

GERMAN GEO SERVICES

DANNBERGER WEG 12 91093 NIEDERLINDACH TEL 09135-722542 FAX 09135-722543

GEOPHYSIKALISCHE BOHRLOCHMESSUNGEN IM BRUNNEN II LENGTHAL BAYERN

Datum: 23.05.2019

**Auftraggeber: Wasserzweckverband Mallersdorf
über
TAFELMEIER Tiefbrunnen-Bau GmbH**

Projekt: Brunnenuntersuchung

Dannberger Weg 12 91093 Niederlindach
Telefon: 09135- 722542
Telefax: 09135 - 722543

Sandstr. 14 91233 Neunkirchen am Sand
Telefon: 09123 - 74363

E-Mail: germangeoservices@t-online.de

Bohrlochvermessung
Geoelektrik
Magnetotellurik
Magnetik
Gravimetrie
Geodätische Vermessung

GEOPHYSIKALISCHE BOHRLOCHVERMESSUNGEN MESSBERICHT

1. Allgemeines

1.1 Vorgang

Im Auftrag des Wasserzweckverband Mallersdorf, veranlasst durch die Bohrfirma Tafelmeier Brunnenbau GmbH, Hochöd und das Ingenieurbüro IGWU, Marktschwaben, wurden im Brunnen II Lengthal am 23.05.2019 geophysikalisch-produktionstechnische Messungen durchgeführt. Einzelheiten der Bohrung sind den beigefügten grafischen Darstellungen der Messergebnisse zu entnehmen. Die Messungen fanden in Anwesenheit von Herrn Tafelmeier und diverser Mitarbeiter des Wasserzweckverbands statt.

1.2 Angaben zu den Bohrungen

Bohrung Nr.	:	Brunnen II Lengthal
Messdatum	:	23.05.2019
Rechtswert	:	4533327.047 (GK) 753947.070 (UTM)
Hochwert	:	5395472.559 (GK) 5399407.389 (UTM)
Höhe HN / NN	:	440.755 m (BOK)
Bohrendteufe	:	120,00 m (GOK)
Messendteufe	:	113,50 m (BOK)

1.3 Messprogramm

Das Messprogramm war vom Ingenieurbüro IGWU vorgegeben und wurde gemäss Angebot ausgeführt. Es bestand am 23.05.2019 aus den Messverfahren:

- TEMP Temperatur in Ruhe u. Prod. 9,30 l/s
- SAL Salinität in Ruhe u. Prod. 9,30 l/s
- FLOW Flowmeter in Ruhe u. Prod. 9,30 l/s

Die für die Durchführung der produktionstechnischen Messungen notwendige Pumpausrüstung mit induktiver Durchflussmessung wurde von der Bohrfirma bereitgestellt sowie ein- und ausgebaut.

1.4 Bemerkungen

Sämtliche Messungen wurden in Absprache auf die Brunnenoberkante (offener Brunnenflansch) BOK bezogen, diese liegt 0,25 m über dem Fliesenboden der Brunnenstube, welcher ungefähr dem Niveau der Geländeroberkante GOK entspricht. Die Rohroberkante des Edelstahlausbaus DN 400 wurde bei 0,35 m unter BOK gemessen. Der Ruhewasserspiegel lag zum Messzeitpunkt bei 69,92 m unter BOK. Während der Produktionsmessungen wurde eine maximale Absenkung auf 71,76 m unter BOK erreicht.

Anlagen: 3 Übersichts-Ausdrucke der Messergebnisse, DIN A4, farbig
3 Einzel-Ausdrucke im Feldplotformat, M 1:200, farbig
1 Gesamtdarstellung (Composite-Log) aller Messergebnisse, farbig

2. Zur Interpretation der Messungen

2.1 Produktionstechnische Messungen

Gemessen wurden die Temperatur (TEMP), die Leitfähigkeit (SAL) und die vertikalen Fließraten (Flowmeter), jeweils in Ruhe und bei Förderung. Der Einlauf der U-Pumpe befand sich bei ca. 75,00 m unter BOK. Die Förderrate von 9,30 l/s wurde mittels induktiven Durchflussmessers gemessen und geregelt. Der Ruhewasserspiegel lag bei 69,92 m unter BOK. Während der Messungen wurde eine maximale Absenkung auf 71,76 m unter BOK erreicht. Zur Sicherstellung der Reproduzierbarkeit / Qualitätskontrolle der Messdaten wurden die Flowmessungen mehrfach wiederholt. Die dabei repräsentativsten Messergebnisse wurden in die grafischen Darstellungen übernommen.

