

RWE Power AG
Gebirgs- und Bodenmechanik
Zum Gut Bohlendorf
50126 Bergheim

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring

-baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

Erläuterungsbericht vom 30.06.2017

DR. TILLMANN & PARTNER GMBH
Kopernikusstr. 5 • 50126 Bergheim
Tel.: 02271/801-0 • Fax: 02271/801-108

MAPPENINHALT

1. Erläuterungsbericht	
2. Lageplan M 1:500	Anlage 1
3. Profilschnitt M 1:200 / 1:100	Anlage 2
4. Schichtenverzeichnisse der Kleinrammbohrungen	Anlage 3
5. Schlagzahlprotokolle und Rammdiagramme	Anlage 4
6. Vermessungsprotokoll	Anlage 5
7. Berechnung der k_r-Werte	Anlage 6
8. Analysenergebnisse	Anlage 7

PROJEKT NR.:

9722-06-17

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines und Veranlassung	4
2.	Geologisch-hydrogeologische Verhältnisse	4
3.	Untersuchungsablauf	6
4.	Ergebnisse der Untergrunduntersuchungen	7
4.1	Ergebnisse der Kleinrammbohrungen (RKS)	7
4.2	Ergebnisse der Rammsondierungen (DPL)	9
4.3	Ergebnisse der Sickerversuche	10
4.4	Ergebnisse der chemischen Untersuchungen	11
5.	Baugrundtechnische Angaben	13
5.1	Bodenkenngrößen	13
5.2	Homogenbereiche	14
6.	Wasserhaltung und Gebäudeabdichtung	16
7.	Geotechnische Empfehlungen	17
7.1	Kanalbau	17
7.2	Straßenbau	18
7.3	Aufgehende Konstruktionen	20
8.	Allgemeines	21

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

1. Allgemeines und Veranlassung

Die RWE Power AG plant die Entwicklung des Geländes in Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring. Das Plangelände liegt in der Flur 26 in der Gemarkung Pütz und soll voraussichtlich mit ein- bis zweigeschossigen Wohngebäuden bebaut werden.

Das überplante Gelände ist im Lageplan in Anlage 1 ausgewiesen und liegt derzeit brach. Der Planbereich weist Geländehöhen um ca. 75 -76 m NN auf.

Die RWE Power AG, Gebirgs- und Bodenmechanik, Zum Gut Bohlendorf in 50126 Bergheim, beauftragte das Ingenieurbüro Dr. Tillmanns & Partner GmbH in 50126 Bergheim mit der Durchführung von orientierenden baugrund- und versickerungstechnischen Untersuchungen.

2. Geologisch-hydrogeologische Verhältnisse

Zur Ermittlung der geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich und Umfeld des Bauvorhabens wurden die nachfolgenden Karten und Unterlagen ausgewertet.

- Geologische Karte M 1:25.000, Blatt 5005 Bergheim;
- Geologische Karte M 1:100.000, Blatt C 5102 Mönchengladbach, Stand 1988;
- Hydrogeologische Karte von Nordrhein-Westfalen M 1:25.000, Blatt L 5005 Bergheim, Stand 1959;
- Grundwassergleichen M 1:50.000, Blatt L 5102/04 Geilenkirchen/Düren, Stand 10/63;
- Grundwassergleichen in Nordrhein-Westfalen M 1:50.000, Blatt L 5104 Düren, Stand 10/73 und 4/88;
- Grundwassergleichen des Erftverbandes M 1:50.000, Stand 10/83;

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

- Grundwassergleichen des Erftverbandes M 1:100.000, 1. Grundwasserstockwerk, Stand 10/2014;
- Grundwassergleichen des Erftverbandes M 1:100.000, 1. Grundwasserstockwerk, Zeitraum Oktober 1955 bis Oktober 2014;
- Online verfügbare Datenbank „NRW Umweltdaten vor Ort“ zum Stand 16.05.2017 sowie
- die Ergebnisse der im Rahmen der vorliegenden Untersuchung abgeteufte Kleinrammbohrungen/Rammsondierungen.

Nach den ausgewerteten Unterlagen stellen bei anthropogen unbeeinflussten Verhältnissen mehrere m mächtige Lößablagerungen den direkten Untergrund. Die Lößlehmdecke wird von Sanden und Kiesen der pleistozänen Hauptterrasse unterlagert, die hier eine Mächtigkeit von > 40 m aufweist.

Infolge der Sümpfungsmaßnahmen im Bereich der umliegenden Braunkohlentagebaue wurde der Grundwasserspiegel im Untersuchungsgebiet abgesenkt. Für das Grundstück sind aus den Karten die folgenden Grundwasserstände abzuleiten.

