

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik · Uellendahl 70 · 42109 Wuppertal

**Technische Betriebe Solingen**  
**Dültgenstaler Straße 61**

**42719 Solingen**

Prof. Dr.-Ing. Matthias Pulsfort  
Dr.-Ing. Peter Waldhoff  
Dr.-Ing. Thomas Happe  
Dr.-Ing. Arndt Kremer  
Dipl.-Ing. Gunther Müller

Uellendahl 70  
42109 Wuppertal  
Telefon (0202) 40491-0  
Telefax (0202) 40491-44  
E-Mail: info@igw-geotechnik.de

Ihr Zeichen

Ihr Schreiben vom

Unser Zeichen

Tag

8223/Mü

03.05.2021

Betr.: Wirtschaftswegbrücken im Forst Müngsten in Solingen  
hier : Geotechnischer Bericht  
Bezug: Bestellung 044/10076597 vom 26.10.2020

## **Geotechnischer Bericht**

=====

zur Gründung von Brücken auf einem Wirtschaftsweg  
im Forst Müngsten in Solingen

### **1. Veranlassung**

In einer dreiecksförmigen Fläche zwischen der Remscheider Straße im Norden, der Burger Landstraße im Südwesten und der Wupper im Osten liegt das Waldgebiet Müngsten, das über einen ausgebauten, rd. 5 km langen Forstweg bewirtschaftet wird. Dieser Wirtschaftsweg quert an mehreren Stellen Bäche, die zur Wupper fließen und teilweise tiefe Siefen in den steil zur Wupper geneigten Hang geschnitten haben.

Die Querung der Bachläufe erfolgt derzeit über 6 Brückenbauwerke, die provisorisch aus Holzstämmen hergestellt wurden. Um diese Brücken dauerhaft und gesetzes-

...

konform zu erneuern, soll nun seitens der Technischen Betriebe Solingen eine Machbarkeitsuntersuchung mit Wirtschaftlichkeitsberechnung der möglichen Bauweisen durchgeführt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Bauwerke nach ZTV-ING und DIN Fachbericht 101 für Lastkraftwagen mit einem zulässigen Gesamtgewicht bis 40 t zu planen und zu bemessen sind.

Weil für die Planung u.a. Informationen über den Untergrund und dessen Tragfähigkeit im Bereich der Brücken benötigt werden, wurde unser Büro mit Untergrunderkundungen und deren Auswertung in einem Geotechnischen Bericht beauftragt. Nachfolgend werden zunächst die allgemeinen Untergrundverhältnisse im Bereich des Wirtschaftswegs beschrieben, bevor dann auf die Untergrunderkundungen und Gründungsmöglichkeiten an den einzelnen Standorten eingegangen wird.

## **2. Grundlagen**

Dem vorliegenden Geotechnischen Bericht liegen die nachfolgend aufgeführten Unterlagen und Felduntersuchungen zugrunde:

- [U 1] Angaben der Geologischen Karte M 1:25.000, Blatt Solingen und der zugehörigen Topografischen Karte M 1:25.000
- [U 2] Lagepläne als Auszüge aus TIM-Online, einer Internet-Anwendung des Landes Nordrhein-Westfalen zur Darstellung von Geobasisdaten der Vermessungs- und Katasterverwaltung NRW (s. Anlagen)
- [U 3] Ergebnisse von 12 Kleinbohrungen mit der Rammkernsonde bis auf festen Rammwiderstand bzw. max. 5 m Tiefe, ausgeführt am 04.12.2020 von der Fa. Geoservice Stiehl aus Wuppertal (s. Anlagen)
- [U 4] Ergebnisse von 12 Schweren Rammsondierungen DPH nach DIN 4094, (DPH 1 - DPH 3) bis auf festen Rammwiderstand in max. 7,1 m Tiefe, ausgeführt am 01.12.2020 von der Fa. Geoservice Stiehl aus Wuppertal (s. Anlage).

Die Untersuchungspunkte wurden in der Örtlichkeit eingemessen (s. Lagepläne).

Weil im Bereich der Brücken das Gelände relativ eben ist und keine Höhenbezugs-

. . .

punkte in der Nähe liegen, wurde auf das Einmessen der Ansatzhöhen verzichtet. Diese liegen bezogen auf die Brücken jeweils +/- 10 cm über bzw. unter OK Brückenfahrbahn und jeweils ca. 1 m von den Außenkanten der Brücken in Längsrichtung entfernt.

