

	Inhaltsverzeichnis	
Deckblatt	Hydrogeologisches Gutachten Dr.Köhler	7. Gutachten

**Hydrogeologisches Gutachten
Büro Dr. Köhler
vom 06.12.2013**

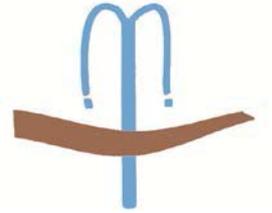
für die Brunnen 1 bis 3
Wasserwerk Heidelberg

LUBW- Nr.: 8

Seite 1 bis 139

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

Dr. rer. nat. W.-R. Köhler, 75031 Eppingen, Wilhelm-August-Kirsch-Str. 19



Grundwassererschließung
Boden- und Grundwasserschutz
Altlasten · Baugrund

BRUNNEN 1 – 3 HEIDELSHEIM DER STADTWERKE BRUCHSAL

ZUSAMMENSTELLUNG FÜR WASSERSCHUTZGEBIETSAUSWEISUNG

Dokumentation

Projekt: 2111
Datum: 06.12.2013
Bearbeiter: Dr. Wulf – R. Köhler
Seitenzahl: 18
Anlagenzahl: 13
Auftraggeberin: Stadtwerke Bruchsal
Schnabel-Henning-Str. 1a
76646 B r u c h s a l

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1	Vorbemerkung	4
2	Historie der Wasserschutzgebetsbearbeitung	4
3	Beschreibung der Fassungen	6
3.1	Brunnen I	6
3.2	Brunnen II	7
3.3	Brunnen III	7
3.4	Wasserrecht	8
3.5	Aufbereitung	9
4	Geologische Verhältnisse	9
4.1	Stratigraphie	9
4.2	Schichtlagerung und Tektonik	10
5	Hydrogeologische Verhältnisse	10
5.1	Grundwasserleiter	10
5.2	Grundwasserfließsystem	12
5.3	Hydrochemie, Isotopen und Fließsystem (Zusammenfassung)	14
6	Pumpversuche	15
7	Einzugsgebiet	17

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 1:** Bestands-/Lageplan der Br. 1 – 3 Heildelshelm
- Anlage 2:** Brunnenbefahrungen von AQUAPLUS von 2012
- Anlage 3:** Ausbaupläne der Br. 1 – 3 Heildelshelm
- Anlage 4:** Lageplan und Tabelle der Aufschlüsse
- Anlage 5:** Geologische Querprofile
- Anlage 6:** Lageplan der tektonischen Störungen
- Anlage 7:** Geologischer Längsschnitt
- Anlage 8:** Tabelle der Grundwasserspiegelmessungen und Grundwassergleichenplan
- Anlage 9:** Q/s-Diagramm von Grundwasseraufschlüssen zwischen Bruchsal und Bretten
- Anlage 10:** Gutachten des Büros HydroGeo± Dr. Heinz vom 13.08.2013
- Anlage 11:** PV-Messdaten vom 10. – 14.02.2012 und Diagramm
- Anlage 12:** Tabelle der T-Wert-Berechnungen
- Anlage 13:** Q/s-Diagramm der Br. 1 – 3 Heildelshelm

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

1 VORBEMERKUNG

Die Stadtwerke Bruchsal beauftragten das Hydrogeologische Büro Dr. Köhler am 08.12.2011 mit der Zusammenstellung und Bewertung sämtlicher verfügbarer Daten im Zusammenhang mit der fachtechnischen Wasserschutzgebietsausweisung durch das LGRB.

Zahlreiche Unterlagen wurden von den Stadtwerken Bruchsal und dem Regierungspräsidium Freiburg, LGRB, zur Verfügung gestellt. Ergänzend zu den vorhandenen Unterlagen wurden weitere Untersuchungen veranlasst, die in den jeweiligen Kapiteln erläutert werden.

2 HISTORIE DER WASSERSCHUTZGEBIETSBEARBEITUNG

Am 15.11.1969 trat die Rechtsverordnung zum Schutze der Wassergewinnungsanlagen der Stadt Heidelberg, Landkreis Bruchsal, auf Gemarkung Heidelberg durch das Landratsamt Bruchsal in Kraft. Am 21.10.1974 wurde die Rechtsverordnung vom jetzt zuständigen Landratsamt Karlsruhe geändert. Ohne Begründung wurde in allen Textpassagen der Rechtsverordnung die Schutzzone II (Engere Schutzzone) gestrichen, d. h., dass die Zone II entfällt.

Am 27.06.1984 beantragten die Stadtwerke Bruchsal die erneute Ausweisung einer Schutzzone II insbesondere wegen der Nitratproblematik, da diese von allen WV-Anlagen im Saalbachtal am gravierendsten ist.

Mit Bezugsschreiben vom 22.05.1989 an das Geologische Landesamt Baden-Württemberg (GLA) hat das Wasserwirtschaftsamt Karlsruhe um ein hydrogeologisches Gutachten zur Abgrenzung eines Wasserschutzgebietes für die Brunnen 1, 2 und 3 im Gewann „Obere Au“ der WV Bruchsal-Heidelberg gebeten.

Das Hydrogeologische Abschlussgutachten wurde am 23.11.1989 vom GLA erstellt. Darin wurde die Zone II mit einer Fläche von ca. 350 m – 500 m (Talbreite) x 700 m (Talachse) fachtechnisch abgegrenzt. Die damalige Flächennutzung der vorgeschlagenen Umgrenzung von Zone II war eine landwirtschaftliche Nutzung (u. a. Maisanbau). Der Gutachter empfahl eine möglichst weitgehende Umwandlung in Grünland.

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

Im Gegensatz zum rechtlich festgesetzten WSG wurde vom GLA vorgeschlagen, die nördliche Wasserschutzgebietsgrenze nach Süden zu verlagern, die Ost- und Westgrenze in die jeweilige Richtung auszuweiten und nach Südosten zu erweitern, so dass Helmsheim in Zone III liegt.

Zu einer Umsetzung des vom LGRB vorgeschlagenen Wasserschutzgebietes kam es nicht, da infolge der Aufhebung des südlich angrenzenden Wasserschutzgebietes Bretten-Neibsheim 2001 das damals laufende Verfahren für das WSG Heildelshem ausgesetzt wurde. Das LGRB wurde 2007 um Beratung gebeten. Nach Auffassung des LGRB reichten die hydrogeologischen Kenntnisse für die Abgrenzung des WSG Heildelshem nicht aus. In einem Hydrogeologischen Zwischengutachten des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) des Regierungspräsidiums Freiburg i. Br. zur Neuabgrenzung des WSG für die Brunnen I - III wurde neben der Beschreibung des aktuellen Kenntnisstandes der geologischen und hydrogeologischen Beschreibung ein Untersuchungsprogramm vorgeschlagen. Das Untersuchungsprogramm wurde für notwendig erachtet, da die Ergebnisse der Hydrogeologischen Erhebung (HGE) Südlicher Kraichgau noch nicht vorlagen und alle vorhandenen Grundwasseraufschlüsse (Brunnen, Messstellen) im Hauptgrundwasserleiter ‚Oberer Muschelkalk‘ (mo) mehr oder weniger in der Talachse des Saalbaches standen. Demzufolge wurden weitere Bohrungen und Ausbauten als Grundwassermessstellen abseits des Saalbachtals vorgeschlagen.

2010 wurden im Auftrag der SW Bruchsal zwei Bohrungen zum Ausbau als mo-Messstellen durch die Bohrfa. Hettmannsperger niedergebracht (Bezeichnung der neuen Grundwassermessstellen: „Fischzucht Heildelshem, PG 12“ und „Antoniuskapelle Neibsheim, PG 13“). Bei der wieder aufgenommenen Bearbeitung der HGE konnten weitere Erkenntnisse gewonnen werden, wie z. B. eine großräumige Stichtagsmessung 2009 und weitere, vorher nicht bekannte Grundwasseraufschlüsse wie z. B. der Sportplatzbrunnen Helmsheim.

Es wurden an 14 Grundwasseraufschlüssen monatlich Grundwasserspiegel von Februar – Juli 2011 und eine Frühjahrsbeprobung im März 2011 an 8 Grundwasseraufschlüssen zur umfassenden Laboranalytik auf anorganische und organische Parameter durchgeführt. Die Zwischenergebnisse vom 15. 08.2011 wurden in Form von Tabellen gefertigt und in einer Besprechung am 26.10.2011 zusammen mit dem RP Freiburg (LGRB), dem LRA Karlsruhe, der ewb GmbH (Stadtwerke Bruchsal) und dem Hydrogeologischen Büro Dr. Köhler diskutiert. Hierbei zeigte sich, dass einige wesentliche Fragen geklärt werden konnten, der gewonnene Erkenntnisstand aber für die Abgrenzung und fundierte Begründung der Schutzgebietsabgrenzung noch nicht ausreicht.

Zusammenfassend sind folgende Maßnahmen noch durchzuführen:

1. Bestandsaufnahme und Zusammenstellung/Auswertung aller relevanten Unterlagen zum Wasserwerk/Einzugsgebiet

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

2. 1-tägiger Stufenpumpversuch im Rahmen von Revisionsarbeiten
3. 1-malige Wasserstandsmessung im Gesamteinzugsgebiet (alle Muschelkalk-Messstellen)
4. 1-malige Beprobungsrunde mit Hydrochemie und Isotopen
5. Gesamtdokumentation der Ergebnisse und Berichterstellung unter Einbeziehung der Betriebsdaten und früheren Ergebnisse; Zielstellung: Abgrenzung Einzugsgebiet

3 BESCHREIBUNG DER FASSUNGEN

Die Brunnen I – III befinden sich am südlichen Ortsrand von Heidelberg im eingezäunten Wasserwerk auf Flst.Nr. 13260, in dem das Wasser vor Netzeinspeisung aufbereitet wird (Anlage 1). Die Brunnen sind auf einer Linie in ca. Ost-West-Erstreckung angeordnet und liegen jeweils rd. 25 m auseinander.

Brunnen I befindet sich im Osten, Brunnen II in der Mitte und Brunnen III im Westen. Die Entfernung zum nächstgelegenen Wohnhaus beträgt rd. 40 m (Brunnen III zum Wohnhaus Nr. 10). Der Saalbach fließt etwa 300 m östlich der Fassungen nach Norden.

In den 3 Brunnen erfolgten am 22.05.1990 und 14.03.2012 Kamerabefahrungen durch AQUAPLUS (Anlage 2). Die Ergebnisse der Kamerabefahrungen wurden von der ewb GmbH zeichnerisch umgesetzt (Anlage 3) und sind nachfolgend beschrieben.

3.1 BRUNNEN I

EDV-Nr.:	0006/309-3	LGRB-Nr.:	BO 6917/521
Rechtswert:	34 74 338	Hochwert:	54 39 799
Geländehöhe:	137,38 m ü. NN	Messpunkthöhe:	136,28 m ü. NN (OK Peilrohr)
Brunnentiefe:	45,9 m	Solltiefe:	49 – 50 m
Ausbautiefe:	24,8 m	Pumpentiefe:	16 m
Bohrdurchmesser:	DN 1000 bis 6,7 m Tiefe DN 650	Ausbaudurchmesser:	DN 340 (innen)
Abdichtung:	Zementation bis 24,8 m Tiefe		
Geologie:	- 17,60 m Tiefe - 23,10 m Tiefe - E.T.	Quartär Unterkeuper Oberer Muschelkalk	

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

3.2 BRUNNEN II

EDV-Nr.:	0005/309-9	LGRB-Nr.:	BO 6917/46
Rechtswert:	34 74 313	Hochwert:	54 39 795
Geländehöhe:	137,38 m ü. NN	Messpunkthöhe:	136,18 m ü. NN (OK Peilrohr)
Brunnentiefe:	>25,3 m	Solltiefe:	49 – 50 m
Ausbautiefe:	25,2 m	Pumpentiefe:	16 m
Bohrdurchmesser:	DN 1000 bis 6,8 m Tiefe DN 650	Ausbaudurchmesser:	DN 300 bis 22,8 m DN 360 22,8 – 25,2 m (Filterrohr)
Abdichtung:	Zementation bis 22,8 m Tiefe		
Geologie:	- 17,30 m Tiefe - 25,00 m Tiefe (?) - E.T.	Quartär Unterkeuper Oberer Muschelkalk	

Die LGRB-Nr. sowie die Geologie beziehen sich streng genommen auf die Bezeichnung „Wasserbohrung 2“. In Anlage 1 ist die Lage der „Wasserbohrung 2“ nicht identisch mit Brunnen II, obwohl der Rechts- und Hochwert der Lage von Brunnen II entspricht. Es konnte nicht geklärt werden, ob „Wasserbohrung 2“ eine zuvor erfolgte Probebohrung gewesen sein könnte.

3.3 BRUNNEN III

EDV-Nr.:	0004/309-4	LGRB-Nr.:	BO 6917/402
Rechtswert:	34 74 288	Hochwert:	54 39 791
Geländehöhe:	137,38 m ü. NN	Messpunkthöhe:	136,36 m ü. NN (OK Peilrohr)
Brunnentiefe:	34,3 m	Solltiefe:	44,5 m
Ausbautiefe:	23,3 m	Pumpentiefe:	16 m
Bohrdurchmesser:	DN 1000 bis 8,0 m Tiefe DN 600	Ausbaudurchmesser:	DN 340 bis 20,3 m DN 340 von 20,3 – 23,2 m (Filterrohr)
Abdichtung:	Zementation bis 20,3 m Tiefe		
Geologie:	keine Schichtenbeschreibung vorhanden		

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

3.4 WASSERRECHT

Am 09.09.1963 wurde eine wasserrechtliche Erlaubnis für den Betrieb von zwei Tiefbrunnen (Brunnen 1 und 2) zur Wasserversorgung von Heidelshiem und Helmsheim mit einer maximalen Entnahmemenge von 25 l/s erteilt. Ein Nachgesuch der wasserrechtlichen Genehmigung von Brunnen 3 wurde am 11.08.1976 gestellt.

Mit wasserrechtlicher Erlaubnis und Genehmigung des Umweltschutzamtes im Landratsamt Karlsruhe vom 21.01.1977 wurden den Stadtwerken folgende Entnahmen erlaubt: Brunnen I, II und III zusammen 25 l/s, max. 2.160 m³/Tag, max. 400.000 m³/Jahr. Durch entsprechende schalttechnische Vorrichtungen können jeweils nur Br. I und III mit 29 l/s und Brunnen II und III mit 32 l/s betrieben werden. Im Jahresdurchschnitt beträgt die Förderzeit rd. 12 Stunden am Tag, wobei an heißen Sommertagen bis 18 Stunden am Tag die Brunnenpumpen Grundwasser fördern.

Die zuvor genannten Angaben waren Grundlage für das Hydrogeologische Abschlussgutachten zur Ausweisung eines Wasserschutzgebietes für die Brunnen 1, 2 und 3 im Gewann „Obere Au“ des GLA B. – W. vom 23.11.1989. Die fachtechnische Abgrenzung des WSG erlaubte eine geplante Erhöhung auf 35 l/s bzw. 400.000 m³/Jahr, da die Entnahmemenge von der Neubildungsfläche durch den Schutzgebietsvorschlag voll abgedeckt ist. Die Erhöhung der Entnahmemenge auf 35 l/s wurde am 24.08.1989 bewilligt. Für die Einzelentnahmen beträgt die maximale Förderung 12 l/s aus Brunnen 1, 9 l/s aus Brunnen 2 und 22 l/s aus Brunnen 3.

Am 03.12.2007 wurde von der Energie- und Wasserversorgung Bruchsal GmbH (ewb GmbH) eine Neuerteilung und Erweiterung der Grundwasserentnahme aus den Brunnen I – III beantragt. Die bisher gültige Jahresfördermenge wurde um 50.000 m³ auf 450.000 m³ erhöht, während die maximale Fördermenge um 1 l/s auf 34 l/s gesenkt wurde. Für die Einzelentnahmen beträgt die maximale Förderung je 12 l/s aus Brunnen I und II und 22 l/s aus Brunnen 3. Die wasserrechtliche Erlaubnis des Landratsamtes Karlsruhe wurde am 14.03.2008 erstellt und gilt mit einer Befristung bis Ende 2033.

Bei einer Prognose der Entwicklung der Einwohnerzahl für die beiden Ortsteile Heidelshiem und Helmsheim wird bis 2027 ein Rohwasserbedarf von ca. 443.000 m³, das sind 15% mehr als derzeit, berechnet. Das bedeutet, dass die bewilligte Jahresfördermenge von 450.000 m³ an Rohwasser bis 2027 ausreicht.

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

3.5 AUFBEREITUNG

Von 1980 – 1982 wurde auf Flst.Nr. 13260 das Wasserwerk erstellt und im Oktober 1982 offiziell in Betrieb genommen. Die Aufbereitung beinhaltet eine Oxidation mit anschließender Filtration über Quarzfilterkies und einer Nachchlorung. Mit Antrag vom 17.08.1994 wurde die Nachchlorung durch eine UV-Desinfektionsanlage ersetzt. Die Chlordosieranlage wurde weiterhin für den Störfall vorgehalten.

Im Dezember 2005 wurde eine CARIX-Anlage (Enthärtungsanlage) in Betrieb genommen, die das Wasser mit einer Gesamthärte von 28°dH auf unter 14°dH reduzieren. Das Verfahren dient neben der Entfernung der Härtebildner Calcium und Magnesium gleichzeitig die Entfernung von Nitrat, Sulfat und Chlorid. Der wesentliche Vorteil des Verfahrens liegt in der Regeneration der Austauscher. Anstelle der herkömmlich angewendeten Säuren und Laugen wird als Regenerationsmittel CO₂ eingesetzt. Durch die Wahl von CO₂ findet keine Aufsalzung im Rein- und Abwasser durch Chemikalien statt. Im Abwasser fällt nur die Salzmenge an, die zuvor aus dem Rohwasser entfernt wurde. CO₂ wird bis zu 95% zurück gewonnen und im Prozess wieder verwendet.

4 GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

Zur Darstellung der geologischen Verhältnisse zwischen Bruchsal und Diedelsheim wurde im LGRB-Archiv nach aussagekräftigen Aufschlüssen systematisch gesucht und die für die Schnitterstellung brauchbaren Aufschlüsse aufgelistet (Anlage 4.1 und 4.2). Zur genauen Bestimmung der erbohrten Gesteinsschichten in den neuen Grundwassermessstellen „PG 13 (Antoniuskapelle)“ und „PG 12 (Fischzucht)“ und in dem 1954 gebauten Brunnen „TB I Gondelsheim“ wurden zusätzlich Gamma-Log-Messungen durchgeführt.

4.1 STRATIGRAPHIE

Der Bereich zwischen Bruchsal und Bretten ist mit Löß, Lößlehm und anderen quartären Deckschichten überlagert. Nach bisheriger Kenntnis steht der Obere Muschelkalk (mo) im Saalbachtal direkt unter den quartären Schichten an. Die Talhänge sind aus Unterkeuper aufgebaut und an den östlichen Talhängen schließt sich darüber eine geschlossene Gipskeuperüberdeckung an.

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

4.2 SCHICHTLAGERUNG UND TEKTONIK

Das generelle Schichtfallen im Saalbachtal zwischen Bretten und Bruchsal geht in östliche bis nord-östliche Richtung mit einer südlich von Heidelberg liegenden Schichteinmündung. In der Schichtlagerungskarte ist eine SW-NO-verlaufende Störungszone bekannt, die westlich von Gondelsheim bis östlich von Helmsheim im Saalbachtal vor Heidelberg endet.

Das Querprofil Nord (LGRB-Aufschlussnrn. von West nach Ost (Kartenblatt 6817, Nr. 971, 1369, 1370, 1403, 3, 1515 und 22) zeigt ein Schichtefallen nach NO (Anlage 5.1).

Das Querprofil Mitte Nord (LGRB-Aufschlussnrn. von West nach Ost (Kartenblatt 6917, Nr. 80, 1009, 396, 397, 1594 und Kartenblatt 6818, Nr. 36) zeigt die Muldenstruktur im Saalbachtal. Es ist nicht auszuschließen, dass die Muldenstruktur nicht allein durch Schichtenverbiegungen, sondern durch Grabenbrüche (tektonische Störungszonen) verursacht wird (Anlage 5.2).

Das Querprofil Mitte Süd (LGRB-Aufschlussnrn. von West nach Ost (Kartenblatt 6917, Nr. 192, 1032, 1593, 72, 84 und Kartenblatt 6918, Nr. 276) zeigt ebenso wie zuvor die Muldenstruktur im Saalbachtal (*Anlage*). Die Bruchzone westlich von Helmsheim zwischen Nr. 192 und 1032 setzt sich nach Norden zwischen Nr. 80 und 1009 im Querprofil „Mitte Nord“ fort (Anlage 5.3).

Das Querprofil Süd (LGRB-Aufschlussnrn. von West nach Ost (Kartenblatt 6917, Nr. 25, 481, 9 und Kartenblatt 6918, PG 13) zeigt westlich des Saalbaches bzw. südwestlich von Gondelsheim eine Aufwölbungsstruktur (Nr. 481), die als Bruchzone angelegt sein kann (Anlage 5.4).

Das Ansteigen der Schichten im Saalbachtal von Norden bei Heidelberg bis nach Süden zwischen Gondelsheim und Diedelsheim endet hier. Insbesondere westlich des Saalbaches konnte die Bruchtektonik nachgewiesen werden. Die Störungszonen sind bevorzugt in SW-NO-Richtung angelegt (Anlage 6).

5 HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

5.1 GRUNDWASSERLEITER

In dem betrachteten Gebiet sind folgende Grundwasserstockwerke, stratigraphisch von oben nach unten, vorhanden:

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

1. quartärer Porengrundwasserleiter des Saalbachtales sowie einzelne GW-Vorkommen in den Deckschichten über Festgesteinen
2. Kluftgrundwasserleiter des Keupers (Gipskeuper, Unterkeuper) sind lokal begrenzt und werden hauptsächlich von Quellen entwässert; in früherer Zeit wurden zahlreiche Quellaustritte für die Wasserversorgung genutzt
3. Kluft- bzw. Karstgrundwasserleiter des Oberen Muschelkalks (mo2 und mo1 oberhalb Haßmersheimer Schichten sowie das tiefere Teilstockwerk der Oberen Dolomit-Formation des Mittleren Muschelkalks zusammen mit den Zwergfaunaschichten des mo1) ist der Hauptgrundwasserleiter in dieser Region

Der Hauptgrundwasserleiter wird durch die 3 Trinkwasserbrunnen in Heidelberg, die 2 ehemaligen Trinkwasserbrunnen Neibsheim und TB Gondelsheim sowie durch die Beregnungsbrunnen an den Sportplätzen in Helmsheim und Gondelsheim und bei den Aussiedlerhöfen Lichtner und Schwedes genutzt. Nördlich der 3 Heidelheimer Brunnen wird das Grundwasser im Oberen Muschelkalk von den beiden Golfplatzbrunnen und vom Brauchwasserbrunnen „Aussiedlerhof Welz“ erschlossen. Die beiden Brunnen der Malzfabrik „Durst“ in Heidelberg fördern Grundwasser aus dem Oberen Muschelkalk zusammen mit dem Unterkeuper.

Der regional zusammenhängende Grundwasserleiter des Oberen Muschelkalks reicht bis zur Bauschlotter Platte nördlich von Pforzheim und reicht grundwasserstromabwärts bis zum Oberrheingraben bei Bruchsal. Die in der HGE Südlicher Kraichgau (2011) dargestellten Grundwassergleichpläne – erstellt anhand von Stichtagsmessungen im September 2009 und Mai 2010 – zeigen Fließrichtungen generell nach Norden bis Nordwesten, wobei der Saalbach eine gewisse Vorflutwirkung hat.

Anlage 7 (Längsschnitt Nord) zeigt das Verhältnis des Saalbaches zum mo-Grundwasser, das sich mit dem „Schwallenbrunnen“ zwischen Heidelberg und Bruchsal ändert. Südlich des Schwallenbrunnens fließt der Saalbach bis zu mehreren Metern über der Grundwasseroberfläche des mo. Nördlich des Schwallenbrunnens ist dagegen der Grundwasserspiegel nahezu identisch mit dem Saalbachwasserspiegel. Der „Schwallenbrunnen“ besteht aus mehreren Quellen am Hangfuß des Schwallenbergs, die in einem großen Quelltopf in rd. 128 m ü. NN austreten. Es handelt sich sehr wahrscheinlich um Überlaufquellen, in denen das mo-Grundwasser im tief eingeschnittenen Saalbachtal zutage tritt. Nach überschlägigen Messungen betrug die Schüttung des Schwallenbrunnens im Jahr 1956 im Mittel rd. 300 l/s. 1992 ist er aufgrund überregionales Absinken von Grundwasserständen nach 1988 trockengefallen. Zwischen 1988 und 1992 fiel der Wasserstand des Oberen Muschelkalks im Brunnen I Heidelberg um 5,5 m.

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

Aus diesem zusammenhängenden Grundwasserleiter sind Grundwasserentnahmen erlaubt von

Br. I – III Heidsheim mit 450.000 m³ im Jahr

Br. I und II „Durstmalz“ in Heidsheim mit 18 l/s (Br. I) und 40 l/s (Br. II) mit einer tatsächlichen Entnahme von rd. 400.000 m³ im Jahr (allerdings Entnahme aus mo + ku)

Br. 1 und 2 Golfclub Bruchsal mit 15.800 m³ im Jahr

Br. Gondelsheim mit 5.500 m³ im Jahr

Br. Lichtner mit 3.600 m³ im Jahr

weitere Brunnen (Sportplätze Helmsheim u. Gondelsheim, TB Diedelsheim) mit untergeordneten Entnahmemengen

5.2 GRUNDWASSERFLIESSYSTEM

Die in der HGE dargestellten Grundwassergleichen im mo basieren im betrachteten Gebiet auf Stichtagmessungen in maximal 5 Brunnen/Grundwassermessstellen, welche für eine Abgrenzung des Wasserschutzgebietes ergänzt werden müssen. Mit dem Hydrogeologischen Zwischengutachten zur Neuabgrenzung des Wasserschutzgebietes für die Brunnen I – III Heidsheim vom 08.08.2007 wurde vom LGRB ein Untersuchungsprogramm vorgeschlagen, in das die 2010 errichteten Grundwassermessstellen PG 12 (Fischzucht) und PG 13 (Antoniuskapelle) einbezogen wurden.

Die Grundwasserspiegelmessungen und der Grundwasserchemismus wurden an 14 Grundwasseraufschlüssen vom Februar bis Juni 2011 umgesetzt. Im Ergebnis zeigen die Grundwasserspiegelmessungen den generellen Grundwasserstrom im Saalbachtal von SSO nach NNW sowie östlich des Saalbaches von Ost nach West zum Saalbach. Im Chemismus zeigen sich nur geringfügige Unterschiede (Nitrat, Sulfat) und alle untersuchten Grundwässer sind nach PIPER normal erdalkalisch, überwiegend hydrogencarbonatisch.

Im April 2013 wurde nochmals eine Grundwasserstichtagmessung an 15 Brunnen/Messstellen sowie am Überlauf des Schwallenbrunnens durchgeführt. Unter Einbeziehung zweier Grundwasserstände aus älterer Zeit vom Brunnen Lichtner (Nr. 80) und vom Versuchsbrunnen I/97 Gondelsheim (481) westlich des Saalbaches zeigt der Grundwassergleichenplan sehr deutlich die Vorflutfunktion des Saalbachtals, nicht jedoch des Saalbaches selbst, da der Saalbach bis zum Schwallenbrunnen oberhalb des Grundwasserspiegels im mo liegt (Anlage 8).

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

Der Grundwassergleichenplan in Anlage 8.2 zeigt kein einheitliches Grundwassergefälle:

- Östlich des Saalbaches ist das Grundwassergefälle zwischen Neibsheim/Diedelsheim zum Saalbach sehr hoch, was auf eine geringe Durchlässigkeit des Oberen Muschelkalks hinweist.
- Westlich des Saalbaches ist das Grundwassergefälle zum Saalbach auf Höhe von Heidelheim ebenfalls hoch, auch dann, wenn der Grundwasserspiegel im Brunnen Lichtner (Staighof) etliche Meter tiefer liegen würde als die damals gemessene Höhe von rd. 159 m ü. NN.
- Im Saalbachtal sind drei unterschiedliche Grundwassergefälle zu erkennen: 0,3% bis fast 0,4% zwischen Diedelsheim und Gondelsheim-Nord und nördlich von Gondelsheim bis Helmsheim, rd. 1,6% von Gondelsheim-Nord bis nördlich von Gondelsheim und 0,15% zwischen Heidelheim und Ölmühle zwischen Schwallenbrunnen und Bruchsal. Das höhere Gefälle ist auf eine geringere Durchlässigkeit im mo im Saalbachtal zurückzuführen und wirkt wie eine Kaskadenstufe, während das seichte Gefälle nördlich von Helmsheim auf den Stau- bzw. Schwelleneffekt des Schwallenbrunnens zurückgeführt werden kann.

Die Unterschiede des Grundwassergefälles im Saalbachtal selbst und im seitlichen Hügelland werden durch verschiedene Durchlässigkeiten verursacht. Anhand alter Aufzeichnungen wurden die Förderaten mit den dazugehörigen Absenkungen von Brunnen im Oberen Muschelkalk in Tabelle 1 aufgelistet und in einem Diagramm in Anlage 9 dargestellt. Die Brunnen im Hügelland westlich und östlich des Saalbachtals weisen mit durchschnittlich $5,76 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ deutlich geringere Q/s-Werte auf als die Brunnen im Saalbachtal mit durchschnittlich $2,45 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Eine Ausnahme im Bereich der Hügellandaufschlüsse bildet der Brunnen Stadion Helmsheim mit einem überdurchschnittlichen Q/s-Wert von $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Die bessere Durchlässigkeit ist auf die Lage des Brunnens unmittelbar neben einer Störung zurückzuführen (Anlage 6).

Der unterdurchschnittliche Q/s-Wert in Br. 2 Heidelheim ist auf den sperrigen Gegenstand (Platte) am Übergang unverrohrte/verrohrte Bohrung zurückzuführen (Anlage 2.2). Die Ursache des ebenfalls geringeren Q/s-Wertes im Br. Neibsheim ist derzeit nicht bekannt.

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

Bezeichnung	Arnum	Datum	Förder- rate Q	Absen- kung s	Q/s in m ² /s
Grundwasseraufschlüsse beidseits des Saalbachtales					
GWM 2 AA Münzes- heimer Berg	BO 6817/1403	17.11.1999	0,95 m ³ /Std.	2,4 m	1,1 · 10 ⁻⁴
Br. Staighof (Lichtner)	BO 6917/80	Juli 1968	3,24 m ³ /Std.	ca. 5 m	1,8 · 10 ⁻⁴
Br. Schwedes	BO 6917/78	23.12.1965	11,16 m ³ /Std.	7,3 m	4,2 · 10 ⁻⁴
Br. Ölgötz	BO 6917/23	Juli 1959	2,7 m ³ /Std.	12,0 m	6,3 · 10 ⁻⁵
Br. Stadion Helmsheim	BO 6917/1593	23.10.2006	14,90 m ³ /Std.	1,73 m	2,4 · 10 ⁻³
Wasserbohrung Neibsheim	BO 6918/276	17.08.1961	9,0 m ³ /Std.	ca. 9 m	2,8 · 10 ⁻⁴
durchschnittlicher Q/s-Wert					5,8 · 10⁻⁴
Grundwasseraufschlüsse im Saalbachtal					
Br. Nagel	BO 6817/791	Juli 1959	5,4 m ³ /Std.	0,1 m	1,5 · 10 ⁻²
Br. 1 Heidelshiem	BO 6917/521	März 1962	43,2 m ³ /Std.	0,75 m	1,6 · 10 ⁻²
Br. 2 Heidelshiem	BO 6917/46	16.01.1964	32,4 m ³ /Std.	6,4 m	1,4 · 10 ⁻³
Br. 3 Heidelshiem	BO 6917/402	?	75,6 m ³ /Std.	0,34 m	6,1 · 10 ⁻²
Br. Neibsheim	BO 6917/1010	Juli 1964	12,6 m ³ /Std.	3,4 m	1,0 · 10 ⁻³
P VII Gondelsheim	BO 6917/375	Juli 1982	39,6 m ³ /Std.	0,20 m	5,5 · 10 ⁻²
P VI Diedelsheim	BO 6918/356	Juli 1982	39,6 m ³ /Std.	0,50 m	2,2 · 10 ⁻²
durchschnittlicher Q/s-Wert					2,5 · 10⁻²

Tab. 1: Zusammenstellung von Pumpversuchen im Saalbacheinzugsgebiet zwischen Bruchsal und Diedelsheim

Die ergiebigen Brunnen Durstmalz in Heidelshiem im Saalbachtal wurden hier nicht berücksichtigt, da die Brunnen das Grundwasser aus dem Oberen Muschelkalk und dem Unterkeuper erfassen.

5.3 HYDROCHEMIE, ISOTOPEN UND FLIESSYSTEM (ZUSAMMENFASSUNG)

Unter Einbeziehung hydrochemischer Untersuchungen und Isotopenuntersuchungen des Büros Hydro-Geo± Dr. Heinz konnten folgende Erkenntnisse über das Fließsystem gewonnen werden (Auszüge aus dem Gutachten vom 13.08.2013 in Anlage 10):

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

Im Bereich der zentralen Saalbachtalachse finden intensive Mischungsprozesse von Grundwässern im Oberen Muschelkalk statt. Unterschiede in der hydrochemischen Beschaffenheit zeigen sich nur in Nuancen. Hierzu gehört insbesondere der Aufbruch von stärker sulfathaltigen Grundwässern im Saalbachtal zwischen TB I Neibsheim und Gondelsheim, der Bereich mit dem größten Grundwassergefälle.

Nur bei Betrachtung längerer Zeitreihen sind systematische Unterschiede in der Grundwasserbeschaffenheit der drei Heidelheimer Brunnen zu erkennen. So zeigt der im Westen gelegene Brunnen 3 vergleichsweise höhere Nitrat- und Chloridgehalte als der im Osten gelegene Brunnen 1. Der Brunnen 3 zeigt dagegen meist niedrigere Sulfatgehalte als Brunnen 1. In diesen geringen Unterschieden kommt zum Ausdruck, dass sich einem zentralen Grundwasserabstrom im Saalbachtal seitlich Grundwässer zumischen, die geringfügig in der Beschaffenheit vom Hauptstrom abweichen.

Im Schwallenbrunnen, der den tiefsten Überlauf des Muschelkalk-Fließsystems im Saalbachtal darstellt, vermischen sich alle Einflüsse aus dem Einzugsgebiet. Die Grundwasserbeschaffenheit des Schwallenbrunnens ist sehr ähnlich zu der der Brunnen Heidelheim. Da die Mitte des Saalbachtals durch gering durchlässige quartäre Sedimente „plombiert“ ist, dürften die wichtigsten Neubildungsgebiete für das Muschelkalkgrundwasser die Nahbereiche der Talflanken entlang des Saalbachtals in Richtung Süden sein. Hinweise auf Uferfiltrat ergaben sich für die Brunnen Heidelheim nicht.

Die mehr- und langjährigen Trends bei einzelnen Grundwasserinhaltsstoffen stehen im Zusammenhang mit den Variationen bei der Grundwasserneubildungshöhe. Weiterhin ist noch ein „Bewirtschaftungsfaktor“ zu vermuten. So ist durchaus vorstellbar, dass die Außerbetriebnahme der oberstromig gelegenen Brunnen von Neibsheim, Gondelsheim und Diedelsheim dazu geführt hat, dass die früher dort geförderten Grundwässer nun auch zum Schwallenbrunnen abströmen. Insbesondere der markante Rückgang der Nitratgehalte in den Brunnen Heidelheim ab etwa 2007 und der damit einhergehende leichte Anstieg bei den Sulfatgehalten könnten hierauf hinweisen. Zum Sulfatgehalt liegen aber nur sehr wenige Messwerte vor, so dass diese Aussage unsicher ist.

6 PUMPVERSUCHE

Leider sind die Pumpversuche nach Erstellung der drei Trinkwasserbrunnen 1962 und 1964 nicht mehr auffindbar. Da jedoch fortlaufende, digitale Aufzeichnungen der Grundwasserspiegel und der Entnahmemengen aus Brunnen 1 und 3 im Minutentakt vorliegen, wurde auf aufwendige Pumpversuche im Rahmen von Revisionsarbeiten 2012 verzichtet, zumal sich herausstellte,

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

dass mit Pumpbeginn eine sofortige Grundwasserspiegelabsenkung innerhalb einer Minute und umgekehrt bei Pumpende ein sofortiger Grundwasserspiegelanstieg in allen 3 Brunnen stattfindet.

Es wurden die Betriebsdaten der 3 Brunnen vom 10. – 14.02.2013 zur Pumpversuchsauswertung herangezogen (Anlage 11). In diesem Zeitraum gibt es 4 große Pumpspausen aller drei Brunnen, die in Tabelle 2 mit den jeweiligen Grundwasserständen am Ende der Pumpspausen zusammengestellt sind.

Grundwasserstände am Ende der Pumpspausen (m u. MP)					
Datum	Pumpspause von - bis	Länge der Pumpspause	Br. 1	Br. 2	Br.3
10.02.2012	17:56 - 22:42 Uhr	4 h 38 min	7,43	7,24	7,45
11.02.2012	5:34 - 9:21 Uhr	3 h 47 min	7,49	7,32	7,51
13.02.2012	8:36 - 13:58 Uhr	5 h 22 min	7,45	7,27	7,47
14.02.2012	11:42 - 14:23 Uhr	2 h 19 min	7,51	7,34	7,55

Tab. 2: Pumpspausen und Grundwasserstände im Zeitraum 10. – 14.02.2012

Während der Pumpbetriebe fördern Br. 1 und 2 in der Regel zusammen und Br. 3 separat. Br. 3 fördert doppelt soviel als in Br. 1 oder 2.

Am 13. und 14.02. ist Br. 1 jeweils für 1,5 Stunden allein und Br. 2 jeweils für rd. 10 Minuten allein in Pumpbetrieb. Br. 3 kann dagegen war stundenlang am 10., 11., 13. u. 14.02.2012 alleine in Betrieb.

Die Reaktionen während der Förderungen sind auf die benachbarten Brunnen sehr gering (wenige cm). So reagiert der Grundwasserspiegel in Br. 1 und 2 während Pumpbetrieb in Br. 3 mit jeweils 4 cm Absenkung und umgekehrt mit rd. 4 cm in Br. 3 während des Pumpbetriebes in Br. 1 und 2.

Die Messwerte in Anlage 11 zeigen eine sofortige Absenkung zum Gleichgewichtszustand. Das hat für die Bestimmung der Transmissivität zur Folge, dass ein Typkurvenverfahren hier nicht anwendbar ist.

In Anlage 12 sind die mittleren Entnahmemengen mit den zugehörigen Absenkungen jeweils nach Pumpspausen für alle 3 Brunnen zwischen dem 10. – 14.02.2012 zusammengestellt. Die Q/s-Werte entsprechen den T-Werten, wobei der Faktor 1,22 nach LOGAN hier vernachlässigt wird. Für jeden Brunnen wurde anhand der Einzelwerte der T-Wert gemittelt (letzte Spalte in Anlage 12).

