



Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
Quellen | Brunnen | Schutzgebiete

Markt Mühlhausen



Grundwassergewinnung Markt Mühlhausen

Gutachten zur Abgrenzung eines Wasserschutzbereiches für die Brunnen A1, A2 und A3

Mai 2018

Auftraggeber:

Markt Mühlhausen
VG Höchststadt

Bahnhofstr. 18
91315 Höchststadt

Verfasser:

Hydrogeologisches Institut
Dr. Reiländer GmbH

Adam-Henkel-Str. 3
91077 Neunkirchen a. Br

Sparkasse Erlangen

IBAN
DE41 7635 0000 0015 003 511

BIC BYLADEM1ERH

AG Bamberg HRB 5611

USt-Id Nr. DE251177485

T. 09134 / 90 75 40
F. 09134 / 90 75 41
E. QBS@Reilaender.com
I. www.Reilaender.com

Inhaltsverzeichnis:

1	Veranlassung	7
2	Bestehende Verhältnisse	7
3	Geologische und hydrogeologische Grundlagen.....	7
3.1	Genutzte Grundwasserleiter	7
3.2	Geologische Verhältnisse.....	8
3.3	Genutzte Grundwasserleiter	11
4	Brunnenspezifische Daten.....	12
4.1	Bauliche Konstruktion der Brunnen A1, A2 und A3	12
4.2	Pumpversuche.....	13
5	Hydrochemische Verhältnisse	14
5.1	Relevante Grundwasserparameter und deren Varianz.....	14
5.2	Grundwasserchemismus Brunnen A1, A2 und A3	14
5.3	Zusammenfassung der Analytik.....	15
6	Altersbestimmung.....	15
7	Größe des Entnahme beeinflussten Bereiches auf Basis der hydraulischen Para-meter	16
8	Grundwassereinzugsgebiet.....	18
8.1	Größe des Einzugsgebietes	18
8.2	Beurteilung der Schutzwirkung der Deckschichten im Einzugsgebiet	19
8.3	Nutzung des Einzugsgebietes, Risikopotentiale	24
9	Abgrenzung des Wasserschutzgebietes.....	26
9.1	Kriterien zur Abgrenzung der einzelnen Schutzzonen	26
9.1.1	Abgrenzung der Engeren Schutzzone (WSZ II)	27
9.1.3	Abgrenzung der Weiteren Schutzzone (WSZ III).....	28
9.2	Beurteilung der Wirksamkeit des abgegrenzten Wasserschutzgebietes.....	29
9.3	Wasserschutzgebietsgröße.....	29
10	Lage des Vorhabens	29
11	Art und Umfang des Vorhabens	30

12	Wasserschutzgebietsverordnung	30
13	Höhenlage und Lagekoordinaten	30
14	Auswirkungen des Vorhabens.....	31
15	Rechtsverhältnisse und Vorschlag zum weiteren Vorgehen	31

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Ausbau Brunnen A1, A2 und A3.....	12
Tabelle 2:	Ableitung der spezifischen Ergiebigkeit aus durchgeführten Pumpversuchen	13
Tabelle 3:	Urangehalte im Rohwasser der Brunnen A1, A2 und A3.....	15
Tabelle 4:	Bewertung der Böden nach der nFK (und in Punktzahl B dargestellt) aus {11}.....	20
Tabelle 5:	Bewertung der Sickerwassermenge anhand der Grundwasser-Neubildungsrate (GWNb) bzw. der klimatischen Wasserbilanz (N-ETP) und als Faktor W dargestellt.....	21
Tabelle 6:	Bewertung der Gesteinsart bei Lockergesteinen (nach Punktezahlen GL) aus {11}.....	21
Tabelle 7:	Bewertung von Festgesteinen: Punktzahl GF = Produkt aus Punktzahl P für Gesteinsart und Faktor F für strukturelle Eigenschaft aus {11}	22
Tabelle 8:	Einstufung der Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüberdeckung nach Tab. 5 aus {11}.....	22
Tabelle 9:	Bestimmung der Schutzfunktionszahl der Deckschichten G x M unter dem Ansatz einer Ausbildung des Basisletkens des Unteren Burgsandsteins als Festgestein – „Tonstein“	23
Tabelle 10:	Bestimmung der Schutzfunktionszahl der Deckschichten G x M unter dem Ansatz einer Ausbildung des Basisletkens des Unteren Burgsandsteins als Lockergestein – „Ton“	23
Tabelle 11:	Lage der Brunnen A1, A2 und A3	30
Tabelle 12:	Gauß-Krüger-Koordinaten und Messpunkthöhen	30

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Erbohrte Schichten durch die Brunnen des Marktes Mühlhausen.....	9
Abbildung 2:	Genutzte Grundwasserleiter	11
Abbildung 3:	Luftbilddauswertung.....	25
Abbildung 4:	Flussdiagramm zur Schutzgebietsbemessung {13}.....	26

Anlagenverzeichnis:

Anlage 1: Lagepläne

- Anlage 1.1: Übersichtslageplan mit Wasserschutzgebiet
- Anlage 1.2: Festgesetzte Wasserschutzgebiete Mühlhausen und Höchststadt a.d.Aisch
- Anlage 1.3: Wasserabhängige Natura 2000 - Gebiete
- Anlage 1.4: Flächennutzung im Wasserschutzgebiet
- Anlage 1.5: Abgrenzung des oberirdischen Einzugsgebietes
- Anlage 1.6: Abgrenzung des oberirdischen Einzugsgebietes und Lage des WSG der Brunnen A1, A2 und A3

Anlage 2: Geologische und Hydrogeologische Karten

- Anlage 2.1: Geologische Karte
- Anlage 2.2: Grundwassergleichen (Gartiser)
- Anlage 2.3: Ausschnitt Grundwassergleichenkarte Bayern (LfU)

Anlage 3: Hydrogeologische Grundlagen

- Anlage 3.1.1: Hydrogeologische Karte Grundlagen
- Anlage 3.1.2: Hydrogeologische Karte Grundlagen – mit unterirdischer Grundwasserscheide
- Anlage 3.2: Hydrogeologische Karte Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung
- Anlage 3.3: Mittlere Grundwasserneubildung 1971 - 2000
- Anlage 3.4: Abgrenzung unterirdisches Einzugsgebiet

Anlage 4: Ausbaupläne und Profile

- Anlage 4.1: Ausbauplan mit Bohrprofil Br. A1
- Anlage 4.2: Ausbauplan mit Bohrprofil Br. A2
- Anlage 4.3: Ausbauplan mit Bohrprofil Br. A3

Anlage 5: Grundwasseranalytik

- Anlage 5.1: Leitfähigkeit Brunnen A1, A2 und A3 2007 bis 2016
- Anlage 5.2: pH-Wert Brunnen A1, A2 und A3 2007 bis 2016

Anlage 5.3: Chlorid Brunnen A1, A2 und A3 2007 bis 2016

Anlage 5.4: Sulfat Brunnen A1, A2 und A3 2007 bis 2016

Anlage 5.5: Natrium Brunnen A1, A2 und A3 2007 bis 2016

Anlage 5.6: Calcium Brunnen A1, A2 und A3 2007 bis 2016

Anlage 5.7: Magnesium Brunnen A1, A2 und A3 2007 bis 2016

Anlage 5.8: Nitrat Brunnen A1, A2 und A3 2007 bis 2016

Anlage 5.9: Uran Brunnen A1, A2 und A3 2007 bis 2016

Anlage 5.10: Datengrundlage Analytik

Anlage 6: Altersbestimmung

Anlage 7: Lage des vorgeschlagenen Wasserschutzgebietes

Anlage 7.1: Oberirdisches und unterirdisches Einzugsgebiet

Anlage 7.2: Detailplan des unter- und oberirdischen Einzugsgebietes

Anlage 7.3: Bestehendes Wasserschutzgebiet und Entnahme beeinflusster Bereich

Anlage 7.3.1: ... in Bezug zur Topographie

Anlage 7.3.2: ... in Bezug zur Geologie

Anlage 7.4: Neue Wasserschutzgebietsabgrenzung mit den Zonen I, II und III

Literaturverzeichnis:

- {1} **Bayerisches Geologisches Landesamt (1964):**
Geologische Karte mit Erläuterungen, Blatt 6230 Höchststadt a. d. Aisch, 1 : 25.000
- {2} **Bayerisches Landesamt für Umwelt (2016):**
www.ifu.bayern.de
- Bayernatlas
 - GeoFachdatenatlas
 - Umweltatlas Bayern
- {3} **Wasserwirtschaftsamt Nürnberg (27.10.2015):**
Schreiben zum Wasserrechtsverfahren für die Brunnen A1, A2 und A3
- {4} **Wasserwirtschaftsamt Nürnberg (11.07.2016):**
Gutachten im wasserrechtlichen Verfahren zum Antrag des Marktes Mühlhausen auf zutage Fördern von Grundwasser aus den Brunnen A1, A2 und A3 auf den Grundstücken, Flurstücks-Nr. 185/1, 197/0 und 174/1, Gmkg. Schirnsdorf, Markt Mühlhausen, Landkreis Erlangen-Höchststadt.
- {5} **Institut für Umweltschutz Boden-Wasser-Luft GmbH (1995):**
Schutzgebietsvorschlag für die Brunnen A1 und A3 der Marktgemeinde Mühlhausen
- {6} **Institut für Umweltschutz Boden-Wasser-Luft GmbH (1995):**
Schutzgebietsvorschlag für den Brunnen A2 der Marktgemeinde Mühlhausen
- {7} **Valentin Maier Bauingenieure AG (2015):**
Wasserversorgung Mühlhausen – Antrag auf Neuerteilung Wasserrecht Brunnen A1, A2, A3
- {8} **Gartiser & Piewak (2007):**
WV Mühlhausen – Errichtung einer Grundwassermessstelle - Abschlussbericht
- {9} **Markt Mühlhausen:**
Archivunterlagen
- {10} **Weikert Brunnenbau GmbH & Co. KG (2014/2016):**
Digitale Brunnenakte zu den Brunnen A1, A2 und A3 mit Dauerpumpversuch 2014, geophysikalische Bohrlochmessungen A2, Kamerabefahrungen Brunnen A1, A2, A3 und Grundwassermessstelle GWM2
- {11} **Hölting, B. et. al. (1995):**
Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung.-Geol. Jahrbuch, Reihe C 63, Hannover 1995

{12} **DVGW (1995/2006):**

DVGW-Regelwerk; Technische Regeln, Arbeitsblatt W101 Februar 1995 / März 2006;
Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete

{13} **Bayerisches Landesamt für Umwelt (2007):**

Merkblatt Nr. 1.2/7 – Wasserschutzgebiet für die öffentliche Wasserversorgung

Teil 1: Wasserschutzgebiete als Bereiche besonderer Vorsorge – Aufgaben, Bemessung und
Festsetzung

{14} **BStMLU (2017):**

Arbeitshilfe – Musterverordnung für Wasserschutzgebiete

Gutachten zur Abgrenzung eines Wasserschutzgebietes für die Brunnen A1, A2 und A3 des Marktes Mühlhausen

1 Veranlassung

Der Markt Mühlhausen betreibt ein Gewinnungsgebiet südöstlich von Mühlhausen (s. Anlage 1.1 und 1.2), um die Trinkwasserversorgung im Versorgungsgebiet sicher zu stellen.

Das Gewinnungsgebiet besteht aus den Brunnen A1, A2 und A3, von denen derzeit alle drei Brunnen betrieben werden.

Die Aufgabenstellung besteht darin, dass ergänzend zum wasserrechtlichen Antrag, erstellt von der Valentin Maier Bauingenieure AG im Jahr 2015, im vorliegenden Gutachten die Grenzen sowie die Lage des für die genutzten Brunnen notwendigen Wasserschutzgebietes festgestellt werden sollen.

Weiterhin soll grob ein Entwurf für eine Wasserschutzgebietsverordnung erarbeitet werden, die dann als Grundlage im Rahmen des wasserrechtlichen Verfahrens zur Festsetzung eines Wasserschutzgebietes dienen soll.

2 Bestehende Verhältnisse

Der Markt Mühlhausen versorgt die Einwohner des Versorgungsgebietes mit Grundwasser aus den einem Gewinnungsgebiet unmittelbar südlich vom Vorfluter Reiche Ebrach.

Das Gewinnungsgebiet besteht aus den Tiefbrunnen A1, A2 und A3 (siehe Anlage 1.2).

Die Tiefbrunnen A1 bis A3 erschließen mit Bohrtiefen von 74,0 m, 71,0 m und 73,0 m den Sandsteinkeuper. Vor der Abgabe an die Verbraucher wird das gewonnene Wasser mit Sauerstoff angereichert und enteist.

Zusätzlich zu den Brunnen bestehen zwei Grundwassermessstellen, GWM 1/07 und GWM 2 (siehe Anlage 1.1). GWM 2 wurde mit einer Bohrtiefe von 89,0 m errichtet. Über die Tiefe der GWM 1/07 liegen keine Informationen vor.

Die Brunnen fördern Grundwasser aus dem zweiten Grundwasserstockwerk, bestehend aus dem Coburger Sandstein und dem Blasensandstein. Der an der Erdoberfläche anstehende bzw. unter einer nur sehr dünnen quartären Überdeckung anstehende Untere Bursandstein ist in den Brunnen durch einen entsprechenden Ausbau abgesperrt.

Aktuell läuft ein wasserrechtliches Verfahren zur Neuerteilung der Grundwasserentnahme. Der Antrag wurde vom Büro Valentin Maier Bauingenieure AG am 16.09.2015 erstellt.

3 Geologische und hydrogeologische Grundlagen

3.1 Genutzte Grundwasserleiter

Im Gebiet des Marktes Mühlhausen treten als Hauptgrundwasserleiter die Sandsteine des Coburger-, Blasen- und Bursandsteins auf. Hierbei handelt es sich um Kluftgrundwasserleiter. Innerhalb dieses Grundwasserleiters bewegt sich das Grundwasser in den als Risse und Fugen ausgebildeten Hohlräumen. Angaben zum Durchlässigkeitsbeiwert bzw. zur Transmissivität stellen somit immer einen Mittelwert über den erschlossenen Grundwasserraum dar und sind abhängig von dem vorhandenen, nutzbaren Kluftvolumen. Auswertungen von Pumpversuchen

ergaben im Sandsteinkeuper eine statistische Gebietsdurchlässigkeit von $k_f = 10^{-5}$ m/s und eine mittlere spezifische Ergiebigkeit von $C = 0,5$ [l/(sm)] {2}. Lokal können diese Wasserwegsamkeiten stark variieren und weit größer oder geringer als der Durchschnittswert sein.

Grundwasserstauer für das gesamte Grundwasservorkommen im Sandsteinkeuper sind die überwiegend tonig ausgebildeten Lehrbergschichten bzw. Estheriensichten.

Einen oberflächennahen Grundwasserleiter stellen die im Bereich des Vorfluters Reiche Ebrach ausgebildeten quartären Sande und Kiese dar. Zwischen den Körnern dieser abgelagerten Flussfracht bewegt sich das Grundwasser innerhalb der Hohlräume und Poren: es wird von einem Porengrundwasserleiter gesprochen. Die spezifischen Ergiebigkeiten liegen, abhängig von der Höhe des Schluffanteils, zwischen 5 und 25 l/(sm). Im Bereich der Brunnen ist die quartäre Überlagerung vernachlässigbar gering und somit als Grundwasserleiter ohne Bedeutung.

3.2 Geologische Verhältnisse

Oberflächlich stehen im Untersuchungsgebiet die Schichten des Sandsteinkeupers mit dem Unteren Burgsandstein als ältester anstehender Schicht und den in der Abfolge immer jüngeren Ablagerungen des Mittleren und Oberen Burgsandsteins an der Erdoberfläche an (siehe Anlage 2.1 und Abbildung 1) {2}.

Im Bereich der Vorfluter sind zusätzlich gering mächtige quartäre Terrassenbildungen anzutreffen, in denen kein eigenes Grundwasserstockwerk ausgebildet ist.

Die Tiefbrunnen fördern Grundwasser aus dem Gips- und Sandsteinkeuper und sind ausbaubedingt jeweils gegen das Grundwasser im ersten Stockwerk des Unteren Burgsandsteins abgesperrt.

Sämtliche Tiefbohrungen setzen im anstehenden Unteren Burgsandstein an und durch-teufen bei Brunnentiefen zwischen 71 m und 74 m sämtliche Schichten bis zum Erreichen der Lehrbergschichten.

Im Einzelnen werden folgende Schichten, beginnend vom Anstehenden, durch die Tiefbrunnen durchteuft.

Burgsandstein	kb	M = 30 m	}	Sandsteinkeuper
Coburger Sandstein	kc	M = 15 - 20 m		
Blasensandstein	kbl	M = 25 m		
Lehrbergschichten	kl	M = 27 - 32 m	}	Gipskeuper

Dem Sandsteinkeuper werden der gesamte Burgsandstein, der Coburger- und der Blasensandstein zugerechnet. Typisch für den Sandsteinkeuper sind zwischengelagerte lokale Lettenschichten und horizontbeständige Basisletten der einzelnen Schichten, die in Abbildung 1 gut zu erkennen sind.

Die dargestellte Schichtmächtigkeit entspricht einer für den fränkischen Bereich durchschnittlichen Mächtigkeit der jeweiligen Schichten und kann regional stark abweichen. Die für dieses Gutachten relevanten Bohrprofile liegen als Anlage 4 bei.

Dem Gipskeuper werden die Lehrbergschichten, der Schilfsandstein, die Estheriensichten und der Benker Sandstein zugerechnet. Die Lehrbergschichten sind im Untersuchungsgebiet

durch rote Letten gekennzeichnet, in denen auch Mergelbänke und Sandsteineinschaltungen größerer Mächtigkeit (Ansbacher Sandstein) vorkommen können.

Abbildung 1 zeigt schematisch die Überlagerung der unterschiedlichen geologischen Schichten. Der Bereich, in dem der jeweilige Brunnen skizziert ist, wurde durch die Brunnen erbohrt.

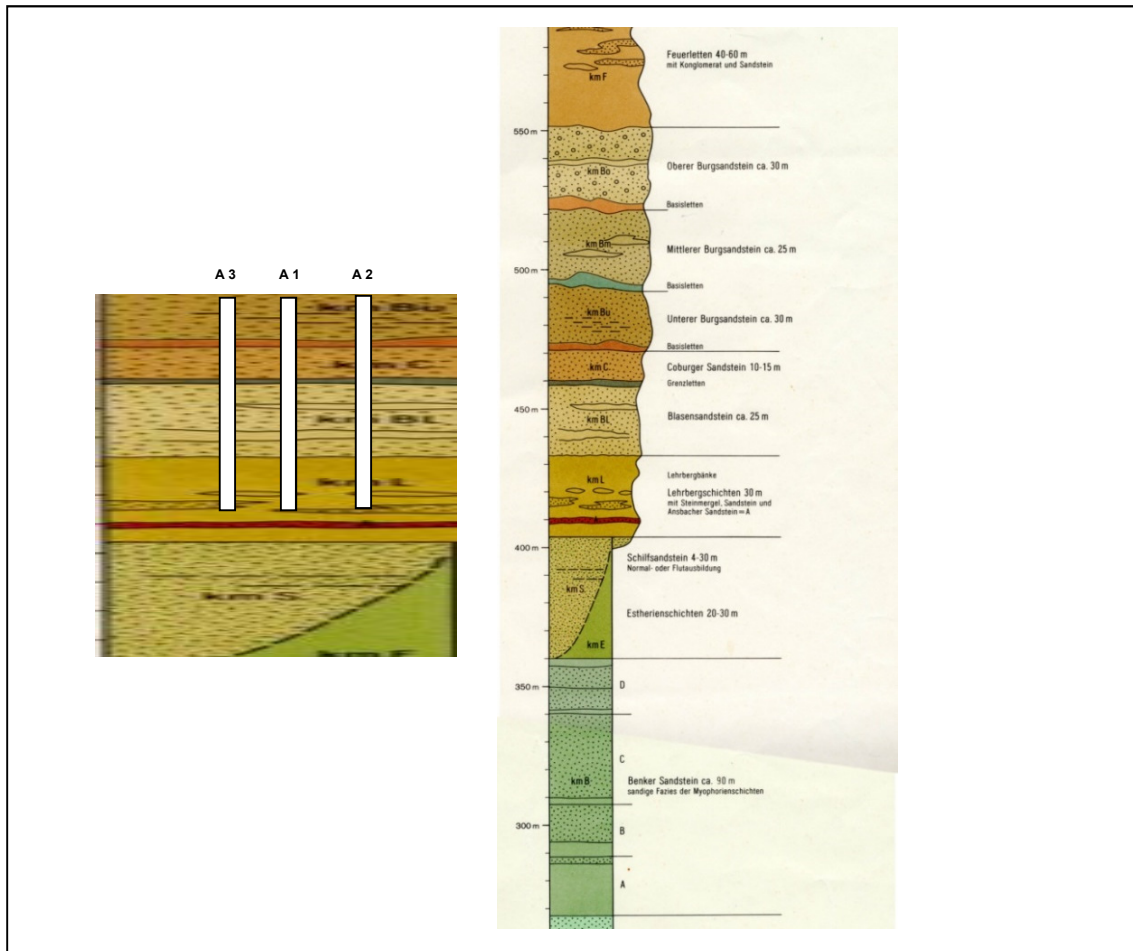


Abbildung 1: Erbohrte Schichten durch die Brunnen des Marktes Mühlhausen

Im Folgenden werden für den Bereich der Brunnen kurz die Charakteristiken der einzelnen Schichten beginnend bei den ältesten erläuternd zusammengefasst. Die Angaben entstammen den Erläuterungen zur Geologischen Karte {1 und 2}:

Estherienschichten (kmE)

Die Estherienschichten sind überwiegend tonig ausgebildet. Die Tonsteine sind meist von grauer und grüner Farbe. Vereinzelt können Sandsteineinschaltungen auftreten. Die Mächtigkeit liegt im Bereich von ca. 20 - 30 m.

Schilfsandstein (ks)

Eine Abgrenzung der Schichten des Schilfsandsteins zu den Estherienschichten ist recht gut möglich, da diese überwiegend sandig ausgebildet und gelb bis ocker gefärbt sind. Die Mächtigkeit kann sehr stark schwanken, je nachdem, ob der Schilfsandstein in Normalfazies (0 - 4 m) oder Flutfazies (4 - 30 m) auftritt.

Lehrbergsschichten (kmL)

Im Untersuchungsgebiet sind die Lehrbergsschichten tonig ausgebildet. Sie bestehen aus roten Letten. Die Mächtigkeit liegt im Bereich von ca. 27 - 32 m.

Blasensandstein (kmBl)

Der Blasensandstein wird durch einen Wechsel von Sandsteinen und tonigen Zwischenschichten charakterisiert. Er baut sich aus rötlichen, braunen und grauen Sandsteinen unterschiedlicher Körnung auf. Im Untersuchungsgebiet ist der Blasensandstein in einer Mächtigkeit von ca. 20 m vertreten.

Coburger Sandstein (kmC)

Der Coburger Sandstein wird aus hellgrauen, fein- bis mittelkörnigen Sandsteinen aufgebaut, denen violette und grüne Lettenlagen zwischengelagert sein können. Die Mächtigkeit im Untersuchungsgebiet beträgt ca. 15 - 20 m.

Burgsandstein (kmB)

Der Burgsandstein wird durch drei zwischen die Sandsteine des Burgsandsteins geschaltete, meist durchhaltende Tonlagen/Basisletten in den Oberen, Mittleren und Unteren Burgsandstein unterteilt. Insgesamt beträgt die Mächtigkeit im Untersuchungsgebiet ca. 85 m.

Unterer Burgsandstein (kmBu)

Der Untere Burgsandstein setzt sich aus einem durchhaltenden Basisletten und einer hangend folgenden Sandstein-Tonstein-Wechselfolge zusammen. Die Sandsteine sind meist von blassbrauner bis heller Färbung, mittel- bis grobkörnig und mürbe ausgebildet. Die Mächtigkeit liegt im Bereich von 30 m.

Mittlerer Burgsandstein (kmBm)

Der Mittlere Burgsandstein wird durch einen grünlichen, teilweise auch rötlichvioletten, 1 - 5 m mächtigen Basisletten von den unterlagernden Unteren Burgsandsteinschichten abgegrenzt. Die gelben, braunen, roten und violetten Sandsteine sind mittel bis grobkörnig, seltener feinkörnig und mürbe. Auch in diesen Sandsteinen sind unterschiedlich mächtige Zwischenletten eingeschaltet. Die Mächtigkeit des Mittleren Burgsandstein liegt im Bereich von 25 m.

Oberer Burgsandstein (kmBo)

Der Obere Burgsandstein wird durch einen meist rot bis violett gefärbten, 2 - 6 m mächtigen Basisletten von den unterlagernden Mittleren Burgsandsteinschichten abgegrenzt. Die grobkörnigen und Geröll führenden Sandsteine sind meist von roter und brauner Farbe. Die Mächtigkeit des Oberen Burgsandstein liegt im Bereich von 30 m.

Quartär (q)

Die quartären Ablagerungen bestehen aus Sanden und Kiesen im Bereich des Vorfluters Reiche Ebrach, die Mächtigkeiten von nur wenigen Metern erreichen (s. Anlage 4).

Die ältesten, an der Erdoberfläche anstehenden Schichten gehören in der unmittelbaren Umgebung der Brunnen A1, A2 und A3 dem Unteren Burgsandstein an.

3.3 Genutzte Grundwasserleiter

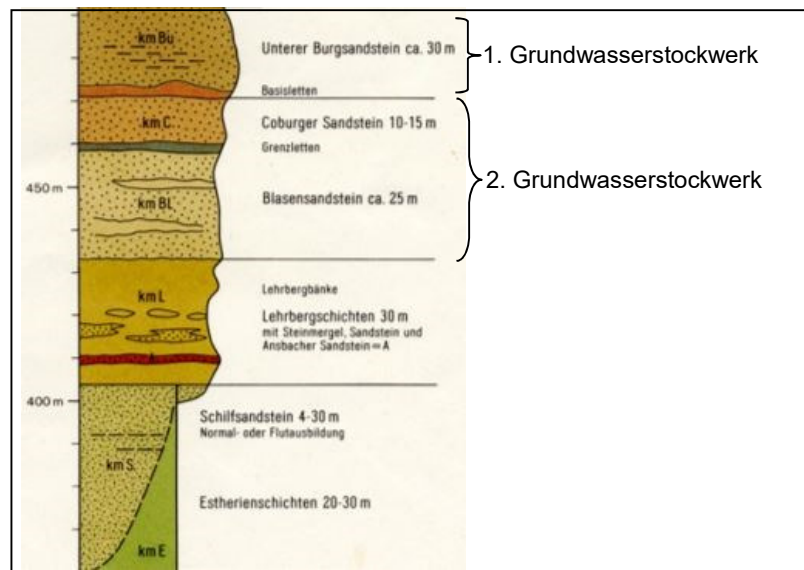


Abbildung 2: Genutzte Grundwasserleiter; (die Höhenskala bezieht sich auf [m] ü. NN; an Hand dieser Skala kann eine für den Fränkischen Bereich durchschnittliche Schichtmächtigkeit abgeschätzt werden.)

Das oberste, **1. Grundwasserstockwerk**, wird durch die Sandsteine des Unteren Burgsandsteins gebildet. Das Grundwasser bewegt sich hier auf Rissen und Fugen im Gestein, so dass dieses Grundwasserstockwerk als Kluftgrundwasserleiter anzusprechen ist.

Das **2. Grundwasserstockwerk** wird durch die Schichten des Coburger- und Blasensandsteins gebildet. Auch dieses Grundwasserstockwerk ist als Kluftgrundwasserleiter anzusprechen.

Als Grundwasserleiter im 1. und 2. Grundwasserstockwerk dienen die Sandsteine. Das Grundwasser bewegt sich innerhalb dieser Schichten in tektonisch bedingten Klüften und Schichtfugen.

Die Ausbildung der Klüfte kann örtlich sehr stark variieren, wodurch sich sehr unterschiedliche Ergiebigkeiten der Brunnen ergeben können. In der Nähe von Störungszonen treten häufig höhere Wasserwegsamkeiten und damit höhere Ergiebigkeiten auf.

Entsprechend Abbildung 2 werden der Sandsteinkeuper als auch Teile des Gipskeupers durch die Tiefbrunnen A1 – A3 des Marktes Mühlhausen erschlossen.

4 Brunnenspezifische Daten

4.1 Bauliche Konstruktion der Brunnen A1, A2 und A3

Nachfolgend sind in Tabelle 1 die baulichen Eckdaten der Brunnen aufgelistet. Die graphischen Darstellungen des jeweiligen Ausbaus sowie des jeweils erbohrten Schichtprofils liegen als Anlagen 4.1 bis 4.3 bei.

	Brunnen A1	Brunnen A2	Brunnen A3
NN-Höhe Brunnenkopf	269,70	269,20	270,70
Bezugspunkt Ausbaudaten	271,00	269,00	272,00
Bohrtiefe [m] u. GOK / [m] ü. NN	74,00 / 197,00	71,00 / 198,00	73,00 / 199,00
Ausgebaute Brunnentiefe [m] u. GOK	73,00	70,00	72,00
Endlichtweite der Bohrung [mm]	600	600	600
Filterrohre (Art / DN)	PVC / 300	PVC / 300	PVC / 300
Filterstrecken [m] u. GOK	19,00-44,00 48,00-54,00 57,00-71,00	17,00-52,00 56,00-68,00	19,00-44,00 48,00-57,00 61,00-71,00
Vollrohrstrecken [m] u. GOK	0,00-19,00 44,00-48,00 54,00-57,00 71,00-73,00	0,00-17,00 52,00-56,00 68,00-70,00	0,00-19,00 44,00-48,00 57,00-61,00 71,00-72,00
Filterkies (Strecke [m] u. GOK)	0,00-74,00	0,00-71,00	0,00-73,00
Peilrohre in der Verkiesung (Anzahl/Art/DN)	1 / PVC / 50	1 / PVC / 50	1 / PVC / 50
Sperrrohr (Art / DN / Stecke [m] u. GOK)	Stahl / 620 / 0,00-17,50	Stahl / 620 / 0,00-15,50	Stahl / 620 / 0,00-18,75
Abdichtung zwischen Vollrohr und Bohrloch (Art / Strecke [[m] u. GOK)	Dämmer / 0,00- 17,50	Dämmer / 0,00- 15,50	Dämmer / 0,00- 18,75
Ruhewasserspiegel m u. Mpkt. 08.12.2014	0,78	1,28	2,56

Tabelle 1: Ausbau Brunnen A1, A2 und A3

Das jeweilige Sperrrohr der Brunnen reicht nach den vorliegenden Unterlagen bis in eine Tiefe zwischen 15,50 m und 18,75 m unter Geländeoberkante und ist zwischen Sperrrohr und Bohrlochwand mittels Dämmer abgedichtet. Das jeweilige Sperrrohr bindet in den Basisletten des Unteren Bursandsteins ein, der in den Brunnen eine Mächtigkeit von ca. 5 m aufweist.

Auf Basis der Ausbaupläne und der dargestellten Bohrprofile bzw. geophysikalischen Messungen sind die Brunnenbauwerke fachlich einwandfrei ausgeführt und ein Zusickern von oberflächennahem Wasser auszuschließen.

Die Kamerabefahrungen im Februar/März 2014 zeigten keine Schadstellen in den Brunnen.

