

**Hydrogeologisches Gutachten
zur Ermittlung des Grundwassereinzugsgebiets
der Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck**

I0881.A

Verfasserin: Dipl.-Geol. Doris Brandmair

Auftraggeber: Gemeinde Bruck
Kirchweg 2
85567 Alxing
Tel. 08092-84168

in VG Glonn
Marktplatz 1
85625 Glonn
Tel. 08093-9097-0

Durchführung: IGwU GmbH, Ingenieurbüro für Grundwasser und Umweltfragen
Bahnhofstraße 22
85570 Markt Schwaben
Tel. 08121/45937 Fax: 08121/45023
Email: IGwU.GmbH@t-online.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	5
2	Naturraumverhältnisse.....	5
2.1	Lage des Untersuchungsgebietes	5
2.2	Morphologischer und hydrographischer Überblick.....	6
2.3	Meteorologische Verhältnisse	7
2.4	Geologischer Überblick.....	13
3	Hydrogeologische Verhältnisse.....	17
3.1	Oberflächengewässer.....	17
3.2	Grundwassersystem.....	18
3.3	Messstellennetz.....	20
3.4	Errichtung von fünf Grundwassermessstellen	20
3.4.1	Errichtung der Grundwassermessstellen GwM 1 (Pullenhofen), GwM 2 (Baumhau) und GwM 3 (Höhenberg).....	20
3.4.2	Errichtung der Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5.....	25
3.5	Auswertung von Grundwasserstandsmessungen und Quellschüttungsmessungen	27
3.6	Grundwasserfließrichtung und Gefälle	29
4	Beurteilung des Gewinnungsgebietes Pullenhofen.....	33
4.1	Allgemeine Verhältnisse	33
4.2	Wasserrechtsverhältnisse.....	34
4.3	Wasserbedarf	34
4.4	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse im Bereich der Quelle Pullenhofen.....	41
5	Ermittlung des Einzugsgebiets der Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck.....	42
6	Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung im Einzugs- gebiet der Quelle Pullenhofen	48
7	Hydrochemische Verhältnisse.....	52
8	Flächennutzung im Einzugsgebiet der Quelle Pullenhofen.....	54

Verzeichnis der Anlagen und Tabellen

Anlagen

- Anlage 1: Übersichtslageplan
Anlage 2: Ausschnitt aus der Geomorphologischen Karte des Inn-Chiemsee-Gletschers 1 : 100.000 (nach Troll 1924, aus DARGA 2009)
Anlage 2.1: Hydrogeologische Profile durch das Einzugsgebiet der Quelle Pullenhofen
Anlage 3.1: Großräumige Karte der Tertiäroberfläche (nach SCHIRM 1968)
Anlage 3.2: Karte der Tertiäroberfläche im Untersuchungsgebiet (nach SCHIRM 1968, MÜLLER & UNGER 1972, IGWU GmbH)
Anlage 4: Orohydrographische Karte und Höhen der Quellaustritte
Anlage 5: Ausschnitt aus dem Grundwassergleichenplan von SCHIRM (1968), Stichtagsmessung vom Juni 1966 (Mittelwasser)
Anlage 6: Lage der Brunnen, Grundwassermessstellen und Quellen
Anlage 7: Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne der Grundwassermessstellen GwM 1 bis GwM 5 der Gemeinde Bruck
Anlage 8: Wasserstände in den Grundwassermessstellen GwM 1 bis GwM 5 der Gemeinde Bruck sowie im Brunnen Berghofen und in den Grundwassermessstellen GwM 1, GwM 2 und GwM 3 der Gemeinde Moosach, GwM 3 der Gemeinde Kirchseeon, Quellschüttungsmengen der Quelle Pullenhofen und Niederschläge an der agrarmeteorologischen Station Osterseeon
Anlage 9.1.1: Messergebnisse der Stichtagsmessungen im Raum Bruck – Moosach – Kirchseeon in den Jahren 2009 bis 2011
Anlage 9.1.2: Messergebnisse der Stichtagsmessungen im Raum Bruck – Moosach – Kirchseeon in den Jahren 2014 bis 2017
Anlage 9.2: Grundwassergleichenplan (Stichtagsmessung vom 28.09.2010, hohes Mittelwasser)
Anlage 9.3: Grundwassergleichenplan (Stichtagsmessung vom 05.04.2011, Mittelwasser)
Anlage 9.4: Grundwassergleichenplan (Stichtagsmessung vom 12.11.2015, Niedrigwasser)
Anlage 9.5: Grundwassergleichenplan (Stichtagsmessung vom 22.02.2017, niedriges Mittelwasser)
Anlage 10.1: Zustrombereich der Quelle Pullenhofen auf Basis der Stichtagsmessung vom 28.09.2010 (hohes Mittelwasser)
Anlage 10.2: Zustrombereich der Quelle Pullenhofen auf Basis der Stichtagsmessung vom 05.04.2011 (Mittelwasser)
Anlage 10.3: Zustrombereich der Quelle Pullenhofen auf Basis der Stichtagsmessung vom 12.11.2015 (Niedrigwasser)
Anlage 10.4: Zustrombereich der Quelle Pullenhofen auf Basis der Stichtagsmessung vom 22.02.2017 (niedriges Mittelwasser)
Anlage 11: Zustrombereich der Quelle Pullenhofen (Umhüllende der Einzugsgebiete auf Basis der Stichtagsmessungen vom 28.09.2010, 05.04.2011, 12.11.2015 und vom 22.02.2017)
Anlage 12.1: Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung
Anlage 12.2: Ermittlung der Verweilzeit des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung

Tabellen

- Tab. 1: Jährlicher Niederschlag an der Klimastation Ebersberg von 1995 bis 2010 in mm/Jahr
Tab. 2: Mittlerer monatlicher Niederschlag an der Klimastation Ebersberg im Zeitraum von 1995 bis 2010
Tab. 3: Jährliche Verdunstung an der Klimastation Ebersberg im Zeitraum von 1995 bis 2010 in mm/Jahr
Tab. 4: Mittlerer Niederschlag, Verdunstung und Gebietsabfluss im Zeitraum von 1995 bis 2010 gemessen an der Klimastation Ebersberg in mm/Jahr
Tab. 5: Jährlicher Gebietsabfluss auf Grundlage der Daten der Klimastation Ebersberg im Zeitraum von 1995 bis 2010 in mm/Jahr
Tab. 6: Mittlerer monatlicher Gebietsabfluss im Zeitraum von 1995 bis 2010
Tab. 7: Hydrologische Bilanz für das Untersuchungsgebiet auf der Basis der Karten von Kern (1954) und des BAYERISCHEN LANDESAMTS FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1998) sowie auf Basis der Klimadaten der Station Ebersberg für den Zeitraum von 1995 bis 2010
Tab. 8: Allgemeine und technische Daten der Grundwassermessstellen GwM 1 (Pullenhofen), GwM 2

Tab. 9:	(Baumhau) und GwM 3 (Höhenberg) der Gemeinde Bruck Daten des Pumpversuchs an der Grundwassermessstelle GwM 1 (Pullenhofen) der Gemeinde Bruck
Tab. 10:	Daten des Pumpversuchs an der Grundwassermessstelle GwM 2 (Baumhau) der Gemeinde Bruck
Tab. 11:	Daten des Pumpversuchs an der Grundwassermessstelle GwM 3 (Höhenberg) der Gemeinde Bruck
Tab. 12:	Stationäre Pumpversuchsauswertung nach DAHLHAUS für ungespannte Verhältnisse an den Grundwassermessstellen GwM 1 (Pullenhofen), GwM 2 (Baumhau) und GwM 3 (Höhenberg) der Gemeinde Bruck
Tab. 13:	Stationäre Pumpversuchsauswertung nach BIESKE für ungespannte Verhältnisse an den Grundwassermessstellen GwM 2 (Baumhau) und GwM 3 (Höhenberg) der Gemeinde Bruck
Tab. 14:	Stationäre Auswertung des Pumpversuchs an der Grundwassermessstelle GwM 1 nach DUPUIT-THIEM
Tab. 15:	Allgemeine und technische Daten der Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5
Tab. 16:	Pumpversuchsergebnis an der Grundwassermessstelle GwM 4
Tab. 17:	Pumpversuchsergebnis an der Grundwassermessstelle GwM 5
Tab. 18:	Stationäre Pumpversuchsauswertung nach DAHLHAUS für die Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5
Tab. 19:	Stationäre Pumpversuchsauswertung nach DUPUIT-THIEM für die Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5
Tab. 20:	Maximale, mittlere und minimale Schüttung der Quelle Pullenhofen im Zeitraum 2007 bis 2016
Tab. 21:	Statistische Auswertung der Wasserstandsdaten in den Grundwassermessstellen Nr. 16006 Eglfing Lehrer und Nr. 14126 Pastetten Q18 und Wasserstände bei den Stichtagsmessungen
Tab. 22:	Allgemeine Daten der Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck
Tab. 23:	Entnahmemengen aus der Quelle Pullenhofen und verkaufte Wassermengen im Versorgungsgebiet der Gemeinde Bruck sowie Abgaben an den bzw. Bezug vom Markt Glonn über den Notverbund
Tab. 24:	Ermittlung der Wasserverluste im Versorgungsgebiet der Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck
Tab. 25:	Einwohner der Gemeinde Bruck in den Jahren 2007 bis 2016 und prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahl
Tab. 26:	Ermittlung des Wasserverbrauchswerts im Versorgungsgebiet der Gemeinde Bruck
Tab. 27:	Wasserbedarf im Versorgungsgebiet der Gemeinde Bruck im Jahr 2037
Tab. 28:	Geologische und hydrogeologische Daten der Grundwassermessstellen der Gemeinde Bruck
Tab. 29:	Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, ermittelt aus den Bohrprofilen der Brunnen und Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet der Quelle Pullenhofen sowie in dessen näheren Umgebung
Tab. 30:	Klasseneinteilung der Gesamtschutzfunktion (aus HÖLTING et al. 1995)
Tab. 31:	Angaben zu den Biotopen im Einzugsgebiet und unterstromig der Quelle Pullenhofen

1 Einführung

Die Trinkwasserversorgung im Versorgungsgebiet der Gemeinde Bruck erfolgt über die Quelle Pullenhofen, die rund 500 m westlich von Pullenhofen liegt. Die Quelle wird seit den 1950er Jahren genutzt. Im Jahr 2005 wurde die Quelle saniert und neu ausgebaut. Für die Quelle besteht noch keine gesicherte wasserrechtliche Erlaubnis; sie wird derzeit auf der Grundlage einer vorzeitigen Zulassung vom 12.12.2006 betrieben. Das bestehende Wasserschutzgebiet für die Quelle wurde mit Verordnung des Landratsamtes Ebersberg vom 03.06.1996 festgesetzt. Es entspricht nicht mehr den aktuellen Anforderungen.

Das Landratsamt Ebersberg forderte von der Gemeinde Bruck die Einreichung der für die wasserrechtliche Genehmigung der Grundwasserentnahme aus der Quelle Pullenhofen sowie für die Neuausweisung des Trinkwasserschutzgebiets erforderlichen Antragsunterlagen. Grundlage für die Erarbeitung eines Schutzgebietsvorschlags bildet die mit dem vorliegenden Gutachten durchgeführte Ermittlung des Einzugsgebiets der Quelle. Die IGwU GmbH wurde von der Gemeinde Bruck mit der Durchführung der Arbeiten beauftragt.

2 Naturraumverhältnisse

Nach der Abgrenzung der Landschaftsräume im Regionalplan München befindet sich das Untersuchungsgebiet im Bereich der Endmoränen des Inn-Chiemsee-Hügellandes.

2.1 Lage des Untersuchungsgebietes

Das nähere Untersuchungsgebiet reicht im Osten bis zur Bahnlinie München – Rosenheim, im Norden bis Fürmoosen, im Westen bis zur Ortschaft Schattenhofen und im Süden bis Bruck. Das weitere Einzugsgebiet der Quelle Pullenhofen erstreckt sich bis in den Bereich der südöstlichen Münchener Schotterebene.

2.2 Morphologischer und hydrographischer Überblick

Relief

Das nähere Untersuchungsgebiet liegt im nordwestlichen Randbereich des sog. Innvorlandgletschers. Die Quelle selbst liegt am nordöstlichen Rand des Zungenbeckens der Moosach.

Die Landschaft im näheren Untersuchungsgebiet ist von Moränen der Würmeiszeit geprägt. In die Hügel haben sich die Bäche tief eingeschnitten. Die Geländehöhen liegen zwischen rund 510 m ü. NN im Tal der Moosach bei Bruck und 609 m ü. NN östlich von Buch auf dem Taubenberg.

Hydrographie

Die regionalen Vorfluter im Untersuchungsgebiet bilden die Moosach, der Doblbach und der Urtelbach. Die Moosach entspringt zwischen Schattenhofen und Scharrtl auf einer Höhe von ca. 575 m ü. NN. Bei der Ortschaft Moosach vereinigt sich die Moosach mit dem Doblbach, der aus südlicher Richtung kommt. Die Moosach fließt von der Ortschaft Moosach aus zunächst in südöstliche und ungefähr ab Höhe der Ortschaft Pullenhofen in südliche Richtung der Glonn zu.

Der Urtelbach entspringt rund 750 m nördlich von Pullenhofen auf dem Urtelfeld. Er fließt in west-östlicher Richtung und mündet in Grafing in die Attel.

Im Untersuchungsgebiet gibt es darüber hinaus zahlreiche Quellaustritte: Nordwestlich von Falkenberg entspringen zwei Quellen in ca. 565 m ü. NN bzw. 580 m ü. NN, die in Richtung Moosach nach Süden fließen. Nordwestlich der Waldbachmühle entspringen am Allmensberg Quellen auf ca. 445 bis 450 m ü. NN. Weitere Quellaustritte liegen östlich des Höchenbergs auf Höhen zwischen ca. 560 m ü. NN und 570 m ü. NN. Auch entlang der Talhänge der Moosach finden sich häufig Quellaustritte, wie z.B. die Quellen bei Baumhau und bei Pullenhofen. Diese Quellaustritte liegen auf einer Höhe von ungefähr 530 m ü. NN.

Um die Moosach hat sich im Bereich der Brünnelwiesen östlich von Gutterstädt ein Moor

gebildet.

Rund 1 km südwestlich von Moosach liegt der Steinsee. Im Moränenbereich sind einzelne Weiher zu finden, wie z.B. bei Deinhofen und nordwestlich von Bruck.

2.3 Meteorologische Verhältnisse

Die meteorologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet werden durch die Lage im gemäßigt humiden Klimabereich geprägt. Langjährige Daten zur flächenhaften Verteilung der meteorologischen Daten liegen von KERN (1954) für den Zeitraum von 1901 bis 1951 und vom BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1998) für den Zeitraum 1961 bis 1990 vor. Ausführliche meteorologische Daten liegen für den Zeitraum 1971 bis 1991 von der Station München-Riem vor. Im Jahr 1992 wurde diese Station aufgelöst und an den Flughafen München „Franz Josef Strauß“ verlagert. Außerdem wurden Klimadaten von der Station Ebersberg für den Zeitraum 1996 bis 2015 ausgewertet.

Niederschläge

Das Klima im Untersuchungsgebiet ist durch niederschlagsreiche Sommer und niederschlagsarme Winter geprägt.

Im Untersuchungszeitraum von 1971 bis 1991 wurde in der Klimastation München-Riem ein mittlerer jährlicher Niederschlag von 971 mm gemessen; dabei war das Niederschlagsmaximum mit 1183 mm im Jahr 1990 und das Niederschlagsminimum mit 769 mm im Jahr 1972 zu verzeichnen. Die höchsten Niederschläge fielen mit durchschnittlich 120 mm/Monat (1971-1991) in den Monaten Juni, Juli und August.

KERN (1954) gibt für den Zeitraum von 1901 bis 1951 für den Bereich des Untersuchungsgebiets mittlere Niederschlagshöhen von rund 1000 mm an. Das BAYERISCHE LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT hat für den Zeitraum von 1961 bis 1990 Niederschlagsmengen zwischen 950 mm und 1099 mm für das Untersuchungsgebiet ermittelt.

In den Jahren 1996 bis 2015 fielen im Bereich der Klimastation Ebersberg zwischen 699

mm (2003) und 1338 mm (2002) an Niederschlägen. Der mittlere jährliche Niederschlag an der Station Ebersberg lag im gleichen Zeitraum bei 1038 mm (s. Tab. 1)

Tab. 1: Jährlicher Niederschlag an der Klimastation Ebersberg von 1995 bis 2010 in mm/Jahr

Jahr	Niederschlag (mm)	Jahr	Niederschlag (mm)
1996	1016	2006	943*
1997	999	2007	1056
1998	1045	2008	979
1999	1256	2009	1034
2000	1206	2010	989
2001	1305	2011	1013
2002	1338	2012	1061
2003	699	2013	1012
2004	969	2014	895
2005	1074	2015	788
Mittelwert 1996 bis 2015		1038	

* Von Juli bis September 2006 liegen keine Daten vor; bei der Berechnung der Jahressumme für das Jahr 2006 wurden daher Niederschlagswerte der nahe gelegenen Niederschlagsstation Forstinning für diesen Zeitraum angenommen.

Aus den vorliegenden Daten werden die langjährigen durchschnittlichen Niederschlagsmengen im Untersuchungsgebiet mit rund 1000 mm/a bis 1050 mm/a abgeschätzt. Die höchsten Monatsniederschläge der Jahresreihe 1996 bis 2015 fielen an der Klimastation Ebersberg in den Monaten Juli und August. Die trockensten Monate sind Januar und Februar. (s. Tab. 2)

Tab. 2: Mittlerer monatlicher Niederschlag an der Klimastation Ebersberg im Zeitraum von 1996 bis 2015

Monat	Niederschlag	
	mm	%
Januar	57	5,5
Februar	53	5,1
März	71	6,9
April	60	5,8
Mai	118	11,4
Juni	119	11,5
Juli	132	12,7
August	128	12,4
September	89	8,6
Oktober	76	7,4
November	65	6,3
Dezember	65	6,3
Summe	1034	100,0

Verdunstung

Die Berechnung der Verdunstung auf der Grundlage von Klimadaten der Station München-Riem des Deutschen Wetterdienstes für den Zeitraum von 1971 bis 1991 ergab eine mittlere jährliche Verdunstungsrate in diesem Zeitraum von 547 mm.

Das BAYERISCHE LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1998) gibt für den Zeitraum 1961 bis 1990 eine mittlere Jahresverdunstung zwischen 500 und 550 mm im Untersuchungsgebiet an. KERN (1954) gibt als mittlere jährliche Verdunstungsrate (berechnet aus Niederschlag und Lufttemperatur) für die Jahre 1901 bis 1951 für das Untersuchungsgebiet rund 550 mm an.

Die Berechnung der Verdunstung auf der Grundlage von Klimadaten der Station Ebersberg, erfolgte nach dem Verfahren von HAUDE aus den Monatsmitteln der Temperatur und der relativen Feuchte um 14 Uhr. Die potentielle Verdunstung entspricht der Verdunstung über freien Wasserflächen. Die mittlere jährliche Verdunstungsrate im Zeitraum von 1995 bis 2010 liegt bei 572 mm (s. Tab. 3).

Tab. 3: Jährliche Verdunstung an der Klimastation Ebersberg im Zeitraum von 1995 bis 2010 in mm/Jahr

Jahr	Verdunstung (mm)	Jahr	Verdunstung (mm)
1996	502	2006	466
1997	603	2007	577
1998	610	2008	511
1999	575	2009	491
2000	624	2010	433
2001	606	2011	536
2002	615	2012	536
2003	812	2013	511
2004	580	2014	496
2005	602	2015	656
Mittelwert 1995 bis 2010		567	

Am höchsten war die Verdunstung in dem sehr trockenen Jahr 2003 mit 812 mm; für das Jahr 2010 wurde mit 433 mm die geringste Verdunstung ermittelt.

Abfluss und Grundwasserneubildung

Die langfristige Grundwasserneubildung bzw. der unterirdische Abfluss wird nach der folgenden Gleichung aus den langjährigen Mitteln der Jahressummen von Niederschlag, potentieller Verdunstung und oberirdischem Abfluss berechnet (Hydrologische Bilanz):

$$A_U = N - V_P - A_O$$

mit

- A_U : unterirdischer Abfluss
 N : Niederschlag
 V_P : potentielle Verdunstung nach HAUDE
 A_O : oberirdischer Abfluss

Der oberirdische Abfluss (A_O) ist die Wassermenge, die bei Niederschlägen den Gewässern direkt oder nach einer nur kurzen Bodenpassage zufließt. Zu oberirdischem Abfluss kommt es dann, wenn der Niederschlag nicht vollständig versickert und dann in Abhängigkeit von der Hangneigung und dem Mikrorelief unterschiedlich schnell direkt dem nächsten Vorfluter zufließt. Die Versickerbarkeit des Niederschlages hängt von der Wasserleitfähigkeit des Bodens und der Niederschlagsintensität ab.

In Schotterbereichen spielt der oberirdische Abfluss praktisch keine Rolle. In diesen Bereichen kann der gesamte Abfluss der Grundwasserneubildung gleichgesetzt werden.

In den Bereichen, in denen Moränen an der Oberfläche anstehen, die überwiegend feinkörnig ausgebildet und somit gering wasserdurchlässig sind, findet zu einem etwas größeren Teil ein oberirdischer Abfluss über Oberflächengewässer statt.

Die Ergebnisse der hydrologischen Bilanz auf Basis der Daten der Klimastation Ebersberg sind in der Tabelle 4 aufgelistet.

Tab. 4: Mittlerer Niederschlag, Verdunstung und Gebietsabfluss im Zeitraum von 1996 bis 2015 gemessen an der Klimastation Ebersberg in mm/Jahr

Station	Niederschlag (mm)	Verdunstung (mm)	Gebietsabfluss (mm)
Ebersberg	1038	567	471

Die Schwankungsbreite des Abflusses im Untersuchungszeitraum von 1996 bis 2015 variiert zwischen einem Defizit von 114 mm in dem sehr trockenen Jahr 2003, das aus dem Bodenwasservorrat entnommen wird, und einem Gebietsabfluss von 723 mm im niederschlagsreichen Jahr 2002 (s. Tab. 5).

