

**Philipp & Co. GmbH, Kieswerk Langenbrücken**

**Geplante Erweiterung nach Süden  
mit Abbaugenehmigung bis 75 m NN**

**Hydrochemische und isotopenhydrologische  
Bestandsaufnahme des Grundwassers  
im Umfeld des Baggersees bei Langenbrücken,  
Lkr. KA (Philipp-See)**

**Untersuchungen von Dezember 2015 – Juni 2016**

**Auftraggeber: Philipp & Co KG  
Inneres Fischwasser  
76669 Bad Schönborn**



**PHILIPP & CO KG**

Inneres Fischwasser 1  
76669 Bad Schönborn

**Bearbeiter: Dipl. Hydrol. E. Binder**

**E. Binder**

**Emmendingen, den 05.06.2020**

## Inhaltsverzeichnis

## Seite

0. Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen, Anlagen und des Anhangs .....	3
1. Vorhabensbeschreibung.....	6
2. Fragestellung und Zielsetzung.....	7
3. Durchgeführte Untersuchungen.....	10
4. Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse .....	17
4.1 Hydrogeologische Gliederung .....	17
4.2 Mächtigkeit, Höhenlage, Verbreitung und Durchlässigkeiten des OZH.....	18
4.3 Verbreitung und Höhenlage des MGWLo, ZH3 und MGWLu.....	20
4.4 Hydrogeologische Zuordnung der untersuchten Messstellen .....	20
4.5 Grundwasserfließrichtung, Grundwassergefälle .....	22
4.6 Druckverhältnisse an den Mehrfachmessstellen .....	25
4.7 Druckverhältnisse an den Oberflächengewässern .....	26
5. Ergebnisse der hydrochemischen Untersuchungen .....	27
5.1 Hydrochemische Charakterisierung des Grundwassers im Oberen Stockwerk ...	36
5.2 Hydrochemische Charakterisierung des Grundwassers im Mittleren Stockwerk .	39
5.3 Hydrochemische Charakterisierung des Kriegbachs (-Uferfiltrat) .....	42
5.4 Hydrochemische Charakterisierung des Duttbacher Grabens (-Uferfiltrat) .....	43
5.5 Hydrochemische Charakterisierung des Philipp-Sees (-Uferfiltrat) .....	43
5.6 Kombinierte Betrachtung von anthropogenen Anzeigerparametern .....	46
6 Ergebnisse der isotopehydrologischen Untersuchungen.....	48
6.1 Stabile Isotope des Wassers (Sauerstoff-18 und Deuterium) .....	48
6.2 Tritium ( $^3\text{H}$ ).....	57
7. Vergleich mit früheren Untersuchungen .....	61
7.1 Baggerseewasser/Uferfiltrat Baggersee.....	61
7.2 Zustrom und westlicher Seitstrom des Philipp-See .....	67
7.3 Näherer Abstrom des Philipp-Sees .....	73
7.4 Weiterer Abstrom des Philipp-Sees .....	76
7.5 Vergleich mit Zeitreihenuntersuchungen der LUBW .....	78
7.6 Vergleich zu umliegenden Wasserschutzgebieten.....	79
8. Zusammenfassung der Ergebnisse .....	89
9. Auswirkungen infolge der geplanten Erweiterung nach Süden (Sohle bei 75 m NN)	99
10. Verwendete Unterlagen .....	102

## 0. Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen, Anlagen und des Anhangs

### Abbildungen (im Text):

- Abb. 1: Hydrogeologischer Süd-Nord-Schnitt aus HGK Karlsruhe-Speyer
- Abb. 2: Übersichtskarte zur geplanten Erweiterung nach Südost auf 75 m NN
- Abb. 3: Übersichtsplan mit Lage der aktuell untersuchten Grundwasseraufschlüsse und Oberflächengewässer
- Abb. 4: Übersichtskarte Planung Doppelmessstellen und flache Messstellen
- Abb. 5: Übersicht zu den Entnahmeraten während der Probenahmen
- Abb. 6: Übersichtskarte zur Höhenlage und Mächtigkeit des OZH
- Abb. 7: Grundwassergleichen im OGWL für den Zeitraum 29.09. - 01.10.2003
- Abb. 8: Grundwassergleichen im OGWL und MGWL für den Stichtag 26.03.2014
- Abb. 9: Grundwassergleichen im OGWL für den Stichtag 23.05.2016 (hydrag)
- Abb. 10: Grundwassergleichen im OGWL für den Stichtag 23.05.2016 (hydrag)
- Abb. 11: Übersicht zu den gelösten Sauerstoffgehalten während der Probenahmen
- Abb. 12: Korrelation Nitratgehalte versus gelöster Sauerstoffgehalt
- Abb. 13: Flächenhafte Verbreitung der Nitrat-Gehalte im OGWL (Interpretation)
- Abb. 14: Korrelation Borgehalte versus Sulfatgehalte
- Abb. 15: Geologische Einheiten im weiteren Umfeld des Philipp-Sees
- Abb. 16: Flächenhafte Verbreitung der Acesulfam-K-Gehalte im OGWL (Interpret.)
- Abb. 17: Hydrochemische Charakterisierung der OGWL-Messstellen
- Abb. 18: Hydrochemische Charakterisierung der MGWL-Messstellen
- Abb. 19: Kombinierte Betrachtung von anthropogenen Anzeigerparametern
- Abb. 20: Flächenhafte Verbreitung der Sauerstoff-18-Gehalte im OGWL (Interpret.)
- Abb. 21: Flächenhafte Verbreitung der Deuterium-Exzess-Gehalte im OGWL (Int.)
- Abb. 22: Schematische Übersicht zu GW-Fließverhältnissen im MGWL
- Abb. 23: Zusammenhang zwischen Tritium- und Nitratgehalt
- Abb. 24: Übersicht zu den gelösten Hauptinhaltsstoffen im Philipp-See (2001-2016)
- Abb. 25: Zeitreihe Sulfat-, Nitrat- und Kalium-Gehalte im Philipp-See (1994-2016)
- Abb. 26: Einfluss Hardtsee auf die Sauerstoff-18-Gehalte sowie den Deuterium-Exzesse im Zustrom des Philipp-Sees
- Abb. 27: Übersicht zum Einflussbereich des Hardtsees auf die Sauerstoff-18-Gehalte im Zustrom des Philipp-Sees (Interpret.)
- Abb. 28: Übersicht zu den Hauptinhaltsstoffen an der GWM II/99 (2003-2016)
- Abb. 29: Übersicht zu den gelösten Hauptinhaltsstoffen an GWM IV/99 und V/99
- Abb. 30: Übersicht zur Wassertemperatur während der Probenahmen
- Abb. 31: Ganglinien zu Nitratgehalten von Gütemessstellen der LUBW (2000-2015)
- Abb. 32: Korrelation des Deuterium- versus des Sauerstoff-18-Gehalts
- Abb. 33: Übersicht zur Lage der Brunnen 1 bis 6 der ZV Hohberggruppe
- Abb. 34: Hauptinhaltsstoffe der Messstellen 1F/00, 2F/00 und 3F/00 (2001-2013)
- Abb. 35: Tritiumgehalte im Mittleren Grundwasserleiter (MGWL)
- Abb. 36: Übersicht zu den gelösten Feststoffen im Mittleren Grundwasserleiter
- Abb. 37: Übersicht Nitrat-Gehalte
- Abb. 38: Übersicht Acesulfam-Gehalte
- Abb. 39: Hydrogeologischer Süd-Nord-Schnitt aus HGK mit Grundwasserfließbahnen im MGWL (Interpretation)

- Abb. 40: Flächenhafte Verteilung der Durchlässigkeiten im OGWL und MGWL  
Abb. 41: Seewasseranteile im Grundwasser (OGWL) unterstromig des Baggersees  
Abb. 42: Lage der geplanten Erweiterung nach Süden im Strömungsschatten der bestehenden Seefläche

#### **Tabellen (im Text):**

- Tab. 1: Übersicht zu den Stichtagsuntersuchungen  
Tab. 2: Messstellenübersicht mit Untersuchungsumfang  
Tab. 3: Lithologische / Hydrogeologische Einheiten im Modellgebiet  
Tab. 4: Höhenlage und Mächtigkeit des Oberen Zwischenhorizontes  
Tab. 5: Druckverhältnisse an den Mehrfachmessstellen  
Tab. 6: OGWL-Messstellen im Zustrom des Philipp-Sees  
Tab. 7: Hydrochem. Charakterisierung der GW im Zustrom des Sees (OGWL)  
Tab. 8: MGWLo-Messstellen im Umfeld des Philipp-Sees  
Tab. 9: Hydrochemische Charakterisierung der GW des MGWLs  
Tab. 10: Hydrochemische Charakterisierung Kriegbach und Duttbacher Graben  
Tab. 11: Charakterisierung des Philipp-See-Wassers  
Tab. 12: Abschätzungen zu Zuflussanteilen des Philipp-Sees  
Tab. 13: Messstellen mit anthropogenen Einflüssen  
Tab. 14: Messstellen ohne anthropogene Einflüsse  
Tab. 15: Sauerstoff-18-Gehalte von Seewasser-unbeeinflussten GW-Proben  
Tab. 16: Einstufung Seewasseranteile  
Tab. 17: Sauerstoff-18-Gehalte zu Beginn der Vollzirkulation 2015/2016  
Tab. 18: Sauerstoff-18-Gehalte am Ende der Vollzirkulation 2015/2016  
Tab. 19: Ergebnisse der Tritium-Untersuchungen 2015/2016  
Tab. 20: Isotopen-Untersuchungen zum Philipp-See (2001 – 2016)  
und Reimold-See (2008-2016)  
Tab. 21: Frühere Untersuchungen zu Messstellen im Zu-/Seitstrom des Ph.-Sees  
Tab. 22: Frühere und aktuelle Ergebnisse zum Kriegbach  
Tab. 23: Frühere und aktuelle Ergebnisse zu Seitstrom-Messstellen  
Tab. 24: Frühere und aktuelle Ergebnisse zu Zustrom-Messstellen  
Tab. 25: Frühere und aktuelle Ergebnisse zu nahen Abstrom-Messstellen  
Tab. 26: Frühere und aktuelle Ergebnisse zu weiter entfernten Abstrom-Messst.  
Tab. 27: Einstufung Seewasseranteile der Brunnen 1 bis 6 der ZV Hohberggruppe  
und Vergleich mit Vorfeldmessstellen im OGWL und MWGL  
Tab. 28: Ergebnisse zu den Vorfeldmessstellen 1/00, 2/00 und 3/00 des ZV Hohb.  
Tab. 29: Tabellarische Aufstellung der Messstellen im MGWL entlang mehrerer von  
Süd nach Nord verlaufenden Fließbahn (schematisch)  
Tab. 30: Einstufung Seewasseranteile (Gesamtübersicht)

## Anlagen:

- Anl. 1: Hydrogeologischer Süd-Nord-Schnitt aus HGK Karlsruhe-Speyer
- Anl. 2: Hydrogeologisches Querprofil aus HGK Karlsruhe-Speyer
- Anl. 3: Übersichtsplan mit Lage der umliegenden Grundwasseraufschlüsse und Oberflächengewässer
- Anl. 4: Analysenergebnisse zu den Bestandsaufnahmen im Zeitraum Dezember 2015 bis Juni 2016
- Anl. 5: Übersicht zu gelösten Feststoffen im Grund- und Oberflächenwasser
- Anl. 6: Übersicht zu den Äquivalentanteilen der Hauptanionen und Hauptkationen
- Anl. 7: Flächenhafte Verbreitung der Sulfat-Gehalte im OGWL (Interpretation)
- Anl. 8: Flächenhafte Verbreitung der Bor-Gehalte im OGWL (Interpretation)
- Anl. 9: Flächenhafte Verbreitung der Hydrogenkarbonat-Gehalte im OGWL (Int.)
- Anl. 10: Flächenhafte Verbreitung der Kalium-Gehalte im OGWL (Interpretation)
- Anl. 11: Flächenhafte Verbreitung der Chlorid-Gehalte im OGWL (Interpretation)
- Anl. 12: Übersicht zur Grundwasserbeschaffenheit im Zustrom des Philipp-Sees
- Anl. 13: Übersicht zur Grundwasserbeschaffenheit im Abstrom des Philipp-Sees
- Anl. 14: Übersicht der Kaliumgehalte im Grund- und Oberflächenwasser
- Anl. 15: Korrelation des Deuterium-Exzess versus des Sauerstoff-18-Gehalts
- Anl. 16: Übersicht zu Isotopen-Untersuchungen im Zustrom des Philipp-Sees
- Anl. 17: Korrelation des Deuterium- versus des Sauerstoff-18-Gehalts
- Anl. 18: Übersicht zu Isotopen-Untersuchungen im Abstrom des Philipp-Sees
- Anl. 19: Säulendiagramm Sauerstoff-18
- Anl. 20: Austauschrate Philipp-See
- Anl. 21: Analysenergebnisse zu früheren Untersuchungen
- Anl. 22: Nitrat-Untersuchungen im weiteren Umfeld vom Philipp-See (2001-2016)

## Anhänge:

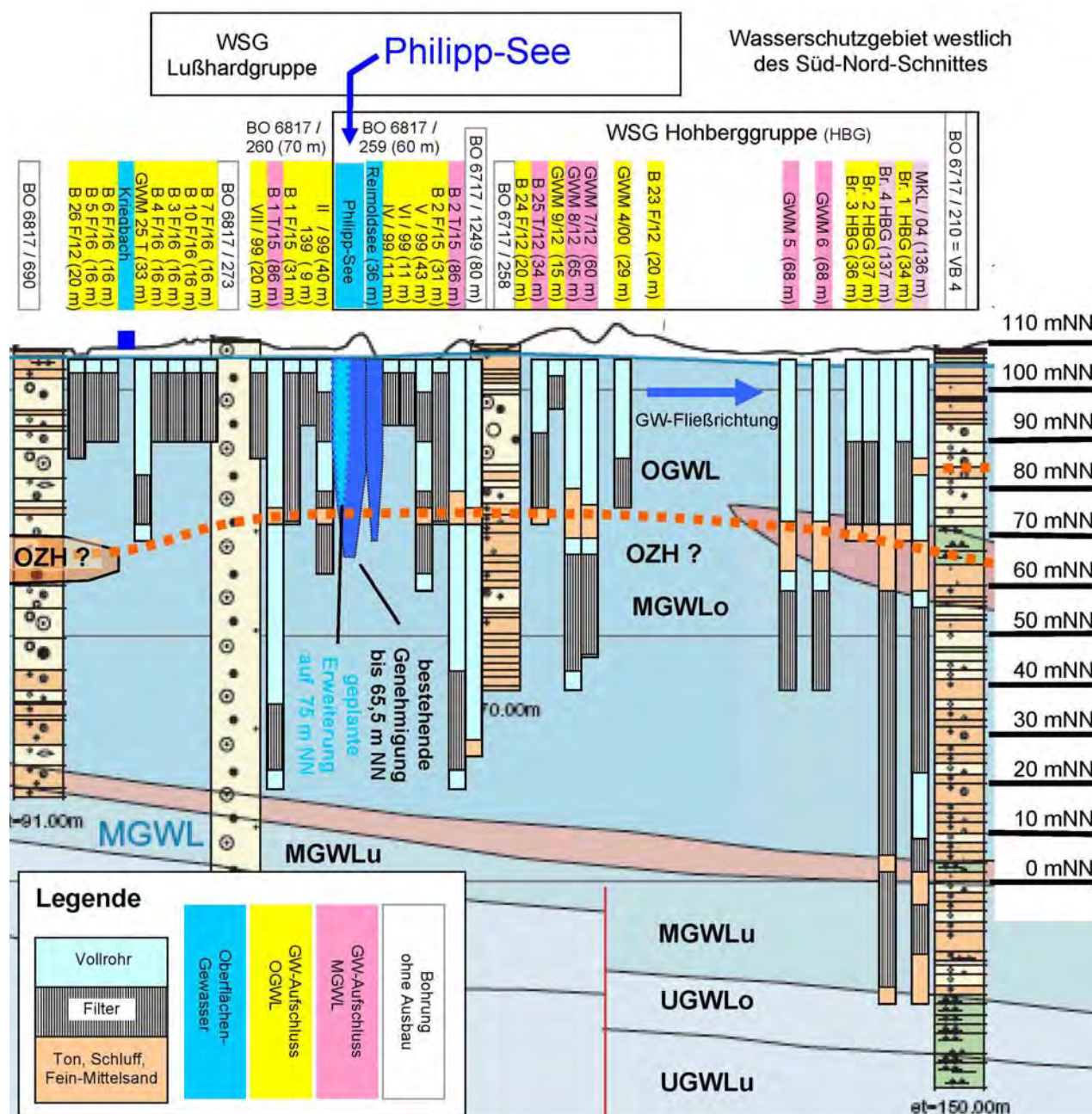
- Anh. I A: Dokumentation der aktuell in 2015/2016 untersuchten Messstellen
- Anh. I B: Messstellendokumentation mit Übersicht zu vorhandenen Analytik-Daten
- Anh. II: Veränderungen bei den Vor-Ort-Parametern im Zuge der Probenahmen (Vergleich PV Anfang und PV Ende)
- Anh. III A: Lf-/Temperatur-Tiefenprofil zum Philipp-See am 08.12.2015
- Anh. III B: Lf-/Temperatur-Tiefenprofil zum Philipp-See am 21.04.2016
- Anh. IV A: Basis des OGWL Westteil
- Anh. IV B: Basis des OGWL Ostteil
- Anh. V: Basis des OZH
- Anh. VI A: Basis des MGWLo
- Anh. VI B: Basis des ZH3
- Anh. VI C: Basis des MGWLu
- Anh. VII: Hydraulische Durchlässigkeiten OGWL, OZH und MGWL
- Anh. VIII A: Grundwassergleichen der Stichtagsmessung vom 23.05.2016
- Anh. VIII B: Grundwassergleichen der Stichtagsmessung vom 30.06.2016



## 1. Vorhabensbeschreibung

Die Firma Philipp & Co KG (Philipp) betreibt bei Bad Schönborn, OT Langenbrücken, ein Kieswerk mit Nassabbau. Der Baggersee hat derzeit eine Abbaugenehmigung bis zu einer Seetiefe von 65,50 m NN und bis zu einer Seefläche von ca. 62,5 ha (Wassermenge ca. 11,9 Mio. m<sup>3</sup>). Die genehmigte Abbautiefe reicht hydrogeologisch bis in den oberen Abschnitt des Mittleren Grundwasserleiters (MGWLo, s. Abb. 1 und Anl. 1).

Es ist vorgesehen, den Baggersee im Süden um ca. 12,1 ha auf eine Wasserfläche von ca. 74,6 ha zu erweitern. Die Abbausohle der Erweiterung soll noch im Oberen Grundwasserleiter (etwa Höhe UK OGWL) liegen und ist auf 75 m NN geplant.

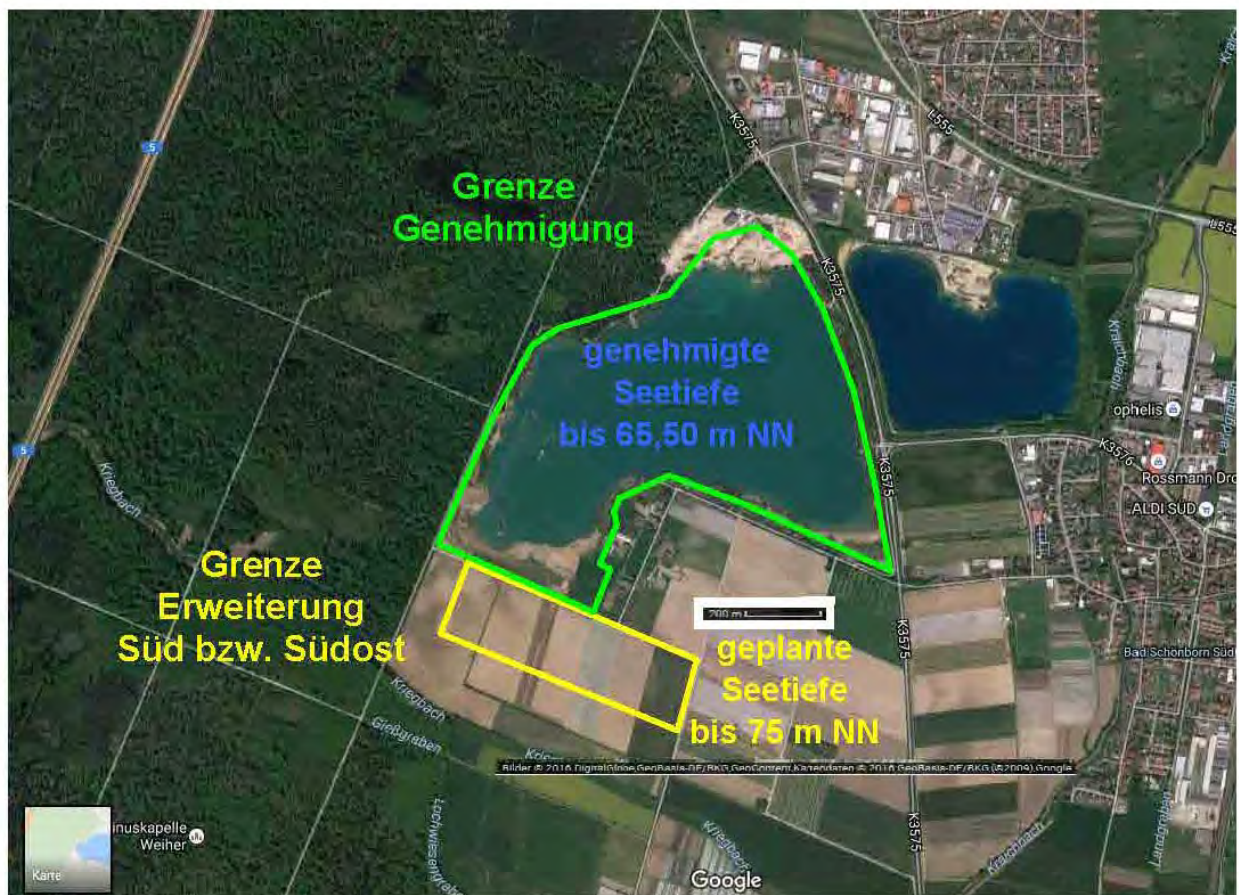


**Abbildung 1:** Hydrogeologischer Süd-Nord-Schnitt aus HGK Karlsruhe-Speyer

(UM BaWü, HGK KASP, 2007, schematisch verändert)

Der aktuelle Baggersee befindet sich im Bereich der Schutzzone III b des Wasserschutzgebietes ZV Gruppenwasserversorgung Hohberg (ZV Hohberggruppe). Die geplante Erweiterungsfläche liegt außerhalb der Wasserschutzgebiete (s. Abb. 3).

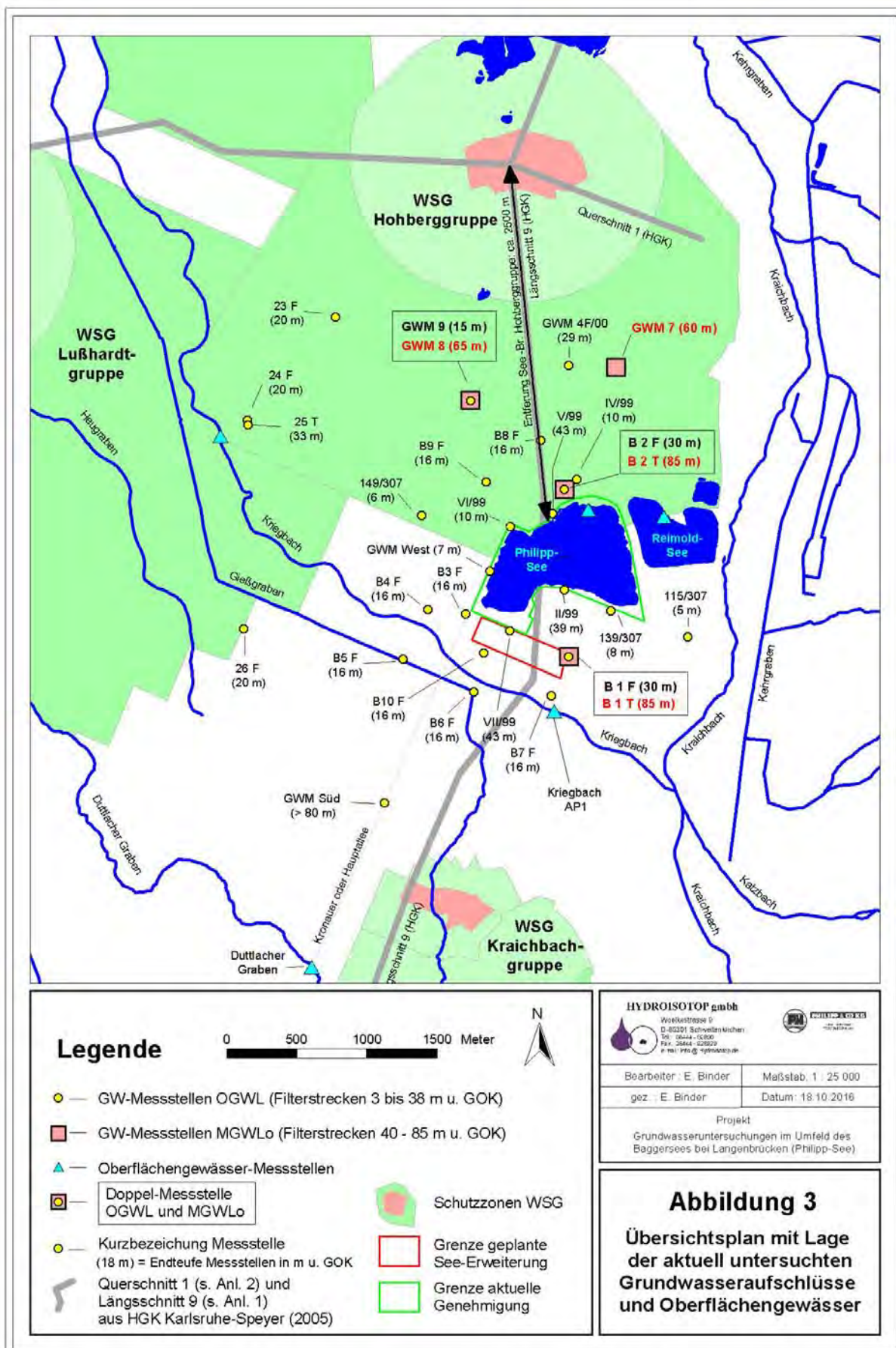
Mit Hilfe der vorliegenden Untersuchungen sollen in erster Linie Aussagen zu möglichen Auswirkungen infolge der geplante Erweiterung nach Süden mit einer Abbausohle bis 75 m NN auf die unterstromig liegenden Trinkwasserbrunnen der ZV Hohberggruppe abgeleitet werden. Zudem soll eine mögliche engere Anbindung mit dem unmittelbar südlich verlaufenden Kriegbach beurteilt werden (s. Abb. 2).



**Abbildung 2:**  
Übersichtskarte zur geplanten Erweiterung nach Südost auf Abbausohle 75 m NN

Plangrundlage: Google Earth







Zur Beurteilung der geplanten Erweiterung wurden mit Hilfe hydrochemischer und isopenhydrologischer Untersuchungen die aktuellen Beschaffenheits- und Fließverhältnisse im Umfeld des Philipp-Sees erfasst und mit Ergebnissen früherer Untersuchungen verglichen. Im Detail sollten hierzu folgende Punkte geklärt werden:

1. Charakterisierung der am Fließgeschehen beteiligten Grundwässer entlang eines Süd-Nord- bzw. Ost-West-Profiles
  - Beschaffenheit des flachen Grundwassers im Oberen Grundwasserleiter (OGWL)
  - Beschaffenheit des tiefen Grundwassers im Mittleren Grundwasserleiter (MGWL)
2. Aussagen zu Wechselwirkungen zwischen OGWL und MGWL
3. Überprüfung der Seewasseranteile im Grundwasser unterstromig des Baggersees
4. Charakterisierung des seebeeinflussten Grundwassers im Hinblick auf Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit
5. Berechnung der aktuellen Durchströmungsrate des Sees und Vergleich mit früheren Ergebnissen
6. Aussagen zu Uferfiltrat-Einfluss durch den Kriegbach (und ggf. Duttbacher Graben)

Zur Bearbeitung der genannten Fragen wurden im Zeitraum Dezember 2015 bis Juni 2016 umfangreiche Untersuchungen durchgeführt (vgl. Kap. 3).

Für einen Vergleich der aktuellen mit früheren Ergebnissen wurden Untersuchungen zum Philipp-See selbst (BGL, 2004) sowie von umliegenden Projekten in die Auswertungen mit einbezogen. Der Zweckverband Gruppenwasserversorgung Hohberg (ZV Hohberggruppe) und der Wassergewinnungszweckverband Hardtwald (WGZ Hardtwald) haben hierzu freundlicherweise ihre umfangreichen Daten aus dem Zeitraum 2001 bis 2014 zur Verfügung gestellt.

### 3. Durchgeführte Untersuchungen

Die Grund- und Oberflächengewässer wurden an insgesamt vier Stichtagen im Dezember 2015, April 2016, Mai 2016 und Juni 2016 beprobt. Tabelle 1 gibt eine Übersicht zu den jeweils untersuchten Messstellen. Zusätzlich sind die Messstellen hinsichtlich ihrer Lage zum Philipp-See in Zu-, Seit- und Abstrommessstellen sowie hydrogeologisch in OGWL<sub>o</sub>, OGWL<sub>u</sub>- und MGWL<sub>o</sub>-Messstellen gruppiert (Seitstrom = GW-Strom seitlich des Zu- und Abstroms). Die Zuordnung erfolgte nach Erkenntnissen aus den Kapiteln 4 bis 6. Eine Übersicht zur Lage der untersuchten Messstellen gibt Abbildung 3.

**Tabelle 1:** Übersicht zu den Stichtagsuntersuchungen

gruppiert in Zu-, Seit- und Abstrom- sowie OGWL- (gelb, okker) und MGWL<sub>o</sub>-Messstellen (rosa)

Lage bezogen auf Philipp-See	Aquifer	Bezeichnung	Dezember 2015	April 2016	Mai 2016	Juni 2016
Zustrom	OGWL	Duttlacher Graben				15.06.2016
		Kriegbach AP01	11.12.2015	22.04.2016	30.05.2016	
Seitstrom	OGWL <sub>o</sub>	GWM 23 F / 12				15.06.2016
		GWM 24 F / 12				15.06.2016
		GWM 26 F / 12				15.06.2016
		GWM 9 F / 12				15.06.2016
		149 / 307-1		22.04.2016		
		B 4 F / 16			30.05.2016	
		B 5 F / 16			30.05.2016	
		B 9 F / 16		22.04.2016		
	OGWL <sub>u</sub>	GWM 25 T / 12				15.06.2016
	OGWL	GWM Süd				15.06.2016
Zustrom	OGWL <sub>o</sub>	B 3 F / 16			30.05.2016	
		B 6 F / 16			30.05.2016	
		B 7 F / 16			30.05.2016	
		B 10 F / 16			30.05.2016	
		GWM VII / 99				14.06.2016
		139 / 307-6				14.06.2016
		115 / 307-7				15.06.2016
		GWM II / 99				15.06.2016
	OGWL u	B1 F / 15	10.12.2015		30.05.2016	
Zustrom	MGWL <sub>o</sub>	B1 T	11.12.2015		30.05.2016	
Seitstrom		GWM 8 T				15.06.2016
Philipp-See	dominant OGWL	Philipp-See 1 m	08.12.2015	21.04.2016		
		Philipp-See 10 m	08.12.2015	21.04.2016		
		Philipp-See 20 m	08.12.2015	21.04.2016		
		Philipp-See 34 m	08.12.2015	21.04.2016		
Abstrom	dom. OGWL	Reimold-See				15.06.2016
Abstrom	OGWL <sub>o</sub>	GWM West	11.12.2015	22.04.2016		
		GWM IV / 99	10.12.2015	22.04.2016		
		GWM VI / 99	11.12.2015	22.04.2016		
		B 8 F / 16		21.04.2016		
	OGWL <sub>u</sub>	B 2 F (PV Ende)	09.12.2015			
		B 2 F / 15		22.04.2016		
		GWM V / 99	11.12.2015	22.04.2016		
		GWM 4 / 00				15.06.2016
Abstrom	MGWL <sub>o</sub>	B2 T / 15	08.12.2015 #	22.04.2016		
		GWM 7 / 12				15.06.2016

# = 2 Probenahmen (1 x 30 Minuten nach Pumpbeginn, 1 x 6,5 Std. nach Pumpbeginn = PV Ende)

### Neue Messstellen

Um die Fragen nach der Beschaffenheit und der Wechselwirkungen zwischen OGWL und MGWL zu klären, mussten im Vorfeld der Untersuchungen jeweils eine Doppelmessstelle im Zustrom und eine im Abstrom des Philipp-Sees neu eingerichtet werden (s. Abb. 4, Auszug aus Bohrantrag von 2015; die geplante Erweiterung hatte hier noch eine andere Form und Lage). Die beiden Doppelmessstellen wurden Ende 2015 durch die Firma Hettmannsperger Bohrgesellschaft mbH abgeteuft (im Zustrom B1F / B1T mit Filterbereichen von 4-30 m bzw. 70-85 m u. GOK und im Abstrom B2F / B2T mit Filterbereichen von 4-30 m bzw. 65-85 m u. GOK).

Zur detaillierten Erfassung der Fließ- und Beschaffenheitsverhältnisse im näheren Umfeld des Philipp-Sees wurden im Frühjahr 2016 zusätzlich 8 weitere flache Grundwassermessstellen niedergebracht (B3F bis B10F, mit Filterstrecken von 4 - 16 m u. GOK).

Die Messstellen B3F bis B6F sollten Aufschluss zu Fließ- und Beschaffenheitsverhältnisse im Bereich der geplanten Seeerweiterung liefern (insbesondere die Beschaffenheitsverhältnisse bezüglich der Nitrat- und Acesulfam-Gehalte).

Mit Hilfe der Messstellen B1F, B7F und B10F sollen die GW-Fließverhältnisse südlich des Philipp-Sees und der Einfluss des Kriegbachs auf den derzeitigen Baggersee erfasst werden.

Die Messstellen B2F, B8F und B9F dienen der Erfassung der Fließ- und Beschaffenheitsverhältnisse des Seeabstroms (hier insbesondere der Nitrat-Zonierung).

Die Festlegung der Lage der neuen Messstellen sowie deren Ausbaus erfolgte jeweils in enger Abstimmung mit dem LGRB.

### Sonstige beprobte Messstellen

Zur Einbindung der neuen Messstellen in das regionale Umfeld wurde das Untersuchungsgebiet im Westen bis zu den Messstellen 23F, 24F, 26F sowie 25T des ZV Hohberggruppe erweitert (Bj. 2012, Filter 2 - 20 m bzw. 22 - 33 m). In diesem Bereich wurde zusätzlich die flache Messstelle 149/307-1 (Filter 4 - 6 m) untersucht.

Im Norden reicht das Untersuchungsgebiet bis an die Doppelmessstelle GWM 9F / 8T (OGWL: Filter 3-15 m; MGWLo: Filter 40 - 63 m, Bj. 2012), die MGWLo-Messstelle GWM 7T (Filter 40-60 m, Bj. 2012) und die OGWL-Messstelle GWM 4F/00 (Filter 22-29 m, Bj. 2000). Alle Messstellen wurden durch den ZV Hohberggruppe abgeteuft.

Im Südosten des Philipp-Sees wurden die beiden flachen Zustrom-Messstellen 115/307-7 (Filter 3 - 5 m) und 139/307-6 (Filter 6 – 8 m) mit einbezogen.

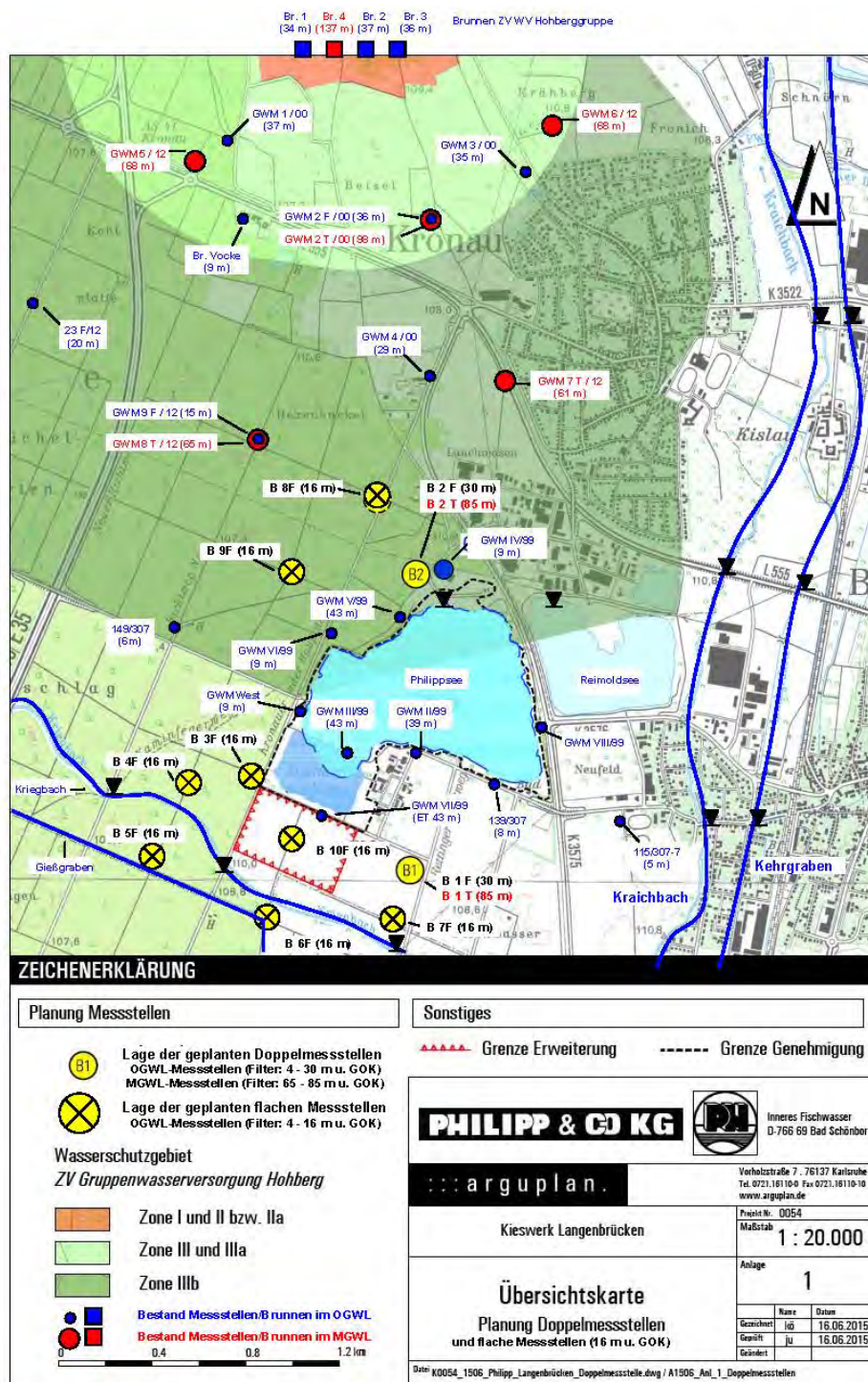
Zudem wurde eine 2“-Messstelle zwischen Kriegbach und Duttlacher Graben, auf Höhe der Brunnen der Kraichbachgruppe, beprobt („GWM Süd“).

Im näheren Umfeld des Sees wurden die Bestandsmessstellen der Fa. Philipp beprobt (Baujahr 1999). Im Zustrom beginnend und danach im Uhrzeigersinn gesehen waren dies die GWM II/99 (Filter 8-38 m), GWM VII/99 (10-20 m), „GWM West“ (?-7 m), GWM VI/99 (Filter 7-9 m), GWM V/99 (Filter 8-38 m) und GWM IV/99 (Filter 7-9 m). Die GWM III/99 ist der aktuellen Seeerweiterung zum Opfer gefallen, die GWM VIII/99, zwischen Philipp- und Reimold-See, konnte nicht gefunden werden (Lage siehe Abbildung 4).



Einige Grundwassermessstellen in wichtiger Position, wie die im Abstrom des Philipp-Sees, wurden wiederholt beprobt, um mögliche Variationen bei den Seewasseranteilen zu erfassen.

Die detaillierten Kenndaten zu den aktuell untersuchten Messstellen (H+R-Wert, Endteufe, Filter) sind zusammen mit einer Übersicht zum Untersuchungsumfang im Anhang I A zusammengestellt. Im Anhang I B sind zusätzlich Messstellen aufgeführt, von denen Untersuchungsergebnisse aus umliegenden Projekten vorliegen (vgl. Kap. 8).



**Abbildung 4:** Übersichtskarte Planung Doppelmessstellen und flache Messstellen  
(Auszug aus Bohrantrag von 2015; die geplante Erweiterung hatte hier noch eine andere Form und Lage)

### Überprüfen der Messstellen zur Eignung für das Untersuchungsprogramm

Die neuen Doppelmessstellen B1F/B1T und B2F/B2T wurden jeweils als separate Bohrungen abgeteuft. Durch ihren Ausbau ist eine eindeutige Zuordnung zu den Grundwasserstockwerken OGWL bzw. MGWLo möglich, was durch die nachfolgenden Maßnahmen zur Qualitätssicherung gewährleistet wird (Arguplan, 2015 und hydrag, 2016):

- Abdichtung der Verschraubungen der Vollrohre (DN 125) mit Dichtringen in den Muffen und Schrumpfmanschetten um die Verbindungen herum
- Der Ringraum im Vollrohrbereich wurde mit speziellen Tonpellets abgedichtet
- Die Funktionsfähigkeit der Messstelle wurde mittels geophysikalischer Messungen überprüft (Gamma-Log, T-Log und Lf-Log, Flow-Log, FE-Log [Widerstand])

### Überprüfung der hydrogeologischen Zuordnung der Messstellen

Die älteren Messstellen wurden anhand ihrer Ausbaudaten und der Hydrogeologischen Gliederung in Kapitel 4.1 und 4.2 einem Grundwasserstockwerk zugeordnet.

Bei nachfolgenden Grundwassermessstellen war aufgrund ihres Ausbaus keine eindeutige Zuordnung möglich.

Die Zustrom-Messstelle **GWM II / 99** wurde mit insgesamt 3 Filterbereichen von 8-18 m, 28-30 m und 33-38 m u. GOK ausgebaut, die den Grundwasserstockwerken OGWLo, OGWLu und MGWLo zugeordnet werden können. Die Messstelle ist somit stockwerksübergreifend ausgebaut. Die untere Vollrohrstrecke zwischen 30 und 33 m liegt im Bereich der Höhenlage des OZH (s. Anl. 1). Die Endteufe konnte vor Ort mittels Lot bestätigt werden (Sohle bei 39,9 m u. POK). Da der dominante Anteil der Filterstrecken den OGWL erfasst, wird diese Messstelle im folgenden dem OGWL zugeordnet.

Für die Abstrom-Messstelle **GWM V / 99** ist ein vergleichbarer Ausbau angegeben, jedoch mit hier nur 2 Filterbereichen von 8-18 m und 28-38 m u. GOK. Auch hier konnte die Endteufe vor Ort mittels Lot bestätigt werden (Sohle bei 39,9 m u. POK). Diese Messstelle wird im weiteren dem OGWL zugeordnet.

Die Endteufe der 2“-Grundwassermessstelle **GWM Süd** konnte vor Ort nicht ausgelotet werden, da das 80m-Lichtlot hierfür nicht ausreichte. Zu/r Filterstrecke/n liegen keine Kenntnisse vor (s. Anl. 1). Die Messstelle kann somit nicht eindeutig einem Grundwasserstockwerk zugeordnet werden. Näheres dazu in Kapitel 5 (Thema: Acesulfam).

Das Stahlstandrohr der flachen Messstelle **GWM IV / 99** ist leicht schräg. Möglicherweise wurde diese Messstelle angefahren. Auch hierzu weiteres in Kapitel 5 und 6.

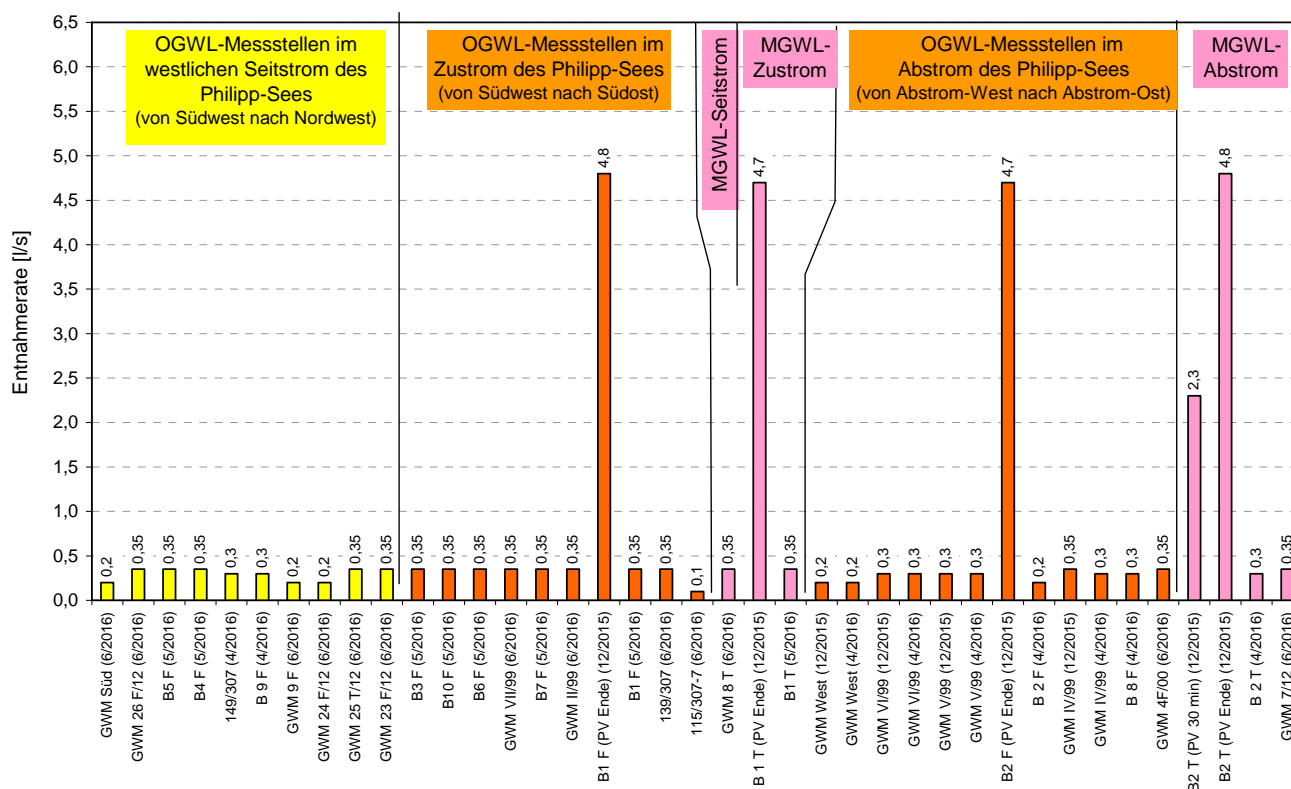
## Probennahmen an Grundwasseraufschlüssen

Die Probennahmen erfolgten jeweils nach mindestens zweimaligem Austausch des in den Messstellen gespeicherten Wasservolumens. Die Förderraten lagen bei den von der Hydroisotop gepumpten Proben zwischen 0,1 und 0,35 l/s (s. Abb. 5).

Zur Ermittlung der Funktionstüchtigkeit und der lokalen Aquiferparameter wurden an den beiden neuen Doppelmessstellen vom Büro für Hydrogeologie E. Funk im Zeitraum 08.-11.12.2015 zusätzlich geohydraulische Untersuchungen durchgeführt (Funk, 2016). Während der 9-stündigen Stufenpumpversuche (PV) mit jeweils 3 Stufen (2,3 l/s; 3,5 l/s; 4,8 l/s) wurden begleitend Probenahmen durchgeführt und nach erfolgter Auswahl analysiert (PV nach 30 Minuten, PV Ende 1., 2. und 3. Stufe). An den Messstellen B1F, B2F und B1T wurde aufgrund der unauffälligen Vor-Ort-Messungen lediglich die Probe am Ende der 3. Pumpstufe analysiert. An der Abstrom-Messstelle B2T wurde neben der am Ende der 3. Pumpstufe entnommenen Probe zusätzlich die Probe „30 Minuten nach Pumpbeginn“ untersucht (Tab. 1). Die Entnahmeraten lagen hier mit 2,3 bis 4,8 l/s deutlich über denen der anderen Probennahmen (s. Abb. 5).

Für die flachen Messstellen B1F und B2F konnten Transmissivitätswerte von  $2 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  bzw.  $4,61 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  und für die tiefen Messstellen B1T und B2T von  $3,55 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  bzw.  $2,23 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  bestimmt werden (Funk, 2016).

Während der Probenahmen wurden insgesamt keine markanten Veränderungen bei den Vor-Ort-Parametern festgestellt (s. Anhang II), so dass grundsätzlich relativ stabile Bedingungen bei den Zustromverhältnissen vorlagen. Die Vor-Ort-Parameter zum Ende der Probenahme sind mit den Analysenergebnissen in Anl. 4 zusammen dokumentiert.



**Abbildung 5:** Übersicht zu den Entnahmeraten während der Probenahmen



## Seebeprobungen

Der **Philipp-See** wurde an zwei Stichtagen, zu Beginn der Zirkulationsphase am 08.12.2015 und am Ende der Zirkulationsphase am 21.04.2016, jeweils in vier Tiefen beprobt (1 m, 10 m, 20 m, 34 m u. Wasserspiegel). Die Probennahmen in 1 m u. Wasserspiegel (Wsp.) wurden mittels Unterwasserpumpe und die in 10 bis 34 m u. Wsp. mittels Tiefenschöpfer entnommen. Bei den mittels Tiefenschöpfer entnommenen Proben ist zu berücksichtigen, dass hier die Sauerstoffgehalte gegenüber den tatsächlichen Verhältnissen erhöht sein können. Die in Anlage 4 aufgeführten Sauerstoffgehalte zum Philipp-See sind deshalb als Maximalwerte anzusehen.