2.1.1 Temperatur (TEMP)

Die Ruhewerte der Temperatur liegen am Wasserspiegel bei 10,08 °C: Sie fallen zunächst sehr steil und ab ca. 70,50 m unter BOK zunehmend abflachend bis auf 9,73 °C bei ca. 75,00 m unter BOK. Danach steigen die Werte im Bereich der drei Ruhezuflüsse Z1-Z3 mit deutlich unruhigem Kurvenverlauf und diversen stufenförmigen Gradientenänderungen bis auf 9,97 °C bei ca. 90,50 m unter BOK und bewegen sich dann bis zur Messendteufe annähernd konstant um 9,95 °C (Abwärtsströmung, Wasser wird mit konstanter Temperatur nach unten transportiert). Dies lässt darauf schließen, dass die Abwärtsströmung vermutlich noch weiter reicht als mit den Flowmetermessungen nachweisbar (Hinterwandeffekt im Sumpfrohr).

Die Produktionsmessung zeigt von der Brunnensohle in Fließrichtung zur U-Pumpe hin gesehen das gleiche Ausgangsniveau wie die zugehörige Ruhemessung von 9,95 °C. Die Werte steigen jedoch bereits im Sumpfrohrbereich (Hinterwandeffekt) sofort an und erreichen bei ca. 110,00 m unter BOK (OK Sumpfrohr und UK Ruheabflussbereich A3) erkennbar höhere 10,07 °C. Dies kann als Beweis dafür dienen, dass der Abflussbereich A3 bei einer Förderung von 9,30 l/s bereits einen sehr kleinen Produktionsanteil liefert, der jedoch zu gering ist, um mit den Flowmetermessungen nachweisbar zu sein (unterhalb der Ansprechschwelle der Sonde). Der gesamte Kurvenverlauf der Produktionsmessung liegt durchwegs über den Ruhedaten und zeigt somit die Förderung etwas wärmeren Wassers aus allen Zuflussbereichen. Nach zunächst relativ konstantem Verlauf nimmt die Wassertemperatur in den oberen drei Zuflüssen ab ca. 89,00 m unter BOK mit, in Analogie zur Ruhemessung, ebenfalls deutlich unruhigem Kurvenverlauf bis auf minimal 9,90 °C bei ca. 79,00 m unter BOK (UK Hauptzufluss Z1) ab. Im Hauptzufluss Z1 erfolgt eine erneute Zunahme bis auf 9,98 °C bei ca. 77,00 m (OK Zufluss Z1). Der weitere Anstieg auf 10,06 °C bei Messbeginn 76,00 m unter BOK ist sehr wahrscheinlich bereits auf die Erwärmung durch den Pumpenmotor zurückzuführen.

2.1.2 Leitfähigkeit (SAL25)

Die Ruhemessung der el. Leitfähigkeit (SAL25) zeigt am Wasserspiegel ca. 660 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die Werte steigen zunächst im Hauptzufluss Z1 mit leicht unruhigem Kurvenverlauf bis auf maximal 732 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bei ca. 82,00 m unter BOK. Danach ist bis ca. 86,80 m unter BOK (UK Zufluss Z2) ein Rückgang auf 682 $\mu\text{S}/\text{cm}$ erkennbar. Dieser Wert bleibt bis ca. 89,00 m unter BOK relativ konstant. Im Anschluss folgt ein erneuter Anstieg im Zufluss Z3 bis ca. 90,80 m auf 695 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Hierauf folgt bis ca. 98,00 m unter BOK ein Messwertniveau um 689 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mit minimal 686 und maximal 693 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Bis ca. 99,00 m unter BOK gehen die Leitfähigkeitswerte auf 683 $\mu\text{S}/\text{cm}$ zurück und verlaufen ab ca. 105,00 m unter BOK bis zur Messendteufe auf sehr konstantem Niveau um 680 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Die Produktionsmessung zeigt von der Brunnensohle in Fließrichtung gesehen, durchwegs etwas niedrigere Werte als die zugehörige Ruhekurve und somit eine etwas niedrigere Mineralisation des geförderten Wassers. Ausgehend von 677 $\mu\text{S}/\text{cm}$ fallen die Werte zunächst relativ stetig bis ca. 107,50 m unter BOK (~ OK Zufluss Z5) auf 642 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und bewegen sich dann bis ca. 97,70 m mit geringen Abweichungen auf diesem Niveau. Bis ca. 91,00 m folgt ein relativ stetiger Anstieg auf 665 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Im Zufluss Z3 ist im Anschluss ein deutliches Messwertminimum von 648 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bei ca. 89,60 m unter BOK vorhanden. Nach erneutem Anstieg auf 672 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bei ca. 87,80 m unter BOK ist im Zufluss Z2 ein weiteres, ausgeprägtes Kurvenminimum um 856 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bei ca. 86,40 m unter BOK erkennbar. Danach nehmen die Werte wieder mit etwas stufenförmigem Anstieg bis auf 697 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bei ca. 81,50 m unter BOK zu. Bis in die Nähe des Pumpeneinlaufs nehmen die Leitfähigkeitswerte im Hauptzuflussbereich Z1 dann nochmals mit etwas unruhigem Kurvenverlauf bis auf 675 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ab.

