



E. Funk HYDROGEOLOGIE

**Vogel-Bau GmbH
Erweiterung Baggersee Waldmattsee**

Gemarkung Kippenheimweiler

**Ergänzende hydrogeologische und
hydrochemische Untersuchungen**

E. Funk
Büro für Hydrogeologie

Rothofweg 5
79219 Staufen
Tel. 07633/7270
Fax 07633/5797

funk@geohydraulik.com
www.geohydraulik.com

Auftraggeber: Vogel-Bau GmbH
Dinglinger Hauptstraße 28, 77933 Lahr

Maßnahmen: Datenerhebung, Stichtagsmessung, Analytik,
Auswertungen

Zeitraum: Oktober 2022 – Juli 2023

Bericht erstellt:

Staufen, 28.07.2023


E. Funk
(Dipl. Geologe)

1. Einleitung	4
1.1 Anlass	4
1.2 Aufgabenstellung	4
2. Durchgeführte Untersuchungen	5
2.1 Ältere Untersuchungen	5
2.1.1 Isotopenhydrologische und hydrochemische Analysen.....	5
2.1.2 Entnahme von Grundwasser- und Seeproben 2020/21	5
2.2 Aktuelle Untersuchungen - Datenerhebung	5
2.2.1 Entnahme von Grund- und Seewasserproben	6
2.2.2 Isotopenhydrologische Analysen	7
2.2.4 Stichtagsmessungen.....	7
2.2.4 Messnetz – Grundwasserstände	7
3. Ergebnisse	8
3.1 Geologische Verhältnisse	8
3.1.1 Regionale Geologie	8
3.2 Hydrogeologische Verhältnisse	10
3.2.1 Aquiferaufbau und -mächtigkeit, Stockwerksgliederung.....	10
3.2.2 Durchlässigkeiten.....	10
3.2.3 Grundwasserganglinien, Flurabstände, Schwankungsbereiche	11
3.2.4 Grundwasserfließrichtung, -gefälle, -geschwindigkeit	14
3.2.5 Seehydraulik – Seespiegelkipfung Istzustand	15
3.2.6 Grundwassereinzugsgebiet – Grundwasserneubildung	17
3.2.7 Grundwasserüberdeckung.....	17
3.2.9 Grundwasserzuströmrate.....	17
3.3 Hydrochemische Analysen	18
3.3.1 Chlorid.....	19
3.3.2 Nitrat.....	19
3.3.3 Sulfat	19
3.3.4 Phosphat.....	20
3.3.5 Schadstoffe	20
3.4 Isotopenhydrologische Analysen	25
3.4.1 Stabile Isotope Sauerstoff-18 und Deuterium - Grundlagen und Ergebnisse	25
3.4.2 Ergebnisse	26
3.4.3 Abschätzung der Grundwasseraustauschrate des Baggersees	28
3.5 Tiefenprofilmessungen im Baggersee	29
4. Beschreibung der Auswirkungen des Vorhabens	33
4.1 Geplante Erweiterung	33
4.2 Veränderung der Grundwasserhydraulik – Kippung und Strömung	33
4.3 Grundwasser Zu- und Abstrombereich	34
5 Abschließende Bewertung	34
6. Literaturverzeichnis	38
7. Liste der verwendeten Abkürzungen	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausschnitt aus Querschnitt Nr. 13 (LGRB Informationen Nr. 19).....	9
Abbildung 2: Grund- und Seewasserstände See Kippenheimweiler 2000 - 2023	13
Abbildung 3: Hydraulische Verhältnisse im Umfeld eines Baggersees (LFU 2004)	16
Abbildung 4: Verlauf der Chlorid Konzentration von 2010 bis 2023.....	21
Abbildung 5: Verlauf der Nitrat Konzentration von 2010 bis 2023	21
Abbildung 6: Verlauf der Sulfat Konzentration von 2010 bis 2023.....	22
Abbildung 7: Verlauf der Konzentration Phosphor Gesamt von 2010 bis 2023	22
Abbildung 8: Deuterium versus Sauerstoff-18 Herbstbeprobung 2022.....	27
Abbildung 9: Deuterium versus Sauerstoff-18 Frühjahrsbeprobung 2023	28
Abbildung 10: Tiefenprofilmessung November 2022 (Anfang Zirkulation).....	31
Abbildung 11: Tiefenprofilmessung März 2023 (Ende Zirkulation)	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mittlere Grundwasserstände, Niedrigst- und Höchstwasserstände [m+NN] und Flurabstände [m].	12
Tabelle 2: Hydraulische Parameter des Oberen Grundwasserleiters in der Umgebung des Baggersees Waldmatten.	15
Tabelle 3: Reichweiten Istzustand	17
Tabelle 4: Hydrochemische Analysenergebnisse Grundwasser 2022/2023.....	23
Tabelle 5: Hydrochemische Analysenergebnisse See.....	24
Tabelle 6: Kippung und Reichweiten Planzustand.....	34
Tabelle 7: Ergebnisse der hydrochemischen und isotopenhydrologischen Grundwasseranalysen 2020/21	36
Tabelle 8: Ergebnisse der hydrochemischen und isotopenhydrologischen Seewasseranalysen 2020/21	37

Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Übersichtskarte
Anlage 2:	Lageplan
Anlage 3.1:	Grundwasserhöhengleichen vom 22.05.2023 (rel. MW)
Anlage 3.2:	Grundwasserhöhengleichen vom 15.08.2022 (rel. NW)
Anlage 3.3:	Grundwasserhöhengleichen vom 17.07.2021 (rel. HW)
Anlage 4:	Grundwasserhöhengleichen 22.05.2023 - Planzustand
Anlage 5:	Grundwasserganglinien

1. Einleitung

1.1 Anlass

Die Firma Vogel-Bau GmbH betreibt auf Gemarkung Kippenheimweiler den Baggersee „Waldmattsee“ zur Nassauskiesung mit Betriebseinrichtungen zur Kiesaufbereitung. Im Rahmen des Planfeststellungsbeschlusses vom 11.03.2016 zur Erweiterung der bestehenden Kiesgrube wurden u. a. die Errichtung von zwei zusätzlichen Grundwassermessstellen im Abstrom des Baggersees als Auflage festgelegt. Zusätzlich wurde, um die Entwicklung der Anbindung des Sees an das Grundwasser und Veränderungen der Abstrom-Situation zu untersuchen, zur Auflage gemacht, dass im Abstand von sechs Jahren hydrochemische Übersichtsuntersuchungen sowie Untersuchungen der stabilen Isotope des Wassers durchzuführen sind.

Im Rahmen des laufenden Antrags zur Flächenerweiterung nach Süden wurden weitergehende Auswertungen und Darstellungen bezüglich der See- und Grundwasserhydraulik von der unteren Wasserbehörde des Landratsamtes Ortenau gefordert (siehe hierzu Schreiben des LRA vom 31.01.2023).

Die Ergebnisse der früheren sowie der im Herbst 2022 und im Frühjahr 2023 von der Fa. Vogelbau GmbH veranlassten Untersuchungen und Messungen werden im vorliegenden Bericht vorgestellt und erläutert. Ebenso werden die Ergebnisse der im Schreiben des LRA vom 31.01.2023 geforderten weiteren hydrogeologischen Untersuchungen dargestellt und erläutert.

1.2 Aufgabenstellung

Gemäß dem Gesetz zur Umweltverträglichkeitsprüfung sind mögliche Auswirkungen des Vorhabens auf die Schutzgüter - hier Grundwasser - zu prüfen. Die hierfür zu klärenden Fragestellungen werden im Leitfaden „Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft – Empfehlungen für die Planung und Genehmigung des Abbaus von Kies und Sand“ der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg diskutiert.

Neben den im Leitfaden beschriebenen im Wesentlichen abzuarbeitenden hydrogeologischen Themen, die als Basis für die weiteren Aussagen erforderlich sind, werden die gemäß früheren Auflagen und aktuell aufgestellten Forderungen des LRA abgehandelt. Dies sind insbesondere die Auswertung einer aktuellen Stichtagsmessung des Grundwasserspiegels und die Erhebung und Auswertung repräsentativer Grundwasserstände in der Umgebung des Vorhabens als Basis für die Prognose der Auswirkungen des Planzustands. Hier sollte vor allem auf die zukünftigen Wasserspiegellagen bei Hochwasserhältnissen eingegangen werden.

2. Durchgeführte Untersuchungen

2.1 Ältere Untersuchungen

2.1.1 Isotopenhydrologische und hydrochemische Analysen

Ältere Isotopenhydrologische und hydrochemische Untersuchungen werden im Bericht der Fa. Hydroisotop (2010) dargestellt und erläutert. Im Rahmen des Gutachtens zur Erweiterung der Abbaufäche des Baggersee Waldmatten (Funk 2012), welcher sich ca. 1.500 nordwestlich des Waldmattensees befindet, wurde am 10.09.2012 in ausgewählten Grundwassermessstellen in der Umgebung des Baggersees eine Stichtagsmessung durchgeführt. Die bei der Stichtagsmessung erhobenen Daten wurden zur Erstellung eines Grundwassergleichenplans verwendet.

Am 10.09.2020 wurden im Baggersee in drei verschiedenen Tiefen (Epilimnion, Hypolimnion, 1 m über dem Seegrund) Wasserproben durch das Büro ZehnEck, Büro für Umwelt- und Geowissenschaften entnommen. Zwischen dem 21.10.2020 – 23.10.2020 wurden in fünf Grundwassermessstellen sowie in der Seemitte (Mischprobe), je eine Wasserprobe ebenfalls durch das Büro ZehnEck entnommen. Am 19.03.2021 wurde eine zweite Stichtagsbeprobung durch die SGS Analytics Germany GmbH in denselben fünf Grundwassermessstellen sowie im Bereich der Seemitte (1 Mischprobe) durchgeführt. Die Wasserproben wurden durch die Synlab Analytics & Services Germany GmbH (Herbst 2020) sowie der SGS Analytics Germany GmbH (Frühjahr 2021) nach dem Untersuchungsumfang A1 analysiert. Zusätzlich wurden die Proben vom Oktober und März auf Isotope (Deuterium, Sauerstoff -18) durch die Hydroisotop GmbH analysiert.

Die Ergebnisse der früheren sowie der im Herbst 2020 und Frühjahr 2021 von der Fa. Vogelbau GmbH veranlassten Untersuchungen werden im Bericht des Unterzeichners vom 10.12.2021 vorgestellt und erläutert.

2.2 Aktuelle Untersuchungen - Datenerhebung

Zur Sichtung und Auswertung vorhandener Daten wurden relevante Unterlagen beim Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) in Freiburg, bei der Landesanstalt für Umwelt- und Bodenschutz (LUBW) in Karlsruhe, beim Regierungspräsidium Freiburg und beim Landratsamt Ortenaukreis sowie beim Auftraggeber erhoben. Im Wesentlichen wurden folgende Unterlagen verwendet bzw. auf folgende Datenbanken zurückgegriffen (siehe auch Kapitel 6):

- Auszug aus der TK 25
- Auszug aus dem ALK
- Grundwasserdatenbank des Landratsamtes Ortenaukreis (GWDB)
- Archiv des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB).
- Europäisches Programm INTERREG, Hydrogeologische Kartierung der Oberrheinebene (1995): Hydrogeologische Schnitte
- Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (2007): LGRB-Informationen 19, Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben, Freiburg
- LUBW: Daten zu Biotopen, Wasser-, Natur- und anderer Schutzgebiete
- Unterlagen zu INTERREG
- Weitere Unterlagen siehe Kapitel 6.

2.2.1 Entnahme von Grund- und Seewasserproben

Grundwasser

Zur Bestandsaufnahme und Bewertung der Hydrochemischen Verhältnisse und der tiefenbezogenen Beschaffenheit des Grundwassers im Bereich des Baggersees sollen vorhandene hydrochemische Analysen ausgewertet und zusätzliche chemische und isopenhydrologische Analysen durchgeführt und ausgewertet werden. Diese bereits 2020 und 2021 durchgeführten Untersuchungen sollten wegen zweifelhafter Aussagekraft bzw. wegen der im See entnommenen Mischprobe, statt horizontalen Proben, erneut erfolgen (siehe hierzu Email Dr. Bauer vom November 2021).

In folgenden GWM und im See wurden Proben am 16.11.2022 sowie am 13.03.2023 und 15.03.2023 (Untersuchungsumfang A2 gemäß Leitfaden zur Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft) genommen und durch das Labor SGS Analytics Germany GmbH analysiert:

- GWM Raststätte West
- 0034/066-0 (Raststätte Mahlberg)
- 2060/066-3 (Z01 flach)
- 3302/066-6 (A04)
- 3303/066-6 (A05)
- 2105/066-0 (A02 tief/ (BK2/04)), bisher irrtümlich als 0123/066-5 bezeichnet
- Baggersee

Die GWM Raststätte West befindet sich in unmittelbarer Nähe zur GWM 0034/066-0. In der Herbstbeprobung wurde die GWM Raststätte West beprobt in der Frühjahrsbeprobung wurde statt der GWM Raststätte West die GWM 0034/066-0 beprobt.

Die GWM 2060/066-3 wurde im Rahmen eines erweiterten Untersuchungsprogrammes zusätzlich auf aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW), leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) und per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) untersucht.

Seewasser – Tiefenprofile

Um eine Beurteilung der Zusammensetzung des Seewassers zu ermöglichen wurden Entnahmen von Mischproben des Epilimnions, Hypolimnions und 1m über Grund am 16.11.2023 sowie 15.03.2023 durch die SGS Analytics Germany GmbH durchgeführt. Dabei wurden auch die Tiefenprofile im See gemessen.

2.2.2 Isotopenhydrologische Analysen

Bei den genommenen Proben wurden auch die Isotope (Deuterium, Sauerstoff -18) durch die SGS Analytics Germany GmbH analysiert.

2.2.4 Stichtagsmessungen

Zur Ermittlung der Grundwasserfließrichtung und des Gefälles wurde Ende Mai 2023 bis Anfang Juni 2023 eine regionale Stichtagsmessung in ausgewählten Grundwassermessstellen im Untersuchungsgebiet durch die Fa. Vogel-Bau GmbH durchgeführt. Die Daten wurden zur Erstellung eines Grundwassergleichenplans verwendet (Anlage 3.1). Für einen relativen Hochwasser- und Niedrigwasserstand wurden die Daten der zur Verfügung gestellten Grundwassermessstellen im Zeitraum 2000 – 2022 ausgewertet und zur Erstellung von Grundwassergleichenplänen verwendet (siehe Anlage 3.2 und 3.3).

2.2.4 Messnetz – Grundwasserstände

Zur Ermittlung des Schwankungsbereiches der Grundwasserstände wurden die Wasserstände in ausgewählten, vorhandenen Grundwassermessstellen und am Baggersee ausgewertet. Über das Grundwasserstandsmessnetz des Landes standen dazu Messreihen aus ausgewählten vorhandenen Grundwassermessstellen zur Verfügung.

3. Ergebnisse

3.1 Geologische Verhältnisse

3.1.1 Regionale Geologie

Es wird auf die in Kapitel 6 aufgelisteten Unterlagen verwiesen, in denen die geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse bereits ausführlich erläutert werden. Nachfolgend wird eine Zusammenfassung gegeben.

Der Standort liegt im Bereich der quartären Ablagerungen des Rheintalgrabens bzw. im Bereich der Niederterrassenschotter. Die Kiese und Sande der Niederterrasse wurden während der letzten Eiszeit abgelagert, und im Bereich der Niederungen anschließend umgelagert. Die Ablagerungen reichen vom Holozän bis ins älteste Quartär und Jungtertiär. Der regionale Schichtenaufbau in der Umgebung des Bauvorhabens kann aus dem hydrogeologischen Querschnitt 13 der LGRB-Informationen-Nr. 19 (Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben, LGRB 2007) entnommen werden (siehe Abbildung 1). Demnach und gemäß von Bohrungen in der Umgebung des Standortes, wird der Untergrund entsprechend der aktuellen Gliederung in o. g. Veröffentlichung in folgende Einheiten unterteilt:

0,00 - 2,0 m: Deckschichten

Schluffe und Tone

- 40,0 m: Oberer Grundwasserleiter (Neuenburg-Formation)

Sandige bis schwach sandige Kiese

Bereichsweise Feinklastischer Horizont 1 und 2

- 65,0 m: Unterer Grundwasserleiter (Breisgau-Formation)

Fein- bis Grobkiese, sandig

> 65,0 m: Iffezheim-Formation/fluviatiles Jungtertiär

Gemäß Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (I-SONG) ist unterhalb der wenige Meter mächtigen Iffezheim-Formation eine tertiäre Gesteinsabfolge aus Tonmergel, Feinsand, Kalksandstein und möglicherweise Sulfatgestein (Gips/Anhydrit) zu erwarten.