Im Rahmen der Seebeprobungen wurden zusätzlich die Schichtungsverhältnisse im Philipp-See mittels Temperatur- und Leitfähigkeit-Tiefenlog erfasst (vgl. Anhang III). Die Tiefenlogs bestätigen jeweils den Beginn und das Ende der Zirkulationsphase im See.

Der **Reimold-See** wurde im Juni 2016 in 1 m u. Wsp. mittels Unterwasserpumpe beprobt.

## Oberflächengewässer

Zur Erfassung möglicher Variationen wurde die Beschaffenheit des Kriegbachs - an der Entnahmestelle „Brücke Kriegbach AP1“ - insgesamt drei mal überprüft (Dezember 2015, April 2016 und Juni 2016).

Der Gießgraben war an allen Stichtagen trocken (zur Lage siehe Abb. 3).

Aufgrund von auffällig hohen Acesulfam-K-Gehalten im Grundwasser südlich des Kriegbachs wurde im Zuge der letzten Stichtagsuntersuchung zusätzlich der Duttla-cher Graben untersucht.

## Untersuchungsumfang

An allen Proben wurden die Hauptanionen und Kationen, ausgewählte Nebenbestandteile (Bor, Phosphat, Silizium), Redox-Anzeiger (Eisen ges., Mangan ges., Ammonium, Nitrit) sowie - an einer Auswahl an Proben - der Spurenstoff Acesulfam-K untersucht (s. Tab. 2).

Weiterhin untersucht wurden an allen Proben die stabilen Isotope des Wassers ( $\delta^{18}\text{O}$  und  $\delta^2\text{H}$ ) sowie an ausgewählten Proben der Tritiumgehalt.

## Plausibilitätsprüfung der Analysenergebnisse

Für alle Analysen wurden zur Plausibilitätskontrolle die Ionenbilanzen berechnet. Alle Analysen zeigen nur geringe Ionenbilanzfehler, so dass die Konzentrationen der Hauptionen als plausibel gelten.

**Tabelle 2: Messstellenübersicht mit Untersuchungsumfang**

**Messstellen-Übersicht Oberflächengewässer**

Bezeichnung	Ausbau (DN)	Ausbau- tiefe	Filterstrecke	An- Kationen	Bor	Ace- sulfam	NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , o-PO <sub>4</sub> , P, Si, Fe, Mn	18O, 2H	3H
	[mm]	[m ü. NN]	[m u. GOK]	Anzahl Proben 2015/2016					
Duttlacher Graben				1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
Kriegbach AP1				3 x	2 x	3 x	3 x	3 x	1 x
Philipp-See				7 x	3 x	2 x	7 x	8 x	1 x
Reimold-See				1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	

**Messstellen-Übersicht OGWL (Filterstrecken zwischen 3 und 38 m u. GOK)**

115/307	80	5,2	3,0 - 5,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
139/307	100	8,4	6,1 - 8,1	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
149/307-1	100	6,0	4,0 - 6,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
GWM II / 99	125	39,5	8-18 / 28-30 / 33-38	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
GWM IV / 99	125	10,5	7,0 - 9,0	2 x	1 x		2 x	2 x	
GWM V / 99	125	43,0	8-18, 28-38	2 x	1 x		2 x	2 x	1 x
GWM VI / 99	125	10,5	7,0 - 9,0	2 x	1 x		2 x	2 x	
GWM VII / 99	125	20,3	10,0 - 20,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
GWM West	50	7,0		2 x	1 x		1 x	2 x	
GWM Süd	50	?		1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
GWM 4 / 00	125	29,0	22,0 - 29,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
GWM 23/F/12	115	20,2	2,2 - 20,2	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
GWM 24/F/12	115	20,2	2,0 - 20,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
GWM 25/T/12	115	33,5	22,5 - 32,5	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
GWM 26/F/12	115	20,0	2,0 - 20,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
GWM 9 F	50	15,2	3,0 - 15,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x
B1 F / 2015	125	31,0	4,0 - 30,0	2 x	2 x	2 x	2 x	2 x	1 x
B2 F / 2015	125	30,5	4,0 - 30,0	2 x	1 x	1 x	2 x	2 x	1 x
B3 F / 2016	125	16,0	4,0 - 16,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
B4 F / 2016	125	16,0	4,0 - 16,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x
B5 F / 2016	125	16,0	4,0 - 16,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
B6 F / 2016	125	16,0	4,0 - 16,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
B7 F / 2016	125	16,0	4,0 - 16,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x
B8 F / 2016	125	16,0	4,0 - 16,0	1 x	1 x		1 x	1 x	
B9 F / 2016	125	16,0	4,0 - 16,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x
B10 F / 2016	125	16,0	4,0 - 16,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x

**Messstellen-Übersicht MGWL (Filterstrecken zwischen 40 und 85 m u. GOK)**

GWM 7 T	115	60,5	40,0 - 60,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	
GWM 8 T	115	65,0	40,0 - 63,0	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x	1 x
B1 T / 2015	125	85,5	70,0 - 85,0	2 x	1 x	1 x	2 x	2 x	2 x
B2 T / 2015	125	85,5	65,0 - 85,0	3 x	1 x		1 x	3 x	2 x

## 4. Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse

### 4.1 Hydrogeologische Gliederung

Die nachfolgende Beschreibung orientiert sich an den LGRB-Informationen, Heft 19 (LGRB, 2007) und der HGK Karlsruhe-Speyer (UM, 2007) sowie den Ergebnissen der jüngsten Bohrkampagnen des ZV Hohberggruppe (2000-2012), der Heidelberger Sand und Kies GmbH Kronau (2014-2015) sowie der Fa. Philipp (1999 sowie 2015-2016).

Im vorliegenden Fall wird im Untersuchungsgebiet von den in Tabelle 3 aufgeführten lithologischen und hydrogeologischen Einheiten ausgegangen. Die Grundwasserleiter mit überwiegend sandig-kiesiger Zusammensetzung sind blau markiert, die Geringleiter mit überwiegend tonig-schluffiger Zusammensetzung sind braun markiert.

**Tabelle 3:** Lithologische / Hydrogeologische Einheiten im Modellgebiet

Lithologische Einheiten (aktuelle Abkürzung)	Hydrogeologische Einheit	alte Bez.
Obere kiesig-sandige Abfolge oben (OksAo)	OGWLo	OKL
Zwischenhorizont 1 (ZH1)	ZH1	ZH1
Obere kiesig-sandige Abfolge unten (OksAu)	OGWLu	OKL
Oberer Zwischenhorizont (OZH)	OZH	OZH
Mittlere sandig- kiesige Abfolge oben (MskAo)	MGWLo	MKL
Zwischenhorizont 3 (ZH3)	ZH3	ZH3
Mittlere sandig- kiesige Abfolge unten (MskAu)	MGWLu	Altquartär
Unterer Zwischenhorizont (UZH)	UZH	UZH
Untere sandig- schluffige Abfolge oben (UssAo)	UGWLo	Altquartär
Tieferer Zwischenhorizont (TZH)	TZH	TZH
Untere sandig- schluffige Abfolge unten (UssAu)	UGWLu	Pliozän
Festgesteinsuntergrund ( t )		

Anlage 1 zeigt einen Ausschnitt des hydrogeologischen Längsschnitt 9 und Anlage 2 einen Ausschnitt des hydrogeologischen Querprofils 1 der HGK Karlsruhe-Speyer. Im Längsschnitt sind entlang eines Grundwasserfließpfades mehrere Grundwasseraufschlüsse zwischen dem Brunnen der Kraichbachgruppe im Süden und den Brunnen der Hochberggruppe im Norden mit aufgeführt (s. Anl. 3).

Räumlich gesehen liegt der Philipp-See am östlichen Rand des Oberrheingrabens, der tektonisch relativ stark in N-S verlaufende Zwischenschollen zerstückelt ist (Grabenscholle, 2 x Zwischenscholle, Randscholle). Im Bereich der Randscholle ist der OGWL nur etwa 10 m mächtig, darunter folgt das Festgestein (s. auch Anh. IV B). Im zentralen und westlichen Bereich liegt die **Basis des OGWL zwischen 58 und 74 m NN** (s. Anhang IV A, TOP OGWL = Geländeoberkante (GOK): 105-110 m NN). Im Liegenden folgt hier der OZH (siehe Anhang V) oder der MGWLo (siehe Anhang VI A).



#### 4.2 Mächtigkeit, Höhenlage, Verbreitung und Durchlässigkeiten des OZH

Nach den aktuellen Auswertungen, mit Einbeziehung der beiden neuen tiefen Messstellen B1T und B2T, ist der OZH im südlichen und nördlichen Umfeld des Philipp-Sees im Mittel etwa 4 m mächtig (s. Tab. 4: Top OZH: 78,20 m NN; Basis OZH: 74,0 m NN; Anzahl Messstellen: 6). Die Auswertungen von SCHÄFER (2015) ergeben eine vergleichbare **OZH-Mächtigkeit** von etwa 2 m, wobei hier der OZH um etwa 3 m tiefer liegt (Vergleich Anh. IV A [Basis OGWL: 74,0 mNN] und Anh. V [Basis OZH: 72 mNN]). Auch die Angaben in der HGK (UM, 2007) liegen in einer vergleichbaren Größenordnung.

Östlich und westlich des Philipp-Sees ist nach den Ausführungen von SCHÄFER (2015) und der HGK kein OZH anzutreffen. Hier liegt der OGWL unmittelbar über dem MGWLo. Die auffällige, „fingerartige Form“ der **Verbreitung des OZH** (im weiteren „OZH-Finger“ genannt) ist im Anhang V dokumentiert (aus SCHÄFER, 2015; vergleichbar UM, 2007). Ob östlich und westlich des Philipp-Sees tatsächlich kein OZH vorhanden ist, kann bisher nicht beurteilt werden.

Die **Durchlässigkeiten des OZH** sind nach den aktuellen Auswertungen in Tabelle 4 im Vergleich zu den Angaben bei SCHÄFER deutlich höher (nach SCHÄFER, 2015, liegt die hydraulische Durchlässigkeit des OZH hier pauschal bei  $10^{-7}$  m/s, s. Anh. VII C; nach der lithologischen Beurteilung in Tab. 4 zwischen  $5 \times 10^{-4}$  m/s und  $10^{-7}$  m/s).

Unabhängig davon, ob und wie mächtig ein OZH vorhanden ist, reicht die derzeitige genehmigte Abbautiefe des Philipp-Sees von 65,50 m NN etwa 6,50 m (nach SCHÄFER, 2015) bzw. 8,50 m (nach aktueller Auswertung, Tab. 4) in den oberen Abschnitt des Mittleren Grundwasserleiters (MGWLo).

**Tabelle 4:** Höhenlage und Mächtigkeit des Oberen Zwischenhorizontes (OZH)

	Top OZH (mNN)	Basis OZH (mNN)	Mächtigkeit OZH (m)	Litho OZH	Potenzial – Differenz OGWL / MGWL
B 1 T / 15	76,3	75,6	0,7	2	OGWL < MGWL (0 - 4 cm)
GWM II / 99	77,6	74,8	2,8	1	
GWM V / 99	78,2	76,8	1,4	3	
B 2 T / 15	80,6	75,7	4,9	4	OGWL $\approx$ MGWL ( +/- 2 cm)
GWM 8T / 12	80,6	70,7	9,9	1	OGWL > MGWL (10-50 cm)
GWM 7T / 12	76,1	70,6	5,5	1,5	OGWL > MGWL (30-40 cm)
<b>Mittelwert</b>	<b>78,2</b>	<b>74,0</b>	<b>4,2</b>		

Lithologie (mit Angaben zu Durchlässigkeiten nach SCHÄFER, 2015):

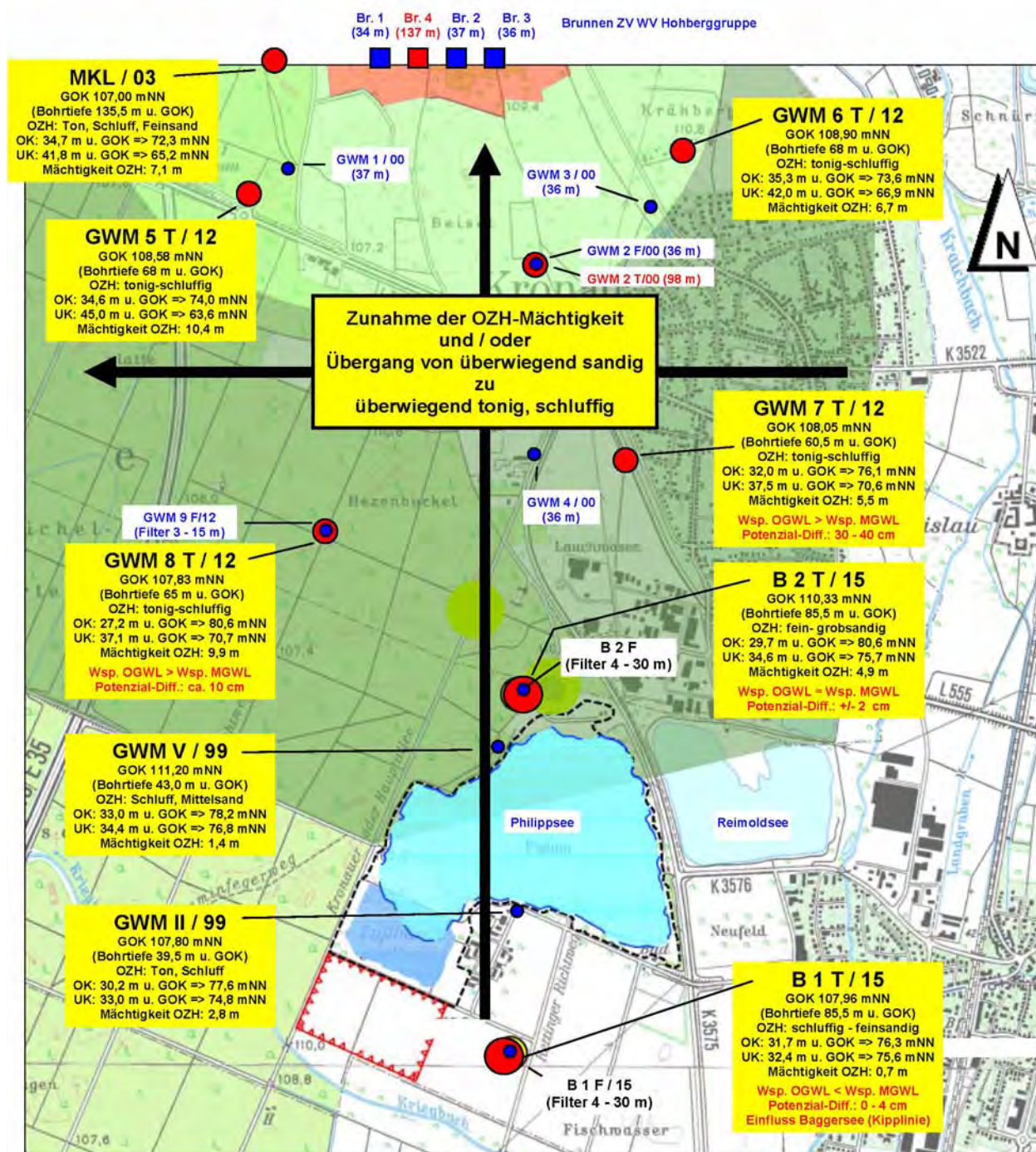
- 1 = überwiegend Ton und Schluff ( $10^{-7}$  m/s)
- 2 = überwiegend Schluff und Feinsand ( $10^{-6}$  m/s)
- 3 = überwiegend Fein- und Mittelsand ( $5 \times 10^{-5}$  m/s)
- 4 = überwiegend Mittel- und – Grobsand ( $5 \times 10^{-4}$  m/s)

Abbildung 6 gibt einen zusammenfassenden Überblick zur Lithologie, Höhenlage und Mächtigkeit des Oberen Zwischenhorizontes an allen im weiteren Umfeld des Philipp-Sees relevanten Messstellen (s. auch Bemerkungen zu Zwischenhorizonten in Anh. IB). Die aktuelle Auswertung bestätigt die Ergebnisse der HGK Karlsruhe-Speyer insofern, dass erst weiter nördlich, in Richtung der Trinkwasserbrunnen des ZV Hohberggruppe sowie weiter nordwestlich, in Richtung der Brunnen des WGZ Hardtwald, ein bis

zu 10 m mächtiger, tonig-schluffiger OZH auftritt. Vergleichbare Aussagen lassen sich auch aus den Auswertungen von SCHÄFER (2015) ableiten (s. Anh. IV A und V).

### Fazit bezüglich OZH:

Zusammenfassend lässt sich somit kein flächig vorhandener, hydraulisch trennender Oberer Zwischenhorizont (OZH) im näheren Umfeld des Philipp-Sees erkennen.



**Abb. 6:** Übersichtskarte zur Höhenlage und Mächtigkeit des Oberen Zwischenhorizontes (Übersichtskarte vom Jahr 2015; die geplante Erweiterung hatte hier noch eine andere Form und Lage)

#### 4.3 Verbreitung und Höhenlage des MGWLo, ZH3 und MGWLu

Die in Anlage 1 (Ausschnitt des Längsschnitt 9 der HGK) aufgeführte Abfolge der hydrogeologischen Einheiten wird durch die aktuellen Auswertungen von SCHÄFER (2015) bestätigt. Demnach liegt die Basis des MGWLo im näheren Umfeld des Philipp-Sees bei etwa 10 bis 15 m NN (s. Anl. 1 und Anh. VI A). Im Liegenden folgt ein etwa 5-10 m mächtiger ZH3 (s. Anl. 1 und Anhang VI B) und ein etwa 10 m mächtiger MGWLu (s. Anlage 1 und Anhang VI C).

#### 4.4 Hydrogeologische Zuordnung der untersuchten Messstellen

##### Messstellen der aktuellen Untersuchungskampagne:

Die beiden neuen Bohrungen B1T und B2T weisen von den aktuell untersuchten Messstellen die vergleichsweise größten Endteufen auf (ET = jeweils 85,5 m u. GOK, bzw. 22,46 m NN und 24,83 m NN). Beide Bohrungen erfassen ausschließlich den MGWLo (siehe unten).

##### Messstellen im weiteren Umfeld des Philipp-Sees (siehe auch Kapitel 8):

Der Brunnen 4 der ZV Hohberggruppe sowie die Messstelle MKL / 03 erreichen mit ihren Endteufen von etwa 136 m u. GOK (-29 m NN) den obersten Bereich des UGWLo (s. Anl. 1). Über ihre Filterstrecken ist bei beiden Messstellen ein Kurzschluss zwischen MGWLo und MGWLu gegeben.

Außerdem wird der MGWLu durch den Tiefbrunnen der Kraichbachgruppe erfasst (s. Anl. 1: BO 6817 / 678: TB Kraichbachgruppe; ET = 107,5 m u. GOK). Auch hier reicht die Bohrung bis in den UGWLo. Zudem sind auch hier mehrere GW-Stockwerke miteinander verbunden (siehe Anl. 1: MGWLo, MGWLu und UGWLo).

Die im vorliegenden Bericht bearbeiteten Messstellen lassen sich somit insgesamt den Grundwasserstockwerken OGWL, MGWLo, MGWLu und UGWLo zuordnen. Die nachstehenden Ausführungen zu den beiden Zwischenhorizonten OZH und ZH3 sollen lediglich der besseren Gesamtübersicht dienen.

Alle Höhenangaben beziehen sich auf das nähere Umfeld des Philipp-Sees.

- **Oberes Grundwasserstockwerk (OGWL)**

Rheinschotter, Kies/Sand-Mächtigkeit ca. 30 m (108 bis 78 m NN, siehe Mittelwert Tab. 4)  
Aquifermächtigkeit entsprechend 27 m (105 bis 78 m NN)

Die Rheinschotter sind gut bis sehr gut durchlässig. Die Durchlässigkeiten bewegen sich zwischen  $1 \times 10^{-3}$  m/s und  $5 \times 10^{-3}$  m/s (Anhang VII), was auch durch die beiden neuen Messstellen B1F und B2F bestätigt werden kann. Zwischen Philipp-See/Reimold-See im Süden und Lußhardtsee (HSK-Kronau-See) im Norden gibt es einen vergleichsweise gut durchlässigen Bereich mit kf-Werten von ca.  $5 \times 10^{-3}$  m/s (Anh. VII), der möglicherweise einen bevorzugten Abstrombereich darstellt.

- **Oberer Zwischenhorizont (OZH)**

überwiegend sandig, Mächtigkeit bis ca. 4 m (Tiefe von etwa 78 bis 74 m NN, vgl. Tab. 4)

Bereiche in denen der OZH ausgebildet ist (s.o.; südlich und nördlich des Philipp-Sees), können nach den vorliegenden Auswertungen Durchlässigkeiten von  $5 \times 10^{-4}$  bis  $10^{-7}$  m/s aufweisen.



- **Mittleres Grundwasserstockwerk oben (MGWLo)**

Rheinschotter; Sand/Kies-Mächtigkeit von ca. 61 m (Tiefenbereich von etwa 74 m NN [n. Tab. 4] bis etwa 13 m NN [vgl. Anh. VI])

Die Rheinschotter des MGWLo sind gut bis mittelmäßig durchlässig, da ein höherer Sandanteil und ein höherer Verwitterungsgrad der Sedimente im Vergleich zum OGWL vorliegt. Die hydraulischen Durchlässigkeiten sind mit  $k_f$ -Werten von  $3 \times 10^{-4}$  m/s bis  $1 \times 10^{-3}$  m/s im Vergleich zum OGWL z. T. deutlich geringer (Anhang VII). Die Durchlässigkeiten an der B2T können diese Größenordnung bestätigen ( $4 \times 10^{-4}$  m/s). An der tiefen Zustrommessstelle B1T deutet sich eine noch etwas geringere Durchlässigkeit an ( $6 \times 10^{-5}$  m/s). Nach SCHÄFER liegen im Bereich zwischen Philipp-See/Reimold-See im Süden und Lußhardtsee (HSK-Kronau-See) im Norden die Durchlässigkeiten der beiden Grundwasserstockwerke OGWL und MGWLo etwa um Faktor 5 bis 10 auseinander, obwohl hier noch die höchsten Durchlässigkeiten im MGWLo festzustellen sind (d.h. der Faktor kann auch  $> 10$  liegen). Grundsätzlich weist der östliche Bereich vergleichsweise höhere Durchlässigkeiten von teilweise über  $1 \times 10^{-3}$  m/s auf. Der westliche Bereich des Modellgebietes fällt hingegen durch vergleichsweise geringe Durchlässigkeiten auf ( $< 3 \times 10^{-4}$  m/s; aus SCHÄFER, 2015), was auch für den MGWLo einen bevorzugten Abstrombereich entlang der Vorbergzone darstellt (vergleichbar dem OGWL).

- **Zwischenhorizont 3 (ZH3)**

überwiegend sandig-schluffig, Mächtigkeit ca. 5 m (Tiefenbereich von etwa 13 m NN [vgl. Anh. VI A] bis 8 m NN [vgl. Anh. VI B])

- **Mittleres Grundwasserstockwerk unten (MGWLu)**

Rheinschotter; die Sand/Kies-Mächtigkeit von ca. 10 m entspricht auch der Aquifermächtigkeit (Tiefenbereich von 8 m NN [vgl. Anh. VI B] bis -2 m NN [vgl. Anh. VI C])

- **Unteres Grundwasserstockwerk oben (UGWLo)**

Mächtigkeit ca. 20 m (Tiefenbereich von -2 m NN [Anh. VI C] bis etwa -20 m NN [Anl. 1])

Zur besseren optischen Übersicht werden im weiteren Verlauf des Berichtes alle Messstellen des MGWLo rosa gekennzeichnet. Die Messstellen des OGWL wurden auf Basis der Ergebnisse zu den stabilen Isotopen Sauerstoff-18 und Deuterium (Kap. 5.1) in Seitstrom-Messstellen (gelb markiert) sowie Zustrom- und Abstrom-Messstellen gruppiert (jeweils okker markiert, vgl. Tab. 1).

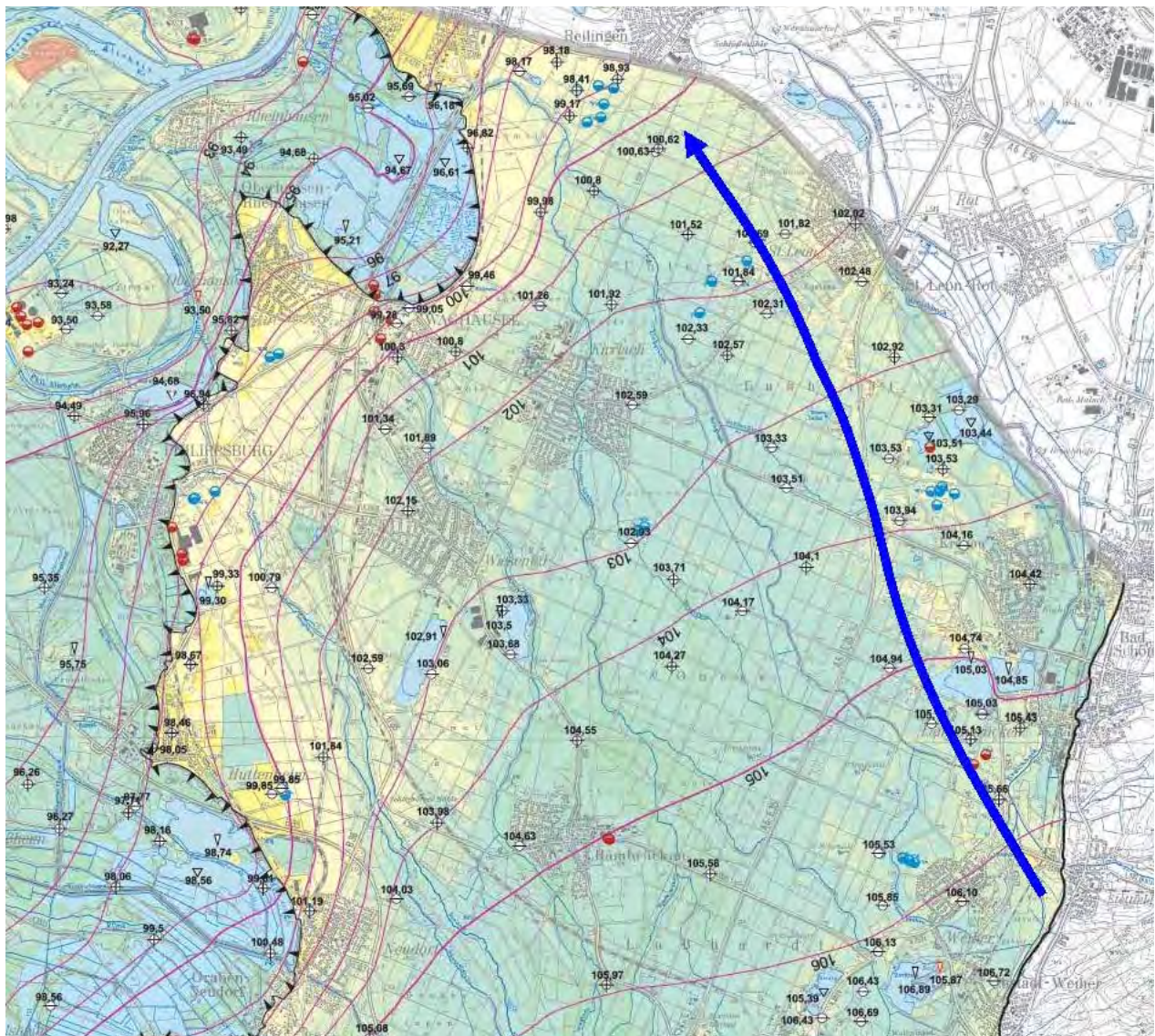


#### 4.5 Grundwasserfließrichtung, Grundwassergefälle

Zur Beschreibung der Grundwasserfließrichtung wurden folgende Grundwassergleichnenpläne herangezogen.

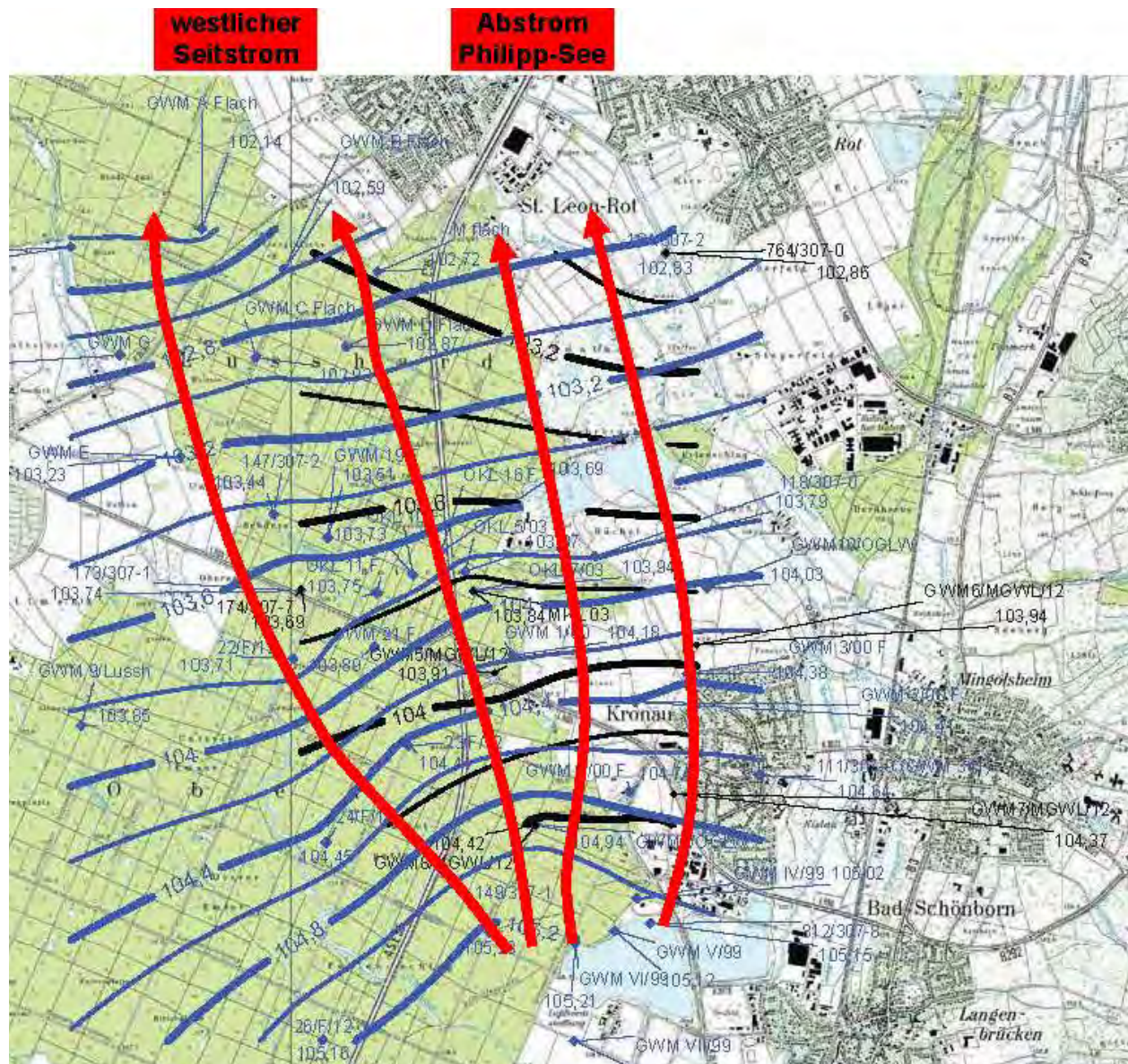
- OGWL: Stichtag 29.09.2003 – 01.10.2003 (UM, HGK, 2007) , vgl. Abb. 7
- OGWL/MGWL: Stichtag 26.03.2014 (FADER Umweltanalytik, 2003), vgl. Abb. 8
- OGWL/MGWL: Stichtag 20.10.2014 (FADER Umweltanalytik, 2003)
- OGWL: Stichtag 23.05.2016 (Hydrag, 2016), vgl. Abb. 9 bzw. Anh. VIII A
- OGWL: Stichtag 30.06.2016 (Hydrag, 2016), vgl. Abb. 10 bzw. Anh. VIII B

Die **großräumige Grundwasserfließrichtung im OGWL** ist von SSE nach NNW auf den Rhein hin ausgerichtet (vgl. Abb. 7), was die Stichtagsmessungen vom 26.03.2014 (Abb. 8) und 20.10.2014 grob bestätigen.



**Abbildung 7:** Grundwassergleichen im OGWL für den Zeitraum 29.09. - 01.10.2003 aus HGK Karlsruhe-Speyer (UM, 2007)





**Abbildung 8:** Grundwassergleichen im OGWL (blau) und MGWL (schwarz) für den Stichtag 26.03.2014 (FADER, 2015), Grundwasserfließbahnen OGWL (rote Pfeile)

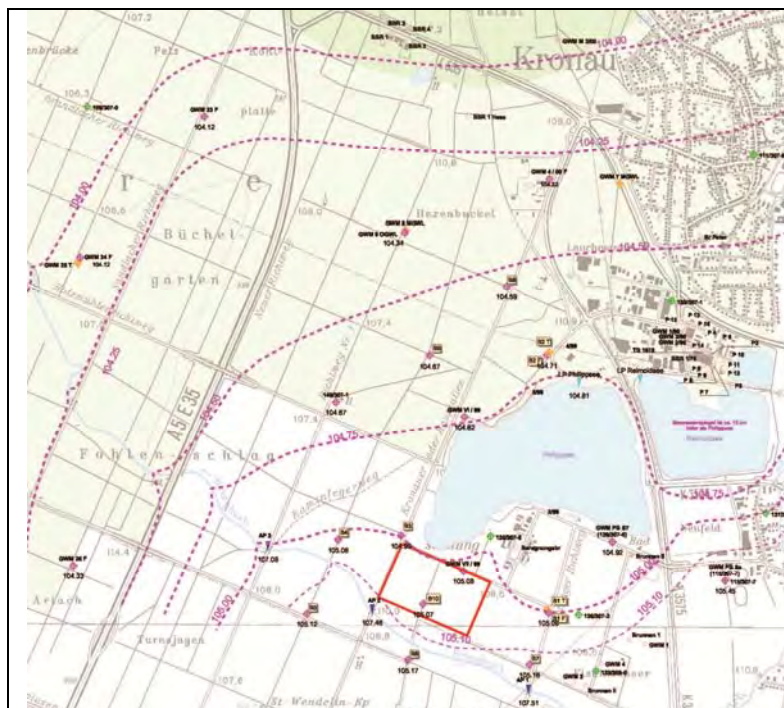
Bei detaillierter Betrachtung lässt sich für den näheren Abstrombereich des Philipp-Sees eine GW-Fließrichtung nach N und z. T. nach NNO erkennen, was mit dem grundsätzlich geringeren GW-Potenzial des Reimold-Sees zusammenhängt (siehe unten; Differenz etwa 5-15 cm).

Die **Grundwasserfließrichtung im MGWL** ist bis etwa Höhe des Lußhardtsees (HSK-Kronau-See) und somit bis zum Brunnen 4 des ZV Hohberggruppe mit der im OGWL vergleichbar. Im weiteren Verlauf strömt sie in Richtung der Trinkwasserbrunnen von Wiesloch nach NNO ab (s. Abb. 8: GW-Gleichen schwarz), während das Grundwasser im OGWL weiterhin nach NNW der Vorflut Rhein bzw. den Brunnen des WGZ Hardtwald zuströmt (s. Abb. 8: GW-Gleichen blau).

Das hydraulische Gefälle lässt sich anhand der oben aufgeführten Stichtagsmessungen auf Werte zwischen 0,3 ‰ und 0,5 ‰ abschätzen.



Mit Hilfe der neuen Grundwassermessstellen (B1F - B10F) ergibt sich ein detailliertes Bild zu den Grundwasserfließverhältnissen im Umfeld des Philipp-Sees. Insbesondere im Zustrombereich, aus welchem noch keine genauen Kenntnisse über die Fließverhältnisse vorlagen, zeigt sich ein Zustrom aus Richtung S und SSE. Der bisherige Kenntnisstand zum Abstrombereich in Richtung N und NNE kann bestätigt werden (Vergleich Abb. 8 mit 9 bzw. 10). In Kapitel 5 werden die neuen Erkenntnisse zu den Fließverhältnissen zusammen mit den Ergebnissen zur hydrochemischen Beschaffenheitsdaten ausgewertet, was eine weitere Anpassung an die tatsächlichen Fließverhältnisse im Umfeld des Philipp-Sees ermöglicht.



#### 4.6 Druckverhältnisse an den Mehrfachmessstellen

Aus den Druckverhältnisse an den Mehrfachmessstellen (s. Tab. 5, Lage der Messstellen s. Anl. 3) kann zusammenfassend abgeleitet werden, dass sowohl für den weiteren Zustrombereich als auch für den weiteren Abstrombereich des Philipp-Sees von insgesamt absteigenden Grundwasserfließverhältnissen ausgegangen werden kann, was flächig zu einem abwärtsgerichteten Grundwasserstrom führt (Ausnahme ist B1F/B1T).

**Tabelle 5:** Druckverhältnisse an den Mehrfachmessstellen (z.T. aus FADER, 2015)

Bemerkung „abwärts“ bzw. „aufwärts“ = abwärts- bzw. aufwärtsgerichteter Grundwasserstrom

Bezeichnung	POK [mNN]	Filterstrecke/n	26.03.2014	26.03.2014	4/2016 - 6/2016	Bemerkung
		[m u. GOK]	[m ü. NHN]	[m ü. NHN]	[m ü. NHN]	
152/308-7, Forst 1	108,97	10 - 15			107	
153/308-1, Forst 2	108,63	78 - 82			106	
Pot.-Differenz					1,00	abwärts
B 1 F / 15	108,97	4 - 30			105	
B 1 T / 15	108,63	70 - 85			105,02	
Pot.-Differenz					-0,02	aufwärts
B 2 F / 15	111,51	4 - 30			104,61	
B 2 T / 15	111,10	65 - 85			104,60	
Pot.-Differenz					0,01	abwärts
GWM 9 OGWL / 12	108,64	3 - 15	104,94	104,55	104,62	
GWM 8 MGWL / 12	108,66	40 - 63	104,42	104,05	104,52	
Pot.-Differenz			0,52	0,50	0,10	abwärts
GWM 4 / 00	108,04	22 - 29	104,74	104,4	104,45	
GWM 7 MGWL / 12	108,85	40 - 60	104,37	104,06	104,11	
Pot.-Differenz			0,37	0,34	0,34	abwärts
GWM 3 / 00	108,51	7 - 31	104,38	103,83		
GWM 6 MGWL / 12	109,68	48 - 67	103,94	103,63		
Pot.-Differenz			0,44	0,20		abwärts
GWM 1 / 00	109,16	5 - 35	104,18	103,8		
GWM 5 MGWL / 12	109,36	48 - 67	103,91	103,54		
Pot.-Differenz			0,27	0,26		abwärts
OKL 7 / 03	107,85	3 - 35	103,94	103,61		
MKL / 03	108,01	44 - 126	103,84	103,52		
Pot.-Differenz			0,10	0,09		abwärts
173/307-1	107,02		103,74	103,34		
174/307-7	106,94	> 48 (untergliedert)	103,69	103,29		
Pot.-Differenz			0,05	0,05		abwärts
B 6 F / 15 HSK	107,85	27 - 44			103,09	
B 5 T / 15 HSK	107,48	66 - 77			103,08	
Pot.-Differenz					0,01	abwärts



Die relativ geringen Druckunterschiede zwischen den Messstellen könnten als Hinweis gesehen werden (s. auch Tab. 4), dass der OZH hier grundwasserhydraulisch wenig bis nicht wirksam ist. Dies deckt sich auch mit den Angaben in der HGK Karlsruhe-Speyer (UM, 2007) und hydrag (2016).

Im näheren Umfeld des Philipp-Sees, und somit an den beiden neuen Mehrfachmessstellen, wirkt sich die Seeverkipfung auf die Wasserstände im OGWL aus. Im Zustrombereich reicht die waagerechte Seeoberfläche in Bereiche mit vergleichsweise höher liegenden Wasserständen, was die Grundwasserstände im näheren Bereich des Zustromufers im Vergleich zum weiteren Umfeld verringert (Bsp. B1F). Da sich die Seeverkipfung vergleichsweise stärker auf den OGWL auswirkt, ist an der Zustrom-Doppelmessstelle B1F/B1T der Wasserstand im MGWLo höher als im OGWL (s. hierzu hydrag, 2016).

Am abstromigen Ufer liegen umgekehrte Verhältnisse vor. Hier sind die GW-Stände im näheren Umfeld des Sees über denen des unbeeinflussten Grundwassers (Bsp. B2F).

An der Mehrfachmessstelle GWM 24 F (2-20 m) / GWM 25 T (22-33 m) lässt sich ein geringer Druckunterschied mit einem abwärtsgerichteten Gradienten im Bereich von wenigen cm erkennen, der somit die Druckverhältnisse im OGWLo und OGWLu widerspiegelt (nach hydrag, 2016; Stichtag 23.05.2016 und 30.06.2016: GWM 24 F: 104,13 bzw. 104,25 mNN; GWM 25 T: 104,09 bzw. 104,22 mNN), was hier auf das Vorhandensein einer hydraulisch leicht trennenden Schicht hindeutet (ZH1). Weiter in Richtung der neuen Brunnen 5 und 6 des ZV Hohberggruppe zeigt sich ein tonig-schluffig ausgeprägter ZH1 mit Mächtigkeiten von bis zu 8 m (Bsp. Brunnen 5, VB 5b und OKL 9 T: ZH1 von 79 bis 87 mNN; FADER, 2015a)

#### 4.7 Druckverhältnisse an den Oberflächengewässern

##### Kriegbach

Der Wasserspiegel im Kriegbach (AP1) liegt gegenüber dem Grundwasserspiegel mindestens 2 m höher. Bei einer mittleren Bachtiefe von etwa 0,5 m liegt auch die Sohle des Kriegbachs noch weit über dem Grundwasserspiegel. Die relativ mächtige ungesättigte Zone schließt eine direkte Druckübertragungen zwischen Kriegbach und Grundwasser aus. Auch für den Stofftransport ist eine deutliche zeitliche Dämpfung anzunehmen.

##### Duttlacher Graben

Über die Druckverhältnisse beim Duttlacher Graben im Vergleich zum Grundwasserspiegel liegen keine Kenntnisse vor.

##### Philipp-See und Reimold-See

Der mittlere Seewasserspiegel des Philipp-Sees liegt etwa 5 bis 15 cm über dem des unmittelbar benachbarten Reimold-Sees. Nach BGL (2009) liegt die mittlere Differenz bei 15,5 cm bezogen auf den Zeitraum 1995-2009, nach Messung vom 02.03.2015 durch Ingenieurteam Trenkle GmbH lag die Differenz bei 9 cm.

Es ist somit davon auszugehen, dass der Grundwasserabstrom des Philipp-Sees zu einem wesentlichen Anteil und dauerhaft in östliche Richtung zum Reimold-See erfolgt.

## 5. Ergebnisse der hydrochemischen Untersuchungen

Die Analysenergebnisse sind in der Anlage 4 wie folgt „in Fließrichtung“ gruppiert:

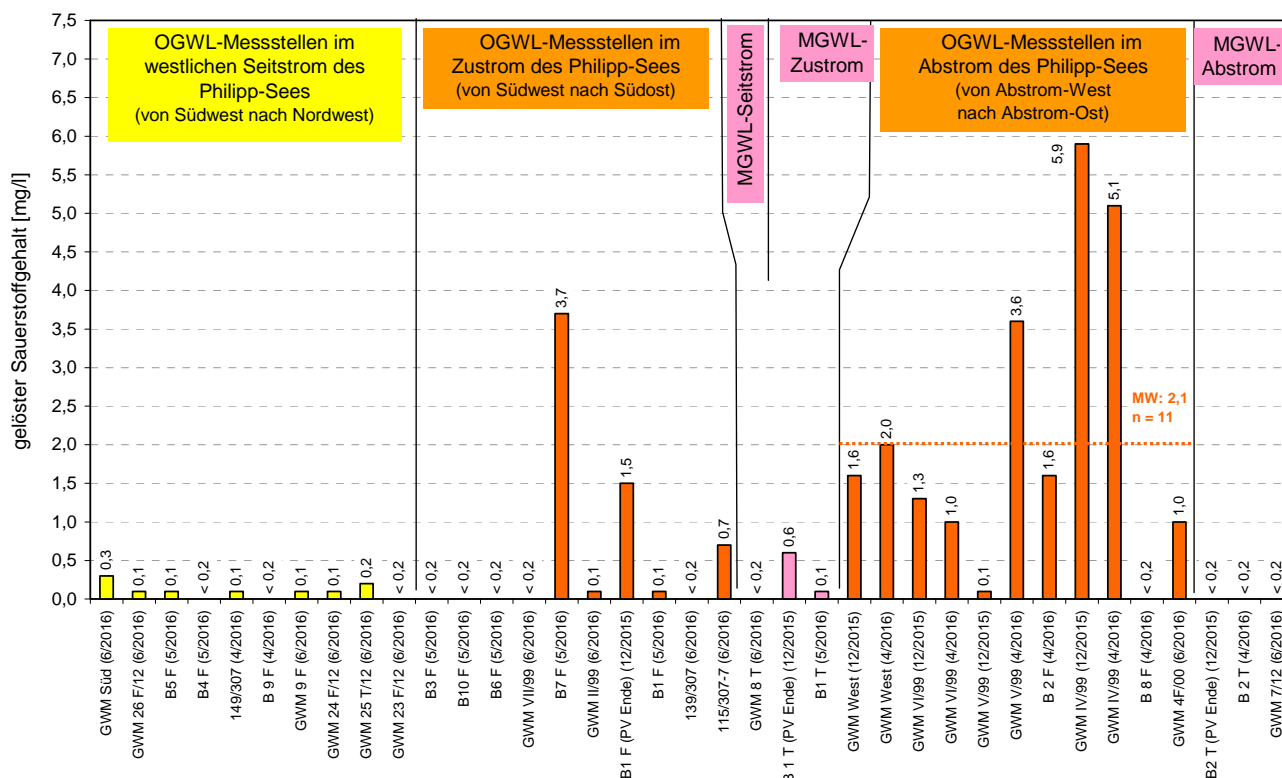
	Anzahl Messstellen	Anzahl Proben	Markierung
Oberflächengewässer im Zustrom	2	4	hellblau
OGWL-Messstellen im westl. Seitstrom des Philipp-Sees	10	10	gelb
OGWL-Messstellen im Zustrom des Philipp-Sees	10	10	okker
MGWL-Messstellen im westl. Seitstrom des Philipp-Sees	1	1	rosa
MGWL-Messstellen im Zustrom des Philipp-Sees	1	2	rosa
Philipp-See	4 *	8 *	dunkelblau
Reimold-See	1	1	dunkelblau
OGWL-Messstellen im Abstrom des Philipp-Sees	7	12	okker
MGWL-Messstellen im Abstrom des Philipp-Sees	2	4	rosa

\* tiefenorientiert (1m, 10 m, 20 m und 34 m u. Wasserspiegel)

Die Untersuchung der Wasserproben erfolgte durch die Hydroisotop GmbH nach den gängigen Vorschriften und Richtlinien.

### gelöste Sauerstoffgehalte

Abbildung 11 gibt eine Übersicht zu den gelösten Sauerstoffgehalten aller beprobten Grundwassermessstellen.



**Abb. 11:** Übersicht zu den gelösten Sauerstoffgehalten während der Probenahmen

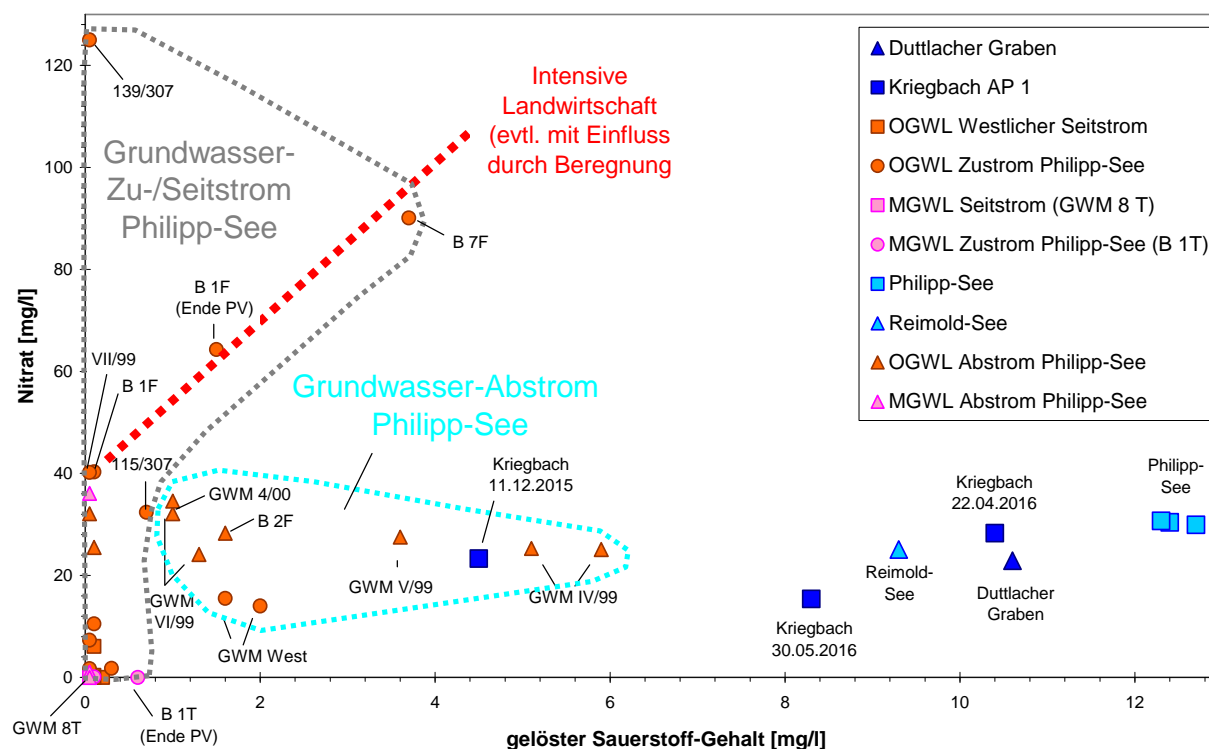
Die gelösten Sauerstoffgehalte der Grundwässer im Zu- und Seitstrom (OGWL) sind meist sauerstoff-frei bzw. -arm ( $< 0,1$  bis etwa  $1 \text{ mg/l}$ ) und zeigen somit deutlich reduzierende Milieuverhältnisse an. Ausnahme sind die beiden Zustrom-Messstellen B7F ( $3,7 \text{ mg/l}$ ) und B1F, PV Ende ( $1,5 \text{ mg/l}$ ), was möglicherweise auf Effekte durch die Beregnungsbrunnen der im Zustrom befindlichen Gärtnerei zurück zu führen ist (erhöhte Grundwasser-Neubildung, Grundwasser-Spiegelschwankungen).