Stand	Grundwasserspiegel (m NN)
10/1963	64,5
10/1973	42,0
10/1983	36,0
04/1988	37,0

Bei einer angenommenen durchschnittlichen Geländehöhe um 75,5 m NN liegen danach die Grundwasserflurabstände aktuell bei > 35 m.

In der im Internet verfügbaren Datenbank ELWAS-WEB sind Ganglinien für die ca. 400 m südwestlich gelegene Messstelle 279280415 - Kirchtroisdorf, bekannt. Im Messzeitraum 1936 – 1954 wurde am 25.03.1948 ein höchster Grundwasserstand bei 72,15 m NHN gemessen.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

Nach Angaben des Erftverbandes ist mit einem endgültigen Wiederanstieg des Grundwassers nach Beendigung des Tagebaus Hambach ab 2040 zu rechnen. Für die Dauer des Wiederanstiegs kann ein Zeitraum von 50 bis 100 angenommen werden.

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Daten wird für bautechnische Belange der **Bemessungswasserstand** für das vorliegende Bauvorhaben mit ausreichender Sicherheit bei **72,2 m NHN** angesetzt. Bei einer angenommenen Geländehöhe von 75,5 m NN entspricht dies einem Flurabstand von > 3,0 m.

Das Untersuchungsgebiet liegt in keiner Wasserschutzzone.

Nach der Karte der Erdbebenzonen des Geologischen Dienstes NRW aus 06/2006 befindet sich das Untersuchungsgebiet in einer Erdbebenzone 2 und ist der Untergrundklasse S zuzuordnen. Der Baugrund wird in die Baugrundklasse C gestellt.

3. Untersuchungsablauf

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 19.06.2017 im überplanten Bereich 5 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475 (Rammkernsondierungen, RKS Ø 50-36 mm) und 5 Rammsondierungen mit der leichten Rammsonde DPL nach DIN EN ISO 22476-2 bis in eine Tiefe von überwiegend 5,0 m, max. 8,0 m unter derzeitiger Geländeoberkante (GOK) abgeteuft.

Die Ansatzpunkte der Bohrungen/Sondierungen wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Als Höhenfestpunkt (HFP) wurde die Oberkante des in der "An der Spring" liegenden Kanaldeckels gewählt und auf die Höhe von 75,47 m NN gesetzt. Das Vermessungsprotokoll ist in Anlage 5 dokumentiert.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

Zur Bestimmung der Durchlässigkeit (k_f) wurde in der RKS 1, RKS 3 und RKS 4 jeweils ein Sickerversuch durchgeführt.

Repräsentative Bodenmischproben wurde der Eurofins Umwelt West GmbH in 50389 Wesseling, ein nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium, zur chemischen Untersuchung im Hinblick auf entsorgungstechnische Belange übergeben.

4. Ergebnisse der Untergrunduntersuchungen

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse im Planbereich wurden die RKS 1 - 5 bis in eine Tiefe von max. 8,0 m unter derzeitiger Geländeoberkante (GOK) niedergebracht.

Die zur Ermittlung der Lagerungsdichte/Konsistenz der Bodenschichten abgeteufften Rammsondierungen (DPL 1 - DPL 5) wurden zum besseren Abgleich von Schlagzahlen und Bodenschichten unmittelbar neben die RKS positioniert und bis in Tiefen von 5,0 m unter Ansatzpunkt geführt.

Die Lage der niedergebrachten RKS und DPL zeigt der Lageplan in Anlage 1. Nachfolgend werden die Ergebnisse der RKS und DPL beschrieben.

4.1 Ergebnisse der Kleinrammbohrungen (RKS)

Die RKS wurden bei jedem Schichtwechsel, mindestens jedoch nach jedem Bohrmeter durch einen Diplom-Geologen beprobt. Die entnommenen Bodenproben werden für 6 Monate vorgehalten. Die Befunde der RKS sind in Form von Schichtenverzeichnissen dokumentiert (siehe Anlage 3) und in Profilschnitten (siehe Anlage 2) als Bohrprofile dargestellt. Der Verlauf der Profilschnitte ist ebenfalls im Lageplan in Anlage 1 ausgewiesen.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

Wie die Schichtenverzeichnisse ausweisen, wurden in den RKS zunächst 0,4 - 1,2 m starke **Auffüllungsböden** erbohrt. Im Wesentlichen stellen die Auffüllungsböden schwach bauschutführende (in der Regel < 10 Vol.%), sandige, lokal auch sandig-tonige, Schluffe dar, die humose Anteile führen. In der RKS 1 (0,0 – 0,4 m) und RKS 5 (0,0 – 0,4 m) werden diese Böden von kiesig-schluffigen Sanden bzw. kiesigen Sanden überlagert. Die Auffüllungsböden waren zum Untersuchungszeitpunkt erdfeucht und waren dem Bohrfortschritt nach mitteldicht gelagert bzw. zeigten eine gemäß der Bodenansprache nach DIN EN ISO 14688 steife Konsistenz.