Tab. 5: Jährlicher Gebietsabfluss auf Grundlage der Daten der Klimastation Ebersberg im Zeitraum von 1995 bis 2010 in mm/Jahr

Jahr	Gebietsabfluss (mm)	Jahr	Gebietsabfluss (mm)
1996	514	2006	477
1997	396	2007	478
1998	435	2008	467
1999	681	2009	543
2000	583	2010	557
2001	699	2011	477
2002	723	2012	525
2003	-114	2013	500
2004	389	2014	399
2005	472	2015	133
Mittelwert 1996 bis 2015		471	

Der mittlere Gebietsabfluss, der sich aus ober- und unterirdischem Abfluss zusammensetzt, lag im Zeitraum von 1996 bis 2015 im Bereich der Klimastation Ebersberg bei ca. 471 mm bzw. 14,9 l/s·km². Dabei weist der April mit einem Abflusswert von -4 mm entsprechend ca. 0,01 l/s·km² ein Defizit auf. Der höchste Gebietsabfluss und damit auch die höchste Grundwasserneubildung fand im November und Dezember mit 52 mm bzw. 56 mm entsprechend ca. 1,7 l/s·km² bzw. 1,8 l/s·km² statt (s. Tab. 6).

Tab. 6: Mittlerer monatlicher Gebietsabfluss im Zeitraum von 1995 bis 2010

Monat	Gebietsabfluss	
	mm	l/s·km²
Januar	47	1,5
Februar	39	1,2
März	37	1,2
April	-4	-0,1
Mai	37	1,2
Juni	28	0,9
Juli	42	1,3
August	41	1,3
September	42	1,3
Oktober	50	1,6
November	52	1,7
Dezember	56	1,8
Summe	467	14,80

Aus den Karten zu Niederschlag, Verdunstung und Abfluss von KERN (1954) und dem BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1998), die auf unterschiedlichen Beobachtungszeiträumen beruhen, ergeben sich für das Untersuchungsgebiet Werte für den Gebietsabfluss zwischen 450 mm (KERN) und 400 bis 499 mm (s. Tab. 7).

Tab. 7: Hydrologische Bilanz für das Untersuchungsgebiet auf der Basis der Karten von KERN (1954) und des BAYERISCHEN LANDESAMTS FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1998) sowie auf Basis der Klimadaten der Station Ebersberg für den Zeitraum von 1996 bis 2015

	nach Kern 1901 - 1951	nach LFW 1961 - 1990	Ebersberg 1996 - 2015
Niederschlag (mittlere Jahressumme)	1000 mm	950 - 1099 mm	1038 mm
Verdunstung (mittlere Jahressumme)	550 mm	500 – 550 mm	567 mm
Niederschlag – Verdunstung = Abfluss	450 mm	400 – 499 mm	471 mm

Nach KERN (1954) ist der Abfluss im Untersuchungsgebiet etwas geringer als im Bereich der Klimastation Ebersberg. Die an der Klimastation Ebersberg im Zeitraum 1996 bis 2015 ermittelten Werte liegen innerhalb des Bereichs der vom BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1998) angegebenen Abflusswerte.

Nach KERN (1954) ergibt sich für das Untersuchungsgebiet ein Gesamtabfluss von 450 mm entsprechend einer Grundwasserneubildungsrate von 14,3 l/s·km². Das BAYERISCHE LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT ermittelte einen Abfluss zwischen 400 mm und 499 mm; dies entspricht einer Grundwasserneubildungsrate von 12,7 l/s·km² bis 15,8 l/s·km².

Der mittlere Abfluss im Untersuchungsgebiet wird mit rund 450 mm entsprechend 14,3 l/s·km² geschätzt. In den Bereichen, in denen geringdurchlässige Deckschichten fehlen, spielt der oberirdische Abfluss praktisch keine Rolle. In diesen Bereichen kann der gesamte Abfluss der Grundwasserneubildung gleichgesetzt werden.

Im Verbreitungsgebiet der Moränen, die überwiegend feinkörnig ausgebildet und somit gering wasserdurchlässig sind, kann über die Bäche, die aus dem Moränenaquifer gespeist werden, ein oberirdischer Abfluss stattfinden, der sich allerdings auf das nähere Einzugsgebiet der Quelle Pullenhofen beschränkt. Die Grundwasserneubildung im Deckenschotteraquifer,

der mit der Quelle erschlossen wird, erfolgt zum weitaus größten Teil in den entfernteren Gebieten der Münchener Schotterebene, in denen kein oberirdischer Abfluss stattfindet.

2.4 Geologischer Überblick

Der größte Teil des Untersuchungsgebietes liegt im nordwestlichen Randbereich des Inngletschers. Im Westen bzw. Nordwesten schließt sich die Münchener Schotterebene an. Eine Übersicht über die geologischen Verhältnisse geben die geologischen Karten von Bayern 1 : 200.000, Blatt Nr. CC7934 München und Blatt Nr. CC8734 Rosenheim sowie die hydrogeologischen Profilschnitte (s. Anlagen 2 und 2.1). Im Jahr 2009 erschien die Geomorphologische Karte des Inn-Chiemsee-Gletschers (DARGA 2009) auf der Basis der Karte von TROLL (1924).

Tertiär

Im Untersuchungsgebiet bildet die überwiegend aus feinklastischen Sedimenten (Tone, Schluffe und Sande) aufgebaute "Obere Süßwassermolasse" die Unterlage des Quartärs. Aufgeschlossen finden sich die tertiären Sedimente an den Talrändern des Doblaches und der Moosach.

Nach SCHIRM (1968) erstreckt sich von Altenburg über Schattenhofen nach Westen bis zur Verbindungsstraße zwischen Buch und Nieder-/Oberpframmern eine tertiäre Hochlage mit Höhen bis zu ca. 545 m ü. NN (s. Anlage 3.1). Entlang der Talhänge der Moosach tritt der Tertiärsockel in vergleichbaren Höhenlagen zutage. Dabei handelt es sich „nicht um inselartige Aufragungen, sondern um wirkliche Sporne, die von einer geschlossenen Platte unter den Endmoränen radial und speichenförmig konvergierend in die tiefer erodierte Beckenlandschaft vorspringen und dadurch zutage treten“ (TROLL 1924). Dadurch erklärt sich auch die teils deutlich tiefere Lage der Tertiäroberfläche in nur relativ geringer Entfernung zu den „Spornen“. Sowohl die tertiäre Hochlage bei Schattenhofen als auch die von TROLL (1924) beschriebenen „Sporne“ können für das Grundwasser eine hydraulische Barriere bilden und somit die Grundwasserfließrichtung beeinflussen.

Aus den Angaben zur Lage der Tertiäroberfläche bei SCHIRM (1968), bei MÜLLER & UNGER (1972) sowie durch Auswertung von Bohrprofilen wurde für den Bereich des

Untersuchungsgebiets eine Karte der Tertiäroberfläche konstruiert (s. Anlage 3.2). Die Tertiäroberfläche liegt im Untersuchungsgebiet zwischen ca. 520 m ü.NN im Tal der Moosach und rund 545 m ü.NN im Bereich des Tertiärhochs nordwestlich von Altenburg bei Schattenhofen.

Entscheidend für den Grundwasserhaushalt ist das in der Regel ausgeprägte Relief der Tertiäroberfläche mit Rücken und dazwischenliegenden, z.T. tief eingeschnittenen Rinnen. Sie wirken teilweise als Drainage für das Grundwasser. Großräumig betrachtet fällt die Tertiäroberfläche von Süden nach Norden leicht ab (s. Anlage 3.1).

Nördlich, nordöstlich und östlich des Tertiärhochs bei Schattenhofen zeigt die Tertiäroberfläche ein eher flaches Relief: Entlang eines annähernd Nordwest-Südost-verlaufenden Bereichs zwischen Buch, Ilching und Kirchseeon im Nordwesten und Pullenhofen und Pienzenau im Südosten liegt die Tertiäroberkante zwischen 520,43 m ü. NN (GwM 5 Bruck) und 524,33 m ü. NN (GwM 2 Moosach). In den Randbereichen dieses Gebiets liegt die Tertiäroberfläche im Bereich der Grundwassermessstelle GwM 1 Moosach bei 525 m ü. NN und in der Grundwassermessstelle GwM 1 Quelle Pullenhofen bei 526,20 m ü. NN.

Von der Ortschaft Moosach aus fällt die Tertiäroberfläche nach MÜLLER & UNGER (1973) steil nach Süden bis Südosten ab. Ebenso ist bei MÜLLER & UNGER (1973) zwischen Fürmoosen und Kirchseeon ein relativ starkes Gefälle in nordöstliche Richtung zu erkennen.

Im Bereich der Quelle Pullenhofen wurde beim Bodenaushub für den Quellsammler ab ca. 1,5 m Tiefe blaugrauer Flinzmergel (Tertiär) freigelegt. Dies entspricht einer Höhe von ca. 527,5 m ü. NN. Im unmittelbaren Zustrombereich der Quelle fällt die Tertiäroberkante mit zunehmender Entfernung ab. Im Bereich der Grundwassermessstellen im Vorfeld der Quelle Pullenhofen wurde das Tertiär bei 526,60 m ü. NN (GwM 1, der Quelle am Nächsten gelegen), bei 525,4 m ü. NN (GwM 2 (Baumhau)) und bei 522,3 m ü. NN (GwM 3 (Höhenberg)) angetroffen. In den etwas weiter entfernt gelegenen neu errichteten Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5 liegt die Tertiäroberkante bei 522,8 bzw. bei 520,43 m ü. NN. Die Quelle ist somit eine sogenannte Überlaufquelle bzw. Schichtquelle.

Quartär

Die tertiären Sedimente werden im Untersuchungsgebiet meist von quartären Ablagerungen überlagert, die Mächtigkeiten von bis zu 100 m erreichen können. Die holozänen und pleistozänen Sedimente gliedern sich in:

Holozäne Sedimente:

- Alluvionen
- Anmoor
- Niedermoortorf

Jungpleistozäne Sedimente:

- Schotter der Würmeiszeit (Niederterrassenschotter)
- Grund- und Endmoränen der Würmeiszeit (Jungmoränen)

Mittelpleistozäne Sedimente:

- Rißeiszeitliche Schotter (Hochterrassenschotter)
- Rißeiszeitliche Moräne

Altpleistozäne Sedimente:

- Mindeleiszeitliche Schotter (Deckenschotter)

Deckenschotter (Mindel)

Die ältesten pleistozänen Ablagerungen im Untersuchungsgebiet sind die mindeleiszeitlich eingestuften Deckenschotter, die auf dem Tertiär abgelagert wurden. Sie sind nahezu flächendeckend im Bereich der Moränenlandschaft unter riß- und würmeiszeitlichen Sedimenten verbreitet und setzen sich auch weiter nach Westen fort, wo sie in weiten Teilen der Münchener Schotterebene unter jüngeren Schottern lagern. Die Deckenschotterbasis, die TROLL (1924) für den Bereich des Westflügels des Inngletschers hypsometrisch dargestellt hat, fällt im Untersuchungsgebiet nach Nordosten ein. Sie liegt nach TROLL (1924) im Untersuchungsgebiet aufgeschlossen bei Taglaching (526 m ü.NN), bei Gutterstät (530 m ü.NN) und bei Moosach (535 m ü.NN). Die Deckenschotter bilden den Grundwasserleiter aus, der mit der Quelle Pullenhofen erschlossen ist.

Rißeiszeitliche Schotter und Moränen

Nach TROLL (1924) streicht Rißschotter im westlichen Flügel des Inngletschers

breitflächig aus der Münchener Schotterebene unter die würmzeitlichen Jungmoränen hinein. Moränen der Rißeiszeit sind westlich des Untersuchungsgebietes, bei Zorneding, auskartiert. Sie bilden die Nord-Süd-verlaufenden Hügelketten der Erdinger Altmoräne.

Würmeiszeitliche Schotter und Moränen

Der größte Teil des Untersuchungsgebietes wird von den Endmoränen der Würmeiszeit eingenommen. TROLL (1924) unterscheidet in diesem Bereich zwei Nord- bis Nordwestgerichtete Endmoränenwälle, von denen er den äußeren dem Kirchseeoner, den inneren dem Ebersberger Stadium zuordnet. Begleitet werden die Moränenwälle von Moränenablagerungen in unterschiedlicher Ausbildung.

Die Zusammensetzung des Moränenmaterials ändert sich von den Endmoränen an der Peripherie des Vereisungsgebietes zu den Grundmoränen im Zungenbecken. Dabei sind vor allem die äußeren Endmoränen sandig-kiesig aufgebaut, z.T. ist das Material geschichtet und als Schottermoräne entwickelt. Schluffig-kiesige Moräne nimmt dagegen zahlreiche Areale an der Innenseite von Moränenwällen ein. (GROTTENTHALER 1985)

Die Jungmoränenzüge werden von Talrinnen durchzogen, die mit würmeiszeitlichen Schottern (Niederterrassenschotter) gefüllt sind. Im Untersuchungsgebiet verläuft eine periphere Schotterrinne von Moosach über Taglaching bis Grafing, die die Endmoränenwälle von den radial verlaufenden Zweigbecken trennt (s. Anlage 2).

An den westlichen und nordwestlichen Außenrändern der Jungmoränenzone schließt sich das ausgedehnte Schotterfeld der Münchener Schotterebene an, die von den hochwürmeiszeitlichen Niederterrassenschottern bedeckt wird.

Holozäne Sedimente

Holozäne Ablagerungen in Form von Auenablagerungen, Anmoor und Niedermoortorf finden sich im Untersuchungsgebiet im Tal der Moosach. Darüber hinaus wurden nordöstlich von Fürmoosen (Maier-Filzen) Niedermoortorfvorkommen kartiert.

3 Hydrogeologische Verhältnisse

3.1 Oberflächengewässer

Im Untersuchungsgebiet sind die Moosach, der Doblbach und der Urtelbach die dominierenden Oberflächengewässer (s. Anlage 4).

Die Moosach vereinigt sich nordwestlich von Altenburg mit dem Spiegelbächl auf einer Höhe von 544 m ü. NN. Im Bereich der Ortschaft Moosach liegt das Niveau der Moosach bei ca. 525 m ü. NN, südlich von Bruck bei 507 m ü. NN. Das Gefälle der Moosach beträgt zwischen dem Zusammenfluss von Spiegelbächl und Moosach nordwestlich von Altenburg und Schlipfhausen südlich von Bruck rund 6,4 ‰.

1,3 km nordwestlich von Moosach entspringen an der Basis eines von Norden nach Osten umbiegende Tälchens sehr ergiebige Quellen. SCHIRM (1968) gibt für die Stelle beim Triebwerk Altenburg sowie kurz vor der Einmündung des Doblaches einen mittleren Abfluss von ca. 370 l/s bei Schwankungen zwischen 310 l/s (20.07.1967) und 423 l/s (13.07.1955) an.

Der Doblbach vereinigt sich am östlichen Ortsrand von Moosach mit der Moosach. Kurz vor der Einmündungsstelle der Moosach wurden Abflüsse am Doblbach von 252 l/s (13.07.1955) bzw. 175 l/s (09.02.1967) gemessen (SCHIRM 1968). Das Niveau des Doblaches liegt bei Doblberg bei ca. 535 m ü. NN und bei der Ortschaft Doblbach bei ca. 520 m ü. NN.

Insgesamt ergeben sich für die Moosach unterhalb der Vereinigung mit dem Doblbach Abflusswerte zwischen ca. 0,5 m³/s bis 0,6 m³/s.

Der Urtelbach hat auf der topographischen Karte seinen Ursprung nördlich von Pullenhofen im Westernfeld in einem kleinen Tümpel. Dieser Tümpel wird von mehreren Quellbächen aus dem nördlich gelegenen Höchenberg bzw. Eglholz gespeist. Der Urtelbach fließt nach Osten und mündet in Grafing in die Attel.

Im südwestlichen Untersuchungsgebiet liegt der Steinsee, der mit dem Spiegelbächl in

Verbindung steht.

3.2 Grundwassersystem

Im Untersuchungsgebiet bildet das Tertiär die Unterlage des Deckenschotter, der den Hauptgrundwasserleiter ausbildet. Die Tertiäroberfläche liegt im Untersuchungsgebiet zwischen ca. 520 m ü.NN im Tal der Moosach und rund 545 m ü.NN im Bereich des Tertiärhochs nordwestlich von Altenburg bei Schattenhofen. Im Umfeld der Quelle Pullenhofen wurde die Oberkante des Tertiärs bei ca. 526,6 m ü. NN (GwM 1 (Pullenhofen)) bis ca. 520,43 m ü. NN (GwM 5 Bruck) erbohrt. Im Bereich der Quelle Pullenhofen selbst wurde die Tertiäroberkante bei den Bodenaushubarbeiten für den Quellsammler in ca. 10 m Entfernung ab 1,5 m Tiefe (entsprechend ca. 527,5 m ü. NN) tertiärer Flinz freigelegt. Über den tertiären Ablagerungen folgen zumeist Sande und Kiese, die teilweise zu Nagelfluh verfestigt sind. Diese gut durchlässigen Sedimente werden den mindelzeitlichen Deckenschottern zugeordnet. Sie bilden den Hauptgrundwasserleiter im Untersuchungsgebiet, aus dem auch zahlreiche Quellen gespeist werden.

Die Deckenschotter werden im größten Teil des Untersuchungsgebietes von Wechselagerungen fein- bis grobklastischer Sedimente der jüngeren Eiszeiten bedeckt, hauptsächlich von Moränen der Würmeiszeit. Die Mächtigkeit der Moränen liegt im Bereich von bis zu mehreren Zehner Metern. Innerhalb der Moränenablagerungen kann es zur Ausbildung von grundwasserführenden Schichten kommen. Aus ihnen werden in der Regel wenig ergiebige Quellen gespeist. Dazu zählen die Quellen am Allmensberg (ca. 575 m ü. NN und 593 m ü. NN) und die Quellen südöstlich von Berghofen (zwischen 555 m ü. NN und 575 m ü. NN). Dieser als Moränenaquifer bezeichnete flächig verbreitete Grundwasserleiter liegt über dem Hauptgrundwasserleiter (Deckenschotter) (s. Anlage 4).

Für den Bereich der östlichen Münchener Schotterebene wurden von SCHIRM (1968) Grundwassergleichenpläne erstellt. Ein Ausschnitt des Grundwassergleichenplans für die Mittelwasserphase vom Juni 1966 ist in Anlage 5 enthalten. Nach SCHIRM (1968) liegen die Grundwassermächtigkeiten im westlichen Untersuchungsgebiet zwischen 0 m im

Bereich des Tertiärhochs um Schattenhofen und über 20 m im Bereich um das Deinhofer Holz nördlich von Schattenhofen. Die Flurabstände betragen in der Regel über 25 m. Die Grundwasserneubildung erfolgt im Bereich der Münchener Schotterebene über Direktversickerung der Niederschläge und im Bereich der Jungmoränen als indirekte Neubildung durch einen Zufluss aus dem Moränenzwichenspeicher.

Die Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck wird aus dem Deckenschotteraquifer gespeist. Durchlässigkeitsbeiwerte für die Deckschotter wurden aus zahlreichen Brunnen und Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet, die den gleichen Grundwasserleiter erschlossen haben, ermittelt. Für die Brunnen II und III der Gemeinde Kirchseeon ergeben sich aus der Auswertung von Pumpversuchen k_f -Werte von $8,63 \cdot 10^{-4}$ m/s (Brunnen II) und $6,50 \cdot 10^{-4}$ m/s (Brunnen III), für den Brunnen Buch wurde ein k_f -Wert mit $5,92 \cdot 10^{-4}$ m/s ermittelt. SCHIRM (1968) gibt für den Raum Kirchseeon k_f -Werte von $3 \cdot 10^{-4}$ m/s und $1,8 \cdot 10^{-3}$ m/s an. Für die Grundwassermessstellen der Gemeinde Moosach wurden k_f -Werte von $1,3 \cdot 10^{-4}$ m/s (GwM 1), $1,53 \cdot 10^{-4}$ m/s (GwM 3), $1,8 \cdot 10^{-4}$ m/s (GwM 2), $6,9 \cdot 10^{-5}$ m/s (GwM 4) und $1,0 \cdot 10^{-3}$ m/s (GwM 5) ermittelt. Der k_f -Wert für die im Jahr 2015 errichtete Versuchsbohrung Altenburg der Gemeinde Moosach wurde mit $2,22 \cdot 10^{-3}$ m/s ermittelt. Für die Grundwassermessstellen GwM 1 Altenburg und GwM 2 Altenburg ergaben sich k_f -Werte von $8,18 \cdot 10^{-4}$ m/s bzw. $2,14 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Die großräumige Grundwasserfließrichtung im Bereich der südöstlichen Münchener Schotterebene ist nach dem Grundwassergleichenplan der Stichtagsmessung vom Juni 1966 (Mittelwasser) von SCHIRM (1968) annähernd Südsüdwest-Nordnordost gerichtet (s. Anlage 5). Die Grundwasserscheide zwischen Isar und Inn liegt ungefähr auf der Linie Kirchseeon - Buch - Oberpfraammern. Im Abstrom des Tertiärhochs bei Schattenhofen wird der Grundwasserstrom allmählich in östliche bis südöstliche Richtung umgelenkt. Südlich des Tertiärriegels bei Schattenhofen ist die Grundwasserfließrichtung annähernd West-Ost-gerichtet. Die für den Bereich zwischen Altenburg, Buch und Kirchseeon bei SCHIRM (1968) angegebene Nordwest-Südost-gerichtete Grundwasserfließrichtung ist nach neueren Untersuchungen, bei denen mehr Grundwassermessstellen berücksichtigt werden konnten, nicht zutreffend (s. folgende Kapitel).

