Zulauf von Tagwasser zu rechnen, welches innerhalb der anthropogenen Auffüllungen versickert und sich auf dem nahezu undurchlässigen Verwitterungston aufstaut bzw. der Baugrube zufließt. Mit einem zusammenhängenden, ergiebigen Grundwasserleiter ist in einer für das Bauvorhaben relevanten Tiefe nicht zu rechnen.

Im Endzustand ist eine Versickerung des Dränagewassers oder von über versiegelten Flächen anfallendem Wasser nicht möglich, da sowohl die feinkörnigen Böden aus Ton wie auch der anstehende Mergel sehr schwache Durchlässigkeiten von $k_f < 1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$ besitzen. Niederschlagswasser wird sich naturbedingt auf diesen Böden stauen und entsprechend der Geländeneigung als Oberflächenwasser in Richtung einer möglichen Vorflut abfließen bzw. in Geländetiefpunkten bspw. der Baugrube einstauen. Eine Versickerung von Niederschlagswasser ist in den gewachsenen Böden weder über Versickerungsbecken noch Rigolen sinnvoll möglich. Über befestigte Flächen anfallendes Niederschlags- und Oberflächenwasser ist daher unter Beachtung der genehmigungsrechtlichen Belange und Vorgaben der Regenwasserkanalisation zuzuführen.

3 Geotechnische Empfehlungen

3.1 Allgemeines zum Bauvorhaben

Die Agence OTAN de soutien et d'acquisition (NATO Support and Procurement Agency, NSPA) plant den Neubau eines weiteren Verwaltungsgebäudes auf dem im Süden von Capellen gelegenen Militärstützpunkt der NSPA. Bereits im Jahr 2019 hat das GBL-T das geotechnische Gründungsgutachten Nr. 91891-1 für den Neubau eines Verwaltungsgebäudes auf dem Gelände abgegeben. Bei dem hier begutachtenden Neubau handelt es sich um ein Zwillingsgebäude, welches rd. 30,0 m südlich des bereits in Bericht Nr. 91891-1 beschriebenen Verwaltungsgebäudes errichtet werden soll. Nach den uns vorliegenden Planunterlagen erhält der Neubau fünf Vollgeschosse, wobei das unterste Geschoss als Unterkellerung ausgebildet wird. Die Abmessungen des rechteckigen Gebäudegrundrisses belaufen sich auf rd. 28,0 m • 60,0 m. Bei der zu begutachtenden Fläche handelt es sich um ein annähernd ebenes

Gelände, welches einst mit zwei Hallen bebaut war. Diese sind jedoch zum Zeitpunkt der Felderkundung bereits rückgebaut.

Das geplante Verwaltungsgebäude ist nach DIN 4020 unter Beachtung der beschriebenen Baugrundbedingungen in die **Geotechnische Kategorie 1 (GK 1)** einzuteilen. Damit liegt ein geringer Schwierigkeitsgrad für die Konstruktion des Bauwerks, die Baugrundverhältnisse sowie die bestehende Wechselwirkung zwischen Bauwerk, Baugrund und deren Umgebung vor.

Nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN 1054 können bei derartigen Bauwerken der **GK 1** die Standicherheit und Gebrauchstauglichkeit mit vereinfachten Verfahren aufgrund von Erfahrungswerten nachgewiesen werden.

Der vorliegende geotechnische Untersuchungsbericht umfasst neben den bereits beschriebenen Ergebnissen der Feld- und Laborversuche die sich daraus ergebenden Empfehlungen und Hinweise für die weitere Entwurfsbearbeitung des geplanten Bauwerks.

3.2 Gründungsvorschlag und zulässige Sohlspannungen

Wie vorangehend beschrieben, ist die OKFFB des Untergeschosses auf zwei unterschiedlichen Höhenniveaus von 299,95 müNNH bzw. 298,35 müNNH geplant. Somit werden die anthropogenen Auffüllungen sowie die Verwitterungsböden vollständig durchfahren, sodass in Höhe der Gründungseben ausschließlich der Tonmergel zu erwarten ist. Dieser ist generell als sehr gut tragfähig einzustufen, sodass eine Flachgründung auf Fundamenten oder alternativ auf einer tragenden Bodenplatte für den vorliegenden Fall problemlos möglich ist. Die Entscheidung über die Gründungsvariante hat der Tragwerksplaner zu treffen.

Unserer Kenntnis nach ist bei der vorliegenden Einbindung des Gebäudes ein Anschluss einer Gebäudedränge im Freispiegelabfluss an den im Süden bestehenden Kanal, wenn auch knapp, nicht möglich.