Darunter folgen in den RKS 2 - 5 bis zur Endbohrtiefe von 5 m erdfeuchter **Lößlehm und unterlagernder Löß** in gemäß Bodenansprache steifer Konsistenz. Der Lößlehm stellt einen schwach tonigen, sandigen Schluff dar. Der Löß wird von karbonathaltigen feinsandigen Schluffen gebildet, die untergeordnet sandstreifig bzw. schwach tonig und schwach kiesig ausgebildet sind.

In der RKS 1 reichen die Lößsedimente bis in eine Tiefe von 6,5 m unter Ansatzpunkt.

Ins Liegende folgen bis zur Endbohrtiefe von 8,0 m unter Ansatzpunkt kiesige Mittelsande, die der pleistozänen Hauptterrasse zugeordnet wurden. Die Terrassensande waren dem Bohrfortschritt nach mitteldicht gelagert und erdfeucht.

Nasse Böden als Hinweis auf Grundwasser/Schichtenwasser wurden erwartungsgemäß nicht angetroffen.

Sensorische Auffälligkeiten, wie Verfärbungen und/oder spezifische Gerüche als Hinweis auf relevante Schadstoffe in den Böden wurden im Rahmen der Bohrarbeiten nicht verzeichnet.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen (DPL)

Die DPL wurden den RKS zugeordnet abgeteuft und entsprechend nummeriert. Die Ergebnisse sind als Schlagzahlprotokolle und Rammdiagramme in Anlage 4 aufgeführt. Die Rammdiagramme sind zusätzlich in den Profilschnitten in Anlage 2 den Bohrprofilen gegenübergestellt.

In den geringmächtigen **Auffüllungen** wurden stark unterschiedliche Schlagzahlen für N_{10} von 4-32 erzielt, die auf eine heterogene Zusammensetzung und damit verbundenen einen unzureichenden Baugrund hinweisen. Es wird davon ausgegangen, dass die geringmächtigen Auffüllungen unter Berücksichtigung der humosen Bestandteile vor der Aufnahme von Gründungsarbeiten entfernt werden.

Bis in eine Tiefe von 1,7 - 2,5 m unter Ansatzpunkt weisen im **Lößlehm und Löß** mit der DPL gemessene Schlagzahlen für N_{10} von < 10 , mehrheitlich um 7, auf den Übergang einer weichen zur steifen Konsistenz hin. Ab den vorgenannten Tiefen liegen Schlagzahlen für N_{10} von mehrheitlich > 10 vor, die in Übereinstimmung mit der Bodenansprache nach EN ISO 14688 auf eine vorwiegend steife Konsistenz hinweisen. Die oberflächennah weichen bis steifen Lößlehme sind aufgrund des bindigen Charakters und damit erhöhten Zusammendrückbarkeit -ohne baugrundverbessernde Maßnahmen zu ergreifen- als nur gering bis mäßig tragfähiger Baugrund zu bewerten.

Der unterlagernde **kiesige Sand der Hauptterrasse** sind für "normale" Bauvorhaben generell als ausreichend tragfähiger Baugrund zu bewerten.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

4.3 Ergebnisse der Sickerversuche

Zur Ermittlung der Durchlässigkeitsbeiwerte wurde der Sickerversuch 1 (SV 1) in der RKS 1, der SV 2 in der RKS 3, der SV 2 in der RKS 4 durchgeführt. Die SV wurden mit konstantem hydraulischem Gradienten durchgeführt.

Bei den Sickerversuchen wurde das Bohrloch mittels eines 2"-Packers oberhalb des Prüfbereiches verschlossen. Anschließend wurde über das Sickerrohr Wasser in den Prüfbereich eingefüllt und durch weitere Wasserzugabe ein konstanter hydraulischer Druck aufgebaut. Die zur Aufrechterhaltung des hydraulischen Drucks je Zeiteinheit benötigte Wassermenge wurde dokumentiert.

Die Berechnung der Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) nach USBR Earth Manual auf der Grundlage der Ergebnisse der Sickerversuche ist als Anlage 6 beigefügt. Auf die Durchführung von Sickerversuchen in höheren, schwach tonigen Bereichen wurde wegen der zu erwartenden schlechteren k_f -Werte verzichtet. Nachfolgend sind die aus den Sickerversuchen abgeleiteten k_f -Werte zusammengestellt.

