

Grundbaulabor Trier | Wolkerstraße 4 | 54296 Trier

Administration Communale de Heffingen
2, am Duerf
L-7651 Heffingen

Bericht Nr.: 30492-1
Ref.: Nw/Lm
Datum: 26. Juni 2023

DIPL.-ING. E. LEHMANN | Ingenieur GmbH

Wolkerstraße 4 | D-54296 Trier
T. +49 651 93881 - 0 | F. +49 651 93881 - 81
info@gbl-trier.de | www.gbl-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 Schulcampus,
Stenkel in Heffingen

Auftraggeber: Administration Communale de Heffingen

Örtliche Untersuchung: 24. April 2023

Inhalt:

1	Vorbemerkung	1
2	Beschreibung der Baugrundverhältnisse	2
2.1	Allgemeine Geologie.....	2
2.2	Ergebnisse der Felderkundungen.....	3
2.3	Ergebnisse bodenmechanischer Laborversuche.....	4
2.4	Altlastenvorstudie anhand einer historischen Recherche	5
2.5	Baugrundmodell, charakteristische Bodenkenngößen, Wiedereinbaufähigkeit ...	6
2.6	Grundwasserverhältnisse und Versickerungsfähigkeit.....	7
3	Geotechnische Empfehlungen	8
3.1	Allgemeines zum Bauvorhaben.....	8
3.2	Gründungsvorschlag und zulässige Sohlspannungen.....	9
3.3	Dränage und Abdichtung	11
3.4	Böschungen und Verbau	13
3.5	Bauen am Bestand.....	13
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: Bestimmung der Konsistenzgrenzen
	Anlage 3.3: Einaxialer Druckversuch
Anlage 4:	Auszug Verdachtsflächenkataster
Anlage 5:	Fotos der Bohrkerne

1 Vorbemerkung

Die Administration Communale de Heffingen plant an der Straße „Stenkel“ in Heffingen den Neubau eines Schulcampus. Nach den uns vorliegenden Planunterlagen handelt es sich hierbei um ein L-förmiges Gebäude, welches im nordwestlichen und nordöstlichen Bereich eine partielle, eingeschossige Unterkellerung erhält. Die Oberkante Fertigfußboden der Unterkellerung (OKFFB UG) ist in den Plänen auf einem Niveau von 330,11 müNNH angegeben. Im südlichen Gebäudebereich wird die Gründungsebene auf Höhe des Erdgeschossfußbodens verlaufen, welcher mit einem Niveau von 332,76 müNNH bzw. 333,25 müNNH angegeben ist. Bei dem zu begutachtenden Gelände handelt es sich um eine derzeit als Wiese genutzte Fläche, welche von Süden nach Norden hin abfällt. Aufgrund der zuvor beschriebenen Höhen-niveaus des Gebäudes, wird sich dieses in abgetreppter Form dem Geländeverlauf anpassen.

Das Grundbaulabor Trier (GBL-T) wurde von o. g. Bauherren über das Schroeder & Associés S.A. mit dem Schreiben mit der Referenz AnnGid/yohi – 23CSO3642 – 22/872 vom 09. März 2023 mit der Durchführung einer Baugrunduntersuchung und Abgabe eines gezielten Gründungsgutachtens unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Baugrund beauftragt.

Die Felderkundung erfolgte am 24. April 2023 durch ein Einsatzteam des GBL-T. Im Zuge der Feldarbeiten wurden sechs Rammkernsondierungen (RKS) niedergebracht und das zutage geförderte Bohrgut von einem unserer Ingenieure lithologisch angesprochen. Um auch innerhalb des Festgesteins einen ausreichend tiefen Baugrundaufschluss gewährleisten und Sonderproben entnehmen zu können, wurden in unserem Auftrag von Efco-Forodia Exploitation s.à.r.l. im Zeitraum vom 12. bis 13. Mai 2023 zwei Kernbohrungen (BK) bis in eine Tiefe von 8,0 m abgeteuft. Das in Kernkisten gelagerte Bohrgut wurde von einem unserer Ingenieure lithologisch angesprochen und zur Dokumentation fotografiert (vgl. Anlage 5). Zudem wurde die BK 1 zur Beurteilung der hydrogeologischen Situation als Grundwassermessstelle ausgebaut. Um zusätzlich Informationen über die Lagerungsdichte bzw. die Konsistenz der anstehenden Bodenschichten zu erhalten, wurde neben jeder RKS bzw. BK eine Rammsondierung (RS) in Anlehnung an DIN EN ISO 22476-2 durchgeführt.