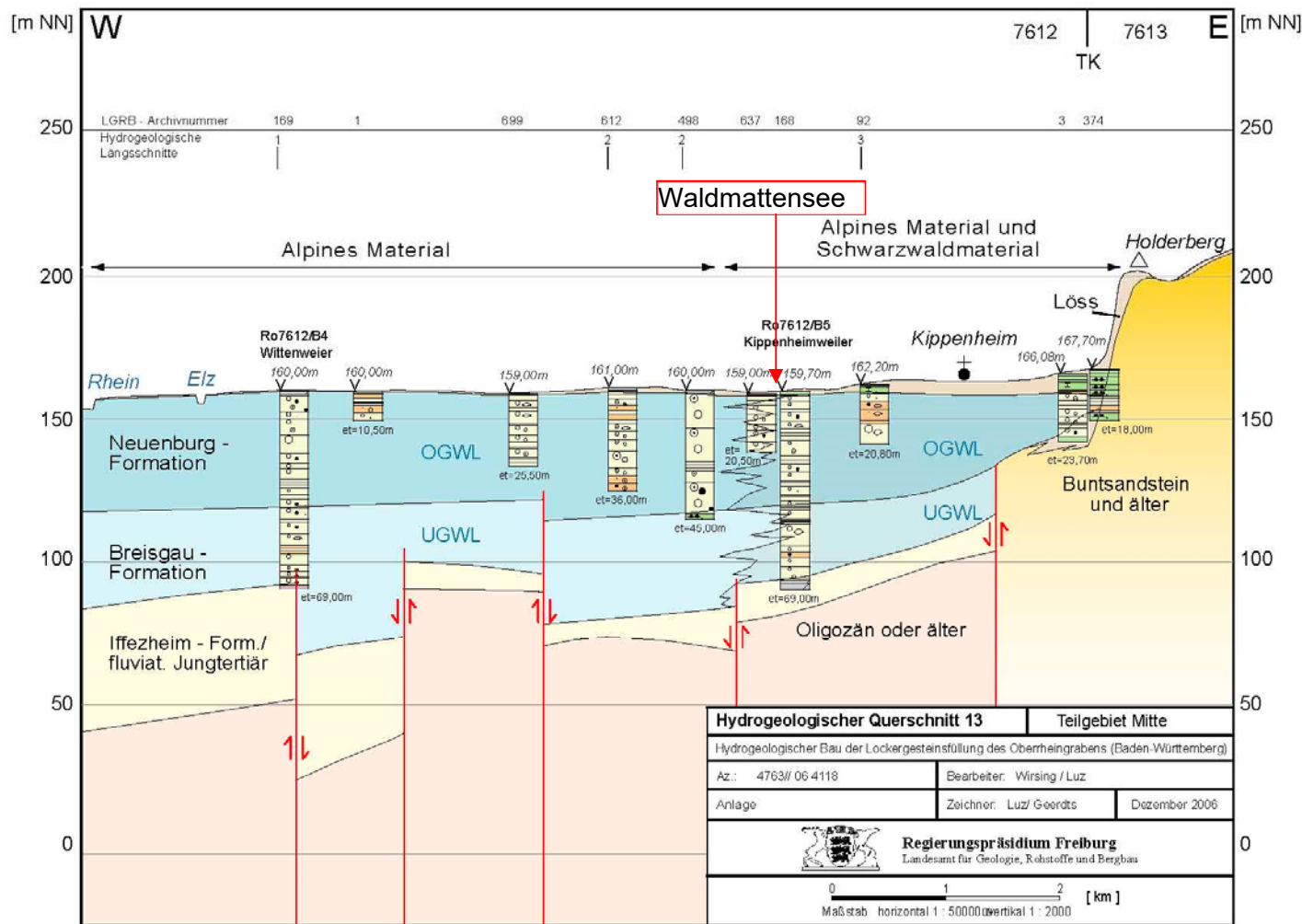


Abbildung 1: Ausschnitt aus Querschnitt Nr. 13 (LGRB Informationen Nr. 19). qs = „Deckschichten“; OGWL = „Oberer Grundwasserleiter“; UGWL = „Unterer Grundwasserleiter“

3.2 Hydrogeologische Verhältnisse

3.2.1 Aquiferaufbau und -mächtigkeit, Stockwerksgliederung

Der obere Grundwasserleiter stellt den regional bedeutsamsten Grundwasserleiter dar. Der untere Grundwasserleiter hat in der Regel etwas geringere Durchlässigkeiten. Die Aquiferbasis liegt gemäß Veröffentlichung des LGRB (Informationen Nr. 19) bei ca. 65 m+NN. Bei einem Flurabstand von ca. 1 - 2,0 m ergibt sich demnach eine Gesamtmächtigkeit des Aquifers des quartären Porengrundwasserleiters von ca. 63,0 m. Der Grundwasserspiegel liegt sehr nahe unter der Oberfläche. Der Flurabstand in der Umgebung des Baggersees beträgt bei relativen Mittelwasserständen ca. 1,0 – 1,30 m. Die Aquifermächtigkeit der gut durchlässigen Schotter des Oberen Grundwasserleiters kann mit ca. 38,0 m angegeben werden

3.2.2 Durchlässigkeiten

Die Verteilung der Durchlässigkeiten für die angesprochenen Formationen wurde zunächst auf Basis der LGRB Informationen Nr. 19 (LGRB, 2007) ermittelt. Demnach verringert sich die Durchlässigkeit von West nach Ost, bzw. mit zunehmender Entfernung zum Rhein. Im Bereich des Sees liegt die hydraulische Durchlässigkeit im oberen Abschnitt des OGWL gemäß LGRB bei etwa $4 - 8 \cdot 10^{-3}$ m/s. Für den unteren Bereich des OGWL wird für den Bereich des Sees eine Durchlässigkeit von $5 - 10 \cdot 10^{-3}$ m/s angegeben. Für den UGWL ist gemäß LGRB eine etwas geringere Durchlässigkeit von ca. $4 - 6 \cdot 10^{-3}$ m/s ausgewiesen.

Im Rahmen der Untersuchungen zur Ausweisung des Schutzgebietes für die Brunnen 1 – 3 Kaiserwald wurden umfangreiche Pumpversuche durchgeführt, die im Gutachten des LGRB von 1989 ausführlich dokumentiert sind und nachfolgend zusammengefasst werden:

Die Auswertung der drei Pumpversuche hat gezeigt, dass im Bereich des Oberen Kieslagers für das gesamte Untersuchungsgebiet keine hydraulisch wirksamen Trennhorizonte vorkommen. Trotzdem führen Sand- oder Schlufflinsen mit geringen Durchlässigkeiten zu einem inhomogenen und anisotropen Aufbau. Die Absenkungstrichter um die einzelnen Brunnen herum scheinen nach Süden ausgeprägter zu sein als nach Norden und weisen daher auf eine im südlichen Bereich leicht erhöhte Durchlässigkeit hin, was tendenziell auch aus den Einzelauswertungen hervorgeht. Folgende mittlere geohydraulische Parameter wurden ermittelt:

Transmissivität T (m ² /s)	= $1,18 \cdot 10^{-1}$
Aquifermächtigkeit H (m)	= 15
Durchlässigkeit kf (m/s)	= $7,86 \cdot 10^{-3}$
Grundwasserspiegelgefälle (i)	= 0,0008
Durchströmbarer Hohlraumanteil (n _d)	= 0,15

Für die weiteren Berechnungen im Bereich des Oberen Grundwasserleiters östlich der Brunnen im Bereich des Sees wird nachfolgend ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert von mindestens $4,0 \cdot 10^{-3}$ m/s vorgeschlagen.

3.2.3 Grundwasserganglinien, Flurabstände, Schwankungsbereiche

Zur Ermittlung der Flurabstände bzw. der Schwankungsbereiche des Grundwassers, wurden die langjährigen Daten ausgewählter amtlicher Grundwassermessstellen in der Umgebung des Sees, sowie die Seewasserspiegelstände des Baggersees ausgewertet. (Tabelle 1 und Anlage 5).

Der Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels zwischen Niedrigstwasser und Höchstwasser (HW-NW) liegt in den betrachteten Messstellen gemäß Tabelle 1 zwischen ca. 1,2 und ca. 3,31 m. Im Bereich des Sees beträgt die Schwankung 1,89 m im gemessenen Zeitraum von 2000 - 2023. Der mittlere Schwankungsbereich aller ausgewerteten Messstellen liegt bei 2,13 m. Der Flurabstand bei Niedrigstwasser bewegt sich zwischen ca. 1,67 und 5,86 m. Der Mittelwert aller Messstellen liegt bei ca. 3,02 m. Der minimale Flurabstand bei Höchstwasser liegt zwischen -0,04 m und 2,85 m unter Gelände (Mittelwert aller Messstellen: 0,77 m u. GOK).

Seewasserspiegel

In Abbildung 2 ist der Seewasserstand der Jahre 2000 bis 2023 des Baggersees und der direkt abstromigen Messstellen dargestellt. Die Rohdaten der Seemessungen wurden vom AG zur Verfügung gestellt und mussten aufgrund aktueller Einmessungen der Lattenpegel korrigiert bzw. aufbereitet werden. Der Schwankungsbereich des Wasserspiegels im o.g. Zeitraum liegt bei 1,89 m. Der HW-Wert wurde mit 158,41 m+NN und der NW-Wert mit 156,52 m+NN gemessen. Der statistische Mittelwert des Wasserspiegels in diesem Zeitraum liegt bei 157,58 m+NN. Der Flurabstand im Umfeld des Baggersees liegt im Mittel bei ca. 1 - 3 m.

Tabelle 1: Mittlere Grundwasserstände, Niedrigst- und Höchstwasserstände [m+NN] und Flurabstände [m].

GW-Nummer	GOK	MOK	MW*	NW	Datum	HW	Datum	HW-NW	Flurabstand	Flurabstand	Flurabstand	Zeitraum
	(m+NN)	(m+NN)	(m+NN)	(m+NN)		(m+NN)		(m)	MW (m)	NW (m)	HW (m)	
118/066-2	158,72	159,88	156,89	155,81	23.08.2004	157,68	03.06.2013	1,87	1,83	2,91	1,04	1969 - 2023
119/066-7	157,18	157,58	156,52	155,51	09.09.1991	157,18	24.05.1983	1,67	0,66	1,67	0	1967 - 2023
120/066-1	159,57	159,85	157,77	156,88	27.08.1923	158,37	05.03.1923	1,49	1,8	2,69	1,2	1972 - 2023
121/066-6	159,2	159,92	158,01	156,88	27.08.1923	158,88	17.12.1923	2,00	1,19	2,32	0,32	1923 - 1950
122/066-0	159,28	160,33	157,75	156,01	04.08.1952	159,32	24.05.1983	3,31	1,53	3,27	-0,04	1923 - 2023
123/066-5	158,75	159,23	157,37	156,14	05.10.2009	158,39	04.08.2014	2,25	1,38	2,61	0,36	1959 - 2023
127/066-3	159,4	159,92	158,13	157,28	23.09.1991	159,33	30.05.1983	2,05	1,27	2,12	0,07	1967 - 2023
128/066-8	160,43	160,43	157,75	156,62	16.09.1991	159,03	24.05.1983	2,41	2,68	3,81	1,4	1923 - 1997
129/066-2	161,98	162,59	159,3	157,91	12.11.1973	161,19	22.05.1978	3,28	2,68	4,07	0,79	1923 - 2023
130/066-7	160,44	161,03	158,8	157,95	23.09.1991	160,21	30.05.1983	2,26	1,64	2,49	0,23	1970 - 2023
134/066-5	163,84	164,39	159,11	157,98	23.09.1991	160,99	01.02.1982	3,01	4,73	5,86	2,85	1975 - 1993
135/066-0	159,16	159,38	156,61	155,4	01.09.1980	158,21	26.12.1966	2,81	2,55	3,76	0,95	1961 - 1961
8507/066-9	160,18	161,02	158,39	157,81	05.09.2022	159,41	19.07.2021	1,60	1,79	2,37	0,77	2015 - 2023
2060/066-3	-	159,86	158,24	157,08	19.06.2023	159,56	21.07.2014	2,48	-	-	-	2000 - 2023
2105/066-0	159	159,84	157,42	156,67	21.09.2020	158,21	04.08.2014	1,54	1,58	2,33	0,79	2004 - 2023
3302/066-6	-	158,86	157,28	156,64	24.08.2020	157,847	15.02.2021	1,21	-	-	-	2020 - 2023
3303/066-6	-	159,48	157,21	156,60	24.08.2020	157,799	15.02.2021	1,20	-	-	-	2020 - 2023
LP See	-	149,92	157,58	156,521	22.09.2003	158,41	04.08.2014	1,89	-	-	-	2000 - 2023

* MW = Rechnerischer Mittelwert der gesamten Messreihe; **HW-NW = Schwankungsbereich

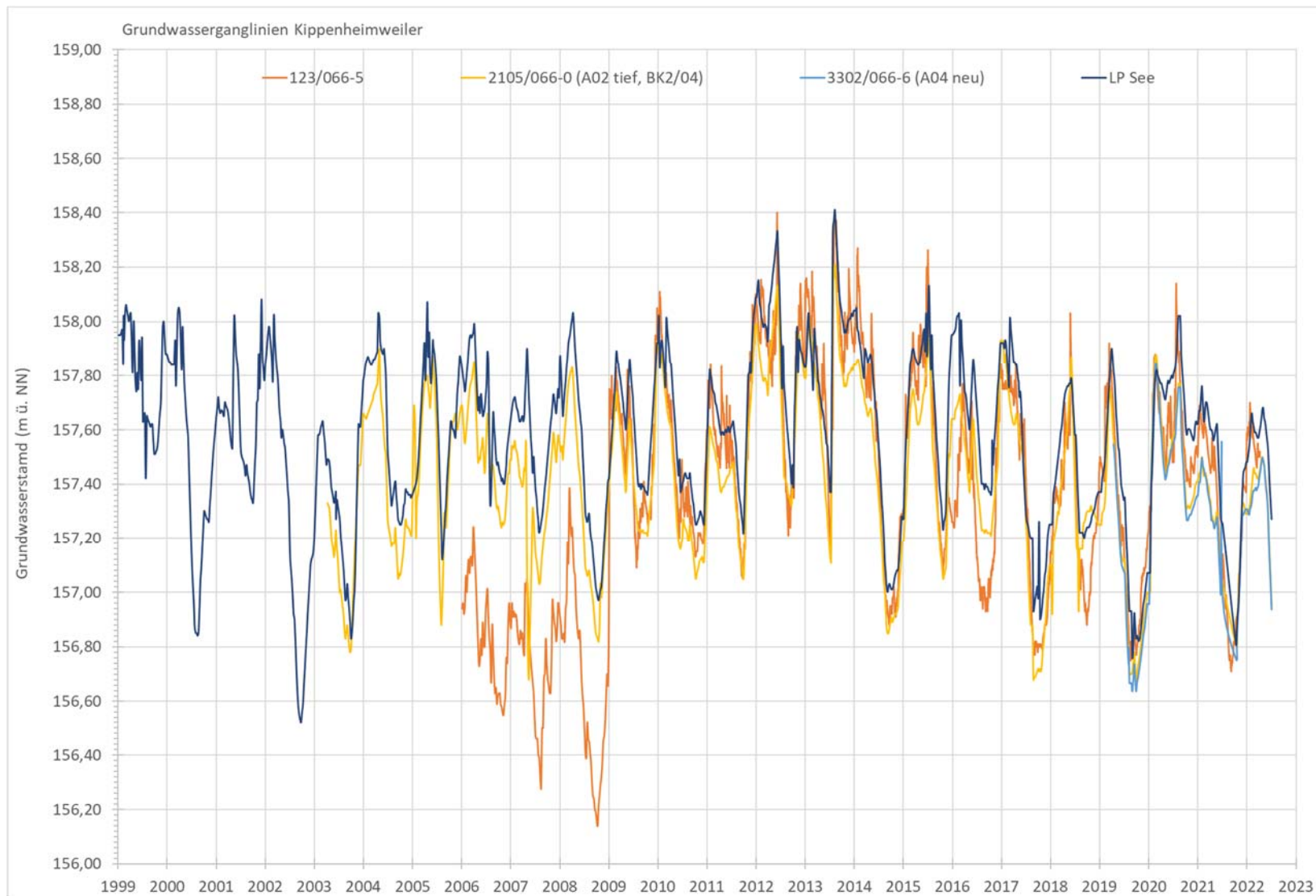


Abbildung 2 Grund- und Seewasserstände Baggersee Kippenheimweiler 2000 - 2023

3.2.4 Grundwasserfließrichtung, -gefälle, -geschwindigkeit

Grundwasserfließverhältnisse bei relativem Mittelwasserstand – Stichtag 22.05.2023

Die Anlage 3.1 zeigt einen Grundwassergleichenplan für einen relativen Mittelwasserstand gemäß der Stichtagsmessung von Ende Mai 2023. Die generelle Fließrichtung im Bereich des Baggersees verläuft von Süden nach Norden. Das Grundwasser strömt mit einem relativ flachen Gradienten von 0,00081 in nördliche Richtung ab. Im Bereich der offen gelegten Wasserflächen wird die Strömungsrichtung entsprechend der Kippung des Wasserspiegels verändert. Dadurch erhöht sich im Zu- und Abstrombereich in Seenähe das Gefälle des Grundwassers. Im Bereich des Einzugsgebiets der Tiefbrunnen Kaiserwald (Zone II) konnte mit Hilfe des Stichtags der Absenkbereich der Brunnen erfasst werden. Ob sich der Abstrombereich des Baggersees und der Einzugsbereich der Brunnen überlagern kann nicht eindeutig geklärt werden. Aufgrund des skizzierten Abstrombereich gemäß Anlage 3.1 kann davon ausgegangen werden, dass der Abstrombereich des Sees außerhalb der Reichweite der Brunnen liegt. Dies belegen auch die isopenhydrologischen Untersuchungen (siehe hierzu Kapitel 3.4).

Die mittlere Fließgeschwindigkeit v_0 (Abstandsgeschwindigkeit) des oberen Grundwasserleiters wurde für die unterschiedlichen Fließverhältnisse (= rel. Hoch-, Mittel- und Niedrigwasserstand) nach

$$v_0 = \frac{k_f * i_0 * 86400}{p} = m/Tag$$

mit k_f = Durchlässigkeit des OGWL
 i_0 = Gefälle des Ruhewasserspiegels
 p = nutzbare Porosität (angenommen)

berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Niedrigwasserstand am 15.08.2022

Die oben beschriebenen Fließverhältnisse und Fließrichtungen gelten annähernd auch für Niedrigwasserverhältnisse gemäß Anlage 3.2. Zur Konstruktion des Grundwassergleichenplans wurden die von der Behörde zur Verfügung gestellten Daten zu langjährigen Grundwasserstandsmessungen im Umfeld des Baggersees ausgewertet (siehe auch Tabelle 2). Die Grundwasserstände am 15.08.2022 liegen etwa 0,4 - 0,5 m tiefer als bei mittleren Verhältnissen und belegen regional einen nahezu historischen Tiefstand des Grundwasserspiegels. Das mittlere Grundwassergefälle liegt etwas niedriger als bei mittleren Verhältnissen und kann mit ca. 0,00077 angegeben werden. Die berechnete mittlere Fließgeschwindigkeit ist aus Tabelle 2 ersichtlich.

Hochwasserstand am 17.07.2021

Entsprechend der oben beschriebenen Vorgehensweise wurde zur Konstruktion eines Grundwassergleichenplans die Grundwasserstände vom 17.07.2021 als relativ hohes bzw. im Datenbereich am höchsten liegendes Ereignis ausgewählt. Die Grundwasserstände liegen etwa 0,7 m bis zu nahezu 2 m im Südosten höher als bei mittleren Verhältnissen.

Vor allem in Südosten deutet sich eine Hochwasserwelle an, die nach Nordwesten abströmt. Dort haben sich noch keine so hohen Grundwasserstände eingestellt. Entsprechend verändert sich im Bereich des Sees bzw. südlich davon die Fließrichtung mehr nach Nordwesten. Der nordwestliche Abstrom verändert sich auf der Basis der Datelage deutlich gegenüber Mittel- Niedrigwasserverhältnissen und scheint sich hier zu verengen. Das Grundwassergefälle liegt vor allem östlich des Sees deutlich höher als bei Mittel- bzw. Niedrigwasserverhältnisse und wurde bei ca. 0,0012 festgestellt. Entsprechend höher fällt die berechnete mittlere Fließgeschwindigkeit aus (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Hydraulische Parameter des Oberen Grundwasserleiters in der Umgebung des Baggersees Waldmatten.