Der gemeinsame Ausdruck enthält die nach EU-Norm EN 27888 auf 25°C korrigierte Leitfähigkeit SAL25 (mathematische Korrektur).

2.1.3 Flowmeter (FLOW)

Die verwendete bidirektionale Flowmetersonde wurde mit speziellen Zentriervorrichtungen zur Führung in der Brunnenachse gefahren. Die für die Quantifizierung notwendige Eichung der Flowmetersonde erfolgte ausschliesslich über eine mehrfache Feldkalibrierung in der zu untersuchenden Grundwassermessstelle, da diese stets den sonden-spezifischen Standard-Eichkurven, weil wesentlich genauer, vorzuziehen ist. Die Berechnung der Zuflussanteile erfolgte fahrgeschwindigkeits-kompensiert und unter Berücksichtigung der Ansprech-Schwellwerte (threshold velocities) der verwendeten hochempfindlichen Flowmetersonde.

Die in den Ausdrucken dargestellten Messkurven sind fahrgeschwindigkeits-kompensiert, jedoch zum Nachweis der guten Messqualität nicht zusätzlich gefiltert (d.h. mathematisch geglättet). Ruhe- und Produktionsmessungen wurden, wie bereits oben erwähnt, zur Qualitätssicherung mehrfach gefahren, sämtliche Wiederholungsmessungen bestätigen die Messergebnisse dabei eindeutig. Die Ausdrücke zeigen die Messkurven zusammen mit den gemessenen Fahrgeschwindigkeiten (Ruhemessung (abwärts) = blaue Kurven, Ruhemessung (aufwärts) = schwarze Kurven und Förderung 9,30 l/s = rote Kurven).

Bei nicht vorhandenen vertikalen (eigendynamischen) Strömungen in der Wassersäule, konstantem Durchmesser und konstanter Fahrgeschwindigkeit der Flowmetersonde wird allgemein bei der sogenannten Ruhemessung ein ebenfalls sehr konstanter Messwert (Messflügelumdrehungen, gemessen in Umdrehungen pro Sekunde, Einheit ups) aufgezeichnet. Dabei verursacht eine höhere Fahrgeschwindigkeit oder eine Verringerung des Bohrlochdurchmessers eine Erhöhung der Flowmeter-Umdrehungen und eine niedrigere Fahrgeschwindigkeit bzw. ein grösserer Bohrlochdurchmesser hat umgekehrt eine Reduzierung der Flowmeter-Umdrehungen zur Folge.

Dieser konstante Messwert ist in den vorliegenden Ruhekurven nur im oberen Bereich bis ca. 77,90 m unter BOK und unterhalb ca. 110,00 m unter BOK bis zur Messendteufe vorhanden. Ab hier ist daher bis zur Brunnensohle ebenfalls eine ruhende Wassersäule vorhanden. Zur weiteren Beweissicherung wurden die Ruhemessungen auch in Aufwärtsrichtung gefahren. Gut erkennbar sind hierbei die nahezu identischen, spiegelbildlichen Zunahmen der Messflügelumdrehungen in den jeweiligen Bereichen. Die vorhandene Wasserbewegung im Ruhezustand ist somit eindeutig nachgewiesen.