Sofern das Gebäude ohne dauerhafte Wasserhaltung, also ohne ein Abpumpen des den Arbeitsräumen zusickernden Wassers hergestellt wird, so muss dieses in wasserundurchlässiger Bauweise in WU-Beton, d. h. als Weiße Wanne hergestellt werden. In diesem Fall wird die Gründung auf einer Bodenplatte erforderlich. Ein Verzicht auf eine Bauweise in WU-Beton ist nur möglich für den Fall, dass das den Arbeitsräumen zusickernde Wasser, vornehmlich aus den Klüften des Tonmergels, dauerhaft mittels einer Hebeanlage abgepumpt wird.

Erfolgt eine Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten, ist **nach DIN 1054 (2005)** ein aufnehmbarer Sohldruck von

$$\sigma_{zul} = 500 \text{ kN/m}^2$$

bzw. **nach EC 7 (2010)** ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes

$$\sigma_{R,d} = 700 \text{ kN/m}^2$$

zulässig, wobei Mindestabmessungen von 0,5 m für Streifen- und 1,0 m • 1,0 m für Einzel-fundamente einzuhalten sind. Außenfundamente sind generell in frostsicherer Tiefe von $\geq 0,80$ m unter zukünftiger GOK zu gründen.

Erfolgt eine Gründung auf einer Bodenplatte und wird diese nach dem Verfahren der elastischen Bettung bemessen, kann ein Bettungsmodul von

$$k_s = 30 \text{ MN/m}^3$$

angesetzt werden. Sollten unterhalb der Bodenplatte oder der Fundamente Perimeterdämmplatten oder Schaumglasschotter verwendet werden, sind in der Bemessung der Bodenplatte die Steifigkeitseigenschaften sowie die materialbedingt zulässigen Sohlspannungen dieser Schichten ebenfalls zu beachten.

Bei den Erdarbeiten ist zu beachten, dass die anstehenden bindigen Böden sehr empfindlich auf Wasserzutritt reagieren und schnell aufweichen, d. h. ihre Tragfähigkeit verlieren. Vor diesem Hintergrund ist zu empfehlen, die Erdarbeiten zur Herstellung des Erdplanums nur bei anhaltend trockener Witterung auszuführen. Andernfalls kann es infolge eines Aufweichens durch Niederschläge notwendig werden, die Ausschachtung tiefer zu führen und einen Höhenausgleich aus volumenbeständigem Tragschichtmaterial vorzunehmen, was damit Mehrkosten verursachen würde. Generell ist ein Befahren der Baugrubensohle mit Baugeräten nicht zulässig. Im Bauablauf empfehlen wir die Ausschachtungsarbeiten bis auf eine Schutzschicht von $\geq 0,5$ m Dicke über planmäßiger Aushubsohle vorzunehmen. Mit Erreichen dieser Schutzschicht hat der restliche Endaushub abschnittsweise, rückschreitend und schonend mit einem Baggerlöffel mit glatter Schneide bis zur planmäßigen Aushubsohle zu erfolgen.

Gründungsvariante 1: Einzel- und Streifenfundamente

Nach Aushub der Fundamentgräben etc. ist die Gründungssohle durch unser Büro visuell abnehmen zu lassen, um eine ausreichende Tragfähigkeit zu bestätigen und die Flächen für die weiteren Arbeiten freigeben zu können. Anschließend sind die Fundamentgräben auszusachten und zur Versiegelung der Fundamentgrabensohle ein ≥ 10 cm mächtiger Sauberkeitsbeton einzubringen, um ein Aufweichen der Gründungsebene durch Niederschläge etc. zu verhindern.

Die Gründung des nichttragenden Betonfußbodens kann unter Zwischenschaltung einer mindestens 40 cm dicken kapillARBrechenden, gut verdichtungsfähigen, schlag- und frostbeständigen Schottertragschicht ohne Feinkornanteil -bspw. der Körnung 5/45 o. ä.- erfolgen.

Die Tragschicht ist generell lagenweise einzubauen und fachgerecht in mehreren kreuzweisen Übergängen zu verdichten. Das Verdichtungsgerät ist auf das verwendete Schottermaterial und die eingebrachte Lagendicke abzustimmen.

Zwischen Schottertragschicht und Untergrund ist ein Geotextil der Geotextilrobustheitsklasse 3 (GRK 3) anzuordnen, um eine filterstabile Trennung der Schichten sicherzustellen. Des Weiteren ist zwischen Betonfußboden und kapillARBrechender Filtertragschicht ein $\geq 5,0$ cm dicker Sauberkeitsbeton, alternativ eine doppelagige reißfeste PE-Folie überlappend, aufzubringen zur Vermeidung, dass Zementleim in die Tragschicht ausfließt.

