

---

**Bericht Nr. 2321084.1a**

---

**Gemeinde Engelberg, Engelberg**

## **Engelberg, Definitive Beschneidung Langlaufloipe**

**Geotechnischer Bericht**

**14. Februar 2025**

Autor(en)	Bearbeitete Themen
Stefan Spichtig	Alle Kapitel
Laura Makowka	Berichtsrevision 2025
Supervision	Visierte Inhalte
Winfried Böhm	Alle Kapitel (2021)
Stefan Spichtig	Berichtsrevision 2025
Hinweise	
<p>Der vorliegende revidierte Bericht ersetzt die vorherige Berichtsversion Nr. 2321084.1 vom 17. Juni 2021. Anpassungen wurden in Kap. 2 und in den Anhängen 1 und 3 vorgenommen (Verwendung aktuelle Plangrundlagen)</p>	

GEOTEST AG

  
Stefan Spichtig

  
Laura Makowka

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	4
1.1	Auftrag und Objekt .....	4
1.2	Ausgangslage / Projekt .....	4
1.3	Fragestellung.....	5
2.	Verwendete Unterlagen .....	5
3.	Ausgeführte Untersuchungen .....	6
4.	Untersuchungsergebnisse .....	6
4.1	Allgemeine geologische Verhältnisse .....	6
4.2	Schichtaufbau.....	7
4.3	Baugrundwerte .....	8
4.4	Grundwasser .....	8
4.5	Hydrologie Erlenbach.....	10
5.	Folgerungen .....	10
5.1	Fassungsbauwerk PS100, Erlenbach.....	10
5.2	Pumpstation mit Kühlturm beim Sportplatz Wyden PS200.....	12
5.3	Leitungen und Anschlusschächte .....	13
5.4	Bauten im Grundwasser.....	13
5.5	Aushub und Wiederverwendbarkeit des Materials.....	13
5.6	Baugrundklasse bezüglich Erdbebeneinwirkung .....	14
6.	Naturgefahren .....	15
7.	Beeinträchtigung Dritter .....	15
8.	Schlussbemerkung.....	16

## Anhang

Situation mit Sondierungen, 1:1'000 .....	1
Rammdiagramme der Rammsondierungen Rss 01/21 – Rss 03/21 .....	2.1 - 2.3
Schnitt 1-1 – PS100, 1:100.....	3

## 1. Einleitung

### 1.1 Auftrag und Objekt

<b>Bauherrschaft:</b>	Einwohnergemeinde Engelberg, Abteilung Bau und Infrastruktur, 6390 Engelberg
<b>Projektverfasser / Ingenieur:</b>	CES Bauingenieur AG Waser und Partner, Alpenstrasse 9, 6390 Engelberg
<b>Offerte:</b>	OF2321084.1 vom 19. März 2021
<b>Auftragsbestätigung:</b>	27. April 2021, Email R. Waser, CES Bauingenieur AG
<b>Objekt / Parzelle:</b>	Engelberg, Beschneigung Langlaufloipe Obere Erlen
<b>Mittlere Koordinaten:</b>	2'673'970 / 1'185'763
<b>Mittlere Höhenlage:</b>	1003 m ü.M.
<b>Gewässerschutzbereich:</b>	A <sub>u</sub>
<b>Baugrundklasse:</b>	D
<b>Erdbebenzone:</b>	Z2
<b>Kataster der bel. Standorte:</b>	kein Eintrag
<b>Naturgefahrenkarte:</b>	geringe, mittlere und erhebliche Gefährdung durch Überschwemmung

### 1.2 Ausgangslage / Projekt

Auf Basis eines Variantenstudiums für die Beschneigung der Langlaufloipen wurde von der Gemeinde Engelberg entschieden, die Variante B «Beschneigung mit einer zusammenhängenden Infrastruktur» weiter zu verfolgen. Diese umfasst eine Beschneigung mit festen sowie flexiblen Installationen im Gebiet Obere Erlen. Folgende permanente Installationen sind vorgesehen:

#### **Entnahmebauwerk beim Erlenbach: *Pumpstation 100***

Schachtbauwerk mit Einbindung bis ca. 3.5 m ab OK Terrain, Abmessungen 3 m x 7 m und 1.4 m x 4 m (Entnahmeleitung)

#### **Pumpstation mit Kühlturm beim Sportplatz Wyden: *Pumpstation 200***

Bodenplatte EG ca. Niveau bestehendes Terrain, Abmessungen 19.5 m x 6.5 m  
Bodenplatte UG 2 m unter bestehendem Terrain, Abmessungen 6.5 m x 7.25 m

## **Leitungen und Anschlusschächte**

Die Verbindungsleitungen zwischen den Pumpstationen und zu den Anschlusschächten (VP01 bis VP07) werden in max. 1.5 m tiefen Gräben verlegt. Die Schächte werden als Fertigbetonelemente versetzt. Die Querung der Engelbergeraas, respektive die Verbindung zum Schanzenareal soll mit zwei Spülbohrungen (Ø 300 mm) erfolgen.

### **1.3 Fragestellung**

Durch eine Baugrunduntersuchung waren die folgenden Fragen zu klären:

- Schichtaubau des Untergrundes
- Geotechnische Eigenschaften der Bodenschichten, Setzungsverhalten
- Lage des Grundwasserspiegels, Schwankungsbereich

Die Abklärungen erlauben Aussagen zu:

- Fundationskonzept
- Aushub, Baugrubenabschluss, Wasserhaltung
- Beurteilung Spülbohrung
- Mögliche Beeinträchtigung Dritter, Grundwasserverhältnisse

## **2. Verwendete Unterlagen**

Als Grundlage für den vorliegenden Bericht wurden folgende Unterlagen verwendet:

- [1] Bundesamt für Umwelt (BAFU) (2006); Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle. Umwelt-Vollzug Nr. 0631. Bundesamt für Umwelt, Bern
- [2] Schweizerischer Bundesrat (2018); Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA 04.12.2015; Stand 01.01.2025)
- [3] Bundesamt für Landestopografie Swisstopo (2021); Geologischer Atlas der Schweiz; Karte der seismischen Baugrundklassen; geo.admin.ch; Februar 2025
- [4] Geoportal Kanton Obwalden (2021), GIS Daten AG; Grundwasserkarten / Grundbuchpläne / Naturgefahren / Karte der belasteten Standorte; www.gis-daten.ch; Februar 2025
- [5] GEOTEST AG; Engelberg, Neubau Alterswohnungen Erlenhaus (Parz. 2090/1545), geotechnischer Bericht Nr. 2316247.1; 25.10.2016
- [6] GEOTEST AG; Engelberg, Wohnen im Alter, Parz. 1545, hydrogeologische/geotechnische Vorabklärungen, Bericht Nr. 2312337.1; 19.06.2013

- [7] GEOTEST AG; Engelberg, Abflussmessungen Erlenbach 2012-2013, Bericht Nr. 2312211.2; 22.11.2013
- [8] Gemeinde Engelberg; Untersuchung der aktuellen Grundwasserverhältnisse, Bericht Schneider, Kellerhals und Haefeli AG Nr. 06-0181; 04.05.2009
- [9] CES Bauingenieur AG, 6390 Engelberg; Definitive Beschneigung Langlaufloipen, Schanzenareal und Bänzenrüti; Technischer Bericht Bauprojekt 2025 mit Planbeilagen; 14.02.2025

### 3. Ausgeführte Untersuchungen

Die Standorte der Sondierungen sind im Anhang 1, die Rammdiagramme in Anhang 2 ersichtlich.