	HW (Stichtag 17.07.2021)	MW (Stichtag 22.05.2023)	NW (Stichtag 15.08.2022)
kf-Wert (m/s)	$4,00 \cdot 10^{-3}$	$4,00 \cdot 10^{-3}$	$4,00 \cdot 10^{-3}$
i_0	0,0012	0,00081	0,00077
p^*	0,15	0,15	0,15
v_0 (m/Tag)	2,76	1,87	1,77

* angenommener Wert

3.2.5 Seehydraulik – Seespiegelkipfung Istzustand

Der Wasseraustausch bei Baggerseen erfolgt über das zu- und abströmende Grundwasser, wobei der Wasserdurchfluss von den hydraulischen Kennwerten des umgebenden Grundwasserleiters und des Kolmationsgrades des Sees abhängt. Durch die Freilegung des Grundwassers bei Nassabbauf Flächen, kommt es durch die Ausspiegelung der Grundwasseroberfläche und des dadurch entstehenden hydraulischen Potentialunterschiedes zwischen Grundwasser und Seewasser am oberstromigen Ufer zu einer Absenkung und am unterstromigen Ufer zu einer Aufhöhung des Grundwasserstandes. Die sogenannte Kippungslinie ist der Bereich, wo Grund- und Seewasserspiegel die gleiche Höhe aufweisen, bzw. wo die Absenkung und Aufhöhung getrennt werden.

Der Betrag dieser Kippung nimmt mit zunehmender Entfernung vom See ab. Die Entfernung, bei der keine Aufhöhung oder Absenkung mehr feststellbar ist, wird maximale Reichweite (R) genannt. Die Entfernung, bei der 90% der Aufhöhung/Absenkung abgeklungen ist, wird als R_{90} -Wert bezeichnet. In nachfolgender Abbildung 3 werden die hydraulischen Verhältnisse im Umfeld eines Baggersees schematisch dargestellt

Bei wenig abgedichteten Seen ist der Betrag der Absenkung H_o und der Aufhöhung H_u gleich, und lässt sich gemäß LfU (1981, S. A-12) mit folgender Formel berechnen.

$$H_o = H_u = 0,5 \cdot L \cdot i_0$$

wobei H_o = Absenkung oberstromig

H_u = Aufhöhung unterstromig

L = Länge des Sees in Grundwasserfließrichtung = 928 m für Istzustand

i_0 = Gefälle der Grundwasseroberfläche

Bei mittleren Grundwasserverhältnissen mit einem mittleren Gradienten von ca. 0,00081 im Umfeld des Sees, ergibt sich rechnerisch ein ober- und unterstromiger Kippungsbeitrag von ca. 0,38 m für den aktuellen See, der auch im Bereich der mittleren Differenz zwischen dem Seewasserstand und dem Wasserstand der nördlich vom See liegenden GWM 2105/066-0 liegt (siehe Abbildung 2).

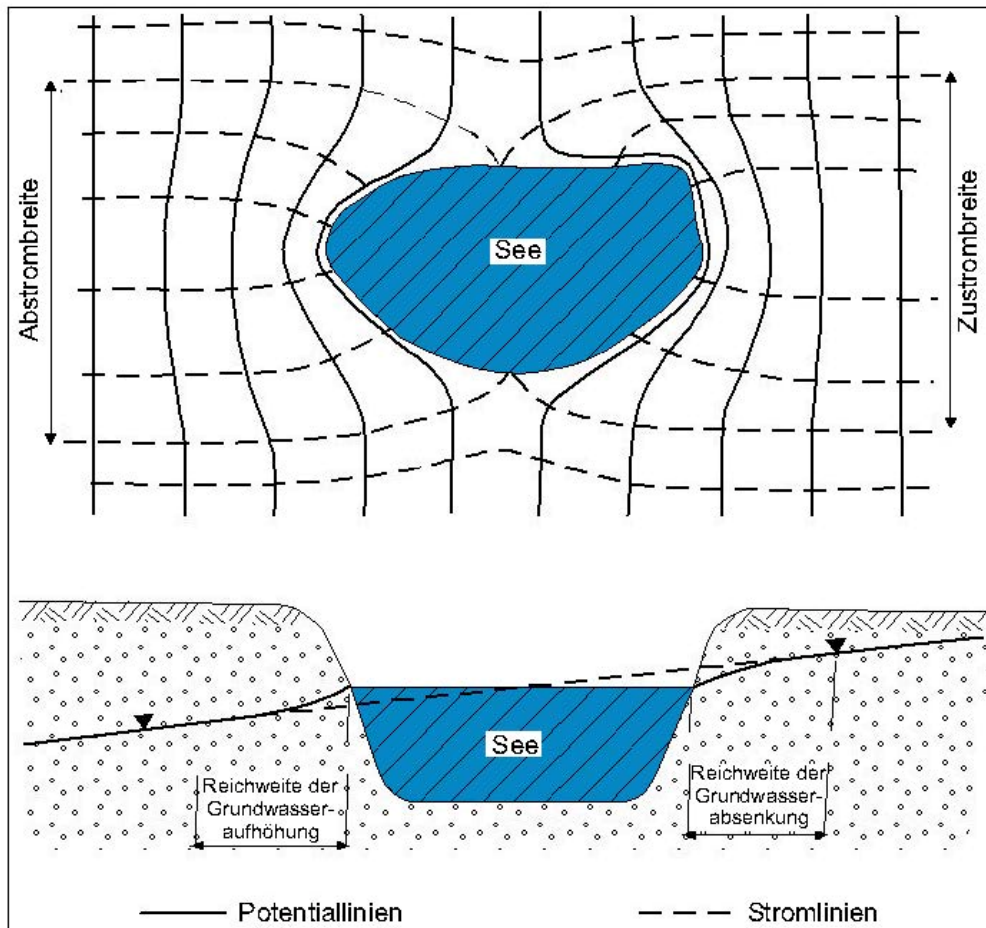


Abbildung 3: Hydraulische Verhältnisse im Umfeld eines Baggersees (aus LFU 2004)

Die maximale Reichweite (R) der Grundwasserstandsänderung verursacht durch den Kippungsbeitrag im Umfeld des Sees lässt sich mit der folgenden Formel nach LÜBBE abschätzen:

$$R_0 = 10.000 * s * \sqrt{k_f}$$

mit R_0 = Reichweite in m
 s = Absenkung bzw. Erhöhung (= Kippungsbetrag)
 k_f = mittlere Durchlässigkeit des Oberen Grundwasserleiters

Dabei werden ca. 90% (R90 %) der seebedingten Grundwasserstandsänderung schon einer Entfernung relativ Nähe zum See erreicht. Für die ermittelten Grundwasserstände werden die Kippungen und Reichweiten in Tabelle 3 aufgelistet.

Tabelle 3: Reichweiten Istzustand

Szenario	Kippung (m)	Reichweite (m)	Reichweite 90 % (m)
Hochwasser	0,56	352	134
Mittelwasser	0,38	238	91
Niedrigwasser	0,36	226	86

3.2.6 Grundwassereinzugsgebiet – Grundwasserneubildung

Das oberstromige Einzugsgebiet des Baggersees erstreckt sich in südliche Richtung. Das Einzugsgebiet besteht überwiegend aus landwirtschaftlich genutztem Gebiet und angrenzend teilweise aus Siedlungsfläche. In ca. 1,5 km Entfernung liegt das Siedlungsgebiet von Kippenheim. Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Untersuchungsgebiet wird im WaBoA [16] mit etwa 150 - 250 mm/a bzw. 4,75 - 7,92 l/s*km² angegeben, wobei für den See eine Grundwasserneubildung von 150 - 200 mm/a angegeben wird.

3.2.7 Grundwasserüberdeckung

In der Umgebung des Baggersees besteht die Deckschicht aus geringmächtigem Mutterboden, der in der Bohrung 3303/066-0 mit 0,3 m Mächtigkeit nachgewiesen wurde. In der Bohrung 3302/066-6 wurden Auffüllungen bis 1,5 m u. GOK erbohrt. Darunter folgt die sandig – kiesige Neuenburg-Formation. Auf Grund der geringen Deckschichtmächtigkeit liegen ungespannte Aquifer-Verhältnisse vor.

3.2.9 Grundwasserzustromrate

Die vereinfachte Abschätzung des Grundwasserzustroms in den See bei Mittelwasser-Verhältnissen (unter Annahme geringer bis keiner Abdichtung) kann mit folgender Formel nach DARCY:

$$Q \text{ (Wassermenge)} = k_f * i_o * A$$

und folgenden geohydraulischen Parametern abgeschätzt werden:

Grundwassergefälle i_o (Mittel):	0,00081
k _f -Wert:	0,004 m/s (OGWL)
Eintrittsfläche A_{OGWL} : (Zustrombreite gemittelt zur Tiefe des See (ca. 60m))	ca. 30.000 m ²

Für A wurden dabei die oberstromige gemittelte Zustrombreite zum See gemäß Anlage 2 und Anlage 3.1 und eine wirkungsrelevante Tiefe bis ca. 60 m verwendet. Demnach ergibt sich bei mittleren Grundwasserständen für den Istzustand ein Grundwasserzustrom für den See von ca. 97 l/s. Gemäß LUBW 2004 (Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft Kapitel 2.6) kann die Grundwasseraustauschrate ebenfalls abgeschätzt werden. Bei diesem Verfahren ergibt sich allerdings eine mehr als dreimal so hohe Rate was auf das ungünstige Verhältnis von Seelänge zu Aquifermächtigkeit (L/D) zurückzuführen ist. Das Verfahren ist daher hier nicht anwendbar bzw. ergibt nur plausible Ergebnisse für Seen mit einem Längen-Breiten Verhältnis von möglichst 1. Siehe hierzu weitere Ausführungen in Kapitel 3.4.

3.3 Hydrochemische Analysen

Zur Bewertung der hydrochemischen Verhältnisse im Bereich des Baggersees werden nachfolgend die von der Fa. Vogelbau GmbH ergänzend durchgeführten Analysen aufgeführt bzw.- erläutert. Aus vorangegangenen Untersuchungen stehen Daten aus den Jahren 2010 bis 2021 für ausgewählte Messstellen und dem See zur Verfügung. Diese werden im Folgenden um die Ergebnisse aus der Beprobung Herbst 2022 und Frühjahr 2023 ergänzt.

Die Analyseergebnisse bezüglich Chlorid, Nitrat, Sulfat und Phosphor (Gesamt) für den Baggersee und die Grundwassermessstellen sind in Abbildung 4 bis Abbildung 7 dargestellt. In der Tabelle 4 und Tabelle 5 sind die aktuellen Ergebnisse der hydrochemischen Analysen zusammengestellt. Die Vor-Ort- sowie die Laborprotokolle sind, soweit verfügbar, in Anlage 6 dokumentiert. Die Ergebnisse der Untersuchungen aus dem Jahr 2020/21 sind in Tabelle 7 und Tabelle 8 gelistet.

Die Grundwassermessstellen Raststätte West (6,8 m tief) und 2060/066-3 (GWM 1 VB, 38,3 m tief) befinden sich in ca. 100 - 470 m Entfernung im südlichen Zustrom des Baggersees. Die Messstellen 3302/066-6 (GWM 4 neu, 20 m tief) und 2105/066-0 (GWM BK 2/04, 55,5 m tief) befinden sich ca. 50 - 80 m nördlich des Sees, im Abstrom des Sees. Die Messstelle 3303/66-6 (GWM 5 neu, 20 m tief) befindet sich ca. 370 m nordwestlich im Abstrom des Baggersees (siehe hierzu auch Anlage 2 und 3.1.)

3.3.1 Chlorid

Die Konzentration für den Parameter Chlorid zeigt für alle Messstellen in den vergangenen Jahren einen relativ gleichbeliebenden Trend. Die gemessenen Konzentrationen liegen in einem Bereich von 24,4 mg/l und 65,4 mg/l. Die geringsten Konzentrationen werden in den Zustrommessstellen 2060/066-3 sowie der GWM Raststätte West festgestellt. Die höchsten Chloridkonzentrationen werden in der Messstelle 3303/066-6 (GWM 5 neu) gemessen. Im See werden Konzentrationen von 40 mg/l – 46 mg/l gemessen, die mit den gemessenen Konzentrationen in den Abstrommessstellen nahezu identisch sind.

Insgesamt befinden sich die gemessenen Chloridkonzentrationen in einem unauffälligen Bereich von <70 mg/l, was sich vermutlich aus der Salzarmut der durchflossenen Kieskörper sowie den Grundwasserrandzuströmen und Flusswasserversickerungen aus dem Schwarzwald erklären lässt. Es ist allerdings auffällig, dass die Chloridkonzentrationen im Zustrom zum See geringer als im See selbst sind. Möglicherweise erfolgt ein Zustrom von durch Streusalz beeinflusstem Grundwasser aus dem westlich des Sees gelegenen Bereich der Autobahn. Ein Hinweis hierfür könnten die relativ hohen Chloridkonzentrationen in der GWM 3303/066-6 sein.

3.3.2 Nitrat

Insgesamt weisen die gemessenen Nitratkonzentrationen in den Messstellen sowie im See unauffällige Werte bis maximal 13,8 mg/l auf. Insbesondere in der Zustrommessstelle 2060/066-3 ist seit 2016 ein eindeutiger Trend zu höheren Konzentrationen zu beobachten. In den restlichen Messstellen sowie im See werden nur sehr geringe Konzentrationen gemessen, teilweise liegt die Nitratkonzentration unterhalb der Bestimmungsgrenze. Eine Zunahme der Nitratkonzentration abstromig des Baggersees durch einen baggerseebedingten Sauerstoffeintrag in das durch hydrochemisch reduzierende Verhältnisse geprägte Grundwasser, ist nicht erkennbar. Der See wirkt daher vermutlich auch als Nitratsenke.

3.3.3 Sulfat

Die gemessenen Sulfatkonzentrationen befinden sich insgesamt auf einem relativ hohen Niveau zwischen ca. 71 – 147 mg/l. Die Sulfatkonzentration im See liegt dabei vergleichsweise konstant bei ca. 91,5 – 99,7 mg/l, die abstromigen Messstellen weisen ähnliche, leicht geringere Werte auf. Für die Zustrommessstellen ergibt sich kein klares Bild, so sind die Konzentrationen in den Jahren 2010, 2020, 2021 und 2022/23 in der Messstelle 2060/066-3 deutlich höher als im See. Im Jahr 2016 lag die Konzentration allerdings deutlich unter der im See gemessenen. Für die ebenfalls im Zustrom befindliche Messstelle GWM Raststätte West zeigt sich in den Jahren 2020, 2021 und 2022/23 ein ähnliches Bild. So liegt die Sulfatkonzentration im Jahr 2020 über und im Jahr 2021 und 2022/23 unterhalb der Sulfatkonzentration im See.

Die relativ hohen Sulfatkonzentrationen lassen sich zum einen auf anthropogene Einträge (landwirtschaftliche Düngung) und zum anderen auf geogene Einflüsse zurückführen. Gemäß dem Leitfaden Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft (2004) können im Lahrer Raum tiefe Grundwässer in die oberen Kieskörper aufsteigen. Möglich ist auch ein Randzustrom aus der Vorbergzone.

3.3.4 Phosphat

Die Phosphorkonzentration liegt für den Messzeitraum von 2010 bis 2023 in einem Bereich zwischen <0,01 mg/l und 0,34 mg/l. In der Frühjahrmessung vom März 2021 wurden in den Abstrommessstellen 2105/066-0 und 3302/066-6 die bisher höchsten Konzentrationen von 0,23 – 0,34 mg/l gemessen. Die Werte liegen deutlich über den Werten die in den Jahren zuvor sowie aktuell im Abstrom gemessen wurden. Die Konzentration in den Zustrommessstellen befinden sich zumeist geringfügig über der Phosphatkonzentration im See. Die Phosphatkonzentration im See liegt nur in den Messungen vom Frühjahr 2014 oberhalb des, eine einsetzende Eutrophierung kennzeichnenden, Konzentrationsbereiches von 0,045 mg/l. In den Messungen im Herbst 2022 und Frühjahr 2023 konnte kein Phosphor über der Bestimmungsgrenze festgestellt werden.

Über den Konzentrationsbereich von 0,045 mg/l erhöhte Wässer sind meist weniger von natürlichen Gehalten aus moorigen Bereichen verursacht, sondern durch landwirtschaftliche Dünger, Versickerungen von Abwasser in Siedlungs- und Industriebereichen sowie Infiltrationen aus Kläranlagen und phosphorhaltigem Flusswasser in das Grundwasser.

Mögliche Ursachen bzw. zusätzliche Nährstoffeinträge können sich gemäß dem Leitfaden Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft (2004) aus der Nutzung des Sees ergeben. So soll bei Badebetrieb pro Badegast und Tag ein Eintrag von ca. 0,1 g P und 1,8 g N möglich sein. Für einen durchschnittlich genutzten 10 ha großen Baggersee (1.500 Badegäste pro Tag und 55 Badetage im Jahr) würden sich dabei Belastungen von 0,8 kg P und 15 kg N pro Jahr und ha Seefläche ergeben. Tatsächlich ist im Norden des Sees ein Bereich als offizieller Badensee ausgewiesen.

3.3.5 Schadstoffe

Im Rahmen des erweiterten Untersuchungsprogrammes in der GWM 2060/066-3 wurden in der Herbstbeprobung 2022 keine aromatische Kohlenwasserstoffe sowie leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe nachgewiesen. Neben organischen Schadstoffen wurde auf PFCV beprobt. Für den Parameter Perfluorbutansulfonsäure (PFBS) wurde eine Konzentration von 0,001 µg/l gemessen (Bemessungsgrenze 0,001). Weitere Belastungen wurden nicht festgestellt. Eine relevante Grundwasserverunreinigung des der Messstelle zuströmenden Wasser besteht demnach nicht.