Zur Ermittlung bodenmechanischer Kennwerte wurden dem Bohrgut der abgeteuften Kernbohrungen zwei Sonderproben (SP) und eine gestörte Probe (gP) entnommen und das Material im Labor des GBL-T normgerecht bodenphysikalisch untersucht.

Zur Ausarbeitung des Gutachtens standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Aktuelle Planunterlagen des Ingenieurbüros Schroeder & Associés S.A.
- Topographische Karte TC 14, Junglinster der Administration du Cadastre et de la Topographie
- Geologische Karte Blatt 08, Mersch des Ministère des Travaux Publics
- Diverse geotechnische Gutachten innerhalb der Gemeinde Heffingen

2 Beschreibung der Baugrundverhältnisse

2.1 Allgemeine Geologie

In Anlage 1 ist in dem uns zur Verfügung gestellten Lageplan der geplante Schulkomplex 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 Heffingen sowie die hier zu erwartenden geologischen Formationen ersichtlich sind.

Die geologische Karte weist für das großräumige Umfeld des Baugrundstücks die Sedimente des Unteren Lias als anstehendes Deckgebirge aus. Im südlichen, bergseitigen Bereich des Baufeldes ist laut der geologischen Karte mit den Sedimenten der Mergel und Kalke von Strassen (li₃) zu rechnen, die in der Legende der geologischen Karte als *Mergel grau-blau und fossilreiche Kalkbänke; gelegentlich an der Basis sandige Übergangsfazies* beschrieben werden. Im talseitigen Bereich des Baufeldes ist bereits oberflächennah mit dem Luxemburger Sandstein (li₂) zu rechnen, welcher die Mergel und Kalke von Strassen unterlagert. Beschrieben wird der Luxemburger Sandstein als *Wechselfolge von gelblichem Sandstein und weisslichem Kalksandstein (Fein- bis Mittelsandstein) (in unverwittertem Zustand graublau); Schill- und Konglomeratlagen*. Im unverwitterten Zustand besitzt der Luxemburger Sandstein eine grau-blaue Farbe und kann Gesteinsfestigkeiten von bis zu 100 N/mm² aufweisen.

Der Sandstein ist ein ausgeprägter Grundwasserleiter und bildet über der nächstälteren grundwasserstauenden Schicht einen zusammenhängenden Grundwasserkörper aus. Hierbei handelt es sich um die Psilonotenschichten (li₁) handelt, die ebenfalls dem Unteren Lias zuzuordnen sind. Diese sind im Umkreis des Baufeldes jedoch nicht kartiert worden und liegen damit tiefer, vermutlich auf Höhe der weiter westlich fließenden Wäiss lernz. An anderen, in vergleichbaren geologischen Verhältnissen liegenden Baustellen zeigten sich teils innerhalb des Sandsteins auch Lagen mit erhöhtem Tonanteil, was zu Schichtwasserzufluss führen kann. Um Aussagen zu diesen möglichen Schichtwasserzuflüssen treffen zu können, wurde eine der beiden Kernbohrungen zu einer Grundwassermessstelle ausgebaut.

2.2 Ergebnisse der Felderkundungen

Die festgestellten Schichtenfolgen sind ebenfalls in Anlage 1 gemäß DIN 4022/4023 dargestellt. Angaben zur Mächtigkeit der durchhörten 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 -sofern vorhanden- 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 cm^2 . Im Sondierdiagramm, dargestellt als Staffelfkurve 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 N_{10}).