Tabelle 1: Durchgeführte Untersuchungen

Untersuchungen	Datum	Ausführende Unternehmung
Abteufen von 3 Rammsondierungen (Typ: DPSH-A)	11.05.2021	GEOTEST AG, 6055 Alpnach Dorf
Versetzen von 2 Piezometern (Ø 1", 5 m bis 6 m tief)	11.05.2021	GEOTEST AG, 6055 Alpnach Dorf
Grundwasserspiegelmessungen (Handmessungen)	11.05. bis 15.06.2021	GEOTEST AG, 6055 Alpnach Dorf

### 4. Untersuchungsergebnisse

#### 4.1 Allgemeine geologische Verhältnisse

Der Untergrund im Talboden von Engelberg wird im obersten Bereich durch grobkörnige Flussablagerungen und unterschiedlich mächtige, feinkörnige Verlandungs-/Schwemmlagerungen aufgebaut. Darunter folgen bis in grössere Tiefen weitere Fluss- respektive Deltaablagerungen in Form von Kiessanden. Hier können lokal feinkörnigere Sedimente (Sande, Silte) dazwischengeschaltet sein. Der Bereich des Sportplatzes (Verteilschacht VP 06, 07 und Pumpschacht PS200) wurde künstlich aufgeschüttet. In diesem Bereich wurden bisher keine Sondierungen durchgeführt. Über die Materialzusammensetzung und Mächtigkeit dieser Aufschüttungen liegen uns deshalb keine Kenntnisse vor. Sie können im Weiteren nicht näher beschrieben werden.

## 4.2 Schichtaufbau

Basierend auf den durchgeführten Rammsondierungen und den Erfahrungen von Baugrunduntersuchungen in der näheren Umgebung besteht im Untersuchungsperimeter der Parzelle folgender schematischer Schichtaufbau (von oben nach unten):

### Schichttyp A: Deckschicht/Schwemmsedimente

Im obersten Bereich der drei Rammsondierungen zeigt sich eine gering tragfähige Deckschicht, respektive Schwemmsedimente. Diese bestehen aus sauberen bis siltigen Sanden mit z.T. wenig Kies. Lokale Torflagen sowie weiche tonige Silte sind zu erwarten. In RSS 01/21 beträgt die Mächtigkeit rund 1.5 m in RSS 02/21 ca. 3.2 m. In RSS 03/21 ist diese Schicht fast nicht vorhanden und weist lediglich eine Mächtigkeit von weniger als 1 m auf. Die Konsistenz kann als weich, respektive die Lagerungsdichte als locker bezeichnet werden. Diese Schichten sind zur Aufnahme von Fundamentlasten nicht geeignet.

### Schichttyp B: Sandig/kiesige Fluss- und Deltaablagerungen

Unter der Schicht A folgen sandige, kiesige Delta- und Flussablagerungen. Diese stehen bis in grössere Tiefen an und bestehen vermutlich aus vorwiegend sauberem bis leicht siltigem, stark sandigem Fein- bis Mittelkies und kiesigen Sanden mit vereinzelt Steinen und Blöcken. Sie sind grundwasserführend und stellen den Grundwasserleiter dar. Die Lagerungsdichte ist locker bis mitteldicht. In RSS 03/21 ist die Rammsondierung bereits auf 3.7 m aufgestanden. In diesem Bereich sind demzufolge auch höhere Lagerungsdichten und/oder Steine und Blöcke zu erwarten.

Vereinzelt können in diesem Schichttyp auch feinkörnigere, siltige und schlechter durchlässige Zwischenschichten (Stillwasserablagerungen) auftreten. In den durchgeführten Rammsondierungen wurden diese jedoch nicht angetroffen.

Im Bereich des Fassungsbauwerks PS100 und den Verteilschächten VP01 bis VP05 und der Querung der Engelberger Aa werden somit folgende Schichten unterteilt:

Tabelle 2: Schichtmodell des Untergrundes

Schicht	Tiefe ab OKT [m]	Beschreibung, Lagerungsdichte
Deckschicht / Auffüllungen A	0 – 3.2	Sand, siltig, wenig organische Beimengungen; locker Sand, kiesig, siltig; sandiger Kies mit Fremdstoffen; mitteldicht – sehr dicht
Sandig/kiesige Fluss- und Deltablagerungen B	1 – >15	Kies, stark sandig, Steine und bereichsweise Blöcke; locker – mitteldicht

### 4.3 Baugrundwerte

Aufgrund der Sondierergebnisse sowie unserer Erfahrung schätzen wir für die einzelnen Schichttypen die in der folgenden Tabelle angegebenen Baugrundwerte.

Tabelle 3: Geschätzte Baugrundwerte (Erfahrungswerte)

Schicht	Material-beschreibung	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	k	$M_{E1}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$M_{E2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
<b>A</b>	Sand, siltig, schwach kiesig, Silt, feinsandig	<b>18</b> (16 – 19)	<b>30</b> (26 – 32)	<b>0</b> (0-2)	<b>mässig</b>	<b>8</b> (6 – 10)	<b>20</b> (15 – 25)
<b>B</b>	Kies, schwach siltig, sandig, Steine, Sand kiesig locker - mitteldicht	<b>20</b> (19.0 – 21.0)	<b>35</b> (33 – 38)	<b>0</b> (0-2)	<b>gut</b>	<b>25</b> (20 – 50)	<b>80</b> (60 – 120)

Legende: **fett** geschätzter Erwartungswert  $X_m$  ( ) geschätzte Extremwerte  $X_k$   
 $\gamma$  Feuchtraumgewicht  $c'$  effektive Kohäsion  
 $\phi'$  innerer Reibungswinkel  
**A** Deckschicht/Schwemmsedimente  $M_{E1}$  Zusammendrückungsmodul bei Erstbelastung  
**B** sandig/kiesige Fluss- und Deltaablagerungen  $M_{E2}$  Zusammendrückungsmodul bei Wiederbelastung