Gründungsvariante 2: Bodenplatte

Sofern eine Ausbildung der Untergeschosse in wasserundurchlässiger Bauweise erfolgen soll, ist das Gebäude auf einer tragenden Bodenplatte zu gründen.

Generell ist auch bei dieser Gründungsvariante nach dem Erreichen der empfohlenen $\geq 0,5$ m dicken Schutzschicht der Restaushub abschnittsweise, rückschreitend und schonend mit einem Baggerlöffel mit glatter Schneide bis Unterkante des Sauberkeitsbetons der WU-Bodenplatte durchzuführen.

Generell muss nach dem Anlegen eines Teilabschnitts des Erdplanums unmittelbar folgend, d. h. tagesgleich die Versiegelung des hier anstehenden Mergels mit dem Sauberkeitsbeton durchgeführt werden. Ein länger andauerndes Offenstehen ist nicht zulässig, da der Untergrund bei Niederschlägen ohne Schutzschicht sofort aufweicht. Die Gründung der Bodenplatte kann damit unter Zwischenschaltung eines ≥ 10 cm dicken Sauberkeitsbetons direkt auf dem gewachsenen Erdreich erfolgen. Wir empfehlen zwischen WU-Bodenplatte und Sauberkeitsbeton eine doppelte reißfeste PE-Folie überlappend aufzulegen, um ein freies Schwinden des Betons zu ermöglichen.

Die Baugrubensohle ist generell durch unser Büro verantwortlich abnehmen zu lassen, um die im Gutachten beschriebenen Bodenverhältnisse sowie eine ausreichende Tragfähigkeit zu bestätigen und die Flächen für die weiteren Arbeiten freizugeben.

Mit überschlägig ermittelten Lasten geführte Setzungsbetrachtungen lassen sowohl bei Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten wie auch bei der Variante einer tragenden Bodenplatte Setzungen in einer Größenordnung bis etwa 1,0 cm in lastabtragenden Bereichen erwarten. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist nicht mit baugrundbedingten Setzungsdifferenzen in merklicher Größenordnung zu rechnen. Detaillierte Setzungsberechnungen können nach Mitteilung der tatsächlichen Gebäudelasten bei Bedarf vom GBL-T geführt werden.

3.3 Dränage und Abdichtung

Während der Bauzeit ist im Falle von ungünstigen Witterungsbedingungen mit einem Zustrom an Niederschlagswasser zu rechnen, welches sich auf der wenig durchlässigen Baugrubensohle staut.

Zur Trockenhaltung der Baugrube im Bauzustand empfehlen wir einen Dränagegraben entlang dem Fuß der Baugrubenböschung vorzusehen, wodurch Niederschlagswasser ohne Überströmung der großflächigen Aushubsohle an einen Pumpensumpf abgeleitet wird. Wir empfehlen den Pumpensumpf am Rand der Baugrube anzuordnen und bspw. mittels Betonschachtringen zu sichern. Ein Aufstau von Niederschlagswasser während der Bauzeit ist zu verhindern, da andernfalls infolge des Aufweichens der Baugrubensohle die Standsicherheit der Böschungen sowie die Tragfähigkeit des Baugrunds gefährdet ist und Nachschachtungen erforderlich werden können.

Gründungsvariante 1: Einzel- und Streifenfundamente

Bei Ausführung von Einzel- und Streifenfundamenten hat die Entwässerung der Arbeitsräume des Gebäudes im Endzustand über ein Dränagesystem mit Pumpen zu erfolgen. Das Pumpensystem sollte redundant ausgebildet werden, d. h. auch bei Ausfall einer Pumpe muss über ein Ersatzsystem die Ableitung von den Arbeitsräumen zulaufendem Wasser sichergestellt sein. Generell sind die Dränagen so auszubilden, dass eine regelmäßige Kontrolle und bei Bedarf Spülung gewährleistet werden kann, da Versandungs- und Versinterungserscheinungen nicht auszuschließen sind. Zu beachten ist, dass ein solches Konzept auch über den Bauzeitraum hinaus Kosten für die Wartung der Dränagen und Pumpen nach sich zieht.

Die tatsächlich der Baugrube zulaufenden Mengen an Schichtwasser lassen sich anhand der Ergebnisse unserer Felderkundung nicht abschätzen. Eine derartige Abschätzung kann entweder vorab mittels Baggerschürfen oder auch während der Bauphase, anhand der tatsächlich zulaufenden Wassermengen getroffen werden. Die tatsächliche Pumpenleistung ist dann auf die sich ergebende Situation abzustimmen.