Die einzelnen T-Werte der 3 Brunnen wurden in einem Q/s-Diagramm in Anlage 13 dargestellt und zeigen durch die Regressionsgeraden den gespannten Grundwasserleiter. Lediglich in Br. 2 zeigt sich mit steigender Förderrate ein ganz leichter Abfall, der durch die im Bohrloch querstehende Stahlplatte einem „Brunnenverlust“ gleichzusetzen ist. Da das mo-Grundwasser vom Grundwasserleiter direkt in das Bohrloch gepumpt wird, entfallen die Einflüsse des Brunnenausbaus (Brunnenverlust, skin-Effekt).

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

Die 3 Brunnen zeigen bei der gleichen Absenkung unterschiedliche Entnahmeraten:

Brunnen 3 zeigt eine Entnahmerate von rd. 17 l/s bei einer Absenkung von 0,5 m

Brunnen 1 zeigt eine Entnahmerate von rd. 8 l/s bei einer Absenkung von 0,5 m

Brunnen 2 zeigt eine Entnahmerate von rd. 2,5 l/s bei einer Absenkung von 0,5 m

7 EINZUGSGEBIET

Zur Berechnung der 50-Tage-Linie, anhand derer das LGRB die Schutzzone II abgrenzen wird, wird das Berechnungsverfahren „Strömungsdistanzen nach WYSSLING (1979) in BOLSENKÖTTER et al. (1984)“ angewendet, zumal keine Markierungsversuche zur Ermittlung der Abstandsgeschwindigkeiten vorliegen. Die Ergebnisse können daher nur näherungsweise für die Schutzzonenausweisung im Karst herangezogen werden.

Für die Berechnung der 50-Tage-Linie an einem imaginären, zentral gelegenen Brunnen wird die maximal wasserrechtlich erlaubte Tagesentnahme von $Q = 2.160 \text{ m}^3/\text{Tag} = 90 \text{ m}^3/\text{Std.} = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$ (Br. 1 – 3) verwendet.

Nach Kap. 5.2 liegt ein Grundwassergefälle $i = 0,0015$ vor. Als beim Strömungsvorgang wirksame Porosität p (= nutzbares Hohlraumvolumen) wird für klüftige Kalksteine ein Wert von 0,05 (Mittelwert) angesetzt. Je nach Lösungsprozessen im Kalkstein kann das nutzbare Hohlraumvolumen im Kalkstein bis zu 0,25 steigen. In vergleichbaren Karstgrundwasserleitern wird in einigen Hydrogeologischen Gutachten des LGRB eine wirksame Porosität von 0,05 und in der HGK Heilbronner Mulde für den Muschelkalkkarst eine wirksame Porosität von 0,01 angegeben.

Zur Berechnung der 50-Tage-Linie werden folgende Ausgangsgrößen verwendet:

Fördermenge Q:	0,025 m ³ /s (genehmigte Menge)
Aquifermächtigkeit H:	23 m (46 m Brunntiefe abzüglich 23 m ku, abgesperrt)
Durchlässigkeitsbeiwert kf:	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$
Transmissivität T:	$3,44 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
nutzbares Hohlraumvol. p:	0,01
Gefälle i:	0,0015

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

Mit unten stehenden Formeln sind folgende Ergebnisse berechnet worden:

$$\begin{aligned}
 \text{Entnahmebreite } B &= Q / kf \cdot H \cdot i &= & 484 \text{ m} \\
 B \text{ auf Brunnenhöhe} &= B/2 &= & 242 \text{ m} \\
 \text{Untere Scheitelung } x_0 &= B/2\pi &= & 77 \text{ m} \\
 \text{Abstandsge-} \\
 \text{schwindigkeit } v_0 &= kf \cdot i \cdot 86400 / p &= & 19,4 \text{ m/Tag} \\
 \text{50-Tage-Linie nach} \\
 \text{LANDES } s_{ou} &= \pm d + \sqrt{d \cdot (d+8x_0)}/2 && \text{ mit } d = v_0 \cdot 50 \text{ Tage} \\
 s_o &= 508 \text{ m (Strecke stromaufwärts des Brunnens)} \\
 s_u &= -135 \text{ m (Strecke stromabwärts des Brunnens)}
 \end{aligned}$$

Die Aquifermächtigkeiten werden alternativ berechnet mit 57 m (80 m bis Top HM – 23 m ku). Die Berechnungsergebnisse der 50-Tage-Linie mit den beiden verschiedenen Aquifermächtigkeiten sind in Tab. 3 zusammengestellt. Der T-Wert ist mit $3,44 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ konstant. Bei konstantem T sind die berechneten Größen B, B/2 und B/2 π ebenso konstant.

Mächtigkeit M des Aquifers	Durchlässigkeits- beiwert kf	Abstandsge- schwindigkeit v_0	50 Tage Laufzeit stromaufwärts s_o	50 Tage Laufzeit stromabwärts s_u
23 m	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	19,4 m/Tag	1.105 m	-135 m
57 m	$6,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	7,8 m/Tag	508 m	-118 m

Tab. 3: Ergebnisse der Strömungsdistanz der 50-Tage-Linie bei verschiedenen Aquifermächtigkeiten und einem nutzbaren Hohlraumvolumen von 0,01 nach LANDES

Bei größeren Aquifermächtigkeiten ist die 50-Tage-Laufzeitstrecke mit der Entnahmebreite B nahezu gleich.

In Tab. 4 sind Ergebnisse zusammengestellt, wenn man anstatt des nutzbaren Porenraums p von 0,01 hier 0,05 verwendet.

Mächtigkeit M des Aquifers	Durchlässigkeits- beiwert kf	Abstandsge- schwindigkeit v_0	50 Tage Laufzeit stromaufwärts s_o	50 Tage Laufzeit stromabwärts s_u
23 m	$1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	3,9 m/Tag	296 m	-101 m
57 m	$6,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	1,6 m/Tag	158 m	-78 m

Tab. 4: Ergebnisse der Strömungsdistanz der 50-Tage-Linie bei verschiedenen Aquifermächtigkeiten und einem nutzbaren Hohlraumvolumen von 0,05

HYDROGEOLOGISCHES BÜRO DR. KÖHLER

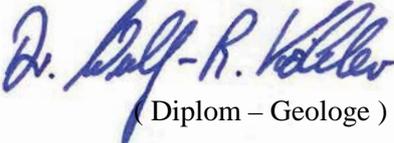
Die in Tabellen 3 und 4 erzielten Ergebnisse der 50-Tage-Linie sind stark abhängig von dem nutzbaren Hohlraumvolumen und schwanken zwischen knapp 300 m und rd. 1.100 m bei einer Aquifermächtigkeit von 23 m.

Die fachliche Abwägung, welche Werte letztendlich für die Schutzgebietsabgrenzung verwendet werden, liegt letztendlich beim LGRB.

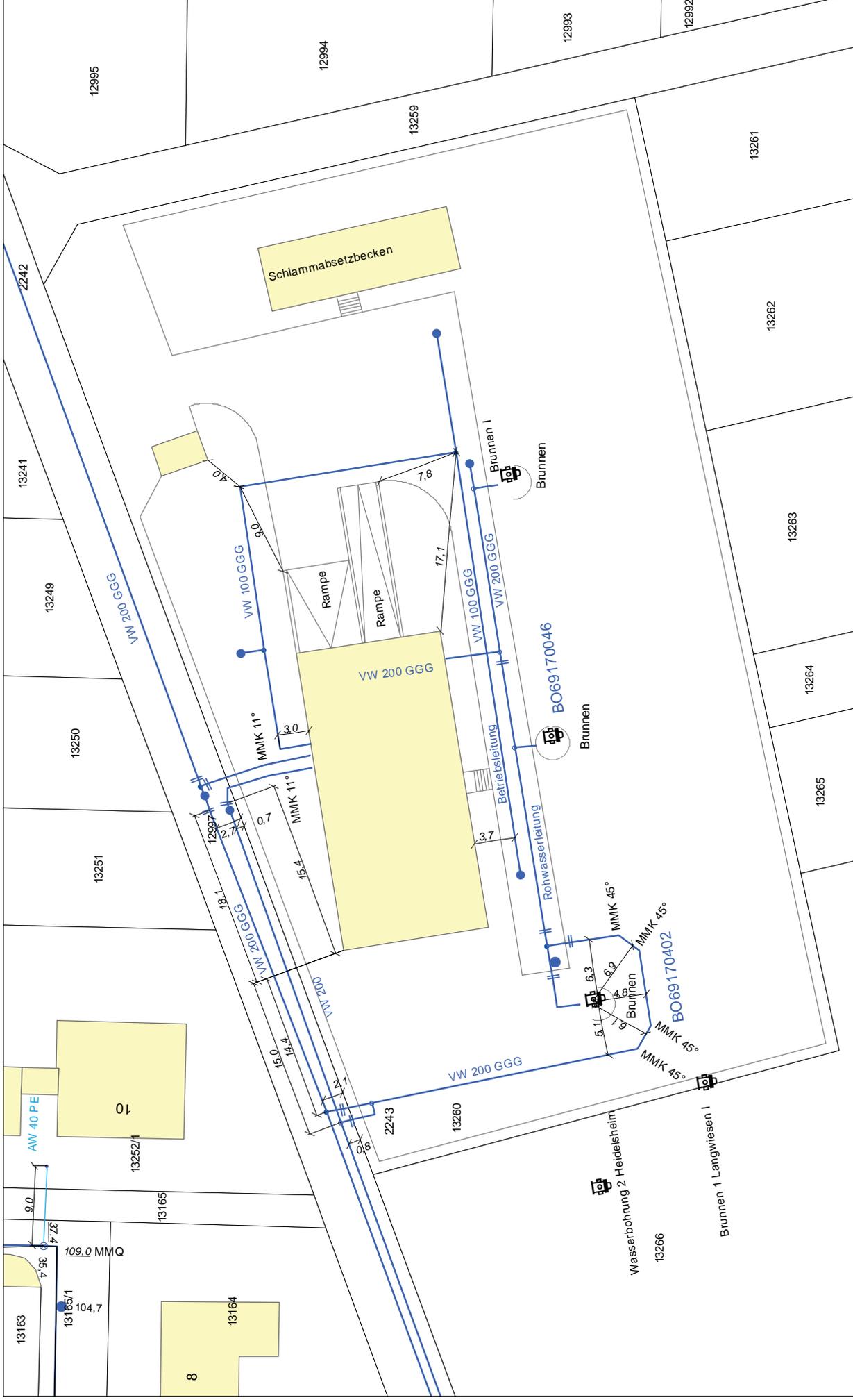
Die Ergebnisse der Laufzeitstrecken werden entsprechen den hydrogeologischen Kriterien bei der Bemessung von Wasserschutzgebieten für Grundwasserfassungen (BOLSENKÖTTER et. Al., 1984) auf das Saalbachtal übertragen.

Da der Hauptgrundwasserstrom im mo im Saalbachtal stattfindet, wird die Außengrenze des Grundwasserzustroms bis zum nächst südlichen WSG „Bauschlotter Platte“ zwischen Bretten und Gondelsheim begrenzt werden können. Das links und rechts des Saalbachtals anstehende Hügelland befindet sich im Weiteren Einzugsgebiet der Heidelheimer Brunnen, sofern diese in das Saalbachtal entwässern.

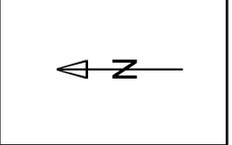
Saalbachtalabwärts wird der Grundwasserleiter durch den „Schwallenbrunnen“ begrenzt. Zwar hat die Nutzung zwischen unterstromiger Begrenzung der Heidelheimer Brunnen bis zum Schwallenbrunnen keinen Einfluss auf die Grundwasserbeschaffenheit in den 3 Heidelheimer Brunnen, jedoch wird das Abflusssystem des mo-Grundwasserleiters im Saalbachtal durch den Schwallenbrunnen gesteuert, so dass in Bezug auf deutliche Grundwasserentnahmeänderungen oder zusätzliche Entnahmen in diesem Gebiet durchaus Folgen für die Heidelheimer Brunnen entstehen können. Daher ist das Gesamt-abflusssystem bis zum Schwallenbrunnen in der Schutzzonenabgrenzung zu berücksichtigen.


(Diplom – Geologe)

Anlage 1



Maßstab	1:500
Blatt	
Bearbeiter	Luft
Datum	02.09.2013
Auftrag	



Bestandsplan Lageplan Wasserwerk Heidisheim

Die Pläne dienen nur zur Groborientierung
Die Haftung für unrichtige Leitungseintragung ist ausgeschlossen



Anlage 2.1

16 Seiten

B I L D P R O T O K O L L

Auftraggeber: Energie- und Wasserversorgung Bruchsal GmbH
(EWB GmbH)

Objekt : Brunnen 1 im Wasserwerk Heidelberg

- Untersuchungsdatum : 22.03.2012
 - Ausführung : AQUAPLUS® Brunnensanierung
GmbH & Co. KG
96317 Kronach, Fischbach 29
 - Untersuchungstechniker: Herr Mayer
 - Untersuchungsgrund : Zustandsaufnahme
 - Teilnehmer : Herr Frank, EWB GmbH
 - Objektdaten:
 - Solltiefe : ca. 49 m
 - Isttiefe : 45,9 m
 - Durchmesser : DN 340 / ca. 500 mm bis 600 mm
 - Ausbaumaterial: Stahl-Hagusta / Offene Bohrung im
Oberen Muschelkalk
 - Meßpunkt 0,0 m: Oberkante Brunnenkopf
-

- +0,0 m: Oberkante Brunnenkopf
 - 0,6 m: Oberkante Aufsatzrohr
(Stahl-Hagusta DN 340)
 - 7,4 m: Wasserspiegel
 - 24,8 m: Verrohrungsende DN 340
 - 24,8 m: Beginn der offenen Bohrung
im Oberen Muschelkalk
 - 45,9 m: Auflandung
 - 45,9 m: Untersuchungsende
-

U.-Nr.: Sr/Ma082_2

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser



Bild Nr. 1 Tiefe: -0,2 m
Im Sperrohr; die Hagusta-Beschichtung des Aufsatzrohres DN 340 ist großflächig defekt -> Korrosionen und Ablagerungen am Ausbau



Bild Nr. 2 Tiefe: -1,0 m
Im Aufsatzrohr; die Hagusta-Beschichtung ist defekt (abgeplatzt) -> Korrosionen und Ablagerungen am Aufsatzrohr

Mehr Wasser



Bild Nr. 3 Tiefe: -2,0 m
Im Aufsatzrohr; die Hagusta-Beschichtung ist defekt; ehemals undichte Rohrverbindung mit alten, harten Zementations-Ablagerungen

Mehr Wasser

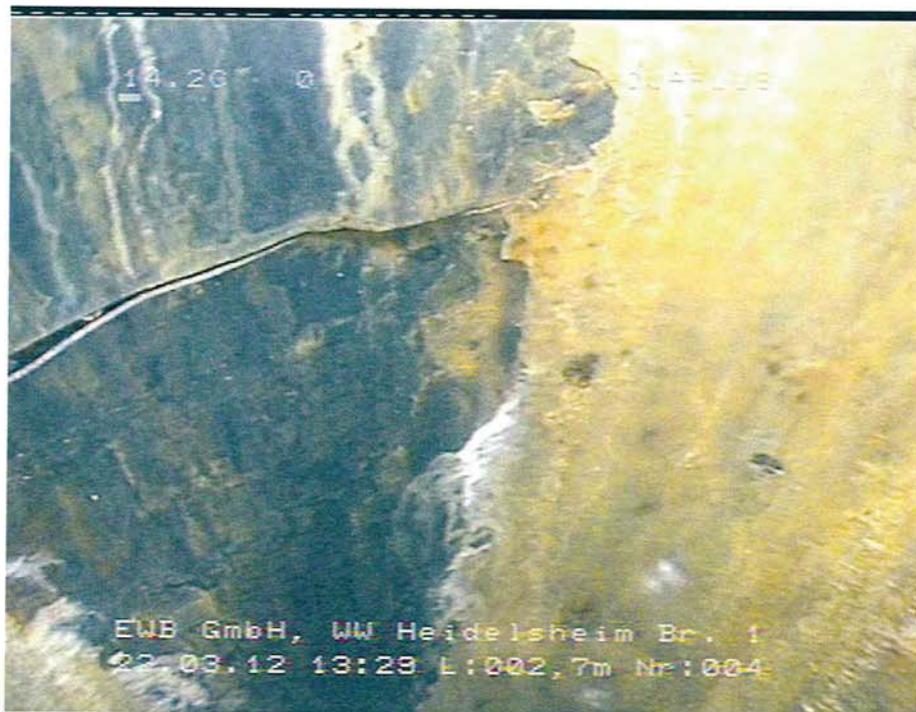


Bild Nr. 4 Tiefe: -2,7 m
Im Aufsatzrohr; alte Zementations-Ablagerungen am Ausbau; Hagusta-Beschichtung ist defekt -> Korrosionen am Aufsatzrohr

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser



Bild Nr. 5 Tiefe: -4,5 m
Im Aufsatzrohr; relativ starke Ablagerungen
und vor allem alte, harte Zementations-Ab-
lagerungen an der Rohrwand



Bild Nr. 6 Tiefe: -6,8 m
Im Aufsatzrohr; Korrosionen, Ablage-
rungen und alte Zementationen an der
Rohrwand; Blick auf den Wasserspiegel

Mehr Wasser

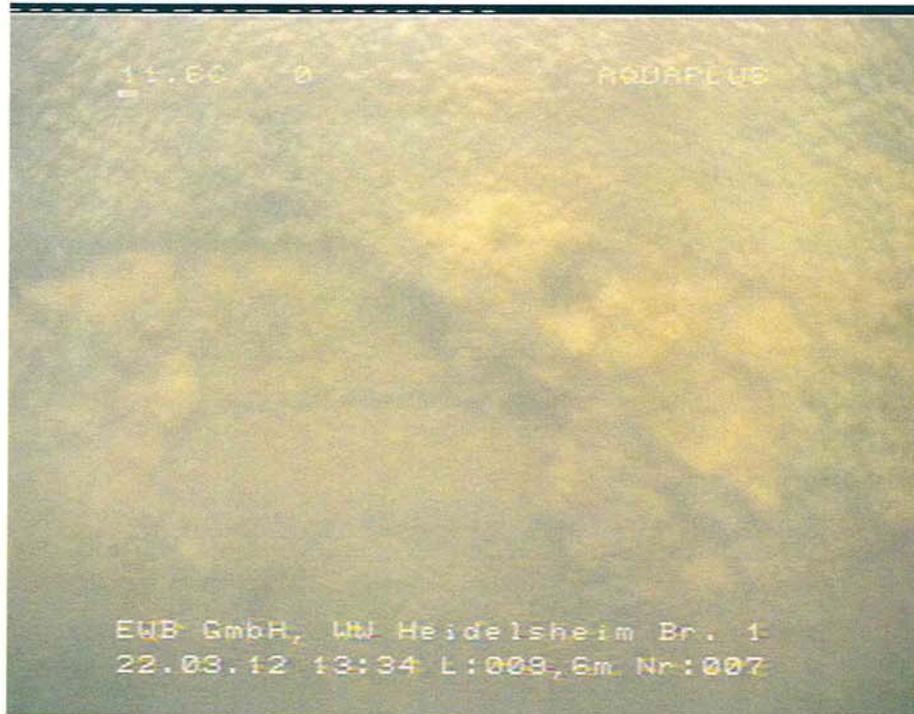


Bild Nr. 7 Tiefe: -9,6 m
Im Aufsatzrohr; relativ starke Ablagerungen
und Verschleimungen am Ausbau sowie Wasser-
trübungen (Ursache=Pumpenausbau kurz zuvor)

Mehr Wasser



Bild Nr. 8 Tiefe: -12,1 m
Im Aufsatzrohr; relativ starke Ablagerungen
und biologische Verschleimungen im Bereich
der Rohrverbindung

Mehr Wasser

Mehr Wasser



Bild Nr. 9 Tiefe: -17,0 m
Im Aufsatzrohr; relativ starke Ablagerungen
und biologische Verschleimungen am Ausbau;
Blick auf Scheuerstelle (Flanschanschlag)

Mehr Wasser



Bild Nr. 10 Tiefe: -22,0 m
Im Aufsatzrohr; massive Ablagerungen und
biologische Verschleimungen sowie
Korrosionen (Rostknollen) am Ausbau

Mehr Wasser

Mehr Wasser

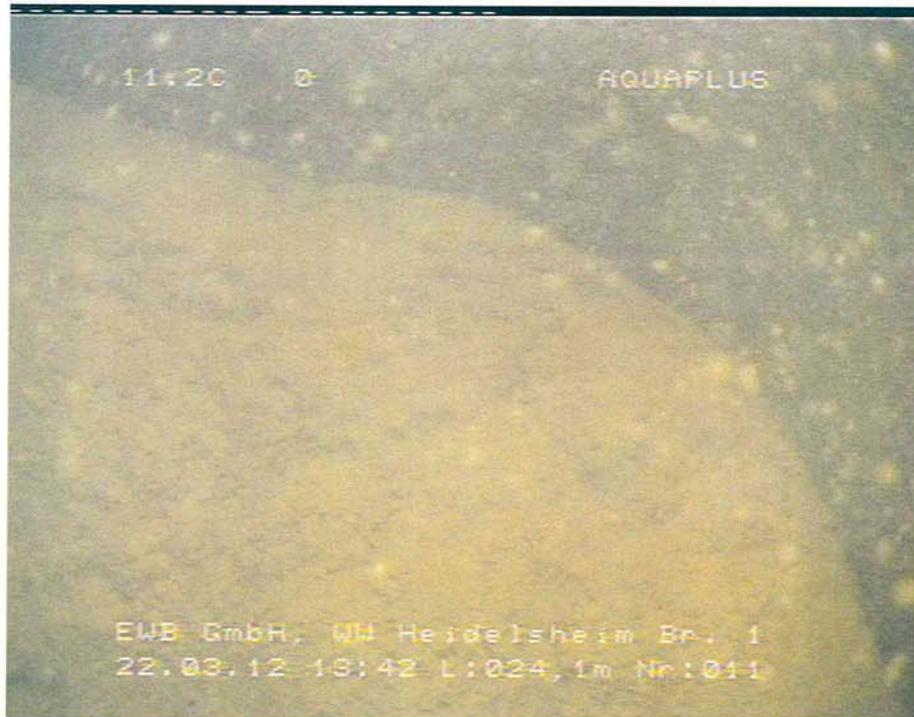


Bild Nr. 11 Tiefe: -24,1 m
Im Aufsatzrohr; massive Ablagerungen und biologische Verschleimungen sowie Korrosionen (Rostknollen) am Ausbau

Mehr Wasser

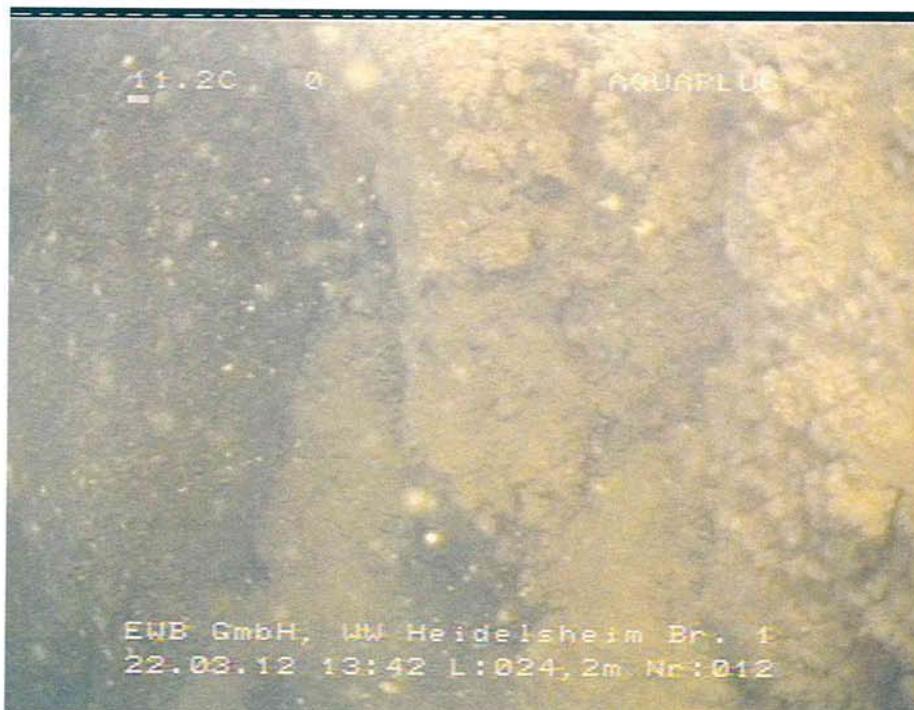


Bild Nr. 12 Tiefe: -24,2 m
Im Aufsatzrohr; massive Ablagerungen und biologische Verschleimungen sowie alte Zementationen am Ausbau

Mehr Wasser

Mehr Wasser

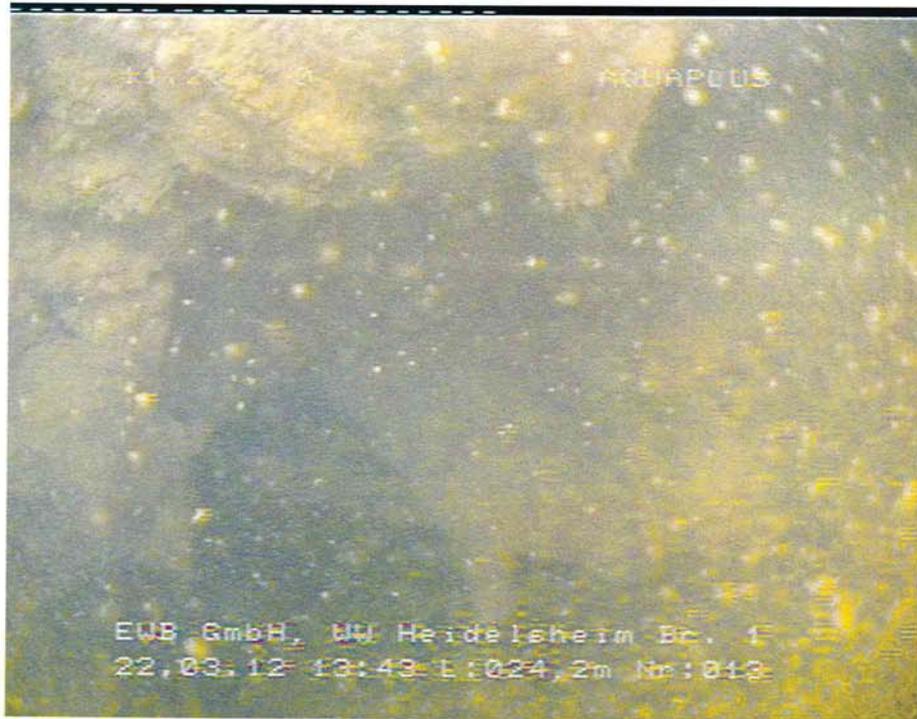


Bild Nr. 13 Tiefe: -24,2 m
Im Aufsatzrohr; massive Ablagerungen und Verschleimungen sowie Wassertrübungen (Ursache: Pumpenausbau kurz vorher)

Mehr Wasser



Bild Nr. 14 Tiefe: -24,8 m
Verrohrungsende; Blick auf die stark klüftige Bohrlochwandung mit Felsausbruch und Ablagerungen

Mehr Wasser

Mehr Wasser



Bild Nr. 15 Tiefe: -25,6 m
In der unverrohrten Bohrung; Blick auf den
relativ klüftigen Fels (Oberer Muschelkalk)
mit leichten Ablagerungen

Mehr Wasser

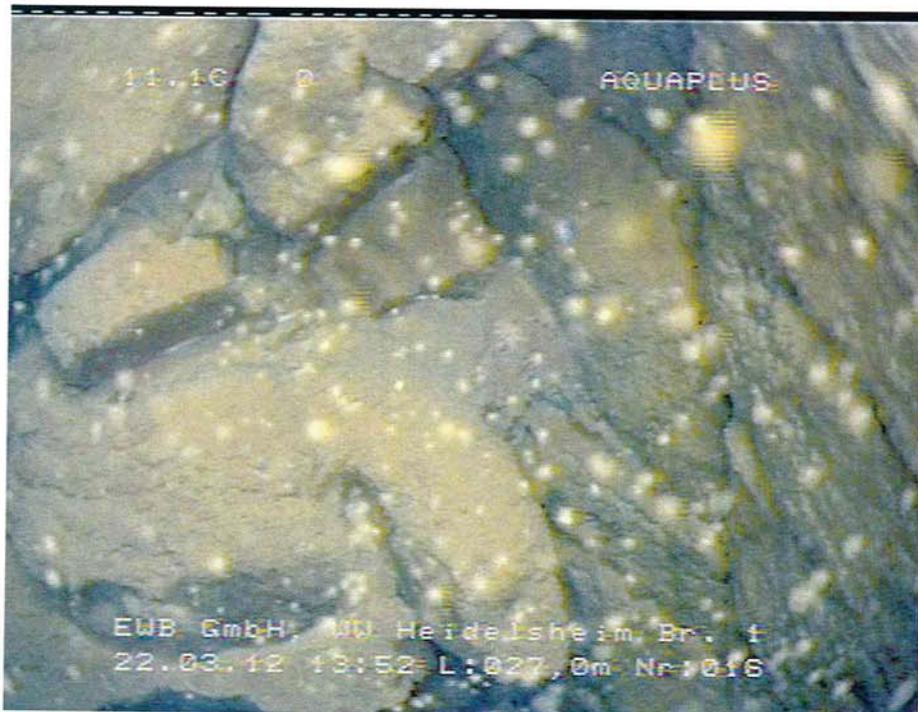


Bild Nr. 16 Tiefe: -27,0 m
In der unverrohrten Bohrung; Blick auf den
relativ klüftigen Fels (Oberer Muschelkalk)
mit leichten Ablagerungen und Trübungen

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser



Bild Nr. 17 Tiefe: -27,9 m
In der unverrohrten Bohrung,
Blick auf die stark klüftige Bohrloch-
wandung

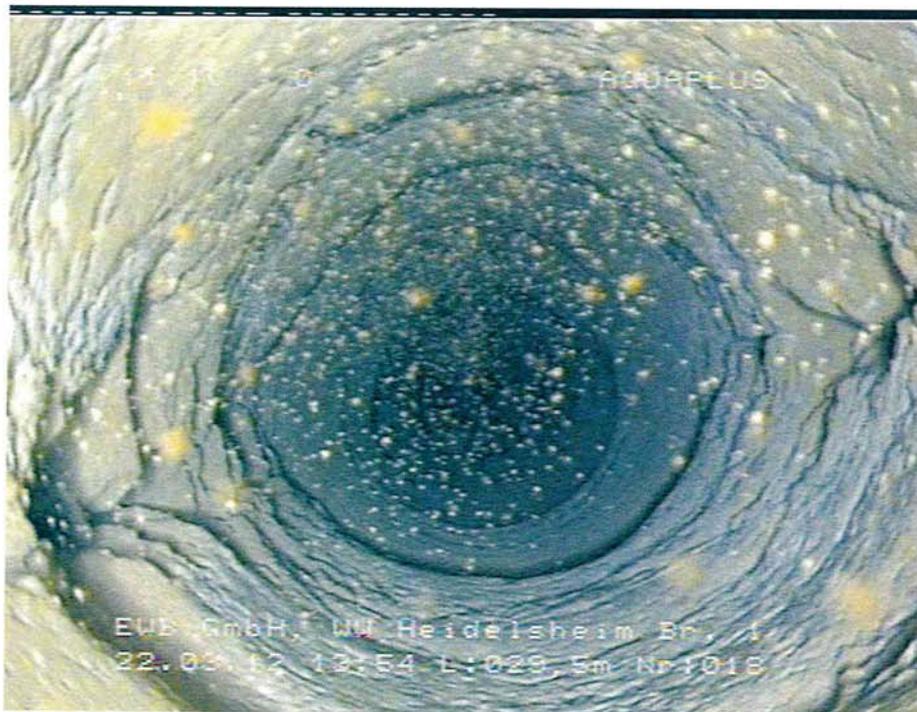


Bild Nr. 18 Tiefe: -29,5 m
In der unverrohrten Bohrung,
Blick auf den klüftigen, kompakter
werdenden Fels (Oberer Muschelkalk)

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser



Bild Nr. 19 Tiefe: -31,0 m
In der unverrohrten Bohrung,
Blick auf die kompakte Bohrlochwandung mit
leichten Ablagerungen

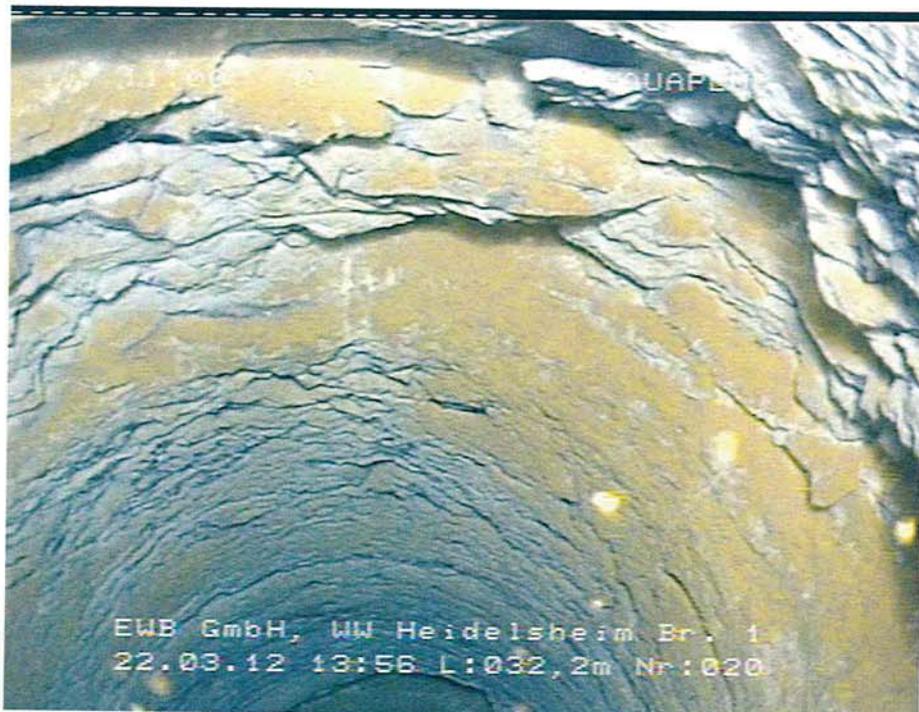


Bild Nr. 20 Tiefe: -32,2 m
In der unverrohrten Bohrung,
Blick auf die kompakte Bohrlochwandung mit
leichten Ablagerungen

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser

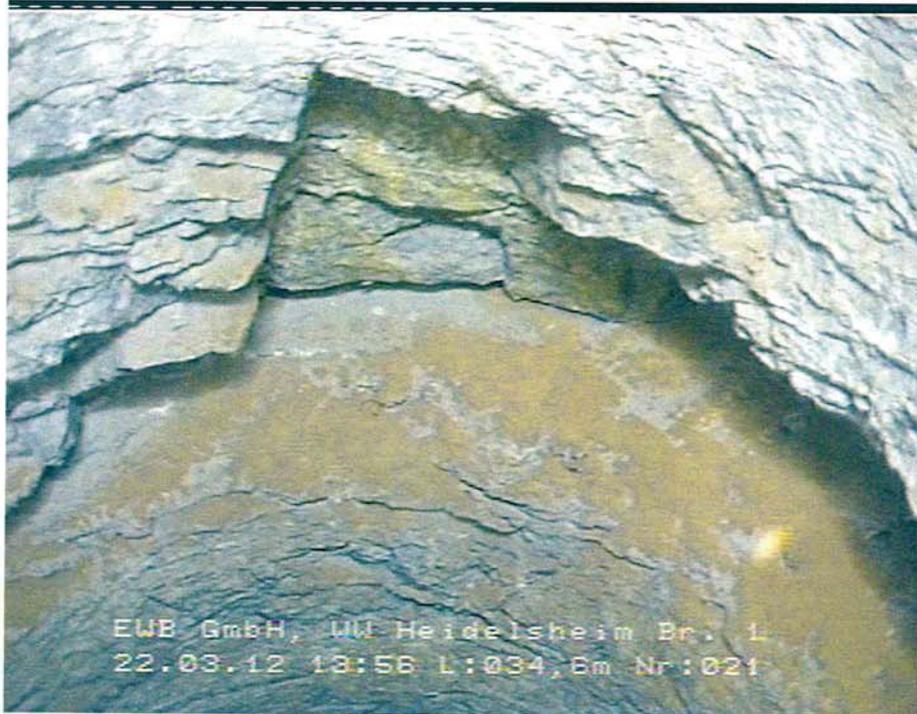


Bild Nr. 21 Tiefe: -34,6 m
In der unverrohrten Bohrung,
Blick auf Kluftanschnitt und leichte
Ablagerungen an der Bohrlochwandung



Bild Nr. 22 Tiefe: -37,5 m
In der unverrohrten Bohrung,
Blick auf den klüftigen, kompakter
werdenden Fels (Oberer Muschelkalk)

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser



Bild Nr. 23 Tiefe: -40,5 m
In der unverrohrten Bohrung,
Blick auf die relativ saubere und kompakte
Bohrlochwandung



Bild Nr. 24 Tiefe: -42,1 m
In der unverrohrten Bohrung,
Blick auf die relativ saubere, klüftige
Bohrlochwandung

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser



Bild Nr. 25 Tiefe: -42,6 m
In der unverrohrten Bohrung,
Blick auf die relativ saubere, klüftige
Bohrlochwandung



Bild Nr. 26 Tiefe: -43,9 m
In der unverrohrten Bohrung,
Blick auf Kluftanschnitt; leichte
Ablagerungen an der Bohrlochwandung

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser



Bild Nr. 27 Tiefe: -44,3 m
In der unverrohrten Bohrung,
Blick auf die relativ saubere, klüftige
Bohrlochwandung



Bild Nr. 28 Tiefe: -45,6 m
In der unverrohrten Bohrung; Blick auf
klüftigen Fels und die Auflandung (hat sich
seit 1990 maximal um 10 cm vergrößert)

Beurteilung:

Die Untersuchung des Brunnens 1 im Wasserwerk Heidelberg der Energie- und Wasserversorgung Bruchsal GmbH erfolgte als Zustandsaufnahme.

Der Brunnen ist im oberen Bereich mit einer Stahl-Hagusta-Rohrtour DN 340 ausgebaut. In 24,8 m Tiefe beginnt die offene (unverrohrte) Bohrung im oftmals klüftigen und festen Oberen Muschelkalk.

Bereits beim Brunnenneubau waren einige Rohrverbindungen undicht und es ist daher vielerorts Zementation in den Brunnen hineingelaufen. Die heute immer noch erkennbaren Zementations-Ablagerungen sind allerdings schon lange ausgehärtet und die Rohrverbindungen sind relativ dicht.

An der Hagusta-Beschichtung sind mitunter Defekte und Korrosionen erkennbar, die zum einen auf ein alterungsbedingtes Versagen (Ablösen) der Hagusta-Beschichtung und zum anderen auf Anschlägen der Steigrohr-Flansche zurückzuführen sind.

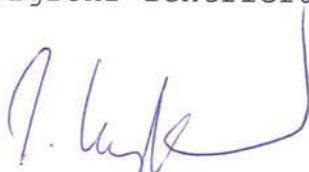
Am Ausbau und zum Teil auch am Bohrloch zeigten sich Ablagerungen, Verockerungen und Verschleimungen.

Der Brunnen wurde bis zur Auflandung in 45,9 m Tiefe befahren.

Der Zustand des Brunnens hat sich seit unserer letzten TV-Kamerabefahrung vom 17.05.1990 optisch kaum verändert und gilt somit als stabil und funktional.