### 4.4 Grundwasser

Der Untersuchungsperimeter liegt gemäss der Gewässerschutzkarte des Kantons Obwalden [4] im Gewässerschutzbereich  $A_u$  (nutzbare unterirdische Gewässer und zu deren Schutz notwendige Randbereiche). Gemäss den Grundwasserisohypsenkarten [8] befindet sich der mittlere Grundwasserspiegel bei der Fassung PS100 (RSS/PM 01/21) auf ungefähr 1002 m ü.M., der Tiefstand nur knapp darunter bei rund 1001.5 m ü.M.. Der Grundwasserhochstand hingegen liegt deutlich höher auf rund 1003 m ü.M.. Mit einem Gefälle von ca. 1% fliesst das Grundwasser generell in westliche Richtung.

Zur Verifizierung und Beobachtung des Grundwasserspiegels wurde in den ersten zwei Rammsondierungen (RSS 01/21 und RSS 02/21) ein Piezometer ( $\varnothing$  1“) versetzt. In der folgenden Tabelle 4 sind die bisher durchgeführten Wasserspiegelmessungen aufgeführt. Zusätzlich stehen Grundwasserspiegelmessungen der kantonalen Messstelle RKS 3 beim Sportingpark zur Verfügung. Gemäss dieser Ganglinie erreicht der Grundwasserspiegel gegen Ende Winter jeweils einen Tiefstand und steigt anschliessend im Frühling und Sommer um rund 70 – 80 cm an. Während intensiven Niederschlagsperioden kann der Grundwasserspiegel kurzfristig auch höher liegen und bei RSS 01/21 und RSS 02/21 entsprechend bis knapp unter OK Terrain ansteigen. Die Flurabstände westlich des Bänklialpwegs betragen bei mittlerem Grundwasserstand ca. 1 m bis 1.5 m. Nach Osten nimmt der Flurabstand rasch zu und beträgt am Ostrand des Sportplatzes ca. 5 m.

Tabelle 4: Grundwassermessungen Mai/Juni 2021

Piezometerrohr	Rss / PM 01/21	Rss / Pm 02/21	RKS 3	Pegel Erlenbach
Kote OK-Rohr [m ü.M.]	1003.09	1004.79	-	-
Kote OK-Terrain [m ü.M.]	1003.16	1003.92	ca. 1003.5	ca. 1003.41

Messungen:		Abstich /		Abstich /		Abstich /		Kote [m ü. M.]
		Flurabstand [m]	Kote [m ü. M.]	Flurabstand [m]	Kote [m ü. M.]	Flurabstand [m]	Kote [m ü. M.]	
11.05.2021	10:00	1.49	1001.67	1.54	1002.38	1.62	1001.88	1001.88
12.05.2021	19:00	1.38	1001.78	1.47	1002.45	1.60	1001.90	1001.90
17.05.2021	12:00	1.38	1001.78	1.47	1002.45	1.67	1001.83	1001.83
21.05.2021	15:30	1.38	1001.78	1.51	1002.41	1.73	1001.77	1001.77
27.05.2021	08:15	1.46	1001.70	1.50	1002.42			
11.06.2021	12:15	1.43	1001.80	1.42	1002.50			
15.06.2021	18:00	1.43	1001.73	1.42	1002.50			

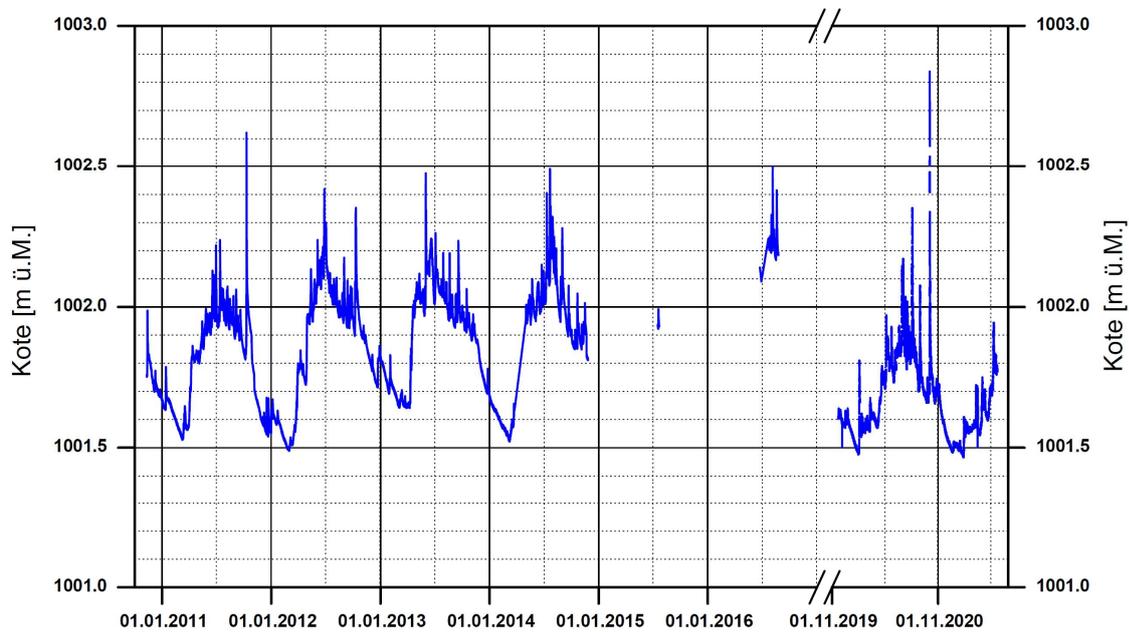


Abbildung 1: Grundwasserganglinie Kant. Messstelle RKS 3 (Fussweg, Sportingpark).

## 4.5 Hydrologie Erlenbach

Die bei der Brücke gemessenen Pegelstände des Erlenbachs sind ebenfalls in Tabelle 2 aufgeführt. Im Vergleich mit den Grundwasserständen liegt der Bachpegel jeweils 10 cm bis 20 cm tiefer. Das Grundwasser exfiltriert damit in den Erlenbach.