Neben der umlaufenden Ringdränage sind zur Entwässerung der beschriebenen Filtertragsschicht -aufgrund der großen Gebäudeabmessungen- Querdränagen, bspw. in einem Abstand von 15 m zur Unterstützung anzuordnen und an die außenliegende Ringdränage anzuschließen. Die Sickerpackung ($d \geq 0,40$ m), bspw. aus Kies der Körnung 8/16, ist mit einem Vliesstoff der Geotextilrobustheitsklasse 2 (GRK 2) vollflächig zu ummanteln, damit mit dem zufließenden Wasser keine Bodenfeinanteile in die Dränage eingetragen werden, da diese ansonsten mit der Zeit versandet. Zur regelmäßigen Kontrolle und Reinigung der Dränage sind Kontrollschächte und Spülrohre anzuordnen.

Die Abdichtung des Gebäudes kann bei Anordnung einer vertikalen Flächendränage an der Außenwand für den Lastfall „Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser“ nach DIN 18125, Teil 4, erfolgen. Nach aktueller Norm DIN 18533 handelt es sich in diesem Fall um die Wassereinwirkungsklasse W 1.2-E (Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung). Ob dies mittels einer Schwarzabdichtung oder einer Abdichtung der Außenwände durch einen Beton mit angepasster Rissbreitenbeschränkung und Fugenblechen erfolgt, hat der Planer zu entscheiden. Generell ist die jeweils zur Ausführung kommende Abdichtung vor Beschädigung während der Arbeitsraumverfüllung zu schützen.

Für die Arbeitsraumverfüllung empfehlen wir gut verdichtungsfähigen Schotter der Körnung 0/45 zu verwenden, sodass auch der Einbau von Sandsteinschotter möglich ist. Der Einbau ist lagenweise unter optimaler Verdichtung ($D_{Pr} \geq 100$ %) gegen das anstehende Erdreich vorzunehmen.

Gründungsvariante 2: Bodenplatte

Nach den uns vorliegenden Höhenniveaus, wird der Anschluss einer in Höhe der Ausschachtungssohle anzuordnenden Gebäudedränage an den im Süden verlaufenden Kanal (Kanalsohle 300,92 müNN) im Freispiegelabfluss nicht möglich. Ein Verzicht auf ein dauerhaftes Pumpen wäre nur bei Ausbildung des Untergeschosses als Weiße oder Schwarze Wanne, also einem Abdichten gegen drückendes Wasser, möglich.

In diesem Fall sind Bodenplatte und Wände als WU-Betonbauteile nach DIN 1045 bzw. gemäß DAfStB (Deutscher Ausschuss für Stahlbeton) Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus

Beton“ (WU-Richtlinie) herzustellen. Besonderes Augenmerk ist auf die Fugen-Wand-Ausbildung zu legen, d. h. entsprechende Fugenbleche einzubauen. Die Ausbildung der WU-Betonplatte mit entsprechenden Maßnahmen zur Verhinderung von Schwindrissen hat der Tragwerksplaner festzulegen.

Alternativ kann auch die Abdichtung mittels einer Schwarzen Wanne nach DIN 18195, Teil 6 erfolgen. Nach aktueller Norm DIN 18533 handelt es sich in diesem Fall um die Wassereinwirkungsklasse W 2.1-E (Drückendes Wasser). Bei dieser Variante ist besonderes Augenmerk auf eine fachgerechte Bauausführung zu legen, da Fehlstellen in der Abdichtungsebene im Nachhinein nicht bzw. nur schwer mehr auffindbar sind und schlecht saniert werden können.

Auch in diesem Fall empfehlen wir als Arbeitsraumverfüllung einen gut verdichtungsfähigen Schotter der Körnung 0/45 zu verwenden.

3.4 Böschungen und Verbau

Wie bereits anfänglich erwähnt, war der überwiegende Teil der zu begutachtenden Fläche einst mit zwei Hallen bebaut und liegt derzeit brach. Im westlichen, südlichen und östlichen Randbereich des Baufeldes schließen jedoch Verkehrsflächen an. Das Anlegen von freien Baugrubenböschungen hängt demnach in erster Linie davon ab, ob die angrenzenden Verkehrsflächen während der Bauzeit weiterhin genutzt werden sollen oder nicht, also ob ausreichende Platzverhältnisse für ein freies Böschchen vorhanden sind.