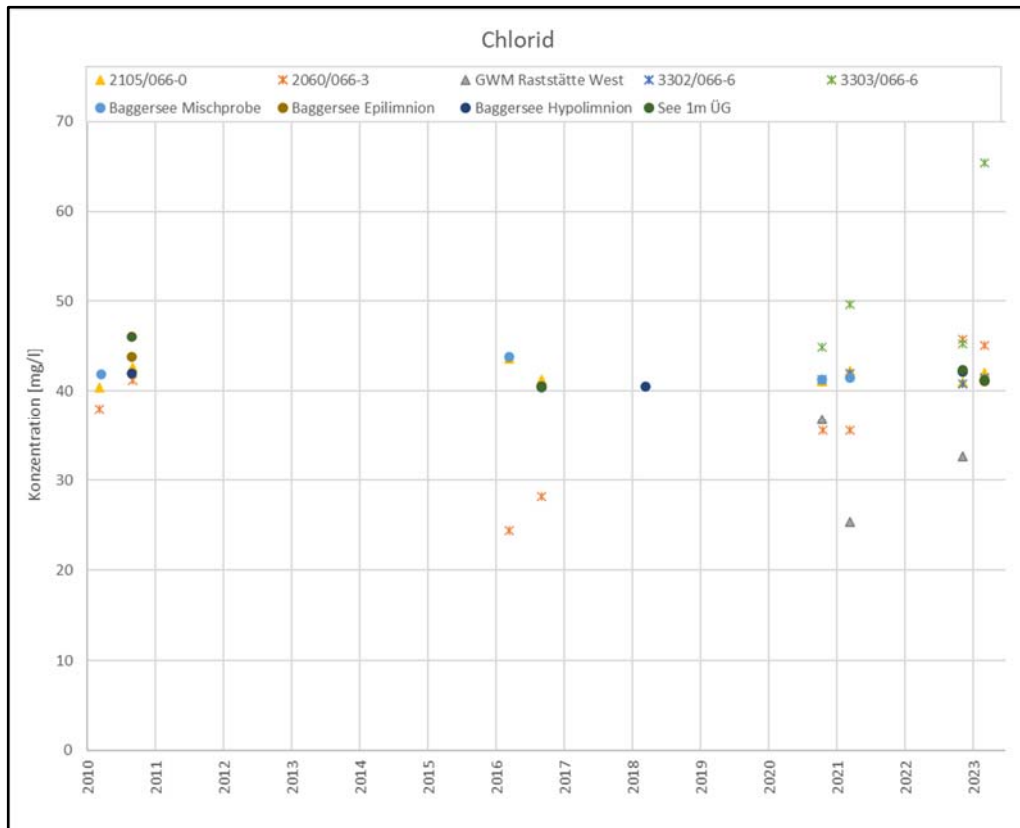


Abbildung 4: Verlauf der Chlorid Konzentration von 2010 bis 2023

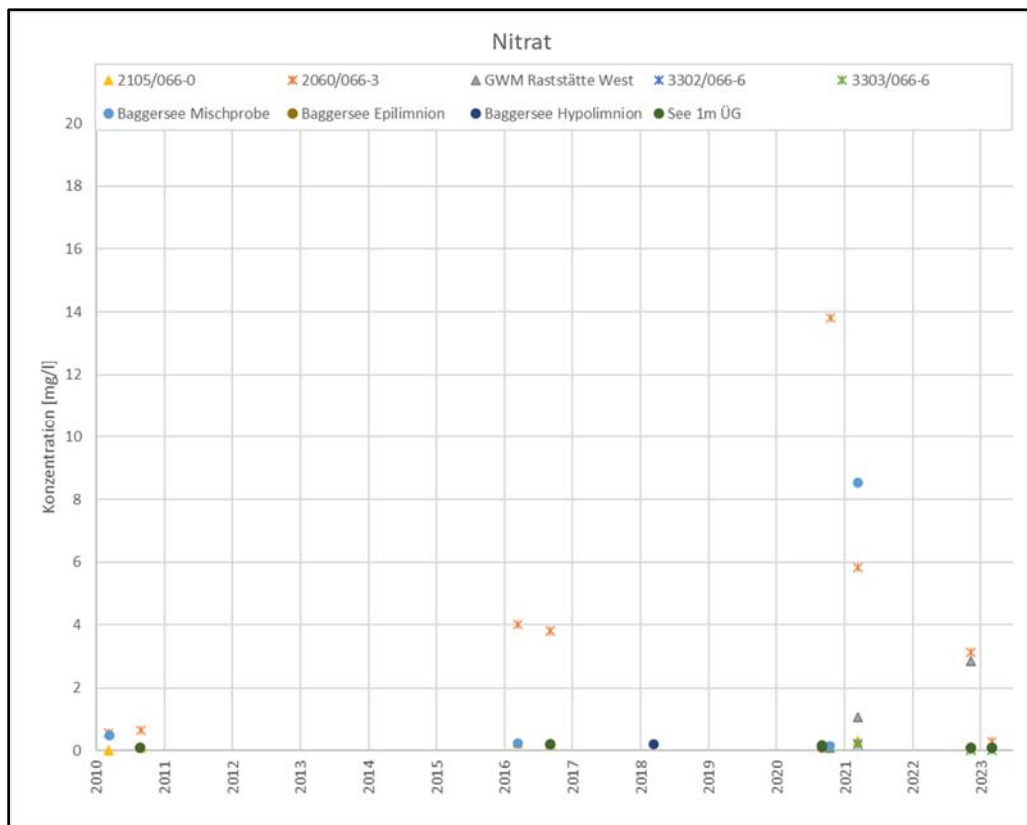


Abbildung 5: Verlauf der Nitrat Konzentration von 2010 bis 2023

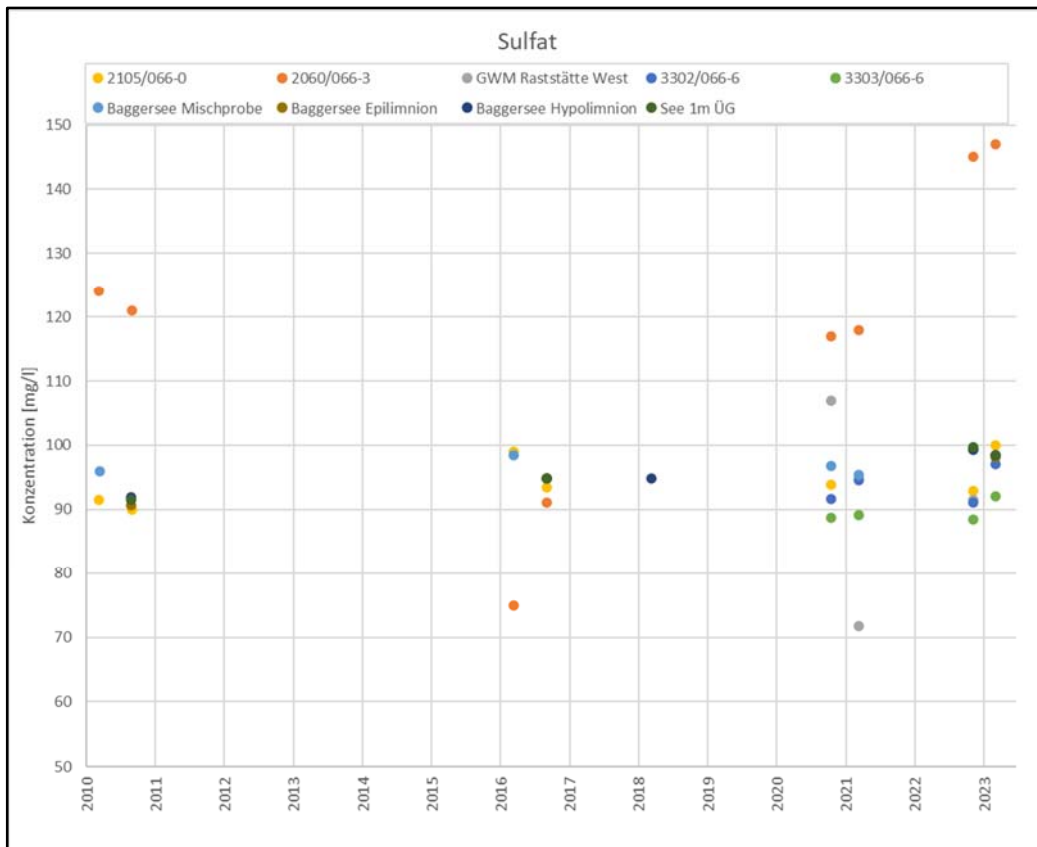


Abbildung 6: Verlauf der Sulfat Konzentration von 2010 bis 2023

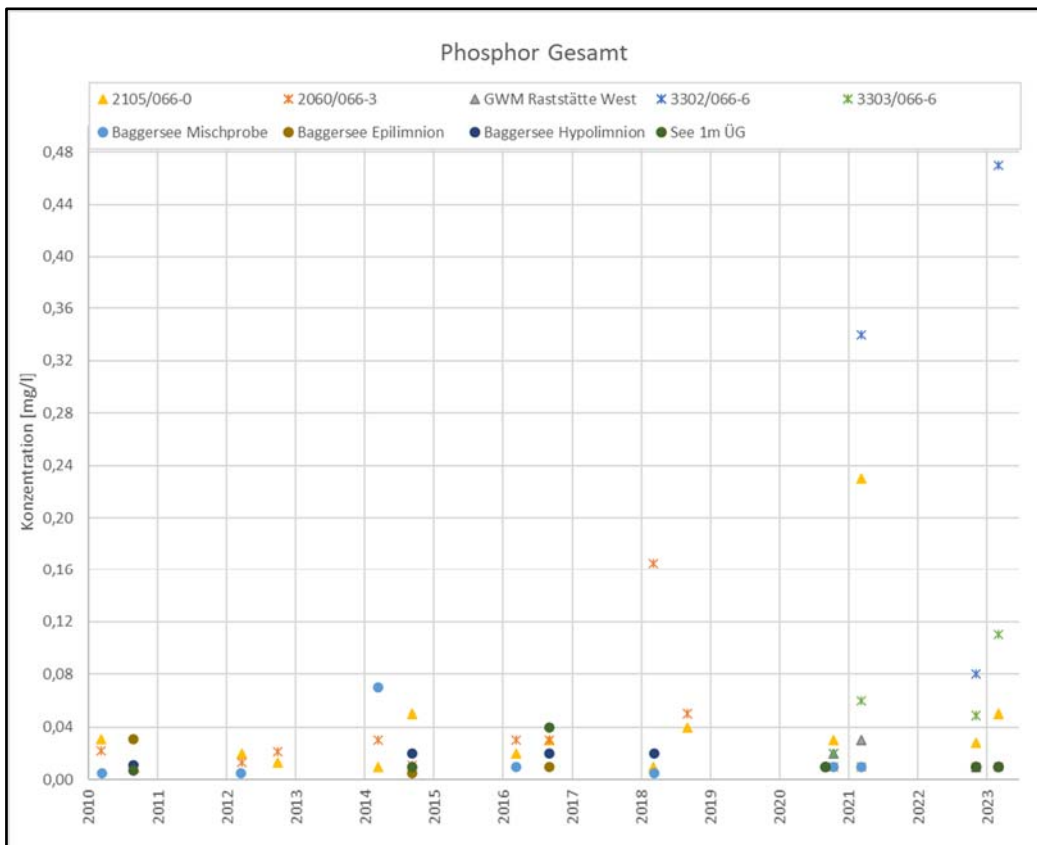


Abbildung 7: Verlauf der Konzentration Phosphor Gesamt von 2010 bis 2023

Tabelle 4: Hydrochemische Analysenergebnisse Grundwasser 2022/2023

Parameter	Dim.	GWM Raststätte West	GWM1 VB (GWM Z01 flach)		GW-Messstelle GWM 4 neu		GW-Messstelle GWM 5 neu		GW-Messstelle BK 2/04		Raststätte Mahlberg
		-	2060/066-3		3302/066-6		3303/066-6		2105/066-0		0034/066-0
Datum Probenahme	--	16.11.2022	16.11.2022	13.03.2023	16.11.2022	13.03.2023	16.11.2022	13.03.2023	16.11.2022	13.03.2023	13.03.2023
Ruhewasserspiegel	m u. ROK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trübung visuell	--	klar	klar	klar	lt. trüb	stark trüb	stark trüb	lt. trüb	lt. trüb	klar	stark trüb
Farbe	--	farblos	farblos	farblos	lt. grünlich	bräunlich	orangebraun	lt. gelblich	lt. grünlich	farblos	orangebraun
Geruch	--	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne	erdig	ohne	lt. erdig	ohne	erdig
Temperatur	°C	15,7	13,9	12,7	15	13,8	12,5	10,1	13,9	12,9	12,5
pH-Wert (vor Ort)	--	7,36	6,95	6,9	7,36	7,4	7,2	9,5	7,4	7,5	7,2
elektrische Leitfähigkeit bei 20°C	µS/cm	853	1028	903	662	587	775	926	662	594	775
Sauerstoff gelöst (O ₂)	mg/l	1,10	<0,2	<0,2	0,3	1,2	3	0,2	<0,2	5,1	3
Bodensatz	--	ohne	nein	nein	nein	ja	ja	nein	leicht	nein	ja
Oxidierbarkeit (als O ₂)	mg/l	<0,5	<0,5	0,9	<0,5	<0,5	22,6	3,2	<0,5	0,5	22,6
Chlorid	mg/l	32,60	45,8	45,1	40,8	41,5	42	65,4	41	42,1	42
Sulfat	mg/l	91,50	145	147	91,1	97,1	93,7	92,1	92,9	100	93,7
Nitrat	mg/l	2,87	3,14	0,3	<0,1	<0,1	14,6	<0,1	<0,1	0,19	14,6
Ammonium	mg/l	0,031	0,049	0,031	0,023	<0,01	<0,1	0,042	0,048	<0,010	<0,1
Nitrit	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,021	<0,005	<0,005	<0,005	0,021
ortho-Phosphat als o-PO ₄ -P	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,02		<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
Phosphat gesamt als PO ₄ -P	mg/l	<0,01	<0,01	0,01	0,08	0,47	0,03	0,11	0,028	0,05	0,03
Calcium	mg/l	141,00	184	173	92,9	91,9	137	145	93,6	92,2	137
Magnesium	mg/l	16,30	2	23,6	18,6	19	15,4	18,4	18,36	19,5	15,4
Natrium	mg/l	18,30	8,93	9,08	15,2	15,4	23,6	33,7	15,3	16	23,6
Kalium	mg/l	3,32	1,05	1,19	1,95	2,02	3,62	2,36	1,82	1,75	3,62
Silicium	mg/l	4,36	4,63	4,43	4,38	6,25	4,63	5,16	4,46	3,25	4,63
Gesamthärte	°dH	23,50	31	29,6	17,3	17,2	22,7	24,5	17,3	17,4	22,7
Säurekapazität bis pH 4,3 (Ks4,3)	mmol/l	6,26	6,93	6,82	3,71	3,54	5,81	6,31	3,67	3,62	5,81
DOC	mg/l	1,71	1,51	1,45	1	0,88	2,01	4,1	1,01	1	2,01
Eisen	mg/l	0,24	0,624	1,41	5,71	24,8	4,45	7,22	1,83	2,89	2,78
Mangan	mg/l	0,22	0,582	0,986	0,765	0,968	0,374	0,323	0,369	0,121	0,184
AKW	µg/l	-	<BG	-	-	-	-	-	-	-	-
LHKW	µg/l	-	<BG	-	-	-	-	-	-	-	-
Summe PFC	µg/l	-	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-
Sauerstoff-18 (δ ¹⁸ O)	‰	-7,64	-7,68	-7,76	-5,97	-6,01	-7,57	-7,32	-5,94	-6,03	-7,57
Deuterium (δ ² H)	‰	-52,8	-52,9	-53,0	-45,1	-45,5	-52,5	-51,0	-45,4	-45,1	-52,5

Tabelle 5: Hydrochemische Analysenergebnisse See

Parameter	Dim.	See Epilimnion		See Hypolimnion		See 1m über Grund	
		16.11.2022	15.03.2023	16.11.2022	15.03.2023	16.11.2022	15.03.2023
Datum Probenahme	--	16.11.2022	15.03.2023	16.11.2022	15.03.2023	16.11.2022	15.03.2023
Trübung visuell	--	lt. trb	klar	lt. trb	klar	lt. trb	klar
Farbe	--	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos
Geruch	--	spezifisch	ohne	spezifisch	ohne	spezifisch	ohne
Sichttiefe	m	2	5,46	-	-	-	-
Temperatur	°C	-	7,7	-	7,1	-	7,1
pH-Wert (vor Ort)		-	8	-	7,9	-	7,9
elektrische Leitfähigkeit bei 20°C	µS/cm	-	807		811		811
Sauerstoff gelöst (O ₂)	mg/l	-	12		1.170		1160
Bodensatz	-	ohne	nein	ohne	nein	ohne	nein
Oxidierbarkeit (als	mg/l	<0,5	8	<0,5	0,7	<0,5	8
Chlorid	mg/l	42,2	41,1	42,2	41,2	42,4	41,2
Sulfat	mg/l	99,4	98,2	99,3	98,5	99,7	98,5
Nitrat	mg/l	0,11	<0,1	0,1	<0,1	0,11	<0,1
Ammonium	mg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrit	mg/l	<0,005	0,008	<0,005	0,01	<0,005	8
ortho-Phosphat als o-	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Phosphat gesamt als PO ₄ -P	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Calcium	mg/l	91,4	88	91,4	86,7	91,1	86,2
Magnesium	mg/l	19,2	19,6	19,2	19,6	19,2	19,4
Natrium	mg/l	15	15,3	15	15,3	15	15,2
Kalium	mg/l	1,79	1,88	1,79	1,98	1,76	2,01
Silicium	mg/l	3,34	4,39	3,33	4,54	3,39	4,44
Gesamthärte	°dH	17,2	16,8	17,2	16,6	17,2	16,5
Surekapazität bis pH 4,3 (Ks 4,3)	mmol/l	3,6	3,36	3,6	3,29	3,59	3,27
DOC	mg/l	1,28	1,25	1,28	1,21	1,27	1,21
Eisen	mg/l	0,0326	0,0317	0,028	0,0685	0,037	0,0455
Mangan	mg/l	0,00689	0,00611	0,00694	0,00856	0,0076	0,00714
Chlorophyll a	µg/l	<0,1	<0,1				
Phaeophytin	µg/l	1,6	1,6				
Schwefelwasserstoff	mg/l	-		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sauerstoff-18 (δ ¹⁸ O)	‰	-5,94	-6,02	-5,9	-6,02	-5,9	-6,02
Deuterium (δ ² H)	‰	-45,2	-45,1	-44,9	-44,8	-44,5	-44,7

3.4 Isotopenhydrologische Analysen

In den Tabelle 4 und Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Messkampagne 2022/23 Isotopenanalysen für die Grundwassermessstellen und den See zusammengefasst. Im Rahmen der Untersuchung sind die Sauerstoff-18 sowie Deuterium in den Messstellen bestimmt worden. Die Ergebnisse der Untersuchungen aus dem Jahr 2020/21 sind in Tabelle 7 und Tabelle 8 gelistet.