Die in den Jahren 2012 und 2013 durchgeführten Pegelmessungen [7] wiesen einen Schwankungsbereich zwischen ca. 1001.45 m ü.M. und knapp 1001.7 m ü.M. auf, wobei sich die Messstelle damals unmittelbar oberhalb der Brücke an der Klostersägelei befand. Die ermittelten Abflussmengen (Tagesmittelwerte) lagen zwischen rund 500 l/s bis 1'500 l/s wobei das Abflussregime durch den Grundwasserspiegel im Talboden gesteuert wird. Dies bedeutet konstant hohe Abflüsse ab Einsetzen der Schneeschmelze im Frühjahr bis zum Wintereinbruch im November/Dezember. Während den Wintermonaten ist in der Regel ein kontinuierlich sinkender Basisabfluss zu beobachten. In der oben erwähnten Messperiode (2012-2013) wurden folgende Monatsmittelwerte für den Abfluss ermittelt:

November	1'000 l/s
Dezember	800 l/s
Januar	770 l/s
Februar	665 l/s
März	573 l/s

## 5. Folgerungen

### 5.1 Fassungsbauwerk PS100, Erlenbach

#### Baugrube, Wasserhaltung

Mit einer Einbindetiefe von ca. 3.5 m ab OK Terrain befindet sich die UK Bodenplatte deutlich unter dem mittleren Grundwasserspiegel (Flurabstand ca. 1.2 m).

Über dem Grundwasserspiegel kann für unbelastete, temporäre Böschungen eine Neigung von 2:3 bis maximal 1:1 (vertikal:horizontal) vorgesehen werden.

Im Grundwasser ist aufgrund der erforderlichen Grundwasserabsenkung von rund 2.5 m ein Aushub ohne Wasserhaltung und dichter Baugrubenumschliessung nicht vertretbar. Einerseits ist eine hohe Durchlässigkeit der kiesigen Flussablagerungen zu erwarten und sandige Bereiche der Schicht B sind stark auswaschungsgefährdet. Andererseits grenzt das Fassungsbauwerk naturgemäss direkt an den Erlenbach, welcher einen konstanten Pegelstand im Bereich des mittleren Grundwasserstandes aufweist.

Wir empfehlen, die Baugrube mittels einer geramnten, dichten Spundwand (geschlossener Spundwandkasten) auszuführen. Aus hydraulischer Sicht ist eine Spundwandlänge von mindestens 12 m ab OK Terrain erforderlich. Die statische Dimensionierung erfolgt durch den Ingenieur. Aufgrund der durchgeführten

Untersuchungen ist der Untergrund rammbar, wobei erhöhte Emissionen (Lärm/Erschütterungen) im Bereich der dichter gelagerten kiesigen Flussablagerungen zu erwarten sind. Setzungen im Nahbereich der Spundwand sind zu erwarten. Im Untergrund können lokal Steine und Blöcke vorhanden sein.

Die Grundwasserabsenkung von ca. 2.5 m kann innerhalb der Spundwand mittels Filterbrunnen oder Pumpensäulen erreicht werden. Die zu erwartenden Wassermengen sind infolge des heterogenen Bodenaufbaus schwer abschätzbar. Aufgrund der durchgeführten Sondierungen und der Erfahrungen aus der Umgebung müssen schätzungsweise rund 1'000 l/min bis 1'500 l/min gepumpt werden können. Eine Grundwasserabsenkung ist bewilligungspflichtig. Das Pumpwasser ist z.B. über Absetzbecken in den Bach (Vorfluter) einzuleiten. Mögliche Zusatzaufwendungen wie Neutralisationsanlage während den Betonierarbeiten, sind vorgängig abzuklären.

## Fundation

Aufgrund der geringen Flurabstände und der Einbindetiefe des Fassungsbauwerks unter den höchsten Grundwasserspiegel muss die Auftriebssituation berücksichtigt werden. Für die Situation mit leerem Pumpenraum und hohem Grundwasserspiegel sind zur Gewährleistung der Auftriebssicherheit vom Ingenieur Zugpfähle vorzusehen. Die anfallenden vertikalen Lasten könnten ebenfalls über die Pfähle in den Untergrund abgetragen werden.

Die Pfähle werden die Lasten über Mantelreibung und Spitzenwiderstand (nur Druckpfähle) innerhalb der Schicht B abtragen.

Aufgrund der geologischen und hydrogeologischen Randbedingungen kommen unseres Erachtens folgende Pfahlssysteme in Frage:

- Ortsbeton-Rammpfahl, Fertigteil-Rammpfahl
- Bohrfahl (z.B. Selbstbohrpfähle, Ortbetonbohrpfähle, Verdrängerbohrpfähle)

Aus unseren Erfahrungen bei Projekten in der Umgebung mit vergleichbarem Untergrundaufbau gehen wir von folgenden **charakteristischen Werten für Mantelreibung und Spitzenwiderstand der Pfähle (äussere Tragfähigkeit)** aus:

Tabelle 5: Charakteristische Werte für Mantelreibung und Spitzenwiderstand (geschätzte Erwartungswerte)

Schicht	Tiefe ab OKT	Mantelreibung	Spitzenwiderstand
B sandig/kiesige Fluss- und Deltaablagerungen	0 – >15 m	0.10 MN/m <sup>2</sup>	2.0 MN/m <sup>2</sup>

Für die Bemessungswerte des **äusseren Tragwiderstandes** können die spezifischen Widerstände aus Tabelle 5 unter der Berücksichtigung der gültigen Sicherheitsbeiwerte (SIA 267) verwendet werden.

Die in unserem Bericht angenommenen Werte für die spezifische Mantelreibung und den Spitzenwiderstand basieren auf den vorhandenen Kenntnissen (in situ-Bodenuntersuchungen). Für eine Verifizierung dieser Werte und eine Optimierung der Pfahlfundation sind Pfahlbelastungsversuche nötig.

Die **innere Tragfähigkeit** der Pfähle (nach den Normen SIA 261/262 und 267) ist durch den Ingenieur nachzuweisen.

Da die Bodenplatte des Schachtes innerhalb der Schicht B (sandig/kiesige Fluss-/Deltaablagerungen) zu liegen kommt und aufgrund der eher geringen zu erwartenden Lasten des Bauwerks, wäre alternativ auch eine Flachfundation möglich. Dazu wäre eine Grundwasserabsenkung von mindestens 0.5 m unter die Aushubsole erforderlich. Die Auftriebskräfte müssten dabei über eine auskragende und entsprechend dicke Bodenplatte aufgenommen werden.