Im oberflächennahen Abstrombereich des Philipp-Sees (OGWL) zeigen sich grundsätzlich deutlich höhere Sauerstoffgehalte (Abb. 11: Mittelwert  $2,1 \text{ mg/l}$ ,  $n = 11$ ) im Vergleich zum Zustrom, was vermutlich auf den Einfluss des Philipp-Sees zurück zu führen ist. Die höchsten Gehalte konnten an der abstromig liegenden Bestandsmessstelle GWM IV/99 festgestellt werden ( $5-6 \text{ mg/l}$ ). Eine mögliche Ursache wird in Kap. 8 diskutiert.

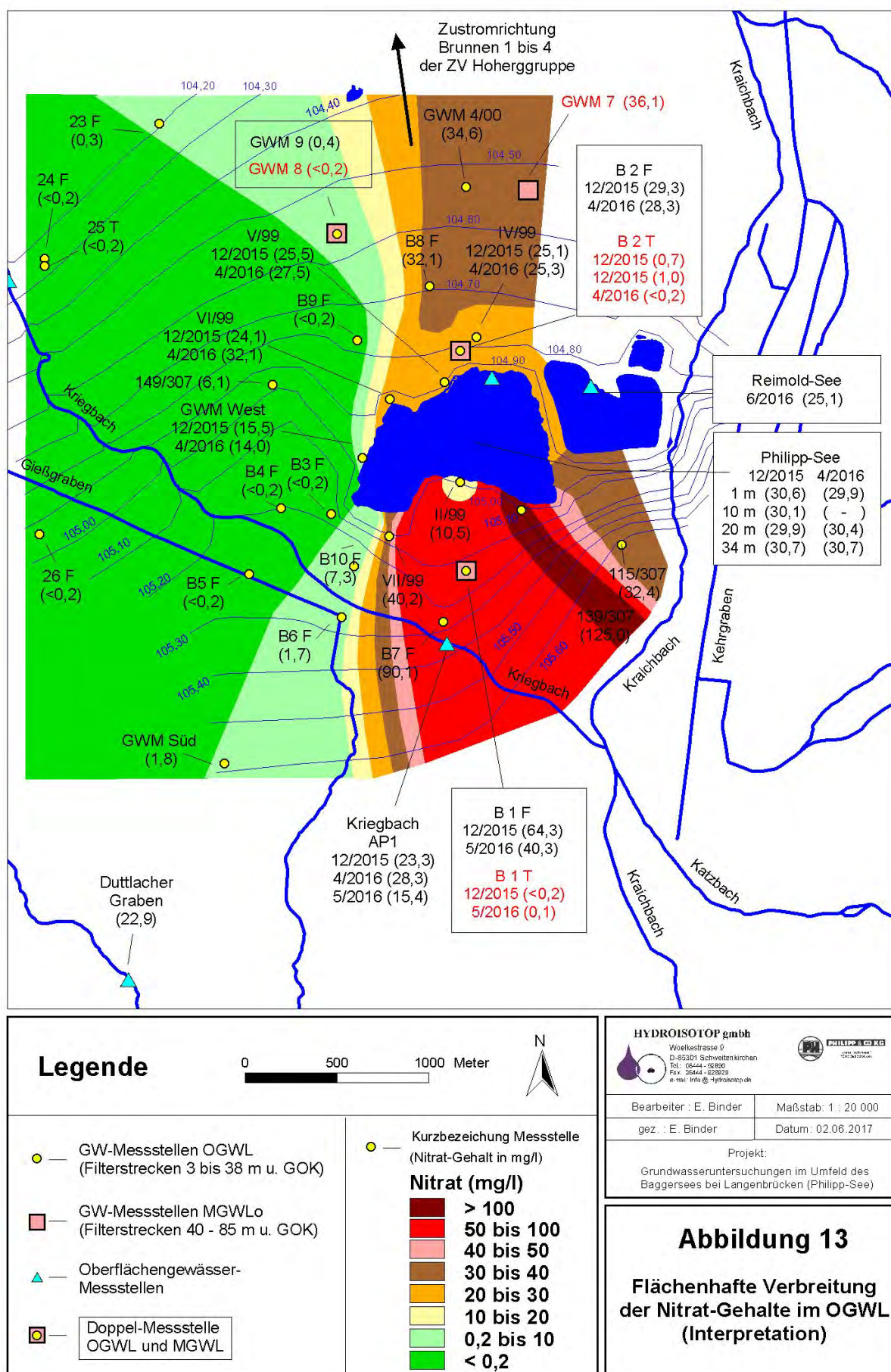
Im MGWL ist sowohl im Zu-/Seitstrom als auch im Abstrom kein Sauerstoff nachweisbar ( $< 0,2 \text{ mg/l}$ ). Eine Ausnahme ist hier die B1T am Ende des Stufenpumpversuchs ( $0,6 \text{ mg/l}$ ). An dieser Probe sind zusätzlich vergleichsweise isotopisch leichte Isotopengehalte festzustellen, die auf Einflüsse aus dem OGWL (B1F) hindeuten.

### Nitratgehalte

Anhand der flächenhaften Verbreitung der Nitratgehalte (Abb. 13) ist eine deutliche Nitrat-Zonierung von Ost nach West zu erkennen. Im Osten können Nitratgehalte von bis zu  $125 \text{ mg/l}$  auftreten, während im Grundwasser westlich des Philipp-Sees meist kein Nitrat nachweisbar ist ( $< 0,2 \text{ mg/l}$ ). Der Übergangsbereich ( $0,2$  bis  $10 \text{ mg/l NO}_3$ ) ist nur wenige  $100 \text{ m}$  breit. Die GWM 139/307, im Zustrombereich des Philipp-Sees, sticht mit einem Gehalt von  $125 \text{ mg/l NO}_3$  heraus (s. auch Kap. 7.5). Da hier zudem bei der Probenahme kein Sauerstoff nachgewiesen wurde, könnten im Zustrom dieser Messstelle demnach sogar noch deutlich höhere Gehalte möglich sein. Vergleichbare Verhältnisse deuten sich auch an den Messstellen B1F, B7F, GWM VII/99 und 115/307 an (s. Abb. 12:  $\text{NO}_3$ :  $30-90 \text{ mg/l}$ ;  $\text{O}_2$ :  $0,1-3,7 \text{ mg/l}$ ).



**Abbildung 12:** Korrelation Nitratgehalte versus gelöster Sauerstoffgehalt





### Hauptinhaltsstoffe und Bor

Eine gegenüberstellende Übersicht zu den Verhältnissen der Hauptinhaltsstoffe ist in Anlage 5 gegeben.

Die Lösungsinhalte im Wasser des Philipp-Sees und des Reimold-Sees liegen bei ca. 500 mg/l (Lösungsinhalt = Summe der Hauptanionen und Hauptkationen). Bei den Seewässern handelt es sich insgesamt um Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Wässer (s. Anl. 6).

Auffällig ist, dass die Grundwässer (GW) im Abstrom des Philipp-Sees relativ einheitliche Lösungsinhalte von etwa 500 bis 650 mg/l aufweisen, während die Lösungsinhalte in den Grundwässern im Zu- und Seitstrom einen relativ weiten Wertebereich von 450 bis 1100 mg/l abdecken. Auch im MGWLo deuten sich vergleichbare Verhältnisse an.

### ***Zu- und Seitstrom des Philipp-Sees***

#### OGWL + MGWLo, Zu- und Seitstrom

Trotz der großen Unterschiede in den Mineralgehalten (450 bis 1100 mg/l) handelt es sich bei den untersuchten Grundwässern des Zu- und Seitstroms meist um Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Wässer (s. Anl. 6). Ausnahmen sind die beiden flachen OGWL-Messstellen GWM 149/307 und GWM 115/307-7 sowie die beiden tiefen MGWL-Messstellen B1T und GWM 8T.

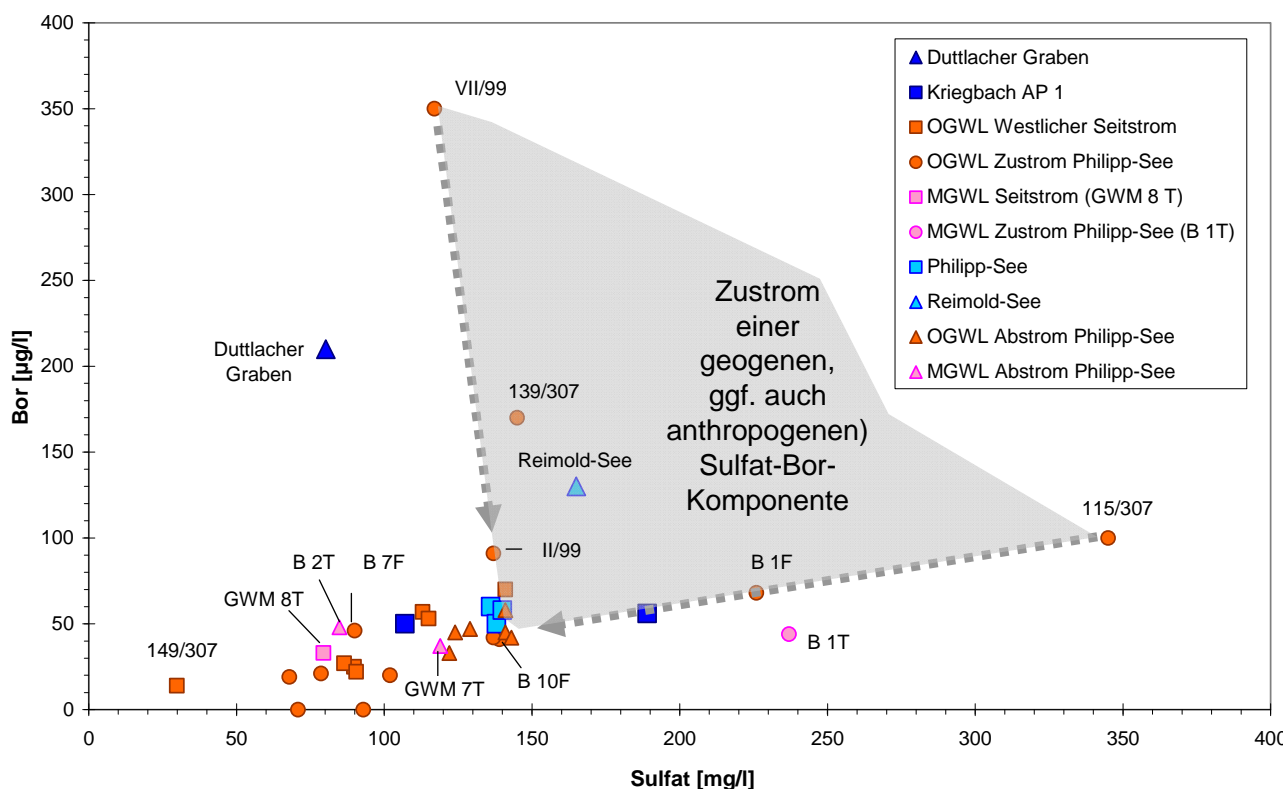
Bei der flachen Seitstrom-Messstelle **GWM 149/307** (Ca-HCO<sub>3</sub>-Wasser) liegt der Anteil an Sulfat (11 moleq-%) deutlich unter den zur hydrochemischen Charakterisierung notwendigen 20 moleq-%. Die Gehalte an Chlorid (5 mg/l), Sulfat (30 mg/l) und Nitrat (6 mg/l) sowie die Äquivalentanteile deuten hier insgesamt auf ein junges, im näheren Umfeld neugebildetes, „anthropogen unbeeinflusstes“ Grundwasser hin (Referenz für lokale anthropogen unbeeinflusste Grundwasserneubildung).

Die flache Messstelle **GWM 115/307-7** (Ca-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Wasser) fällt durch einen deutlich erhöhten Sulfatgehalt von 345 mg/l auf, was dazu führt, dass hier der Anteil an Sulfat gegenüber Hydrogenkarbonat überwiegt. Die hohen Sulfatgehalte kombiniert mit zusätzlich vergleichsweise hohen Calcium- und Borgehalten deutet auf ein durch Gips beeinflusstes Grundwasser hin. Dieser markante Einfluss lässt sich abgeschwächt auch an der Mehrfachmessstelle B1F/B1T erkennen (s. Abb. 14). Die flächenhaften Verbreitungen zu den Sulfat-, Bor-, Hydrogenkarbonat- und Kalium-Konzentrationen in den Anlagen 7 bis 10 belegen den Zustrom einer gipshaltigen GW-Komponente (im weiteren „gipshaltiger Randzustrom“), die vermutlich mit dem im Kraichgau anstehenden Gipskeuper zusammen hängt (s. Abb. 15, rot markierte Flächen). Eine zusätzliche Beeinflussung durch Pyritoxidation oder anthropogene Einträge von Sulfat und Bor, wie z.B. durch Düngung im Zuge von intensiver Landwirtschaft, ist jedoch nicht ausgeschlossen, was beispielsweise bei GWM 139/307, da hier neben Sulfat auch ein hoher Nitratgehalt von 125 mg/l festzustellen sind, angezeigt ist.

Die im Vergleich zum Philipp-See (138 mg/l bzw. 56 µg/l, jeweils Mittelwert) erhöhten Sulfat- und Borgehalte im Reimold-See (165 mg/l bzw. 130 µg/l) sind auf vergleichsweise höhere Zuflussanteile dieses gipshaltigen Randzustroms zurück zu führen, was beim Reimold-See aufgrund der geringeren Distanz zur Vorbergzone auch plausibel ist.

### MGWLo

Hydrochemisch sind auch die Grundwässer der beiden tiefen Messstellen **B1T** und **GWM 8T**, trotz der großen Unterschiede bei den Lösungsinhalten (s. Anl. 5: 500 bzw. 900 mg/l), als Ca-Mg-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Wässer zu bezeichnen (Anl. 6). Die hohen Inhalte bei B1T sind auch hier, vergleichbar B1F, mit dem Einfluss des gipshaltigen Randzustroms verbunden (SO<sub>4</sub>: 37-39 moleq-%). Mit zunehmender Entfernung von der Vorbergzone deutet sich auch im MGWL ein abnehmender Einfluss des gipshaltigen Randzustroms an (GWM 8 T; SO<sub>4</sub>: 25 moleq-%).



**Abbildung 14:** Korrelation Borgehalte versus Sulfatgehalte

### Philipp-See und Abstrom Philipp-See

#### OGWL Abstrom

Hauptursachen für die relativ geringen und einheitlichen Lösungsinhalte im Abstrom des Philipp-Sees, wie auch im Abstrom des Reimold-Sees, sind der Vermischungs-Effekt im See und die See-internen Ausfällungs-Effekte (hier v.a. Calcitfällung). Durch den Einfluss des Baggersees mit den dort ablaufenden biologischen Prozessen verändert sich die Karbonat- und Gesamthärte des Wassers, so dass die Grundwässer mit deutlichem Einfluss von Baggersee-Uferfiltrat auch deutlich geringere Calcium- und Hydrogenkarbonatgehalte aufweisen. Hydrochemisch sind diese Grundwässer mit den Wässern der beiden Baggerseen vergleichbar und als Ca-Mg-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Wässer zu bezeichnen (Anl. 6: Philipp-See, Reimold-See, GWM VI/99, GWM V/99, B2F). Mit abnehmendem Einfluss von See-Uferfiltrat bzw. zunehmender Aufhärtung im See-Abstrom überwiegt der Anteil von Calcium und Hydrogenkarbonat gegenüber Sulfat und Magnesium, so dass hier Ca-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Wässer festzustellen sind (Anl. 6: B8F, GWM 4/00, GWM IV/99).

Im Zusammenhang mit der Aufhärtung im See-Abstrom fällt auf, dass die flache Messstelle GWM IV/99 (Filter 7-9 m. u GOK) im Vergleich zur unmittelbar benachbarten B2F (Filter 4-30 m. u GOK) deutlich höhere Calcium- und Hydrogenkarbonatgehalte zeigt (s. Anl. 9). Möglicherweise liegt hier trotz vergleichbarer Entfernung zum Philipp-See eine unterschiedliche Seebeeinflussung vor. Eine nähere Beurteilung hierzu kann erst unter Berücksichtigung der Isotopenuntersuchungen erfolgen.

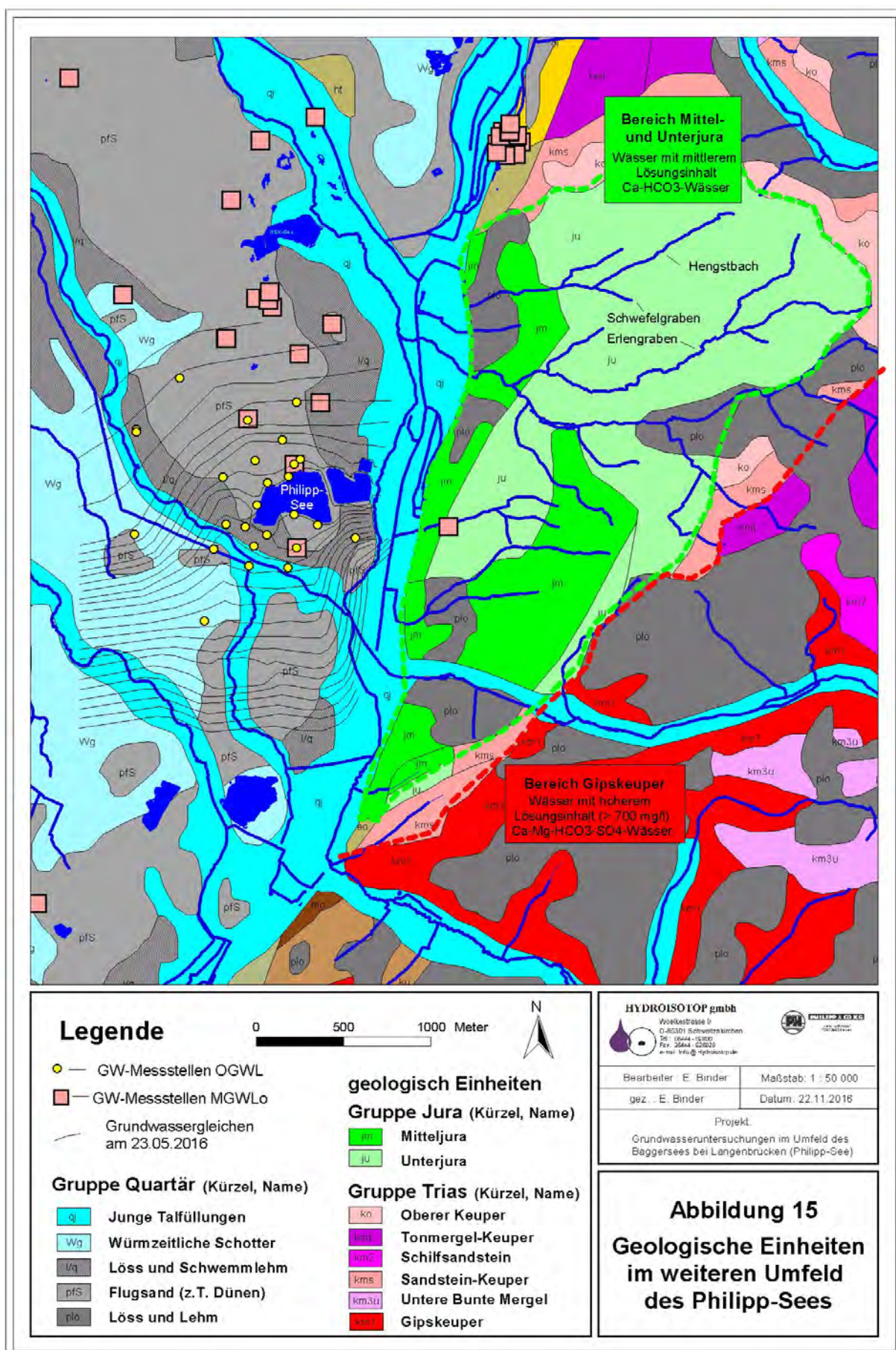
Anhand der Übersichtskarten zur flächenhaften Verbreitung der Hauptinhaltsstoffe zeigt sich eindeutig, dass das vom Philipp-See beeinflusste Grundwasser (Messstellen VI/99, V/99, B2F, IV/99, B8F, GWM 4/00) durch vergleichsweise höhere Sulfat- (Anl. 7: 100-200 mg/l), Bor- (Anl. 8: 30-60 µg/l), Kalium- (Anl. 10: 3-5 mg/l), Chlorid- (Anl. 11: 25-35 mg/l) und Nitrat-Gehalte (Abb. 13: 20-30 mg/l) sowie vergleichsweise geringere Hydrogenkarbonat-Gehalte (Anl. 9: 150-200 mg/l) gegenüber dem unbeeinflussten Grundwasser, was westlich am See vorbeiströmt, geprägt ist (Messstellen B6F, B5F, B4F, 149/307, B9F, GWM 9). Auf Basis der hydrochemischen Auswertungen deutet sich ein relativ schmaler Übergangsbereich zwischen seebeeinflussten und unbeeinflussten Grundwässern entlang einer Fließbahn vom Philipp-See über GWM West und B9F in Richtung GWM 9 an, wobei die hier genannten drei Grundwassermessstellen tendenziell dem unbeeinflussten Grundwasser zuzuordnen sind (schmaler Übergangsbereich; siehe insbesondere Anlage 9: Bereich mit 200-250 mg/l  $\text{HCO}_3$ , und Abbildung 13: Bereich mit Nitratgehalten von 0,2 bis 10 bzw. von 10 bis 20 mg/l  $\text{NO}_3$ ).

Ohne die beiden Baggerseen - Philipp-See und Reimold-See – wäre der Übergangsbereich, insbesondere im Bezug auf die vergleichsweise höheren Sulfat- und Nitratwerte im Osten, jedoch noch deutlich extremer. Zudem würden sich die Bereiche mit überhöhten Sulfat- (> 250 mg/l) und Nitratgehalten (> 50 mg/l) im Zustrom des Philipp-Sees, die die Schwellenwerte nach Grundwasserverordnung (GrwV, 2010) und auch die Grenzwerte nach Trinkwasserverordnung (240 mg/l  $\text{SO}_4$ ; 50 mg/l  $\text{NO}_3$ ) überschreiten, deutlich weiter nach Norden in Richtung der Trinkwasserversorgung ZV Hohberggruppe fortsetzen.

MGWLo Abstrom: Die Grundwässer der beiden abstromig liegenden Messstellen im MGWLo zeigen im Vergleich zum Philipp-See deutlich höhere Gesamthärten (Philipp-See: 160-170 mg/l  $\text{HCO}_3$ ; GWM 7/12: 250 mg/l  $\text{HCO}_3$ ; B2T: 330-350 mg/l  $\text{HCO}_3$ ), was für B2T als erstes Indiz für geringe bis fehlende und für GWM 7/12 für geringe bis mittlere Einflüsse durch See-Uferfiltrat anzusehen ist. Der Nachweis von Nitrat an der GWM 7/12 (36,1 mg/l) bekräftigt die Annahme auf Seewasser-Einflüsse zusätzlich. Eine gesicherte Beurteilung kann hier jedoch erst in Verbindung mit den Isotopenuntersuchungen erfolgen.

Die o. g. See-internen Ausfällungen und biologischen Prozesse sind zusätzlich ausführlich im „Limnologischen und hydrologischen Begleitgutachten“ des Büro für Gewässerkunde und Landschaftsökologie Klaus-Jürgen Boos (BGL, 2016) beschrieben.







### Anzeigerparameter Acesulfam-K und Bor

Als Anzeigerparameter für Uferfiltrateinflüsse aus den Fließgewässern Kriegbach und Duttlicher Graben auf das Grundwasser wurden die Spurenstoffe Acesulfam-K und Bor untersucht. Die Bestimmungsgrenze des Süßstoffs Acesulfam-K liegt bei 10 bzw. 20 ng/l, die von Bor bei 10 µg/l. Beide Stoffe können über Kläranlagen oder sonstige Abwässer ins Oberflächen- und Grundwasser eingetragen werden. Eine mögliche Interpretation zur flächenhaften Verbreitung der Acesulfam-K- und Borgehalte ist mit Abbildung 16 bzw. Anlage 8 gegeben.

zu Abbildung 16: Der Grund, weshalb nach der Interpretation der Bereich mit erhöhten Acesulfam-K-Gehalten am westlichen Rand des Untersuchungsgebietes bis hin zum Duttlicher Graben reicht, liegt an den Messstellen 26 F (660 ng/l) und GWM Süd (530 ng/l), da hier eine Beeinflussung durch den Kriegbach ausgeschlossen ist und am Duttlicher Graben derartig hohe Gehalte festzustellen sind.

zu Anlage 8: Da erhöhte Borgehalte neben Abwasser auch auf geogene Herkunft zurückgeführt werden können (siehe oben: Einfluss gipshaltiger Randzustrom), eignet sich Bor hier nur eingeschränkt als Anzeigerparameter für Uferfiltrateinflüsse (siehe Anlage 8: Einfluss Kriegbach-Uferfiltrat ab Höhe B4F in Anlage 11: Vergleich mit Chlorid).

Im Zusammenhang mit Uferfiltrat wird im folgenden nur noch auf Acesulfam-K (Ac.) näher eingegangen.

Am **Kriegbach** konnten Acesulfam-Gehalte in der Größenordnung von 340 ng/l festgestellt werden (Mittelwert aus 3 Analysen: 270, 320 bzw. 430 ng/l).

Der Acesulfam-Gehalt des **Duttlicher Grabens** liegt bei 7000 ng/l und somit um etwa Faktor 20 höher gegenüber dem Kriegbach: Hier wird die Anbindung des Grabens an den Auslauf einer Kläranlage deutlich (der Duttlicher Graben entspringt praktisch der Kläranlage und ist somit zu 100% Kläranlage-Wasser).

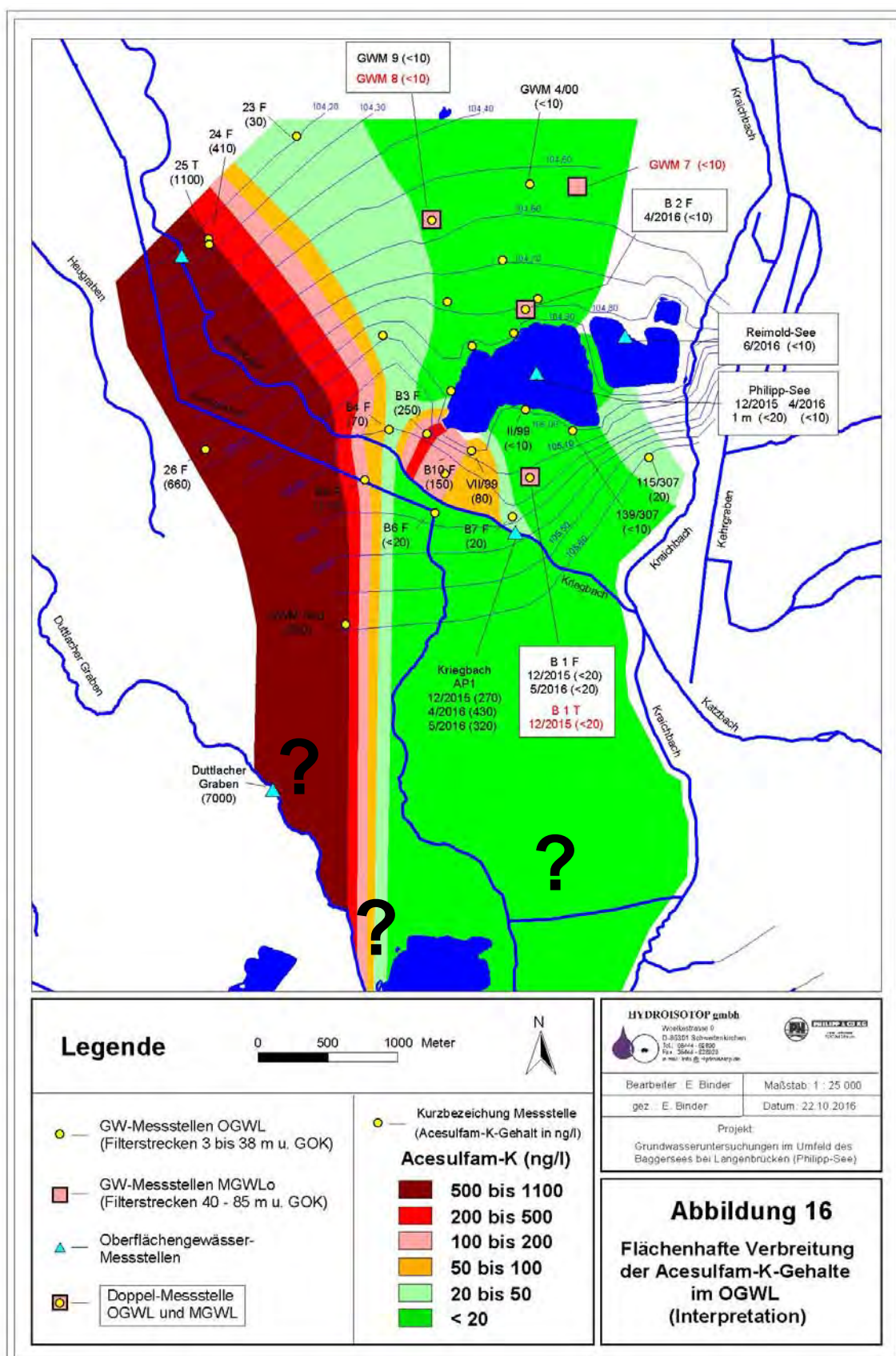
Der von Gips beeinflusste **Randzustrom** aus südöstlicher Richtung (115/307-7, B1F, 139/307, II/99) zeigt hinsichtlich Acesulfam keine Auffälligkeiten. Hier ist Acesulfam entweder nicht oder nur im Bereich der Bestimmungsgrenze nachweisbar (Bsp. 115/307-7: 20 ng/l). Diese Tatsache ist im Zusammenhang mit der Abschätzung von Zustromanteilen für den Philipp-See in Kapitel 5.5 von Bedeutung.

Unmittelbar **südlich und südwestlich des Philipp-Sees** zeigen sich teilweise deutlich erkennbare Acesulfam-Gehalte (s. Abb. 16: B3F: 250 ng/l; B10F: 150 ng/l; GWM VII/99: 80 ng/l). Da an der flachen Messstelle B6F, die südlich des Kriegbachs liegt, kein Acesulfam nachweisbar ist (< 20 ng/l), ist davon auszugehen, dass die auffällig hohen Acesulfam-Gehalte an B3F, B10F und VII/99 auf Kriegbach-Uferfiltrat zurück zu führen sind. Der Übergang zum Einflussbereich des Duttlicher Grabens wird durch die Messstellen B4F bestimmt, da hier „nur 70 ng/l“ festgestellt wurden.

Im **Philipp-See** war Acesulfam nicht nachweisbar (< 20 ng/l [12/2015], < 10 ng/l [4/2016]), was grundsätzlich auf einen nur untergeordneten Zustromanteil aus Richtung B3F und B10F bzw. von Uferfiltrat des Kriegbachs hindeutet. Der Zustromanteil aus dieser Richtung liegt somit maximal bei 5% (s. auch Kap. 5.5). Darüber hinaus belegen die nicht nachweisbaren Acesulfam-Gehalte, dass der Einfluss von Badegästen als gering anzusehen ist.

Im **Abstrombereich** des Philipp-Sees war auch kein Ac. nachzuweisen (< 10 ng/l).

Aufgrund der auffällig hohen Acesulfam-K-Gehalte wird die 2“-Grundwassermessstelle **GWM Süd** dem OGWL zugeordnet (530 ng/l Acesulfam).



## Ammonium, Nitrit, ortho-Phosphat, Phosphor gesamt, Silizium, Eisen, Mangan

Die Parameter Ammonium, Nitrit, ortho-Phosphat, Phosphor gesamt, Silizium, Eisen und Mangan dienen in erster Linie der Beurteilung des Nährstoffhaushalts und des Ausfällungspotentials des Baggersees, was ausführlich im „Limnologischen und hydrologischen Begleitgutachten“ des Büro für Gewässerkunde und Landschaftsökologie Klaus-Jürgen Boos (BGL, 2016) erfolgt.

### 5.1 Hydrochemische Charakterisierung des Grundwassers im Oberen Stockwerk

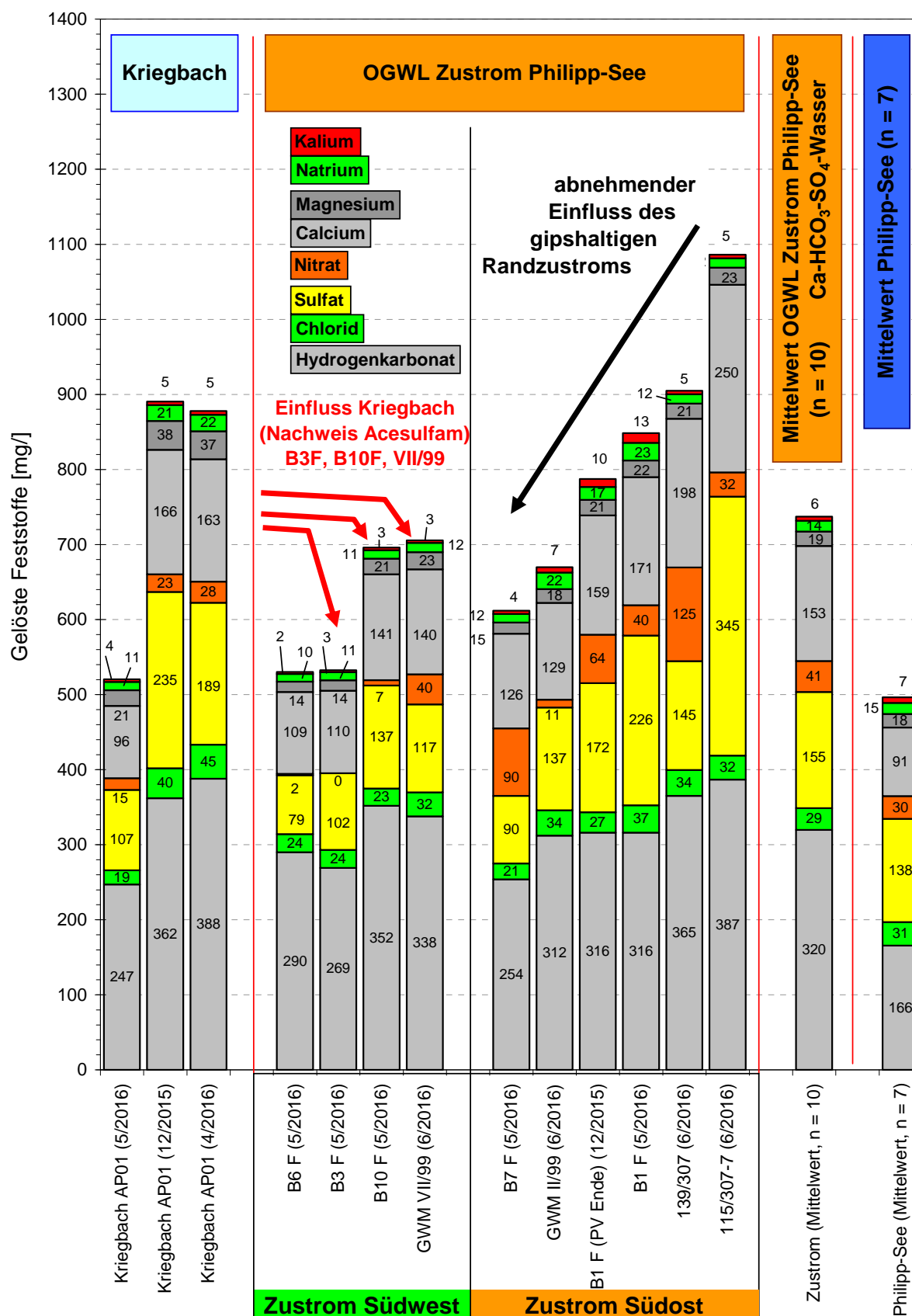
Der östliche Zustrombereich des Philipp-Sees ist von Grundwässern mit vergleichsweise hoher Mineralisation charakterisiert (vgl. Kap. 5). Ursache sind zum einen die hohen Calcium-/Sulfatgehalte (z. B. an 115/307-7), die auf den gipshaltigen Randzustrom, Einfluss von Agrochemikalien und/oder auf Pyritoxidation zurück zu führen sind. Zum anderen spielen die vergleichsweise hohen Nitratgehalte eine Rolle (z. B. 139/307-7), die auf eine intensive gartenbauliche und landwirtschaftliche Nutzung im Zustrom hinweisen. Die Gehalte an gelösten Feststoffen nehmen entlang eines etwa 2 km langen Ost-West-Profiles um mehr als die Hälfte ab (s. Abb. 17: von etwa 1100 mg/l an der GWM 115/307-7 auf etwa 500 mg/l an den neuen Messstellen B6F und B3F), weshalb in Tabelle 7 jeweils ein Mittelwert für die Beschaffenheit des Zustroms Südwest und Zustroms Südost angegeben ist. Markante Einflüsse durch Kriegbach-Uferfiltrat lassen sich auf Basis der Nachweise von Acesulfam lediglich an den Messstellen B3F, B10F und VII/99, d. h. nach Tabelle 7 am Zustrom Südwest erkennen (vgl. Abb. 16 und 17).

Für die hydrochemische Charakterisierung des Grundwassers im Oberen Stockwerk (s. Tab. 7) werden nur die in Tabelle 6 aufgeführten neun Grundwassermessstellen aus dem Zustrom des Sees herangezogen, da die Verhältnisse im Abstrom durch biologische Prozesse und Ausfällungen im See verändert sind (siehe hierzu auch BGL, 2016).

**Tabelle 6:** OGWL-Messstellen im Zustrom des Philipp-Sees (von West nach Ost)

Lage bez. See	Messstellen	Geländeober- Kante (GOK)	Ausbau- tiefe	Filter- bereich(e)	Ausbau- durch- messer (DN)
		mNN	m u. GOK	m u. GOK	mm
Zustrom OGWL West	B6 F / 2016	108,23	15,90	4,0 - 16,0	125
	B3 F / 2016	108,00	30,80	4,0 - 16,0	125
	B10 F / 2016	108,54	14,65	4,0 - 16,0	125
Zustrom OGWL Zentral	B7 F / 2016	108,76	15,90	4,0 - 16,0	125
	GWM VII/99	107,90	20,30	10,0 - 20,0	125
	GWM II/99	107,80	39,85	8,0 - 38,0	125
	B1 F / 2016	108,11	30,80	4,0 - 30,0	125
Zustrom OGWL Ost	139/307-6	108,35	8,60	6,0 - 8,0	100
	115/307-7	108,30	5,20	3,0 - 5,0	80





**Abbildung 17:** Hydrochemische Charakterisierung der OGWL-Messstellen  
im Zustrom des Philipp-Sees

**Tabelle 7:** Hydrochemische Charakterisierung der im Zustrom des Sees untersuchten Grundwässer des OGWL  
(aufgeteilt in Zustrom Südwest und Südost)

Labor-Nr.		285275	285278	285272	285914			285279	285917	279376	285276	285915	285918	
Bezeichnung		B3F	B10F	B6F	VII/99	Mittelwert OGWL Zustrom Südwest		B7F	II/99	B1F (PV En- de)	B1F (0,35 l/s)	139 /307-6	115 /307-7	Mittelwert OGWL Zustrom Südost
		30.05.16	30.05.16	30.05.16	14.06.16			30.05.16	15.06.16	10.12.15	30.05.16	14.06.16	15.06.16	
Temperatur	°C	12,3	12,5	12,4	12,5	12,4		13,1	12,9	12,1	13,3	12,5	13,4	12,9
Lf (25°C)	µS/cm	664	840	651	877	758		793	840	973	1039	1108	1316	1012
pH vor Ort		7,14	7,01	7,43	7,17	7,2		7,25	7,14	7,08	7,09	7,00	6,76	7,1
gel. O2	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,05		3,7	0,1	1,5	0,1	< 0,1	0,7	1,0
Redox	mV	156	256	271	327	253		513	420	480	358	382	300	409
Natrium	mg/l	10,9	11,1	10,4	12,3	11		11,7	22	17,3	23,3	12,3	12,2	17
Kalium	mg/l	2,6	3,4	2,4	3,4	3		4,1	7,1	10,4	13,1	4,5	4,9	7
Calcium	mg/l	110	141	109	140	125		126	129	159	171	198	250	172
Magnesium	mg/l	13,8	21	13,9	22,8	18		14,8	18,3	20,8	22,1	20,5	22,9	20
Hydrogenkarb.	mg/l	269	352	290	338	312		254	312	316	316	365	387	325
Chlorid	mg/l	24,1	23	24,1	31,8	26		21,1	33,8	27,4	36,6	34,4	31,8	31
Sulfat	mg/l	102	137	78,6	117	109		90	137	172	226	145	345	186
Nitrat	mg/l	< 0,2	7,3	1,7	40,2	12		90,1	10,5	64,3	40,3	125	32,4	60
Bor	µg/l	20	42	21	350	108		46	91		68	170	100	95
Acesulfam-K	ng/l	250	150	< 20 #	80	123		20	< 10	< 20	< 20	< 10	20	12

Bei Parametern ohne Nachweis (< BG) wurde für die Berechnungen des Mittelwertes die Hälfte der Bestimmungsgrenze (BG) verwendet  
(# = ohne Kriegbach-Uferfiltrat, da Lage südlich des Kriegbachs)

## 5.2 Hydrochemische Charakterisierung des Grundwassers im Mittleren Stockwerk

Für die hydrochemische Charakterisierung des Grundwassers im Mittleren Stockwerk wurden die in Tabelle 8 aufgeführten vier Messstellen untersucht, wobei eine im Zustrom (B1T/2015; 2 Proben), eine im Seitstrom (GWM 8/2012; 1 Probe) und zwei im Abstrom des Philipp-Sees liegen (B2T/2015; 3 Proben; GWM 7/2012; 1 Probe).

**Tabelle 8:** MGWLo-Messstellen im Umfeld des Philipp-Sees

Lage bez. See	Messstellen	GOK	Ausbau- tiefe	Filter- bereich(e)	Ausbau (DN)
		mNN	m u. GOK	m u. GOK	mm
Zustrom MGWLo Zentral	B1T / 2015	107,96	85,00	70,0 - 85,0	125
Seitstrom MGWLo West	GWM 8 / 2012	107,83	64,00	40,0 - 63,0	125
Abstrom MGWLo Zentral	B2T / 2015	110,33	85,00	65,0 - 85,0	125
Abstrom MGWLo Ost	GWM 7 / 2012	108,05	60,60	40,0 - 60,0	125

Die untersuchten Grundwässer der Messstellen im MGWLo decken einen relativ weiten Wertebereich bei den Lösungsinhalten von 480 mg/l bis 900 mg/l ab (s. Abb. 18: GWM 8T bzw. B1T).

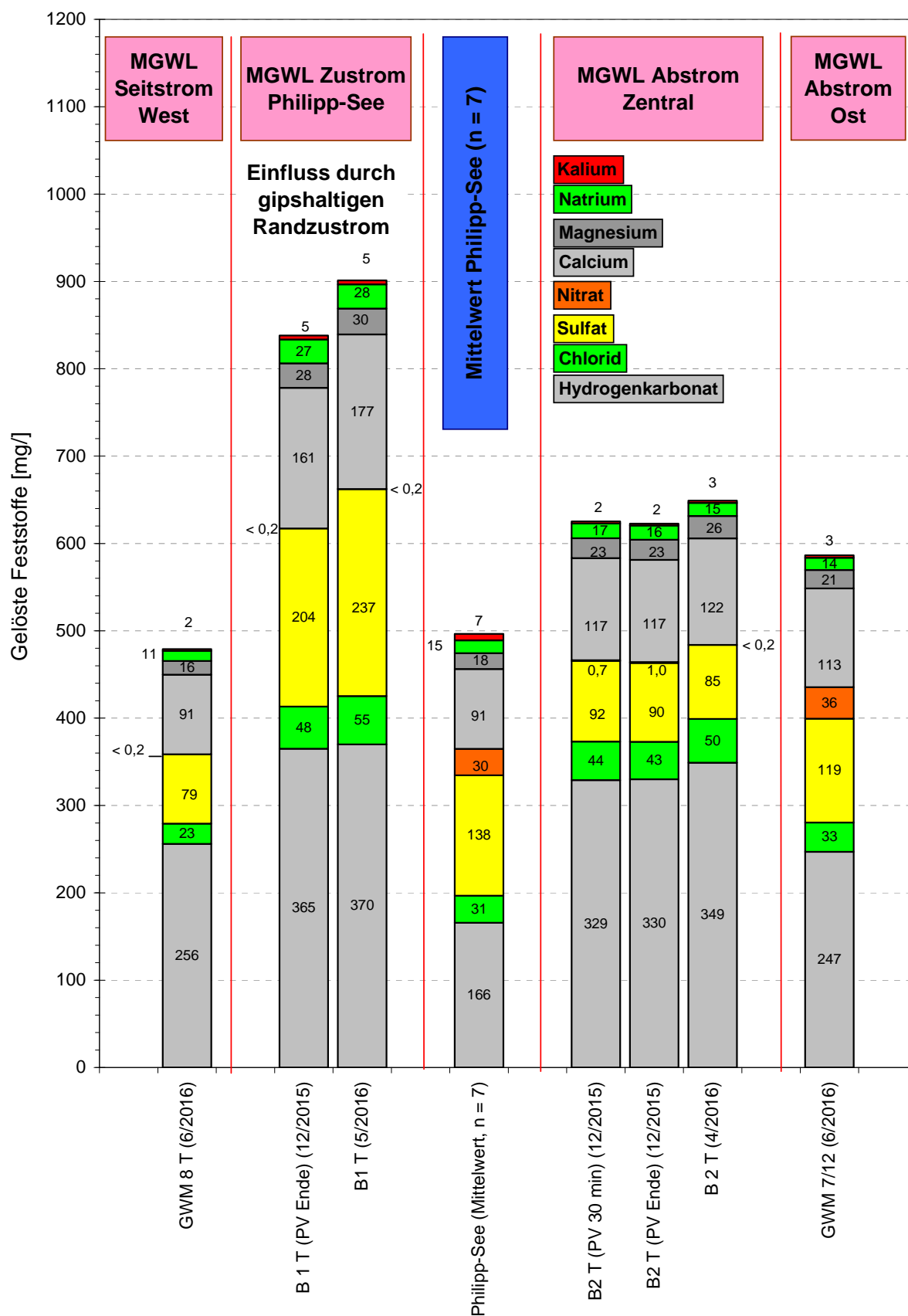
Der Einfluss des gipshaltigen Randzustroms auf die Zustrom-Messstelle B1T wurde bereits in Kapitel 5 erwähnt. Mit zunehmender Entfernung von der Vorbergzone nimmt der Einfluss dieses Randzustroms ab. Die Beschaffenheit der GWM 8 T ist als Referenz für den westlichen Seitstrom des Philipp-Sees im MGWL anzusehen.

Auch die beiden Abstrom-Messstellen unterscheiden sich in ihren Mineralgehalten deutlich voneinander. Während an der unmittelbar abstromig liegenden B2T relativ hohe Hydrogenkarbonat- und Chlorid-Gehalte sowie relativ geringe bis nicht nachweisbare Nitratgehalte festzustellen sind, zeichnet sich die Abstrom-Messstelle GWM 7 / 2012 durch vergleichsweise geringe Hydrogenkarbonatgehalte sowie hohe Sulfat- und Nitratgehalte aus, was hier als Hinweis auf Einflüsse durch oberflächennahe Grundwässer oder Uferfiltrat des Philipp-Sees zu deuten ist. Möglicherweise spielen hier die deutlich unterschiedlich tief liegenden Filterbereiche und Entfernungen zum See (GWM B2T: geringe Entfernung, tief liegender Filterbereich; GWM 7: vgl. große Entfernung, vgl. hoch liegender Filterbereich) und/oder eine stark ausgeprägte Anisotropie der Durchlässigkeiten eine Rolle. Im Zusammenhang mit der Charakterisierung des dem Philipp-See zuströmenden Grundwassers im MGWL wurde deshalb auf die Messstelle GWM 7/2012 verzichtet (s. Tab. 9). Eine nähere Beurteilung zu möglichen Uferfiltrat-Einflüssen erfolgt in Verbindung mit den Isotopenuntersuchungen (siehe Kap. 6.1).

An keiner der Proben aus dem Mittleren Grundwasserleiter konnte Acesulfam-K nachgewiesen werden.

In Kapitel 7 werden die hier vorliegenden Ergebnisse zum MGWL mit den Beschaffenheitsdaten umliegender Messstellen aus dem MGWL verglichen.