Die nachfolgenden quantitativen Abschätzungsberechnungen der prozentualen Zuflussanteile aus den Flowmetermessungen und der Komplexauswertung der anderen Messverfahren ergeben im Ruhezustand (bei 5,93 l/s bzw. 21,358 m³/h) folgende Werte:

Zufluss	Teufe	l/s	%	m ³ /h
Z1 Hauptzufluss	ca. 77,9 – 79,1 m	3,18	53,60	11,447
Z2 Zufluss	ca. 86,2 – 86,8 m	1,16	19,58	4,182
Z3 Zufluss	ca. 89,0 – 90,0 m	1,59	26,82	5,729
	Summen:	5,93	100,00	21,358

Die oben genannten abwärts fließenden Wassermengen fließen in den nachstehenden Abflüssen wieder in das Gebirge zurück.

Abfluss	Teufe	l/s	%	m ³ /h
A1 Abfluss	ca. 100,7 – 102,0 m	1,87	31,48	6,724
A2 Abfluss	ca. 107,8 – 108,5 m	2,00	33,80	7,219
A3 Hauptabfluss	ca. 109,4 – 110,0 m	2,06	34,72	7,415
	Summen:	5,93	100,00	21,358

Die Abschätzungsberechnung der prozentualen aufwärts gerichteten Zuflussanteile aus den Flowmetermessungen bei Förderung mit 9,30 l/s (33,480 m³/h) und der Komplexauswertung der anderen Messverfahren ergibt folgende Werte:

Zufluss	Teufe	l/s	%	m ³ /h
Z1 Hauptzufluss	ca. 77,9 – 79,1 m	3,88	41,69	13,957
Z2 Zufluss	ca. 86,2 – 86,8 m	1,86	20,02	6,703
Z3 Zufluss	ca. 89,0 – 90,0 m	2,80	30,05	10,060
Z4 Zufluss	ca. 100,7 – 102,0 m	0,39	4,24	1,419
Z5 Zufluss	ca. 107,8 – 108,5 m	0,37	4,00	1,341
	Summen:	9,30	100,00	33,480

Weitere Zuflüsse konnten messtechnisch in der gegebenen Versuchsanordnung nicht nachgewiesen werden. Sämtliche Wiederholungsmessungen bestätigen die Ergebnisse eindeutig. Der Hauptabflussbereich A3 (entspricht Zufluss Z6) zeigt dabei keine messbare Förderung. Es ist jedoch sicherlich davon auszugehen, dass bei entsprechend höherer Pumpleistung auch dieser Bereich einen Produktionsanteil liefert.

3.0 Zusammenfassung

Die messbare Endteufe des Brunnen II Lengthal lag bei 113,50 m unter der Brunnenoberkante BOK (offener Brunnenflansch). Die Rohroberkante ROK des Edelstahlausbaus wurde bei 0,35 m unter BOK gemessen. Der Ruhewasserspiegel wurde bei 69,92 m unter BOK angetroffen. Während der Versuchsdurchführungen mit einer Förderrate von 9,30 l/s wurde eine maximale Absenkung auf 71,76 m unter BOK erreicht.

Im Brunnen ist eine eigendynamische, abwärts gerichtete Wasserbewegung anhand der Messergebnisse eindeutig nachweisbar. Zwischen 77,90 und 90,00 m unter BOK sind im Ruhezustand drei Zuflüsse Z1-Z3 mit insgesamt ca. 5,93 l/s vorhanden. Diese Wassermenge fließt zwischen 100,70 und 110,00 m in den nachweisbaren Abflüssen A1-A3 in das Gebirge zurück. Bei einer Pumprate von 9,30 l/s können fünf Zuflüsse Z1-Z5 eindeutig identifiziert werden, die zwischen 77,90 und 108,50 m unter BOK liegen. Weitere Zuflüsse sind mit der Flowmetersonde in der gegebenen Versuchsanordnung nicht nachweisbar.