Im Wasserkreislauf kommen diese Wassermoleküle in unterschiedlichen Konzentrationen vor. Bei allen Phasenumwandlungen des Wassers, wie Kondensations- bzw. Verdunstungsvorgängen, findet eine temperaturabhängige Isotopenfraktionierung statt. Als Teil des Wassermoleküls stellen die stabilen Isotope Sauerstoff-18 und Deuterium ideale Tracer dar, die flächenhaft mit dem Niederschlag eingetragen werden. Somit liefern die stabilen Isotope des Wassers Sauerstoff-18 und Deuterium Hinweise auf die Herkunft und Bildungsbedingungen von Grundwässern.

Hierbei kann auch der Höheneffekt eine Rolle spielen. Grund- und Oberflächenwässer aus höher gelegenen Einzugsgebieten oder Einzugsgebieten mit kälteren Klimabedingungen, wie z. B. beim Rheinwasser aufgrund seines dominierend alpinen Einzugsgebietes, zeigen eine charakteristische Markierung durch niedrige Sauerstoff-18-Werte (leichte Signatur), wohingegen höhere Werte (schwere Signatur) auf wärmere Bedingungen bzw. niedriger gelegene Einzugsgebiete hinweisen (z. B. Oberrheinebene). Grund- und Oberflächenwässer aus dem Schwarzwald (Bsp. Kinzig-Uferfiltrat) nehmen hier eine Mittelstellung ein. Der Höheneffekt zwischen Oberrheinebene und Schwarzwald liegt bei etwa 0,2 ‰ pro 100 m.

Die ^{18}O - und ^2H -Gehalte werden als $\delta^{18}\text{O}$ - bzw. $\delta^2\text{H}$ - Werte in ‰ dargestellt. Sie beziehen sich auf den internationalen Standard VSMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water) und weisen wegen der generellen Abreicherung gegenüber dem Meerwasser negative Werte auf. Die analytischen Messgenauigkeiten liegen bei $\pm 0,15$ ‰, bzw. bei $\pm 1,5$ ‰ (Deuterium). Zwischen den ^{18}O - und ^2H -Gehalten im Niederschlag besteht eine lineare Beziehung, die sich durch die sogenannte Niederschlagsgerade darstellen lässt. Im Bereich des Oberrheingrabens liegt d (Deuterium-Exzess) bei etwa 8 bis 10, Rhein-Uferfiltrat weist in der Regel einen vergleichsweise höheren Deuterium-Exzess von etwa $d = 10$ auf.

Mit Hilfe von ^{18}O - und ^2H -Untersuchungen lassen sich zudem Einflüsse von Baggersee-Uferfiltrat erkennen, da die obere Wasserschicht eines Grundwassersees (Epilimnion) in den Sommermonaten als Folge von Verdunstungsprozessen durch Anreicherung der Isotopen ^{18}O - und ^2H im Verhältnis zu ^{16}O und ^1H markiert ist. Dies äußert sich durch vergleichsweise schwere Sauerstoff-18- und Deuterium-Gehalte (je mehr ^{18}O - und ^2H -Isotope im Verhältnis zu ^{16}O und ^1H umso „isotopisch schwerer“ ist ein Wasser). Durch

die Isotopenfraktionierung verringert sich auch der Deuterium-Exzess. Die Wässer, die bei fortschreitender Verdunstung eines Ausgangswassers entstehen, liegen im Diagramm auf der so genannten Verdunstungsgeraden. Die Markierungen des See-Uferfiltrats werden unterstromig durch Vermischungsprozesse mit Grundwässern anderer Herkunft überlagert. Ein durch Verdunstungsprozesse markiertes Seewasser lässt sich unterstromig des Sees durch eine Art „Fahne“ mit vergleichsweise isotopisch schweren ^{18}O und ^2H -Gehalten sowie geringen Deuterium-Exzessen verfolgen.

Dies kann genutzt werden, um die Vermischung von Seewasser und von Seewasser unbeeinflusstem Grundwasser zu bilanzieren. Zusätzlich lassen sich aus dem Verlauf der „Fahne“ die Grundwasserfließrichtung und bei Zeitreihenuntersuchungen auch Grundwasserfließzeiten und Abstandsgeschwindigkeiten abschätzen. Baggerseen mit einer geringen Anbindung an den Grundwasserstrom aufgrund von Kolmation („Seenalterung“) oder Selbstabdichtung durch sedimentierte Schwebstoffe (bei Baggerbetrieb) zeigen aufgrund ihrer geringen Austauschrate eine zunehmende Isotopenanreicherung.

An den Proben der untersuchten Messstellen wurden insgesamt Isotopengehalte von -5,90 bis -7,76 ‰ ($\delta^{18}\text{O}$) und -44,5 bis -53,0 ‰ ($\delta^2\text{H}$) gemessen (siehe Abbildung 8 und Abbildung 9 sowie Tabellen). Mit Ausnahme der GWM 3302/066-6 liegen die gemessenen Sauerstoff-18- und Deuterium-Gehalte der Grundwassermessstellen in der Herbstmessung (2022) und der Frühjahrmessung (2023) auf einem ähnlichen Niveau wie früher.

In den Zustrommessstellen 2060/066-3, GWM Raststätte West sowie 0034/066-0 (Raststätte Mahlberg) werden für die Herbst- bzw.- Frühjahrsbeprobung Werte in einem Wertebereich von -7,57 bis -7,64 ‰ ($\delta^{18}\text{O}$) bzw. -52,5 bis -53,0 ‰ ($\delta^2\text{H}$) gemessen. Für die Abstrommessstellen 3302/066-6 und 2105/066-0 wurden Werte in einem Wertebereich von -5,94 bis -7,32 ‰ ($\delta^{18}\text{O}$) bzw. -45,1 bis -51,0 ‰ ($\delta^2\text{H}$) festgestellt. Die nordwestlich des Sees im seitlichen Abstrom befindliche GWM 3303/066-6 weist Wertebereiche von -6,01 bis -6,75 ‰ ($\delta^{18}\text{O}$) bzw. -45,5 bis -49,1 ‰ ($\delta^2\text{H}$) auf. Im Waldmattensee werden Werte in einem Wertebereich zwischen -5,9 bis -6,02 ‰ ($\delta^{18}\text{O}$) bzw. -44,5 bis -45,2 ‰ ($\delta^2\text{H}$) gemessen.

Die Analysewerte der Messstellen im Zustrom des Baggersees entsprechen dem typischen Wertebereich von jungen Grundwässern der Region, die unter heutigen Klimabedingungen neu gebildet wurden. Die Messstellen liegen im Rahmen der analytischen Messungengenauigkeit noch im Bereich der Niederschlagsgeraden. In der Frühjahrmessung (2023) liegen die Messwerte etwas mehr in Richtung zur Verdunstungsgeraden. Die in der Beprobung 2020/21 festgestellte isotopische Markierung der Messstelle Raststätte kann in der aktuellen Beprobung nicht festgestellt werden.

Die im See festgestellten Isotopenwerte zeigen einen deutlichen Einfluss durch Verdunstungseffekte. Als Folge der Verdunstungsprozesse werden die Isotopen ^{18}O - und ^2H im Verhältnis zu ^{16}O und ^1H im See angereichert. In den abstromig gelegenen Messstellen 2105/066-0 und 3302/066-6 sind die Wässer ebenfalls deutlich durch die isotopisch schweren ^{18}O und ^2H Werte markiert. Aufgrund ihrer Lage auf der Verdunstungsgeraden sind hier entsprechend dem Baggerseewasser Verdunstungsprozesse eindeutig angezeigt (siehe Abbildung 8 und Abbildung 9).

Auch die Werte der Messstelle 3303/066-6 befinden sich, insbesondere in der Herbstmessung 2022, im Bereich der Verdunstungsgeraden, die Messstelle ist somit ebenfalls von Waldmattensee-Uferfiltrat beeinflusst. Aufgrund der Entfernung der Messstelle zum See ist das Wasser in der Messstelle durch Vermischungsprozesse mit Grundwässern anderer Herkunft überlagert und zeigt daher eine isotopisch etwas schwächere Signatur als die Messstellen im direkten Abstrom des Sees.

Abstrombereich See

In der Anlage 3.1 ist der Zu- sowie Abstrombereich des Sees auf der Basis des Grundwassergleichenplans vom 22.05.2023 skizziert. Der hydraulisch bedingte Abstrombereich wird durch die Isotopenbestimmungen in den abstromigen Grundwassermessstellen bestätigt. Der Abstrombereich des Baggersees erstreckt sich somit bis zur Grenze der Zone IIIA des Wasserschutzgebietes „Lahr Kaiserwald“. Die Brunnen Kaiserwald 1 – 3 weisen jedoch keine Markierung durch isotopisch schwere ^{18}O und ^2H -Gehalte auf (Siehe Abbildungen und Anlagen). Die gemessenen Gehalte in den Brunnen liegen eindeutig im Bereich der Niederschlagsgeraden. Verdunstungseinflüsse, die auf den Zu- und Abstrom von Baggerseewasser schließen lassen würden, sind nicht zu erkennen.

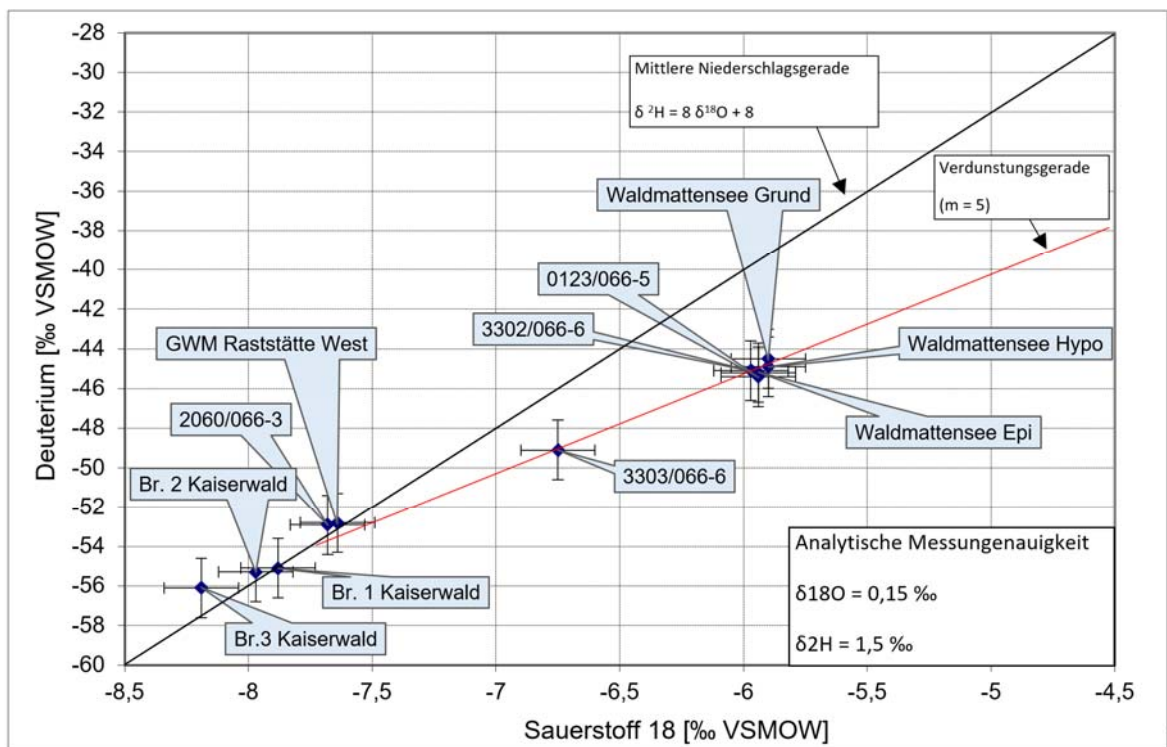


Abbildung 8 Deuterium versus Sauerstoff-18 Herbstbeprobung 2022

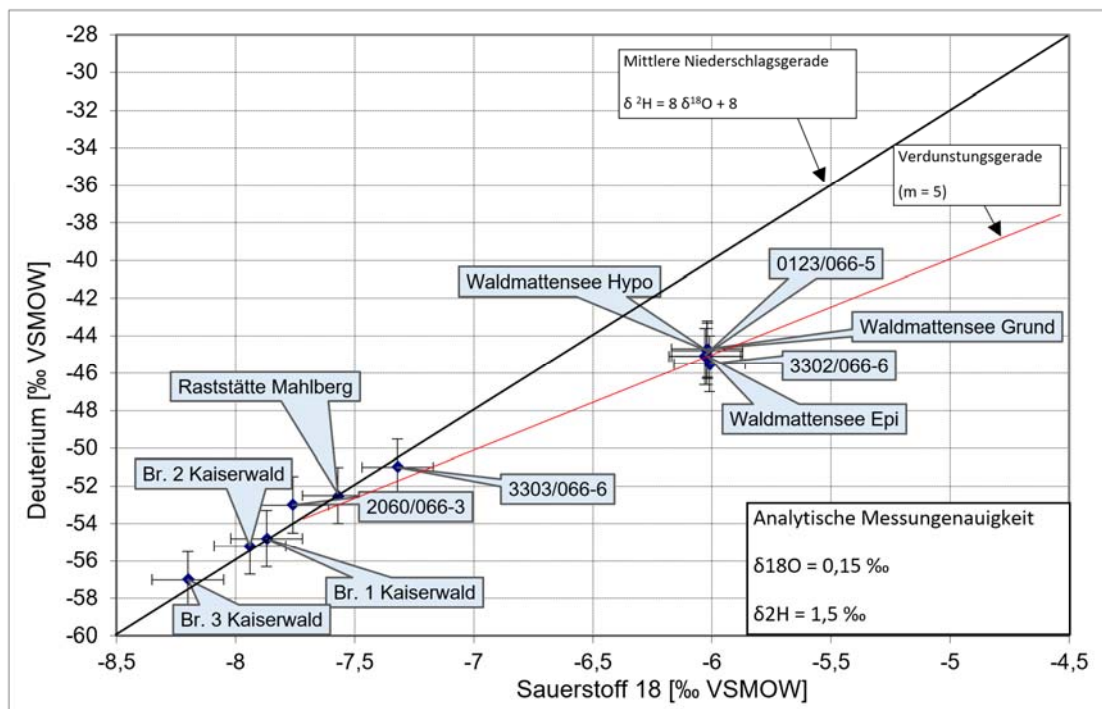


Abbildung 9: Deuterium versus Sauerstoff-18 Frühjahrsbeprobung 2023

3.4.3 Abschätzung der Grundwasseraustauschrates des Baggersees

Mit Hilfe der $2H$ - und $18O$ -Konzentrationen im Seewasser können die Austauschraten zwischen Baggersee und Grundwasser abgeschätzt werden. Dazu wird die Vermischung des isotopisch schwereren Baggerseewassers mit dem zuströmenden, isotopisch leichteren Grundwasser ausgewertet. Betrachtet wird der Zeitraum der Zirkulation mit möglichst einheitlicher Beschaffenheit des gesamten Seewassers. Hierzu wurden für den Stichtag „Anfang Zirkulation“ im Herbst 2022 die $18O$ - bzw. $2H$ -Werte im Seewasser vom 16.11.2022 und für den Stichtag „Ende Zirkulation“ im Frühjahr die Werte vom 13.03.2023 verwendet.

Zunächst kann der prozentuale Anteil von Grundwasser im Seewasser mit Hilfe einer einfachen Mischungsformel abgeschätzt werden (siehe LGRB-Informationen Nr. 10). Demnach liegt der prozentuale Anteil von Grundwasser im Seewasser auf Basis der $18O$ -Werte bei 6,66 % bzw. auf Basis der $2H$ -Werte 5,13 %. Der Einfluss von direkt auf die Seefläche fallenden Niederschlags im betrachteten Zeitraum wurde hierbei nicht berücksichtigt. Das Seewasservolumen des Waldmattensees beträgt laut Vogelbau GmbH mit Stand Anfang 2023 etwa 8.150.000 m³. Die Grundwasserzustromrate (QGW) für den betrachteten Zeitraum ergibt sich gemäß LGRB-Informationen Nr. 10 nach

$$QGW = (\text{Vol. See} \cdot x_{GW})/t$$

mit

QGW	= Grundwasserzuströmrate (m ³ /s)
Vol. See	= Seewasservolumen (= 8.150.000 m ³)
xGW	= Anteil von Grundwasser im Seewasser (%)
t	= Zeitraum 16.11.22.- 13.03.23 = 117 Tage

für den betrachteten Zeitraum auf Basis der 18O-Werte zu ca. 54 l/s, bzw. auf Basis der 2H-Werte zu ca. 42 l/s.

Weiterhin kann mit diesen Ergebnissen noch ein Anhaltswert für die mittlere Aufenthaltszeit des Grundwassers im See nach folgender Formel abgeschätzt werden:

$$T_m = V_{\text{See}}/Q_{\text{GW}}$$

mit

T_m	= Mittlere Aufenthaltszeit des Grundwassers im See [s]
Q_{GW}	= Grundwasserzuströmrate [m ³ /s]
V_{See}	= Volumen des Sees [m ³]

Es ergibt sich eine mittlere Verweildauer von ca. 4,8 – 6,2 Jahren.

3.4.3.1 Bewertung der Ergebnisse – Vergleich Bericht Hydroisotop 2010

Im Wesentlichen decken sich die aktuellen Ergebnisse mit denen des Berichts Hydroisotop (2010) in dem Daten vom September 2009 und März 2010 ausgewertet wurden. Die wesentlichen Unterschiede der Datenlage bestehen aus dem damals noch deutlich kleineren See (4.8 Millionen m³) und der etwas deutlicher ausfallenden Differenz der Sauerstoff-18- und Deuterium-Gehalte zwischen der Herbst- und Frühjahrsbeprobung. Wobei hier anzumerken ist, dass die Herbstprobe bereits im September 2009 genommen wurde. Im Weiteren ergeben sich im Wesentlichen vergleichbare Aussagen über die Zu- und Abstromsituation. Nach wie vor werden auch aktuell keine Anzeichen für den Beizug von Anteilen von Baggerseewasser in den Brunnen Kaiserwald festgestellt. Auch die damals ermittelte Grundwasseraustauschrate und die Verweilzeit stehen, unter Berücksichtigung des inzwischen vergrößerten Seevolumens, in einer vergleichbaren Größenordnung.

