

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

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland  
-geotechnische, versickerungstechnische und orientierende  
entsorgungstechnische Untersuchungen-

Erläuterungsbericht vom 21.09.2017

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

# MAPPENINHALT

<b>1. Erläuterungsbericht</b>	
<b>2. Lageplan M 1:2.000</b>	<b>Anlage 1</b>
<b>3. Profilschnitt M 1:1.000 / 1:100</b>	<b>Anlage 2</b>
<b>4. Schichtenverzeichnisse der Kleinrammbohrungen</b>	<b>Anlage 3</b>
<b>5. Schlagzahlprotokolle und Rammdiagramme</b>	<b>Anlage 4</b>
<b>6. Vermessungsprotokoll</b>	<b>Anlage 5</b>
<b>7. Berechnung der <math>k_r</math>-Werte</b>	<b>Anlage 6</b>
<b>8. Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen</b>	<b>Anlage 7</b>
<b>9. Analysenergebnisse</b>	<b>Anlage 8</b>

**PROJEKT NR.:**

**9783-08-17**

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

### 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 (DPH)	9
4.3	Ergebnisse der Sickerversuche	10
4.4	Ergebnisse der chemischen Untersuchungen	11
4.5	Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen	12
5.	Baugrundtechnische Angaben	14
5.1	Bodenkenngrößen	14
5.2	Homogenbereiche	15
6.	Wasserhaltung und Gebäudeabdichtung	16
7.	Geotechnische Empfehlungen	17
7.1	Kanalbau	17
7.2	Straßenbau	18
7.3	Aufgehende Konstruktionen	21
8.	Allgemeines	22

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

## **Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland**

### **-geotechnische, versickerungstechnische und orientierende entsorgungstechnische Untersuchungen-**

#### **1. Allgemeines und Veranlassung**

Die RWE Power AG plant in Langerwehe (Am Geicher Mühlenweg) die Entwicklung des Geländes zwischen der L 12n im Norden und dem Geicher Bach im Süden. Das überplante Gelände liegt in der Gemarkung Jüngersdorf mit angenommenen Geländehöhen um 136,5 m NN und wird derzeit ackerbaulich genutzt.

Das Plangelände ist im Lageplan in Anlage 1 ausgewiesen und liegt derzeit teilweise brach.

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 sowie orientierenden entsorgungstechnischen Untersuchungen.

#### **2. Geologisch-hydrogeologische Verhältnisse**

Nach den eingesehenen thematischen Karten bilden holozäne Talbildungen den lokalen Vorfluters den antropogen unbeeinflussten Untergrund, der Sanden und Kiesen der Talterrasse aufliegt. Den tieferen Untergrund bilden gemäß der Hydrogeologischen Karte M 1:25.000, Blatt 5104 Düren, eine Wechsellagerung von Tonen und Braunkohlen (miozäne Hauptflözgruppe).

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

Auf der Grundlage der ausgewerteten Grundwassergleichenkarten sind Grundwasserspiegelhöhen zwischen ca. 127 m NN (Stand 10/73) und ca. 130 m NN (04/88) bekannt. Bei angenommenen Geländehöhen um 137 m NN ergeben sich hieraus Grundwasserflurabstände > 7 m.

In der im Internet verfügbaren Datenbank „NRW Umweltdaten vor Ort“ sind zum Stand 04.09.2017 Ganglinien für die folgenden, im Umfeld des Bauvorhabens liegenden Grundwassermessstellen bekannt:

1. Messstelle 010200356 – OBERGEICH NR 59, ca. 300 m südsüdöstlich,
2. Messstelle 010203989 – Obergeich 5 Zoll, ca. 300 m südlich.

Die in diesen Messstellen festgestellten höchsten Grundwasserstände sind nachfolgend aufgelistet.

Messstelle	Messzeitraum	höchster Grundwassertand m NHN (Datum)
010200356	11/1951 – 10/2012	136,38 (10.03.1958)
010203989	11/2007 – 07/2017	133,57 (26.03.2012)

Unter Berücksichtigung der angeführten Daten wird der **Bemessungswasserstand** für das vorliegende Bauvorhaben mit ausreichender Sicherheit bei **134,0 m NHN** angesetzt.

Das Bauvorhaben liegt in keiner Wasserschutzzone.

