

Grundbaulabor Trier | Wolkerstraße 4 | 54296 Trier

OTAN de soutien et d'acquisition (NSPA)
Bureau des infrastructures et des
services généraux
L-8302 Capellen

Bericht Nr.: 91891-1
Ref.: Am/Lm
Datum: 18. Oktober 2019

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

Örtliche Untersuchung:	09. September 2019
------------------------	--------------------

Inhalt:

1	Vorbemerkung	1
2	Beschreibung der Baugrundverhältnisse	1
2.1	Allgemeine Geologie	1
2.2	Ergebnisse der Felderkundungen	2
2.3	Ergebnisse bodenmechanischer Laborversuche	3
2.4	Altlastenvorstudie	4
2.4.1	Historische Recherche	4
2.4.2	Rückbau	5
2.4.3	Ergebnisse chemischer Analysen	5
2.5	Baugrundmodell, charakteristische Bodenkenngößen, Wiedereinbaufähigkeit	6
2.6	Grundwasserverhältnisse und Versickerungsfähigkeit	8
3	Geotechnische Empfehlungen	9
3.1	Allgemeines zum Bauvorhaben	9
3.2	Gründungsvorschlag und zulässige Sohlspannungen	10
3.3	Dränage und Abdichtung	12
3.4	Böschungen und Verbau	15
4	Besondere Hinweise	15

Anlagen:

Anlage 1:	Lageplan, geologische und topographische Karten, Schichtenfolgen und Sondierdiagramme
Anlage 2:	Geländeschnitte mit Gründungsempfehlungen
Anlage 3:	Zusammenfassung bodenmechanischer Kenngößen
Anlage 4:	Altlastenvorstudie
Anlage 4.1:	Auszug aus dem Verdachtsflächenkataster
Anlage 4.2:	Ergebnisse chemischer Analysen PAK-Analyse, Agrolab Prüfbericht Nr.: 2937222

1 Vorbemerkung

Die OTAN de soutien et d'acquisition (NSPA) plant den Neubau eines Verwaltungsgebäudes auf dem im Süden von Capellen gelegenen Militärstützpunkt der NSPA (NATO Support and Procurement Agency).

Das Grundbaulabor Trier (GBL-T) wurde von o. g. Bauherrn mit dem Auftrag Nr. PA-AA/4500411537 vom 17. September 2019 mit der Durchführung einer Baugrunduntersuchung und Abgabe eines gezielten Gründungsgutachtens unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Bauwerk, Bestand und Baugrund beauftragt.

Die Felderkundung erfolgte am 09. September 2019 durch ein Einsatzteam des GBL-T. Im Zuge der Feldarbeiten wurden 4 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 4 gestörte Proben (gP) entnommen und das Material im Labor des GBL-T normgerecht bodenphysikalisch untersucht.

Zur Ausarbeitung des Gutachtens standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Planunterlagen vom Architekturbüro HO Architectes
- 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. 72121-1 des GBL-T vom 24. Oktober 2017

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.

Die Baufläche ist aktuell durch ein Gebäude bebaut, welches im Rahmen des o. a. Bauvorhabens vollständig rückgebaut werden soll. Der Bestand ist derzeit von Verkehrsflächen umrahmt, welche als Zuwegung zu den übrigen Gebäuden des Militärstützpunktes fungieren. Generell handelt es sich um ein ebenes Baufeld welches ein leichtes Gefälle in Südrichtung besitzt.

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 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 Tonmergel wurde aufgrund der hohen Rammwiderstände auf die kleinere Sondenspitze von 5 cm² Querschnittsfläche gewechselt. Im Sondierdiagramm, dargestellt als Staffelkurve 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 der Felderkundung wurde innerhalb der Verkehrsflächen vier Rammkernsondierungen abgeteuft, deren lithologische Ansprache sowie die daraus resultierende Bodenschichtung nachfolgend detailliert beschrieben wird.