GERMAN GEO SERVICES



Peter E. Richert

GERMAN GEO SERVICES

DANNBERGER WEG 12 91093 NIEDERLINDACH TEL. 09135-722542

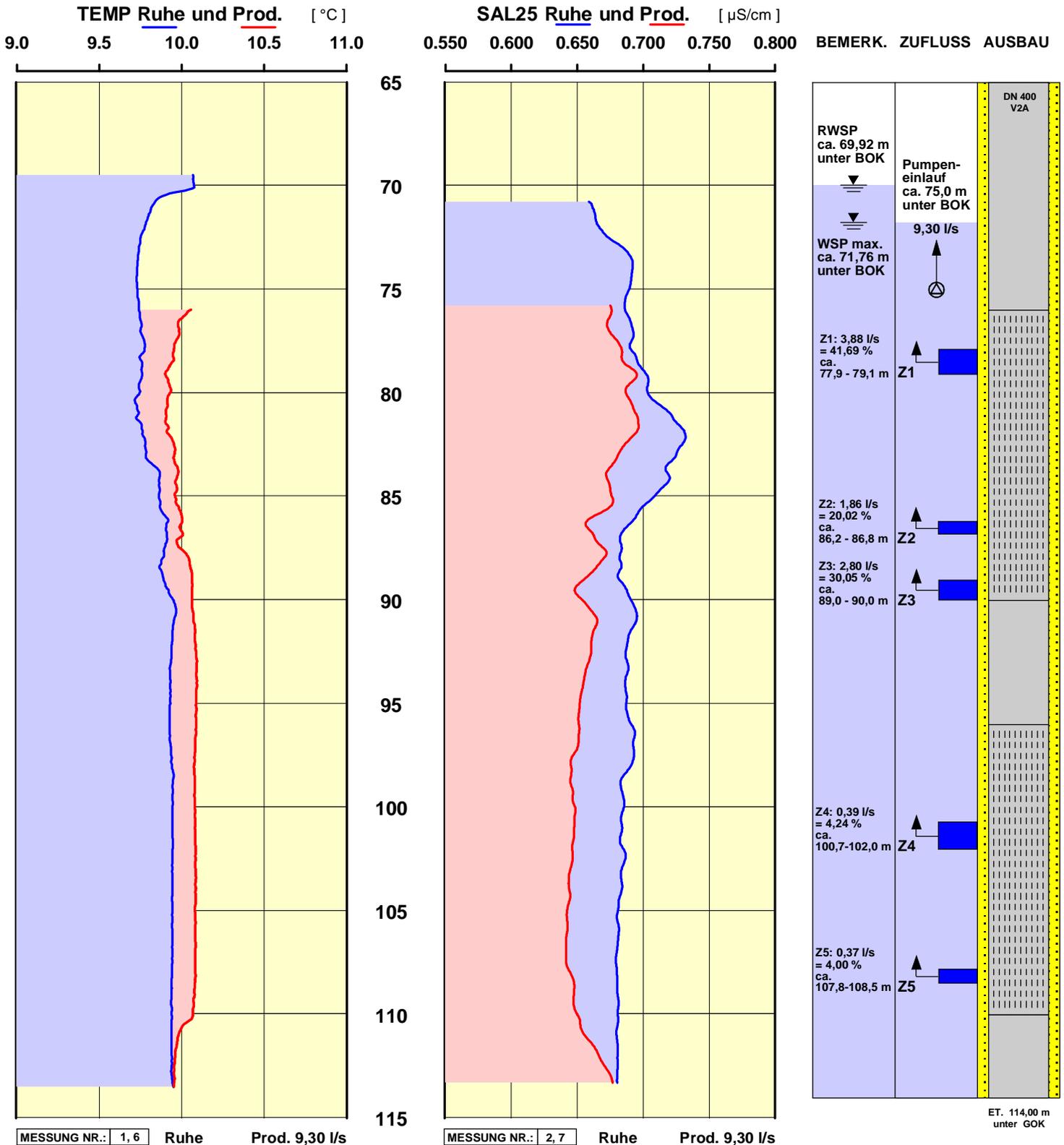
BOHRLOCHVERMESSUNG

Temperatur Log (TEMP) Salinometer Log (SAL25°C)

Ruhe und Produktion 9,30 l/s

AUFTRAGGEBER : Wasserzweckverband Mallersdorf
 PROJEKT : Brunnenuntersuchung
 ORT : Lengthal
 BUNDESLAND : Bayern