Im Zuge der Bauausführung werden überwiegend Baugrubenböschungen von rd. 2,0 m bis 3,0 m Höhe entstehen. Gemäß den Ergebnissen unserer Felderkundung werden an den offenen Böschungsflächen die tonigen Verwitterungsprodukte sowie der anstehende Mergel in verwittertem Zustand anstehen. Aufgrund ihres bindigen Charakters mit hohen Kohäsion sind aus geotechnischer Sicht Baugrubenböschungen von 60° als standsicher zu bewerten. Sollte das Anlegen freier Baugrubenböschungen möglich sein, so sind die offenen Böschungsflächen vollflächig mit einer reißfesten PE-Folie abzuhängen und vor einem Verwehen zu sichern. Durch diese Maßnahme werden negative Auswirkungen von Niederschlägen auf die Standsicherheit der Böschung deutlich reduziert.

Sofern ein freies Böschchen auf den umliegenden Verkehrsflächen nicht möglich ist, ist für die Baugrube in der weiteren Planung ein Baugrubenverbau vorzusehen. Aus geotechnischer Sicht ist bei den hier vorherrschenden Bodenverhältnissen und Böschungshöhen die Ausführung eines auskragenden Berliner Verbaus mit Nadelholzausfachung die sinnvollste Variante.

Die Aushubarbeiten in den Bereichen des Verbaus sind in Schritten von $\leq 1,5$ m auszuführen. Sowohl die tonigen Verwitterungsprodukte, als auch der anstehende Mergel, lassen sich erfahrungsgemäß gut maßgerecht profilieren. Allenfalls im Bereich der oberhalb lagernden Auffüllungen aus Hochofenschlacke ist mit einem Mehrausbruch zu rechnen. Generell empfehlen wir Hohlräume hinter den Verbauhölzern mit Sand oder Splitt zu verfüllen, sodass ein kraftschlüssiger Verbund zwischen Erdreich und Holzausfachung sichergestellt ist.

Die Träger des Berliner Verbaus sind in vorgebohrte Löcher einzustellen und am Fuß auszubetonieren, da ein Einrammen der Verbauträger in den Untergrund bei den vorliegenden geologischen Verhältnissen nicht möglich ist. Die Bemessung des Verbaus sowie die Ausführungsplanung obliegt dem zuständigen Tragwerksplaner.

Sofern aus statischen Gründen dennoch eine Verankerung des Berliner Verbaus erforderlich wird, empfehlen wir für eine erste Vorbemessung der mindestens einfach nachverpressbaren Anker, innerhalb der tonigen Verwitterungsprodukte einen charakteristischen Wert der Mantelreibung von $q_{s,k} = 150 \text{ kN/m}^2$ und innerhalb des verwitterten Mergels von $q_{s,k} = 250 \text{ kN/m}^2$ zugrunde zu legen.

Generell sind alle entstehenden Böschungskronen von jeglicher Verkehrs- und Stapellast freizuhalten. Die gesetzlichen Unfallverhütungsvorschriften sind grundsätzlich zu beachten und die vorgeschriebenen Sicherheitsabstände von Baufahrzeugen etc. einzuhalten.

3.5 Bauen am Bestand

Da trotz sorgfältiger Ausführung der Erd- und Gründungsarbeiten eine Beeinträchtigung der umliegenden Verkehrsflächen nicht ausgeschlossen werden kann, sollte deren Zustand im Rahmen eines Beweissicherungsgutachtens von einem anerkannten Sachverständigen festgehalten werden.

4 Besondere Hinweise

Vorliegendes Baugrundgutachten gilt in seiner räumlichen und inhaltlichen Abgrenzung ausschließlich für das in unseren Zeichnungen dargestellte Bauvorhaben in Capellen. Alle Empfehlungen und Forderungen sind auf die im Gutachten genannten Randbedingungen auszurichten. Änderungen und Abweichungen im Projekt können auch zu anderen Folgerungen der Fachberatung führen. Änderungen sind somit stets mit dem Baugrundgutachter abzustimmen. Diese Einschränkung ist in der Anwendung dieses Gutachtens zu beachten.

Der Baugrundaufschluss erfolgte nur an einzelnen Punkten, d. h. auch die Aussagen haben punktuellen Charakter. Sollte während der Bauausführung eine Abweichung von den beschriebenen Verhältnissen festgestellt werden, ist ein Ortstermin zur Festlegung der dann notwendigen Maßnahmen mit uns anzuberaumen. Während aller für die Errichtung des Verwaltungsgebäudes notwendigen Arbeiten hat der Unternehmer die im Bauwesen erforderliche Sorgfalt anzuwenden.

M. Nieswand, M.Sc. (Univ.)

E. Lehmann, Dipl.-Ing. (TU)