Im Zuge unserer Felderkundung wurden sechs Rammkernsondierungen sowie zwei Kernbohrungen durchgeführt, um Informationen über die örtliche Bodenschichtung zu erlangen. Aus den Schichtenfolgen geht hervor, dass an der Oberfläche zunächst mit einem organischen Oberboden zu rechnen ist, welcher Mächtigkeiten zwischen 0,2 m und 0,5 m besitzt. Darunter folgen an den Rammkernsondierungen die gemischtkörnigen Verwitterungsprodukte des Luxemburger Sandsteins in Form eines schluffigen Sands, welcher je nach Menge an eingelagerten Sandsteinstücken, auch als sandiger Sandsteinschutt angesprochen wurde. Die Mächtigkeit dieser Lockergesteine variiert an den Rammkernsondierungen zwischen 0,8 m an RKS 1 und 1,4 m an RKS 2. Am Bohrgut der beiden Kernbohrungen wurden unterhalb des organischen Oberbodens zunächst feinkörnige Böden aus Ton und Schluff mit eingelagerten Kalksteinstücken aufgeschlossen. Auch konnte an der BK 1 eine geringmächtige Kalksteinbank erbohrt werden. Hierbei handelt es sich um die Verwitterungsprodukte der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Mergel und Kalke von Strassen, welche weiter hangaufwärts anstehen. Die Mächtigkeit dieser feinkörnigen Böden variiert im Baufeld zwischen 0,15 m an BK 2 und rd. 1,45 m an BK 1. Unterhalb der zuvor beschriebenen Lockergesteine ist nach den Ergebnissen unserer Felderkundung einheitlich mit dem Luxemburger Sandstein zu rechnen, welcher gerade auf den oberen Dezimetern oftmals stärker verwittert ist und von Sandlagen durchzogen wird. Auffällig ist, dass der an BK 1 erbohrte Sand bzw. Sandsteinschutt bis in eine Tiefe von rd. 7,6 m unter derzeitige GOK reicht. Inwieweit es sich hierbei um einen lediglich mürben Sandstein, welcher beim Bohrvorgang zerbohrt wurde, oder um eine lokale Schwächezone im Fels mit deutlich mächtigeren Verwitterungsprodukten handelt, kann anhand der

punktuellen Erkundung derzeit nicht zweifelsfrei geklärt werden und muss daher im Zuge der Aushubarbeiten von einem Mitarbeiter des GBL-T vor Ort begutachtet und bewertet werden.

Um auch Aussagen über die Lagerungsdichte der Verwitterungsprodukte bzw. die Konsistenz des Luxemburger Sandsteins machen zu können, wurde neben jeder Rammkernsondierung bzw. Kernbohrung eine Rammsondierung durchgeführt, deren Ergebnisse in graphischer Form ebenfalls der Anlage 1 zu entnehmen sind. Aus den Sondierdiagrammen geht hervor, dass die sandigen Verwitterungsprodukte mit Rammwiderständen von rd. 10 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe eine mitteldichte Lagerung aufweisen. Innerhalb der eher bindigen Verwitterungsböden der Mergel und Kalke von Strassen wurden ab rd. 1,0 m unter derzeitiger GOK vergleichbare Widerstandszahlen ermittelt, sodass auch hier von einer steifen Konsistenz auszugehen ist. Mit dem Übergang zum Luxemburger Sandstein bzw. dem als Felsersatz anzusprechenden Sandsteinschutt ist in den Sondierdiagrammen ein sprunghafter Anstieg der Schlagzahlen N_{10} auf Werte >100 zu erkennen, was einer dichten Lagerung bzw. einem Gesteinscharakter entspricht. Im Bereich der RS-BK 1 liegen die Rammwiderstände innerhalb des erbohrten Sands zwischen 12 und 80 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe, sodass es sich hier vermutlich um einen mürben und stark zerrütteten Sandstein handelt. Diese Annahme verstärkt sich durch ein Erreichen von Schlagzahlen $N_{10} >100$ ab 5,2 m unter GOK.

2.3 Ergebnisse bodenmechanischer Laborversuche

Zur Ermittlung bodenmechanischer Kennwerte wurden dem Baugrund zwei Sonderproben (SP) und eine gestörte Probe (gP) entnommen und das Material im Labor des GBL-T normgerecht bodenphysikalisch untersucht. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse aller bodenmechanischen Laborversuche ist in Anlage 3.1 enthalten.

An allen Proben wurde der natürliche Wassergehalt bestimmt. Innerhalb der Verwitterungsmaterialien schwanken die ermittelten Werte zwischen 14,2 % und 22,5 %, was als normal zu bezeichnen ist. Der Wassergehalt der Gesteinsprobe BK 2-1 liegt mit 4,0 % deutlich darunter. Die an den Sonderproben ermittelten Feucht- und Trockenwichten liegen mit Werten von 20,33 kN/m³ und 23,28 kN/m³ bzw. 16,59 kN/m³ und 22,38 kN/m³ ebenfalls in einem unauffälligen Bereich.

Mittels kombinierter Sieb-Schlamm-Analyse wurde zudem die Kornverteilung an den örtlichen Verwitterungsbildungen bestimmt (vgl. Anlage 3.1). Die tonigen Verwitterungsprodukte der Mergel und Kalke von Strassen (Probe BK 1-1) weisen einen Schlammkornanteil von rd. 95 M.-% auf, womit die Probe gemäß DIN 18196 als feinkörniger Boden zu bezeichnen ist. Innerhalb der Verwitterungsmaterialien des Luxemburger Sandsteins (Probe BK 1-2) liegt der Schlammkornanteil mit 18 M.-% deutlich niedriger, sodass das Material als gemischtkörnig zu

klassifizieren ist. Der nicht im Schlämmkornbereich liegende Anteil verteilt sich an beiden Proben überwiegend auf die Sandfraktion, wobei das Material der Probe BK 1-2 auch Kieskornanteile (Sandsteinstücke) aufweist.