## 5.2 Pumpstation mit Kühlturm beim Sportplatz Wyden PS200

In diesem Bereich wurden bisher keine Sondierungen ausgeführt. Es ist jedoch bekannt, dass die obersten Bodenschichten im Gebiet der Sportanlage künstlich aufgefüllt wurden. Die geplante Pumpstation wird nur teilweise unterkellert und bindet maximal ca. 2 m unter das bestehende Terrain ein. Damit wird die Fundationskote vermutlich grösstenteils im Bereich der künstlichen Auffüllungen zu liegen kommen. Wir empfehlen, aufgrund der bestehenden Unsicherheiten den effektiven Schichtaufbau und die Materialzusammensetzung an diesem Standort noch mittels einer Baggersondierung oder mindestens einer Rammsondierung genauer zu ermitteln.

Wir erachten es jedoch aufgrund des grundsätzlich sandig/kiesigen zu erwartenden Untergrundes als vertretbar, eine vom Ingenieur vorgeschlagene Flachfundation mit einem 60 cm mächtigen Materialersatz vorzusehen.

Die Aushubkote wird damit ca. 2.6 m unter dem heutigen Terrain liegen. Damit befindet sie sich nur bei Grundwasserhochstand knapp unter dem Grundwasserspiegel. Der mittlere Grundwasserspiegel liegt deutlich tiefer, weshalb hier mit grosser Wahrscheinlichkeit keine Grundwasserabsenkung erforderlich sein wird.

Über dem Grundwasserspiegel sollte für unbelastete, temporäre Böschungen bei ausreichenden Platzverhältnissen vorsichtshalber (keine Sondierungen vorhanden) eine Neigung von 2:3 (vertikal:horizontal) eingeplant werden. Je nach effektiven Materialeigenschaften und Platzverhältnissen sind allenfalls auch konstruktive Massnahmen für die Böschungssicherung erforderlich (z.B. Sickerbetonvorlagen) oder die Neigungen können optimiert werden.

### 5.3 Leitungen und Anschlusschächte

Die Verbindungsleitungen zwischen den Pumpstationen und zu den Anschlusschächten werden erdverlegt.

Eine Wasserhaltung wird aufgrund des relativ geringen Flurabstands westlich des Bänklialpwegs bereits ab Grabentiefen von ca. 1.4 m erforderlich. Falls die Grabentiefen in diesem Bereich gering gehalten werden, bleibt der Aufwand für die Wasserhaltungsmassnahmen klein. Mit ansteigendem Terrain nach Osten nimmt der Flurabstand rasch zu, weshalb dort keine Wasserhaltungen erforderlich sein werden.

Die Schächte werden als Fertigbetonelemente versetzt. Je nach Schichtverlauf an den jeweiligen Standorten ist allenfalls ein Materialersatz erforderlich. Idealerweise werden auch hier die Einbindetiefen analog zum Leitungsbau angesichts der zu erwartenden Flurabstände bei den Schächten VP01 bis VP04 gering gehalten.

### Querung Engelberger Aa

Die Querung der Engelberger Aa, respektive die Verbindung zum Schanzenareal soll mit zwei Spülbohrungen ( $\varnothing$  300 mm) erfolgen. Grundsätzlich erachten wir diese Bohrungen als machbar. Die Rammsondierung RSS 03/21 ist in einer Tiefe von 3.7 m aufgestanden. Dies zeigt, dass mit Bohrerschwernissen in Form von Steinen oder Blöcken gerechnet werden muss. Die Zusammensetzung der Bohrspülung ist unter Berücksichtigung der gut durchlässigen sandig/kiesigen Fluss- und Deltaablagerungen so zu wählen, dass das Risiko von Spülverlusten bestmöglich minimiert wird.

### 5.4 Bauten im Grundwasser

Das Bauvorhaben liegt im Gewässerschutzbereich  $A_u$  (nutzbare unterirdische Grundwassergebiete sowie deren Randgebiete).

Das Speichervolumen und der Durchfluss nutzbarer Grundwasservorkommen dürfen durch Einbauten wie Untergeschosse, Pfähle, Baugrubenabschlüsse usw. nicht wesentlich und dauernd verringert werden (Art. 43 Abs. 4 GSchG). Im Gewässerschutzbereich  $A_u$  sollen deshalb keine Anlagen erstellt werden, die unter dem mittleren Grundwasserspiegel liegen. Ausnahmen können durch das Amt für Landwirtschaft und Umwelt des Kantons Obwalden bewilligt werden (Anh. 4 Ziff. 211 Abs. 2 GSchV). Grundlage dazu ist ein Unbedenklichkeitsnachweis für Bauten im Grundwasser.

Ein solcher Nachweis ist hier für die Fassung PS100 sowie die Leitungsabschnitte und Verteilschächte, welche unter den mittleren Grundwasserspiegel einbinden, zu erbringen. Dafür ist allerdings ein definitiver Pfählungsplan notwendig.

### 5.5 Aushub und Wiederverwendbarkeit des Materials

Die Deckschicht und Schwemmsedimente (Schicht A) enthalten viele Feinanteile und sind somit wasser- und frostempfindlich. Nach Durchnässung sind sie kaum verdichtbar und können nur für wenig

anspruchsvolle Aufschüttungen oder für unbelastete Rückverfüllungen vorgesehen werden. Allfällige organische Anteile zersetzen sich langfristig und bewirken dadurch Setzungen.

Die kiesigen Flussablagerungen und Fluss-/Deltaablagerungen sind nach der Entwässerung für verdichtete Schüttungen allenfalls wiederverwendbar. Je nach Feinanteil sind sie frostempfindlich und können in ver-nässtem Zustand nicht verdichtet werden.

Im östlichen Projektperimeter, wo bekannterweise das Gelände künstlich aufgeschüttet wurde, ist allenfalls mit Fremdstoffen im Aushub zu rechnen. Bis zu einem Massenprozent handelt es sich gemäss VVEA [2] noch um unverschmutzten Aushub. Falls lokal stärker verschmutztes Aushubmaterial vorhanden ist, muss dieses auf eine Deponie Typ B (Inertstoffe) gebracht werden. Diesbezüglich sind die entsprechenden Richtlinien [1], [2] zu beachten.

## 5.6 Baugrundklasse bezüglich Erdbebeneinwirkung

Die Bauparzelle liegt gemäss der Karte der Baugrundklassen des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) in der Baugrundklasse C. Die durchgeführten Sondierungen bestätigen diese Zuordnung.

