

---

Projekt-Nr.	Ausfertigungs-Nr.	Datum
<b>2191409</b>	<b>pdf</b>	<b>24.06.2019</b>

---

**Durchführung einer Bettungsuntersuchung an der Bestandstrasse der Fernwasserleitung Ursprung bei Leinburg**

**- Bericht**

---

Auftraggeber

**N-ERGIE AG**  
**Projektplanung WA-PP**  
**Sandreuthstr. 23b**  
**90441 Nürnberg**

Anzahl der Seiten: 14  
Anlagen: 4

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Zusammenfassung .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Vorbemerkungen, Aufgabenstellung .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Grundlagen .....</b>	<b>4</b>
3.1 Allgemeine Standortangaben .....	4
3.2 Verwendete Unterlagen und Bauvorhaben.....	5
3.3 Gelände .....	5
3.4 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse .....	6
<b>4. Untersuchungsdurchführung .....</b>	<b>6</b>
4.1 Felduntersuchungen .....	6
4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen .....	7
<b>5. Untergrundverhältnisse .....</b>	<b>8</b>
<b>6. Laborergebnisse.....</b>	<b>9</b>
6.1 Geotechnische Bodenuntersuchungen .....	9
<b>7. Grundlagen und Einstufung der Ergebnisse .....</b>	<b>11</b>
<b>8. Beurteilung und weiteres Vorgehen.....</b>	<b>13</b>

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Rechts-/Hochwerte sowie Ansatzhöhen und gemessener Ruhewasserspiegel.....	7
Tabelle 2: Zusammenfassung der Kornverteilung.....	9
Tabelle 3: Zusammenfassung der Ergebnisse der Fließ-/Ausrollgrenzen .....	10
Tabelle 4: Zusammenfassung der Ergebnisse der Dichtebestimmung und Proctordichte.....	10

## **Anhang**

Anhang 1: Quellenverzeichnis

### **Anlagen:**

1. Planunterlagen
  - 1.1. Übersichtslageplan
  - 1.2. Lageplan der Aufschlusspunkte
2. Schurf-, Sondier- und Bohrprofile
3. Geotechnische Laborberichte
4. Fotodokumentation

## **1. Zusammenfassung**

Im Rahmen von Erneuerungs- bzw. Sanierungsmaßnahmen an der Wasserfernleitung Ursprung (FLU) im Bereich zwischen dem Wasserwerk Ursprung in Leinburg und dem Hochbehälter Schmausenbuck in Nürnberg wurden Untersuchungen im Teilabschnitt 1 (Wasserwerk Ursprung bis Wasserwerk Am Forsthaus) hinsichtlich der Bettungszone der Bestandsleitung durch die HPC AG durchgeführt. Geplant ist eine Neuverlegung der Leitung in die Bestandsleitung mittels Reduktionsverfahren. Hierfür wurden insgesamt drei Schürfgruben zur Erkundung des Untergrundes durchgeführt.

Die lokale Geologie ist geprägt durch die Ablagerungen der Keuperschichten. Die Basis bildet der Sandstein, welcher von z. T. schluffigen und feinsandigen Tonen überlagert wird. Die oberste Schicht wird durch quartäre Flug- und Dünensande geprägt.

Eine Neuverlegung der Wasserfernleitung zwischen dem WW Ursprung und dem WW Forsthaus mittels Reduktionsverfahren ist aus unserer Sicht nur bedingt durchführbar. Eine nach heutigem Regelwerk typische Bettungszone wurde im Bereich der Untersuchungsstellen nicht angetroffen. Die Bestandsleitung liegt direkt auf den anstehenden Böden (Sand, Ton/Tonstein).

Bei der Durchführung des Reduktionsverfahrens kann aufgrund der erhöhten dynamischen Beanspruchung während des Inliner-Einbaus der sandige Untergrund (rollige Böden mit geringem Feinkornanteil) aufgelockert werden. Bindige Böden sind wasserempfindlich. Hier kann es durch die mechanische Beanspruchung zu Wasserzuflüssen in den zuvor unberührten Untergrund kommen und die Böden aufweichen. Weiterhin sind die Übergangszonen zwischen Festgestein (z.B. Tonstein) und Sand im Bereich der Bettung nicht bekannt. Zudem können sich mögliche Punktauflasten durch die dynamische Beanspruchung ungünstig auswirken und Schäden, wie Risse, bilden.

Um eine lange Lebensdauer der neuen Leitung erreichen zu können sowie den aktuellen Regeln (gem. der anerkannten Regeln der Technik sowie diversen DIN Normen) gerecht zu werden, empfehlen wir, eine Neuverlegung der Leitung neben der Bestandsleitung in Erwägung zu ziehen.



## **2. Vorbemerkungen, Aufgabenstellung**

Die N-ERGIE AG plant die Erneuerung bzw. Sanierung der Wasserfernleitung Ursprung (FLU). Diese erstreckt sich vom Wasserwerk (WW) Ursprung in Leinburg bis zum Hochbehälter Schmausenbuck in Nürnberg. Die 14 km lange Trasse wurde in vier Teilabschnitte unterteilt.

Im Bauabschnitt 1, welcher sich zwischen dem WW Krämersweiher und dem WW Forsthaus befindet, besteht die Möglichkeit, die Verlegung mittels eines Reduktionsverfahrens durchzuführen. Hierzu werden Angaben hinsichtlich der Bettung der Bestandstrasse benötigt.

Zur Klärung der Untergrundverhältnisse wurde die HPC AG seitens der N-ERGIE mit der Durchführung von Erkundungsarbeiten sowie der Ausarbeitung einer gutachterlichen Stellungnahme in Form eines Berichtes beauftragt. Grundlage der Beauftragung war das Angebot Nr. 1191409 vom 27.03.2019 und die Bestellung der N-ERGIE Nr. 1000803659.1000 vom 08.04.2019.

Nachfolgend werden die mit den Aufschlüssen erkundeten Baugrund- und Grundwasserverhältnisse beschrieben und beurteilt sowie eine Empfehlung zur weiteren Herangehensweise für das geplante Vorhaben aufgezeigt.

## **3. Grundlagen**

### **3.1 Allgemeine Standortangaben**

Die im Jahr 1885 in Betrieb genommene Fernleitung verläuft vom Wasserwerk „Ursprung“, welches ca. 3 km südöstlich vom Ort Leinburg entfernt liegt, auf einer Länge von rund 14 km Richtung Westen in den Hochbehälter Schmausenbuck bei Nürnberg. Der Trassenverlauf beinhaltet neben den Unterquerungen von Straßen und kleinen Flüssen auch die Querung der Bundesautobahnen A3 und A9. Des Weiteren liegt die Trasse in einem Stollenbauwerk dem sogenannten „Brunner Stollen“.

Das Material der Bestandstrasse besteht überwiegend aus Muffenrohren (Grauguss) mit einem lichten Durchmesser von 550 mm. Beschädigte Leitungsbereiche wurden bei früheren Sanierungsmaßnahmen ausgebaut und neu verlegt.

Die gesamte Trassenlänge von rund 14 km wurde zu Planungszwecken in 4 Abschnitte mit je 3-4 km Erkundungsstrecke aufgeteilt:

- Abschnitt 1: Wasserwerk Ursprung bis Wasserwerk Forsthaus
- Abschnitt 2: Wasserwerk Forsthaus bis Querung BAB A9
- Abschnitt 3: Querung BAB A9 bis Schwaig
- Abschnitt 4: Schwaig bis Hochbehälter Schmausenbuck

Name/Bezeichnung:	Neuverlegung bzw. Sanierung der Wasserfernleitung Ursprung – Abschnitt 1
Stadt/Landkreis/Adresse:	Landkreis Nürnberger Land
Lage:	Dem Ursprungtal folgend, vorbei an den Ausläufern des Haidelbaches, in Richtung Nordwesten abknickend, bis hin zum Wasserwerk Forsthaus.
Flurstücks-Nr.:	1040/2, 1317/2, 1294, 1291, 1289, 317, 317/3
Gemarkung:	Leinburg, Winkelhaid, Brunn
Rechts-/Hochwert:	siehe Schurfprofile (Anlage 2)
Höhe:	siehe Schurfprofile (Anlage 2)
Morphologie:	Überwiegend ebener Taleinschnitt
Versiegelung/bebaute Fläche:	unversiegelt
Auffüllmächtigkeit:	Aus überwiegend natürlich anstehendem Material; umgelagerter Sandstein im Bereich der Dammschüttung
Nutzung:	Forstwirtschaftliche Nutzung
Vorfluter:	Haidelbach bzw. Röthenbach
Bisheriger Kenntnisstand:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Detaillagepläne (Blatt1-4) des Ingenieurbüros für Wasser und Boden GmbH vom 11.09.2018</li> <li>- Bericht Fernleitung Ursprung Abs. 1 von HPC vom 12.12.2018</li> </ul>

### 3.2 Verwendete Unterlagen und Bauvorhaben

Für die Bearbeitung des Gutachtens wurden uns vom Auftraggeber folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- Entwurfslagepläne, Blatt 1-4 – Vorplanung vom 11.09.2018 vom Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH, Bannewitz (M 1:1.000)
- Entwurfslageplan als DWG-Datei mit Höhenangaben vom 19.11.2018 vom Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH, Bannewitz (M 1:1.000)
- HPC Geotechnischer Bericht vom 12.12.2018 [9]

Im Bauabschnitt 1, zwischen der Fassung Ursprung und dem WW Forsthaus kann die Leitung geringer dimensioniert werden. Hier ist das Reduktionsverfahren zur Erneuerung der Rohrleitung vorgesehen. In die bestehende Rohrleitung DN 550 GG soll eine neue Rohrleitung PE-HD 560 eingezogen werden. Die Bettungsbedingungen der Bestandsleitung sind derzeit unbekannt.

### 3.3 Gelände

Das zu untersuchende Gelände befindet sich im Landkreis Nürnberger Land. Bis ca. Bau-km 1+900 liegt das Untersuchungsgebiet in den Flechten-Kiefernwäldern südlich von Leinburg. Ab

ca. Bau-km 1+900 bis Bau-km 2+850 befindet sich das Untersuchungsgebiet im Wald Wimmerslohe nahe des WW Forsthaus (Anlage 1). Das Gelände folgt zunächst dem Ursprungtal bevor es vorbei an den Ausläufen des Haidelbaches in Richtung Nordwesten abknickt und bis hin zum WW Forsthaus verläuft (Anlage 1). Das Gebiet ist topographisch von dem Taleinschnitt des Ursprungtals geprägt.

### **3.4 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse**

Nach der geologischen Karte von Bayern (M 1 : 25 000, Blatt-Nr. 6533 Röthenbach a. d. Pegnitz [1]) besteht der Untergrund aus quartären gemischtkörnigen Talfüllungen bzw. quartären Flug- und Dünsanden. Unterhalb der quartären Ablagerungen folgen die Festgesteinsformationen der Trossingen- oder Exter-Formation (Feuerletten, Oberer Keuper) aus z. T. schluffigen und feinsandigen Tonen/Tonsteinen und Sandsteinen [1].

Hydrogeologisch gehört das Untersuchungsgebiet zum Keuper-Bergland bzw. Albvorland [4], [3]. Die quartären Sande und Kiese sind grundwasserführend und gelten als Porengrundwasserleiter mit mäßiger bis mittlerer Durchlässigkeit. Die unterlagernden Tonschichten sind gering durchlässig und gelten als Grundwassergeringleiter. Die Grundwasserfließrichtung ist nach Nordwesten gerichtet. Der Grundwasserflurabstand kann im Mittel zwischen 1,0 m und 3,0 m u.GOK angenommen werden.

## **4. Untersuchungsdurchführung**

### **4.1 Felduntersuchungen**

Zur Erkundung der Bettungsbereiche wurden im Zeitraum vom 16.05. bis 17.05.2019 insgesamt drei Suchschlitze (S1 bis S3) bis in eine max. Tiefe von 4 m u. GOK durchgeführt. Die Lage der Schürfe wurde vom AG vorgegeben und diese befinden sich im Bereich der von der HPC AG bereits durchgeführten Erkundungsbohrungen KRB6, KRB11 und KRB13 [9].

Zur Bestimmung der Dichteverhältnisse im Untergrund wurden pro Schurf zwei Rammsondierungen (DPL) durchgeführt. Der erste wurde knapp neben der Bestandsleitung, der zweite im gewachsenen Boden bis in eine Tiefe von 4 m u. GOK abgeteuft.

Weiterhin wurden gestörte und ungestörte Bodenproben aus den Bereichen der Bettungszone seitlich, unterhalb und oberhalb des Leitungsrohrs genommen sowie Probenmaterial des anstehenden Bodens.

Die durch die Schürfe aufgeschlossenen Bodenschichten wurden gemäß DIN EN ISO 14 688-1 und DIN 4022 angesprochen und beurteilt. Die zeichnerische Darstellung befindet sich in Anlage 2. Eine Fotodokumentation kann der Anlage 4 entnommen werden.

Die Ergebnisse der vorab durchgeführten Bohrungen (siehe Anlage 2, [9]) werden in diesem Bericht berücksichtigt.

Die Aufschlussstellen wurden auf Kampfmittelverdacht mittels Luftbildauswertung hin untersucht. Hierzu wurden Akten und Luftbilder durch eine Fachfirma auf mögliche Blindgänger hin geprüft [6]. Für den Abschnitt 1: WW Ursprung bis WW Am Forsthaus wurde keine Gefährdung festgestellt.

Die Flächen der Schürfe wurden nach Abschluss der Arbeiten wieder verfüllt und durch einen Bagger für die Verwendung ausreichend verdichtet. Der Ursprungszustand wurde wieder hergestellt.

**Tabelle 1: Rechts-/Hochwerte sowie Ansatzhöhen und gemessener Ruhewasserspiegel**

Bezeichnung	Lage (GK4, Rechts- und Hochwert)	Ansatz- höhe GOK [m ü. NN]	Endtiefe [m u. GOK]	Ruhewasser- spiegel [m u. GOK]	Wasserspiegel [m ü. NN]
S1	4449405,1 5477439,1	371,87	4,00	-	-
S2	4448460,0 5477739,5	370,92	4,00	-	-
S3	4448206,5 5477968,2	365,75	2,80	-	-

Anmerkung zu den geodätischen Höhen:

Seit einer deutschlandweiten Korrektur des Bezugspunkts 1879 bis ins Jahr 1992 wurde als Höhenangabe m ü. NN (Meter über Normalnull) verwendet. Seit 1992 bis Juni 2017 war das Deutsche Haupthöhennetz DHHN92 gültig (m ü. NHN, Meter über Normalhöhennull), seit Juli 2017 ist das DHHN2016 eingeführt. Die Abweichungen zwischen DHHN92 und DHHN2016 betragen bis zu mehreren Zentimetern.

Sämtliche Höhen im Gutachten werden in Meter über Normalnull (m ü. NN) angegeben. Dies ist insbesondere bei einer Geländevermessung mittels GPS-System oder bei Verwendung von amtlichen Angaben aus dem landes- bzw. bundesweiten Vermessungssystem zu beachten (z. B. die Höhenangaben zum Hochwasserrisikomanagement im Internet). Die Schürfe wurden mittels Festpunkt (Planunterlagen [5]) und Nivellement eingemessen.

## 4.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Die aus den Schürfen entnommenen Bodenproben wurden im boden- und felsmechanischem Labor FeBoLab GmbH auf folgende Parameter untersucht:

- Korngrößenverteilung nach DIN 18 123
- Organischer Gehalt nach DIN 18 128
- Wassergehalt nach DIN 18 121
- Dichtebestimmung nach DIN 18 125
- Proctordichte und optimaler Wassergehalt nach DIN 18 127, EN 13286
- Ermittlung Verdichtungsgrad  $D_{PR}$

Die Ergebnisse der geotechnischen Laboruntersuchungen können der Anlage 3 entnommen werden.

## **5.           Untergrundverhältnisse**

### **Schurf S1**

In Schurf S1 wurde unterhalb des 0,2 m mächtigen Oberbodens bis zu einer Tiefe von 4 m u. GOK Sande angetroffen. Da die Baugrube durch den rolligen Boden nicht standsicher war, wurde der Schurf in Abstimmung mit dem AG (Hr. Engelhard) abgebrochen. Die durchgeführte Rammsondierung (DPL-5) im anstehenden Boden zeigt bis 1,0 m u. GOK Schlagzahlen  $N_{10}$  von 4 bis 7, was einer lockeren Lagerung entspricht. Mit zunehmender Tiefe nehmen die Schlagzahlen kontinuierlich zu und lassen nach einem kurzen Übergang schon ab 1,6 m Tiefe mit Schlagzahlen  $N_{10} \geq 30$  auf einen sehr dichten Boden rückschließen. Im Bereich der Grabenverfüllung der Leitung konnte keine Rammsondierung durchgeführt werden, da die Bestandsleitung nicht angetroffen wurde. Es ist jedoch davon auszugehen, dass beim Bau der Leitung im 19. Jahrhundert keine Möglichkeit bestand, die Bettungszone der Leitung auch nur annähernd in eine vergleichbar dichte Lagerung zu bringen. Vielmehr muss dort von einer lockeren Lagerung ausgegangen werden.