**Abbildung 18:** Hydrochemische Charakterisierung der MGWL-Messstellen

**Tabelle 9:** Hydrochemische Charakterisierung der GW des MGWL

Labor-Nr.		285920	279380	285277	279373	279372	284253	
		GWM 8T /2012	B 1 T / 15 (PV Ende)	B1T/15	B2 T / 15 (PV 30 min)	B2 T / 15 (PV Ende)	B2T/2015	Mittelwert MGWL
		15.06.2016	11.12.2015	30.05.2016	08.12.2015	08.12.2015	22.04.2016	
Geruch		neutral	neutral	neutral		neutral	leicht H <sub>2</sub> S	
Temperatur	°C	11,9	12,2	13,6		11,9	13,3	12,6
spez. el. Lf (25°C) vor Ort	µS/cm	610	1037	1106		782	831	873
pH-Wert (tgem) vor Ort		7,3	7,08	6,99		7,08	7,09	7,1
gel. Sauerstoffgehalt	mg/l	< 0,1	0,6	0,1		< 0,1	< 0,1	0,17
Redoxpotential (ber.)	mV	297	401	143		177	127	229
Natrium (Na <sup>+</sup> )	mg/l	11,4	27,3	27,6	16,8	16,3	15	19,1
Kalium (K <sup>+</sup> )	mg/l	2,2	4,6	4,6	2,4	2,2	2,6	3,1
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l	91,1	161	177	117	117	122	131
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l	15,8	28,0	29,7	22,8	23,0	25,6	24,2
Hydrogenkarb. (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	256	365	370	329	330	349	333
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	23,2	48,2	55,2	44,1	42,9	50,1	44,0
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	79,4	204	237	92,4	90,3	84,8	131
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	< 0,2	< 0,2	0,1	0,7	1,0	< 0,2	0,4
Bor	µg/l	33		44			48	41,7
Acesulfam	ng/l	< 10	< 20					7,5

Bei Parametern ohne Nachweis (< BG) wurde für die Berechnungen des Mittelwertes die Hälfte der Bestimmungsgrenze (BG) verwendet

### 5.3 Hydrochemische Charakterisierung des Kriegbachs (-Uferfiltrat)

Der Kriegbach kann eine relativ große Variabilität bei der Mineralisation zeigen. So können die Sulfatgehalte beispielsweise zwischen 107 und 235 mg/l und die Hydrogenkarbonatgehalte zwischen 247 und 388 mg/l liegen (s. Tab. 10 und Anl. 5). Die geringe Mineralisation ist vermutlich auf Verdünnung durch Niederschlag zurück zu führen.

Die Acesulfam-Gehalte liegen im Mittel bei 340 ng/l. Eine Verbindung zwischen hohen Sulfat- und vergleichsweise hohen Acesulfam-Gehalten bzw. dem o. g. Verdünnungseffekt ist nicht erkennbar (s. Tab. 10).

Die festgestellten Borgehalte im Kriegbach sind erhöht (50 und 56 µg/l). Im Vergleich zum gipshaltigen Randzustrom (etwa 100 µg/l, z.B. 115/307-7) sind die Gehalte jedoch geringer, was eine Verwendung von Bor als Anzeigerparameter für Kriegbach-Uferfiltrat erschwert.

**Tabelle 10:** Hydrochemische Charakterisierung Kriegbach und Duttlicher Graben

Labor-Nr.		285926		279381	284256	285280	
Bezeichnung		Duttlicher Graben		Kriegbach AP 1	Kriegbach AP 1	Kriegbach AP 1	Mittelwert Kriegbach AP 1
Datum		15.06.16		11.12.15	22.04.16	30.05.16	
Temperatur	°C	19,1		6,6	12,7	15,5	11,6
Lf. (25°C)	µS/cm	729		1084	1063	658	935
pH, vor Ort		7,73		8,14	8,12	7,74	8,00
gel. O2	mg/l	10,6		4,5	10,4	8,3	7,7
Natrium	mg/l	66,1		21,3	22,1	11,2	18,2
Kalium	mg/l	10,2		4,6	4,9	3,6	4,4
Calcium	mg/l	63,4		166	163	96,3	142
Magnesium	mg/l	8,9		38,4	37,1	20,9	32,1
Hydrogenkarb.	mg/l	175		362	388	247	332
Chlorid	mg/l	73,1		39,9	45,4	19,1	34,8
Sulfat	mg/l	80,2		235	189	107	177
Nitrat	mg/l	22,9		23,3	28,3	15,4	22,3
Bor	µg/l	210			56	50	53
Acesulfam-K	ng/l	7000		270	430	320	340



#### 5.4 Hydrochemische Charakterisierung des Duttbacher Grabens (-Uferfiltrat)

Der Duttbacher Graben ist aufgrund der direkten Anbindung an die Kläranlage sehr deutlich durch Acesulfam markiert (7000 ng/l). Gegenüber dem Kriegbach (Mittelwert 340 ng/l) sind die Gehalte am Duttbacher Graben um etwa Faktor 20 höher.

Die Borgehalte im Duttbacher Graben (210 µg/l) sind gegenüber dem Kriegbach (50-56 µg/l) um etwa Faktor 4 höher.

Zudem sind die Natrium-, Kalium- und Chloridgehalte deutlich überhöht, was hier auf Einflüsse von Straßensalzung zurück zu führen ist (s. Tab. 10: Natrium: 66,1 mg/l; Kalium: 10,2 mg/l; Chlorid: 73,1 mg/l).

Die Messstelle 26F liegt südlich des Kriegbachs, so dass an dieser Messstelle nur Einflüsse des Duttbacher Grabens möglich sind (s. Grundwassergleichen in Abb. 13 und 16). Aufgrund der deutlich nachweisbaren Acesulfam-Gehalte von 660 ng/l deuten sich Uferfiltrat-Anteile von etwa 10 % an. Dieser deutlich untergeordnete Anteil dürfte auch der Grund dafür sein, weshalb an der Messstelle 26F keine signifikant erhöhten Natrium-, Kalium- und Chloridgehalte festzustellen sind (Na: 31,3 mg/l; K: 2,5 mg/l; 47,1 mg/l).

#### 5.5 Hydrochemische Charakterisierung des Philipp-Sees (-Uferfiltrat)

Hydrochemisch fällt das **Philipp-See-Wasser** durch die vergleichsweise geringe Härte auf, was, wie bei allen offenen Wasserflächen, auf die bekannten Karbonatfällungsprozesse zurück zu führen ist (siehe hierzu auch BGL, 2016). Im Grundwasserabstrom spiegelt sich dieser Prozess insbesondere bei Messstellen mit hohen See-Uferfiltratanteilen wieder (s. Anl. 5: VI/99, V/99, B2F, B8F). Mit zunehmenden Abstand zum Philipp-See kommt es zu Aufhärtung (s. Anl. 5: GWM 4/00, IV/99, GWM West).

Die relativ hohen Kalium-, Nitrat- und Sulfatgehalte des Philipp-Sees (siehe Tab. 11: K: 7,5 mg/l; NO<sub>3</sub>: 30,3 mg/l; SO<sub>4</sub>: 138 mg/l) spiegeln die Gehalte des Grundwasserzustroms aus südöstlicher Richtung wider (Tab. 7: Mittelwert OGWL Zustrom Südost; K: 7,4 mg/l; NO<sub>3</sub>: 60,4 mg/l; SO<sub>4</sub>: 186 mg/l). Die vergleichsweise geringen Gehalten aus südwestlicher Richtung (Tab. 7: Mittelwert OGWL Zustrom Südwest; B3F, B6F, B10F, VII/99; K: 3,0 mg/l; NO<sub>3</sub>: 12,3 mg/l; SO<sub>4</sub>: 109 mg/l) spielen eine untergeordnete Rolle (siehe Abschätzungen zu Zuflussanteilen in Tabelle 12). Der Zustrombereich aus Richtung Südost mit den Messstellen B1F, B7F und II/99 nimmt hierbei eine zentrale Rolle bei den Gehalten ein. Die hier auffällig hohen Kaliumgehalte (6,1 bis 14,0 mg/l) zusammen mit den nicht nachweisbaren Acesulfam-Gehalten (d. h. hier ist kein Kriegbach- und Duttbacher-Graben-Uferfiltrat nachweisbar), legen für den Philipp-See einen vergleichsweise hohen Anteil aus diesem Zustrombereich nahe (s. Tab. 12: 60-90 %), der seinen Ursprung im östlichen bzw. südöstlichen Randzustrom findet (geogene Kalium-, Bor- und Sulfat-Komponente aus dem Kraichgau). Als alternative Quelle könnten hier auch landwirtschaftliche Volldünger (NPK-Volldünger) eine Rolle spielen.

Die vergleichsweise hohen Nitratgehalte im Seewasser deuten auf eine geringe Algenbiomasse und aufgrund der guten Sauerstoffversorgung auf geringe Ab- und Umbauprozesse hin (BGL, 2016).

Aus dem Vergleich der Eisen- und Mangangehalte im Grundwasserzustrom des Philipp-Sees mit den Gehalten im Seewasser zeigt sich, dass der See als „Stofffalle“ gilt.

**Tabelle 11:** Charakterisierung des Philipp-See-Wassers

Labor-Nr.		279368	279369	279370	279371	284243	284244	284245	284246	
		Philipp-See 1 m	Philipp-See 10 m	Philipp-See 20 m	Philipp-See 34 m	Philipp-See 1 m	Philipp-See 10 m	Philipp-See 20 m	Philipp-See 34 m	Mittelwert Philipp-See
		08.12.15	08.12.15	08.12.15	08.12.15	21.04.16	21.04.16	21.04.16	21.04.16	
Temperatur	°C	9,6	9,6	9,6	9,4	13	9,3	8,4	8,4	9,7
Lf. (25°C)	µS/cm	660	660	661	664	655	664	664	664	662
pH		8,1	8,06	8,06	8,06	8,27	8,06	8,08	8,23	8,1
gelöster Sauerstoff	mg/l					12,7	12,4	12,4	12,3	12,5
Natrium	mg/l	14,4	14,6	14,6	14,6	14,7	66,1	15	14,6	14,6
Kalium	mg/l	6,5	6,2	6,7	14	6,1	10,2	6,6	6,2	7,5
Calcium	mg/l	90,8	90,9	91	91	89,8	63,4	93,2	93,3	91,4
Magnesium	mg/l	18,0	18,1	18,1	18	18	8,9	18,3	18,3	18,1
Hydrogenkarb.	mg/l	164	166	165	164	160	175	171	170	166
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	30,8	29,9	30,1	36	29,8	73,1	30,1	30,6	31,0
Sulfat	mg/l	138	136	139	137	136	80,2	138	140	138
Nitrat	mg/l	30,6	30,1	29,9	30,7	29,9	22,9	30,4	30,7	30,3
Bor	µg/l					60		50	58	56
Acesulfam-K	ng/l	< 20				< 10				7,5

Bei Parametern ohne Nachweis (< BG) wurde für die Berechnungen des Mittelwertes die Hälfte der Bestimmungsgrenze (BG) verwendet

**Tab. 12:** Abschätzungen zu Zuflussanteilen des Philipp-Sees (OGWL-Südost: 60%, MGWL: 40%; OGWL-Südwest/Süd: 0%, Kriegbach: 0 %)

		OGWL, Süd- west/Süd	Anteil	OGWL, Südost	Anteil	MGWL	Anteil	Krieg- bach	Anteil	Philipp- See	Philipp- See	
		B3F, B6F, B10F, VII/99	(%)	B7F, II/99, B1F, 139, 115	(%)	B1T, B2T, GWM 8	(%)	Mittelwert (n=3)	(%)	Mittelwert (n=7)	berechnet	Bemerkung
Lf (25°C)	µS/cm	758	0%	1012	60%	873	40%	935	0%	662	956	Ausfällung
Natrium	mg/l	11,2	0%	16,5	60%	19,1	40%	18,2	0%	14,6	17,5	
Kalium	mg/l	3,0	0%	7,4	60%	3,1	40%	4,4	0%	7,5	5,7	entscheidend für Bilanzierung
Calcium	mg/l	125	0%	172	60%	131	40%	142	0%	91,4	156	Ausfällung
Magnesium	mg/l	17,9	0%	19,9	60%	24,2	40%	32,1	0%	18,1	21,6	
Hydrogenkarb.	mg/l	312	0%	325	60%	333	40%	332	0%	166	328	Ausfällung
Chlorid	mg/l	25,8	0%	30,9	60%	44,0	40%	34,8	0%	31	36,1	entscheidend für Bilanzierung
Sulfat	mg/l	109	0%	186	60%	131	40%	177	0%	138	164	
Nitrat	mg/l	12,3	0%	60,4	60%	0,4	40%	22,3	0%	30,3	36,4	Nährstoff
Bor	µg/l	108	0%	95	60%	41,7	40%	53	0%	56	74	
Acesulfam-K	ng/l	123	0%	11,7	60%	6,7	40%	340	0%	7,5	9,7	entscheidend für Bilanzierung

(OGWL-Südost: 90 %, MGWL: 10 %; OGWL-Südwest/Süd: 0%, Kriegbach: 0 %)

		OGWL, Süd- west/Süd	Anteil	OGWL, Südost	Anteil	MGWL	Anteil	Krieg- bach	Anteil	Philipp- See	Philipp- See	
		B3F, B6F, B10F, VII/99	(%)	B7F, II/99, B1F, 139, 115	(%)	B1T, B2T, GWM 8	(%)	Mittelwert (n=3)	(%)	Mittelwert (n=7)	berechnet	Bemerkung
Lf (25°C)	µS/cm	758	0%	1012	90%	873	10%	935	0%	662	998	Ausfällung
Natrium	mg/l	11,2	0%	16,5	90%	19,1	10%	18,2	0%	14,6	16,8	
Kalium	mg/l	3,0	0%	7,4	90%	3,1	10%	4,4	0%	7,5	7,0	entscheidend für Bilanzierung
Calcium	mg/l	125	0%	172	90%	131	10%	142	0%	91,4	168	Ausfällung
Magnesium	mg/l	17,9	0%	19,9	90%	24,2	10%	32,1	0%	18,1	20,3	
Hydrogenkarb.	mg/l	312	0%	325	90%	333	10%	332	0%	166	326	Ausfällung
Chlorid	mg/l	25,8	0%	30,9	90%	44,0	10%	34,8	0%	31	32,2	entscheidend für Bilanzierung
Sulfat	mg/l	109	0%	186	90%	131	10%	177	0%	138	181	
Nitrat	mg/l	12,3	0%	60,4	90%	0,4	10%	22,3	0%	30,3	54,4	Nährstoff
Bor	µg/l	108	0%	95	90%	41,7	10%	53	0%	56	90	
Acesulfam-K	ng/l	123	0%	11,7	90%	6,7	10%	340	0%	7,5	11,2	entscheidend für Bilanzierung



## 5.6 Kombinierte Betrachtung von anthropogenen Anzeigerparametern

Nitrat, Chlorid und Bor können neben Acesulfam-K als Anzeigerparameter für anthropogene Einflüsse in Grundwasservorkommen betrachtet werden.

Gemeinsam erhöhte Natrium- und Chloridgehalte sind beispielsweise ein typisches Anzeichen für Einflüsse durch Auftausalze (oder geogene Einflüsse). Grundwässer mit erhöhten Bor- und Acesulfam-Gehalten weisen auf Einflüsse durch Abwasser hin. Landwirtschaftliche Düngung führt häufig zu erhöhten Nitrat-, Bor- und Kaliumgehalten im Grundwasser.

Hinweise auf anthropogene Einflüsse sind an den in Tabelle 13 aufgeführten Messstellen festzustellen (s. auch Abb. 19 sowie Anlage 12 [Zustrom] und Anlage 13 [Abstrom]):

**Tabelle 13:** Messstellen mit anthropogenen Einflüssen

	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	geringe Gehalte	ohne Nachweis
Duttlacher Graben	K, B, Ac., Na/Cl	NO <sub>3</sub>		
Kriegbach	B, Ac., z.T. Na/Cl	K, NO <sub>3</sub>		
Einfluss Duttlacher Graben				
B4F, B5F (16 m)	Ac.		K, Na/Cl, SO <sub>4</sub> ,	NO <sub>3</sub> , B
Einfluss Kriegbach				
B3F (16 m)	Ac.		K, Na/Cl, SO <sub>4</sub> , B	NO <sub>3</sub>
B10F (16 m)	B, Ac.	K	NO <sub>3</sub>	
VII/99 (20 m)	B, Ac., NO <sub>3</sub>	K		
Einfluss Randzustrom und Düngung				
B7F (16 m)	B, NO <sub>3</sub>	K, SO <sub>4</sub>	Ac.	
II/99 (39 m)	B, K, SO <sub>4</sub>		NO <sub>3</sub>	Ac.
B1F (30 m)	B, K, SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub>			Ac.
B1T (85 m)	B, SO <sub>4</sub> , Na/Cl	K		NO <sub>3</sub> , Ac.
139/307 (8 m)	B, NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>		Ac.
115/307 (5 m)	B, SO <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Ac.	
Philipp-See	B, K	SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub>		Ac.

Ac. = Acesulfam-K

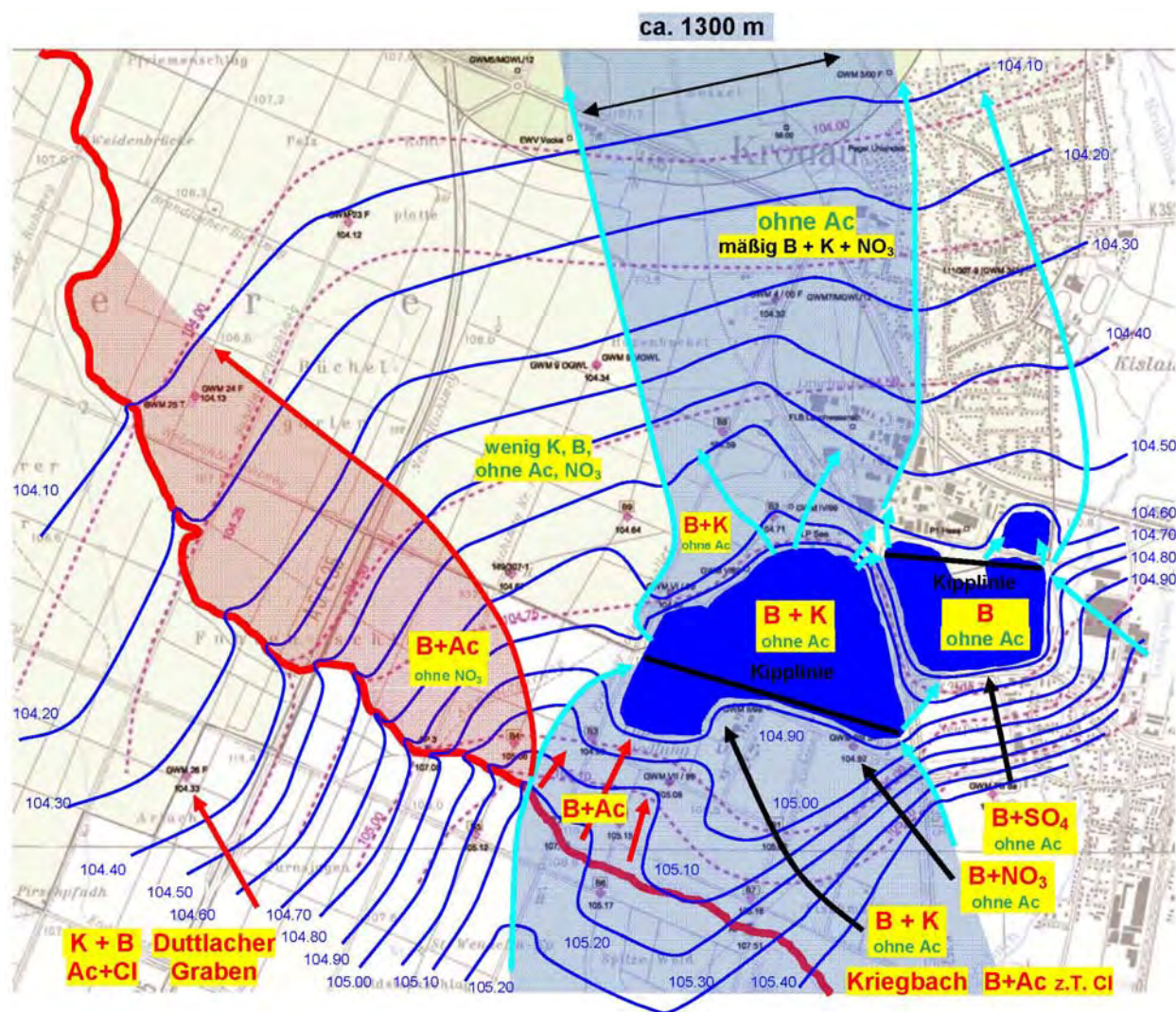
Die vergleichsweise hohen Kaliumgehalte des Philipp-Sees sind im wesentlichen auf Einflüsse durch Randzustrom und Düngung zurück zu führen. Markante Einflüsse durch Uferfiltrat des Duttlacher Grabens sind aufgrund mehrerer Grundwassermessstellen mit geringen und mittleren Kaliumgehalten zwischen Duttlacher Graben und Philipp-See ausgeschlossen (siehe auch Anl. 14)

An den Messstellen in Tabelle 14 sind keine Hinweise auf anthropogene Einflüsse festzustellen.

**Tabelle 14:** Messstellen ohne anthropogene Einflüsse

	hohe Gehalte	mittlere Gehalte	geringe Gehalte	ohne Nachweis
149/307 (6 m)			K, Na/Cl, SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , B	
B6F (16 m)			K, Na/Cl, SO <sub>4</sub> , NO <sub>3</sub> , B	Ac.

Ac. = Acesulfam-K



**Abb. 19:** Kombinierte Betrachtung von anthropogenen Anzeigerparametern

Grundwassergleichen im OGWL für einen durchschnittlichen GW-Stand am Stichtag 23.05.2016  
(die gestichelten Linien sind Grundwassergleichen im OGWL nach Hydrag, 2016; die blauen Linien sind Grundwassergleichen im OGWL, die nach Kenntnissen zur Grundwasserbeschaffenheit angepasst sind; Schriftfarbe rot = überhöhte Gehalte; Schriftfarbe grün = unauffällige bzw. nicht nachweisbare Parameter; Schriftfarbe schwarz = mäßige bzw. mittlere Gehalte, hellblau eingerahmte Bereiche bzw. hellblaue Pfeile = Annahme Zu- und Abstrombereich Philipp-See und Reimold-See sowie dominante GW-Fließbahnen im Abstrom des Philipp-Sees; rot eingerahmter Bereich und rote Pfeile = Bereich mit Einfluss Kriegbach; schwarze Pfeile = dominant Einfluss Randzustrom; Kalium (K); Bor (B); Acesulfam (Ac); Chlorid (Cl); Sulfat (SO<sub>4</sub>); Nitrat (NO<sub>3</sub>))

## 6 Ergebnisse der isopenhydrologischen Untersuchungen

Neben der hydrochemischen Beschreibung können Grundwässer anhand der Isotopengehalte zusätzlich im Hinblick auf Baggersee-Uferfiltrateinflüsse, die Komponentenzusammensetzung und die Altersstruktur charakterisiert werden.

### 6.1 Stabile Isotope des Wassers (Sauerstoff-18 und Deuterium)

#### Grundlagen

Die stabilen Isotope des Wassermoleküls Sauerstoff-18 ( $^{18}\text{O}$ ) und Deuterium ( $^2\text{H}$ ) können in Grundwasserproben typische Konzentrationsunterschiede zeigen. Diese sind Folge verschiedener physikalischer Prozesse, die Einfluss auf die Wassermoleküle nehmen. In erster Linie sind dies temperaturabhängige Verdunstungs- und Kondensationsprozesse mit den damit verbundenen physikalischen Isotopenfraktionierungen. Somit können anhand der Gehalte an stabilen Isotopen des Wassers z.B. Aussagen zur Höhenlage des Einzugsgebietes, zu saisonalen Einflüssen auf Grundwässer (bei Reihenuntersuchungen) und zu Verdunstungseinflüssen (z. B. bei Seen) gemacht werden.

Die Ergebnisse der Messung der stabilen Isotope Sauerstoff-18 ( $^{18}\text{O}$ ) und Deuterium ( $^2\text{H}$ ) werden auf den internationalen Standard des „Vienna Mean Ocean Water“ (VSMOW) bezogen und als relative Abweichung hiervon in der so genannten  $\delta$ -Notation angegeben. Die analytische Messgenauigkeit der hier vorliegenden Sauerstoff-18-Gehalte beträgt  $\pm 0,15 \text{ ‰}$  bzw. der Deuterium-Gehalte  $\pm 1,5 \text{ ‰}$ .

Die im Umfeld des Philipp-Sees im Wesentlichen zu erwartenden Isotopeneffekte bei den stabilen Isotopen des Wassers sind die Verdunstung aus dem Baggersee und die Komponentenzusammensetzung des Grundwassers, wobei als Komponenten Grundwässer aus lokalen Niederschlägen im Rheintal und der sog. Randzustrom (Grundwässer, die aus der höher gelegenen Vorbergzone zuströmen) unterscheidbar sind.

#### Ergebnisse zum Grundwassereinfluss durch den Baggersee

Die  $\delta^{18}\text{O}$ - und  $\delta^2\text{H}$ -Werte von Niederschlägen und Grundwasser stehen in einem definierten Verhältnis zueinander, was die Werte auf der sog. Niederschlagsgerade liegen lässt. Die Niederschlagsgerade hat in der Regel eine Steigung von 8, wobei je nach Genese der Niederschläge der Deuterium-Exzess (Schnittpunkt der Niederschlagsgerade mit der Ordinate) räumlich variieren kann.

Die mittlere Niederschlagsgerade kann durch folgende Gleichung beschrieben werden.

$$\delta^2\text{H} = 8 * \delta^{18}\text{O} + 10$$

Der Deuterium-Exzess der mittleren Niederschlagsgerade beträgt im hier vorliegenden Fall 10. Er kann im Rheintal etwa um 2 ‰ variieren. Diese Variationsbreite ist z. T. auch analytisch bedingt.

Als Folge der isopenfraktionierenden Prozesse kommt es im Seewasser zu einer Anreicherung der schweren Isotope  $^{18}\text{O}$  und  $^2\text{H}$ . Solche Wässer liegen dann auf der sog.



Verdunstungsgerade, die eine geringere Steigung als die Niederschlagsgerade hat (Steigung meist 5). Als Folge der geringeren Steigung nimmt der Deuterium-Exzess ab.

Zur Identifikation von Verdunstungseinflüssen ist in der Anlage 15 der Deuterium-Exzess den  $\delta^{18}\text{O}$ -Werten gegenüber gestellt. In der Grafik sind zwei Wertegruppen zu erkennen:

Gruppe 1: die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte des Seezustroms liegen zwischen -7,4 und -8,5 ‰  
(siehe auch Tabelle 15 und Anlage 16),  
der Deuterium-Exzess liegt im Bereich von  $9 \pm 1,5$  ‰

Gruppe 2: die durch Verdunstung angereicherten Werte zeigen einen niedrigen Deuterium-Exzess im Bereich von  $1 \pm 2$  ‰,  
die  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte liegen zwischen ca. -5,0 und -5,7 ‰;  
es handelt sich hier um Wasser des Baggersees oder Grundwässer mit hohen Anteilen von Seewasser.

Mit Hilfe der Anlage 15 kann die mittlere  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopensignatur und der mittlere Deuterium-Exzess des Grundwassers im Zustrom des Philipp-Sees graphisch abgeschätzt werden. Die mittlere  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopensignatur des Grundwassers im Zustrom des Philipp-Sees beträgt etwa -8,0 ‰ VSMOW, was sich auch mit dem rechnerisch ermittelten Mittelwert von Tabelle 15 deckt. Diese mittlere  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopensignatur im Zustrom des Philipp-Sees ist im Vergleich zur mittleren  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopensignatur im Abstrombereich des Philipp-Sees etwas isotopisch schwerer, da hier noch Einflüsse durch die südlich liegenden Seen - Hardtsee und Heidesee - vorhanden sind (siehe Abb. 20 und Seite 52 letzter Absatz). Die mittlere  $\delta^{18}\text{O}$ -Isotopensignatur im Abstrom des Philipp-Sees von -8,2 ‰ ist von jeglichen Baggerseen unbeeinflusstes Grundwassers; was für die Abschätzung von Philipp-See-Uferfiltratanteilen im Abstrom des Philipp-Sees notwendig ist (näheres auf Seite 51).

Der mittlere Deuterium-Exzess liegt bei 9 ‰.

**Tab. 15.** Sauerstoff-18-Gehalte von Seewasser-unbeeinflussten Grundwasserproben

Lage bezogen auf Philipp-See	Aquifer	Bezeichnung	Dezember 2015	April 2016	Mai 2016	Juni 2016
Zustrom	OGWL flach	B3 F / 16			-8,42	
		B6 F / 16			-8,04	
		B7 F / 16			-7,87	
		B10 F / 16			-8,06	
		GWM VII / 99				-8,24
		139 / 307-6				-8,38
		115 / 307-7				-8,37
	OGWL tief	GWM II / 99				-8,27
		B1 F / 15	-7,24		-7,38	
Zustrom	MGWL	B1 T	-7,76		-8,11	
Mittelwert						-8,01

## Abschätzung von Seewasseranteilen

Zur Abschätzung von Seewasseranteilen werden die  $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ -Wertepaare in einem sog. D/O-Diagramm dargestellt (Anlage 17). Die mittlere Niederschlagsgerade wurde, wie oben erwähnt, durch die Formel  $\delta^2\text{H} = 8 \times \delta^{18}\text{O} + 10$  vorgegeben. Die Verdunstungsgerade wird von Hand konstruiert und stellt den linearen Zusammenhang der durch Verdunstung beeinflussten  $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ -Wertepaare dar (einfache lineare Regressionsgerade). In Anlage 17 ist zu erkennen, dass die verdunstungsbeeinflussten Proben auf einer Gerade mit der typischen Steigung ( $m=5$ ) liegen (Verdunstungsgerade).

Für die Mischungsrechnung wurden gemäß graphischer Auswertung von Anlage 17 folgende Referenzwerte angesetzt:

$\delta^{18}\text{O}$ -Isotopensignatur des vom Philipp-See unbeeinflussten <b>Grundwassers:</b>	<b>- 8,2 ‰</b>
$\delta^{18}\text{O}$ -Isotopensignatur des <b>Seewassers vom Philipp-See:</b>	<b>- 4,8 ‰</b>

Der Referenzwert für das seeunbeeinflusste Grundwasser ( $^{18}\text{O}$ : -8,2 ‰;  $^2\text{H}$ : -55,6 ‰; Deuterium-Exzess: 10 ‰) entspricht der in Anlage 17 graphisch ermittelten Schnittstelle von Niederschlags- und Verdunstungsgerade.

Für den Referenzwert des Seewassers wurde der isotopisch schwere Gehalt der Grundwassermessstelle B2F im Abstrom des Philipp-Sees herangezogen ( $^{18}\text{O}$ : -4,82 ‰;  $^2\text{H}$ : -39,2 ‰; Deuterium-Exzess: -0,6 ‰). Der Grund weshalb die  $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ -Werte an der Grundwassermessstelle B2F im Vergleich zum Philipp-See vergleichsweise isotopisch schwerer sind, liegt daran, dass die Proben vom Philipp-See während der Vollzirkulation entnommen wurden (Dez. 2015 bzw. April 2016), während die Probe von B2F (Filterbereich 3-30 m) vermutlich durch Uferfiltrat aus dem Epilimnion in den Sommermonaten mit maximaler Verdunstung beeinflusst ist.

Auf der Grundlage einer einfachen linearen Mischungsrechnung können die in Tabelle 16 aufgeführten Seewasseranteile für die Grundwassermessstellen bestimmt werden.

**Tabelle 16:** Einstufung Seewasseranteile

Seewasseranteil Philipp-See (*) <i>Seewasseranteile Hardtsee</i>	Messstellen Oberes GW-Stockwerk	Messstellen Mittleres GW-Stockwerk
Geringer Anteil bis ca. 10 %		bis zu 10 % bei B1T(*), bis zu 10 % bei B2T (bei starkem/langen Pumpen)
Deutlicher Anteil 25 bis 30 %	B1F ((*) 25-30 %)	GWM 7 (25-30 %)
Hoher Anteil 40 bis 55 %	IV/99 (40-55 %), 4/00 (40-55 %)	
Sehr hoher Anteil > 75 %	B8F (75-80 %) V/99, VI/99, B2F (90-100 %)	

Vom Philipp-See geht im oberen Grundwasserleiter ein nach Nord reichender, starker bis sehr starker Einflussbereich mit Seewasseranteilen von > 50 % aus, der mindestens 1 km weit reicht und gut belegbar ist (Anl. 18).

Die weit reichende Ausbreitung des Seewassers wurde sowohl für das Obere als auch für das Mittlere Grundwasserstockwerk bestätigt. Im Mittleren Stockwerk sind die Seewasseranteile im Grundwasser aber vergleichsweise geringer. So wurde z.B. für GWM B2F (OGWL) ein Seewasseranteil von 90-100 % ermittelt und für die benachbarte tiefe GWM B2T im MGWL nur ein Anteil von ca. 10 %.

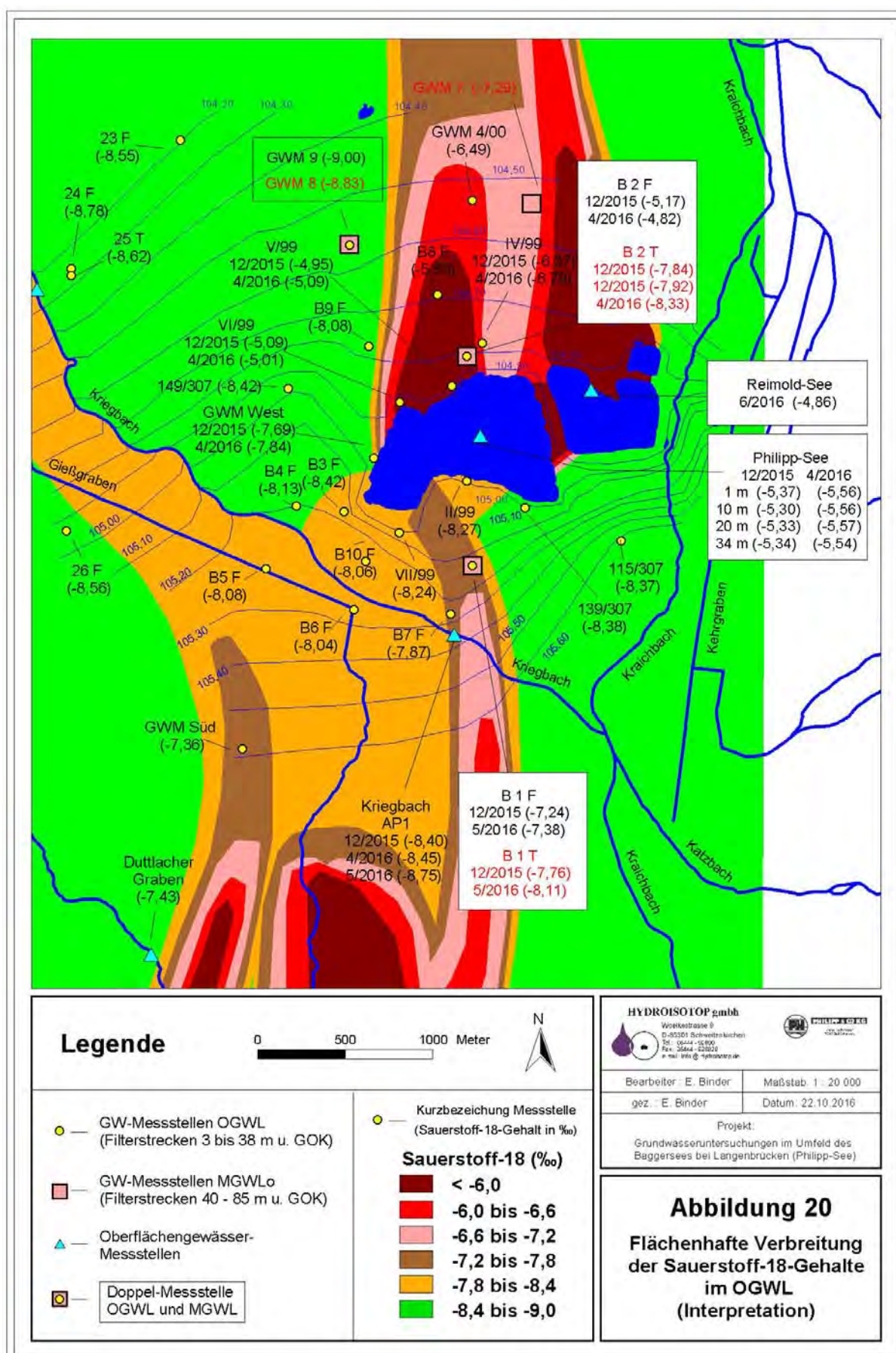
Auf Basis der Ergebnisse der tiefen Messstellen GWM 7T (MGWL) und GWM 4/00 (OGWLu) ist eine weitere Ausbreitung in Richtung Nord zum Brunnenstandort der ZV Hohberggruppe angezeigt. Bei den Abschätzungen zu Seewasseranteilen an der Messstelle GWM 7 ist jedoch zu berücksichtigen, dass diese sowohl vom Philipp-See als auch vom Reimold-See stammen können. Die relativ geringen Kaliumgehalte der GWM 7 (2,8 mg/l) deuten eher auf Einflüsse durch den Reimold-See (s. auch Anl. 14).

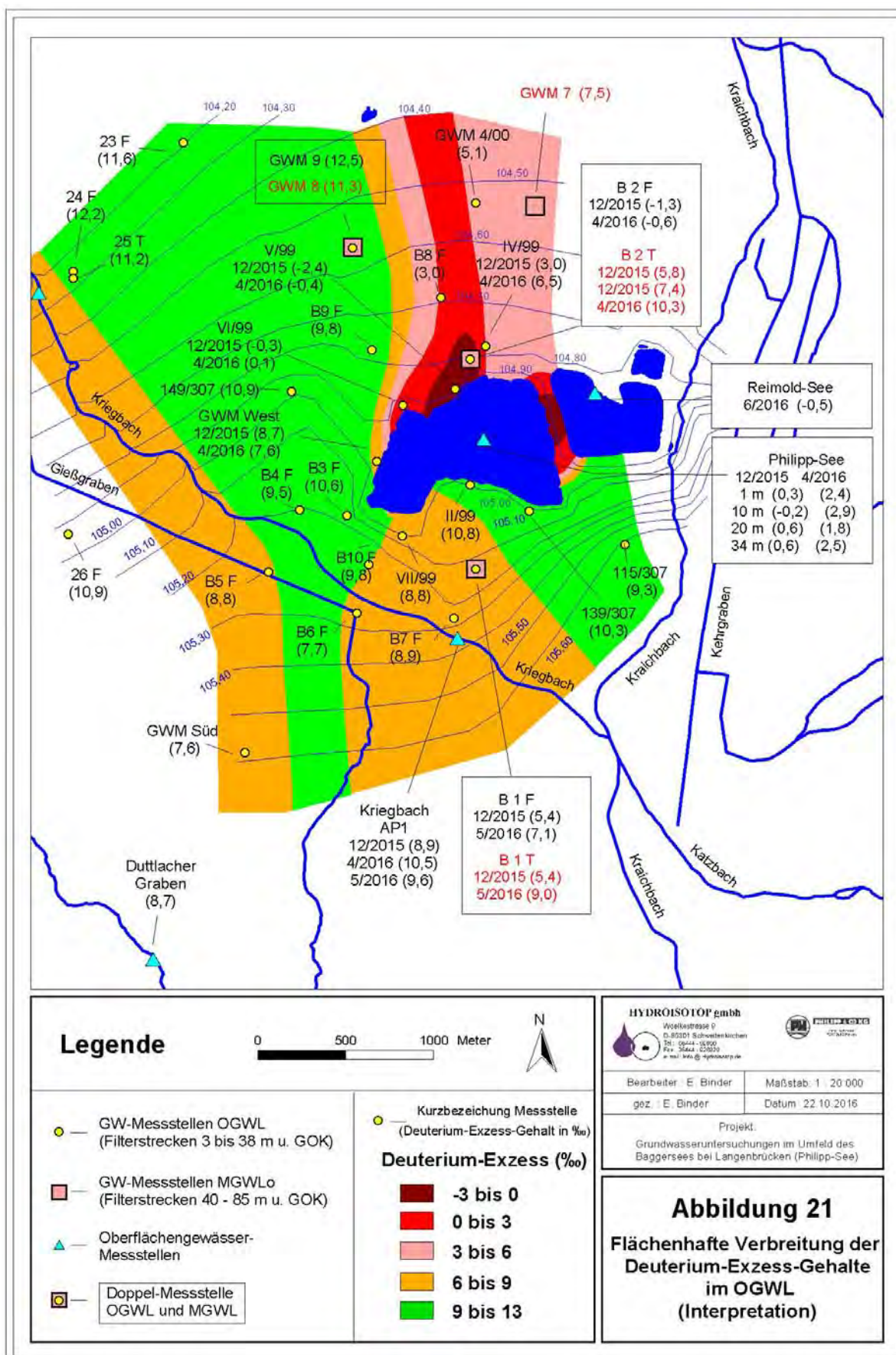
Auch die flächige Ausweisung der Bereiche, wo Baggerseewasser im Grundwasser dominant auftritt (Abbildungen 20 und 21: rosa bis dunkelrote Bereiche), deutet für die Messstelle GWM 7 eher auf Einflüsse durch den Reimold-See.

Zwischen den Grundwässern des Mittleren Stockwerks und des Oberen Stockwerks lassen sich keine wesentlichen Unterschiede bei den  $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ -Werten erkennen (siehe Anl. 19), weshalb eine Höhenzuordnung, die möglicherweise Einflüsse durch den Randzustrom erkennen lassen, nicht möglich ist.

Die vergleichsweise leichten Sauerstoff-18-Gehalte des westlichen Seitstroms zeigen, dass im Zustrom keine Baggerseen vorliegen. Demgegenüber sind für die vergleichsweise schweren Sauerstoff-Gehalte im Zustrom des Philipp-Sees die im Zustrom liegenden Baggerseen - Hardtsee und Heidesee - verantwortlich (siehe Kap. 8), was sich sogar an der tiefen B1T (MGWL) zeigt.









### Bilanzierung der Durchströmung des Baggersees

Mit Hilfe der stabilen Isotope lassen sich für den Baggersee die Austauschrate zwischen Grundwasser und Seewasser abschätzen und darauf aufbauend die mittlere Aufenthaltszeit des Grundwassers im See. Die Berechnungsgrundlagen der Austauschraten sind ausführlich in *LGRB (2001, Informationen 10)* sowie *LGRB (2006, „OZH-Projekt“)* dargestellt.

Der aktuelle Vergleich der Sauerstoff-18-Untersuchungen am Philippsee zu Beginn und am Ende der Vollzirkulation (s. Tab. 17 und 18) zeigt, dass sich die Isotopengehalte des Seewassers zwischen dem 8. Dezember 2015 und dem 21. April 2016 nur geringfügig den isotopisch leichteren Werten des zuströmenden Grundwasser nähern. Dieser Effekt ist charakteristisch für Seen mit einem eingeschränkten Austausch zum Grundwasser.

**Tabelle 17:** Sauerstoff-18-Gehalte zu Beginn der Vollzirkulation 2015/2016

Bezeichnung	Entnahmedatum	$\delta^{18}\text{O}$
		‰
See (Tiefe 1m)	08.12.2015	-5,37
See (Tiefe 10m)	08.12.2015	-5,30
See (Tiefe 20m)	08.12.2015	-5,33
See (Tiefe 34m)	08.12.2015	-5,34
<b>Mittelwert Stichtag 08.12.2015</b>		<b>-5,34</b>

**Tabelle 18:** Sauerstoff-18-Gehalte am Ende der Vollzirkulation 2015/2016

Bezeichnung	Entnahmedatum	$\delta^{18}\text{O}$
		‰
See (Tiefe 1m)	21.04.2016	-5,56
See (Tiefe 10m)	21.04.2016	-5,56
See (Tiefe 20m)	21.04.2016	-5,57
See (Tiefe 34m)	21.04.2016	-5,54
<b>Mittelwert Stichtag 10.04.2015</b>		<b>-5,56</b>

Die Differenz der mittleren Sauerstoff-18-Signaturen zu den beiden Stichtagen (Differenz von -5,34 ‰ und -5,56 ‰ = 0,22 ‰) ist letztendlich die Kenngröße zur Abschätzung der Austauschrate bzw. der Aufenthaltszeit des Grundwassers im See.

Die Signatur des Grundwassers im Zustrom wurde aus den mittleren Sauerstoff-18-Signaturen des Zustroms sowie über die Beziehungen zum Deuteriumexzess abgeleitet (siehe Tabelle 15 und Anlage 15).



Mit nachfolgender linearen Mischungsgleichung lässt sich zuerst der Anteil des zuströmenden Grundwassers im Seewasser ermitteln.

$$x_{\text{GW}} = (\text{MW-SW})/(\text{GW-SW}) \cdot 100 = 8,35 \% (= \text{ca. } 980.250 \text{ m}^3) \quad (\text{a})$$

$x_{\text{GW}}$  = Anteil Grundwasser (GW) im Seewasser (SW) in %

GW = Signatur Grundwasser im Zustrom = - **8,00 ‰**

SW = Signatur Seewasser, Beginn der Vollzirkulation, hier 08.12.2015 = - **5,34 ‰**

MW = Signatur Seewasser, Ende der Vollzirkulation, hier 21.04.2016 = - **5,56 ‰**

In Abhängigkeit vom Seevolumen (11.741.000 m<sup>3</sup>, Aktueller Status) und dem sog. „Verdünnungszeitraum“ (Zeit zwischen 08.12.2015 und 21.04.2016 = 135 Tage), während dem der o.g. Grundwasseranteil das Seewasser austauscht, berechnet sich die Grundwasserzustromrate für das gesamte Seevolumen (Formel (b)). Es gilt, je geringer der Grundwasseranteil im Seewasser bei gleichem Verdünnungszeitraum, desto mehr Zeit benötigt der See um sein Volumen auszutauschen, bzw. desto höher ist die mittlere Aufenthaltszeit des Grundwassers im See (Formel (c)).

$$Q_{\text{GW}} = (V_{\text{See}} \cdot x_{\text{GW}}) / t = 980.250 \text{ m}^3 / 11.664.000 \text{ s} = 0,084 \text{ m}^3/\text{s} = 84 \text{ l/s} \quad (\text{b})$$

$$T_{\text{m}} = V_{\text{See}} / Q_{\text{GW}} = 4,4 \text{ Jahre} \quad (\text{c})$$

$Q_{\text{GW}}$  = mittlere Austauschrate in m<sup>3</sup>/s bzw. l/s

$T_{\text{m}}$  = Mittlere Aufenthaltszeit des Grundwassers im See

$V_{\text{See}}$  = Volumen See = **11.741.000 m<sup>3</sup>**

$t$  = Verdünnungszeitraum, Zeit zwischen SW (08.12.2015) und MW (21.04.2016)  
135 Tage = **11.664.000 s**

#### Weitere Einflussfaktoren

Erfahrungsgemäß spielt der Niederschlagseintrag für die Höhe des Isotopengehalts im Seewasser eine untergeordnete Rolle. Bei Vernachlässigung des Niederschlags ergibt sich für das Grundwasser eine maximale Austauschrate (LGRB, 2006), die auf Basis der o. g. Berechnungen bei 84 l/s liegt (siehe auch Anlage 20).

Da der Baggersee eine relativ große Seefläche (537.800 m<sup>2</sup>) mit einer vergleichsweise geringen Seetiefe (mittlere Seetiefe rund 22 m) aufweist, ist eine Berücksichtigung der Niederschläge hier angebracht.

Im Zeitraum zwischen 08.12.2015 und 21.04.2016 lag die Niederschlagssumme bei insgesamt 276 mm (DWD-Wetterstation Waghäusel-Kirrlach), mit einem angenommenen durchschnittlichen niederschlagsgewichteten Sauerstoff-18-Gehalt von etwa -12 ‰ (Niederschlagsmessstation Freiburg i. Breisgau). Bei der o.g. Seeoberfläche entspricht

dies einem eingetragenen Niederschlagsvolumen von ca. 148.433 m<sup>3</sup>, was etwa 1,3 % des Seevolumens ausmacht.

Unter Berücksichtigung der Niederschläge ergibt sich für den Forchheimer Baggersee eine minimale Austauschrate ( $Q_{GW}$ ) von 60 l/s und eine mittlere Aufenthaltszeit des Grundwassers im See ( $T_m$ ) von 6,2 Jahren.

#### Fazit:

Die berechnete mittlere Aufenthaltszeit des Grundwassers im See liegt für den Untersuchungszeitraum 2015/2016 in einer Größenordnung von 4-6 Jahren. Aus dem Seevolumen von etwa 11,7 Millionen m<sup>3</sup> und einem Grundwasserzustromanteil im Seewasser von 6,0 bis 8,35 % (siehe a), des Seevolumens im Verdünnungszeitraum von 135 Tagen (08.12.2015 bis 21.04.2016) errechnet sich eine Grundwasserzustromrate für den gesamten See von etwa 60-84 l/s. Die Berechnungen sind als Näherungswerte zu verstehen und zeigen, dass etwa 17 bis 25 % des Seevolumens jährlich durch Grundwasser ausgetauscht wird.

Die hier anhand isotopehydrologischer Untersuchungen ermittelten Grundwasseraustauschraten stimmen relativ gut mit der hydraulisch berechneten Grundwasserzuflussmenge von 61 l/s bzw. Wasserverweilzeiten von 6,1 Jahren vom „Limnologischen und hydrologischen Begleitgutachten“ des Büros für Gewässerkunde und Landschaftsökologie Klaus-Jürgen Boos überein (BGL, 2016).

Frühere Abschätzungen sind von einem etwas geringeren Grundwasseraustausch ausgegangen. Nach den Auswertungen des Büros für Gewässerkunde und Landschaftsökologie Klaus-Jürgen Boos (BGL, 2004) wurde für den Ist-Zustand im Jahr 2004 ein Grundwasseraustausch von etwa 45 l/s bei einer Seefläche von 44,85 ha abgeschätzt. Die mittlere Aufenthaltszeit des Grundwassers im See ( $T_m$ ) bzw. Wasserverweilzeit (TW) lag hier bei 6,2 Jahren.

Für den Plan-Zustand (BGL, 2004) mit insgesamt 58,65 ha (Ist-Zustand mit 44,85 ha + genehmigte Teilfläche 4 mit 4,9 ha + Erweiterung mit 8,9 ha) wurde eine Austauschrate von etwa 55 l/s abgeschätzt. Die Wasserverweilzeit (TW) wurde auf 7,3 Jahre abgeschätzt.

## 6.2 Tritium ( $^3\text{H}$ )

### Grundlagen

Tritium ist das radioaktive Isotop des Wasserstoffs ( $^3\text{H}$ ; Halbwertszeit 12,3 Jahre). Die natürliche Produktionsrate von Tritium ist so hoch, dass anthropogen unbeeinflusste Niederschläge ca. 5 TU enthalten (TU = Tritium-units, 1 TU = 0,119 Bq/l). Als Folge der oberirdischen Wasserstoffatombombentests in den 1950-er und 1960-er Jahren kam es zu Tritiumgehalten in den Niederschlägen von mehreren 1000 TU. Grundwässer, die aus den Niederschlägen der vergangenen Jahre bis wenigen Jahrzehnten neu gebildet wurden, können als Spätfolge der Atombombentests noch leicht erhöhte Tritiumgehalte bis ca. 10 TU haben. Im Jahresmittel ergibt sich für aktuell neugebildetes Grundwasser ein Gehalt von ca. 6-8 TU. Grundwässer, in denen Tritium nicht nachweisbar ist, enthalten keine wesentlichen Niederschlagsanteile aus dem Zeitraum nach dem Jahr 1953. Aufgrund der Bestimmungsgrenze von Tritium von 0,6 TU ist ein tritiumhaltiger Jungwasseranteil von bis zu 10 % grundsätzlich nicht ausgeschlossen.