Aufgrund der umliegenden Verkehrsflächen wurden an allen Aufschlussstellen zuoberst eine Schwarzdeckenschicht mit darunter liegenden Straßenunterbau aus Hochofenschlacke sowie

geringmächtige Auffüllungen in Form des ortstypischen Verwitterungsbodens erkundet. Die anthropogenen Auffüllungen weisen eine Mächtigkeit von 60 cm auf und werden von den feinkörnigen Verwitterungsböden unterlagert. Der Verwitterungsboden wurde als Ton, schluffig, feinsandig angesprochen und weist mit zunehmender Tiefe Mergelstücke auf. In einer Tiefe zwischen 1,70 m bis 2,40 m erfolgt der Wechsel zum anstehenden Gestein, bei welchem es sich um den Tonmergel, der den in Kapitel 2.1 beschriebenen fossilarmen Tonen des li⁴ zuzuordnen ist.

Das anstehende Gestein wurde an allen vier Aufschlusspunkten zunächst in stark verwittertem bis zersetztem Zustand angetroffen, wobei festzuhalten ist, dass der Verwitterungsgrad mit zunehmender Tiefe kontinuierlich abnimmt, sodass in Höhe der Endteufe von einem unverwitterten Tonmergel ausgegangen werden kann. Aufgrund der festgestellten Klüftigkeit des Festgesteins innerhalb des stark verwitterten bis zersetzten Horizontes muss mit auftretendem Schichtwasser gerechnet werden.

Aufgrund des hohen Rammwiderstands innerhalb der oberflächennahen Auffüllungen aus Hochofenschlacke musste für die Ausführung der Rammsondierungen (RS) vorgebohrt werden. Innerhalb des gewachsenen Verwitterungsbodens wurden zuoberst Schlagzahlen von 4 erkundet, welche mit zunehmender Tiefe kontinuierlich ansteigen. Anhand der vorliegenden Werte kann dem Verwitterungsboden zuoberst eine weiche bis steife Konsistenz und am Übergang zum Gestein eine steife bis halbfeste Konsistenz zugesprochen werden. Am Übergang zum anstehenden Gestein ist eine deutliche Zunahme der Rammwiderstände auf > 100 zu verzeichnen.

2.3 Ergebnisse bodenmechanischer Laborversuche

Im Rahmen der aktuellen Felderkundung wurden dem Baugrund vier gestörte Proben (gP) entnommen und im Labor des GBL-T normgerecht bodenphysikalisch untersucht. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse aller bodenmechanischen Laborversuche mitsamt Darstellung der ermittelten Körnungslinien ist in Anlage 3 enthalten.

Für die dem Verwitterungsboden entnommenen Proben wurde der Wassergehalt einheitlich mit 26,4 % bis 28,5 % erkundet, was für den vorliegenden bindigen Boden als normal bis leicht erhöht einzustufen ist. Für eine dem stark verwitterten bis zersetzten Tonmergel entnommenen Probe ergab die Bestimmung des Wassergehalts einen leicht geringeren Wert von 22,6 %.

Die am Probematerial RKS 4-1 und RKS 4-2 ermittelten Körnungslinien weisen einen Schlammkornanteil von rd. 80 M.-% und rd. 90 M.-% auf, womit nach DIN 4022 von einem feinkörnigen

Boden zu sprechen ist. Die restlichen Anteile verteilen sich gleichmäßig auf das Sandkornsegment.

2.4 Altlastenvorstudie

2.4.1 Historische Recherche

Am 23. August 2019 wurde bei der Umweltverwaltung in Luxemburg eine Anfrage zur Einsicht in das Verdachtsflächenkataster von Luxemburg (CASIPO) für die nachfolgend aufgeführte Parzelle der Gemeinde Mamer, Stadtteil Capellen gestellt:

255/806

Die beschriebene Parzelle ist im Verdachtsflächenkataster aufgenommen. Es handelt sich laut dem Auszug aus dem CASIPO um ein Gebiet, dass als Lager, Werkstatt, Kraftstofftanks und Tankstelle genutzt wurde. Von 1945 bis 1948 befand sich auf dem Gelände eine Schreinerei, von 1951 bis 1967 lag hier ein Stützpunkt des Luxemburger Militärs. Ab 1967 gehört das Gebiet der NATO (seit 2012 NSPA).