### **Schurf S2**

Beim Schurf S2 liegt unterhalb der 0,3 m mächtigen Schotterschicht (Feldweg) ein 3,3 m mächtiger rotbrauner, schluffiger Ton mit weicher Konsistenz vor. Darunter befindet sich bis zur Endtiefe (4 m u. GOK) rotbrauner, steifer bis halbfester Tonsteinersatz bzw. Tonstein. Die hohen Schlagzahlen der Rammsondierung im anstehenden Boden (DPL-4) nahe von S2 spiegeln im obersten Bereich den verdichteten Waldweg wider. Die Schlagzahlen nehmen darunter mit der Tiefe hin zwar kontinuierlich zu. Es ist jedoch anzumerken, dass anders als in sandigen Böden mit leichten Rammsondierungen im Ton lediglich qualitative Aussagen zur Konsistenz gemacht werden können. Bis zu einem Meter Tiefe spiegelt sich die weiche Konsistenz des Tons gut wider. Bis ca. 3 m Tiefe ist im gewachsenen Ton eine allmähliche Festigkeitserhöhung durch steigende Schlagzahlen ausgewiesen. Die hohen Schlagzahlen  $N_{10} \geq 35$  bestätigen etwa ab ca. 3,1 m Tiefe den Übergang zum Tonstein. Im Bereich der Verfüllung (DPL-3) wird ebenfalls der Waldweg durch die hohen Schlagzahlen ( $N_{10} = 20$ ) dargestellt. Bis in eine Tiefe von 3,6 m u. GOK liegt ein weicher bis steifer Boden (i.M.  $N_{10} \approx 4$ ) vor. Unterhalb der Rohrleitung konnte ein Untergrund mit einer halbfesten bis festen Lagerungsdichte ( $N_{10} = 35$  bis 47) ermittelt werden. Der Rohrscheitel wurde bei 3,0 m u. GOK gemessen.

### **Schurf S3**

In Schurf S3 wurde unterhalb des 0,2 m mächtigen Oberbodens ein 0,3 m mächtiger toniger, schluffiger Sand mit einer graubraunen bis dunkelbraunen Färbung angetroffen. Bis zur Endtiefe von 2,8 m u. GOK wurde dunkelgrauer, weich-steifer Tonsteinersatz bzw. Tonstein angetroffen. Teilweise wurden dünne Sandsteinlagen sowie Sandsteinbruchstücke vorgefunden. Der anstehende gewachsene Boden weist in der Rammsondierung DPL-2 zunächst eine weiche und zur Tiefe ansteigende bis halbfeste Konsistenz auf, wobei die Schlagzahlen kontinuierlich steigen. Ab 2,7 m u. GOK wurden Schlagzahlen von mind.  $N_{10} = 40$  ermittelt, was im Vergleich zu dem

Schurf auf einen mindestens halbfesten Boden schließen lässt. Im Bereich der Grabenverfüllung wurde mit der Sondierung DPL-1 bis in eine Tiefe von 2,0 m u. GOK ein weicher Boden angetroffen (Schlagzahlen  $N_{10}$  max. 6). Der vereinzelt erhöhte Bereich ist vermutlich auf Sandsteinbruchstücke zurückzuführen. Ab 2,0 m u. GOK nehmen die Schlagzahlen zu, was auf einen steifen bis halbfesten Boden und bis zu einer felsähnlichen Festigkeit schließen lässt. Der Rohrscheitel befindet sich bei 1,5 m u. GOK. Auffällig ist ein Rückgang der Schlagzahlen etwa im Bereich der Rohrsohle bis auf  $N_{10} = 2$ .

Eine nach heutigen Maßstäben regelkonforme Bettungszone (gem. ZTV E-StB 17 [8] und ATV-DVWK-A 127 [10]) wurde in keiner der untersuchten Bereiche angetroffen.

## 6. Laboreergebnisse

### 6.1 Geotechnische Bodenuntersuchungen

Die Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen bestätigen die im Feld angesprochenen Schichtenabfolge. Die Schürfe S2 und S3 zeigen überwiegend leicht kiesige, sandige Tone und Schluffe mit unterschiedlichen Anteilen von organischen Beimengungen (Pflanzenreste). Mit zunehmender Tiefe wird das Material fester und geht in Tonstein über. Die Böden sind nach DIN 18 196 in die Bodengruppe TM (mittelpastische Tone) einzustufen. Das Ergebnis des Schurfs S1 zeigt einen sandigen Boden, welcher in die Bodengruppe SE (enggestufte Sande) einzuordnen ist. In Tabelle 2 und 3 ist eine Zusammenfassung der Ergebnisse für die Kornverteilung und Fließ- und Ausrollgrenzen dargestellt.

Die Ergebnisse des Glühverlustes, welcher den Gehalt der organischen Anteile anzeigt, liegen zwischen 4,1 und 4,9 % und sind gem. DIN EN ISO 14 688-2 als schwach organisch einzustufen.

**Tabelle 2: Zusammenfassung der Kornverteilung**

Probe	Entnahmetiefe [m u.GOK]	Bodengruppe (nach DIN 18196)	Bodenart (nach DIN 4022)	Bodenart (nach DIN EN ISO 14688-1)	Bestimmung $K_f$ -Wert (nach Beyer) [m/s]
SCH 1	0,00 – 3,00	SE	S	Sa	4,779E-04

**Tabelle 3: Zusammenfassung der Ergebnisse der Fließ-/Ausrollgrenzen**

Probe	Entnahmetiefe [m u.GOK]	Bodenart nach DIN 4022	Bodengruppe nach DIN 18 196	Beschreibung	Konsistenzzahl $I_c$ [-]	Konsistenz
SCH 2 (anstehend)	2,10 – 2,30	T/U, s', g', o'	TM	mittelplastischer Ton	0,71	weich
SCH 2 (über Rohr)	2,75 – 2,90	T/U, s', g', o'	TM	mittelplastischer Ton	0,80	steif
SCH 2 (neben Rohr)	3,20 – 3,40	T/U, s', g', o'	TM	mittelplastischer Tonstein	1,17	halbfest
SCH 3 (anstehend)	1,75 – 1,95	T/U, s', o'	TM	mittelplastischer Ton	0,96	steif
SCH 3 (über Rohr)	1,25 – 1,45	T/U, s', o'	TM	mittelplastischer Ton	0,80	steif
SCH 3 (neben Rohr)	1,75 – 1,95	T/U, s', o'	TM	mittelplastischer Ton	0,96	steif
SCH 3 (Rohrauf- lage)	2,10 – 2,30	T/U, s', o'	TM	mittelplastischer Ton	0,94	steif

Zur Ermittlung des Verdichtungsgrades  $D_{Pr}$  wurden Versuche zur Dichtebestimmung sowie Proctorversuche durchgeführt. Details können der Anlage 3 entnommen werden. Die nachfolgende Tabelle 4 stellt eine Zusammenfassung der Ergebnisse dar.

**Tabelle 4: Zusammenfassung der Ergebnisse der Dichtebestimmung und Proctordichte**

Probe	Entnahmetiefe [m u.GOK]	Feuchtdichte $\rho$ [t/m <sup>3</sup> ]	Wassergehalt gestört/ ungestört	Trockendichte $\rho_d$ [t/m <sup>3</sup> ]	Proctordichte $\rho_{Pr}$ [t/m <sup>3</sup> ]	optimaler Wassergehalt $W_{Pr}$
SCH 2 (anstehend)	2,10 – 2,30	1,997	20,9/20,4	1,659	1,780	16,8
SCH 2 (über Rohr)	2,75 – 2,90	1,980	21,7/21,5	1,630	1,762	16,3
SCH 2 (neben Rohr)	3,20 – 3,40	2,070	17,8/17,6	1,760	1,732	16,1
SCH 2 (Rohrauf- lage)	3,50 – 3,65	2,087	17,8/16,0	1,799	1,732	16,1
SCH 3 (anstehend)	1,75 – 1,95	2,107	17,9/16,6	1,807	1,781	15,1
SCH 3 (über Rohr)	1,25 – 1,45	2,038	18,1/18,0	1,727	1,837	13,7



Probe	Entnahmetiefe [m u.GOK]	Feuchtdichte $\rho$ [t/m <sup>3</sup> ]	Wassergehalt gestört/ ungestört	Trockendichte $\rho_d$ [t/m <sup>3</sup> ]	Proctordichte $\rho_{Pr}$ [t/m <sup>3</sup> ]	optimaler Wassergehalt $W_{Pr}$
SCH 3 (neben Rohr)	1,75 – 1,95	1,965	17,9/22,3	1,607	1,781	15,1
SCH 3 (Rohrauf- lage)	2,10 – 2,30	2,100	17,6/17,3	1,790	1,766	16,2

Der sich aus den Versuchsergebnissen der Tabelle 4 ergebende Verdichtungsgrad wird im Abschnitt 7 ermittelt und bewertet.

## 7. Grundlagen und Einstufung der Ergebnisse

Generell sollten Druckrohrleitungen so hergestellt und bemessen werden, dass sie für die vorgesehene Nutzungsdauer die uneingeschränkte Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit gewährleisten. Grundlage für die statische Auslegung von erdverlegten Druckrohrleitungen bilden das Regelwerk „Statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen“ nach ATV-DVWK-A 127 [10]. In dieser Richtlinie wird ein dem heutigen Wissensstand entsprechendes Berechnungsverfahren dargestellt, mit dem Druckrohre verschiedener Steifigkeiten, Erdüberschüttungs- und Einbettungsbedingungen nachgewiesen werden können.

Bei erdbebeteten Rohrleitungen muss der umgebene Boden die Stabilität der Leitung und die erforderliche Lastverteilung im Boden ohne Beeinträchtigung des Rohwerkstoffes dauerhaft sicherstellen. Gemäß ATV-DVWK-A 127 [10] können die Bodenarten in vier Gruppen eingeteilt werden (in Klammern sind die Kurzzeichen nach DIN 18196 angegeben):

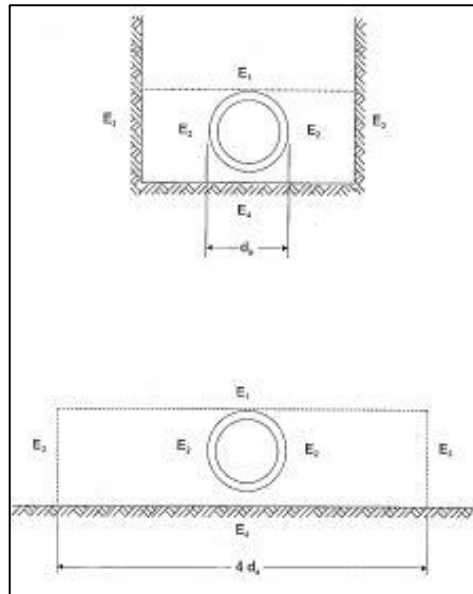
- Gruppe 1: Nichtbindige Böden  
(GE, GW, GI, SE, SW, SI)
- Gruppe 2: Schwachbindige Böden  
(GU, GT, SU, ST)
- Gruppe 3: Bindige Mischböden, Schluff (schluffiger Sand/Kies, bindiger steiniger Verwitterungsboden)  
(GU\*, GT\*, SU\*, ST\*, UL, UM)
- Gruppe 4: Bindige Böden (z.B. Ton)  
(TL, TM, TA, OU, OT, OH, UA)

Im vorliegenden Fall wurden in den Untersuchungsbereichen Böden der Gruppen 1 und 4 vorgefunden. Diese Einstufung bezieht sich nur auf die untersuchten Bereiche. Im Zwischenbereich können auch Böden der Gruppen 2 oder 3 angetroffen werden.



Der Boden wird für die Berechnung zusätzlich in nachfolgenden Zonen (siehe Abbildung 1) unterschieden:

- E1: Verfüllung über dem Rohrscheitel,
- E2: Leitungszone seitlich des Rohres (wirksame Größe),
- E3: Boden neben dem Graben bzw. neben der Leitungszone,
- E4: Boden unter dem Rohr (Rohrbettung bzw. Auflagerung).



**Abbildung 1: Bezeichnung der Verformungsmodule für die verschiedenen Bodenzonen [10].**

Zur Ermittlung des Verdichtungsgrades  $D_{Pr}$  wurden die Ergebnisse der Dichtebestimmungen sowie die Ergebnisse der Proctorversuche herangezogen. Der Verdichtungsgrad wurde berechnet mit der Formel:

$$D_{Pr} = \frac{\rho_d}{\rho_{Pr}} * 100\%$$

Folgende Ergebnisse wurden errechnet:

Schurf 2:

- |                       |                     |    |
|-----------------------|---------------------|----|
| - SCH 2 (über Rohr)   | $D_{Pr} = 92,5 \%$  | E1 |
| - SCH 2 (anstehend)   | $D_{Pr} = 93,2 \%$  | E2 |
| - SCH 2 (neben Rohr)  | $D_{Pr} = 101,6 \%$ | E3 |
| - SCH 2 (Rohrauflage) | $D_{Pr} = 103,9 \%$ | E4 |

## Schurf 3:

- SCH 3 (über Rohr)	$D_{Pr} = 94,0 \%$	E <sub>1</sub>
- SCH 3 (anstehend)	$D_{Pr} = 101,5 \%$	E <sub>2</sub>
- SCH 3 (neben Rohr)	$D_{Pr} = 90,2 \%$	E <sub>3</sub>
- SCH 3 (Rohraufgabe)	$D_{Pr} = 101,4 \%$	E <sub>4</sub>

Für statische Berechnungen sind die Angaben gem. ATV-DVWK-A 127 [10] zu berücksichtigen.

## 8. Beurteilung und weiteres Vorgehen

Eine Neuverlegung der Wasserfernleitung zwischen dem WW Ursprung und dem WW Forsthaus mittels Reduktionsverfahren ist aus unserer Sicht nur bedingt durchführbar.

Eine typische Bettungszone gemäß heutigen Maßstäben ist im Bereich der Untersuchungsstellen nicht angetroffen worden. Die Wasserfernleitung wurde zum damaligen Zeitpunkt auf dem anstehenden Boden verlegt. Der Rohrgraben wurde mit dem angefallenen Aushubmaterialien wieder verfüllt. In diesem Fall auf/mit Sand (S1) sowie auf/mit Tonstein bzw. Tonsteinersatz (S2 und S3). Aufgrund des Alters der Leitung entspricht der angetroffene Aufbau nicht dem aktuellen Stand der Technik (nach ATV-DVWK-A 127 [10] und ZTV E-StB 17 [8]).

Im Moment ist das System „Bestandsrohr und umgebendes Material“ ungestört und soweit stand-sicher. Jedoch ist der Bettungsbereich der Leitung überwiegend unbekannt. Im Bereich der Schürfe wurde rolliger Boden (Sand) angetroffen, welcher kaum einen Feinkornanteil enthält. Diese Böden neigen, wenn sie nicht ausreichend verdichtet sind, bei mechanischer Beanspruchung zur Auflockerung. Die angetroffenen bindigen Böden hingegen sind anfällig bei Wasserzutritt und verlieren dann ihre Struktur- und Formfestigkeit und weichen auf. Weiterhin sind die Übergangszonen zwischen Festgestein (z.B. Tonstein) und Sand im Bereich der Bettung nicht bekannt.

Bei einer Verlegung der Leitung durch das Reduktionsverfahren muss die Bestandsleitung gereinigt und frei von Rückständen sein. Durch das gereinigte Rohr kann dann kraftschlüssig die neue Leitung verlegt werden. Unklar ist, ob sich aufgrund der erzeugten dynamischen Beanspruchungen während der Neuverlegung Störungen und somit Schäden im System bilden können. Zudem können sich mögliche Punktaufasten durch die dynamische Beanspruchung ungünstig auswirken und Schäden, wie Risse, bilden.

Um eine lange Lebensdauer der neuen Leitung erreichen zu können sowie den aktuellen Regeln (gem. der anerkannten Regeln der Technik sowie diverse DIN Normen) gerecht zu werden, wird vermutlich eine Neuverlegung der Leitung neben der Bestandsleitung erforderlich. Hierfür können die Angaben im geotechnischen Bericht der HPC AG vom 12.12.2018 [9] herangezogen werden.

HPC AG



i.V. Anas Amelong  
Niederlassungsleiter



i.A. Nicole Hartinger  
Projektbearbeiterin

## **Quellenverzeichnis**

- [1] Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt 6533 Röthenbach a. d. Pegnitz, Hrsg.: Bay. Geol. Landesamt, München 1968;
- [2] Bayerisches Geologisches Landesamt: Hydrogeologischen Karte von Bayern, 1 : 500 000, Blatt 1 bis 4;
- [3] Bayerisches Geologisches Landesamt: Erläuterung zur Hydrogeologischen Karte von Bayern, 1 : 500 000;
- [4] Informationssystem Bayernatlas des Bayerischen Staatsministeriums der Finanzen, Landesentwicklung und Heimat ([www.bayernatlas.de](http://www.bayernatlas.de)), Stand: 2018;
- [5] Entwurfslagepläne, Blatt 1-4 – Vorplanung vom 11.09.2018 vom Ingenieurbüro für Wasser und Boden GmbH, Bannewitz (Maßstab 1:1.000);
- [6] Kampfmittelvorerkundung, „Ursprung, WW“ – Die Flechten-Kiefernwälder südlich von Leinburg im Luftbild, Auswertung vom 21.02.2017;
- [7] ZTVA-StB 12 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen. Ausgabe 2012;
- [8] ZTVE-StB 17: Zusätzliche Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017;
- [9] HPC „2140350-2184411 Erkundung der Untergrundverhältnisse für die Neuverlegung bzw. Teilsanierung der Wasserfernleitung Ursprung (FLU) vom Wasserwerk Ursprung Richtung Nürnberg Schmausenbuck. Abschnitt 1: Wasserwerk Ursprung bis Wasserwerk Forsthaus – Geotechnischer Bericht“ vom 12.12.2018
- [10] ATV-DVWK-Regelwerk, Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127: Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen. Stand August 2000.