Nach der Karte der Erdbebenzonen des Geologischen Dienstes NRW aus 06/2006 befindet sich das Untersuchungsgebiet in einer Erdbebenzone 3 und ist der Untergrundklasse T zuzuordnen. Der Baugrund wird in die Baugrundklasse C gestellt.

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

### **3. Untersuchungsablauf**

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 22.08. – 24.08.2017 im Planbereich 8 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475 (Rammkernsondierungen, RKS Ø 50-36 mm) und 8 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde DPH nach DIN EN ISO 22476-2 bis in eine angestrebte Tiefe von 6,0 m unter derzeitiger Geländeoberkante (GOK) abgeteuft.

Die Ansatzpunkte der Bohrungen/Sondierungen wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Als Höhenfestpunkt (HFP) wurde die Oberkante des am Geicher Bach liegenden Kanaldeckels gewählt und auf die Bezugshöhe 0,00 gesetzt. Das Vermessungsprotokoll ist in Anlage 5 dokumentiert.

Zur Bestimmung der Durchlässigkeit ( $k_f$ ) wurde in der RKS 1, RKS 3, RKS 5 und RKS 6 jeweils ein Sickerversuch (SV 1 - 4) durchgeführt.

Zwei 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.

Zur Unterstützung der Bodenansprache nach DIN EN ISO 14688 wurden zwei Bodenproben zur Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung und des Wassergehaltes sowie 8 Bodenproben zur Bestimmung des Glühverlustes dem bodenmechanischen Labor des Ingenieurbüros Dr. Tillmanns & Partner GmbH in 50126 Bergheim übergeben.

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

#### **4. Ergebnisse der Untergrunduntersuchungen**

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse im Planbereich wurden die RKS bis in eine angestrebte Tiefe von 6,0 m unter derzeitiger Geländeoberkante (GOK) niedergebracht. Die RKS 1 und RKS 2 mussten in einer Tiefe von 4,2 m bzw. 4,1 m unter Ansatzpunkt wegen mangelndem Bohrfortschritt eingestellt werden.

Die zur Ermittlung der Lagerungsdichte/Konsistenz der Bodenschichten abgeteufte Rammsondierungen (DPH 1 - DPH 8) wurden zum besseren Abgleich von Schlagzahlen und Bodenschichten unmittelbar neben die RKS positioniert. Für die DPH wurde ebenfalls eine Erkundungstiefe von 6,0 m angestrebt. Die DPH 1, DPH 2, DPH 4, DPH 5 und DPH 8 wurden wegen fehlendem Rammfortschritt in Tiefen zwischen 1,1 m und 3,9 m unter derzeitiger GOK eingestellt. Die DPH 8 wurde einmal umgesetzt und musste wiederum in einer Tiefe von 4,4 m unter Ansatzpunkt wegen der hohen Festigkeit abgebochen werden.

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

##### **4.1 Ergebnisse der Kleinrammbohrungen (RKS)**

Die RKS wurden bei jedem Schichtwechsel, mindestens jedoch nach jedem Bohrmeter durch einen Diplom-Geologen nach DIN EN ISO 14688 angesprochen und 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.

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

Wie die Schichtenverzeichnisse ausweisen, wurden in den RKS zunächst ein erdfeuchter 0,4 m starker sandig-toniger Schluff, in der RKS 7 ein schluffiger Sand erbohrt, der aufgrund der humosen Bestandteile als **Oberboden** in steifer Konsistenz angesprochen wurde.

In den RKS 1 und RKS 5-7 wird der Oberboden von erdfeuchten schwach schluffigen bis schluffigen, kiesigen Sanden unterlagert, die dem Bohrvorgang nach mitteldicht gelagert sind. Diese wurden als Talablagerungen (**Talsande**) angesprochen.

Ins Liegende und in den übrigen RKS unterhalb des Oberbodens folgen bis zur vorgesehenen Endteufe der RKS **Sande und Kiese**, die vorwiegend hangend schwach schluffig und lokal auch schwach tonig ausgebildet sind und der **Tal-terrasse** zugeordnet wurden. In der RKS 4 (5,0-6,0 m) wurde ein feinsandiger Schluff in steifer Konsistenz erbohrt, der als Talterrassenschluff angesprochen wurde.