Im Oktober 2018 wurde eine Altlastenvorstudie von Eneco durchgeführt, die im Dezember mit einem Abschlussbericht fertig gestellt wurde. Diese umfasste das gesamte Gebiet der Parzelle 255/806, die im Casipo-Auszug (siehe Anlage 4.1) dargestellt ist. Daraus geht hervor, dass sowohl die Oberflächenbefestigung, die Auffüllungen als auch der Boden mit Kohlenwasserstoffen belastet ist. Darüber hinaus befinden sich im Lager für Farben und Lacke flüchtige Stoffe und an lokalen Stellen im Grundwasser erhöhte PAK- und Arsen- Gehalte. Für diese Sanierungsfläche liegen Einschränkungen vor.

Betrachtet man nur das Baugebiet innerhalb dieser soeben vorgestellten Verdachts- und Sanierungsfläche, zeigt sich, dass auf dem Baugebiet eine Schreinerei vorhanden ist. Schadstoffe wurden in diesem Gebiet entweder nicht vorgefunden oder untersucht.

Aufgrund der bisherigen Nutzung und der Untersuchungsergebnisse von Eneco muss eine Altlastenstudie vor Baubeginn durchgeführt bzw. der Bericht von Eneco eingesehen werden. Dadurch können detailliertere Informationen über anfallende Entsorgungskosten und eventuell notwendige Sanierungsarbeiten gewonnen werden.

2.4.2 Rückbau

Der auf dem Baugebiet vorliegende Altbestand muss rückgebaut werden. Dabei müssen die verschiedenen Baustoffe separat ausgebaut und ordnungsgemäß entsorgt werden. Der qualifizierte Gebäuderückbau und die sortenreine Trennung der anfallender Abfälle sind zwingend vorgeschrieben, soweit dies zu deren Verwertung oder Beseitigung erforderlich und wirtschaftlich zumutbar ist. Ziel der Abfalltrennung ist die Gewinnung möglichst sortenreiner, nicht verunreinigter und damit wieder nutzbarer Materialien.

Unterirdische Einbauten sind gegebenenfalls zu erhalten und dafür falls erforderlich umzulegen oder auszubauen und zu verfüllen. Dazu gehören beispielsweise bestehende Leitungen und Kanäle.

Der Rückbau ist mit großer Sorgfalt durchzuführen, um das Risiko für die Umwelt zu minimieren, da Verunreinigungen nicht ausgeschlossen werden können. Hierfür ist zunächst zu klären, welche Ausmaße die Belastungen haben, die von Eneco erfasst wurden. Das Gebäude selbst wird als asbesthaltig eingestuft. Es ist möglich, dass die Aushubmassen aus diesem Bereich für eine Entsorgung in Luxemburg ungeeignet sind und im Ausland entsorgt werden müssen. Für eine Betreuung des Rückbaus, bzw. Einschätzung der Verunreinigung des Bodens ist ein in Luxemburg akkreditiertes Büro heranzuziehen, das auch die eventuell nötigen Sanierungsmaßnahmen überwacht.

2.4.3 Ergebnisse chemischer Analysen

Um einen Einblick über die Verschmutzung des Asphalts und der Tragschicht der Verkehrswege zu erlangen, die um das Bestandgebäude verlaufen, wurde eine Probe aus der RKS 2 und zwei Proben aus der RKS 4 zur Analyse auf PAK-Gehalte an die Agrolab Labor GmbH eingeschickt. Der oben aufliegenden Asphalt liegt in der Probe RKS 2-A und RKS 4-A vor und die Hochofenschlacke der Tragschicht in RKS 4-B. Die Ergebnisse der Analytik sind der Anlage 4.2 zu entnehmen. Nachfolgend ist eine Zuordnung der analysierten PAK Gehalte der Asphaltflächen und der Hochofenschlacke tabellarisch dargestellt:

Tabelle 1 Zuordnung der Analyseergebnisse (Asphalt/Hochofenschlacke)

Entnahmestelle	Art	Entnahmetiefe [m]	Trockensubstanz [%]	Organoleptik	Probenbezeichnung	PAK 1-16 [mg/kg]
RKS 2	Asphalt	0,00-0,10	99,2	-	RKS 2-A	4,6
RKS 4	Asphalt	0,00-0,04	99,7	auffällig	RKS 4-A	850
RKS 4	Hochofenschlacke	0,04-0,10	99,8	auffällig	RKS 4-B	150

Tabelle 2 Grenzwerte

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

Die Asphaltschicht der Proben RKS 2-A kann aufgrund ihrer Analyseergebnisse einer Recyclinganlage in Luxemburg zugeführt werden. Sobald der Asphalt ausgebaut wurde, ist er separat von anderen Aushubmassen auf einem Haufwerk zu lagern.