### 3. Untergrundverhältnisse und Geologie

#### 3.1 Allgemeines

Wie auf Abb. 1 im rot umrandeten Bereich zu erkennen ist, liegen die Brücken durchweg auf der westlichen Seite der Wupper, die in diesem Bereich in einem tiefen Tal nach Süden in Richtung Solingen-Burg fließt. Entsprechend ist das Gelände steil nach Osten zur Wupper hin geneigt.

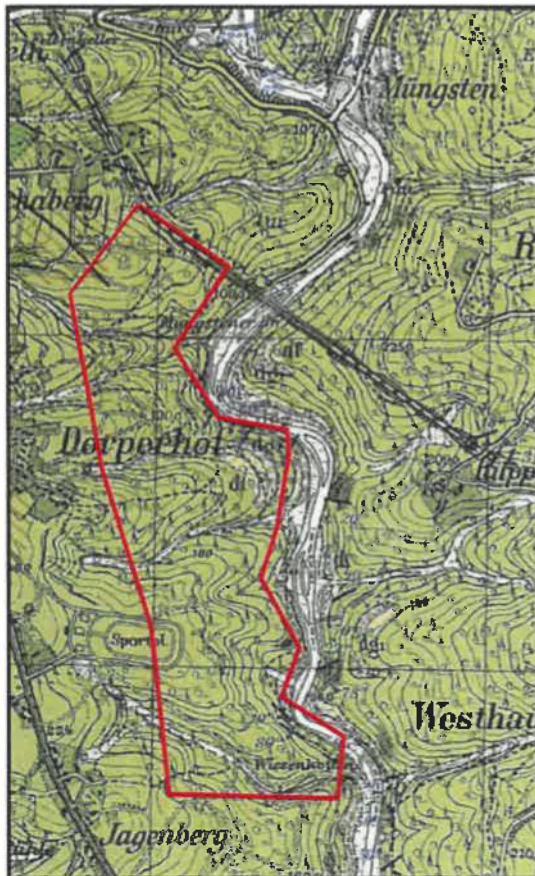


Abb. 1: Auszug aus [U 1], ohne Maßstab

Nach Angabe der Geologischen Karte [U 1] stehen im gesamten Forst Müngsten im tieferen Untergrund die devonischen Sedimentgesteine der sog. Rem-

...

scheider Schichten an (s. Abb. 1). Diese bestehen überwiegend aus blaugrau gefärbten Schiefern mit einzelnen Grauwacken-Sandsteinbänken, wobei letztere sehr hart sein können. Die Felsschichten streichen meist in SW-NO-Richtung und fallen häufig steil in nordwestliche oder südöstliche Richtung ein.

Über dem Felshorizont lagert allgemein mehr oder weniger steiniger Lehm unterschiedlicher Mächtigkeit, der als Verwitterungsprodukt des Felsens entstanden ist und/oder als Hangschutt (Lehm mit mehr oder weniger hohem Anteil an kantigen Steinen) auf dem Felshorizont natürlich umgelagert wurde. Im Bereich der Bäche sind zudem Sedimente zu erwarten, die sich aus Sand, Lehm und Schotter zusammensetzen können.

Im Bereich der Brücken sind zudem rechts und links der Bäche angeschüttete Böden zu erwarten vorhanden, mit der zum Einen die in die steilen Hänge hineingeschnittenen Wege modelliert wurden und zum Anderen die Brückenwiderlager der vorhandenen Holzbrücken ausgebildet wurden.

### 3.2 Ergebnis der Untergrunderkundungen

An allen 6 Brücken wurden jeweils 2 Kleinbohrungen mit der Rammkernsonde sowie 2 Rammsondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH nach DIN 4094 bis auf festen Rammwiderstand abgeteuft. In der Anlage sind die Ergebnisse der Untergrunderkundung jeweils direkt hinter einem Detaillageplan für die Brücken dargestellt.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Bereich der Brücken überwiegend verlehmt Steingemenge, teilweise allerdings auch in Wechsellagerung Steingemenge sowie bindige Böden anstehen. Der Fels folgt jeweils ab den Endteufen der Sondierungen.