3.3 Messstellennetz

Zur Grundwasserbeobachtung stehen im weiteren Untersuchungsgebiet die Brunnen und Grundwassermessstellen der Gemeinden Kirchseeon und Moosach zur Verfügung, die ebenfalls den Deckenschotter als Grundwasserleiter erschließen. Im Rahmen der Einzugsgebietsermittlung für die Quelle Pullenhofen wurden in deren vermuteten näheren Anstrombereich insgesamt fünf Grundwassermessstellen errichtet (s. Kap. 3.4). Die Lage der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Brunnen und Grundwassermessstellen ist aus der Anlage 6 ersichtlich.

3.4. Errichtung von fünf Grundwassermessstellen

Zur genaueren Abgrenzung des Einzugsgebiets der Quelle Pullenhofen wurden im Jahr 2005 drei Grundwassermessstellen (GwM 1 bis GwM 3) im vermuteten näheren Einzugsgebiet und im Jahr 2013 zwei weitere Grundwassermessstellen (GwM 4 und GwM 5) im vermuteten weiteren Einzugsgebiet errichtet.

3.4.1 Errichtung der Grundwassermessstellen GwM 1 (Pullenhofen), GwM 2 (Baumhau) und GwM 3 (Höhenberg)

Die Grundwassermessstellen GwM 1 (Pullenhofen), GwM 2 (Baumhau) und GwM 3 (Höhenberg) wurden im November 2005 im vermuteten Anstrombereich der Quelle errichtet. Ausführende Bohrfirma war die Firma BauGrund Süd, Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH, Bad Wurzach, die fachtechnische Bearbeitung der Bohrungen lag bei der Firma Umweltgeologie Ernst Fuschlberger, Vachendorf/Traunstein.

Allgemeine und technische Daten der Messstellen sind in der Tabelle 8 aufgelistet. Die Bohrprofile und Ausbaupläne sind der Anlage 7 zu entnehmen.

Die Grundwassermessstelle GwM 1 (Pullenhofen) liegt rund 200 m nördlich der Quelle Pullenhofen. Bei der Bohrung zur GwM 1 wurden unter rund 2,9 m mächtigem Schluff (Moräne) bis 28,8 m unter Gelände sandiger Fein- bis Grobkies durchteuft, der zwischen

9,3 m und 11,7 m u. GOK von Nagelfluh und zwischen 21,3 m und 21,5 m u. GOK von Schluff unterbrochen wird. Der Grundwasserstauer – tertiärer Ton – wurde ab 28,8 m bis zur Endteufe von 29,3 m erbohrt. Verfiltert wurden die unmittelbar dem Tertiär auflagernden kiesigen Schichten zwischen 22,0 und 29,0 m. Der Ruhewasserspiegel lag 25,8 m unter Gelände. Die Grundwassermächtigkeit betrug am 22.11.2005 3 m.

Tab. 8: Allgemeine und technische Daten der Grundwassermessstellen GwM 1 (Pullenhofen), GwM 2 (Baumhau) und GwM 3 (Höhenberg) der Gemeinde Bruck

Grundwassermessstelle	GwM 1 (Pullenhofen)	GwM 2 (Baumhau)	GwM 3 (Höhenberg)
Baujahr	2005		
Ausführende Bohrfirma	BauGrund Süd Gesellschaft für Bohr- und Geotechnik mbH, Bad Wurzach		
Flurnummer	604	683/2	699
Gemeinde u. Gemarkung	Bruck	Bruck	Bruck
Rechtswert	44 92 137	44 92 810	44 93 266
Hochwert	53 21 448	53 22 061	53 22 296
Geländeoberkante (GOK) (m ü.NN)	ca. 555,4	ca. 537,1	ca. 537,4
Messoberkante (MOK) (m ü.NN)	555,19	536,85	537,22
Bohrendtiefe (m u.GOK)	29,30	12,30	16,00
Ausbautiefe (m u.GOK)	29,00	12,00	15,00
Bohrdurchmesser: 320 mm	0 bis 29,30 m u.GOK	0 bis 12,30 m u.GOK	0 bis 16,00 m u.GOK
Abdichtung Beton Tonabdichtung	0,0 m - 0,4 m u.GOK 0,4 m - 21,6 m u.GOK	0,0 m - 0,4 m u.GOK 0,4 m - 4,0 m u.GOK	0,0 m - 0,4 m u.GOK 0,4 m - 5,0 m u.GOK
Filterkies: - 3 bis 5 mm Auffüllung des Bohrlochs	21,6 m - 29,0 m u.GOK 29,0 m - 29,3 m u.GOK	4,0 m - 12,0 m u.GOK 12,0 - 12,3 m u.GOK	5,0 m - 15,0 m u.GOK 15,0 m - 16,0 m u.GOK
Ausbaumaterial und Durchmesser: Aufsatzrohr, 5“, PVC Filterrohr, 5“, PVC mit PVC-Bodenkappe	0,0 m - 21,6 m u.GOK 22,0 m - 29,0 m u.GOK	0,0 m - 4,25 m u.GOK 4,25 m - 12,0 m u.GOK	0,0 m - 5,0 m u.GOK 5,0 m - 15,0 m u.GOK
Ruhewasserspiegel	25,80 m u.GOK am 22.11.2005 entspr. 529,6 m ü.NN	6,20 m u.MOK am 23.11.2005 entspr. 530,9 m ü.NN	6,40 m u.GOK am 24.11.2005 entspr. 531 m ü.NN

Die Grundwassermessstelle GwM 2 (Baumhau) liegt etwa 835 m nordwestlich der Quelle Pullenhofen. Unter 0,7 m mächtigem Schluff (Moräne) wurde in der Bohrung bis 11,7 m unter Gelände sandiger, teils stark schluffiger Fein- bis Grobkies durchteuft. Darunter folgte bis zur Endteufe von 12,3 m feinsandiger Ton, der der Oberen Süßwassermolasse (Tertiär) zuzuordnen ist. Verfiltert wurde der Kies zwischen 4,0 m und 12,0 m unter

Gelände. Der Ruhewasserspiegel lag bei 6,2 m unter Gelände. Die Grundwassermächtigkeit betrug am 23.11.2005 5,5 m.

Die Bohrung zur Grundwassermessstelle GwM 3 (Höhenberg) liegt rund 1000 m nördlich der Quelle Pullenhofen. Unter einer 0,5 m mächtigen Kieslage folgte bis 2,4 m unter Gelände eine sandig-kiesige Schluffschicht (Moräne). Darunter wurde bis 15,1 m unter Gelände Fein- bis Grobkies durchteuft, der zwischen 10,7 und 11,3 m unter Gelände von einer Lage aus schluffigem Mittelsand unterbrochen wurde. Von 15,1 m bis zur Endteufe von 16,0 m unter Gelände wurde der tertiäre Stauer (feinsandiger Ton) erbohrt. Verfiltert wurden die unmittelbar dem Tertiär auflagernden Schichten zwischen 5,0 und 15,0 m u. GOK. Der Ruhewasserspiegel lag ca. 6,4 m unter Gelände, die Grundwassermächtigkeit betrug am 24.11.2005 8,7 m.

Die Bohrungen wurden mit 5“-PVC-Aufsatz- und -Filterrohren ausgebaut.

Die Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne der Grundwassermessstellen GwM 1 (Pullenhofen), GwM 2 (Baumhau) und GwM 3 (Höhenberg) sind in der Anlage 7 zusammengefasst.

Im Anschluss an die Bohrarbeiten wurde an der Grundwassermessstelle GwM 1 ein 2-stündiger Pumpversuch mit einer Pumpstufe (0,9 l/s) durchgeführt. An den Grundwassermessstellen GwM 2 und GwM 3 wurde jeweils ein Pumpversuch über 1,5 Stunden mit zwei Stufen (1,0 l/s und 1,8 l/s aus GwM 2, 0,9 l/s und 1,5 l/s aus GwM 3) durchgeführt. Bei allen drei Pumpversuchen wurden quasistationäre Beharrungszustände erreicht. Die Pumpversuche wurden zur Ermittlung der k_f -Werte mit dem Verfahren nach DAHLHAUS und nach BIESKE sowie für die Grundwassermessstelle GwM 1 (Pullenhofen) zusätzlich nach DUPUIT-THIEM ausgewertet (s. Tab. 9 bis 14).

Tab. 9: Daten des Pumpversuchs an der Grundwassermessstelle GwM 1 (Pullenhofen) der Gemeinde Bruck

PV-Stufe	Fördermenge (l/s)	Wasserspiegel (m u. MOK)	Absenkung (m u. RWSP)
Ruhewasserspiegel (RWSP)	0	25,58	--
Stufe 1	0,9	25,71	0,13

Tab. 10: Daten des Pumpversuchs an der Grundwassermessstelle GwM 2 (Baumhau) der Gemeinde Bruck

PV-Stufe	Fördermenge (l/s)	Wasserspiegel (m u. MOK)	Absenkung (m u. RWSP)
Ruhewasserspiegel (RWSP)	0	5,90	--
Stufe 1	1,0	5,905	0,005
Stufe 2	1,8	5,910	0,01

Tab. 11: Daten des Pumpversuchs an der Grundwassermessstelle GwM 3 (Höhenberg) der Gemeinde Bruck

PV-Stufe	Fördermenge (l/s)	Wasserspiegel (m u. MOK)	Absenkung (m u. RWSP)
Ruhewasserspiegel (RWSP)	0	6,18	--
Stufe 1	0,9	6,19	0,01
Stufe 2	1,5	6,20	0,02

Tab. 12: Stationäre Pumpversuchsauswertung nach DAHLHAUS für ungespannte Verhältnisse an den Grundwassermessstellen GwM 1 (Pullenhofen), GwM 2 (Baumhau) und GwM 3 (Höhenberg) der Gemeinde Bruck

Messstelle	h	M	Q	s	k_f
GwM 1	3,0	25,9	0,9	0,13	$2,36 \cdot 10^{-3}$
GwM 2	5,5	11,0	1,0	0,005	$3,64 \cdot 10^{-2}$
			1,8	0,01	$3,28 \cdot 10^{-2}$
GwM 3	8,7	12,7	0,9	0,01	$1,04 \cdot 10^{-2}$
			1,5	0,02	$8,63 \cdot 10^{-3}$

mit h = Grundwassermächtigkeit (m)
M = Aquifermächtigkeit (m)
Q = Entnahmemenge (l/s)
s = Absenkung (m)
 k_f = Durchlässigkeitsbeiwert (m/s)

Tab. 13: Stationäre Pumpversuchsauswertung nach BIESKE für ungespannte Verhältnisse an den Grundwassermessstellen GwM 2 (Baumhau) und GwM 3 (Höhenberg) der Gemeinde Bruck

Messstelle	h	M	Q ₁	s ₁	Q ₂	s ₂	k_f
GwM 2	5,5	11,0	1,0	0,005	1,8	0,01	$2,91 \cdot 10^{-2}$
GwM 3	8,7	12,7	0,9	0,01	1,5	0,02	$6,91 \cdot 10^{-3}$

mit h = Grundwassermächtigkeit (m)
M = Aquifermächtigkeit (m)
Q₁ = Entnahmemenge (l/s) bei der 1. Pumpstufe
s₁ = Absenkung (m) bei der 1. Pumpstufe
Q₂ = Entnahmemenge (l/s) bei der 2. Pumpstufe
s₂ = Absenkung (m) bei der 2. Pumpstufe
 k_f = Durchlässigkeitsbeiwert (m/s)

Für die Grundwassermessstelle GwM 1 (Pullenhofen), die der Quelle Pullenhofen am nächsten gelegen ist, wird der k_f -Wert zusätzlich nach DUPUIT-THIEM abgeschätzt (s. Tab. 14)

Tab. 14: Stationäre Auswertung des Pumpversuchs an der Grundwassermessstelle GwM 1 (Pullenhofen) nach DUPUIT-THIEM

h (m)	M (m)	Q (l/s)	r1 (m)	s1 (m)	r2 (m)	s2 (m)	k_f (m/s)
3,0	25,9	0,9	0,16	0,13	18,95	0,0001	$1,81 \cdot 10^{-3}$

mit

- h = Grundwassermächtigkeit (m)
- M = Aquifermächtigkeit (m)
- Q = Entnahmemenge (l/s)
- r1 = Abstand 1 zum Brunnen (m)
hier: wirksamer Brunnenradius
- r2 = Abstand 2 zum Brunnen (m)
hier: Entnahmetrichter nach SICHARDT (k_f -Wert-Abschätzung nach DAHLHAUS)
- s1 = Absenkung in der brunnennahen Gw-Messstelle (m)
hier: Absenkung im Brunnen
- s2 = Absenkung in der brunnenfernen Gw-Messstelle (m)
hier: Absenkung 0,0001 m am Rand des Entnahmetrichters
- k_f = Durchlässigkeitsbeiwert (m/s)

Die Auswertung der Pumpversuche nach DAHLHAUS an den Grundwassermessstellen der Gemeinde Bruck ergibt k_f -Werte zwischen $2,36 \cdot 10^{-3}$ m/s und $3,64 \cdot 10^{-2}$ m/s. Nach BIESKE ergeben sich für die Grundwassermessstellen GwM 2 und GwM 3 Durchlässigkeitsbeiwerte von rund $2,91 \cdot 10^{-2}$ m/s bzw. $6,91 \cdot 10^{-3}$ m/s. Für die Grundwassermessstelle GwM 1 (Pullenhofen), die aufgrund ihrer Nähe zur Quelle Pullenhofen die Gegebenheiten im Bereich der Quelle am besten widerspiegelt, wurde der k_f -Wert nach DUPUIT-THIEM mit $1,81 \cdot 10^{-3}$ m/s ermittelt.

Der Durchlässigkeitsbeiwert, der sich für die Grundwassermessstelle GwM 1 (Pullenhofen) ergibt, liegt in dem für den Deckenschotteraquifer üblichen Bereich. Die Durchlässigkeitsbeiwerte der Grundwassermessstellen GwM 2 und GwM 3 sind im Vergleich dazu für den Deckenschotteraquifer in diesem Bereich eher zu hoch. Da die Pumpversuche an den Grundwassermessstellen nur über jeweils einen kurzen Zeitraum und mit sehr geringen Entnahmemengen durchgeführt wurden, können die Berechnungen nur überschlägige Anhaltswerte liefern.

3.4.2 Errichtung der Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5

Die Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5 wurden im Zeitraum von September bis Oktober 2013 von der Firma Abt, Wasser- und Umwelttechnik GmbH, Mindelheim, erstellt. Die Oberbauleitung sowie die örtliche Bauüberwachung lag bei der IGwU GmbH, Markt Schwaben. Eine detaillierte Beschreibung der Bohrmaßnahmen und deren Ergebnisse enthält der „Bericht zur Erstellung der Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5 zur Einzugsgebietsermittlung der Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck“ (IGwU GmbH 2013). Die allgemeinen und technischen Daten der Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5 sind in der Tabelle 15 zusammengefasst.

Tab. 15: Allgemeine und technische Daten der Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5

Bezeichnung	GwM 4	GwM 5
Baujahr	2013	
Bohrfirma	Fa. Abt, Wasser- u. Umwelttechnik GmbH, Mindelheim	
Lage:		
Flurnummer	488	657
Gemarkung	Moosach	Moosach
Gemeinde	Moosach	Moosach
Landkreis	Ebersberg	Ebersberg
Rechtswert	44 92 129,30	44 92 753,54
Hochwert	53 22 435,26	53 22 922,71
Messoberkanten:		
Oberkante Gelände (GOK)	578,68 m ü. NN	585,63 m ü. NN
Messoberkante (MOK) offene SEBA-Kappe	578,52 m ü. NN	585,44 m ü. NN
Bohrendtiefe (m u.GOK)	57,40	66,40
Ausbautiefe (m u.GOK)	57,40	66,40
Bohrdurchmesser:		
420 mm	0 bis 26,0 m u. GOK	0 bis 28,0 m u. GOK
368 mm	26,0 m bis 38,0 m u. GOK	28,0 m bis 50,0 m u. GOK
320 mm	38,0 m bis 57,4 m u. GOK	50,0 m bis 66,4 m u. GOK
Abdichtung		
Zement-Bentonit-Suspension	0,50 m – 47,50 m u.GOK	0,50 m – 50,00 m u. GOK
Tonabdichtung	56,40 m – 57,40 m u.GOK	65,50 m – 66,40 m u. GOK
Filtersand:		
- 1 bis 2 mm	47,5 m – 48,0 m u. GOK	47,5 m – 48,0 m u. GOK
Filterkies:		
- 2 bis 3 mm	48,0 m – 56,4 m u. GOK	48,0 m – 56,4 m u. GOK
Ausbaumaterial und Durchmesser:		
Aufsatzrohr, 125 mm, Stahl	0,0 m – 0,20 m u. GOK	0,0 m – 0,20 m u. GOK
Aufsatzrohr, 125 mm, PVC	0,20 m – 48,40 m u. GOK	0,20 m – 52,40 m u. GOK
Filterrohr, 125 mm, PVC	48,40 m – 56,40 m u. GOK	52,40 m – 65,40 m u. GOK
Sumpfrohr, 125 mm, PVC	56,40 m – 57,40 m u. GOK	65,40 m – 66,40 m u. GOK
Ruhewasserspiegel	42,73 m u. GOK am 25.10.2013 entspr. 535,95 m ü. NN	53,03 m u. GOK am 27.09.2013 entspr. 532,60 m ü. NN

Die Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne der Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5 sind in der Anlage 7 zusammengefasst.

Zur Ermittlung der hydraulischen Kenndaten wurden in den Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5 Kurzpumpversuche durchgeführt. Die Pumpversuche wurden zur Ermittlung der k_f -Werte mit dem Verfahren nach DAHLHAUS und nach DUPUIT-THIEM ausgewertet (s. Tab. 16 bis 19).

Tab. 16: Pumpversuchsergebnis an der Grundwassermessstelle GwM 4

PV-Stufe	Fördermenge l/s	Wasserspiegel m u. MOK*	Absenkung m u. RWSP	Ergiebigkeit l/s·m
	-	43,38	-	-
Stufe 1	2,3	45,96	2,58	0,89
Wiederanstieg				
nach 1 min		43,54	0,16	
nach 2 min		43,39	0,01	
nach 3 min		43,38	0,00	

* MOK: 0,65 m über Gelände

Tab. 17: Pumpversuchsergebnis an der Grundwassermessstelle GwM 5

PV-Stufe	Fördermenge l/s	Wasserspiegel m u. MOK*	Absenkung m u. RWSP	Ergiebigkeit l/s·m
	-	53,75	-	-
Stufe 1	2,97	53,94	0,19	15,63
Wiederanstieg				
nach 1 min		53,75	0,00	

* MOK: 0,72 m über Gelände

Tab. 18: Stationäre Pumpversuchsauswertung nach DAHLHAUS für die Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5

Messstelle	h	M	Q	s	k_f -Wert
GwM 4	13,67	18,2	2,3	2,58	$7,20 \cdot 10^{-5}$
GwM 5	12,17	12,7	2,97	0,19	$1,29 \cdot 10^{-3}$

mit h = Grundwassermächtigkeit (m)
M = Aquifermächtigkeit (m)
Q = Entnahmemenge (l/s)

s = Absenkung (m)
kf = Durchlässigkeitsbeiwert (m/s)

Tab. 19: Stationäre Pumpversuchsauswertung nach DUPUIT-THIEM für die Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5

Messstelle	h	M	Q1	r1	s1	r2	s2	kf-Wert
GwM 4	13,67	18,2	2,3	0,16	2,58	65,7	0,001	$6,90 \cdot 10^{-5}$
GwM 5	12,17	12,7	2,97	0,16	0,19	20,5	0,001	$1,00 \cdot 10^{-3}$

mit h = Grundwassermächtigkeit (m)
M = Aquifermächtigkeit (m)
Q = Entnahmemenge (l/s)
r1 = Abstand 1 zur Grundwassermessstelle (m), hier: wirksamer Brunnenradius
r2 = Abstand 2 zur Grundwassermessstelle (m) (hier: Entnahmetrichter nach SICHARDT und kf-Wert Abschätzung nach DAHLHAUS)
s1 = Absenkung in der brunnennahen Grundwassermessstelle (m) (hier: Absenkung im Brunnen)
s2 = Absenkung in der brunnenernen Grundwassermessstelle (m) (hier: Absenkung 0,001 m am Rand des Entnahmetrichters)
kf = Durchlässigkeitsbeiwert (m/s)

Für die Grundwassermessstelle GwM 4 ergibt sich ein relativ niedriger Durchlässigkeitsbeiwert von $6,90 \cdot 10^{-5}$ m/s. Der Durchlässigkeitsbeiwert der Grundwassermessstelle GwM 5 liegt mit $1,00 \cdot 10^{-3}$ m/s in dem für den Deckenschotteraquifer üblichen Bereich. Da die Pumpversuche an den Grundwassermessstellen nur über jeweils einen kurzen Zeitraum und mit sehr geringen Entnahmemengen durchgeführt wurden, können die Berechnungen nur überschlägige Anhaltswerte liefern. Für die Ermittlung des Einzugsgebiets müssen die Verhältnisse im gesamten Einzugsgebiet berücksichtigt werden. Dazu können Daten der umliegenden Brunnen herangezogen werden.

3.5 Auswertung von Grundwasserstandsmessungen und Quellschüttungsmessungen

Die Wasserstände in den Grundwassermessstellen der Gemeinde Bruck werden seit Mai 2006 (GwM 1, GwM 2 und GwM 3) bzw. seit November 2013 (GwM 4 und GwM 5) monatlich gemessen. Die Wasserstände im Brunnen Berghofen und in den drei Grundwassermessstellen der Gemeinde Moosach sowie in der Grundwassermessstelle GwM 3 Kirchseon werden seit September 2009 wöchentlich gemessen. Die Grundwasserstandsganglinien dieser Brunnen und Grundwassermessstellen sind in der Anlage 8

zusammen mit den im gleichen Zeitraum an der amtlichen Grundwassermessstelle Nr. 14126 Pastetten Q10, die ebenfalls den Deckenschotter erschließt, gemessenen Grundwasserständen dargestellt. Ebenfalls dargestellt sind die an der nahe gelegenen agrarmeteorologischen Messstation Osterseeon gemessenen Niederschläge sowie die Gesamtschüttung der Quelle Pullenhofen, die abgeleiteten Wassermengen und die aus der Differenz zwischen Gesamtschüttung und Ableitung ermittelte Menge an Überwasser im Zeitraum von 2007 bis 2016.