### Ergebnisse

Die Tritiumgehalte der untersuchten Proben liegen insgesamt in einem relativ weiten Wertebereich von nicht nachweisbar (< 0,6 TU) bis 10,1 TU (s. Tab. 19).

**Tabelle 19:** Ergebnisse der Tritium-Untersuchungen 2015/2016

Bezeichnung (Aquifer)	Datum	Ausbautiefe	Filterbereich (e)	Tritium ( $^3\text{H}$ )
		m u. GOK	m u. GOK	TU
Kriegbach AP 1	22.04.2016			$6,1 \pm 0,7$
B4 F (OGWL)	30.05.2016	15,90	4,0 - 16,0	$8,8 \pm 0,7$
B9 F (OGWL)	22.04.2016	15,90	4,0 - 16,0	$7,9 \pm 0,8$
GWM 9 F (OGWL)	15.06.2016	15,55	3,0 - 15,0	$7,7 \pm 0,5$
B10 F (OGWL)	30.05.2016	14,65	4,0 - 16,0	$7,9 \pm 0,7$
B7 F (OGWL)	30.05.2016	15,90	4,0 - 16,0	$8,0 \pm 0,9$
B1 F (OGWL) 0,2 L/s	30.05.2016	30,80	4,0 - 30,0	$10,1 \pm 0,7$
GWM 8 T (MGWL)	15.06.2016	64,00	40,0 - 63,0	$5,2 \pm 0,5$
B1T (PV Ende; 4,8 L/s) (MGWL)	11.12.2015	85,00	70,0 - 85,0	$5,1 \pm 0,7$
B1T (0,3 L/s) (MGWL)	30.05.2016	85,00	70,0 - 85,0	$7,0 \pm 0,7$
Philipp-See 20 m	21.04.2016			$7,6 \pm 0,7$
V/99 (OGWL)	22.04.2016	39,90	8,0 - 38,0	$7,4 \pm 1,0$
B2 F (OGWL) 0,2 L/s	22.04.2016	30,50	4,0 - 30,0	$7,8 \pm 0,7$
B8 F (OGWL)	21.04.2016	15,90	4,0 - 16,0	$7,2 \pm 0,8$
B2T (PV Ende; 4,8 L/s) (MGWL)	08.12.2015	85,00	65,0 - 85,0	$0,8 \pm 0,5$
B2T (0,3 L/s) (MGWL)	22.04.2016	85,00	65,0 - 85,0	< 0,6

Die Grundwässer aus dem **Oberen Grundwasserstockwerk (OGWL)** zeigen mit Ausnahme der Messstelle B1F Tritiumgehalte in einem relativ engen Wertebereich zwischen 7,2 und 8,0 TU und somit im Bereich der aktuellen Niederschläge. Die Mittleren Grundwasserverweilzeiten (MVZ) liegen hier in der Größenordnung von < 15 Jahren.



Bei dem leicht erhöhten Tritiumgehalt der flachen Messstelle B1F (10,1 TU) können zwei grundsätzlich unterschiedliche Altersstrukturen in Betracht gezogen werden, (1) eine relativ hohe Verweilzeit von etwa 20-30 Jahren oder (2) eine sehr geringe Verweilzeit, die noch die jahreszeitlichen Schwankungen des Tritiumgehaltes im Niederschlag widerspiegelt ( $MVZ < 1$  Jahr).

Der Tritiumgehalt im Philipp-See (7,6 TU) liegt in einer mit dem OGWL vergleichbaren Größenordnung, was für den See dominante Zustrom-Anteile aus dem OGWL anzeigt. Dies deckt sich mit den Abschätzung der Zustromanteile über die hydrochemischen Ergebnisse (siehe Kap. 5.5 und Tabelle 12).

Im **Mittleren Grundwasserleiter (MGWL)** zeigen sich hingegen deutliche Unterschiede bei den Tritiumwerten ( $< 0,6$  TU bis 7 TU). Überraschend ist, dass die Unterschiede bei zwei gleich tiefen Messstellen mit annähernd gleichen Filterbereichen festzustellen ist (siehe Abb. 22: B1T im Zustrom und B2T im Abstrom des Philipp-Sees: Endteufe jeweils 85 m u. GOK, Filter 70-85 bzw. 65-85 m u. GOK).

Messstellen im Zustrom von Baggerseen zeichnen sich oft durch vergleichsweise alte, aufsteigende Grundwasserkomponenten aus (Abb. 22: Punkt (A)), was mit der Verkipung der Seeoberfläche im Vergleich zur ungestörten Grundwasseroberfläche zusammen hängt. Demgegenüber sind Messstellen im Abstrom von Baggerseen häufig durch Anteile von jungem, abwärtsgerichtetem Seeuferfiltrat charakterisiert (Abb. 22: (B)).

Bei den Messstellen B1T und B2T zeigen sich die nachstehend beschriebenen Fließverhältnisse, die in Abbildung 22 schematisch dargestellt sind. Eine Probenverwechslung zwischen B1T und B2T kann nicht vorliegen, da beide Messstellen jeweils 2-mal untersucht und somit überprüft wurden.

Für die relativ hohen Tritiumgehalte (5,1 bzw. 7,0 TU) bzw. Jungwasseranteile an der Zustrom-Messstelle B1T sind vermutlich mehrere Dinge verantwortlich die nachstehend aufgeführt sind.

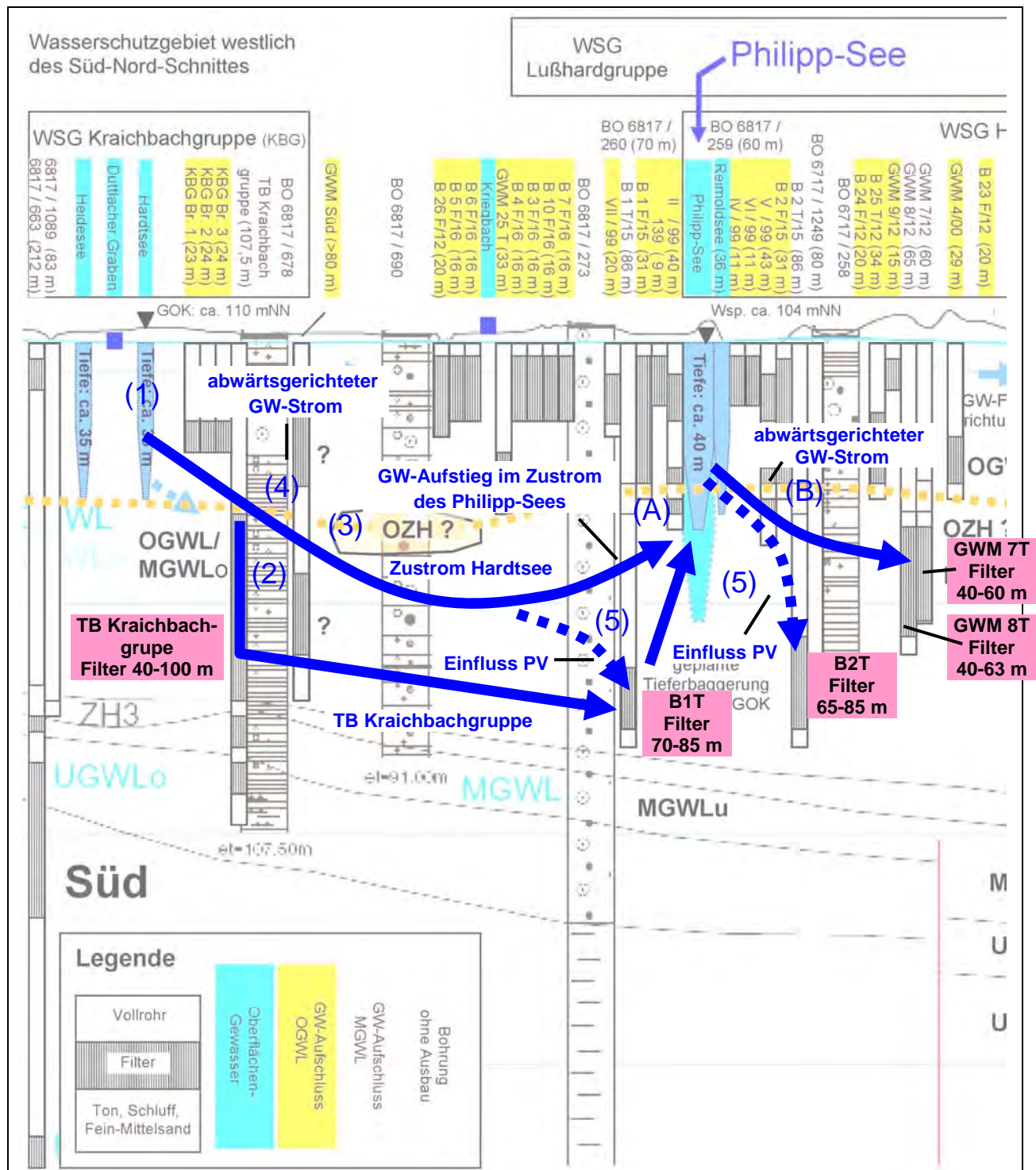
- Abb. 22: Punkt (1): der abwärtsgerichtete GW-Abstrom des südlich liegenden Hardtsees bei Ubstadt-Weiher (Seetiefe ca. 35 m), was sich bei stärkerem und längerem Pumpen an den Seewasseranteilen zeigt (s. Abb. 20, Abb. 22, Punkt (5) und Tab. 16)
- Abb. 22: Punkt (2): der Tiefbrunnen der Kraichbachgruppe, der sich OGWL-Wasser in den MGWL bezieht (TB Kraichbachgruppe, Endteufe 107,5 m u. GOK)
- Abb. 22: Punkt (3): der fehlende oder gut durchlässige OZH und/oder
- Abb. 22: Punkt (4): der hier grundsätzlich abwärtsgerichtete GW-Strom (s. Kap. 4.6).

Bei der Abstrom-Messstelle B2T spielt vermutlich die Tiefenlage des Filterbereichs die entscheidende Rolle für die vergleichsweise geringen ( $0,8 \pm 0,5$  TU) bis nicht nachweisbaren Tritiumgehalte ( $< 0,6$  TU). Da der See aktuell nur etwa 40 m tief ist (+ 5 Flurabstand = 45 m u. GOK) und der Filterbereich des B2T (65-85 m u. GOK) noch mal deutlich um etwa 20 m tiefer liegt, erreicht das Seeuferfiltrat den Filterbereich nur, wenn an der Messstelle B2T stark und lange gepumpt wird, was bei der Probe „B2T, Ende Pumpversuch mit 4,8 L/s“ am 08.12.2015 der Fall war (Abb. 22, Punkt (5) und Tab. 16).

Die dominant tritiumfreie Komponente an der Messstelle B2T zeigt, dass hier sehr langsame Grundwasseraustauschprozesse vorliegen. Diese Grundwässer sind nicht an das aktuelle Grundwasserneubildungsgeschehen angeschlossen.

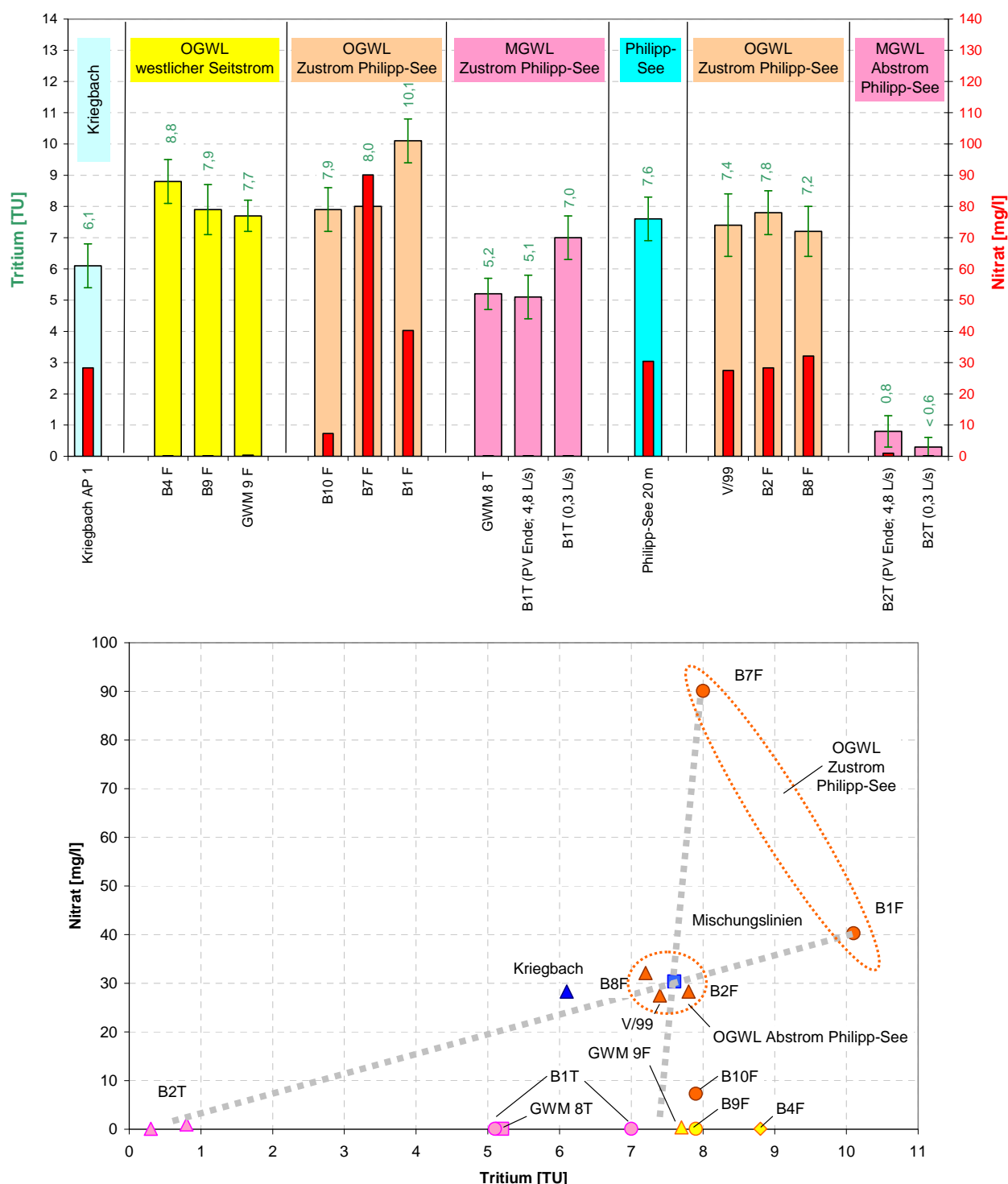
Im weiteren Abstrom des Philipp-Sees (ca. 1 km) zeigen sich im MGWL tritiumhaltige Grundwässer (GWM 8T:  $5,2 \pm 0,5$  TU am 15.06.2016), was sich auch anhand früherer Untersuchungen der ZV Hohberggruppe deckt (GWM 8T:  $4,3 \pm 0,8$  TU am 31.07.2013), GWM 7T:  $5,8 \pm 0,6$  TU am 31.07.2016).

Näheres zu früheren Untersuchungen der umliegenden Wasserschutzgebiete, wie Altersstruktur und Beschaffenheit, folgt in Kapitel 7.



**Abb. 22:** Schematische Übersicht zu GW-Fließverhältnissen im MGWL

Auf Basis der Tritiumgehalte an den MGWL-Messstellen im Zustrom (s. Abb. 23: 5,1 bis 7,0 TU) könnten die Zustromanteile aus dem MGWL in den Philipp-See grundsätzlich als hoch geschätzt werden. Ebenso würden die nicht nachweisbaren Acesulfam-Gehalte und die vergleichsweise hohen Kaliumgehalte dafür sprechen. Da die tritiumhaltigen Grundwässer aus dem MGWL im Zustrom des Philipp-Sees jedoch keine oder nur sehr geringe Nitratgehalte zeigen, sind im Zusammenhang mit den aktuell etwa 30 mg/l Nitrat im Philipp-See nur geringe Zustromanteile aus dem MGWL von maximal 40 % rein rechnerisch möglich (s. Abbildung 23 und Tabelle 12).



**Abbildung 23:** Zusammenhang zwischen Tritium- und Nitratgehalt



## 7. Vergleich mit früheren Untersuchungen

Zum Umfeld des Philipp-Sees liegen nachfolgende Berichte vor (s. auch Kap. 10):

BGL (2004): Limnologisches und Hydrologisches Begleitgutachten zur UVU Kiesgrubenerweiterung Philipp & Co. KG.

BGL (2009): Limnologisches und Hydrologisches Begleitgutachten zur UVU Tieferbaggerung des Baggersees Kieswerk Langenbrücken der Klaus Reimold GmbH.

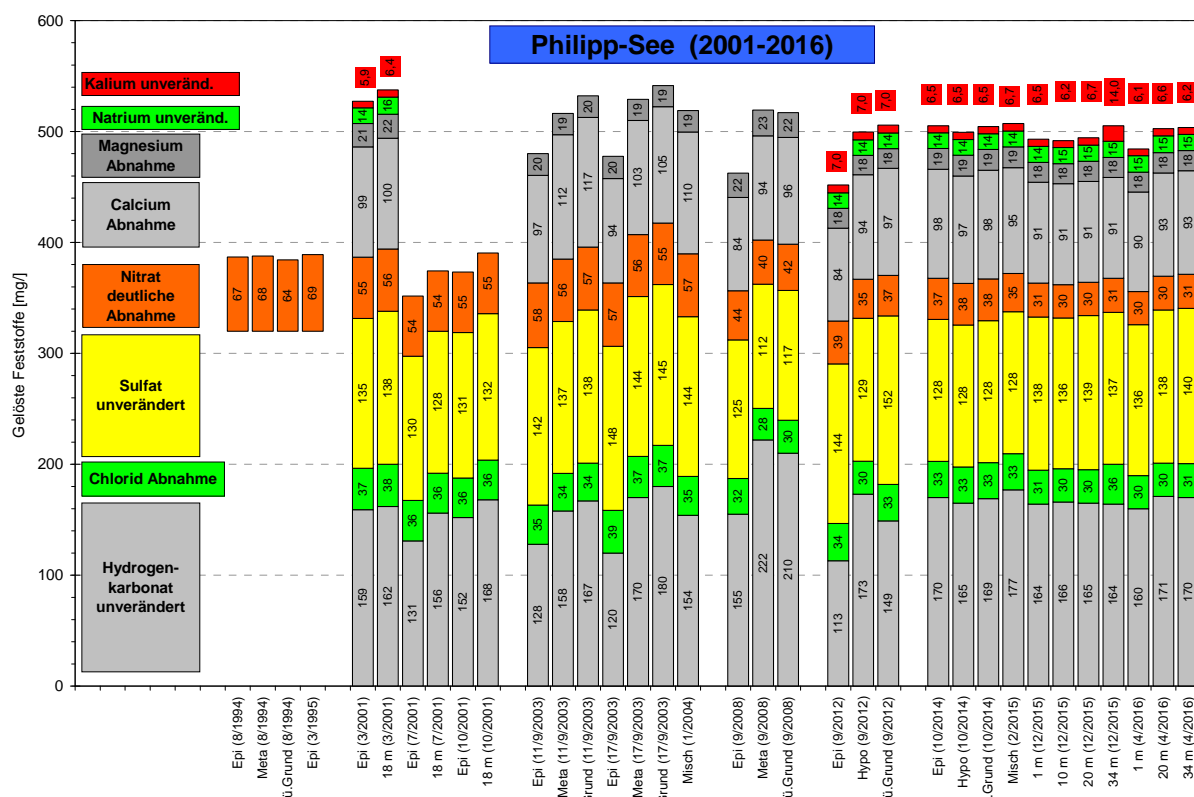
FADER Umweltanalytik (2003): Zwischenbericht - Untersuchungsprogramm WSG ZV Hohberggruppe, Karlsruhe, 20.08.2003.

FADER Umweltanalytik (2009): Bericht zum Untersuchungsprogramm Standorterkundung Brunnen 6, ZV Gruppenwasserversorgung Hohberg, Karlsruhe, 10.08.09.

In Anlage 21 sind die Ergebnisse der früheren zusammen mit den aktuellen Untersuchungen aufgeführt.

### 7.1 Baggerseewasser/Uferfiltrat Baggersee

Abbildung 24 gibt eine Übersicht zu den gelösten Hauptinhaltsstoffen im Philipp-See aus dem Zeitraum 2001 bis 2016.



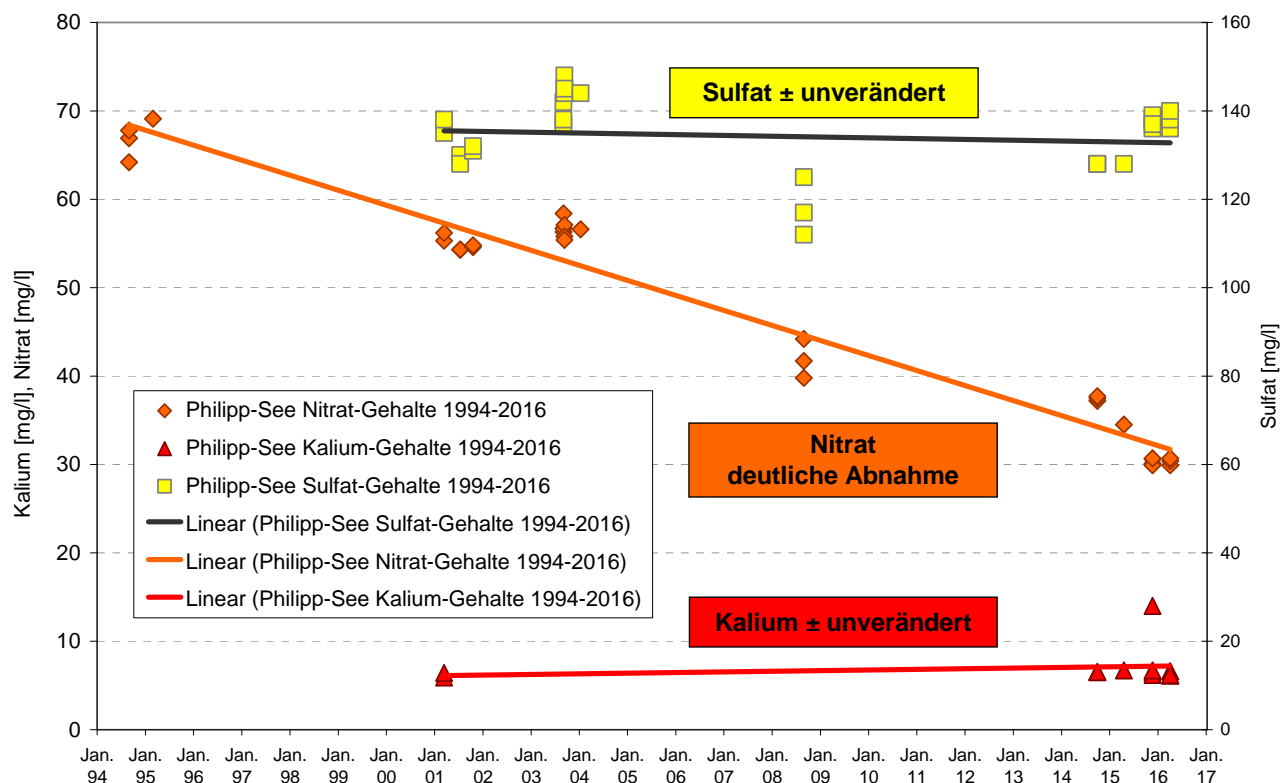
**Abb. 24:** Übersicht zu den gelösten Hauptinhaltsstoffen im Philipp-See (2001-2016)

Die Summe an gelösten Feststoffen hat sich im Verlauf der vorliegenden 15 Jahre geringfügig von etwa 540 auf 500 mg/l reduziert. Die Abnahme ist im wesentlichen auf

Nitrat (von 56 auf 30 mg/l) und untergeordnet auf Chlorid (von 38 auf 30 mg/l) und Calcium (von 100 auf 93 mg/l) zurück zu führen.

In den 1990-er Jahren lagen die Nitratgehalte im Philipp-See sogar bei annähernd 70 mg/l (Abb. 24 und 25). Der Grund, weshalb hier überhaupt derartig hohe Nitratgehalte im Seewasser möglich sind, liegt an der geringen Algenbiomasse und der guten Sauerstoffversorgung, die Ab- und Umbauprozesse verringert (BGL, 2016).

Die Gehalte an Hydrogenkarbonat, Sulfat, Natrium und Kalium sind nahezu unverändert (Mittelwert HCO<sub>3</sub>: 175 mg/l; SO<sub>4</sub>: 134 mg/l; Natrium: 15 mg/l; Kalium: 7 mg/l, Abb. 25).



**Abb. 25:** Zeitreihe Sulfat-, Nitrat- und Kalium-Gehalte im Philipp-See (1994-2016)

Für die Abnahme bei den Nitratgehalten könnten mehrere Effekte eine Rolle spielen.

Zusammen mit den unverändert hohen Kalium- und Sulfatgehalten könnte die Abnahme auf einen zunehmenden Zustrom aus dem MGWL hindeuten, vergleichbar der Beschaffenheit von B1T (B1T: Kalium rel. hoch: 4,6 mg/l, aber Nitrat-frei: < 0,2 mg/l), was durch die stärker ausgeprägten Verkippung infolge der See-Erweiterung nach Süd bedingt sein könnte. Dieses aufsteigende MGWL-Wasser müsste jedoch weniger Chlorid im Vergleich zur B1T aufweisen.

Alternativ könnte die aktuelle See-Erweiterung nach SW und die damit einhergehende Erweiterung des Grundwassereinzugsgebietes in Richtung der nitratarmen/freien oberflächennahen Grundwässer eine Rolle spielen. Da diese Überlegung mit einer Erhöhung der Acesulfam-Gehalte (siehe Acesulfam-Gehalte von B3F: 230 ng/l, B10F: 150 ng/l) und einer Reduzierung der Kalium-Gehalte verbunden wäre (Kalium-Gehalte von B3F: 2,6 mg/l, B10F: 3,4 mg/l), kann auch diese Variante als Ursache für die abnehmenden Nitratgehalte im Seewasser zumindest nicht dominant verantwortlich sein.

Zu den Anzeigerparametern Bor und Acesulfam liegen keine Ergebnisse zu früheren Untersuchungen vor. Wie in Kapitel 5.6 beschrieben sind die aktuellen Borgehalte im Philipp-See (50 bis 60 µg/l, Ergebnisse vom April 2016) im wesentlichen auf die Einflüsse des Randzustroms und untergeordnet auf den Einsatz von Düngemitteln zurück zu führen. Das nicht nachweisbare Acesulfam-K ist ein Beleg für geringe Zustromanteile aus S und SSW (s. Abb. 19).

Eine weitere Option wäre, dass die Nitratgehalte im stark gartenbaulich und landwirtschaftlich genutzten Zustrom durch umweltbewussten Einsatz von Düngemitteln reduziert wurden (siehe auch BGL, 2016). Da die langjährigen Nitrat-Untersuchungen an der LUBW-Gütemessstelle GWM 139/307 in den vergangenen 10 Jahren unverändert hoch bei etwa 120 mg/l liegen (s. Kap. 7.5), zeigt zumindest der nähere Zustrombereich aus dieser Richtung keine derartige Veränderung. Möglicherweise wird im weiteren Zustrombereich weniger gedüngt (evtl. im Katzbachtal im Bereich des Weinanbaus).

Wie die Diskussion verdeutlicht, ist die Ursache für die Abnahme bei den Nitratwerten im Seewasser nicht eindeutig zu klären. Vermutlich handelt es sich hier um ein Zusammenspiel mehrerer Effekte. Da die geogenen Einflüsse (Beschaffenheit des gipshaltigen Randzustroms) als eher „stabil“ anzusehen sind, spielen vermutlich die Veränderungen im Zuge der letzten Erweiterung eine vergleichsweise dominantere Rolle. Hieraus ließe sich ableiten, dass eine weitere Erweiterung und Vertiefung zu noch geringeren Nitratgehalten im See führen könnten.

Die bisher vorliegenden Isotopenuntersuchungen zum Philipp-See sind in Tabelle 20 zusammen mit den Ergebnissen zum Reimold-See aufgeführt.

Die Ergebnisse zu Tritium deuten für beide Baggerseen auf ein dominant junges Grundwasser mit Verweilzeiten unterhalb von 15 Jahren hin. Hinweise auf Zustromanteile von tritiumfreien Grundwasserkomponenten aus dem MGWL (wie z. B. bei B2T) sind nicht angezeigt.

In Abbildung 26 sind die  $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ -Wertepaare des Philipp-Sees mit Wertepaaren von den umliegenden Baggerseen - Reimold-See, HSK Kronau-See, Hardtsee (Annahme) – sowie von ausgewählten Grundwassermessstellen (wie z. B. B1F, B1T, B6F, B7F) abgebildet.

Zum Philipp-See liegen seit dem Jahr 2001  $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ -Untersuchungen vor. Die Sauerstoff-18-Gehalte liegen insgesamt zwischen -5,30 und -6,32 ‰, die Deuterium-Gehalte zwischen -41,6 und -49,9 ‰ und der Deuterium-Exzess schwankt zwischen -0,2 und 3,6 ‰. Die aktuellen  $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ -Wertepaare zeigen gegenüber den früheren Wertepaaren signifikante Veränderungen. Gleich ist, dass alle Werte den typischen Verdunstungseffekt zeigen.

Bei genauer Betrachtung zeigen die Werte zwischen dem Jahr 2001 und 2015/2016 einen Trend hin zu isotopisch schweren Gehalten (siehe Tab. 20 und Abb. 26). Dies bedeutet, dass der See nicht innerhalb eines Jahres durch den Grundwasserzustrom völlig ausgetauscht wird. Am Ende eines jeden Jahres bleibt demnach noch ein Rest des Verdunstungseffektes vom Vorjahr bestehen (Memory-Effekt). Dies bestätigt auch die Auswertungen in Kapitel 6.1, dass die mittlere Aufenthaltszeit des Grundwassers im Philipp-See seit mehreren Jahren in der Größenordnung von etwa 4 bis 6 Jahren liegt.



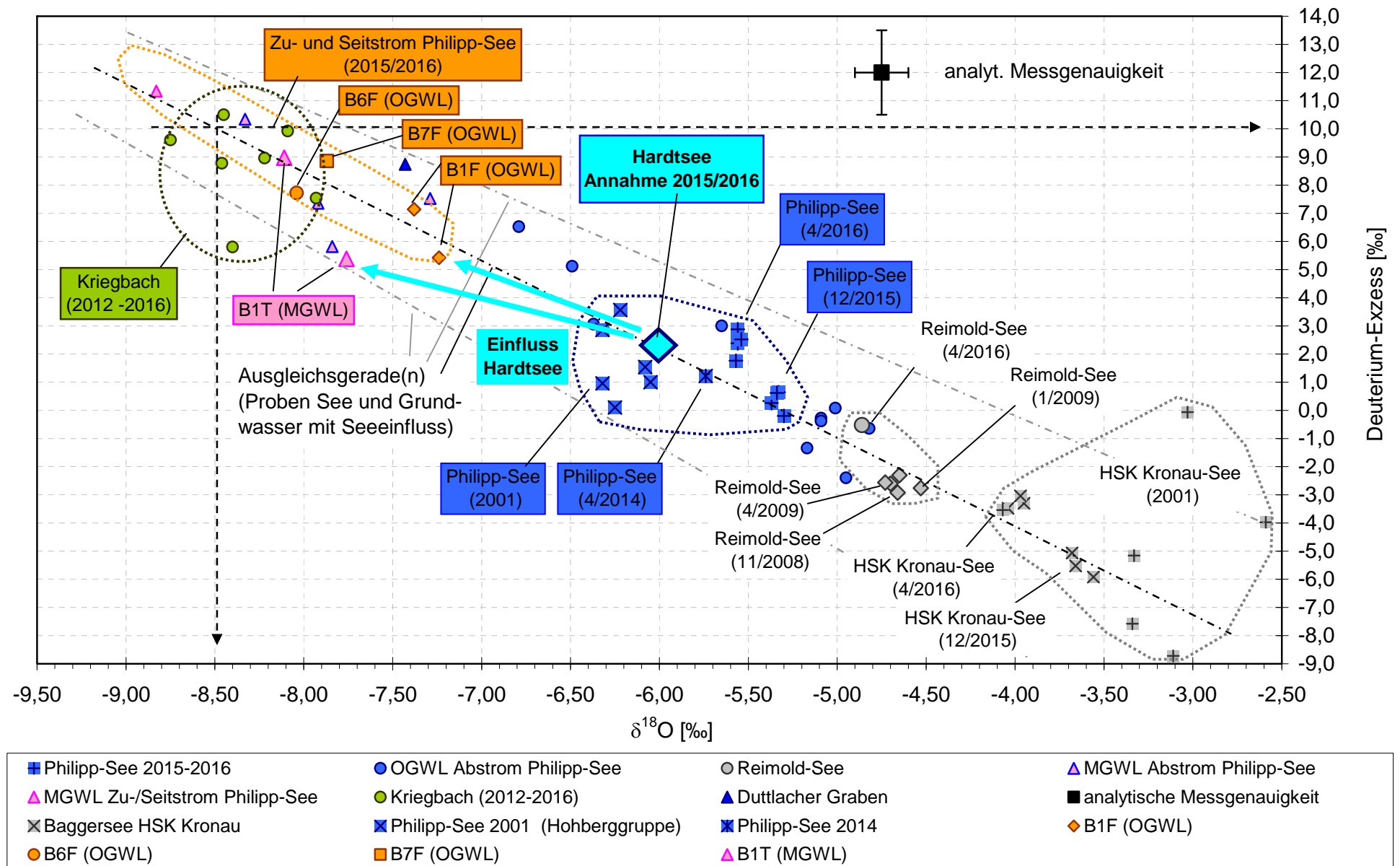
Die Wertepaare des Reimold-Sees (Tab. 20:  $\delta^{18}\text{O}$ : -4,53 bis -4,86 ‰;  $\delta^2\text{H}$ : -39,0 bis -40,4 ‰; (D-Exzess: -0,5 bis -2,3 ‰) sind unter Berücksichtigung der analytischen Messgenauigkeit untereinander vergleichbar, was als Hinweis gedeutet werden kann, dass der See innerhalb eines Jahres ausgetauscht wird und somit den o.g. Memory-Effekt nicht aufweist. Für eine belastbare Aussage ist jedoch die Anzahl an Proben zu gering. Auch liegen keinerlei hydrochemische Vergleichswerte zum Reimold-See vor.

Die relativ schweren  $\delta^{18}\text{O}$ -/ $\delta^2\text{H}$ -Gehalte an den flachen Messstellen B1F, B6F, und B7F (jeweils OGWL) sowie an der tiefen Messstelle B1T (MGWL) sind auf Einflüsse durch den Hardtsee zurück zu führen (s. Abb. 26). Eine aus den vorliegenden Daten abgeleitete Interpretationsmöglichkeit zum Einflussbereich des Hardtsees auf die Sauerstoff-18-Gehalte im Zustrom des Philipp-Sees ist in Abbildung 27 aufgeführt. Zudem sind auch die Einflussbereiche des Heidesees (westlich Höhe Hardtsee), Philipp-Sees, Reimold-Sees und des HSK Kronau-Sees mit dargestellt.

Die Übersicht zur flächenhaften Verbreitung der Sauerstoff-18-Gehalte (Abb. 27) stützt sich v. a. auf Daten zum OGWL. An der tiefen Messstelle B1T im Zustrombereich des Philipp-Sees (-7,76 bzw. -8,11 ‰, gelbe Signatur) sind jedoch auch im MGWL anhand der Sauerstoff-18-Gehalte Einflüsse durch den Hardtsee festzustellen (siehe auch Abb. 22). An der tiefen Abstrom-Messstelle GWM 7T (-7,07 bzw. -7,29 ‰, orange Signatur) sind es Einflüsse des Philipp- und/oder Reimold-Sees.

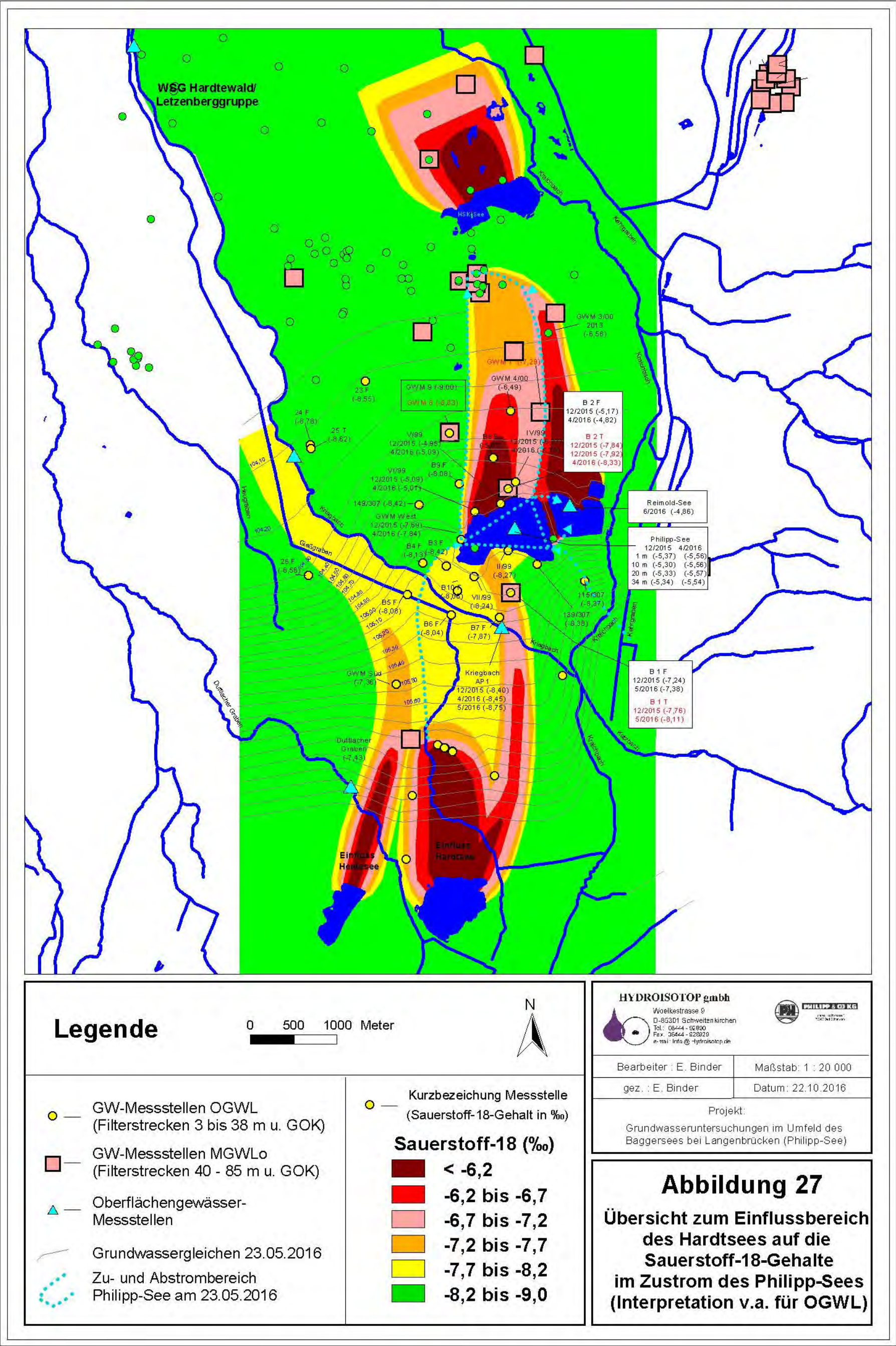
**Tabelle 20:** Isotopen-Untersuchungen zum Philipp-See (2001 – 2016)  
und Reimold-See (2008-2016)

Bezeichnung	Datum	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	Exzess	$^3\text{H}$
		‰	‰	‰	TU
Philipp-See, Epi	19.03.2001	-6,32	-47,7	2,9	$16,4 \pm 1,7$
Philipp-See, Grundnähe	19.03.2001	-6,32	-49,6	1,0	$17,3 \pm 1,6$
Philipp-See, Epi	20.07.2001	-6,22	-46,2	3,6	
Philipp-See, Grundnähe	20.07.2001	-6,05	-47,4	1,0	
Philipp-See, Epi	24.10.2001	-6,08	-47,1	1,5	$15,9 \pm 1,1$
Philipp-See, Grundnähe	24.10.2001	-6,25	-49,9	0,1	$14,9 \pm 0,9$
Philipp-See	15.04.2014	-5,74	-44,7	1,2	$8,0 \pm 0,9$
Philipp-See, See 1 m	08.12.2015	-5,37	-42,7	0,3	
Philipp-See, See 10 m	08.12.2015	-5,30	-42,6	-0,2	
Philipp-See, See 20 m	08.12.2015	-5,33	-42,0	0,6	
Philipp-See, See 34 m	08.12.2015	-5,34	-42,1	0,6	
Philipp-See, See 1 m	21.04.2016	-5,56	-42,1	2,4	
Philipp-See, See 10 m	21.04.2016	-5,56	-41,6	2,9	
Philipp-See, See 20 m	21.04.2016	-5,57	-42,8	1,8	$7,6 \pm 0,7$
Philipp-See, See 34 m	21.04.2016	-5,54	-41,8	2,5	
Reimold-See, Mischprobe	08.09.2008	-4,65	-39,5	-2,3	11,1
Reimold-See, Mischprobe	13.11.2008	-4,66	-40,2	-2,9	12,0
Reimold-See, Mischprobe	21.01.2009	-4,53	-39,0	-2,8	10,6
Reimold-See, Epi	02.04.2009	-4,70	-40,2	-2,6	10,8
Reimold-See, Hypo	02.04.2009	-4,73	-40,4	-2,6	11,3
Reimold-See	15.06.2016	-4,86	-39,4	-0,5	



**Abbildung 26:** Einfluss Hardtsee auf die Sauerstoff-18-Gehalte sowie den Deuterium-Exzesse im Zustrom des Philipp-Sees







## 7.2 Zustrom und westlicher Seitstrom des Philipp-See

Von den Messstellen im Zu- und näheren westlichen Seitstrom des Philipp-See liegen die in Tabelle 21 aufgeführten Stichtagsuntersuchungen vor.

**Tab. 21:** Frühere Untersuchungen zu Messstellen im Zu-/Seitstrom des Philipp-Sees

bez. auf Philippsee	Aquifer	Bezeichnung							
Zustrom		Duttlacher Gr.							15.06.16
		Kriegbach	29.05.12	03.09.13	06.11.13	02.04.14	11.12.15	22.04.16	30.05.16
westlicher Seitstrom	OGWL	GWM 23 F / 12				01.10.13			15.06.16
		GWM 24 F / 12				03.09.13			15.06.16
		GWM 26 F / 12				03.09.13			15.06.16
		GWM 9 F / 12				31.07.13			15.06.16
		149 / 307-1	23.10.01						22.04.16
		B 4 F / 16							30.05.16
		B 5 F / 16							30.05.16
		B 9 F / 16							22.04.16
		GWM 25 T / 12				03.09.13			15.06.16
		GWM Süd							15.06.16
Zustrom	OGWL	B 3 F / 16							30.05.16
		B 6 F / 16							30.05.16
		B 7 F / 16							30.05.16
		B 10 F / 16							30.05.16
		GWM VII / 99							14.06.16
		139 / 307-6	10.09.03	14.01.04					14.06.16
		115 / 307-7							15.06.16
		GWM II / 99	10.09.03	14.01.04	13.11.08	22.01.09	03.04.09		15.06.16
		GWM III / 99	10.09.03	14.01.04					
		B1 F / 15						10.12.15	30.05.16
Zustrom	MGWLo	B1 T / 15						11.12.15	30.05.16
Seitstrom		GWM 8 T / 12				31.07.13			15.06.16

Im Zusammenhang mit der Wasserschutzgebietsabgrenzung zum WSG ZV Hohberggruppe und zur Wasserschutzgebietsabgrenzung WSG ZV Hardtwald (St. Leon-Rot) liegen aus dem Zeitraum 2012 bis 2014 insgesamt 5 weitere Untersuchungen zum **Kriegbach** vor (s. Tab. 22 und Abb. 26).

Die Nitratgehalte befinden sich insgesamt auf einem relativ unauffälligen Niveau von 15,4 bis 28,9 mg/l. Die relativ hohen Sulfat- und Borgehalte, die hier auf den gipshaltigen Randzustrom zurück zu führen sind, werden durch die früheren Untersuchungen bestätigt.

An der Messstelle Kriegbach 1 (Höhe GWM 24F/25T) konnte im September 2013 mit 1700 ng/l ein im Vergleich zu 2015/2016 (270 bis 430 ng/l) deutlich höherer Acesulfam-K-Gehalt festgestellt werden, was hier vermutlich mit einem relativ geringen Abfluss und somit einer geringen Verdünnung zusammen hängt. Sollte der mittlere Acesulfam-Gehalt im Kriegbach im Vergleich zum Mittelwert 2015/2016 (340 ng/l) tatsächliche deutlich höher liegen, so wäre durch den fehlenden Nachweis von Acesulfam im Philipp-See der Einfluss durch Kriegbach-Uferfiltrat auf den Philipp-See noch geringer. Ei-



ne Gefahr durch die Schadstoff- bzw. Pflanzennährstoff-Frachten im Kriegbach (s. Probe vom 03.09.2013 in Tabelle 22: Dimethylsulfamid, Carbamazepin, Iopamidol, bzw. ortho-Phosphat) auf den Philipp-See ist grundsätzlich als gering anzusehen und wäre demnach sogar noch geringer.

Die untersuchten Altersstruktur-Parameter am Kriegbach (Tritium, F11, F12 und SF6) deuten auf ein junges Wasservorkommen (Jungwasseranteil vermutlich 100 %, Mittlere Verweilzeit der Jungwasser-Komponente bei < 10 Jahren). Die FCKW-Spezie F113 ist überhöht und somit am Kriegbach und an Messstellen mit Kriegbach-Uferfiltrat für eine Auswertung hinsichtlich der Altersstruktur ungeeignet.

**Tabelle 22:** Frühere und aktuelle Ergebnisse zum Kriegbach

Quelle Daten		WGZV Hardt- wald	FADER 2013	FADER 2013	WGZV Hardt- wald	WGZV Hardt- wald	Hydro- isotop	Hydro- isotop	Hydro- isotop
Bezeichnung		Krieg- bach (05/2012)	Krieg- bach 1 (9/2013)	Krieg- bach 2 (9/2013)	Krieg- bach (11/2013)	Krieg- bach (04/2013)	Krieg- bach AP01 (12/2015)	Krieg- bach AP01 (4/2016)	Krieg- bach AP01 (5/2016)
Datum		29.05.12	03.09.13	03.09.13	06.11.13	02.04.14	11.12.15	22.04.16	30.05.16
Hydrogenk. (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l		362	350			362	388	247
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	mg/l		37,2	40,7			39,9	45,4	19,1
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l		202	193			235	189	107
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l		26,2	28,9			23,3	28,3	15,4
Bor	µg/l		60	60	64	76		56	50
Acesulfam (Süßstoff)	ng/l		1700				270	430	320
DMS (Metabolit)	µg/l		0,14	0,16					
Carbamazepin Arznei	µg/l		0,079						
Iopamidol (Röntgenk.)	µg/l		0,09						
PSM und Biozidprod.	µg/l		n.n. (< 0,02)						
ortho-Phosph. (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/l		0,511	0,563			0,40	0,51	0,11
Sauerstoff-18 (18O)	‰	-7,93	-8,09		-8,46	-8,22	-8,40	-8,45	-8,75
Deuterium (2H)	‰	-55,9	-54,8		-58,9	-56,8	-61,4	-57,1	-60,4
Deuterium-Exzess	‰	7,5	9,9		8,8	9,0	5,8	10,5	9,6
Tritium (3H)	TU	6,3 ± 1,0	5,7 ± 0,7		7,2 ± 0,7			6,1 ± 0,7	
F11 (pmol/l)	pmol/l		4,4 ± 0,5						
F12 (pmol/l)	pmol/l		2,5 ± 0,2						
F113 (pmol/l)	pmol/l		2,6 ± 0,3						
SF6 (fmol/l)	fmol/l		2,9 ± 0,3		3,1 ± 0,4				

überhöht

unauffällig

DMS =

Carbamazepin =

Iopamidol =

Dimethylsulfamid, entsteht als Metabolit der Fungizide Dichlofluanid und Tolyfluanid  
Arzneimittel

Röntgenkontrastmittel

Zur Einbindung der neuen Messstellen B1 bis B10 in das regionale Umfeld wurde das Untersuchungsgebiet im Westen bis zu den Messstellen 23F, 24F, 26F sowie 25T und im Norden bis zu der Doppelmessstelle GWM 9F / 8T des ZV Hohberggruppe erweitert. Alle Messstellen wurden im Jahr 2013 durch den ZV Hohberggruppe untersucht.

Die aktuellen Ergebnisse zum westlichen **Seitstrom** bestätigen grundsätzlich die früheren Untersuchungen (s. Tab. 23).

Die Messstelle 25T (OGWLu) zeigt bei beiden Untersuchungen die höchsten Acesulfam (Ac.)-Gehalte (1000 bzw. 1100 ng/l). Zudem ist der Dimethylsulfamid (DMS)-Gehalt deutlich erhöht (0,08 µg/l). Da die benachbarte flache Messstelle 24F (OGWLo) bei beiden Untersuchungen deutlich geringere Ac.-Gehalte aufweist (410 bzw. 470 ng/l), könnte dies als Hinweis interpretiert werden, dass für die hohen Gehalte bei der 25T (OGWLu) der Duttbacher Graben und für die geringen Gehalte an der 24F (OGWLo) der Kriegbach verantwortlich ist. Auf Basis der Bohrdaten zur Messstelle 25T befindet sich zwischen 12,7 und 16,0 m u. GOK hier ein fein- bis grobsandiger ZH1 (Anh. I B), der den OGWLo (24F) vom OGWLu (25T) trennt. Die Auswertungen in Kapitel 4.6 zeigen für die Mehrfachmessstelle 24F/25T ein etwas höheres Potential im OGWLo. Die vorhandene Differenz legt hier einen geringen hydraulischen Widerstand nahe.