Die Lagerungsdichte der Böden über dem Fels ist an nahezu allen Brücken mit Rammwiderständen  $\leq 10$  Schlägen je 10 cm Sondeneindringung als locker bis mitteldicht zu bezeichnen. Erst unmittelbar über dem Fels nehmen die Ramm-

widerstände und damit auch die Tragfähigkeiten der anstehenden Böden deutlich zu.

Detailliert wird auf die Ergebnisse der Untergrunderkundung an den einzelnen Brücken in Kapitel 4. Gründung eingegangen.

Die angeschütteten Böden weisen nach den organoleptischen Ansprachen keine anthropogenen Verunreinigungen auf, so dass davon auszugehen ist, dass sie nicht umweltrelevant belastet sind.

### 3.3 Bodenklassifizierung

Im Sinne der früheren DIN 18300: 2012-09 kann der vorgefundene Boden den folgenden Bodenklassen zugeordnet werden:

**Tabelle 1: Bodenklassifikation**

Bodenart	Bodengruppe (DIN 18196)	Bodenklasse (DIN 18300)
<b>Anschüttung</b> aus Mineralgemisch (Schotter) sowie mehr oder weniger verlehmtm Steingemenge und mehr oder weniger steinigem Lehm	[UL, UM, TL, TM, SU, SU*, GU, GU*, GT, GT*, GW]; A	3 - leicht lösbare Bodenarten 4 - mittelschwer lösbare Bodenarten 5 - schwer lösbare Bodenarten
<b>Lehm</b> , sandig, steinig bzw. <b>Steingemenge</b> , verlehmt, sandig	GU, GU*, GT, GT*, GW	4 - mittelschwer lösbare Bodenarten 5 - schwer lösbare Bodenarten
<b>Fels der Remscheider Schichten, Tonstein, Sandstein, im Verband liegend</b>	--	6 – leicht lösbarer Fels 7 – schwer lösbarer Fels

Die zuvor beschriebenen Bodenschichten lassen sich unter geotechnischen Gesichtspunkten in die in Tabelle 2 und 3 angegebenen 3 Homogenbereiche i.S. der „neuen“ DIN 18300 (Erdarbeiten) bzw. DIN 18301 (Bohrarbeiten) mit Stand 2019-09 einordnen.

**Tabelle 2: Homogenbereiche im Lockergestein**

	DIN 18300	DIN 18301	Auffüllung	Verwitterungslehm Steingemenge
Korngrößenverteilung nach DIN 18123	X	X	-	-
Stein-/Blockanteile nach DIN EN ISO 14688-2	X	X	gering bis hoch	mittel bis hoch
Dichte nach DIN 18125-2	X		1,8 - 2,0 g/cm <sup>3</sup>	1,9 – 2,2 g/cm <sup>3</sup>
Kohäsion nach DIN 18137 <sup>1)</sup>		X	0 - 10 kN/m <sup>2</sup>	0 - 10 kN/m <sup>2</sup>
undräßierte Scherfestigkeit nach DIN 18137 <sup>1)</sup>	X	X	0 - 40 kN/m <sup>2</sup>	0 - 40 kN/m <sup>2</sup>
Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	X	X	5 bis 30 %	5 bis 30 %
Plastizitätszahl/Konsistenzzahl nach DIN 18122 <sup>1)</sup>	X	X	$I_p = 0,1 - 0,4$ $I_c = 0,5 - > 1,0$	$I_p = 0,1 - 0,4$ $I_c = 0,5 - > 1,0$
Lagerungsdichte nach DIN EN ISO 14688-2 <sup>2)</sup>	X	X	locker bis mitteldicht	mitteldicht bis dicht
organische Anteile nach DIN 18128 / DIN EN ISO 14688-2	X		< 20 %	< 5 %

<sup>1)</sup> bei bindigen Böden

<sup>2)</sup> bei nicht bindigen Böden

Nach den „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“ in der Fassung von 2017 (ZTVE-StB '17) entsprechen die oberflächennah angetroffenen schluffigen Anschüttungen mit über 15 Gewichtsprozent aus Schluffanteilen ( $d \leq 0,063$  mm) sowie die gewachsenen Lehmböden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 - sehr frostempfindlich. Die steinigen Böden mit geringem Feinkornanteil < 15 Massen-% können in die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 eingestuft werden.

Stark bindige Böden können bei Wasserzutritt und mechanischer Beanspruchung durch Erdbaumaschinen rasch in eine breiige Konsistenz übergehen und sind dann im Sinne der „alten“ DIN 18300 in die Bodenklasse 2 - fließende Bodenarten einzustufen. Eine solche Zustandsverschlechterung muss aber durch eine geeignete Erdbautechnik vermieden werden.