Die Grundwasserspiegel in den Messstellen im Umfeld der Quelle Pullenhofen reagieren relativ rasch auf stattfindende bzw. ausbleibende Niederschläge. Die relativ rasche Reaktion der Grundwasserspiegel in den Messstellen auf Niederschläge spricht für eine gute Durchlässigkeit der Deckschichten im Einzugsgebiet der Quelle.

Über den gesamten beobachteten Zeitraum verlaufen die Ganglinien in den Grundwassermessstellen der Gemeinde Bruck und der benachbarten Gemeinden Moosach und Kirchseeon wie auch dem Brunnen Berghofen synchron. Eine Variation der Grundwasserfließrichtung im näheren Umfeld der Quelle Pullenhofen infolge sich ändernder Grundwasserstände ist nicht festzustellen.

Die Schüttungsmengen der Quelle Pullenhofen zeigen einen ganz ähnlichen Verlauf wie die Wasserstandsganglinien der Grundwassermessstellen im Umfeld der Quelle. Beide stehen in einem deutlichen Zusammenhang mit den Niederschlagsmengen und somit mit den Witterungsverhältnissen. In den relativ niederschlagsarmen Jahren 2014 und 2015, in denen einerseits die Gesamtschüttung eher unterdurchschnittlich war und die Ableitungsmengen überdurchschnittlich, lagen die Überwassermengen in einer Größenordnung von 18 l/s bis 20 l/s, in der Regel wurden mehr als 20 l/s Überwasser der Moosach zugeleitet. Bezogen auf den Gesamtabfluss der Moosach, der rund 0,6 m³/s beträgt (s. Kap. 3.1), entsprechen die für die Trinkwasserversorgung der Gemeinde Bruck aus der Quelle Pullenhofen abgeleiteten Mengen von durchschnittlich etwa 4,5 l/s etwa 0,75 %.

Eine statistische Auswertung der mittleren monatlichen Quellschüttung für den Zeitraum von 2007 bis 2016 ist der Tabelle 20 zu entnehmen. Nach Mitteilung der Gemeinde Bruck lag die

Quellschüttung auch in den Jahren zuvor in der Regel bei 28 bis 33 l/s.

Die höchste Quellschüttung wurde in den betrachteten 10 Jahren im Juni 2013 mit etwas mehr als 35 l/s ermittelt. Über den Messzeitraum ergibt sich eine mittlere Quellschüttung von rund 28,2 l/s. Die geringste Quellschüttung wurde Anfang Februar 2016 mit rund 24,3 l/s gemessen. Die vergleichsweise geringe Schwankungsbreite der Quellschüttung deutet auf ein großes Einzugsgebiet der Quelle hin.

Tab. 20: Maximale, mittlere und minimale Schüttung der Quelle Pullenhofen im Zeitraum 2007 bis 2016

Quelle Pullenhofen	2007 bis 2016
max. Schüttung (l/s)	35,07
mittlere Schüttung (l/s)	28,22
min. Schüttung (l/s)	24,30

Auch die Amplituden der Wasserstandsganglinien der Grundwassermessstellen der Gemeinde Bruck sind vergleichsweise gering. Die Differenzen zwischen den höchsten und den niedrigsten im Beobachtungszeitraum von 2007 bis 2016 gemessenen Wasserständen betragen zwischen rund 0,8 m (GwM 1 Pullenhofen) und rund 1,0 m (GwM 3 Höhenberg). In den neu errichteten Messstellen GwM 4 und GwM 5 betragen die Differenzen zwischen den höchsten und den niedrigsten gemessenen Grundwasserständen im Zeitraum von Dezember 2013 bis Ende 2016 rund 0,9 m (GwM 4) bzw. rund 0,6 m (GwM 5)

3.6 Grundwasserfließrichtung und Gefälle

Im Untersuchungsgebiet wurden im Zusammenhang mit der Ermittlung des Einzugsgebiets für den Brunnen Berghofen der Gemeinde Moosach, der rund 2,2 km nordnordwestlich der Quelle Pullenhofen zwischen Berghofen und Fürmoosen liegt, mehrere großräumige Stichtagsmessungen zur Ermittlung der Grundwasserfließrichtung und des Grundwassergefälles durchgeführt. Dabei wurden auch die Wasserstände in den Grundwassermessstellen GwM 1 bis GwM 3 und - nach deren Errichtung - in den Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5 im Anstrombereich der Quelle Pullenhofen berücksichtigt. Die Stichtagsmessungen wurden am 24.09.2009 und am 09.11.2009 durchgeführt. Am 28.09.2010 wurde eine weitere Stichtagsmessung durchgeführt, nachdem in den

Wochen zuvor ein Ansteigen der Grundwasserstände zu verzeichnen gewesen war. Am 05.04.2011 fand im Bereich des Ebersberger Forstes eine großräumige Stichtagsmessung zwischen der Moosach im Süden und Forstinning im Norden statt, die ebenfalls zur Einzugsgebietsermittlung für die Quelle Pullenhofen herangezogen werden kann. Die Messergebnisse der Stichtagsmessungen bis einschließlich 2011 sind in der Anlage 9.1.1 zusammengestellt.

Seit Errichtung der neuen Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5 im Jahr 2013 waren im Untersuchungsgebiet eher niedrige Grundwasserstände zu verzeichnen. Es wurde ein Grundwassergleichenplan zum Stichtag 14.10.2014 für den Raum Bruck – Moosach erstellt. Am 12.11.2015 wurde eine großräumige Stichtagsmessung im Raum Moosach – Kirchseeon – Bruck durchgeführt, bei der mehrere neu errichtete Grundwassermessstellen des Marktes Kirchseeon berücksichtigt werden konnten. Nach Errichtung einer Versuchsbohrung im Jahr 2015 und von zwei weiteren Grundwassermessstellen Ende 2016 für die Gemeinde Moosach im Zusammenhang mit der Neuerschließung eines Gewinnungsgebietes bei Altenburg wurden im Frühjahr 2017 weitere zwei Stichtagsmessungen durchgeführt. Die Messergebnisse der Stichtagsmessungen, die seit Errichtung der Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5 durchgeführt worden sind, sind in der Anlage 9.1.2 aufgelistet.

Als Referenzmessstelle zur Einordnung der bei den Stichtagsmessungen vorherrschenden Wasserstände können die amtlichen Grundwassermessstellen Nr. 16006 Eglfing (Lehrer) 265B bei Haar und Nr. 14126 Pastetten Q18 bei Fendsbach (nördlich von Pastetten) herangezogen werden. Die Messstelle Nr. 16006 Eglfing (Lehrer) erschließt den quartären Grundwasserleiter der Münchener Schotterebene und wird seit 1915 beobachtet. Die Messstelle Pastetten Q18 wurde erst 2003 in das offizielle Messstellennetz aufgenommen. Sie erschließt den Deckenschotter unter Moränenbedeckung und scheint daher trotz der relativ großen Entfernung repräsentativ für die Grundwasserstandsschwankungen im Deckenschotteraquifer (s. Tab. 21). Allerdings können die Daten der Messstelle Pastetten Q10 noch nicht für langjährige Betrachtungen herangezogen werden.

Im September und November 2009 wurden an der Grundwassermessstelle Nr. 16006 Eglfing (Lehrer) jeweils Wasserstände gemessen, die etwas höher als der langjährige

mittlere Wasserstand waren. Bei der Stichtagsmessung vom September 2010 wurde der höchste Wasserstand im Umfeld der Quelle Pullenhofen erfasst. Der Wasserspiegel lag in der Messstelle Nr. 16006 Eglfing (Lehrer) rund 1 m über dem langjährigen Mittelwasserstand; er wird als hoher Mittelwasserstand eingeordnet.

Tab. 21: Statistische Auswertung der Wasserstandsdaten in der Grundwassermessstelle Nr. 16006 Eglfing Lehrer und Nr. 14126 Pastetten Q18 und Wasserstände bei den Stichtagsmessungen

Messstelle	Nr. 16006 Eglfing (Lehrer)	Nr. 14126 Pastetten Q18
Zeitraum	1915 bis Juni 2017	2003 bis Juni 2017
niedrigster Wasserstand (NNW)	521,59	498,23
höchster Wasserstand (HHW)	528,59	500,15
mittlerer Wasserstand (MW)	525,00	498,90
Differenz HHW - NNW	7,0 m	1,92 m
Stichtagsmessung am	Wasserstand (m ü. NN)	Wasserstand (m ü. NN)
24.09.2009	525,55	498,97
09.11.2009	525,27	498,87
28.09.2010	525,98	499,52
05.04.2011	525,76	499,32
14.10.2014	524,71	498,71
12.11.2015	524,41	498,58
22.02.2017	524,50	498,76
30.03.2017	524,52	498,76

Im April 2011 lag der Wasserspiegel in der Messstelle Nr. 16006 Eglfing (Lehrer) rund 20 cm niedriger als im September 2010, aber immer noch höher als bei den vorangegangenen Stichtagsmessungen im Jahr 2009. Die Wasserstände bei den Stichtagsmessungen von 2014, 2015 und 2017 lagen jeweils unter dem langjährigen mittleren Wasserstand. Der niedrigste Wasserstand seit Beginn der regelmäßigen Messungen in den Grundwassermessstellen der Gemeinde Bruck im Jahr 2006 wurde bei der großräumigen Stichtagsmessung vom 12.11.2015 erfasst. Der Wasserstand in der Grundwassermessstelle Nr. 16006 Eglfing (Lehrer) lag an diesem Tag rund 0,6 m unter dem langjährigen mittleren Wasserstand.

Die Differenz zwischen den am 28.09.2010 gemessenen höchsten Wasserständen und den am 12.11.2015 gemessenen niedrigsten Wasserständen betrug in den Brunnen und Messstellen in der Regel zwischen rund 0,7 m und rund 1,6 m, wobei die höheren Differenzen im Bereich des Brunnen Berghofen bzw. der Grundwassermessstellen der Gemeinde Moosach auftraten. Die Wasserstände in den Grundwassermessstellen 1 bis 3

der Gemeinde Bruck im Gewinnungsgebiet Pullenhofen, die im Bereich des Quellhorizontes an der Basis der Deckenschotter liegen, wiesen eine geringere Differenz zwischen dem maximalen und minimalen gemessenen Wasserstand von nur rund 0,3 m (GwM 2) bis 0,98 m (GwM 3) auf.

Auf der Basis der bei den Stichtagsmessungen vom 28.09.2010 (hohes MW), vom 05.04.2011 (MW; großräumige Stichtagsmessung), vom 12.11.2015 (NW, großräumige Stichtagsmessung inkl. GwM 4 und GwM 5) und vom 22.02.2017 (niedriges MW; großräumige Stichtagsmessung) ermittelten Wasserstandswerte wurden Grundwassergleichenpläne konstruiert (s. Anlagen 9.2 bis 9.5). Im Bereich zwischen Moosach, Buch und Kirchseon wird die Grundwasserfließrichtung durch die Lage im Abstrom des Tertiärhochs bei Schattenhofen, das als hydraulische Barriere wirkt, beeinflusst. Ein Teil des aus dem Bereich der Münchener Schotterebene in ungefährer SW-NE-Richtung fließenden Grundwasserstroms biegt nördlich der Tertiärerhebung um und strömt entlang dieses Tertiärhochs in östliche bis südöstliche Richtung. Am Ostrand des Tertiärhochs fließt ein Teil des Wassers in südliche Richtung auf das Tal der Moosach zu. Der Zustrom zur Quelle Pullenhofen erfolgt aus dem Bereich der Grundwasserscheide, die zwischen dem in östliche Richtung fließenden Grundwasser einerseits und dem in südliche Richtung auf das Tal der Moosach zuströmenden Grundwasserstrom andererseits ausgebildet ist.

Die Quelle Pullenhofen wird nach den ausgewerteten Stichtagsmessungen im Nahanstrombereich aus nordnordwestlicher bis nordwestlicher Richtung angeströmt. Im Bereich der zwischen Moosach und Grafing verlaufenden Schotterrinne biegt der Grundwasserstrom allmählich nach Westen bis Nordwesten um und erstreckt sich dann um das Tertiärhoch bei Schattenhofen herum in südwestliche Richtung. Eine Variation der Strömungsrichtung bei sich ändernden Wasserständen ist im unmittelbaren Nahanstrombereich der Quelle nicht festzustellen. Im weiteren Zustrombereich sind Variationen bei den unterschiedlichen Grundwasserständen allenfalls gering. Bestätigt wird diese Feststellung durch die Grundwasserstandsganglinien der Grundwassermessstellen im Umfeld der Quelle Pullenhofen (s. Anlage 8), die bei allen erfassten Grundwasserständen nahezu parallel verlaufen.

Aus den Grundwassergleichen ergibt sich für den Bereich zwischen den

Grundwassermessstellen GwM 1 und GwM 2 bei dem niedrigen Grundwasserstand vom November 2015 wie auch bei dem höheren Grundwasserstand vom September 2010 ein Gefälle von rund 2,1 ‰. Das Gefälle im unmittelbaren Zustrombereich der Quelle Pullenhofen bis zur Messstelle GwM 1 kann aufgrund fehlender Wasserstandsmessungen an der Quelle nicht genau ermittelt werden. Der Quellaustritt liegt auf einer Höhe von ca. 527 m ü. NN. Das Gefälle zwischen der Grundwassermessstelle GwM 1 und der Quelle lässt sich daraus überschlägig mit ca. 11,5 ‰ für den niedrigeren Wasserstand im November 2015 und mit ca. 15 ‰ für den höheren Wasserstand im September 2010 abschätzen.

Im Bereich zwischen der Grundwassermessstelle GwM 2 (Baumhau) und der Grundwassermessstelle GwM 2 der Gemeinde Moosach beträgt das Gefälle bei den Mittelwasserständen, die in den Jahren 2011 und 2017 erfasst worden sind, wie auch bei dem niedrigsten erfassten Wasserstand vom November 2015 rund 3,9 ‰. Bei dem mit der Stichtagsmessung vom 28.09.2010 erfassten hohen Mittelwasserstand wird das Gefälle in diesem Bereich steiler. Es beträgt rund 4,2 ‰.

4 Beurteilung des Gewinnungsgebietes Pullenhofen

4.1 Allgemeine Verhältnisse

Die Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck liegt auf dem Grundstück mit der Flurnummer 536 der Gemarkung und Gemeinde Bruck. Sie dient bereits seit ca. 1956 der Wasserversorgung der Gemeinde Bruck. Die Quelle wurde im Jahr 2005 saniert und neu ausgebaut.

Die allgemeinen Daten der Quelle Pullenhofen sind in der Tabelle 22 zusammengefasst.

Der Quellausbau erfasst ca. 10 Meter einer Schichtquelle, die ca. 1,5 m horizontal im Steilhang angegraben wurde. Die Quelle wurde mit einem V2A-Edelstahlfilterrohr DN 350 mit Stegschlitzen gefasst. Talseitig wurde ein Betonriegel mit 1,2 m Höhe, 0,55 m Tiefe und 13 m Länge angebracht. Das Filterrohr wurde mit Kalksteinen bis 20 cm Durchmesser umbaut und mit gewaschenem Kies (3-6 cm) angeschüttet. Die Quelfassung wurde mit

einem 0,3 m dicken Betondeckel abgedeckt. Darüber wurde eine 1 bis 1,8 m mächtige Lehmüberdeckung aufgebracht. Der Oberboden besteht aus bindigem Kiesaushub über dem Lehmschlag mit Humusschicht und Grasnarbe.

Tab. 22: Allgemeine Daten der Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck

	Quelle Pullenhofen
Nutzungsbeginn	ca. 1956
Sanierung und Neuausbau	2005
Flur-Nummer	536
Gemarkung	Bruck
Gemeinde	Bruck
Landkreis	Ebersberg
Rechtswert	44 93 153
Hochwert	53 21 249
Quellaustrittshöhe (GOK)	527,75 m ü. NN

Der Ausbauplan der Quelfassung ist der Anlage 2 der wasserrechtlichen Antragsunterlagen zu entnehmen.

4.2 Wasserrechtsverhältnisse

Für die Quelle Pullenhofen besteht ein wasserrechtlicher Bescheid des Landratsamtes Ebersberg vom 12.12.2006 (Az. 44/863-2 Bruck 4/VI Bd. 3) zur Zulassung des vorzeitigen Beginns. Darin wird der Gemeinde Bruck der vorzeitige Beginn für die Zutageförderung von Grundwasser aus der Quelle Pullenhofen zugelassen. Die Zulassung des vorzeitigen Beginns ist befristet bis zur endgültigen Entscheidung über den Antrag auf Entnahme von Grundwasser aus der Quelle Pullenhofen. Bis zum Nachweis des Wasserbedarfs der Gemeinde Bruck wurde die Jahresentnahme aus der Quelle Pullenhofen auf 180.000 m³/a begrenzt.

4.3 Wasserbedarf

Aus der Quelle Pullenhofen werden derzeit ca. 1.250 Einwohner der Gemeinde Bruck mit

Trinkwasser versorgt. Zur Ermittlung des Wasserbedarfs im Versorgungsgebiet der Quelle Pullenhofen wurden Angaben des Marktes Glonn ausgewertet. Die Entnahmemengen, verkauften Wassermengen und Wasserverluste im Zeitraum 2007 bis 2016 nach Angaben der Gemeinde Bruck sind in der Tabelle 23 zusammenfasst.

Tab. 23: Entnahmemengen aus der Quelle Pullenhofen und verkaufte Wassermengen im Versorgungsgebiet der Gemeinde Bruck sowie Abgaben an den bzw. Bezug vom Markt Glonn über den Notverbund

Jahr	Entnahmemenge (m³/a)	verkaufte Wassermenge (m³/a)	Abgabe an Glonn über Notverbund (m³/a)	Bezug von Glonn über Notverbund (m³/a)
2007	139.165	113.645	1.367	430
2008	124.200	118.313	1.746	288
2009	122.890	114.385	1.077	1.073
2010	125.384	111.464	768	720
2011	121.054	110.104	595	26.256
2012	136.747	121.136	903	420
2013	138.603	113.589	660	719
2014	155.666	108.072	459	510
2015	201.272	109.680	569	544
2016	164.938	113.393	7.141	876
Ø	142.992	113.378	1.529	3.184

Im Zeitraum 2007 bis 2016 wurden durchschnittlich rund 143.000 m³/a aus der Quelle Pullenhofen abgeleitet. Die größten Wassermengen wurden im Jahr 2015 mit rund 201.000 m³ aus dem Gewinnungsgebiet entnommen. Die geringste Förderung erfolgte im Jahr 2011 mit rund 121.000 m³. Im gleichen Zeitraum wurden über den Notverbund mit dem Markt Glonn zwischen 288 m³/a und 26.256 m³/a an Grundwasser bezogen bzw. zwischen 459 m³/a und 7.141 m³/a an den Markt Glonn geliefert.

Die verkauften Wassermengen lagen im Zeitraum von 2007 bis 2016 zwischen 108.072 m³/a im Jahr 2014 und 121.136 m³/a im Jahr 2012.

Der Eigenbedarf der Gemeinde Bruck wird mit rund 300 m³/a angegeben.

Aus den Fördermengen, den verkauften Wassermengen und dem Eigenbedarf ergeben sich Brutto-Wasserverluste (Summe der sog. unechten Verluste wie durch Spülungen, Hochbehälterreinigungen, Feuerlöschzwecke etc. und der sog. echten Verluste durch Rohrbrüche etc.) zwischen rund 5.900 m³/a und rund 91.600 m³/a bzw. zwischen 5 % und

46 % der geförderten Wassermenge (s. Tabelle 24).

Tab. 24: Ermittlung der Wasserverluste im Versorgungsgebiet der Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck

Jahr	Fördermengen (m ³)	verkaufte Wassermengen einschl. Eigenbedarf (m ³)	Verluste	
			m ³	%
2007	139.165	113.645	25.520	18,3
2008	124.200	118.313	5.887	4,7
2009	122.890	114.385	8.505	6,9
2010	125.384	111.464	13.920	11,1
2011	121.054	110.104	10.950	9,0
2012	136.747	121.136	15.611	11,4
2013	138.603	113.589	25.014	18,0
2014	155.666	108.072	47.594	30,6
2015	201.272	109.680	91.592	45,5
2016	164.938	113.393	51.545	31,3
2017	139.165	113.645	25.520	18,3
Ø	142.992	113.378	29.614	18,7

Die durchschnittlichen Verluste betragen rund 30.000 m³/a bzw. 18,7 % der Ableitungsmenge. Die besonders hohen Verluste in den Jahren 2014 bis 2016 sind nach Angaben der Gemeinde auf Rohrbrüche zurückzuführen, die nur schwer und daher oft spät lokalisiert werden können. Auch die relativ hohen Verluste der übrigen Jahre sind auf Rohrbrüche zurückzuführen. MUTSCHMANN & STIMMELMAYR (2011) geben für gut gewartete ältere Anlagen mittlere Wasserverluste von 10 % der Jahresabgabe an. Die Rohrleitungen im ländlich strukturierten Versorgungsgebiet der Gemeinde Bruck haben eine Länge von insgesamt rund 30 bis 35 km (ohne Hausanschlüsse) und sind weit verzweigt. Leckstellen können so oftmals erst spät erkannt werden, zumal das austretende Wasser bei dem stellenweise gut durchlässigen Untergrund rasch versickert. Daher ist auch in Zukunft mit Wasserverlusten zu rechnen, die über 10 % liegen.

Prognose des zukünftigen Wasserbedarfs

Der künftige Wasserbedarf im Versorgungsgebiet der Gemeinde Bruck wird unter Berücksichtigung eines möglichen Genehmigungszeitraums für die Entnahme von Trinkwasser aus der Quelle Pullenhofen von 20 Jahren für das Jahr 2037 berechnet. Das Versorgungsgebiet umfasst das Gemeindegebiet von Bruck. Darüber hinaus bestehen Notverbände mit den Nachbargemeinden Glonn und Baiern.