4.2 Pumpversuche

In den letzten Jahren wurde folgende Pumpversuche durchgeführt:

Brunnen A2

25. Februar 2015, 12:04 Uhr bis 04. März 2015, 8:50 Uhr mit zwei Stufen (2,5 l/s und 3 l/s)

Brunnen A3

12. Februar 2015, 15:38 Uhr bis 25. Februar 2015, 12:04 Uhr mit 4 Stufen (1 l/s, 1,5 l/s, 2 l/s und 2,5 l/s) mit teilweisem Betrieb der Brunnen A1 und A2

Gemeinsamer Pumpversuch der Brunnen

A1, A2 und A3: 08. Dezember 2014, 9:00 Uhr bis 13. Dezember 2014, 9:25 Uhr

Brunnen A1 mit 3 Stufen (3,9 l/s, 3,4 l/s und 3,3 l/s)

Brunnen A2 mit 2 Stufen (2,4 l/s und 2,2 l/s)

Brunnen A3 mit 2 Stufen (3,62 l/s und 3,5 l/s)

Brunnen	Förderrate [l/s]	Absenkungsbetrag [m] unter Ruhewasserspiegel	Spezifische Ergiebigkeit C [l/s x m]
A 1	3,3	~ 19	0,174
A 2	2,2	~ 20	0,110
A 3	3,5	~ 21	0,167
Mittelwert	0,150		

Tabelle 2: Ableitung der spezifischen Ergiebigkeit aus durchgeführten Pumpversuchen

Die spezifische Ergiebigkeit liegt somit bei Brunnen A1 mit $C = 0,174$ [l/s x m] am höchsten. Brunnen A2 zeigt die geringste spezifische Ergiebigkeit von $C = 0,110$ [l/s x m]. Brunnen A3 liegt mit einer spezifischen Ergiebigkeit von $C = 0,167$ [l/s x m] knapp unter dem Ergebnis des Brunnens A1. Im Mittel beträgt die spezifische Ergiebigkeit $C = 0,15$ [l/s x m].

Die wassererfüllte Mächtigkeit beträgt ca. 70 m (Differenz Ruhewasserspiegel bei im Mittel ca. 1,5 m zu Tiefe Brunnen im Mittel ca. 72 m). Der wasserwirtschaftliche Wert von 1/3 Absenkung der wassererfüllten Mächtigkeit im Ruhezustand ($H/3$) liegt demnach bei ca. 23 m unter Ruhewasserspiegel.

Die bewilligte Entnahmemenge liegt aktuell für Brunnen A1 bei 3,8 l/s, für Brunnen A2 bei 2 l/s und für Brunnen A3 bei 3,7 l/s.

Um den **Filterbereich nicht freizulegen** wird im aktuellen Antrag auf Grundwasserentnahme aus dem Jahr 2015 {7} für Brunnen A1 eine Förderrate von 2,5 l/s, für Brunnen A2 eine Förderrate von 2,0 l/s und für Brunnen A3 eine Förderrate von 2,5 l/s beantragt. Die

resultierenden Absenkungen würden somit in Zukunft in allen Brunnen im Bereich des Filterbeginnes liegen und die Filterrohre nicht freilegen.

Ohne Berücksichtigung des Filterbeginns und bei alleiniger Betrachtung einer potentiellen **Absenkung auf H/3**, würde auf der Basis der oben abgeleiteten spezifischen Ergiebigkeiten bei Brunnen A1 eine Entnahmerate von 4,0 l/s, bei Brunnen A2 eine Entnahmerate von 2,5 l/s und bei Brunnen A3 eine Entnahmerate von 3,8 l/s resultieren. Bei diesen Entnahmen wären allerdings die obersten Filterbereiche in allen Brunnen freigelegt. Im Brunnen A1 wäre die oberste Filterstrecke ca. 5,5 m (Beginn Filter bei 19 m), im Brunnen A2 ca. 7,5 m (Beginn Filter bei 17 m) und im Brunnen A3 ca. 5,5 m (Beginn Filter bei 19 m) freigelegt. Diese Förderraten sind allerdings realistisch aus den Brunnen A1, A2 und A3 nicht gewinnbar, da aus der geophysikalischen Flow-Meter-Messung am Brunnen A2 bekannt ist, dass bereits in den obersten Filterstrecken wesentliche Hauptzuflüsse in den Brunnen erfolgen. Bei einer Freilegung dieser obersten Filterstrecken würden diese Zuflüsse wegfallen und somit die Ergiebigkeit der Brunnen dadurch massiv verringert.

Der Ansatz der gegenüber dem ursprünglichen Wasserrecht reduzierten Entnahmeraten in dem aktuellen wasserrechtlichen Antrag von 2015 {7} ist somit fachlich fundiert.

5 Hydrochemische Verhältnisse

5.1 Relevante Grundwasserparameter und deren Varianz

Die Wässer des Sandsteinkeupers sind im Allgemeinen meist mäßig bis mittelhart und häufig kohensäureaggressiv. Sie sind oft sauerstoffarm und es liegen reduzierende Bedingungen vor, die teilweise mit hohen Eisen- und Mangankonzentrationen verbunden sind. Als geogene Belastungen sind Chlorid-Versalzungen, erhöhte Fluorid- und Arsenwerte sowie erhöhte Urankonzentrationen möglich {5}.

Das Wasser ist in der Regel frei von anthropogenen Einflüssen, d.h. es beinhaltet weder Pflanzen- noch Schädlingsbekämpfungsmittel, kein Nitrat und ist frei von bakteriellen Belastungen.

5.2 Grundwasserchemismus Brunnen A1, A2 und A3

Im Rahmen der EÜV werden regelmäßig Wasseranalysen an den Brunnen A1, A2 und A3 durchgeführt. Die wichtigsten Ergebnisse der chemischen Untersuchungen aus den Jahren 2007 bis 2016 sind in Anlage 5 grafisch zusammengestellt.

In allen drei Brunnen handelt sich bei dem geförderten Grundwasser um sauerstoffarmes Wasser mit niedrigem Mineralgehalt. Die Leitfähigkeitswerte liegen im Bereich von 531 – 670 $\mu\text{S}/\text{cm}$ S. Anlage 5.1) und die pH-Werte zwischen 7,28 und 8,11 (s. Anlage 5.2).

Das Rohwasser aus den Brunnen zeigt nur sehr niedrige Chloridkonzentrationen. Die Schwankungsbreite liegt zwischen 3,8 und 14,6 mg/l (s. Anlage 5.3)

Die Sulfatgehalte liegen in einem unkritischen Bereich zwischen 16,5 und 93,7 mg/l (s. Anlage 5.4). Das gleiche gilt für die Parameter Natrium (9,3 bis 95,5 mg/l; s. Anlage 5.5), Calcium (29,0 bis 60,0 mg/l; s. Anlage 5.6) und Magnesium (13 bis 41 mg/l; s. Anlage 5.7).

Die Nitratkonzentrationen liegen zwischen 0 und maximal 2,6 mg/l (s. Anlage 5.8). Pflanzenbehandlungs- und -schutzmittel sind nicht nachweisbar. Hier zeigt sich die geringe anthropogene Beeinflussung des gewonnenen Grundwassers von der Erdoberfläche her.

Der gemessene Mangangehalt im Grundwasser liegen unter der Nachweisgrenze. Die Eisenkonzentration erreicht zeitweise mit 0,1 mg/l den halben Grenzwert. Daher wird das Wasser mit Sauerstoff angereichert und enteisent.

Die Ergebnisse zeigen insgesamt eine sehr gute Wasserqualität.

Eine direkte Korrelation einzelnen Parameterkonzentrationen mit den jeweiligen Jahresentnahmen ist nicht erkennbar (siehe Anlage 5.11 bis 5.13). Monatsentnahmen liegen nicht vor.

Eine Überschreitung des Grenzwertes der Trinkwasserversorgung ist im Rohwasser lediglich bei dem Parameter Uran festzustellen. Die Ergebnisse der Uranuntersuchungen der letzten Jahre sind als Tabelle 3 beigefügt und in Anlage 5.9 grafisch dargestellt.

Uran	18.05.2007	11.05.2011	17.07.2012	09.07.2013	13.12.2014	20.09.2016
Brunnen A1	0	6	9	7	8	11
Brunnen A2	0	0	1	2	2	0
Brunnen A3	0	10	15	22	23	21

Tabelle 3: Urangelhalte im Rohwasser der Brunnen A1, A2 und A3

Die Urangelhalte liegen zwischen 0 und 21 µg/l, wobei der am weitesten im Osten liegende Brunnen A2 die geringsten und der am weitesten im Westen liegende Brunnen A3 die höchsten Werte aufweist. Erstmals hat auch das Grundwasser des zwischen Brunnen A3 und A2 liegenden Brunnens A1 bei der Probenahme im Jahr 2016 den Grenzwert von 10 µg/l überschritten.

5.3 Zusammenfassung der Analytik

Generell wird deutlich, dass es sich bei dem Grundwasser aus den Brunnen A1, A2 und A3 um typisches Wasser aus dem Sandsteinkeuper handelt, welches bei gut schützender Überdeckung in der Regel frei ist von anthropogene Einflüssen und bereichsweise erhöhte Urangelhalte aufweist

Die Analysenergebnisse an den Brunnen A1, A2 und A3 ergaben ein Wasser mit guter Wasserqualität. Grenzwertüberschreitungen im Rohwasser gibt es nur bei Uran. Der Sauerstoffgehalt des Wassers ist gering. Die Wasserqualität ist an allen drei Brunnen annähernd identisch. Die Härte des Wassers liegt zwischen 2 und 3 nach dem Waschmittelgesetz.

Um zukünftig mögliche Korrelationen zwischen einzelnen Parameterkonzentrationen und den jeweiligen Entnahmen erkennen zu können, werden regelmäßige, monatliche Erfassungen der Wasserspiegel und Entnahmen nach EÜV mit zusätzlicher monatlicher Messung von Uran und Leitfähigkeit vorgeschlagen.

6 Altersbestimmung

Die Probenahme zur Altersbestimmung wurde am 7.12.2017 durchgeführt (siehe Anlage 6). Nach den Erläuterungen der Ergebnisse der Tritium, Deuterium und Sauerstoff-18 Bestimmungen ist das Grundwasseralter auf > 200 Jahre ohne Jungwasseranteil zu datieren.

Dies zeigt den guten Schutz der über dem Grundwasser liegenden, schlecht wasserdurchlässigen Deckschichten und belegt zudem den ordnungsgemäßen Ausbau der Brunnen.

7 Größe des Entnahme beeinflussten Bereiches auf Basis der hydraulischen Parameter

Eine Auswertung der Pumpversuchsdaten aus Kapitel 3.3 nach der **Methode von LOGAN** ergibt folgende Resultate:

Transmissivität T:

$$T_{Br.A1} = 2,08 \times 10^{-4} [m^2/s]$$

$$T_{Br.A2} = 1,32 \times 10^{-4} [m^2/s]$$

$$T_{Br.A3} = 2,00 \times 10^{-4} [m^2/s]$$

Durchlässigkeitsbeiwert k_f (Transmissivität / Mächtigkeit):

$$k_{fBr.A1} = 2,85 \times 10^{-6} [m/s] \text{ mit } M=73 [m]$$

$$k_{fBr.A2} = 1,88 \times 10^{-6} [m/s] \text{ mit } M=70 [m]$$

$$k_{fBr.A3} = 2,86 \times 10^{-6} [m/s] \text{ mit } M=70 [m]$$

Auf Basis der hydraulischen Parameter kann der durch die Entnahme beeinflusste Bereich berechnet werden, bei dem ein zusätzlicher Schutz, über den Allgemeinen Grundwasserschutz hinaus, sinnvoll ist. In Abhängigkeit von der Entnahmemenge variiert die Größe des durch die Entnahme beeinflussten Bereiches. Die Ausdehnung dieser Bereiche ist neben den allgemeinen Abschätzungen ein Maß für die Bemessung der einzelnen Wasserschutzzonen.

Für die Bestimmung der 50-Tage-Linie ist nach {12} in der Regel die wasserrechtlich genehmigte Fördermenge zu Grunde zu legen. Dabei ist das aus der genehmigten Jahresmenge zu errechnende Tagesmittel oder höchstens die maximal genehmigte Tagesentnahme zu verwenden.

Als wasserrechtliche Jahresmenge sind mit Bescheid vom 24.10.2016 bis zum 31.12.2046 folgende Mengen bewilligt:

Brunnen A1: 3,5 l/s; 227 m³/Tag und maximal 38.590 m³/Jahr

Brunnen A2: 2,0 l/s; 130 m³/Tag und maximal 22.100 m³/Jahr

Brunnen A3: 2,6 l/s; 162 m³/Tag und maximal 26.406 m³/Jahr.

Insgesamt dürfen maximal 8,1 l/s; maximal 519 m³/Tag und maximal 87.096 m³/Jahr gefördert werden.

Aus diesen Entnahmemengen lässt sich die rechnerische, kontinuierliche Dauerförderleistung, die für die nachfolgenden Berechnungen relevant ist, wie folgt ableiten:

Brunnen A1: 1,22 l/s

Brunnen A2: 0,70 l/s

Brunnen A3: 0,84 l/s

Für die nachfolgenden Berechnungen wurden relevante Parameter aus den vorliegenden Unterlagen ermittelt bzw. mit realistischen Schätzungen unterlegt:

Grundwassergefälle: $I = 0,01 [-]$ aus {2}

Porenvolumen: $n_e = 0,005 [-]$ aus {1}

Zur Abschätzung der Entnahmetrichter sind verschiedene Berechnungen notwendig.

Für die Entnahmebreite B (auf Höhe des Brunnens $B/2$) errechnet sich die Ausdehnung nach der Formel

$$B = Q / (T \times I).$$

Der Beginn des oberstromig gelegenen ungestörten Bereiches D berechnet sich mit

$$D = 0,7 \times B.$$

Die untere Kulmination x_u berechnet sich durch

$$x_u = 0,16 \times B.$$

mit

$Q_{Br.A1}$	$=$	$0,00122 [m^3/s]$
$Q_{Br.A2}$	$=$	$0,0007 [m^3/s]$
$Q_{Br.A3}$	$=$	$0,00084 [m^3/s]$
I	$=$	$0,01 [-]$
$T_{Br.A1}$	$=$	$2,08 \times 10^{-4} [m^2/s]$
$T_{Br.A2}$	$=$	$1,32 \times 10^{-4} [m^2/s]$
$T_{Br.A3}$	$=$	$2,00 \times 10^{-4} [m^2/s]$

Für die Brunnen ergeben sich hierdurch folgende Resultate:

Entnahmebreite:

$B_{Br.A1}$	$\approx$	$587 [m]$
$B_{Br.A2}$	$\approx$	$530 [m]$
$B_{Br.A3}$	$\approx$	$420 [m]$

Untere Kulmination:

$x_{uBr.A1}$	$\approx$	$94 [m]$
$x_{uBr.A2}$	$\approx$	$85 [m]$
$x_{uBr.A3}$	$\approx$	$67 [m]$

Beginn des ungestörten oberstromigen Bereiches:

$$D_{Br.A1} \approx 411 \text{ [m]}$$

$$D_{Br.A2} \approx 371 \text{ [m]}$$

$$D_{Br.A3} \approx 294 \text{ [m]}$$

Für die Berechnung der **50-Tage-Linie** nach der Zylinderformel

$$R_{50} = [(Q \times t_{50}) / (\pi \times M \times n_e)]^{0,5}$$

sind die maximal genehmigten Tagesentnahmen anzusetzen. Unter diesem Ansatz und einer jeweils wassererfüllten Mächtigkeit M von

$$M_{Br.A1} \approx 73 \text{ [m]}$$

$$M_{Br.A2} \approx 70 \text{ [m]}$$

$$M_{Br.A3} \approx 70 \text{ [m]}$$

ergibt sich ein Abstand zu den Brunnen von

$R_{50/Br.A1}$	$\approx$	99,5 [m]
$R_{50/Br.A2}$	$\approx$	76,9 [m]
$R_{50/Br.A1}$	$\approx$	86,0 [m]

8 Grundwassereinzugsgebiet

8.1 Größe des Einzugsgebietes

Für die Abgrenzung eines Wasserschutzgebietes und einzelner Wasserschutzzonen ist die Betrachtung des Grundwassereinzugsgebietes von Relevanz. Hier wird unterschieden zwischen oberirdischem und unterirdischem Einzugsgebiet.

Das oberirdische Einzugsgebiet wird anhand der Morphologie abgegrenzt und beschreibt den Bereich von dem direkt durch den Niederschlag und den Oberflächenabfluss Wasser auf den Brunnen zufließt. Es ist besonders für den oberflächennahen (ersten) Grundwasserleiter von Bedeutung. In den Brunnen Mühlhausen ist dieser durch ein einzementiertes Sperrrohr abgesperrt.

In den Anlagen 7.1 und 7.2 wurde das oberirdische Einzugsgebiet sowie das unterirdische Einzugsgebiet für das Gewinnungsgebiet Mühlhausen abgegrenzt. Das oberirdische Einzugsgebiet besitzt nach dieser Abgrenzung eine Größe von ca. 4,7 km². Das unterirdische Einzugsgebiet eine Größe von ca. 6,9 km².

Legt man für den Sandsteinkeuper im gesamten Einzugsgebiet der Brunnen eine Grundwasserneubildungsrate von 2,1 [l/s x km²] zugrunde, so benötigen die Brunnen zur Deckung der beantragten Entnahmerate von 2,76 l/s (kontinuierliche Dauerentnahme) ein **Bilanzgebiet mit einer Größe von ca. 1,3 km²**.

Die notwendige Bilanzfläche ist somit durch das oberirdische sowie das unterirdische Einzugsgebiet gegeben.

8.2 Beurteilung der Schutzwirkung der Deckschichten im Einzugsgebiet

Entsprechend Kapitel 3.1.3 erschließen die Brunnen den Coburger Sandstein und den Blasensandstein. Die Bohrungen setzen im Bereich des Unteren Burgsandsteins an.

Der Ausbau der Brunnen wurde so durchgeführt, dass Grundwasser aus dem oberen Grundwasserstockwerk in den Sandsteinen des Unteren Burgsandsteins sicher mittels Sperrrohr und Abdichtung aus plastischen Beton an dem Eindringen in das jeweilige Brunnenbauwerk gehindert wird und ein hydraulischer Kurzschluss somit sicher unterbunden wurde. Die Ausbautiefe des Sperrrohrs reicht bis in den Basisletten des Unteren Burgsandsteins.

Als grundwasserschützende Deckschichten im Brunnennahbereich sind somit die Sandsteine und Tonsteine des Burgsandsteins zu betrachten. Die Gesamtmächtigkeit liegt im Nahbereich der Brunnen zwischen 14 m und 17 m (siehe Bohrprofile Anlage 4). Bei der Berechnung wird sich an dem kleinregional schutztechnisch ungünstigsten Wert für die Mächtigkeit der einzelnen Schichtpakete orientiert. Daher wird im Umfeld der Brunnen A1 und A3 von einer Mächtigkeit des Unteren Burgsandsteins von 17 m und bei Brunnen A2 von 14 m ausgegangen. Die Mächtigkeit des Basisletten des Unteren Burgsandsteins beträgt laut Bohrmeisteransprache am Brunnen A1 ca. 7 m, am Brunnen A2 ca. 1 m und am Brunnen A3 ca. 5 m.

Der Grad der Schutzwirkung der Deckschichten wird in Anlehnung an das DVGW Arbeitsblatt W 101 {12} von 1995 und HÖLTING {11} bestimmt. Anhand dieses Konzeptes wird die Deckschichtensituation im engeren Umfeld der Brunnen nachfolgend näher beschrieben.

Die Grundüberlegung bei der Beurteilung der Schutzfunktion der Deckschichten über dem Grundwasser kann folgendermaßen angegeben werden (aus {11}):

„Bei der Passage von Sickerwasser durch die Grundwasserüberdeckung können darin enthaltene Schadstoffe mechanischen, physiko-chemischen und mikrobiellen Prozessen unterliegen, die zu einer Verringerung der Schadstoff-Fracht führen. Die Wirksamkeit dieser Vorgänge wird maßgeblich von der Verweildauer des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung beeinflusst. Je länger die Aufenthaltsdauer, desto länger können die Abbau- und Sorptionsprozesse wirksam werden und damit eine Verringerung des Eintrags von Schadstoffen ins Grundwasser bewirken. Im günstigsten Fall erreicht die Verunreinigung auch langfristig erst gar nicht die Grundwasseroberfläche.“

Unter Grundwasserüberdeckung (DIN 4049) wird hier der Boden- und Gesteinskörper über dem obersten zusammenhängenden, in der Regel weiträumigen Grundwasserstockwerk verstanden, das für Grundwassererschließungen nutzbar gemacht werden kann.

...

In Lockergesteinen unterhalb des Bodens sind es vor allem die feinkörnigen Sedimente oder Sedimentanteile, die die Durchlässigkeit herabsetzen und damit die Sickerbewegung verzögern. Aufgrund ihrer von Sand über Schluff zu Ton zunehmenden Kationenaustauschkapazität (KAK,...) sind sie auch wesentlich für Sorptionsvorgänge verantwortlich. Abnehmende Ton- bzw. Schluffanteile dagegen bedeuten eine Abnahme der Verweildauer und der KAK, gleichbedeutend mit einer Abnahme der Schutzfunktion.

...

Schwebende Grundwasserstockwerke können die vertikale Schadstoffverlagerung in den tieferen Untergrund zeitlich verzögern oder verhindern. Auch schließen artesische Druckverhältnisse das Eindringen kontaminierten Sickerwassers in den Grundwasserleiter weitgehend aus. Diese örtlichen Besonderheiten, von denen ein zusätzlicher Schutz des Hauptgrundwasserleiters ausgeht, werden bei der Bewertung durch pauschale Zuschläge berücksichtigt. Die Bewertung der Schutzfunktion der

Grundwasserüberdeckung erfolgt mittels eines Punktesystems, wobei eine hohe Punktzahl eine hohe Schutzfunktion bedeutet.“

Im Rahmen dieses Punktesystems werden in {11} verschiedene Parameter bewertet:

- Parameter 1: nutzbare Feldkapazität (Punktzahl **B**) gemäß Tab. 1 aus {11}.
- Parameter 2: Sickerwassermenge (Faktor **W**) gemäß Tab. 2 aus {11}.
- Parameter 3: Gesteinsart
(Punktzahl **G_L** bei Lockergestein) gemäß Tab. 3 aus {11} bzw.
(Punktzahl **G_F** bei Festgestein) gemäß Tabelle 4 aus {11}.
- Parameter 4: Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung (Faktor **M**) aus Bohrprofilen.
(bei ungespannten Verhältnissen: Deckschichten über dem Grundwasserspiegel.
bei gespannten Verhältnissen: Deckschichten bis Grundwasserdeckfläche)
- Parameter 5: Schwebendes Grundwasserstockwerk (Zuschlag **Q**) 500 Punkte.
- Parameter 6: Druckverhältnisse (Zuschlag **D**) Arteser 1.500 Punkte.

Die Bewertung der nFK des Bodens nach Tabelle 4 aus {11} (Punktzahl **B**) wird mit der Sickerwassermenge entsprechend Tabelle 5 aus {11} (Faktor **W**) multipliziert:

$$S_1 = B \times W$$

Σ nFK [mm] bis 1,0 m Tiefe	Punktzahl B
> 250	750
> 200 – 250	500
> 140 – 200	250
> 90 – 140	125
> 50 – 90	50
≤ 50	10

Tabelle 4: Bewertung der Böden nach der nFK (und in Punktzahl B dargestellt) aus {11}

GWNb [mm/a]*)	N-ETP _{pot.} [mm/a] *)	Faktor W
≤ 100		1,75
> 100 – 200	≤ 100	1,5
> 200 – 300	> 100 – 200	1,25
> 300 – 400	> 200 – 300	1,0
> 400	> 300 – 400	0,75
	> 400	0,5
*)Es sollte möglichst – sofern Daten verfügbar sind – die tatsächliche Grundwasserneubildungsrate (GWNb) verwendet werden.		

Tabelle 5: Bewertung der Sickerwassermenge anhand der Grundwasser-Neubildungsrate (GWNb) bzw. der klimatischen Wasserbilanz (N-ETP) und als Faktor W dargestellt

Der Schutzfunktionswert für die Grundwasserüberdeckung S_2 unterhalb des Bodens ergibt sich für Lockergesteine gemäß Tabelle 6 aus {11} und für Festgesteine gemäß Tabelle 7 aus {11} somit gemäß folgender Formel

$$S_2 = (G_1 \times M_1 + G_2 \times M_2 + \dots + G_n \times M_n) \times W + Q + D$$

Gesteinsbezeichnung nach DIN 4022, Teil 1, ergänzt	Punktzahl G_L pro m Schichtmächtigkeit
T	500
T, l T, u'	400
T, s'	350
T, u L, t, u	320
L, t	300
T, $\bar{u}$ T, s	270
U, $\bar{l}$	250
L, t' L, t, s	240
U, $\bar{t}$ L, u	220
T, $\bar{s}$ L, s, u L, s' U, l U, t	200
L, s U, l'	180
U, t' U, l, s U L, $\bar{s}$	160
S, $\bar{t}$ S, t S, l, u	140
U, s S, $\bar{l}$	120
S, l S, $\bar{u}$	90
S, t' S, u G, s, t	75
S, l' G, s, u	60
S, u' S, g, u'	50
S	25
S, g G, s	10
G G, x X, g	5
vulkanische Lockergesteine	200
Torf	400
Mudde	300
Bei deutlich sichtbarem Gehalt an organischer Substanz Zuschlag von 75 Punkten pro Meter (nicht bei Torf und Mudde).	

Tabelle 6: Bewertung der Gesteinsart bei Lockergesteinen (nach Punktezahlen G_L) aus {11}

Gesteinsart	P	Struktur	F
Tonstein, Tonschiefer, Mergelstein, Schluffstein	20	ungeklüftet	25,0
		wenig geklüftet	4,0
Sandstein, Quarzit, vulkanische Festgesteine, Plutonite, Metamorphite	15	mittel geklüftet wenig verkarstet	1,0
		mittel verkarstet	0,5
poröser Sandstein, poröse Vulkanite (z. B. verfestigter Tuff)	10	stark geklüftet, zerrüttet oder stark verkarstet	0,3
Konglomerat, Brekzie, Kalkstein, Kalktuff, Dolomitstein, Gipsstein	5	nicht bekannt	1,0

Tabelle 7: Bewertung von Festgesteinen: Punktzahl GF = Produkt aus Punktzahl P für Gesteinsart und Faktor F für strukturelle Eigenschaft aus {11}

Die Schutzfunktion S_g für die gesamte Grundwasserüberdeckung ergibt sich schließlich durch Addition von S_1 und S_2

$$S_g = S_1 + S_2$$

Die Punktzahl der Schutzfunktion S_g werden entsprechend Tab. 8 aus {11} in fünf Klassen unterteilt, für die die Größenordnung der Verweildauer des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung angegeben sind.

Gesamtschutzfunktion	Punktzahl der Gesamtschutzfunktion S_g	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

Tabelle 8: Einstufung der Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüberdeckung nach Tab. 5 aus {11}

Setzt man dieses Bewertungsschema auf die kleinregional ausgebildeten, mittleren Verhältnisse im direkten Brunnenumfeld an, so erhält man unter Berücksichtigung, dass die obersten 4 m der Deckschichten in der Regel unberücksichtigt bleiben, folgende Schutzfunktion der Deckschichten bis zum Grundwasserstockwerk im Coburger Sandstein und Blasensandstein, wenn man die Vorgaben $n_{FK} > 50-90 \text{ mm/m}$ ($B=50$), $GWNb \leq 100 \text{ mm/a}$ ($W=1,75$) ansetzt:

$$S_1 = B \times W = 50 \times 1,75$$

$$\underline{S_1 = 87,5}$$

		$G_{F/L} \times M$ (G_L nach Tabelle 6, G_F nach Tabelle 7)		
0,0 ~ 1,3 m	Mutterboden	-4 m u. GOK keine Berücksichtigung		
1,3 ~ 12,0 m	Sandstein			
		$G_F \times M = 15 \times M_1$	= 15 x 8 m	= 120
12,0 ~ 17,0 m	Tonstein	$G_F \times M = 20 \times M_2$	= 20 x 5 m	= 100
			Summe G x M	220

Tabelle 9: Bestimmung der Schutzfunktionszahl der Deckschichten $G \times M$ unter dem Ansatz einer Ausbildung des Basisletkens des Unteren Bursandsteins **als Festgestein – „Tonstein“**

		$G_{F/L} \times M$ (G_L nach Tabelle 6, G_F nach Tabelle 7)		
0,0 ~ 1,3 m	Mutterboden	-4 m u. GOK keine Berücksichtigung		
1,3 ~ 12,0 m	Sandstein			
		$G_F \times M = 15 \times M_1$	= 15 x 8 m	= 120
12,0 ~ 17,0 m	Ton	$G_L \times M = 270 - 500 \times M_2$	= 270 - 500 x 5 m	= 1.350 - 2.500
			Summe G x M	1.470 - 2.620

Tabelle 10: Bestimmung der Schutzfunktionszahl der Deckschichten $G \times M$ unter dem Ansatz einer Ausbildung des Basisletkens des Unteren Bursandsteins **als Lockergestein – „Ton“**

In den Tabellen 9 und 10 wird unter Einbeziehung der vertretenen Gesteinsart und der jeweiligen Schichtmächtigkeit die Summe der Schutzfunktionszahl im Bereich der Brunnen Mühlhausen bestimmt. Hierbei wurden für den 5 m mächtigen Basisletten des Unteren Bursandsteins zwei unterschiedliche Varianten berechnet:

Bestimmung der Schutzfunktionszahl unter dem Ansatz einer Schichtausbildung als Festgestein „Tonstein“, das potentiell geklüftet sein kann (Tabelle 9)

und

Bestimmung der Schutzfunktionszahl unter dem Ansatz einer Schichtausbildung als Lockergestein „Ton“ (Tabelle 10).

Die Betrachtung der beiden Ausprägungsvarianten des Basisletkens wird vor dem Hintergrund des hohen Grundwasseralters und den Ergebnissen der Grundwasseranalytik gewählt.

Abhängig von dem jeweiligen Ansatz schwankt die daraus resultierende Punktzahl S_2 zwischen

$$\begin{aligned}\text{Ansatz „Tonstein“: } S_2 &= (G_{1F} \times M_{1F} + G_{2F} \times M_{2F}) \times W + Q \\ &= 220 \times 1,75 + 500 (Q) \\ &= 885\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ansatz „Ton“: } S_2 &= (G_{1F} \times M_{1F} + G_{2L} \times M_{2L}) \times W + Q \\ &= 1.470 \text{ bis } 2.620 \times 1,75 + 500 (Q) \\ &= 3.072,5 \text{ bis } 5.085\end{aligned}$$

Das im Untersuchungsgebiet vorhandene **schwebende Stockwerk** im Unteren Burgsandstein wurde mit $Q = 500$ Punkten bewertet (Parameter 5). Nach {11} können schwebende Grundwasserstockwerke generell die Schadstoffverlagerung in den tieferen Untergrund bzw. eine Kontamination des Hauptgrundwasserstockwerkes verhindern oder zeitlich verzögern. Somit ist im Bereich der bestehenden Brunnen in dieser Hinsicht ein günstiger Standortfaktor ausgebildet.

Die Bewertung der **Druckverhältnisse**, die bei artesischen Verhältnissen mit $D = 1.500$ Punkten gewichtet werden können, wurde nicht berücksichtigt, da zwar der Druckwasserspiegel des zweiten Grundwasserstockwerkes über dem des ersten Grundwasserstockwerkes liegt, artesische Verhältnisse aber nicht ausgebildet sind. Die Druckverhältnisse im Bereich der Brunnen stellen somit einen zusätzlichen günstigen Standortfaktor dar, der jedoch nach der Bewertung gemäß {11} nicht im Punktesystem zu berücksichtigen ist, da das Druckpotential im direkten Umfeld der Brunnen durch die Grundwasserspiegelabsenkung im Betriebsfall dazu führt, dass das Druckpotential im ersten Grundwasserstockwerk kleinräumig über dem des Potentials im zweiten Stockwerk liegt.