Die Durchführung einer Brunnen-Sanierung bzw. -Reinigung ist aktuell nicht erforderlich.

Der Brunnenzustand sollte - im Sinne einer vorbeugenden Instandhaltung - in spätestens zehn Jahren bzw. beim nächsten Pumpenwechsel wieder mit Unterwasserkamera kontrolliert werden. Um weitere Scheuerstellen (Flanschanschläge) verhindern zu können, sollten zwei Steigrohr-Zentrierungen in den Brunnen eingebaut werden.



Matthias Schrepfer, AQUAPLUS® Brunnensanierung

Anlage 2.2

11 Seiten

B I L D P R O T O K O L L

Auftraggeber: Energie- und Wasserversorgung Bruchsal GmbH
(EWB GmbH)

Objekt : Brunnen 2 im Wasserwerk Heidelberg

- Untersuchungsdatum : 22.03.2012
- Ausführung : AQUAPLUS® Brunnensanierung GmbH & Co. KG
96317 Kronach, Fischbach 29
- Untersuchungstechniker: Herr Mayer
- Untersuchungsgrund : Zustandsaufnahme
- Teilnehmer : Herr Frank, EWB GmbH
- Objektdaten:
 - Solltiefe : ca. 48 m
 - Isttiefe : 25,3 m (bis zum Fremdkörper)
 - Durchmesser : DN 360/DN 300 / ca. 500 mm bis 600 mm
 - Ausbaumaterial: Stahl-Hagusta / Offene Bohrung im Oberen Muschelkalk
 - Meßpunkt 0,0 m: Oberkante Brunnenkopf

- +0,0 m: Oberkante Brunnenkopf
- 0,7 m: Oberkante Aufsatzrohr
(Stahl-Hagusta DN 360)
- 2,1 m: Oberkante Vollwandrohr DN 300
der Einschubverrohrung
- 7,4 m: Wasserspiegel
- 22,8 m: Unterkante Vollwandrohr DN 300
der Einschubverrohrung
- 22,8 m: Filterbeginn DN 360
- 25,2 m: Filterende DN 360
- 25,2 m: Verrohrungsende DN 360
- 25,2 m: Beginn der offenen Bohrung
im Oberen Muschelkalk
- 25,3 m: Fremdkörper
- 25,3 m: Untersuchungsende

U.-Nr.: Sr/Ma082_1

Mehr Wasser



Bild Nr. 1 Tiefe: +0,0 m
Oberkante Brunnenkopf,
Blick auf die Oberkante des Aufsatzrohres
DN 360 aus Stahl-Hagusta

Mehr Wasser

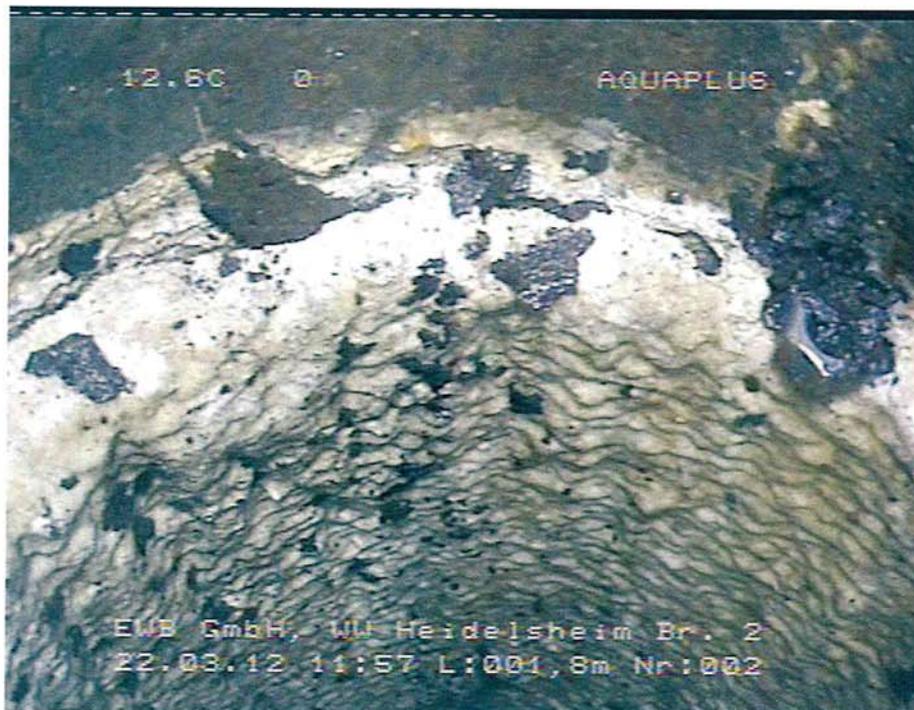


Bild Nr. 2 Tiefe: -1,8 m
Im Aufsatzrohr 360,
Blick auf Einschubverrohrung DN 300 mit
alten, harten Zementations-Ablagerungen

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser



Bild Nr. 3 Tiefe: -5,0 m
Im Vollwandrohr DN 300,
Ablagerungen und vor allem Korrosionen an
der Rohrwand der Einschubverrohrung

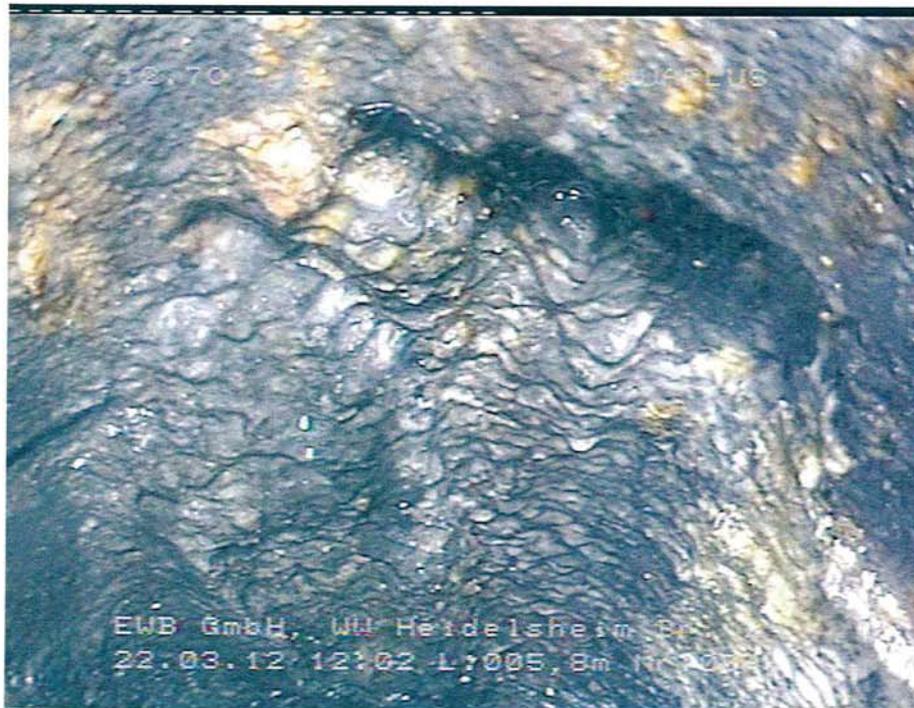


Bild Nr. 4 Tiefe: -5,8 m
Im Vollwandrohr DN 300; Blick auf Loch und
alte, harte Zementations-Ablagerungen sowie
Korrosionen an der Einschubverrohrung

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser



Bild Nr. 5 Tiefe: -6,0 m
Im Vollwandrohr DN 300,
Blick auf ehemals undichte Rohrverbindung
mit alten, harten Zementations-Ablagerungen

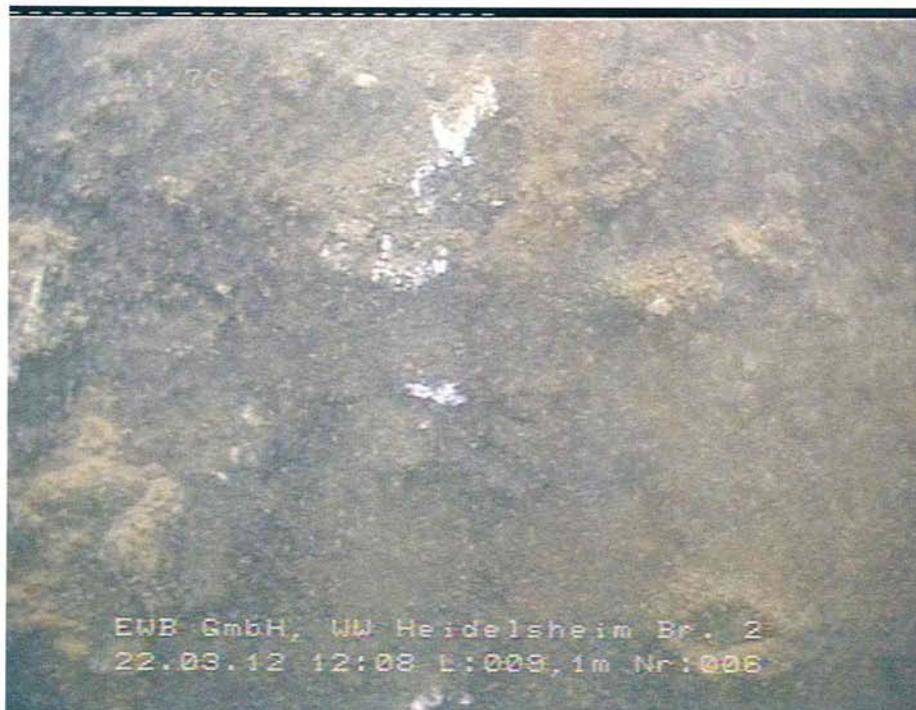


Bild Nr. 6 Tiefe: -9,1 m
Im Vollwandrohr DN 300,
relativ starke Ablagerungen und alte, harte
Zementationen an der Rohrwand

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser



Bild Nr. 7 Tiefe: -11,1 m
Im Vollwandrohr DN 300; relativ starke
Ablagerungen und alte, harte Zementationen
sowie Korrosionen (Rostknollen) am Ausbau



Bild Nr. 8 Tiefe: -13,9 m
Im Vollwandrohr DN 300; relativ starke
Ablagerungen und alte, harte Zementationen
sowie Korrosionen (Rostknollen) am Ausbau



Bild Nr. 9 Tiefe: -15,5 m
Im Vollwandrohr DN 300; Ablagerungen und
biologische Verschleimungen am Ausbau;
Blick auf Scheuerstelle (Flanschanschlag)

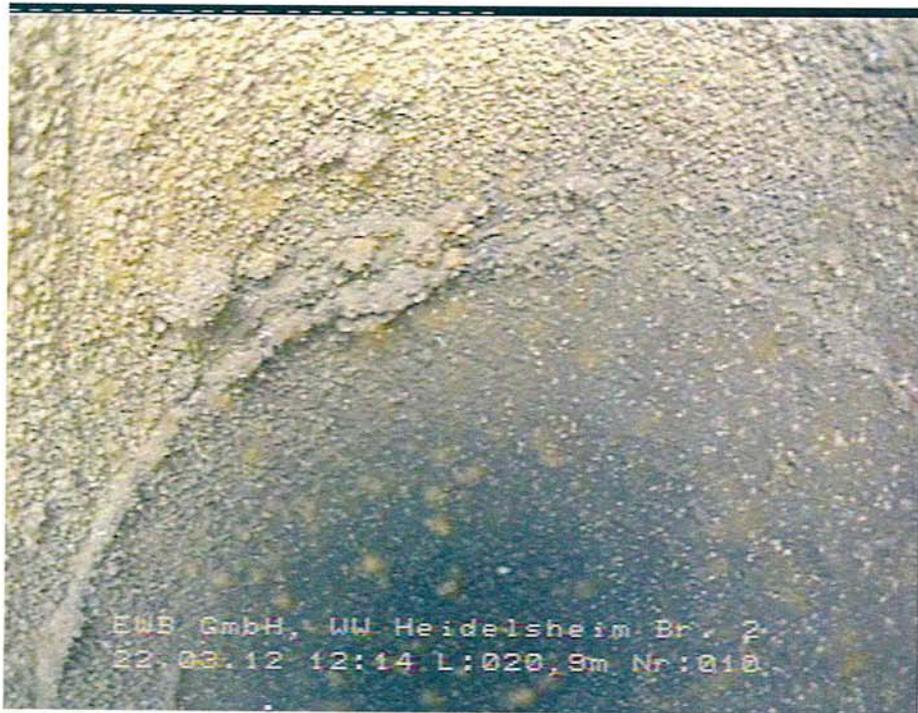


Bild Nr. 10 Tiefe: -20,9 m
Im Vollwandrohr DN 300; Ablagerungen und
biologische Verschleimungen am Ausbau;
Blick auf Rohrverbindung mit Rostknollen

Mehr Wasser



Bild Nr. 11 Tiefe: -21,7 m
Im Vollwandrohr DN 300; Ablagerungen und
biologische Verschleimungen am Ausbau;
Blick auf Scheuerstelle (Flanschanschlag)

Mehr Wasser



Bild Nr. 12 Tiefe: -22,5 m
Im Vollwandrohr DN 300; Ablagerungen und
Verschleimungen, Korrosionen am Ausbau;
Blick auf das Ende der Einschubverrohrung

Mehr Wasser



Bild Nr. 13 Tiefe: -22,8 m
Filterbeginn DN 360; relativ starke Ablagerungen und Korrosionen (Rostknollen) am Ausbau; Filterschlitz sind verschlossen

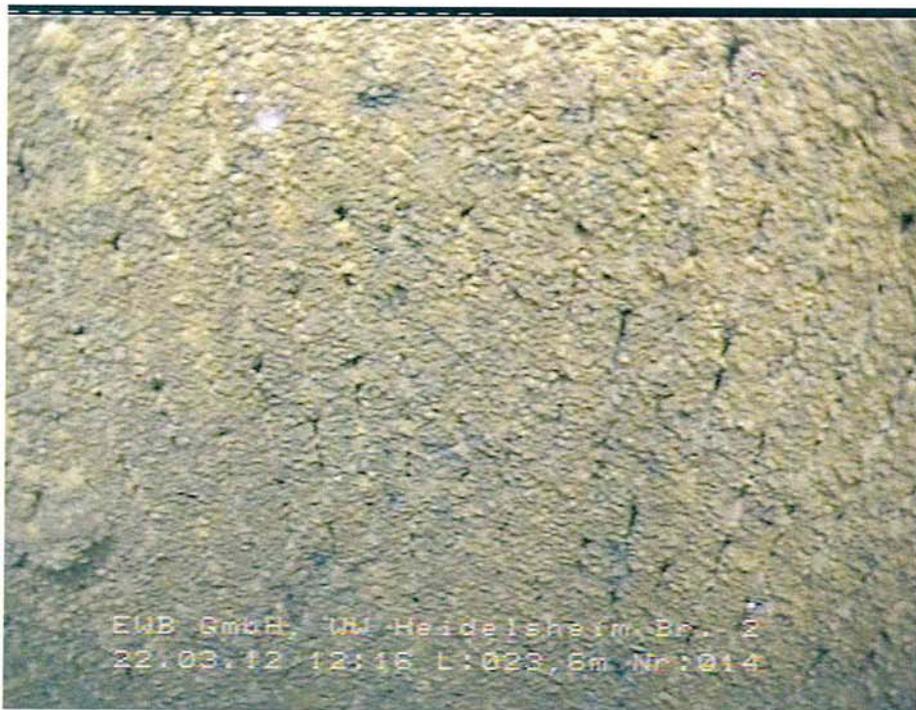


Bild Nr. 14 Tiefe: -23,6 m
Im Filter DN 360; relativ starke Ablagerungen, Korrosionen, Verschleimungen am Ausbau; Filterschlitz sind verschlossen

Mehr Wasser



Bild Nr. 15 Tiefe: -24,7 m
Im Filter DN 360; relativ starke Ablagerungen, Korrosionen, Verschleimungen am Filterrohr; Blick auf das Verrohrungsende

Mehr Wasser



Bild Nr. 16 Tiefe: -25,2 m
In der unverrohrten Bohrung; Blick auf Fremdkörper (demolierte Stahlblech-Platten; war bereits am 17.05.1990 erkennbar)

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser

Mehr Wasser



Bild Nr. 17 Tiefe: -25,3 m
In der unverrohrten Bohrung; Blick auf
Fremdkörper (demolierte Stahlblech-Platten;
war bereits 17.05.1990 erkennbar)

Beurteilung:

Die Untersuchung des Brunnens 2 im Wasserwerk Heidelberg erfolgte als Zustandsaufnahme.

Der Brunnen ist im oberen Bereich mit einer Stahl-Hagusta-Rohrtour DN 360 ausgebaut, die bereits vor längerer Zeit im Tiefenbereich zwischen 2,1 m bis 22,8 m mit einer Einschubverrohrung DN 300 saniert wurde. In 25,2 m Tiefe beginnt die offene Bohrung im Oberen Muschelkalk.

Beim Brunnenneubau sowie der damaligen Brunnensanierung (mittels Einschubverrohrung) ist durch die undichten Rohrverbindungen beim Verpressen Zementation in den Brunnen hineingelaufen. Die heute noch erkennbaren Zementations-Ablagerungen sind allerdings schon lange ausgehärtet und die Rohrverbindungen sind relativ dicht.

An der Hagusta-Beschichtung sind mitunter Defekte und Korrosionen erkennbar, die zum einen auf ein alterungsbedingtes Versagen (Ablösen) der Hagusta-Beschichtung und zum anderen auf Anschlägen der Steigrohr-Flansche zurückzuführen sind.

Am Ausbau und zum Teil auch am Bohrloch zeigten sich Ablagerungen, Verockerungen und Verschleimungen. Die Filterschlitzte sind größtenteils verschlossen.

In 25,3 m Tiefe verhinderten Fremdkörper (demolierte Stahlblech-Platten) eine Weiterbefahrung des Brunnens.

Der Zustand des Brunnens hat sich seit unserer letzten TV-Kamerabefahrung vom 17.05.1990 optisch kaum verändert und gilt somit als stabil und funktional.

Die Durchführung einer Brunnen-Sanierung bzw. -Reinigung ist aktuell nicht notwendig.

Der Brunnenzustand sollte - im Sinne einer vorbeugenden Instandhaltung - in spätestens zehn Jahren bzw. beim nächsten Pumpenwechsel wieder mit Unterwasserkamera kontrolliert werden. Um weitere Scheuerstellen (Flanschanschläge) verhindern zu können, sollten zwei Steigrohr-Zentrierungen in den Brunnen eingebaut werden.



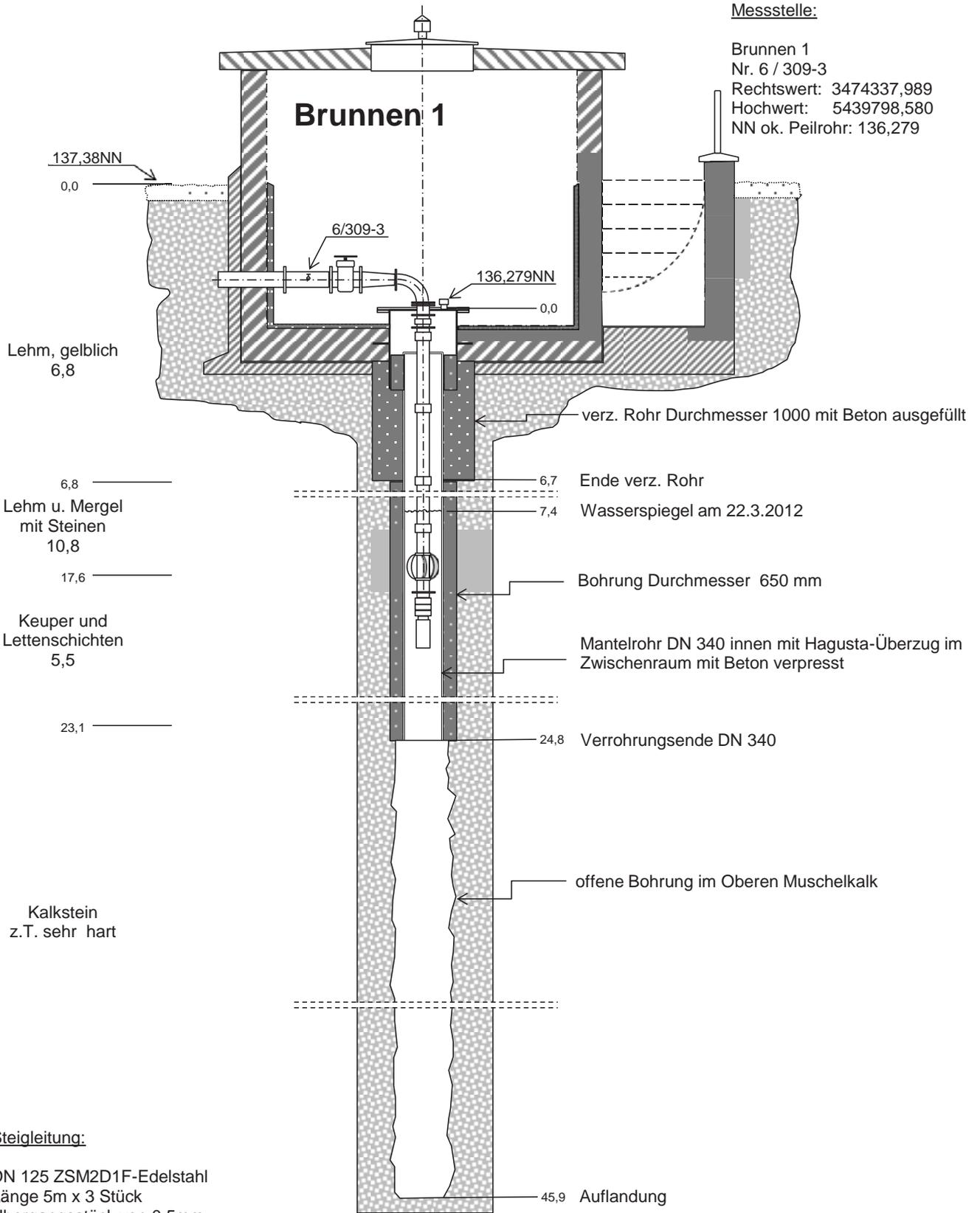
Matthias Schrepfer, AQUAPLUS® Brunnensanierung

Anlage 3.1

1 Seite

Messstelle:

Brunnen 1
 Nr. 6 / 309-3
 Rechtswert: 3474337,989
 Hochwert: 5439798,580
 NN ok. Peilrohr: 136,279



Steigleitung:

DN 125 ZSM2D1F-Edelstahl
 Länge 5m x 3 Stück
 Übergangsstück von 0,5mm
 und IDM.
 Steigrohrzentrierungen aus PE

Pumpe :

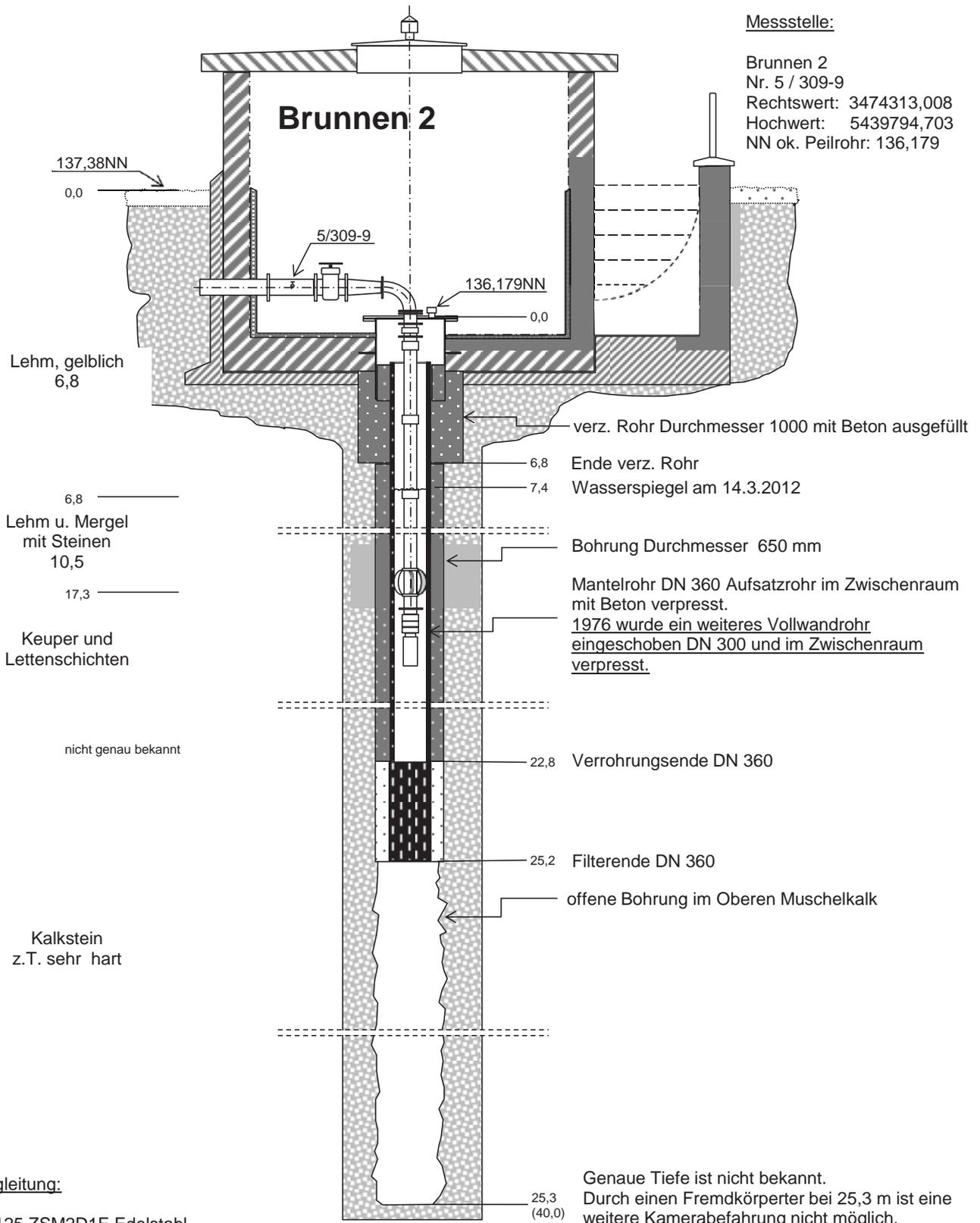
KSB UPA150S-34/4
 UMA150D 5/21
 35,44 m³ bei 28,18 m
 FU-Regelung

Zustandsaufnahme erfolgte durch Kamerabefahrung am 22.5.1990 und 14.3.2012

Betreff: Ausbauplan	Energie u. Wasserversorgung Bruchsal	Anlage	Fertigung
Wasserwerk Heidelheim Brunnen 1	Name/Datum		Plangröße
	Bearbeitet:	Frank 14.8.13	M.
	Geändert:		
	Geändert:		

Anlage 3.2

1 Seite



Steigleitung:

DN 125 ZSM2D1F-Edelstahl
 Länge 5m x 3 Stück
 Übergangsstück von 0,5mm
 und IDM.
 Steigrohrzentrierungen aus PE

Pumpe:

KSB UPA150S-34/4
 UMA150D 5/21
 35,44 m³ bei 28,18 m
 FU-Regelung

Zustandsaufnahme erfolgte durch Kamerabefahrung am 22.5.1990 und 14.3.2012

Betreff: Ausbauplan	Energie u. Wasserversorgung Bruchsal	Anlage	Fertigung
Wasserwerk Heildesheim Brunnen 2	Name/Datum	Plangröße	M.
	Bearbeitet:	Frank 14.8.13	
	Geändert:		
	Geändert:		

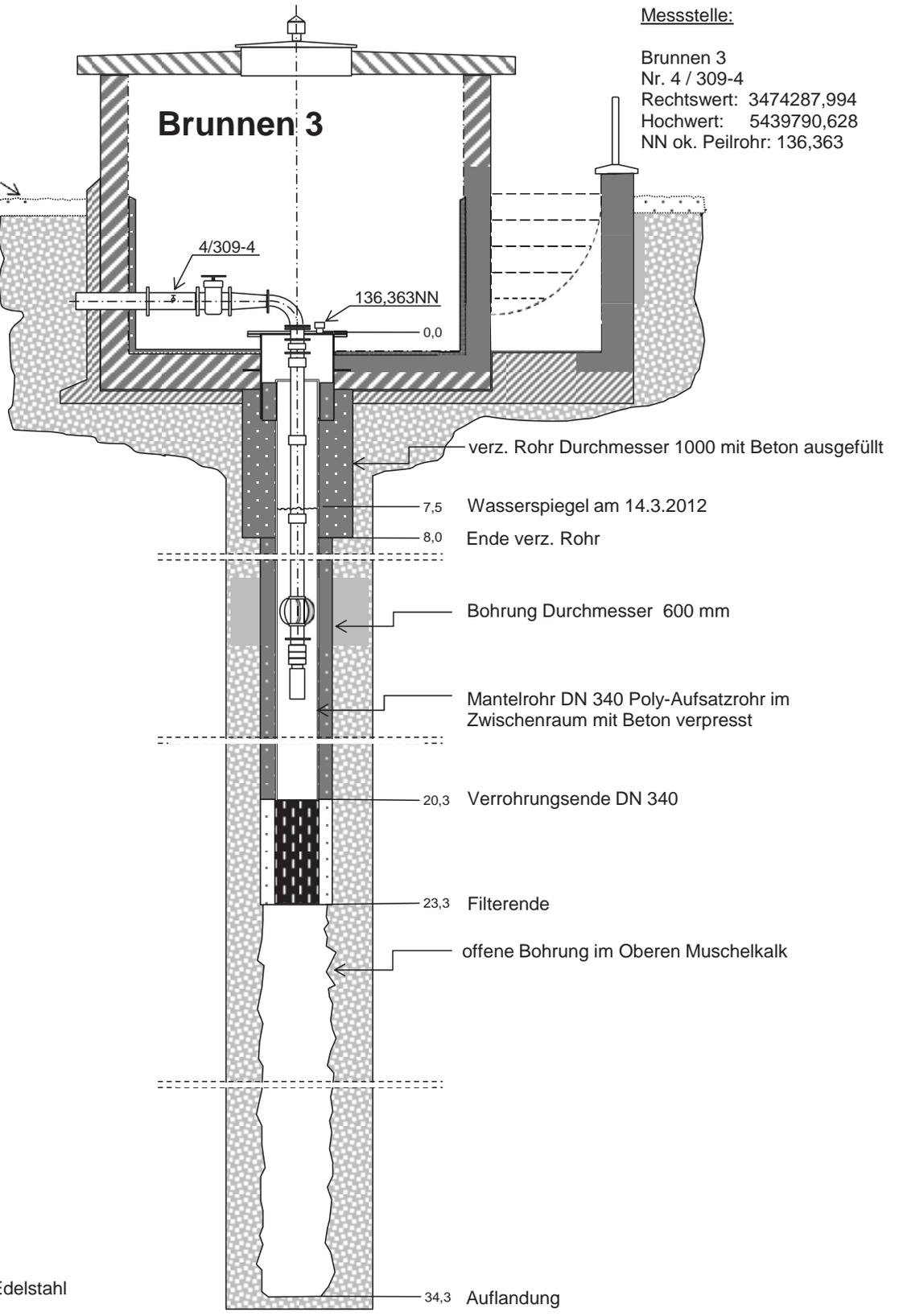
Anlage 3.3

1 Seite

Messstelle:

Brunnen 3
 Nr. 4 / 309-4
 Rechtswert: 3474287,994
 Hochwert: 5439790,628
 NN ok. Peilrohr: 136,363

137,38NN
 keine Schichtenbeschreibung vorhanden



Steigleitung:

DN 125 ZSM2D1F-Edelstahl
 Länge 5m x 3 Stück
 Übergangsstück von 0,5mm
 und IDM.
 Steigrohrzentrierungen aus PE

Pumpe:

KSB UPA150S-65/4
 UMA150D 9/21
 72 m³ bei 23,14 m
 FU-Regelung

Zustandsaufnahme erfolgte durch Kamerabefahrung am 22.5.1990 und 14.3.2012

Betreff: Ausbauplan	Energie u. Wasserversorgung Bruchsal	Anlage	Fertigung
Wasserwerk Heildenheim Brunnen 3	Name/Datum	Plangröße	M.
	Bearbeitet:	Frank 14.8.13	
	Geändert:		
	Geändert:		

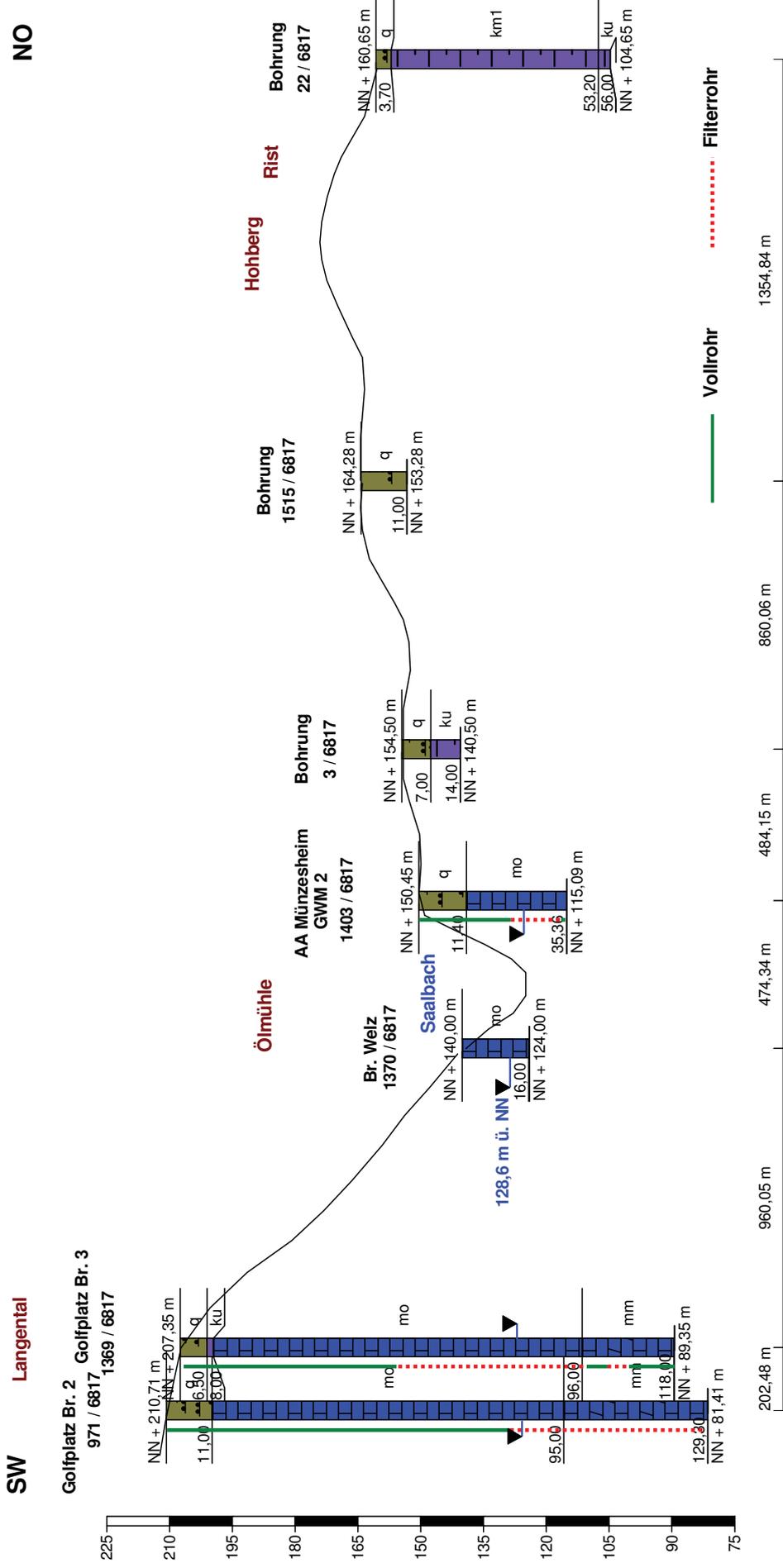
Anlage 4

1 Seite

Anlage 5.1

1 Seite

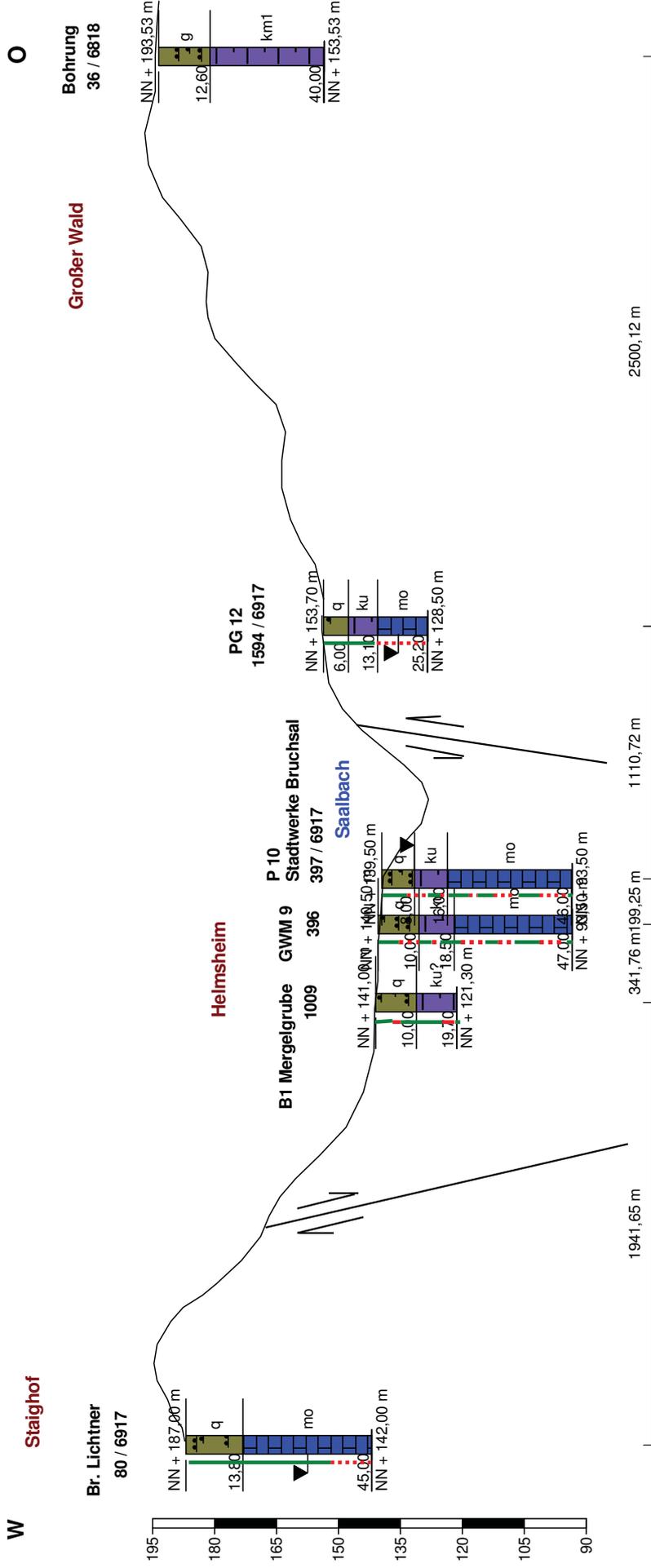
Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023