Die Asphaltschicht der Proben RKS 4-A und die Hochofenschlacke der RKS 4-A kann aufgrund ihres PAK-Gehaltes nur im Ausland entsorgt werden. Die erhöhten PAK-Werte lassen in Deutschland eine Entsorgung auf einer Deponie der Klasse I zu. Die Hochofenschlacke ist ebenfalls separat vom Asphalt auszubauen und auf einem Haufwerk zu lagern.

Für die Abfuhr zu einer Deponie oder 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:** Tragschichten aus Hochofenschlacken
- **Schicht 2:** Verwitterungsmaterial (Ton, schluffig)
- **Schicht 3:** Verwittertes Gestein (Tonmergel, verwittert)
- **Schicht 4:** Unverwittertes Gestein (Tonmergel, unverwittert)

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

Tabelle 3: Boden- und Felsklassifikation

Schicht	Bodenklasse nach DIN 18300 (2012)	Bodengruppe nach DIN 18196	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB
1 Tragschichten	3 / 6*	OH/[A]	F2
2 Ton, schluffig	4	TL / TM	F2
3 Tonmergel, verwittert	6	-	F3
4 Tonmergel, unverwittert	6	-	F3
* Bodenklasse 7 bei verfestigter Schlacke			

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

Tabelle 4: Charakteristische Bodenkenngößen

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 Tonmergel, verwittert	25,0	15,0	20,5	10,5	40
4 Tonmergel, unverwittert	25,0	20,0	21,0	11,0	60

Bei der vorgesehenen Unterkellerung wird als Aushub Material der Schichten 1 bis 3 anfallen. Bei der Schicht 1 handelt es sich um Hochofenschlacke, welche erfahrungsgemäß mit der Zeit verfestigt ist, weshalb ein erhöhter Abbauwiderstand für den vorliegenden Fall zu berücksichtigen ist. Darüber hinaus kann das vorliegende Material erfahrungsgemäß nur nach Aufbereitung, bspw. durch Fräsen wieder eingebaut und als Tragschichtmaterial verwendet werden.

Für die restlichen Aushubmassen (Schicht 2 und 3) ist der Einbau aufgrund des feinkörnigen Charakters sowie die 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 nur an einem Untersuchungspunkt Wasser innerhalb des Bohrlochs registriert und höhenmäßig erfasst. Es handelte sich um Stauwasser an der RKS 2, welches aus den Tragschichten in das Bohrloch gesickert ist.

Bei der im Baugebiet vorliegenden Bodenschichtung ist beim Anlegen der Baugrube bereichsweise mit Schichtwasser zu rechnen, welches über die Klüfte des Tonmergels in sehr geringen Mengen der Baugrube zulaufen wird. Außerdem ist bei stärkeren Niederschlägen vornehmlich mit dem Zulauf von Tagwasser zu rechnen. 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 Tonstein/Tonmergel 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 OTAN de soutien et d'acquisition (NSPA) plant den Neubau eines Verwaltungsgebäudes auf dem im Süden von Capellen gelegenen Militärstützpunkt der NSPA (NATO Support and Procurement Agency).

Die Baufläche ist derzeit durch ein nicht unterkellertes Gebäude bebaut, welches im Rahmen des o. a. Bauvorhabens vollständig rückgebaut werden soll. Darüber hinaus handelt es sich um ein ebenes Baufeld, welches ein leichtes Gefälle in Südrichtung besitzt.

Das geplante Verwaltungsgebäude weist einen rechteckförmigen Grundriss mit Außenabmessungen von rd. 65 m • 25 m auf und soll mit einer einfachen Unterkellerung und vier darüber aufgehenden Geschossen ausgeführt werden. Die OKFFB des Untergeschosses ist in den vorliegenden Planunterlagen auf zwei unterschiedlichen Höhenniveaus von 299,63 müNNH und 301,13 müNNH angegeben. Damit werden die oberflächennahen Auffüllungen sowie der Verwitterungsboden vollständig durchfahren, sodass in Höhe der Gründungsebene ausschließlich der verwitterte Tonmergel zu erwarten ist.