Prüfpunkt	Prüftiefe (m)	geprüfte Schicht	$k_{f,u}$ - Wert (m/s)
SV 1 / RKS 1	8,0	Mittelsand, kiesig	$3,9 \times 10^{-5}$
SV 2 / RKS 3	5,0	Schluff, feinsandig	$9,8 \times 10^{-6}$
SV 3 / RKS 4	5,0	Schluff, sandig, schwach kiesig, schwach tonig	$1,4 \times 10^{-5}$

Die tabellarische Zusammenstellung zeigt, dass die untersuchten Böden k_f -Werte zeigen, die innerhalb der Bandbreite nach DWA-Regelwerk (Arbeitsblatt 138) von 1×10^{-6} m/s bis 5×10^{-3} m/s für Versickerungsanlagen liegen.

Hier kann dann für die Bemessung von Versickerungsanlagen unterhalb der Prüftiefe ein mittlerer k_f -Wert von $2,0 \times 10^{-5}$ m/s angesetzt werden.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

4.4 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

Im Rahmen der Untersuchungen wurden zur Klärung des Schadstoffinventars und Deklaration ggf. anfallender Aushubböden repräsentative Bodenmischproben (MP 1 Auffüllung, MP 2 Lößlehm) erstellt und diese der Eurofins Umwelt West GmbH in 50389 Wesseling, einem nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierten Prüflaboratorium, zur chemischen Untersuchung auf den Parameterumfang gemäß TR Boden der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) übergeben.

Die Analysenergebnisse lagen dem Unterzeichner am 29.06.2017 in Form eines Prüfberichtes vollständig vor (siehe Anlage 7). In der nachfolgenden Tabelle sind die untersuchten Mischproben beschrieben.

Mischprobe	Bodenproben	Bodenart
MP 1	RKS 1 (0,2-0,4 m)	A (Schluff, sandig, schwach bauschutthaltig)
	RKS 2 (0,0-0,4 m)	A (Schluff, sandig, humos, schwach bauschutthaltig)
	RKS 3 (0,0-0,6 m)	A (Schluff, sandig, humos, schwach bauschutthaltig)
	RKS 4 (0,0-0,6 m)	A (Schluff, sandig, humos, schwach bauschutthaltig)
	RKS 5 (0,4-1,2 m)	A (Schluff, sandig, schwach tonig, schwach bauschutthaltig)
MP 2	RKS 1 (1,4-1,8 m)	Schluff, sandig, schwach tonig
	RKS 2 (1,4-2,2 m)	Schluff, sandig, schwach tonig
	RKS 3 (0,6-1,6 m)	Schluff, sandig, schwach tonig
	RKS 4 (1,6-2,6 m)	Schluff, sandig, schwach tonig
	RKS 5 (1,2-2,2 m)	Schluff, sandig

Im Folgenden werden die Analysenergebnisse bewertet.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

MP 1 (Auffüllungen):

Wie der Prüfbericht ausweist, genügen in der Mischprobe MP 1 die allermeisten der untersuchten Parameter einer Z0-Zuordnung gemäß TR Boden der LAGA für die Bodenart Lehm/Schluff. Ausnahmen stellen der aus dem Feststoff mit 1,7 Ma.% bestimmte TOC, der den Z1-Zuordnungswert von 1,5 Ma.% überschreitet und mit einem erhöhten Glühverlust von 4,0 Ma.% korreliert. Der Z2-Zuordnungswert von 5,0 Ma.% wird eingehalten. Der erhöhte TOC/Glühverlust ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die humosen Bestandteile im Boden zurückzuführen.

Auf der Grundlage der vorliegenden Analysenergebnisse kann der untersuchte Auffüllungsboden als Z2-Material im Sinne der LAGA oder als DKII-Material klassifiziert werden. Es wird im Hinblick auf die Klärung des Deponiegaspotenzials und der damit verbundenen Deponieeinstufung empfohlen, die Atmungsaktivität AT4 und den Brennwert nachzubestimmen. Kann hierdurch eine relevante Deponiegasbildung ausgeschlossen werden, ist eine Ablagerung auf einer DK0 möglich.

MP 2 (Lößlehm):

Wie die Analysenergebnisse für MP 2 zeigen, halten alle untersuchten Parameter die Z0-Zuordnungswerte für die Bodenart Lehm/Schluff ein.

Dementsprechend kann der in der MP 2 untersuchte Lößlehm im Sinne der LAGA universell verwertet bzw. unter der Abfallschlüsselnummer 170504 auf eine DK 0 verbracht werden.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

5. Baugrundtechnische Angaben

5.1 Bodenkenngrößen

Für die angetroffenen Bodenschichten können orientierend die folgenden charakteristischen Werte von Bodenkenngrößen in Ansatz gebracht werden.