3.5 Tiefenprofilmessungen im Baggersee

Die Ergebnisse der Tiefenprofilmessungen vom 16.11.2022 und 15.03.2023 sind in der Abbildung 10 Abbildung 11 und dargestellt. In den Messungen vom November 2022 wurde das Tiefenprofil des Sees bis in eine Tiefe von 58 m aufgenommen. Im März 2023 wurde das Profil bis zum Grund des Sees in ca. 59 m Tiefe aufgenommen.

Die Messungen im November stellen die Phase zu Beginn der Zirkulation dar. Eine Temperaturschichtung ist nur noch geringfügig wenige Meter über dem Grund festzustellen. Über die Wassersäule des Sees liegt die Temperatur relativ konstant bei ca. 14°C und nimmt erst kurz über Grund in einer Tiefe von ca. 57 m, auf ca. 12°C, ab.

Auch die Sauerstoffkonzentration zeigt geringfügig höhere Werte in den oberen Metern, verläuft daran anschließend konstant, und nimmt erst kurz über Grund des Sees deutlich ab. Während der Verlauf der pH-Kurve auch hier relativ konstant bleibt. Die Leitfähigkeit ist im oberen Bereich des Sees leicht höher, verläuft dann konstant mit Ausnahme eines geringen Anstiegs bei ca. 40 m, bleibt danach wieder konstant bis sie im kurz über Grund noch einmal leicht ansteigt.

Die Messung im März 2023 stellt die Phase gegen Ende der Zirkulation dar. Hier ist bei der Temperatur ein leichter Gradient zu erkennen. Im oberen Bereich des Sees liegt die Temperatur bei ca. 8°C und nimmt ab einer Tiefe von 8 m bis zu einer Tiefe von ca. 30 m, auf ca. 7°C, ab. Im tieferen Bereich des Sees bleibt die Temperatur anschließend relativ konstant. Der pH-Wert ist in der Zirkulationsphase sehr konstant. Die Sauerstoffkonzentration ist im Vergleich zu den November-Messungen deutlich erhöht. Im oberen Bereich des Sees liegt die Sauerstoffkonzentration am höchsten, sinkt dann auf einen konstant bleibenden Wert ab (ca. 11,5 mg/l). Die Leitfähigkeits-Kurve verläuft relativ konstant bei ca. 810µS/cm wobei die Leitfähigkeit in den oberen 10 m etwas darunter liegt.

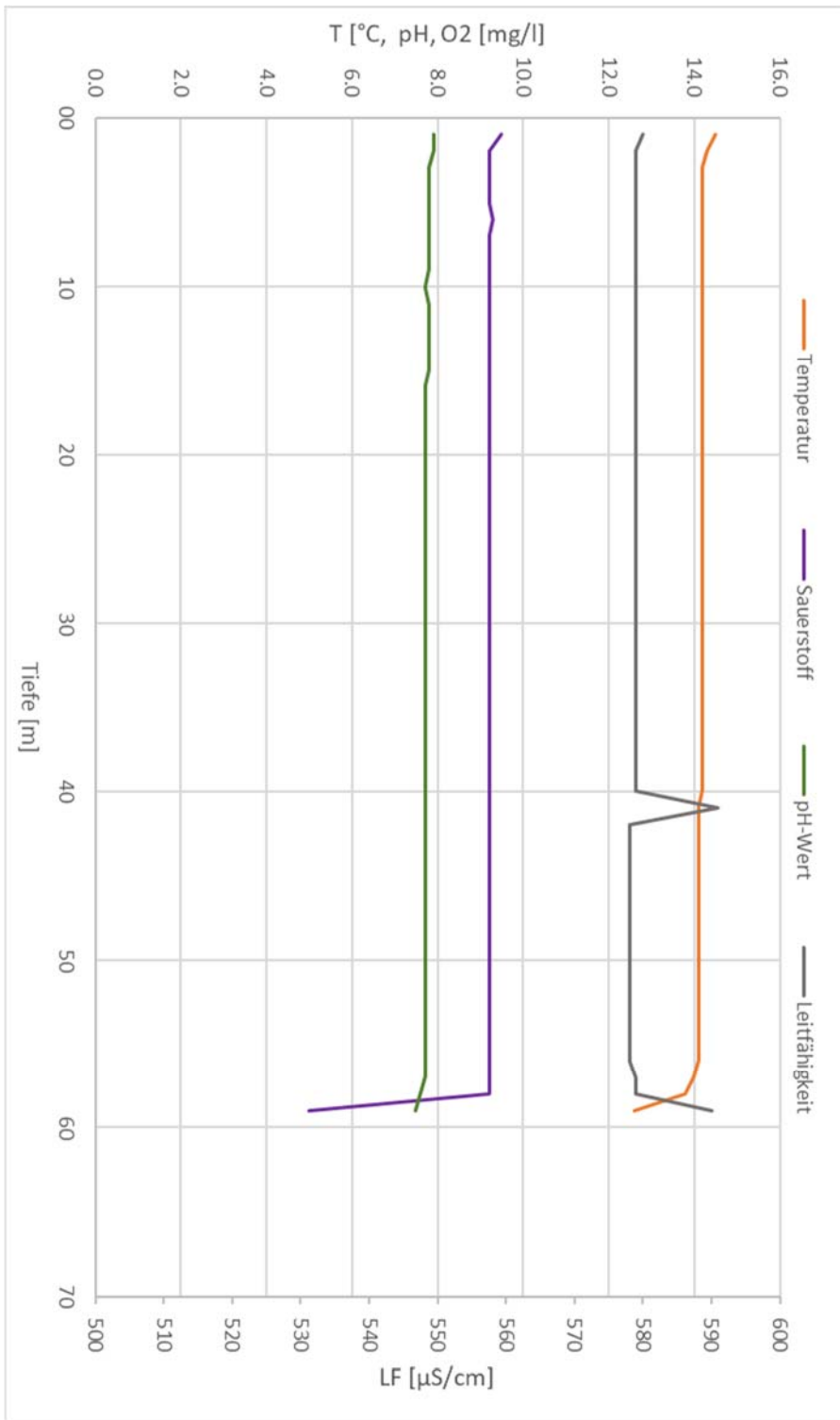


Abbildung 10: Tiefenprofilmessung November 2022 (Anfang Zirkulation)

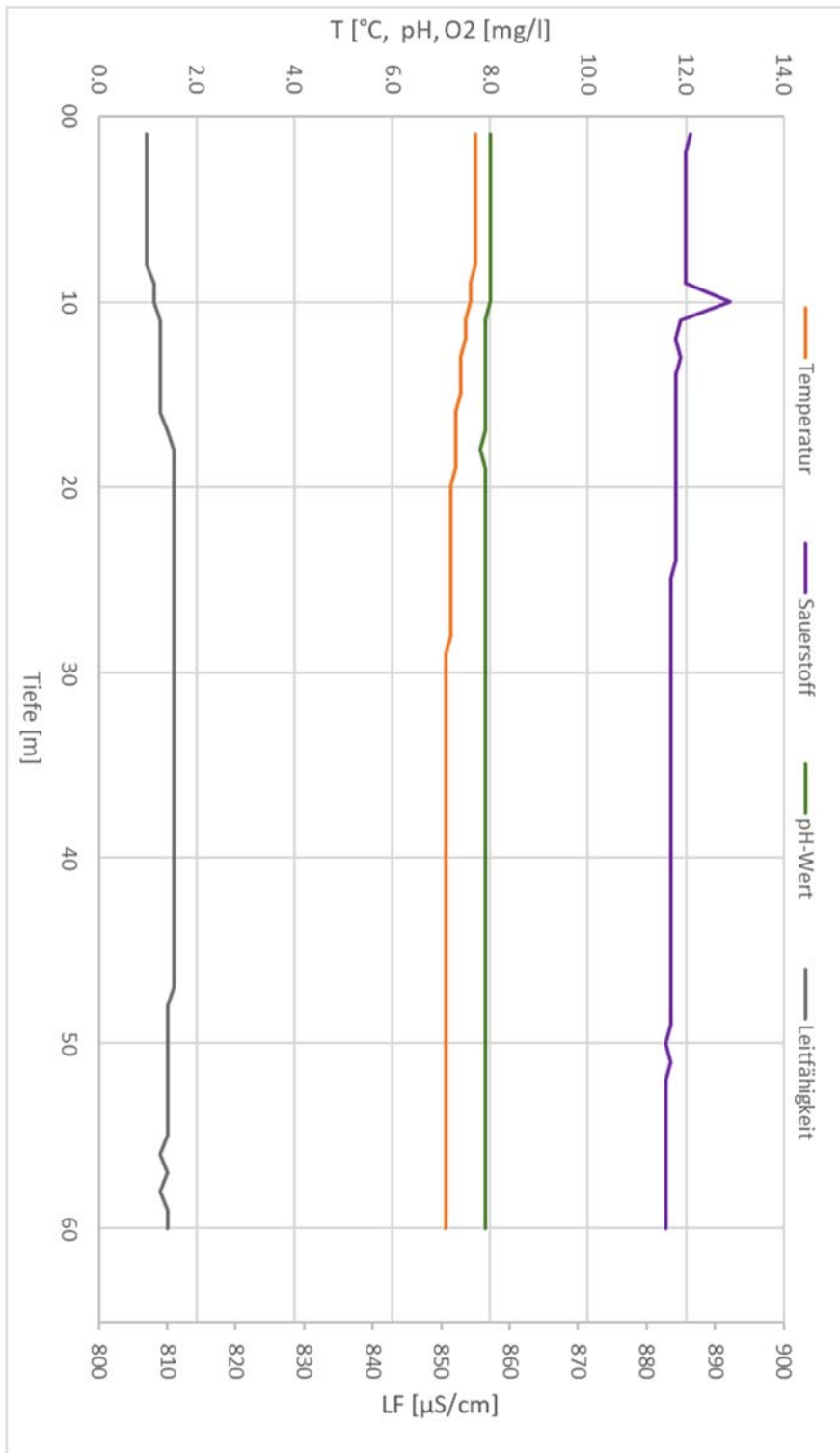


Abbildung 11: Tiefenprofilmessung März 2023 (Ende Zirkulation)

4. Beschreibung der Auswirkungen des Vorhabens

Nachfolgend wird eine Beurteilung der Auswirkungen des Abbauvorhabens vor dem Hintergrund der eingangs erwähnten Fragestellungen vorgenommen. Schwerpunkt hierbei ist die Beschreibung der geohydraulischen Auswirkungen der Erweiterung auf die Grundwasserströmungsverhältnisse.

4.1 Geplante Erweiterung

Als relevanter Eingriff in das Schutzgut Grundwasser ist die Erweiterung des Baggersees nach Süden zu beurteilen. Die maximale Längserstreckung des vorhandenen Sees beträgt ca. 928 m. Die Breite beträgt ca. 350 m. Einschließlich der geplanten Erweiterung in Grundwasserfließrichtung beträgt die zukünftige Länge ca. 1.035 m und die Breite ca. 405 m. Die Erweiterungsfläche (reine Seefläche) hat eine Größe von ca. 6,4 ha. Der Abbau in der Tiefe ist wie bisher genehmigt bis auf ca. 60 m vorgesehen. Damit werden die Sedimente des OGWL und Teile des UGWL abgebaut.

4.2 Veränderung der Grundwasserhydraulik – Kippung und Strömung

Die durch die Freilegung des Grundwassers bei Nassabbauflächen verursachte Kippung der Wasseroberfläche, die am oberstromigen Ufer zu einer Absenkung und am unterstromigen Ufer zu einer Aufhöhung des Grundwasserstandes führt wurde in Kapitel 3.2.5 für den Istzustand bereits erläutert. Bei mittleren Grundwasserverhältnissen mit einem mittleren Gradienten von ca. 0,00081 im Umfeld des Sees, ergibt sich rechnerisch ein ober- und unterstromiger Kippungsbetrag von ca. 0,36 (NW) bis 0,56 (HW) m für den aktuellen See.

Durch die geplante Erweiterung des Sees im südlichen Bereich wird die Länge des Sees in Grundwasserfließrichtung auf ca. 1.035 m erhöht, so dass eine zusätzliche Seespiegelkippung nach LfU (1981, S. A-12) berechnet werden muss. Dadurch ändern sich auch die jeweiligen maximalen Reichweiten der Grundwasserstandsänderungen.

Entsprechend wird sich durch die Erweiterung des Sees nach Süden und der dadurch verursachten zusätzlichen Kippung und Erhöhung des Seewasserspiegels der zukünftige mittlere Wasserstand bei ca. 157,62 m+NN einstellen. Im Uferbereich der geplanten Erweiterung sowie im Umfeld des Sees werden sich die Grundwasserstände entsprechend der Kippung des Wasserspiegels um ca. 0,04 m bei Mittelwasserverhältnissen erhöhen. In Anlage 4 ist ein Grundwassergleichenplan für den Planzustand für mittlere Wasserstände dargestellt. Die Ergebnisse der Berechnungen analog zu Kapitel 3.2.5 für den Planzustand sind in nachfolgender Tabelle aufgelistet.

Tabelle 6: Kippung und Reichweiten Planzustand

Szenario	Kippung (m)	Reichweite (m)	Reichweite 90 % (m)
Hochwasser	0,62	392	153
Mittelwasser	0,42	265	103
Niedrigwasser	0,40	252	98

Durch die höhere Kippung bei HW-Verhältnissen von 0,56 m auf ca. 0,62 m um ca. 0,06 m stellt sich der Hochwasserspiegel bei mindestens ca. 158,47 m+NN (HW-Wert 2014 + 0,06) ein. O.g. Werte beziehen sich auf den Auswertungszeitraum 2000 - 2023 (siehe hierzu auch Tabelle 1). Das Gefälle für Hochwasserverhältnisse wurde an einem Stichtag für 2021 ermittelt, weil zu diesem Zeitpunkt die meisten Belegpunkte vorhanden waren.

4.3 Grundwasser Zu- und Abstrombereich

Durch die geplante Erweiterung im südlichen Bereich des Sees und die dadurch verlängerte Erstreckung des Sees in Grundwasserfließrichtung vergrößert sich auch der Zu- und Abstrombereich im Verhältnis zum Istzustand. Der Zu- und Abstrombereich ist für den Istzustand sowie den Planzustand in der Anlage 3.1 und 4 für mittlere Verhältnisse dargestellt. Im Planzustand weist der See durch die stärkere Kippung bzw. Verlängerung und auch Verbreiterung einen etwa um ca. 50 - 100 m vergrößerten Zu- bzw. Abstrombereich auf.

5. Abschließende Bewertung

Um die Entwicklung der Anbindung des Sees an das Grundwasser und Veränderungen der Abstromsituation zu untersuchen, wurden im Herbst 2022 sowie im Frühjahr 2023 hydrochemischen und isotopenhydrologischen Untersuchungen im Bereich des Baggersees durchgeführt.

Auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen, kann insgesamt von einer unauffälligen Belastungssituation im Einzugsgebiet des Baggersees ausgegangen werden. Möglicherweise durch aufsteigendes Tiefenwasser sind die Sulfatgehalte im See sowie in Zu- und Abstrommessstellen zum See leicht erhöht. Die Phosphatgehalte sind nur im Abstrom des Sees - eventuell durch Badebetrieb - erhöht, innerhalb des Sees sind in den Beprobungen 2022 und 2023 keine erhöhten Konzentrationen gemessen worden.

Die Grundwasseraustauschrate für den Waldmattensee wurde anhand der 2H- und 18O-Konzentrationen im Seewasser sowie im zuströmenden Grundwasser auf ca. 42 – 54 l/s abgeschätzt. Die mittlere Aufenthaltszeit des Grundwassers konnte mit ca. 4,8 – 6,2 Jahren abgeschätzt werden.

Die vorliegenden isotopehydrologischen Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Abstrombereich des Baggersees bereits im Ist-Zustand bis zum östlichen Bereich des benachbarten Wasserschutzgebietes „Kaiserwald“ reicht. Dies wird auch durch den hydraulisch ermittelten Abstrombereich gestützt. In den Brunnen Kaiserwald konnte allerdings in früheren als auch den aktuellen Messungen kein Einfluss von Uferfiltrat nachgewiesen werden. Es kann daher angenommen werden, dass der Waldmattensee nicht im Einzugsgebiet bzw. Zustrombereich der Brunnen Kaiserwald liegt.

Aufgrund der geplanten Erweiterung des Baggersees ist eine Veränderung des Zu- und Abstrombereichs des Sees zu erwarten. Die Kipplinie des Sees verlagert sich ca. 54 m nach Süden und der Zu- und Abstrombereich wird um ca. 50 - 100 m breiter. Eine signifikante Veränderung der Mischungsanteile für die Brunnen Kaiserwald wird dadurch nicht erwartet. Ob künftig vermehrt Uferfiltrat in das Einzugsgebiet bzw. Zustrombereich der Brunnen Kaiserwald gelangt, kann durch die Messungen der Isotopengehalte geprüft werden.