Zur genauen Festlegung der Bodengruppe sowie zur Ermittlung der Konsistenz des Bodens wurde an der zuvor genannten Sonderprobe BK 1-1 zusätzlich eine Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18122-1 durchgeführt. Aufgrund der Lage im Plastizitätsdiagramm nach DIN 18196 ist das Material als ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff (UA) zu beurteilen, dem mit einer Konsistenzzahl I_c von 1,323 eine feste Konsistenz zuzuordnen ist.

An der aus dem Luxemburger Sandstein entnommenen Gesteinsprobe (BK 2-1) wurde in unserem hauseigenen Labor die Druckfestigkeit bestimmt. Die ermittelte Druckfestigkeit liegt im Laborversuch bei 20,54 N/mm², was für den Luxemburger Sandstein als normal zu werten ist.

2.4 Altlastenvorstudie anhand einer historischen Recherche

Am 04. April 2023 wurde über die Plattform <https://map.geoportail.lu/> bei der Umweltverwaltung in Luxemburg eine Anfrage zur Einsicht in das Verdachtsflächenkataster von Luxemburg (CASIPO) für die Parzelle 438/4167 der Gemeinde Heffingen gestellt.

Die beschriebene Parzelle ist nicht im Verdachtsflächenkataster registriert. Dies schließt jedoch nicht aus, dass das Gelände frei von Verunreinigungen ist. Es kommt vor, dass relevante Arbeiten nirgendwo dokumentiert sind oder keine Zeitzeugen mehr davon berichten konnten.

Es wurden ebenfalls Luftbilder der letzten Jahre miteinander verglichen, die von der Plattform <https://map.geoportail.lu/> zur Verfügung gestellt werden. Gemäß den Luftbildern wurde das zu begutachtende Baufeld seit mindestens 1951 für landwirtschaftliche Zwecke sowie teilweise als Bolzplatz genutzt. Eine Bebauung des Geländes ist auf keinem Luftbild zu erkennen. Zwischen den Jahren 1977 und 1987 wurde die westlich angrenzende Mehrzweckhalle der Gemeinde errichtet. Der Bau der nordöstlich angrenzenden Halle sowie des dazugehörigen Straßenabschnitts der „Dellegaass“ erfolgte zwischen den Jahren 1994 und 2001.

2.5 Baugrundmodell, charakteristische Bodenkenngößen, Wiedereinbaufähigkeit

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

- **Schicht 1:** Organischer Oberboden
- **Schicht 2:** Verwitterungsprodukte der Mergel und Kalke, li₃ (Ton, schluffig)
- **Schicht 3:** Verwitterungsprodukte des Sandstein, li₂ (Sand, schluffig/Sandsteinschutt)
- **Schicht 4:** Ausgangsgestein (Sandstein, verwittert)

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

Tabelle 1: Boden- und Felsklassifikation

Schicht	Bodengruppe nach DIN 18196 (2011)	Bodenklasse nach DIN 18300 (2012)	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 17
1 Organische Oberboden	OH	1	F2
2 Ton, schluffig	UM / TL / TM	4	F3
3 Sand, schluffig/ Sandsteinschutt	SU / ST GU / GT / GW	4	F2
4 Sandstein, verwittert	-	7	F1

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

Tabelle 2: 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	27,5	5,0	19,5	9,5	15
3 Sand, schluffig/ Sandsteinschutt	30,0	5,0	19,5	10,5	30
4 Sandstein, verwittert	-	-	23,0	13,0	100

Ab den nahezu unverwitterten Gesteinen des Luxemburger Sandstein sind nicht mehr die Lockergesteinsparameter φ' und c' , sondern die felsmechanischen Eigenschaften maßgebend. Sofern unter Berücksichtigung dieser Schicht geotechnische Nachweise geführt werden müssen, empfehlen wir Rücksprache mit uns zu halten, inwieweit für die Problemstellung bzw. das gewählte Nachweisverfahren der Ansatz eines Ersatzreibungswinkels sinnvoll ist.