Tabelle 5: Baugrundklassen gemäss SIA 261

Baugrund- klasse	Beschreibung	$V_{s,30}$ [m/s]	$N_{SPT}$ [-]	$c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$S$ [-]
A	Fels oder andere felsähnliche geologische Formation mit höchstens 5 m Lockergestein an der Oberfläche	> 800	-	-	1.00
B	Ablagerungen von sehr dichtem Sand, Kies oder sehr steifem Ton mit einer Mächtigkeit von mindestens einigen zehn Metern, gekennzeichnet durch einen allmählichen Anstieg der mechanischen Eigenschaften mit der Tiefe	500 ... 800	> 50	> 250	1.20
C	Ablagerungen von dichtem oder mitteldichtem Sand, Kies oder steifem Ton mit einer Mächtigkeit von einigen zehn bis mehreren hundert Metern	300 ... 500	15 ... 50	70 ... 250	1.15
D	Ablagerungen von lockerem bis mitteldichtem kohäsionslosem Lockergestein (mit oder ohne einige weiche kohäsive Schichten), oder von vorwiegend weichem bis steifem kohäsivem Lockergestein	< 300	< 15	< 70	1.35
E	Oberflächliche Schicht von Lockergestein mit $v_s$ -Werten nach C oder D und veränderlicher Dicke zwischen 5 m und 20 m über steiferem Bodenmaterial mit $v_s > 800$ m/s	-	-	-	1.40

## 6. Naturgefahren

Gemäss der Gefahrenkarte des Kantons Obwalden [4] besteht im Projektperimeter teilweise eine geringe bis erhebliche Gefährdung für den Prozess Wasser (siehe Abbildung 2). Um Schäden an den technischen Installationen zu verhindern sollten die Schachbauwerke entsprechend dicht ausgebildet werden.

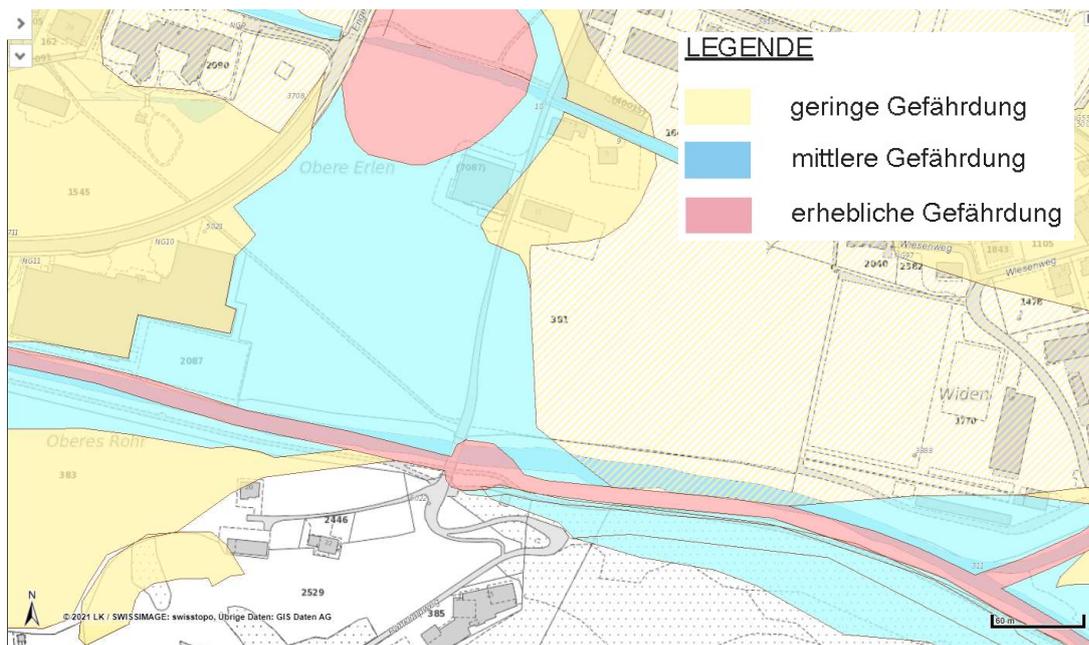


Abbildung 2: Auszug Gefahrenkarte Kanton Obwalden [4] für den Prozess Wasser

## 7. Beeinträchtigung Dritter

Zur vorsorglichen Beweissicherung und zur Feststellung möglicher Auswirkungen der Tiefbauarbeiten auf die angrenzenden Bauwerke, Strassen und Werkleitungen, ist im Bereich der Pumpstationen und bei der Spülbohrung ein Kontroll- und Überwachungssystem erforderlich.

Wir empfehlen folgende Überwachungsmassnahmen (im Sinne eines Überwachungs- und Sicherheitskonzeptes):

- **Zustandsaufnahmen** der unmittelbar angrenzenden Gebäude (Fassaden) und Strassen in einem Umkreis von ca. 30 m der Baugrube.
- **Geodätische Messung** (Lage und Höhe) ausgewählter Punkte in einem Umkreis von ca. 30 m der Baugrube.
- **Evtl. Erschütterungsmessungen** beim Einbringen und Rückziehen der Spundwand.
- **Grundwasserüberwachung** in der Umgebung vor, während und nach der Bauzeit.

Die Zustandsaufnahmen sowie die Nullmessung des Nivellements sind vor Baubeginn durchzuführen. Die Kontrollintervalle, die Grenzwerte und die Zuständigkeiten sind in einem Kontroll- und Überwachungsplan festzuhalten.

Weiter empfehlen wir, die Erstellung der Projektbasis und Nutzungsvereinbarung mit den entsprechenden üblichen Festlegungen sowie der Benennung und Verteilung der akzeptierten Risiken und jeweiligen Restrisiken.

## **8. Schlussbemerkung**

Wir empfehlen den Abschluss einer Bauwesen- und Bauherrenhaftpflichtversicherung.

Die getätigten Untersuchungen erlauben nur eine generelle Beurteilung der geotechnischen Verhältnisse. Aus diesem Grund betrachten wir eine geotechnische Begleitung während der Bauphase zur Überprüfung unserer z.T. auf Annahmen gestützten Aussagen als notwendig. Insbesondere bei der Pumpstation PS200 empfehlen wir ergänzend vor Baubeginn Sondierungen (Baggerschlitz oder Rammsondierung) durchzuführen.

Wir empfehlen der Bauherrschaft den Abschluss der üblichen Bauwesen- und Bauherrenhaftpflichtversicherung.