Anlage 5.2

1 Seite

Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023



Anlage 5.3

1 Seite

Hydrogeologisches Büro Dr. Köhler
 Wilhelm - August - Kirsch - Str. 19
 75031 Eppingen
 07262 / 2320

Projekt: Querprofil Mitte Süd

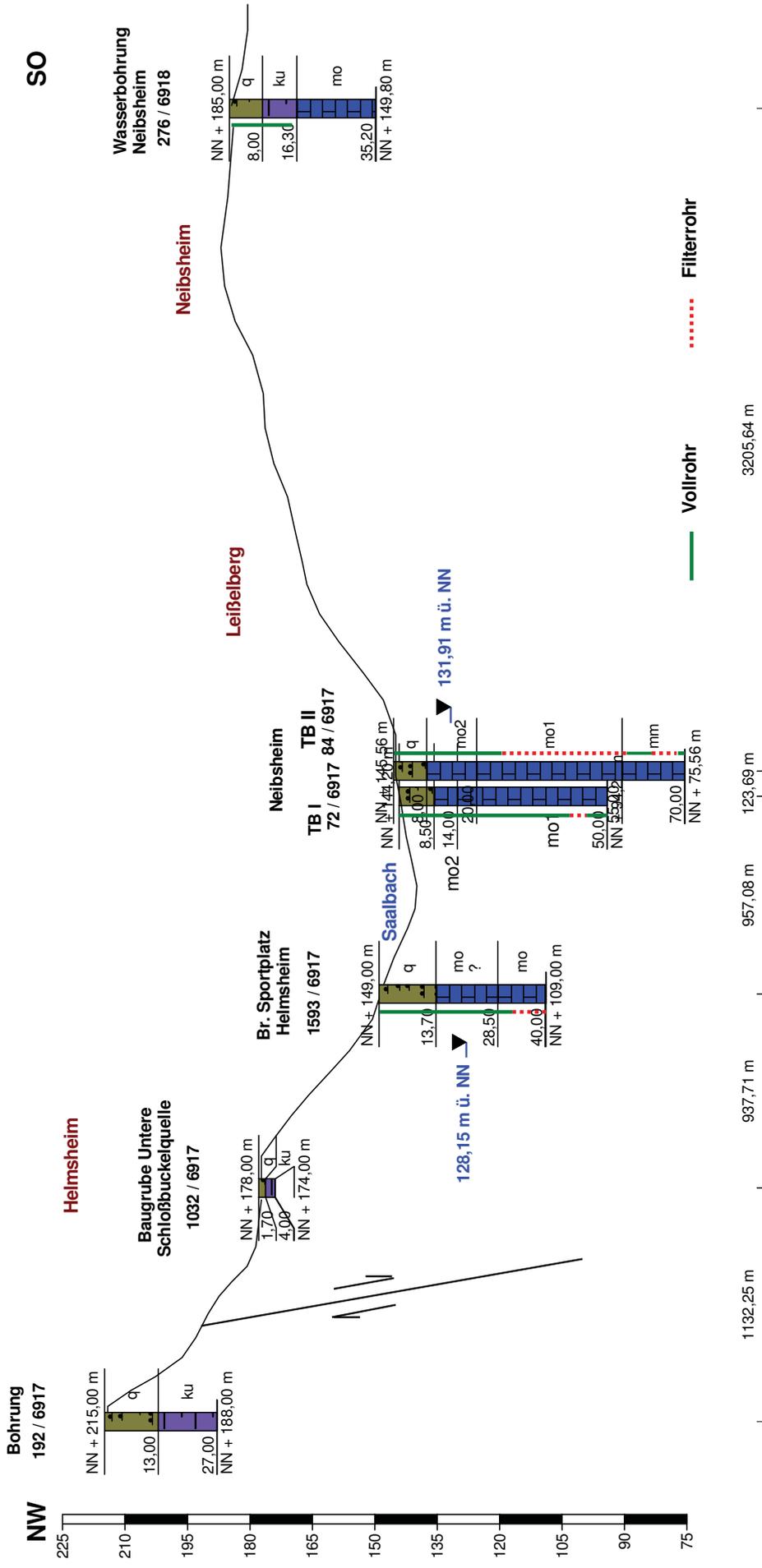
Anlage:

Datum:

Bearb.:

Auftraggeber:

Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023



TK 6817, 6917 und 6918, Maßstab 1.: 30.000, Höhenmaßstab 1 : 1.500

Anlage 5.4

1 Seite

Hydrogeologisches Büro Dr. Köhler
 Wilhelm - August - Kirsch - Str. 19
 75031 Eppingen
 07262 / 2320

Projekt: Querprofil Süd

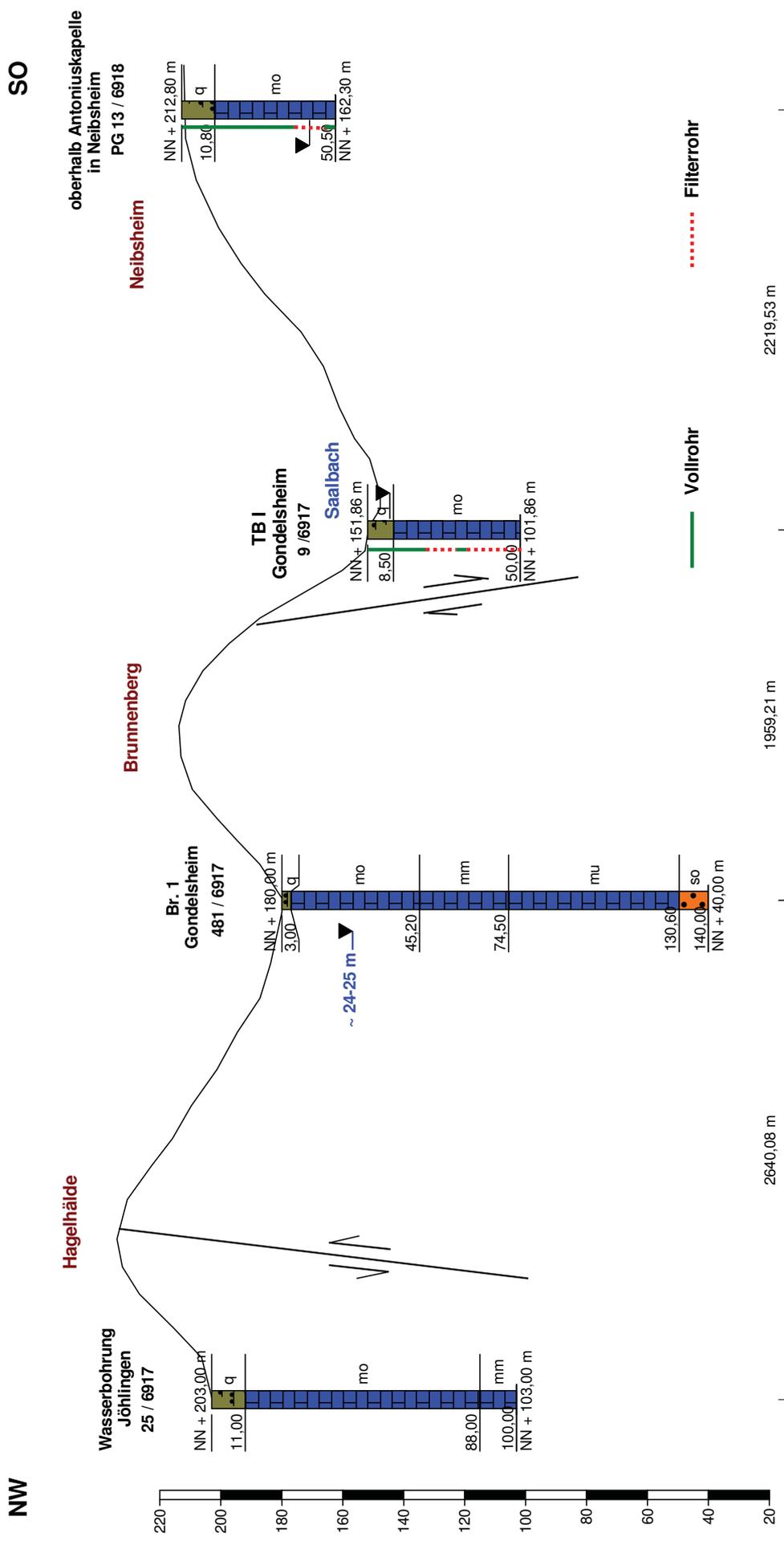
Anlage:

Datum:

Bearb.:

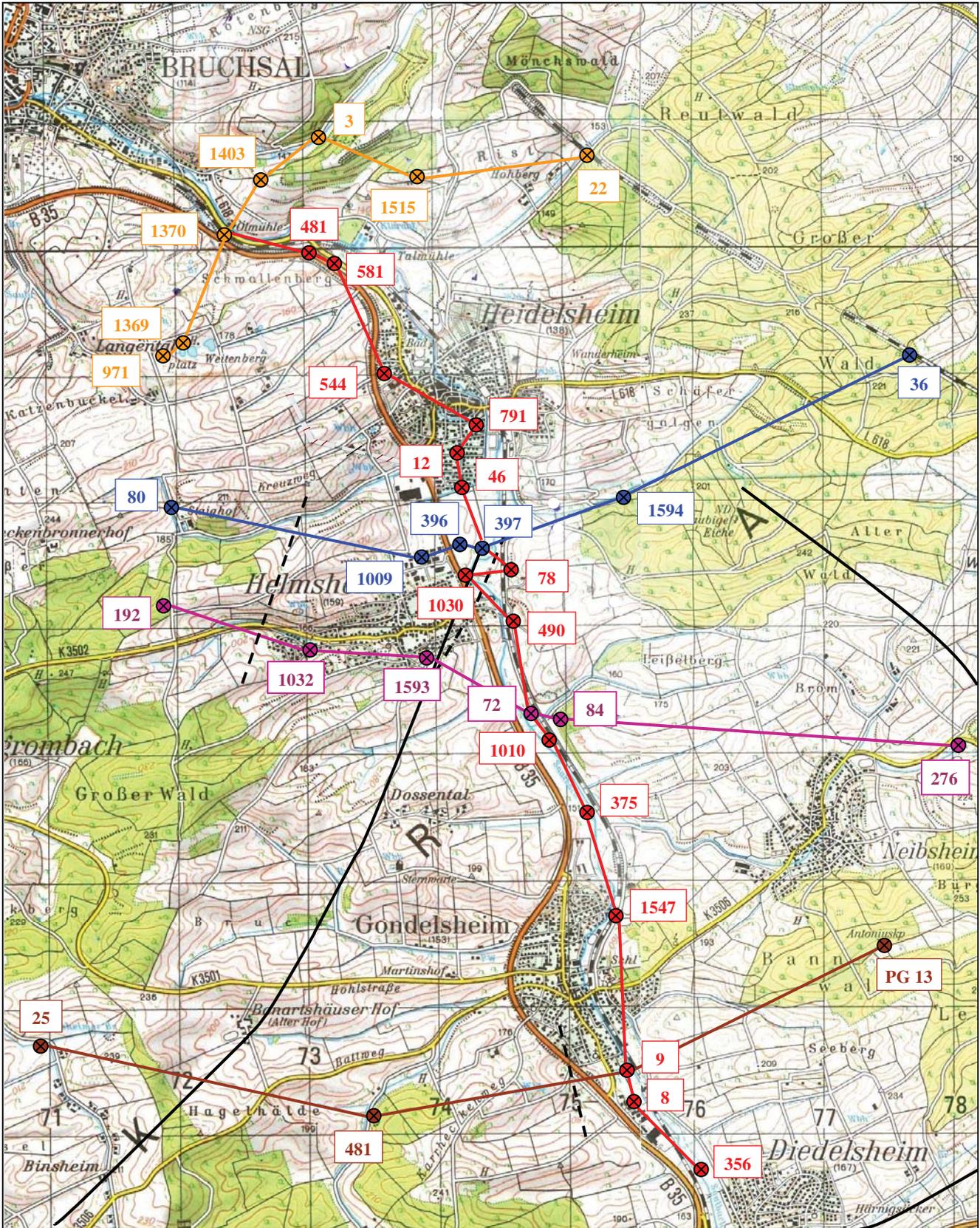
Auftraggeber:

Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023



Anlage 6

1 Seite



Legende

- Querprofil Nord ⊗—⊗
- Querprofil Mitte Nord ⊗—⊗
- Querprofil Mitte Süd ⊗—⊗
- Querprofil Süd ⊗—⊗
- Längsprofil Saalbachtal ⊗—⊗

— tektonische Linie (gem. GK 25)

- - - tektonische Linie (nach Auswertung der Aufschlüsse)

Kartengrundlage: TK 50 Blatt 6916 Karlsruhe - Nord und

Blatt 6918 Bretten

84 Aufschluss-Nr.

Maßstab: ca. 1 : 40.000

Anlage 7.1

1 Seite

Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023

Teil 1

NNW

SSO

Schwallenberg

Heidelsheim

Helmsheim

Ölmühle

B 20 Umgehungsstr.
 Bruchsal
 481 / 6817

B 1/56 am Schwallenbr.
 581 / 6817

Br. 2 Malzfabrik
 Durst Heidelberg
 544 / 6817

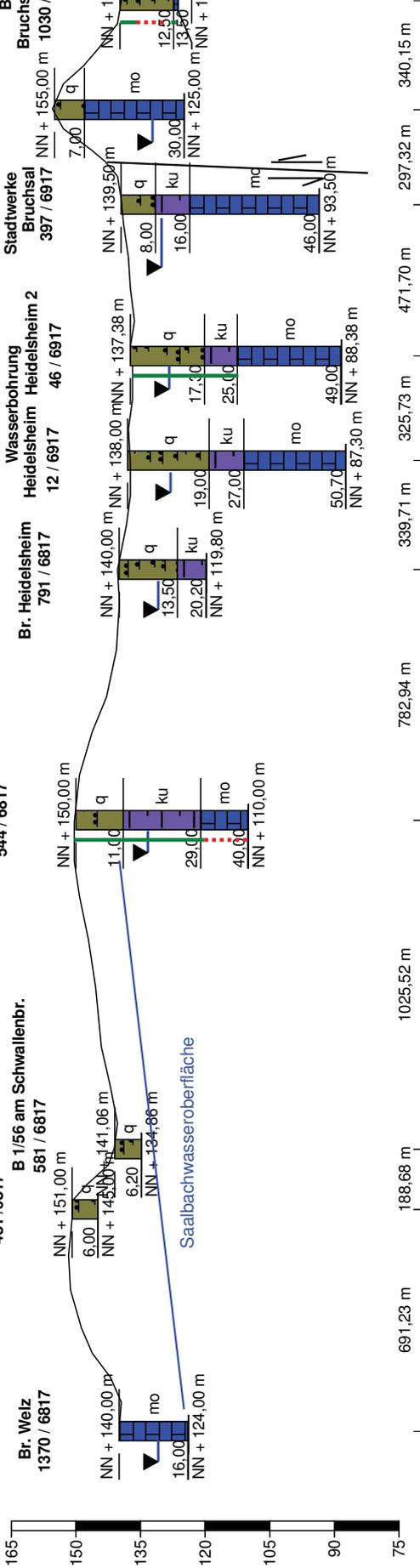
Br. Heidelberg
 791 / 6817

Wasserbohrung
 Heidelberg Heidelberg 2
 12 / 6917 46 / 6917

P 10
 Stadtwerke
 Bruchsal
 397 / 6917

Wasserbohrung
 Schwedes 2 Helmsheim
 78 / 6917

B 1/92
 Bruchsal-Helmsheim
 NN + 155,00 m 1030 / 6917



Anlage 7.2

1 Seite

Hydrogeologisches Büro Dr. Köhler
 Wilhelm - August - Kirsch - Str. 19
 75031 Eppingen
 07262 / 2320

Projekt: Längsprofil Saalbachtal, Teil 2

Anlage:

Datum:

Bearb.:

Auftraggeber:

Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023

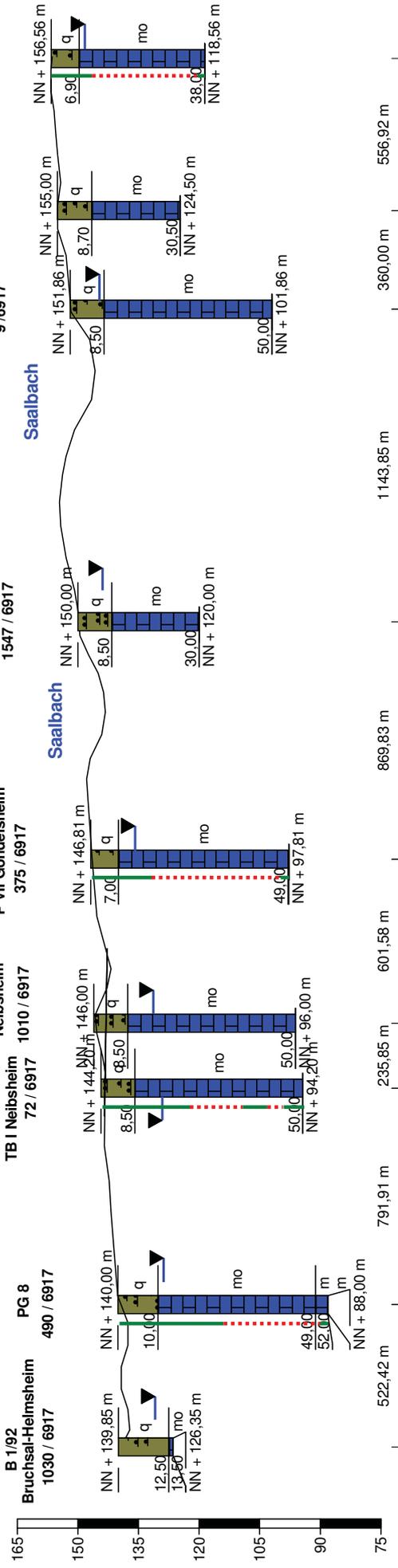
Teil 2

N

S

Helmsheim

Gondelsheim



— Vollrohr

..... Filterrohr

TK.25 Blatt 6917 und 6918, Maßstab 1.: 20.000, Höhenmaßstab 1 : 1.500

Anlage 8.1

3 Seiten

LGRB- Arnum BO	Bezeichnung	Messpunkt höhe in m ü. NN	GW- Leiter	Grundwasserhöhen in m ü. NN				
				2009 u. älter	2010	2011	2012	2013
6817 1403	GWM 2 AA Münzeshheimer Berg	150,45	mo				125,70	125,48
6817 971	Golfclub Brunnen 2	210,14	mo+mm			127,09 (02) 126,09 (03) 125,03 (04) 125,16 (05) 124,54 (06) 124,85 (07)		124,86
6817 1369	Golfclub Brunnen 3	207,81	mo+mm			126,90 (02) 126,66 (03) 123,21? (04) 126,28 (05)		
6817 544	Brunnen 2 Malzfabrik	~150,00	mo	~132,50 (1955)				
6917 80	Brunnen Lichtner	~187,00	mo	~159,00 (1968)				
6917 521	WW Heidselheim Br. 1	136,28	mo	128,15 (2007)		130,08 (02) 129,89 (03) 129,80 (04) 129,63 (05) 129,35 (06) 129,19 (07)		128,99
6917 46	WW Heidselheim Br. 2	136,18	mo	128,16 (2007) 128,31 (2009)	129,01	130,16 (02) 129,99 (03) 129,80 (04) 129,71 (05) 129,42 (06) 129,25 (07)		129,23
6917 402	WW Heidselheim Br. 3	136,36	mo	128,16 (2007)		130,13 (02) 129,95 (03) 129,80 (04) 129,66 (05) 129,40 (06) 129,24 (07)		129,04

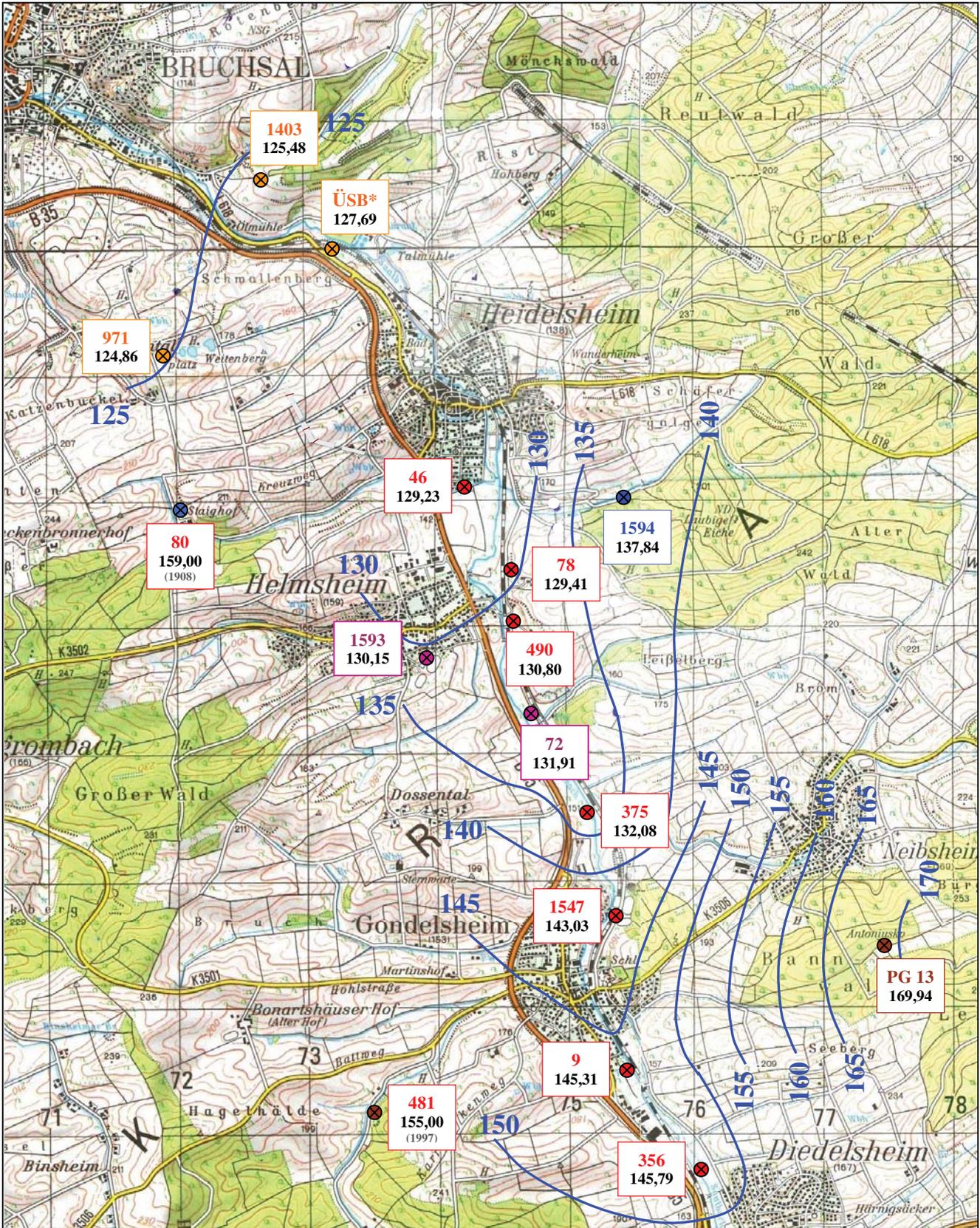
LGRB-Arnum BO	Bezeichnung	Messpunkt höhe in m ü. NN	GW-Leiter	Grundwasserhöhen in m ü. NN				
				2009 u. älter	2010	2011	2012	2013
6917 1594	PG 12 Fischzucht	153,69	mo		137,89	139,06 (02) 138,69 (03) 138,68 (04) 138,37 (05) 138,05 (06) 138,23 (07)	136,94	137,84
6917 78	Privatbr. Schwedes	143,21	mo	~127,00 (1965)		130,12 (05) 129,87 (06) 129,57 (07) 128,82 (12)		129,41
6917 490	WW Heideisheim PG 8	141,52	mo	129,32 (2007) 129,67 (2009)	130,76	132,55 (02) 132,36 (03) 132,11 (04) 131,88 (05) 131,50 (06) 131,22 (07)	130,13	130,80
6917 1593	Br. Sportplatz Helmsheim	148,97	mo		130,05	132,07 (02) 131,87 (03) 131,63 (04) 131,44 (05) 131,07 (06) 130,80 (07)		128,15 ?
6917 72	TB I Neibsheim	143,44	mo	130,83		134,00 (02) 133,33 (03) 133,52 (04) 133,26 (05) 132,82 (06) 132,53 (07)		131,91

LGRB- Arnum BO	Bezeichnung	Messpunkt höhe in m ü. NN	GW- Leiter	Grundwasserhöhen in m ü. NN				
				2009 u. älter	2010	2011	2012	2013
6917 84	TB II Neibsheim	144,43	mo+mm	131,26		134,52 (02) 134,78 (03) 134,09 (04) 133,78 (05) 133,33 (06) 133,00 (07)		
6917 481	Versuchsbrunnen I/97 Gondelsheim	~180,00	mm	~155,00 (1997)				
6917 375	P VII Gondelsheim	146,81	mo	134,13 (1997)			133,53	132,08
6917 1547	Brunnen Sportplatz Gondelsheim	148,18	mo	140,53		146,30 (02) 146,24 (03) 145,95 (04) 145,64 (05) 145,05 (06) 144,49 (07)		143,03
6917 9	TB I Gondelsheim	150,92	mo	142,43			143,44	145,31
6917 ?	PG 13 Antoniuskapelle	213,81	mo		172,91		169,73	169,94
6918 356	P VI Diedelsheim	154,09	mo	148,37 (1997) 141,45 (2009)				145,79

Anlage 8.1: Zusammenstellung von Grundwasserspiegelmessungen von mo-Messstellen/Brunnen

Anlage 8.2

1 Seite



Legende

72
131,91

Aufschluss-Nr. (bunt) und Grundwasserspiegel (vom 29.04.2013) in m ü. NN (schwarz)

*ÜSB: hier Überlauf Schwallenbrunnen

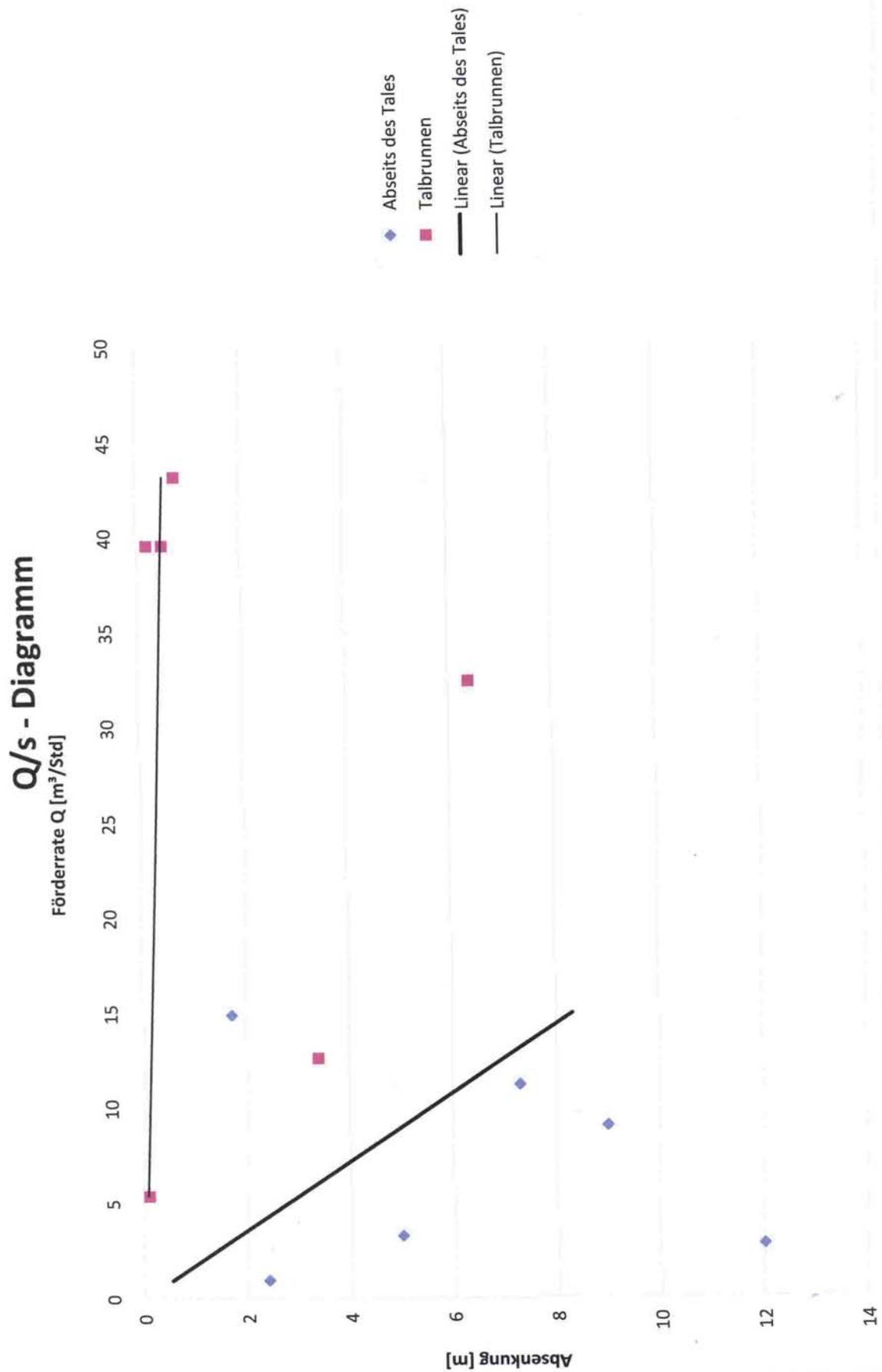
— Grundwassergleiche

Kartengrundlage: TK 50 Blatt 6916 Karlsruhe-Nord und Blatt 6918 Bretten

Maßstab: ca. 1 : 40.000

Anlage 9

1 Seite



Anlage 10

47 Seiten

**Brunnen Heidsheim 1-3
der Stadtwerke Bruchsal**

**Charakterisierung und
Komponentenzusammensetzung
des Grundwassers im Rahmen
der Abgrenzung des Wasserschutzgebietes**

(Bestandsaufnahme 2012)

**Auftraggeber: Energie- und Wasserversorgung Bruchsal GmbH
Wassergewinnung**

**Schnabel-Henning-Straße 1a
76646 Bruchsal**

Emmendingen, den 13.08.2013

Dr. J. Heinz



Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Vorgang.....	4
2. Durchgeführte Untersuchungen.....	4
3. Kurzbeschreibung der Hydrogeologie.....	6
4. Ergebnisse und hydrogeologische Interpretation.....	7
4.1 Hydrochemie (An- und Kationen, Bor)	7
4.2 Spurenstoffe (Pflanzenbehandlungsmittel (PBSM), Metabolite, Süßstoffe)	9
4.3 Isotope und Spurengase	10
5 Auswertung von Zeitreihenuntersuchungen in den Tiefbrunnen.....	14
6. Diskussion der Untersuchungsergebnisse.....	17
7. Zusammenfassung	19

Verzeichnis der Tabellen, Anlagen und des Anhangs

Tabellen

Tab. 1: Auflistung der Probenahmestellen

Tab. 2: Metabolit-Gehalte in den Tiefbrunnen Heidelberg (Angaben in µg/l)

Anlagen

Anlage 1: Übersicht zu den Probenahmestellen

Anlage 2: Ergebnisse der Hydrogenkarbonat-Untersuchungen

Anlage 3: Ergebnisse der Chlorid-Untersuchungen

Anlage 4: Ergebnisse der Nitrat-Untersuchungen

Anlage 5: Ergebnisse der Sulfat-Untersuchungen

Anlage 6: Räumliche Verteilung der Sulfatgehalte im Grundwasser

Anlage 7: Ergebnisse der Bor-Untersuchungen

Anlage 8: Ergebnisse der Untersuchungen auf Desphenyl-Chloridazon

Anlage 9: Räumliche Verteilung der Gehalte von Desphenyl-Chloridazon

Anlage 10: Ergebnisse der Sauerstoff-18-Untersuchungen

Anlage 11: Ergebnisse der Tritium-Untersuchungen

Anlage 12: Korrelationsdiagramm der Sauerstoff-18- und Tritiumgehalte

Anlage 13: Ergebnisse der Schwefel-Hexafluorid (SF₆)-Untersuchungen

Anlage 14: Harfendiagramm mit Auswertung der Tritium- und SF-Gehalte

Anlage 15: Ergebnisse der Untersuchung der Gehalte an Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW)

Anlage 16: Ganglinie des Grundwasserstands (sowie zu Referenzzwecken: Jahresniederschläge aus dem Bereich Billigheim, Neckar-Odenwald-Kreis)

Anlage 17: Ganglinien von Wasserstand und Entnahmerate der Br. Heidelberg

Anlage 18: Ganglinien von Nitrat sowie des Wasserstands der Br. Heidelberg

Anlage 19: Ganglinien von Nitrat, Chlorid sowie der Karbonathärte der Br. Heidelberg

Anlage 20: Ganglinien von Nitrat und Sulfat der Br. Heidelberg

Anlage 21: Gegenüberstellung der Nitrat-Ganglinien der Br. Heidelberg, der Vorfeldmessstelle Pegel 8 sowie der ehemaligen Trinkwasserquellen von Heidelberg

Anhang:

Anhang I: Analysendokumentation Bestandsaufnahme 2012

Anhang II: Analysendokumentation Nachuntersuchungen 2013, Untersuchungskampagne Dr. Köhler 2011 und ältere Analysen aus dem Archiv des LGRB, jeweils Auszüge aus den Gesamtanalysen mit den hier relevanten Parametern

1. Vorgang

Die Stadtwerke Bruchsal betreiben in Heidelberg drei Brunnen zur Trinkwasserversorgung. Da das Wasserschutzgebiet nicht den heutigen Kriterien für die Abgrenzung entspricht, soll es überarbeitet und neu abgegrenzt werden. Hierzu wurde vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) ein Untersuchungsprogramm aufgestellt.

Neben verschiedenen anderen hydrogeologischen und hydraulischen Untersuchungen sollen auch Aussagen zur Charakteristik und Komponentenzusammensetzung des Grundwassers gemacht werden und daraus Informationen zur Lage des Brunneneinzugsgebietes abgeleitet werden.

Die Stadtwerke Bruchsal haben auf der Grundlage des Untersuchungskonzepts vom 3.5.2012 die Firma HydroGeo⁺ am 10.05.2012 mit den vorgeschlagenen Untersuchungen zur Grundwasserbeschaffenheit beauftragt.

Die fachliche Gesamtregie für das gesamte Untersuchungsprogramm hat das Hydrogeologische Büro Dr. Köhler (Eppingen). Weitere, für die vernetzende Auswertung benötigte Unterlagen wurden von Dr. Köhler, dem Landratsamt Karlsruhe, den Stadtwerken und dem LGRB zur Verfügung gestellt.

Am 05.07.2013 fand ein fachliches Abstimmungsgespräch mit Dr. Köhler und dem LGRB in Freiburg statt.

2. Durchgeführte Untersuchungen

In einer ersten Untersuchungsphase im März 2011 wurden die Brunnen Heidelberg 1-3 sowie einige weitere Brunnen und Grundwassermessstellen (GWM) auf einen umfangreichen hydrochemischen Parametersatz untersucht (Stadtwerke/Dr. Köhler).

Im Mai 2012 erfolgte gemäß Vorschlag des LGRB eine zweite Untersuchungskampagne, mit reduziertem hydrochemischem Untersuchungsumfang, jedoch mit Einbeziehung weiterer Brunnen sowie von Isotopen- und Spurengas-Messungen. Zielstellung dieser Untersuchung war es, die Grundwasserkomponenten der drei Förderbrunnen möglichst flächig zu erfassen. Am 13.07.2013 wurden an einigen Quellen zu Referenzzwecken kleine Nachuntersuchungen durchgeführt (el. Leitfähigkeit, Nitrat, Sulfat).

Weiterhin liegen von einzelnen Brunnen älterer Wasseranalysen vor.

Die Auswahl der Probenahmestellen für die Beprobung 2012 erfolgte durch das Hydrogeologische Büro Dr. Köhler in Abstimmung mit dem LGRB. Überwiegend wurden Grundwasseraufschlüsse im Muschelkalk, in Einzelfällen auch im Unterkeuper sowie Quartär untersucht. Während zu den Brunnen und Grundwassermessstellen Ausbaupläne vorliegen, existieren zu den Quellen keine näheren Kenntnisse, ob sie Grundwasser im Unterkeuper oder im Quartär oder in beiden Formationen erfassen.

Die untersuchten Messstellen und der jeweilige Untersuchungsumfang sind in der Tabelle 1 zusammen gefasst.

Tab. 1: Auflistung der Probenahmestellen

Nummer des LGRB	Bezeichnung	Geologie	Probenahmeterminale			
			ältere Daten	15.03.2011	22.-24.5.2012	16.07.2013
BO 6817/1403	GWM 2/99	mo			x	
QU 6817/13	Schwallenbrunnen	mo			x	x
BO 6917/80	Br. Lichtner	mo			x	
BO 6917/1594	PG12 (Fischzucht)	mo		x	x	
BO 6917/521	Br. 1 Heidelberg	mo		x	x	
BO 6917/46	Br. 2 Heidelberg	mo		x	x	
BO 6917/402	Br. 3 Heidelberg	mo		x	x	
BO 6917/490	Pegel 8	mo		x	x	
BO 6917/1593	Br. Stadion Helmsheim	mo		x	x	
BO 6917/72	TB 1 Neibsheim	mo	x		x	
BO 6917/78	Br. 2 Schwedes	mo	x		x	
BO 6917/1433	PG13 (Antoniuskapelle)	mo			x	
BO 6917/375	Pegel VII Gondelsheim	mo			x	
BO 6917/9	TB 1 Gondelsheim	mo			x	
QU 6818/39	Breitlochquelle	q/ku ?			x	
QU 6917/30	Kitzelgrundwiesenquelle	q/ku ?			x	
QU 6918/19	Königsseewaldquelle	q/ku ?			x	
QU 6917/49	Quelle Nord	q/ku ?			x	
ohne	Quelle Antoniuskapelle	q/ku ?			x	
ohne	Bach Gondelsheim				x	
QU 6917/24	Stalpenwiesenquelle	q/ku ?				x
QU 6917/32	Stalzbachquelle	q/ku ?				x
QU 6917/25	Schloßbergquelle	q/ku ?				x
BO 6917/84	TB 2 Neibsheim	mo	x			
BO 6917/396	GWM PG 9	q+mo	x	x		
BO 6917/397	GWM PG 10	q+mo	x	x		
BO 6817/1370	Br. Welz	mo	x			
BO 6817/1369	Br. 3 Golfclub	mo	x			

mo = Oberer Muschelkalk, mm = Mittlerer Muschelkalk,
q = quartäre Sedimente, ku = Unterkeuper; ? geol. Situation unbekannt

Alle Probenahmestellen sind in der Anlage 1 dargestellt.

Die Probenahmen vom 22.-24.05.2012 erfolgten in Zusammenarbeit mit der Firma Hydroisotop GmbH. Die Randbedingungen der Probenahmen (Förderrate, Förderdauer, etc.) sind im Anhang I dokumentiert.