Die erbohrten Böden waren vorwiegend erdfeucht und lokal feucht. Die in der RKS 5 (4,3 – 6,0 m) erbohrten Sande waren zum Untersuchungszeitpunkt als Hinweis auf infiltrierendes Bachwasser nass. Die grob- und gemischtkörnigen Ablagerungen der Talterrasse zeigten eine dem Bohrfortschritt nach mitteldichte bis dichte Lagerung, die feinkörnigen Böden eine steife Konsistenz.

In der RKS 3 wurde ab 5,7 m unter Ansatzpunkt ein dunkelgrauer Ton in steifer Konsistenz angetroffen, der als tertiärer Ton angesprochen wurde.

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

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

#### 4.2 Ergebnisse der Rammsondierungen (DPH)

Die Ergebnisse sind als Schlagzahlprotokolle und Rammdiagramme in Anlage 4 aufgeführt. Die Rammdiagramme sind zusätzlich in den Profilschnitten in Anlage 2 den Bohrprofilen gegenübergestellt.

Da der **Oberboden** im Baufeld vor der Aufnahme von Erdarbeiten abzuschleppen und nach ATV DIN 18320 Landschaftsarbeiten zu behandeln ist, bleibt diese Schicht hier unberücksichtigt.

In den durchörterten Talsanden wurden mit der DPH Schlagzahlen für  $N_{10}$  von 7 bis 20, teilweise  $> 50$ , gemessen, was in Abhängigkeit vom jeweils vorherrschenden Korngrößenspektrum auf eine mitteldichte bis dichte Lagerung der Sande hinweist.

Die erkundeten Sande sind bereits als ausreichend tragfähiger Baugrund für "normale" Bauwerkslasten einzuschätzen.

In den unterlagernden Sanden und Kiesen der Terrasse steigen die erzielten Schlagzahlen für  $N_{10}$  schnell auf Werte anhaltend  $> 10$  an, womit mitteldichte bis vorwiegend dichte Lagerungsverhältnisse angezeigt werden.

Die durchteuften **Sande und Kiese der Terrasse** stellen einen für "normale" Bauvorhaben gut tragfähigen Baugrund dar.

Die Schluffeinschaltung in der RKS 4 und der tertiäre Ton in der RKS 3 wurde mit der DPH nicht erreicht.

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

### 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 3 in der RKS 5 und der SV 4 in der RKS 6 mit konstantem hydraulischem Gradienten durchgeführt.

Bei den Sickerversuchen wurde das Bohrloch mittels eines 2"-Packers oberhalb des Prüfbereichs 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. 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	3,0	Kies, sandig, schwach schluffig	$<1,0 \times 10^{-7}$
SV 2 / RKS 3	4,0	Kies, sandig, schwach schluffig	$<1,0 \times 10^{-7}$
SV 3 / RKS 5	6,0	Mittel-/Grobsand	$<1,0 \times 10^{-7}$
SV 4 / RKS 6	5,0	Mittelsand	$1,3 \times 10^{-4}$

Die tabellarische Zusammenstellung zeigt, dass die in den SV1 - SV3 untersuchten Böden  $k_f$ -Werte zeigen, die unterhalb der empfohlenen Bandbreite nach DWA-Regelwerk (Arbeitsblatt 138) von  $1 \times 10^{-6}$  m/s bis  $5 \times 10^{-3}$  m/s für Versickerungsanlagen liegen, sodass hier keine Versickerung anzuraten ist.

Unbeschadet des im SV 4 ermittelten durchlässigen Bodens kann in diesem Bereich unter Berücksichtigung der potenziell infiltrierenden Bachwässer keine Versickerung von Niederschlagswässern empfohlen werden. Im Rahmen der Planung sollten jedoch noch im mittigen Geländebereich Sickerversuche in tieferliegenden Sanden und Kiesen durchgeführt werden, um auch hier die Versickerungsverhältnisse zu überprüfen.

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

#### 4.4 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

Im Rahmen der Untersuchungen für den Straßen- und Kanalbau wurden zur Klärung des Schadstoffinventars und Deklaration ggf. anfallender Aushubböden repräsentative Bodenmischproben (MP 1, MP 2) 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) und fehlende Parameter gem. DepV übergeben.

Die Analysenergebnisse sind in Form eines Prüfberichtes in Anlage 7 dokumentiert.

In der nachfolgenden Tabelle sind die untersuchten Mischproben beschrieben.