Die beiden Acesulfam-Gehalte von 26F (480 bzw. 660 ng/l) liegen ebenfalls auf einem relativ hohen Niveau. Da die Messstelle südlich des Kriegbachs liegt, ist hier eindeutig der Einfluss durch den Duttbacher Graben angezeigt (s. auch Abb. 16). Dimethylsulfamid ist hier auch nachweisbar (0,03 µg/l), jedoch auf einem geringeren Niveau im Vergleich zu 25T und 24F.

An den Vorfeldmessstellen 21F, 21T, 22F und 23F der Brunnen 5 und 6 des ZV Hohberggruppe ist Acesulfam nicht (< 10 ng/l, Oktober 2013) oder, wie an der 23F am 15.06.2016, nur in Spuren nachweisbar (30 ng/l). Mit Ausnahme der 21T konnten nur Spuren von Dimethylsulfamid im Bereich der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden (0,02 bis 0,04 µg/l).

An der Doppelmessstelle 9F (OGWL) / 8T (MGWL) des ZV Hohberggruppe, die als Vorfeldmessstelle beider Brunnenstandorte (insbes. Brunnen 1, Brunnen 5 und Brunnen 6) anzusehen ist, konnte sowohl im Jahr 2013 als auch aktuell kein Acesulfam nachgewiesen werden. Auch Dimethylsulfamid konnte lediglich an der flachen GWM 9F in Spuren nachgewiesen werden (0,02 µg/l). An beiden Stichtagen konnten bei beiden Messstellen keine Einflüsse durch Uferfiltrat festgestellt werden (D-Exzess jeweils > 10 ‰).

Die Anzeigerparameter Dimethylsulfamid, Carbamazepin oder Iopamidol zeigten an keiner der Messstellen 9F, 21F, 21T, 22F, 23F, 24F, 25T, 26F einen Nachweis.

Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen ist der Zustrombereich der Brunnen 5 und 6 sowie des Brunnens 1 nicht oder nur gering durch Uferfiltrat des Duttbacher Grabens oder Kriegbachs beeinflusst. Auch die Nitratgehalte liegen hier auf einem insgesamt geringen bis sehr geringen Niveau (< 0,02 bis 6,1 mg/l).

Nach den vorliegenden Tritium-/SF<sub>6</sub>-Untersuchungen lässt sich für den westlichen Seitstrom des Philipp-Sees (bzw. Zustrom Brunnen 1, Brunnen 5 und Brunnen 6) im OGWLo ein Jungwasser mit einer Mittleren Verweilzeiten (MVZ) von 15 bis 30 Jahren ableiten. Für den OGWLu und MGWL sind Mischwässer angezeigt, wobei im OGWLu die tritiumfreien Grundwasseranteile in der Größenordnung von 30 bis 50 % und im MGWL von 50 bis 65 % liegen (GWM 8T). Die MVZ der Jungwasserkomponente liegt hier in der Größenordnung von 20 bis 40 Jahren. Die FCKW-Spezies F11, F12 und F113 sind insgesamt durch Abbau beeinflusst (s. Tab. 23).

**Tabelle 23:** Frühere und aktuelle Ergebnisse zu Seitstrom-Messstellen

Quelle Daten		FADER 2013	Hydro- isotop	FADER 2013	Hydro- isotop	FADER 2013	Hydro- isotop	Hydro- isotop	Hydro- isotop	FADER 2013	Hydro- isotop	FADER 2013	FADER 2013	FADER 2013	FADER 2003	Hydro- isotop	Hydro- isotop	FADER 2013	Hydro- isotop	FADER 2013	Hydro- isotop
Labor-Nr. Hydroisotop		251581	285923		285921	251580	285922	285273	285274		285924			252720	132475	284255	284254	250539	285919	250538	285920
Labor-Nr. FADER		275-36/13		275-34/13		275-35/13				275-33/13		275-32/13	275-41/13					275-25/13		275-24/13	
Bezeichnung		GWM 26F/12 (9/2013)	GWM 26F/12 (6/2016)	GWM 24F/12 (9/2013)	GWM 24F/12 (6/2016)	GWM 25T/12 (9/2013)	GWM 25T/12 (6/2016)	B5 F (5/2016)	B4 F (5/2016)	GWM 23F/12 (10/2013)	GWM 23F/12 (6/2016)	GWM 22 F/12 (7/2013)	GWM 21 F/12 (7/2013)	GWM 21 T/12 (7/2013)	149/307-1 (10/2001)	149/307-1 (4/2016)	B 9 F (4/2016)	GWM 9F/12 (7/2013)	GWM 9F/12 (6/2016)	GWM 8T/12 (7/2013)	GWM 8T/12 (6/2016)
Aquifer		OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>u</sub>	OGWL <sub>u</sub>	OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>u</sub>	OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>o</sub>	OGWL <sub>o</sub>	MGWL	MGWL
Datum		03.09.2013	15.06.2016	03.09.2013	15.06.2016	03.09.2013	15.06.2016	30.05.2016	30.05.2016	01.10.2013	15.06.2016	02.10.2013	02.10.2013	02.10.2013	23.10.2001	22.04.2016	22.04.2016	31.07.2013	15.06.2016	31.07.2013	15.06.2016
Filterbereich (e.)	m u. GOK	2,0 - 20,0	2,0 - 20,0	2,0 - 20,0	2,0 - 20,0	22,5 - 32,5	22,5 - 32,5	4,0 - 16,0	4,0 - 16,0	2,2 - 20,2	2,2 - 20,2	2,0 - 20,0	3,0 - 14,0	26,0 - 40,0	4,0 - 6,0	4,0 - 6,0	4,0 - 16,0	3,0 - 15,0	3,0 - 15,0	40,0 - 63,0	40,0 - 63,0
Hydrogenkarb. (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	277	276	353	359	326	349	237	283	298	290	311	277	271	314	287	271	277	267	262	256
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	45,0	47,1	30,6	29,2	37,8	37,4	22	15,1	35,4	32,3	18,5	29,9	39,0	7,6	4,6	17,4	12,5	13,7	22,4	23,2
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	120	115	117	113	145	141	92,9	70,8	85,2	86,4	95,0	79,2	84,6	58,4	29,8	90,5	86,6	89,8	73,0	79,4
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	<0,2	<0,2	0,9	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	<0,2	2,2	<0,2	<0,2	6,1	<0,2	0,8	0,4	1,9	<0,2
Bor	µg/l	40	53	50	57	70	70	<10	<10	30	27	30	<20	40		14	22	90	25	70	33
Acesulfam	ng/l	480	660	470	410	1000	1100	110	70	<10	30	<10	<10	<10				<10	<10		<10
DMS	µg/l	0,03		0,07		0,08				0,04		0,02	0,02	<0,01				0,02		<0,01	
Carbamazepin	µg/l	<0,01		<0,01		<0,01				<0,01		<0,01	<0,01	<0,01				<0,01			
Iopamidol	µg/l	<0,01		<0,01		<0,01				<0,01		<0,01	<0,01	<0,01				<0,01			
PSM und Biozidprodukte	µg/l	n.n. (< 0,02)		n.n. (< 0,02)		n.n. (< 0,02)				n.n. (< 0,02)		n.n. (< 0,02)	n.n. (< 0,02)	n.n. (< 0,02)				n.n. (< 0,02)		n.n. (< 0,02)	
Sauerstoff-18 (*18O)	‰	-8,36	-8,56	-8,24	-8,78	-8,36	-8,62	-8,08	-8,13	-8,42	-8,55	-8,46	-8,55	-8,63	-8,38	-8,42	-8,08	-8,55	-9,00	-8,52	-8,83
Deuterium (*2H)	‰	-57,8	-57,6	-56,4	-58,0	-56,9	-57,8	-55,8	-55,5	-57,1	-56,8	-57,7	-59,2	-59,9	-56,8	-56,5	-54,8	-57,4	-59,5	-57,6	-59,3
Deuterium-Exzess	‰	9,1	10,9	9,5	12,2	10,0	11,2	8,8	9,5	10,3	11,6	10,0	9,2	9,1	10,2	10,9	9,8	11,0	12,5	10,6	11,3
Tritium (*3H)	TU	7,3 ± 0,7		6,8 ± 0,8		5,9 ± 0,7		8,8 ± 0,7	6,8 ± 0,7			7,4 ± 0,7	7,4 ± 0,9	6,3 ± 0,7	16,0 ± 1,6		7,9 ± 0,8	7,8 ± 0,7	7,7 ± 0,7	4,3 ± 0,8	5,2 ± 0,5
F11 (pmol/l)	pmol/l	0,17 ± 0,05		0,06 ± 0,05		0,17 ± 0,05			0,14 ± 0,05			0,13 ± 0,05	0,7 ± 0,1	0,02 ± 0,05				0,42 ± 0,05		0,17 ± 0,05	
F12 (pmol/l)	pmol/l	0,25 ± 0,05		0,45 ± 0,05		0,63 ± 0,05			0,52 ± 0,05			0,25 ± 0,05	0,61 ± 0,05	0,07 ± 0,05				0,46 ± 0,05		0,03 ± 0,05	
F113 (pmol/l)	pmol/l	0,19 ± 0,05		0,10 ± 0,05		0,11 ± 0,05			0,10 ± 0,05			0,12 ± 0,05	0,09 ± 0,05	0,09 ± 0,05				0,04 ± 0,05		<0,01	
SF6 (fmol/l)	fmol/l	1,2 ± 0,2		1,6 ± 0,2		2,1 ± 0,2			1,6 ± 0,2			1,8 ± 0,2	1,9 ± 0,2	0,6 ± 0,1				1,2 ± 0,2		0,5 ± 0,1	
Beurteilung Altersstruktur	JW-Anteil	85 - 100 %		80 - 100 %		60 - 70 %				80 - 100 %		80 - 100 %	80 - 100 %	50 - 60 %				75 - 100 %		35 - 50 %	
	a MVZ JW	20 - 30 a		15 - 20 a		20 - 30 a				15 - 20 a		18 - 25 a	18 - 25 a	20 - 40 a				20 - 30 a		20 - 40 a	

Untersuchungsparameter zur Beurteilung der Altersstruktur    überhöht    unauffällig    vermutlich Abbau    durch Seewasser oder Uferfiltrat beeinflusst

DMS = Dimethylsulfamid, entsteht als Metabolit der Fungizide Dichlofluanid und Tolyfluorid

Carbamazepin = Arzneimittel

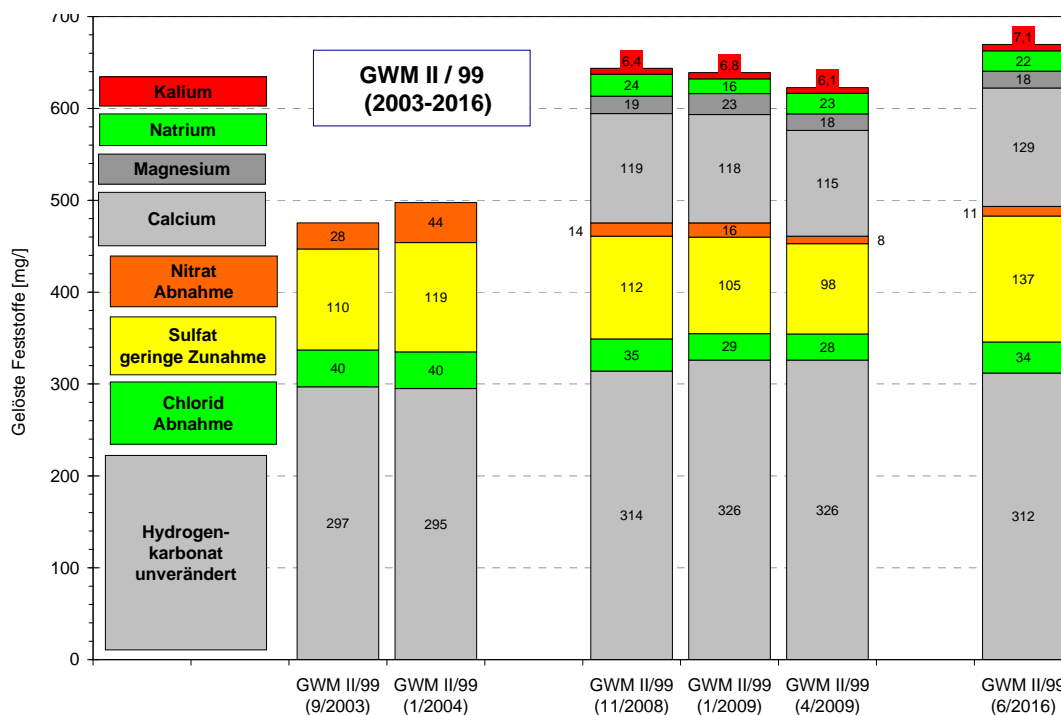
Iopamidol = Röntgenkontrastmittel



Von der Bestandsmessstelle GWM II/99 sowie der GWM 139/307-6 liegen aus den Jahren 2003 bis 2009 zusätzliche Untersuchungen vor (s. Tab. 24).

An der Messstelle **GWM II/99** (Filter 8-38 m u. GOK) sind die aktuellen Konzentrationen an Sulfat und Hydrogenkarbonat im Vergleich zu den früheren Werten etwas höher (Abb. 28), was hier auf einen höheren Einfluss des Randzustroms hindeutet. Zu Bor liegen keine Vergleichsdaten vor.

Die Nitratgehalte aus den Jahren 2003/2004 (28 bzw. 44 mg/l) sind gegenüber dem aktuellen Gehalt (11 mg/l) und den Gehalten der Jahre 2008/2009 (8-16 mg/l) deutlich höher (Abb. 28). Im Zusammenhang mit der flächenhaften Verbreitung der aktuellen Nitratgehalte (Abb. 13) fällt die GWM II/99 durch einen vergleichsweise zu geringen Gehalt auf. Alle benachbarten Messstellen und v. a. die im Zustrom liegende B1F zeigt deutlich höhere Nitratkonzentrationen (40 bis 125 mg/l). Auch die früheren Proben der Messstelle GWM III/99 aus den Jahren 2003/2004 zeigen Werte um etwa 40 mg/l (Tab. 24). Nach den Tritium-Untersuchungen aus den Jahren 2008/2009 deuten sich an der GWM II/99 Mischungsanteile einer tritiumfreien, alten Grundwasserkomponente an (vergleichbar B1T), die im Zustrom des Philipp-See aufsteigt. So ist an der Probe mit dem geringsten Tritiumgehalt auch der geringste Nitratgehalt festzustellen (Tab. 22: GWM II/99 am 03.04.2009:Tritium: 4,7 TU, NO<sub>3</sub>: 8,3 mg/l, 03.04.2009).



**Abb. 28:** Übersicht zu den gelösten Hauptinhaltsstoffen an der GWM II/99 (2003-2016)

Da die Messstelle **GWM III/99** im Bereich der aktuellen Erweiterungsfläche liegt, konnte sie nicht mehr beprobt werden. Die früheren Gehalte an Sulfat, Nitrat und Hydrogenkarbonat passen sehr gut ins Bild der aktuellen flächenhaften Verbreitung (vgl. Abb. 13 sowie Anlage 7 und 9: Flächenhafte Verbreitung der NO<sub>3</sub>-, SO<sub>4</sub>- bzw. HCO<sub>3</sub>-Gehalte).

Die Messstelle **139/307-6** ist schon früher (Jahre 2003/2004) durch extrem hohe Nitratgehalte von etwa 150 mg/l aufgefallen. Bei den Hydrogenkarbonat- (etwa 360 mg/l) und den Sulfat-Gehalten (125 -150 mg/l) zeigen sich keine wesentlichen Unterschiede gegenüber früher (2003/2004). Aus dem Gütemessnetz der LUBW liegen zu dieser Messstelle noch weitere umfangreiche Untersuchungen vor (siehe Kap. 7.5).

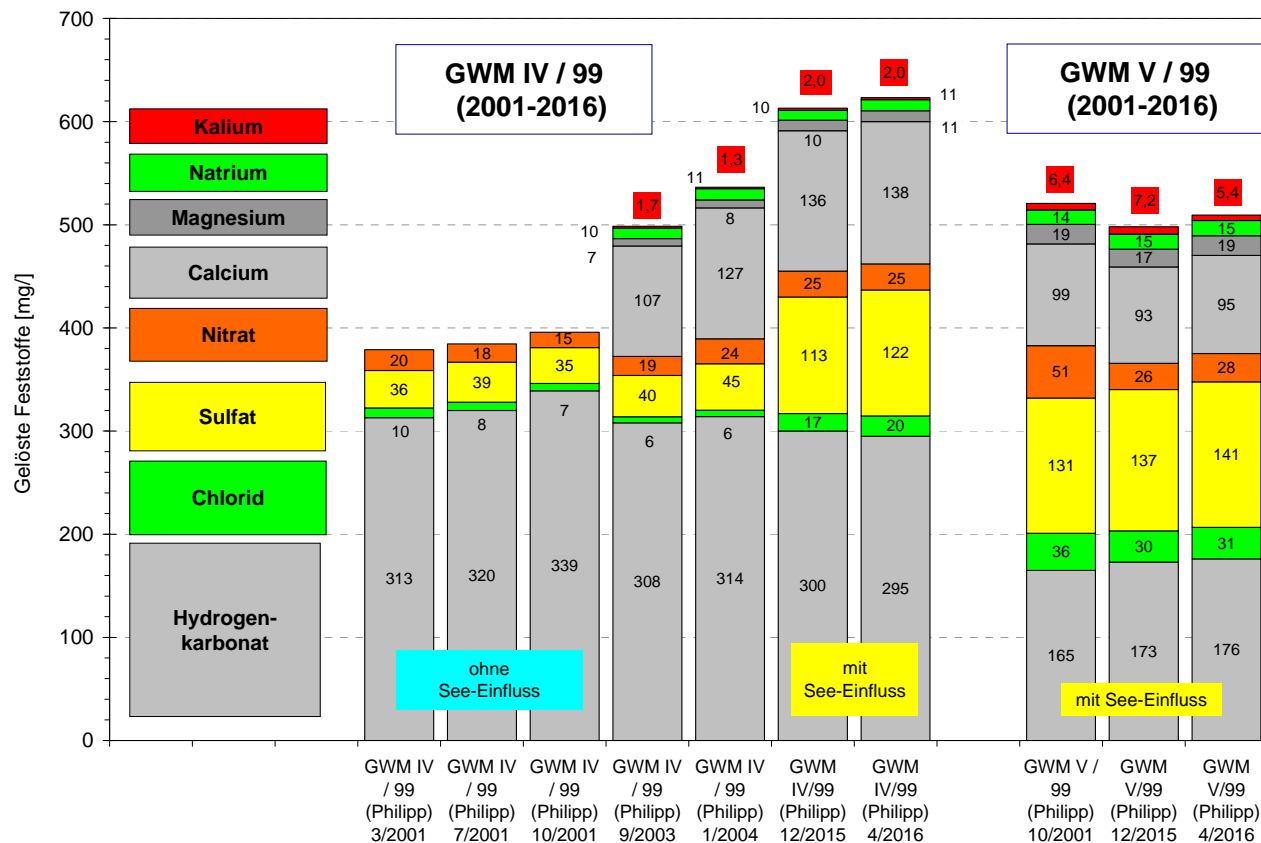
**Tabelle 24:** Frühere und aktuelle Ergebnisse zu Zustrom-Messstellen

Quelle Daten		Hydroisotop	BGL (2004)	BGL (2004)	BGL (2004)	BGL (2004)	BGL (2009)	BGL (2009)	BGL (2009)	Hydroisotop	Hydroisotop	Hydroisotop	BGL (2004)	BGL (2004)	Hydroisotop
Labor-Nr. Hydroisotop		285279								285917	279376	285276			285915
Bezeichnung		B7 F (5/2016)	GWM III / 99 (Philipp) 9/2003	GWM III / 99 (Philipp) 1/2004	GWM II / 99 (Philipp) 9/2003	GWM II / 99 (Philipp) 1/2004	GWM II / 99 (Philipp) 11/2008	GWM II / 99 (Philipp) 1/2009	GWM II / 99 (Philipp) 4/2009	GWM II / 99 (Philipp) 6/2016	B1 F (PV Ende) (12/2015)	B1 F (5/2016)	139/307 (9/2003)	139/307 (1/2004)	139/307 (6/2016)
Datum		30.05.2016	10.09.2003	14.01.2004	10.09.2003	14.01.2004	13.11.2008	22.01.2009	03.04.2009	15.06.2016	10.12.2015	30.05.2016	10.09.2003	14.01.2004	14.06.2016
Filterbereich (e)	m u. GOK	4,0 - 16,0	10,0 - 20,0	10,0 - 20,0	8,0 - 38,0	8,0 - 38,0	8,0 - 38,0	8,0 - 38,0	8,0 - 38,0	8,0 - 38,0	4,0 - 30,0	4,0 - 30,0	6,0 - 8,0	6,0 - 8,0	6,0 - 8,0
Meßtemperatur (Tw)	°C	13,1	11,6	11,8	12,0	11,9	12,0	11,5	14,2	12,9	12,1	13,3	12,5	12,8	12,5
spez. el. Lf (25°C) vor Ort	µS/cm	793	803	801	793	822	807	826	871	840	973	1039	1145	1115	1108
pH-Wert bei Tw		7,25	7,20	7,20	7,2	7,1	7,27	7,21	7,15	7,14	7,08	7,09	6,90	6,90	7,00
gelöster Sauerstoffgehalt	mg/l	3,7	0,06	0,25	0,03	0,29	0,7	0,35	1,24	0,1	1,5	0,1	0,22	0,5	< 0,1
Redoxpot. (berechnet)	mV	513								420	480	358			382
Hydrogenkarb. (HCO3-)	mg/l	254	299	303	297	295	314	326	326	312	316	316	356	362	365
Chlorid (Cl-)	mg/l	21,1					35,0	28,8	28,4	33,8	27,4	36,6	36,3	35,6	34,4
Sulfat (SO42-)	mg/l	90	100	98	110	119	112	105	98,3	137	172	226	137	134	145
Nitrat (NO3-)	mg/l	90,1	41,8	42,5	28,4	43,5	14,3	15,5	8,3	10,5	64,3	40,3	153	152	125
Bor	µg/l	46								91		68			170
Acesulfam	ng/l	20								< 10	< 20	< 20			< 10
Sauerstoff-18 (*18O)	‰	-7,87					-8,00	-8,08	-8,04	-8,27	-7,24	-7,38			-8,38
Deuterium (*2H)	‰	-54,1					-56,7	-57,0	-56,6	-55,4	-52,5	-51,9			-56,7
Deuterium-Exzess	‰	8,9					7,3	7,6	7,7	10,8	5,4	7,1			10,3
Tritium (*3H)	TU	8,0 ± 0,7					5,8	6,7	4,7			10,1 ± 0,7			
Beurteilung Altersstruktur	JW-Anteil	75 - 100 %					MW	MW	MW			90 - 100 %			
	a MVZ JW	20 - 50 a										20 - 50 a			

überhöht unauffällig MW = Mischwasser aus Jungwasser und Tritium-freiem Grundwasser

### 7.3 Näherer Abstrom des Philipp-Sees

Von den vergleichsweise nahe gelegenen Abstrom-Messstellen GWM IV/99 (Filter 7-9 m), GWM V/99 (Filter 8-38 m) und GWM VIII/99 (evtl. auch 132/307 genannt) liegen frühere Daten aus den Jahren 2001 bis 2004 vor (Tab. 25 und Abb. 29).



**Abb. 29:** Übersicht zu den gelösten Hauptinhaltsstoffen an GWM IV/99 und GWM V/99

An der Messstelle **GWM IV/99** zeigen sich deutliche Veränderungen bei den Sulfatgehalten (von 40 auf 120 mg/l) und Chloridgehalten (von 10 auf 20 mg/l). Zusätzlich ist eine Abnahme bei den Hydrogenkarbonatgehalten festzustellen (von 339 auf 295 mg/l).

Auf Basis der Isotopenuntersuchungen (IV/99:  $^{18}\text{O}$ : -8,5 ‰, Exz.: 9 ‰, Tritium: 10 - 11 TU) zeigen die Proben aus dem Jahr 2001 insgesamt keine nennenswerte Beeinflussung durch Philippsee-Uferfiltrat (See 2001:  $^{18}\text{O}$ : -6,2 ‰, Exz.: 1 ‰, Tritium: 15 - 17 TU). Diese isotopehydrologische Beurteilung passt auch sehr gut mit den hydrochemischen Werten zusammen, da das Uferfiltrat über den gesamten Zeitraum (2001 – 2016) durch vergleichsweise höhere Chloridgehalte (28 - 38 mg/l) und Sulfatgehalte (112 - 152 mg/l) charakterisiert ist (s. Abb. 24). Die geringen Chlorid- und Sulfatgehalte zusammen mit den vergleichsweise geringen Tritiumgehalten (10-11 TU) vom Jahr 2001 deuten insgesamt auf eine lokale Grundwasserneubildung mit MVZ von < 5 Jahren hin.

Die aktuell vergleichsweise hohen Hydrogenkarbonat- (etwa 300 mg/l) und vergleichsweise geringen Kaliumgehalte (etwa 2 mg/l) zeigen zusammen mit den Isotopen  $^{18}\text{O}/^2\text{H}$ , dass an der GWM IV/99 die Beeinflussung durch Seeuferfiltrat zwar zugenommen hat, im Vergleich zu den benachbarten B2F und GWM V/99 jedoch nach wie vor deutlich geringere See-Wasseranteile vorliegen (s. Anteile in Tab. 14).

Die Gründe/Ursache für die veränderte Anströmung an der GWM IV/99 liegt vermutlich an der letzten Erweiterung des Philipp-Sees nach S/SW, was zu einer Verschiebung der Kipplinie nach S/SW führt.



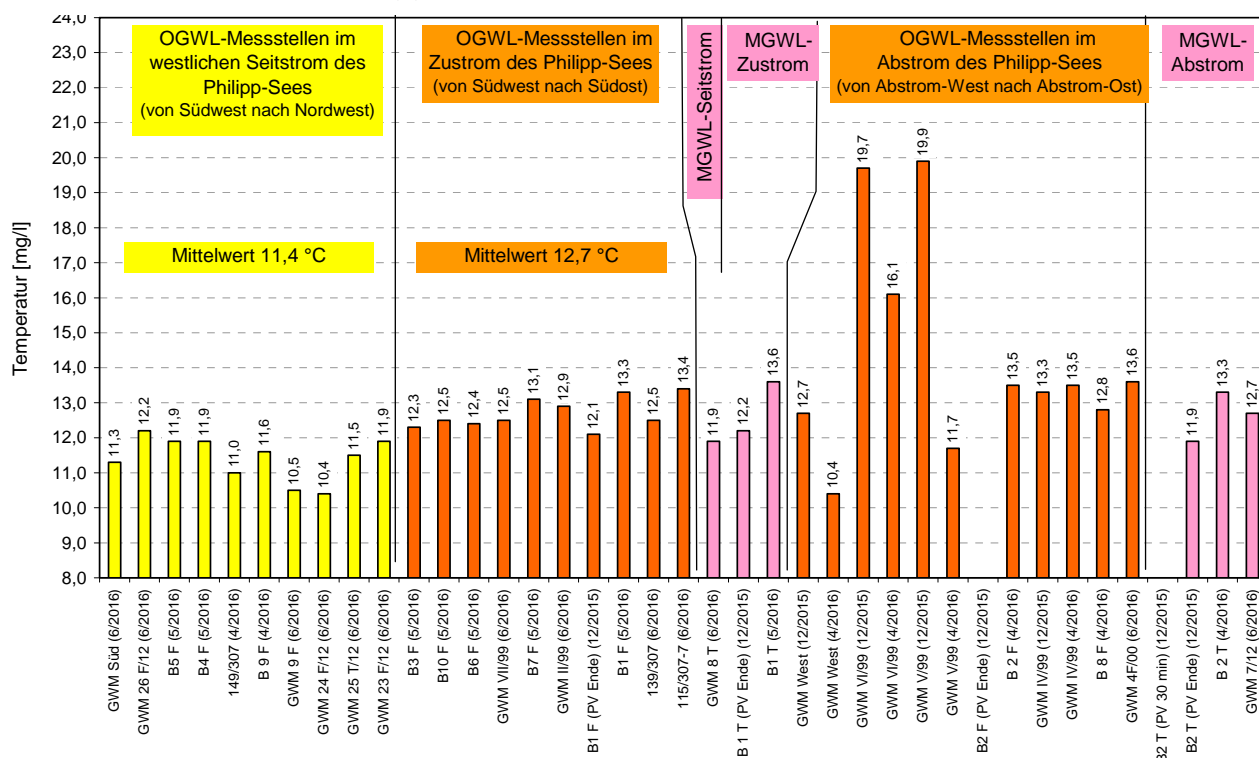
An der Messstelle **GWM V/99** zeigen sich, mit Ausnahme bei Nitrat, keine wesentlichen Veränderungen bei der Beschaffenheit. Die vergleichsweise hohen Nitrat- und Tritiumgehalte vom Jahr 2001 spiegeln hier die Gehalte vom Philipp-See wider (Vergleich Abb. 24 und 29). Die vorliegenden Daten zur GWM V/99 deuten somit auf unverändert hohe Uferfiltratanteile des Philipp-Sees in der Größenordnung oberhalb 75 % hin.

Die **Wassertemperaturen** geben zusätzlich qualitative Detailinformationen zu den Messstellen im nahen Abstrom des Philipp-Sees. In Abbildung 30 sind die Temperaturen zu den aktuellen Probenahmen aufgeführt.

Die deutlich erhöhten und zudem stark variierenden Wassertemperaturen an der Messstelle GWM V/99 (11,7°C/19,9°C, Filter 8-38 m, Q = 0,3 l/s) und GWM VI/99 (16,1°C/19,7°C, Filter 7-9 m, Q = 0,3 l/s) lassen hier grundsätzlich auf hohe Uferfiltratanteile schließen. Da die höheren Temperaturen im Dezember (11.12.2015) und die geringen im April (22.04.2016) gemessen wurden, deutet sich ein zeitlicher Versatz von etwa 4 bis 6 Monaten an. Das heißt, die vergleichsweise hohen Grundwassertemperaturen vom Dezember 2015 (etwa 20°C) sind auf Philipp-See-Uferfiltrat aus dem Zeitraum Juni bis August 2015 bzw. die geringeren Grundwassertemperaturen im April 2016 (12 bzw. 16°C) sind auf Uferfiltrat aus dem Zeitraum Oktober 2015 bis Dezember 2015 zurück zu führen. Der o.g. zeitliche Versatz ist jedoch nicht als Abstandsge-  
schwindigkeit anzusehen, da die Wassertemperaturen im abstromigen Aquifer durch Temperaturabgabe und -annahme beeinflusst werden.

Im Gegensatz dazu bestätigen die quasi fehlenden Schwankungen an der GWM IV/99 (13,3 bzw. 13,5°C) die anteilig geringe Beeinflussung durch Uferfiltrat.

Anhand Abbildung 30 lässt sich auch erkennen, dass die mittleren Wassertemperaturen im Zustrom des Philipp-Sees (12,7 °C) gegenüber den mittleren Temperaturen des westlichen Seitstroms (11,4 °C) um etwa 1 °C erhöht sind, was im Zustrom auf den Einfluss des Hardtsees und ggf. Heidesees zurück zu führen ist.



**Abb. 30:** Übersicht zur Wassertemperatur während der Probenahmen

**Tabelle 25:** Frühere und aktuelle Ergebnisse zu nahen Abstrom-Messstellen

Quelle Daten		FADER 2003	FADER 2003	FADER 2003	BGL (2004)	BGL (2004)	Hydroisotop	Hydroisotop	FADER 2003	Hydroisotop	Hydroisotop	BGL (2004)	BGL (2004)	BGL (2009)
Labor-Nr. Hydroisotop							279375	284248		279379	284250			
Labor-Nr. FADER														
Bezeichnung		GWM IV / 99 (Philipp) 3/2001	GWM IV / 99 (Philipp) 7/2001	GWM IV / 99 (Philipp) 10/2001	GWM IV / 99 (Philipp) 9/2003	GWM IV / 99 (Philipp) 1/2004	GWM IV/99 (Philipp) 12/2015	GWM IV/99 (Philipp) 4/2016	GWM V / 99 (Philipp) 10/2001	GWM V/99 (Philipp) 12/2015	GWM V/99 (Philipp) 4/2016	GWM VIII / 99 (Philipp) 9/2003	GWM VIII / 99 (Philipp) 1/2004	132/307 (evtl. GWM III/99) 9/2008
Datum		19.03.2001	19.07.2001	29.10.2001	10.09.2003	14.01.2004	10.12.2015	22.04.2016	24.10.2001	11.12.2015	22.04.2016	10.09.2003	14.01.2004	08.09.2008
Filterbereich (e)	m u. GOK	7,0 - 9,0	7,0 - 9,0	7,0 - 9,0	7,0 - 9,0	7,0 - 9,0	7,0 - 9,0	7,0 - 9,0	8,0 - 38,0	8,0 - 38,0	8,0 - 38,0			
Meßtemperatur (Tw)	°C	12,3	11,9	12,8	12,7	13,3	13,3	13,5	18,6	19,9	11,7	20,6	11,3	
spez. el. Lf (25°C) vor Ort	µS/cm	613	579	614	582	602	738	761	740	671	683	717	728	
pH-Wert bei Tw		7,11	7,17	7,27	7,3	7,2	7,1	7,3	7,32	7,26	7,5	7,2	7,4	
gelöster Sauerstoffgehalt	mg/l	9,3	10,3	9,5	8,7	8,9	5,9	5,1	1,7	0,1	3,6	3,6	2,45	
Redoxpotential (berechnet)	mV	489	397	399			514	237		400	501			
Natrium (Na+)	mg/l				10,2	10,9	9,6	10,6	13,9	14,5	14,6			
Kalium (K+)	mg/l				1,7	1,3	2,0	2,0	6,4	7,2	5,4			
Calcium (Ca2+)	mg/l				107	127	136	138	98,6	93,4	95,1			
Magnesium (Mg2+)	mg/l				7,2	7,7	10,3	10,6	19,0	17,2	19,1			
Hydrogenkarbonat (HCO3-)	mg/l	313	320	339	308	314	300	295	165	173	176	222	164	
Chlorid (Cl-)	mg/l	9,5	7,9	7,2	5,9	6,2	17,0	19,7	36,0	30,2	30,7			
Sulfat (SO42-)	mg/l	36,3	38,8	34,7	40,0	45,0	113	122	131	137	141	125	141	
Nitrat (NO3-)	mg/l	20,0	17,7	14,9	18,5	24,2	25,1	25,3	50,8	25,5	27,5	14,6	55,3	
Bor	µg/l							33			45			
Silizium	mg/l				7,36	7,76	5,9	5,9		1,7	1,1			
Sauerstoff-18 (*18O)	‰	-8,46	-8,42	-8,45			-6,37	-6,79	-6,05	-4,95	-5,09			-4,97
Deuterium (*2H)	‰	-58,2	-58,9	-58,0			-47,9	-47,8	-42,9	-42,0	-41,1			-41,9
Deuterium-Exzess	‰	9,5	8,5	9,6			3,1	6,5	5,5	-2,4	-0,4			-2,1
Tritium (*3H)	TU	10,9 ± 1,3		10,2 ± 1,0					16,5 ± 0,9		7,4 ± 1,0			11,4

ohne Verdunstungseinfluss

SO4 unauffällig

SO4 leicht erhöht

mit Verdunstungseinfluss



## 7.4 Weiterer Abstrom des Philipp-Sees

Im weiteren Abstrombereich des Philipp-Sees (Entfernung etwa 1 km) liegen von den Messstellen GWM 4/00 (OGWL) und GWM 7/12 (MGWL) Vergleichsdaten aus dem Zeitraum 2001 bis 2016 vor. (Tab. 26).

Die Mehrfachmessstelle GWM 9/12 (OGWL) / GWM 8/12 (MGWL), die ebenfalls etwa 1 km abstromig des Philipp-Sees liegt, wurde bereits in Kapitel 7.2 im Zusammenhang mit dem westlichen Seitstrom behandelt.

**Tabelle 26:** Frühere und aktuelle Ergebnisse zu weiter entfernten Abstrom-Messstellen

Quelle Daten		FADER 2003	FADER 2003	FADER 2003	FADER 2013	Hydro- isotop	FADER 2013	Hydro- isotop
Labor-Nr. Hydroisotop		126178		132661	251578	285925	250537	285928
Labor-Nr. FADER							275-23/13	
Bezeichnung		GWM 4F/00 Hohberg (3/2001)	GWM 4F/00 Hohberg (7/2001)	GWM 4F/00 Hohberg (10/2001)	GWM 4F/00 Hohberg (9/2013)	GWM 4F/00 Hohberg (6/2016)	GWM 7T/12 (7/2013)	GWM 7T/12 (6/2016)
Datum		20.03.2001	19.07.2001	29.10.2001	03.09.2013	15.06.2016	31.07.2013	15.06.2016
Filterbereich (e)	m u. GOK	22,0 - 29,0	22,0 - 29,0	22,0 - 29,0	22,0 - 29,0	22,0 - 29,0	40,0 - 60,0	40,0 - 60,0
Meßtemperatur (Tw)	°C	11,8	12,2	12,4	12,9	13,6	12,7	12,7
spez. el. Lf (25°C) vor Ort	µS/cm	788	757	797	784	738	768	758
pH-Wert bei Tw		7,26	7,35	7,22	7,50	7,35	7,34	7,26
gel. Sauerstoffgehalt	mg/l	2,1	2,3	2,6	3,0	1,0	0,1	< 0,1
Redoxpotential (ber.)	mV	469	294	491		387		324
Natrium (Na <sup>+</sup> )	mg/l				25,8	20,2	13,3	14
Kalium (K <sup>+</sup> )	mg/l				4,4	4,1	2,5	2,8
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l				110	112	113	113
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l				12,2	12,8	19,5	21,1
Hydrogenkarb. (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	209	211	217	204	204	259	247
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	48,5	56,3	50,6	45,2	40,2	32,2	33,4
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	105	98,2	94,4	118	124	106	119
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	57,5	48,1	45,5	37,5	34,6	32,6	36,1
Bor	µg/l				20	45	< 20	37
Acesulfam	ng/l				< 10	< 10		< 10
DMS	µg/l				0,08		0,07	
Carbamazepin	µg/l				<0,01			
Iopamidol	µg/l				<0,01			
PSM und Biozidprodukte	µg/l				n.n. (< 0,02)		n.n. (< 0,02)	
Sauerstoff-18 (*18O)	‰	-7,30	-7,02	-7,01	-6,42	-6,49	-7,07	-7,29
Deuterium (*2H)	‰	-50,3	-49,7		-47,4	-46,8	-49,9	-50,8
Deuterium-Exzess	‰	8,1	6,5		4,0	5,1	6,7	7,5
Tritium (*3H)	TU	17,6 ± 1,5		16,0 ± 0,9	8,4 ± 0,7		5,8 ± 0,6	
F11 (pmol/l)	pmol/l	2,5 ± 0,3			6,3 ± 0,7		0,06 ± 0,05	
F12 (pmol/l)	pmol/l	2,4 ± 0,2			11 ± 3		3,2 ± 0,2	
F113 (pmol/l)	pmol/l	0,2 ± 0,05			0,14 ± 0,05		0,02 ± 0,05	
SF6 (fmol/l)	fmol/l				3,5 ± 0,4		2,2 ± 0,3	
Beurteilung Altersstruktur	JW-Anteil	60-100 %			65 - 75 %		50-90 %	
	a MVZ JW	10 - 60 a			30 - 60 a		0 - 60 a	

durch Seewasser oder Uferfiltrat beeinflusst

vermutlich Abbau

EPM 75:25

überhoht

unauffällig

Untersuchungsparameter zur Beurteilung der Altersstruktur

DMS = Dimethylsulfamid, entsteht als Metabolit der Fungizide Dichlofluanid und Tolyfluanid  
Carbamazepin = Arzneimittel  
Iopamidol = Röntgenkontrastmittel



An der Messstelle **GWM 4F/00** (Filter 22-29 m, OGWLu) zeigen sich im Zeitraum 2001 bis 2016 insgesamt keine wesentlichen Veränderungen bei der Beschaffenheit.

Im Detail lassen sich nachstehende Punkte aus den vorliegenden Daten ableiten:

- 1) Bereits im Jahr 2001 ist ein deutlicher Einfluss durch Seewasser erkennbar. Die isotopisch etwas leichteren Gehalte aus dem Jahr 2001 könnten A) auf etwas geringere Uferfiltratanteile oder B) auf die im Jahr 2001 ebenfalls vergleichsweise leichteren Gehalte des Philipp-Sees zurück zu führen sein (siehe hierzu Abb. 26).
- 2) Die Nitratgehalte sind von etwa 58 mg/l (2001) auf 35 mg/l (2016) gefallen, was mit den abnehmenden Nitratgehalten im Philipp-See zusammen hängt (s. Abb. 25).
- 3) Auch bei den Chloridgehalten ist eine Abnahme von etwa 50 mg/l (2001) auf 40 mg/l (2016) festzustellen, was mit einem erhöhten Einfluss durch Seewasser zusammen hängen könnte.
- 4) Der Anstieg bei den Sulfatgehalten von etwa 100 mg/l (2001) auf 125 mg/l (2016) könnte auch Folge eines erhöhten Einflusses durch Seewasser sein.
- 5) Von den Anzeigerparametern ist nur Dimethylsulfamid (DMS) in einer erhöhten Konzentration nachweisbar. Alle anderen Anzeigerparameter - Acesulfam, Carbamazepin, Iopamidol und Bor - sind nicht oder in einem noch unauffälligen Bereich nachweisbar.
- 6) Nach den vorliegenden Ergebnissen zu den Altersstruktur-Parametern (Tritium, SF6 und FCKW) handelt es sich um ein überwiegend junges Grundwasser (60-100%) mit einer bisher schwer eingrenzbaeren mittleren Verweilzeit der Jungwasserkomponente von 10-60 Jahren.

Von der Messstelle **GWM 7T/12** (Filter 40-60 m, MGWLo) liegt lediglich eine Vergleichsprobe aus dem Jahr 2013 vor. Es zeigt sich insgesamt keine wesentliche Veränderung bei der Beschaffenheit. Die Anteile an See-Uferfiltrat scheinen unverändert in einer Größenordnung von etwa 25-30 % zu liegen (s. hierzu auch Tab 16). Der Tritiumgehalt von 5,8 TU aus dem Jahr 2013 deutet hier auf relativ hohe Jungwasseranteile von über 50 % hin. Aufgrund von Abbau- (F11, F113) und Überhöhungs-Effekten (F12) sowie Beeinflussung durch Seewasser (SF6) ist eine genauere Aussage zu Jungwasseranteilen sowie zur Mittleren Verweilzeit nicht möglich.

Die hohen Jungwasseranteile sind auch der Grund für den vergleichsweise hohen Nachweis an Dimethylsulfamid (0,07 µg/l, vergleichbar GWM 4F/00 mit 0,08 µg/l). Weitere Untersuchungen auf Dimethylsulfamid (s. Anlage 21 sowie Kap. 7.5: DMS von GWM 139/307-6) belegen einen DMS-haltigen Zustrom aus östlicher Richtung (z. B. aus Richtung Kronau; GWM 3F/00: 0,11 µg/l DMS, Br. 3 Hohberggr.: 0,09 µg/l DMS)

Bei den relativ hohen Nitratgehalten an GWM 7T/12 (etwa 35 mg/l) könnten im Zusammenhang mit den geringen bis nicht nachweisbarer Sauerstoffgehalten sogar noch höhere Gehalte im Zustrom möglich sein.

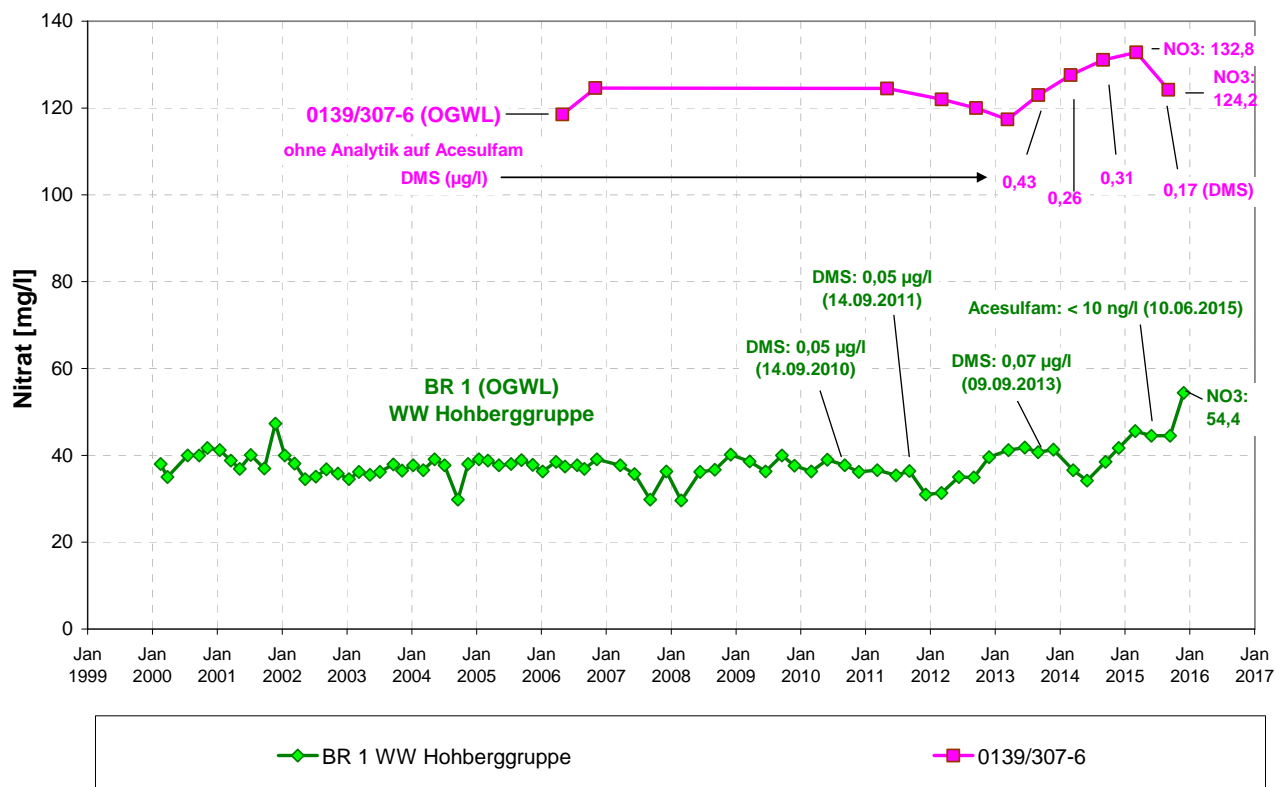
## 7.5 Vergleich mit Zeitreihenuntersuchungen der LUBW

Der Jahresdatenkatalog Grundwasser der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) enthält ausgewählte physikalisch-chemische Messwerte und Beschaffenheitswerte aus dem Grundwasserüberwachungsprogramm der LUBW (<http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/68854/>).

Im Umfeld des Philipp-Sees befinden sich zwei Gütemessstellen der LUBW. Die Messstelle 139/307-6 (Filter 6-8 m) liegt unmittelbar südlich des Philipp-Sees und ist durch seine hohen Nitratgehalte aufgefallen. Die zweite Gütemessstelle ist der Brunnen 1 des ZV Hochberggruppe. Der Brunnen 1 ist der westlichste Brunnen der Brunnengruppe Br. 1 bis 4 und erfasst mit seiner Endteufe von 34 m den OGWL (s. Abb. 4).

Der auffällig hohe Nitratgehalt, der an der **Messstelle 139/307-6** bei den aktuellen Untersuchungen im Juni 2016 festgestellt wurde (125 mg/l), lässt sich durch die Güteuntersuchungen der LUBW bestätigen (s. Abb. 31: 124,2 mg/l am 14.09.2015). Erstaunlicherweise ist die Belastung seit 2006 unverändert hoch. Der zusätzliche Nachweis von Dimethylsulfamid (DMS: 0,17 bis 0,43 µg/l, mit Trend zu geringeren Gehalten zwischen dem Jahr 2013 und 2015), das als Metabolit der Fungizide Dichlofluanid und Tolyfluanid entsteht, deutet hier auf intensiven Gartenbau im näheren Zustrombereich hin.

Der **Brunnen 1 der ZV Hochberggruppe** wird ebenfalls im Rahmen des Grundwasserüberwachungsprogramms untersucht. Die Nitratgehalte lagen im Zeitraum 2000 bis 2014 in der Größenordnung von 30 bis 40 mg/l. Seit Anfang 2015 lassen sich Nitratgehalte zwischen etwa 40 und 55 mg/l erkennen (54,4 mg/l am 10.12.2015). Möglicherweise spielt hier eine veränderte Entnahmesituation an der Brunnengruppe eine Rolle. Das Thema wird noch mal im folgenden Kapitel 7.6 aufgegriffen.



**Abb. 31:** Ganglinien zu Nitratgehalten von Gütemessstellen der LUBW (2000 bis 2015)

## 7.6 Vergleich zu umliegenden Wasserschutzgebieten

Der Philipp-See befindet sich im südlichen Randbereich der Schutzzone III b des Wasserschutzgebietes ZV Hohberggruppe. Die beiden Varianten zur geplanten Erweiterung reichen in Richtung Südwest (s. Abb. 2A) bzw. Süd (s. Abb. 2B) und greifen somit nicht tiefer in das Wasserschutzgebiet der ZV Hohberggruppe ein (Abb. 3).