Der prognostizierte Wasserbedarf wird nach MUTSCHMANN & STIMMELMAYR (2011) aus der Zahl der Verbraucher und den angenommenen Einheits-Wasserverbrauchswerten berechnet. Die Angaben zur Entwicklung des Verbrauchs im Versorgungsgebiet der Gemeinde Bruck in den letzten 10 Jahren wurden im vorhergehenden Kapitel zusammengestellt und ausgewertet. Die zur Ermittlung des zukünftigen Wasserbedarfs im Versorgungsgebiet der Gemeinde Bruck ebenso notwendigen Angaben zur Entwicklung der Verbraucherzahl beruhen auf den folgenden Unterlagen des BAYERISCHEN LANDESAMTS FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG:

- *Statistik kommunal 2015 – Eine Auswahl wichtiger statistischer Daten für die Gemeinde Bruck 09 175 114, herausgegeben im August 2016*
- *Demographie-Spiegel für Bayern - Berechnungen für die Gemeinde Bruck bis 2028, herausgegeben im April 2016*
- *Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung für Bayern bis 2035 – Demographisches Profil für den Landkreis Ebersberg, herausgegeben im Dezember 2016 (s. Tabelle 25).*

Tab. 25: Einwohner der Gemeinde Bruck in den Jahren 2007 bis 2016 und prognostizierte Entwicklung der Einwohnerzahl

Jahr	Einwohner gesamt
2007	1.166
2008	1.160
2009	1.159
2010	1.167
2011	1.145
2012	1.172
2013	1.207
2014	1.222
2015	1.230
2016	1.250
2028	1.350 ¹⁾
2035	1.439 ²⁾
2037 ³⁾	1.439

¹⁾ Demographie-Spiegel für Bayern Berechnungen für die Gemeinde Bruck bis 2028 (April 2016)

²⁾ Regionalisierte Bevölkerungsvorausberechnung für Bayern bis 2035 – Demographisches Profil für den Landkreis Ebersberg (Dezember 2016): Veränderung des Bevölkerungsstandes von 2015 bis 2035: 17,0 %

³⁾ Annahme von ungefähr gleichbleibendem Bevölkerungsstand von 2035 bis 2037

Nach der im Dezember 2016 herausgegebenen *Regionalisierten Bevölkerungsvorausberechnung für Bayern bis 2035* wird in Bayern insgesamt im Zeitraum von 2015 bis 2035 die Bevölkerung um 5,4 % zunehmen. Im gleichen Zeitraum wird die Bevölkerung in Oberbayern um 11,5 % zunehmen. Für den im Einzugsgebiet der Metropolregion München liegenden Landkreis Ebersberg wird für den Zeitraum von 2015 bis 2035 ein noch größeres Bevölkerungswachstum um 17,5 % prognostiziert. Die für die Gemeinde Bruck für 2028 prognostizierte Einwohnerzahl von 1.350 entspricht einem angenommenen Wachstum von 10,7 % im Zeitraum von 2014 bis 2028.

Die Einwohnerzahl in der Gemeinde Bruck beträgt z.Zt. (Dez. 2016) rund 1.250. Die Möglichkeit zur Ausweisung neuer Baugebiete im Gemeindegebiet Bruck ist sehr eingeschränkt, da die Hälfte der Gemeindefläche innerhalb eines Landschaftsschutzgebietes liegt. Nach Auskunft der Gemeinde Bruck wird in den nächsten Jahren die Bevölkerung in der Gemeinde Bruck daher nur geringfügig steigen. In diesem Zeitraum kann die Gemeinde noch Baugebiete für ca. 25 Wohneinheiten stellen. Dazu kommt innerhalb der Ortschaften ein geringer Zuwachs durch Innenverdichtung. Gleichzeitig ist nach Auskunft der Gemeinde Bruck damit zu rechnen, dass der Wasserbedarf im Versorgungsgebiet eher abnehmen wird, wenn zunehmend viehhaltende landwirtschaftliche Betriebe die Produktion einstellen.

Der zukünftige Wasserbedarf der Gemeinde Bruck im Jahr 2037 wird basierend auf der vom BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG für das Jahr 2028 prognostizierten Einwohnerzahl in der Gemeinde Bruck ermittelt. Ausgehend von den langjährigen Prognosen des BAYERISCHEN LANDESAMTES FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG wird für den Zeitraum nach 2035 in der Gemeinde Bruck kein Bevölkerungswachstum mehr erwartet.

Nach der *Umweltstatistik Bayern 2013* des BAYER. LANDESAMTS FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG ist der Wasserverbrauch pro Einwohner in Bayern wie auch im Rest der Bundesrepublik seit Anfang der 1980er Jahre rückläufig. In der *Umweltstatistik Bayern 2013* wird für Bayern ein spezifischer Wasserverbrauch von 160 l/E·d angegeben, der den Verbrauch in Haushalten und Kleingewerbe sowie durch gewerbliche und sonstige Abnehmer

ohne Wasserwerkseigenverbrauch und Rohrleitungsverluste zusammenfasst. Der spezifische Einwohnerwert in Bayern differierte 2013 regionsabhängig zwischen < 160 l/E·d in den nördlichen und östlichen Landkreisen und mehr als 200 l/E·d in den südlichen Landkreisen. Im Landkreis Ebersberg lag der einwohnerspezifische Wasserverbrauch nach den Angaben in der *Umweltstatistik Bayern 2013* bei < 160 l/E·d.

Unter Berücksichtigung der in den Jahren 2007 bis 2016 versorgten Einwohnerzahl und der verkauften Wassermenge ergeben sich ohne Berücksichtigung von Rohrleitungsverlusten und Eigenverbrauch im Gemeindegebiet Bruck spezifische Einwohnerwerte zwischen 242 l/E·d und 283 l/E·d. Im Schnitt ergibt sich für den betrachteten Zeitraum ein spezifischer Einwohnerwert von ca. 263 l/E·d, der den Verbrauch in Haushalten, Kleingewerbe sowie durch gewerbliche und sonstige Abnehmer zusammenfasst (s. Tabelle 26).

Tab. 26: Ermittlung des Wasserverbrauchswerts im Versorgungsgebiet der Gemeinde Bruck

Jahr	Durch die Quelle Pullenhofen versorgte Einwohner	Verkaufte Wassermenge (m ³ /a)	Wasserverbrauchswert (l/E·d)
2007	1.166	113.645	267
2008	1.160	118.313	279
2009	1.159	114.385	270
2010	1.167	111.464	262
2011	1.145	110.104	263
2012	1.172	121.136	283
2013	1.207	113.589	258
2014	1.222	108.072	242
2015	1.230	109.680	244
2016	1.250	113.393	249
Ø	1188	113.378	262

Der im Vergleich mit den Angaben in der *Umweltstatistik Bayern 2013* für den Landkreis Ebersberg hohe Wasserverbrauchswert ist nach Angaben der Gemeinde auf die relativ große Zahl landwirtschaftlicher Betriebe mit Viehhaltung zurückzuführen. Diese sind allerdings rückläufig, was sich auch in den spezifischen Wasserverbrauchswerten niederschlägt.

Zur Ermittlung des Wasserbedarfs im Jahr 2037 wird der im Jahr 2012 ermittelte höchste spezifische Einwohnerwert von 283 l/E·d verwendet. Da in den letzten Jahrzehnten der Wasserverbrauch eher zurückgegangen ist und sich diese Entwicklung durch den

zunehmenden Einsatz von wassersparenden Techniken vermutlich weiter fortsetzen wird, beinhaltet dieser Ansatz eine Sicherheitsreserve auch für Erweiterungen des Versorgungsgebiets und die in Anbetracht der Klimaerwärmung eher zunehmende Häufigkeit von trockenen und heißen Jahren.

Der Eigenbedarf der Gemeinde Bruck wird mit 300 m³/a veranschlagt.

Im Verteilungsnetz der Gemeinde Bruck traten in den Jahren 2007 bis 2016 Wasserverluste zwischen weniger als 5 % und rund 46 % auf; die durchschnittlichen Verluste wurden mit rund 19 % ermittelt. Im weit verzweigten Rohrleitungsnetz der Gemeinde Bruck mit einer Länge von 30 bis 35 km (ohne Hausanschlüsse) können immer wieder Leckagen auftreten, die erst relativ spät bemerkt werden. Daher ist auch in Zukunft mit Verlusten in einer Größenordnung von 15 % zu rechnen.

Der im Jahr 2037 zu erwartende Wasserbedarf im Versorgungsgebiet der Gemeinde Bruck sowie die der Ermittlung zugrundegelegten Ausgangsdaten sind in der Tabelle 27 zusammengefasst.

Tab. 27: Wasserbedarf im Versorgungsgebiet der Gemeinde Bruck im Jahr 2037

Jahr	Einwohner	Wasser- verbrauchswert (l/E·d)	Abgabe ins Netz (m ³ /a)	Eigenbedarf (m ³ /a)	Verlust (%)	Wasserbedarf (m ³ /a)
2037	1.439	283	148.642	300	15	171.283

Für das Versorgungsgebiet der Quelle Pullenhofen ergibt sich unter Annahme eines Wasserverbrauchswerts von 283 l/E·d, einem Eigenbedarf von 300 m³/a und Wasserverlusten von 15 % im Jahr 2037 für rund 1.439 Einwohner ein Wasserbedarf von 171.283 m³/a. Diese Menge, gerundet auf 180.000 m³/a, entspricht einer kontinuierlichen Förderung von rund 5,7 l/s und beträgt etwa 20 % der mittleren Quellschüttung (ca. 28,2 l/s bzw. 889.000 m³/a).

4.4 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse im Bereich der Quelle Pullenhofen

Die Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck ist eine Schichtquelle, die aus quartären Kiesen (Deckenschotter) gespeist wird, die unmittelbar den geringdurchlässigen Sedimenten der tertiären Oberen Süßwassermolasse auflagern. Diese Kiese, die im Untersuchungsgebiet den Hauptgrundwasserleiter ausbilden, werden über weite Bereiche des Einzugsgebiets von würmeiszeitlichen Moränen überlagert. An den Talhängen der Moosach sind die Deckschotter teilweise angeschnitten. Entlang dieses Horizontes tritt das Grundwasser in Quellen zutage. Im näheren Umfeld der Quelle Pullenhofen liegt rund 280 m südöstlich ein weiterer, namentlich nicht bezeichneter Quellaustritt. Die Quelle Baumhau liegt etwa 780 m nordwestlich der Quelle Pullenhofen. Beide Quellen liegen mit ca. 530 m ü. NN auf annähernd gleichem Niveau wie die Quelle Pullenhofen und werden ebenfalls aus dem Deckenschotteraquifer gespeist.

Die Mächtigkeit des Grundwasserleiters beträgt im Bereich der Grundwassermessstelle GwM 1 (Pullenhofen), die der Quelle am nächsten liegt, etwa 25,9 m. Er wird von rund 3 m Moräne überlagert. Im Bereich der Grundwassermessstellen GwM 2 (Baumhau) und GwM 3 (Höhenberg), die im Trockental östlich von Baumhau abgeteuft worden sind, wird der Grundwasserleiter lediglich von geringmächtigen (0,7 m bis 2,4 m) schluffigen Sedimenten überdeckt. Die grundwasserführenden Schichten sind 11 m (GwM 2) bzw. 12,7 m (GwM 3) mächtig. Der Flurabstand beträgt im Bereich der Grundwassermessstelle GwM 1 (Pullenhofen) etwas mehr als 25 m und im Bereich der Grundwassermessstellen GwM 2 (Baumhau) und GwM 3 (Höhenberg) zwischen rund 5,3 m und 6,1 m. (s. Tab. 28)

Im Bereich der Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5, die in etwas größerer Entfernung zur Quelle Pullenhofen liegen, beträgt die Mächtigkeit des Aquifers rund 18,2 m (GwM 4) bzw. rund 12,5 m (GwM 5). Der Grundwasserleiter wird im Bereich der Grundwassermessstelle GwM 4 von rund 38 m Deckschichten und im Bereich der Grundwassermessstelle GwM 5 von rund 50 m Deckschichten überlagert. Bei den Deckschichten handelt es sich zum Teil um geringdurchlässige Moräne.

Die Grundwassermächtigkeiten in den Grundwassermessstellen GwM 1 bis GwM 3 betragen während des höchsten seit Errichtung der Grundwassermessstellen erfassten

Wasserstands im August 2010 3,47 m (GwM 1 (Pullenhofen)), 6,13 m (GwM 2 (Baumhau)) und 9,39 m (GwM 3 (Höhenberg)). Beim niedrigsten gemessenen Wasserstand im November 2015 lagen die Grundwassermächtigkeiten bei 2,7 m (GwM 1 (Pullenhofen)), 5,38 m (GwM 2 (Baumhau)) und 8,39 m (GwM 3 (Höhenberg)). Die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten erfassten Wasserstand betrug zwischen 0,75 m in der Grundwassermessstelle GwM 2 (Baumhau) und 1 m in der von der Quelle am weitesten entfernten Messstelle GwM 3 (Höhenberg).

In den erst im Jahr 2013 erstellten Grundwassermessstellen wurde der höchste Wasserstand im November 2013 (GwM 4) bzw. im Dezember 2013 (GwM 5) und der niedrigste Wasserstand ebenfalls im November 2015 erfasst. Die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wasserstand beträgt 1,15 m in der Messstelle GwM 4 und 0,61 m in der Messstelle GwM 5.

5 Ermittlung des Einzugsgebiets der Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck

Das Einzugsgebiet bzw. das Grundwassereinzugsgebiet eines Brunnens bzw. einer Quelle ist nach der Definition des Normenausschusses für Wasserwesen (1989) das Gebiet, aus dem unterirdisches Wasser einem bestimmten Ort zufließt. Bei Quellen ist der Anstrombereich im Wesentlichen durch die Untergrundverhältnisse im Umfeld der Fassung bestimmt. Seine Ausdehnung und ggf. Orientierung können sich mit den zeitlich veränderlichen Grundwasserständen, mit denen auch die Schüttung schwankt, wesentlich ändern (LFW 1990).

Die Form des Quelleinzugsgebietes wird von der Zustrombreite oberstrom der Wasserfassung bestimmt. Diese hängt ab von dem Grundwassergefälle und der Transmissivität des Grundwasserleiters. Letztere wird wiederum von der Grundwassermächtigkeit und der Durchlässigkeit des Aquifers beeinflusst.

Der Abschätzung des Einzugsgebietes der Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck werden die folgenden hydraulischen Werte zugrunde gelegt:

Grundwassermächtigkeit

Die mittlere Grundwassermächtigkeit im unmittelbaren Anstrombereich der Quelle beträgt etwa 3,15 m (Mittelwert der in der Grundwassermessstelle GwM 1 (Pullenhofen) seit 2006 gemessenen Wasserstände) und im näheren Einzugsgebiet rund 4,44 m (Mittelwert der in der Grundwassermessstelle GwM 1 (Pullenhofen) und in der Grundwassermessstelle GwM 2 (Baumhau) seit 2006 gemessenen Wasserstände). Bei dem höchsten erfassten Wasserstand vom 28.09.2010 betrug die Grundwassermächtigkeit in der Grundwassermessstelle GwM 1 ca. 3,44 m und bei dem niedrigsten erfassten Wasserstand vom 12.11.2015 rund 2,7 m. Mit zunehmender Entfernung zur Quelle nimmt die Grundwassermächtigkeit im Einzugsgebiet der Quelle zu: im Bereich der Grundwassermessstellen GwM 4 der Gemeinde Bruck und GwM 2 der Gemeinde Moosach beträgt die Grundwassermächtigkeit um 13 m, im Bereich der Grundwassermessstelle GwM 3 der Gemeinde Moosach annähernd 17 m.

Grundwasserfließrichtung

Zur Festlegung des Einzugsgebiets der Quelle Pullenhofen wurden die Stichtagsmessungen vom September 2010, vom April 2011, vom November 2015 und vom Februar 2017 herangezogen. Die Stichtagsmessung vom September 2010 repräsentiert einen relativen Hochwasserstand und die Stichtagsmessung vom November 2015 einen relativen Niedrigwasserstand. Bei der Stichtagsmessung im April 2011 wurde ein mittlerer Wasserstand erfasst. Der Wasserstand bei der Stichtagsmessung im Februar 2017 kann als niedriger Mittelwasserstand eingestuft werden. Bei den Stichtagsmessungen vom November 2015 und vom Februar 2017 war die Datenbasis (Anzahl an Messstellen) für die Konstruktion der Grundwasserisohypsen bei unterschiedlichen Wasserständen jeweils am größten, da die Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5 der Gemeinde Bruck erst 2013 und die Versuchsbohrung VB Altenburg wie auch die Grundwassermessstellen GwM 1 und GwM 2 Altenburg der Gemeinde Moosach erst 2015 bzw. 2016 errichtet wurden. Die Ergebnisse dieser neuen Grundwasseraufschlüsse konnten in die Grundwassergleichenpläne der früheren Stichtagsmessungen eingearbeitet werden, da sich aus den regelmäßigen Wasserstandsmessungen, die seit 2009 im Raum Moosach – Bruck – Kirchseon durchgeführt werden, kaum Änderungen bei der Grundwasserfließrichtung ergeben.

Danach ist die Grundwasserfließrichtung im näheren Anstrombereich der Quelle bei allen

erfassten Wasserständen Nordnordwest-Südsüdost-gerichtet. Im weiteren Einzugsgebiet herrscht eine annähernd Nordwest-Südost-gerichtete Grundwasserfließrichtung vor.

Grundwassergefälle

Das Gefälle im unmittelbaren Zustrombereich der Quelle Pullenhofen bis zur Messstelle GwM 1 kann aufgrund fehlender Wasserstandsmessungen an der Quelle nicht genau ermittelt werden. Der Quellaustritt liegt auf einer Höhe von ca. 527 m ü. NN. Aus dem Grundwasserstand in der Messstelle GwM 1 und der Höhe des Quellaustritts von 527 m ü. NN lässt sich das Gefälle zwischen der Grundwassermessstelle GwM 1 und der Quelle überschlägig mit ca. 11,5 ‰ für den niedrigeren Wasserstand im November 2015 und mit ca. 15 ‰ für den höheren Wasserstand im September 2010 abschätzen.

Aus den Grundwassergleichen ergibt sich für den Bereich oberstromig der Grundwassermessstelle GwM 2 Baumhau bei allen erfassten Grundwasserständen ein Gefälle im Mittel von 2,9 ‰.

Quellschüttung (Entnahmemenge)

Von der Gemeinde Bruck wurden an der Quelle Pullenhofen im Zeitraum von 2007 bis 2016 Quellschüttungen zwischen 24,3 l/s und 35,1 l/s gemessen. Die mittlere Quellschüttung in diesem Zeitraum beträgt 28,2 l/s, entsprechend ca. 102 m³/h, ca. 2.448 m³/d und rund 890.000 m³/a

Die mittlere jährliche Höchstschüttung (MHQ) als Basis für die Ermittlung der 50-Tage-Linie betrug im gleichen Zeitraum 30,47 l/s.

Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) und nutzbares Porenvolumen

Im Rahmen der Einzugsgebietsermittlung für den Brunnen Berghofen der Gemeinde Moosach wurde für den Bereich zwischen Kirchseon im Norden, Moosach im Süden und Buch im Westen ein Gebiets- k_f -Wert von $1 \cdot 10^{-3}$ m/s ermittelt (IGwU GmbH 2011).

Der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) für den unmittelbaren Nahbereich um die Quelle wurde aus den Daten des Pumpversuchs vom 23.11.2005 an der Grundwassermessstelle GwM 1 (Pullenhofen) der Gemeinde Bruck ermittelt. Nach DAHLHAUS ergibt die Auswertung einen k_f -

Wert von $2,36 \cdot 10^{-3}$ m/s, die Auswertung des Pumpversuchs nach DUPUIT-THIEM ergibt einen etwas niedrigeren k_f -Wert von $1,81 \cdot 10^{-3}$ m/s, der geometrische Mittelwert beträgt $2,06 \cdot 10^{-3}$ m/s.

An den Messstellen, GwM 4 Bruck, GwM 5 Bruck, GwM 3 Höhenberg und GwM 2 Baumhau wurden k_f -Werte zwischen $6,9 \cdot 10^{-5}$ m/s und $2,91 \cdot 10^{-2}$ m/s ermittelt. Der geometrische Mittelwert aus diesen Werten entspricht mit $2,07 \cdot 10^{-3}$ m/s dem für die GwM 1 ermittelten Wert. Unter Berücksichtigung des k_f -Werts von $1 \cdot 10^{-3}$ m/s für den Bereich zwischen Kirchseeon im Norden, Moosach im Süden und Buch im Westen wird ein Gebiets- k_f -Wert für den Bereich oberstrom der Messstelle GwM 1 Pullenhofen von $1,84 \cdot 10^{-3}$ m/s abgeleitet.

Sowohl aus dem Gebiets- k_f -Wert von $1,84 \cdot 10^{-3}$ m/s als auch aus dem k_f -Wert von $2,06 \cdot 10^{-3}$ m/s für den unmittelbaren Anstrombereich der Quelle lässt sich für den Grundwasserleiter nach REHSE (1977) ein nutzbares Porenvolumen von rund 18 % abschätzen.

Die Entnahmebreite der Quelle Pullenhofen wird unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Gefälleverhältnisse und Grundwassermächtigkeiten im Einzugsgebiet der Quelle abgeschätzt. Die Berechnungsgrundlagen und Ergebnisse der abschnittswisen Berechnungen sind in der Tabelle 28 zusammengefasst.

Zur Abgrenzung des Einzugsgebiets der Quelle Pullenhofen wurde im unmittelbaren Anstrombereich der Quelle die Randstromlinie entsprechend der Zustrombreite bei niedrigen Wasserständen ermittelt. Da von der Quelle keine Wasserstandsmessungen vorliegen, wurde das Gefälle abgeschätzt (s.o.). Die maximale Entnahmebreite lässt sich daraus für den niedrigen Wasserstand mit 372 m und die halbe Entnahmebreite mit 186 m veranschlagen (s. Tab. 28). Diese Werte sind insofern plausibel, als in einer Entfernung von rund 280 m südöstlich der Quelle Pullenhofen eine weitere Quelle liegt, deren Schüttung auf ca. 10 l/s geschätzt wird (FUSCHLBERGER 2006). Die Zustrombreite des Einzugsgebiets dieser Quelle kann bei sonst gleichbleibenden hydrologischen Parametern auf ca. ein Drittel der Zustrombreite der Quelle Pullenhofen geschätzt werden.