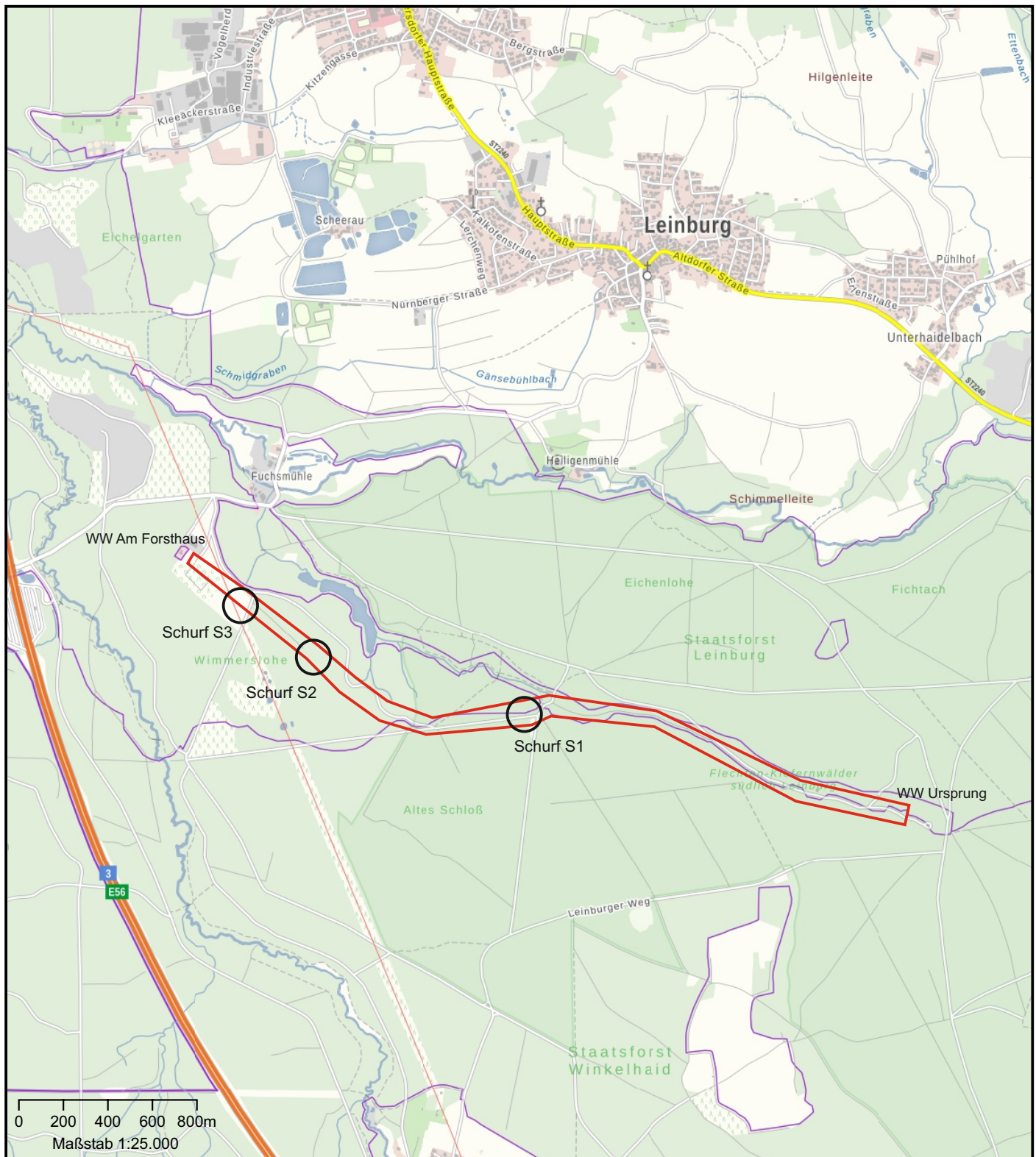
# Anlagen

# **Anlage 1**

Planunterlagen

## **Anlage 1.1**

### Übersichtslageplan



- Lage der Leitung
- Lage der Schürfe

Projekt: Durchführung einer Bettungsuntersuchung an der Bestandstrasse der Fernwasserleitung Ursprung bei Leinburg

Darstellung:

## Übersichtslageplan

Projekt-Nr.: 2191409

Anlage: 1.1

Maßstab: 1 : 25.000

Datum: Name:

gezeichnet: 06/2019 NH

geprüft: 06/2019 AA

Auftraggeber:

N-ERGIE AG  
Projektplanung WA-PP  
Sandreuthstr. 23b  
90441 Nürnberg

Planverfasser:

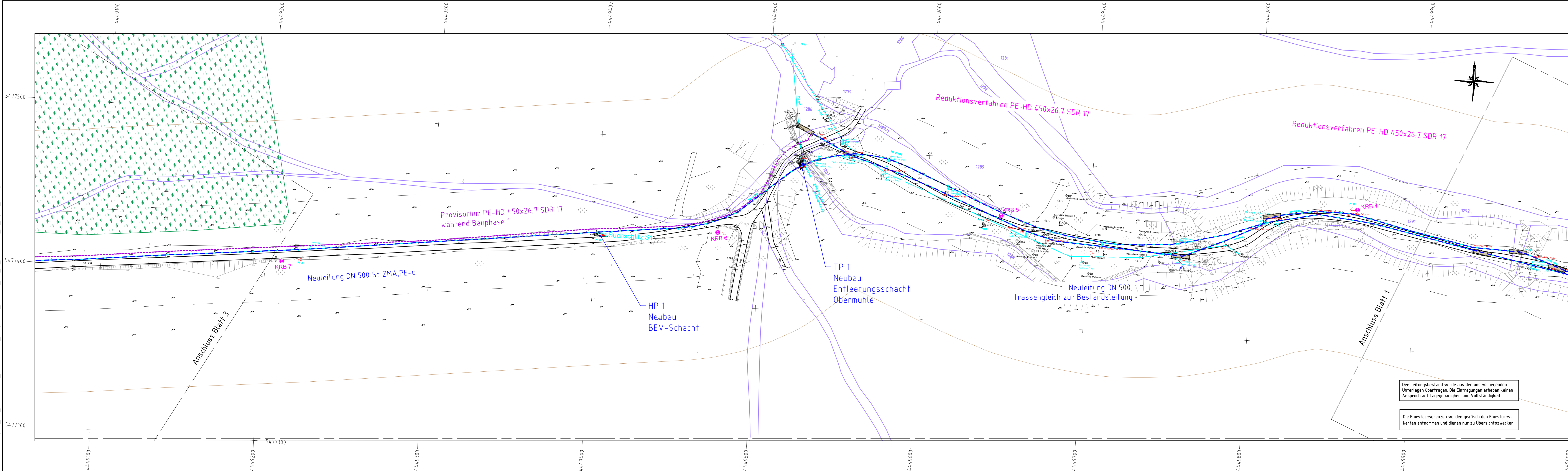
HPC AG  
Steinfeldstraße 1  
90425 Nürnberg  
Tel. 0911 - 95142-0  
Fax 0911 - 95142-20





## **Anlage 1.2**

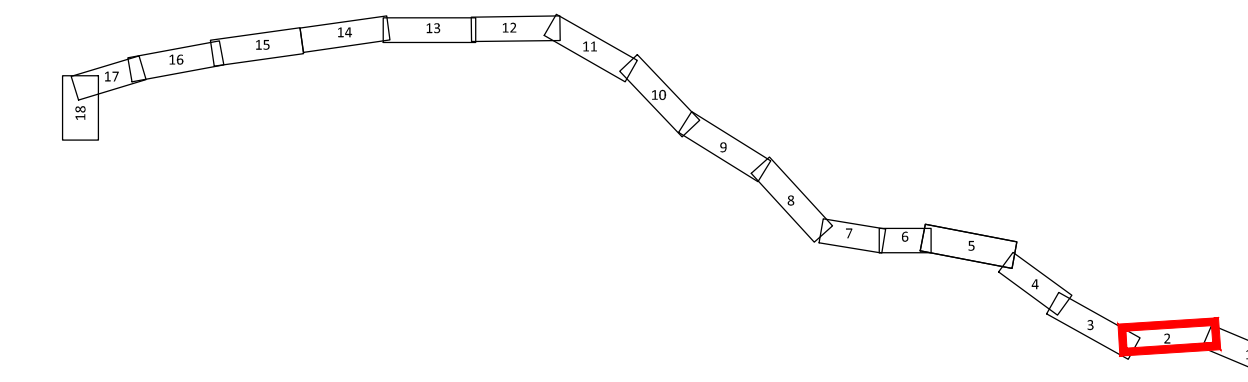
Lageplan der Aufschlusspunkte



### Zeichenerklärung

- KRB Kleinrammbohrung
- S Suchschlitz (Baggerschurf)

### Blattschnitt:



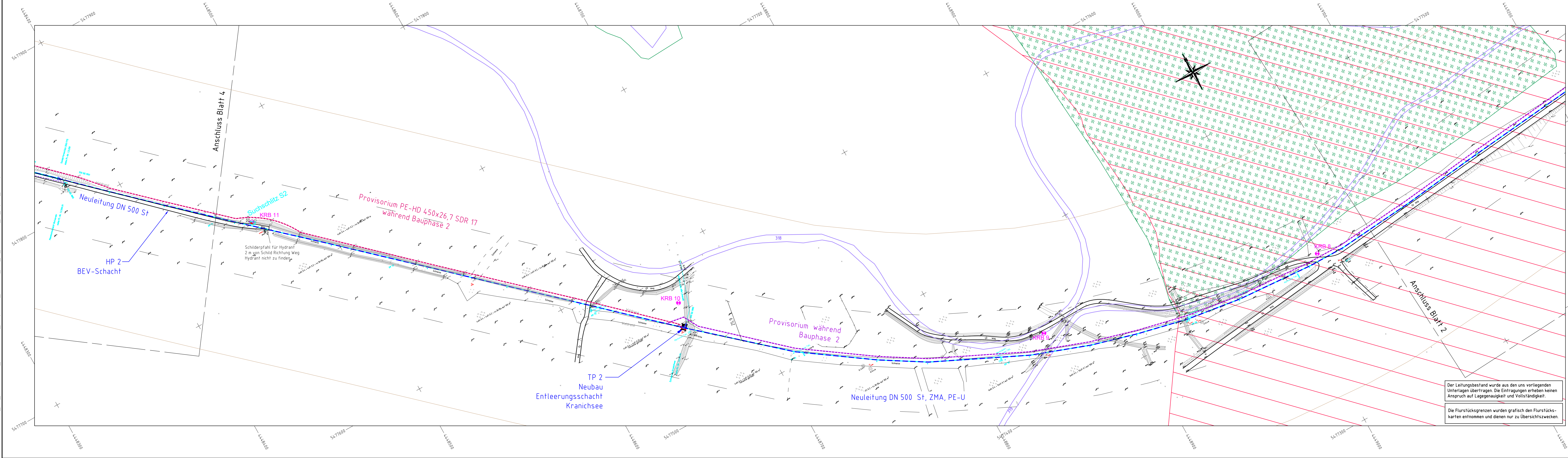
Der Leitungsbestand wurde aus den uns vorliegenden Unterlagen übertragen. Die Eintragungen erheben keinen Anspruch auf Lagegenauigkeit und Vollständigkeit.

Die Flurstücksgrenzen wurden grafisch den Flurstückskarten entnommen und dienen nur zu Übersichtszwecken.

Planvorlage: IWB Planungsleistungen zur Ersatzerneuerung der Fernleitung Ursprung 03.01.2019 (Entwurfplanung)			
Projekt: Durchführung einer Bettungsuntersuchung an der Bestandstrasse der Fernwasserleitung Ursprung bei Leinburg			
Darstellung: Lageplan der Suchschlitze S1	Projekt-Nr.:	21914.09	
	Anlage:	1.2	
	Maßstab:	1:1000	
	Datum:	05/2019	NH
	gezeichnet:	05/2019	NH
Auftraggeber: N-ERGIE AG Sandreutherstr. 23 90441 Nürnberg		Planverfasser: HPC AG Steinfeldstr. 1 90425 Nürnberg Tel.: 0911 95142 0 Fax: 0911 95142 20	



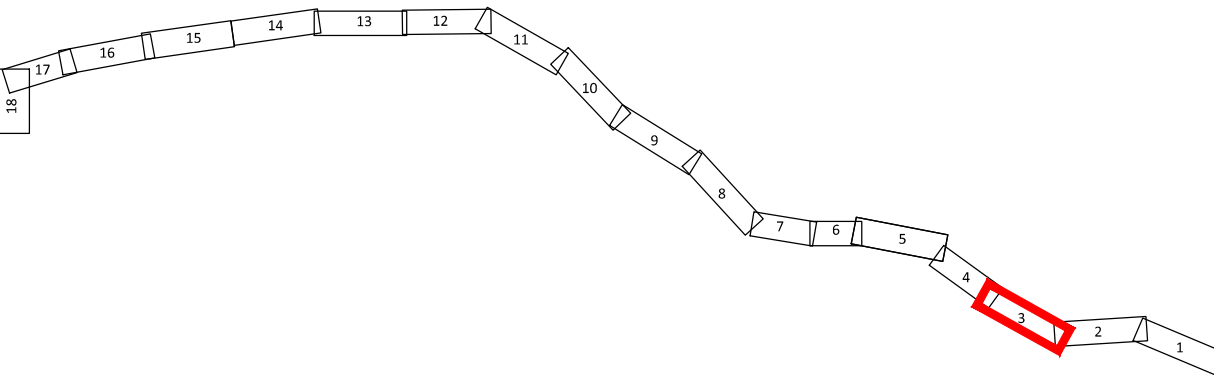




Zeichenerklärung

- KRB Kleinrammbohrung
- S Suchschlitz (Baggerschurf)

Blattschnitt:



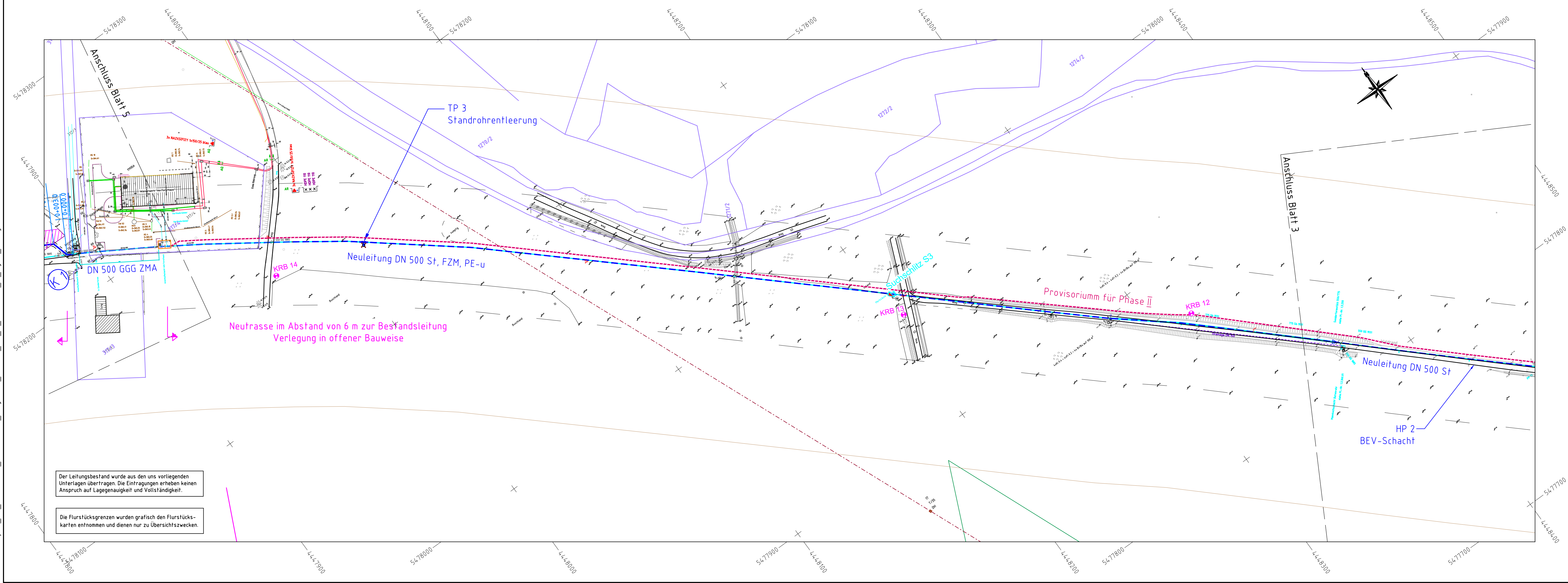
Der Leitungsbestand wurde aus den uns vorliegenden Unterlagen übertragen. Die Eintragungen erheben keinen Anspruch auf Lagegenauigkeit und Vollständigkeit.

Die Flurstücksgrenzen wurden grafisch den Flurstückskarten entnommen und dienen nur zu Übersichtszwecken.

Planvorlage: IWB Planungsleistungen zur Ersatzerneuerung der Fernleitung Ursprung 03.01.2019 (Entwurfsplanung)			
Projekt:		Durchführung einer Bettungsuntersuchung an der Bestandstrasse der Fernwasserleitung Ursprung bei Leinburg	
Darstellung:		Projekt-Nr.:	21914.09
		Anlage:	1.2
		Maßstab:	1:1000
		Datum:	05/2019
Lageplan der Suchschlitze S2		gezeichnet:	NH
		geprüft:	NH
Auftraggeber:		Planverfasser:	
N-ERGIE AG Sandreutherstr. 23 90441 Nürnberg		HPC AG Steinfeldstr. 1 90425 Nürnberg Tel.: 0911 95142 0 Fax: 0911 95142 20	







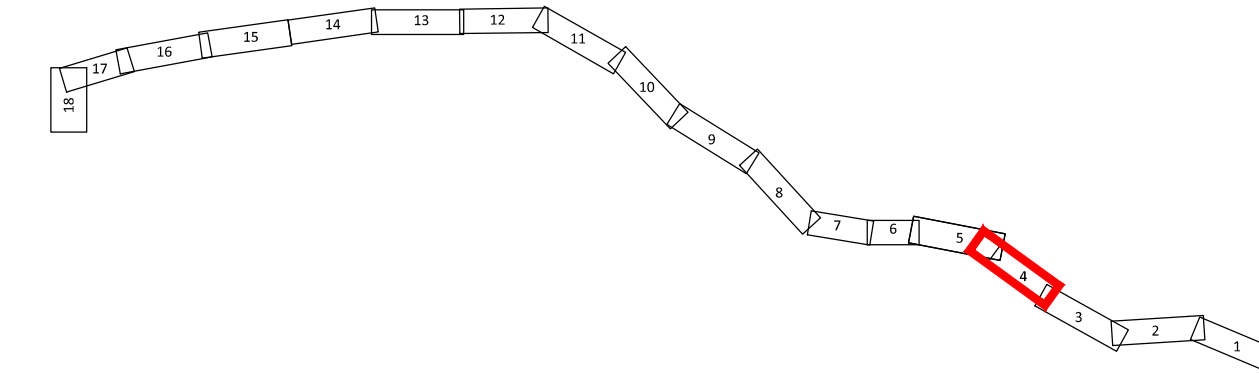
Der Leitungsbestand wurde aus den uns vorliegenden Unterlagen übertragen. Die Eintragungen erheben keinen Anspruch auf Lagegenauigkeit und Vollständigkeit.