Auf Basis der bisherigen Auswertungen

- zur Grundwasserfließrichtung (Kap. 4.5)
- zur Abgrenzung von Ab- und Seitstrom des Philipp-Sees (Kap. 6.1 und Abb. 27)
- zu den stabilen Isotopen; Kap. 5 sowie Abb. 20 und 21)
- zu den Hydrogenkarbonat-Gehalten (Anl. 9)
- zu den Anzeigerparametern (Abb. 19)

liegt der Hinweis vor, dass die Brunnen 1 bis 4 der ZV Hohberggruppe durch Philipp-See- und/oder Reimold-See-Uferfiltrat beeinflusst werden. Zur Abschätzung der Uferfiltrat-Anteile mittels einfacher linearer Mischungsrechnung wurden gemäß Abbildung 32 folgende Referenzwerte angesetzt:

Isotopensignatur des seeunbeeinflussten Grundwassers:  $\delta^{18}\text{O} = -8,5 \text{ ‰}$   
(mittlerer Zustrom Philipp-See mit Einfluss Hardtsee:  $-8,2 \text{ ‰}$ )

Isotopensignatur des Seewassers:  $\delta^{18}\text{O} = -4,8 \text{ ‰}$

Auf Grundlage der Mischungsrechnung können die in Tabelle 27 aufgeführten Seewasseranteile für die Brunnen 1 bis 6 der ZV Hohberggruppe sowie für die Vorfeldmessstellen im südlichen Randbereich der Schutzzone III a des Wasserschutzgebietes ZV Hohberggruppe bestimmt werden (Abb. 33: Lage der Messstellen). Eine eindeutige Zuordnung der Seewassereinflüsse zum Philipp-See oder Reimold-See ist auf Basis der stabilen Isotope nicht möglich, weshalb die Seewasseranteile als Summe beider Seebeeinflussungen anzusehen sind. Ein Ansatz zur Unterscheidung der beiden Seewassereinflüsse könnten die Kaliumgehalte darstellen. Die relativ geringen Kaliumgehalte der GWM 7T (2,8 mg/l) deuten somit eher auf Einflüsse durch den Reimold-See hin.

**Tabelle 27:** Einstufung Seewasseranteile der Brunnen 1 bis 6 der ZV Hohberggruppe und Vergleich mit Vorfeldmessstellen im OGWL und MWGL

Summe Seewasseranteile Philipp- und /oder Reimold-See	GWM / Brunnen Oberes GW-Stockwerk	GWM / Brunnen Mittleres GW-Stockwerk
Ohne Seewasseranteile	Brunnen 5, Brunnen 6, GWM 1F/00	GWM 5 (MGWL), GWM 8 (MGWL)
Seewasseranteile bis 10 %	Brunnen 1	Brunnen 4
Seewasseranteile bis 20 %	Brunnen 2	
Seewasseranteile bis 30 %	Brunnen 3, GWM 2F/00	GWM 2T/00
Seewasseranteile bis 40 %		GWM 6 (MGWL), GWM 7 (MGWL)
Seewasseranteile bis 50 %	GWM 3F/00	



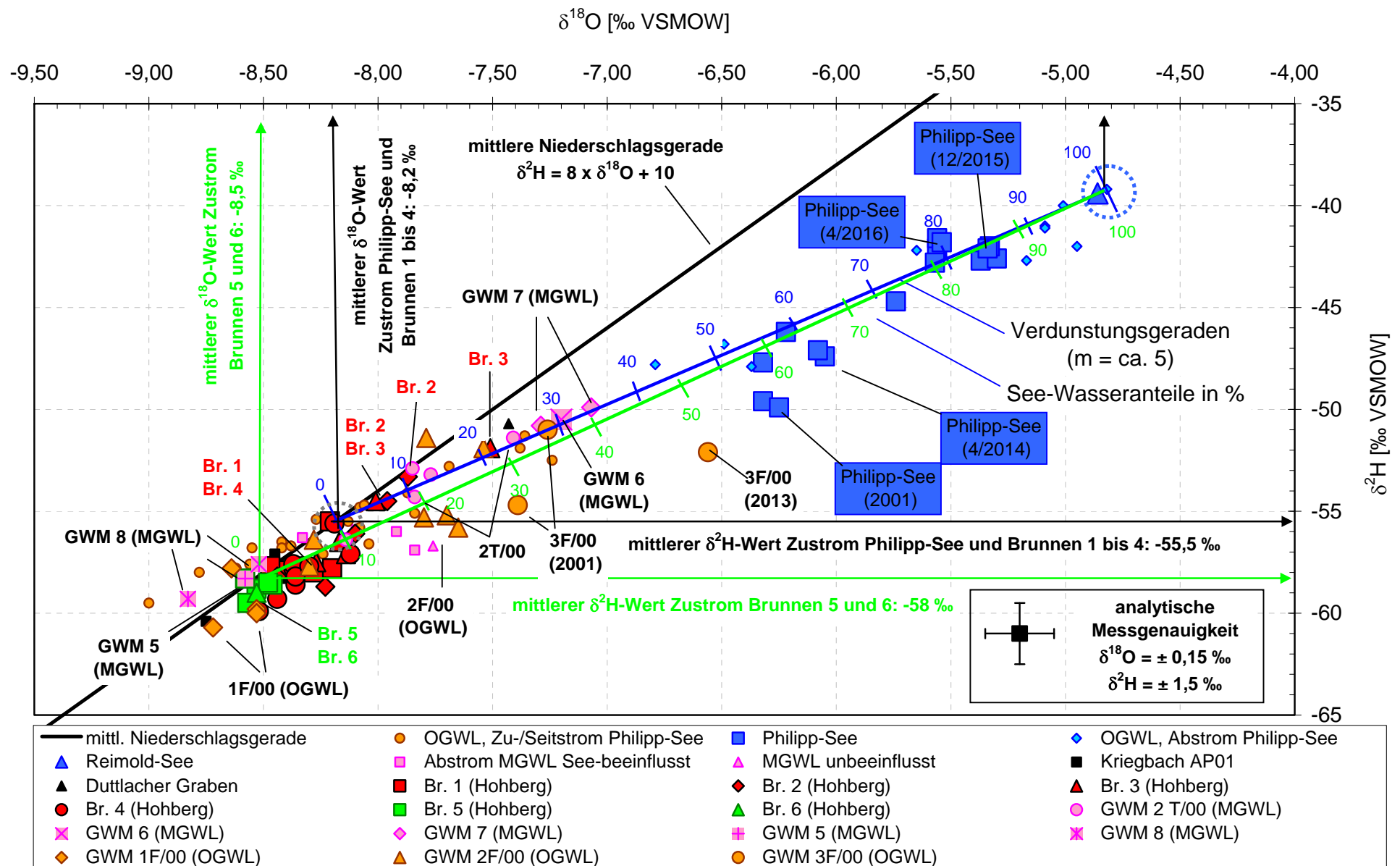
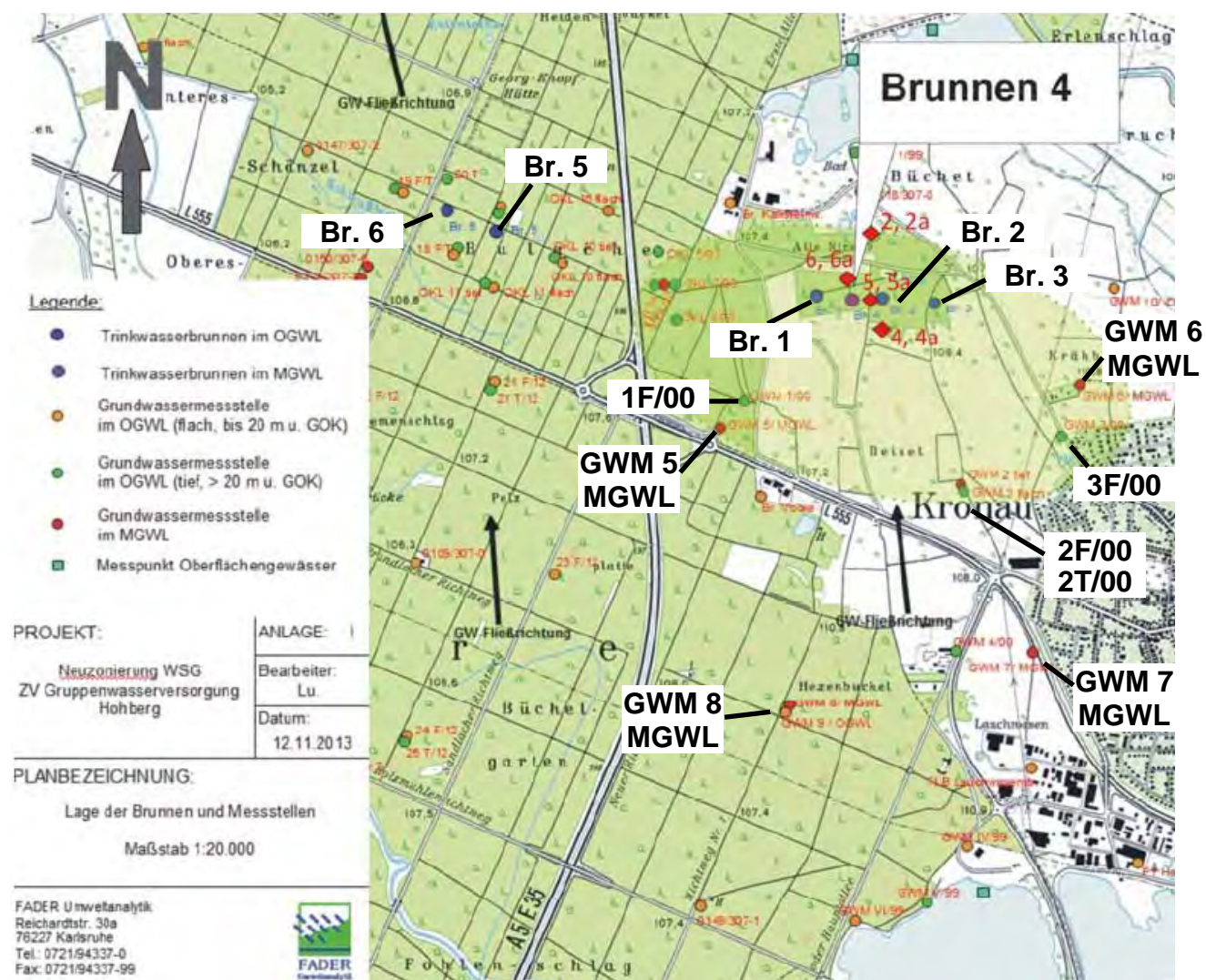


Abb. 32: Korrelation des Deuterium- versus des Sauerstoff-18-Gehalts

Eine detaillierte Übersicht zur Lage der Brunnen 1 bis 6 der ZV Hohberggruppe sowie der Vorfeldmessstellen im südlichen Randbereich der Schutzzone III a des Wasserschutzgebietes ZV Hohberggruppe ist in Abbildung 33 gegeben.



**Abb. 33:** Übersicht zur Lage der Brunnen 1 bis 6 der ZV Hohberggruppe

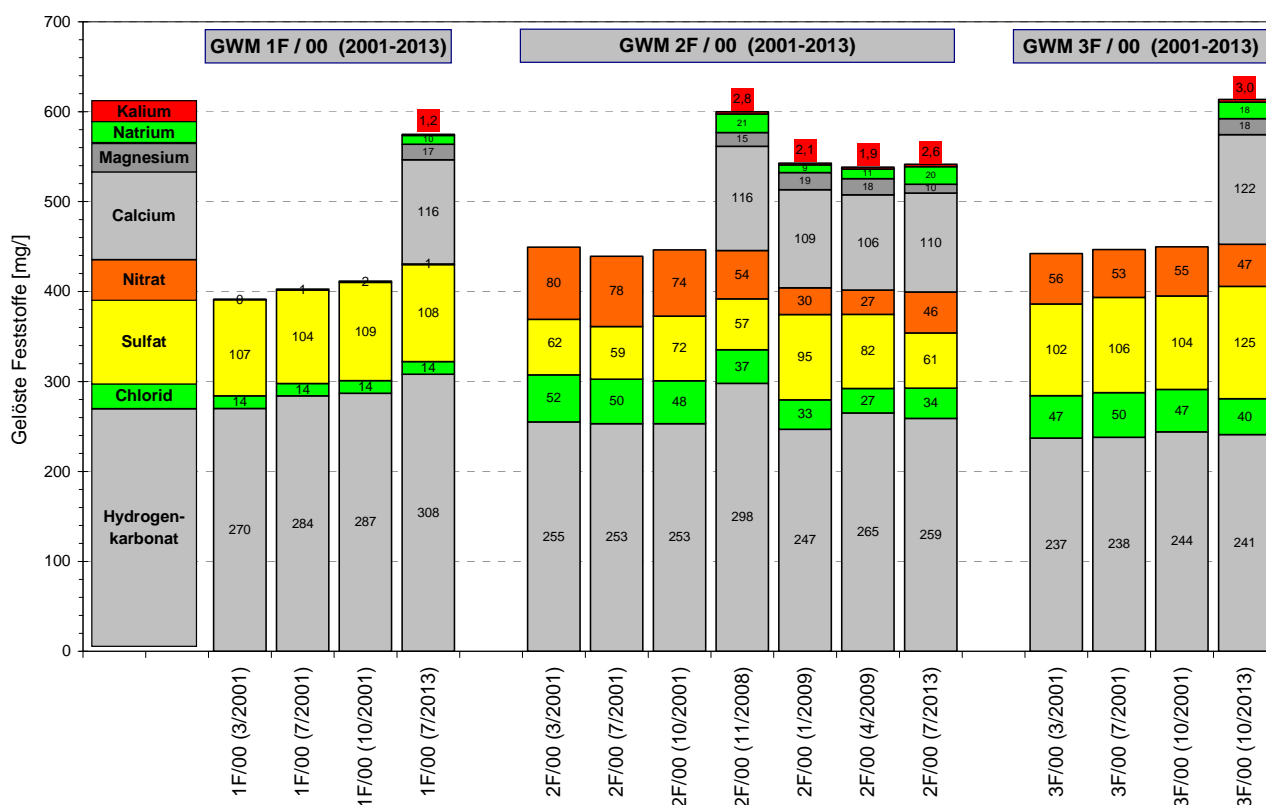
An den Brunnen 5 und 6 der ZV Hohberggruppe konnten keine Seewasseranteile festgestellt werden. Diese beiden Brunnen, wie auch die Brunnen der Lußhardtgruppe (westlich des Kriegbaches), liegen westlich des Einfluss- bzw. Abstrombereichs des Philipp-Sees. Die  $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ -Gehalte liegen hier im Bereich von -8,5 ‰ bzw. -58 ‰.

An den Brunnen 1 bis 4 der ZV Hohberggruppe konnten Seewasseranteile von bis zu 30 % abgeschätzt werden (Tab. 27). Der östliche Brunnen 3 (OGWL) zeigt hier die höchsten (30 %) und der westliche Brunnen 1 (OGWL) die geringsten Seewasseranteile (10 %). An den beiden zentral liegenden Brunnen - Brunnen 4 (MGWL) und Brunnen 2 (OGWL) - lassen sich Seewasseranteile von bis zu 10 % bzw. bis zu 20 % erkennen.

Für die sehr hohen Nitratgehalte am Brunnen 2 (69 bis 87 mg/l, 2001-2013) und Brunnen 3 (63 bis 109 mg/l, 2001-2013) ist nach den Abschätzungen zu den Seewasseran-

teilen demnach der aus östlicher Richtung zuströmende Randzustrom verantwortlich, vergleichbar dem nitrathaltigen Randzustrom im Zustrom des Philipp-Sees (z. B. 139/307-6 mit  $> 100 \text{ mg/l NO}_3$ ).

Am Brunnen 1 wurden von den drei Brunnen im OGWL bisher die deutlich geringsten Nitratgehalte festgestellt (32 bis 37 mg/l, 2001-2013). Dies liegt jedoch weniger an den „unwesentlich“ geringeren Seewasseranteilen, sondern mehr an der Tatsache, dass die Brunnen 2 und 3 quasi als „Schutzbrunnen“ den Brunnen 1 vor dem stark nitrathaltigen Randzustrom schützen. In Abhängigkeit von der Entnahmesituation an den Brunnen kann dieser Effekt verändert werden. Sollten beispielsweise die östlich liegenden Brunnen 2 und 3 nicht oder nur gering betrieben werden, könnte sich der Brunnen 1 die nitrathaltigen Grundwässer aus östlicher Richtung stärker beiziehen, was möglicherweise die Erklärung für die aktuell hohen Nitratgehalte am Brunnen 1 ist (siehe Abbildung 31: 54,4 mg/l Nitrat am 10.12.2015), da die aktuellen Entnahmeraten an den Brunnen 2 und 3 tatsächlich reduziert wurden. Eine verstärkte Grundwasserentnahme am Brunnen 1 führt vermutlich an der GWM 2F/00 zu einer Veränderung bei den Nitratgehalten, was die Trendwende an der GWM 2F/00 erklären könnte (siehe Abbildung 34 und Tabelle 28: von 3/2001 bis 4/2009 Reduzierung der Nitratgehalte von 80 auf 27 mg/l, im Juli 2013 zeigt sich wieder ein erhöhter Nitratgehalt von 46 mg/l).



**Abb. 34:** Hauptinhaltsstoffe der Messstellen 1F/00, 2F/00 und 3F/00 (2001-2013)



**Tabelle 28:** Ergebnisse zu den Vorfeldmessstellen 1/00, 2/00 und 3/00 des ZV Hohberggruppe

Bezeichnung		GWM 1F/00 Hohberg (3/2001)	GWM 1F/00 Hohberg (7/2001)	GWM 1F/00 Hohberg (10/2001)	GWM 1F/00 Hohberg (7/2013)	GWM 2F/00 Hohberg (3/2001)	GWM 2F/00 Hohberg (7/2001)	GWM 2F/00 Hohberg (10/2001)	GWM 2F/00 Hohberg (11/2008)	GWM 2F/00 Hohberg (1/2009)	GWM 2F/00 Hohberg (4/2009)	GWM 2F/00 Hohberg (7/2013)	GWM 3F/00 Hohberg (3/2001)	GWM 3F/00 Hohberg (7/2001)	GWM 3F/00 Hohberg (10/2001)	GWM 3F/00 Hohberg (10/2013)
Datum		19.03.2001	19.07.2001	25.10.2001	30.07.2013	26.03.2001	19.07.2001	25.10.2001	13.11.2008	22.01.2009	03.04.2009	29.07.2013	21.03.2001	19.07.2001	29.10.2001	01.10.2013
Filterbereich (e )	m u. GOK	5,1 - 35,1	5,1 - 35,1	5,1 - 35,1	5,1 - 35,1	5,5 - 36,5	5,5 - 36,5	5,5 - 36,5	5,5 - 36,5	5,5 - 36,5	5,5 - 36,5	5,5 - 36,5	7,3 - 31,5	7,3 - 31,5	7,3 - 31,5	7,3 - 31,5
Ausbauerdurchmesser	mm	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125
Meßtemperatur (Tw)	°C	10,3	10,3	10,4	11,1	11,5	11,4	12,5	12,0	11,4	14,1	11,7	12,0	12,2	12,1	12,8
spez. el. Lf (25°C) vor Ort	µS/cm	681	664	686	704	834	788	828	764	702	792	738	830	795	842	818
pH-Wert bei Tw		7,11	7,2	7,24	7,28	7,18	7,34	7,38	7,41	7,40	7,27	7,41	7,11	7,17	7,2	7,27
gelöster Sauerstoffgehalt	mg/l	< 0,2	0,4	0,3	0,2	5,4	5,8	4,6	3,7	1,4	1,0	4,0	0,4	0,1	0,4	0,1
Redoxpotential (berechnet)	mV	424	265	447		450	299	397					463	292	496	
Natrium (Na <sup>+</sup> )	mg/l				9,9				20,6	8,6	10,7	19,6				18,2
Kalium (K <sup>+</sup> )	mg/l				1,2				2,8	2,1	1,9	2,6				3,0
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	mg/l				116				116	109	106	110				122
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	mg/l				17,0				15,1	19,0	18,0	9,7				17,8
Hydrogenkarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	270	284	287	308	256	253	253	298	247	265	259	237	238	244	241
Chlorid (Cl <sup>-</sup> )	mg/l	14,0	13,6	14,1	14,0	52,4	49,5	47,8	37,3	32,6	27,3	33,7	47,3	49,5	47,1	39,9
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/l	107	104	109	108,0	61,8	58,6	71,8	56,7	94,8	82,3	61,3	102	106	104	125
Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/l	0,4	1,1	1,7	0,7	80,0	78,2	73,9	53,6	29,9	27,0	45,6	55,9	53,1	54,6	46,7
Bor	µg/l				20							< 20				30
Acesulfam	ng/l															< 10
DMS	µg/l				< 0,01							0,05				0,11
Carbamazepin	µg/l															< 0,01
Iopamidol	µg/l															< 0,01
PSM und Biozidprodukte	µg/l				n.n. (< 0,02)							0,04				n.n. (< 0,02)
Sauerstoff-18 (*18O)	‰	-8,53	-8,72	-8,53	-8,64	-8,30	-8,28	-7,79	-7,80	-7,70	-7,65	-7,54	-7,39	-7,26	-7,27	-6,56
Deuterium (*2H)	‰	-59,8	-60,7	-60,0	-57,8	-57,7	-56,4	-51,4	-55,3	-55,2	-55,8	-51,9	-54,7	-51,0		-52,1
Deuterium-Exzess	‰	8,4	9,1	8,2	11,3	8,7	9,8	10,9	7,1	6,4	5,4	8,4	4,4	7,1		0,4
Tritium (*3H)	TU	11,7 ± 1,6		10,3 ± 0,8	6,4 ± 0,5	16,8 ± 1,7	15,5 ± 1,1	16,3 ± 0,8	10,4	9,7	9,1	6,8 ± 0,7	22,6 ± 1,8		19,3 ± 0,9	8,0 ± 0,7
Kr85	dpm/ml <sub>Kr</sub>					44,3 ± 3,2										
13C-DIC	‰					-13,44										
14C-DIC	‰-modern					91,5 ± 4,4										
F11 (pmol/l)	pmol/l	0,08 ± 0,05			0,33 ± 0,05	17,0 ± 4,0						10,0 ± 2,0	4,3 ± 0,5			4,8 ± 0,5
F12 (pmol/l)	pmol/l	0,03 ± 0,05			0,14 ± 0,05	5,2 ± 0,6						3,7 ± 0,2	30,0 ± 6,0			60,0 ± 18,0
F113 (pmol/l)	pmol/l	0,03 ± 0,05			0,04 ± 0,05	0,6 ± 0,1						0,28 ± 0,05	0,09 ± 0,05			0,19 ± 0,05
SF6 (fmol/l)	fmol/l	0,3 ± 0,1			0,8 ± 0,1	2,0 ± 0,2						2,9 ± 0,3	1,2 ± 0,2			2,7 ± 0,3
Parameter zur Beurteilung der	JW-Anteil	70 % JW				100 % JW		100 % JW				100 % JW				65 - 75 %
Altersstruktur sind grau hinterlegt	a MVZ JW	20 - 40 a				8 - 12 a		8 - 12 a				< 10 a				30 - 40 a

ohne Seewassereinfluss

überhöht unauffällig Abbau mit geringem Seewassereinfluss (bis 10 %)

mit mäßigem Seewassereinfluss (bis 30 %)

Am Brunnen 4 (MGWL) liegen die Nitratgehalte in der Größenordnung von 14 bis 17 mg/l. Die Seewasseranteile können hier bis zu 10 % betragen (Tab. 27).

An den drei östlich liegenden Messstellen im MGWL (GWM 7, GWM 2T/00, GWM 6) lassen sich im Vergleich zum Brunnen 4 deutlich höhere Seewasseranteile erkennen (etwa 30 bis 40 %). Auffällig ist, dass die im zentralen Abstrombereich der beiden Baggerseen gelegene Messstelle GWM 2T/00 (30 %) im Vergleich zu den beiden östlich liegenden Messstelle GWM 6 MGWL und GWM 7 MGWL geringere Seewasseranteile aufweist (jeweils etwa 40 %). Zusammen mit den nicht nachweisbaren Seewasseranteilen an der GWM 5 MGWL deutet sich eine von Ost nach West abnehmende Beeinflussung durch Seewasser an, was vermutlich mit den ebenfalls von Ost nach West abnehmenden Durchlässigkeiten in Verbindung steht (Anhang VII). Auch im oberflächennahen Bereich zeigen sich beim Vergleich zwischen den flachen Messstellen 1F/00 (0 %), 2F/00 (bis 30 %) und 3F/00 (bis 50 %) vergleichbare Verhältnisse bei den Seewasseranteilen (Tab. 27), was auch hier mit den Durchlässigkeiten in Verbindung steht.

Nach Abbildung 27 liegen an der GWM 6 im wesentlichen Seewasseranteile des Reimold-Sees vor. Auch an der GWM 7 dürfte der Anteil an Reimold-See-Uferfiltrat noch dominieren. Demgegenüber deuten sich an der GWM 2T/00 dominante Seewasseranteile des Philipp-Sees an.

Die Nitratgehalte der drei Messstellen GWM 7 (33-36 mg/l), GWM 2T/00 (29-31 mg/l) und GWM 6 (36 mg/l) liegen insgesamt etwa doppelt so hoch wie am Brunnen 4, was hier in allen Fällen auf eine Verdünnung hindeutet. Sollte der Brunnen 4 beispielsweise seinen Zustrom aus Richtung GWM 2T/00 erhalten, dann wäre eine Verdünnung mit etwa 50 % seeunbeeinflussten, nitratfreien Wasser angezeigt. Im Falle des Zustroms aus Richtung GWM 6 und GWM 7 wäre eine höhere Verdünnung durch seeunbeeinflusstes, nitratfreies Wasser in der Größenordnung von 65-75% notwendig.

An den zwei westlich liegenden Vorfeldmessstellen im MGWL (GWM 5 und GWM 8) lassen sich keine Seewasseranteile erkennen (siehe Abb. 32). Diese beiden Messstellen sind zudem durch eine nitratfreie bis nitratarme Beschaffenheit charakterisiert (GWM 5: < 0,2 mg/l; GWM 8: < 0,2 und 1,9 mg/l). Nach den vorliegenden Ergebnissen zu Tritium (Abb. 35), zu den Hauptinhaltsstoffen (Abb. 36) und zu den Seewasseranteilen dürfte ein Grundwasser mit der Beschaffenheit der GWM 8 MGWL zur o.g. Verdünnung am Brunnen 4 beitragen.

In Tabelle 29 sind für den MGWL alle Messstellen entlang mehrerer von Süd nach Nord verlaufenden Fließbahnen schematisch aufgeführt.

Für den Brunnen 4 könnte es bedeuten, dass in etwa 50 % seeunbeeinflusstes, nitratfreies Wasser aus dem Bereich der GWM 8 (Tab. 29, Abb. 37 und 38: Fließbahn Mitte) und in etwa 50 % seebeeinflusstes, nitratthaltiges Wasser aus Richtung GWM 2T/00 bzw. GWM 7 gefördert werden (Tab. 29, Abb. 37 und 38: Fließbahn Ost 1).

Für die beiden flachen Brunnen 2 und 3 spielen die Fließbahnen Ost 1 und Ost 2 eine wesentliche Rolle, während der Brunnen 1 noch vergleichsweise höhere Zustromanteile aus dem Bereich der Fließbahnen Mitte und West 1 erhält (Tab. 29, Abb. 37 und 38).

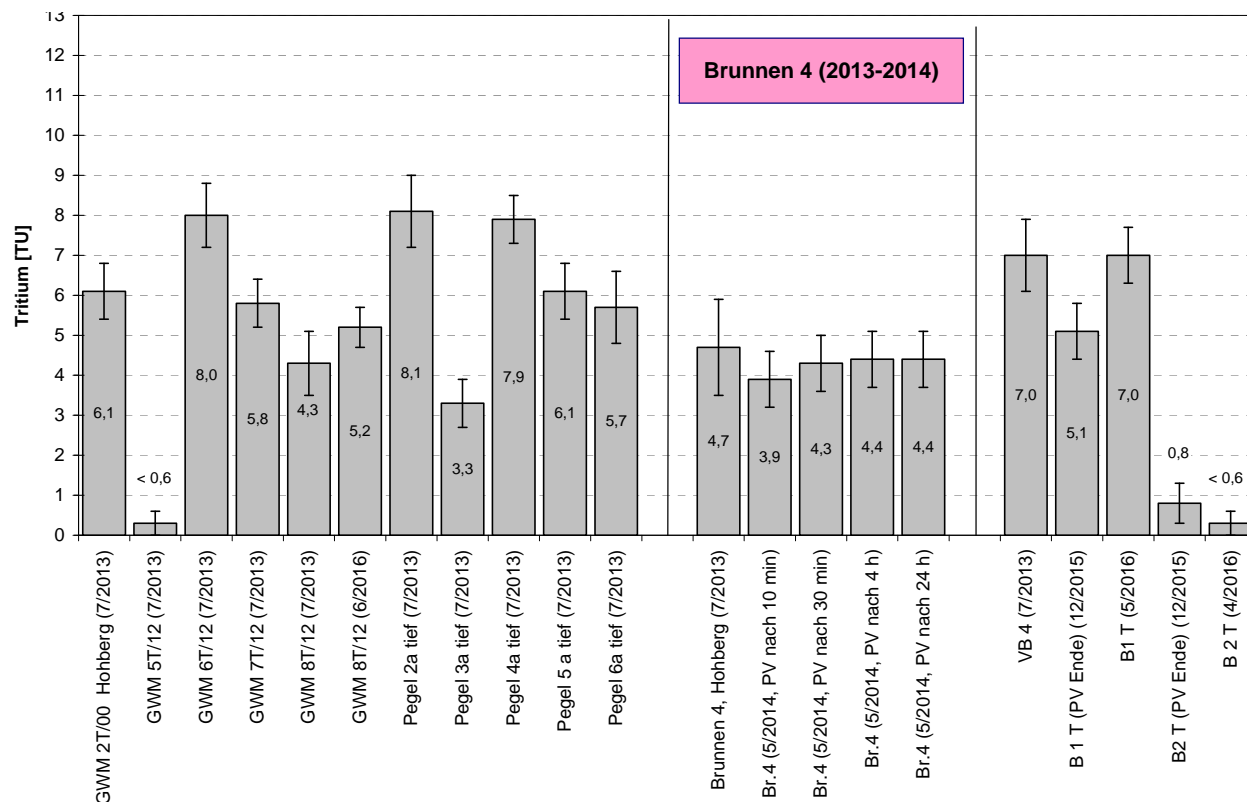


Abb. 35: Tritiumgehalte im Mittleren Grundwasserleiter (Jahre 2013 - 2016)

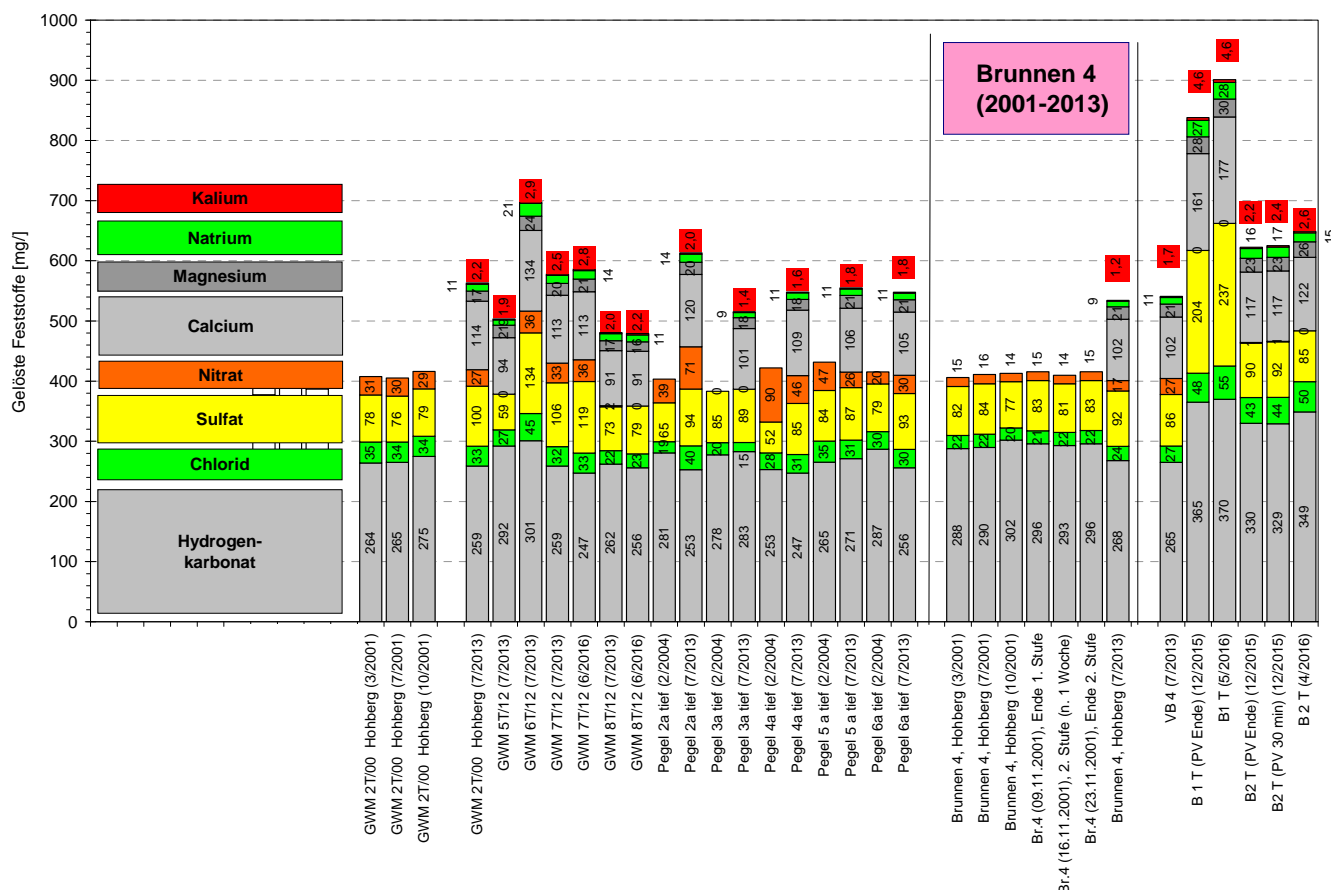


Abb. 36: Übersicht zu den gelösten Feststoffen im Mittleren Grundwasserleiter (MGWL)



**Tabelle 29:** Tabellarische Aufstellung der Messstellen im MGWL entlang mehrerer von Süd nach Nord verlaufenden Fließbahnen (schematisch)

Entfernung bezogen auf Philipp-See	Fließbahnen				
	West 2	West 1	Mitte	Ost 1	Ost 2
- 2.500 m →			TB Kraich- bachgruppe		
- 450 m →				B 1T / 15 PH (70 – 85 m)	
+/- 0 m →				Philipp-See (105,15 mNN)	Reimold-See
+ 100 m →				B 2T / 15 PH (65 – 85 m)	
+ 1.000 m →			GWM 8 / 12 (40 – 63 m) (104,42 mNN)		GWM 7/ 12 (40 – 60 m) (104,37 mNN)
+ 1.650 m →				GWM 2T/ 00 (48 - 89 m) (105,15 mNN)	
+ 2.100 m →		GWM 5/ 12 (46 – 67 m) (103,91 mNN)	Zustrom ca. 50 %	Zustrom ca. 50 %	GWM 6/ 12 (48 – 66 m) (103,94 mNN)
+ 2.400 m →					Pegel 4a (84 – 89 m)
+ 2.500 m →			Pegel 3a (74 – 79 m)	Br. 4 / VB 4 (52 – 131 m)	Pegel 5a (84 – 89 m)
+ 2.600 m →		MKL 03 (44 - 126 m) (103,84 mNN)		Pegel 6a	Pegel 2a (84 – 89 m)
+ 3.050 m →				HSK Kronau-See	
+ 3.400 m →	174/307 (103,69 mNN)				
+ 4.000 m →				B 5T / 15 HSK (66 - 77 m)	
+ 5.000 m →					764/307-0 (64 – 74 m) (102,86 mNN)

Angaben zu Wasserständen stammen vom Stichtag 26.03.2014 (FADER, 2015), Grundwassergleichenkarte siehe Abb. 8. Angaben zu Tiefenbereichen beziehen sich auf die Filterbereiche (in m u. GOK).

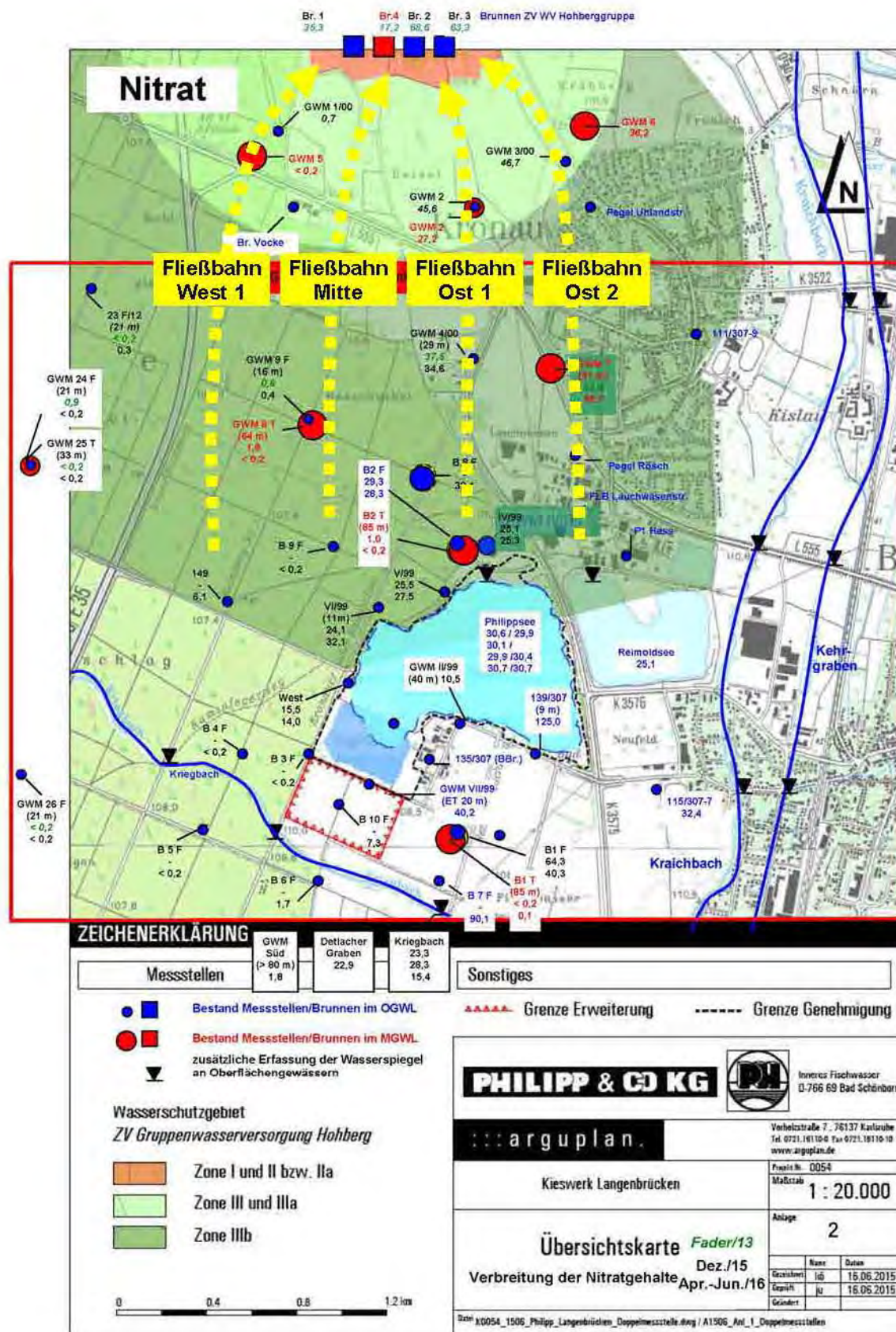


Abb. 37: Übersicht Nitrat-Gehalte



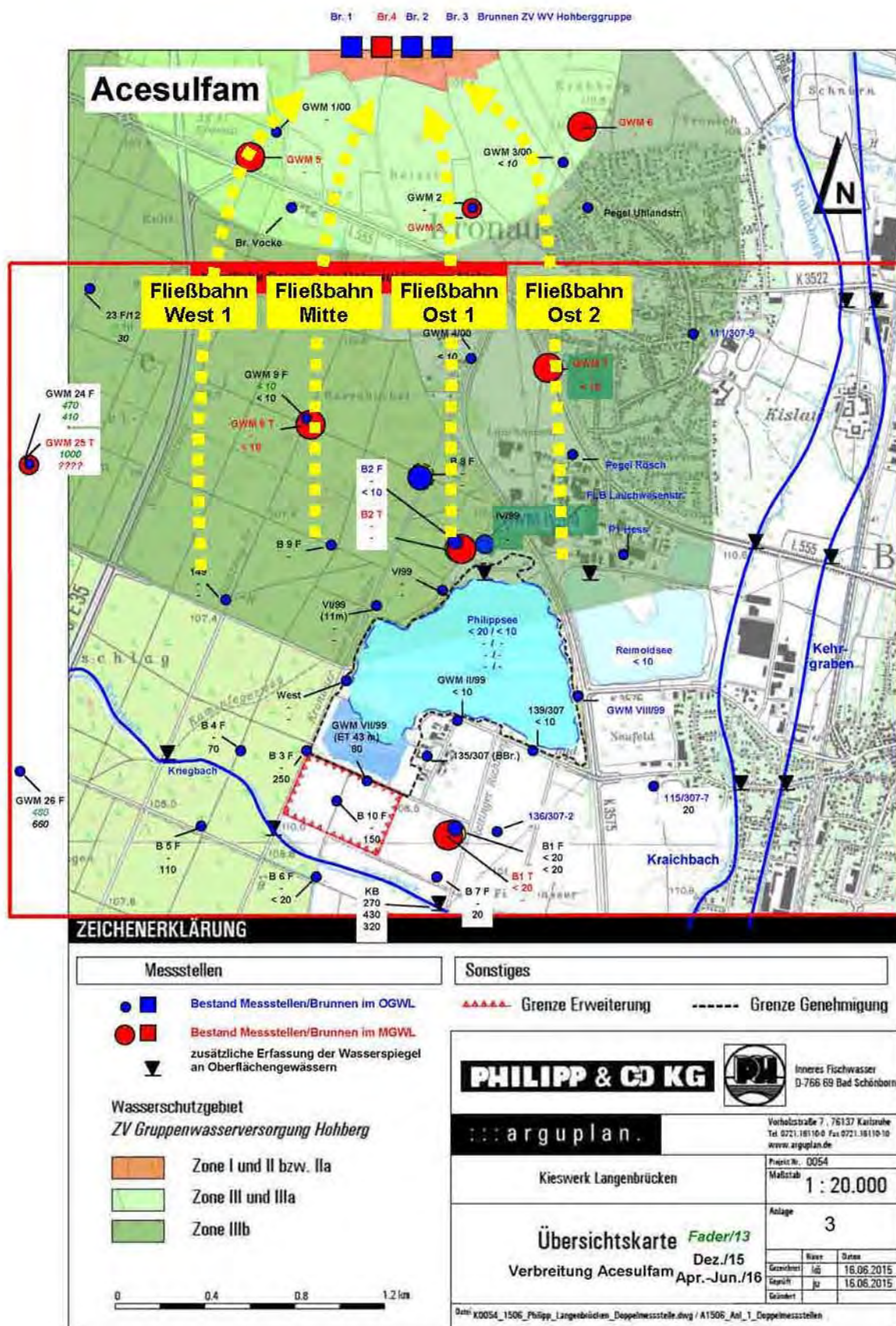


Abb. 38: Übersicht Acesulfam-Gehalte



## 8. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Firma Philipp & Co KG (Philipp) betreibt bei Bad Schönborn, OT Langenbrücken, ein Kieswerk mit Nassabbau. Der Baggersee hat derzeit eine Abbaugenehmigung bis zu einer Seetiefe von 65,50 m NN und bis zu einer Seefläche von ca. 62,5 ha (Wassermenge ca. 11,9 Mio. m<sup>3</sup>). Die genehmigte Abbautiefe reicht hydrogeologisch bis in den oberen Abschnitt des Mittleren Grundwasserleiters (MGWLo, s. Abb. 39).

Es ist vorgesehen, den Baggersee im Süden um ca. 12,1 ha auf eine Wasserfläche von ca. 74,6 ha zu erweitern. Die Abbausohle der Erweiterung soll noch im Oberen Grundwasserleiter (etwa UK OGWL) liegen und ist auf 75 m NN geplant.

Der aktuelle Baggersee befindet sich im Bereich der Schutzzone III b des Wasserschutzbereiches ZV Gruppenwasserversorgung Hohberg (ZV Hohberggruppe). Die geplanten Erweiterungsflächen liegen außerhalb der Wasserschutzbereiche (Abb. 3).

Zur Beurteilung der möglichen Auswirkungen infolge der Erweiterung sowie zur Bearbeitung der nachfolgenden Punkte ( I ) bis ( VI ) wurden mit Hilfe der hier vorliegenden hydrochemischen und isopenhydrologischen Untersuchungen die aktuellen Beschaffenheits- und Fließverhältnisse im Umfeld des Philipp-Sees erfasst und mit Ergebnissen früherer Untersuchungen verglichen. An allen Proben wurden die Hauptanionen und Kationen, ausgewählte Nebenbestandteile (Bor, Phosphat, Silizium), Redox-Anzeiger (Eisen ges., Mangan ges., Ammonium, Nitrit) sowie - an einer Auswahl an Proben - der Spurenstoff Acesulfam-K untersucht. Für einen Vergleich wurden die Untersuchungen zum Philipp-See selbst (BGL, 2004) sowie von umliegenden Projekten in die Auswertungen mit einbezogen. Der Zweckverband Gruppenwasserversorgung Hohberg (ZV Hohberggruppe) und der Wassergewinnungszweckverband Hardtwald (WGZ Hardtwald) haben hierzu freundlicherweise ihre umfangreichen Daten aus dem Zeitraum 2001 bis 2014 zur Verfügung gestellt.

### **( I ) Aussagen zu Wechselwirkungen zwischen OGWL und MGWL**

Um die Frage nach der Wechselwirkungen zwischen OGWL und MGWL zu klären, wurde im Vorfeld der Untersuchungen jeweils eine Doppelmessstelle im Zustrom und eine im Abstrom des Philipp-Sees neu abgeteuft.

Die Auswertungen zu den Schichtprofilen der neuen und früheren Bohrungen zeigen, dass im Bereich des Philipp-Sees ein dominant sandig ausgeprägter OZH mit einer vergleichsweise geringen Mächtigkeiten von etwa 4 m vorliegt (in ca. 74 bis 78 mNN), der keine wesentliche hydraulische Trennwirkung anzeigt. Nördlich des Philipp-Sees, der Grundwasserfließrichtung folgend, zeigt sich eine zunehmend tonig - schluffige Ausbildung des OZH mit Mächtigkeiten von bis zu 10 m (Abb. 39). Vergleichbare Verhältnisse lassen sich auch in Richtung Nordwest hin zu den Brunnen 5 und 6 der ZV Hohberggruppe erkennen, nur dass hier zusätzlich ein tonig-schluffig ausgebildeter ZH1 angetroffen wird (Mächtigkeit ZH1 bei Brunnen 5: 8 m und bei Brunnen 6: 5 m).