Oberstrom der Grundwassermessstelle GwM 1 Pullenhofen flacht das Grundwassergefälle auf ca. 2,9 ‰ ab. Gleichzeitig nimmt die Grundwassermächtigkeit erheblich zu. In der Grundwassermessstelle GwM 3 Moosach wurde z.B. eine Grundwassermächtigkeit von 17,63 m erbohrt.

Bei Verwendung des Gebiets- k_f -Werts von $1,84 \cdot 10^{-3}$ m/s und der aus den Messstellen im weiteren Anstrom der Quelle Pullenhofen abgeleiteten mittleren Grundwassermächtigkeit von ca. 13,8 m ergibt sich bei dem mittleren Gefälle von ca. 2,9 ‰ für den Anstrombereich oberstrom der Messstelle GwM 1 Pullenhofen eine theoretische Entnahmebreite von 383 m. Diese Entnahmebreite ist nur geringfügig höher als die Entnahmebreite von 372 m, die sich mit dem höheren Gefälle und der deutlich geringeren Grundwassermächtigkeit im absoluten Nahbereich der Quelle Pullenhofen ergibt.

Tab. 28: Berechnungsgrundlagen und Ergebnisse der Einzugsgebietsermittlung für die Quelle Pullenhofen

Quelle Pullenhofen		
Bereich	zw. Quelle und GwM 1	zw. GwM 1 Pullenhofen und EBE 17
Entfernung (ca. m)	200	4.500
Berechnungsgrundlagen:		
Grundwassermächtigkeit	3,2*	13,8**
mittlere Quellschüttung (l/s)	28,2***	
k_f - Wert (m/s)	$2,06 \cdot 10^{-3}$	$1,84 \cdot 10^{-3}$
nutzbares Porenvolumen (%)	18	
Ergebnisse:		
Wasserstand am	12.11.2015 (NW)	
natürl. Grundwassergefälle (‰)	11,5	2,9
halbe Entnahmebreite (m)	186	192
maximale Entnahmebreite (m)	372	383
Abstandsgeschwindigkeit (m/d)	11,4	2,56

* mittlere Grundwassermächtigkeit in den Grundwassermessstellen GwM 1 und GwM 2

** mittlere Grundwassermächtigkeit in den Grundwassermessstellen GwM 2 Baumhau., GwM 4 Bruck, GwM 2 Moosach, GwM 3 Moosach, GwM 3 Kirchseon

*** Mittelwert der Quellschüttungsmessungen von 2007 bis 2016

Für den hohen Wasserstand vom 28.09.2010 ergeben sich höhere Gefällewerte. Da auch die Grundwassermächtigkeiten bei höheren Wasserständen größer sind, resultiert daraus, dass die

Entnahmebereiche bei höheren Wasserständen schmaler werden. Die Grundwasserfließrichtung bei dem höheren Wasserstand ist annähernd identisch mit der bei niedrigem Wasserstand. Daher werden zur Abgrenzung des Einzugsgebiets der Quelle Pullenhofen die für den niedrigen Wasserstand vom November 2015 ermittelten größeren Entnahmebreiten herangezogen.

Für den unmittelbaren Nahbereich wird die Entnahmebreite entsprechend der Berechnungen für den Bereich zwischen der Quelle und der Grundwassermessstelle GwM 1 Pullenhofen mit rund 372 m angesetzt. Für das weitere Einzugsgebiet wird die für den Bereich oberstrom der Grundwassermessstelle GwM 1 Pullenhofen ermittelte Entnahmebreite von 383 m verwendet. Damit wird den unterschiedlichen Gefälleverhältnissen und den unterschiedlichen Grundwassermächtigkeiten im Einzugsgebiet der Quelle Rechnung getragen.

Das aus der Geometrie des Anstrombereichs ermittelte Einzugsgebiet einer Quelle muss außerdem randlich aufgeweitet werden, um die Grundwasserbewegung aufgrund transversaler Dispersionsvorgänge mit einzubeziehen.

Die transversale Dispersion beschreibt die Bewegung der Wasserteilchen senkrecht zur Strömungsachse und führt zu einer Aufweitung des Zustrombereichs. Der transversalen Dispersion wurde durch eine zusätzliche Aufweitung des Zustrombereichs unter Annahme eines Dispersionswinkels $\alpha/2$ von 6° Rechnung getragen.

Der Zustrombereich weitet sich infolge der Dispersion in oberstromiger Richtung stetig auf, wobei die Wahrscheinlichkeit, dass einzelne Grundwasserteilchen nach Durchlaufen ihrer durch die transversale Dispersion bedingten Zufallsbahnen tatsächlich aus dem Brunnen gefördert werden, nach außen und somit zur ermittelten aufgeweiteten Randstromlinie hin abnimmt. Die Eintrittswahrscheinlichkeit verringert sich außerdem mit der Entfernung zur Wassergewinnungsanlage.

Die Abschätzung der Zuspeisungswahrscheinlichkeit erfolgte nach der Methode von PROCHER (2005) zur Abgrenzung langgestreckter Grundwassereinzugsgebiete in Porengrundwasserleitern.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Wasserteilchens in die Fassungsanlage lässt sich quer zur Strömungsachse durch die GAUß'sche Glockenkurve beschreiben. Bei rein geometrischer Betrachtung des Dispersionsphänomens kann die Grenzlage aller Grundwasserteilchen mit größtmöglicher Eintrittswahrscheinlichkeit in eine Fassungsanlage durch die Schenkel des „kritischen Dispersionsdreiecks“ beschrieben werden. Für alle außerhalb des „kritischen Dispersionsdreiecks“ strömenden Grundwasserteilchen wird sich die Eintrittswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Ortslage nach den Gesetzmäßigkeiten der Wahrscheinlichkeitsverteilung verringern.

In den Anlagen 10.1 bis 10.4 sind die Einzugsgebiete der Quelle Pullenhofen basierend auf den Stichtagsmessungen vom 28.09.2010 (hohes Mittelwasser), vom 05.04.2011 (Mittelwasser), vom 12.11.2015 (Niedrigwasser) und vom 22.02.2017 (niedriges Mittelwasser) abgebildet. Die Randstromlinien umschreiben den Bereich, in dem Wasserteilchen mit einer Wahrscheinlichkeit von 10 % in die Fassungsanlage der Quelle eintreten werden (10%-ige Zuspeisungswahrscheinlichkeit). In Anlage 11 ist der Zustrombereich der Quelle Pullenhofen für alle erfassten Wasserstände dargestellt, der sich aus der Umhüllenden der einzelnen Zustrombereiche ergibt.

Für den Nahbereich der Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck wurde eine etwa Nordnordwest-Südsüdost- bis Nordwest-Südost-gerichtete Grundwasserfließrichtung ermittelt. Der unterirdische Zustrombereich der Quelle erstreckt sich somit entsprechend der Verbreitung der Deckenschotter über den für die Quelle ermittelten Zustrombereich nach Nordnordwesten bis Nordwesten durch das Waldgebiet „Im Fichten“, das Trockental östlich von Baumhau und weiter unter dem Höchenberg und dem Mühlholz in nordwestliche bis westliche Richtung letztendlich bis in die Münchener Schotterebene.

6 Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung im Einzugsgebiet der Quelle Pullenhofen

Im Hinblick auf den Schutz des durch die Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck erschlossenen Grundwasservorkommens haben die über dem Grundwasserspiegel vorhandenen Deckschichten eine wichtige Funktion insbesondere im Hinblick auf die Quantität und Qualität der versickernden Niederschlagswässer.

Nach dem Merkblatt Nr. 1.2/7 „Wasserschutzgebiete für die öffentliche Wasserversorgung“ des BAYER. LANDESAMTS FÜR UMWELT (Stand Januar 2010) ist daher bei der Bemessung und Gliederung von Wasserschutzgebieten die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung zu berücksichtigen.

Zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung wurde von HÖLTING ET AL. (1995) ein Konzept entwickelt. Danach wird erst nach einer Verweilzeit des Wassers im Untergrund von mindestens drei Jahren eine mittlere Schutzfunktion erreicht. Im Hinblick auf den Trinkwasserschutz muss eine mittlere Schutzfunktion als Mindestanforderung gelten. Für die oberstromige Bemessung eines Wasserschutzgebiets ist zumindest bei mittlerer und hoher Schutzbedürftigkeit eine Fließzeit von drei Jahren von der oberstromigen Grenze des Wasserschutzgebiets bis zum Erreichen der Brunnen als oberstromige Mindestausdehnung anzusetzen. Nach dem LfU-Merkblatt Nr. 1.2/7 ist das Gesamteinzugsgebiet in Risikozonen mit unterschiedlicher Schutzbedürftigkeit zu gliedern, wobei die Wahrscheinlichkeit, mit der von einer bestimmten Fläche auf Grund hydrologisch bedingter Fließrichtungsänderungen oder der Wirksamkeit lokaler Vorfluter ein Zustrom zur Wasserfassung erfolgt, zu berücksichtigen ist.

Zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung sowie der Verweilzeit des Sickerwassers in den Deckschichten wurden daher die im Grundwassereinzugsgebiet der Quelle Pullenhofen und deren näherem Umfeld vorhandenen Bohrprofile ausgewertet. Aus den Bohrprofilen wurden neben der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung auch die Grundwasserflurabstände und die Verweilzeit des Sickerwassers in den Deckschichten nach REHSE (1977) ermittelt. (s. Anlagen 11.1 und 11.2)

Die Ergebnisse der Auswertung der Bohrprofile nach dem Konzept von HÖLTING ET AL. (1995) sowie der Ermittlung der Verweilzeit in den Deckschichten sind in Tabelle 29 zusammengestellt.

Nach den ausgewerteten Bohrprofilen liegen die Grundwasserflurabstände zwischen rund 1,1 m unter Gelände im Bereich des Brunnen Altenburg der Gemeinde Moosach und rund 53 m unter Gelände in der Grundwassermessstelle GwM 5 der Gemeinde Bruck.

In den Grundwassermessstellen GwM 1, GwM 2 und GwM 3 der Gemeinde Bruck wurden keine schwebende Grundwasserhorizonte festgestellt. In der Messstelle GwM 4 Bruck wurde ein hangendes Grundwasserstockwerk angetroffen. Im Bereich der Grundwassermessstellen GwM 2 und GwM 3 Kirchseon, die als Trockenbohrungen errichtet wurden, wurde ein schwebender Grundwasserhorizont durchteuft, dagegen wurden in der ebenfalls im Trockenbohrverfahren errichteten Grundwassermessstelle GwM 1 der Gemeinde Kirchseon keine höheren Grundwasservorkommen angetroffen. Im Bereich der Versuchsbohrung Altenburg und der Grundwassermessstellen GwM 1 Altenburg und GwM 2 Altenburg der Gemeinde Moosach wurde nur in der Grundwassermessstelle GwM 4 Altenburg Schichtwasser angetroffen. Die zahlreichen Quellaustritte an den Hängen zum Tal der Moosach liegen alle um mehrere Zehner Meter über dem erschlossenen Grundwasserleiter. Dabei handelt es sich um Quellen, die ihr Wasser aus durchlässigen Partien innerhalb der Moränen beziehen. Aufgrund der Häufigkeit und der Anordnung der Quellen ist eine flächige Ausdehnung dieses oberflächennahen Grundwasserstockwerks im Bereich des Einzugsgebietes der Quelle Pullenhofen und in dessen näherer Umgebung sehr wahrscheinlich und wird bei der Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung nach HÖLTING ET AL. (1995) mit einem Zuschlag von 500 Punkten berücksichtigt.

Tab. 29: Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, ermittelt aus den Bohrprofilen der Brunnen und Grundwassermessstellen im Einzugsgebiet der Quelle Pullenhofen sowie in dessen näheren Umgebung

Messstelle	Gw-Flur-abstand (ca. m)	Punktzahl	Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung	Verweilzeit in den Deckschichten (Tage)
GwM 1 (Pullenhofen)	25,8	243	sehr gering	4,03
GwM 2 (Baumhau)	6,2	225	sehr gering	5,40
GwM 3 (Höhenberg)	6,4	146	sehr gering	4,21
GwM 4 Bruck	42,7	1.628	mittel	41,42
GwM 5 Bruck	53,0	2.107	hoch	66,16
Brunnen Berghofen	66	1.906	mittel	53,09
Brunnen Altenburg	1,1	130	sehr gering	1,53
Moosach GwM1	39,9	1.466	mittel	32,40
Moosach GwM2	41,8	1.005	mittel	15,94
Moosach GwM3	38,4	1.140	mittel	14,69
VB Altenburg	38,5	1.442	mittel	37,19
GwM 1 Altenburg	35,1	1.554	mittel	36,55
GwM 2 Altenburg	40,2	1.024	mittel	19,30
Kirchseon GwM3	44,8	1.719	mittel	37,10

Die Auswertung der Bohrprofile nach dem Konzept von HÖLTING ET AL. (1995) ist in der Anlage 11.1 zusammengestellt. In Anlage 11.2 ist die Ermittlung der Sickerzeit durch die Deckschichten zusammengestellt. Die Lage der Messstellen und die jeweils ermittelte Schutzfunktion sind der Anlage 11.3 zu entnehmen.

Nach dem Konzept von HÖLTING ET AL. (1995) liegt eine sehr geringe Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung bei einer Punktzahl bis 500, eine geringe Schutzfunktion zwischen mehr als 500 und 1.000 Punkten, eine mittlere Schutzfunktion zwischen mehr als 1.000 und 2.000 Punkten und eine hohe Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung zwischen mehr als 2.000 und 4.000 Punkten vor.

Die Größenordnung der Verweildauer des Sickerwassers wird von HÖLTING ET AL. (1995) bei sehr geringer Schutzfunktion mit wenigen Tagen bis zu einem Jahr, bei geringer Schutzfunktion mit mehreren Monaten bis ca. 3 Jahre und bei mittlerer Schutzfunktion mit ca. 3 bis 10 Jahre angegeben (s. Tab. 30).

Tab. 30: Klasseneinteilung der Gesamtschutzfunktion (aus HÖLTING ET AL. 1995)

Gesamtschutzfunktion	Punktzahl der Gesamtschutzfunktion	Größenordnung der Verweildauer des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung
sehr hoch	> 4.000	> 25 Jahre
hoch	> 2.000 – 4.000	10 - 25 Jahre
mittel	> 1.000 – 2.000	3 - 10 Jahre
gering	> 500 – 1.000	mehrere Monate bis ca. 3 Jahre
sehr gering	< 500	wenige Tage bis etwa 1 Jahr, im Karst häufig noch weniger

Die Auswertung der Bohrprofile ergab eine sehr geringe Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung im Bereich des Trockentales östlich von Baumhau in der unmittelbaren Umgebung der Quelle Pullenhofen (GwM 1 bis GwM 3 Bruck) bzw. im Bereich des Tals der Moosach (Brunnen Altenburg), in denen die Grundwasserüberdeckung stark ausgedünnt ist. In den übrigen ausgewerteten Grundwassermessstellen wurde jeweils eine mittlere, im Bereich der Grundwassermessstelle GwM 3 Kirchseeon sogar eine hohe Schutzfunktion ermittelt.

Nach HÖLTING ET AL. (1995) entspricht eine sehr geringe Gesamtschutzfunktion einer

Verweildauer des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung zwischen wenigen Tagen bis etwa einem Jahr, eine geringe Schutzfunktion einer Verweildauer des Sickerwassers von wenigen Monaten bis ca. drei Jahren und eine mittlere Schutzfunktion einer Verweildauer des Sickerwassers von drei bis zehn Jahren. Eine hohe Schutzfunktion entspricht einer Verweildauer von 10 bis 25 Jahren.

Die nach REHSE (1977) ermittelten Sickerzeiten (s. Tabelle 29) sind deutlich kürzer als die nach HÖLTING ET AL. (1995) ermittelte Verweildauer des Sickerwassers, die für durchschnittliche Sättigungsverhältnisse im Bereich der Grundwasserüberdeckung gilt. Die nach REHSE (1977) ermittelten Sickerzeiten liegen in den ausgewerteten Bohrprofilen zwischen 1,53 (Brunnen Altenburg) und rund 66 Tagen (GwM 5 Bruck). Bei den nach REHSE (1977) angesetzten teilgesättigten Verhältnissen ist fast der gesamte nutzbare Porenraum mit Wasser erfüllt; der Sickerwasserfluss erfolgt dann sehr rasch in den Makroporen. Durch die Berechnung nach REHSE (1977) wird somit ungünstigsten Verhältnissen, die nur selten nach lang andauernden und starken Regenereignissen vorliegen, Rechnung getragen. Bei der Ermittlung der Schutzfunktion nach HÖLTING ET AL. (1995) erhält man dagegen die mittlere Verweildauer des Grundwassers.

7 Hydrochemische Verhältnisse

Allgemeine hydrochemische Beurteilung

Zur Beurteilung der chemisch-physikalischen Zusammensetzung des Wassers aus der Quelle wurden die Ergebnisse der im Rahmen der Eigenüberwachungsverordnung (EÜV) in den letzten fünf Jahren durchgeführten Analysen der Agrolab Laborgruppe, Niederlassung Dr. Blasy – Dr. Busse in Eching am Ammersee ausgewertet.

Bei dem durch die Quelle Pullenhofen erschlossenen Grundwasser handelt es sich um ein Erdalkali-Hydrogencarbonatwasser mit einer Gesamthärte zwischen 19° dH und 20,2° dH (Härtebereich „hart“ nach dem Waschmittelgesetz).

Der pH-Wert wurde vor Ort mit Werten zwischen 7,22 und 7,88 gemessen. Die elektrische Leitfähigkeit bei 20° C lag zwischen 480 µS/cm und 580 µS/cm.

Die gemäß der Eigenüberwachung untersuchten Stoffe lagen unter der analytischen Nachweisgrenze oder in unkritischen Konzentrationen vor.

Nitrat

Der zulässige Grenzwert für Nitrat liegt gemäß Trinkwasserverordnung bei 50 mg/l, der Richtwert der EU wurde mit 25 mg/l festgesetzt.

Im Wasser aus der Quelle Pullenhofen wurden bei den Analysen seit 2012 Nitratgehalte zwischen 12 mg/l und 25,6 mg/l, in der Regel um 20 mg/l, gemessen. Sie lagen damit weit unter dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung und meistens auch unter dem EU-Richtwert. Die höheren Nitratgehalte von mehr als 22 mg/l waren ausschließlich im Jahr 2013 zu verzeichnen.

Pflanzenschutzmittel

Der Grenzwert für chemische Stoffe zur Pflanzenbehandlung und Schädlingsbekämpfung einschließlich toxischer Hauptabbauprodukte liegt gemäß der Trinkwasserverordnung bei $0,1 \mu\text{g/l} \pm 0,05 \mu\text{g/l}$ (zulässiger Fehler des Messwertes) für die Einzelsubstanz und bei $0,5 \pm 0,2 \mu\text{g/l}$ für die Summe.

Bei den seit 2012 durchgeführten Analysen waren im Wasser aus der Quelle Pullenhofen Pflanzenbehandlungsmittel nicht nachweisbar.

Mikrobiologische Untersuchungen

Vom Wasser aus der Quelle Pullenhofen lagen elf mikrobiologische Untersuchungen aus dem Zeitraum von 24.07.2006 bis 31.08.2006, sechs mikrobiologische Untersuchungen aus dem Zeitraum von 25.02.2011 bis 02.12.2011 sowie insgesamt 55 Untersuchungen aus dem Zeitraum von 2012 bis 2017 vor. Die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen des Wassers aus der Quelle Pullenhofen erfüllten in der Regel die Anforderungen der Trinkwasserverordnung, wenn auch immer wieder bei der Bestimmung kultivierbarer Mikroorganismen Koloniezahlen von 1 bis 8 auftraten. Der Grenzwert nach der Trinkwasserverordnung liegt bei 100 Kolonien/1 ml. Bei den 55 Untersuchungen seit

2012 wurden insgesamt viermal Koloniezahlen zwischen 2 und 8 festgestellt.

Bei den Analysen im September und Oktober 2011 wurden im Wasser aus der Quelle coli-forme Keime nachgewiesen. Der Grenzwert nach der Trinkwasserversordnung liegt bei 0.

Als Ursache der wiederholt auftretenden mikrobiellen Verunreinigung wurde organische Düngung innerhalb der bestehenden Engeren Schutzzone bzw. der 50-Tage-Linie vermutet, die nach der Schutzgebietsverordnung aus dem Jahr 1996 erlaubt war. Im Jahr 2015 wurde die Schutzzone II für die Quelle Pullenhofen durch Allgemeinverfügung neu festgesetzt und die organische Düngung verboten. Seit 2015 wurden im Wasser aus der Quelle keine mikrobiologischen Verunreinigungen mehr festgestellt.

8 Flächennutzung im Einzugsgebiet der Quelle Pullenhofen

Im näheren Einzugsgebiet der Quelle Pullenhofen bis zu einer Entfernung von ca. 2,5 km sind folgende Flächennutzungen bekannt:

Landwirtschaftliche/Forstwirtschaftliche Nutzung

Das nähere Einzugsgebiet der Quelle Pullenhofen wird überwiegend landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzt. Während in der unmittelbaren Umgebung der Quelle die landwirtschaftliche Nutzung überwiegt, herrscht ab einer Entfernung von rund 375 m die forstwirtschaftliche Nutzung vor.

Siedlungsgebiete

Im Einzugsgebiet der Quelle Pullenhofen liegt in etwa 1 km Entfernung oberstromig der Quelle der Weiler Baumhau, etwa 1,5 km entfernt liegt ein Teil der Ortschaft Falkenberg im Einzugsgebiet der Quelle. Ca. 2 km oberstromig befinden sich drei Anwesen am Mühlweg innerhalb des Einzugsgebietes.

Wasserversorgungen

Das Einzugsgebiet der Quelle Pullenhofen überlagert sich erst in einer Entfernung von mehr als 2,5 km teilweise mit dem Einzugsgebiet des Brunnen Berghofen der Gemeinde Moosach.