Tabelle 7: Ergebnisse der hydrochemischen und isopenhydrologischen Grundwasseranalysen 2020/21

Parameter	Dim.	GWM Raststätte West		GWM1 VB		GW-Messstelle GWM 4 neu		GW-Messstelle GWM 5 neu		GW-Messstelle BK 2/04	
		-	-	2060/066-3	2060/066-3	3302/066-6	3302/066-6	3303/066-6	3303/066-6	0123/066-5	0123/066-5
Datum Probenahme	--	22.10.2020	19.03.2021	23.10.2020	19.03.2021	21.10.2020	19.03.2021	21.10.2020	19.03.2021	21.10.2020	19.03.2021
Ruhewasserspiegel	m u. ROK	3,75	-	3,72	-	-	-	-	-	3,09	-
Trübung visuell	--	l. trüb	klar	-	klar	gering trüb	lt. trüb	-	klar	mittel trüb	lt. trüb
Farbe	--	l. bräunl.	farblos	l. bräunl.	farblos	l. bräunlich	bräunlich	l. bräunlich	gelblich	l. bräunlich	bräunlich
Geruch	--	-	ohne	-	ohne	muffig	erdig	-	ohne	-	erdig
Bodensatz	--	-	ohne	-	ohne	-	lt. vorhanden	-	ohne	-	lt. vorhanden
pH-Wert (vor Ort)	--	6,91	7,2	6,9	7	7,38	7,4	7,19	7,3	-	7,5
elektrische Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	830	711	907	840	638	580	743	732	658	590
elektrische Leitfähigkeit bei 20°C	µS/cm	744	-	813	-	572	-	666	-	590	-
Sauerstoff gelöst (O ₂)	mg/l	0,5	2	0,4	<0,2	0,3	2,2	2,6	0,4	0,4	0,5
Temperatur	°C	16,6	10,2	14,4	12,4	13,3	13,3	11,9	10,6	11,7	11,4
Chlorid	mg/l	36,8	25,4	35,6	35,6	41,3	42	44,9	49,7	41,1	42,3
Nitrat	mg/l	<0,1	0,3	13,8	5,81	<0,1	0,23	<0,1	0,19	0,11	0,32
Sulfat	mg/l	107	71,7	117	118	91,6	94,6	88,7	89,2	93,9	94,9
Ammonium	mg/l	0,03	0,02	0,05	<0,010	0,02	<0,010	0,08	<0,010	0,03	<0,010
Nitrit	mg/l	<0,005	<0,005	0,01	0,03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Natrium	mg/l	16,7	11,5	8,11	8,24	14,9	15,6	22	32,3	14,6	15,8
Kalium	mg/l	3,41	1,43	0,99	1	2,22	2,25	2,35	2,57	1,8	1,61
Calcium	mg/l	143	140	163	165	89,8	90,7	114	120	97,2	97,6
Magnesium	mg/l	16,8	16,4	20,4	20,9	17,9	18,5	14,4	15,2	16,9	17,8
Mangan	mg/l	0,3	0,37	0,44	1,2	0,17	1,5	0,31	0,33	0,22	0,49
Eisen	mg/l	0,68	3,64	0,62	1,13	1,32	23,1	3,2	6,31	2,18	16,1
ortho-Phosphat als o-PO ₄ -P	mg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Phosphor, gesamt	mg/l	0,02	0,03	<0,010	0,01	0,02	0,34	0,02	0,06	0,03	0,23
Säurekapazität bis pH 4,3 (Ks 4,3)	mmol/l	6,07	6,52	6,59	6,92	3,68	3,55	4,77	5,4	3,9	3,81
Oxidierbarkeit (als O ₂)	mmol/l	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	0,6	-	<0,5	-
Hydrogencarbonat	mg/l	-	398	-	422	-	216	-	330	-	232
Schwefelwasserstoff	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Silicium	mg/l	4	-	4,2	-	3,7	-	5,5	-	5,1	-
Gesamthärte	°dH	23,9	-	27,5	-	16,7	-	19,2	-	17,5	-
DOC	mg/l	1,64	-	1,36	-	0,92	-	1,84	-	0,97	-
Ionenbilanzfehler	(%)	-	1,54	-	1,28	-	1,29	-	0,45	-	1,24
Sauerstoff-18 (δ ¹⁸ O)	‰	-8	-7,81	-7,85	-7,57	-5,88	-5,6	-6,92	-6,84	-6,26	-5,86
Deuterium (δ ² H)	‰	-54,7	-55,3	-54,3	-54	-44,8	-45,3	-50	-50,8	-46,1	-45,7
Deuterium-Exzess	‰	9,3	-	8,5	-	2,24	-	5,36	-	3,98	-

Tabelle 8: Ergebnisse der hydrochemischen und isotonhydrologischen Seewasseranalysen 2020/21

Parameter	Dim.	See Epilimnion	See Hypolimnion	See 1m über Grund	See Mischprobe	See Mischprobe
Datum Probenahme	--	10.09.2020	10.09.2020	10.09.2020	22.10.2020	19.03.2021
Trübung visuell	--	-	-	-	-	klar
Farbe	--	-	-	-	-	farblos
Geruch	--	-	-	-	-	ohne
Sichttiefe	m	-	-	-	-	4,6
pH-Wert (vor Ort)		-	-	-	-	7,5
elektrische Leitfähigkeit bei 25°C	S/cm	-	-	-	-	667
Sauerstoff gelöst (O ₂)	mg/l	-	-	-	-	10,1
Bodensatz	--	-	-	-	-	ohne
Temperatur	°C	-	-	-	-	7,1
Chlorid	mg/l	-	-	-	41,3	41,5
Nitrat	mg/l	<0,1	0,14	0,19	0,16	8,52
Sulfat	mg/l	-	-	-	96,8	95,4
Ammonium	mg/l	0,02	-	0,03	<0,010	<0,010
Nitrit	mg/l	-	-	-	<0,005	0,02
Natrium	mg/l	-	-	-	14,9	15,4
Kalium	mg/l	-	-	-	1,92	2,27
Calcium	mg/l	-	-	-	84,4	93,1
Magnesium	mg/l	-	-	-	18,8	18,9
Mangan	mg/l	-	-	-	0,007	0,014
Eisen	mg/l	-	-	-	0,07	0,03
ortho-Phosphat als o-PO ₄ -P	mg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Phosphor, gesamt	mg/l	-	-	-	<0,010	<0,010
Säurekapazität bis pH 4,3 (Ks 4,3)	mg/l	-	-	-	3,36	3,58
Hydrogencarbonat	mg/l	-	-	-	-	218
Schwefelwasserstoff	mg/l	-	<0,010	<0,01	<0,01	<0,01
Silicium	mg/l	-	-	-	3,2	-
Gesamthärte	°dH	-	-	-	16,1	-
DOC	mmol/l	-	-	-	1,3	-
Chlorophyll a	µg/l	<1,0	-	-	-	-
Phaeophytin	µg/l	<1,0	-	-	-	-
Ionenbilanzfehler	(%)	-	-	-	-	0,90
Sauerstoff-18 (δ ¹⁸ O)	‰	-	-	-	-5,88	-5,78
Deuterium (δ ² H)	‰	-	-	-	-45	-46,9
Deuterium-Exzess	‰	-	-	-	2,04	-

6. Literaturverzeichnis

FUNK (2012): Fa. Vogel-Bau GmbH, 77933 Lahr/Schwarzwald; Erweiterung der Abbaufläche Baggersee Waldmatten Lgb.Nr. 3580 Gemarkung Kippenheimweiler, Ergänzende hydrogeologische Untersuchungen, Staufen

FUNK (2017): Vogel-Bau GmbH; Erweiterung Kfz-Werkstatt Lahr-Kippenheimweiler Flurstück-Nr. 2114, Erläuterungsbericht zur Neuerstellung des Tiefbrunnens 3, Staufen

FUNK (2021): Fa. Vogel-Bau GmbH, 77933 Lahr/Schwarzwald; Erweiterung der Abbaufläche Baggersee Waldmatten Lgb.Nr. 3580 Gemarkung Kippenheimweiler, Ergänzende hydrogeologische Untersuchungen, Staufen

Hydroisotop (2010): Waldmattensee der Vogel-Bau GmbH Isotopenhydrologische und hydrochemische Untersuchung (Untersuchungen von August 2009 – März 2010), Schweitenkirchen

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (1978): - Hydrogeologische Karte von Baden- Württemberg, Oberrheingebiet Raum Lahr, Maßstab 1: 50.000, Freiburg

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, LGRB/GLA (1989): Hydrogeologisches Zwischengutachten zur Bemessung der Schutzzonen I, II und III A für die Brunnen 1, 2 und 3 Kaiserswald der Stadtwerke Lahr, Ortenaukreis. -Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Az.: 0102.01/89-4763; Freiburg.

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (2007): LGRB-Informationen 19, Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben, Freiburg

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (2001), Wechselwirkung zwischen Baggerseen und Grundwasser: Ergebnisse isotopenhydrologischer und hydrochemischer Untersuchungen im Teilprojekt 6 des Forschungsvorhabens „Konfliktarme Baggerseen (KaBa)“, Freiburg,

Landesamt für Umweltschutz (1998): Leitfaden für die Eingriffs- und Ausgleichsbewertung bei Abbauvorhaben, Karlsruhe

Landesanstalt für Umweltschutz (2004): Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft – Empfehlungen für die Planung und Genehmigung des Abbaus von Kies und Sand, Karlsruhe

Landesanstalt für Umweltschutz (1998): Ab- und Umbauprozesse in Baggerseen und deren Einfluss auf das Grundwasser, Karlsruhe

Landesanstalt für Umweltschutz (1995): Hydrochemische Typisierung von Baggerseen der Oberrheinebene anhand der Hauptionen, Karlsruhe

Landesamt für Umwelt- und Bodenschutz, LUBW (2002): Wasser und Boden Atlas Baden-Württemberg (WaBoA). – Landesamt für Umwelt- und Bodenschutz; Karlsruhe.

Landesanstalt für Umweltschutz (1981): - Wasserwirtschaftliche Untersuchungen Baggerseen, 3. Bericht, Karlsruhe

Ministerium f. Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forst (1981): Kiesabbau aus der Sicht der Wasserwirtschaft, Stuttgart

Vogel-Bau GmbH (2021, 2023): Ergebnisse hydrochemischer Untersuchungen, Wasserspiegelmessungen, Tiefenprofilmessungen des Sees, Lagepläne

Landratsamt Ortenaukreis Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz (2020): Untersuchungen an der Kiesgrube Kippenheimweiler, Offenburg

Landratsamt Ortenaukreis Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz (2023): Antrag auf Flächenerweiterung der Kiesgrube Waldmatt auf der Gemarkung Lahr-Kippenheimweiler zum Kiesabbau, Offenburg

7. Liste der verwendeten Abkürzungen

Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
¹⁸ O	Sauerstoff -18 Isotop	
δ ¹⁸ O	Abweichung des ¹⁸ O-Gehaltes vom Standard	‰
DWD	Deutscher Wetterdienst	
Σ	Summe	
BR, Br.	Brunnen	
FFH-Gebiet	Flora-Fauna-Habitat Gebiet	
F(Z)H	Feinklastischer (Zwischen) Horizont	
GOK	Geländeoberkante	m+NN
GWM	Grundwassermessstelle	
GWN	Grundwasserneubildungsspende	l/(s*km ²)
H	Aquifermächtigkeit	m
HW	Hochwasserstand	m zu Referenzhöhe
k _r -Wert	Durchlässigkeit / Durchlässigkeitsbeiwert	m/s
LF	Leitfähigkeit bezogen auf 25°C	µS/cm
LGRB	Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau	
LRA	Landratsamt	
LUBW	Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg	
LP	Lattenpegel	
m u. GOK	Meter unter Geländeoberkante	m
m u. MOK	Meter unter Messoberkante	M
m ü. NN	Meter über Normal Null	M
m u. ROK	Meter unter Rohroberkante	M
MOK	Messoberkante	
MQ	Mittlere Schüttung bzw. mittlerer Abfluss	l/s
Mq	Mittlere Abflussspende	l/(s*km ²)
MVZ	Mittlere Grundwasserverweilzeit	
MW	Mittlerer Wasserstand	m zu Referenzhöhe
OGWL	Oberer Grundwasserleiter	
UGWL	Unterer Grundwasserleiter	
NW	Niedrigwasserstand	m zu Referenzhöhe
POK	Pegeloberkante	m zu Referenzhöhe
PV	Pumpversuch	
TK	Topographische Karte	
TU	Tritium Units (Tritium Einheiten); Tritium ist das radioaktive Isotop des Wasserstoffs;	1TU = 0,119 Bq/l
WSG	Wasserschutzgebiet	
Wsp	Wasserspiegel	m zu Referenzhöhe

ANLAGEN

Anlage 1: Übersichtskarte

Anlage 2: Lageplan

Anlage 3.1: Grundwasserhöhengleichen vom 22.05.2023 (rel. MW)

Anlage 3.2: Grundwasserhöhengleichen vom 15.08.2022 (rel. NW)

Anlage 3.3: Grundwasserhöhengleichen vom 17.07.2021 (rel. HW)

Anlage 4: Grundwasserhöhengleichen 22.05.2023 - Planzustand

Anlage 5: Grundwasserganglinien

3410000

3412000

5356000

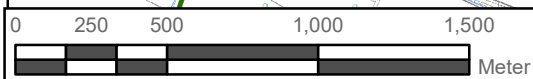
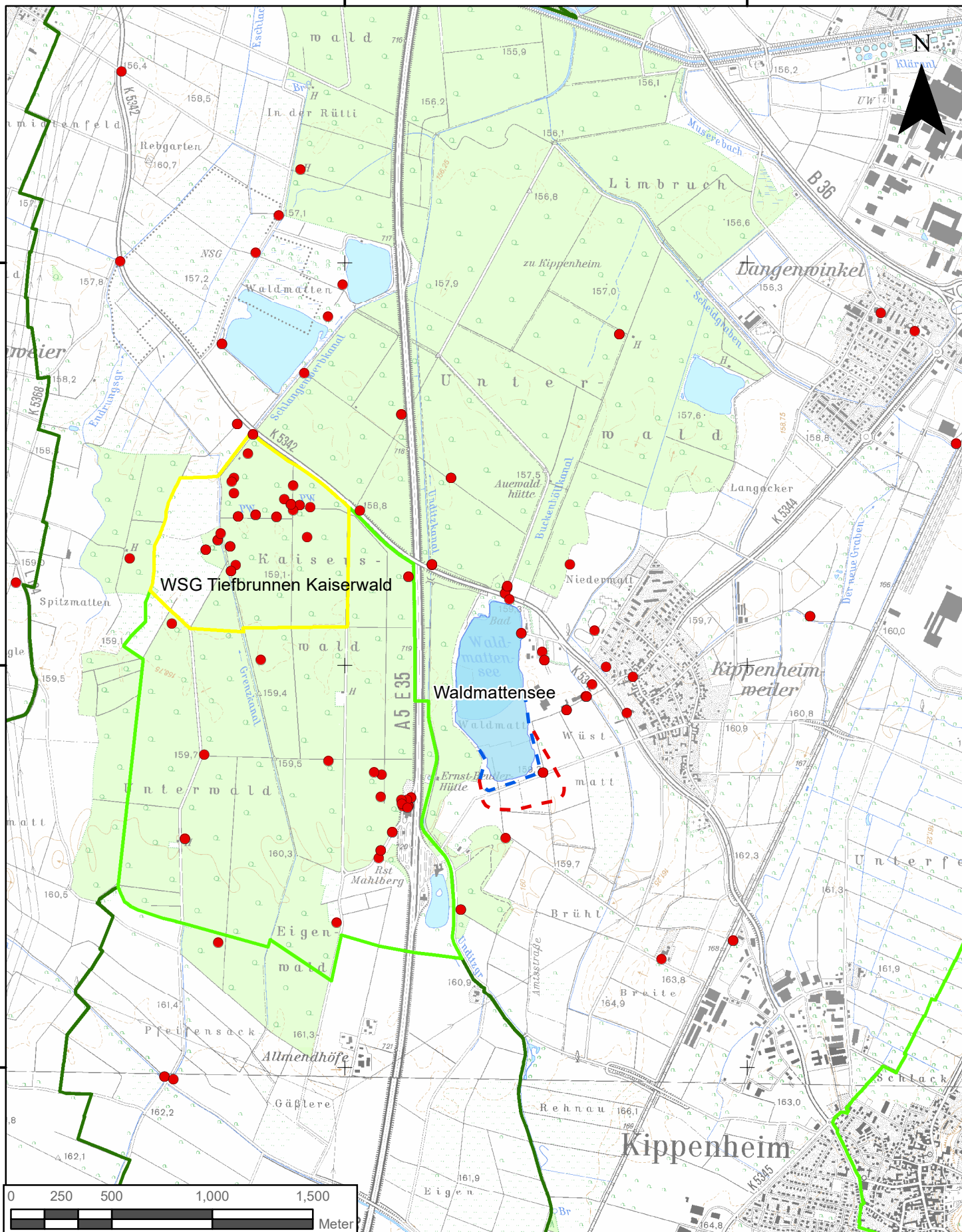
5356000

5354000

5354000

5352000

5352000



Anlage:
1

Weiterbetrieb Kieswerk "Waldmattensee"
Gemarkung Kuppenheimweiler

E. Funk HYDROGEOLOGIE
Rothofweg 5
79219 Staufen
Tel. 07633 7270
Fax 07633 7270
funk@geohydraulik.com

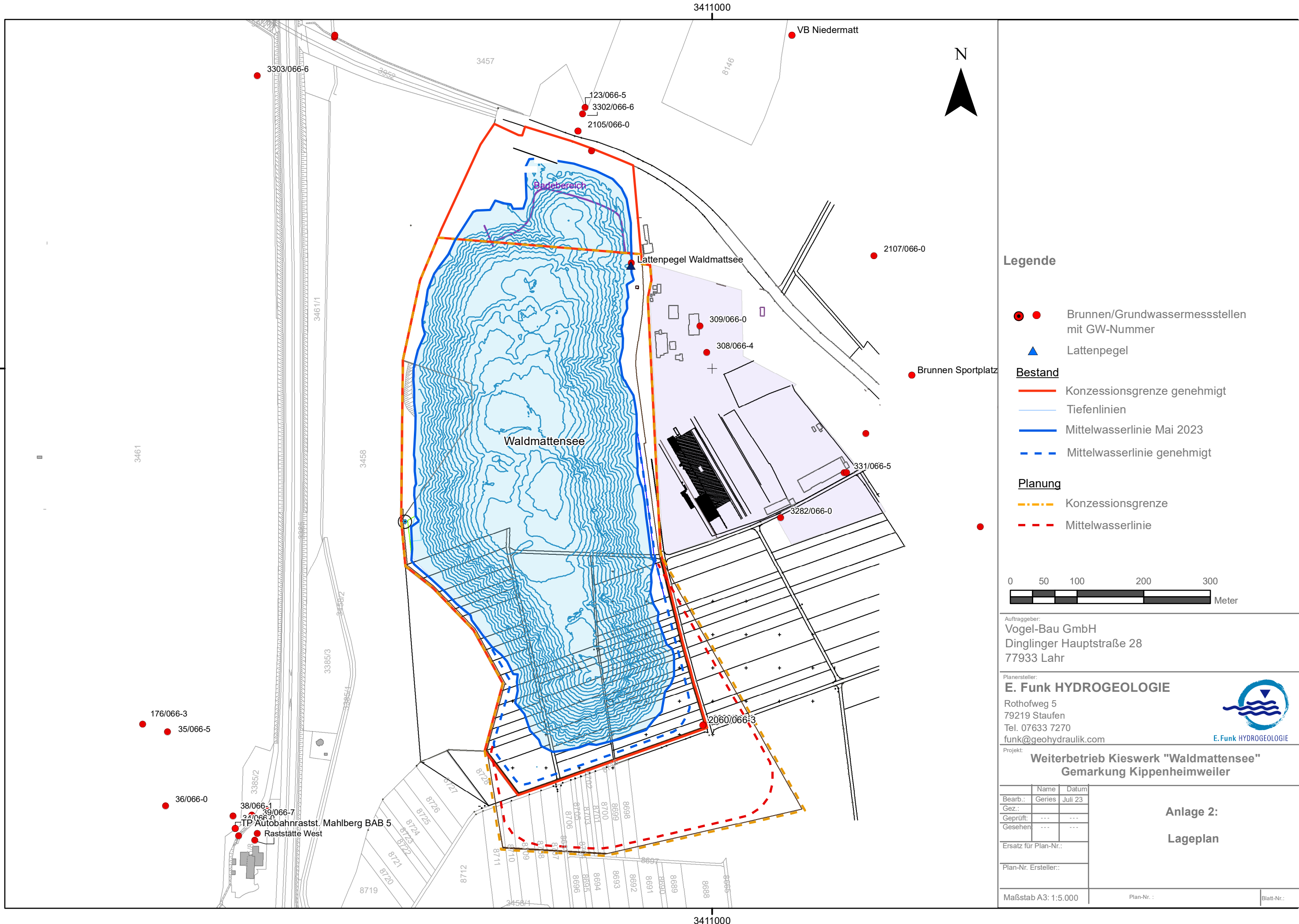
Maßstab:
1: 25.000

Übersichtskarte mit Grundwassermessstellen,
und Wasserschutzgebiete



3410000

3412000



Legende

- ● Brunnen/Grundwassermessstellen mit GW-Nummer
- ▲ Lattenpegel
- Bestand**
- Konzessionsgrenze genehmigt
- Tiefenlinien
- Mittelwasserlinie Mai 2023
- - - Mittelwasserlinie genehmigt
- Planung**
- - - Konzessionsgrenze
- - - Mittelwasserlinie