Da der Oberboden im Baufeld abzuschleifen und nach ATV DIN 18320 Landschaftsarbeiten zu behandeln ist, bleibt diese Schicht hier unberücksichtigt.

Auffüllungen

(Schluff, sandig, schwach bauschuttführend; Schluff, sandig-kiesig, z.T. tonig, humos; Sande, kiesig-schluffig; Sand, kiesig)

Wichte, erdfeucht γ_k	= 18-19 kN/m ³
Ersatzreibungswinkel φ''_k (aus Reibung und Kohäsion)	= 27,5-35°
Steifemodul $E_{S,k}$	= 10-30 MN/m ²

Bodengruppen: [UL], [SU], [SU*], [GU], A

Bodenklassen nach DIN 18300₂₀₁₂: 3 und 4 (leicht und mittelschwer lösbare Bodenarten)

[UL] bei Wassersättigung: Bodenklasse 2 (fließende Bodenarten)

Löß, Lößlehm

(Schluff, sandig-tonig; Schluff, sandig; Schluff, sandig, schwach kiesig)

Wichte, erdfeucht γ_k	= 19-19,5 kN/m ³
Reibungswinkel φ'_k	= 27,5-32,5°
Kohäsion c'_k	= 2,5 - 5 kN/m ²
Steifemodul $E_{S,k}$	= 15-20 MN/m ²

Bodengruppen: UL, UM, SU*, SU, GU

Bodenklassen nach DIN 18300₂₀₁₂: 3 und 4 (leicht und mittelschwer lösbare Bodenarten);

UL, UM, SU* bei Wassersättigung: Bodenklasse 2 (fließende Bodenarten)

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

Kiese der Hauptterrasse (bis zur Endteufe der RKS)

(Sand, kiesig)

Wichte, erdfeucht γ_k	= 19-19,5 kN/m ³
Reibungswinkel φ'_k	= 35 - 37,5°
Kohäsion c'_k	= 0 kN/m ²
Steifemodul $E_{S,k}$	= 80 - 100 MN/m ²

Bodengruppen: SE-SW, GE

Bodenklassen nach DIN 18300₂₀₁₂: 3 (leicht lösbare Bodenarten);

5.2 Homogenbereiche

Ausgehend von einem sog. „kleinen Erdbau“ (GK 1) können zur Planung von Erdarbeiten mit ausreichender Sicherheit die folgenden Ansätze erfolgen. Die Angaben stellen erfahrungsgestützte Schätzwerte ohne eingehende Untersuchungen dar.

Auffüllungen (Homogenbereich 1)

Bodengruppen: [UL], [SU], [SU*], [GU], A

Steine und Blöcke: ≤ 30 Gew. %

Lagerungsdichte D = 0,3-0,5 (grob- und gemischtkörnig)

Konsistenz: weich - steif (feinkörnig)

Plastizität: leicht bis mittel plastisch (feinkörnig)

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

Löß / Lößlehm (Homogenbereich 2)

Bodengruppen: UL, UM, SU*, SU, GU

Steine und Blöcke: ≤ 5 Gew. %

Lagerungsdichte D = ohne

Konsistenz: weich bis steif (feinkörnig)

Plastizität: leicht plastisch (feinkörnig)

Hauptterrasse bis zur Endteufe der RKS (Homogenbereich 3)

Bodengruppen: GE – GW, GU

Steine und Blöcke: ≤ 30 Gew. %

Lagerungsdichte D = 0,4-0,8

Konsistenz: ohne

Plastizität: ohne

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

6. Wasserhaltung und Gebäudeabdichtung

Unter Berücksichtigung der aktuellen Flurabstände > 35 m sind bei Gründungsarbeiten keine Maßnahmen zum Schutz vor Grundwasser erforderlich.

Innerhalb des bindigen Untergrunds ist jedoch infolge von Niederschlagsereignissen generell mit temporärem Stau- und Sickerwasser zu rechnen, das während der Bauzeit in offener Wasserhaltung, z.B. über Flächenfilter, abgeführt werden kann.

Ein **nichtunterkellertes Bauwerk** kann nach DIN 18 195-T 4 gegen Bodenfeuchte abgedichtet werden, wenn unterhalb der Bodenplatte eine mindestens 0,3 m mächtige kapillarbrechende Schicht (z.B. Kiessand) eingebaut wird: Das ggf. für den Einbau unterhalb von Bodenplatten zur Tragfähigkeitsverbesserung zu empfehlende Material entspricht bei entsprechender Qualität einer kapillarbrechenden Schicht.