Oberflächengewässer

Im Bereich des Höchenbergs liegen in einer Entfernung von rund 1,5 km zur Quelle zwei Toteislöcher, die mit Wasser gefüllt sind.

Altlasten- und Altlastenverdachtsflächen, ehemalige Kiesgruben

Im näheren Grundwassereinzugsgebiet der Quelle Pullenhofen sind weder Altlasten- noch Altlastenverdachtsflächen bekannt. Zwei ehemalige Tuffsteinbrüche südwestlich von Pullenhofen sind in das Landschaftsschutzgebiet LSG-00406.01 „Steinsee, Moosach, Doblach, Brucker Moos und Umgebung“ integriert (Biotop-Nrn. 7937-0091-001 und 7937-0091-002).

Kiesgruben

Kiesgruben befinden sich nicht im näheren Einzugsgebiet der Quelle.

Verkehr

Die Staatsstraße 2351 Moosach - Grafing durchquert das Einzugsgebiet der Quelle in einer Entfernung von rund 875 m in annähernder Südwest-Nordost-Richtung.

Die Verbindungsstraßen von Pullenhofen zur Staatsstraße St 2351 bzw. von Baumhau zur Staatsstraße St 2351 durchqueren das vorgeschlagene Schutzgebiet in einer Entfernung von ca. 250 m bzw. ca. 950 m zur Quelfassung.

Neben den genannten Straßen sind im vorgeschlagenen Wasserschutzgebiet einige Feld- und Waldwege vorhanden.

Landschafts- und Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete, Biotop

Die Quelle Pullenhofen liegt innerhalb des Landschaftsschutzgebiets LSG-00406.01 „Steinsee, Moosach, Doblach, Brucker Moos und Umgebung“. Eine Teilfläche des Landschaftsschutzgebiets in diesem Bereich ist als FFH-Gebiet 8037-371 „Gutterstätter Streuwiesen“ ausgewiesen. Die Quelle Pullenhofen liegt am nördlichen Rand (oberstromig) außerhalb des FFH-Gebietes.

Im vorgeschlagenen Schutzgebiet und unterstromig der Quelle liegen mehrere Biotope, die in der Tabelle 31 aufgelistet und in Anlage 4.2 der Antragsunterlagen dargestellt sind. In Anlage 4.3 der Antragsunterlagen sind die Datenblätter der Biotope enthalten.

Tab. 31: Angaben zu den Biotopen im vorgeschlagenen Wasserschutzgebiet und unterstromig der Quelle Pullenhofen

Biotop Nr.	Teilflächennr.	Beschreibung
7937-0061	002	Mesophile Waldbestände bei Falkenberg
7937-0062	003	Aufgelassene Bahntrasse zwischen Grafing und Gutterstätt
7937-0063	001, 002, 003, 004, 005	Toteishohlformen im Mühlholz
7937-0090	001	Moosach mit Uferstreifen – Gutterstätter Streuwiesen
7937-1003	001	Osteil der Gutterstätter Streuwiesen
7937-0091	001 und 002	aufgelassener Steinbruch südwestlich Pullenhofen
7937-1004	001 und 002	aufgelassener Steinbruch südwestlich Pullenhofen

Energieversorgung

Ab einer Entfernung von rund 2 km zur Quelle verläuft eine Hochspannungsleitung in annähernd WNW-ESE-Richtung durch das Einzugsgebiet der Quelle.

Dieses Gutachten umfasst 56 Seiten.

Markt Schwaben, den 16. August 2017

Dr. Irmgard Ullsperger

Dipl.-Geol. Doris Brandmair

IGwU Ingenieurbüro für Grundwasser und Umweltfragen GmbH

Literaturverzeichnis

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT: Merkblatt Nr. 1.2/7 Stand 01. Januar 2010: Wasserschutzgebiete für die öffentliche Wasserversorgung Teil 1: Wasserschutzgebiete als Bereiche besonderer Vorsorge – Aufgaben, Bemessung und Festsetzung

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1998): Jahresbericht 1997.- München.

DARGA, R. (2009): Geomorphologische Karte des Inn-Chiemsee-Gletschers 1 : 100.000. Beilage zu Wanderungen in die Erdgeschichte – Band 26: Auf den Spuren des Inn-Chiemsee-Gletschers, München.

GROTTENTHALER ET AL. (1985): Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Erläuterungen zum Blatt 8036 Otterfing und zum Blatt Nr. 8136 Holzkirchen, Bayer. Geol. Landesamt, München.

HÖLTING, B., HAERTLE, T., HOHBERGER, K.-H., NACHTIGALL, K. H., VILLINGER, E., WEINZIERL, W. & WROBEL, J.-P. (1995): Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung.- Geol. Jb., Reihe C, H. 63, S. 5-24; Hannover.

IGWU GMBH (2013): Bericht zu den Grundwassermessstellen GwM 4 und GwM 5 zur Einzugsgebietsermittlung der Quelle Pullenhofen der Gemeinde Bruck, unveröff. Gutachten im Auftrag der Gemeinde Bruck, Markt Schwaben.

KERN, H. (1954): Niederschlags-, Verdunstungs- und Abflusskarten von Bayern (Jahresmittel 1901/1951).- 12 S., 4 Karten 1:100.000, Veröffentlichung aus dem Arbeitsbereich der Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde in München, München

MÜLLER, M. & UNGER, H.J. (1973): Das Molasserelief im Bereich des würmzeitlichen Inn-Vorlandgletschers mit Bemerkungen zur Stratigraphie und Paläographie des Pleistozän.- Geologica Bavarica, Bd. 69, S. 49 – 88, München.

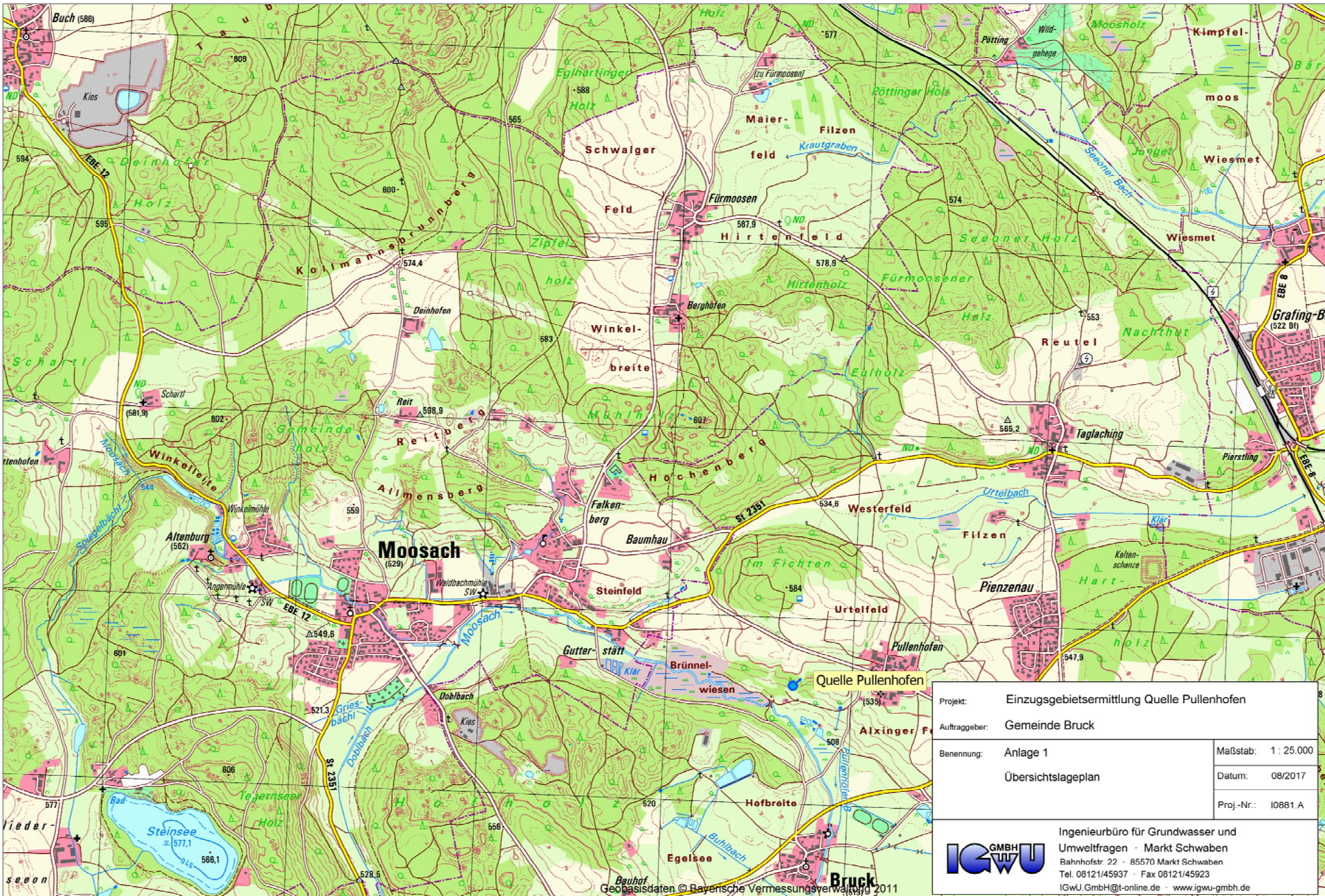
MUTSCHMANN, J. & STIMMELMAYR, F. (2011): Taschenbuch der Wasserversorgung.- 15. Auflage, Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, Wiesbaden.

PROCHER, M. (2005): Möglichkeit zur Gliederung langgestreckter Grundwassereinzugsgebiete in Porengrundwasserleitern.- In: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT: Merkblatt Nr. 1.2/7 Wasserschutzgebiete für die öffentliche Wasserversorgung - Teil 1: Wasserschutzgebiete als Bereiche besonderer Vorsorge – Aufgaben, Bemessung und Festsetzung (Stand 01. Januar 2010)


REHSE, W. (1977): Elimination und Abbau von organischen Fremdstoffen, pathogenen Keimen und Viren in Lockergestein; Z.dt.geol.Ges., 128, Hannover

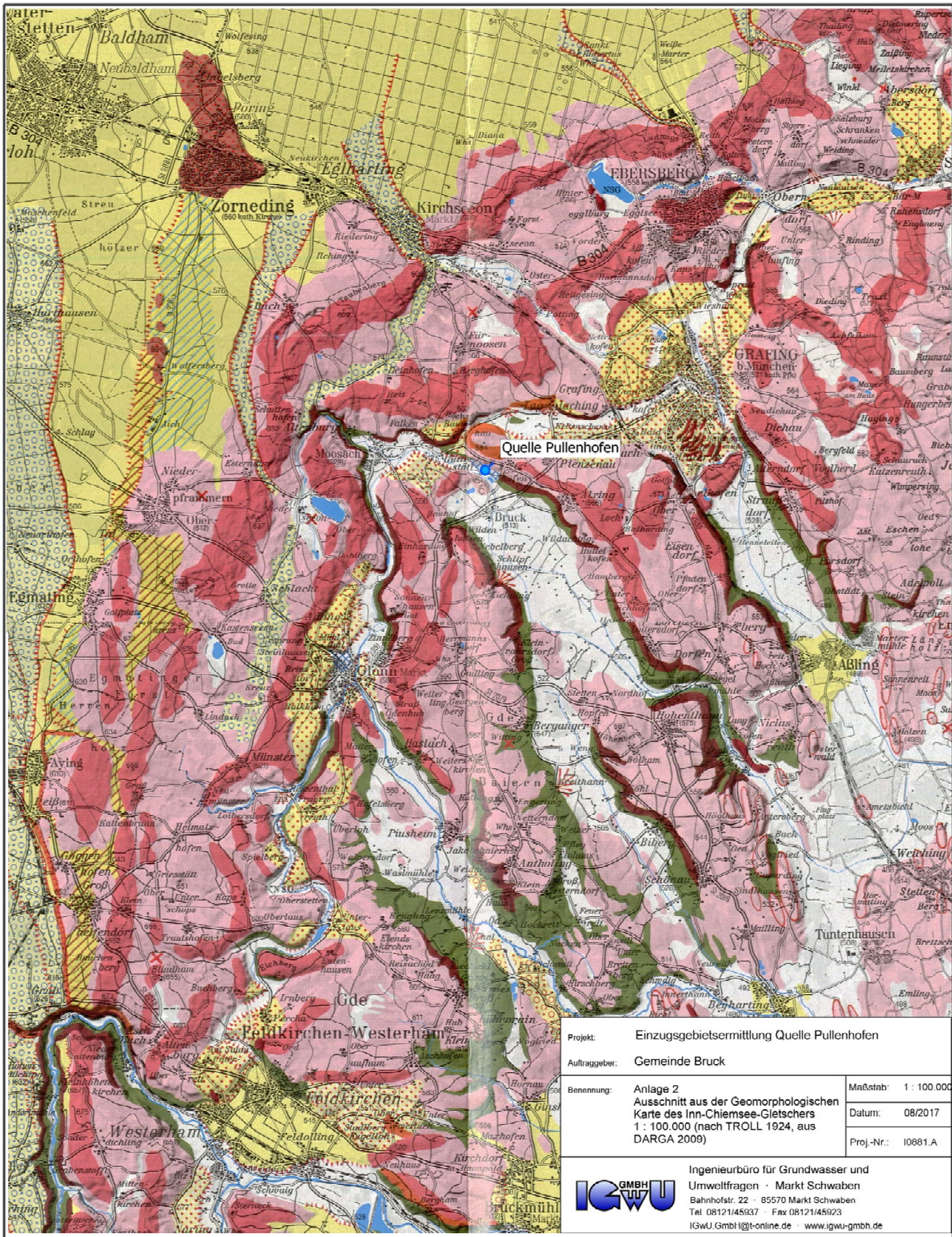
SCHIRM, E. (1968): Die hydrogeologischen Verhältnisse der Münchener Schotterebene östlich der Isar.- Beitrag zur hydrologischen Dekade der UNESCO.- Bayer. Landesstelle für Gewässerkunde, München

TROLL, K. (1924): Der diluviale Inn-Chiemsee-Gletscher. Das geographische Bild des typischen Alpenvorlandgletschers. Mit einer geologisch-morphologischen Karte 1:100.000.- Forsch. dt. Landes- u. Volkskunde, 23(1), 121 S.; Stuttgart



Projekt:	Einzugsgebietsermittlung Quelle Pullenhofen	
Auftraggeber:	Gemeinde Bruck	
Benennung:	Anlage 1	Maßstab: 1 : 25.000
	Übersichtslageplan	Datum: 08/2017
		Proj.-Nr.: I0881 A