Vor Beginn der Ausschachtungsarbeiten ist das auf dem Grundstück stehende, deutlich kleinere Gebäude fachgerecht rückzubauen.

Das geplante Bauwerk ist nach DIN 4020 unter Beachtung der beschriebenen Baugrundbedingungen aufgrund Begründung 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 299,63 müNNH und 301,13 müNNH geplant. Somit werden die anthropogenen Auffüllungen sowie die Verwitterungsböden vollständig durchfahren, sodass in Höhe der Gründungseben ausschließlich der verwitterte 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 bestehenden Kanal 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 Perimeter-Dämmplatten 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 etc. nicht zulässig. Im Bauablauf empfehlen wir die Ausschachtungsarbeiten bis auf eine Schutzschicht von $\geq 0,5$ m Dicke über planmäßige 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 4 (GRK 4) 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 doppellagige 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.

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

Da aufgrund der tiefen Einbindung der Untergeschosse in das Erdreich der Anschluss einer in Höhe der Ausschachtungssohle anzuordnenden Gebäudedränage an den im Norden verlaufenden Kanal (Kanalsohle 302,27 müNN) im Freispiegelabfluss nach den uns vorliegenden Informationen nicht möglich ist, wäre ein Verzicht auf ein dauerhaftes Pumpen nur bei Ausbildung der Untergeschosse 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

Im Rahmen des Bauvorhabens sind Baugrubentiefen zwischen rd. 3,5 m bis 5,0 m zu erwarten. Beim freien Anlegen der Baugrubenböschungen ist bei den vorliegenden Böden (Verwitterungston/Tonmergel, verwittert) ein Böschungswinkel von maximal 60° zulässig.

Sollte ein freies Anlegen der Baugrubenböschungen aufgrund der vorhandenen Platzverhältnisse nicht möglich sein, so ist die Baugrube durch einen Baugrubenverbau zu sichern. Für den vorliegenden Fall eignet sich die Ausführung eines Berliner Verbaus, welcher in Abhängigkeit der Ausführungshöhe entweder auskragend oder mit Rückverankerung auszuführen ist.

Ein Baugrubenverbau sowie eine ggf. erforderliche Rückverankerung ist gemäß einer fachgerechten statischen Planung unter Beachtung der geltenden Normen und Richtlinien herzustellen. Für eine erste Vorbemessung der mindestens einfach nachverpressbaren Anker kann innerhalb der tonigen Verwitterungsprodukte ein charakteristischer Wert der Mantelreibung von $q_{s,k} = 150 \text{ kN/m}^2$ und innerhalb des verwitterten Tonmergels von $q_{s,k} = 250 \text{ kN/m}^2$ zugrunde gelegt werden.

Wir empfehlen die tatsächlich aufnehmbaren Ankerkräfte zu Beginn der Arbeiten mittels Eigensprüfungen nach DIN EN 1537 zu bestimmen. Die zur Vorbemessung angesetzte Mantelreibung ist -je nach Ergebnis der Prüfung- zu bestätigen bzw. falls erforderlich anzupassen. Alle Anker sind Abnahmeprüfungen zu unterziehen.

Die gesetzlichen Unfallverhütungsvorschriften sind grundsätzlich zu beachten, die vorgeschriebenen Sicherheitsabstände von Baufahrzeugen etc. sind einzuhalten. Alle Böschungskronen sind von jeglicher Verkehrs- und Stapellasten freizuhalten, sofern dies bei der Bemessung des Verbaus keine Berücksichtigung fand.

4 Besondere Hinweise

Vorliegendes Baugrundgutachten gilt in seiner räumlichen und inhaltlichen Abgrenzung ausschließlich für das in unseren Zeichnungen dargestellte Bauvorhaben „Neubau eines Verwaltungsgebäudes der NSPA, Rue de la Gare 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 mit uns Ortstermin zur Festlegung der dann notwendigen Maßnahmen anzuberaumen. Während der Errichtung des Verwaltungsgebäudes hat der Unternehmer die im Bauwesen erforderliche Sorgfalt anzuwenden.

M. Ackermann, M.Eng. (FH)

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