An den entnommenen Proben im Jahr 2011 wurden neben den Hauptinhaltsstoffen auch Schwermetalle und organische Schadstoffe untersucht. In 2012 wurden die Hauptan- und -kationen, der Borgehalt, an einigen Proben ausgewählte Pflanzenbehandlungsmittel und deren

Metabolite (Chloridazon, Desphenyl-Chloridazon und NN-Dimethylsulfamid) sowie Süßstoffe und die Isotope Tritium und Sauerstoff-18 und das Spurengas Schwefelhexafluorid (SF₆) untersucht. An Einzelproben wurden auch exemplarisch die Fluorchlorkohlenwasserstoffe untersucht.

Die Liste der Gesamtergebnisse ist im Anhang I dokumentiert. Die hydrochemische Analytik und Isotopenanalytik erfolgte durch die Firma Hydroisotop GmbH. Die Spurengase wurden vom Spurenstofflabor Dr. Oster gemessen. Die Gehalte der Pflanzenbehandlungsmittel (PBSM) und deren Metabolite wurden für ausgewählte Fassungen vom Labor Wessling GmbH direkt im Auftrag der Stadtwerke gemessen und die Ergebnisse zur Verfügung gestellt.

Um die Ergebnisse der Bestandsaufnahme in die hydrogeologischen Verhältnisse des regionalen Umfeldes einbinden zu können, wurden einige wenige ältere Untersuchungsergebnisse von Grundwasseraufschlüssen im weiteren Umfeld in die Auswertung mit einbezogen. Diese weiteren Daten sind auszugsweise im Anhang II dokumentiert.

Alle Analysen wurden anhand von Ionenbilanzen auf Plausibilität geprüft (sofern möglich).

Zur Einbindung der Ergebnisse der einmaligen Bestandsaufnahme in die längerfristige Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit wurden zusätzlich die von den Stadtwerken und Dr. Köhler zur Verfügung gestellten Zeitreihenanalysen (der Grundwasserbeschaffenheit, Wasserstände, Förderraten) der Trinkwasserbrunnen sowie einiger Vorfeldmessstellen mit ausgewertet. Diese Untersuchungsergebnisse sind in den beiliegenden Abbildungen graphisch dokumentiert.

3. Kurzbeschreibung der Hydrogeologie

Beim Untersuchungsgebiet handelt es sich um das Saalbachtal, das etwa von Bretten kommend Richtung Bruchsal verläuft und dort in das Rheintal einmündet (Anl. 1).

Es handelt sich um eine flachhügelige Landschaft, die von den Gesteinen des Oberen Muschelkalks aufgebaut wird. Bereichsweise ist der Obere Muschelkalk noch von Unterkeuper überdeckt. Das Festgestein trägt in weiten Bereichen eine Überdeckung aus mächtigen Lößsedimenten. Der Muschelkalk bildet das tiefe, durch zahlreiche Brunnen erschlossene Hauptgrundwasserstockwerk. Der Unterkeuper bildet das oberer Grundwasserstockwerk, das zahlreiche Quellen an den Hängen des Saalbachtals speist. Wenn die quartären Ablagerungen Grundwasser enthalten, können sie ebenfalls ein Grundwasserstockwerk bilden. Im Saalbachtal lagern jedoch überwiegend gering durchlässige Talauensedimente und nur untergeordnet gut durchlässige Lockersedimente.

Das Grundwasser im Muschelkalk wurde früher intensiv durch Tiefbrunnen für die öffentliche Wasserversorgung genutzt (s.u.). Daneben existieren privat und für Vereine genutzte Brunnen. Die Hauptentnahme erfolgte früher durch die Trinkwasserbrunnen der Gemeinden Gondelsheim, Diedelsheim, Neibsheim und Heildelshelm, wobei heute nur noch die Brunnen in Heildelshelm in vollem Umfang genutzt werden (im Jahresmittel ca. 12 l/s). Neben den Trinkwasserbrunnen entnimmt die Malzfirma „Durst“ (Heildelshelm) noch beachtliche Grundwassermengen (im Jahresmittel ca. 13 l/s).

Zwischen Heidelberg und Bruchsal entspringt der „Schwallenbrunnen“, von dem angenommen wird, dass es ein Grundwasseraufbruch aus dem Muschelkalk ist. Der Schwallenbrunnen wurde deshalb in die aktuellen Untersuchungen mit einbezogen.

Im Bereich des Schwallenbrunnens liegt das Grundwasserpotenzial im Muschelkalk im Bereich bzw. leicht über dem Wasserstand des Saalbachs. Weiter im Süden schwebt der Saalbach bis zu mehreren Metern über dem Niveau des Grundwassers im Muschelkalk.

4. Ergebnisse und hydrogeologische Interpretation

Alle Ergebnisse sind im Anhang I+II dokumentiert. Nachfolgend werden vorrangig die Ergebnisse der Untersuchungen in 2012 und 2013 beschrieben.

Die Daten der Grundwassermessstellen PG8 und PG9 werden nicht näher interpretiert, da diese Messstellen übergreifend in den quartären Talsedimenten und im Muschelkalk ausgebaut sind und eine eindeutige geologische Zuordnung nicht möglich ist.

4.1 Hydrochemie (An- und Kationen, Bor)

Bei allen Grund- und Quellwässern aus dem Oberen Muschelkalk sowie dem Lettenkeuper handelt es sich um sehr harte Grundwässer (Härtegrad >21 °dH, nach früherem Wasch- und Reinigungsmittelgesetz: Härtebereich 4) mit Leitfähigkeiten von rund 750-950 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die pH-Werte liegen nahe dem Neutralpunkt bzw. im schwach sauren bzw. schwach basischen Bereich. Die hohen Gesamthärten sind zu einem wesentlichen Anteil auf hohe Karbonathärten zurück zu führen. Aufgrund der hohen Karbonathärten und der vergleichsweise niedrigen pH-Werte haben die Grundwässer leicht erhöhte Gehalte an freier Kohlensäure. Bei den Parametern des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts gibt es keine erkennbaren Unterschiede zwischen den Grundwässern aus dem Muschelkalk und dem Unterkeuper (Anl. 2). Ursächlich für die meist niedrigen pH-Werte und die hohen Karbonathärten dürften die hohe Verfügbarkeit von Karbonaten und Organik in den Böden sein.

Für die Gesamthärte spielen zusätzlich zur Karbonathärte auch noch die vergleichsweise erhöhten Chlorid-, Nitrat- und Sulfatgehalte eine Rolle, da diese Ionen überwiegend im Ladungsausgleich mit Erdalkalien stehen. Die Alkaligehalte sind insgesamt in allen untersuchten Messstellen auf sehr niedrigem Niveau. Lediglich der Brunnen Welz zeigte in einer früheren Analyse einen hohen Natriumgehalt, möglicherweise als Folge direkter Einträge von Auftausalzen in den neben der Bundesstraße gelegenen Brunnen.

Die Wassertemperaturen liegen insgesamt in einem unauffälligen Bereich.

Die Gehalte an gelöstem Sauerstoff liegen in der Regel zwischen 3 und 5 mg/l und somit noch im oxidierenden Bereich, in dem z.B. Nitrat noch nicht abgebaut wird. Ausnahmen mit sehr niedrigen Sauerstoffgehalten (und in Folge niedrigen Nitratgehalten) sind der Brunnen des Stadions Helmsheim und die GWM PG9 (übergreifender Ausbau Quartär und Muschelkalk). Möglicherweise ist der Zufluss reduzierter Grundwässer aus gering durchlässigen, organischen Sedimenten ursächlich für die Sauerstoffzehrung. Dies könnte insbesondere für den Sportplatzbrunnen verstärkte vertikale Fließprozesse anzeigen.

Aufgrund der oxidierenden Grundwasserverhältnisse im Muschelkalk sind in der Regel Eisen, Mangan, Nitrit und Ammonium im Muschelkalk-Grundwasser nicht oder nur in sehr niedrigen Konzentrationen nachweisbar.

Neben Hydrogenkarbonat enthalten alle Grundwässer noch bedeutende Gehalte an Chlorid (Anl. 3), Sulfat (Anl. 4) und Nitrat (Anl. 5). Bei diesen Parametern zeigt sich eine gewisse räumliche Variabilität.

Das Muschelkalk-Grundwasser enthält mit Ausnahme der beiden neuen GWM PG12 (Fischzucht) und PG13 (Antoniuskapelle) Chloridgehalte zwischen ca. 25 und 40 mg/l (Anl. 3). Der darüber hinausgehende Chloridgehalt in der GWM 2/99 ist eventuell durch die benachbarte Altablagerung bedingt, im Brunnen Welz durch direkte Einträge von der benachbarten Bundesstraße.

Die Brunnen Heildelshem bilden eine west-östlich ausgerichtete Brunnengalerie. Der westlich gelegene Brunnen 3 zeigt im Vergleich zu den Brunnen 1 und 2 etwas höhere Chloridgehalte. Ansonsten sind die Chloridgehalte aller Brunnen und Grundwassermessstellen mit 30-40 mg/l vergleichbar hoch. In den Quellen (ku+q) sind die Chloridgehalte teilweise niedriger.

Die üblichen Quellen für erhöhte Chloridgehalte sind meist Auftausalze von Straßen und Mineraldünger, die auf landwirtschaftliche Flächen ausgebracht werden. Da die Chloridgehalte im Ladungsausgleich nur zu geringem Anteil mit Natrium korrelieren, kann geschlossen werden, dass der Eintrag von Chlorid in das Grundwasser langsam erfolgt und die Alkalien stark im Bodenbereich sorbiert werden. Die hohen Natrium- und Chloridgehalte im Brunnen Welz dürften eher auf direkte Einträge von Auftausalzen in den Brunnen hinweisen.

Bei den Nitratgehalten zeigt sich eine große Streubreite der Messwerte von 5 - 68 mg/l (Anl. 4). Die Brunnen Heildelshem liegen hier im Mittelfeld mit Werten von 30-37 mg/l. Vergleichsweise höhere aber auch niedrigere Nitratgehalte werden sowohl in den Quellen als auch im Muschelkalk angetroffen. Die niedrigsten Nitratgehalte treten in den beiden neuen GWM PG12 und PG13 auf. Diese niedrigen Gehalte sind nicht charakteristisch für das Gesamteinzugsgebiet.

Die Sulfatgehalte zeigen im Untersuchungsgebiet eine breite Variation zwischen 26 und 124 mg/l (Anl. 5). Die höchsten Sulfatgehalte treten im südlichen Abschnitt des Saalbachtals auf (TB Neibshem-1 und -2, Pegel VII Gondelsheim), wobei erhöhte Werte zwischen 80 und 90 mg/l auch den mittleren Talbereich erfassen (Anl. 6).

In den Quellen (ku+q) sowie in den talrandlich gelegenen Muschelkalk-Messstellen (PG12 und P13) treten vergleichsweise niedrigere Sulfatgehalte auf. Die Stalzbachquelle (81 mg/l Sulfat) zeigt jedoch, dass auch im Unterkeuper erhöhte Sulfatgehalte auftreten können. Für das Einzugsgebiet sind durch geogene und anthropogene Einträge flächige Hintergrundwerte für Sulfat von etwa 30-60 mg/l gegeben. Werte, die darüber hinausgehen, zeigen zusätzliche Einträge an. Die räumliche Verteilung der Sulfatgehalte weist darauf hin, dass es entlang der Talachse des Saalbachtals im mittleren Talabschnitt zwischen den Brunnen Gondelsheim und Neibshem möglicherweise zu einem Zutritt von geogenem Sulfat aus dem Mittleren Muschelkalk kommt.

Die Borgehalte zeigen eine Variationsbreite zwischen 7 und 67 µg/l (Anl. 7). Niedrige Werte bis ca. 15 µg/l weisen auf anthropogen wenig- bis unbeeinflusste Grundwässer hin. Für das Muschelkalk-Grundwasser wurden meist Werte zwischen 20 und 30 µg/l bestimmt. Die GWM PG13 spielt aufgrund der geringen Ergiebigkeit möglicherweise eine Sonderrolle (höhere Bor-

gehalte in alten Grundwässern ?). Der erhöhte Wert im Tiefbrunnen Gondelsheim (67 µg/l) könnte durch punktuell verstärkte anthropogene Einträge bedingt sein.

4.2 Spurenstoffe (Pflanzenbehandlungsmittel (PBSM), Metabolite, Süßstoffe)

Nachdem Ende der 2000-er Jahre durch Fortschritte bei der Analytik auch zunehmend Metabolite von Pflanzenschutzmitteln im Grundwasser labortechnisch nachgewiesen werden konnten, wurden diese Untersuchungen auch flächig an Trinkwasserbrunnen durchgeführt. Hierbei zeigte sich, dass auch die TB Heidelberg von einem Abbauprodukt von Chloridazon betroffen sind (Tabelle 2). Der ebenfalls weit verbreitete Metabolit NN-Dimethylsulfamid trat jedoch hier nicht oder nur in minimalen Spuren auf (Anl. 8, 9 und Anhang I).

Um nähere Erkenntnisse zur Metabolit-Belastung des Grundwassers und der Herkunft zu gewinnen, wurden diese Parameter einmalig auch in Messstellen des gesamten Untersuchungsgebietes mit gemessen. Die Ergebnisse erbrachten eine flächige Belastung in nahezu allen Muschelkalk-Messstellen im Nahbereich des Saalbachs (Anl. 9). In den Quellen sowie in den talrandlich gelegenen Muschelkalkmessstellen wurden vergleichsweise niedrige Metabolit-Konzentrationen gemessen.

Tab. 2: Metabolit-Gehalte in den Tiefbrunnen Heidelberg (Angaben in µg/l).

Bezeichnung	Datum der Probenahme	Chloridazon	Desphenyl-Chloridazon	Methyl-Desphenyl-Chloridazon	N,N-Dimethylsulfamid
Br. 1	28.03.07	n.n.	0.21		0.11
	25.03.09	n.n.	0.86	0.13	0.09
	24.03.11	n.n.	0.75	0.12	0.15
	24.05.12	n.n.	1.40	n.u.	n.n.
Br. 2	28.03.07	n.n.			
	25.03.09	n.n.	0.76	0.15	0.06
	24.03.11	n.n.	0.66	0.14	0.09
	24.05.12	n.n.	0.99	n.u.	n.n.
Br. 3	28.03.07	n.n.			
	26.03.09	n.n.	0.82	0.17	0.07
	23.03.11	n.n.	0.71	0.15	0.11
	24.05.12	n.n.	1.10	n.u.	n.n.

n.n. = nicht nachweisbar, n.u. nicht untersucht

Die Metabolit-Gehalte im Muschelkalk-Grundwasser liegen mit 0.8-3.0 µg/l deutlich über dem für Pflanzenschutzmittel im Grundwasser geltenden Grenzwert von 0.1 µg/l.

Die gemessenen Werte gelten aber nicht als gesundheitlich relevant. So halten das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) und das Umweltbundesamt (UBA) Konzentrationen der Metabolite von Chloridazon im Trinkwasser bis 10 µg/l für vertretbar.

In hydrogeologischer Sicht ist dies jedoch ein Anzeigerparameter, der auf die flächigen Einträge von Agrochemikalien aus der Landwirtschaft in das Grundwasser hinweist. Der höchste Meta-

bolit-Gehalt im Brunnen Lichtner kann für diesen Bereich auf nutzungsbedingt-verstärkte Stoffeinträge in das Grundwasser hinweisen (Anl. 9).

Als weiterer Anzeiger für anthropogene Einflüsse auf das Grundwasser, die von Abwasser ausgehen (z.B. direkt aus Kanälen oder aus infiltrierenden Gewässern) wurde in einer Auswahl an Messstellen auch der Süßstoff Acesulfam-K mit untersucht. Er konnte in den TB Heidelberg nicht nachgewiesen werden, so dass hier keine Einflüsse durch abwasserbelastetes Uferfiltrat gegeben sind. Geringe Nachweise von Acesulfam-K ergaben sich für den Brunnen Schwedes-2 sowie den Pegel VII Gondelsheim und den TB Gondelsheim-1. Diese Befunde weisen auf geringe Zuflüsse an abwasserbelastetem Grundwasser hin.

Weitere Schadstoffe

Im Rahmen der Untersuchung im Jahr 2011 wurden mehrere organische Schadstoffe sowie weitere Belastungsanzeiger in Grundwässern mit untersucht. Dies erbrachte keine Befunde für die TB Heidelberg sowie die anderen untersuchten Messstellen.

Hierdurch werden die regelmäßigen Trinkwasseruntersuchungen der Stadtwerke an den Tiefbrunnen 1-3 bestätigt, nach denen das geförderte Grundwasser keine bzw. nur geringe Spuren an Verunreinigungen enthält. Geringe Verunreinigungen im Bereich der Nachweisgrenze ergaben sich früher für chlorierte Kohlenwasserstoffe, jedoch nicht mehr in den letzten Jahren. Auch die üblichen Pflanzenschutzmittel wurden im Förderwasser nicht nachgewiesen, bis auf wenige Spurennachweise von Atrazin bzw. Desethylatrazin in den 1990-er Jahren. Die im nah gelegenen Br. 2 Schwedes früher z.T. festgestellten Gehalte an Bromazil betreffen die Tiefbrunnen Heidelberg nicht.

4.3 Isotope und Spurengase

An allen 16 Proben wurden der Sauerstoff-18- und der Tritium-Gehalt des Wassers gemessen ($\delta^{18}\text{O}$, ^3H). Ergänzend wurde in fachlichem Eigeninteresse an drei Quellen und am Saalbach für Referenzzwecke der Sauerstoff-18-Gehalt mit untersucht.

Aus früheren Untersuchungskampagnen liegen nur vereinzelte Ergebnisse von Isotopenuntersuchungen vor (PG9+10; Golfplatz Bruchsal, die Messdaten sind z.T. nicht plausibel).

Sauerstoff-18 Isotop des Wassers ($\delta^{18}\text{O}$), Bestandsaufnahme 2012

Das stabile Isotop des Wassermoleküls Sauerstoff-18 (^{18}O) zeigt in verschiedenen Grundwasserproben typische Konzentrationsunterschiede. Diese sind Folge verschiedener physikalischer Prozesse. In erster Linie gehen sie auf die temperaturabhängige Verdunstung und Isotopenfraktionierung zurück. Somit können anhand des Sauerstoff-18-Gehaltes Aussagen zur Höhenlage des Einzugsgebietes und zu saisonalen kurz- und langfristigen Einflüssen auf Grundwässer gemacht werden.

Winterniederschläge weisen gegenüber Sommerniederschlägen erheblich niedrigere (abgereicherte) Gehalte an ^{18}O auf. Grundwasser aus – relativ gesehen – höheren Einzugsgebieten oder kälteren Klimabedingungen (Winter oder Kaltzeiten) zeigt deshalb eine typische Markierung durch abgereicherte Gehalte dieser Isotope („isotopisch leicht“).

Die Aussageschärfe hängt davon ab, in welchem Umfang Proben untersucht werden können.

Im Untersuchungsgebiet ist aufgrund der geringen morphologischen Höhenunterschiede keine diesbezügliche Differenzierung bei den Sauerstoff-18-Gehalten zu erwarten. Mit der Methode kann im vorliegenden Fall überprüft werden, ob es im Muschelkalk-Karst zu schnellen Grundwasserabflüssen kommt - oder eher intensive Vermischung von Grundwasser verschiedener Neubildungsgebiete und Neubildungszeiträume vorliegt. Im ersten Fall wären größere Variationen bei den Sauerstoff-18-Gehalten fest zu stellen, im zweiten eher ausgeglichene Werte.

Die Ergebnisse der Messung des stabilen Isotops Sauerstoff-18 (^{18}O) werden auf den internationalen Standard des „Vienna Mean Ocean Water“ (VSMOW) bezogen und als relative Abweichung hiervon in der so genannten δ -Notation angegeben. Die international festgelegte analytische Fehlerbreite beträgt $\pm 0,15 \text{ ‰}$.

Bei der Bestandsaufnahme im Mai 2012 wurde ein enges Spektrum der $\delta^{18}\text{O}$ -Werte von -8,69 bis -8,17 ‰ festgestellt (Variationsbreite: 0,52 ‰), das nur wenig über der analytischen Fehlerbreite ($\pm 0,15 \text{ ‰}$) liegt. Nur die zusätzlich mit untersuchte „Königsseewaldquelle“ fällt mit einem abweichend niedrigen Wert von -8,97 ‰ aus diesem Rahmen (Anl. 10).

Wegen der fließenden Übergänge bei den Sauerstoff-18-Werten ist keine detaillierte Untergliederung der Messstellen in Gruppen möglich. Die Tiefbrunnen Heidelberg 1-3 zeigen beim Sauerstoff-18-Gehalt sehr ähnliche Messwerte, wie sie auch im gesamten Untersuchungsgebiet auftreten.

Tritium (^3H) (Bestandsaufnahme 2012)

Tritium ist das radioaktive Isotop des Wasserstoffs (^3H ; Halbwertszeit 12,3 Jahre). Die natürliche Produktionsrate von Tritium ist gerade so hoch, dass die Niederschläge ca. 5 TU enthalten (TU = Tritium-units, 1 TU = 0,119 Bq/l). Als Folge der Wasserstoffatombombentests in den 1950-er und 1960-er Jahren kam es zu Tritiumgehalten in den Niederschlägen von mehreren 1000 TU. Die aktuellen Niederschläge weisen als Spätfolge dieser und jüngerer Tests noch Tritiumgehalte von etwa 5-15 TU mit stetig abnehmender Tendenz auf. Im Mittel ergibt sich für aktuell neugebildetes Grundwasser ein Gehalt von ca. 7-8 TU. Grundwässer, in denen Tritium nicht nachweisbar ist, enthalten keine Niederschlagsanteile aus dem Zeitraum nach 1953.

Durch Einleitungen aus Atomkraftwerken und radioaktive Bestandteile in Mülldeponien können in Hauptvorflutern (z.B. Rhein, Neckar) und im Sickerwasser von Deponien die Tritiumgehalte vergleichsweise erhöht sein.

Im Untersuchungsgebiet liegen die ermittelten Tritiumgehalte in einem Spektrum von 2,3 TU bis 9,2 TU. Vereinfacht lässt sich dabei folgende Gruppierung durchführen (s. Anl. 11).

Gruppe 1: Tritium 2,3 TU

GWM PG13 (Antoniuskapelle)

Der niedrigste Tritiumgehalt wurde im Grundwasser dieser neuen Grundwassermessstelle festgestellt. Es handelt sich hier um ein Mehrkomponenten-Mischwasser, das aus einer > 50 Jahre alten und tritiumfreien Komponente besteht, dem ein geringer Anteil von 20-30 % an jungem, tritiumhaltigen Grundwasser zugemischt ist. Der niedrige Tritiumgehalt weist insgesamt darauf hin, dass diese Messstelle überwiegend Grundwasser erschließt, das nur sehr langsam abströmt und/oder mit großer Verzögerung an die aktuellen Grundwasserneubildungsprozesse angeschlossen ist.

Gruppe 2: Tritium 5,4-6,1 TU*Breitlochquelle, GWM PG12 (Fischzucht)*

Hierbei kann es sich um Grundwässer mit ähnlicher Altersstruktur wie Gruppe 1 handeln, allerdings mit höheren Jungwasseranteilen. Ebenfalls können solche niedrigen Tritiumgehalte dort auftreten, wo bevorzugt die Winterniederschläge abfließen (saisonal schwankende Tritiumgehalte im Niederschlag). Eine nähere Interpretation ist gemeinsam mit den Gehalten von Sauerstoff-18-Gehalt sowie insbesondere der FCKW's möglich (s.u.).

Gruppe 3: Tritium >6,5-9,2 TU*alle weiteren untersuchten Aufschlüsse*

Die für diese Grundwasseraufschlüsse analysierten Tritiumgehalte liegen im Bereich der aktuellen Niederschläge. Die Grundwasserverweilzeiten können hier bei einigen Monaten bis über 10 Jahren liegen. Eine nähere Differenzierung wäre nur über sehr aufwändige zusätzliche Untersuchungen möglich (z.B. Krypton-85, Zeitreihenuntersuchungen von Tritium, Spurengase), s.u.

Ältere Tritiumdaten

Ältere Tritiumdaten liegen nur von den Grundwassermessstellen PG9 und PG10 vor, die stockwerksübergreifend im Muschelkalk und Quartär ausgebaut wurden.

In den am 09.07.1989 entnommenen Proben wurde für PG9 = 52,9 TU und für PG10 = 36,1 TU bestimmt. Die Tritiumgehalte im Niederschlag haben damals im Mittel ca. 30 TU betragen. Die Tritiumgehalte weisen für diese Messstellen eine mit der Gruppe 3 (s.o.) vergleichbare Altersstruktur auf (PG9, mittlere Grundwasserverweilzeit, MVZ von ca. 10 a (EM/EPM), bzw. für PG10 von ca. 5 a (EM/EPM)).

Kombinierte Auswertung von Sauerstoff-18 und Tritium

Die kombinierte Auswertung der beiden Isotopenparameter ist in der Anlage 12 dargestellt.

Es zeigt sich, dass für die Jungwasserkomponente (Tritiumgehalte entsprechend aktueller Niederschläge, Gruppe 3) Sauerstoff-18-Gehalte in einem Bereich von -8,7 bis -8,1 ‰ angenommen werden können. Dies charakterisiert die natürliche Variabilität im Einzugsgebiet.

Für die Gruppe 2 (nach den Tritiumgehalten) zeigen sich vergleichsweise niedrige Sauerstoff-18-Gehalte von ca. -8,7 ‰. Gleiches gilt für die GWM PG13 (Antoniuskapelle). Da sowohl die vorangegangenen Winterniederschläge als auch langfristige Saisonalität etwas niedrigere Sauerstoff-18-Werte bedingen können, lässt sich für die Gruppe 2 alleine anhand der Sauerstoff-18-Daten nicht klären, ob an diesen Grundwässern alte, d.h. tritiumfreie Grundwässer beteiligt sind. Aus der hydrogeologischen Gesamtsituation ist aber eher anzunehmen, dass in diesen beiden Messstellen vergleichsweise höhere Anteile an sehr jungen Grundwässern aus der vorangegangenen Winterneubildung enthalten sind.

Schwefelhexafluorid (SF₆)

SF₆ ist ein Spurenstoff, der seit ca. 40 Jahren zunehmend in die Atmosphäre gelangt (meist Verwendung als Schutzgas in Starkstromanlagen). Der Stoff ist gasförmig und löst sich im Niederschlagswasser (Tritium ist dagegen im Wassermolekül enthalten). Über Niederschläge gelangt SF₆ in das Grundwasser und kann zur Altersbestimmung herangezogen werden, sofern keine punktuellen Überhöhungen vorliegen. Die Konzentrationen von SF₆ werden in fmol/l (entsprechend 10⁻¹⁵ mol) angegeben. Aktuell neu gebildete Grundwässer weisen SF₆-Gehalte von

ca. 3,0-3,5 fmol/l auf. Im Vergleich zum Tritium, dessen Konzentrationen in der Atmosphäre und im Grundwasser kontinuierlich abnehmen, ist der SF₆-Gehalt kontinuierlich steigend.

SF₆ gilt als stabil im Hinblick auf Abbauvorgänge im Untergrund. Sorptionsprozesse sind in der Literatur bisher nur in Einzelfällen beschrieben, können aber bei stark organischen Böden auftreten.

Die ermittelten Messergebnisse liegen an den 16 Grundwasserproben zwischen 1,8 fmol/l und 5,1 fmol/l (s. Anl. 13).

Das Wertespektrum bestätigt, dass in allen Grundwasseraufschlüssen Jungwässer, in den meisten Fällen zu dominierenden Anteilen, enthalten sind. Zusätzlich zeigen viele Proben mit Messwerten > 3-3,5 fmol/l, dass im untersuchten Gebiet überhöhte Einträge von SF₆ stattfinden, z.B. Immissionen von Gewerbegebieten oder Starkstromanlagen. Die Nachweise überhöhter SF₆-Gehalte für die GWM PG12 (Fischzucht) und die „Breitlochquelle“ bestätigen die Vermutung, dass am Grundwasserabfluss dieser Aufschlüsse erhöhte Anteile vergleichsweise junger Grundwässer enthalten sind, die aus dem vorangegangenen Winterhalbjahr stammen können (erhöhte Lösungskapazität von SF₆ bei kühleren Neubildungstemperaturen).

Kombinierte Auswertung von Schwefelhexafluorid und Tritium

Durch Verwendung von zwei unabhängigen Datierungstracern lassen sich sogenannte „Harfendiagramme“ erstellen, mit denen die Grundwasseraltersstruktur grafisch dargestellt werden kann. Hiermit ist es möglich, die Zumischung von alten Tritium- und Spurengas-freien Grundwasserkomponenten zu jungen Grundwässern eindeutig zu erkennen, was mit einzelnen Tritium- bzw. Spurengasmessungen nicht möglich ist.

Als Grundlage für die Berechnung der Grundwasserverweilzeiten und für die Darstellung der Ergebnisse im Harfendiagramm wurde ein seriell gekoppeltes Exponential-Pistonflowmodell verwendet (75 % Exponentialmodell, 25 % Pistonflowmodell). Der dominierende Anteil des Exponentialmodells soll dabei vereinfacht den Grundwasserzustrom aus der flächenhaften Neubildung im Untersuchungsgebiet repräsentieren, die Zuschaltung des Pistonflow-Anteils eine Grundwasserströmung im Karstgrundwasserleiter des Oberen Muschelkalks unter abdichtender Überdeckung (Modellansätze s. MALOSZEWSKI & ZUBER 1996).

Die Harfendarstellung (Anl. 14) visualisiert, dass im Untersuchungsgebiet überwiegend Jungwässer mit Grundwasserverweilzeiten bis ca. 15 Jahre auftreten, die z.T. keine, eine leichte oder in wenigen Fällen eine starke Überhöhung des SF₆-Gehaltes erfahren haben.

Auch die GWM PG13 (Antoniuskapelle) zeigt eine SF₆-Überhöhung. Aufgrund des großen Flurabstandes und der langen Filterstrecke sowie der sehr geringen Ergiebigkeit ist aber nicht auszuschließen, dass hier aufgrund intensiver Luft-Grundwasser-Wechselwirkung eine messstellenbedingte Überhöhung vorliegt, die nicht das angetroffene Grundwasser charakterisiert.

FCKW-Gehalte

Die Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) sind ebenfalls Spurengase, die hydrogeologisch vergleichbar wie SF₆ zur Feststellung der Grundwasserverweilzeit genutzt werden können. Die FCKW's unterliegen jedoch in vielen Fällen punktuellen Überhöhungen und können auch abge-

baut werden. Sie wurden daher im Untersuchungsgebiet nur testweise an 5 Messstellen untersucht (Anl. 15).

Starke Überhöhungen der FCKW-Parameter wurden für den Schwallenbrunnen, den Br. 1 Heidelberg und den Brunnen Lichtner ermittelt. Somit sind für das gesamte Untersuchungsgebiet Überhöhungen anzunehmen, wie es ursprünglich schon vermutet wurde. Eine nähere Auswertung der FCKW-Gehalte ist daher nicht möglich.

5 Auswertung von Zeitreihenuntersuchungen in den Tiefbrunnen

Um die Ergebnisse der einmaligen Bestandsaufnahme der Grundwasserbeschaffenheit in einem längerfristigen Gesamtrahmen interpretieren zu können, wurden die von den Stadtwerken Bruchsal regelmäßig durchgeführten Kontrolluntersuchungen des Grundwassers ebenfalls ausgewertet.

Hierbei handelt es sich um Zeitreihen von:

- Wasserstand im Br. Heidelberg-1 (1980-1991 und ab 2000)
- Wasserstand im Pegel 8 (1988-2007)
- Entnahmerate der Brunnen Heidelberg (ab 1990)
- Nitratgehalte (Br. Heidelberg, Pegel 8, Quellen)
- Sulfat-, Chlorid-, Hydrogenkarbonatgehalte der Brunnen Heidelberg

Für Vergleichszwecke wurden weiterhin Niederschlagsdaten einer Wetterstation im Neckar-Odenwald-Kreis (Billigheim) mit verwendet.

Bei den Quellen handelt es sich um die früheren Trinkwasserquellen von Heidelberg (Schloßbergquelle, Salzbachquelle, Stalpenwiesenquelle).

Wasserstand und Entnahme

Die langjährige Wasserstandsganglinie der Brunnen Heidelberg ist nicht ganz vollständig, jedoch können für den fehlenden Abschnitt die Wasserstandsdaten des Pegels 8 genutzt werden (Anl. 16).

Die Wasserstände zeigen sowohl jährliche als auch mehrjährige Variationen. Einflüsse durch den Brunnenbetrieb sind nicht zu erkennen.

Es treten ausgeprägte Grundwasserhochstände in den Jahren 1983, 1988 und Anfang 2003 auf. Ab 1988 bis 1991 fallen die Grundwasserstände anhaltend ab und erholen sich erst wieder Mitte der 1990-er Jahre. Dem Grundwasserhochstand Ende 2002 folgt wieder ein längerer Abschnitt mit fallenden Wasserständen bis 2005. Seither zeigt sich wieder ein Trend zu ansteigenden Wasserständen. Alle mehrjährigen Trends sind durch eine jährliche Saisonalität überprägt.

Die mehrjährige Saisonalität bei den Wasserständen steht in Übereinstimmung mit den Variationen der Niederschlagsmengen. Für die ausgeprägten Trockenjahre 1983 und 2003 ist davon auszugehen, dass fast keine Grundwasserneubildung im Muschelkalk erfolgt ist. Da jeweils Jahre mit hohen Niederschlägen vorangegangen waren, fielen die Wasserstände jeweils von

einem hohen Level ab. Ende der 1980-er bis Anfang der 1990-er Jahre folgten mehrere Jahre mit vergleichsweise niedrigen Niederschlägen, die zu einer nachhaltigen Absenkung der Wasserstände führten.

Insgesamt beträgt die mehrjährige Schwankungsbreite bei den Wasserständen etwas mehr als 5 m.

Die Anlage 17 zeigt die Entnahmeraten der Brunnen seit 1990. Bis Mitte der 2000-er Jahre wurde überwiegend aus den Brunnen 1 und 3 gefördert. Ab 2005 wurde der Brunnen 2 verstärkt in die Entnahme mit einbezogen. Die mittlere Entnahmerate war in den letzten 20 Jahren mit im Mittel 360.000 m³/a bzw. 11.3 l/s weitgehend unverändert.

Nitrat

In der Anlage 18 sind die seit 1982 regelmäßig gemessenen Nitratgehalte den Brunnenwasserständen gegenüber gestellt.

Während in den 1980-er Jahren die Nitratgehalte der Brunnen noch gleich hoch waren, wurden ab den 1990-er Jahren im Brunnen 1 etwas niedrigere Werte als im Brunnen 3 gemessen. Brunnen 2 nimmt eine Mittelstellung ein.

Die Nitratganglinien zeigen insgesamt einen fallenden Trend von ca. 50 mg/l Mitte der 1980-er Jahre auf derzeit 30-40 mg/l. Der Trend ist überlagert durch eine mehrjährige Saisonalität. Ab 2005/2006 ist ein regelrechter Sprung zu deutlicher Absenkung der Nitratgehalte zu erkennen.

Jahreszeitliche Variationen beim Nitratgehalt können bei den Brunnen nicht eindeutig festgestellt werden; kurzfristige Schwankungen scheinen nicht aufzutreten bzw. sind eher durch den wechselnden Betriebsrhythmus der Brunnen bedingt.

Mehrjährige Trends sind jedoch deutlich zu erkennen. So kam es im Zusammenhang mit den fallenden Wasserständen Anfang der 1990-er Jahre auch zu leicht fallenden Nitratgehalten. Im Zusammenhang mit der Grundwasserneubildungsphase Mitte der 1990-er Jahre stiegen die Nitratgehalte wieder leicht an. Die wiederholten Grundwasserhochstände Anfang der 2000-er Jahre führten wieder zu einem Anstieg der Nitratgehalte. Die Wechselbeziehung von ansteigendem Nitratgehalt im Zusammenhang mit steigenden Wasserständen kann als verstärkte Auswaschung von Nitrat aus den Böden oder verändertem Grundwasszustrom aus einer Richtung mit erhöhten Nitratgehalten im Grundwasser interpretiert werden. Der parallele Verlauf der Nitratganglinien der Brunnen 1 und 3 spricht aber für die erste Erklärungsvariante.

Die Nitratgehalte in den Brunnen Heidelberg sind auf deutlich niedrigerem Niveau als im Pegel 8, der im weiter entfernten Zustrom der Brunnen liegt und Nitratgehalte von 50-70 mg/l zeigt. Teilweise zeigen die Ganglinien eine ähnliche Saisonalität.

Der Vergleich der Nitratwerte der Brunnen Heidelberg mit den früheren Trinkwasserquellen zeigt (Anl. 21), dass in den Quellen deutlich ausgeprägte kurzzeitige bzw. jahreszeitliche Variationen beim Nitratgehalt auftreten. Dies weist auf vergleichsweise schnelle Nitratreinträge aus den Böden in das oberer Grundwasserstockwerk hin (Lettenkeuper/Quartär). Die Quellen zeigen zusätzlich eine mehrjährige Saisonalität bei den Nitratgehalten, allerdings mit vergleichsweise deutlich schnellerem Anstieg der Nitratgehalte. Die verstärkte Grundwasserneubildung Anfang der 2000-er Jahre, die zu anhaltend steigenden Wasserständen führte, bedingte in den Quellen insgesamt ansteigende Nitratgehalte, welche dann etwa bis 2006 auf dem erhöhten

Niveau verharrten. Als Folge der vergleichsweise trockenen Jahre ab Mitte der 2000-er Jahre begannen sich die Nitratgehalte der Quellen abzusinken und verharrten seither auf diesem Niveau.

Der wesentliche Unterschied bei den Nitratgehalten zwischen Brunnen und Quellen ist das Fehlen der jahreszeitlichen Schwankungen in den Brunnen. Dies dürfte durch gute Vermischung verschieden hoch belasteter Zuströme zu den Brunnen bedingt sein. Die insgesamt gute Korrelation bei den mehrjährigen Trends bei Quellen und Brunnen zeigt aber, dass das geförderte Muschelkalk-Grundwasser noch in direkter Anbindung zum aktuellen Grundwasserneubildungsgeschehen steht.

Sulfat, Chlorid, Karbonathärte

Für diese Ionen liegen nur jährliche bis zweijährliche Analysen vor.

Die Chloridgehalte zeigen ähnlich wie Nitrat einen seit Ende der 1980-er Jahre fallenden Trend, mit gleichen Konzentrationsunterschieden der Brunnen wie beim Nitrat. Dies legt gemeinsame Eintragsprozesse von Nitrat und Chlorid nahe (Anl. 19).

Die Karbonathärte zeigt dagegen für die Brunnen nur geringe Unterschiede und lässt keinen oder allenfalls nur einen sehr schwachen Trend erkennen (Anl. 19).

Im Gegensatz hierzu zeigen die Sulfatgehalte von Mitte der 1980-er bis Mitte der 1990-er Jahre einen steigenden Trend und seither etwa gleichbleibende Werte auf einem gegenüber den 1980-er Jahren erhöhten Level. Der Brunnen 3 mit den höchsten Nitratgehalten zeigt beim Sulfat die niedrigsten Gehalte. Beim Brunnen 1 ist es umgekehrt und Brunnen 2 nimmt eine Mittelstellung ein (Anl. 20). Diese Wechselbeziehung belegt die Vermischung verschiedener Zuflusskomponenten am Standort der Brunnen Heildelshelm.