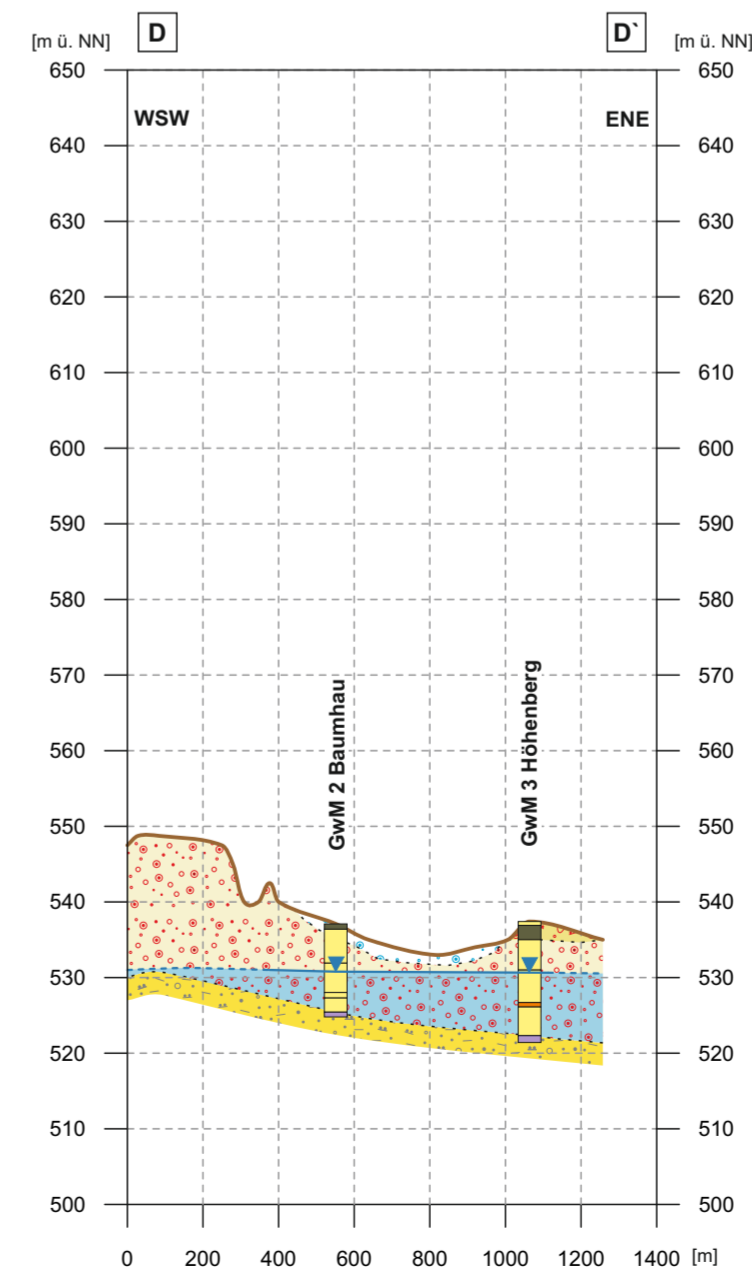
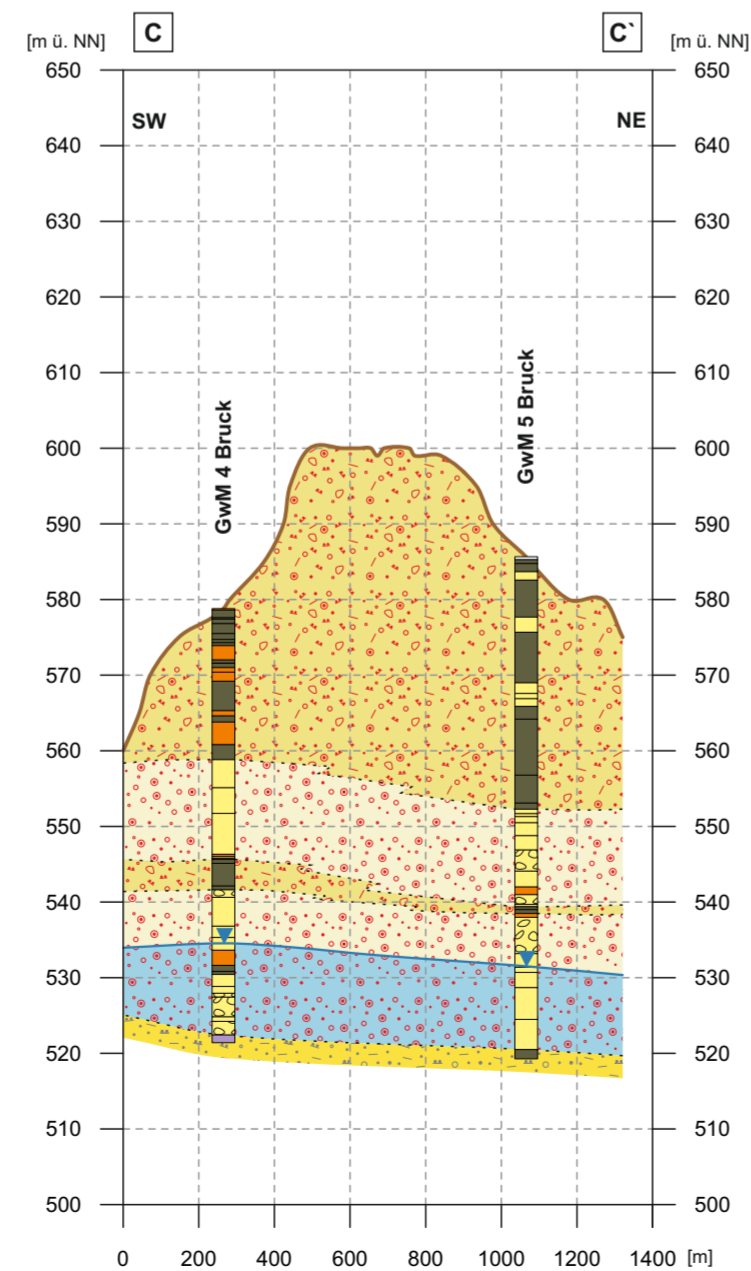
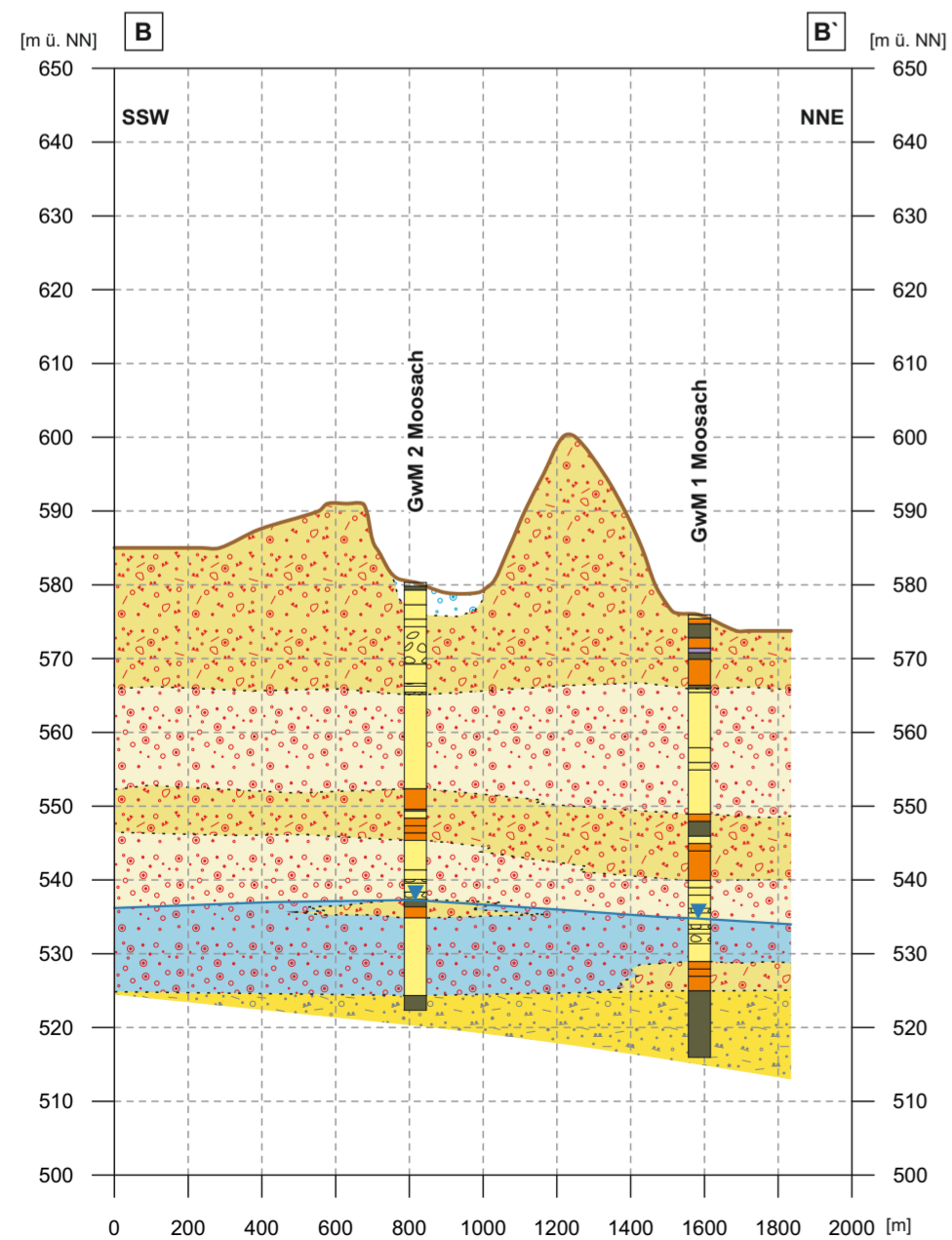
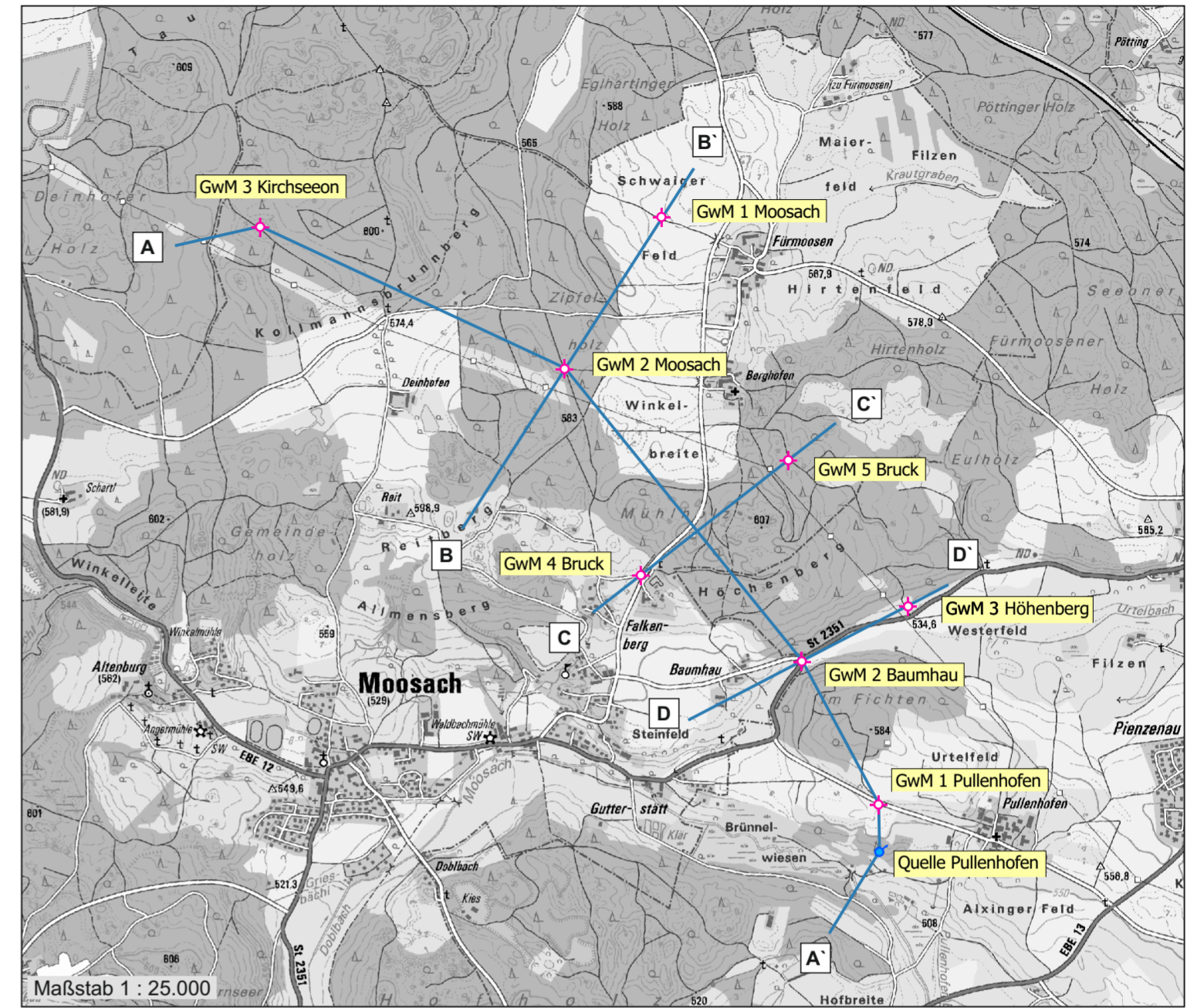
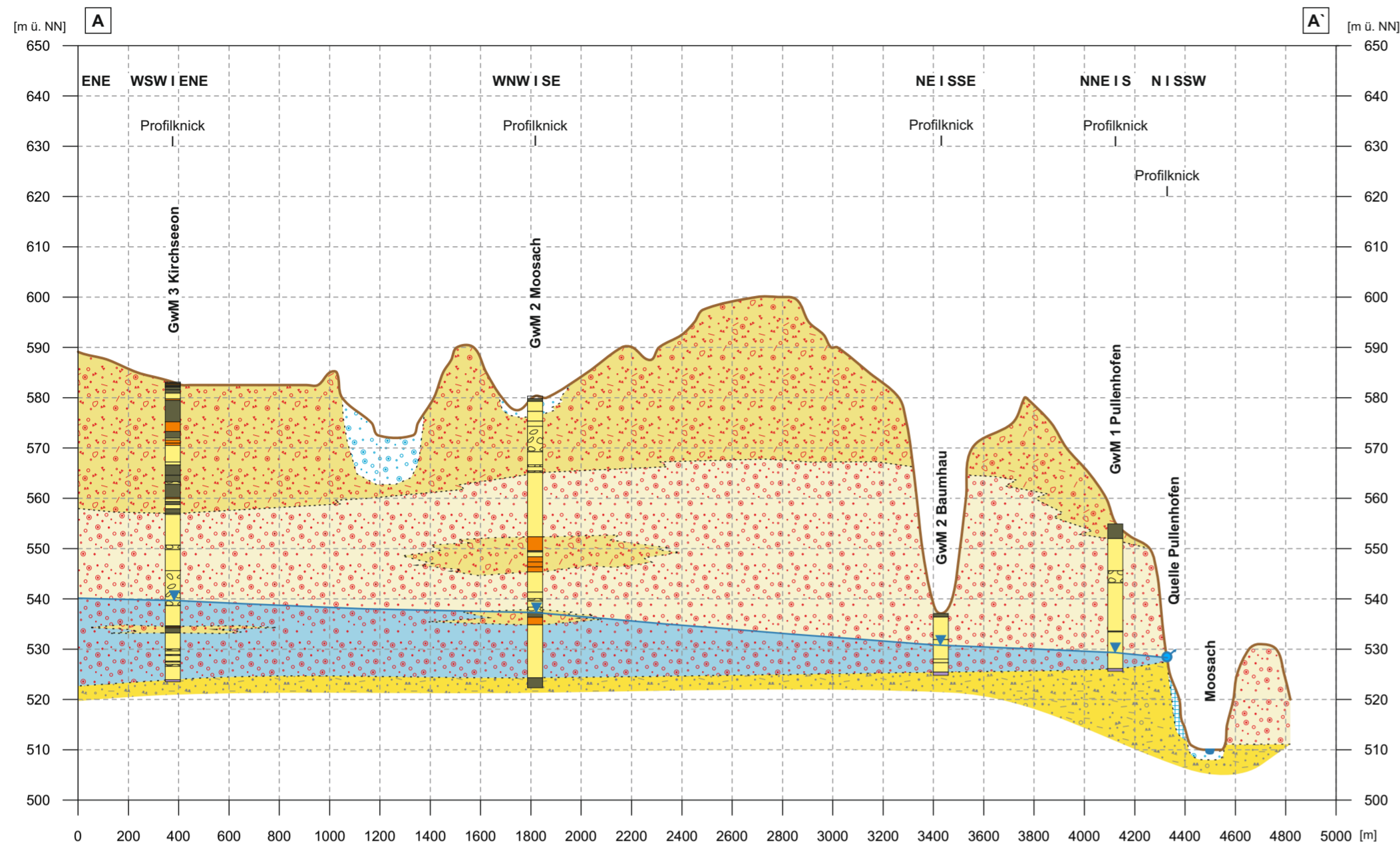

IGWU GMBH
 Ingenieurbüro für Grundwasser und
 Umweltfragen · Markt Schwaben
 Bahnhofstr. 22 · 85570 Markt Schwaben
 Tel. 08121/45937 · Fax 08121/45923
 IGWU.GmbH@t-online.de · www.igwu-gmbh.de



Projekt:	Einzugsgebietsermittlung Quelle Pullenhofen	
Auftraggeber:	Gemeinde Bruck	
Benennung:	Anlage 2	Maßstab: 1 : 100.000
	Ausschnitt aus der Geomorphologischen Karte des Inn-Chiemsee-Gletschers 1 : 100.000 (nach TROLL 1924, aus DARGA 2009)	
		Datum: 08/2017
		Proj.-Nr.: 10881.A



Ingenieurbüro für Grundwasser und Umweltfragen · Markt Schwaben
 Bahnhofstr. 22 · 85570 Markt Schwaben
 Tel. 08121/45937 · Fax 08121/45923
 IGWU.GmbH@t-online.de · www.igwu-gmbh.de



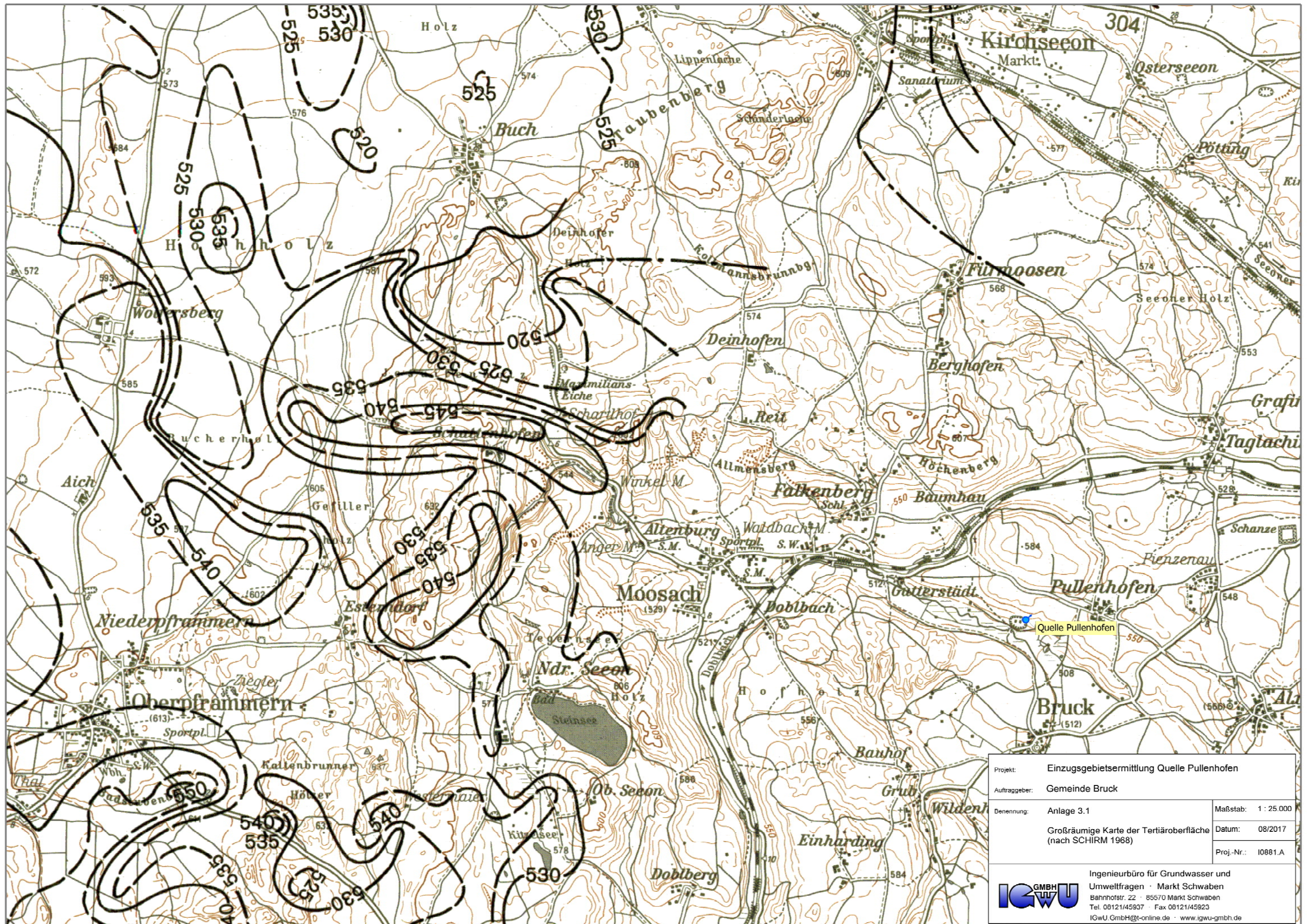
Legende zu den Bohrprofilen
(Hauptkomponenten in den Bohrprofilen)

- Aufschüttung
- Mutterboden, Humus
- Kies
- Konglomerat
- Sand
- Schluff, Lehm
- Ton

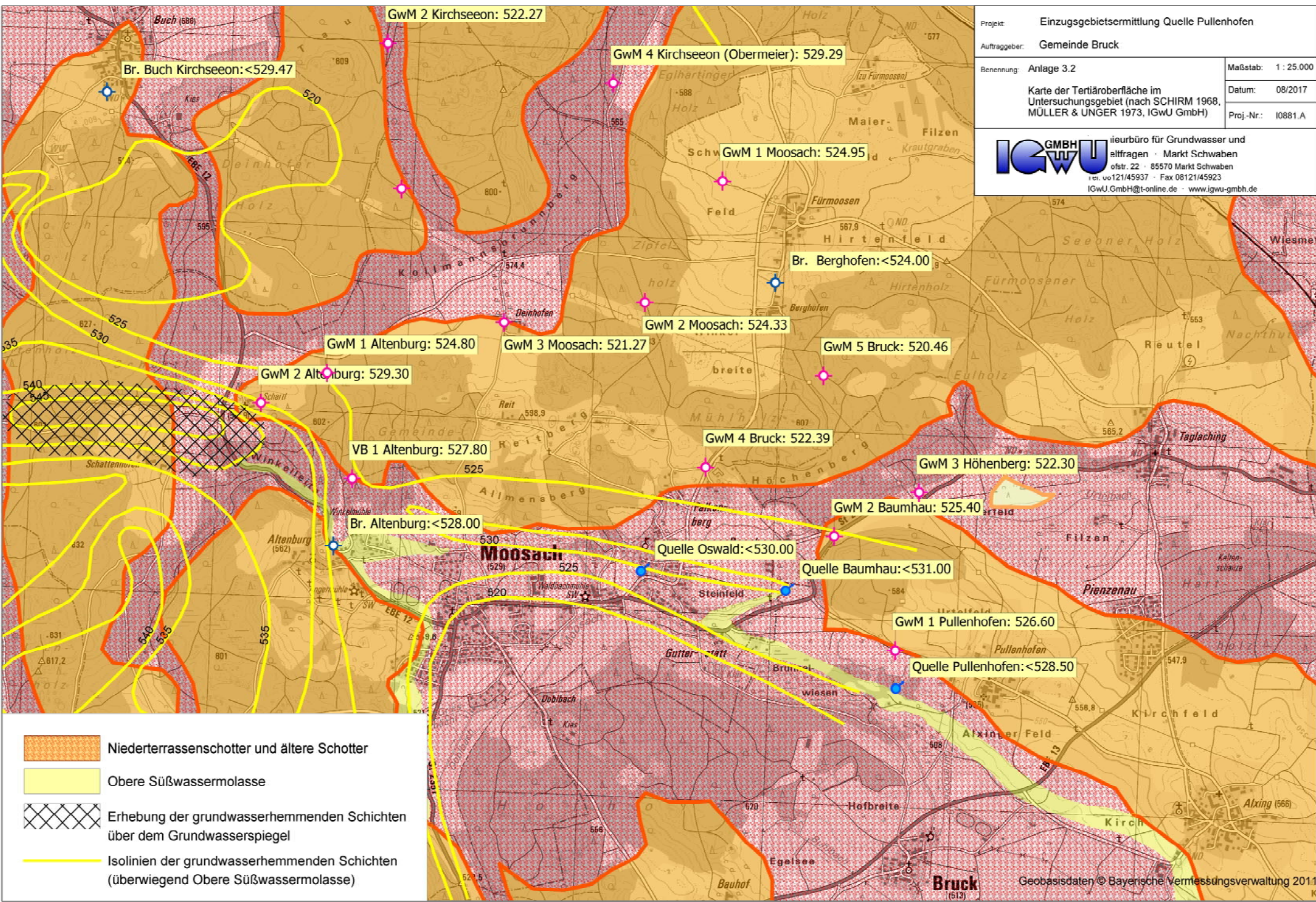
Legende zu den Profilschnitten

- Quartäre Sedimente**
- Talboden und jüngste Ablagerungen
 - Sinterkalkstein (Kalktuff)
 - fluvio-glaziale Schotter
 - fluvio-glaziale Schotter, wassererfüllt
 - Moräne
- Tertiäre Sedimente**
- Obere Süßwassermolasse, Miozän (Obere Serie)
- Grundwasserspiegel
Wasserstand vom 12.11.2015

Projekt:	Einzugsgebietsermittlung Quelle Pullenhofen		
Auftraggeber:	Gemeinde Bruck		
Anlage 2.1: Hydrogeologische Profile durch das Einzugsgebiet der Quelle Pullenhofen	Maßstab:	h: 1 : 20.000	v: 1 : 1.000
	Datum:	10/2019	
	Proj.-Nr.:	I0881-ezg	
Ingenieurbüro für Grundwasser und Umweltfragen Bahnhofstr. 22 · 85570 Markt Schwaben Tel. 08121/45937 · Fax 08121/45923 IGWU.GmbH@t-online.de · www.igwu-gmbh.de			







Projekt:	Einzugsgebietsermittlung Quelle Pullenhofen		
Auftraggeber:	Gemeinde Bruck		
Benennung:	Anlage 3.1	Maßstab:	1 : 25.000
	Großräumige Karte der Tertiäroberfläche (nach SCHIRM 1968)	Datum:	08/2017
		Proj.-Nr.:	I0881.A
 IGWU		Ingenieurbüro für Grundwasser und Umweltfragen · Markt Schwaben Bahnhofstr. 22 · 85570 Markt Schwaben Tel. 08121/45937 · Fax 08121/45923 IGWU.GmbH@t-online.de · www.igwu-gmbh.de	



Projekt: Einzugsgebietsermittlung Quelle Pullenhofen
 Auftraggeber: Gemeinde Bruck

Benennung: Anlage 3.2	Maßstab: 1 : 25.000
Karte der Tertiäroberfläche im Untersuchungsgebiet (nach SCHIRM 1968, MÜLLER & UNGER 1973, IGWU GmbH)	Datum: 08/2017
	Proj.-Nr.: 10881 A

IGWU GMBH
 iebüro für Grundwasser und
 iltfragen · Markt Schwaben
 ofstr. 22 · 85570 Markt Schwaben
 ren. 00121/45937 · Fax 08121/45923
 IGWU.GmbH@t-online.de · www.igwu-gmbh.de

-  Niederterrassenschotter und ältere Schotter
-  Obere Süßwassermolasse
-  Erhebung der grundwasserhemmenden Schichten über dem Grundwasserspiegel
-  Isolinien der grundwasserhemmenden Schichten (überwiegend Obere Süßwassermolasse)

GwM 2 Kirchseeon: 522.27

GwM 4 Kirchseeon (Obermeier): 529.29

Br. Buch Kirchseeon: <529.47

Schw GwM 1 Moosach: 524.95

Br. Berghofen: <524.00

GwM 1 Altenburg: 524.80

GwM 3 Moosach: 521.27

GwM 2 Moosach: 524.33

GwM 5 Bruck: 520.46

GwM 2 Altenburg: 529.30

GwM 4 Bruck: 522.39

VB 1 Altenburg: 527.80

GwM 3 Höhenberg: 522.30

Br. Altenburg: <528.00

GwM 2 Baumhau: 525.40

Quelle Oswald: <530.00

Quelle Baumhau: <531.00

GwM 1 Pullenhofen: 526.60

Quelle Pullenhofen: <528.50