Die **Gesamtschutzfunktion** S_g ergibt sich als Gesamtpunktezahl aus der Summe von $S_1(87,5)$ und S_2 damit zu

$$S_g = 972,5 \text{ bzw. } 3.160 \text{ bis } 5.172,5.$$

Bei dem Ansatz der mittleren Verhältnisse ist gemäß Tabelle 8 aus {11} damit die Schutzfunktion zwischen gering (mit einer Verweildauer des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung im direkten Umfeld der Brunnen von mehreren Monaten bis ca. 3 Jahren) und hoch bis sehr hoch (mit einer Verweildauer des Sickerwassers in der Grundwasserüberdeckung im direkten Umfeld der Brunnen **10 bis > 25 Jahre**) angesiedelt.

8.3 Nutzung des Einzugsgebietes, Risikopotentiale

Das Gewinnungsgebiet Mühlhausen liegt im Landkreis Erlangen-Höchstädt ca. 4,5 km nördlich von Höchstädt a. d. Aisch, ca. 15 km südsüdwestlich von Bamberg und ca. 19 km westnordwestlich von Forchheim. Das Brunnenfeld liegt nördlich der Bundesautobahn BAB A3 Nürnberg-Würzburg, unweit der Ausfahrt „Höchstädt-Nord“.

Die Bebauung der Ortschaft Schirnsdorf liegt ca. 400 m vom nächstgelegenen Brunnen A3 des Brunnenfeldes entfernt. Weitere Bebauung, ist mit Ausnahme der Lempenmühle in der Nähe der Brunnen nicht vorhanden (siehe Anlage 1).

Das Einzugsgebiet der Brunnen gehört zum Steigerwald. Das nähere Umfeld der Brunnen wird land- und forstwirtschaftlich genutzt. Insgesamt handelt es sich um ein gering besiedeltes Gebiet, in dem sich bis auf die Staatsstraße 2763 und die BAB A3 wenige klassifizierte Straßen befinden.

Die durchgeführte Luftbildauswertung zeigt im Einzugsgebiet der Brunnen tektonische Lineamente, an denen potentiell erhöhte Wasserwegsamkeiten gegeben sein könnten (siehe Abbildung 3)



Abbildung 3: Luftbildauswertung

Trotz der an der Erdoberfläche durchaus vorhandenen Risikopotentiale und der tektonischen Überprägung, ist das Grundwasservorkommen durch den Ausbau der Brunnen, das hohe Grundwasseralter und nachweislich der vorliegenden Grundwasseranalysen gut geschützt und unter den gegebenen Bedingungen nicht gefährdet. Das **Risikopotential wird daher als flächendeckend gering und die Schutzfunktion der Deckschichten als hoch eingestuft.**

9 Abgrenzung des Wasserschutzgebietes

9.1 Kriterien zur Abgrenzung der einzelnen Schutzzonen

Oberstes Prinzip bei der Schutzgebietsabgrenzung unter den gegebenen Umständen ist der Erhalt der bestehenden, günstigen Deckschichtensituation.

Nach {13} erfolgt die Grenzziehung der Außenlinie eines Schutzgebietes dort, wo der Allgemeine Grundwasserschutz nicht mehr ausreichend ist. Problematische Handlungen und Einrichtungen dienen hierbei als Leitkriterium.

Folgendes Flussdiagramm zur Schutzgebietsbemessung wird in {13} als Vorgehensschema vorgeschlagen:

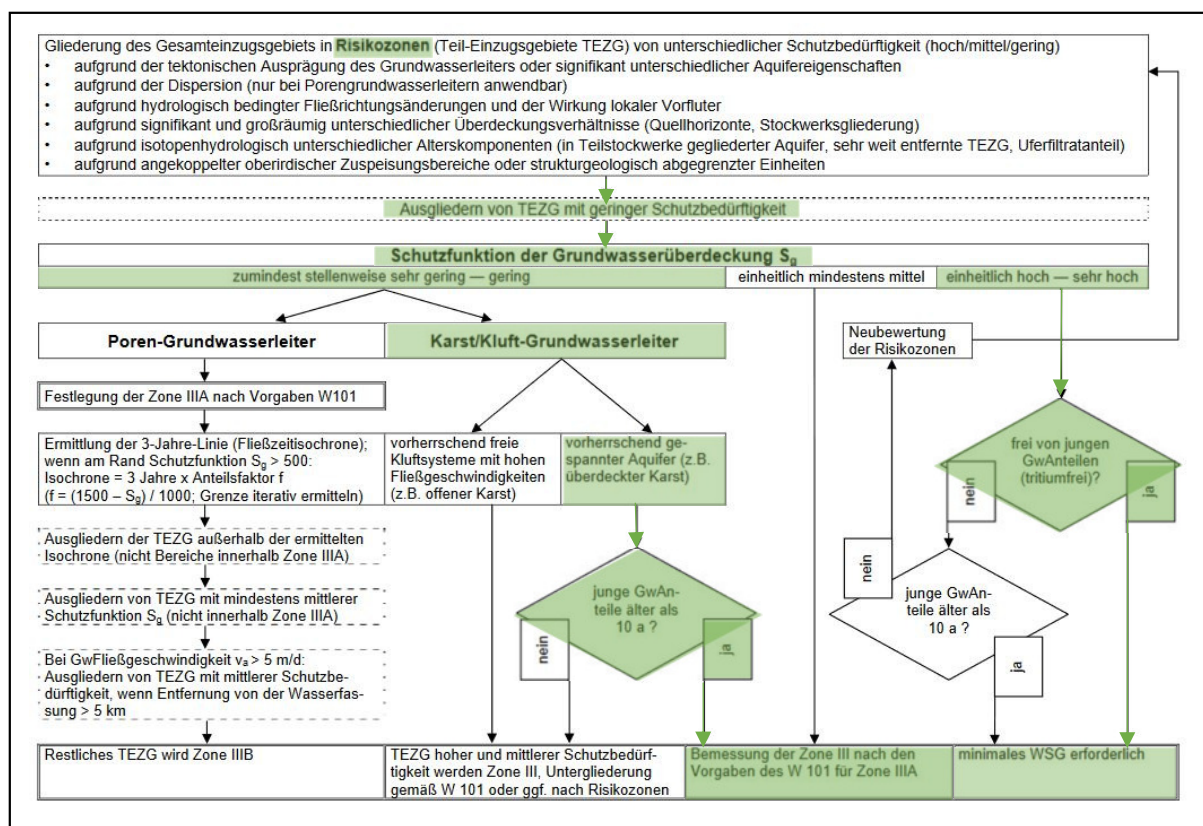


Abbildung 4: Flussdiagramm zur Schutzgebietsbemessung {13} (die grüne Unterlegung beschreibt die Situation im Einzugsgebiet der Brunnen Mühlhausen)

Nach {13} ist unter dem Stichpunkt „Vorgehensweise bei der Bemessung anhand des Flussdiagramms“ als „erster Schritt die Untergliederung des Gesamteinzugsgebietes in Risikozonen mit hoher, mittlerer und geringer Schutzbedürftigkeit [vorgesehen]. Bereiche mit geringer Schutzbedürftigkeit scheiden bei der weiteren Betrachtung aus.

Nach den Ergebnissen der Hydrochemie (siehe Kapitel 4.2) ist das **Grundwasser weitgehend frei von oberflächlich zu sichernden Parametern**.

Die Isotopenuntersuchung des Grundwassers (siehe Kapitel 6) bildet ein Grundwasser mit einem Alter > 200 Jahre ohne Jungwasseranteil ab.

Entsprechend den Auswertungen in Kapitel 7.2 ist die **Schutzfunktion der Deckschichten je nach Ansatz gering bis sehr hoch** einzustufen.

Die vor diesem Hintergrund in Kapitel 7.3 vorgenommene Risikozoneneinstufung kommt zu dem Ergebnis, dass das **Risikopotential im Einzugsgebiet der Brunnen** als **gering bis mittel** einzustufen ist.

„Bei Grundwasservorkommen, für die ein hohes Alter (mind. mehrere Jahrzehnte) nachgewiesen ist, kann von geringer Schutzbedürftigkeit ausgegangen werden. Für diese Wasserfassungen ist lediglich ein minimales Wasserschutzgebiet aus ästhetischen Gründen erforderlich (Fernhalten von Einrichtungen bzw. Handlungen, die in räumlicher Nähe zur Trinkwassergewinnung Abscheu erregen)“.

Nach dem Beurteilungsschema in Abbildung 4 ist bei der Abgrenzung des Schutzgebietes ein gut ausgewogener Mittelweg zwischen dem in weiten Bereichen nur geringfügig notwendigen Schutzgebietsforderungen und einer Bemessung der Zone III nach den Vorgaben des W 101 {12} für Zone IIIA erforderlich.

9.1.1 Abgrenzung der Engeren Schutzzone (WSZ II)

Die Abgrenzung zur WSZ II, dient dazu, um zu gewährleisten, dass eventuell eingedrungene humanpathogene Keime bei Erreichen des Brunnens sicher abgestorben sind. Diese Bedingungen werden über die Betrachtung der Ausbildung der Grundwasserüberdeckung und über die Bestimmung der 50-Tage-Linie erfüllbar. Das Kriterium der 50-Tage-Linie gilt als empirisches Maß für eine ausreichende Wirkung von Reinigungsmechanismen in Porengrundwasserleitern. Das Zusammenspiel aller betrachteten Faktoren ermöglicht die Beurteilung in wie weit eine Übertragung auch auf Kluftgrundwasserleiter mit insgesamt geringeren Grenzflächenwirkungen möglich ist.

Nach {12} kann die engere Schutzzone bis auf 50 m reduziert werden, wenn von der 50-Tage-Linie bis zur Wassergewinnungsanlage als Grundwasserüberdeckung gering durchlässige Schichten (k_f -Wert $< 10^{-6}$ m/s) mit einer Mindestmächtigkeit von 5 m durchgehend verbreitet sind und auch bei hydrogeologischen Extremsituationen eine Sickerzeit von 50 Tagen nicht unterschritten wird.

Nach {13} muss „die Zone II [-] von der Fassungsanlage mindestens bis zu der Linie reichen, von der aus das genutzte Grundwasser eine Fließzeit von 50 Tagen benötigt. Dabei sollte im Zustrombereich eine Mindestreichweite von 100 m zur Fassung nicht unterschritten werden“.

„Der Bestimmung der 50-Tage-Linie ist in der Regel die wasserrechtlich genehmigte Fördermenge zugrunde zu legen. Dabei ist das aus der genehmigten Jahres- oder Monatsmenge zu errechnende Tagesmittel oder höchstens die maximal genehmigte Tagesentnahme zu verwenden“.

Aufgrund der im Gewinnungsgebiet Mühlhausen angetroffenen hydrogeologischen Verhältnisse erstreckt sich die 50-Tage-Linie unter dem Ansatz der maximal genehmigten Tagesentnahmen von 227 m³/Tag, 130 m³/Tag bzw. 162 m³/Tag auf eine Entfernung von 77 bis 100 m und ist damit nicht sehr weit von den Brunnen entfernt (siehe Kapitel 6).

Für alle Brunnen wurde auf der Basis der o.g. Berechnungen und auf Basis der Vorgaben nach {13} ein **Abstand für die engere Schutzzone II von 100 m** festgesetzt (siehe Anlage 7.4).

9.1.3 Abgrenzung der Weiteren Schutzzone (WSZ III)

Nach {13} sind für die Abgrenzung der Weiteren Schutzzone III „grundsätzlich die wasserrechtlich genehmigte Jahresentnahme und die langfristig mittleren hydrogeologischen Verhältnisse zugrunde zu legen“.

In Kapitel 6 wurde dies als Grundlage für die Berechnung des Entnahme beeinflussten Bereiches herangezogen.

Nach {13} fällt die „unterstromige und stromseitliche Begrenzung des WSG weitgehend mit der des Grundwassereinzugsgebietes zusammen (Randstromlinie), [dies ist] für die oberstromige Grenze nur dann erforderlich, wenn überall besonders sensible Untergrundverhältnisse erhöhte Vorsorge verlangen.

[-]

„Die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung muss flächenhaft betrachtet werden und wird nach der von HÖLTING ET AL. (1995) beschriebenen Methode beurteilt. [...] [Es zeigte sich], „dass bei mittlerer Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung [...] die Gefahr von Grundwasserverunreinigungen durch wassergefährdende Stoffe aus punktuellen Schadstoffquellen bereits sehr gering ist. Daher erscheint auch bei einheitlich mittlerer Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung noch keine Ausweisung großflächiger Wasserschutzgebiete erforderlich“.

Die Grenzen der Wasserschutzzonen IIIA und IIIB wurden unter Berücksichtigung der Schutzwirkung der Deckschichten und des oberirdischen Einzugsgebietes festgelegt (siehe Kapitel 6 sowie Anlage 1.5, 3.2 und 3.4).

Da das Grundwasservorkommen durch die Deckschichten südlich des abgegrenzten oberflächlichen Einzugsgebietes, sehr gut geschützt ist, werden die Anforderungen des Allgemeinen Grundwasserschutzes in diesen Bereichen für das unterirdische Einzugsgebiet für ausreichend erachtet.

Der direkte, Entnahme beeinflusste Bereich um die Brunnen dehnt sich in geologisch als einheitlich und homogen zu bewertenden Flächen aus. Hier steht der Untere Buntsandstein mit teilweiser Überdeckung durch quartäre Ablagerungen an.

Durch die **Schutzzone IIIA** soll im vorliegenden Fall die unmittelbare Umgebung der Wassergewinnungsanlagen bis zu dem Bereich geschützt werden, an dem eine Entnahme noch bemerkbar ist (Beginn des ungestörten Bereiches D) (siehe Anlage 7.3 und 7.4).

Die äußere Grenze der **Schutzzone IIIB** wird an die Begrenzung des oberflächlichen Einzugsgebietes gelegt, so dass in dieser Schutzzone als Auflage lediglich tiefe Bohrungen, die den Unteren Buntsandstein durchteufen, verboten werden. Weitere Auflagen sind hier vor dem Hintergrund der Deckschichtensituation und den Hydrochemischen Ergebnissen nicht erforderlich, um das Ziel des langfristigen Qualitätserhalts des Grundwassers zu gewährleisten.

In Anlage 7.4 ist der auf der oben erläuterten Grundlage beruhende Schutzgebietsvorschlag dargestellt.

Dabei wurden die bestehenden Wasserschutzzone II verkleinert. Die neue Abgrenzung der Wasserschutzzone IIIA fällt bei den Brunnen A1 und A3 an der westlichen und nördlichen Begrenzung mit den bestehenden Grenzen der Wasserschutzzone III zusammen. An Brunnen A2 wird die bestehende nördliche Begrenzung bis an den Grabenverlauf zurückgenommen. Insgesamt beinhaltet der Vorschlag eine gemeinsame Wasserschutzzone IIIA und eine gemeinsame Wasserschutzzone IIIB.

Bei der endgültigen Grenzziehung der einzelnen Schutzzonen muss sich im Rahmen des noch zu erstellenden Antrages auf Festsetzung eines Wasserschutzbereiches an Flurstücksgrenzen sowie an topographischen Gegebenheiten wie Verläufen von Feld- und Waldwegen und Bächen orientiert werden.

9.2 Beurteilung der Wirksamkeit des abgegrenzten Wasserschutzbereiches

Das auf diese Weise abgegrenzte Wasserschutzbereich gewährleistet in Hinblick auf die bekannten Nutzungen einen guten Schutz des Grundwassers. Auf den Einschluss des unterirdischen Einzugsgebietes, das über das oberirdische Einzugsgebiet hinausreicht, in die Wasserschutzzone IIIB konnte aufgrund der dort ausgebildeten sehr guten Schutzwirkung der Deckschichten verzichtet werden.

Auf der Basis des Umweltatlases von Bayern [2] werden Schutzgebiete des Naturschutzes durch das abgegrenzte Wasserschutzbereich nicht berührt (siehe Anlage 1.3).

Aufgrund der Schutzwirkung der Deckschichten, des hohen Grundwasseralters und der Analyseergebnisse, die ein Grundwasser abbilden, das nahezu frei von anthropogenen Zugsickerungen ist, ist mit einer Schutzgebietsverordnung das Ziel zu verfolgen, die Schutzwirkung der Deckschichten durch eine Begrenzung der Bohrtiefen zu erhalten und den Erhalt der jetzigen Nutzung zu gewährleisten.

9.3 Wasserschutzbereichsgröße

Das Wasserschutzbereich besteht aus drei Fassungsbereichen, zwei engeren Schutzzonen II, einer weiteren Schutzzone IIIA und einer weiteren Schutzzone IIIB (Anlage 7.4).

Die engeren Schutzzonen umfassen für die Brunnen A1 und A3 eine Fläche von ca. 0,1 km², für Brunnen A2 eine Fläche von 0,05 km². Sie beinhalten die an den Fassungsbereich angrenzenden land- und forstwirtschaftlich genutzten Flurstücke. Bereichsweise liegen auch Forstwege innerhalb der Wasserschutzzone II. Ein Mindestabstand von 100 m um den jeweiligen Brunnen wird stets eingehalten.

Die **weitere Schutzzone III A** besitzt eine Größe von ca. 1 km², die weitere Schutzzone III B weist eine Fläche von 3,5 km² auf.

Das **gesamte Wasserschutzbereich** besitzt eine Fläche von ca. 4,5 km².

10 Lage des Vorhabens

Das Gewinnungsgebiet Mühlhausen liegt im Landkreis Erlangen-Höchstädt ca. 4,5 km nördlich von Höchstädt a. d. Aisch, ca. 15 km südsüdwestlich von Bamberg und ca. 19 km ostnordöstlich von Forchheim. Das Brunnenfeld liegt nördlich der Bundesautobahn BAB A3 Nürnberg-Würzburg, unweit der Ausfahrt „Höchstädt-Nord“.

Das beantragte Wasserschutzbereich liegt südsüdöstlich von Mühlhausen auf der südlichen Seite der Reichen Ebrach.

Die genaue Lage der Brunnen kann Anlage 1.1 und 1.4 entnommen und ist über Hoch- und Rechtswerte, die Flurnummer und die Gemarkung in Tabelle 11 beschrieben.

Brunnen	Flurstück-Nr.:	Gemarkung	Objekt-kennzahl 6230BG-	Rechtswert	Hochwert	Messpunkt	MPH [m ü. NN]
Br. A1	185	Schirnsdorf	-000023	44 12 647	55 13 142	OK Br.kopf	269,70
Br. A2	197	Schirnsdorf	-000024	44 12 418	55 12 971	OK Br.kopf	269,20
Br. A3	174/1	Schirnsdorf	-000025	44 13 151	55 13 587	OK Br.kopf	270,70

Tabelle 11: Lage der Brunnen A1, A2 und A3

11 Art und Umfang des Vorhabens

Unter Berücksichtigung der hydrologischen Verhältnisse und der gegebenen Nutzungen des Gebietes wird das Wasserschutzgebiet der Brunnen A1, A2 und A3 mit einer entsprechend angepassten Verordnung vorgeschlagen und beantragt.

12 Wasserschutzgebietsverordnung

Die beantragte Wasserschutzgebietsverordnung wird im Rahmen des wasserrechtlichen Antrages auf Festsetzung eines Wasserschutzgebietes auf Basis der aktuellen Musterverordnung für Wasserschutzgebiete der Bayerischen Staatsministerum für Landesentwicklung und Umweltfragen {10} unter Berücksichtigung des DVGW Regelwerkes Arbeitsblatt W 101 Teil 1 {11} erstellt und auf die örtlichen Gegebenheiten angepasst. Aufgrund der örtlichen und hydrogeologischen Verhältnisse wird keine Verschärfung der Musterverordnung notwendig. Wichtig ist bereits jetzt festzuhalten, dass in der Wasserschutzzone IIIB als alleinige Auflage ein Bohrverbot beinhaltet sein wird, damit die Unversehrtheit des Grundwasserleiters, der durch die Brunnen des Marktes Mühlhausen genutzt wird, gewährleistet ist.

13 Höhenlage und Lagekoordinaten

Die Höhen und die Lagekoordinaten der Brunnen sind in Tabelle 12 zusammengefasst.

Brunnen	Rechtswert	Hochwert	Messpunkt	MPH [m ü. NN]
Br. A1	44 12 647	55 13 142	OK Brunnenkopf	269,70
Br. A2	44 12 418	55 12 971	OK Brunnenkopf	269,20
Br. A3	44 13 151	55 13 587	OK Brunnenkopf	270,70

Tabelle 12: Gauß-Krüger-Koordinaten und Messpunkthöhen

14 Auswirkungen des Vorhabens

Durch die Festsetzung des Wasserschutzgebietes mit zugehöriger Verordnung sind keine negativen Auswirkungen auf das Grundwasserverkommen und andere Schutzgüter zu erwarten. Das Wasserschutzgebiet soll vielmehr das Trinkwasservorkommen im Einzugsgebiet der Brunnen A1, A2 und A3 vor Verunreinigungen und sonstigen Gefährdungen schützen.

Die ordnungsgemäße land- und forstwirtschaftliche Nutzung ist, unter Berücksichtigung der Wasserschutzgebietsverordnung, möglich.

15 Rechtsverhältnisse und Vorschlag zum weiteren Vorgehen

Der Brunnen A1 liegt auf dem Flurstück 185, der Brunnen A2 auf dem Flurstück mit der Flurnummer 197 und der Brunnen A3 auf dem Flurstück 174/1. Alle Flurstücke befinden sich in der Gemarkung Schirnsdorf. Die Flurstücke befinden sich im Besitz des Marktes Mühlhausen.

Nach Diskussion des vorliegenden Gutachtens mit den Fachbehörden, sollte ein wasserrechtlicher Antrag zur Festsetzung des Wasserschutzgebietes mit der zugehörigen Verordnung sowie einem flurgenauen Plan und einer Liste der beinhalteten Grundstücke erstellt werden.

Das Wasserschutzgebiet ist so abzugrenzen, dass es auf den geologischen und hydrogeologischen Erkenntnissen und den örtlichen Gegebenheiten beruht und in der Wasserschutzgebietsverordnung nur Anforderungen aufgenommen werden, die notwendig sind, um das Ziel „Grundwasserschutz“ zu erreichen.

Neunkirchen a. Br., den

Dr. Werner Reiländer



© Daten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Bayerisches Landesamt für Umwelt Kartengrundlage: <http://geoportal.bayern.de/bayernatlas> Stand: 23.07.2016



Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
 Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.Reilander.com



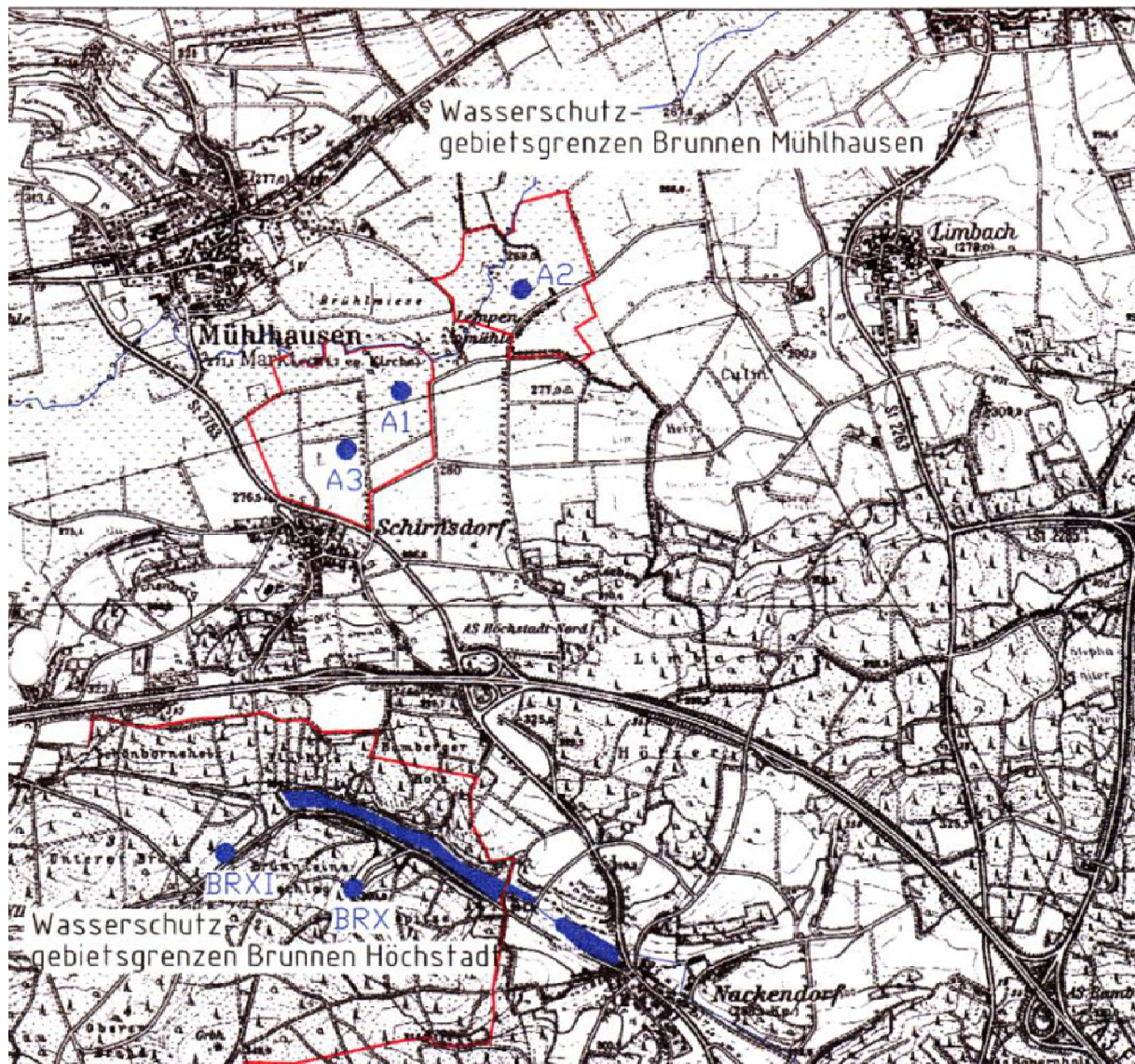
Markt Mühlhausen

Übersichtsplan mit Wasserschutzgebiet Br. A1, A2 und A3

Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Müh hausen

Anlage 1.1

Maßstab : -/-
 Gezeichnet : WR
 Geprüft : AI
 Datum : Mai 2019



Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
 Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.Reilaender.com

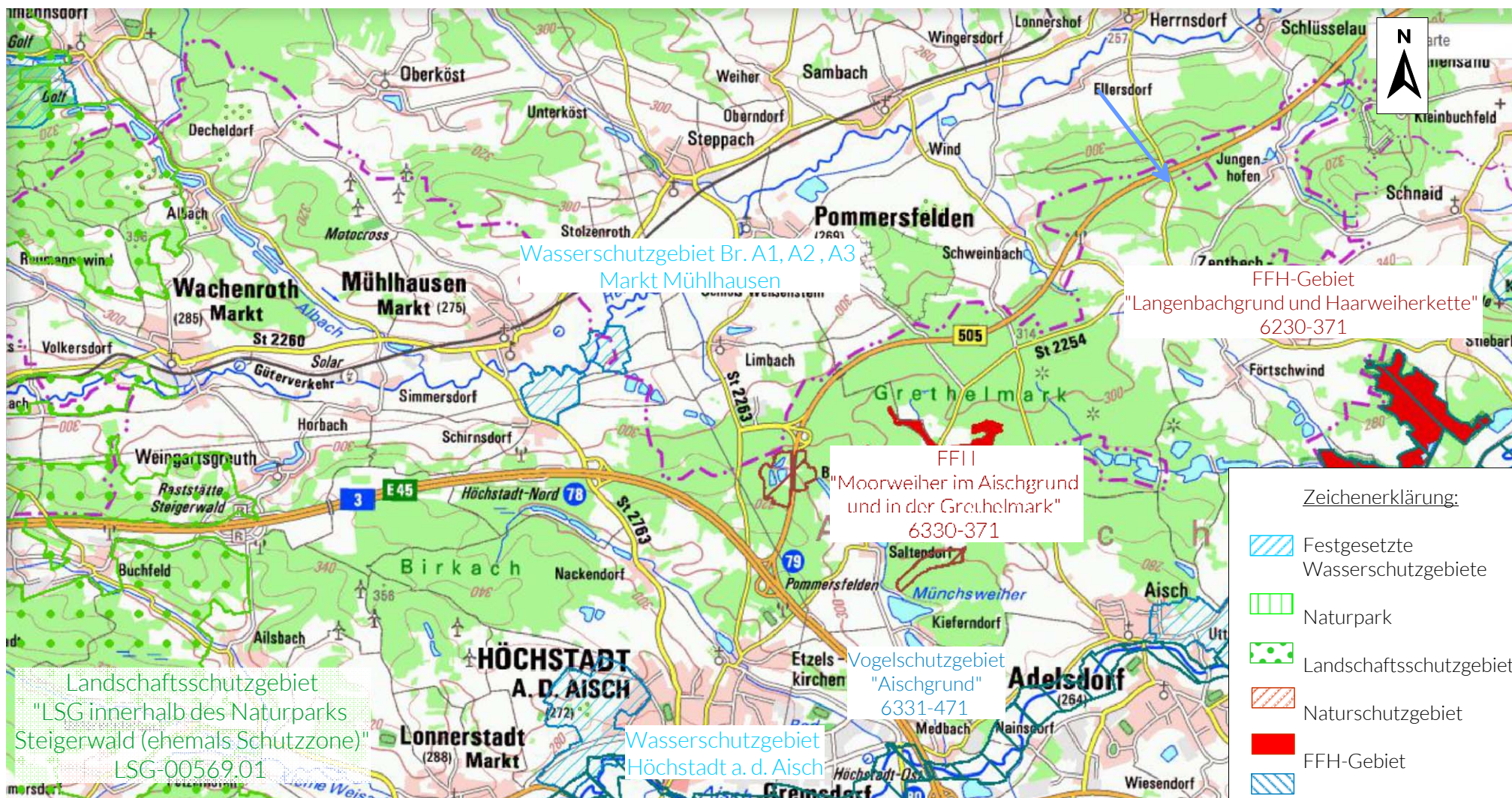


Markt Mülhausen

Festgesetzte Wasserschutzbereiche
Mülhausen und Höchststadt a.d. Aisch
 Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Mülhausen

Anlage 1.2

Maßstab : -/-
 Gezeichnet : WIR
 Geprüft : AI
 Datum : Mai 2019



Kartengrundlage: Bayerisches Landesamt für Umwelt: GeoFachdatenAtlas; Stand: 23.07.2016



Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.Reilander.com



Markt Mülhausen

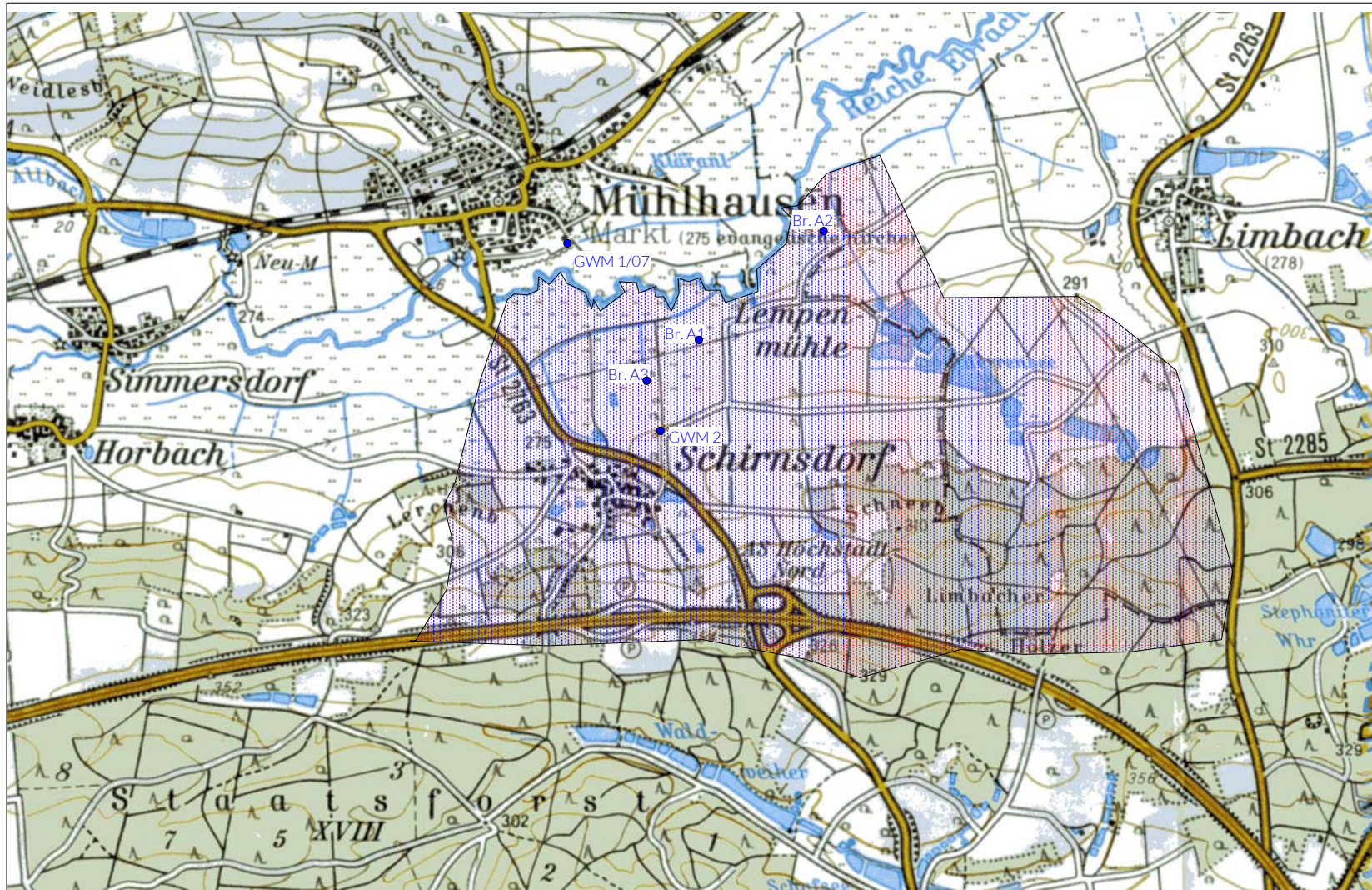
Wasserabhängige Natura 2000-Gebiete
im Umfeld der Brunnen Mülhausen
Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Mülhausen

Anlage 1.3

Maßstab : -/-
Gezeichnet : WR
Geprüft : AI
Datum : Mai 2018



Kartengrundlage: Bayerisches Landesamt für Umwelt: GeoFachdatenAtlas; Stand: 23.07.2016



© Daten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Bayerisches Landesamt für Umwelt Kartengrundlage: <http://geoportal.bayern.de/bayernatlas> Stand: 23.07.2016



Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
 Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.Reilaender.com

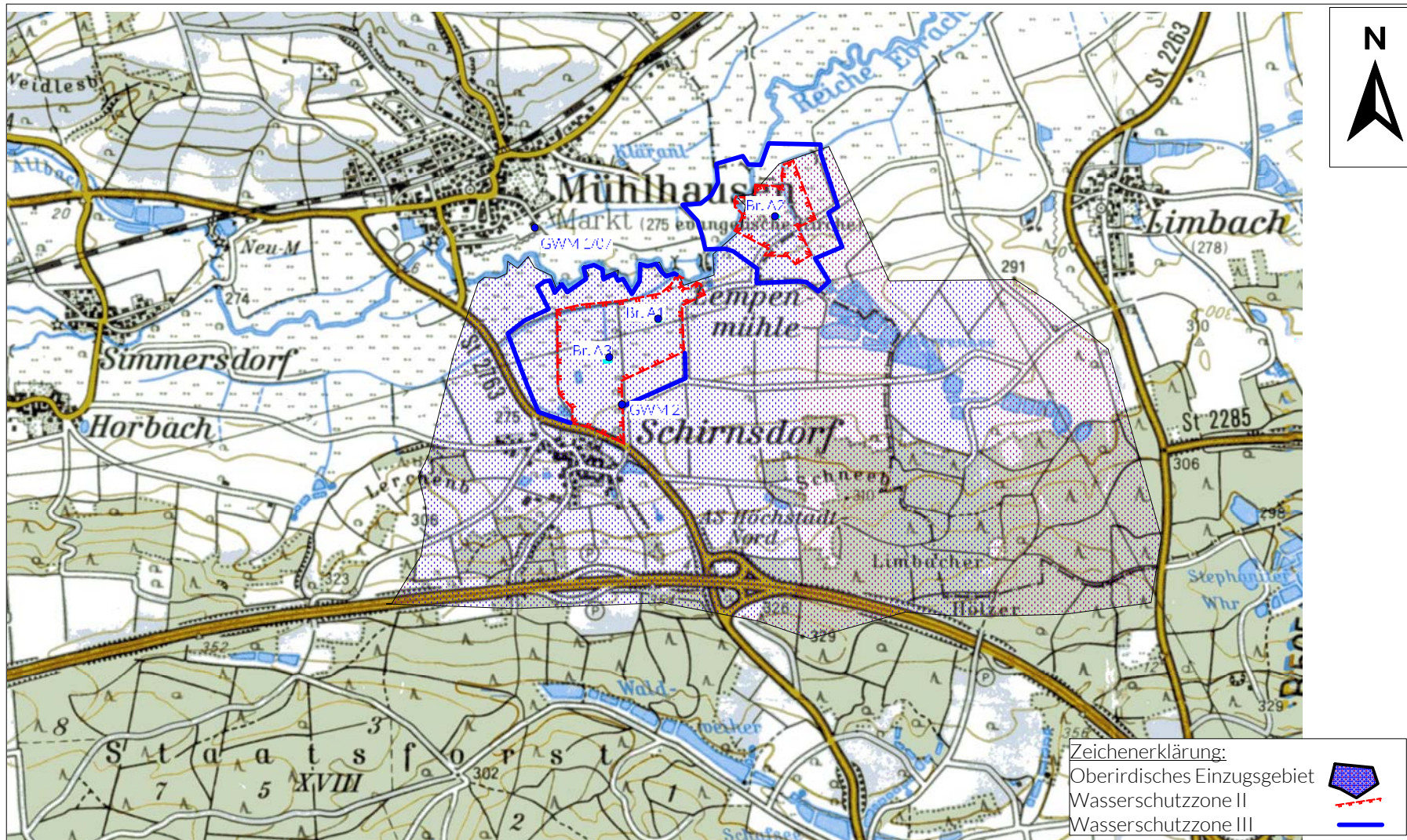


Markt Mühlhausen

Abgrenzung des oberirdischen Einzugsgebietes der Brunnen Mühlhausen
 Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Mühlhausen

Anlage 1.5

Maßstab : -/-
 Gezeichnet : WIK
 Geprüft : AI
 Datum : Mai 2019



© Daten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Bayerisches Landesamt für Umwelt Kartengrundlage: <http://geoportal.bayern.de/bayernatlas> Stand: 23.07.2016



Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
 Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.Reilander.com



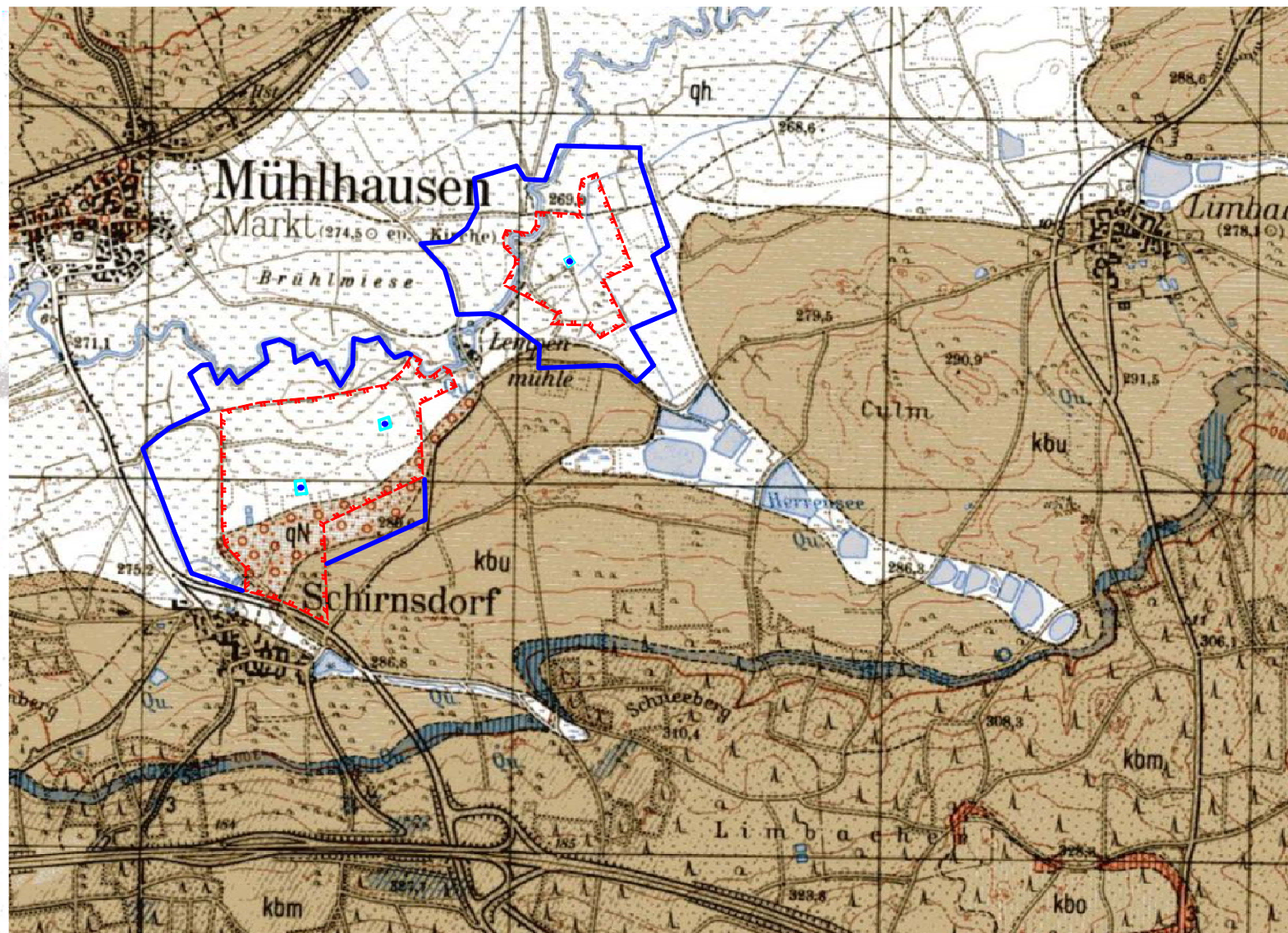
Markt Mülhausen

Oberirdisches Einzugsgebiet und
 WSG der Brunnen Mülhausen
 Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Mülhausen

Anlage 1.6

Maßstab : -/-
 Gezeichnet : WIK
 Geprüft : AI
 Datum : Mai 2019

Quartär	Holozän	Talfüllung vorwiegend Sand	qh
		Flugsand, Düne	q _{s,a}
	Pleistozän	Löß, Lößlehm, Hanglehm	l
		Niederterrasse (Hauptterrasse) Grob- und Mittelsand, zu unterst geröllführend	qn
		Oberterrasse und höhere Terrassen vorwiegend Mittelsand, schwach geröllführend	qo
Tertiär		Restschutt	
		Oberer Burgsandstein weißlich, mittelkörnig, mit 2 Zwischenletten und mit Basisletten (4-Mächtigkeit in m, III beobachtet) ▼ Chalcodon	kbo
		Mittlerer Burgsandstein oder Dolomiti- sche Arkose grauweiß, graugrün oder rötlich, fein- bis mittelkörnig, wechselnd stark tonig, bzw. feldspathisch bzw. dolomitisch, Dolomitgehalt nach Westen zunehmend, Dolomitknauern, örtlich knollige Dolomitbanke (x), oft dünnbankig, mit Zwischenletten, zu unterst Basisletten (2-Mächtigkeit in m, IIII beobachtet)	kbn
		Unterer Burgsandstein Im Osten Nürnberger (N) Fazies: weißgrauer, vorwiegend feinkörniger, mürber, schlecht gebankter Sandstein, zu unterst Grenzkarbonatletten, sonst Letten stark zurück- tretend. Nach Westen zunehmende Heldburger(H) Fazies mit grüngeräuben und grünen Letten, ge- schlossene Sandsteinfolgen erst in der oberen Mitte oder im obersten Drittel ▼ Chalcodon	kbu
		Coburger Sandstein weißlich auch rötlich, fein- bis grobkörnig, oft quarzitisches, Letten zurücktretend	kc
		Blasensandstein vorwiegend rötlich, fein- bis grobkörnig, z. T. geröllführend, manganhaltig, meist stark tonig und mit zahlreichen Lettenbut- zen, Lettenlagen, zu oberst Grenzletten (2-Mächtigkeit in m)	kbl



Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
 Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.Reilander.com

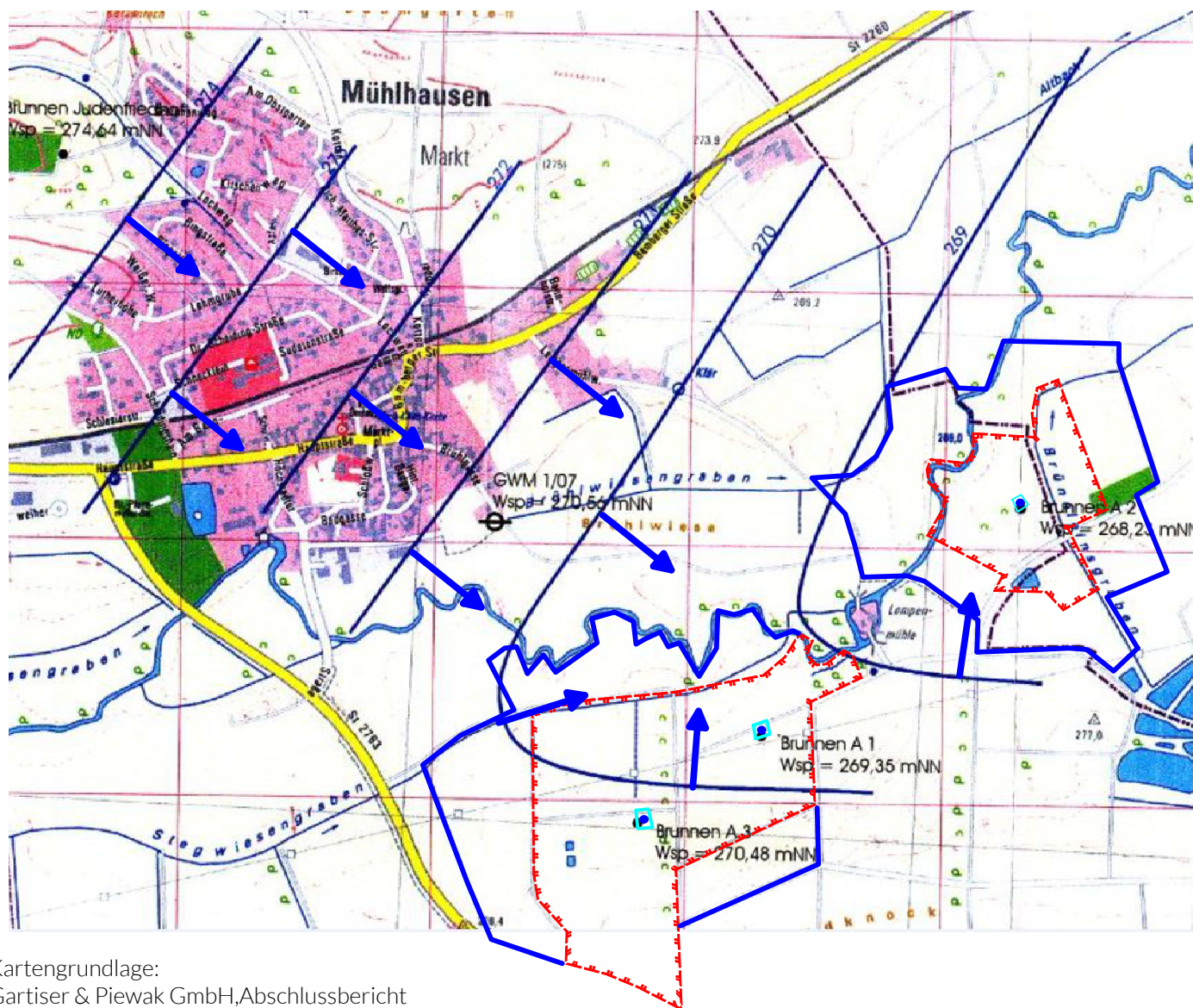


Markt Mühlhausen

Ausschnitt aus der
 geologischen Karte aus {1}
 Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Müh. hausen

Anlage 2.1

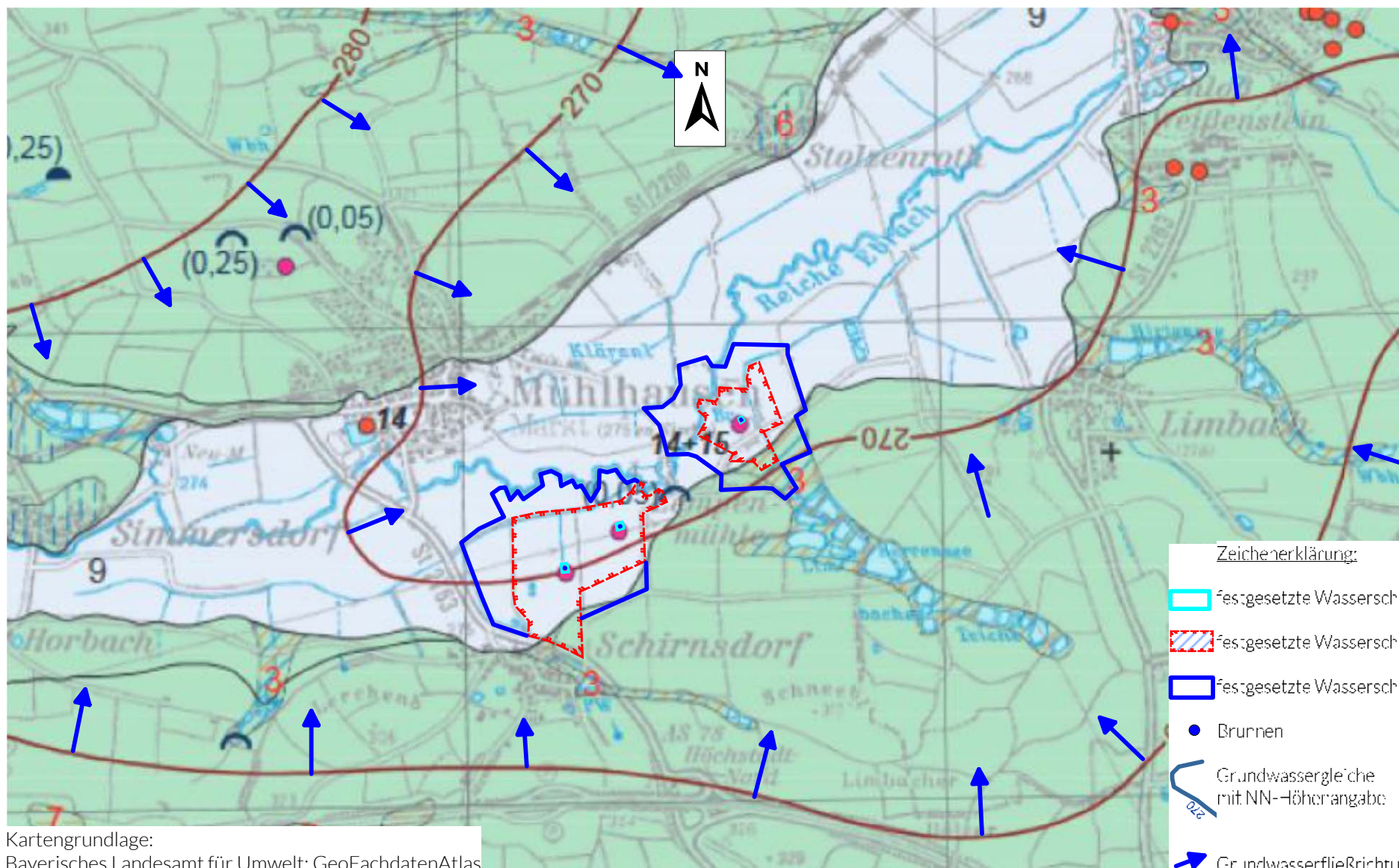
Maßstab : -/-
 Gezeichnet : WIK
 Geprüft : AI
 Datum : Mai 2019



Zeichenerklärung:

- festgesetzte Wasserschutzzone I
- festgesetzte Wasserschutzzone II
- festgesetzte Wasserschutzzone III
- Brunnen
- ~ Grundwassergleiche mit NN-Höhenangabe
- ➔ Grundwasserfließrichtung

Kartengrundlage:
Gärtner & Piewak GmbH, Abschlussbericht
zur Errichtung einer Grundwassermessstelle
(modifiziert)



Kartengrundlage:
Bayerisches Landesamt für Umwelt: GeoFachdatenAtlas



Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.Reilander.com

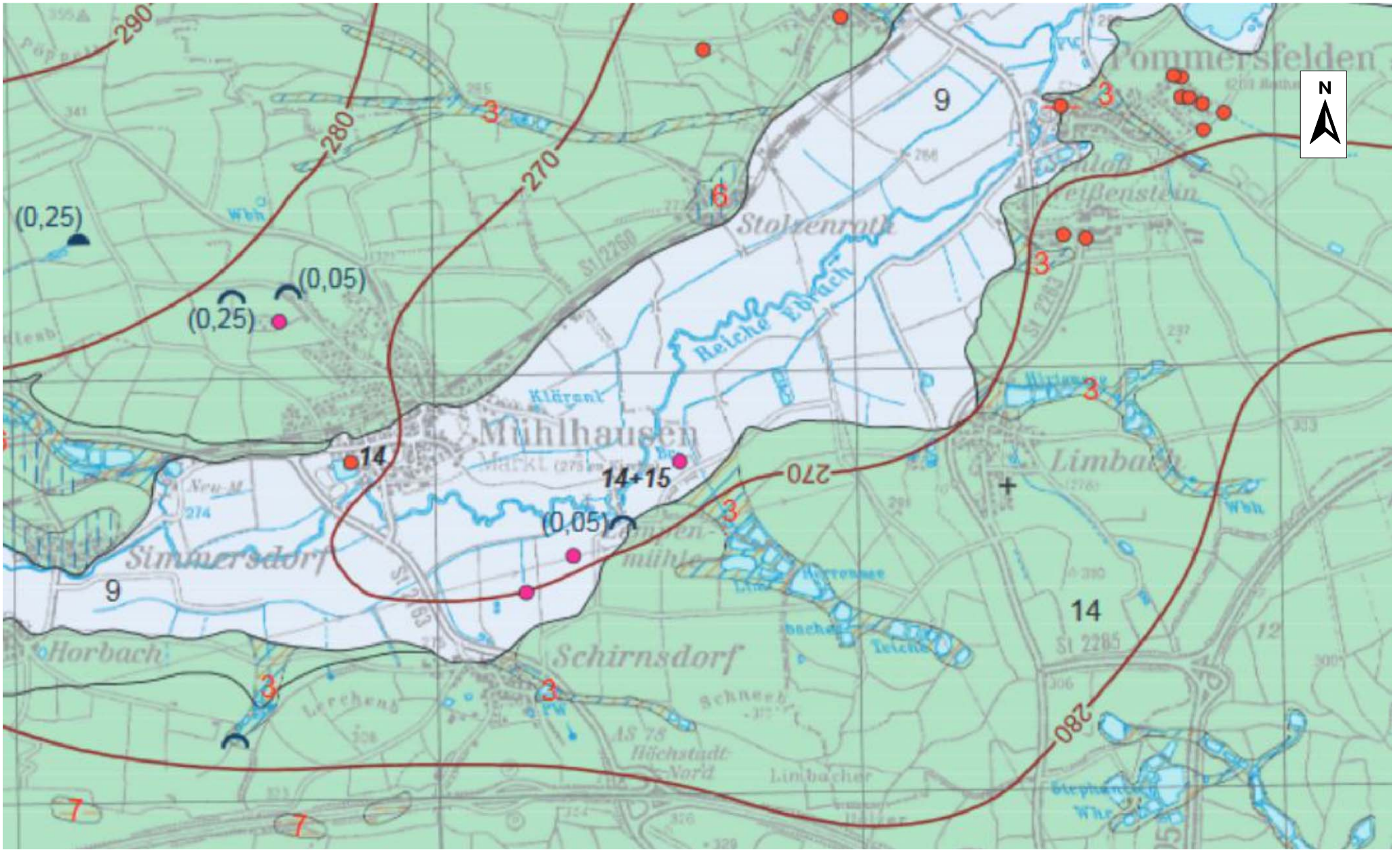


Markt Mühlhausen

Grundwassergleichenplan aus {2}
LfU Blatt 1
Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Mühlhausen

Anlage 2.3

Maßstab : -/-
Gezeichnet : WIR
Geprüft : AI
Datum : Mai 2019



Hydrogeologische Einheiten

QUARTÄR	Pleistozän bis Holozän	westliche Nebentäler des Regnitztals	Flusssande und -schotter meist mit höherem Feinkornanteil (bis 5 m; lokal auch darüber)	Porengrundwasserleiter mit variabler Durchlässigkeit und Ergiebigkeit	9
		Regnitztal	Flussschotter und -sande vereinzelt mit feinkörnigen Zwischenlagen (bis 12 m)	Porengrundwasserleiter mit mittlerer bis hoher Durchlässigkeit und Ergiebigkeit; Grundwasservorkommen mit lokaler Bedeutung	10
JURA	Lias	Turner-Rariocostalen-Schichten bis Amalteenton	Ton- und Mergelstein mit Kalibänken, z. T. bituminös (bis 75 m)	Kluftgrundwasserleiter mit geringer bis mäßiger Trennfugendurchlässigkeit und geringer Ergiebigkeit; auf wenige Kalibänke beschränkte Grundwasservorkommen	11
		Rhät bis Anietensandstein	fein- bis grobkörniger, z. T. eisenhaltiger Kalksandstein, Sand-Tonstein-Wechselfolge (45 bis 60 m)	Kluft-(Poren)-Grundwasserleiter mit wechselnder, meist geringer bis mäßiger Trennfugendurchlässigkeit; Grundwasservorkommen mit lokaler Bedeutung	12
TRIAS	Keuper	Feuerletten	überwiegend schwach dolomitische Mergelton- bzw. Tonmergelsteine, lokal mit Karbonatbänken und sandigen Zwischenlagen (ca. 40 m)	Grundwassergeringleiter; Sohlenschicht des Rhätolias-Grundwasserstockwerks	13
		Burgsandstein	Wechselfolge von Sand- und Tonsteinen mit karbonatischen (überwiegend dolomitischen) Einschaltungen und Gemengteilen; an der Untergrenze Basissetten (ca. 90 m)	regional bedeutender Kluft-(Poren)-Grundwasserleiter mit stark variierender, meist geringer bis mäßiger Trennfugendurchlässigkeit; in Auflockerungszonen gute ansonsten geringe bis mäßige Ergiebigkeit	14
		Blasensandstein l.w.S.	tonige z. T. karbonatisch gebundene Sandsteine im Wechsel mit mergeligen Tonsteinen (ca. 40 m)	Kluft-(Poren)-Grundwasserleiter mit stark variierender Trennfugendurchlässigkeit und Ergiebigkeit	15

Deckschichten

	Einheit	Gesteinsausbildung (Mächtigkeit in m)	Hydrogeologische Eigenschaften	Nr.
QUARTÄR	künstliche Ablagerungen (Aufschüttungen, Aufschüttungen)	verschiedene Lockergesteine unterschiedlicher Verfestigung, lokal versiegelt	Deckschicht aus anthropogenem Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit	1
	Anmoor, Moor	Anmoor-Moor, Torf, durchsetzt mit Holz, Sand, Lehm	Deckschicht aus organischem Lockergestein mit hohem Wasserspeichervermögen, jedoch geringer Durchlässigkeit	2
	Talfüllung der Nebentäler ohne nennenswerte Grundwasserführung	schluffiger Sand und Kies mit Torflagen (< 5 m)	Deckschicht aus Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit	3
	Schuttmassen (z.B. Hangschutt, Blockschutt, Solifluktionsschutt/Wanderschutt, Fließerden)	lehmig-sandiger Gesteinsschutt	Deckschicht aus Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit	4
	Flugsand mit Dünenbildung	Fein- bis Mittelsand, lokal Ortssteinbildung	Deckschicht aus Lockergestein mit geringer bis mäßiger Porendurchlässigkeit	5
	Terrassenschotter ohne nennenswerte Grundwasserführung	Kies und Sand	Deckschicht aus Lockergestein mit mittlerer bis sehr hoher Porendurchlässigkeit	6
	bindige Lockergesteine (z. B. Lößlehm, Hanglehm, sandiger Lehm, Kolluvium, Solifluktionsschutt)	Lehm, sandig mit Grobkomponenten in geringen Anteilen	Deckschicht aus Lockergestein mit äußerst geringer bis sehr geringer Porendurchlässigkeit	7
	Hangsand	Sand, kiesig, lehmig	Deckschicht aus Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit	8

Grundwasseraufschlüsse

•	Brunnen
•	Brunnen (Öffentliche Wasserversorgung), in Betrieb
•	Brunnen artesisch (Öffentliche Wasserversorgung), aufgelassen
•	Brunnen (Öffentliche Wasserversorgung), aufgelassen
+	Aufschlubsbohrung
•	Grundwassermessstelle
•	Grundwassererkundungsbohrung
•	Quelle (auch nur zeitweilig schüttend)
•	Quelle perennierend
•	Quelle für Wasserversorgung gefasst z. T. mit Angabe der Schüttung [l/s]
0,5 0,3 - 1,0 (0,2)	mittlere Schüttung Schwankungsbreite Einzelmessung
•	Abflussmessstelle
•	Klimastation
17	Erschlossener Grundwasserleiter, sofern nicht dargestellte Hydrogeologische Einheit (Nummerierung gemäß linksstehender Tabelle)
---	Störung, nachgewiesen
---	Störung, vermutet
A—A'	Profilinie

Hydrogeologische Einheiten und Deckschichten

5	Deckschicht
10	oberste Hydrogeologische Einheit

Grundwasserhöhengleichen (Isohypsenabstand) der Grundwasserstockwerke [Piezometerhöhen in m ü. NN]

---	Quartär
--- 490 ---	Quartär (0,5 m)
--- 490 ---	Quartär (< 0,5 m)
---	Sandsteinekeuper ungetriggert