...

Das Festgestein kann vorliegend eine große Bandbreite an Felsarten aufweisen. Die darin enthaltenen Schiefer (Tonstein / Schluffstein) und Grauwacken (Sandstein) können wie folgt beschrieben werden:

**Tabelle 3: Homogenbereiche im Festgestein**

	DIN 18300	DIN 18301	Tonstein/ Schluffstein	Sandstein / Grauwa- cke
Dichte nach DIN 18125-2	X		2,4 - 2,6 g/cm³	2,5 - 2,7 g/cm³
Verwitterung, Veränderung, Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	X	X	Stufe 2 bis 3	Stufe 0 bis 2
einaxiale Druckfestigkeit [MN/m²]	X	X	30 bis 100	80 bis 250
Trennflächenrichtung, -abstand, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	X	X	söhlig bis saiger, dünn bis dick, eng- ständig, vielfächig	söhlig bis saiger, dünn- bis dickbankig, mittel- bis weitständig, prismatisch
Abrasivität nach NF P18-579 <sup>1)</sup>		X	kaum bis schwach	stark bis sehr stark

<sup>1)</sup> Einstufung nach Thuro/Käsling im Sinne des CAI (Cerchar Abrasivitäts Index)

### 3.4 Rechnerische Bodenkennwerte

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse und Erfahrungen von vergleichbaren Maßnahmen werden die bodenmechanischen Eigenschaften der hier anstehenden Erdstoffe durch folgende Kennwerte im Sinne von charakteristischen Werten nach DIN EN 1997-1: 2014-03 (EC 7) beschrieben:

**Tabelle 4: bodenmechanische Rechenwerte**

Bodenart	Wichte des feuchten Bodens $\gamma_f$ [kN/m³]	Reibungs- winkel $\varphi'$ [°]	Kohäsion $c'$ [kN/m²]	Steifemodul $E_s$ [MN/m²]
<b>Anschüttung</b> , überwiegend steiniger Lehm und verlehmt Steingemenge	18 - 20	30 <sup>1)</sup>	-	---
Mineralgemisch	21	35	-	
<b>Verwitterungslehm, steinig</b> bzw. <b>Steingemenge</b> , mehr oder weniger verlehmt, sandig	19 - 22	32,5 <sup>1)</sup>	-	10 – 50
<b>Verwitterter Fels</b> , im Verband liegend	24 - 26	40 <sup>1)</sup>	-	> 200

<sup>1)</sup> Ersatzreibungswinkel einschl. Kohäsionswirkung

...

### 3.5 Abfallrechtliche Bewertung

Auf chemische Untersuchungen an Bodenproben aus dem Bohrgut wurde zunächst verzichtet, weil in keiner Bodenschicht anthropogene Beimengungen enthalten waren, die auf eine Belastung der angeschütteten Böden hindeuten würden.

Allerdings ist bekannt, dass in den gewachsenen Böden teilweise geringfügig erhöhte Schwermetallgehalte enthalten sein können, so dass der Aushub für eine Kostenkalkulation vorbehaltlich chemischer Analysen in die Zuordnungs-klassen Z 0 bis Z 1 nach der LAGA-Richtlinie „Boden“ (TR 2004) eingestuft werden sollte.

## 4. Gründung

### 4.1 Allgemeines

Die Brücken, neben denen die Untergrunderkundungen durchgeführt wurden, haben sehr unterschiedliche Längen. Vermutlich wird deshalb bei einigen kurzen Brücken nie die Gesamtlast eines Lastkraftwagens über die Wider- bzw. Auflager in den Untergrund abgetragen werden müssen sondern nur die Achslast. Damit wären - mit einem Bodenaustausch auf geotextilem Vlies - grundsätzlich auch Gründungen in weniger tragfähigen Böden möglich.

Problematisch ist diesbezüglich lediglich der steil zur Wupper fallende Felshorizont und damit auch der fallende Horizont der tragfähigen Böden, der einen stark abgetreppten und deutlich höheren Bodenaustausch zur Talseite bedingt. Auch sollte berücksichtigt werden, dass hinsichtlich der Nachweise der Grundbruch- und der Gelände- bzw. Böschungsbruchsicherheit eine Gründung immer mindestens auf Höhe der Bachsohle bzw. des Böschungsfußes erfolgen sollte.