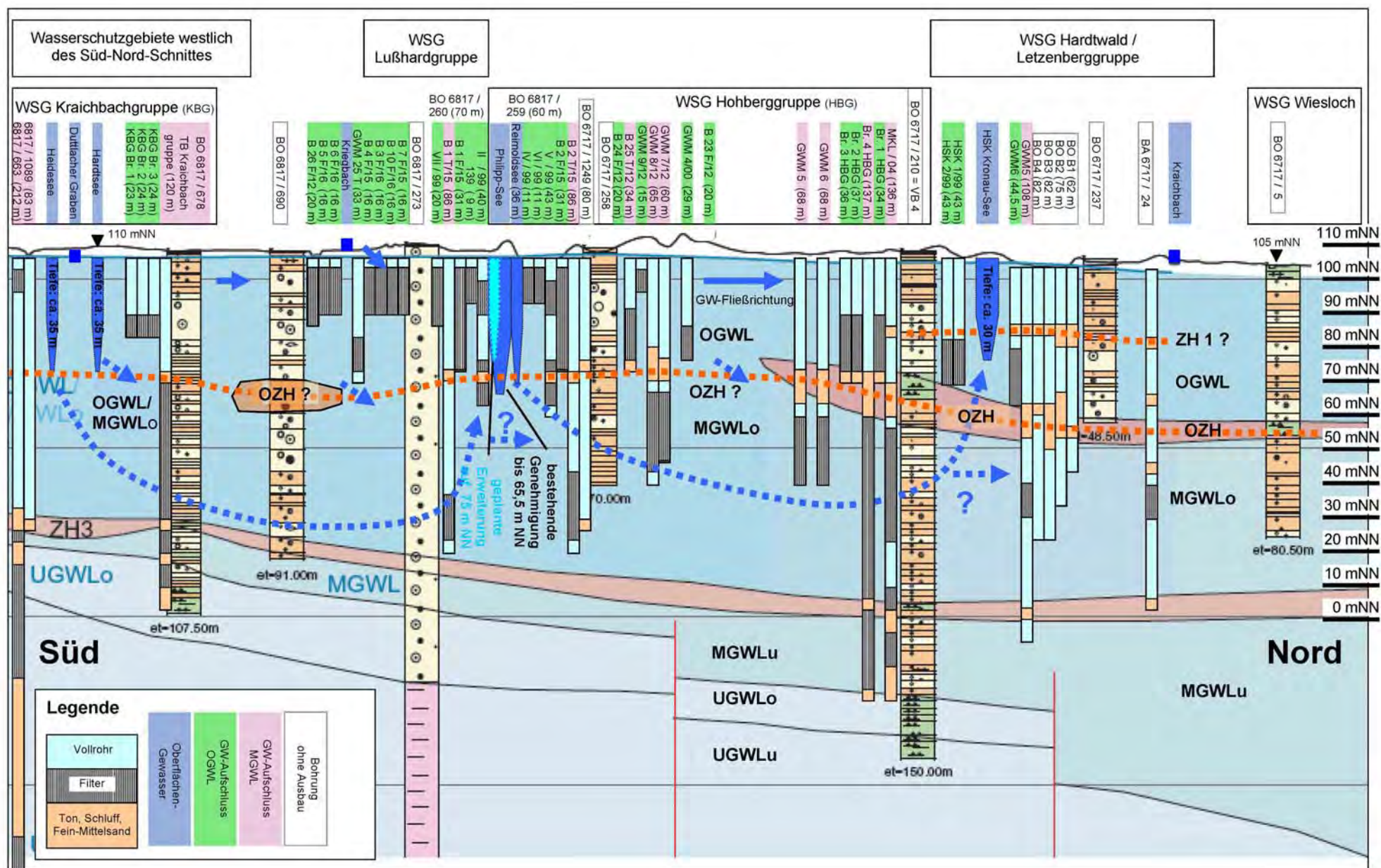
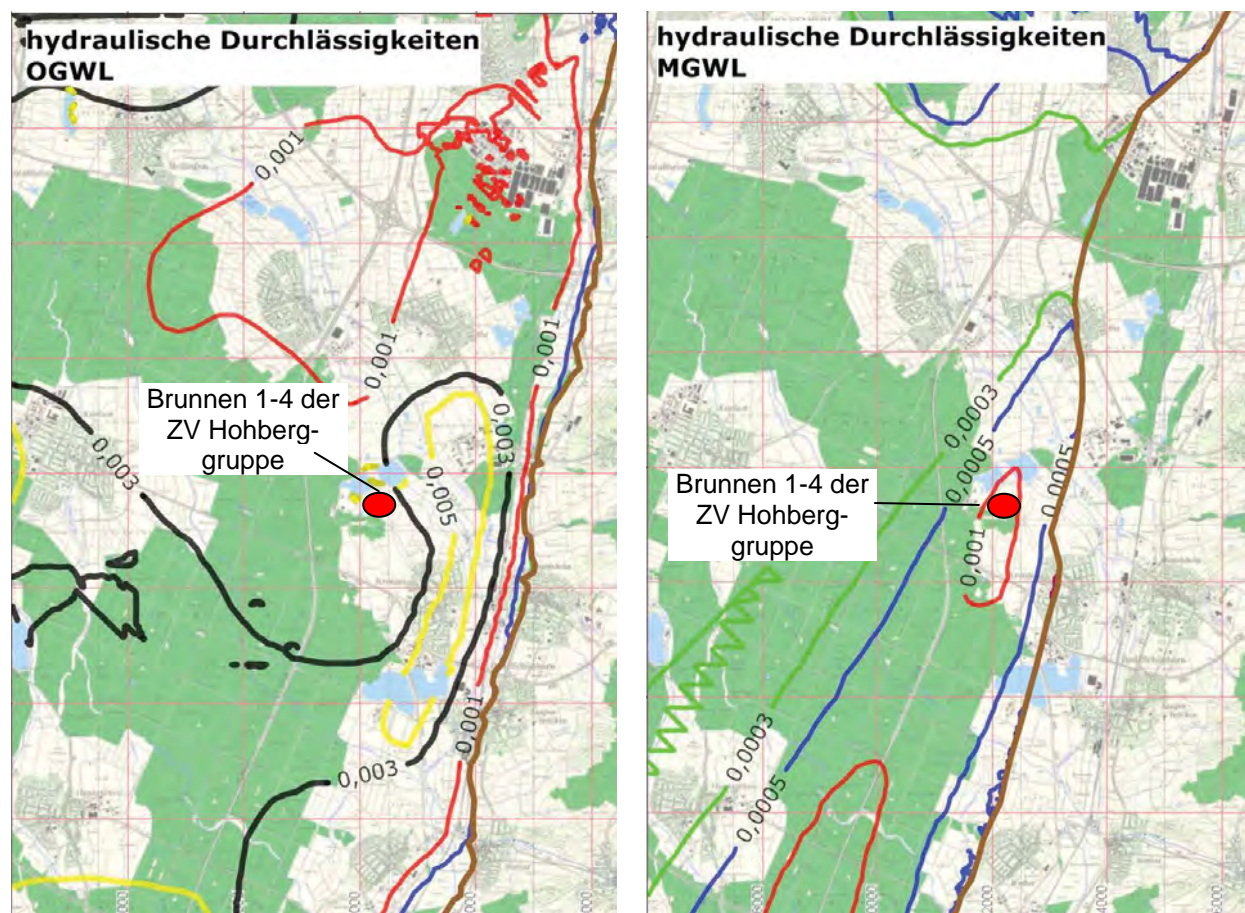


Abb. 39: Hydrogeologischer Süd-Nord-Schnitt aus HGK mit Grundwasserfließbahnen im MGWL (Interpretation)



Zusammenfassend lässt sich ableiten, dass im **OGWL** der direkte Abstrom vom Philipp-See in Richtung der Brunnen 1 bis 3 der ZV Hohberggruppe gegenüber dem in einem östlich verlaufenden Bogen fließenden Abstrom quantitativ untergeordnet ist und bleibt, unabhängig von der geplanten Erweiterung. Im **MGWL** ist ein mehr oder weniger direkter Abstrom zwischen Philipp-See und Brunnen 4 angezeigt.



Hydroisotop



## **( II ) Aussagen zu Uferfiltrat-Einfluss durch den Kriegbach, Kraichbach und/oder Duttlicher Graben**

### Kraichbach

Ein Einfluss durch den von Süd nach Nord entlang der Vorbergzone fließenden **Kraichbach** auf den Philipp-See (und auch Reimold-See) konnte auf Basis der Acesulfam-Untersuchungen nicht nachgewiesen werden. Dies belegt, dass der Kraichbach nicht direkt an das Grundwasser angebunden ist (sondern quasi „schwebt“) und die Überdeckung des Aquifers durch gering durchlässige Sedimente aufgebaut ist.

### Kriegbach

Der Einflussbereich des von ESE nach WNW fließenden **Kriegbachs** beginnt in etwa auf Höhe des Westufers vom Philipp-See (s. Abb. 16). Das im Bereich der Messstellen B3F, B10F und VII/99 nachweisbare Kriegbach-Uferfiltrat, das durch den Süßstoff Acesulfam markiert ist, lässt sich im Philipp-See aufgrund des geringen Zustromanteils und der damit verbundenen Verdünnung nicht mehr nachweisen.

Der Wasserspiegel im Kriegbach (AP1) liegt gegenüber dem Grundwasserspiegel um mindestens 2 m höher. Die relativ mächtige ungesättigte Zone aus vermutlich gering durchlässigen Sedimenten schließt eine direkte Druckübertragungen zwischen Kriegbach und Grundwasser aus. Auch der Stofftransport ist demnach stark gedämpft.

An der Messstelle Kriegbach 1 (Höhe GWM 24F/25T) konnte im September 2013 ein im Vergleich zu 2015/2016 (270 bis 430 ng/l) deutlich höherer Acesulfam-K-Gehalt von 1700 ng/l festgestellt werden, was hier vermutlich mit einem relativ geringen Abfluss und somit mit einer geringen Verdünnung zusammen hängt. Sollte der mittlere Acesulfam-Gehalt im Kriegbach im Vergleich zum Mittelwert 2015/2016 (340 ng/l) tatsächliche noch deutlich höher liegen, so wäre durch den fehlenden Nachweis von Acesulfam im Philipp-See der Einfluss vom Kriegbach auf den Philipp-See noch geringer. Eine Gefahr durch die Schadstoff- bzw. Pflanzennährstoff-Frachten im Kriegbach (DMS, Carbamazepin und Iopamidol sowie ortho-Phosphat) auf den Philipp-See ist grundsätzlich als gering anzusehen und wäre demnach sogar noch geringer.

### Duttlicher Graben

Weiter westlich, auf Höhe der neuen Messstelle B4F, überschneidet sich der Einflussbereich des Duttlicher Grabens mit dem des Kriegbachs, was sich aus der flächenhaften Verbreitungen der Chlorid- und Borgehalte ableiten lässt (s. Anlage 8 und 11).

Der Duttlicher Graben ist aufgrund der direkten Anbindung an die Kläranlage sehr deutlich durch Acesulfam markiert (7000 ng/l). Gegenüber dem Kriegbach (Mittelwert 340 ng/l) sind die Gehalte am Duttlicher Graben somit um etwa Faktor 20 höher.

Die Borgehalte im Duttlicher Graben (210 µg/l) sind gegenüber dem Kriegbach (50-56 µg/l) um etwa Faktor 4 höher.

Zudem sind die Natrium-, Kalium- und Chloridgehalte deutlich überhöht, was hier auf Einflüsse von Straßensalzung zurück zu führen ist (Natrium: 66,1 mg/l; Kalium: 10,2 mg/l; Chlorid: 73,1 mg/l).

Die Messstelle 26F liegt südlich des Kriegbachs, so dass an dieser Messstelle nur Einflüsse des Duttlicher Grabens möglich sind. Auf Basis der Acesulfam-Gehalte (660 ng/l) sind hier nur geringe Uferfiltrat-Anteile von etwa 10 % angezeigt (Duttlicher Gra-

ben mit 7000 ng/l). Dieser vergleichsweise geringe Uferfiltrat-Anteil dürfte auch der Grund dafür sein, weshalb an der Messstelle 26F keine signifikant erhöhten Natrium-, Kalium- und Chloridgehalte festzustellen sind (Na: 31,3 mg/l; K: 2,5 mg/l; 47,1 mg/l).

### **( III ) Charakterisierung der am Fließgeschehen beteiligten Grundwässer**

Die Grundwässer aus dem OGWL und MGWL lassen sich nur schwer anhand der Hauptinhaltsstoffe unterscheiden, was auf eine vergleichbare Herkunft zurück zu führen ist. Markante Unterscheidungsmerkmale sind meist durch anthropogene Einflüsse und redoxabhängige Effekte hervorgerufen.

Nach den vorliegenden Ergebnissen wird das Grundwasser des OGWL dominant durch lokale Niederschläge im Rheintal und durch den Randzustrom, der mehr oder weniger gipshaltig ist, erneuert. Wie in Punkt ( II ) bereits erwähnt, ist der Einfluss durch Uferfiltrat von den Oberflächengewässern Kriegbach und Kraichbach gering. Der Einflussbereich des Duttlacher Grabens liegt weiter westlich (s. Abb. 16).

#### **Charakterisierung des Zu- und Randstroms vom Philipp-See im OGWL:**

Der östliche Zustrombereich des Philipp-Sees im OGWL ist durch eine deutlich erhöhte Mineralisation charakterisiert. Ursache sind zum einen die hohen Calcium-/Sulfatgehalte (z. B. an 115/307-7), die auf den gipshaltigen Randzustrom, Einfluss von Agrochemikalien und/oder auf Pyritoxidation zurück zu führen sind. Zum anderen spielen die vergleichsweise hohen Nitratgehalte eine Rolle, die auf eine intensive gartenbauliche und landwirtschaftliche Nutzung im Zustrom hinweisen. Die Gehalte an gelösten Feststoffen nehmen entlang eines etwa 2 km langen Ost-West-Profils um mehr als die Hälfte von etwa 1100 mg/l an der GWM 115/307-7 im Osten auf etwa 500 mg/l an den neuen Messstellen B6F und B3F im Westen ab. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Untersuchungen zu Acesulfam (Anzeiger für Kriegbach-Uferfiltrat), lässt sich der Zustrom des Philipp-Sees in einen „geringer mineralisierten, Acesulfam-haltigen Zustrom Südwest“ (B3F, B10F, VII/99) und einen „höher mineralisierten, Acesulfam-freien/armen Zustrom Südost“ unterteilen (II/99, B1F, B7F, 139/307, 115/307). Der Zustrombereich „Südwest“ spielt für den Philipp-See keine wesentliche qualitative und quantitative Rolle (< 5 %). Der Anteil der höher mineralisierten, Acesulfam-freien/armen Grundwasserkomponente aus Richtung Südost liegt hingegen in der Größenordnung von 60-90 %. Aus dem MGWL strömen dem Philipp-See demnach Anteile in der Größenordnung von 10-40 % zu.

Bereichsweise treten lokal erhöhte Gehalte von Nitrat auf, die als Anzeiger für anthropogene Einflüsse auf das Grundwasser gewertet werden können. In diesem Zusammenhang sticht die GWM 139/307-6 im unmittelbaren Zustrombereich des Sees mit seit vielen Jahren sehr hohen Nitratgehalten heraus (100 bis 150 mg/l  $\text{NO}_3$ ). Da hier bei der Probenahme kein Sauerstoff nachgewiesen wurde, könnten im Zustrom dieser Messstelle demnach sogar noch höhere Gehalte möglich sein. Zudem lassen sich erhöhte Gehalte an Dimethylsulfamid (DMS: 0,17 bis 0,43  $\mu\text{g/l}$ ) feststellen, was ebenfalls auf intensive Landwirtschaft hindeutet. Als Eintragsquelle für Nitrat und DMS könnte die im näheren Zustrom liegende Gärtnerei und/oder die Sonderkulturen in der weiter entfernt liegenden Vorbergzone eine Rolle spielen.

Für den Reimold-See sind aufgrund der vergleichsweise hohen Sulfat- und Borgehalte gegenüber dem Philipp-See höhere Zuflussanteile des gipshaltigen Randzustroms angezeigt, was aufgrund der geringen Distanz zur Vorbergzone auch plausibel ist.

#### Charakterisierung des tiefen Grundwassers im MGWL:

Wie oben bereits erwähnt, lassen sich nur wenige hydrochemische Unterschiede zwischen den Grundwässern aus dem MGWL und denen aus dem OGWL erkennen. Der relativ weite Wertebereich bei den Lösungsinhalten (480 mg/l bis 900 mg/l) ist auch hier auf den Einfluss des gipshaltigen Randzustroms von Osten her zurück zu führen (v. a. bei Zustrom-Messstelle B1T). Mit zunehmender Entfernung von der Vorbergzone nimmt der Einfluss des Randzustroms auch im MGWL ab. Die Beschaffenheit der GWM 8 T ist als Referenz für den Nitrat-freien und Sulfat-armen westlichen Seitstrom des Philipp-Sees im MGWL anzusehen ( $< 0,2 \text{ mg/l NO}_3$ ;  $79 \text{ mg/l SO}_4$ ; im Vergleich B1T:  $< 0,2 \text{ mg/l NO}_3$ ;  $204\text{-}237 \text{ mg/l SO}_4$ ).

An mehreren östlich liegenden Messstellen im MGWL (GWM 7, GWM 2T/00, GWM 6) lassen sich höhere Seewasseranteile von etwa 30 bis 40 % erkennen. Auffällig ist, dass die im zentralen Abstrombereich der beiden Baggerseen gelegene Messstelle GWM 2T/00 (30 %) im Vergleich zu den beiden östlich liegenden Messstelle GWM 6 MGWL und GWM 7 MGWL geringere Seewasseranteile aufweist (jeweils etwa 40 %). Zusammen mit den nicht nachweisbaren Seewasseranteilen an der GWM 5 MGWL und GWM 8 MGWL deutet sich eine von Ost nach West abnehmende Beeinflussung durch Seewasser im MGWL an, was vermutlich mit der ebenfalls von Ost nach West abnehmenden Durchlässigkeiten in Verbindung steht (Abbildung 40). Auch im oberflächennahen Bereich zeigen sich beim Vergleich zwischen den flachen Messstellen 1F/00 (0 %), 2F/00 (bis 30 %) und 3F/00 (bis 50 %) vergleichbare Verhältnisse bei den Seewasseranteilen (Tab. 27), was auch hier mit den Durchlässigkeiten in Verbindung steht.

Für den Brunnen 4 könnte es bedeuten, dass etwa hälftig seeunbeeinflusstes, nitratfreies Wasser aus dem Bereich der GWM 8 (Tab. 29, Abb. 37 und 38: Fließbahn Mitte) und seebeeinflusstes, nitrathaltiges Wasser aus Richtung GWM 2T/00 bzw. GWM 7 gefördert werden (Tab. 29, Abb. 37 und 38: Fließbahn Ost 1).

Für die beiden flachen Brunnen 2 und 3 spielen die Fließbahnen Ost 1 und Ost 2 eine wesentliche Rolle, während der Brunnen 1 noch vergleichsweise höhere Zustromanteile aus dem Bereich der Fließbahnen Mitte und West 1 erhält (Tab. 29, Abb. 37 und 38).

Zwischen den Grundwässern des Mittleren Stockwerks und des Oberen Stockwerks lassen sich keine wesentlichen Unterschiede bei den  $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ -Werten erkennen (siehe Anl. 19), weshalb eine Höhenzuordnung, die möglicherweise Einflüsse durch den Randzustrom erkennen lassen, nicht möglich ist.

An keiner der Proben aus dem Mittleren Grundwasserleiter konnte Acesulfam-K nachgewiesen werden.



#### **( IV ) Charakterisierung des seebeeinflussten Grundwassers im Hinblick auf Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit**

Das durch den Philipp-See beeinflusste Grundwasser ist gegenüber dem Grundwasser im Zustrombereich des Philipp-See vergleichsweise geringer und relativ einheitlich mineralisiert, was auf Vermischungs-Effekte und die See-internen Ausfällungs-Effekte (v.a. Calcitfällung) zurück zu führen ist.

Auf Basis der Übersichtskarten zur flächenhaften Verbreitung der Hauptinhaltsstoffe zeigt sich, dass das vom Philipp-See beeinflusste Grundwasser (Messstellen VI/99, V/99, B2F, IV/99, B8F, GWM 4/00) durch vergleichsweise höhere Sulfat- (100-200 mg/l), Bor- (30-60 µg/l), Kalium- (3-5 mg/l), Chlorid- (25-35 mg/l) und Nitrat-Gehalte (20-30 mg/l) sowie vergleichsweise geringere Hydrogenkarbonat-Gehalte (150-200 mg/l) gegenüber dem unbeeinflussten Grundwasser, was westlich am See vorbeiströmt, geprägt ist (Messstellen B6F, B5F, B4F, 149/307, B9F, GWM 9).

Der Grund, weshalb hier überhaupt derartig hohe Nitratgehalte im Seewasser möglich sind, liegt an der geringen Algenbiomasse und der guten Sauerstoffversorgung, die Ab- und Umbauprozesse verringert (BGL, 2016).

Dennoch verzeichnen die Nitratgehalte im Seewasser in den letzten etwa 20 Jahren einen deutlichen Rückgang von etwa 70 mg/l im Jahr 1994 auf etwa 30 mg/l in den Jahren 2015/2016. Als Ursache spielen vermutlich mehrere sich überschneidende Effekte eine Rolle. Die See-Erweiterung in den vergangenen etwa 12 Jahren nach SW und die damit einhergehende Erweiterung des Grundwassereinzugsgebietes in Richtung der nitratarmen/freien oberflächennahen Grundwässer könnte eine Rolle spielen. Ebenso ein erhöhter Zustrom aus dem MGWL.

Die Vermutung, dass die Nitratgehalte im stark gartenbaulich und landwirtschaftlich genutzten Zustrom durch umweltbewussten Einsatz von Düngemitteln reduziert wurden, kann durch die langjährigen Nitrat-Untersuchungen an der LUBW-Gütemessstelle 139/307 nicht belegt werden (seit 10 Jahren unverändert hoch bei etwa 120 mg/l), wobei diese Messstelle nicht unbedingt für den gesamten nitrathaltigen Zustrom repräsentativ sein muss. Ob und inwieweit im weiteren Zustrombereich weniger gedüngt wird (z.B. im Katzbachtal im Bereich des Weinanbaus) kann auf Basis der vorliegenden Untersuchungen nicht beurteilt werden, hierzu wären Zeitreihen zum Nitrat notwendig.

Es ist anzunehmen, dass eine Fortsetzung der Erweiterung in Richtung der nitratarmen/freien oberflächennahen Grundwässer zu noch geringeren Nitratgehalten im See führen könnte.

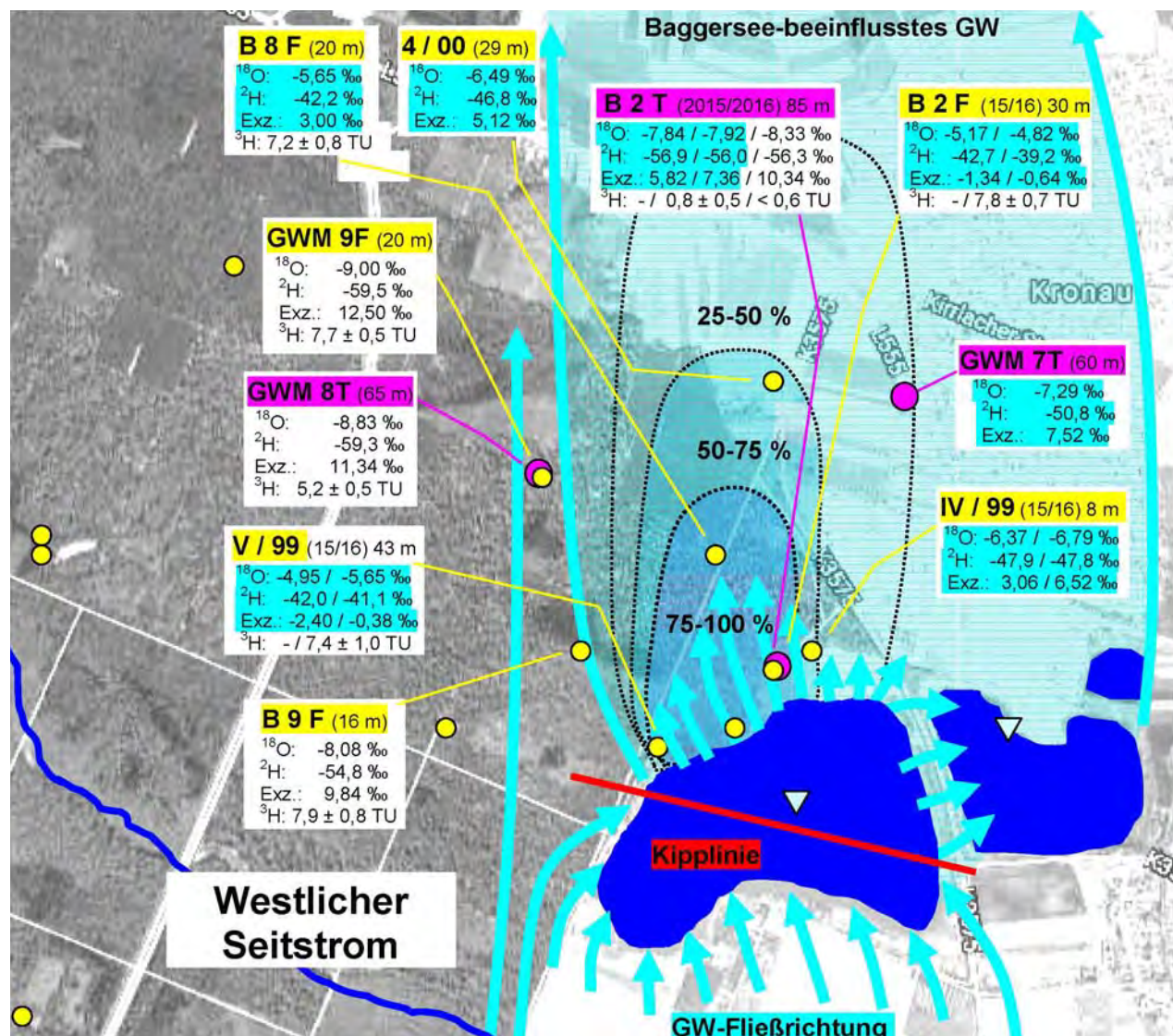
Im Zusammenhang mit der Trinkwassernutzung im Abstrombereich des Philipp-Sees ist bei der Beurteilung zur geplanten Erweiterung zu berücksichtigen, dass die beiden Baggerseen - Philipp-See und Reimold-See - seit vielen Jahren verhindern, dass sich die deutlich überhöhten Sulfat- (> 250 mg/l) und Nitratgehalte (> 50 mg/l) im Zustrom der beiden Baggerseen, die die Schwellenwerte nach Grundwasserverordnung (GrwV, 2010) und auch die Grenzwerte nach Trinkwasserverordnung (240 mg/l SO<sub>4</sub>; 50 mg/l NO<sub>3</sub>) überschreiten, weiter nach Norden in Richtung der Trinkwasserversorgung ZV Hohberggruppe fortsetzen. Die bereichsweise sehr hohen Sulfat- und Nitratgehalte im Zustrombereich werden im See durch geringe Gehalte aus anderen Zustrombereichen verdünnt (Verdünnungseffekt).

Im Philipp-See konnte kein Acesulfam-K nachgewiesen werden (< 20 ng/l am 08.12.2015 und < 10 ng/l am 21.04.2016). Dies belegt, dass im Philipp-See aufgrund des Verdünnungseffektes keine bis keine wesentlichen Uferfiltratanteile des Kraich-

bachs und des Kriegbachs nachgewiesen werden können und somit auch nicht zu erwarten ist, dass anderen Schadstoffe des Kriegbachs durch den Philipp-See in das abströmende Grundwasser eingetragen werden.

### **( V ) Seewasseranteile im Grundwasser unterstromig des Baggersees**

Vom **Philipp-See** geht eine knapp 1 km breite und mindestens 1 km lange Abstromfahne aus, in der das Grundwasser stark durch die Baggerseepassage geprägt ist (Seewasseranteile von 50 - 100 %). Dies betrifft in erster Linie das Obere Grundwasserstockwerk (Abb. 41). Das Mittlere Grundwasserstockwerk ist ebenfalls weit reichend vom Baggersee beeinflusst, allerdings in deutlich geringerem Umfang.



**Abb. 41:** Seewasseranteile im Grundwasser (OGWL) unterstromig des Baggersees

Mit Hilfe einfacher linearer Mischungsrechnungen konnten für die Messstellen zwischen Philipp-See und Brunnen 1 bis 6 der ZV Hohberggruppe die in Tabelle 30 aufgeführten Seewasseranteile bestimmt werden. Nachstehende Mischungsendglieder wurden bei den Berechnungen verwendet.

Isotopensignatur des seeunbeeinflussten Grundwassers:  $\delta^{18}\text{O} = -8,5$  ‰  
(bei Berücksichtigung des Einflusses durch den Hardtsee: -8,2 ‰)

Isotopensignatur des Seewassers:  $\delta^{18}\text{O} = -4,8$  ‰

An den Brunnen 5 und 6 der ZV Hohberggruppe konnten keine Seewasseranteile festgestellt werden. Diese beiden Brunnen, wie auch die Brunnen der Lußhardtgruppe (westlich des Kriegbaches), liegen westlich des Einfluss- bzw. Abstrombereichs des Philipp-Sees. Die  $\delta^{18}\text{O}/\delta^2\text{H}$ -Gehalte liegen hier im Bereich von -8,5 ‰ bzw. -58 ‰.

An den Brunnen 1 bis 4 der ZV Hohberggruppe konnten Seewasseranteile von bis zu 30 % abgeschätzt werden. Der östliche Brunnen 3 (OGWL) zeigt hier die höchsten (30 %) und der westliche Brunnen 1 (OGWL) sowie der tiefe Brunnen 4 (MGWL) die geringsten Seewasseranteile (10 %). An dem zentral liegenden Brunnen 2 (OGWL) - lassen sich Seewasseranteile von bis zu 20 % erkennen.

Für die sehr hohen Nitratgehalte am Brunnen 2 (69 bis 87 mg/l, 2001-2013) und Brunnen 3 (63 bis 109 mg/l, 2001-2013) ist nach den Abschätzungen zu den Seewasseranteilen demnach der aus östlicher Richtung zuströmende Randzustrom verantwortlich.

Am Brunnen 1 wurden bisher die vergleichsweise geringsten Nitratgehalte festgestellt (32 bis 37 mg/l, 2001-2013). Dies liegt jedoch weniger an den „unwesentlich“ geringeren Seewasseranteilen, sondern mehr an der Tatsache, dass die Brunnen 2 und 3 quasi als „Schutzbrunnen“ den Brunnen 1 vor dem stark nitrathaltigen Randzustrom schützen. In Abhängigkeit von der Entnahmesituation an den Brunnen kann dieser Effekt verändert werden. Sollten beispielsweise die Brunnen 2 und 3 nicht oder nur noch gering betrieben werden, könnte sich der Brunnen 1 die nitrathaltigen Grundwässer aus östlicher Richtung stärker beiziehen, was möglicherweise die Erklärung für die aktuell hohen Nitratgehalte am Brunnen 1 sein könnte (s. Abb. 31: 54,4 mg/l  $\text{NO}_3$  am 10.12.2015). Vermutlich besteht auch eine Verbindung zwischen verstärkter GW-Entnahme am Brunnen 1 und Erhöhung der Nitratgehalte an der GWM 2F/00.

**Tabelle 30:** Einstufung Seewasseranteile (Gesamtübersicht)

Summe Seewasseranteile Philipp- und/oder Reimold-See (*) Seewasseranteile Hardtsee	GWM / Brunnen Oberes GW-Stockwerk	GWM / Brunnen Mittleres GW-Stockwerk
Ohne Seewasseranteile	<b>Brunnen 5, Brunnen 6,</b> GWM 1F/00	GWM 5 (MGWL), GWM 8 (MGWL)
Seewasseranteile bis 10 %	<b>Brunnen 1</b>	<b>Brunnen 4, B1T (* Hardtsee)</b> B2T (bei starkem/langen Pumpen)
Seewasseranteile bis 20 %	<b>Brunnen 2</b>	
Seewasseranteile bis 30 %	<b>Brunnen 3, GWM 2F/00,</b> B1F (*) 25-30 %	GWM 2T/00
Seewasseranteile bis 40 %		GWM 6 (MGWL), GWM 7 (MGWL)
Seewasseranteile bis 50 %	GWM 3F/00	
Seewasseranteile bis 60 %	IV/99 (40-55 %), 4/00 (40-55 %)	
Seewasseranteile bis 80 %	B8F (75-80 %)	
Seewasseranteile bis 100 %	V/99, VI/99, B2F (90-100 %)	



Da eine Differenzierung der Seewassereinflüsse von Philipp-See oder Reimold-See auf Basis der stabilen Isotope nicht möglich ist, sind die Seewasseranteile als Summe beider Seebeeinflussungen anzusehen. Ein Ansatz zur Unterscheidung der beiden Seewassereinflüsse könnten die Kaliumgehalte darstellen (siehe Kap. 6.1). Die relativ geringen Kaliumgehalte der GWM 7T (2,8 mg/l) deuten eher auf Einflüsse durch den Reimold-See, was sich tendenziell mit der flächenhaften Verbreitung der Sauerstoff-18-Gehalte in Abbildung 27 deckt.

Da der mittlere Seewasserspiegel des Philipp-Sees in etwa 5 bis 15 cm über dem des unmittelbar benachbarten Reimold-Sees liegt, ist davon auszugehen, dass der Grundwasserabstrom des Philipp-Sees zu einem wesentlichen Anteil und dauerhaft in östliche Richtung zum Reimold-See erfolgt. Bei einer zusätzlichen Erweiterung nach Süd würde die Potenzialdifferenz zwischen den beiden Seen noch etwas höher ausfallen.

An den beiden Messstellen GWM V/99 und VI/99 konnten bei der Beprobung im Dezember 2016 Wassertemperaturen von 19,9 bzw. 19,7 °C festgestellt werden, was hier bereits hohe Seewasseranteile anzeigt.

#### **( VI ) Berechnung der aktuellen Durchströmungsrate des Sees und Vergleich mit früheren Ergebnissen**

Die aktuelle Durchströmungsrate des Baggersees wurde auf Basis der Sauerstoff-18-Untersuchungen zu 60-84 l/s berechnet und stimmt relativ gut mit der hydraulisch berechneten Grundwasserzuflussmenge von 61 l/s vom „Limnologischen und hydrologischen Begleitgutachten“ des Büros für Gewässerkunde und Landschaftsökologie Klaus-Jürgen Boos überein (BGL, 2016).

Gegenüber früheren Bilanzierungen aus dem Jahr 2004 liegen die aktuell bilanzierten Werte etwas höher, was mit der mittlerweile vergrößerten Seefläche zusammen hängt. Der Grundwasserzustrom zum See erfolgt überwiegend aus dem Oberen Grundwasserstockwerk (60-90 %). Der Zustromanteil von Grundwasser aus dem Mittleren Grundwasserstockwerk in den See kann anhand der vorliegenden hydrochemischen und isopenhydrologischen Untersuchungen auf demnach 10-40 % abgeschätzt werden.

## **9. Auswirkungen infolge der geplanten Erweiterung nach Süden bis auf eine Abbausohle bei 75 m NN**

Mit Hilfe der vorliegenden Untersuchungen sollen Aussagen zu möglichen Auswirkungen infolge der Erweiterung nach Süden bis auf eine Abbausohle bei 75 m NN auf die unterstromig liegenden Trinkwasserbrunnen der ZV Hohberggruppe abgeleitet werden.

### Beurteilung der quantitativen und qualitativen Auswirkungen im Abstrombereich

An den unterstromig liegenden Trinkwasserbrunnen 1 bis 4 der ZV Hohberggruppe konnten anhand der vorliegenden Daten Seewasseranteile von bis zu 30 % festgestellt werden. Die Brunnen 5 und 6 der ZV Hohberggruppe sowie die Brunnen der Lußhardtgruppe sind nach den vorliegenden Untersuchungen von Seewasser unbeeinflusst.

Die höchsten Seewasseranteile sind an dem östlichen Brunnen 3 (OGWL) festzustellen (30 %), die geringsten Anteile (10 %) am westliche Brunnen 1 (OGWL) sowie am tiefen Brunnen 4 (MGWL). An dem zentral liegenden Brunnen 2 (OGWL) liegen die Seewasseranteile bei bis 20 %.

Durch die geplante Erweiterung des Philipp-Sees nach Süden dürfte der Wasserspiegel am Philipp-See um etwa 5 cm ansteigen, da die See-Erweiterung im Zustrom in einen Bereich, in dem der aktuelle Grundwasserstand etwa 30 cm höher liegt, eingreift. Aufgrund der erhöhten Kontaktfläche mit dem Aquifer und der erhöhten Potentialdifferenzen zwischen zuströmenden Grundwasser und See sowie abströmenden Grundwasser und See (erhöhte Verkipfung) wird der Durchsatz des Sees leicht erhöht (vergleichbar der letzten Erweiterung). Die Erhöhung wird vom Büro Hydrag auf etwa 5 % geschätzt (Hydrag, 2016). Es ist anzunehmen, dass dadurch auch die o.g. Uferfiltratanteile an allen vier Brunnen quantitativ leicht ansteigen (< 5 %), was auf die leicht angestiegene Austauschrate infolge der leicht erhöhten Potentialdifferenzen zurück zu führen ist.

Qualitativ gesehen, belegen die relativ geringen Seewasseranteile an den Brunnen 1 bis 4 der ZV Hohberggruppe, dass für die sehr hohen Nitratgehalte am Brunnen 2 (69 bis 87 mg/l, 2001-2013) und Brunnen 3 (63 bis 109 mg/l, 2001-2013) nur untergeordnet die beiden Baggerseen Philipp-See und Reimold-See verantwortlich sind, sondern vielmehr die See-unabhängigen Zustromanteile des Randzustromes aus östlicher Richtung. Ein Blick auf die erhöhten Nitratgehalte im Zustrom und die vergleichsweise geringeren Nitratgehalte im Abstrombereich des Philipp-Sees machen deutlich (s. Abb. 13), dass ohne die Baggerseen stark nitrat- und sulfathaltige Zustrombereiche, wie beispielsweise an der GWM 139/307-6 seit über 10 Jahren mit > 100 mg/l NO<sub>3</sub> beobachtet wird, ungehindert in Richtung der Brunnen der ZV Hohberggruppe fließen. Da den beiden Seen auch gering Nitrat- und Sulfat-befruchtete Grundwässer zuströmen, puffern die Seen diese massiven Belastungen durch ihre verdünnende Wirkung ab.

Ein Effekt, der sich qualitativ im Vergleich zur Seerweiterung deutlicher auf die Beschaffenheit der Brunnen 1 bis 4 der ZV Hohberggruppe auswirken könnte, ist der Betrieb der Brunnen selbst. Wenn die östlich liegenden Brunnen 2 und 3 nicht oder nur noch gering betrieben werden, besteht die berechtigte Sorge, dass sich der Brunnen 1 die nitrathaltigen Grundwässer aus dem östlichen Randzustrom beizieht, was mit großer Wahrscheinlichkeit die Erklärung für die aktuell hohen Nitratgehalte am Brunnen 1 ist (Abb. 31: 54,4 mg/l Nitrat am 10.12.2015). Die Brunnen 2 und 3 haben demnach den

Brunnen 1 jahrelang vor dem stark nitrathaltigen östlichen Randzustrom geschützt bzw. wie „Schutzbrunnen“ fungiert. Sollte unmittelbar westlich des Brunnens 1 ein weiterer neuer Brunnen zur Trinkwasserförderung genutzt werden und neben den Brunnen 2 und 3 zusätzlich auch Brunnen 1 stillgelegt werden, ist davon auszugehen, dass längerfristig auch der neue Brunnen nitrathaltiges Grundwasser aus südöstlicher Richtung über den Bereich mit erhöhter Durchlässigkeit im OGWL bezieht (siehe Abb. 40: gelber Bereich mit erhöhter Durchlässigkeit  $> 0,005$  und siehe Anl. 22; östlicher Randbereich mit erhöhten Nitratgehalten  $> 30$  mg/l).

Eine Beeinflussung auf die Brunnen 5 und 6 der ZV Hohberggruppe (jeweils OGWL) ist aufgrund der Erweiterung des Baggersees nach Süden nicht gegeben. Selbst bei einer Stilllegung der Brunnengruppe 1 bis 4 wäre eine Beeinflussung wegen der deutlich westlichen Lage der Brunnen 5 und 6 nicht zu erwarten.

Eine qualitative Beeinflussung auf das Grundwasser des MGWL, das durch den tiefen Brunnen 4 der ZV Hohberggruppe gefördert wird, ist nicht zu erwarten, da die Abbau-sole der geplanten Erweiterungsfläche maximal bis an die Basis des OGWL reicht (bis 75 m NN). Sollte Seeuferfiltrat aus der geplanten Erweiterungsfläche abströmen, dann muss es zuerst noch durch den tieferen Bestandsee mit einer Sohlentiefe von bis zu 65,50 m NN strömen.

Aufgrund der relativ großen Entfernung zwischen Philipp-See und den Brunnen 1 bis 4 der ZV Hohberggruppe (ca. 2500 m) ist eine Grundwassergefährdung im Havariefall nicht zu erwarten. Da die Wasserfassungen derzeit bereits im Einflussbereich des Philipp-Sees liegen (die Seewasseranteile liegen bei 10-30 %), ergibt sich durch die geplante Erweiterung grundsätzlich keine qualitative Änderung der Grundwassergefährdung im Havariefall. Im Falle des Eintretens eines Havariefalls wären die gleichen Schutz- und Sanierungsmaßnahmen für den aktuellen Ist-Zustand, wie für den geplanten Zustand infolge der Erweiterung und/oder Vertiefung erforderlich.

Die Fließdauer des Grundwassers zwischen Philipp-See und der Trinkwasserbrunnen der ZV Hohberggruppe bleibt, unter Voraussetzung gleichbleibender Grundwasserförderraten, auch nach Realisierung des Vorhabens praktisch unverändert.

Die geplante Erweiterung nach Süden, die sich gänzlich im Strömungsschatten der bereits genehmigten Seefläche befindet (s. Abb. 42) und somit kein weiterer Eingriff in die Grundwasserströmungssituation westlich davon erfolgt, lässt bei gleichbleibender Bewirtschaftung der Brunnen 1 bis 4 der ZV Hohberggruppe die Beschaffenheit an den Brunnen, insbesondere bei den Nitratgehalten, möglichst unverändert.

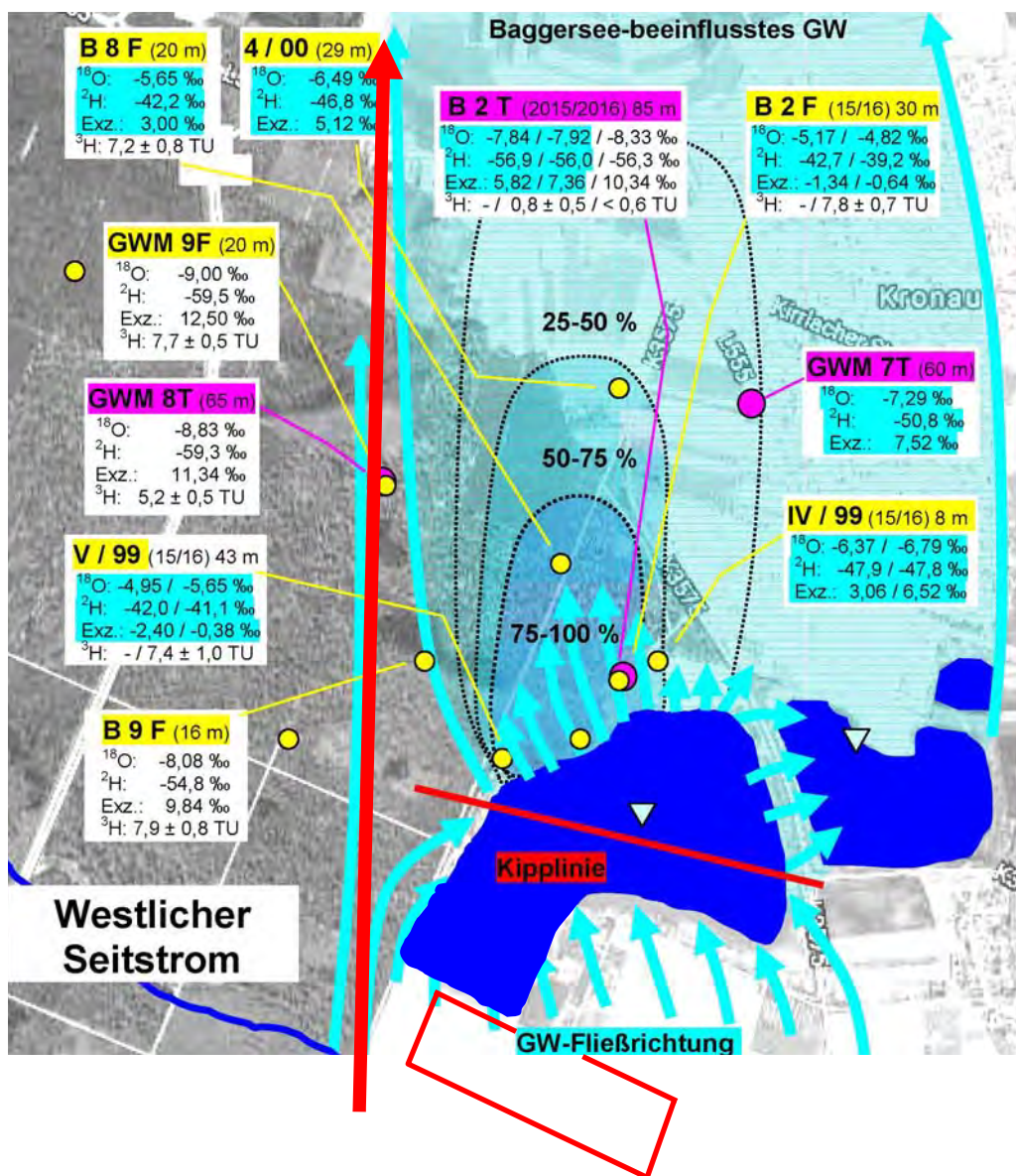
Zusammenfassend sind auf Basis der vorliegenden Untersuchungen und der o.g. Überlegungen bei der geplanten Erweiterung nach Süden bis auf eine Abbau-sole bei 75 m NN (somit nur auf den OGWL beschränkt) keine wesentlichen Veränderung bei der Grundwasserbeschaffenheit der Brunnen 1 bis 4 der ZV Hohberggruppe zu erwarten.

#### Einfluss Kriegbach auf Philipp-See:

Die aktuellen Daten zum Süßstoff Acesulfam belegen, dass Kriegbach-Uferfiltrat weder im See noch im näheren und weiteren Abstrom nachgewiesen werden konnten. Die Ergebnisse zum Acesulfam zeigen zudem an, dass Einträge durch Badegäste nicht erkennbar sind.



Durch die geplante Erweiterung wird der Abstand zwischen Seeufer und Kriegbach verringert. Da der Wasserspiegel im Kriegbach gegenüber dem Grundwasserspiegel um mindestens 2 m höher liegt, ist eine direkte Druckübertragungen zwischen Kriegbach und Grundwasser ausgeschlossen. Nach den vorliegenden Acesulfam-Untersuchungen ist für das Umfeld des Kriegbachs eine Überdeckung des Aquifers mit gering durchlässigem Material anzeigt, die jeglichen Stofftransport stark dämpft. Diese Einschätzung gilt nach den vorliegenden Ergebnissen auch für den Kraichbach. Ein deutlich verstärktes „Anzapfen“ des Kriegbachs durch den nach Süden erweiterten Philipp-See ist nach den vorliegenden Ergebnissen nicht zu erwarten:



**Abbildung 42:**  
Lage der geplanten Erweiterung nach Süden  
im Strömungsschatten der bestehenden Seefläche

Plangrundlage: Google Earth

## 10. Verwendete Unterlagen

- Arguplan (2015): Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis zur Durchführung von Erkundungsbohrungen und dem Ausbau zu Grundwassermessstellen nach § 43 WG Baden-Württemberg, März 2015
- Arguplan (2016): Dokumentation der Bohrkampagne 2015/2016 mit: Übersichtskarte Messstellen, Einmessprotokolle, Schichtenverzeichnisse und Ausbaupläne, Fotodokumentation, Pumpversuche – Geohydraulische Untersuchungen, Geophysikalische Untersuchungen
- BGL (2004): Limnologisches und hydrologisches Begleitgutachten zur UVU Kiesgrubenerweiterung Philipp & Co. KG. Bad Schönborn, unveröffentl. Gutachten im Auftrag der Philipp & Co. KG., Saarbrücken, Februar 2004, 60 S.
- BGL (2009): Limnologisches und hydrologisches Begleitgutachten zur UVU Tieferbaggerung des Baggersees Kieswerk Langenbrücken der Klaus Reimold GmbH, unveröffentl. Gutachten im Auftrag der Klaus Reimold GmbH, Saarbrücken, November 2009, 85 S.
- BGL (2015): Hydrochemische Untersuchungen zum Philipp-See (Epi-, Meta- und Hypolimnion am 15.10.2014, Mischprobe vom 05.05.2015)
- BGL (2016): Limnologisches Begleitgutachten zur UVU Kiesgrubenerweiterung Philipp & Co KG, unveröffentl. Gutachten im Auftrag von Philipp & Co KG, Saarbrücken, November 2016, 88 S.
- FADER Umweltanalytik (2003): Zwischenbericht - Untersuchungsprogramm WSG ZV Hohberggruppe, Karlsruhe, 20.08.2003.
- FADER Umweltanalytik (2009): Bericht zum Untersuchungsprogramm Standorterkundung Brunnen 6, ZV Gruppenwasserversorgung Hohberg, Karlsruhe, 10.08.2009, 27 S.
- FADER Umweltanalytik (2015a): Gemeinsames Grundwassermodell der Wasserversorgung ZV Gruppenwasserversorgung Hohberg und WGZ Hardtwald – Zwischenbericht über Modellgrundlagen – Karlsruhe, 29.05.2015
- FADER Umweltanalytik (2015b): Zusammenfassende Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit und –herkunft im Nahbereich und Einzugsgebiet von Tiefbrunnen 4 – ZV Gruppenwasserversorgung Hohberg –Karlsruhe, 14.08.2015, 38 S.
- Funk, Hydrologie (2016): Philipp & Co KG – Kieswerk Langenbrücken – Kronau – Erweiterung Baggersee; Geohydraulische Untersuchungen GWM B1F/2015, B1T/2015, B2F/2015 und B2T/2015, Staufen
- GrwV (2010): Grundwasserverordnung, Verordnung zum Schutz des Grundwassers, Ausfertigung vom 09.11.2010
- Hydrag (2016): Grundwasserhydrologische Untersuchungen Kieswerk Philipp Bad Schönborn-Langenbrücken, unveröffentl. Gutachten im Auftrag von Philipp & Co KG, Karlsruhe, 14.11.2016.
- Hydroisotop (1997): Isotopehydrologische und hydrochemische Untersuchungen im Bereich des Oberrheingrabens, datiert auf 27.05.1997, unveröffentl. Gutachten im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU), 60 S., 7 Anl., Schweitenkirchen

- Hydroisotop (2012): Isopenhydrologische Untersuchungen an Grundwasserproben, Brunnenneubau / Überwachung Wasserschutzgebiet, WGZV Hardtwald, St. Leon-Rot, datiert auf 14.11.2012, unveröffentl. Gutachten im Auftrag von Fader Umweltanalytik Karlsruhe, 16 S.
- Hydroisotop (2015): Isopenhydrologische Untersuchungen an Grundwasserproben, Kurzbericht zu Brunnen 4 – Mittlerer Grundwasserleiter (MGWL) - ZV Gruppenwasserversorgung Hohberg, datiert auf 30.06.2015, unveröffentl. Gutachten im Auftrag von Fader Umweltanalytik Karlsruhe, 15 S.
- LGRB (2001): Wechselwirkungen zwischen Baggersee und Grundwasser, Ergebnisse isopenhydrologischer und hydrochemischer Untersuchungen im Teilprojekt 6 des Forschungsvorhabens „Konfliktarme Baggerseen (KaBa)“, LGRB-Informationen, Heft 10, Freiburg i. Br., 2001
- LGRB (2005): Ein Referenzprofil des Keupers im Kraichgau – zusammengesetzt aus mehreren Kernbohrungen auf Blatt 6718 Wiesloch (Baden-Württemberg), LGRB-Informationen, Heft 17, S. 25 – 124, 7 Abb., 5 Tab., Freiburg i. Br., Dezember 2005
- LGRB (2007): Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben (Baden-Württemberg), LGRB-Informationen, Heft 19, Freiburg i. Br., Dez. 2007
- SCHÄFER, WOLFGANG (2015): Grundwassermodell für den Bereich des ZV Gruppenwasserversorgung Hohberg (Gem. Östringen, Kreis Karlsruhe) und des WGZ Hardtwald (Gem. St. Leon-Rot, Rhein-Neckar-Kreis), Zwischenbericht zum Modellaufbau und zur Kalibrierung, Steinbeis-Transferzentrum Grundwassermodellierung, Wiesloch, Gutachten im Auftrag von Ingenieurbüro und Umweltlabor FADER Umweltanalytik, Wiesloch, 15.06.2015, 29 S.
- UM Baden-Württemberg & Rheinland-Pfalz (2007): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Raum Karlsruhe-Speyer (HGK KASP) – Fortschreibung 1986-2005 – Beschreibung der geologischen, hydrogeologischen und hydrologischen Situation, Hrsg. Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg, Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz, 111 S., 11 Anl., Stuttgart-Mainz.