Hydrogeologische Klassifikation

Poren-Grundwasserleiter

■	Poren-Grundwasserleiter mit sehr hoher bis hoher Ergiebigkeit (Poren-Grundwasserleiter mit sehr hoher bis hoher Porendurchlässigkeit und großer Mächtigkeit)
■	Poren-Grundwasserleiter mit mittlerer bis mäßiger Ergiebigkeit (Poren-Grundwasserleiter mit mittlerer bis mäßiger Porendurchlässigkeit und großer Mächtigkeit bzw. Poren-Grundwasserleiter mit sehr hoher bis hoher Porendurchlässigkeit und geringer Mächtigkeit)
■	Poren-Grundwasserleiter mit geringer bis sehr geringer Ergiebigkeit (Poren-Grundwasserleiter mit mittlerer bis mäßiger Porendurchlässigkeit und geringer Mächtigkeit bzw. Poren-Grundwasserleiter mit geringer bis sehr geringer Porendurchlässigkeit und großer Mächtigkeit)

Kluft-(Poren)-Grundwasserleiter

■	Kluft-Poren-Grundwasserleiter mit mittlerer bis mäßiger Trennfugendurchlässigkeit und Ergiebigkeit
■	Kluft-Grundwasserleiter mit geringer Trennfugendurchlässigkeit und Ergiebigkeit

Grundwassergeringleiter

■	Grundwassergeringleiter ohne nennenswerte Poren- bzw. Trennfugendurchlässigkeit
---	---

Deckschichten

■	Deckschicht aus Lockergestein mit äußerst geringer bis sehr geringer Porendurchlässigkeit
■	Deckschicht aus Lockergestein mit äußerst geringer bis sehr geringer Porendurchlässigkeit und geringmächtig und/oder lückenhaft
■	Deckschicht aus Lockergestein mit geringer bis mäßiger Porendurchlässigkeit und geringmächtig und/oder lückenhaft
■	Deckschicht aus Lockergestein mit mittlerer bis sehr hoher Porendurchlässigkeit
■	Deckschicht aus Lockergestein mit mittlerer bis sehr hoher Porendurchlässigkeit und geringmächtig und/oder lückenhaft
■	Deckschicht aus Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit
■	Deckschicht aus Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit und geringmächtig und/oder lückenhaft
■	Deckschicht aus Lockergestein mit hohem Wasserspeichervermögen, jedoch geringer Durchlässigkeit (Moore)



Markt Mülhausen

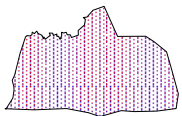
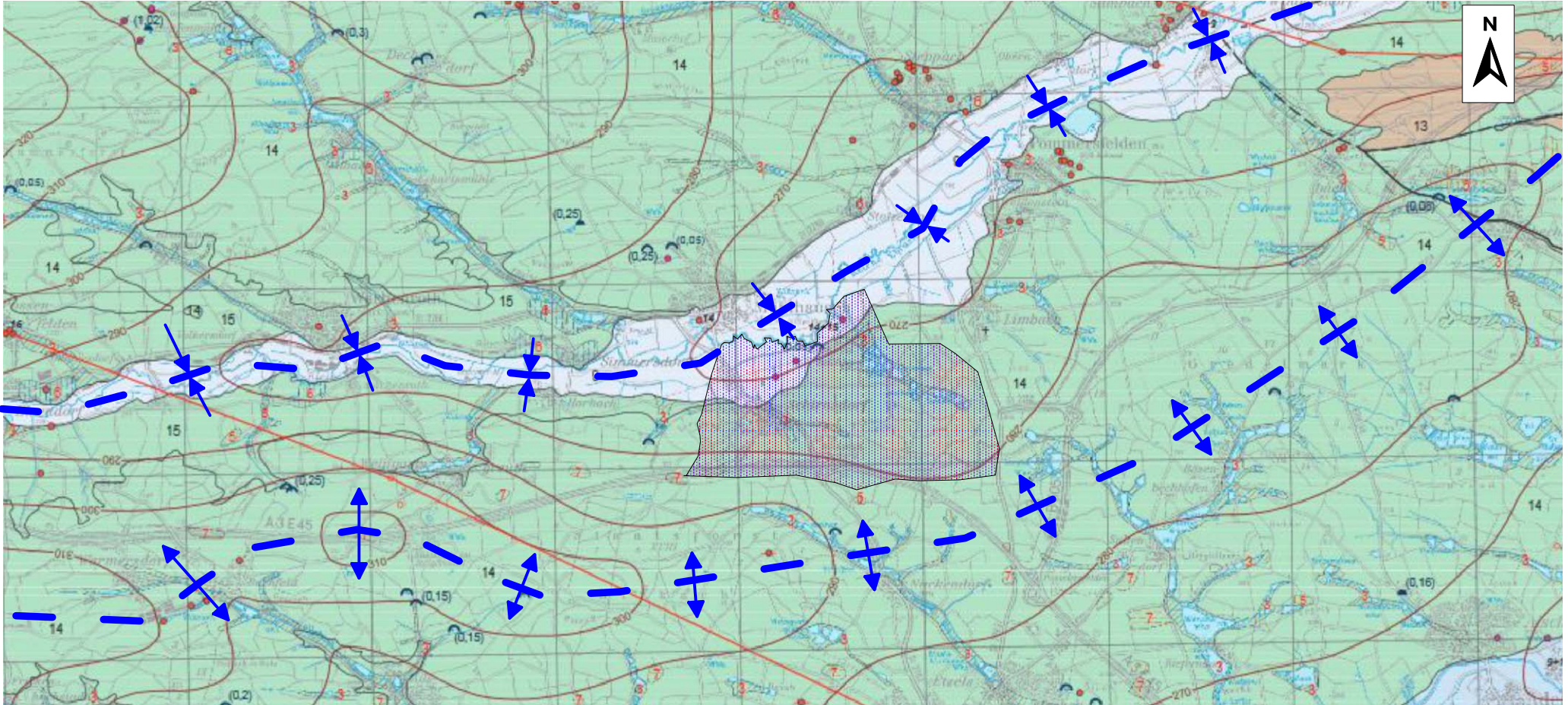
Hydrogeologische Karte- Grundlagen
Ausschnitt L6330 Höchststadt a.d. Aisch, Blatt 1
Gutachter zum weiteren Vorgehen WSG Mülhausen



Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.reilander.com

Anlage 3.1.1

Maßstab :	-/-
Gezeichnet :	WR
Gedruckt :	AI
Datum :	Mai 2018



Oberirdisches Einzugsgebiet (s. Anlage 1.6)



Unterirdische Wasserscheide mit Grundwasserfließrichtung

Hydrogeologische Einheiten					Deckschichten				Grundwasseraufschlüsse		
QUARTÄR	Pleistozän bis Holozän	westliche Nebentäler des Regnitztals	Flusssande und -schotter meist mit höherem Feinkornanteil (bis 5 m; lokal auch darüber)	Porengrundwasserleiter mit variabler Durchlässigkeit und Ergiebigkeit	9	Einheit	Gesteinsausbildung (Mächtigkeit in m)	Hydrogeologische Eigenschaften	Nr.		
		Regnitztal	Flussschotter und -sande vereinzelt mit feinkörnigen Zwischenlagen (bis 12 m)	Porengrundwasserleiter mit mittlerer bis hoher Durchlässigkeit und Ergiebigkeit; Grundwasservorkommen mit lokaler Bedeutung	10	künstliche Ablagerungen (Aufüllungen, Aufschüttungen)	verschiedene Lockergesteine unterschiedlicher Verfestigung, lokal versiegelt	Deckschicht aus anthropogenem Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit	1	• Brunnen	Brunnen (Öffentliche Wasserversorgung), in Betrieb
JURA	Lias	Turner-Rancostaten-Schichten bis Amalteenton	Ton- und Mergelstein mit Kalkbänken, z. T. bituminös (bis 75 m)	Kluftgrundwasserleiter mit geringer bis mäßiger Trennfugendurchlässigkeit und geringer Ergiebigkeit; auf wenige Kalkbänke beschränkte Grundwasservorkommen	11	Anmoor, Moor	Anmoor-Moor, Torf, durchsetzt mit Holz, Sand, Lehm	Deckschicht aus organischem Lockergestein mit hohem Wasserspeichervermögen, jedoch geringer Durchlässigkeit	2	+ Aufschlussbohrung	
TRIAS	Keuper	Rhät bis Anietensandstein	fein- bis grobkörniger, z. T. eisenhaltiger Kalksandstein, Sand-Tonstein-Wechselfolge (45 bis 60 m)	Kluft-(Poren)-Grundwasserleiter mit wechselnder, meist geringer bis mäßiger Trennfugendurchlässigkeit; Grundwasservorkommen mit lokaler Bedeutung	12	Talfüllung der Nebentäler ohne nennenswerte Grundwasserführung	schluffiger Sand und Kies mit Torflagen (< 5 m)	Deckschicht aus Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit	3	• Grundwassermessstelle	Grundwassererkundungsbohrung
		Feuerletten	überwiegend schwach dolomitische Mergelton- bzw. Tonmergelsteine, lokal mit Karbonatbänken und sandigen Zwischenlagen (ca. 40 m)	Grundwassergeringerleiter, Sohlsschicht des Rhätolias-Grundwasserstockwerks	13	Schuttmassen (z. B. Hangschutt, Blockschutt, Solifluktionsschutt/ Wanderschutt, Fließerden)	lehmig-sandiger Gesteinsschutt	Deckschicht aus Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit	4	• Quelle (auch nur zeitweilig schüttend)	Quelle perennierend
		Burgsandstein	Wechselfolge von Sand- und Tonsteinen mit karbonatischen (überwiegend dolomitischen) Einschaltungen und Gemengteilen; an der Untergrenze Basisletten (ca. 90 m)	regional bedeutender Kluft-(Poren)-Grundwasserleiter mit stark variierender, meist geringer bis mäßiger Trennfugendurchlässigkeit; in Auflockerungszonen gute ansonsten geringe bis mäßige Ergiebigkeit	14	Flugsand mit Dünenbildung	Fein- bis Mittelsand, lokal Ortssteinbildung	Deckschicht aus Lockergestein mit geringer bis mäßiger Porendurchlässigkeit	5	• Quelle für Wasserversorgung gefasst z. T. mit Angabe der Schüttung [l/s]; mittlere Schüttung Schwankungsbreite Einzelmessung	0.5 0.3 - 1.0 (0.2)
		Blasensandstein l.w.S.	tonige z. T. karbonatisch gebundene Sandsteine im Wechsel mit mergeligen Tonsteinen (ca. 40 m)	Kluft-(Poren)-Grundwasserleiter mit stark variierender Trennfugendurchlässigkeit und Ergiebigkeit	15	Terrassenschotter ohne nennenswerte Grundwasserführung	Kies und Sand	Deckschicht aus Lockergestein mit mittlerer bis sehr hoher Porendurchlässigkeit	6	• Abflussmessstelle	Klimastation
							bindige Lockergesteine (z. B. Lößlehm, Hanglehm, sandiger Lehm, Kolluvium, Soliflukationslehm)	Lehm, sandig mit Grobkomponenten in geringen Anteilen	Deckschicht aus Lockergestein mit äußerst geringer bis sehr geringer Porendurchlässigkeit	7	17 Erschlossener Grundwasserleiter, sofern nicht dargestellte Hydrogeologische Einheit (Nummerierung gemäß linksstehender Tabelle)
					Hangsand	Sand, kiesig, lehmig	Deckschicht aus Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit	8	— Störung, nachgewiesen	- - - Störung, vermutet	A — A' Profilinie
Hydrogeologische Einheiten und Deckschichten (Nummerierung gemäß linksstehender Tabelle)											
5 Deckschicht											
10 oberste Hydrogeologische Einheit											

Hydrogeologische Klassifikation	
Poren-Grundwasserleiter	Deckschichten
Poren-Grundwasserleiter mit sehr hoher bis hoher Ergiebigkeit (Poren-Grundwasserleiter mit sehr hoher bis hoher Porendurchlässigkeit und großer Mächtigkeit)	Deckschicht aus Lockergestein mit äußerst geringer bis sehr geringer Porendurchlässigkeit
Poren-Grundwasserleiter mit mittlerer bis mäßiger Ergiebigkeit (Poren-Grundwasserleiter mit mittlerer bis mäßiger Porendurchlässigkeit und großer Mächtigkeit bzw. Poren-Grundwasserleiter mit sehr hoher bis hoher Porendurchlässigkeit und geringer Mächtigkeit)	Deckschicht aus Lockergestein mit äußerst geringer bis sehr geringer Porendurchlässigkeit und geringmächtig und/oder lückenhaft
Poren-Grundwasserleiter mit geringer bis sehr geringer Ergiebigkeit (Poren-Grundwasserleiter mit mittlerer bis mäßiger Porendurchlässigkeit und geringer Mächtigkeit bzw. Poren-Grundwasserleiter mit geringer bis sehr geringer Porendurchlässigkeit und großer Mächtigkeit)	Deckschicht aus Lockergestein mit geringer bis mäßiger Porendurchlässigkeit und geringmächtig und/oder lückenhaft
Kluft-(Poren)-Grundwasserleiter	Deckschicht aus Lockergestein mit mittlerer bis sehr hoher Porendurchlässigkeit
Kluft-Poren-Grundwasserleiter mit mittlerer bis mäßiger Trennfugendurchlässigkeit und Ergiebigkeit	Deckschicht aus Lockergestein mit mittlerer bis sehr hoher Porendurchlässigkeit und geringmächtig und/oder lückenhaft
Kluft-Grundwasserleiter mit geringer Trennfugendurchlässigkeit und Ergiebigkeit	Deckschicht aus Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit
Grundwassergeringleiter	Deckschicht aus Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit und geringmächtig und/oder lückenhaft
Grundwassergeringleiter ohne nennenswerte Poren- bzw. Trennfugendurchlässigkeit	Deckschicht aus Lockergestein mit hohem Wasserspeichervermögen, jedoch geringer Durchlässigkeit (Moore)

**Markt Mühltal**

I hydrogeologische Karte- Grundlagen
mit unterirdischer Grundwasserscheide und oberirdischem Einzugsgebiet
Ausschnitt I 6330 I Höchstadt a.d. Aisch, Blatt 1
Gutachter zum weiteren Vorgehen WSG Mühltal



I hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.Reilaender.de

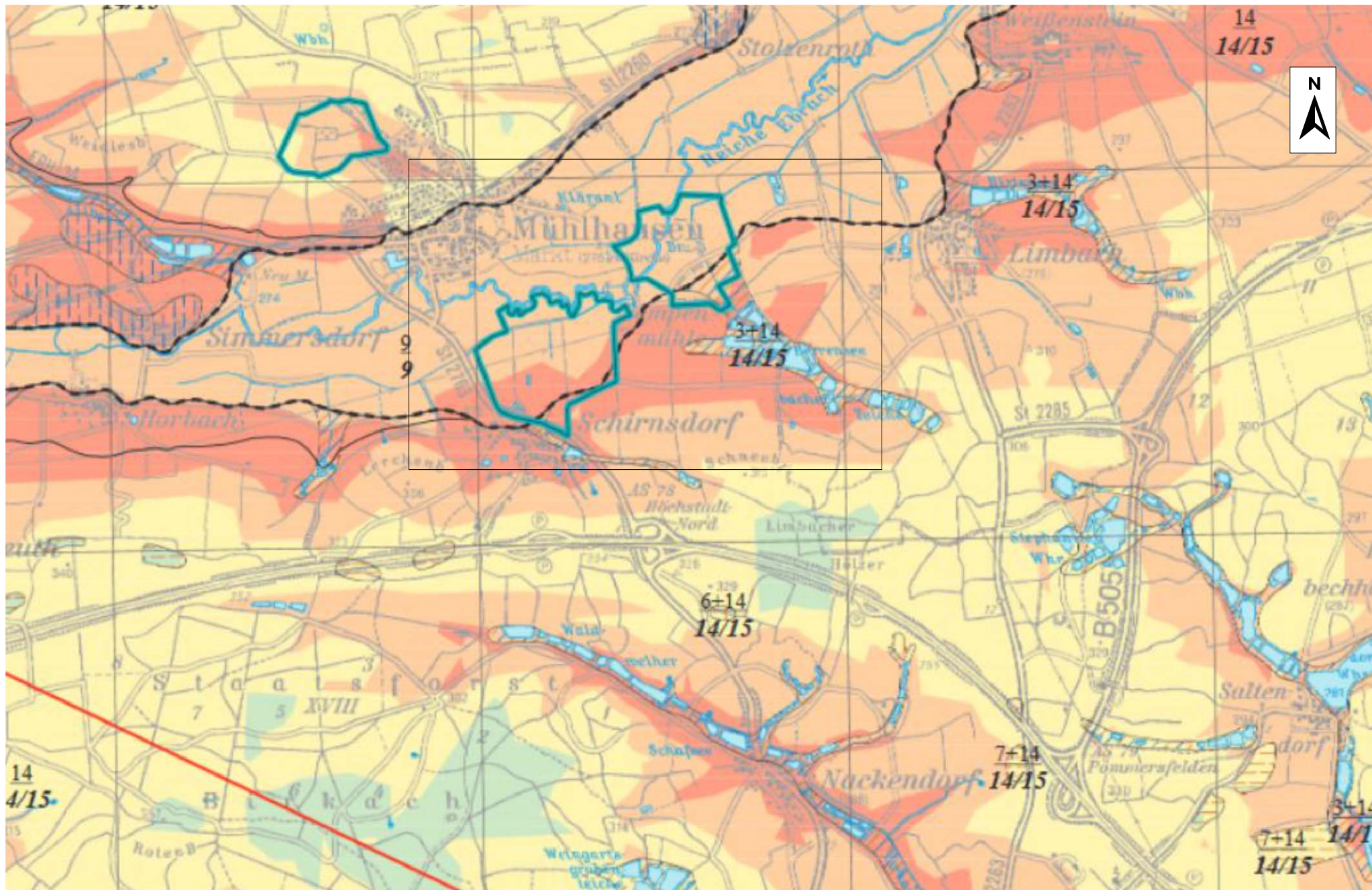
Anlage 3.1.2

Maßstab : -/-

Gezeichnet : WK

Geprüft : AI

Datum : Mai 2018



Abfolge der Deckschichten und Hydrogeologischen Einheiten

Deckschichten

	Einheit	Gesteinsausbildung (Mächtigkeit in m)	Schutzfunktionseigenschaften	Nr.
	künstliche Ablagerungen (Auffüllungen, Aufschüttungen)	verschiedene Lockergesteine unterschiedlicher Verfestigung, lokal versiegelt	je nach Ausbildung hohes bis fehlendes Filtervermögen	1
QUARTÄR	Anmoor, Moor	Anmoor-Moor, Torf, durchsetzt mit Holz, Sand, Lehm	sehr hohes Filtervermögen, sandige Partien geringeres Filtervermögen	2
	Talfüllung der Nebentäler ohne nennenswerte Grundwasserführung	schluffiger Sand und Kies mit Torflagen (< 5 m)	in der Regel geringes bis mäßiges Filtervermögen, in Torflagen hohes Filtervermögen	3
	Schuttmassen (z. B. Hangschutt, Blockschutt, Solifluktionsschutt, Bergrutsch etc.)	lehmig-sandiger Gesteinsschutt	je nach Ausbildung geringes bis mäßiges Filtervermögen	4
	Flugsand mit Dünenbildung	Fein- bis Mittelsand, lokal Ortssteinbildung	geringes bis mäßiges Filtervermögen, in schluffigen Bereichen auch höheres Filtervermögen	5
	Terrassenschotter ohne nennenswerte Grundwasserführung	Kies und Sand	sehr geringes bis geringes Filtervermögen	6
	Lehm (Lößlehm, Hanglehm, sandiger Lehm)	Schluff und Lehm, z. T. mit Feinsand	vorwiegend hohes bis sehr hohes Filtervermögen	7
	Hangsand	Sand, kiesig, lehmig	in der Regel geringes Filtervermögen, bei höherem Lehmanteil höheres Filtervermögen	8

Hydrogeologische Einheiten

QUARTÄR	Pleistozän bis Holozän	westliche Nebentäler des Regnitztals	Flusssande und -schotter meist mit höherem Feinkornanteil (bis 5 m; lokal auch darüber)	in der Regel geringes Filtervermögen, bei höherem Feinkornanteil auch höheres Filtervermögen	9
		Regnitztal	Flussschotter und -sande vereinzelt mit feinkörnigen Zwischenlagen (bis 12 m)	in der Regel geringes Filtervermögen, bei höherem Feinkornanteil auch höheres Filtervermögen	10
JURA	Lias	Turner-Raricostaten-Schichten bis Amalteenton	Ton- und Mergelstein mit Kalkbänken, z. T. bituminös (bis 75 m)	mäßiges bis hohes Filtervermögen, in Kalksteinbänken geringes Filtervermögen	11
TRIAS	Keuper	Rhät bis Aietensandstein	fein- bis grobkörniger, z. T. eisenhaltiger Kalksandstein, Sand-Tonstein-Wechselfolge (45 bis 80 m)	in der Regel geringes Filtervermögen, in toniger Ausbildung höher	12
		Feuerletten	überwiegend schwach dolomitische Mergelton- bzw. Tonmergelsteine, lokal mit Karbonatbänken und sandigen Zwischenlagen (ca. 40 m)	überwiegend hohes Filtervermögen	13
		Burgsandstein	Wechselfolge von Sand- und Tonsteinen mit karbonatischen (überwiegend dolomitischen) Einschaltungen und Gemengteilen; an der Untergrenze Basisletten (ca. 90 m)	in der Regel geringes Filtervermögen, in toniger Ausbildung höher	14
		Blasensandstein i.w.S.	tonige, z. T. karbonatisch gebundene Sandsteine im Wechsel mit mergeligen Tonsteinen (ca. 40 m)	in der Regel geringes Filtervermögen, in mergeliger und toniger Fazies höher	15

Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüberdeckung (wahrscheinliche Sickerwasser-Verweilzeit)

	sehr gering (wenige Tage bis ca. 1 Jahr)
	gering (mehrere Monate bis ca. 3 Jahre)
	mittel (ca. 3-10 Jahre)
	groß (1-25 Jahre)
	sehr groß (mehr als 25 Jahre)

Deckschichten

	Deckschicht aus Lockergestein mit äußerst geringer bis sehr geringer Porendurchlässigkeit
	Deckschicht aus Lockergestein mit äußerst geringer bis sehr geringer Porendurchlässigkeit und geringmächtig und/oder lückenhaft
	Deckschicht aus Lockergestein mit geringer bis mäßiger Porendurchlässigkeit und geringmächtig und/oder lückenhaft
	Deckschicht aus Lockergestein mit mittlerer bis sehr hoher Porendurchlässigkeit
	Deckschicht aus Lockergestein mit mittlerer bis sehr hoher Porendurchlässigkeit und geringmächtig und/oder lückenhaft
	Deckschicht aus Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit
	Deckschicht aus Lockergestein mit wechselnder Porendurchlässigkeit und geringmächtig und/oder lückenhaft
	Deckschicht aus Lockergestein mit hohem Wasserspeichervermögen, jedoch geringer Durchlässigkeit (Moore)



Markt Mühltal

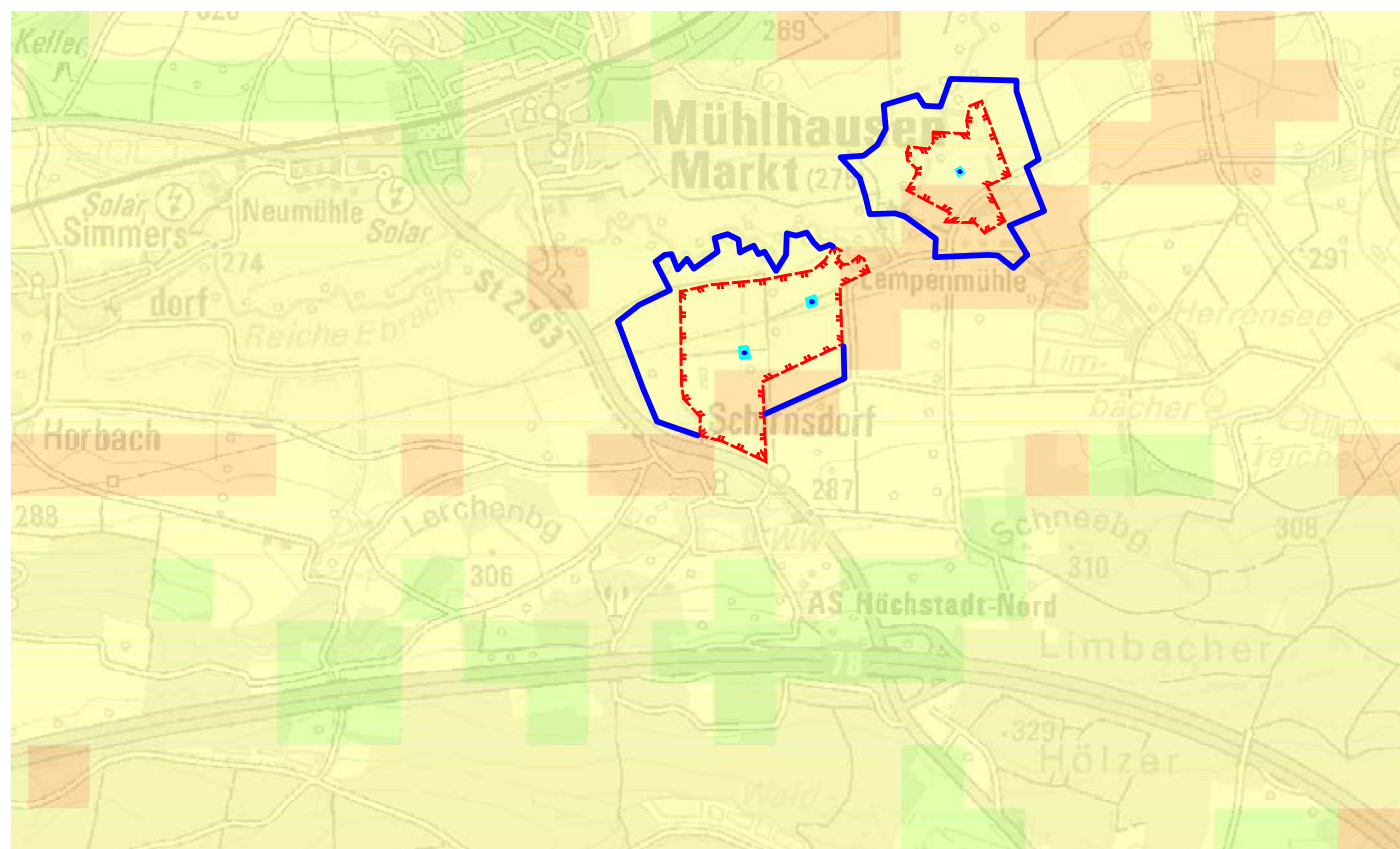
Hydrogeologische Karte
Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung
Ausschnitt | 6330 | Höchststadt a.d. Aisch, Blatt 2
Gutachter zum weiteren Vorgehen WSG Mühltal



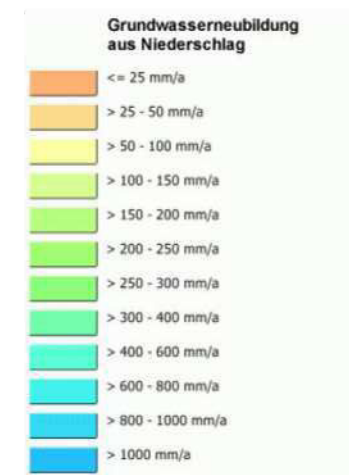
Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.reilaender.com

Anlage 3.2

Maßstab :	-/-
Gezeichnet :	WR
Gedruckt :	AI
Datum :	Mai 2018

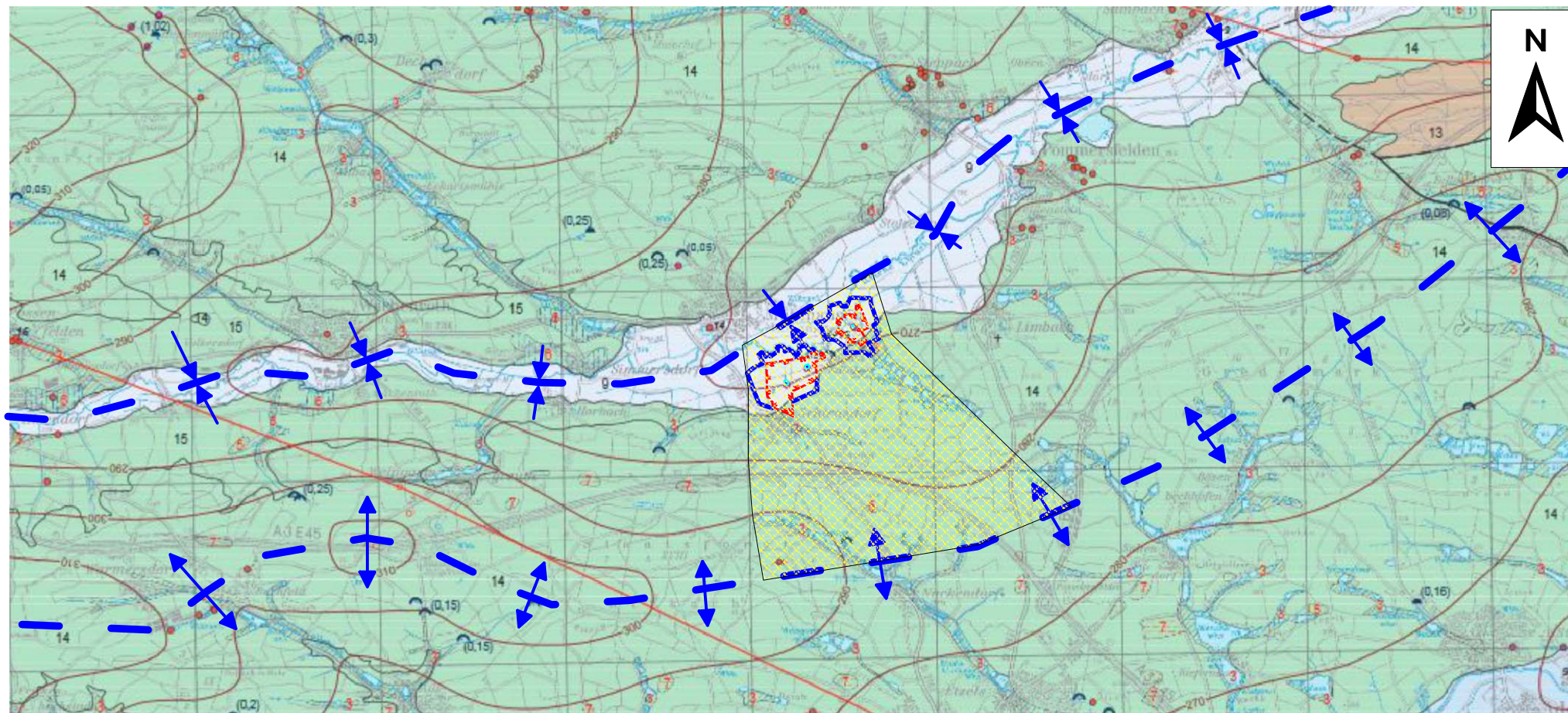


© Daten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Bayerisches Landesamt für Umwelt ; Kartengrundlagen: <http://geoportal.bayern.de/bayernatlas>



Zeichenerklärung:

- Wasserschutzzone II
- Wasserschutzzone III



© Daten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Bayerisches Landesamt für Umwelt ; Kartengrundlage: <http://geoportal.bayern.de/bayernatlas>