Nach einer Tragwerksplanung für die Brücken sollten nochmals detaillierte Untergrunderkundungen ausgeführt werden, um die tatsächlich notwendigen



Gründungstiefen für die ermittelten Lasten festlegen zu können. Auch sollten aufgrund der heterogenen Zusammensetzung der Böden baubegleitend Gründungsabnahmen erfolgen. Die Angaben des Sohldruckwiderstands in Kapitel 4.2 sollten deshalb auch nur im Hinblick auf eine Vorbemessung verwendet werden.

Zur Querung der Bäche könnten teilweise auch Rohrdurchlässe in einzelne Bachbetten eingebracht werden. Aufgrund der teilweise starken Neigung der Gerinne und der geringen Tragfähigkeit der im Bachbett anstehenden Böden ist dies mit Ausnahme an den Bächen Dorperhofer Siefen und Schaberger Bach aber nur bedingt möglich bzw. nur unter erheblichem Aufwand und tiefem Eingriff in die Gerinne.

Auch von einer Furtung durch einzelne Bäche wird abgeraten. Die teilweise stark bindigen Böden würden schnell in einen breiigen Zustand übergehen, so dass dann eine Querung der Bachläufe mit Schwerlastverkehr nicht mehr möglich ist bzw. bei einer Beladung von Fahrzeugen mit Holz und in Verbindung mit den Kurvenfahrten im Bereich der Querungen eine hohe Unfallgefahr hinsichtlich Kippen darstellt. Furtungen sind im Bereich der Bäche nur mit tiefreichenden Bodenverbesserungen (ohne hydraulische Bindemittel) in den Bachläufen möglich.

#### 4.4 Buschpötter Bach

Am Buschpötter Bach steht das Brückenbauwerk SD 67-05. Dieses hat eine Länge von etwa 5,9 m und eine Breite von etwa 4,9 m. Die lichte Höhe zwischen Bachbett und Brücke beträgt talseits etwa 1,6 m, bergseits etwa 1 m.



Foto 4: Brücke Buschpötter Bach (SD 67-04), Blickrichtung Norden



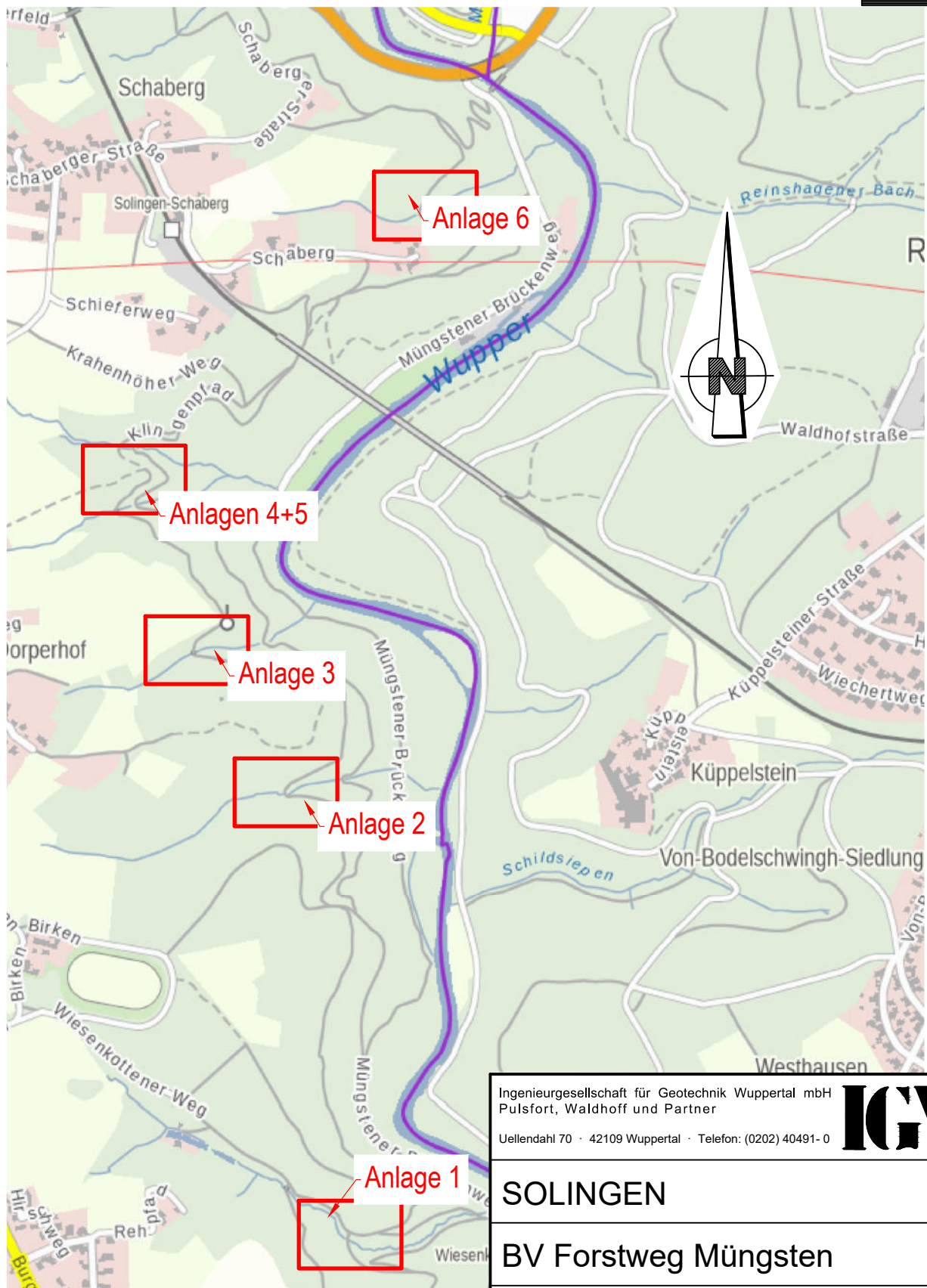
Foto 5: Bachbett talseits; Blickrichtung Süden