Br. 1 Osten: geringer Nitratgehalt, erhöhter Sulfatgehalt;
der Brunnen enthält Zustromanteile aus dem Oberlauf (Bereich Neibshelm,
Gondelshelm), wo erhöhte Sulfatgehalte auftreten

Br. 3 Westen: hoher Nitratgehalt, weniger Sulfat
ähnlich zu Pegel 8 (hoher Nitratgehalt, weniger Sulfat); dies weist auf Grundwasserzuflüsse aus Westen hin

Da die Konzentrationen von Sulfat und Nitrat nur wenig voneinander verschieden sind, ist das Grundwasser insgesamt als Mischung aus einem großen Einzugsgebiet zu sehen, mit Nuancen bei der Komponentenzusammensetzung.

6. Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Die umfassende hydrochemische Bestandsaufnahme im näheren und weiteren Umfeld der Brunnen Heildenheim zeigt, dass

1. das Grundwasser trotz der intensiven Besiedlung, Verkehr und landwirtschaftlichen Nutzung im Saalbachtal von guter Beschaffenheit ist und keine trinkwasserrelevanten Schadstoffe enthält. Frühere Belastungen mit CKW sind auf Spurennachweise im Bereich oder unterhalb der Bestimmungsgrenze abgeklungen. Dies gilt auch für den weiträumigen Zustrombereich der Brunnen, da in keiner untersuchten Vorfeldmessstelle der Brunnen entsprechende grenzwertrelevante Grundwasserbelastungen nachgewiesen wurden.
2. die weitflächige landwirtschaftliche Nutzung des Einzugsgebietes im Grundwasser zu einem Nitratgehalt von 30-40 mg/l und erhöhten Konzentrationen an Metaboliten von Pflanzenschutzmitteln führt. Das Grundwasser ist diesbezüglich flächenhaft beeinflusst. Die Metabolit-Konzentrationen werden als nicht Trinkwassergrenzwert-relevant eingestuft.
3. die hohe Härte des Grundwassers an erster Stelle geogen bedingt ist, in geringem Umfang aber zusätzlich durch ubiquitäre anthropogene Einflussfaktoren verstärkt wird.

Der Hauptanteil der Grundwasseraufschlüsse, die untersucht werden konnten, liegt im engeren Talbereich in Nähe zum Saalbach. Hinweise auf Uferfiltrat ergaben sich für die Brunnen Heildenheim nicht.

Für alle Grundwassermessstellen und Brunnen im Bereich der Talachse wurde praktisch dieselbe Komponentenzusammensetzung und Charakteristik des Grundwassers ermittelt. Sie gilt auch für die Brunnen Heildenheim 1-3.

Dies weist auf intensive Mischungsprozesse von Grundwässern im Muschelkalk-Grundwasserleiter im Bereich der zentralen Talachse hin. Unterschiede bei der Komponentenzusammensetzung der Grundwässer zeigen sich nur in Nuancen. Hierzu gehört insbesondere der Aufbruch von stärker sulfathaltigem Grundwasser im Tal zwischen den Tiefbrunnen Neibsheim und Gondelsheim (Anl. 6).

Die im Bereich der weitläufigen Talflanken vorhandenen Messstellen zeigen bei einigen Parametern charakteristische Unterschiede zum Hauptgrundwasservorkommen in der Talachse:

Ostflanke:

- die GWM PG13 hat vergleichsweise altes, tritiumfreies Grundwasser erschlossen, das nur auf einen geringen Grundwasserdurchfluss hinweist; dieses „alte“ Grundwasser hat nur vergleichsweise niedrige Nitrat- und Chloridgehalte
- die GWM PG12 (Fischzucht) hat vergleichsweise junges Grundwasser erschlossen, ebenfalls mit niedrigen Nitrat- und Chloridgehalten

Westflanke:

- der Br. Lichtner zeigt charakteristisches Muschelkalkgrundwasser, jedoch mit vergleichsweise hohen Gehalten an Nitrat und Metaboliten;
- Brunnen 3 des Golfclubs zeigt ebenfalls charakteristisches Muschelkalkgrundwasser, jedoch mit erhöhtem Nitratgehalt

In hydrochemischem Sinn sind die Grundwässer der Talflanken aber sehr ähnlich zum Hauptabstrom in der Talmitte.

Die Brunnen Heidelberg 1-3 sind durch sehr ähnliche Grundwasserbeschaffenheit charakterisiert, was vorrangig an eine sehr gute Anbindung an den Hauptgrundwasserabstrom entlang des Saalbachtals hinweist. Nur bei Betrachtung längerer Zeitreihen sind systematische Unterschiede in der Grundwasserbeschaffenheit der drei Brunnen zu erkennen. So zeigt der im Westen gelegene Brunnen 3 vergleichsweise höhere Nitrat- und Chloridgehalte als der im Osten gelegene Brunnen 1. Der Brunnen 3 zeigt dagegen meist niedrigere Sulfatgehalte als Brunnen 1. In diesen geringen Unterschieden kommt zum Ausdruck, dass sich einem zentralen Grundwasserabstrom im Saalbachtal seitlich Grundwässer zumischen, die geringfügig in der Beschaffenheit vom Hauptabstrom abweichen.

Die Randzuströme scheinen dabei mengenmäßig begrenzt zu sein und verteilen sich auf einer langen Talstrecke. So findet sich z.B. der für den Brunnen 1 festgestellte erhöhte Sulfatgehalt in der östlich gelegenen Zustrommesstelle PG12 nicht wieder.

Im Schwallenbrunnen, der den tiefsten Überlauf des Muschelkalk-Fließsystems im Saalbachtal darstellt, vermischen sich alle Einflüsse aus dem Einzugsgebiet. Die Grundwasserbeschaffenheit des Schwallenbrunnens ist sehr ähnlich zu der der Tiefbrunnen Heidelberg, die das Grundwasser im Vorfeld der natürlichen Grundwasseraustrittsstelle entnehmen.

Die Ergebnisse zur Grundwasseraltersstruktur zeigen, dass der dominierende Grundwasserabstrom im Muschelkalk in der Talachse des Saalbachtals gut, d.h. innerhalb eines Zeitraums von Monaten bis mehreren Jahren, an die aktuellen Grundwasserneubildungsprozesse angebunden ist.

Somit kann für den dominierenden Anteil des Muschelkalkgrundwassers von einem lokalen, d.h. das Saalbachtal begleitenden Grundwasserabstrom ausgegangen werden. Da die Mitte des Saalbachtals durch gering durchlässige quartäre Sedimente „plombiert“ ist, dürften die wichtigsten Neubildungsgebiete für das Muschelkalkgrundwasser die Nahbereiche der Talflanken entlang des Saalbachtals in Richtung Süden sein.

Das Förderwasser der Brunnen Heidelberg zeigt auch bei der Altersstruktur die Charakteristik des dominierenden Grundwasserabstroms im Saalbachtal.

Das zu Referenzzwecken beprobte Wasser einiger früherer Trinkwasserquellen, die Ihre Zuflüsse aus dem oberen Grundwasserstockwerk (Unterkeuper und/oder Quartär) erhalten, zeigt bei der Altersstruktur und Komponentenzusammensetzung des Grundwassers keine wesentlichen Unterschiede zum dominierenden Grundwasserzustrom im Muschelkalk.

Die mehr- und langjährige Trends bei einzelnen Grundwasserinhaltsstoffen stehen im Zusammenhang mit den Variationen bei der Grundwasserneubildungshöhe. Weiterhin ist noch ein „Bewirtschaftungsfaktor“ zu vermuten. So ist durchaus vorstellbar, dass die Außerbetriebnahme der oberstromig gelegenen Brunnen von Neibsheim, Gondelsheim und Diedelsheim dazu geführt hat, dass die früher dort geförderten Grundwässer nun auch zum Schwallenbrunnen abströmen. Insbesondere die markante Absenkung der Nitratgehalte in den Brunnen Heidelberg ab etwa 2007 und der damit einhergehende leichte Anstieg bei den Sulfatgehalten könnten hierauf hinweisen. Zum Sulfatgehalt liegen aber nur sehr wenige Messwerte vor, so dass diese Aussage unsicher ist.

7. Zusammenfassung

Zur Überprüfung und Neuabgrenzung des Wasserschutzgebietes für die Brunnen Heidelberg 1-3 wurde vom LGRB ein Untersuchungsprogramm mit dem Bau neuer Grundwassermessstellen, Stichtagsuntersuchungen der Wasserstände und Bestandsaufnahmen der Grundwasserbeschaffenheit vorgeschlagen, das sukzessive abgearbeitet wurde.

Die Firma HydroGeo⁺ wurde mit Schreiben vom 10.05.2012 beauftragt, im weiteren Brunnenumfeld eine abschließende Übersichtsuntersuchung zur Charakteristik und Komponentenzusammensetzung des Grundwassers durchzuführen. Zielstellung der Untersuchung war es, anhand dieser Untersuchungen unabhängig zur Grundwasserhydraulik festzustellen, wo das Brunneneinzugsgebiet anzunehmen ist.

Um zu überprüfen, ob die Daten zur Grundwasserbeschaffenheit charakteristisch für die Zustromverhältnisse der Brunnen sind, wurden ergänzend längere Zeitreihen zur Grundwasserbeschaffenheit der Förderbrunnen sowie einiger Referenzmessstellen ausgewertet. Somit liegt nun eine räumliche und zeitliche Bestandsaufnahme zur Grundwasserbeschaffenheit vor.

Kurz zusammengefasst zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass das Muschelkalkgrundwasser im Saalbachtal ein sehr gut vermisches Grundwasservorkommen darstellt, das nur eine geringe räumliche Variabilität bei der Grundwasserbeschaffenheit zeigt.

Anhand der Isotopen- und Spurenstoffuntersuchungen konnte festgestellt werden, dass der dominierende Anteil des Muschelkalkgrundwassers vergleichsweise langsam abströmt und Verweilzeiten in einem Rahmen von mehreren Monaten bis Jahren hat. Diese Grundwasserweilzeiten zeigen, dass das Grundwasser gut an die aktuellen Grundwasserneubildungsprozesse angeschlossen ist.

Die kombinierte Auswertung der hydrochemischen Parameter, Zeitreihen und Isotopendaten lässt jedoch erkennen, dass sehr junge, schnell von der Oberfläche abfließende Grundwässer für die Brunnen Heidelberg wahrscheinlich nur eine untergeordnete Rolle spielen. Dies steht mit den Deckschichtverhältnissen, insbesondere mit der Plombierung des Saalbachtals durch die quartären Auesedimente in Zusammenhang. Innerhalb des Muschelkalkaquifers sind jedoch hohe Grundwasserabstandsgeschwindigkeiten anzunehmen.

Sehr alte, tritiumfreie und sehr langsam abströmende Grundwässer konnten im Hauptfließbereich des Muschelkalkgrundwassers zwar lokal festgestellt werden (PG13), sie spielen für den Hauptgrundwasserabstrom im Saalbachtal mengenmäßig jedoch keine Rolle. Diese alten Grundwässer werden insbesondere in Gebieten erwartet, wo flächenhaft eine mächtige Überdeckung von Löß und Keuper über dem Muschelkalk vorliegt.

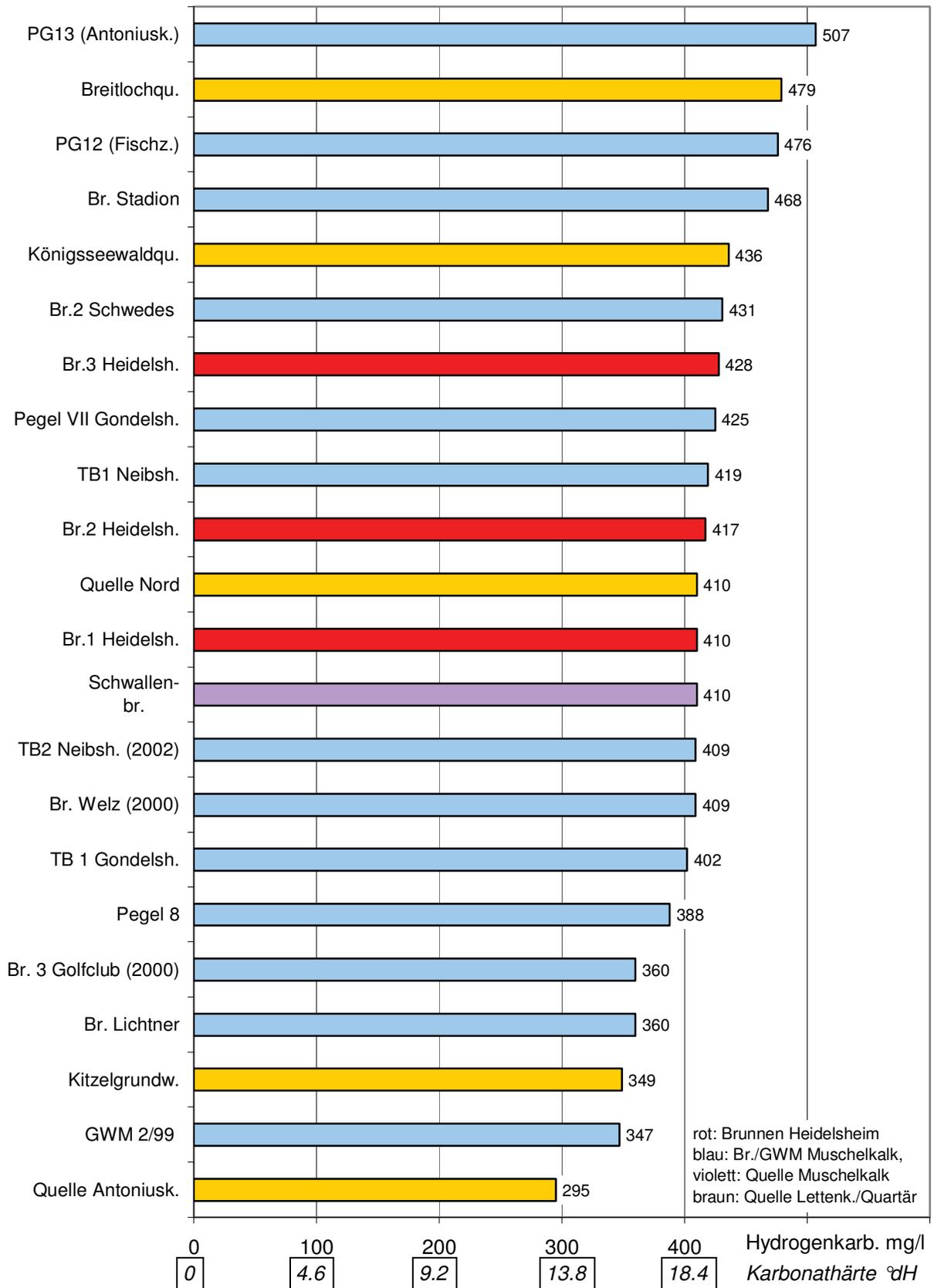
Die Untersuchungsergebnisse weisen daher darauf hin, dass es entlang des Saalbachtals einen ergiebigen Grundwasserabstrom im Muschelkalk gibt, dessen Neubildung vorwiegend an den nah gelegenen Talflanken erfolgt. Mit zunehmender seitlicher Entfernung vom Saalbach ist eine Zunahme bei der Variabilität der Beschaffenheit und Komponentenzusammensetzung der Grundwässer zu erkennen.

Das Förderwasser der Brunnen Heidelberg 1-3 zeigt trotz der intensiven Besiedlung, Verkehr und landwirtschaftlichen Nutzung nur mäßige anthropogene Einflüsse und ist somit insgesamt

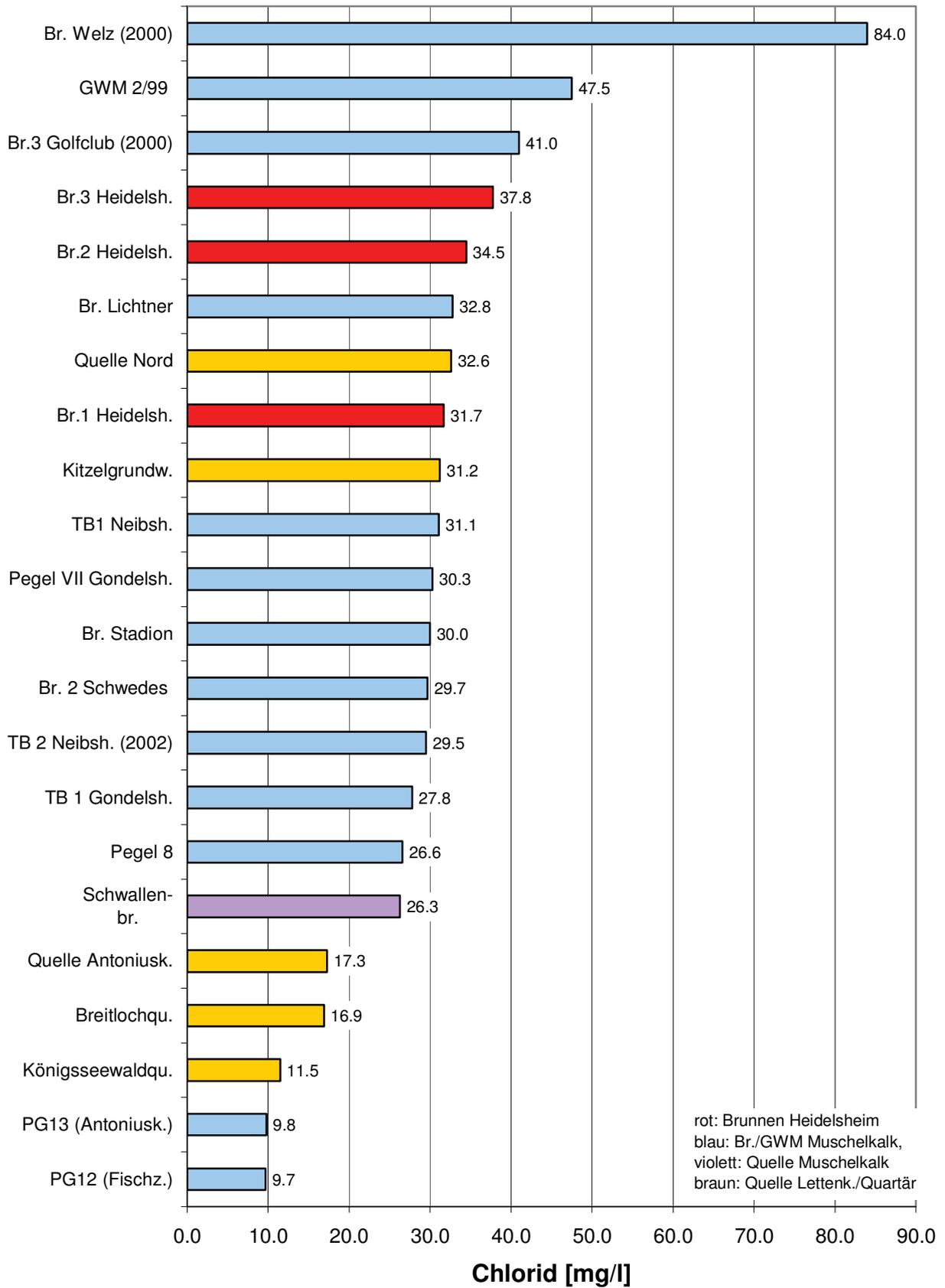
von guter Beschaffenheit. Dies gilt sowohl für den Brunnenstandort als auch für den weiträumigen südlichen Hauptzustrombereich. Von der flächigen urbanen und landwirtschaftlichen Nutzung des Einzugsgebietes gehen jedoch potenzielle Grundwassergefährdungen aus.

Anlagen 1 - 21

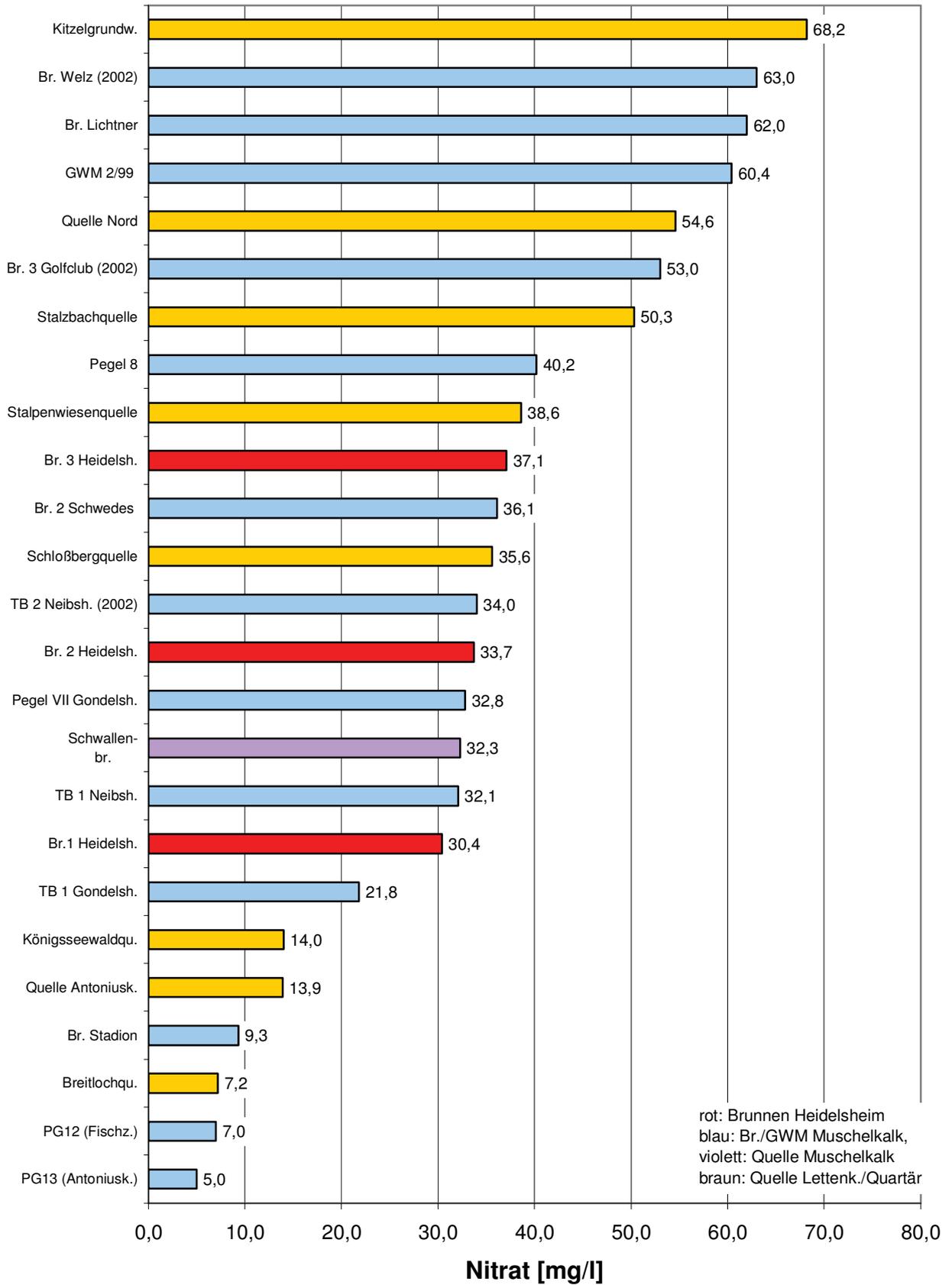
Anlage 2: Ergebnisse der Hydrogenkarbonat-Untersuchungen



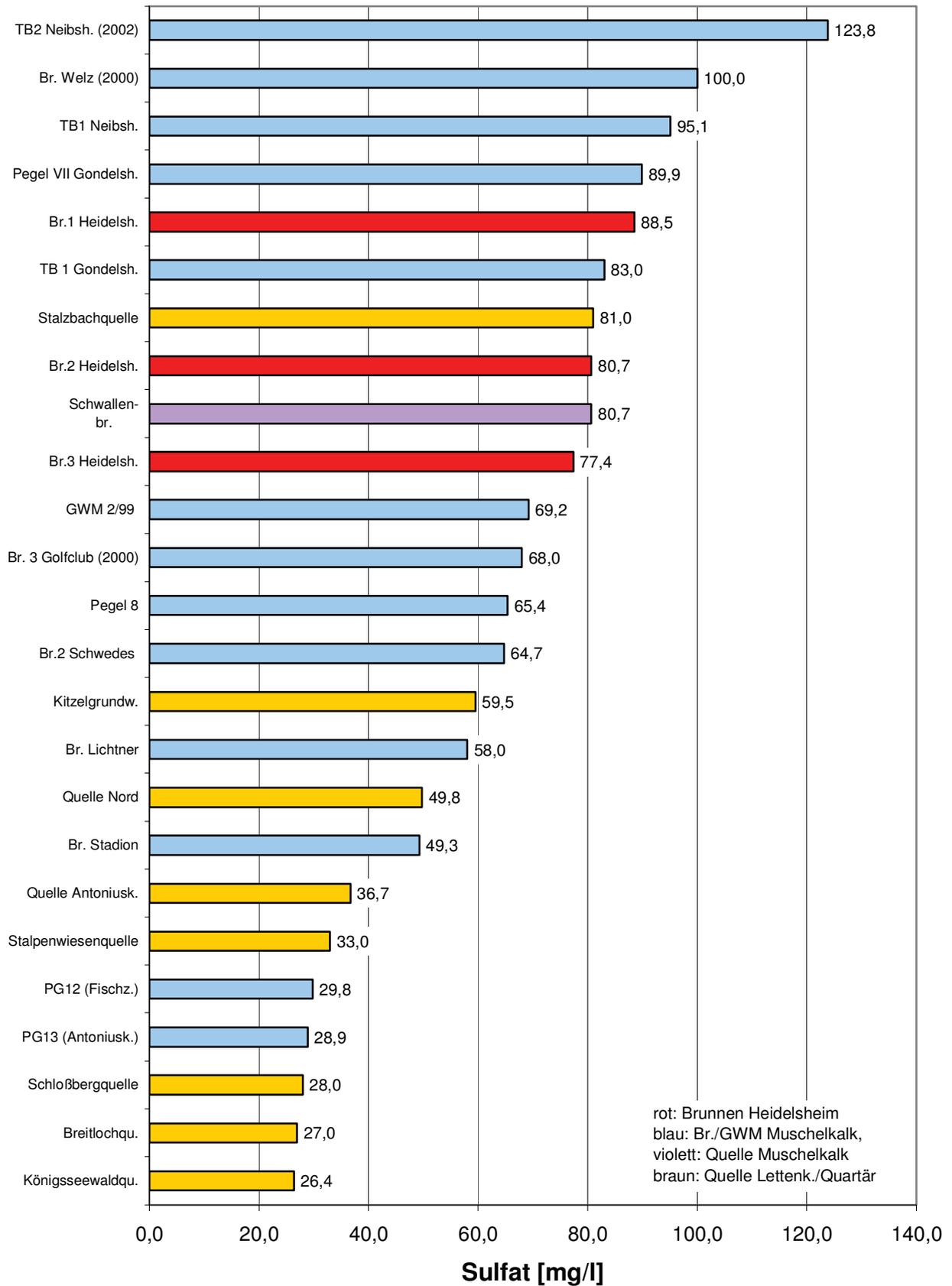
Anlage 3: Ergebnisse der Chlorid-Untersuchungen

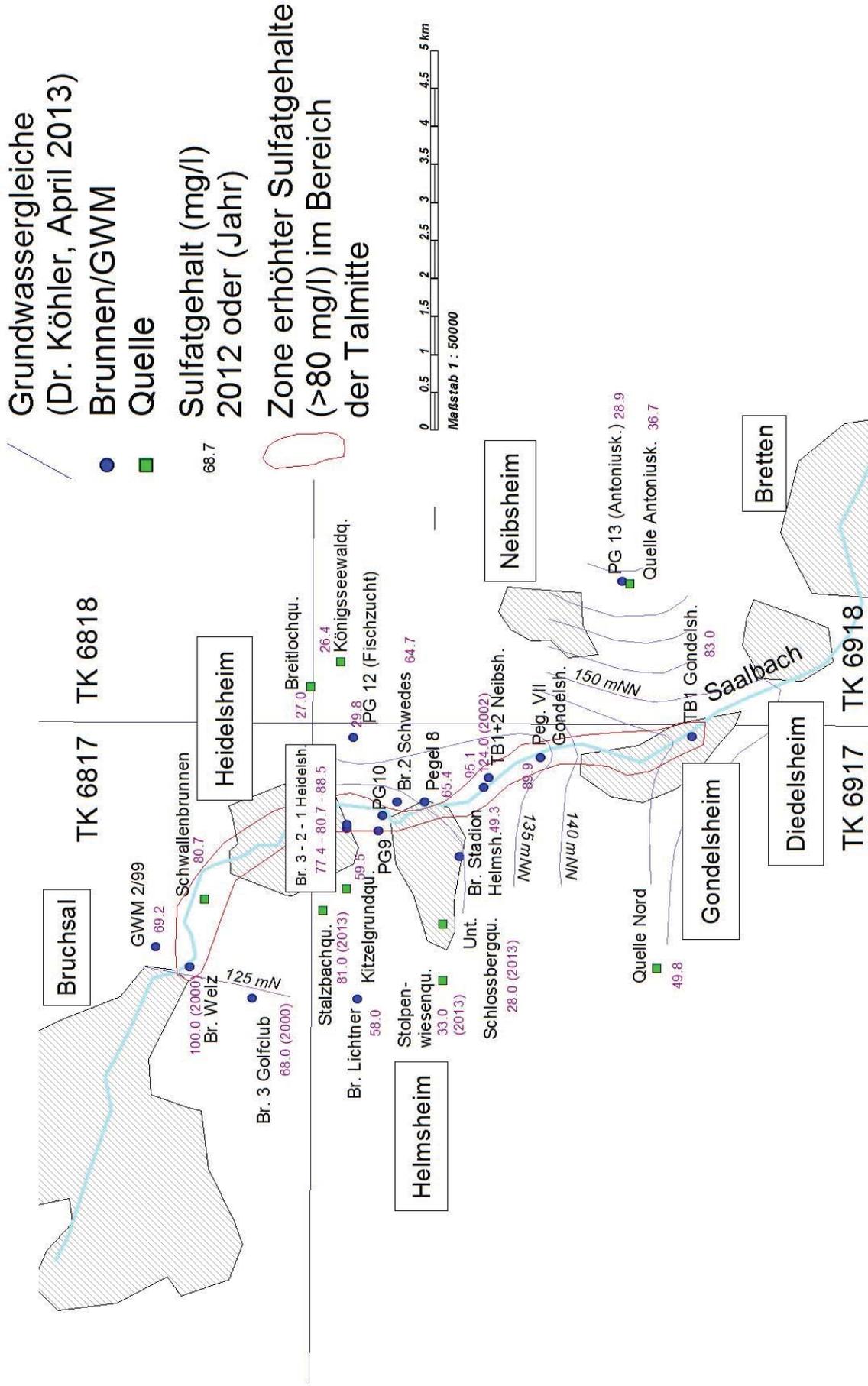


Anlage 4: Ergebnisse der Nitrat-Untersuchungen



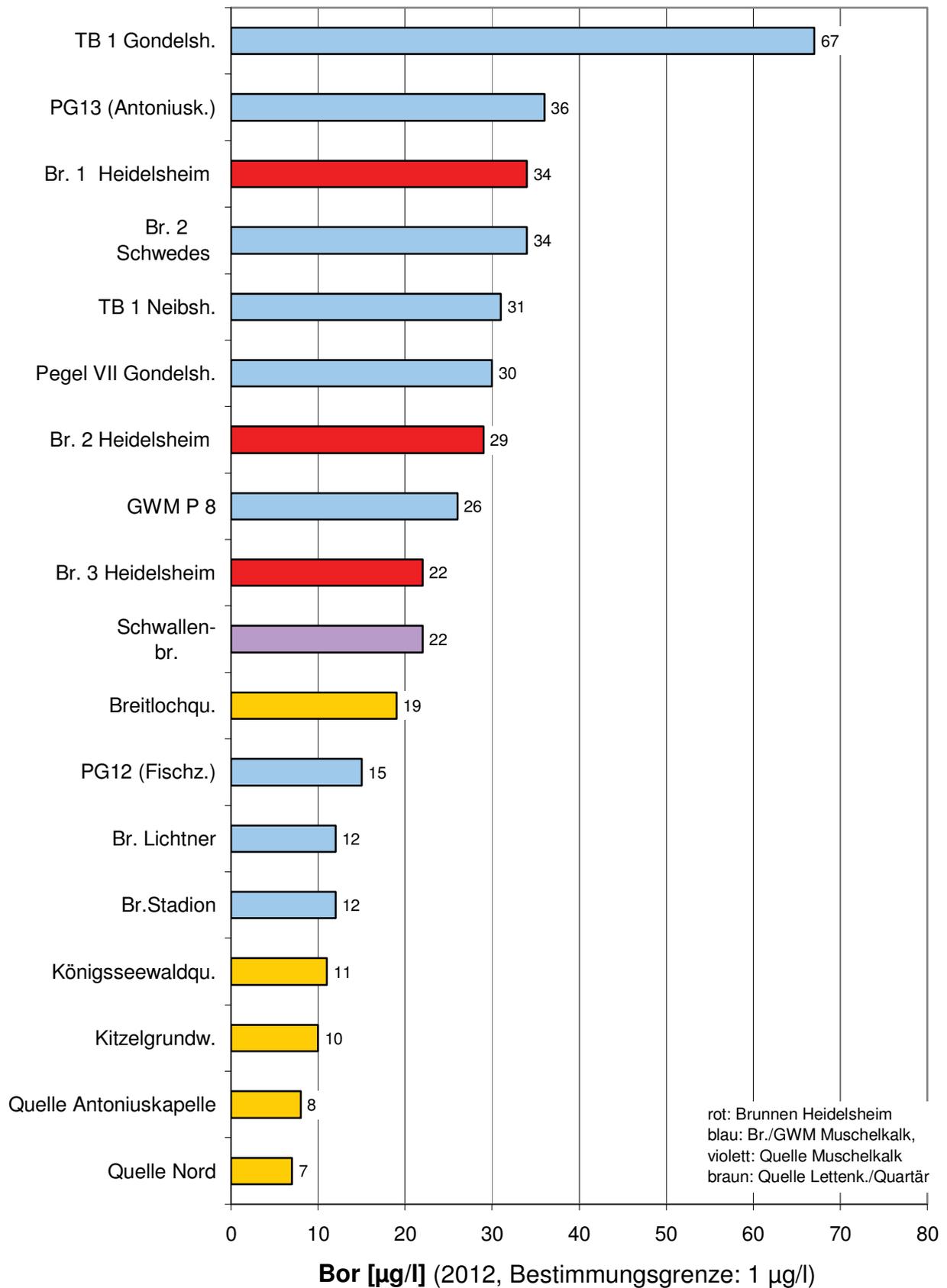
Anlage 5: Ergebnisse der Sulfat-Untersuchungen



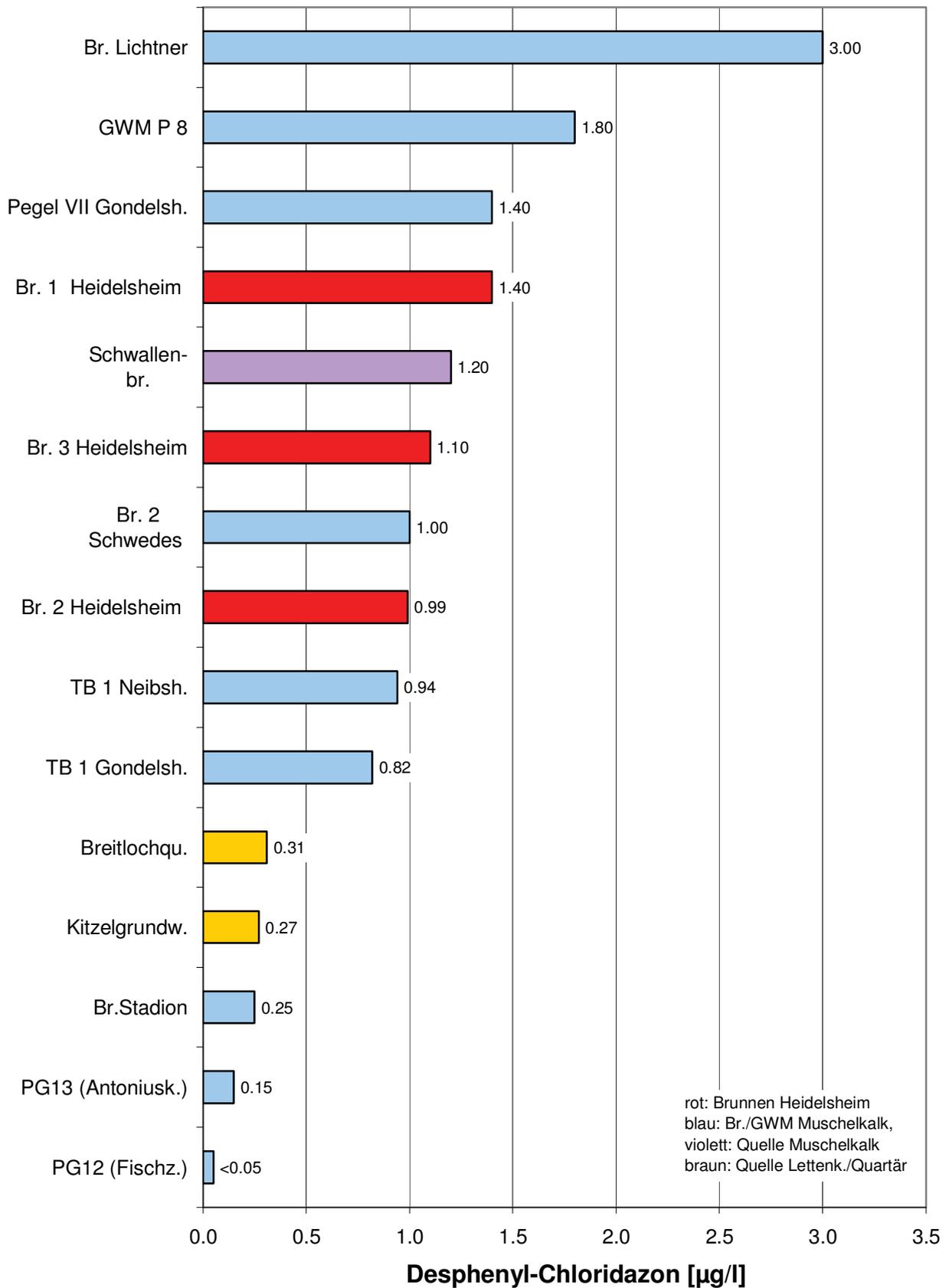


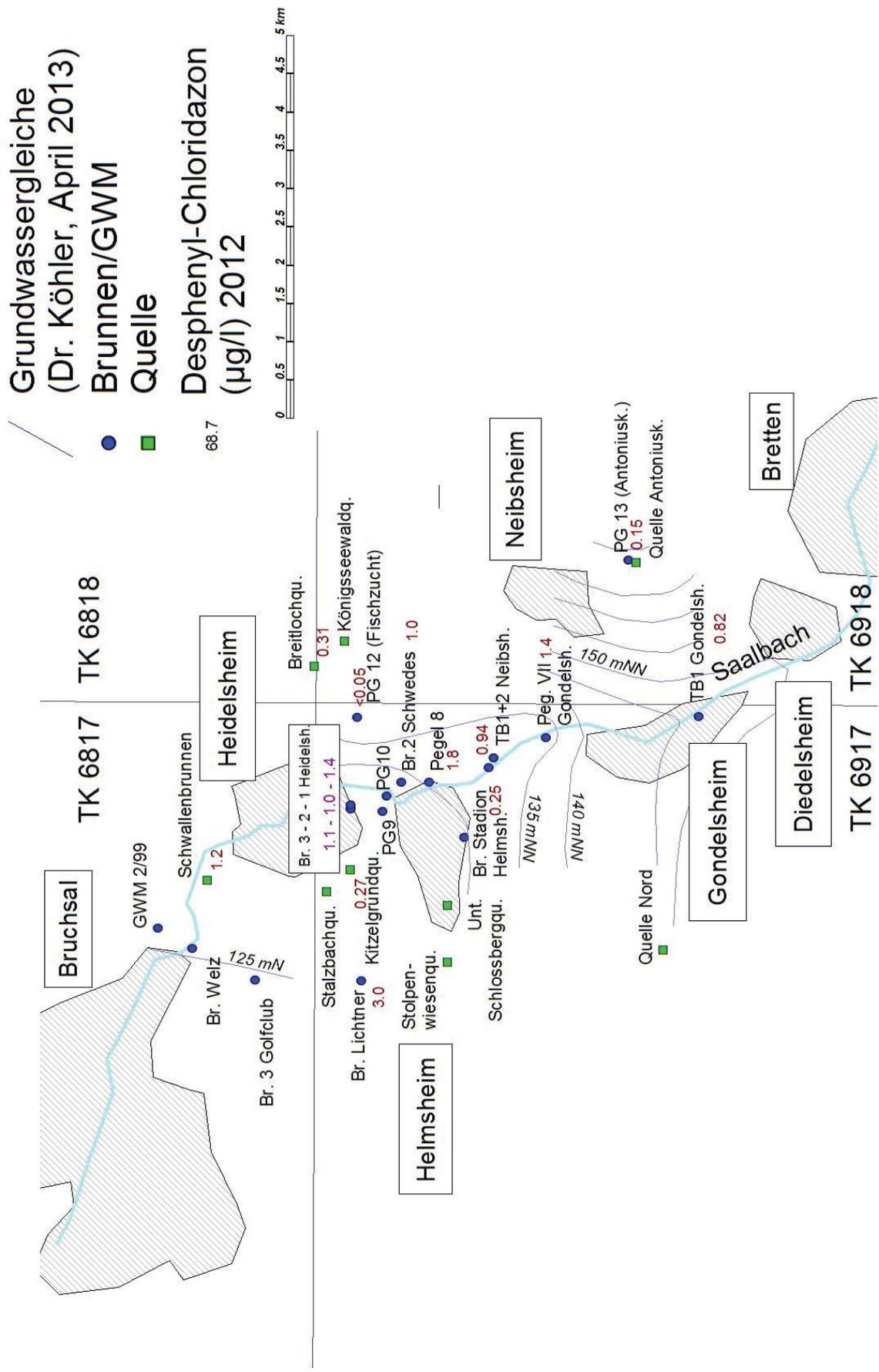
Anlage 6: Räumliche Verteilung der Sulfatgehalte im Grundwasser