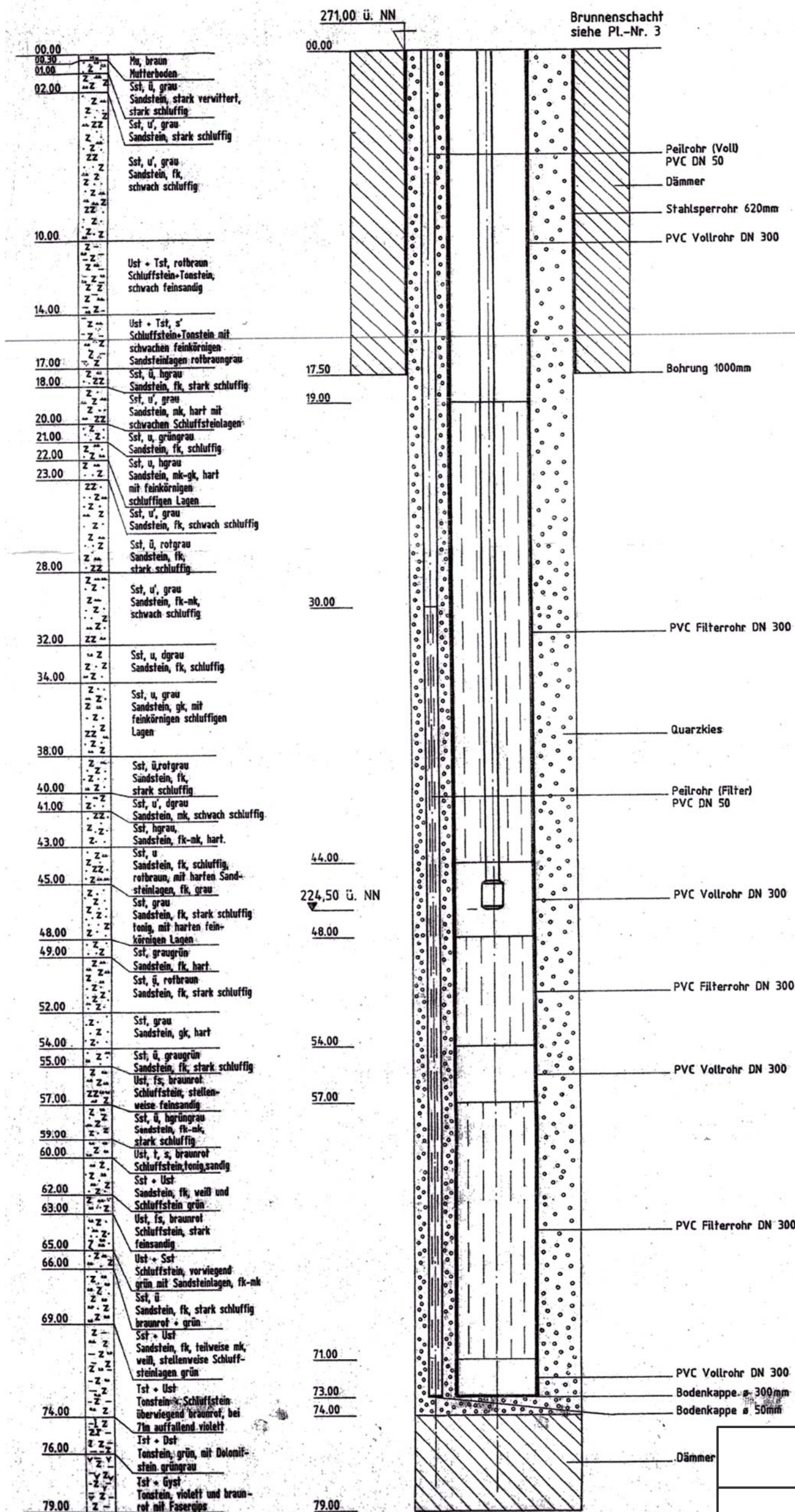
Zeichenerklärung:

-  Wasserschutzzone II
-  Wasserschutzzone III
-  Unterirdisches Einzugsgebiet

Schichtenprofil

Ausbauplan

Brunnenschacht
siehe Pl.-Nr. 3



Markt Mühlhausen

Ausbau und Bohrprofil Brunnen A1

Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Mühlhausen



Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.reilaender.com

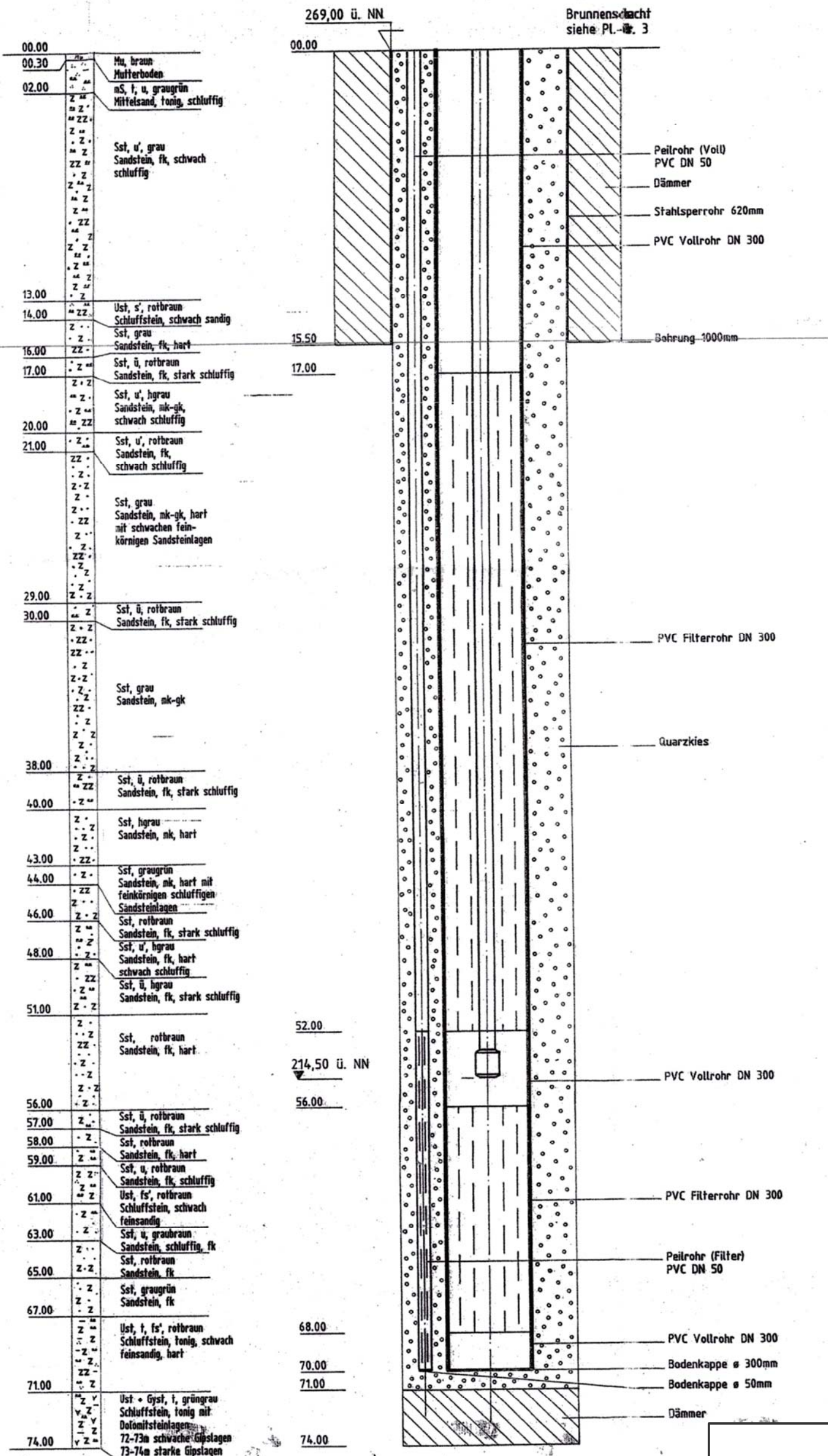
Anlage 4.1

Maßstab : -/-
Gezeichnet : WR
Geprüft : AI
Datum : Mai 2018

Schichtenprofil

Ausbauplan

Brunnenschacht
siehe PL-Dr. 3



Markt Mühlhausen

Ausbau und Bohrprofil Brunnen A2

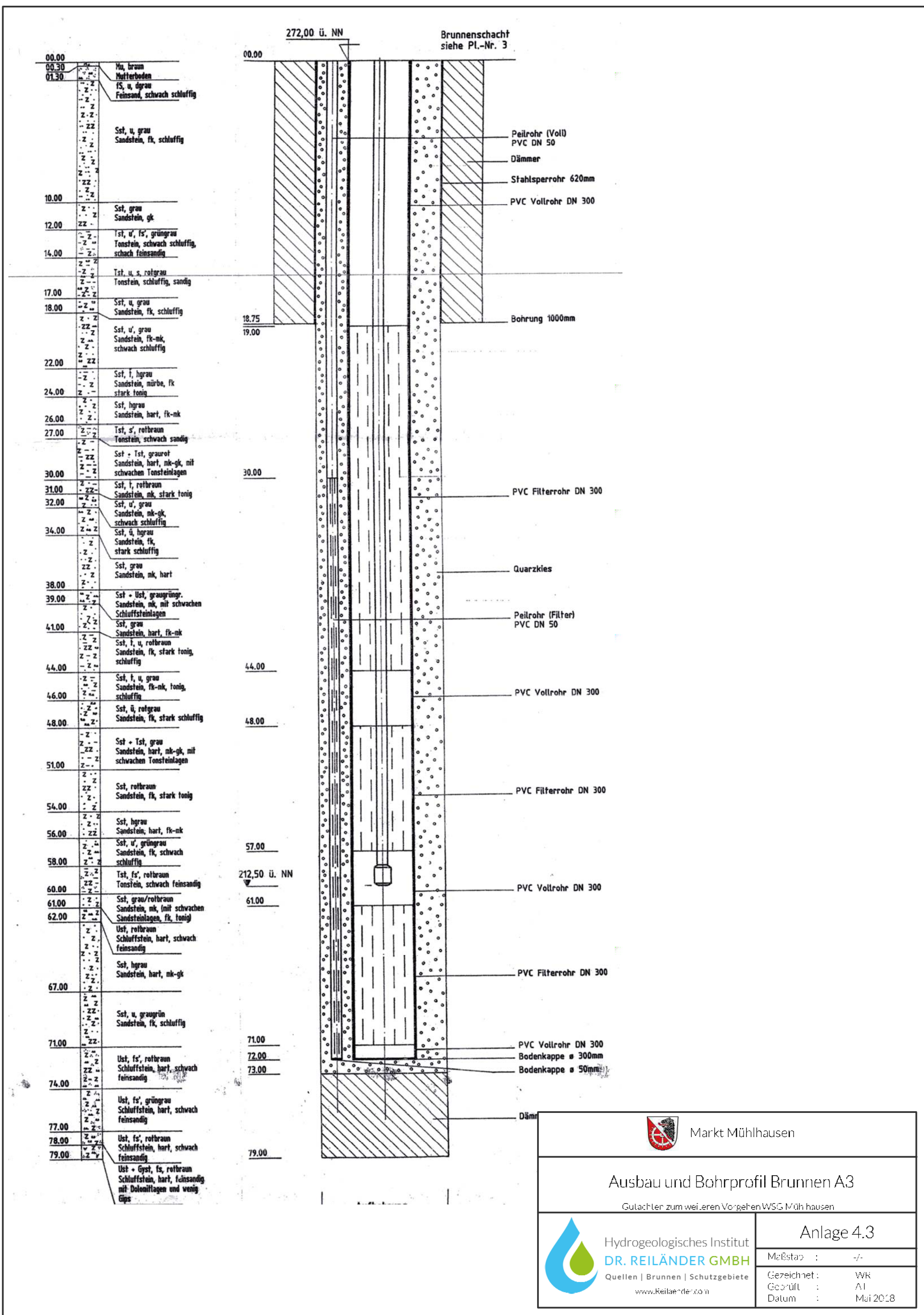
Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Mühlhausen



Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.reilaender.com

Anlage 4.2

Maßstab : -/-
Gezeichnet : WK
Geprüft : AT
Datum : Mai 2018



Markt Mühlhausen

Ausbau und Bohrprofil Brunnen A3

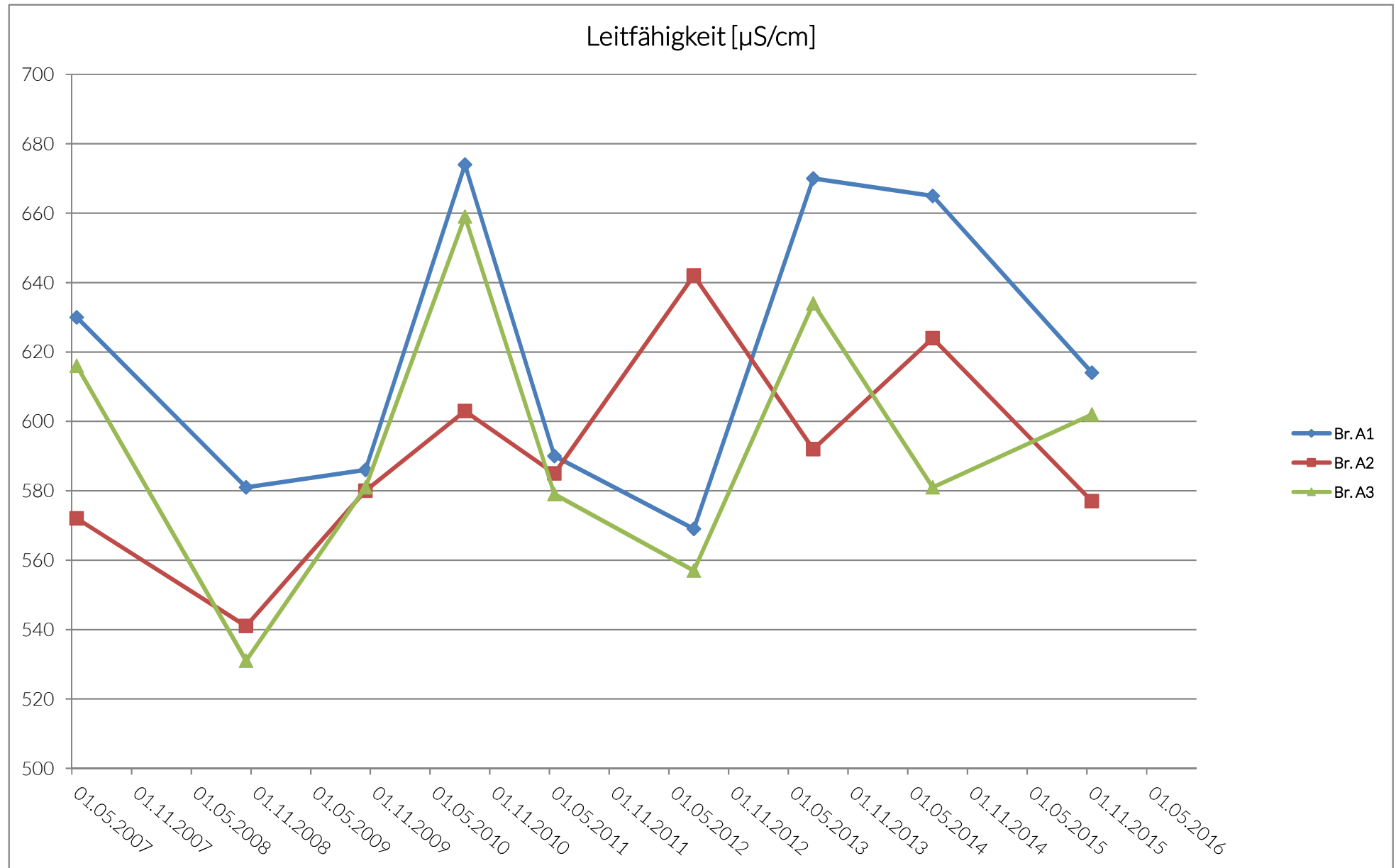
Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Mühlhausen

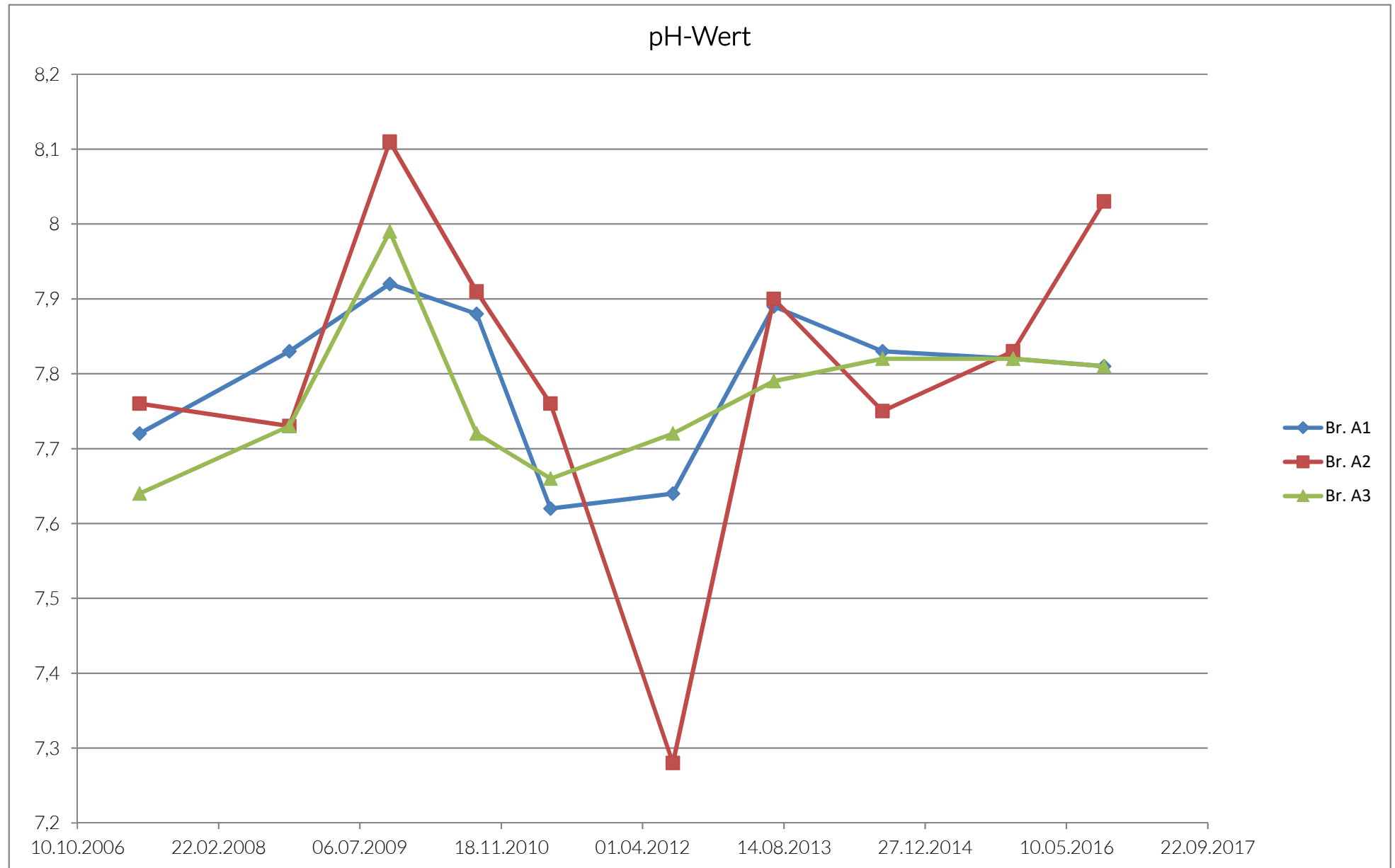


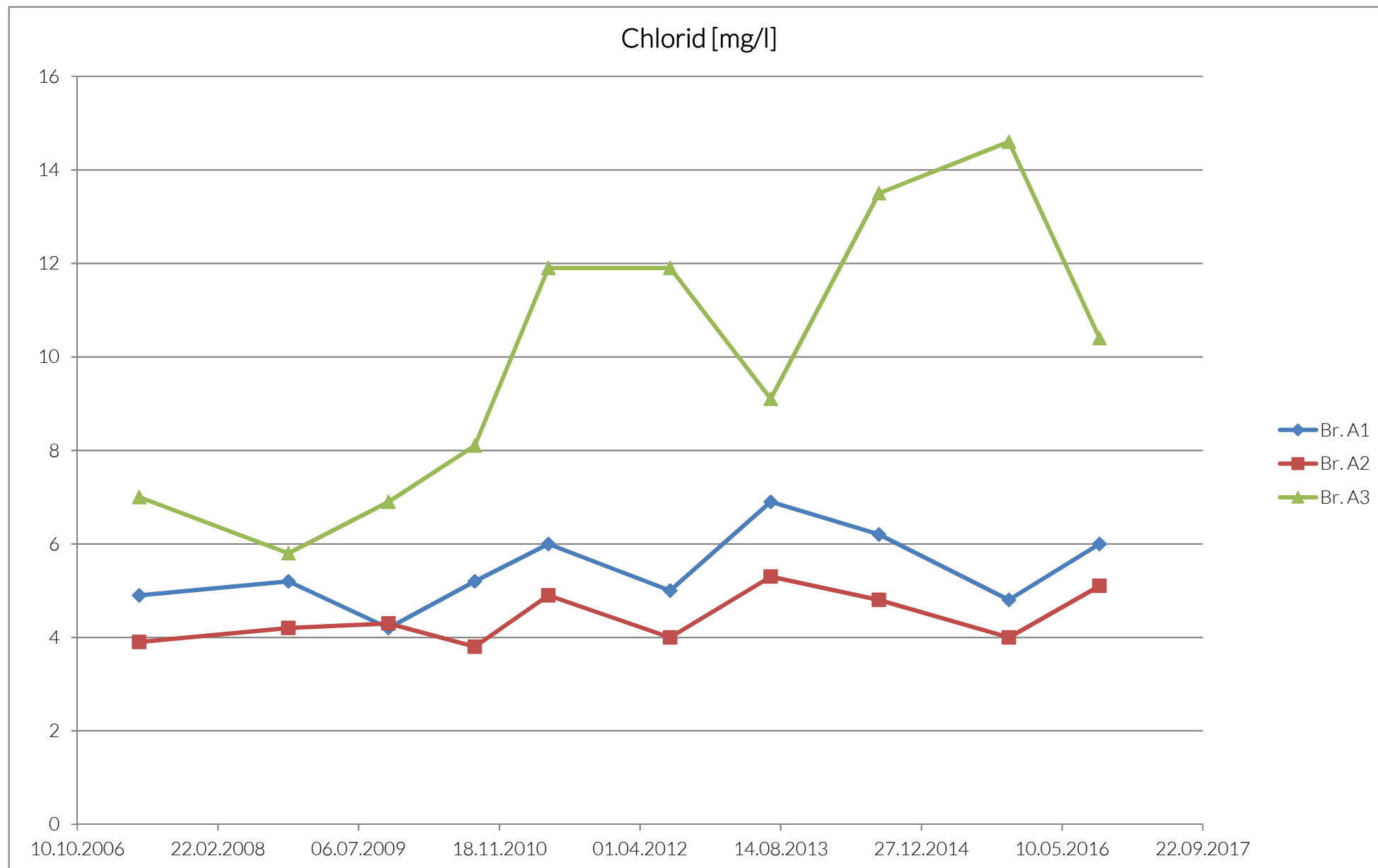
Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.reilaender.com

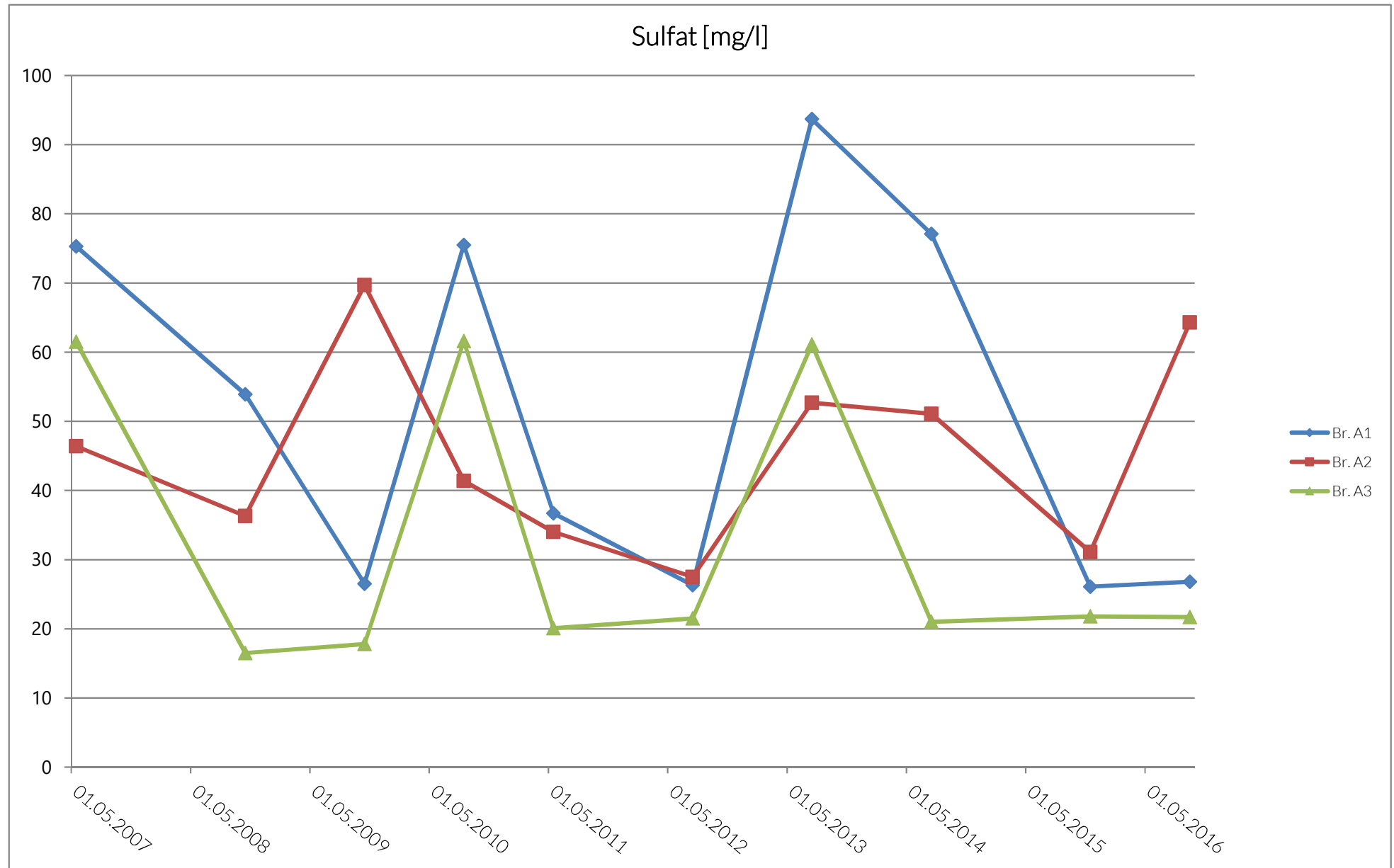
Anlage 4.3

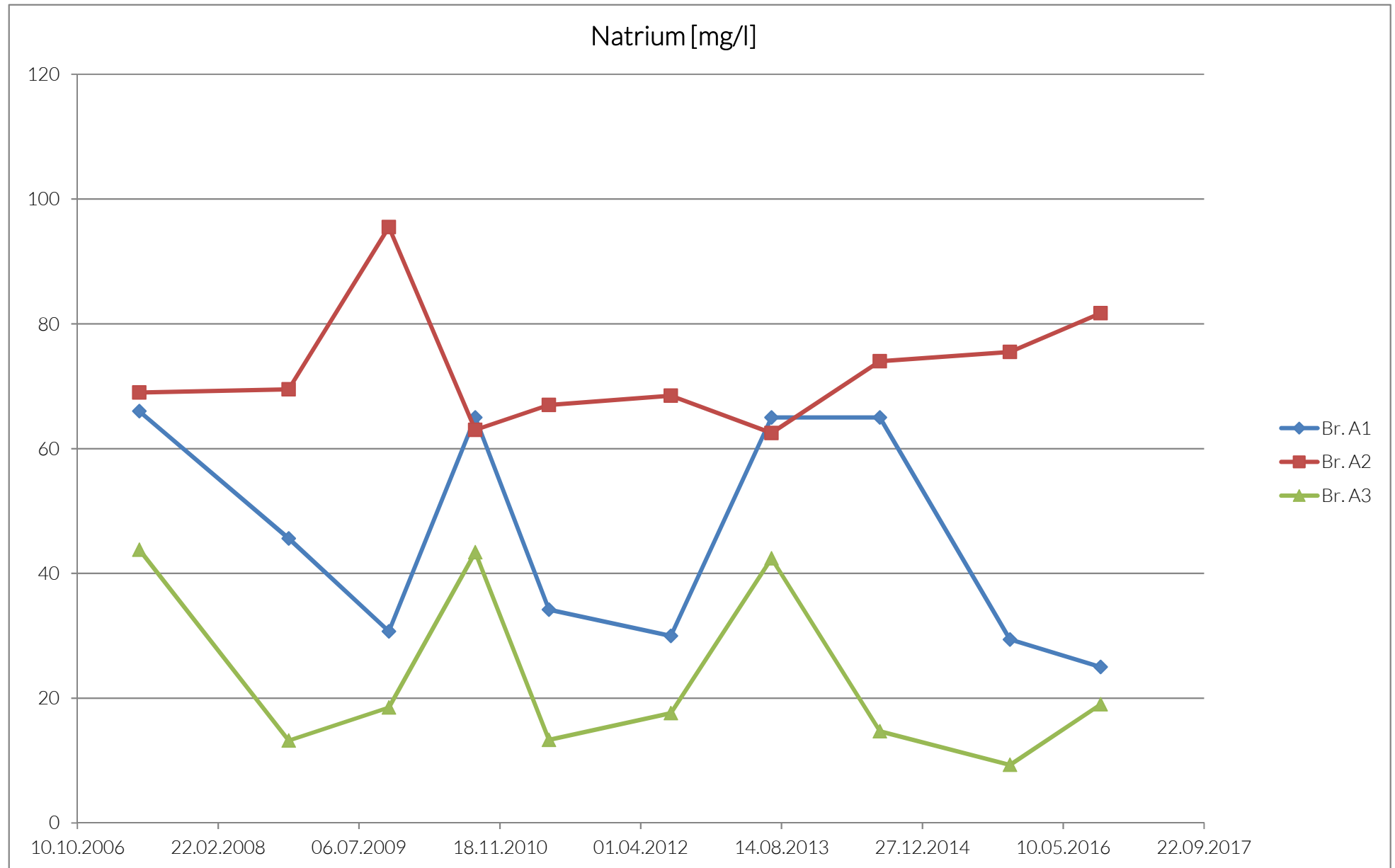
Maßstab : -/-
Gezeichnet : WR
Geprüft : AI
Datum : Mai 2018