Die Kleinbohrung RKS 3A wurde auf der südlichen Seite talseits, die Kleinbohrung RKS 3B auf der nördlichen Seite bergseits angesetzt (s. Anlage 3.1). In beiden Bohrungen wurde durchgängig mehr oder weniger verlehmttes Steingemenge bis zur Endteufe in 4,1 m Tiefe talseits, und 3,8 m Tiefe bergseits erkundet (s. Anlage 3.2). Wasser war in keiner Bohrung vorhanden.

Die zugehörigen Rammsondierungen zeigen in der talseits angesetzten Rammsondierung DPH 3A bis 3,7 m unter GOK lediglich locker gelagerte Böden an, erst darunter nehmen die Rammwiderstände schlagartig auf  $N_{10} \geq 100$  Schläge je 10 cm Sondeneindringung zu. In 4 m Tiefe wurde die Rammsondierung DPH 3A auf dem Fels abgebrochen.

Bergseits sind die Rammwiderstände geringfügig höher gewesen, dort haben die Böden bis etwa 3,7 m unter GOK eine knapp mitteldichte Lagerung. Auch hier nehmen die Rammwiderstände schlagartig ab 3,7 m unter GOK zu.

Am Buschpötter Bach sind für die Gründung der Brücke sowohl Unterbetonkörper als auch über Mikropfähle denkbar, wobei dazu die Angaben aus Kap. 4.2 übernommen werden können. Ausreichend tragfähiger Boden ist talseits - auch unter Berücksichtigung eines Böschungsbruchs - nach den Ergebnissen der Rammsondierung DPH 3A ab etwa 3,5 m Tiefe vorhanden, bergseits könnte bereits ab 1,5 m Tiefe mit den in Kap. 4.2 angegebenen Werten über Unterbetonkörper gegründet werden. In den Sondierungen wurde zwar nach Beendigung der Bohrarbeiten kein Wasser angetroffen, es ist jedoch auch hier damit zu rechnen, dass eine Wasserhaltung bzw. ein Betonieren im Kontraktorverfahren notwendig sein werden.