Die Flurstücksgrenzen wurden grafisch den Flurstückskarten entnommen und dienen nur zu Übersichtszwecken.

### Zeichenerklärung

- KRB Kleinrammbohrung
- S Suchschlitz (Baggerschurf)

### Blattschnitt:



Planvorlage: IWB Planungsleistungen zur Ersatzerneuerung der Fernleitung Ursprung 03.01.2019 (Entwurfsplanung)

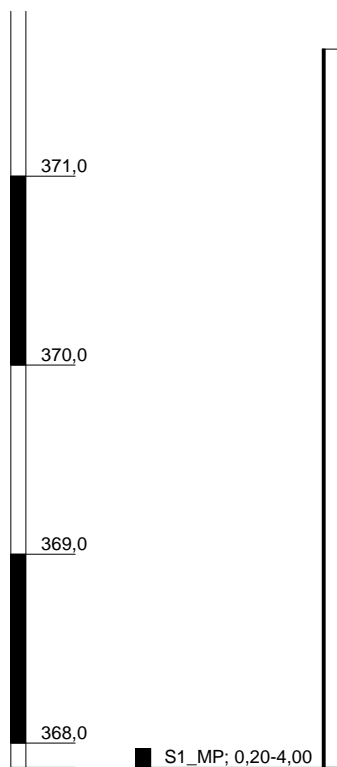
Projekt: Durchführung einer Bettungsuntersuchung an der Bestandsstrasse der Fernwasserleitung Ursprung bei Leinburg			
Darstellung: Lageplan der Suchschlitze S3	Projekt-Nr.:	21914-09	
	Anlage:	1.2	
	Maßstab:	1:1000	
	Datum:		Name:
	gezeichnet:	05/2019	NH
Auftraggeber: N-ERGIE AG Sandreutherstr. 23 90441 Nürnberg	geprüft:	05/2019	NH
	Planverfasser:	HPC AG Steinfeldstr. 1 90425 Nürnberg Tel.: 0911 95142 0 Fax: 0911 95142 20	



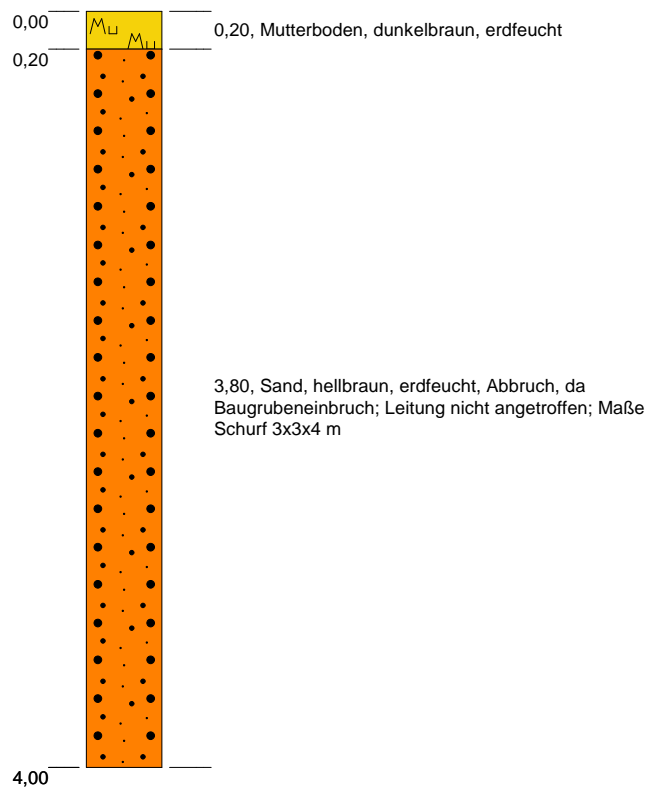
## **Anlage 2**

Schurf-, Sondier- und Bohrprofile

m ü. NN




### Schurf 1

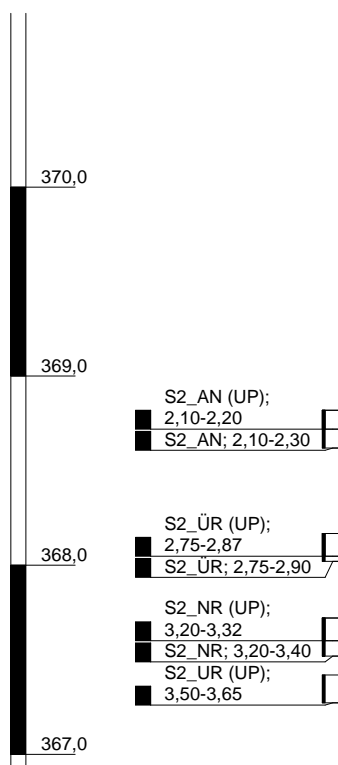


Höhenmaßstab: 1:40

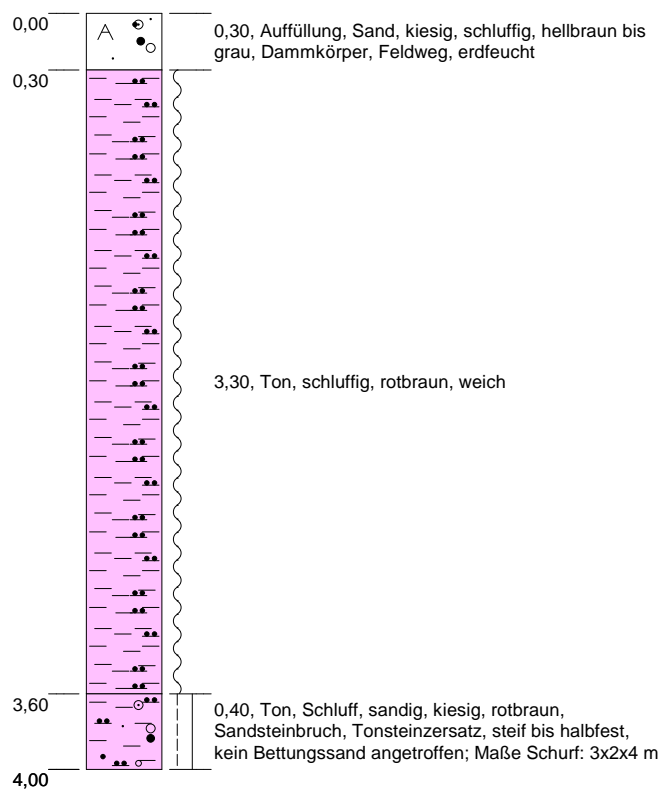
Blatt 1 von 1

<b>Projekt:</b> 2191409 N-ERGIE FLU Bettungsuntersuchung			
<b>Bohrung:</b> Schurf 1			
Auftraggeber:	N-ERGIE		Rechtswert: 4449405,1
Bohrfirma:	Ulsenheimer Bau		Hochwert: 5477439,1
Bearbeiter:	elpa		Ansatzhöhe: 371,87 m ü. NN
Datum:	17.06.2019		Endtiefe: 4,00 m u. GOK

m ü. NN




## Schurf 2

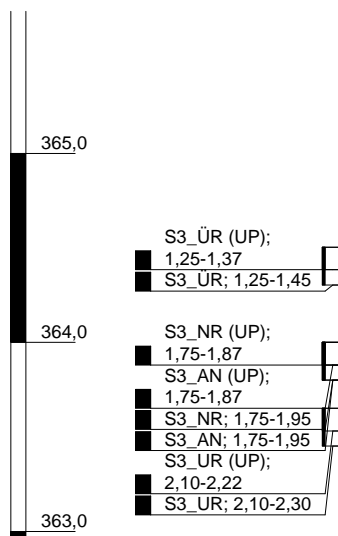


Höhenmaßstab: 1:40

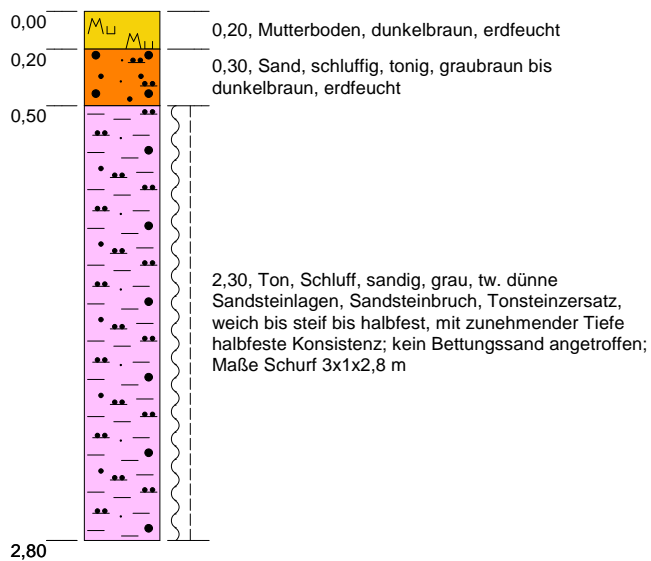
Blatt 1 von 1

<b>Projekt:</b> 2191409 N-ERGIE FLU Bettungsuntersuchung			
<b>Bohrung:</b> Schurf 2			
Auftraggeber:	N-ERGIE		Rechtswert: 4448460,0
Bohrfirma:	Ulsenheimer Bau		Hochwert: 5477739,5
Bearbeiter:	elpa		Ansatzhöhe: 370,92 m ü. NN
Datum:	17.06.2019		Endtiefe: 4.00 m u. GOK

m ü. NN




### Schurf 3



Höhenmaßstab: 1:40

Blatt 1 von 1

<b>Projekt: 2191409 N-ERGIE FLU Bettungsuntersuchung</b>		
<b>Bohrung: Schurf 3</b>		
Auftraggeber: N-ERGIE	Rechtswert: 4448206,5	
Bohrfirma: Ulsenheimer Bau	Hochwert: 5477968,2	
Bearbeiter: elpa	Ansatzhöhe: 365,75 m ü. NN	
Datum: 17.06.2019	Endtiefe: 2,80 m u. GOK	



**Rammsondierung  
nach DIN EN ISO 22476-2  
DPL-1**

Ansatzhöhe: OK Straße

Versuchsstelle: Schurf 3 - Verfüllbereich

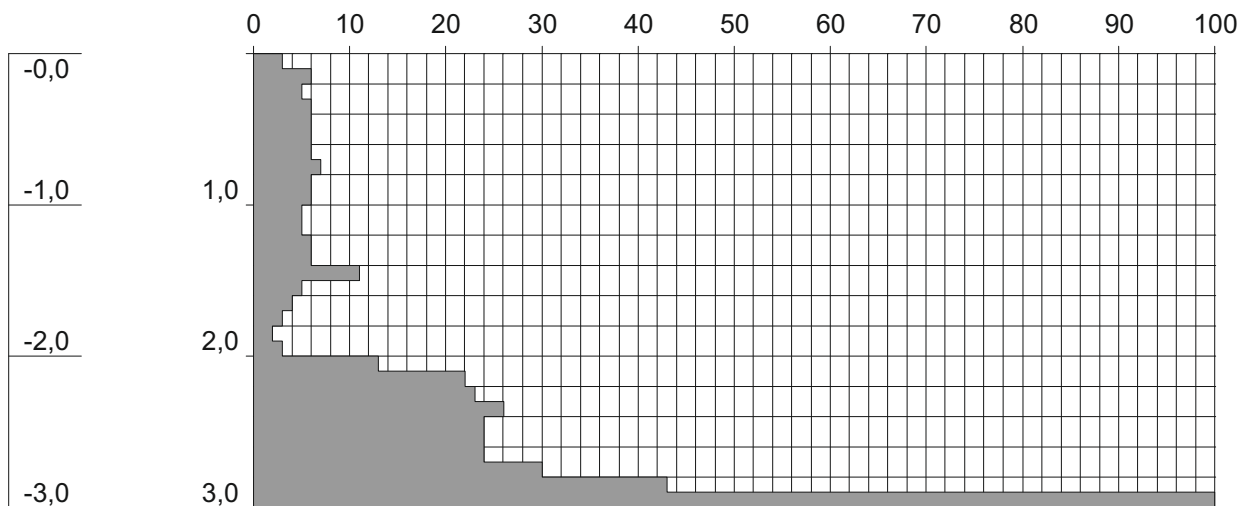
Lage : 0,20m östl. neben Rohraußenkante

Datum: 16.05.2019

Höhenmaßstab: 1:50

Bearbeiter: Gottschlich

OK Straße



Bemerkungen:

**Rammsondierung  
nach DIN EN ISO 22476-2  
DPL-2**

Ansatzhöhe: OK Straße

Versuchsstelle: Schurf 3 - anstehend

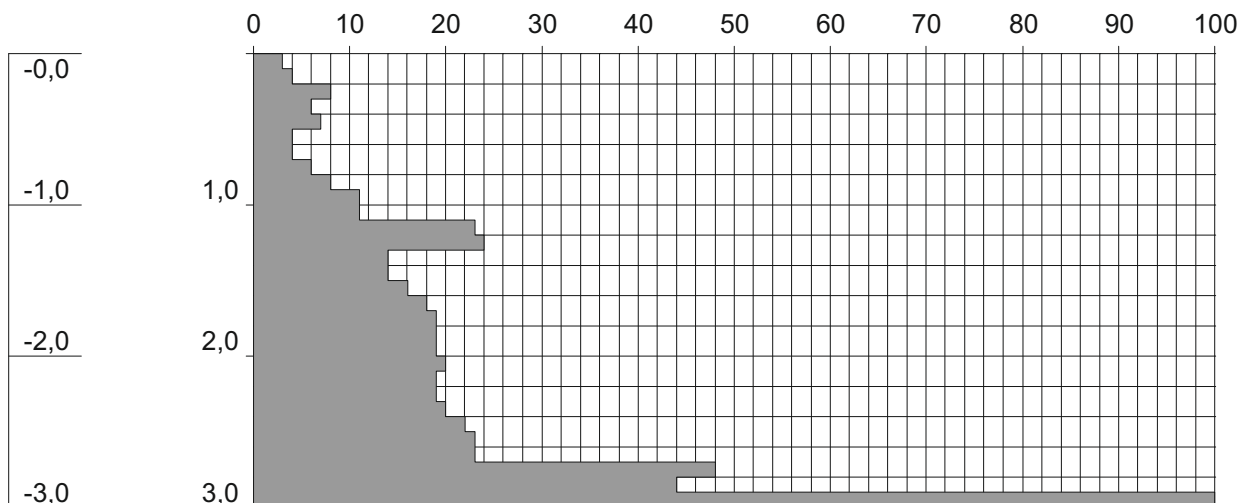
Lage : 1,40m östl. neben Rohraußenkante

Datum: 16.05.2019

Höhenmaßstab: 1:50

Bearbeiter: Gottschlich

OK Straße



Bemerkungen:

**Rammsondierung  
nach DIN EN ISO 22476-2  
DPL-3**

Ansatzhöhe: OK Straße

Versuchsstelle: Schurf 2 - Verfüllbereich

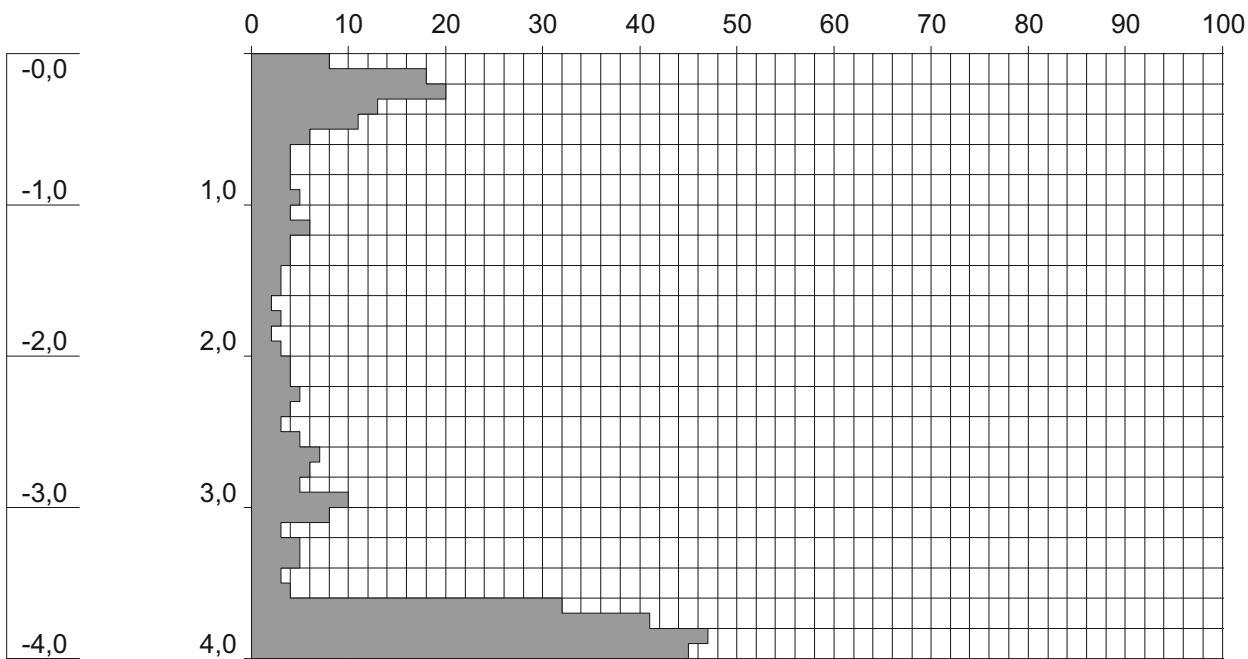
Lage : 0,20m östl. neben Rohraußenkante

Datum: 16.05.2019

Höhenmaßstab: 1:50

Bearbeiter: Gottschlich

OK Straße



Bemerkungen:

Der oberste Bereich = befestigter Waldweg

**Rammsondierung  
nach DIN EN ISO 22476-2  
DPL-4**

Ansatzhöhe: OK Straße

Versuchsstelle: Schurf 2 - anstehend

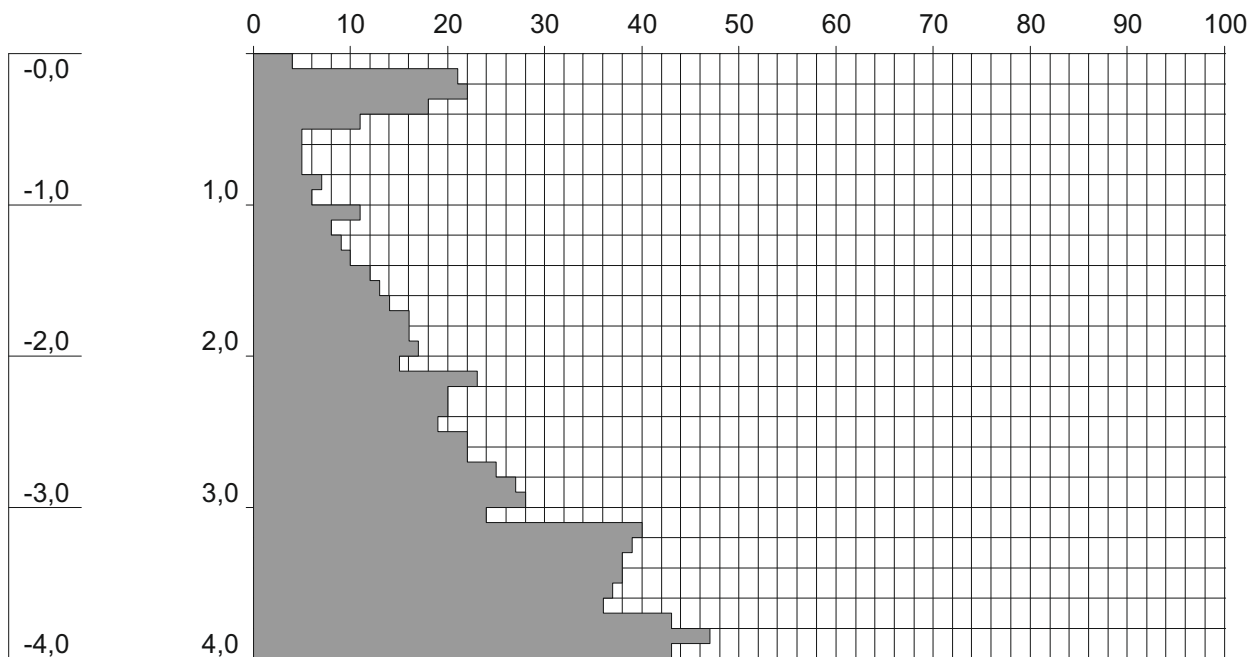
Lage : 1,60m westl. neben Rohraußenkante

Datum: 16.05.2019

Höhenmaßstab: 1:50

Bearbeiter: Gottschlich

OK Straße



Bemerkungen:

Der oberste Bereich = befestigter Waldweg

**Rammsondierung  
nach DIN EN ISO 22476-2  
DPL-5**

Ansatzhöhe: OK Straße

Versuchsstelle: Schurf 1 - anstehend

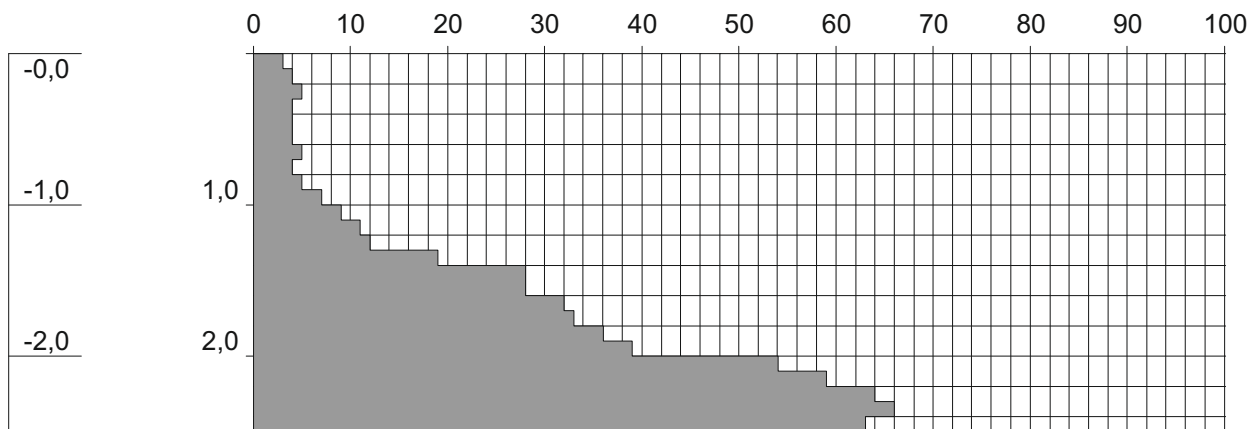
Lage : ca. 1,50m nördl. neben Rohraußenkante

Datum: 17.05.2019

Höhenmaßstab: 1:50

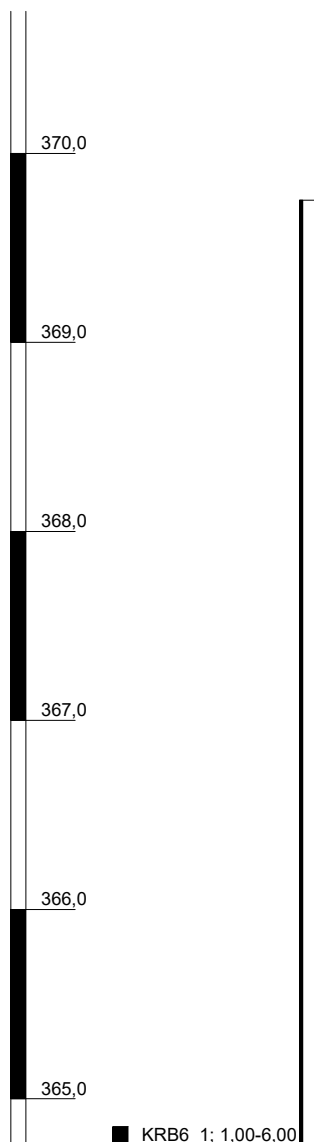
Bearbeiter: Gottschlich

OK Straße

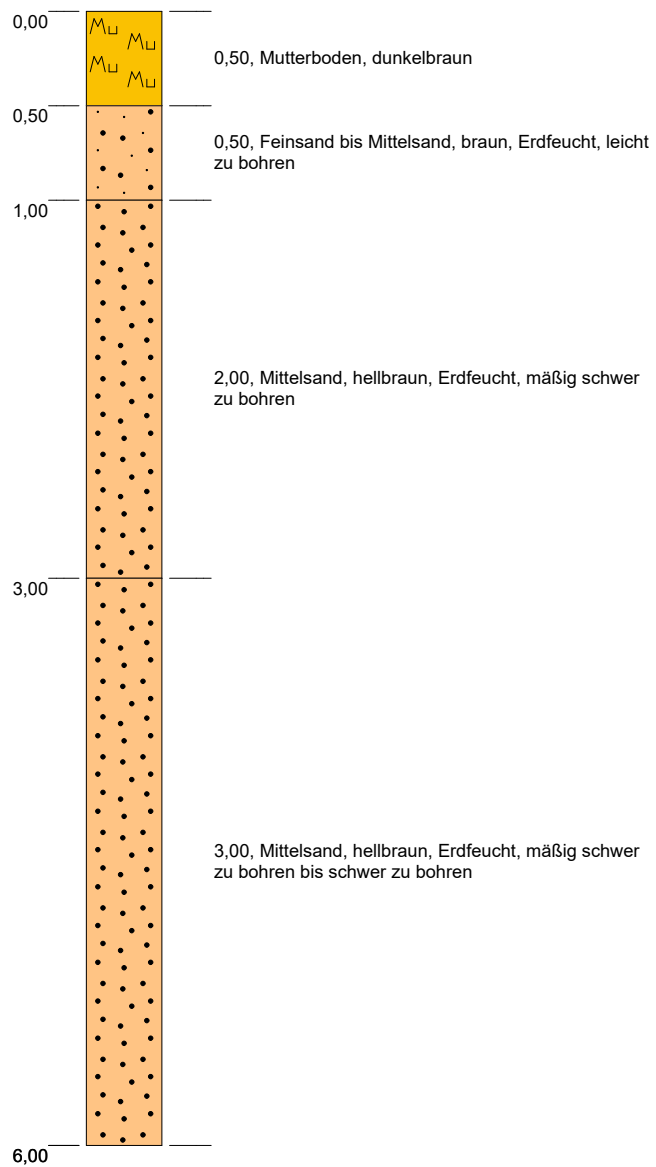


Bemerkungen:

m ü. NN




# KRB 6

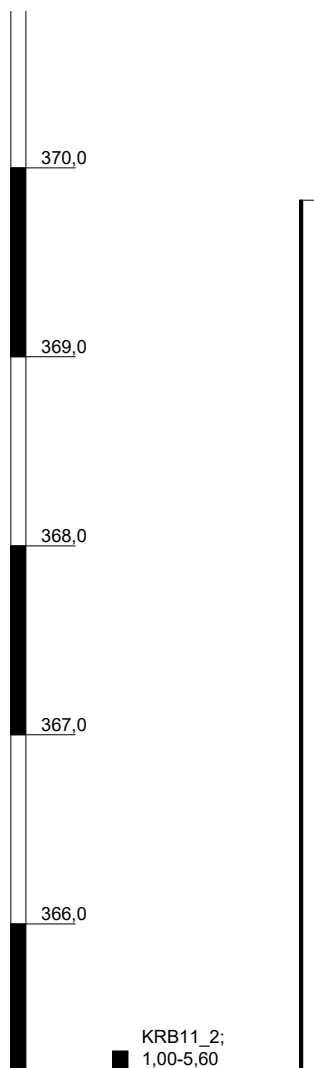


Höhenmaßstab: 1:40

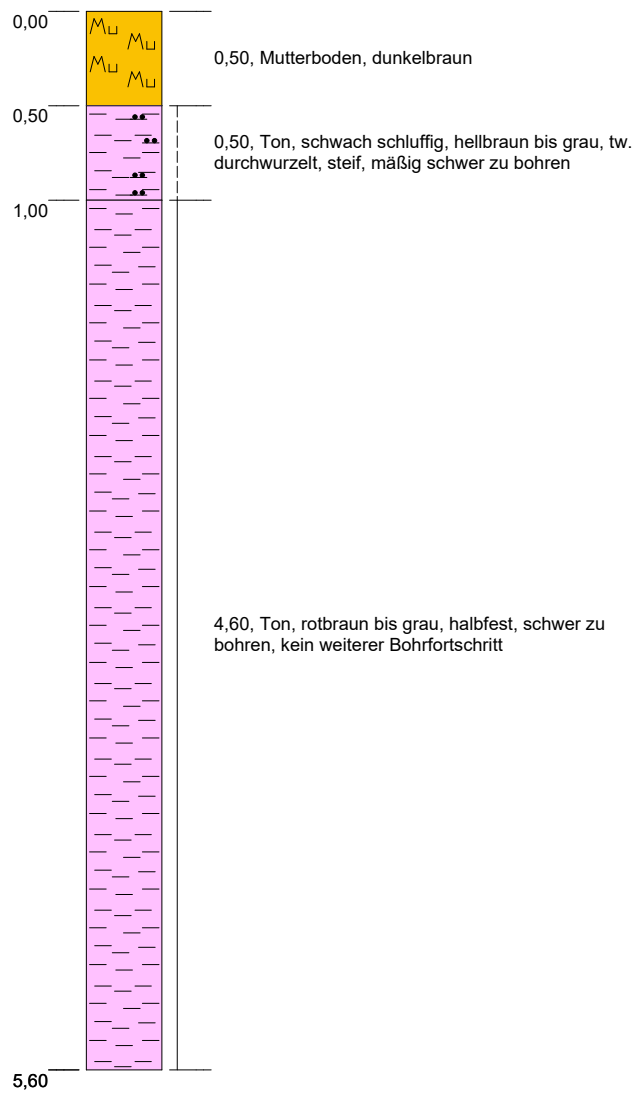
Blatt 1 von 1

<b>Projekt:</b> 2140350-2184411 FLU Abschnitt 1 Leinburg			
<b>Bohrung:</b> KRB 6			
Auftraggeber:	N-ERGIE		Rechtswert: 4449474,0
Bohrfirma:	Geotechnik Masszi		Hochwert: 5477444,0
Bearbeiter:	VR		Ansatzhöhe: 370,75 m ü.NN
Datum:	19.11.2018		Endtiefe: 6,00 m u. GOK

m ü. NN




# KRB 11



Höhenmaßstab: 1:40

Blatt 1 von 1

<b>Projekt:</b> 2140350-2184411 FLU Abschnitt 1 Leinburg				
<b>Bohrung:</b> KRB 11				
Auftraggeber:	N-ERGIE		Rechtswert:	4448459,0
Bohrfirma:	Geotechnik Masszi		Hochwert:	5477739,0
Bearbeiter:	VR		Ansatzhöhe:	370,83 m ü.NN
Datum:	19.11.2018		Endtiefe:	5,60 m u. GOK

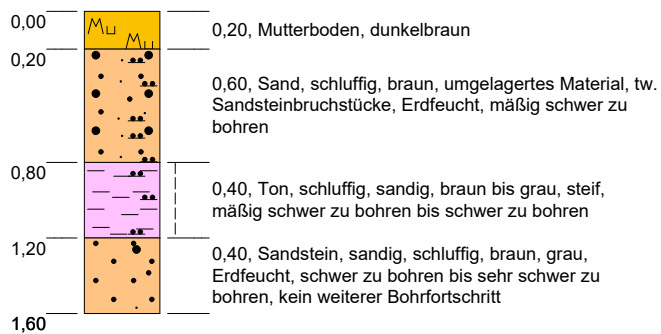
m ü. NN

366,0

365,0


KRB13\_1;  
0,20-0,80

## KRB 13



Höhenmaßstab: 1:40

Blatt 1 von 1

<b>Projekt:</b> 2140350-2184411 FLU Abschnitt 1 Leinburg			
<b>Bohrung:</b> KRB 13			
Auftraggeber:	N-ERGIE		Rechtswert: 4448205,0
Bohrfirma:	Geotechnik Masszi		Hochwert: 5477955,0
Bearbeiter:	NH		Ansatzhöhe: 366,00 m ü.NN
Datum:	15.11.2018		Endtiefe: 1,60 m u. GOK



## **Anlage 3**

Geotechnische Laborberichte



DAS INGENIEURUNTERNEHMEN

Aktenzeichen:

F190255

Anlage:

Blatt:

Projekt:

N-ERGIE Fernleitung

Ursprung - Bettungsuntersuchung

Leinburg

## Zusammenstellung der geomechanischen Versuchsergebnisse

Entnahmedaten	Proben-Nr.			Zeilen-Nr.:	SCH							
	Entnahmestelle				1							
	Zusätzliche Angaben											
	Entnahmetiefe	von	m		0,00							
		bis	m		3,00							
Entnahmeart				gestört								
Probenbeschreibung				S								
Bodengruppe nach DIN18196				SE								
Penetrometerablesung		Q <sub>p</sub>	MN/m <sup>2</sup>									
Stratigraphie												
Kornverf.	Kennziffer = T/U/S/G - Anteil		%	1	--1-- / 99 / 0							
	bzw. --T/U--/S/G		Vers.-Typ		Siebung							
Dichtebestimmung	Korndichte	ρ <sub>s</sub>	t/m <sup>3</sup>	2								
	Feuchtdichte	ρ	t/m <sup>3</sup>	3								
	Wassergehalt	w	%	4								
	Trockendichte	ρ <sub>d</sub>	t/m <sup>3</sup>	5								
Verdichtungsg. / Lagerungsd.		D <sub>Pr</sub> / I <sub>D</sub>	% / -	6								
Atterberg Grenzen	w-Feinteile	w	%	7								
	Fließgrenze	w <sub>L</sub>	%	8								
	Ausrollgrenze	w <sub>p</sub>	%									
	Plastizitätsz. / Konsistenz.	I <sub>p</sub> / I <sub>c</sub>	% / -									
Glühverlust		V <sub>gl</sub>	%	9								
Kalkgehalt nach SCHEIBLER		V <sub>Ca</sub>	%	10								
Durchlässigkeitsbeiwert		k <sub>10°</sub>	m/s									
Versuchsspannung		σ	MN/m <sup>2</sup>									
KD-Versuch	Vorhandene Erdaufast		p <sub>n</sub>	MN/m <sup>2</sup>	11							
	Steifemodul		E <sub>s</sub> (p <sub>n</sub> , Δp) / Δp	MN/m <sup>2</sup>								
	Konsolidierungsbeiwert		c <sub>v</sub>	cm <sup>2</sup> /s								
	Anzahl Lastst. / Zeit-Setzungs-Kurven											
Quellversuche	Quellspannung		σ <sub>q</sub>	MN/m <sup>2</sup>	13							
	Versuchsdauer		d		14							
	Quelldehnung		ε <sub>q,0</sub>	%	15							
	Versuchsdauer		d		16							
	Quellversuch nach Huder und Amberg		K	%	17							
			σ <sub>0</sub>	MN/m <sup>2</sup>	17							
Versuchsdauer		d		18								
Einaxiale Druckfestigk./-modul		q <sub>u</sub> / E <sub>u</sub>	MN/m <sup>2</sup>	19								
Probendurchmesser			cm									
Scherwiderst. d. Flügelsonde		τ <sub>FS</sub>	MN/m <sup>2</sup>	20								
Scherversuche	Vers.Typ/Probendurchm.		- / cm	21								
	zus. Zyklen/Vers.-Dauer		- / d	22								
	Reibungswinkel		φ	°	23							
	Kohäsion		c	MN/m <sup>2</sup>								
Einfache Proctordichte		ρ <sub>Pr</sub>	t/m <sup>3</sup>	24								
Optimaler Wassergehalt		w <sub>Pr</sub>	%									
Einbau-w / % Proctorenergie		w <sub>e</sub> / ..	%	25								
Erreichte Trockendichte		ρ <sub>de</sub>	t/m <sup>3</sup>									
Lockerste Lagerung		ρ <sub>d min</sub>	t/m <sup>3</sup>	26								
Dichteste Lagerung		ρ <sub>d max</sub>	t/m <sup>3</sup>									
Versuchsgerät / Durchmesser			-/cm									
CBR-Versuch	Versuchstyp (Feld/Labor)		F/L	27								
	W-Geh. Einbau/n. W.-Lagerg.		% / %									
	Schwellmaß / Dauer		% / d									
	CBR <sub>o</sub> ohne Wasserlagerung		%									
CBR <sub>w</sub> mit Wasserlagerung		%		28								
PDV	Verformungsmodul		E <sub>v1</sub>	MN/m <sup>2</sup>	29							
			E <sub>v2</sub>	MN/m <sup>2</sup>								
	Verhältnis		E <sub>v2</sub> / E <sub>v1</sub>	-								
	dyn. Verformungsmodul		E <sub>vd</sub>	MN/m <sup>2</sup>								
Bemerkungen:												

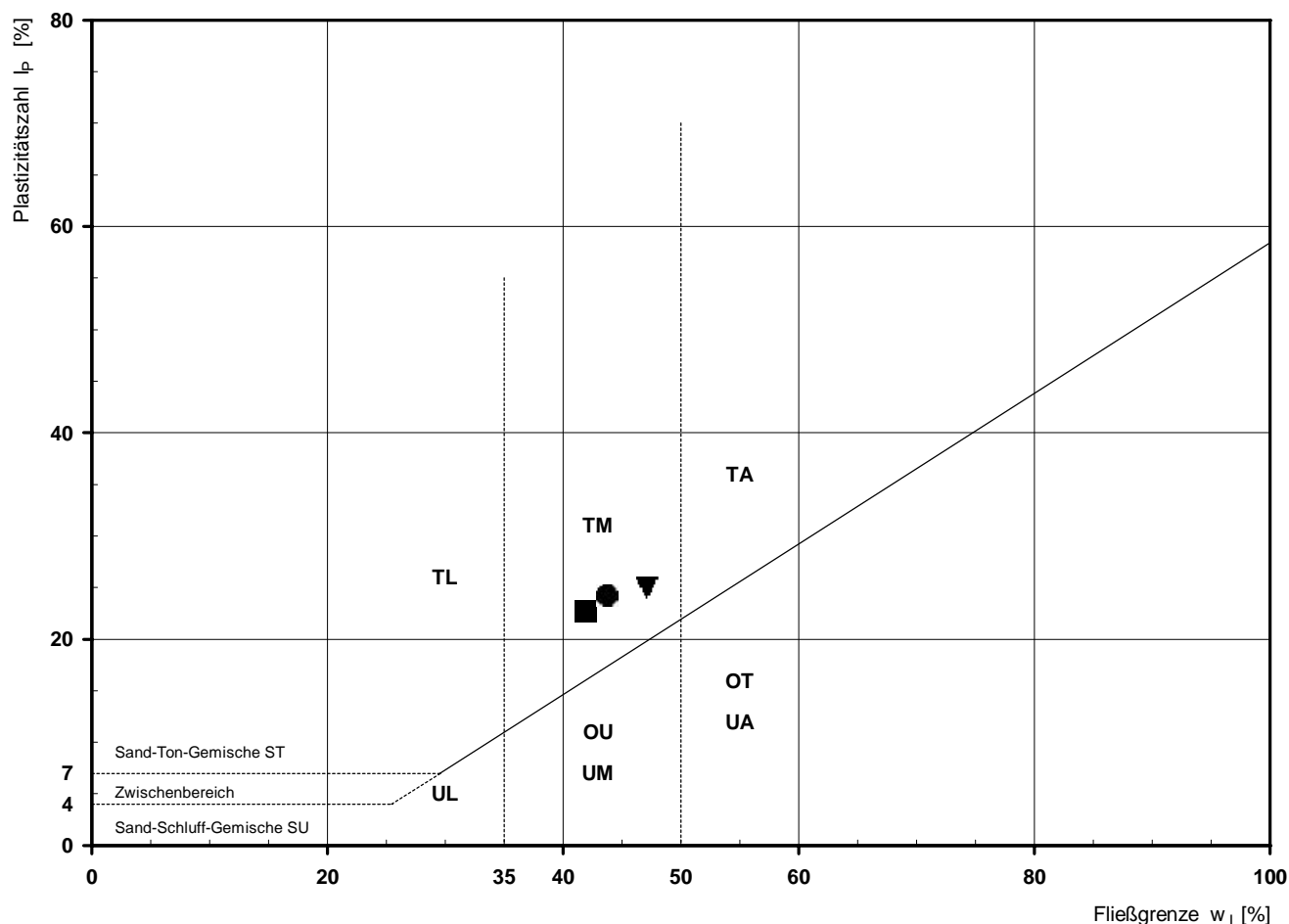
Bemerkungen:



## Bestimmung der Atterberg'schen Grenzen

Laufende Nummer:	1	2	3				
Symbol:	■	●	▼				
Entnahmestelle:	SCH 2 anstehend	SCH 2 über Rohr	SCH 2 neben Rohr				
Entnahmetiefe: von [m] bis	2,10 2,30	2,75 2,90	3,20 3,40				
Probenbeschreibung:	T/U,s',g',o'	T/U,s',g',o'	T/U,s',g',o' (Tst)				
Stratigraphie:							
Natürlicher Wassergehalt: $w_F$ [%] (Feinanteil $\leq 0,4$ mm)	25,7	24,5	17,8				
Fließgrenze: $w_L$ [%]	41,9	43,8	47,1				
Ausrollgrenze: $w_P$ [%]	19,2	19,6	22,1				
Plastizitätszahl: $I_P$ [%]	22,7	24,2	25,0				
Konsistenzzahl: $I_C$ [-]	0,71	0,80	1,17				
Bodengruppe nach DIN 18196:	TM	TM	TM				
Bodengruppe des Feinanteils: (bei gemischtkörnigen Böden)							

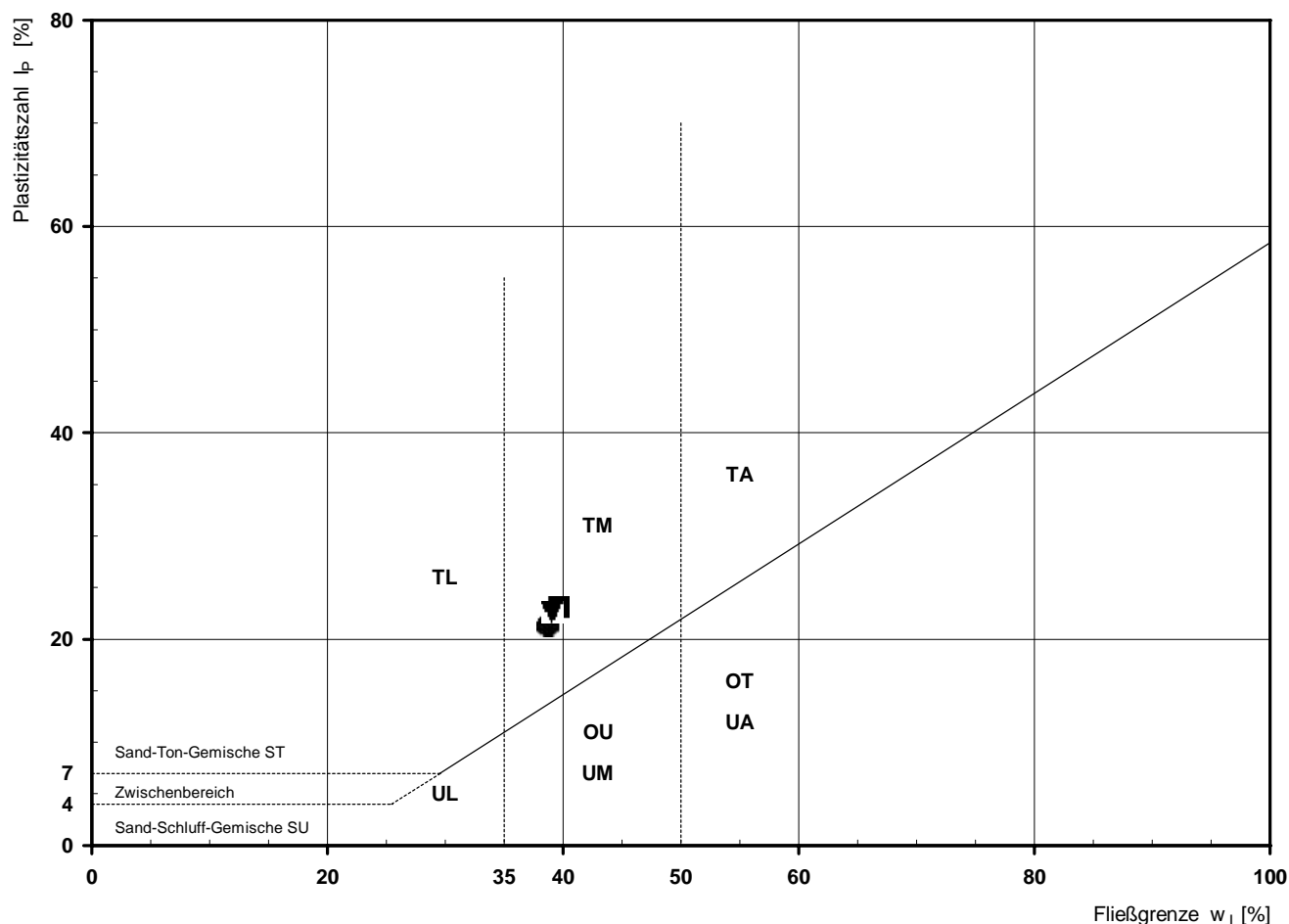
## Plastizitätsdiagramm (nach DIN 18196)



## Bestimmung der Atterberg'schen Grenzen

Laufende Nummer:	1	2	3				
Symbol:	■	●	▼				
Entnahmestelle:	SCH 3 über Rohr	SCH 3 anst.+neb. R.	SCH 3 Rohraufage				
Entnahmetiefe: von [m]	1,25	1,75	2,10				
bis [m]	1,45	1,95	2,30				
Probenbeschreibung:	T/U,s,o'	T/U,s',o'	T/U,s',o'				
Stratigraphie:							
Natürlicher Wassergehalt: $w_F$ [%] (Feinanteil $\leq 0,4$ mm)	21,2	18,2	17,8				
Fließgrenze: $w_L$ [%]	39,6	38,7	39,1				
Ausrollgrenze: $w_P$ [%]	16,5	17,4	16,5				
Plastizitätszahl: $I_P$ [%]	23,1	21,3	22,6				
Konsistenzzahl: $I_C$ [-]	0,80	0,96	0,94				
Bodengruppe nach DIN 18196:	TM	TM	TM				
Bodengruppe des Feinanteils: (bei gemischtkörnigen Böden)							

## Plastizitätsdiagramm (nach DIN 18196)





DAS INGENIEURUNTERNEHMEN

Aktenzeichen:

F190255

Anlage:

Blatt:

Projekt:

**N-ERGIE Fernleitung  
Ursprung - Bettungsuntersuchung  
Leinburg**

# Korngrößenverteilung

nach DIN 18 123

**Siebung**

Entnahmestelle

SCH 1

Tiefe unter GOK:

0,00 - 3,00 m

Entnahmeart:

gestört

Probenbeschreibung:

S

Bodengruppe:

SE

Stratigraphie:

Ausgeführt von: Reuter

am: 20.05.2019

Gepr.:

Ausgewertet von: Fröhlich

am: 05.06.2019

Entn. am: 17.05.2019

von: HPC

Kennziffer  
[%]

Krümmungszahl  $C_c$   
 $C_c = (d_{30})^2 / (d_{10} \cdot d_{60})$

Ungleichförmigkeitszahl  $U$   
 $U = d_{60} / d_{10}$

$d_{60}$   
[mm]

$d_{50}$   
[mm]

$d_{20}$   
[mm]

$d_{10}$   
[mm]

--1-- / 99 / 0

1,0

2,8

0,6057

0,5224

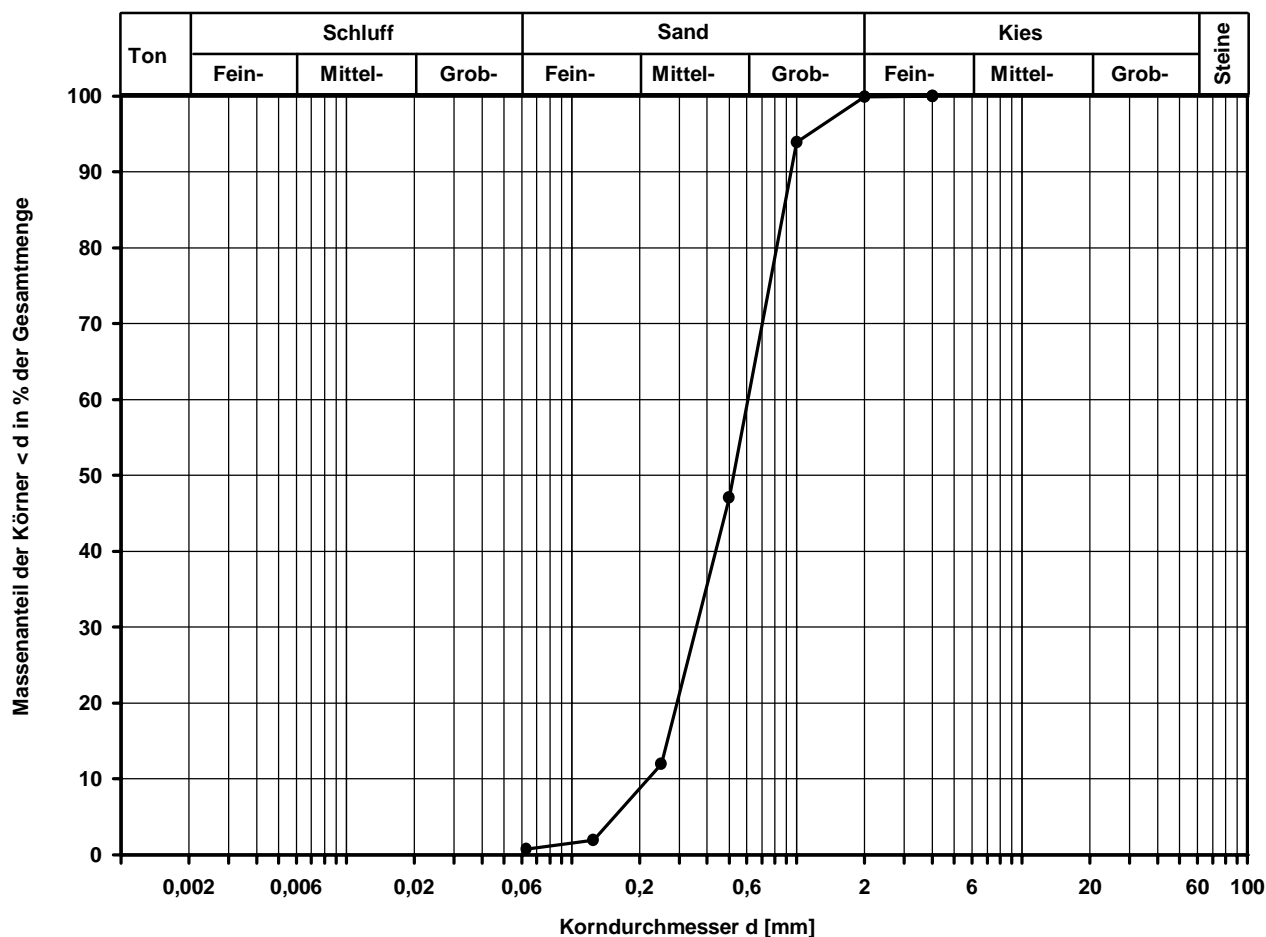
0,2931

0,2186

Berechnung  $k_f$  Wert:

nach Beyer: 4,779E-04 m/s

nach Bialas: 2,140E-04 m/s



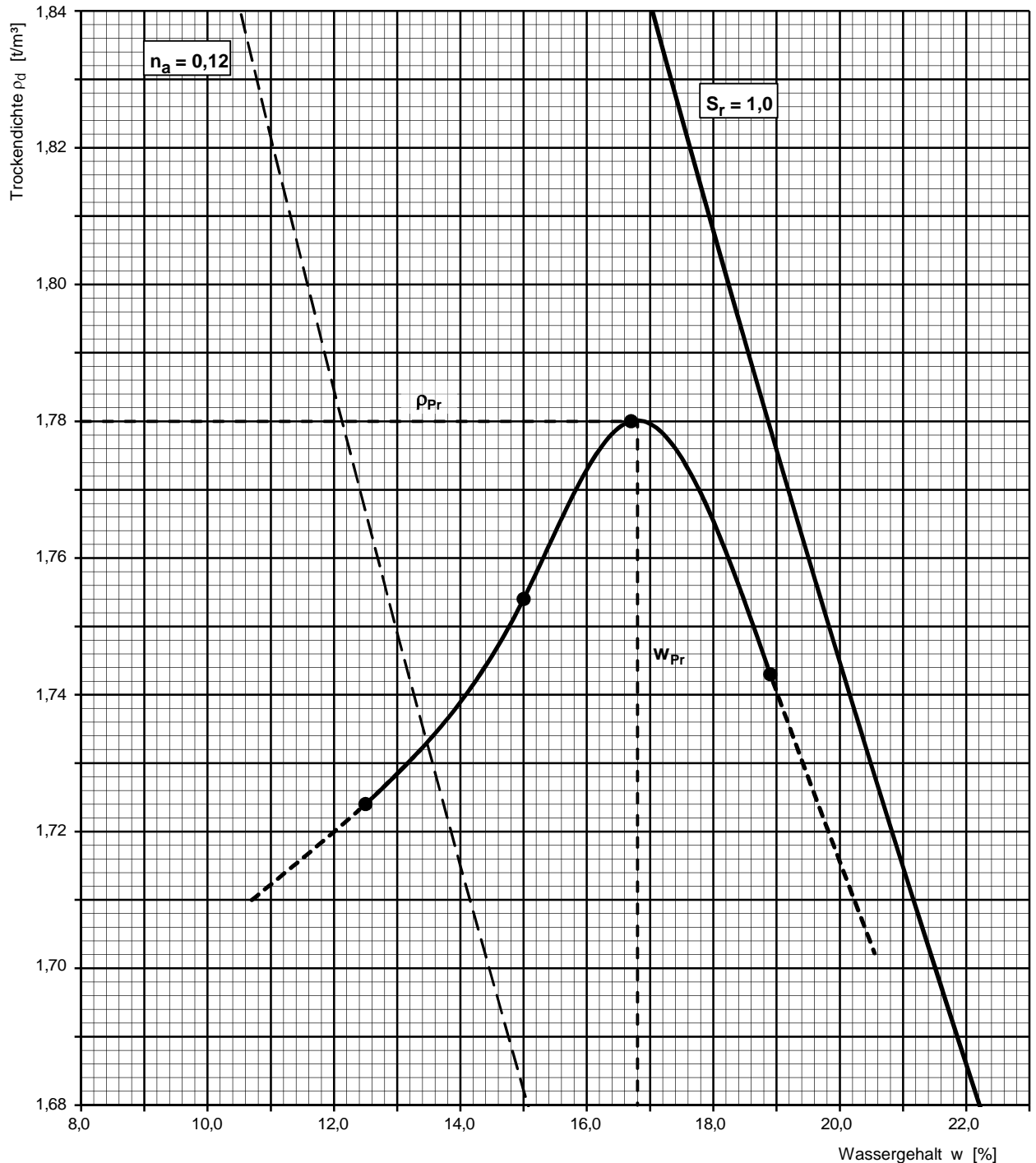
Bemerkungen:

## Proctor-Versuch

Bestimmung nach DIN 18127

Ausgeführt:	Gottschlich	am:	21.05.2019	Gepr.:
Ausgewertet:	Frühwirth	am:	04.06.2019	
Korndichte	geschätzt	$\rho_s =$	2,680	[t/m <sup>3</sup> ]
Proctortopf - Durchmesser		$d =$	100	[mm]
Zulässiges Größtkorn		$d_{Gk} =$	20,0	[mm]

Entnahmestelle:		Sch 2 anstehend	
Tiefe :		2,10 - 2,30	[m]
Entnahmeart:		gestört	
Probenbeschreibung:	Bodengruppe:	Stratigraphie:	
T/U,s',g',o'	TM		
Entnommen am:	16.05.2019	von:	FeBoLab
Korndichte (Überkorn)	$\rho_{\text{sü}} =$	--	[t/m³]
Überkornanteil	$\ddot{u} =$	--	[%]



100% der Proctordichte (ohne Überkorn)	$\rho_{Pr} =$	1,780	[t/m <sup>3</sup> ]	optimaler Wassergehalt	$w_{Pr} =$	16,8	[%]
100% der Proctordichte (mit Überkorn)	$\rho_{Pr} =$		[t/m <sup>3</sup> ]	optimaler Wassergehalt	$w_{Pr} =$		[%]
der Proctordichte	$\rho_d =$		[t/m <sup>3</sup> ]	minimaler / maximaler Wassergehalt:	/		[%]
der Proctordichte	$\rho_d =$		[t/m <sup>3</sup> ]	minimaler / maximaler Wassergehalt:	/		[%]

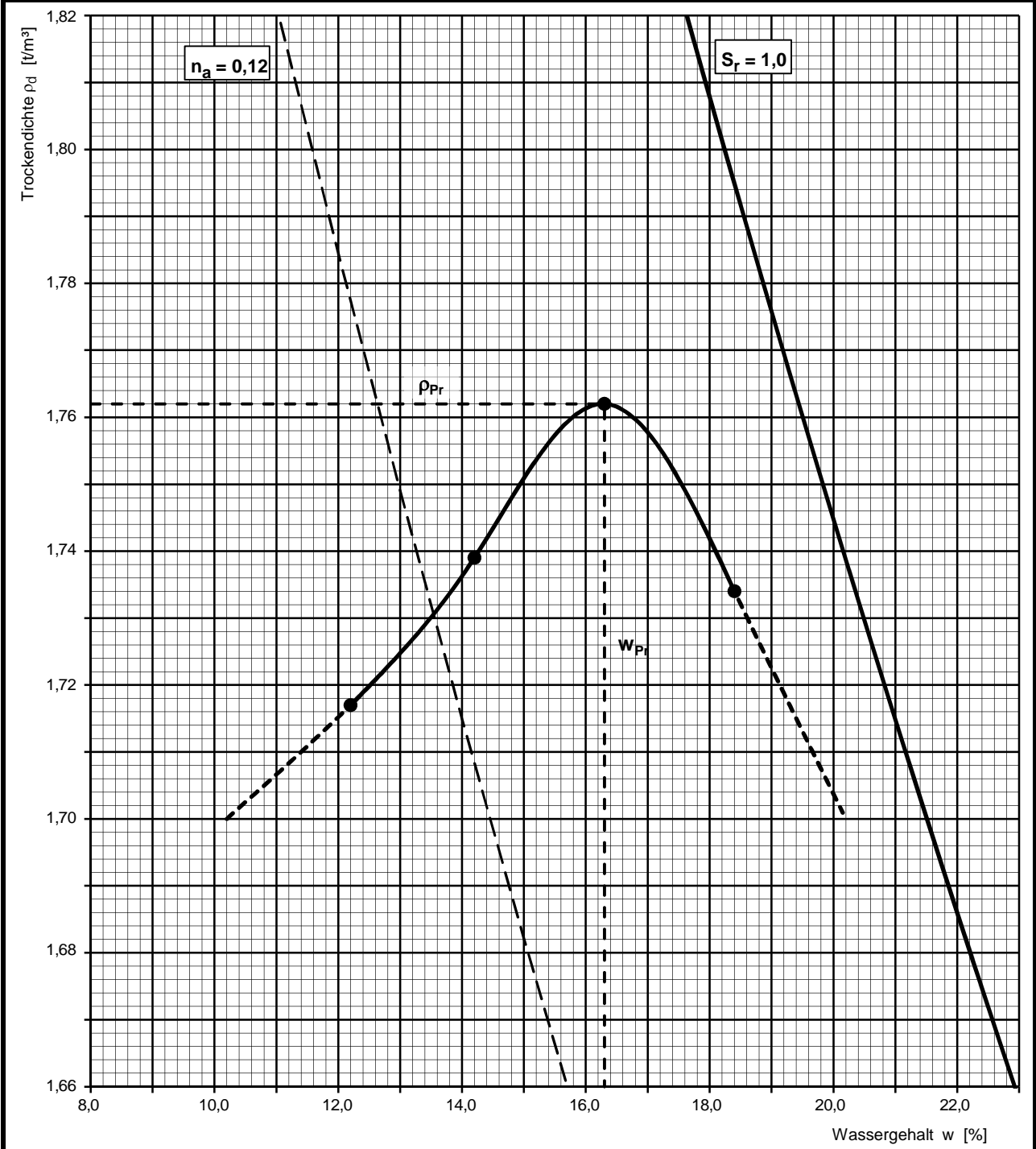


Aktenzeichen:	Anlage:	Blatt:
F190255		
Projekt:	<b>N-ERGIE Fernleitung</b> <b>Ursprung - Bettungsuntersuchung</b> <b>Leinburg</b>	
Entnahmestelle:	Sch 2 über Rohr	
Tiefe :	2,75 - 2,90	[m]
Entnahmeart:	gestört	
Probenbeschreibung:	Bodengruppe:	Stratigraphie:
T/U,s',g',o'	TM	
Entnommen am:	16.05.2019	von: FeBoLab
Korndichte geschätzt	$\rho_s =$	2,680 [t/m³]
Korndichte (Üverkorn)	$\rho_{sü} =$	-- [t/m³]
Proctortopf - Durchmesser	$d =$	100 [mm]
Üverkornanteil	$\ddot{u} =$	-- [%]
Zulässiges Größtkorn	$d_{Gk} =$	20,0 [mm]

## Proctor-Versuch

Bestimmung nach DIN 18127

Ausgeführt:	Gottschlich	am:	22.05.2019	Gepr.:
Ausgewertet:	Frühwirth	am:	06.06.2019	



100% der Proctordichte (ohne Üverkorn)	$\rho_{Pr} =$	1,762 [t/m³]	optimaler Wassergehalt	$w_{Pr} =$	16,3 [%]
100% der Proctordichte (mit Üverkorn)	$\rho_{Pr} =$	[t/m³]	optimaler Wassergehalt	$w_{Pr} =$	[%]
der Proctordichte	$\rho_d =$	[t/m³]	minimaler / maximaler Wassergehalt:	/	[%]
der Proctordichte	$\rho_d =$	[t/m³]	minimaler / maximaler Wassergehalt:	/	[%]

Aktenzeichen:	Anlage:	Blatt:
F190255		
Projekt:	<b>N-ERGIE Fernleitung</b> <b>Ursprung - Bettungsuntersuchung</b> <b>Leinburg</b>	
Entnahmestelle:	Sch 2 neben Rohr	
Tiefe :	3,20 - 3,40	[m]
Entnahmeart:	gestört	
Probenbeschreibung:	Bodengruppe:	Stratigraphie:
T/U,s',g',o' (Tst)	TM	
Entnommen am:	16.05.2019	von: FeBoLab
Korndichte geschätzt	$\rho_s =$	2,680 [t/m³]
Korndichte (Überkorn)	$\rho_{sü} =$	-- [t/m³]
Proctortopf - Durchmesser	$d =$	100 [mm]
Überkornanteil	$\ddot{u} =$	-- [%]
Zulässiges Größtkorn	$d_{Gk} =$	20,0 [mm]

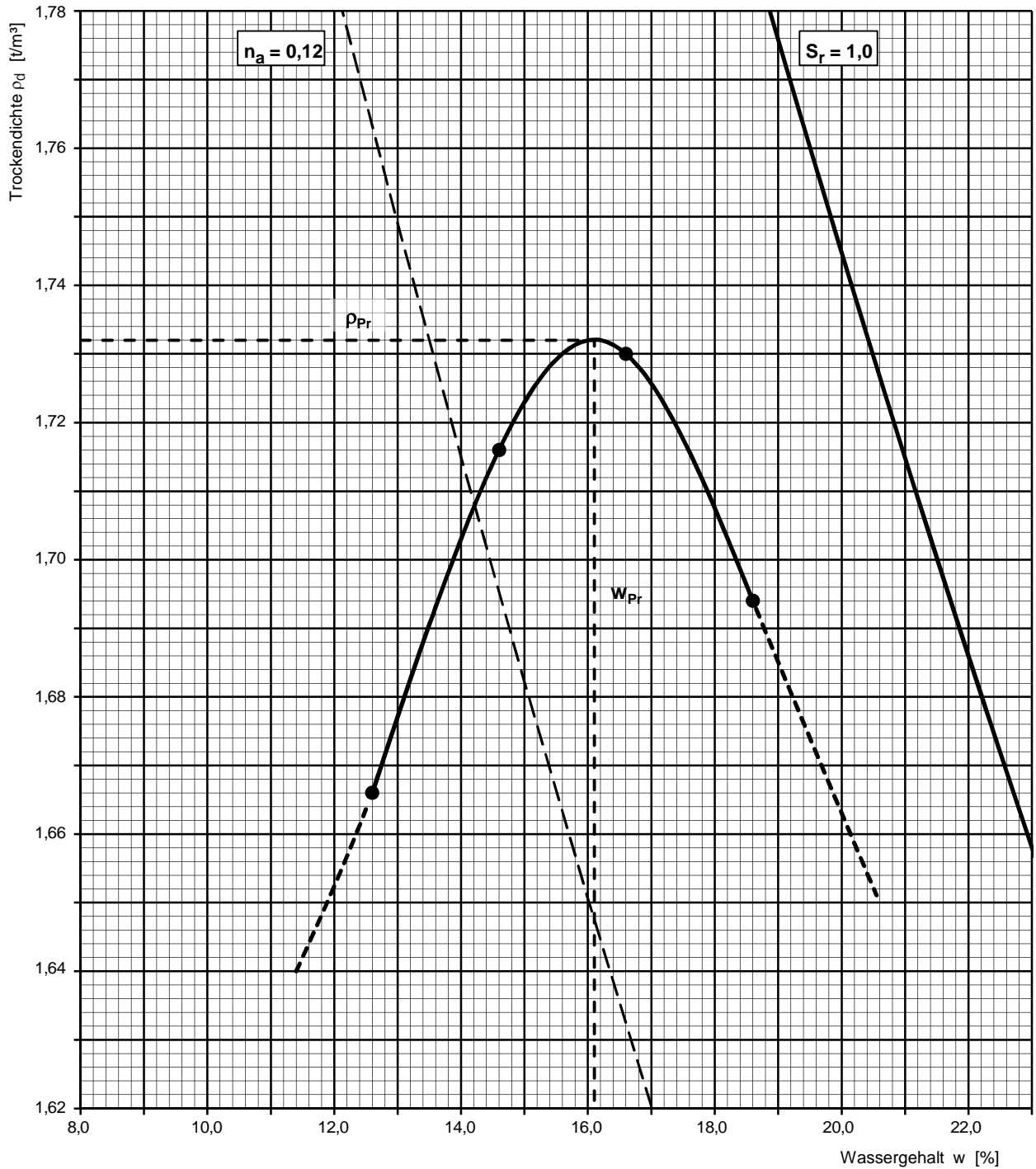
## Proctor-Versuch

Bestimmung nach DIN 18127

Ausgeführt:	Gottschlich	am: 21.05.2019	Gepr.:
Ausgewertet:	Frühwirth	am: 06.06.2019	

Korndichte geschätzt	$\rho_s =$	2,680	[t/m³]
Proctortopf - Durchmesser	$d =$	100	[mm]
Zulässiges Größtkorn	$d_{Gk} =$	20,0	[mm]

Korndichte (Überkorn)	$\rho_{sü} =$	--	[t/m³]
Überkornanteil	$\ddot{u} =$	--	[%]