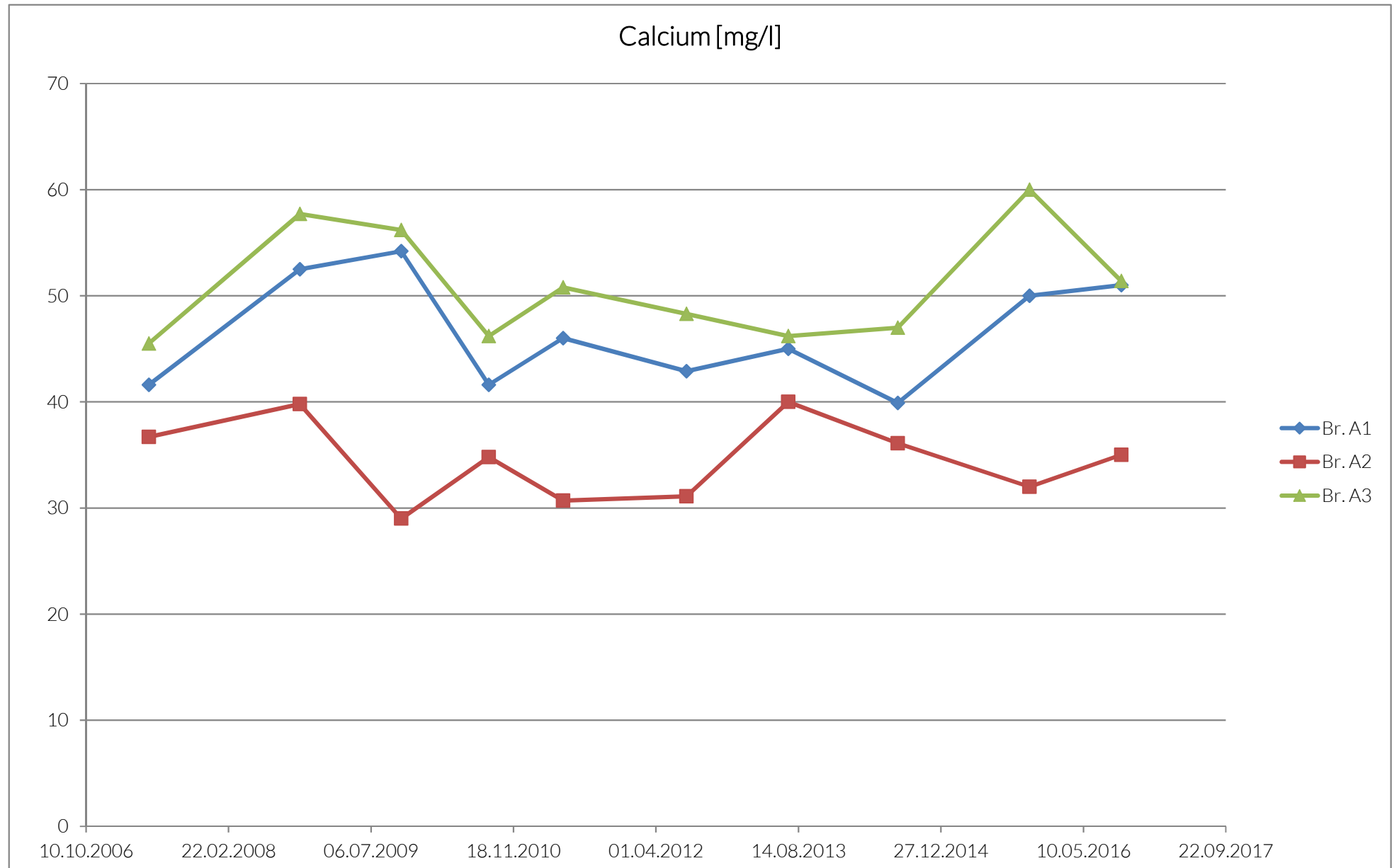


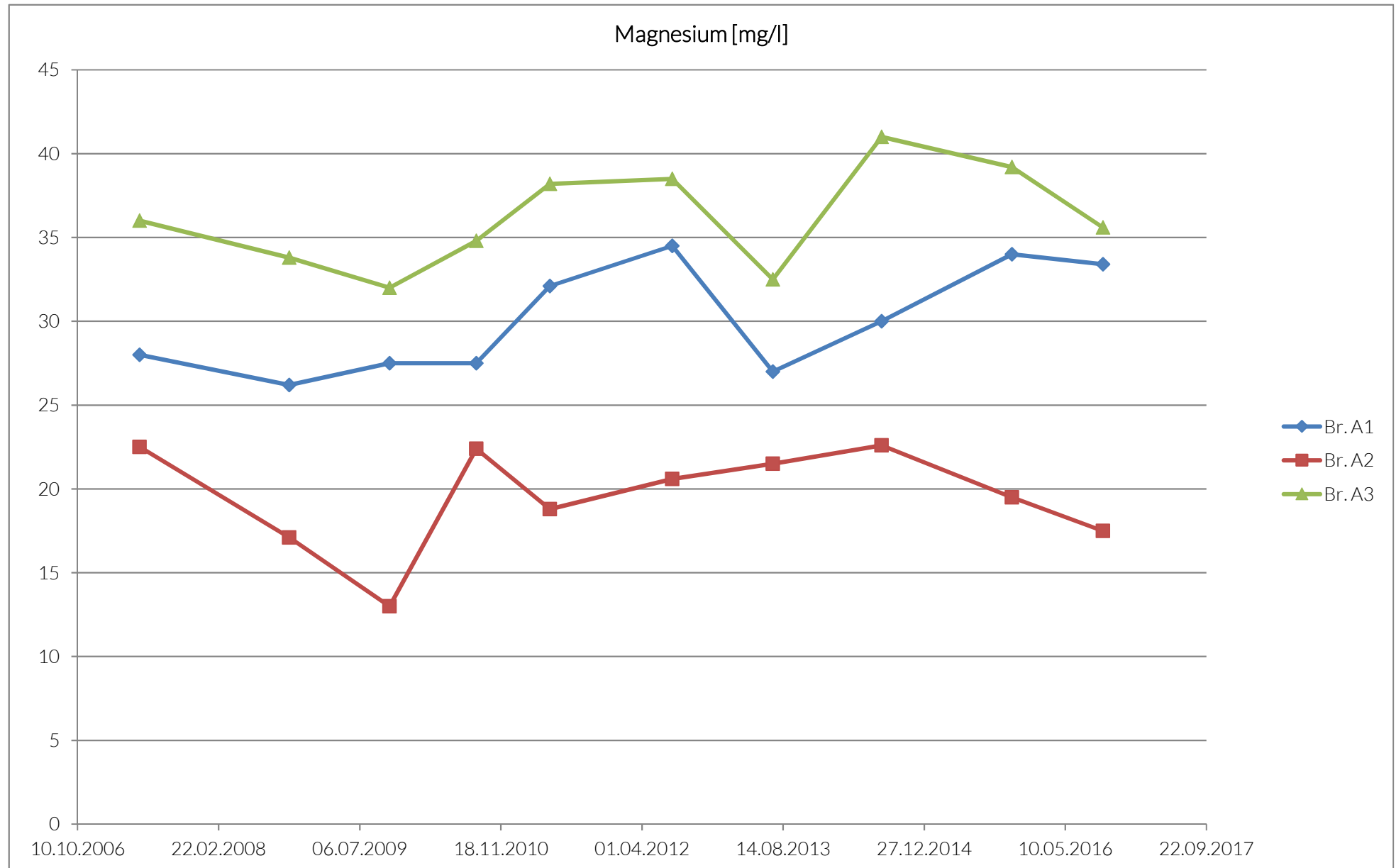


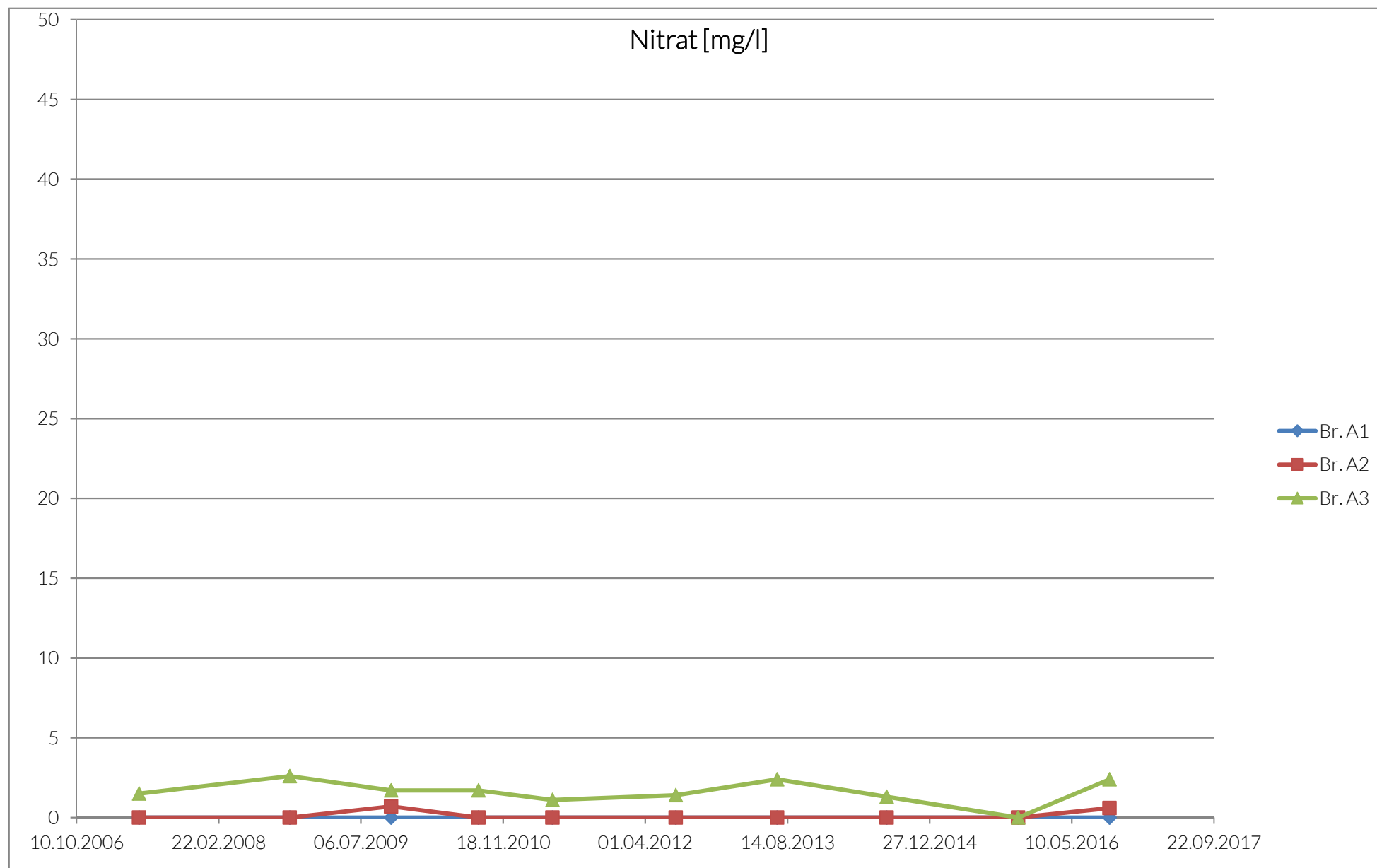


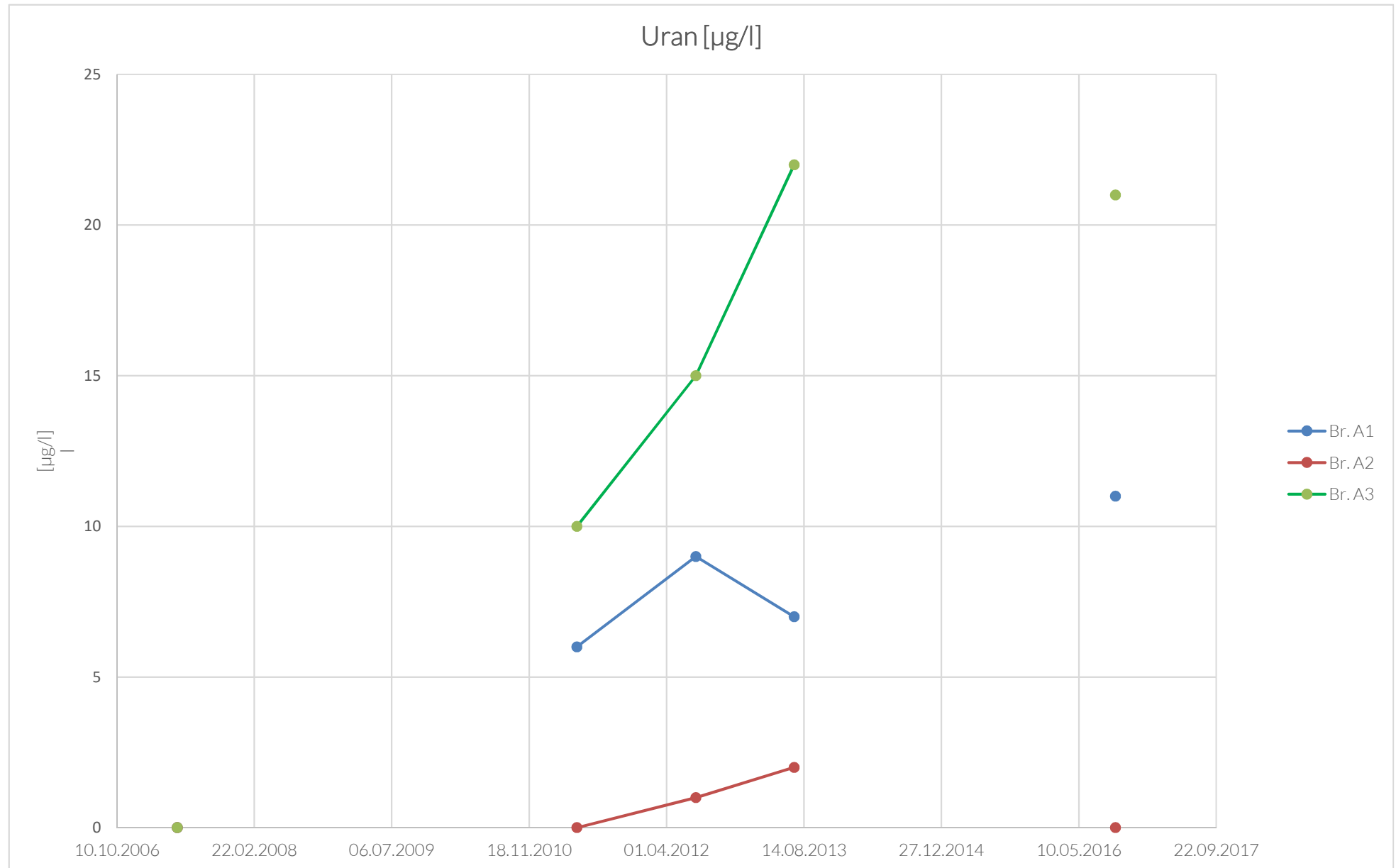




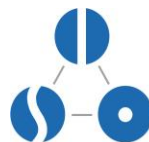








Leitfähigkeit										
	18.05.2007	29.10.2008	20.10.2009	23.08.2010	11.05.2011	17.07.2012	09.07.2013	29.07.2014	03.11.2015	20.09.2016
Br. A1	630	581	586	674	590	569	670	665	614	
Br. A2	572	541	580	603	585	642	592	624	577	
Br. A3	616	531	581	659	579	557	634	581	602	
Sulfat										
	18.05.2007	29.10.2008	20.10.2009	23.08.2010	11.05.2011	17.07.2012	09.07.2013	29.07.2014	03.11.2015	20.09.2016
Br. A1	75,3	53,9	26,5	75,5	36,7	26,3	93,7	77,1	26,1	26,8
Br. A2	46,4	36,3	69,7	41,4	34	27,5	52,7	51,1	31,1	64,3
Br. A3	61,5	16,5	17,8	61,6	20,1	21,5	61,1	21	21,8	21,7
Uran										
	18.05.2007	29.10.2008	20.10.2009	23.08.2010	11.05.2011	17.07.2012	09.07.2013	29.07.2014	03.11.2015	20.09.2016
Br. A1	0				6	9	7			11
Br. A2	0				0	1	2			0
Br. A3	0				10	15	22			21
Natrium										
	18.05.2007	29.10.2008	20.10.2009	23.08.2010	11.05.2011	17.07.2012	09.07.2013	29.07.2014	03.11.2015	20.09.2016
Br. A1	66	45,6	30,7	65	34,2	30	65	65	29,4	25
Br. A2	69	69,5	95,5	63	67	68,5	62,5	74	75,5	81,7
Br. A3	43,8	13,2	18,5	43,4	13,3	17,6	42,4	14,7	9,3	19
Magnesium										
	18.05.2007	29.10.2008	20.10.2009	23.08.2010	11.05.2011	17.07.2012	09.07.2013	29.07.2014	03.11.2015	20.09.2016
Br. A1	28	26,2	27,5	27,5	32,1	34,5	27	30	34	33,4
Br. A2	22,5	17,1	13	22,4	18,8	20,6	21,5	22,6	19,5	17,5
Br. A3	36	33,8	32	34,8	38,2	38,5	32,5	41	39,2	35,6
Calcium										
	18.05.2007	29.10.2008	20.10.2009	23.08.2010	11.05.2011	17.07.2012	09.07.2013	29.07.2014	03.11.2015	20.09.2016
Br. A1	41,6	52,5	54,2	41,6	46	42,9	45	39,9	50	51
Br. A2	36,7	39,8	29	34,8	30,7	31,1	40	36,1	32	35
Br. A3	45,5	57,7	56,2	46,2	50,8	48,3	46,2	47	60	51,4
pH-Wert										
	18.05.2007	29.10.2008	20.10.2009	23.08.2010	11.05.2011	17.07.2012	09.07.2013	29.07.2014	03.11.2015	20.09.2016
Br. A1	7,72	7,83	7,92	7,88	7,62	7,64	7,89	7,83	7,82	7,81
Br. A2	7,76	7,73	8,11	7,91	7,76	7,28	7,9	7,75	7,83	8,03
Br. A3	7,64	7,73	7,99	7,72	7,66	7,72	7,79	7,82	7,82	7,81
Chlorid										
	18.05.2007	29.10.2008	20.10.2009	23.08.2010	11.05.2011	17.07.2012	09.07.2013	29.07.2014	03.11.2015	20.09.2016
Br. A1	4,9	5,2	4,2	5,2	6	5	6,9	6,2	4,8	6
Br. A2	3,9	4,2	4,3	3,8	4,9	4	5,3	4,8	4	5,1
Br. A3	7	5,8	6,9	8,1	11,9	11,9	9,1	13,5	14,6	10,4
Nitrat										
	18.05.2007	29.10.2008	20.10.2009	23.08.2010	11.05.2011	17.07.2012	09.07.2013	29.07.2014	03.11.2015	20.09.2016
Br. A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Br. A2	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0,6
Br. A3	1,5	2,6	1,7	1,7	1,1	1,4	2,4	1,3	0	2,4



Isodetect
Umweltmonitoring GmbH

**Isotopenhydrologische Untersuchungen
am Grundwasser der
Brunnen 1, 2 und 3
der Wasserversorgung Markt Mühlhausen
(Höchstadt a. d. Aisch)**

Auftraggeber: Markt Mühlhausen
Klaus Faatz
Hauptstr. 2
96172 Mühlhausen

Bearbeiter: Dr. Heinrich Eisenmann
Michael Stöckl

Datum: 10.04.2018



Inhaltsverzeichnis

1. Veranlassung.....	3
2. Probenahme.....	3
3. Isotopenhydrologische Analyseergebnisse	3
4. Grundwasserdatierung.....	3
4.1. Stabilisotopen Deuterium und Sauerstoff-18.....	4
4.2. Tritium (^3H).....	4
5. Mittlere Verweilzeiten.....	5
6. Zusammenfassung.....	5
 Anhang.....	 6
A. Grundlagen - Isotopenmethoden zur Grundwasserdatierung.....	6
B. Literatur.....	9
C. Probenahme, Präparations- und Messverfahren.....	10

1. Veranlassung

Die Marktgemeinde Mühlhausen beauftragte die Firma Isodetect München mit der Altersdatierung der Grundwässer aus den Brunnen 1, 2 und 3.

2. Probenahme

Aus den 3 Brunnen wurden vom Auftraggeber am 07.12.2017 Grundwasserproben zur Bestimmung von Tritium, Deuterium und Sauerstoff-18 entnommen.

3. Isotopenhydrologische Analyseergebnisse

In Tabelle 1 sind die Analyseergebnisse der Isotopenuntersuchungen zusammengestellt.

Tab. 1: Isotopenwerte $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^2\text{H}/^1\text{H}$ (mit Excess), ^3H

Parameter	Einheit	Brunnen 1	Brunnen 2	Brunnen 3
Tritium (^3H)	[TU]	< 0,7	< 0,7	< 0,7
Deuterium (^2H)	[‰]	$-66,8 \pm 0,2$	$-67,8 \pm 0,2$	$-67,2 \pm 0,2$
Sauerstoff-18 (^{18}O)	[‰]	$-9,37 \pm 0,07$	$-9,52 \pm 0,07$	$-9,39 \pm 0,07$
Deuterium Excess¹	[‰]	8,2	8,4	7,9

4. Grundwasserdatierung

4.1. Stabilisotopen Deuterium und Sauerstoff-18

^{18}O und ^2H sind schwere stabile Wasserisotope, deren Verhältnis zu den jeweiligen leichten Isotopen ^{16}O und ^1H Informationen über die Herkunft und die Bildungsbedingungen von Grundwasser liefern (vgl. Anhang A.1.). Die Isotopenverhältnisse können aufgrund von Kondensations- und Verdunstungsprozessen von der sog. Globalen Niederschlagsgeraden abweichen (Clark & Fritz 1997, IAEA 2017).

¹ Deuteriumexcess bezogen auf die lokale Niederschlagsgerade Würzburg

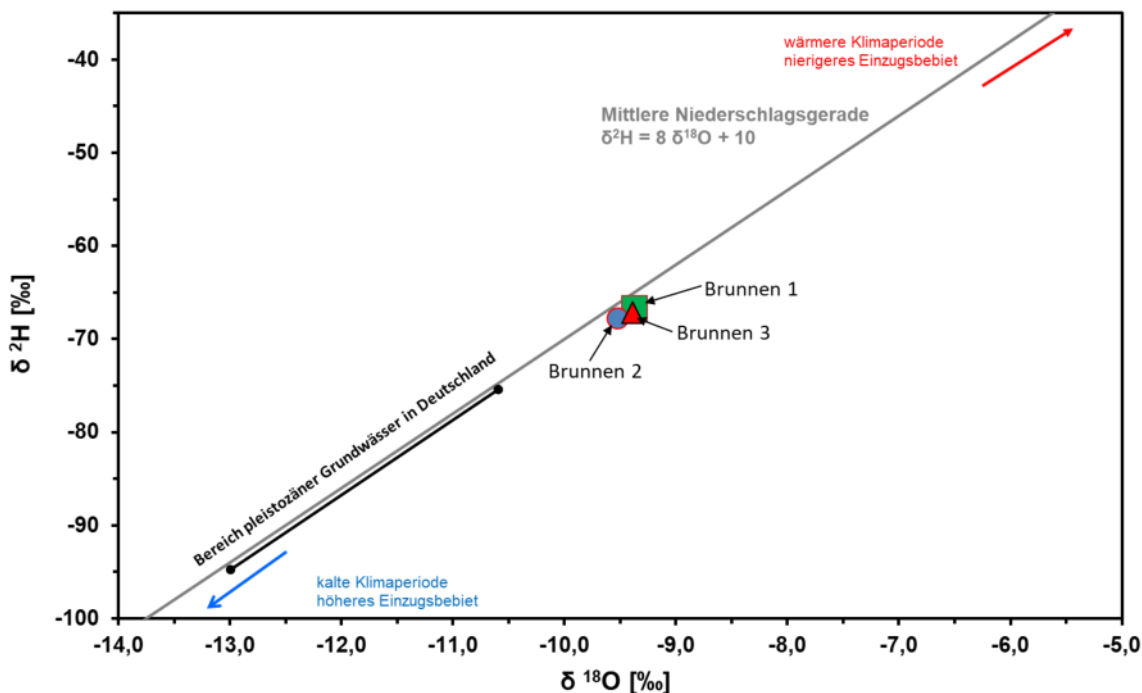


Abb. 1: $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ -Diagramm mit der Niederschlagsgeraden (Global Meteoric Water Line), und den Messwerten von Brunnen 1 (grünes Viereck), Brunnen 2 (blauer Kreis) und Brunnen 3 (rotes Dreieck).

Die $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ -Werte der 3 Brunnen sind nahezu identisch und liegen nur minimal unterhalb der mittleren Niederschlagsgeraden (Abb.1). Die Grundwässer haben einen Deuteriumexcess zwischen 7,9 und 8,4. Sie stammen demnach aus dem gleichen Einzugsgebiet und haben keine relevanten Anteile von verdunstungsbeeinflusstem Oberflächenwasser.

4.2. Tritium

Tritium ist ein instabiles Isotop des Wasserstoffs mit einer Halbwertszeit von 12,32 Jahren (Unterweger et al. 2010). Der natürliche atmosphärische Tritium-Hintergrund im Niederschlag in Mitteleuropa liegt bei etwa 6 TU (tritium units). Die Kernwaffentests in den 1960er Jahren erhöhten die Tritiumkonzentration in der Atmosphäre und schließlich über den Niederschlag auch im Grundwasser (siehe Anhang A.2). Der aktuelle Tritiumgehalt im Niederschlag in Europa liegt mit ca. 6-10 TU noch über dem natürlichen Hintergrund. Für die qualitative Interpretation des Tritiumgehalts zur Bestimmung der Mittleren Verweilzeit (siehe Anhang A.2) des Grundwassers kann heute folgende Faustregel gelten (modifiziert nach Clark & Fritz 1997):

- <0,5 TU Wasser älter als 1952 (vormodern)
- 0,5 - ~3 TU zumeist Mischung aus vormodernem und jungem (<10 a) Wasser
- 3 - 10 TU zumeist jünger als 10-15 Jahre
- 10 - 20 TU markanter Anteil von Wasser aus den 60er/70er Jahren
- >30 TU Wasser aus den 60er/70er Jahren dominierend oder Kontamination
- >50 TU zusätzliche Kontamination mit Tritium



Nach dieser allgemeinen Regel ist das Grundwasser aus allen drei Brunnen vormodern.

5. Mittlere Verweilzeiten

Grundwasser ist nach seiner Bildung kein abgeschlossenes Kompartiment (Piston Flow Modell), sondern mischt sich in der Regel stetig mit Wasser aus der ungesättigten Zone oder aus benachbarten Schichten. Für die Interpretation eines Grundwasseralters wird deshalb meistens die Mittlere Verweilzeit durchmischter Strömungsfäden angenommen (siehe Anhang A.4).

Für die Ableitung der Mittleren Verweilzeit² wurde ein Dispersionsmodell (Jurgens et al. 2012; Maloszewski und Zuber 2001) verwendet, das für viele Arten von Grundwasserleitern (klüftig, porös, etc.) praktikabel ist. Es errechnet sich eine Mittlere Verweilzeit von *mehr als 200 Jahren*. Diese gilt für einen homogenen Grundwasserkörper.

6. Zusammenfassung

Im Grundwasser aller 3 Brunnen liegt der Tritiumgehalt unter der Nachweisgrenze von 0,7 TU. Das Grundwasser hat somit eine Mittlere Verweilzeit von mehr als 200 Jahren (vormodern). Die Stabilisotopenwerte Deuterium und Sauerstoff-18 sind nahezu identisch und zeigen keinen relevanten Deuteriumsexcess. Die Grundwässer stammen demnach aus dem gleichen Einzugsgebiet und unterlagen vor der Neubildung keinem Verdunstungseinfluss.

Weiterreichende Interpretationen zu den Grundwasserverhältnissen müssen unter Berücksichtigung der regionalen Hydrologie und der zeitlichen Dynamik der Grundwasserströme erfolgen. Für eine genauere Datierung der vormodernen Grundwässer empfiehlt sich die Bestimmung der Isotopen ^{14}C und $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$.

² Die mittlere Verweilzeit gibt die durchschnittliche unterirdische Verweildauer der unterschiedlichen Stromfäden an, die am Fließvorgang des beprobten Grundwassers beteiligt sind. Dabei wird der Schwerpunkt einer Zeitverteilungskurve berechnet (siehe Anhang)

ANHANG

A. Grundlagen - Isotopenmethoden zur Grundwasserdatierung

A.1. Sauerstoff-18 (^{18}O) und Deuterium (^2H)

Stabil-Isotopenverhältnisse des Grundwassers werden als relative Abweichung (δ , Isotopensignatur) zu einer internationalen Standardsubstanz (Vienna Mean Ocean Water, VSMOW) gemessen und in Promille (‰) angegeben, z.B. für Deuterium mit der Formel:

$$\delta^2\text{H} [\text{‰}] = \left(\frac{(^2\text{H}/^1\text{H})_{\text{Probe}}}{(^2\text{H}/^1\text{H})_{\text{Standard}}} - 1 \right) \times 1000$$

Je negativer eine Isotopensignatur (ein Isotopenverhältnis) ist, desto geringer ist der Anteil von schweren Isotopen.

^{18}O und ^2H sind schwere stabile Isotope, deren Verhältnis zu den leichten Isotopen ^{16}O und ^1H Informationen über die Herkunft und die Bildungsbedingungen von Grundwässern liefert. Die Isotopenwerte von Niederschlagswasser werden von Kondensations- und Verdunstungsprozessen bestimmt. Diese sind von klimatischen Bedingungen, der geographischen Höhe des Einzugsgebiets sowie der Temperatur während der Niederschlagsbildung abhängig (Rauert et al. 1993). Niederschläge in höher gelegenen Einzugsgebieten sind aufgrund von Temperatur- und Kondensationseffekten isotopisch leichter (niedrigere $\delta^{18}\text{O}$ - und $\delta^2\text{H}$ -Werte). Die jahreszeitliche Temperaturschwankung führt außerdem zu einem sinusförmigen Jahresgang mit maximalen Isotopenwerten im Sommer und minimalen Werten im Winter. Zu diesem Effekt kann in voralpinen Gewässern insbesondere das Schmelzwasser beitragen. Leichte Isotopenwerte können auch durch kalte Klimabedingungen auf der Erde (Eiszeiten im Pleistozän, z.B. letzte Kaltzeit vor 10.000 bis 110.000 Jahren) und warmen Klima (Trias).

Die Isotopensignaturen von Sauerstoff ($\delta^{18}\text{O}$) Wasserstoff ($\delta^2\text{H}$) verändern sich durch Niederschlagsprozesse proportional zueinander. Diese Beziehung wird durch die sog. Niederschlagsgerade beschrieben, die für den mitteleuropäischen Raum (Rozski, K. 1985) durch die Relation $\delta^2\text{H} = 8 \times \delta^{18}\text{O} + 10$ wiedergegeben ist (sog. mittlere Niederschlagsgerade MWL, vgl. Abb. 1). Fließendes oder stehendes Oberflächenwasser besitzt aufgrund der anhaltenden und stärkeren Verdunstung von Molekülen mit leichten Isotopen zunehmend schwerere Isotopensignaturen. Dabei kommt es zu einer stärkeren Anreicherung von schweren Sauerstoffisotopen ggü. schweren Wasserstoffisotopen. Dieser sog. Deuterium-Excess ($d = \delta^2\text{H} - 8 \times \delta^{18}\text{O}$) ist abhängig von der Luftfeuchtigkeit während der Verdunstung. Er führt zu einer Abweichung des Messwertes von der Niederschlagsgeraden und kann als Abschätzung für eine Verdunstungsbeeinflussung benutzt werden.

Für die Ermittlung der Mischungsanteile von verdunstungsbeeinflusstem Wasser und unbeeinflusstem Wasser müssen die beiden Werte der relevanten Anteile bekannt sein. Die Berechnung des Mischungsverhältnisses erfolgt nach der Formel:

$$\text{Anteil} = \{ (\delta_{\text{Grundwasser}} - \delta_{\text{Probe}}) / (\delta_{\text{Grundwasser}} - \delta_{\text{v.b. Wasser}}) \} \times 100 [\%]$$

Anteil : prozentualer Anteil von v.b. Wasser in einer Grundwasserprobe
 $\delta_{\text{Grundwasser}}$: $\delta^{18}\text{O}$ -Mittelwert des von v.b. Wasser unbeeinflussten Grundwassers
 δ_{Probe} : $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte der Grundwasserprobe
 $\delta_{\text{v.B. Wasser}}$: Mittelwert der $\delta^{18}\text{O}$ -Gehalte des v.b. Wasser

Bei einer Messgenauigkeit der können prozentuale Anteile von verdunstungsbeeinflusstem Wasser im Grundwasser mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 5\%$ erfasst werden.