In **Kellerbereichen** sind aufgrund des vorliegenden Lößlehms gemäß DIN 18 195-T 1 mit k_f - Werten $< 1 \times 10^{-4}$ m/s erdberührte Bauteile und die Bodenplatte gemäß DIN 18 195-T 6, Abschnitt 9 (aufstauendes Sickerwasser), abzudichten.

Alternativ kann ein Keller in wasserundurchlässiger Bauweise gemäß DAfStb „wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)“ errichtet werden.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

7. Geotechnische Empfehlungen

7.1 Kanalbau

Es wird davon ausgegangen, dass Kanäle in Tiefen von 2-3 m unter derzeitiger GOK errichtet werden. Den Bohrerergebnissen zufolge (siehe Profilschnitt in Anlage 2), ist davon auszugehen, dass die Kanalsohlen innerhalb des Lößlehms/Lösses liegen werden.

Somit ist davon auszugehen, dass der Lößboden unterhalb der Kanalbauwerke sowohl aus Tragfähigkeits- als auch zur Trockenhaltung in einer Stärke von mindestens 0,3 m gegen grobkörniges, gut tragfähiges Material (grobkörniges Lockergestein auszutauschen sein wird.

Gemäß DIN 4124 können Kanalgrabenwände in offener Bauweise mit Höhen von 1,25 m bis 5,0 m ohne Verkehrs- und Stapellasten im Schulterbereich in den Schluffen von mindestens steifer Konsistenz bis 60° abgebösch werden.

Bei Verdichtungsarbeiten ist besonders darauf zu achten, dass "bewegungsempfindliche" Lehmböden keiner übermäßigen dynamischen Belastung ausgesetzt wird, die zu Konsistenzveränderungen und den damit verbundenen Tragfähigkeitsverlusten führt.

Aufgeweichte und verschlammte Böden in der Aushubebene sind grundsätzlich aufzunehmen und durch geeignetes Bodenmaterial oder Magerbeton zu ersetzen.

Auf einer so hergestellten Gründungssohle können im Rahmen des Kanal- und Schachtbaus zur Vorab-Kalkulation einer ausreichenden Sicherheit für die Grenzzustände GZ 1B und GZ 2 bei lotrechter Sohldruckbeanspruchung **Bestimmungswerte des Sohlwiderstandes** $\sigma_{R,d}$ von 240 kN/m² (30 cm Polster auf Schluff) in Ansatz gebracht werden.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

7.2 Straßenbau

Bei der Erstellung von befestigten Verkehrsflächen ist grundsätzlich ein Planum (Unterkante frostsicherer Fahrbahnoberbau) herzustellen, das für die Ausführung von Regelaufbauten gemäß RStO 12 eine Mindesttragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ aufzuweisen hat.

Wegen der hohen Feinkornanteile ist der oberflächennahe Untergrund im Plangebiet der Frostempfindlichkeitsklasse F3 (Lösslehm, sehr frostempfindlich; bindige Auffüllung, frostempfindlich) zuzuordnen. Der gemäß RStO geforderte frostsichere Fahrbahnoberbau der neuen Verkehrsflächen soll Mindeststärken von 0,60 m (Belastungsklassen 3,2-1,0) bzw. 0,50 m (Belastungsklasse 0,3) aufweisen. Bei geschlossener seitlicher Bebauung und entsprechenden randlichen Entwässerungseinrichtungen ist nach Tab. 7 der RStO eine Reduzierung der Mindeststärken möglich.

Zu Beginn der Straßenbauarbeiten ist zunächst humoser Boden abzutragen.

Auf dem Planum im Lösslehm ist davon auszugehen, dass die nach RStO geforderte Mindesttragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf den feinkörnigen Böden nicht erreicht werden kann.

Zur Herstellung eines ausreichend tragfähigen Untergrundes im Bereich der feinkörnigen Böden sind nachfolgende Vorgehensweisen alternativ möglich.

Bodenaustausch

Unterhalb des frostsicheren Fahrbahnoberbaus kann eine Stabilisierungslage eingebaut werden, die in Abhängigkeit der Gradienten durch Bodenaustausch und/oder Bodenauftrag hergestellt werden kann. Neben einer gleichmäßigen Tragfähigkeit bietet diese Schüttungslage einen ausreichenden Schutz des bindigen und stark wasserempfindlichen Abtragsplanums vor Aufweichung und Verschlämzung durch Niederschlagswasser. Zudem kann sie als bauzeitlicher Flächenfilter zur Abführung von Oberflächenwasser eingesetzt werden.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

Als Einbaumaterial sind grobkörnige, nichtbindige und raumbeständige Lockergesteine (z.B. Kiessande, Schotter) zu empfehlen. Bei der angetroffenen überwiegend steifen Konsistenz der Lößböden reicht eine Stärke von 0,3 m erfahrungsgemäß aus. Stehen auf Höhe des Abtragsplanums weiche Lehme an, ist die Stabilisierungslage in Abhängigkeit von der Tragfähigkeit auf 0,4-0,5 m zu verstärken.