Der Sandstein ist i. d. R. bankig bis dickbankig gelagert. Die Schichtung verläuft dabei im ungestörten Zustand horizontal, wobei in Luxemburg generell ein leichtes Einfallen nach Südwesten vorherrscht. Des Weiteren ist der Luxemburger Sandstein als stark klüftig zu beschreiben. Die Ausprägung dieser Klüfte reicht von engstehend bis offen.

Wie bereits in den Vorbemerkungen erwähnt, wird der Schulkomplex in abgetreppter Form ausgebildet, wodurch mehrere unterschiedliche Gründungsniveaus entstehen. Die OKFFB UG ist in den Plänen auf einem Niveau von 330,11 müNNH angegeben. Im südlichen Gebäudebereich wird die Gründungsebene auf einer Höhe von 332,76 müNNH bzw. 333,25 müNNH liegen. Gemäß den Ergebnissen unserer Felderkundung werden im Zuge der Erdarbeiten alle zuvor tabellarisch aufgeführten Schichten als Aushubmaterial anfallen.

Die Einbaufähigkeit der Verwitterungsmaterialien hängt im Wesentlichen von der Kornzusammensetzung und den vorliegenden Wassergehalten ab. Der schluffige Sand der oberen Bodenzone sowie der Sandsteinschutt sind bei günstigen Wassergehalten als verdichtungsfähig einzustufen und bspw. zur Arbeitsraumverfüllung gut geeignet. Sollten auch größere Mengen der tonigen Verwitterungsbildungen der Mergel und Kalke von Stassen angetroffen werden, empfehlen wir diese separat auszuschachten und zu lagern, da diese aufgrund ihres erhöhten Feinkornanteils lediglich im Bereich von späteren Grünflächen wieder eingebaut werden können. Der Felsaushub kann bei einer Aufbereitung der Korngröße ggf. durch Brechen und/oder Sieben im Allgemeinen gut eingebaut und verdichtet werden. Es ist allerdings davon auszugehen, dass auch ein gebrochener Felsaushub aufgrund der eher mäßigen bis geringen Gesteinsfestigkeit und Schlagbeständigkeit nicht als Tragschichtmaterial im Straßenbau, sondern allenfalls für untergeordnete Zwecke als nicht frostbeständiger Gesteinsschutt, bspw. als Unterbau oder Arbeitsraumverfüllung, genutzt werden kann.

Da das Aushubmaterial nicht im vollen Umfang wieder eingebaut werden kann, wird ein Teil der anfallenden Böden abgefahren werden müssen. 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. Wir empfehlen 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 an keinem Untersuchungspunkt Wasser innerhalb der Bohrlöcher registriert und höhenmäßig erfasst. Auch die Grundwassermessstelle zeigte bei der Auslesung am 02. Juni 2023 keinen Schicht- oder Grundwasserzufluss, d. h. die Annahme von Schichtwasservorkommen über tonigen

Lagen kann nicht bestätigt werden. Somit ist mit der topographischen Höhenlage des Geländes im Bereich des Baufeldes und der für die Errichtung des Schulcampus notwendig werden Einbindetiefe nicht mit einem zusammenhängenden Grundwasserkörper zu rechnen.

Ein Augenmerk ist dagegen auf das Wasser zu richten, dass nach Niederschlägen innerhalb der gemischtkörnigen, sandigen Verwitterungsprodukte versickert bzw. über die Geländeoberkante abfließt und somit der Baugrube bzw. den Arbeitsräumen zufließen wird. Dieses Wasser kann sich ohne Dränierung in den Arbeitsräumen des Gebäudes temporär aufstauen und zu einer Beanspruchung durch Sickerwasser führen.

Eine Versickerung von über versiegelten Flächen abfließendem Niederschlags- und ggf. anfallendem Dränagewasser im Sandstein ist aus geotechnischer Sicht nicht sinnvoll, da einerseits über längere Zeiträume durch Verschlammung mit einer Reduzierung der Versickerungsfähigkeit des Sandsteins zu rechnen ist und andererseits voraussichtlich genehmigungsrechtlich eine Versickerung auch nicht zulässig ist. Aus diesem Grund empfehlen wir anfallende Wässer unter Beachtung der genehmigungsrechtlichen Belange der Regenwasserkanalisation zuzuleiten.