Mischprobe	Bodenproben	Bodenart
<b>MP 1</b>	RKS 1 (0,4-0,6 m)	Sand, schluffig, kiesig
	RKS 5 (2,0-3,0 m)	Sand, schluffig, kiesig
	RKS 6 (2,0-3,0 m)	Sand, schluffig, kiesig
	RKS 7 (2,0-3,0 m)	Sand, schwach schluffig, kiesig
<b>MP 2</b>	RKS 2 (0,4-1,9 m)	Kies, sandig, schwach schluffig
	RKS 3 (2,0-3,0 m)	Kies, sandig, schwach schluffig
	RKS 4 (2,0-3,0 m)	Sand, Kies, schwach schluffig
	RKS 8 (2,0-3,0 m)	Sand, Kies, schwach schluffig

Im Folgenden werden die Analysenergebnisse bewertet.

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

Wie der Prüfbericht ausweist, genügen in den Mischproben MP 1 und MP 2 die allermeisten der untersuchten Parameter einer Z0-Zuordnung gemäß TR Boden der LAGA für die Bodenart Lehm/Schluff. Die einzige Ausnahme stellt der mit 21,4 mg/kg (MP 1) bzw. 15,9 mg/kg (MP 2) analysierte Arsengehalt dar, der den Z0-Zuordnungswert von 15 mg/kg überschreitet. Der Z1-Zuordnungswert von 45 mg/kg wird eingehalten.

Die leicht erhöhten Arsengehalte sind mit hoher Wahrscheinlichkeit geogen bedingt und an die Talablagerungen gebunden.

Auf der Grundlage der vorliegenden Analysenergebnisse können die durch die MP 1 und MP 2 repräsentierten Böden unter Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse für die Eluatuntersuchung als Z1.1-Material im Sinne der LAGA klassifiziert werden. Zudem genügen die untersuchten Parameter einer DK0-Zuordnung, sodass die untersuchten Böden unter dem Abfallschlüssel 170504 entsprechend entsorgt werden können

#### **4.5 Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen**

Die Ergebnisse der durchgeführten bodenmechanischen Untersuchungen werden nachfolgend beschrieben.

##### **Bestimmung der Wassergehalte nach DIN 17892-1**

An den 8 humosen Oberbodenproben der RKS 1-8 wurde der Eingangswassergehalt bestimmt. Die Ergebnisse sind im Prüfbericht in Anlage 7, Blatt 03 und 04, dokumentiert.

Gemäß den vorliegenden Ergebnissen liegen Wassergehalte zwischen 7,4 Gew.% und 16,2 Gew.% vor, die erdfeuchte Verhältnisse kennzeichnen.

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

### **Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18128 am Oberboden**

An den humosen Oberbodenproben der RKS 1-8, die im Feld überwiegend als sandig-toniger Schluff bzw. untergeordnet als schluffiger Sand angesprochen wurden, wurde der Glühverlust nach DIN 18128 bestimmt. Die Ergebnisse sind in Anlage 7, Blatt 07 bis 10, ausgewiesen.

Mit festgestellten Glühverlusten von 3,4 – 4,3 Gew.% sind die untersuchten, vorwiegend bindigen Oberböden somit als nicht organogen im Sinne der DIN 1054<sub>2005</sub> zu bezeichnen und somit in die Bodengruppe UL zu stellen.

Der in der RKS 7 erbohrte humose Oberboden ist bei einem Glühverlust von 4,2 Gew.% in die Bodengruppe OH nach DIN 18196 zu stellen und als organogen anzusprechen.

### **Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung nach DIN 18123**

Aus den erbohrten grob- und gemischtkörnigen Talablagerungen der RKS 1-4 wurde die Mischprobe MP 1 und aus denen der RKS 5-8 die Mischprobe MP 2 erstellt. An den Mischproben wurde jeweils die Korngrößenzusammensetzung bestimmt.

Die an der MP 1 (RKS 1-4) bestimmte Korngrößenverteilung zeigt, dass der untersuchte Boden der Bodengruppe SU\* nach DIN 18196 zuzuordnen und gemäß DIN 14688-1 als stark schluffiger, stark kiesiger Sand zu bezeichnen ist.

Bei der Probe MP 2 (RKS 5-8) handelt es sich dem Ergebnis nach um einen schluffigen, kiesigen Sand nach DIN 14688-1, der nach DIN 18196 in die Bodengruppe SU\* zu stellen ist.