Da die Tragfähigkeit der Lehmböden insbesondere vom Durchfeuchtungsgrad abhängt und damit jahreszeitlichen Veränderungen unterworfen ist, sollten Bodenaustauschmaßnahmen zu Beginn der Baumaßnahme in der Örtlichkeit mit den Unterzeichnern abgestimmt werden. Sollte die Stabilisierungslage als Baustraße genutzt werden, sollte die grobkörnige Lage eine Stärke von mindestens 0,5 m aufweisen.

Im Abtragsplanum anstehende aufgeweichte und verschlammte Böden sind grundsätzlich aufzunehmen und gegen das vorgenannte grobe Schüttungsmaterial auszutauschen.

Bei den Einbauarbeiten der Basisanschüttung ist besonders darauf zu achten, dass der "bewegungsempfindliche" Lehmuntergrund durch unsachgemäße Verdichtungsarbeiten keine Strukturstörungen erfährt, die seine Tragfähigkeit und Scherfestigkeit erheblich reduzieren können. Die Art und Tiefenwirkung der Verdichtungsgeräte ist darauf abzustellen, dass nur der Anschüttungsboden selbst und nicht der lehmige Untergrund von der Verdichtungswirkung erfasst wird.

Verbesserung / Vermörtelung

Der unterhalb des Abtragsplanums anstehende Lehmuntergrund kann alternativ durch Zugabe von kalkig-hydraulischen Bindemitteln verbessert werden (vermörtelt werden). Bedingt durch den Geräteeinsatz ist von einer ca. 0,4 m mächtigen Untergrundverbesserung auszugehen.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

Feinkörnige Böden sind grundsätzlich auf dem trockenen Ast der Proctorkurve mittels Schafffußwalzen zu verdichten. Es wird darauf hingewiesen, dass feinkörnige Böden in weicher und breiiger Konsistenz für den Einbau ungeeignet sind. Bei anhaltend nasser Witterung sind die Erd- und Verdichtungsarbeiten einzustellen.

Insbesondere in niederschlagsreichen Zeiten lassen sich bei bindigen Böden die in der ZTVE-StB geforderten Verdichtungsgrade von 95 % bis 97 % nicht immer erreichen, da der erreichbare Verdichtungsgrad vom Wassergehalt abhängig ist und der natürliche deutlich oberhalb des optimalen Wassergehaltes liegen kann. In diesem Fall sind Bodenstabilisierungen in Form einer Zugabe von kalkig-hydraulischer Bindemittel (ca. 3 Gew.%) möglich. Zu Beginn der Baumaßnahme ist der erforderliche Bindemittelgehalt in Abhängigkeit von der Bindemittelart und dem aktuellen Wassergehalt mit dem Gutachter festzulegen.

7.3 Aufgehende Konstruktionen

Wie der Profilschnitt in Anlage 3 zeigt, liegt die frostfreie Gründungsebene **nichtunterkellertes Gebäude** in Lössablagerungen, die eine weiche bis steife Konsistenz aufweisen. Unter Ansatz relativ geringer **Bemessungswerte des Sohlerstandes** $\sigma_{R,d}$ von 240 kN/m² können Bauwerke über Streifen- (Breiten 0,5-1,5 m) und Einzelfundamente (Breiten 1,5-2,5 m) im Lösslehm von mindestens steifer Konsistenz gegründet werden. Dazu sind ggf. unterhalb der Gründungssohle anstehende weiche Böden aufzunehmen und z.B. durch Magerbeton zu ersetzen.

Abdichtungsmaßnahmen nach Abschnitt 8 der DIN 18 195 die drückendes Wasser von außen (z.B. Grund- und Hochwasser) berücksichtigen und z.T. deutliche Mehrkosten bedingen, sind hier **nicht erforderlich**.

Die oben gemachten Angaben sind durch bauteilbezogene baugrundtechnische Untersuchungen zu verifizieren.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

Es wird für jedes geplante Bauwerk empfohlen, ein standortbezogenes Baugrundgutachten anfertigen zu lassen, in dem die Erfordernisse festgelegt und konkretisiert werden.