Ingenieurgesellschaft für Geotechnik Wuppertal mbH  
Pulsfort, Waldhoff und Partner

Uellendahl 70 · 42109 Wuppertal · Telefon: (0202) 40491-0

**IGW**

**SOLINGEN**

**BV Forstweg Müngsten**

**Übersichtsplan**

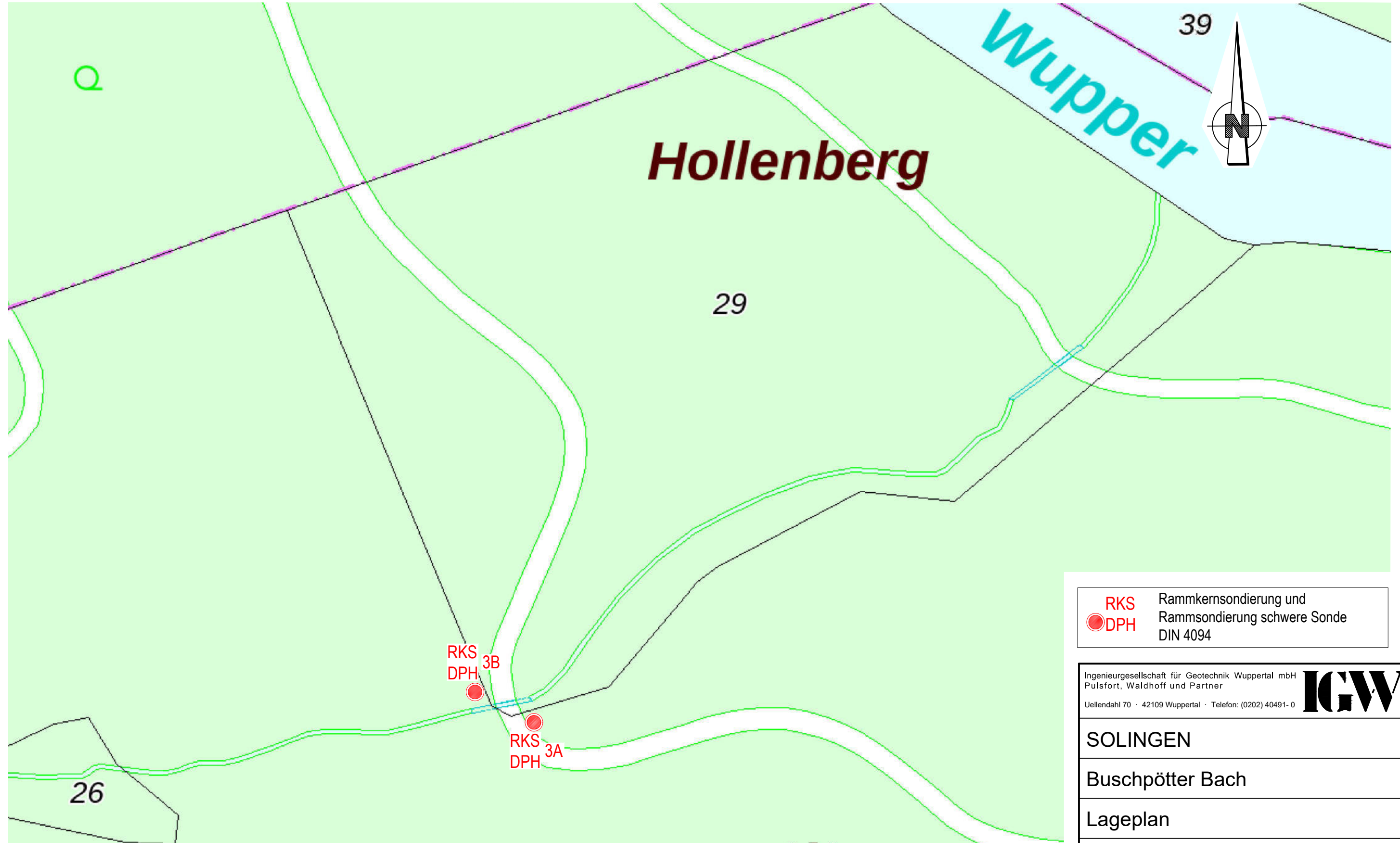
**Maßstab**

**1 : 10000**

**Wuppertal, den**

**09.12.2020**



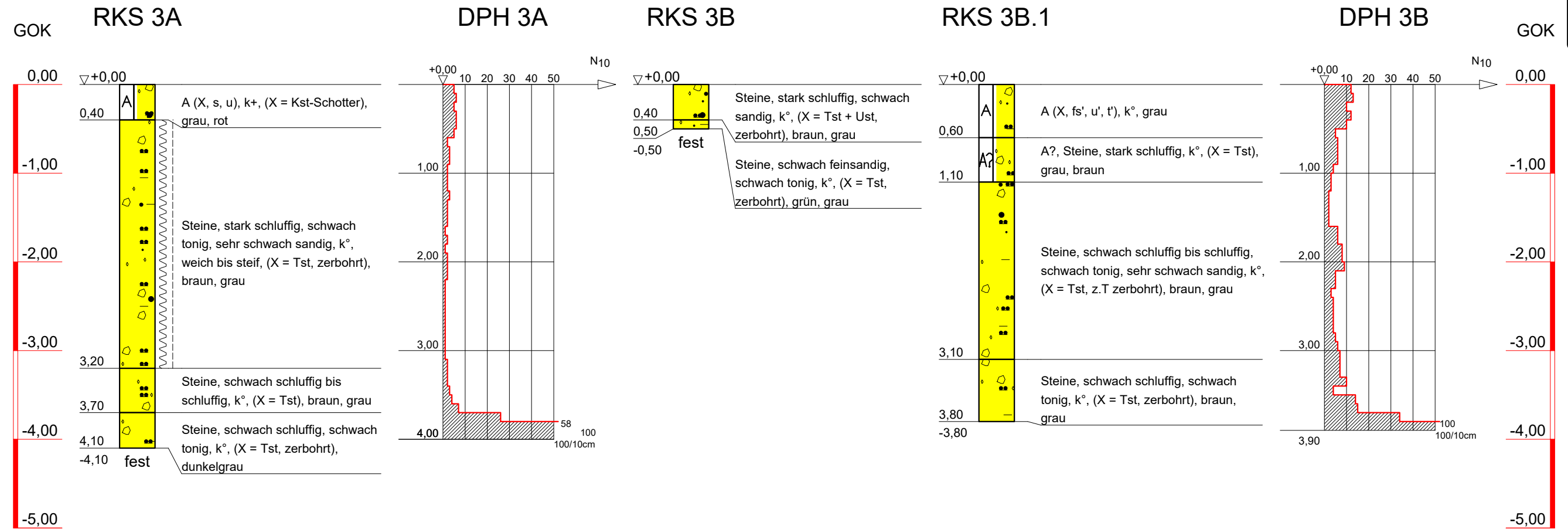


**RKS**  
**DPH** Rammkernsondierung und  
Rammsondierung schwere Sonde  
DIN 4094

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik Wuppertal mbH  
Pulsfort, Walldhoff und Partner  
Uellendahl 70 · 42109 Wuppertal · Telefon: (0202) 40491-0



SOLINGEN	
Buschpötter Bach	
Lageplan	
Maßstab	1 : 500
Wuppertal, den	09.12.2020



## ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

### UNTERSUCHUNGSSTELLEN

- DPH Rammsondierung schwere Sonde  
● RKS Rammkernsondierung

### BODENARTEN

Auffüllung		A
Auffüllung?		A?
Sand	sandig	S s
Schluff	schluffig	U u
Steine		X x
Ton	tonig	T t

### KORNGRÖßENBEREICH

f	fein