BOHRUNG-NR. : Brunnen II
 DATUM : 23.05.2019
 MESSAUFTRAG : B19052301
 MESSWAGEN : ERH-PR-116



GERMAN GEO SERVICES

DANNBERGER WEG 12 91093 NIEDERLINDACH TEL. 09135-722542

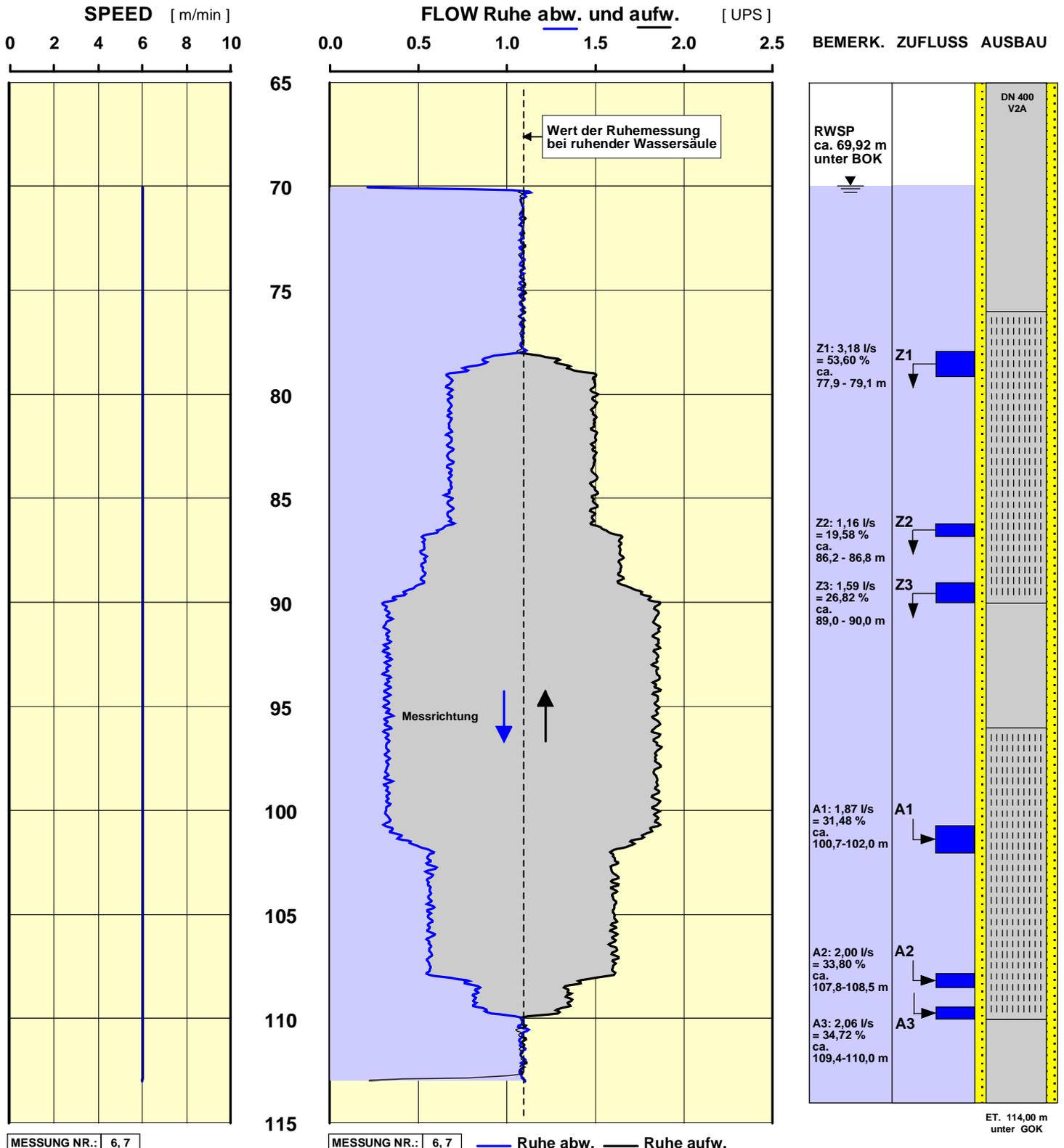
BOHRLOCHVERMESSUNG

Flowmeter Log (FLOW)

Ruhezustand, Messrichtungen ab- und aufwärts

AUFTRAGGEBER : Wasserzweckverband Mallersdorf
 PROJEKT : Brunnenuntersuchung
 ORT : Lengthal
 BUNDESLAND : Bayern

BOHRUNG-NR. : Brunnen II
 DATUM : 23.05.2019
 MESSAUFTRAG : B19052301
 MESSWAGEN : ERH-PR-116



GERMAN GEO SERVICES

DANNBERGER WEG 12 91093 NIEDERLINDACH TEL. 09135-722542

BOHRLOCHVERMESSUNG

Flowmeter Log (FLOW)

Ruhe und Produktion 9,30 l/s

AUFTRAGGEBER : *Wasserverbund Mollersdorf*
 PROJEKT : *Brunnenuntersuchung*
 ORT : *Lengthal*
 BUNDESLAND : *Bayern*

BOHRUNG-NR. : **Brunnen II**
 DATUM : *23.05.2019*
 MESSAUFTRAG : *B19052301*
 MESSWAGEN : *ERH-PR-116*