Anlage 7: Ergebnisse der Bor-Untersuchungen



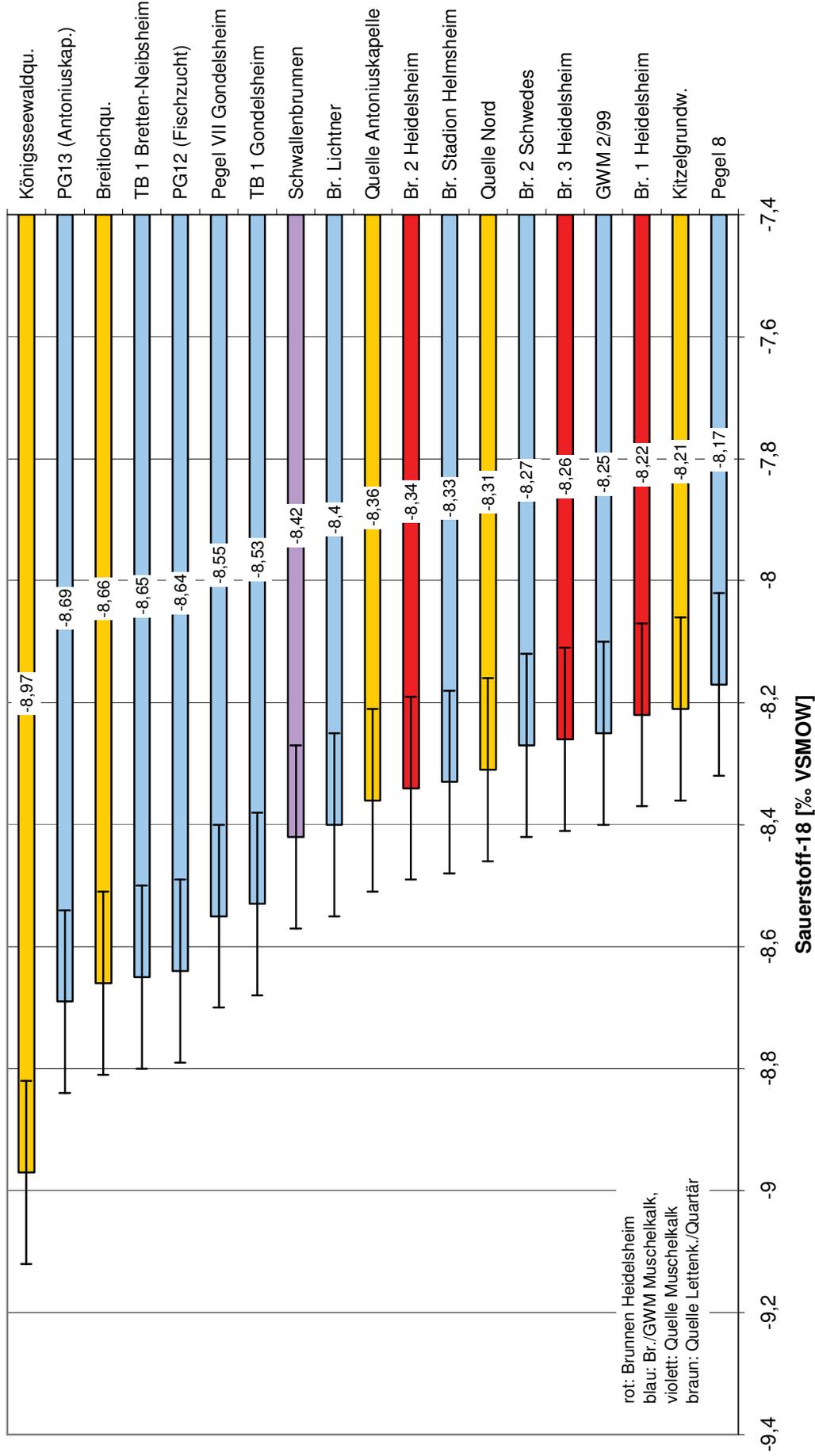
Anlage 8: Ergebnisse der Untersuchungen auf Desphenyl-Chloridazon



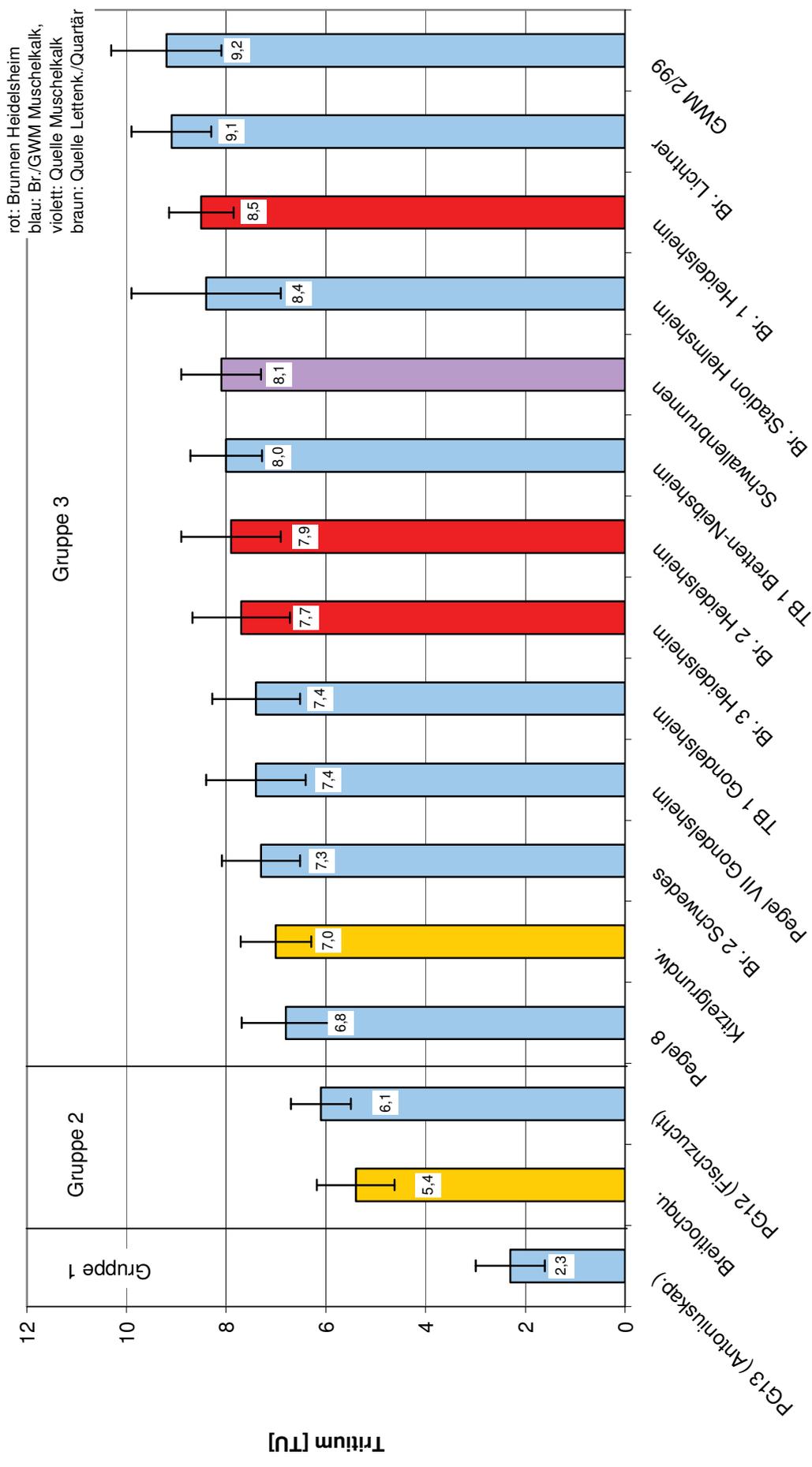


Anlage 9: Räumliche Verteilung der Gehalte von Desphenyl-Chloridazon

Anl. 10: Ergebnisse der Sauerstoff-18-Untersuchungen (Bestandsaufnahme Mai 2012)



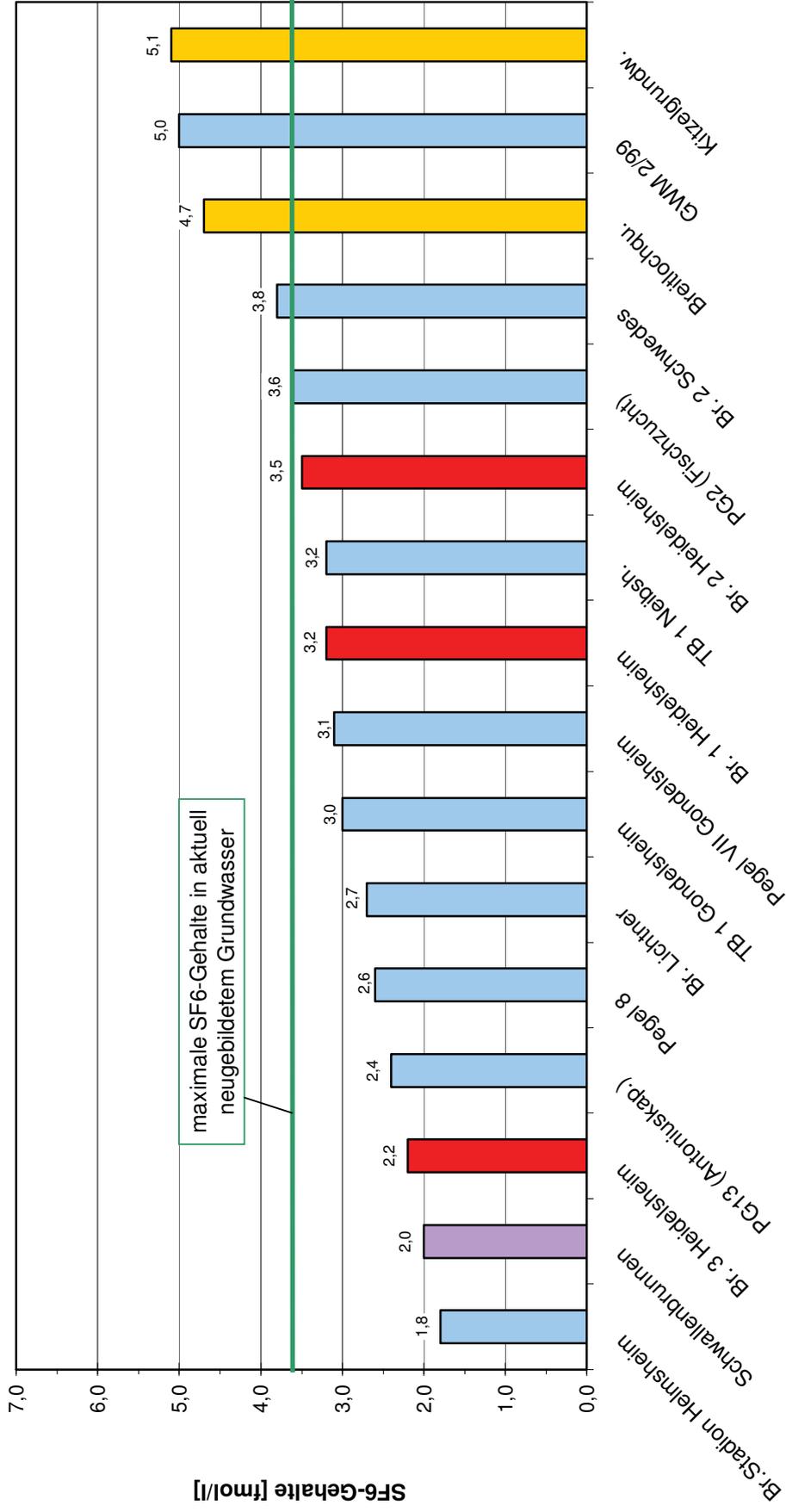
Anl. 11: Ergebnisse der Tritium-Untersuchungen (Bestandsaufnahme Mai 2012)



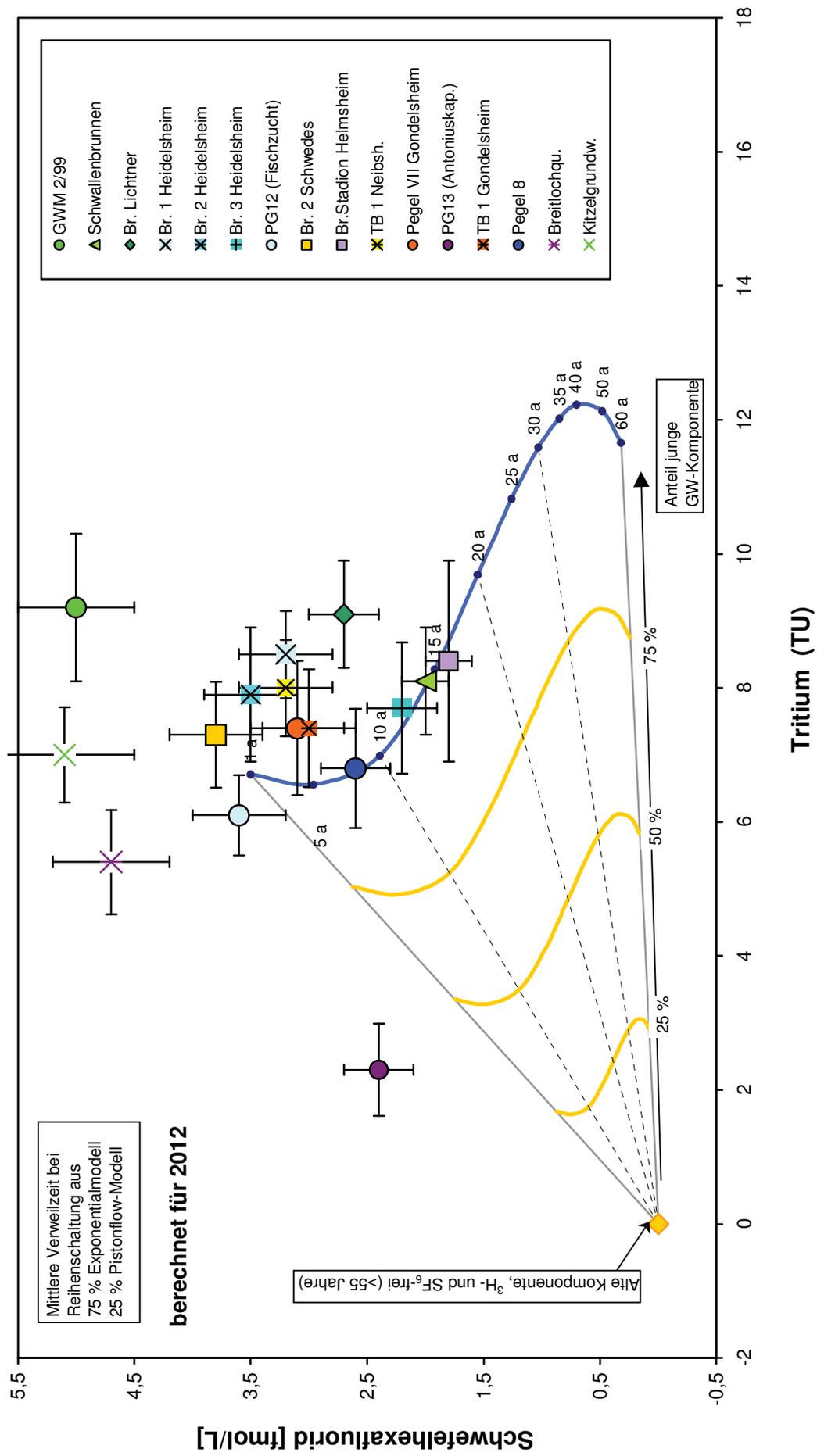
Anl. 12: Korrelationsdiagramm der Sauerstoff-18 und Tritiumgehalte (Bestandsaufnahme Mai 2012)



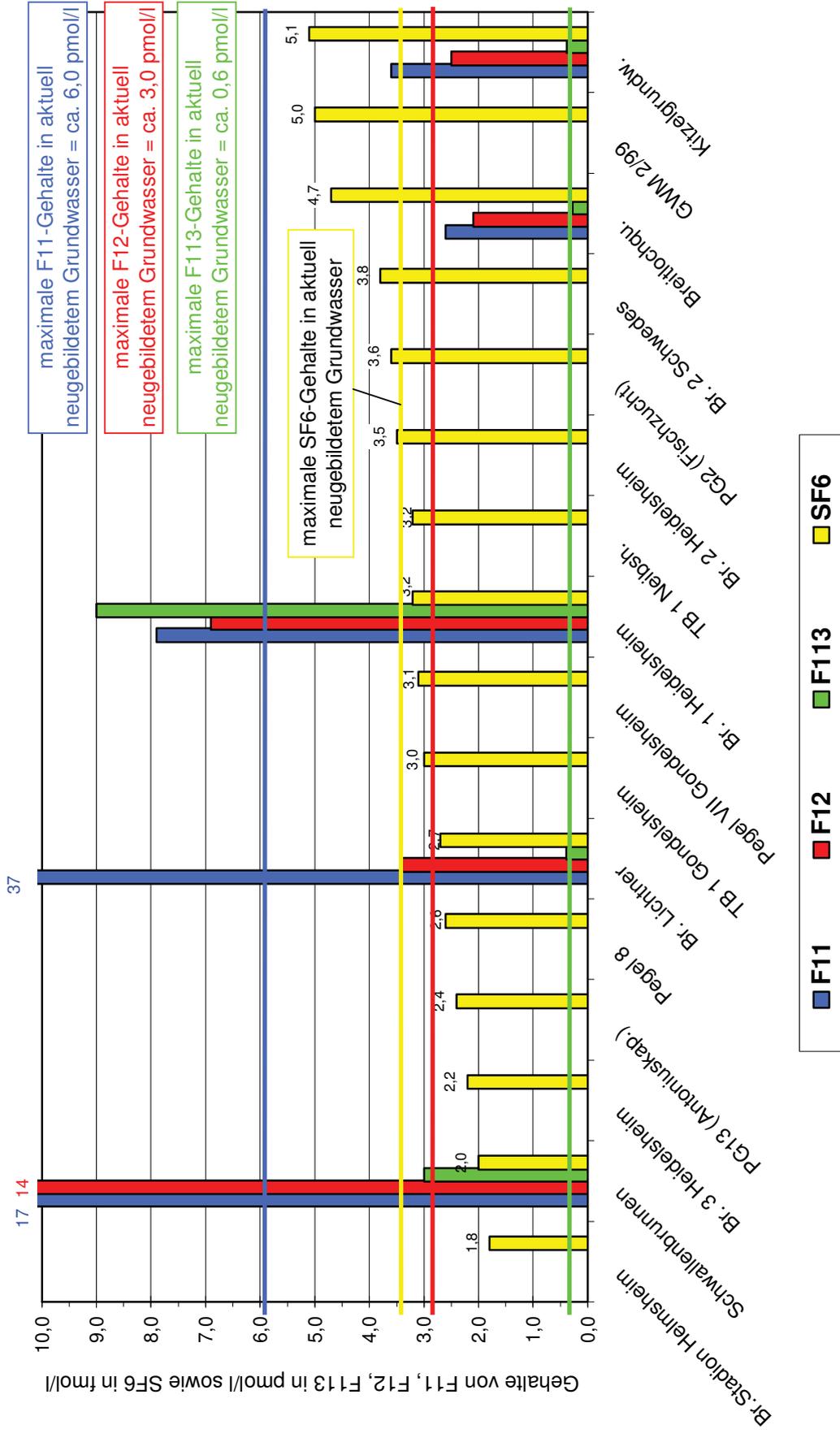
Anl. 13: Ergebnisse der Schwefelhexafluorid (SF6)-Untersuchungen (Bestandsaufnahme Mai 2012)



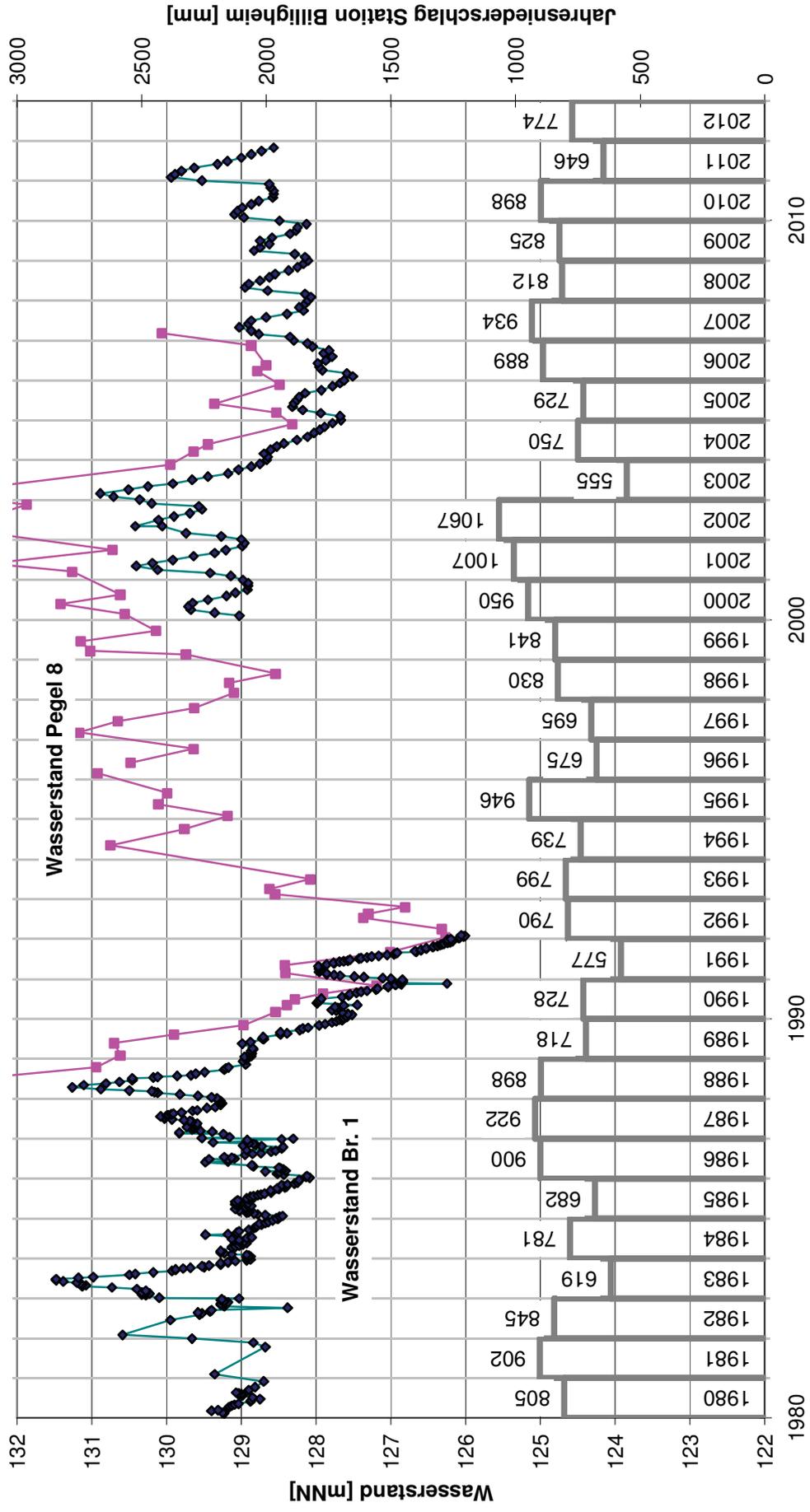
Anl. 14: Harfendiagramm mit Auswertung der Tritium und SF-Gehalte



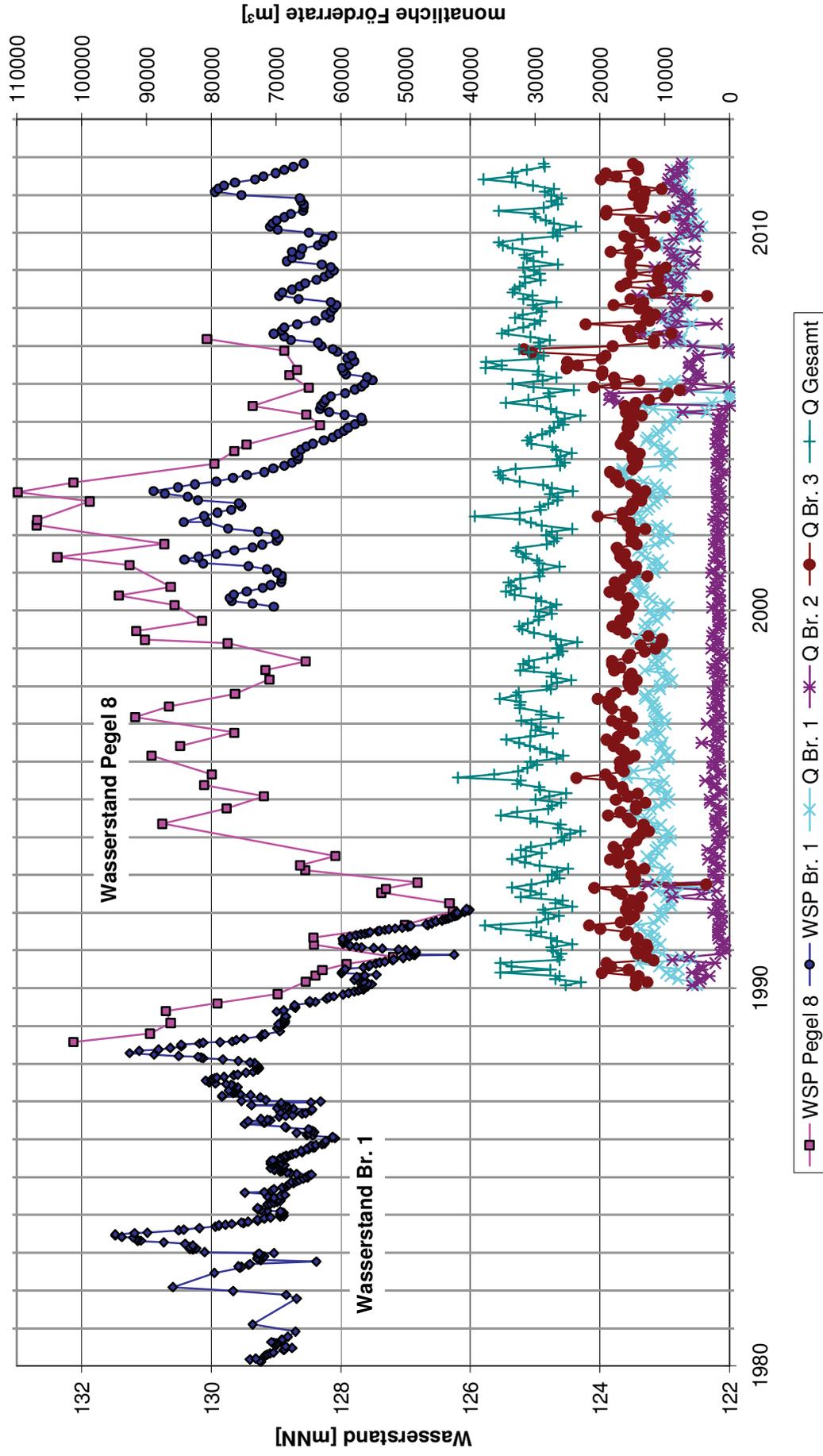
Anl. 15: Ergebnisse der Untersuchung der Gehalte an Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW)
(Bestandsaufnahme Mai 2012)



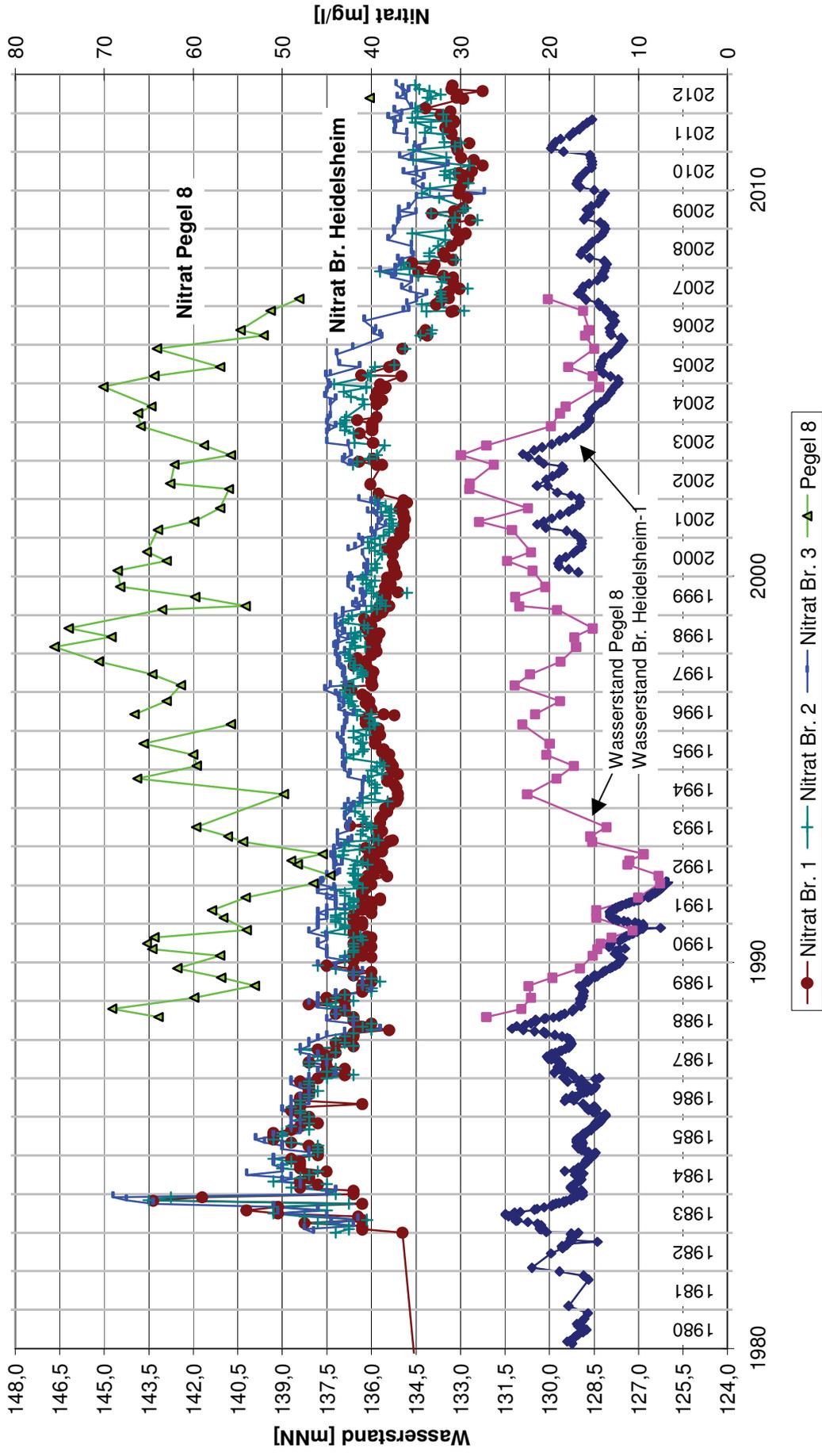
Anlage 16: Ganglinie des Grundwasserstandes (sowie zu Referenzzwecken: Jahresniederschläge aus dem Bereich Billigheim, Neckar-Odenwald-Kreis)



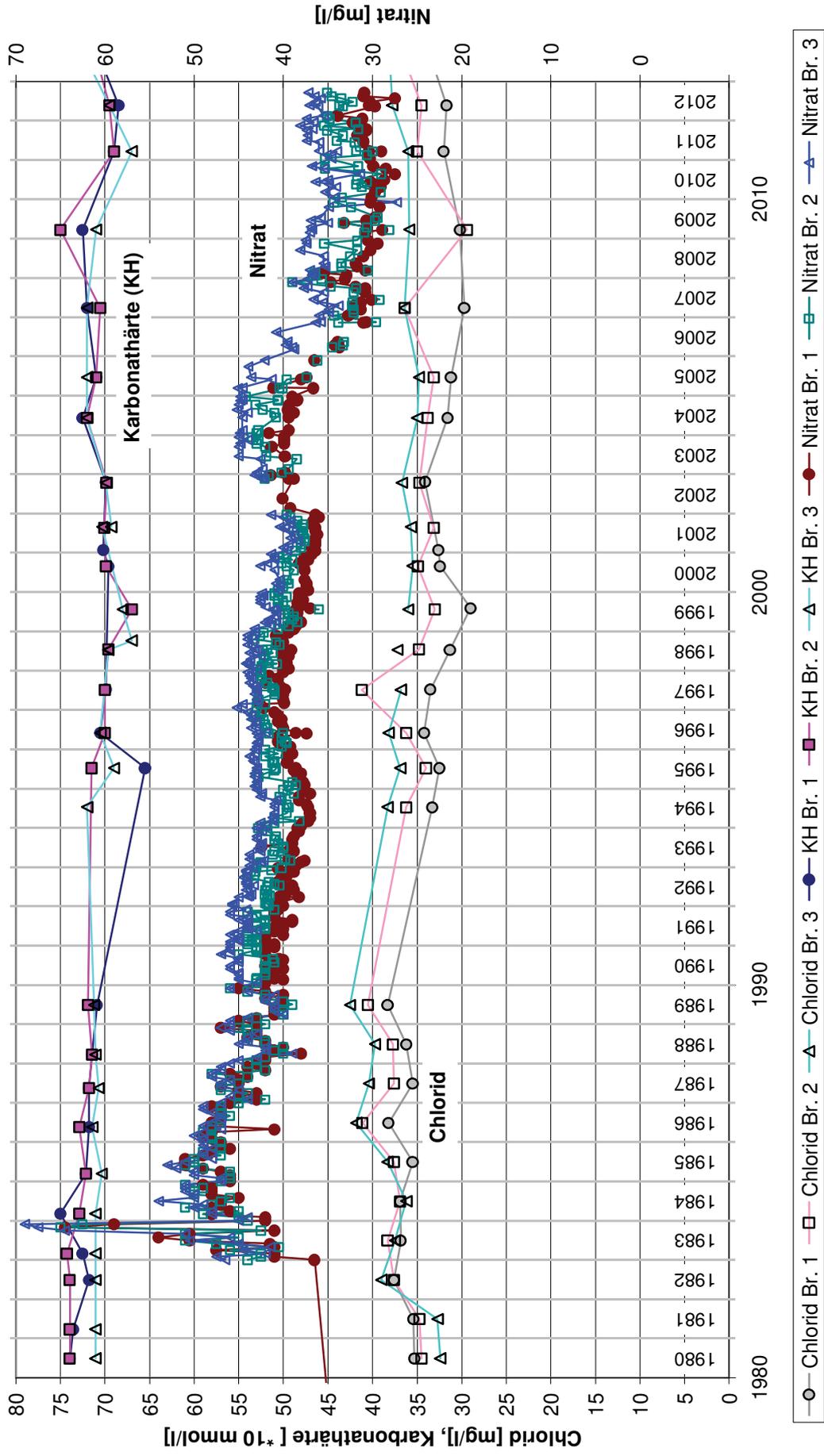
Anlage 17: Ganglinien von Wasserstand und Entnahmerate der Br. Heideisheim