A.2. Tritium (^3H)

^3H ist ein instabiles Isotop des Wasserstoffs und hat eine Halbwertszeit von 12,32 Jahren. Es eignet sich zur Altersbestimmung von relativ jungen Grundwässern. Tritium ist ein idealer Tracer im Grundwasser, da das ^3H -Atom in das Wassermolekül selbst eingebaut ist. Der natürliche atmosphärische Tritium-Hintergrund im Niederschlag in Mitteleuropa liegt bei etwa 6 TU (1 Tritium Unit = 3,2 pCi bzw. 0,118 Bq ^3H pro Liter Wasser bzw. 1 ^3H pro 10^{18} H-Atome). Durch die Kernwaffentests in den 1960er Jahren gelangte ein stark erhöhter Tritiumeintrag in die Atmosphäre und mit dem Niederschlag in das Grundwasser. In Abb. A1 ist der zeitliche Verlauf des Tritiumgehalts in den Niederschlägen in Mitteleuropa zu sehen. Der aktuelle Tritiumgehalt im Niederschlag in Europa liegt deshalb mit ca. 8-10 TU noch über dem natürlichen Hintergrund.

Für die qualitative Interpretation des Tritiumgehalts im Grundwasser kann heute folgende Faustregel gelten (modifiziert nach Clark & Fritz 1997):

- <0,5 TU Wasser älter als 1952 (vormodern)
- 0,5 - ~3 TU zumeist Mischung aus vormodernem und jungem (<10 a) Wasser
- 3 - 10 TU zumeist jünger als 10-15 Jahre
- 10 - 20 TU markanter Anteil von Wasser aus den 60er/70er Jahren
- >30 TU Wasser aus den 60er/70er Jahren dominierend oder Kontamination
- >50 TU zusätzliche Kontamination mit Tritium.

Durch Mischungsmodelle, bei denen bestimmte Neubildungszeiträume und Mischungskonstanten angenommen werden, kann die mittlere Verweilzeit der verschiedenen Alterskomponenten eines Grundwasserkörpers genauer berechnet werden. Als Mischungsmodelle finden hauptsächlich das Binary Mixing Model (Jurgens et al. 2012) und das Dispersionsmodell (Maloszewski, P. and Zuber 1996, 2001) Verwendung.



Abb. A1: Zeitlicher Verlauf des ^3H -Gehalts in Niederschlägen in Mitteleuropa (Datenbank der International Atom Energy Agency IAEA)

A.4. Mittlere Verweilzeit

Bei der Grundwasserneubildung sickert Niederschlag von der Erdoberfläche durch die ungesättigte Zone nach unten bis er das Grundwasser erreicht. Der entstandene Grundwasserkörper ist deshalb in der Regel nicht homogen durchmischt, sondern es bilden sich Schichten aus jüngerem und älterem Wasser aus.

In Abb. A7 sind für einen Grundwasserkörper beispielhaft Altersschichtungen zwischen 100 Jahren und 200 Jahren dargestellt (in der Realität ist diese Schichtung unschärfer ausgebildet). Erst durch eine Entnahme des Grundwassers aus Brunnen oder bei Quellaustritten mischen sich diese verschieden alten Grundwasserschichten zu einem Wasser mit einer sogenannten Mittleren Verweilzeit. Diese Mittlere Verweilzeit wird durch die Mischung der unterschiedlichen Wässer und durch den jeweiligen prozentualen Anteil der Komponenten geprägt.

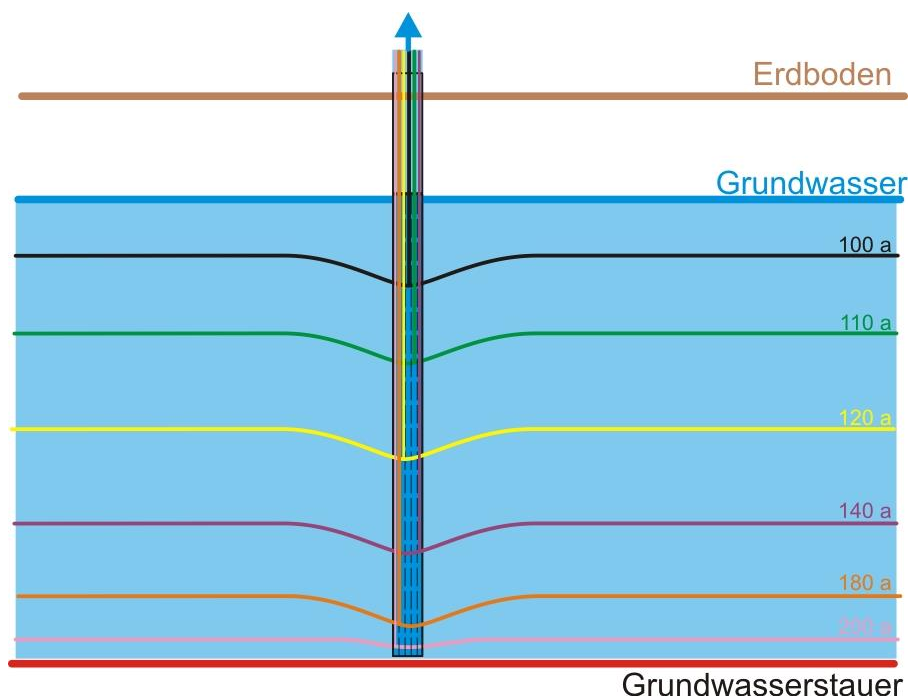


Abb. A7: Verschieden alte Grundwasserschichten ergeben nach der Grundwasserentnahme eine Mittlere Verweilzeit



B. Literatur

- CLARK, I. AND FRITZ, P. 1997. Environmental Isotopes in Hydrogeology. CRC Press LLC, Boca Raton, USA. 328 pp.
- JURGENS, B.C., BÖHLKE, J.K., and EBERTS, S.M. 2012. TracerLPM (Version 1): An Excel® workbook for interpreting groundwater age distributions from environmental tracer data: U.S. Geological Survey Techniques and Methods Report 4-F3, 60 p.
- LEIBUNDGUT, CH., MALOSZEWSKI, P., KÜLLS, CH. 2009. Tracers in Hydrology. John Wiley & Sons, 415 S.
- MALOSZEWSKI, P. AND ZUBER, A. 2001. Lumped-parameter models. In: Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle, Vol. VI, Modelling.
- MALOSZEWSKI, P. AND ZUBER, A. 1996, Lumped parameter models for the interpretation of environmental tracer data, chap. 2 in International Atomic Energy Agency, ed., Manual on mathematical models in isotope hydrogeology, TECDOC-910: Vienna, Austria, International Atomic Energy Agency Publishing Section, p. 9–58.
- MÜNNICH, K.O. 1968. Isotopendatierung von Grundwasser. Naturwissenschaften, 55, 158-163.



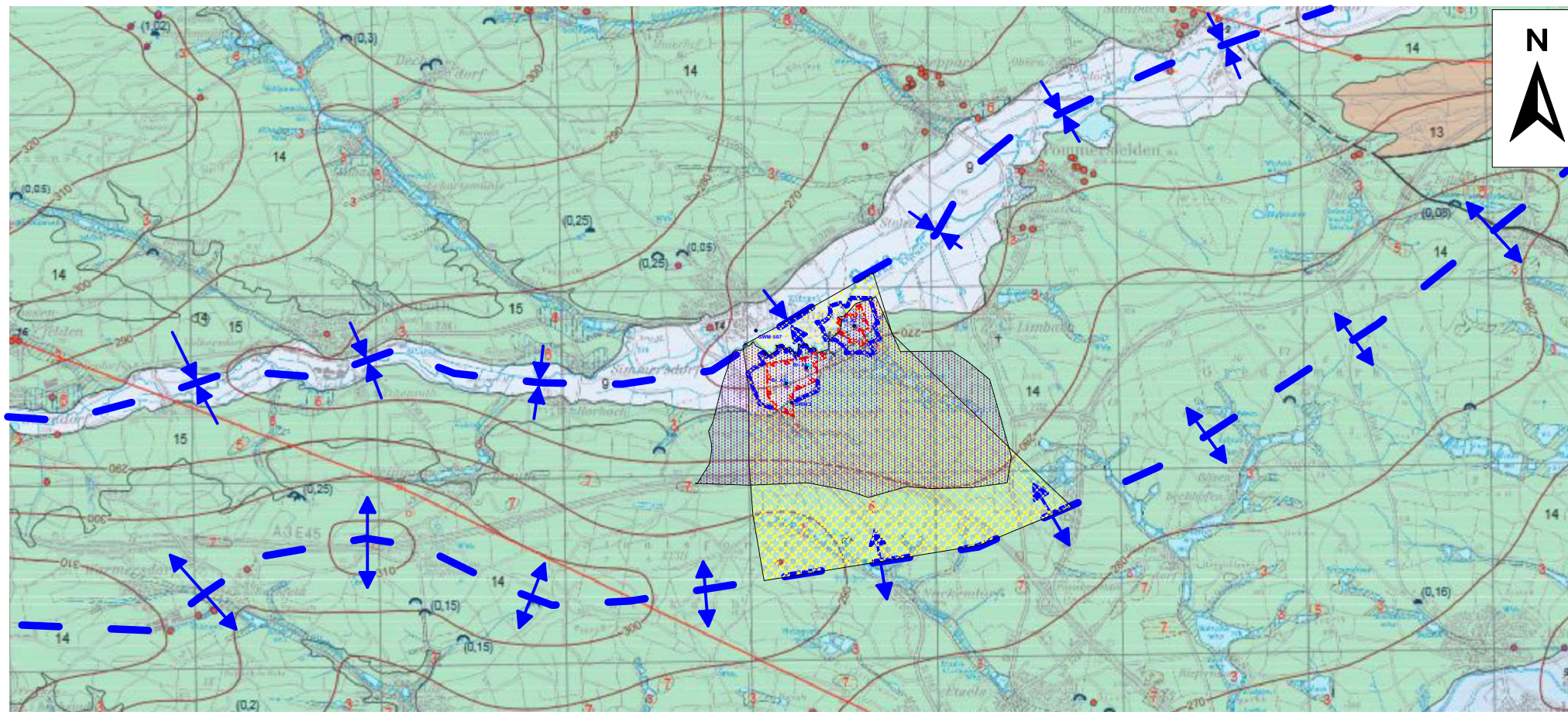
C. Präparations- und Messverfahren

Tritium

Die Probennahme und Aufbewahrung bis zur Analyse erfolgte in 1 L Glasbehältern. Zur Messung von Tritium in H_2O wurden die Proben elektrolytisch angereichert (Verfahren ES 400) und nach Zugabe eines Szintillationscocktails (Ultima Gold LLT) spektrometrisch (liquid scintillation counting, LSC) analysiert. Jede Probe wurde zehnmal jeweils 100 min gemessen und anschließend der Mittelwert bestimmt. Zur Auswertung der Daten wurden zusätzlich Standards und Nullwertproben eingesetzt. Die Ungenauigkeit des gesamten Messverfahrens beträgt $\pm 0,7$ TU (zweifache Standardabweichung) für niedrige Tritiumgehalte (<7 TU) und ca. 10 % für höhere Tritiumgehalte >7 TU. Eine Tritiumeinheit (TU) ist dabei der Anteil von einem Tritium-Isotop auf 10^{18} 1H -Atome. Bei 1 TU hat eine Probe eine Aktivität von 0,119 Bq/L.

Sauerstoff-18 und Deuterium

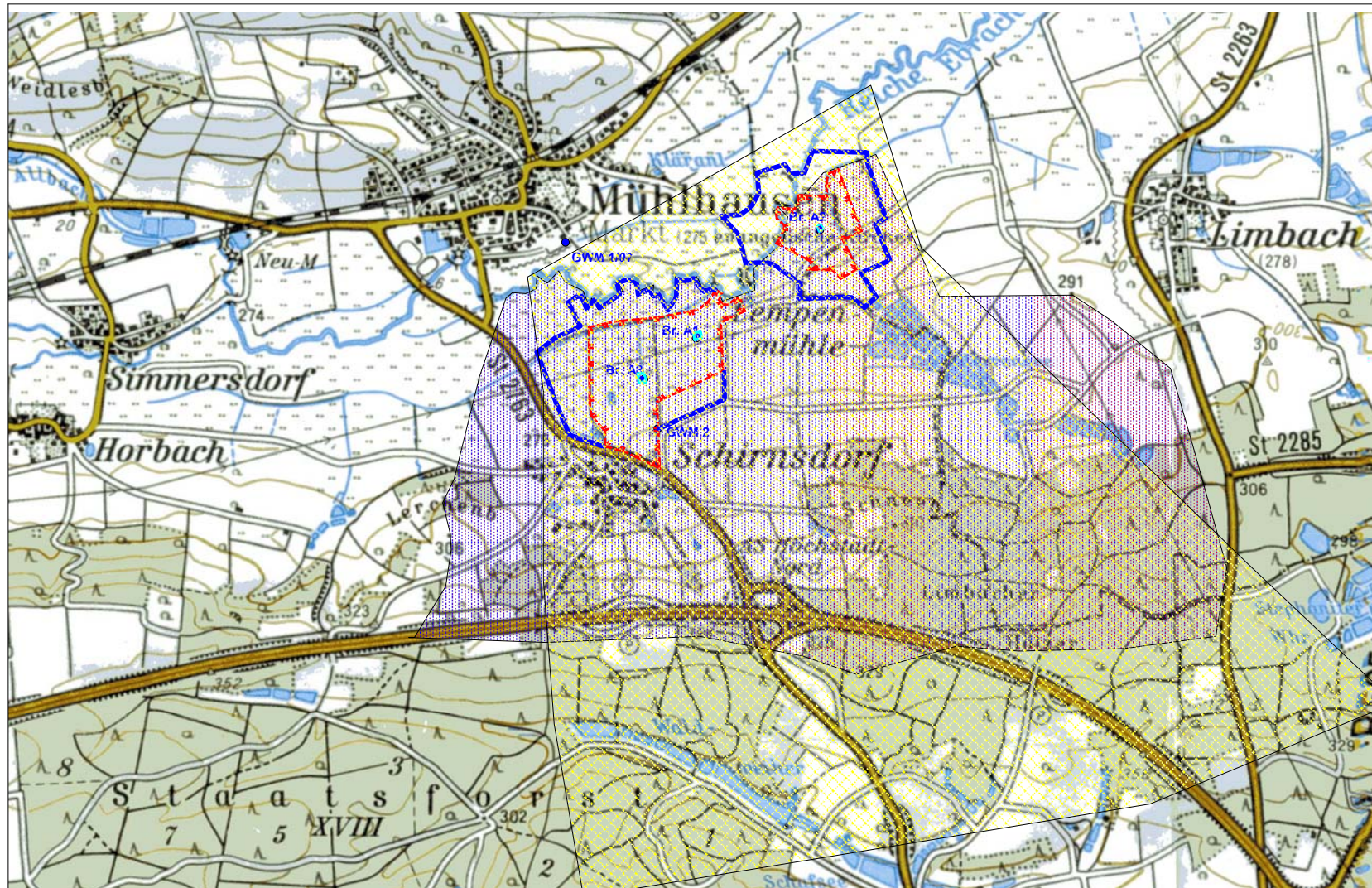
Die Probennahme und Aufbewahrung bis zur Analyse erfolgte in 20 ml Glasbehältern. Die Bestimmung von Sauerstoff (^{18}O) bzw. Deuterium (2H) in Grundwasser erfolgte an einem Laserabsorptionsgerät (PICARRO L2130- $i\delta D/\delta^{18}O$ Ultra High-Precision). Hierbei wird ein Energieverlust eines Laserstrahls ermittelt, der durch die jeweiligen Isotope verursacht wird. Die Messwerte der Proben (10 Einzelmessungen) wurden mit internationalen Standards (SLAP, SMOW, GISP) kalibriert und eventuelle Drift- oder Memory-Effekte korrigiert. Der Messfehler beträgt $\pm 0,1\%$ bzw. $\pm 0,5\%$ (Standardabweichung) bezogen auf den VSMOV-Standard.



© Daten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Bayerisches Landesamt für Umwelt ; Kartengrundlage: <http://geoportal.bayern.de/bayernatlas>

Zeichenerklärung:

-  Wasserschutzzone II
-  Wasserschutzzone III
-  Unterirdisches Einzugsgebiet
-  Oberirdisches Einzugsgebiet



© Daten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Bayerisches Landesamt für Umwelt : Kartogrundlage: <http://geoportal.bayern.de/bayernatlas>

Zeichenerklärung:

-  Wasserschutzzone II
-  Wasserschutzzone III
-  Unterirdisches Einzugsgebiet
-  Oberirdisches Einzugsgebiet

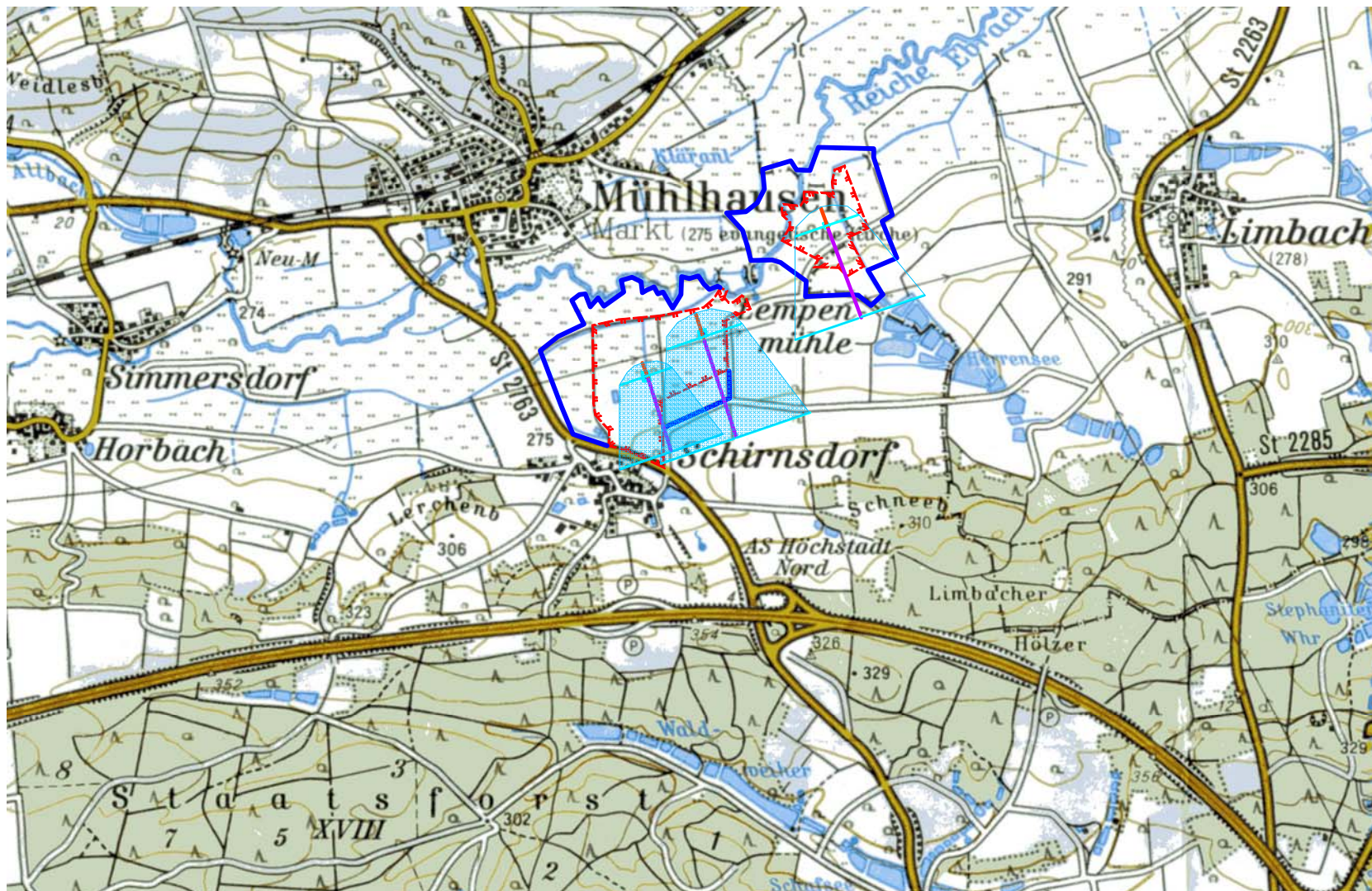


Markt Mühltal

Detailplan des oberirdischen und
unterirdischen Einzugsgebietes
Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Mühltal

Anlage 7.2

Maßstab : -/-
Gezeichnet : WIK
Geprüft : AI
Datum : Mai 2019



© Daten: Bayerische Vermessungsverwaltung, Bayerisches Landesamt für Umwelt

Kartengrundlage: <http://geobportal.bayern.de/bayernatlas>

Zeichenerklärung:

-  Wasserschutzzone II
-  Wasserschutzzone III
-  Entnahme beeinflusster Bereich (Skizze)



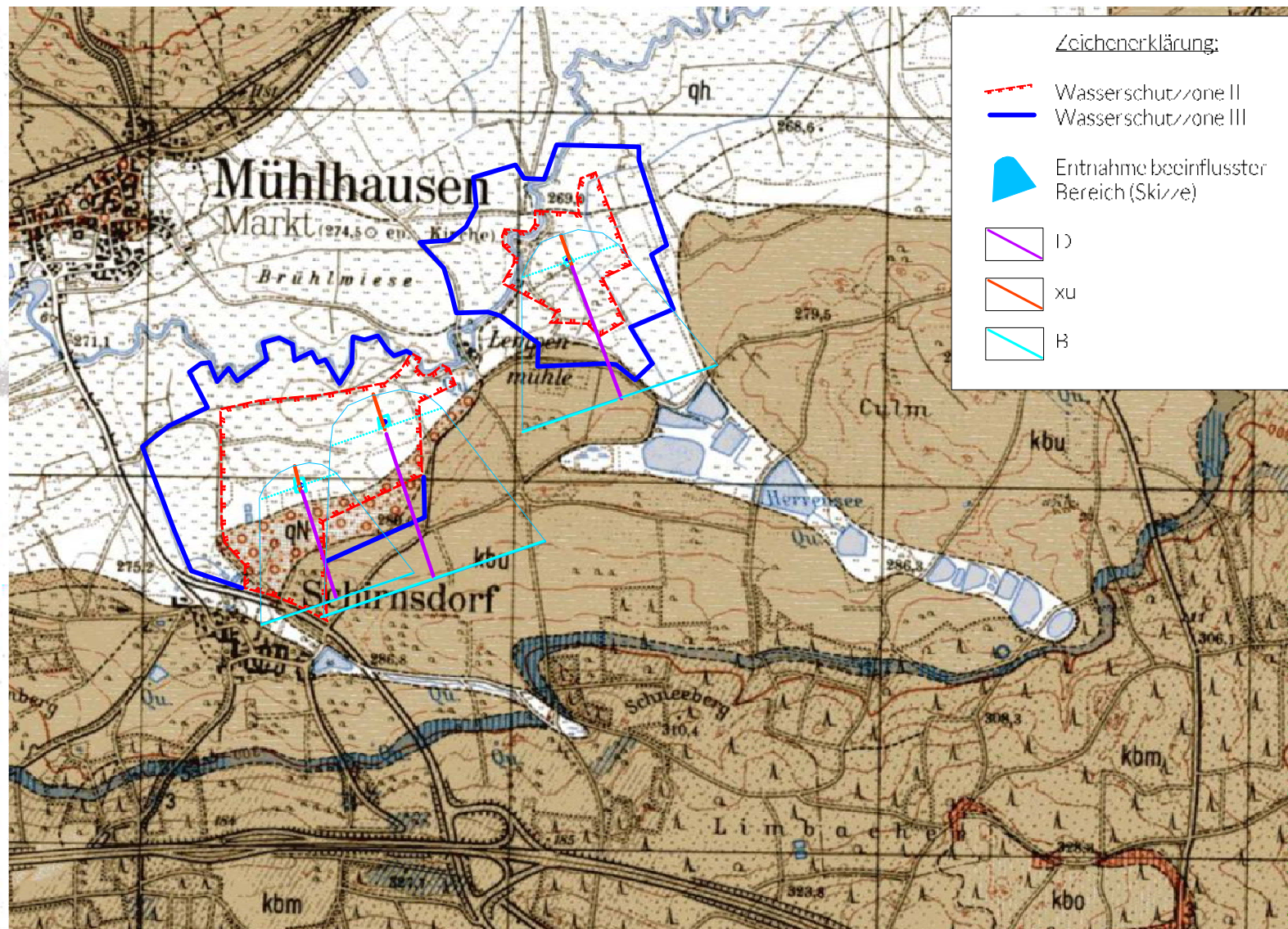
Markt Mühlhausen

Anlage 7.3.1

Bestehendes WSG und beeinflusster Bereich der Brunnen A1, A2 und A3
Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Mühlhausen

Maßstab : 1:25.000
Gezeichnet : WIK
Geprüft : A1
Datum : Mai 2019

Quartär	Holozän	Talfüllung vorwiegend Sand	qh
		Flugsand, Düne	S.a
		Löß, Lößlehm, Hanglehm	L
		Niederterrasse (Hauptterrasse) Grob- und Mittelsand, zu unterst geröllführend	qN
		Oberterrasse und höhere Terrassen vorwiegend Mittelsand, schwach geröllführend	qD
Tria		Restschutt	
Keuper		Oberer Burgsandstein weißlich, mittelförmig, mit 2 Zwischenletten und mit Basisletten (4-Mächtigkeit in m, beobachtet) ▼ Chalcedon	kbo
		Mittlerer Burgsandstein oder Dolomiti- sche Arkose grauweiß, graugrün oder rötlich, fein- bis mittelförmig, wechselnd stark tonig, bzw. feldspatführend, bzw. dolomitisch, Dolomitgehalt nach Westen zunehmend, Dolomitknauern, örtlich knollige Dolomitbänke (x), oft dünnbankig, mit Zwischenletten, zu unterst Basisletten (2-Mächtigkeit in m, beobachtet)	kbm
		Unterer Burgsandstein im Osten Nürnberger (N) Fazies: weißgrauer, vorwiegend feinkörniger, mürber, schlecht gebankter Sandstein, zu unterst Grenzkarbonatletten, sonst Letten stark zurück- tretend. Nach Westen zunehmende Heldburger (H) Fazies mit grüngeräuben und grünen Letten, ge- schlossene Sandsteinfolgen erst in der oberen Mitte oder im obersten Drittel ▼ Chalcedon	kbu
		Coburger Sandstein weißlich auch rötlich, fein- bis grobkörnig, oft quarzitisch, Letten zurücktretend	kc
		Blasensandstein vorwiegend rötlich, fein- bis grobkörnig, z. T. geröllführend, manganhaltig, meist stark tonig und mit zahlreichen Lettenbän- ken, Lettenlagen, zu oberst Grenzletten (2-Mächtigkeit in m)	kbl



Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
 Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.Reilander.com

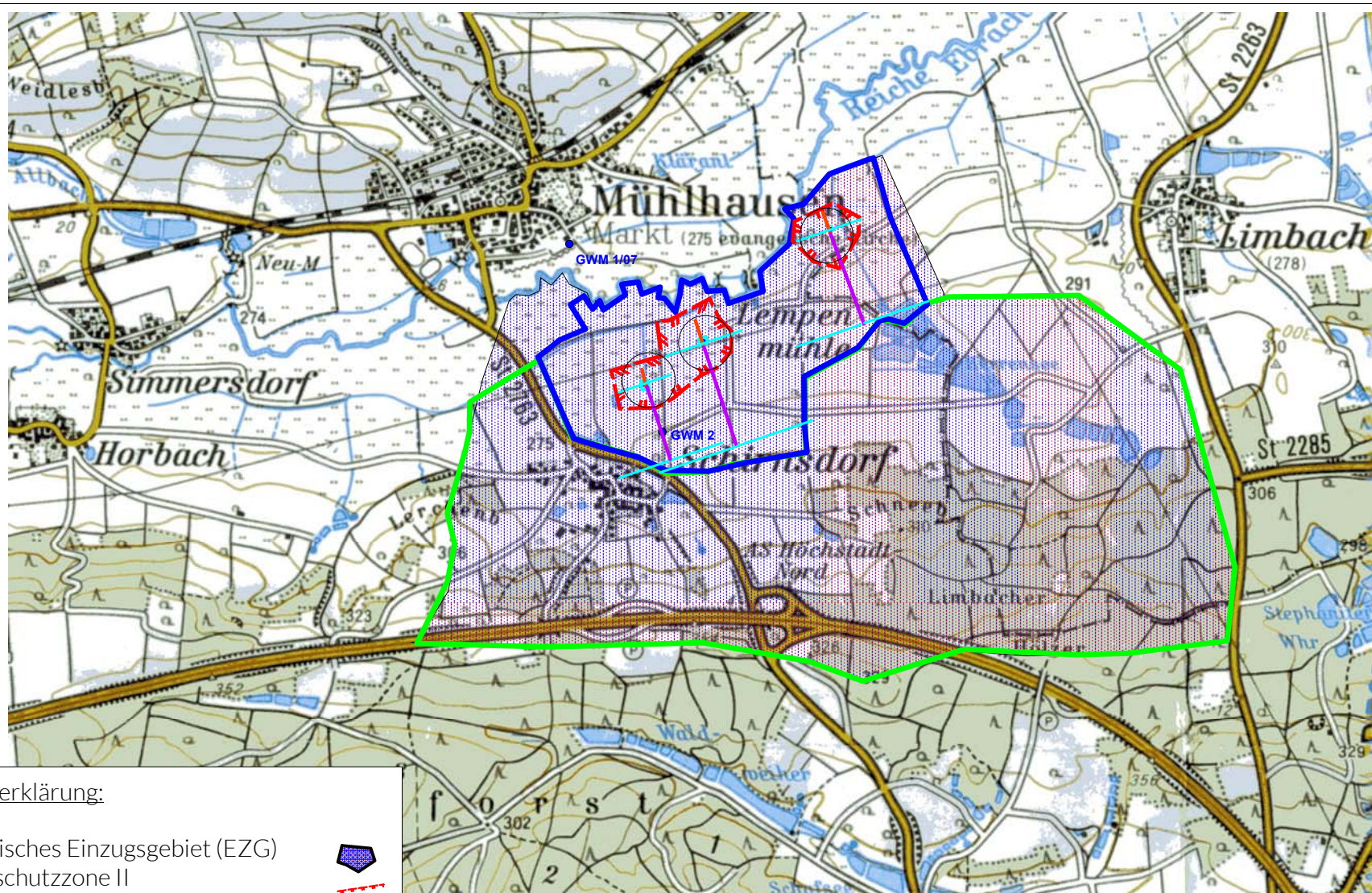


Markt Mühlhausen

Entnahme beeinflusster Bereich
 im Bezug zur Geologie
 Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Mühlhausen

Anlage 7.3.2

Maßstab : -/-
 Gezeichnet : WIK
 Geprüft : AI
 Datum : Mai 2019



Zeichenerklärung:

Oberirdisches Einzugsgebiet (EZG)

Wasserschutzzone II

Wasserschutzzone IIIA

Wasserschutzzone IIIB

100 m Umgriff

Entnahme beeinflusster Bereich



Hydrogeologisches Institut
DR. REILÄNDER GMBH
Quellen | Brunnen | Schutzgebiete
www.Reilaender.com



Markt Mülhausen

Neue WSG-Abgrenzung mit den Zonen I, II,
IIIA und IIIB mit oberirdischem EZG
Gutachten zum weiteren Vorgehen WSG Mülhausen

Anlage 7.4

Maßstab : 1:25.000

Gezeichnet : WIK

Gepf. : AI

Datum : Mai 2019