Datum: 11.05.2021 Auftrags Nr.: 2321084.1

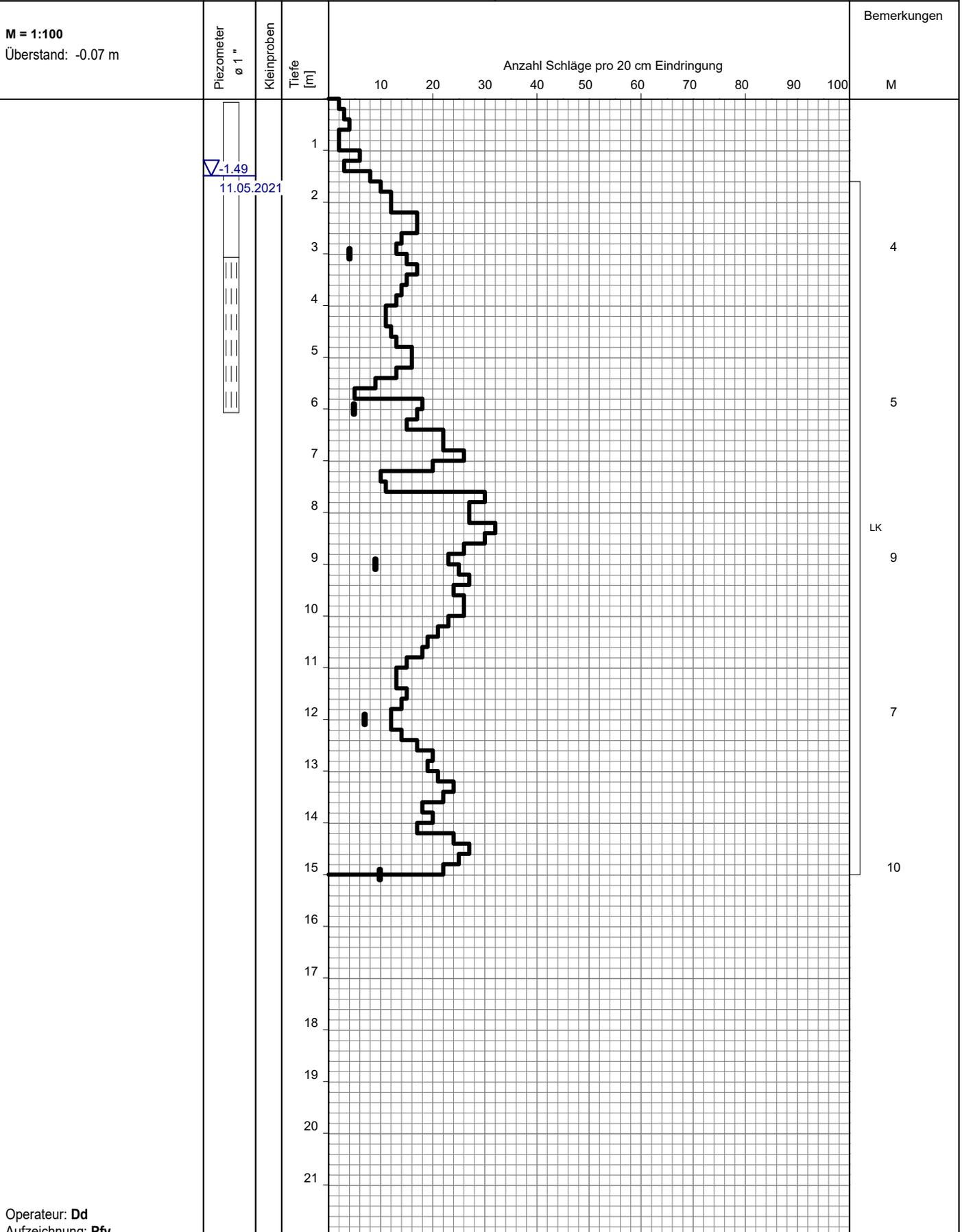
Objekt: Engelberg, Beschneigung Langlaufloipe

Sonde: DPSH-A (superschwer) gemäss EN ISO 22476-2:2005  
(unverrohrt, Spitze 16 cm<sup>2</sup>, Fallmasse 63.5 kg, Fallhöhe 50 cm)

M Mantelreibung (Schlagzahl bei Rammen nach Sondenrückzug)  
K Knirschen bei Sondenrückzug (charakteristisch für Kies)  
LK leichtes Knirschen

# Rammsondierung Rss 01/21

Terrainkote ca.: 1003.16 m ü.M. Koordinaten ca.: 8fi+' fi +\$ / %fi/ ) fi\*\*'



Operateur: Dd  
Aufzeichnung: Pfy

Datum: 11.05.2021 Auftrags Nr.: 2321084.1

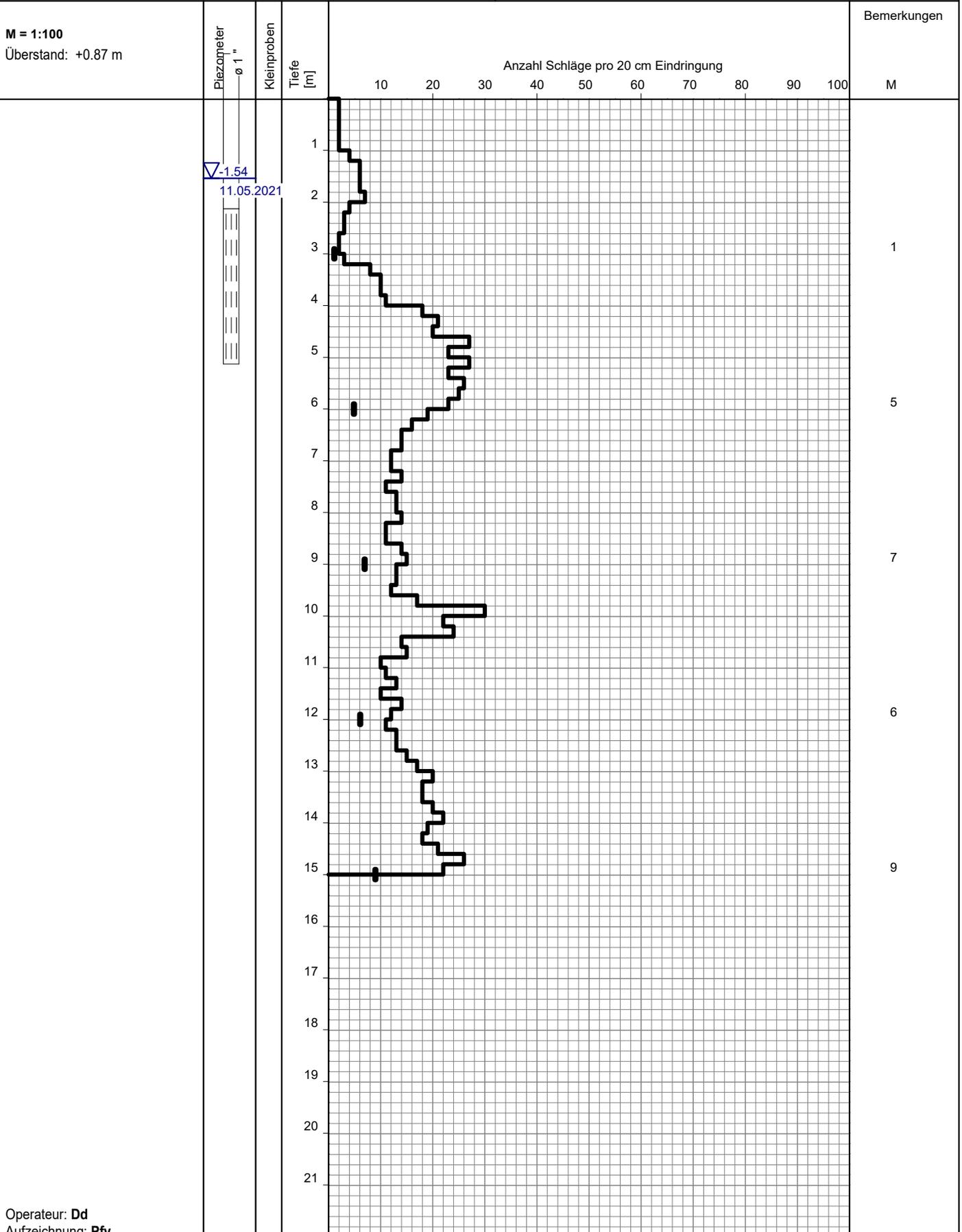
Objekt: Engelberg, Beschneigung Langlaufloipe