Korrelierend mit den  $k_f$ -Wert-Bestimmungen sind die Böden der Bodengruppe SU\* gemäß DIN 18196 sehr gering durchlässig und als Drainage ungeeignet.

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

## 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 abzuschleppen und nach ATV DIN 18320 Landschaftsarbeiten behandelt werden kann, bleibt diese Schicht hier unberücksichtigt.

#### Talsande

(Sande, kiesig, schwach schluffig)

Wichte, erdfeucht $\gamma_k$	= 18-19 kN/m <sup>3</sup>
Ersatzreibungswinkel $\varphi''_k$ (aus Reibung und Kohäsion)	= 30-32,5°
Steifemodul $E_{S,k}$	= 20-30 MN/m <sup>2</sup>

Bodengruppen: SU, SU\*

Bodenklassen nach DIN 18300<sub>2012</sub>: 3 und 4 (leicht und mittelschwer lösbare Bodenarten);

SU\* bei Wassersättigung: 2 (fließende Bodenarten)

#### Talterrasse (bis zur Endteufe der RKS)

(Sande, kiesig, schwach schluffig; Sande, schluffig bis stark schluffig, kiesig bis stark kiesig)

Wichte, erdfeucht $\gamma_k$	= 19-20 kN/m <sup>3</sup>
Wichte unter Auftrieb $\gamma'_k$	= 11 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel $\varphi'_k$	= 32,5 - 35°
Kohäsion $c'_k$	= 0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul $E_{S,k}$	= 60 - 80 MN/m <sup>2</sup>

Bodengruppen: SU\*, SE-SW

Bodenklassen nach DIN 18300<sub>2012</sub>: 3 und 4 (leicht und mittelschwer lösbare Bodenarten)

SU\* bei Wassersättigung: 2 (fließende Bodenarten)

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

## 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.

### Talsande und Talterrasse bis zur Endteufe der RKS (Homogenbereich 1)

Bodengruppen: SU, SU\*

Steine und Blöcke:  $\leq 10$  Gew. %

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

Konsistenz: ohne

Plastizität: ohne

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

## 6. Wasserhaltung und Gebäudeabdichtung

Unter Berücksichtigung der aktuellen Flurabstände sind bei Eingriffen in den Boden bis zum Bemessungswasserstand bei 134,00 m NN keine Maßnahmen zum Schutz vor Grundwasser erforderlich.

Es ist jedoch in Abhängigkeit 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 unter Berücksichtigung der bereichsweise vorliegenden schwach durchlässigen Böden erdberührte Bauteile 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.

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

## 7. Geotechnische Empfehlungen

### 7.1 Kanalbau

Es wird davon ausgegangen, dass Kanäle in Tiefen von 2-3 m unter derzeitiger GOK verlegt werden. Den Bohrerergebnissen zufolge (siehe Profilschnitt in Anlage 2), ist davon auszugehen, dass die Kanalsohlen innerhalb von Talsanden bzw. Sanden und Kiesen der Talterrasse liegen werden, die einen ausreichend tragfähigen Baugrund darstellen.

Somit ist davon auszugehen, dass keine baugrundverbessernde Maßnahmen erforderlich werden.

Gemäß DIN 4124 können Kanalgrabenwände mit Höhen von 1,25 m bis 5,0 m ohne Verkehrs- und Stapellasten im Schulterbereich in grob- und gemischtkörnigen Böden bis 45° und in feinkörnigen Böden (Schluffen) von mindestens steifer Konsistenz bis 60° abgeböschert werden.

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

In einer Aushubebene vorliegende aufgeweichte und verschlammte Böden sind grundsätzlich aufzunehmen und durch geeignetes Bodenersatzmaterial oder Magerbeton zu ersetzen.

Zur Vorabkalkulation im Rahmen des Kanal- und Schachtbaus können auf einer entsprechend hergestellten Gründungssohle mit ausreichender Sicherheit für die Grenzzustände GZ 1B und GZ 2 und lotrechter Sohldruckbeanspruchung **Bemessungswerte des Sohlwiderstandes  $\sigma_{R,d}$  von 280 kN/m<sup>2</sup> in Ansatz gebracht werden.**

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

## 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 zumindest der Frostempfindlichkeitsklasse F2 (gering bis mittel frostempfindlich) bzw. F3 (sehr 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 Oberboden abzutragen.