3 Geotechnische Empfehlungen

3.1 Allgemeines zum Bauvorhaben

Die Administration Communale de Heffingen plant an der Straße „Stenkel“ in Heffingen den Neubau eines Schulcampus. Nach den uns vorliegenden Planunterlagen handelt es sich hierbei um ein L-förmiges Gebäude, welches im nordwestlichen und nordöstlichen Bereich eine partielle, eingeschossige Unterkellerung erhält. Die OKFFB UG ist in den Plänen auf einem Niveau von 330,11 müNNH angegeben. Im südlichen Gebäudebereich wird die Gründungsebene auf Höhe des Erdgeschossfußbodens verlaufen, welcher mit einem Niveau von 332,76 müNNH bzw. 333,25 müNNH angegeben ist. Bei dem zu begutachtenden Gelände handelt es sich um eine derzeit als Wiese genutzte Fläche, welche von Süden nach Norden hin abfällt. Aufgrund der zuvor beschriebenen Höhenniveaus des Gebäudes, wird sich dieses in abgetreppter Form dem Geländeverlauf anpassen.

Der geplante Schulcampus 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 Stand-sicherheit und Gebrauchstauglichkeit mit vereinfachten Verfahren aufgrund von Erfahrungs-werten nachgewiesen werden.

Der vorliegende geotechnische Untersuchungsbericht umfasst neben den bereits beschriebe-nen 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 bereits der allgemeinen Beschreibung des Bauvorhabens zu entnehmen, wird der Schul-komplex in abgetrepter Form ausgebildet, wodurch mehrere unterschiedliche Gründungs-niveaus entstehen. Die OKFFB UG ist in den Plänen auf einem Niveau von 330,11 müNHN angegeben. Im südlichen Gebäudebereich wird die Gründungsebene auf einer Höhe von 332,76 müNHN bzw. 333,25 müNHN liegen. Gemäß den Ergebnissen unserer Felderkundung ist auf Höhe dieser Gründungsniveaus überwiegend mit dem Luxemburger Sandstein zu rech-nen, welcher als sehr gut tragfähig zu werten ist. Wie bereits in Kapitel 2.2 beschrieben, ist im Bereich der BK 2 derzeit nicht zweifelsfrei geklärt, ob auch hier der Luxemburger Sandstein oberflächennah ansteht oder ob dieser aufgrund einer Schwächezone im Fels von mächtigeren Verwitterungsprodukten überlagert wird. Dies kann erst im Zuge der Ausschachtungsarbeiten durch einen Mitarbeiter des GBL-T begutachtet und bewertet werden. Da es sich hierbei jedoch um eine lokale, sehr begrenzte Fläche handelt, hat dies keinen merkbaren Einfluss auf die Gründungsempfehlungen.

Aufgrund der annähernd vollständigen Auflagerung des Gebäudes auf dem Luxemburger Sandstein wird eine Flachgründung auf Einzel- und Streifenfundamenten oder einer tragenden Bodenplatte problemlos möglich sein. Die Entscheidung über die zur Ausführung kommende Gründungsvariante obliegt dem zuständigen Tragwerksplaner, auch im Hinblick auf die Wirt-schaftlichkeit.

Bei Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten ist zu deren Bemessung 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.

Bezüglich der Gründungsarbeiten empfehlen wir das Planum zunächst großräumig herzustellen. Dabei ist zu beachten, dass sich der Luxemburger Sandstein aufgrund seiner Bankigkeit nur an seinen Trennflächen lösen lassen wird und somit ein maßgenauer Aushub vermutlich nicht vollflächig möglich ist. Der Aushub ist demnach bis auf die nächstfolgende Schichtgrenze zu führen. Die Fundamentgräben können anschließend mit kleinem Gerät hergestellt und von jeglichen aufgelockerten Erdstoffen und Sanden befreit werden. Falls in Höhe der Auflagerungsfläche der Fundamente Klüfte mit einer Öffnungsweite ≥ 30 cm angetroffen werden, sind diese zu reinigen und mit flüssigem Beton bis 0,5 m Tiefe zu verfüllen. Werden schmalere Klüfte angetroffen, können diese durch die Fundamentkonstruktion überbrückt werden. Um solche möglichen Schwachstellen feststellen zu können, sind die Fundamentgrabensohlen im Rahmen eines Ortstermins durch einen Mitarbeiter des GBL-T abzunehmen und für die weiteren Arbeiten freigegeben zu lassen. Im Anschluss an die Sohlabnahme können die Fundamente geschalt hergestellt werden. Der Ausgleich bis auf die planmäßige Fundamentunterkante bei Mehraushub in den Fundamentgräben ist durch verdickten Einbau von Sauberkeitsbeton vorzunehmen. Ein Höhenausgleich mit Erdreich o. ä. ist nicht zulässig.