Sonde: DPSH-A (superschwer) gemäss EN ISO 22476-2:2005  
(unverrohrt, Spitze 16 cm<sup>2</sup>, Fallmasse 63.5 kg, Fallhöhe 50 cm)

M Mantelreibung (Schlagzahl bei Rammen nach Sondenrückzug)  
K Knirschen bei Sondenrückzug (charakteristisch für Kies)  
LK leichtes Knirschen

# Rammsondierung Rss 02/21

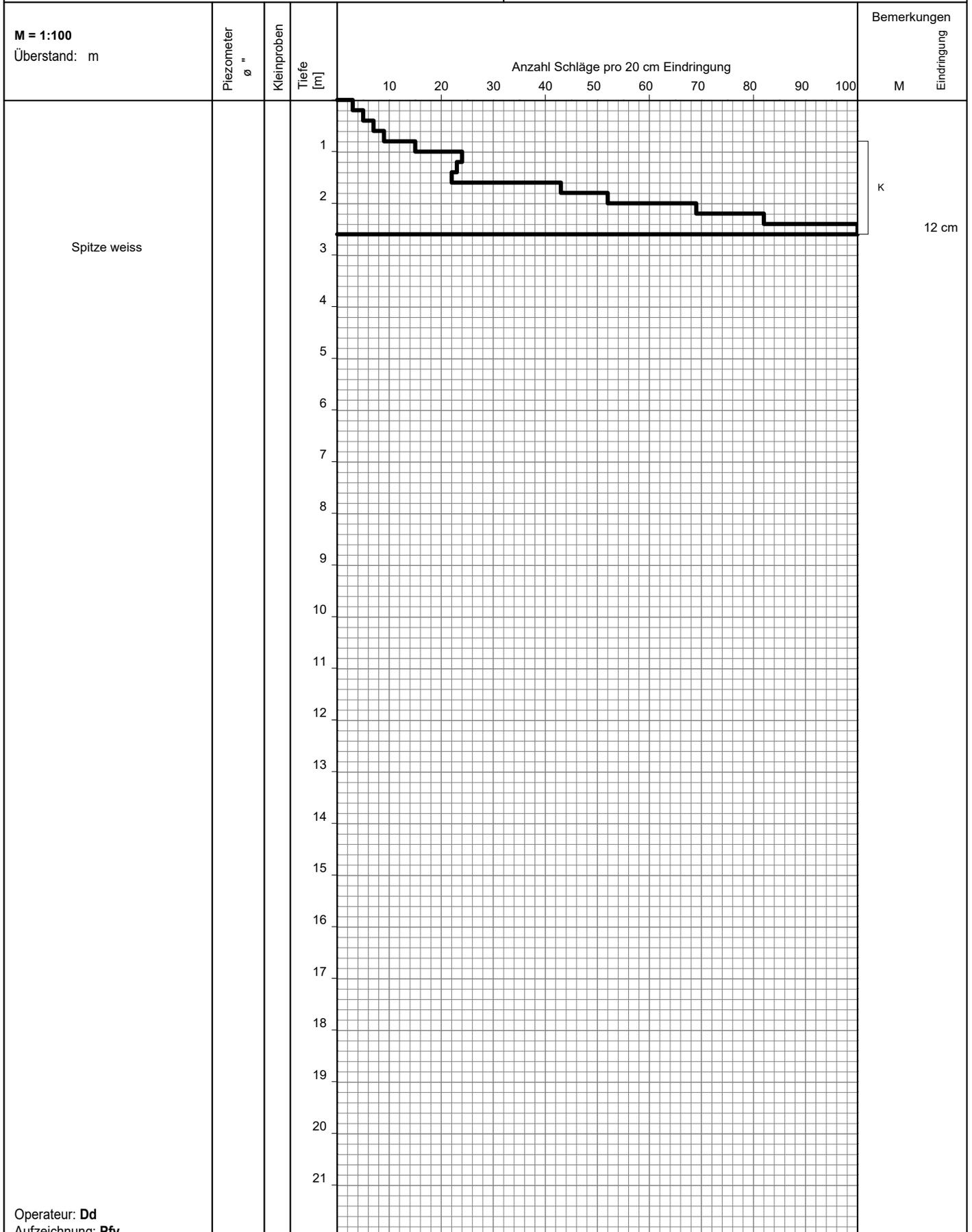
Terrainkote ca.: 1'003.92 m ü.M. Koordinaten ca.: 2'673'950 / 1'185'679



Operateur: Dd  
Aufzeichnung: Pfy

Datum: **11.05.2021** Auftrags Nr.: **2321084.1**  
 Objekt: **Engelberg, Beschneigung Langlaufloipe**  
 Sonde: DPSH-A (superschwer) gemäss EN ISO 22476-2:2005  
 (unverrohrt, Spitze 16 cm<sup>2</sup>, Fallmasse 63.5 kg, Fallhöhe 50 cm)  
 M Mantelreibung (Schlagzahl bei Rammen nach Sondenrückzug)  
 K Knirschen bei Sondenrückzug (charakteristisch für Kies)  
 LK leichtes Knirschen  
 Terrainkote ca.: **1'004.2 m ü.M.** Koordinaten ca.: **2'673'851 / 1'185'581**

**Rammsondierung Rss 03/21**



Operateur: **Dd**  
 Aufzeichnung: **Pfy**