8. Allgemeines

Bei den Verdichtungsarbeiten ist insbesondere darauf zu achten, dass der unterlagernde Lehm keiner übermäßigen dynamischen Belastung ausgesetzt wird, die zu Konsistenzänderungen und den daraus hervorgehenden Tragfähigkeits- und Scherfestigkeitsverlusten führen kann. Verschlammte und aufgeweichte Böden im Aushubniveau sind grundsätzlich aufzunehmen und durch das Einbaumaterial zu ersetzen.

Gemäß DIN 4124 können Kanal- und Baugrubenwände mit Höhen von 1,25 m bis 5,0 m ohne Verkehrs- und Stapellasten im Schulterbereich im Lösslehm/Löß von mindestens steifer Konsistenz bis 60°, abgeböschert werden. Zur Vermeidung von Bodenausspülungen und Kohäsionsverlusten wird empfohlen, Kanal- und Baugrubenwände in regenreichen Jahreszeiten mittels Folien vor Durchnässung zu schützen. Bei tieferen Baugruben mit einer Böschungshöhe von mehr als 5 m ist bei einer ungesicherten Böschung ein Standsicherheitsnachweis gemäß DIN 4084 erforderlich.

Bei eingeschränkten Platzverhältnissen können Kanalgräben durch einen verformungsarmen Verbau (endgesteifter Stahlplattenverbau, Kanaldielenverbau, Spundwandverbau) gesichert werden. Die Bemessung von Verbauen kann auf Grundlage der in Kapitel 6 aufgeführten Kennwerte erfolgen.

Da bei den Erdarbeiten auch bindige und somit wasserempfindliche Böden freigelegt werden, besteht bei Regenwetter die Gefahr, dass der Untergrund hier im Aushubniveau verschlammte oder aufweicht und somit seine Tragfähigkeit verliert. Es wird daher empfohlen, Bodenaustausch- und Bodenauftragsarbeiten

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

im Bereich von bindigen Böden unmittelbar nach dem Ausschachten im An-deckverfahren auszuführen.

Für die Verfüllung von Gräben/Gruben können grobkörnige Lockergesteine (z.B. Kiessande) verwendet werden, die in Lagenstärken $\leq 0,3$ m einzubauen und sachgerecht zu verdichten sind. Die anfallenden grobkörnigen Kiessande können im erdfeuchten Zustand als Füllmaterial verwendet werden. Von einem Wiedereinbau der bindigen und wasserempfindlichen Lehme sollte wegen der Wasser- und Bewegungsempfindlichkeit abgesehen werden.

Bei Kellerabdichtungen nach DIN 18 195-T 6 bzw. bei wasserundurchlässiger Bauweise oder als "Weisse Wanne" kann auch anfallender Lößlehm und bin-dige Hauptterrassenböden zur Verfüllung der Arbeitsräume eingesetzt werden. Der Füllböden ist in Lagen $\leq 0,3$ m einzubauen und auf mindestens 97% der einfachen Proctordichte zu verdichten.

Weiterhin sind die Vorgaben einschlägiger Regelwerke, insbesondere der

DIN 18 300	Erdarbeiten;
DIN 4124	Baugruben und Gräben, Böschungen, Arbeitsbreiten, Ver-bau;
DIN 4123	Gebäudesicherung im Bereich von Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen;
DIN 18 195	Bauwerksabdichtungen;
RStO 12	Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen;
ZTVA-StB 97/06	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtli-nien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen;
ZTVE-StB 94/09	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtli-nien für Erdarbeiten im Straßenbau;
ZTVSoB-StB 04	Zusätzliche Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau;

einzuhalten. Nicht aufgeführte relevante Normen und Regelwerke entbinden nicht von deren Beachtung.

Bedburg-Kirchtroisdorf, An der Spring, -baugrund- und versickerungstechnische Untersuchungen-

Um sicherzustellen, dass im Bereich der zukünftigen Baumaßnahmen die Voraussetzungen für die Empfehlungen des Gutachtens gegeben sind, wird empfohlen, freigelegte Aushubsohlen fachgutachterlich abnehmen zu lassen.

Falls in der Planungsphase, im Rahmen der konstruktiven Bearbeitung und der Tragwerksplanung Fragen bezüglich der erforderlichen Maßnahmen des Erd- und Grundbaues auftreten, stehen wir beratend zur Verfügung.

Dieses gilt auch für die Klärung von Detailfragen, die im Rahmen dieses Gutachtens noch nicht abschließend behandelt werden konnten.

Bergheim, den 30.06.2017

Dr. Tillmanns & Partner GmbH
(Der Gutachter)

(Dipl.-Min. O. Sistenich)

(Beratender Ingenieur der Ingenieurkammer-Bau Nordrhein-Westfalen
für die Fachrichtung Geotechnik)