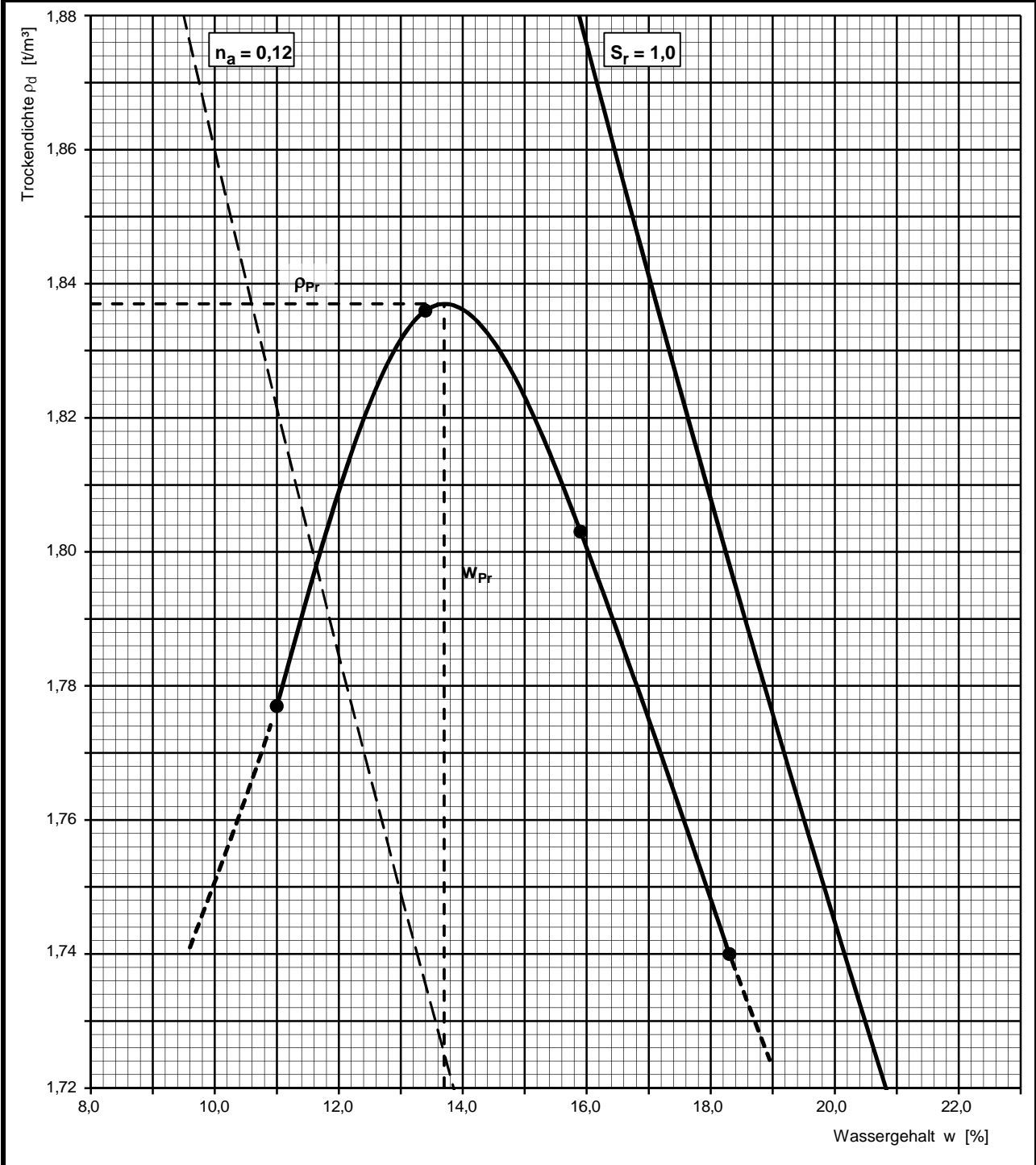
100% der Proctordichte (ohne Überkorn)	$\rho_{Pr} =$	1,732	[t/m³]	optimaler Wassergehalt	$w_{Pr} =$	16,1	[%]
100% der Proctordichte (mit Überkorn)	$\rho_{Pr} =$		[t/m³]	optimaler Wassergehalt	$w_{Pr} =$		[%]
der Proctordichte	$\rho_d =$		[t/m³]	minimaler / maximaler Wassergehalt:	/		[%]
der Proctordichte	$\rho_d =$		[t/m³]	minimaler / maximaler Wassergehalt:	/		[%]

Aktenzeichen:	Anlage:	Blatt:
F190255		
Projekt:	<b>N-ERGIE Fernleitung</b> <b>Ursprung - Bettungsuntersuchung</b> <b>Leinburg</b>	
Entnahmestelle:	Sch 3 über Rohr	
Tiefe :	1,25 - 1,45	[m]
Entnahmeart:	gestört	
Probenbeschreibung:	Bodengruppe:	Stratigraphie:
T/U,s,o'	TM	
Entnommen am:	16.05.2019	von: FeBoLab
Korndichte geschätzt	$\rho_s =$	2,680 [t/m³]
Korndichte (Überkorn)	$\rho_{sü} =$	-- [t/m³]
Proctortopf - Durchmesser	$d =$	100 [mm]
Überkornanteil	$\ddot{u} =$	-- [%]
Zulässiges Größtkorn	$d_{Gk} =$	20,0 [mm]

## Proctor-Versuch

Bestimmung nach DIN 18127

Ausgeführt:	Gottschlich	am: 21.05.2019	Gepr.:
Ausgewertet:	Frühwirth	am: 07.06.2019	



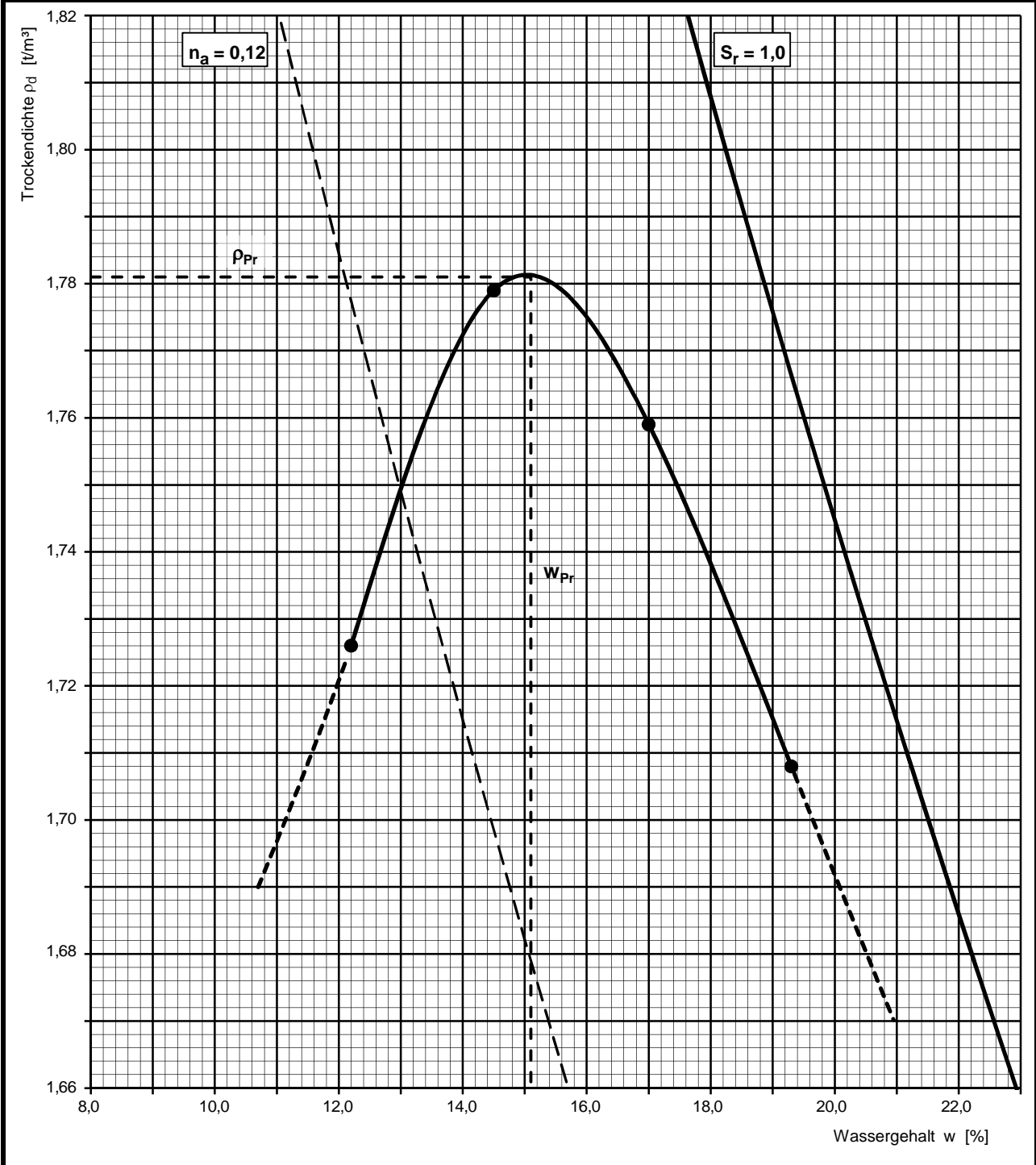
100% der Proctordichte (ohne Überkorn)	$\rho_{Pr} =$	1,837 [t/m³]	optimaler Wassergehalt	$w_{Pr} =$	13,7 [%]
100% der Proctordichte (mit Überkorn)	$\rho_{Pr} =$	[t/m³]	optimaler Wassergehalt	$w_{Pr} =$	[%]
der Proctordichte	$\rho_d =$	[t/m³]	minimaler / maximaler Wassergehalt:	/	[%]
der Proctordichte	$\rho_d =$	[t/m³]	minimaler / maximaler Wassergehalt:	/	[%]

Aktenzeichen:	Anlage:	Blatt:
F190255		
Projekt:	<b>N-ERGIE Fernleitung</b> <b>Ursprung - Bettungsuntersuchung</b> <b>Leinburg</b>	
Entnahmestelle:	Sch 3 anst.+neb. R.	
Tiefe :	1,75 - 1,95	[m]
Entnahmeart:	gestört	
Probenbeschreibung:	Bodengruppe:	Stratigraphie:
T/U,s',o'	TM	
Entnommen am:	16.05.2019	von: FeBoLab
Korndichte geschätzt	$\rho_s =$	2,680 [t/m³]
Korndichte (Überkorn)	$\rho_{su} =$	-- [t/m³]
Proctortopf - Durchmesser	$d =$	100 [mm]
Überkornanteil	$\ddot{u} =$	-- [%]
Zulässiges Größtkorn	$d_{Gk} =$	20,0 [mm]

## Proctor-Versuch

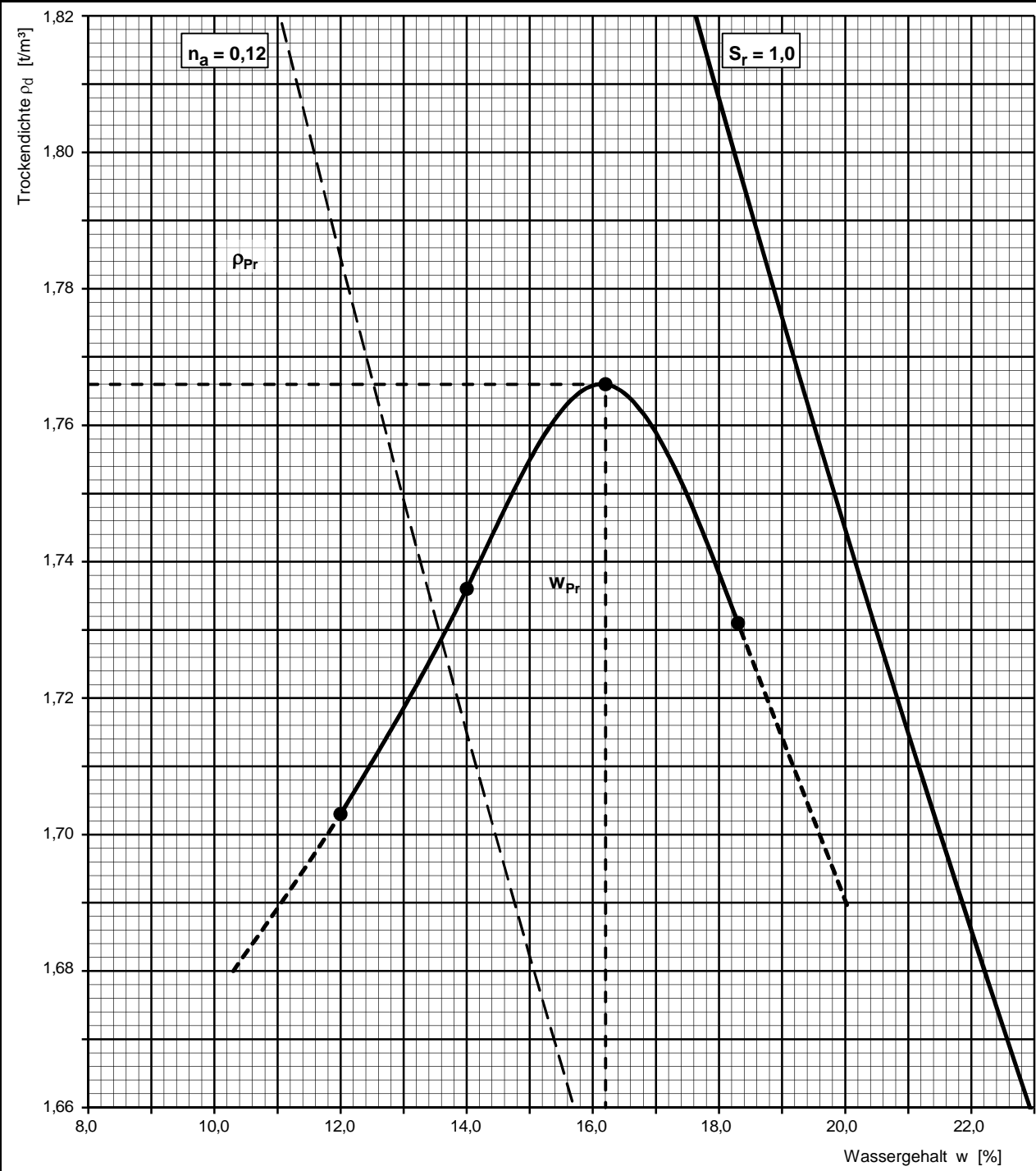
Bestimmung nach DIN 18127

Ausgeführt:	Gottschlich	am:	22.05.2019	Gepr.:
Ausgewertet:	Frühwirth	am:	07.06.2019	



100% der Proctordichte (ohne Überkorn)	$\rho_{Pr} =$	1,781 [t/m³]	optimaler Wassergehalt	$w_{Pr} =$	15,1 [%]
100% der Proctordichte (mit Überkorn)	$\rho_{Pr} =$	[t/m³]	optimaler Wassergehalt	$w_{Pr} =$	[%]
der Proctordichte	$\rho_d =$	[t/m³]	minimaler / maximaler Wassergehalt:	/	[%]
der Proctordichte	$\rho_d =$	[t/m³]	minimaler / maximaler Wassergehalt:	/	[%]

Aktenzeichen:	F190255	Anlage:		Blatt:	
Projekt:	<b>N-ERGIE Fernleitung</b> <b>Ursprung - Bettungsuntersuchung</b> <b>Leinburg</b>				
Entnahmestelle:	Sch 3 Rohrauflage				
Tiefe :	2,10 - 2,30 [m]				
Entnahmeart:	gestört				
Probenbeschreibung:	T/U,s',o'	Bodengruppe:	TM	Stratigraphie:	
Entnommen am:	16.05.2019	von:	FeBoLab		
Korndichte geschätzt	$\rho_s =$	2,680	[t/m³]	Korndichte (Üverkorn)	$\rho_{sü} =$ -- [t/m³]
Proctortopf - Durchmesser	$d =$	100	[mm]	Üverkornanteil	$\ddot{u} =$ -- [%]
Zulässiges Größtkorn	$d_{Gk} =$	20,0	[mm]		



100% der Proctordichte (ohne Üverkorn)	$\rho_{Pr} =$	1,766	[t/m³]	optimaler Wassergehalt	$w_{Pr} =$	16,2	[%]
100% der Proctordichte (mit Üverkorn)	$\rho_{Pr} =$		[t/m³]	optimaler Wassergehalt	$w_{Pr} =$		[%]
der Proctordichte	$\rho_d =$		[t/m³]	minimaler / maximaler Wassergehalt:	/		[%]
der Proctordichte	$\rho_d =$		[t/m³]	minimaler / maximaler Wassergehalt:	/		[%]

## **Anlage 4**

Fotodokumentation



## Fotodokumentation

**Projekt:**  
2191409 N-ERGIE Bettungsuntersuchung Bestandsleitung Ursprung

**Aufnahmen vom:**  
16./17.05.2019,  
HPC AG, N. Hartinger



Foto 1 – Schurf 3 (Bereich KRB13)

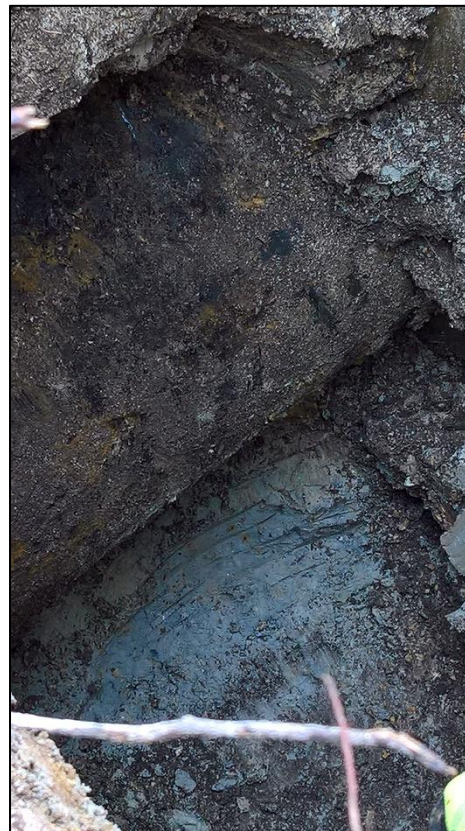


Foto 2 – Schurf 3; anstehender Boden (Ton/Tonstein); Rohrscheitel bei 1,50 m u. GOK



## Fotodokumentation

**Projekt:**  
2191409 N-ERGIE Bettungsuntersuchung Bestandsleitung Ursprung

**Aufnahmen vom:**  
16./17.05.2019,  
HPC AG, N. Hartinger



Foto 3 – Schurf 3; Wiederherstellung des Ursprungszustandes



Foto 4 – Schurf 2 (Bereich KRB11); anstehender Boden (Ton/Tonstein); Rohrscheitel bei 3,0 m u. GOK



## Fotodokumentation

**Projekt:**  
2191409 N-ERGIE Bettungsuntersuchung Bestandsleitung Ursprung

**Aufnahmen vom:**  
16./17.05.2019,  
HPC AG, N. Hartinger



Foto 5 – Schurf 2; Wiederherstellung des Ursprungszustandes



Foto 6 – Schurf 1 (Bereich KRB6)



## Fotodokumentation

**Projekt:**  
2191409 N-ERGIE Bettungsuntersuchung Bestandsleitung Ursprung

**Aufnahmen vom:**  
16./17.05.2019,  
HPC AG, N. Hartinger



Foto 7 – Schurf 1; anstehender Boden (Sand)



Foto 8 – Schurf 1; Wiederherstellung des Ursprungszustandes