Auf dem Planum in Bereichen mit ggf. vorliegenden schluffigen Böden ist davon auszugehen, dass die nach RStO geforderte Mindesttragfähigkeit von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  nicht erreicht werden kann.

Zur Herstellung eines ausreichend tragfähigen Untergrundes sind nachfolgende Vorgehensweisen alternativ möglich.

### Bodenaustausch

Unterhalb des frostsicheren Fahrbahnoberbaus kann eine Stabilisierungslage eingebaut werden, die in Abhängigkeit von der geplanten Gradienten durch Bodenaustausch und/oder Bodenauftrag hergestellt werden kann. Neben einer gleichmäßigen Tragfähigkeit bietet diese Schüttungslage einen ausreichenden

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

Schutz vor Aufweichung und Verschlammung durch Niederschlagswasser. Zudem kann sie als bauzeitlicher Flächenfilter zur Abführung von Oberflächenwasser eingesetzt werden.

Als Einbaumaterial sind grobkörnige und raumbeständige Lockergesteine (z.B. Kiessande, Schotter) zu empfehlen. Bei den angetroffenen Böden reicht zur Einhaltung der Planumsanforderungen eine Einbaustärke von 0,2 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 Böden 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 oben genannte grobe Schüttungsmaterial auszutauschen.

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

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

### Verbesserung / Vermörtelung

Der unterhalb des Abtragsplanums anstehende Boden 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.

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 gemäß 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 durch Zugabe von kalkhydraulischen Bindemitteln (zur Vorabkalkulation 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.

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

### 7.3 Aufgehende Konstruktionen

Wie der Profilschnitt in Anlage 2 zeigt, liegt die frostfreie Gründungsebene **nichtunterkellerten Gebäude** in grob- und gemischtkörnigen anstehenden Böden. Unter Ansatz relativ geringer **Bemessungswerte des Sohlwiderstandes**  $\sigma_{R,d}$  von 280 kN/m<sup>2</sup> können Bauwerke über Streifen- (Breiten 0,5-1,5 m) und Einzelfundamente (Breiten 1,5-2,5 m) 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 berücksichtigen und z.T. deutliche Mehrkosten bedingen, sind hier **nicht erforderlich**.

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

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

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

## 8. Allgemeines

Bei den Verdichtungsarbeiten ist insbesondere darauf zu achten, dass ggf. vorliegende schluffige Böden keiner übermäßigen dynamischen Belastung ausgesetzt werden, 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 in grob- und gemischkörnigen Böden bis 45°, im Lehm 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/Erosion 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 5 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 unmittelbar nach dem Ausschachten im Andeckverfahren 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 Sande und

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

Kiessande können im erdfeuchten Zustand als Füllmaterial verwendet werden. Von einem Wiedereinbau von bindigen Böden sollte wegen der Wasser- und Bewegungsempfindlichkeit abgesehen werden.

Bei Kellerabdichtungen nach DIN 18 195-T 6 bzw. bei wasserundurchlässiger Bauweise oder als "Weisse Wanne" können auch bindige Böden zur Verfüllung der Arbeitsräume eingesetzt werden. Der erdfeuchte Füllboden 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, Verbau;
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 Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen;
ZTVE-StB 94/09	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien 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.

---

Gewerbe- und Industriegebiet Langerwehe im Indeland

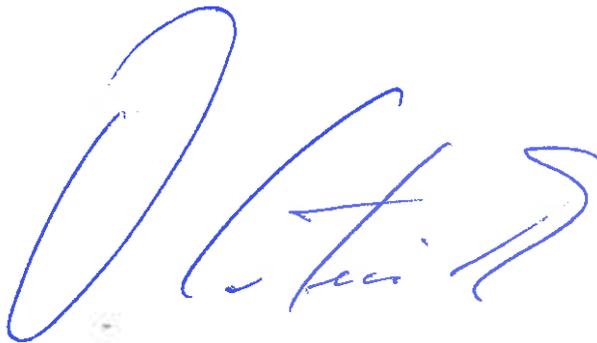
Um sicherzustellen, dass im Bereich der zukünftigen Baumaßnahmen die Voraussetzungen für die Empfehlungen des Gutachtens gegeben sind, wird empfohlen, freigelegte Aushubsohlen fachgutachterlich abnehmen zu lassen.

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)

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'O. Sistenich', is written over a faint circular stamp.

(Dipl.-Min. O. Sistenich)

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