m	mittel
g	grob

### NEBENANTEILE

'	schwach (< 15 %)
"	stark (ca. 30-40 %)
"	sehr schwach; " sehr stark

### KALKGEHALT

k°	kalkfrei
k+	stark kalkhaltig

### KONSISTENZ

wch	weich	stf	steif
-----	-------	-----	-------

### RAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094 / EN ISO 22476-2

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe	DPL-5	DPL	DPM	DPM-A	DPH
Spitzendurchmesser	2,52 cm	3,57 cm	4,37 cm	3,57 cm	4,37 cm
Spitzenquerschnitt	5,00 cm²	10,00 cm²	15,00 cm²	10,00 cm²	15,00 cm²
Gestängedurchmesser	2,20 cm	2,20 cm	3,20 cm	2,20 cm	3,20 cm
Rammhämmergewicht	10,00 kg	10,00 kg	30,00 kg	30,00 kg	50,00 kg
Fallhöhe	50,0 cm	50,0 cm	50,0 cm	20,00 cm	50,00 cm

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik Wuppertal mbH  
Pulsfort, Walldhoff und Partner

Uellendahl 70 · 42109 Wuppertal · Telefon: (0202) 40491-0

**IGW**

**SOLINGEN**

Buschpötter Bach, SD 67-05

Bodenprofile und Rammdiagramme

Maßstab

1 : 50

Wuppertal, den

08.12.2020