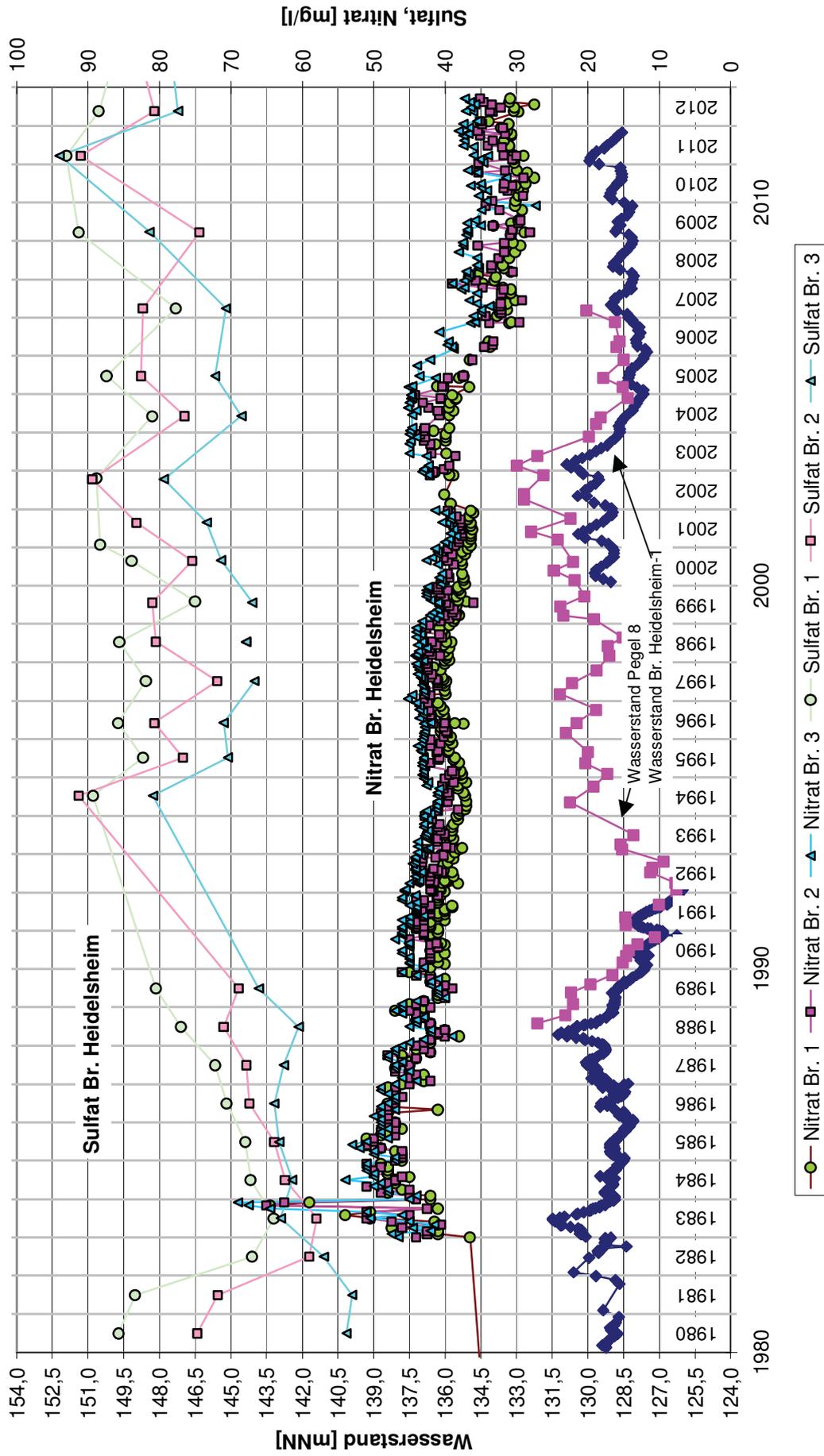
Anlage 18: Ganglinien von Nitrat sowie des Wasserstands der Br. Heideisheim



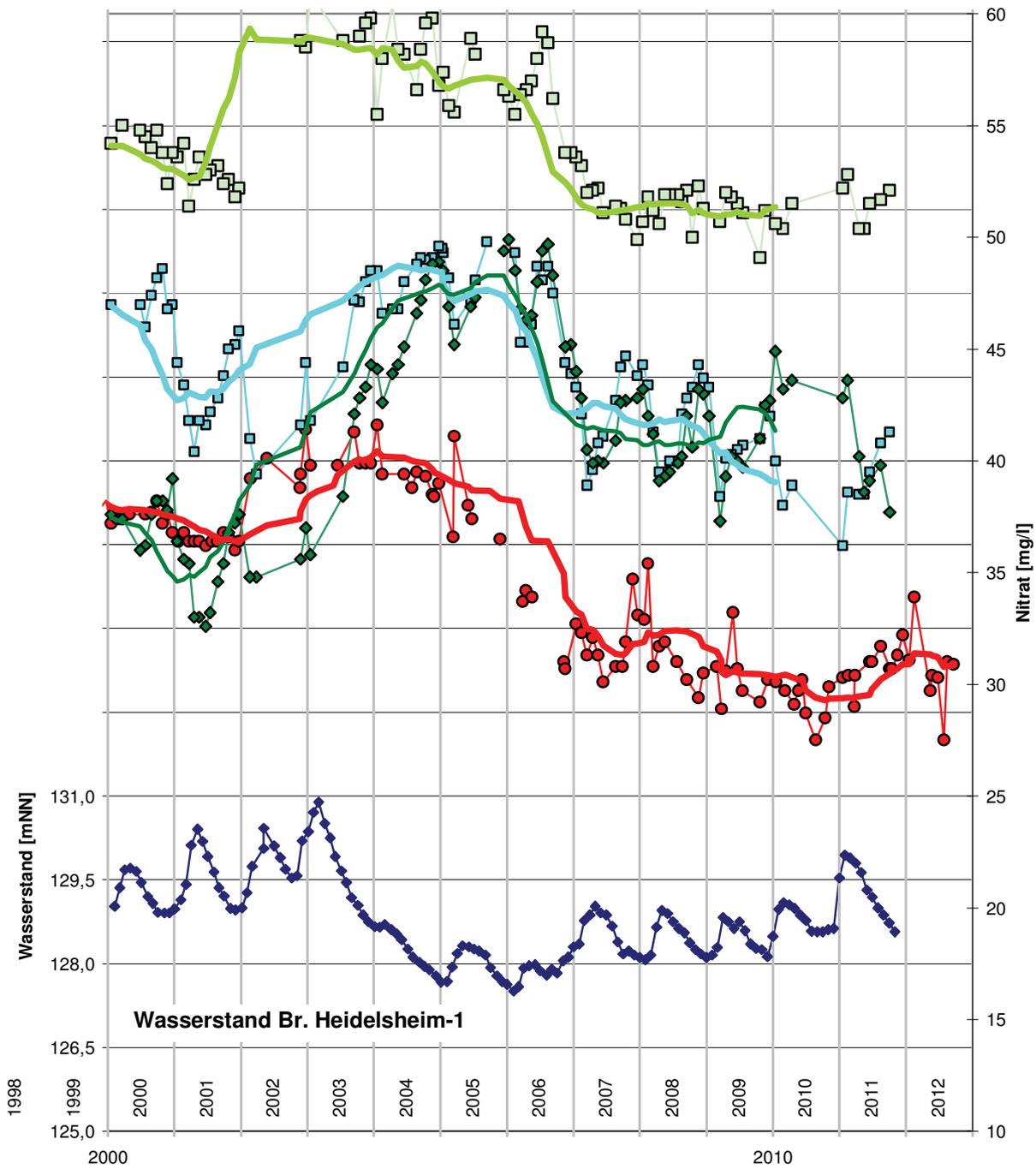
Anlage 19: Ganglinien von Nitrat, Chlorid sowie der Karbonathärte der Br. Heideisheim



Anlage 20: Ganglinien von Nitrat und Sulfat der Br. Heideisheim



Anlage 21: Gegenüberstellung der Nitrat-Ganglinie des Brunnens 1
Heidelsheim mit den Nitratganglinien einiger ehemaliger Trinkwasserquellen
(Unterkeuper/Quartär)



Anhang I - II

Anhang I: Zusammenstellung Analyseergebnisse und Vor-Ort-Messungen zur Bestandsaufnahme vom Mai 2012 (Seite 2 von 2)

LGRB-Nr.	QU 6818/39	QU 6917/30	QU 6918/19	QU 6917/49	ohne	ohne
Labor-Nr. (Hydroisotop)	236593	236594	236595	236596	236597	236598
Bezeichnung bei Probenahme	Quelle am Bach	Quellaussung Heideisheim	Wildschwein Quelle	Quelle Pferdehof	Quelle Antoniuskapelle	Bach Gondelsheim
Bezeichnung im LGRB	Breitlochqu.	Kitzgrundw.	Königsseewaldqu.	Quelle Nord	Quelle Antoniuskapelle	Bach Gondelsheim
Probenahme	Hydroisotop	Hydroisotop	Hydroisotop	Hydroisotop	Hydroisotop	Hydroisotop
Probenahmedatum	24.05.2012	24.05.2012	24.05.2012	24.05.2012	24.05.2012	24.05.2012
Probenahmezeit	16:30	12:30	18:05	20:30	19:40	20:20
Ausbauliefe	m	-	-	-	-	-
Ausbaudurchmesser	cm	-	-	-	-	-
Eintritttiefe	m	-	-	-	-	-
Ruhewasserspiegel	m	-	-	-	-	-
Förderdauer	min	-	-	-	-	-
Förderstrom	l/sec	-	-	-	-	-
abgesenkter Wasserspiegel	m	-	-	-	-	-
Temperatur	°C	10,8	11,1	10,7	14,4	13
spez. el. Leitfähigkeit (25 °C) vor Ort	µS/cm	793	852	735	890	778
spez. el. Leitfähigkeit (25 °C) Labor	µS/cm	797	839	743	892	594
pH-Wert (gem) vor Ort		7,11	7,21	7,17	7,27	7,59
pH-Wert (20 °C) Labor		7,55	7,7	7,53	7,63	7,81
gelöster Sauerstoffgehalt	mg/l	3,4	3,8	4	-	-
Redoxpotential (berechnet)	mV	300	302	296	-	-
Bk-Wert (pH 8,2)	mmol/l	0,92	0,56	-	-	-
Sk-Wert (pH 4,3) vor Ort	mmol/l	8	5,7	-	6,7	7,3
Sk-Wert (pH 4,3) Labor	mmol/l	7,85	5,72	7,15	6,72	4,83
freie Kohlensäure (berechnet)	mg/l	40,48	24,64	-	-	-
Trübung visuell		klar	klar	klar	klar	-
Geruch		neutral	neutral	neutral	neutral	-
Färbung		farblos	farblos	farblos	farblos	-
Natrium (Na+)	mmol/l	5,2	6,5	4,6	11,6	4,7
Kalium (K+)	mg/l	1,0	2,0	0,5	0,8	2,7
Calcium (Ca2+)	mg/l	125	113	113	135	74
Magnesium (Mg2+)	mg/l	29,0	27,9	29,5	26,8	27,1
Hydrogencarbonat (HCO3-)	mg/l	47,9	34,9	43,6	41,0	29,5
Chlorid (Cl-)	mg/l	16,9	31,2	11,5	32,6	17,3
Sulfat (SO42-)	mg/l	27,0	59,5	26,4	49,8	36,7
Nitrat (NO3-)	mg/l	7,2	68,2	14,0	54,6	13,9
S-Kationen	meq/l	8,92	8,91	8,32	9,51	6,24
S-Anionen	meq/l	9,01	8,95	8,25	9,57	6,32
Ionenbilanzfehler	%	-1,04	-0,47	0,86	-0,64	-1,21
Bor	mg/l	0,019	0,01	0,011	0,007	0,008
Bor	µg/l	19	10	11	7	8
Acesulfam-K	µg/l	-	-	-	-	-
Gesamthärte berechnet	mmol/l	4,3	4,3	4,1	4,5	3,0
Gesamthärte berechnet	°dH	24,2	23,9	22,6	25,1	16,6
ehem. "Waschmittelgehalt"	Stufe	4	4	4	4	3
Karbonathärte	°dH	22,0	16,0	20,0	18,8	13,5
Sauerstoff-18 (18O)	‰	-8,66	-8,21	-8,97	-8,31	-8,36
Deuterium	‰	-	-	-	-	-
Tritium (3H)	TU	5,4 ± 0,78	7,0 ± 0,71	-	-	-
Schwefelhexafluorid (SF6)	fmol/l	4,7 ± 0,5	5,1 ± 0,6	-	-	-
F12	pmol/l	-	-	-	-	-
F11	pmol/l	-	-	-	-	-
F113	pmol/l	-	-	-	-	-
Chloridazon	µg/l	<0,05	<0,05	-	-	-
Chloridazon-Desphenyl	µg/l	0,31	0,27	-	-	-
NN-Dimethylsulfamid	µg/l	<0,05	0,1	-	-	-

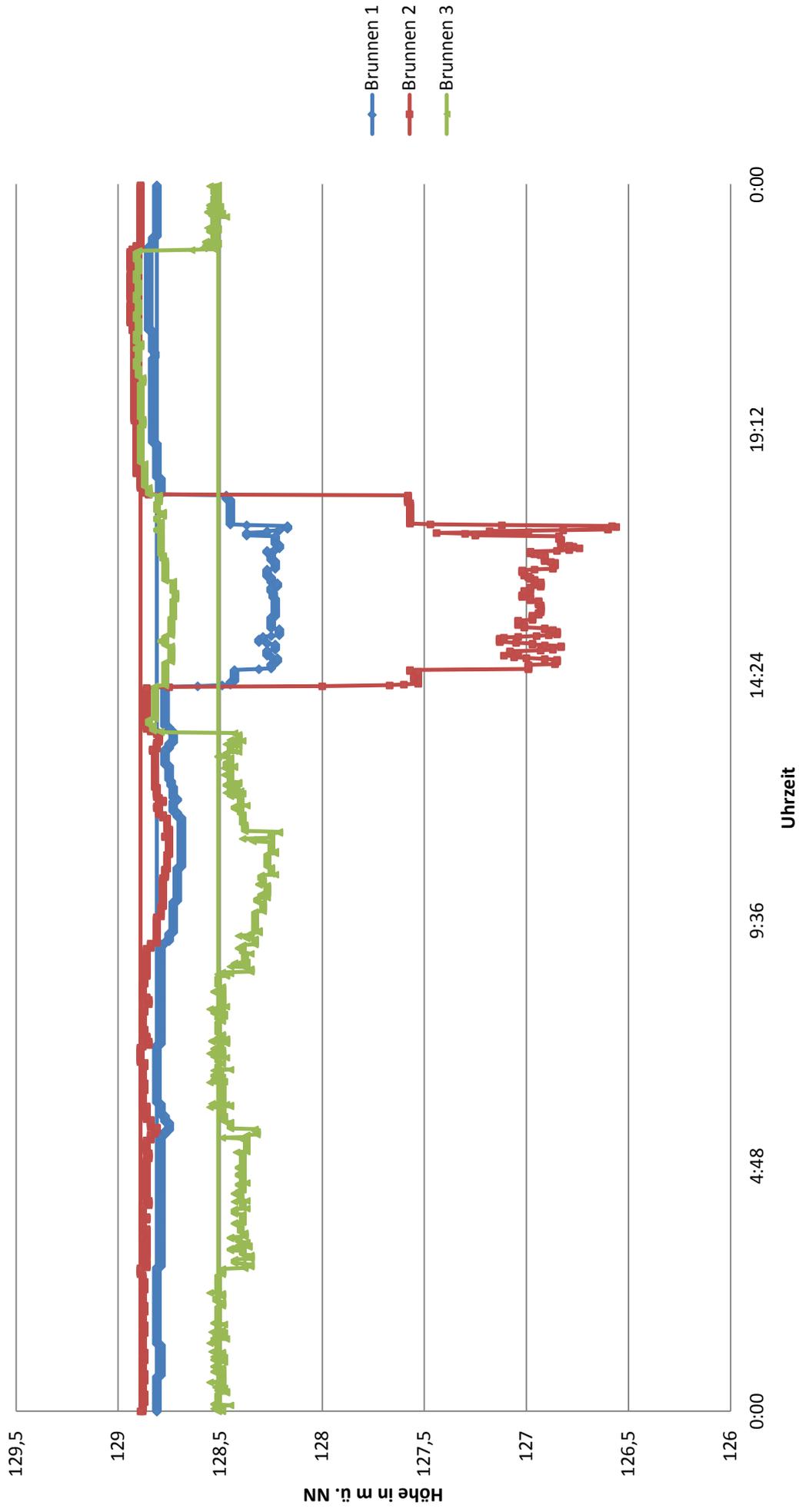
Anhang II: Zusammenstellung weiterer Analysenergebnisse

LGRB-Nr.	Nachbeprobung Stadtwerte Juli 2013				Untersuchungen Dr. Köhler 2011					
	QU 6917/24	QU 6917/32	QU 6917/25	QU 6817/13	BO 6917/490	BO 6917/396	BO 6917/397	BO 6917/521	BO 6917/46	BO 6917/402
Bezeichnung bei Probenahme	Stalpbach- quelle	Stalzbach- quelle	Schloßberg- quelle	Schwallen- brunnen	GWM PG 8	GWM PG 9	GWM PG 10	Sportplatz Heimshelm	WWW Heideisheim Brunnen 2	WWW Heideisheim Brunnen 3
Bezeichnung im LGRB	Stalpwiesen- quelle	Stalpwiesen- quelle	Schloßberg- quelle	Schwallen- brunnen	Pegel 8	GWM PG 9	GWM PG 10	Br. Stadion Heimshelm	WWW Heideisheim Brunnen 2	WWW Heideisheim Brunnen 3
Probenahmedatum	16.07.2013	16.07.2013	16.07.2013	16.07.2013	15.03.2011	15.03.2011	15.03.2011	15.03.2011	24.03.2011	23.03.2011
Probenahmezeit										
Ausbauliefe										
Ausbaudurchmesser										
Ertitmetiefe										
Ruhewasserspiegel					9,16/9,30	4,40/5,36	3,90/6,00	15,11/19,20		
Förderstrom										
Temperatur										
abgesenkter Wasserspiegel										
spez. el. Leitfähigkeit (25°C) vor Ort					11,8	11,6	13	10,9	10,9	11,1
pH-Wert (gem) vor Ort					9,49	10,67	9,72	8,96	9,14	9,20
pH-Wert (20°C) Labor					6,9	6,92	6,96	7,08	7,1	7,1
geloster Sauerstoffgehalt					6,2	-0,2	3,3	5,4	4,18	3,7
Redoxpotential (berechnet)					2,34	2,15	2	1,68	0,9	0,8
Bk-Wert (pH 8,2)					7,6	7,3	7,6	7,55	6,7	6,9
Sk-Wert (pH 4,3) Labor										
freie Kohlensäure (berechnet)										
Trübung visuell										
Färbung					102,96	94,6	88	73,92	89,08	35,2
Natrium (Na+)					geruchlos	nach H ₂ S	geruchlos	klar	< 0,5 (NTU)	< 0,5 (NTU)
Kalium (K+)					farblos	farblos	farblos	geruchlos	geruchlos	geruchlos
Calcium (Ca2+)					9,9	35,0	9,0	4,7	11,0	12,0
Magnesium (Mg2+)					1,1	0,7	0,6	1,1	1,4	1,4
Hydrogenkarbonat (HCO3-)					144	149	160	114	150	150
Chlorid (Cl-)					30,6	25,3	25,3	33,1	30,0	30,0
Sulfat (SO42-)					460	442	460	460	420	420
Nitrat (NO3-)					25,8	76,0	30,7	10,0	29,5	36,0
S*Kationen					81,0	79,0	81,7	93,0	93,0	94,0
S*Anionen					38,6	50,3	35,6	6,7	11,2	34,0
Ionenbilanzfehler					10,21	11,10	10,52	8,69	10,51	10,56
Acetulfam-K					10,17	11,08	10,48	8,63	10,26	10,42
Gesamthärte berechnet					0,38	0,18	0,33	0,72	0,40	1,33
Gesamthärte berechnet					< 0,02	0,039	0,027	0,056	0,022	0,016
ehem. "Waschmittelgehalt"										
Karbonathärte										
Sauerstoff-18 (18O)										
Deuterium										
Tritium (3H)										
Schwefelhexafluorid (SF6)										
F-12										
F-11										
F-113										
Chloridazon										
Chloridazon-Desphenyl										
N,N-Dimethylsulfamid										
Ammonium					< 0,01	0,063	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05
Eisen ges.					< 0,01	2,9	0,05	0,48	< 0,01	< 0,01
Mangan					< 0,005	0,141	< 0,005	0,233	< 0,005	< 0,005
Nitrit					< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Trichlorethen (Tri. TCE)					nm	nm	nm	nm	< 0,5	< 0,5
Perchloroethen (Per. PCE)					nm	nm	nm	nm	< 0,5	< 0,5
1,1,1-Trichlorethan					nm	nm	nm	nm	< 0,5	< 0,5

Anlage 11.1 – 11.5

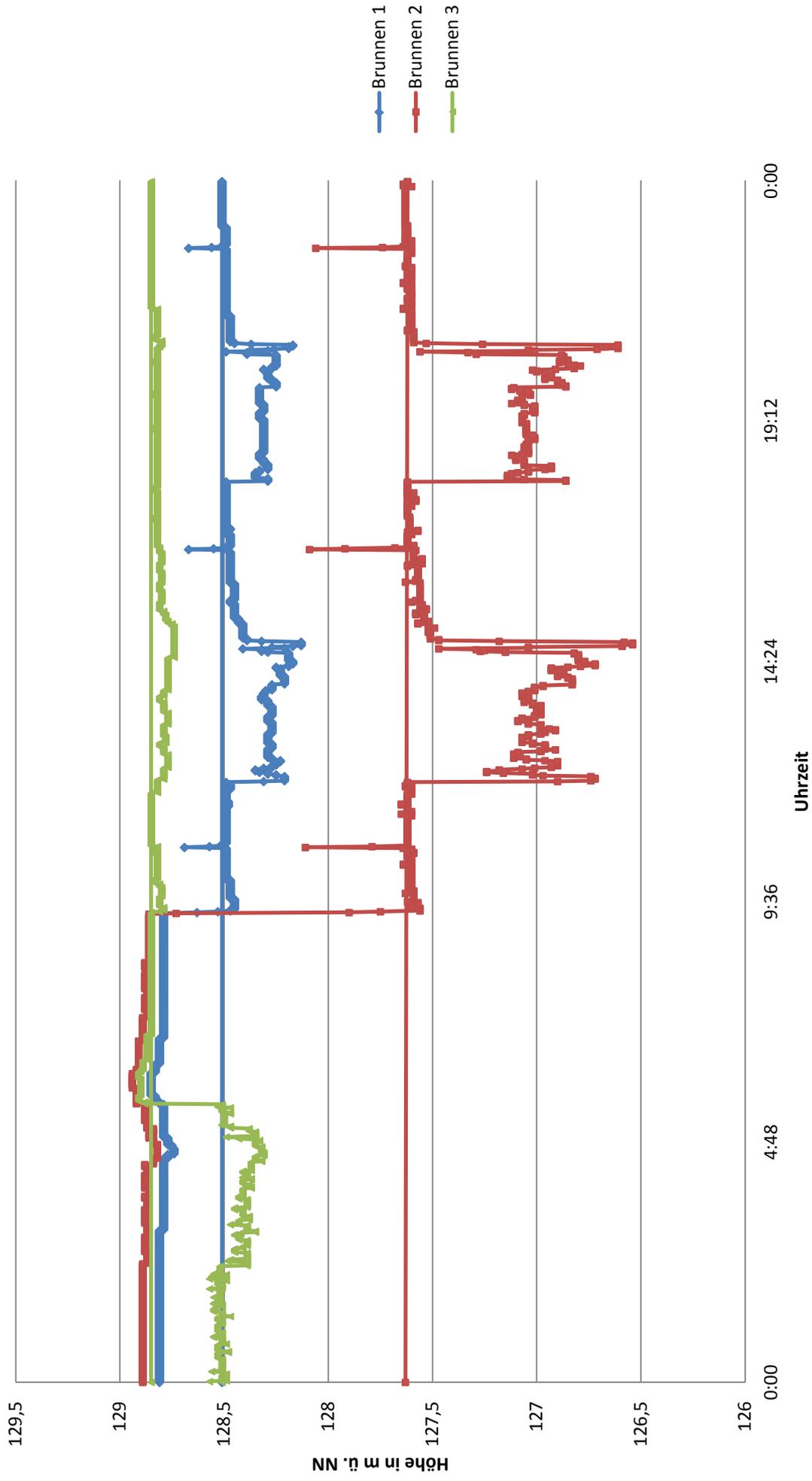
5 Seiten

10.02.2012

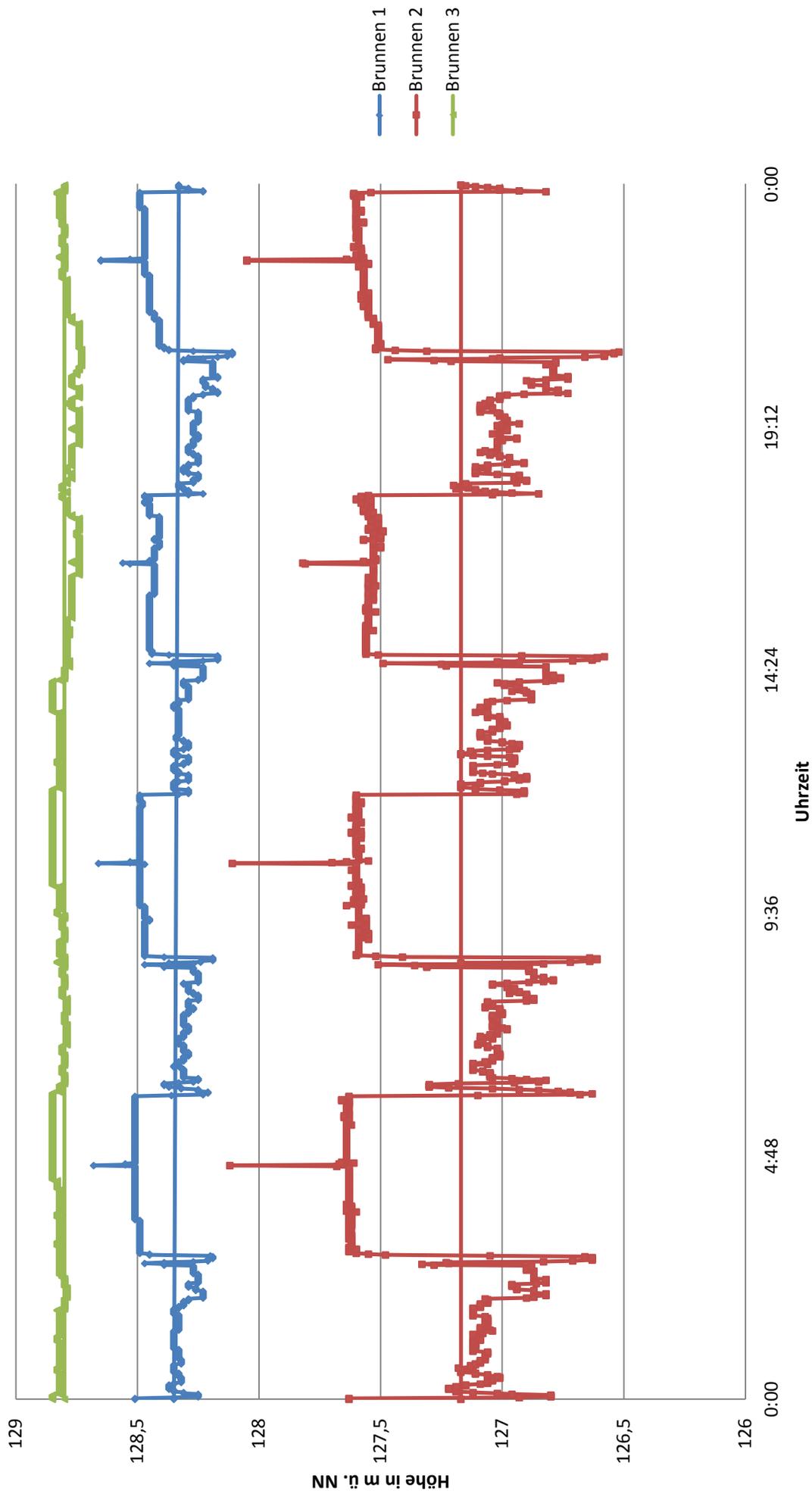


Anlage 11.1
Messdaten siehe CD Rom

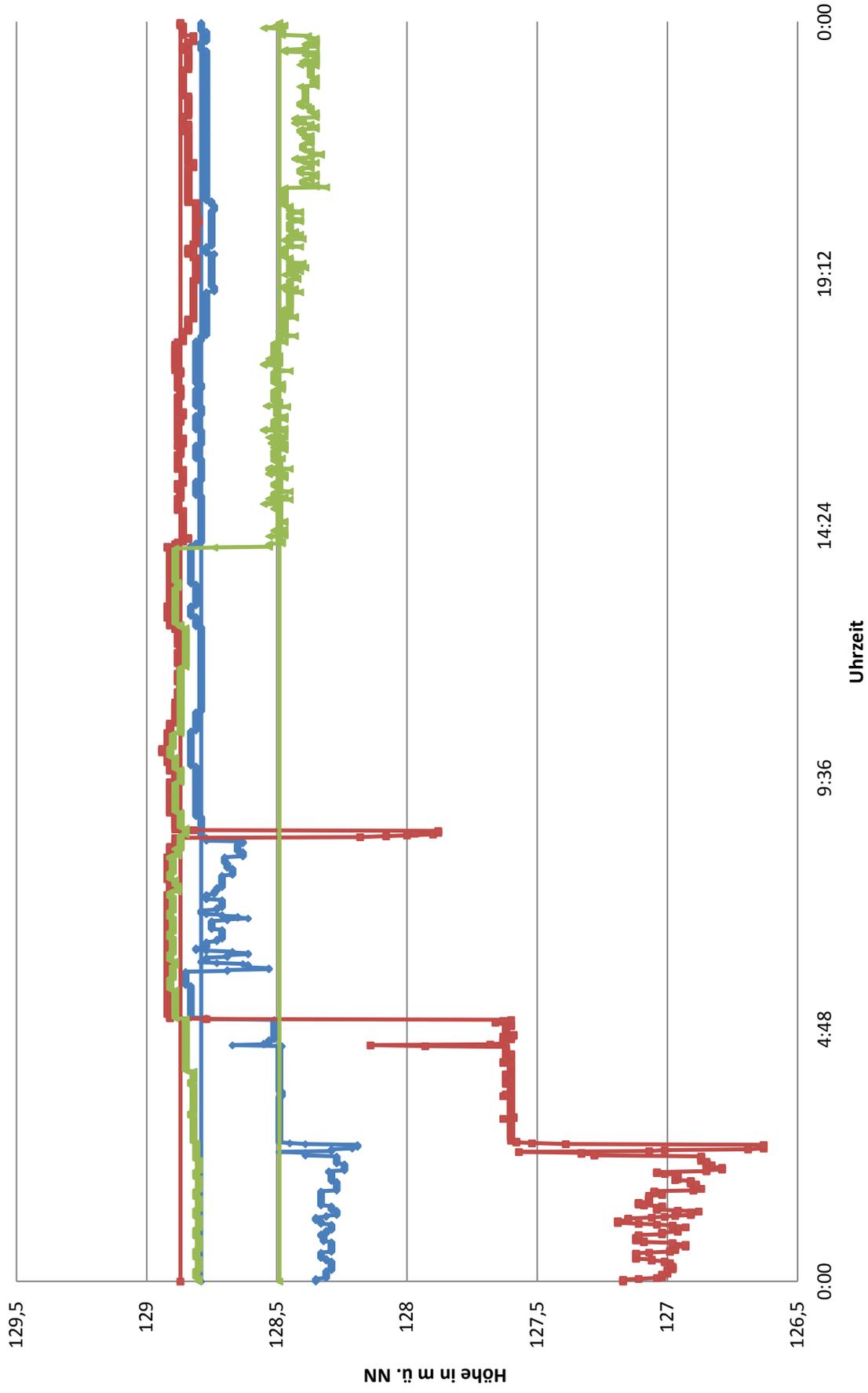
11.02.2012



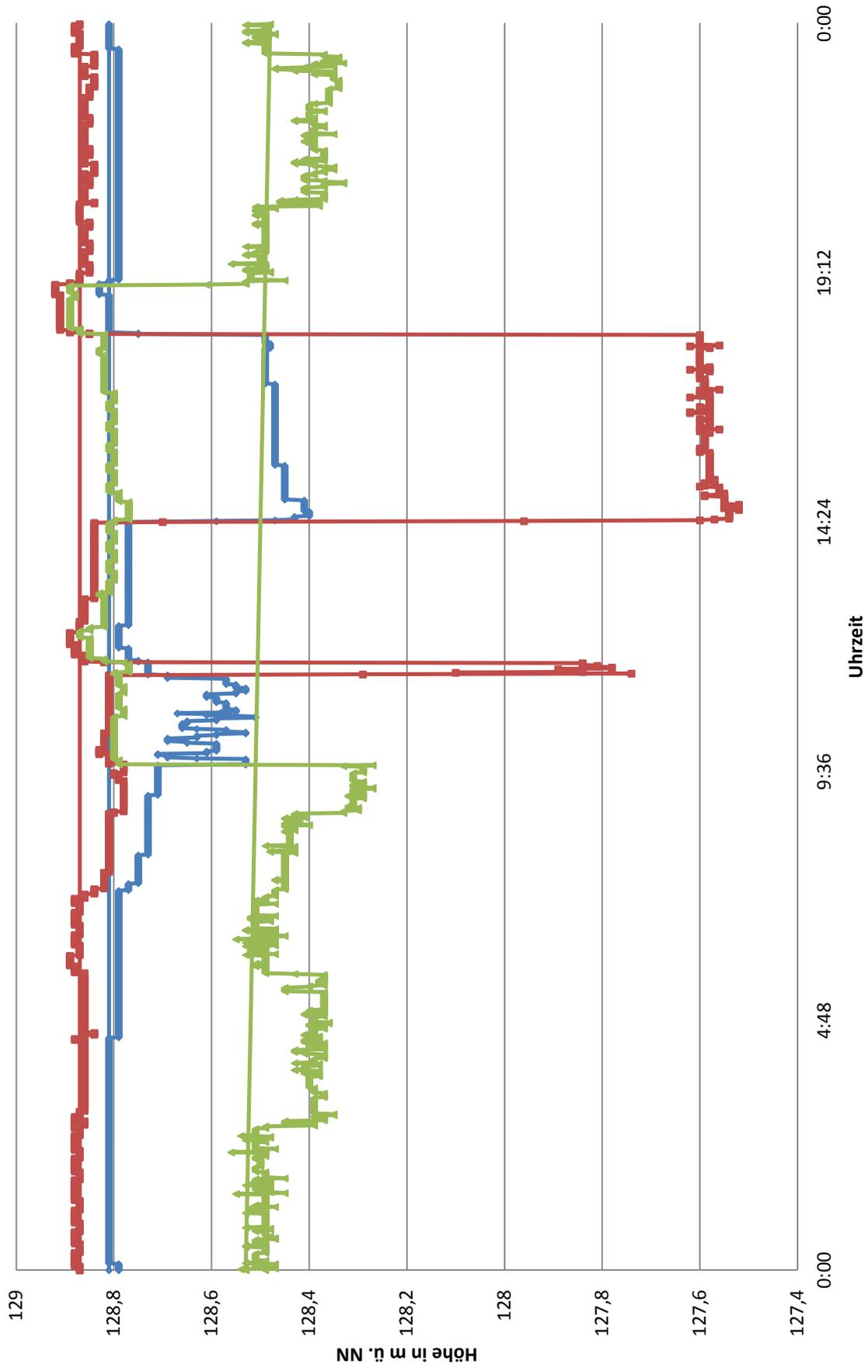
12.02.2012



13.02.2012



14.02.2012



Anlage 12

2 Seiten

Datum	Brunnen	mittlere Entnahme (m ³ /h)	mittlere Entnahme (m ³ /s)	zugehörige Absenkung (m)	T-Wert (m ² /s)	Mittlerer T-Wert		
10.02.2012	1	21,18	0,006	0,41	1,50E-02	$1,73 \cdot 10^{-2}$		
10.02.2012		28,39	0,008	0,60	1,33E-02			
10.02.2012		21,37	0,006	0,40	1,50E-02			
11.02.2012		21,04	0,006	0,37	1,62E-02			
11.02.2012		28,51	0,008	0,52	1,54E-02			
11.02.2012		21,23	0,006	0,32	1,88E-02			
11.02.2012		28,30	0,008	0,49	1,63E-02			
12.02.2012		21,07	0,006	0,30	2,00E-02			
12.02.2012		28,08	0,008	0,48	1,67E-02			
12.02.2012		20,91	0,006	0,29	2,01E-02			
12.02.2012		28,30	0,008	0,50	1,60E-02			
12.02.2012		21,29	0,006	0,31	1,94E-02			
12.02.2012		28,71	0,008	0,48	1,67E-02			
12.02.2012		21,20	0,006	0,35	1,71E-02			
12.02.2012		28,24	0,008	0,54	1,48E-02			
12.02.2012		21,11	0,006	0,34	1,76E-02			
13.02.2012		28,34	0,008	0,53	1,51E-02			
13.02.2012		21,19	0,006	0,34	1,76E-02			
13.02.2012		13,23	0,004	0,14	2,86E-02			
14.02.2012		13,69	0,004	0,18	2,22E-02			
14.02.2012		21,34	0,006	0,30	2,00E-02			
10.02.2012		2	23,89	0,007	1,37		5,11E-03	$4,96 \cdot 10^{-3}$
10.02.2012			30,16	0,008	1,99		4,02E-03	
10.02.2012			24,15	0,007	1,38		5,07E-03	
11.02.2012	23,94		0,007	1,24	6,65E-03			
11.02.2012	30,22		0,008	1,90	4,21E-03			
11.02.2012	24,11		0,007	1,28	5,47E-03			
11.02.2012	30,05		0,008	1,85	4,32E-03			
12.02.2012	23,95		0,007	1,24	5,65E-03			
12.02.2012	29,87		0,008	1,83	4,37E-03			
12.02.2012	23,87		0,007	1,23	5,69E-03			
12.02.2012	30,07		0,008	1,87	4,28E-03			
12.02.2012	24,13		0,007	1,27	5,51E-03			
12.02.2012	30,37		0,008	1,87	4,28E-03			
12.02.2012	24,06		0,007	1,32	5,30E-03			
12.02.2012	29,99		0,008	1,90	4,21E-03			
12.02.2012	23,99		0,007	1,29	5,43E-03			
13.02.2012	30,11		0,008	1,86	4,30E-03			
13.02.2012	26,65		0,007	1,56	4,49E-03			
13.02.2012	20,21		0,006	0,94	6,38E-03			
14.02.2012	20,83		0,006	0,97	6,19E-03			
14.02.2012	24,12		0,007	1,26	5,56E-03			

Datum	Brunnen	mittlere Entnahme (m ³ /h)	mittlere Entnahme (m ³ /s)	zugehörige Absenkung (m)	T-Wert (m ² /s)	Mittlere r T-Wert
10.02.2012	3	43,85	0,012	0,40	3,00E-02	$3,44 \cdot 10^{-2}$
10.02.2012		56,58	0,016	0,52	3,08E-02	
10.02.2012		43,16	0,012	0,41	2,93E-02	
10.02.2012		56,22	0,016	0,60	2,67E-02	
10.02.2012		43,88	0,012	0,48	2,50E-02	
11.02.2012		43,24	0,012	0,39	3,08E-02	
11.02.2012		55,66	0,015	0,46	3,26E-02	
11.02.2012		62,71	0,017	0,49	3,47E-02	
11.02.2012		43,91	0,012	0,36	3,33E-02	
13.02.2012		43,24	0,012	0,33	3,64E-02	
13.02.2012		55,41	0,015	0,43	3,49E-02	
13.02.2012		63,17	0,018	0,45	4,00E-02	
14.02.2012		43,38	0,012	0,31	3,87E-02	
14.02.2012		56,49	0,016	0,42	3,81E-02	
14.02.2012		63,31	0,018	0,43	4,19E-02	
14.02.2012		43,72	0,012	0,34	3,53E-02	
14.02.2012		55,97	0,016	0,51	3,14E-02	
14.02.2012		43,42	0,012	0,31	3,87E-02	
14.02.2012		56,23	0,016	0,43	3,72E-02	
14.02.2012		62,8	0,017	0,45	3,78E-02	
14.02.2012	43,47	0,012	0,31	3,87E-02		

Anlage 12: Mittlere Entnahmeraten und dazugehörige Absenkungen für jeden Brunnen in der Zeit von 10. – 14.02.2012

Anlage 13

1 Seite

Q/s - Diagramm