Nach dem Herstellen der Fundamente können die Zwischenbereiche, denen der Fußboden auflagert, mit einem grobkörnigen, volumenbeständigen, kontaminationsfreien Tragschichtmaterial, z. B. Natursteinschotter ohne Feinkornteil, in einer Mindeststärke von 25 cm aufgehört werden. Durch die kapillarbrechenden Eigenschaften des Schotters wird der Aufstieg von Bodenfeuchte verhindert. Zwischen Betonfußboden und kapillarbrechender Tragschicht ist eine reißfeste PE-Folie vollflächig und überlappend zu verlegen oder ein mindestens 5 cm dicker Sauberkeitsbeton aufzubringen, damit beim Betonieren kein Zementleim in die Tragschicht ausfließt und somit die Betongüte herabgesetzt wird.

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

$$k_s = 40 \text{ MN/m}^3$$

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

Unterhalb der Bodenplatte ist ebenfalls eine kapillarbrechende Tragschicht mit einer Mindestdicke von 25 cm einzubauen. 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. Aufgrund der geringen Schichtdicke empfehlen wir zur Verdichtung den Einsatz einer mittelschweren Rüttelplatte (rd. 500 kg). Ein Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 100 \%$ ist zu fordern. Zur Überprüfung der Verdichtung empfehlen wir die Ausführung von dynamischen Plattendruckversuchen durch unser Büro.

Generell hat auch bei dieser Gründungsvariante vor Herstellung der Schottertragschicht eine Sohlabnahme durch uns zu erfolgen, sodass die Tragfähigkeit des Untergrunds bestätigt werden kann. Auch ist analog zur Herstellung des Betonfußbodens unterhalb der Bodenplatte eine doppelagige reißfeste PE-Folie vollflächig und überlappend zu verlegen oder ein mindestens 5 cm dicker Sauberkeitsbeton aufzubringen.

Aufgrund der hohen Steifigkeit des Sandsteins und unter Berücksichtigung der Aushubentlastung, muss erfahrungsgemäß mit geringen Setzungen $< 1,0 \text{ cm}$ gerechnet werden.

3.3 Dränage und Abdichtung

Der Luxemburger Sandstein besitzt aufgrund seiner Klüftigkeit erfahrungsgemäß ausreichende Durchlässigkeiten, sodass der Baugrube in geringen Mengen zusickerndes Schicht- und Niederschlagswasser auch ohne Wasserhaltung über das Erdplanum versickert und somit erfahrungsgemäß keine aufwendigen Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich sind. Da sich in niederschlagsreichen Perioden das Wasser auf dem Erdplanum zumindest zeitweise stauen kann, ist eine Dränierung während der Bauzeit jedoch auch im Luxemburger Sandstein -zumindest im Bedarfsfall- vorzusehen.

Im Endzustand muss mit einem Zulaufen von Niederschlags- und Sickerwasser in die Arbeitsräume des Gebäudes gerechnet werden, da diese meist einen bevorzugten Sickerweg darstellen. Zudem weist der Sandstein erfahrungsgemäß in Höhe des Erdplanums infolge der Bautätigkeiten eine reduzierte Durchlässigkeit auf, sodass sich das den Arbeitsräumen zusickernde Wasser nach starken Regenfällen auf der Aushubsohle zumindest kurzzeitig stauen wird. An verschiedenen im Luxemburger Sandstein gegründeten Gebäuden wurde in der Vergangenheit bei fehlender Dränierung der Arbeitsräume eine zeitweise Durchfeuchtung der Kellerwände im untersten Geschoss festgestellt.

Um eine Beanspruchung durch drückendes Wasser im Endzustand zu vermeiden, empfehlen wir daher eine Dränierung der Arbeitsräume mittels einer filterstabil ausgebildeten Drainageleitung, welche im Freispiegelabfluss an die örtliche Kanalisation anzuschließen ist. Gemäß dem uns vorliegenden Kanalplan sollte ein Anschluss im Freispiegelabfluss an den Mischwasseranal (325,73 müNN) technisch möglich sein. Um eine Beanspruchung des Betonbodens durch aufsteigende Bodenfeuchte zu vermeiden, empfehlen wir die Drainage ≥ 20 cm unter UK Betonboden anzuordnen. 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 Drainage eingetragen werden, da diese ansonsten mit der Zeit versandet. Zur Kontrolle und Reinigung der Drainage sind Kontrollschächte und Spülrohre anzuordnen.

Die erdberührten Teile des Gebäudes können bei dauerhaft dränierten Arbeitsräumen in Kombination mit einer ausreichend wasserdurchlässigen Arbeitsraumverfüllung ($k \geq 10^{-4}$ m/s) mit einer Abdichtung gemäß früherer Normung DIN 18195, Teil 4 (Lastfall „nicht stauendes Sickerwasser“) hergestellt werden. 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). Soll zur Arbeitsraumverfüllung ein wenig durchlässiges Material genutzt werden, ist für eine normgerechte vertikale Flächen-dränage vor den Außenwänden durch den Einbau von Dränsteinen oder zugelassenen Noppenbahnen mit Geotextilfilter (bspw. Enkadrain, Delta Terraxx o. ä.) Sorge zu tragen. Gemäß DIN 18533 ist am Wandsockel im Bereich von rd. 20 cm unter GOK bis rd. 30 cm über GOK mit der Wassereinwirkungsklasse W4-E (Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel) zu rechnen, wenn nicht ohnehin drückendes Wasser und damit die Klasse W2-E vorliegt.

Sofern aus wasserrechtlichen oder sonstigen Gründen auf die Anordnung einer Drainage verzichtet werden muss, kann nicht ausgeschlossen werden, dass es bei anhaltend nasser Witterung zu einem Aufstau von Sickerwasser innerhalb der verfüllten Arbeitsräume kommt, da diese einen bevorzugten Sickerweg darstellen. In diesem Fall liegt gemäß DIN 18533 die Was-

sereinwirkungsklasse W 2.1-E vor und die erdberührten Bauteile sind mit einer entsprechenden Abdichtung zu versehen oder in Form einer Weißen Wanne (WU-Bauweise) auszubilden.

Generell ist die jeweils zur Ausführung kommende Abdichtung vor Beschädigung während der Arbeitsraumverfüllung zu schützen. Für die Verfüllung der Arbeitsräume kann -wie bereits in Kapitel 2.5 beschrieben- bereichsweise das anfallende Aushubmaterial aus dem Luxemburger Sandstein bzw. dessen Verwitterungsprodukten verwendet werden. Der Einbau ist generell lagenweise unter optimaler Verdichtung ($D_{Pr} \geq 100 \%$) vorzunehmen.

3.4 Böschungen und Verbau

Durch das von Süden nach Norden hin abfallende Gelände entstehen Einbindetiefen in den Untergrund von rd. 5,0 m bergseitig und rd. 1,5 m an der Talseite. Nach den Ergebnissen unserer Felderkundung ist im überwiegenden Bereich der Böschungsflächen mit dem Luxemburger Sandstein zu rechnen. Dieser kann unter Berücksichtigung der stärkeren Verwitterung unter einer Neigung von 70° frei profiliert werden. Oberhalb des Sandsteins wurden die sandigen Verwitterungsprodukte erbohrt, welche unter einem maximalen Winkel von 45° als standsicher einzustufen sind. Am Übergang von den Lockergesteinen zum Sandstein empfehlen wir zum Schutz des Baustellenpersonals eine $\geq 0,5$ m breite Berme einzuschalten. Wegen des stark sandigen Charakters der Lockergesteine empfehlen wir diese mit einer reißfesten PE-Folie oder einem Geotextil der GRK 3 zu überspannen und somit vor Erosion zu schützen. Beim Anlegen der Böschungen innerhalb des Festgesteins empfehlen wir die Orientierung der im Allgemeinen senkrecht verlaufenden Klüfte zu beachten.

Hinsichtlich der Platzverhältnisse sowie der angrenzenden Nachbargebäude sollten die hier entstehenden Böschungen unter o. g. Winkeln frei profiliert werden können. Eine zusätzliche Böschungssicherung in Form eines Verbaus wird nach den uns vorliegenden Planunterlagen derzeit nicht notwendig.

Die gesetzlichen Unfallverhütungsvorschriften sind grundsätzlich zu beachten, die vorgeschriebenen Sicherheitsabstände von Baufahrzeugen etc. sind einzuhalten. Alle Böschungskronen sind von jeglicher Verkehrs- und Stapellasten freizuhalten.

3.5 Bauen am Bestand

Da trotz sorgfältiger Ausführung der Erd- und Gründungsarbeiten eine Beeinträchtigung der in der Nachbarschaft stehenden Bestandsgebäude 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 den in unseren Zeichnungen dargestellten Schulcampus in Heffingen. 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 Schulcampus notwendigen Arbeiten hat der Unternehmer die im Bauwesen erforderliche Sorgfalt anzuwenden.

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

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