Auftraggeber:
 Vogel-Bau GmbH
 Dinglinger Hauptstraße 28
 77933 Lahr

Planersteller:
E. Funk HYDROGEOLOGIE
 Rothofweg 5
 79219 Staufen
 Tel. 07633 7270
 funk@geohydraulik.com



Projekt:
Weiterbetrieb Kieswerk "Waldmattensee"
Gemarkung Kippenheimweiler

	Name	Datum
Bearb.:	Gerjes	Juli 23
Gez.:		
Geprüft:	---	---
Gesehen:	---	---

Anlage 2:
Lageplan

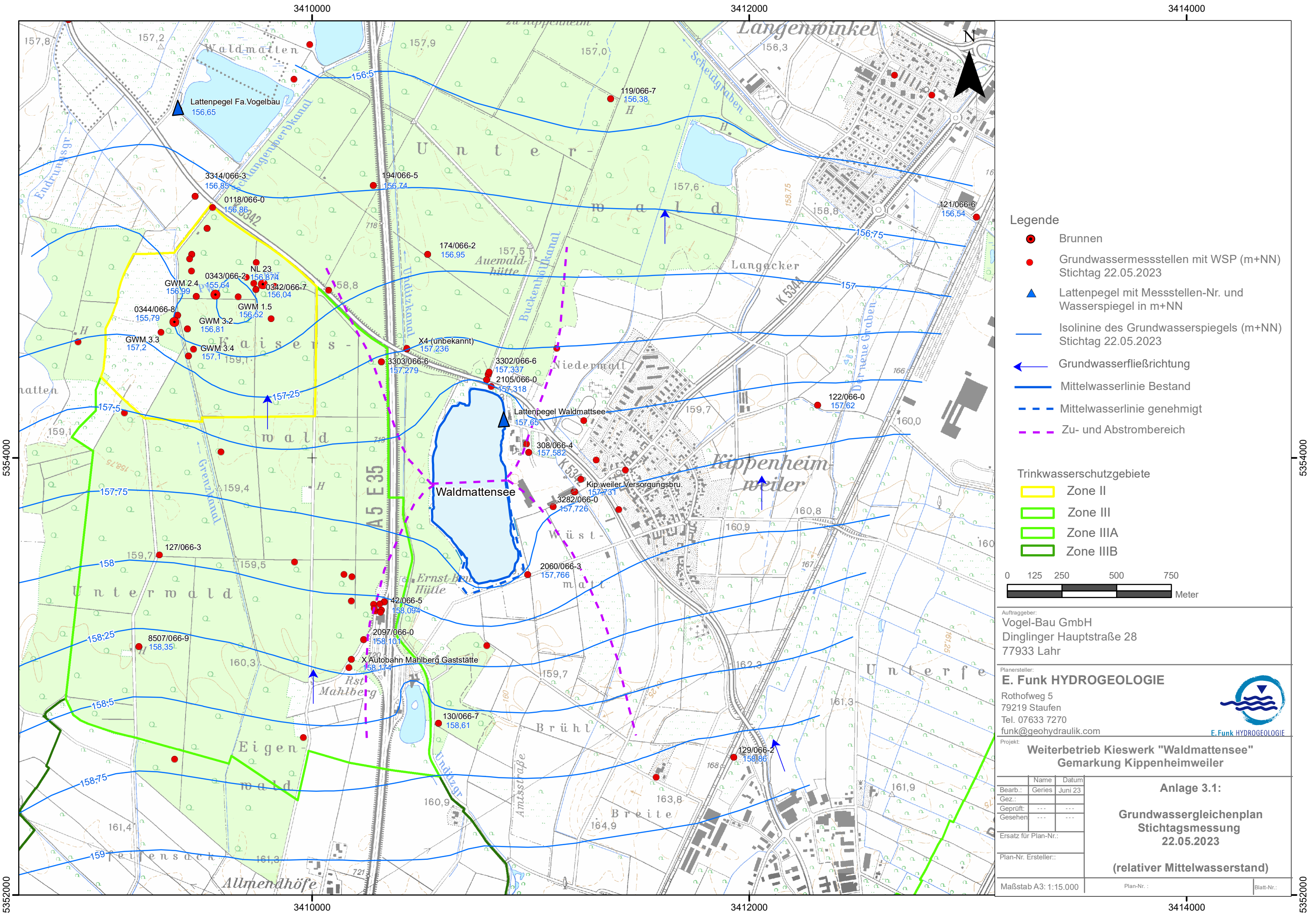
Ersatz für Plan-Nr.:

Plan-Nr. Ersteller.:

Maßstab A3: 1:5.000

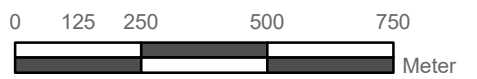
Plan-Nr.:

Blatt-Nr.:



- Legende**
- Brunnen
 - Grundwassermessstellen mit WSP (m+NN)
Stichtag 22.05.2023
 - ▲ Lattenpegel mit Messstellen-Nr. und
Wasserspiegel in m+NN
 - Isolinine des Grundwasserspiegels (m+NN)
Stichtag 22.05.2023
 - ← Grundwasserfließrichtung
 - Mittelwasserlinie Bestand
 - - - Mittelwasserlinie genehmigt
 - - - Zu- und Abstrombereich

- Trinkwasserschutzgebiete**
- Zone II
 - Zone III
 - Zone IIIA
 - Zone IIIB



Auftraggeber:
Vogel-Bau GmbH
 Dinglinger Hauptstraße 28
 77933 Lahr

Planersteller:
E. Funk HYDROGEOLOGIE
 Rothofweg 5
 79219 Staufen
 Tel. 07633 7270
 funk@geohydraulik.com



Projekt:
Weiterbetrieb Kieswerk "Waldmattensee"
Gemarkung Kippenheimweiler

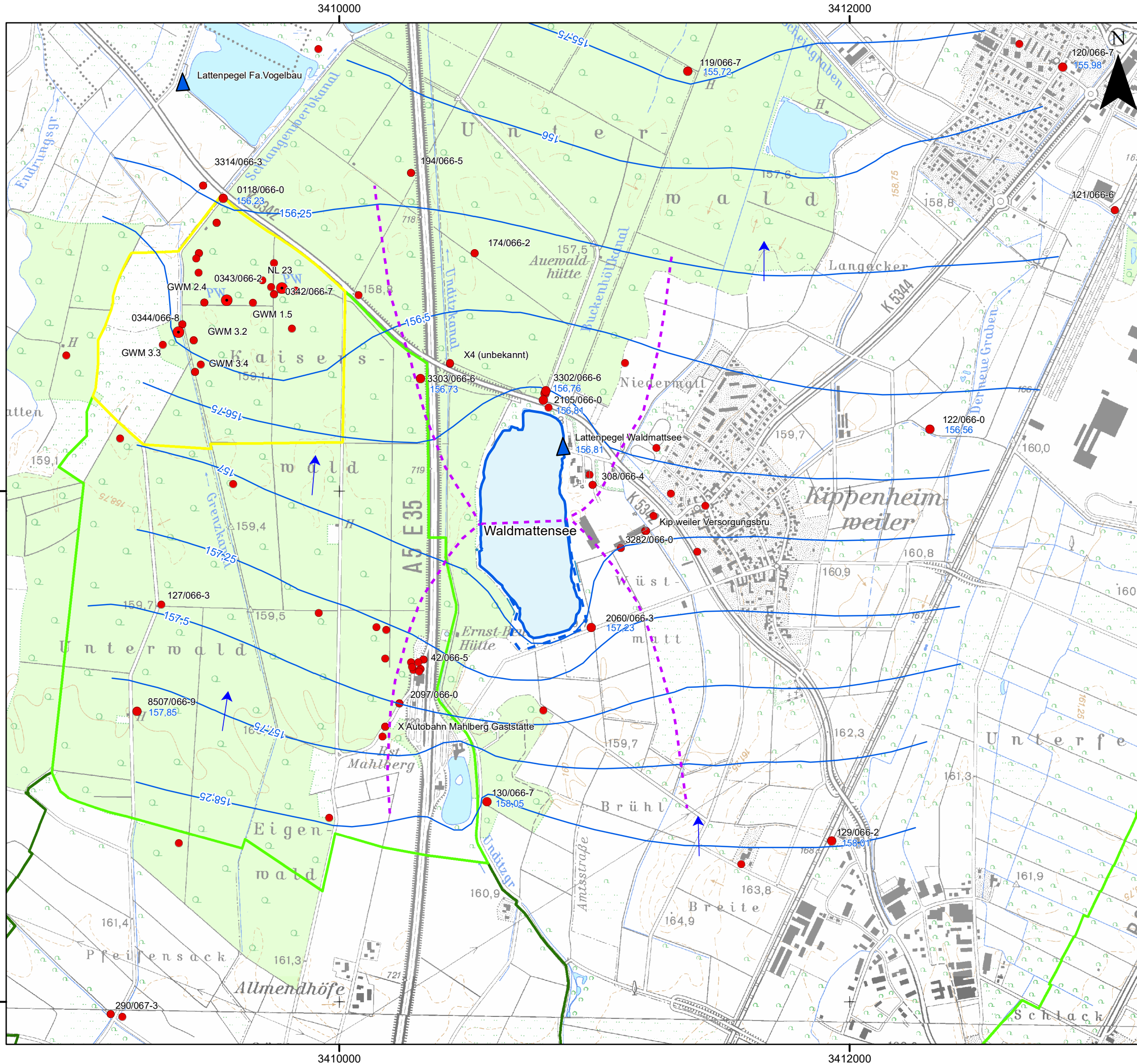
Name	Datum
Bearb.: Geries	Juni 23
Gez.: ---	---
Geprüft: ---	---
Gesehen: ---	---

Ersatz für Plan-Nr.:
 Plan-Nr. Ersteller: _____

Maßstab A3: 1:15.000

Anlage 3.1:
Grundwassergleichenplan
Stichtagsmessung
22.05.2023
(relativer Mittelwasserstand)

Plan-Nr.: _____ Blatt-Nr.: _____



- Legende**
- Brunnen
 - Grundwassermessstellen mit WSP (m+NN)
Stichtag 15.08.2022
 - ▲ Lattenpegel mit Messstellen-Nr. und
Wasserspiegel in m+NN
 - Isolinie des Grundwasserspiegels (m+NN)
Stichtag 15.08.2022
 - ← Grundwasserfließrichtung
 - Mittelwasserlinie Bestand
 - - - Mittelwasserlinie genehmigt
 - - - Zu- und Abstrombereich

- Trinkwasserschutzgebiete**
- Zone II
 - Zone III
 - Zone IIIA
 - Zone IIIB
- 0 125 250 500 750
Meter

Auftraggeber:
Vogel-Bau GmbH
Dinglinger Hauptstraße 28
77933 Lahr

Planersteller:
E. Funk HYDROGEOLOGIE
Rothofweg 5
79219 Staufen
Tel. 07633 7270
funk@geohydraulik.com



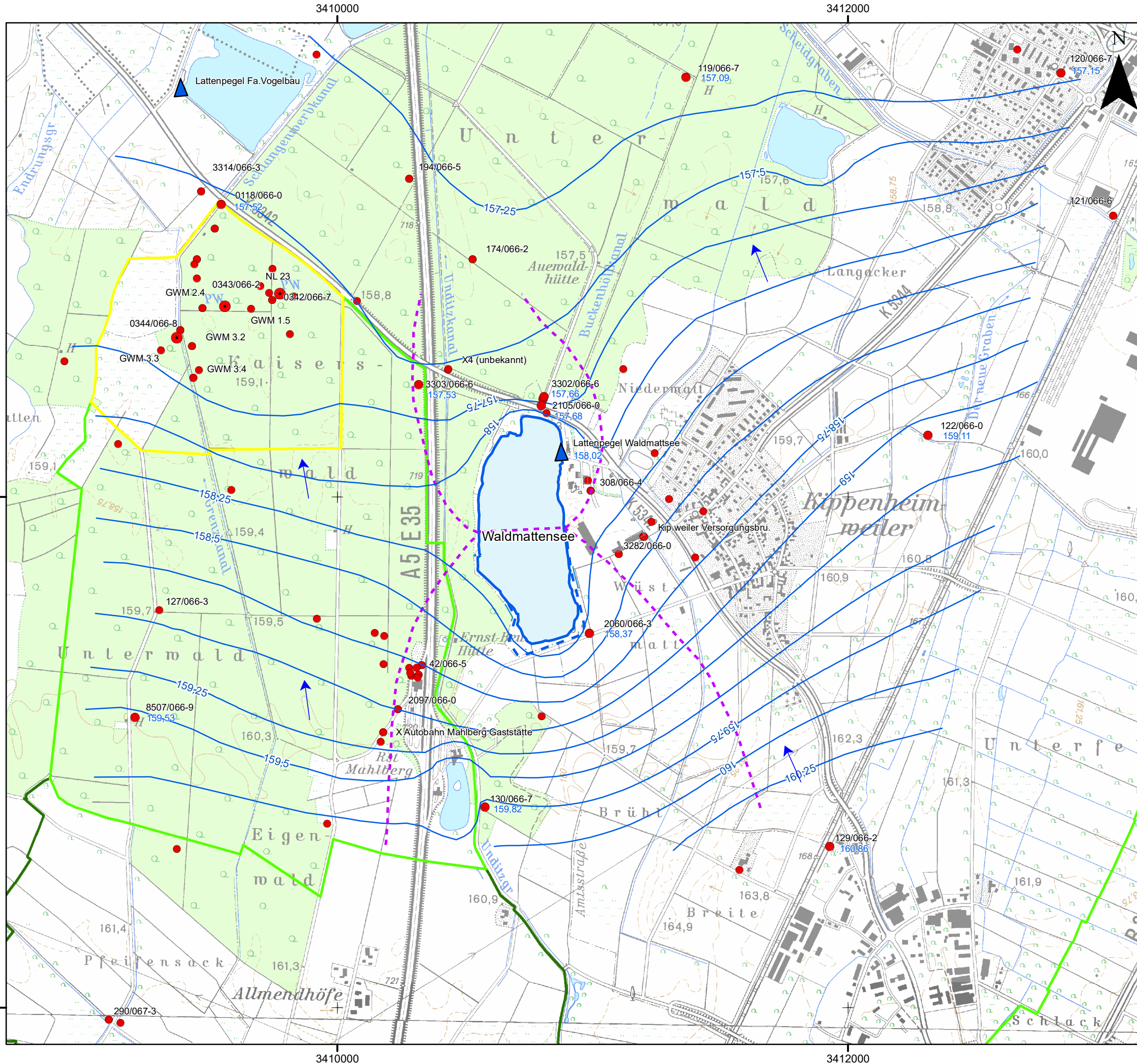
Projekt:
Weiterbetrieb Kieswerk "Waldmattensee"
Gemarkung Kippenheimweiler

	Name	Datum
Bearb.:	Gerjes	Juni 23
Gez.:		
Geprüft:	---	---
Gesehen:	---	---
Ersatz für Plan-Nr.:		
Plan-Nr. Ersteller:		
Maßstab A3: 1:15.000	Plan-Nr.:	Blatt-Nr.:

Anlage 3.2:
Grundwassergleichenplan
15.08.2022
(relativer Niedrigwasserstand)

3410000 3412000 3414000

5354000 5352000



Legende

- Brunnen
- Grundwassermessstellen mit WSP (m+NN)
Stichtag 17.07.2021
- ▲ Lattenpegel mit Messstellen-Nr. und
Wasserspiegel in m+NN
- Isolinie des Grundwasserspiegels (m+NN)
Stichtag 17.07.2021
- ← Grundwasserfließrichtung
- Mittelwasserlinie
- - - Mittelwasserlinie genehmigt
- - - Zu- und Abstrombereich

Trinkwasserschutzgebiete

- Zone II
- Zone III
- Zone IIIA
- Zone IIIB

0 125 250 500 750
Meter

Auftraggeber:
Vogel-Bau GmbH
Dinglinger Hauptstraße 28
77933 Lahr

Planersteller:
E. Funk HYDROGEOLOGIE
Rothofweg 5
79219 Staufen
Tel. 07633 7270
funk@geohydraulik.com



Projekt:
Weiterbetrieb Kieswerk "Waldmattensee"
Gemarkung Kippenheimweiler

Name	Datum
Bearb.: Geries	Juni 23
Gez.:	
Geprüft:	
Gesehen:	

Anlage 3.3:
Grundwassergleichenplan
17.07.2021
(relativer Hochwasserstand)

Ersatz für Plan-Nr.:

Plan-Nr. Ersteller:

Maßstab A3: 1:15.000

Plan-Nr.: Blatt-Nr.:

5354000

5354000

5352000

5352000

3410000

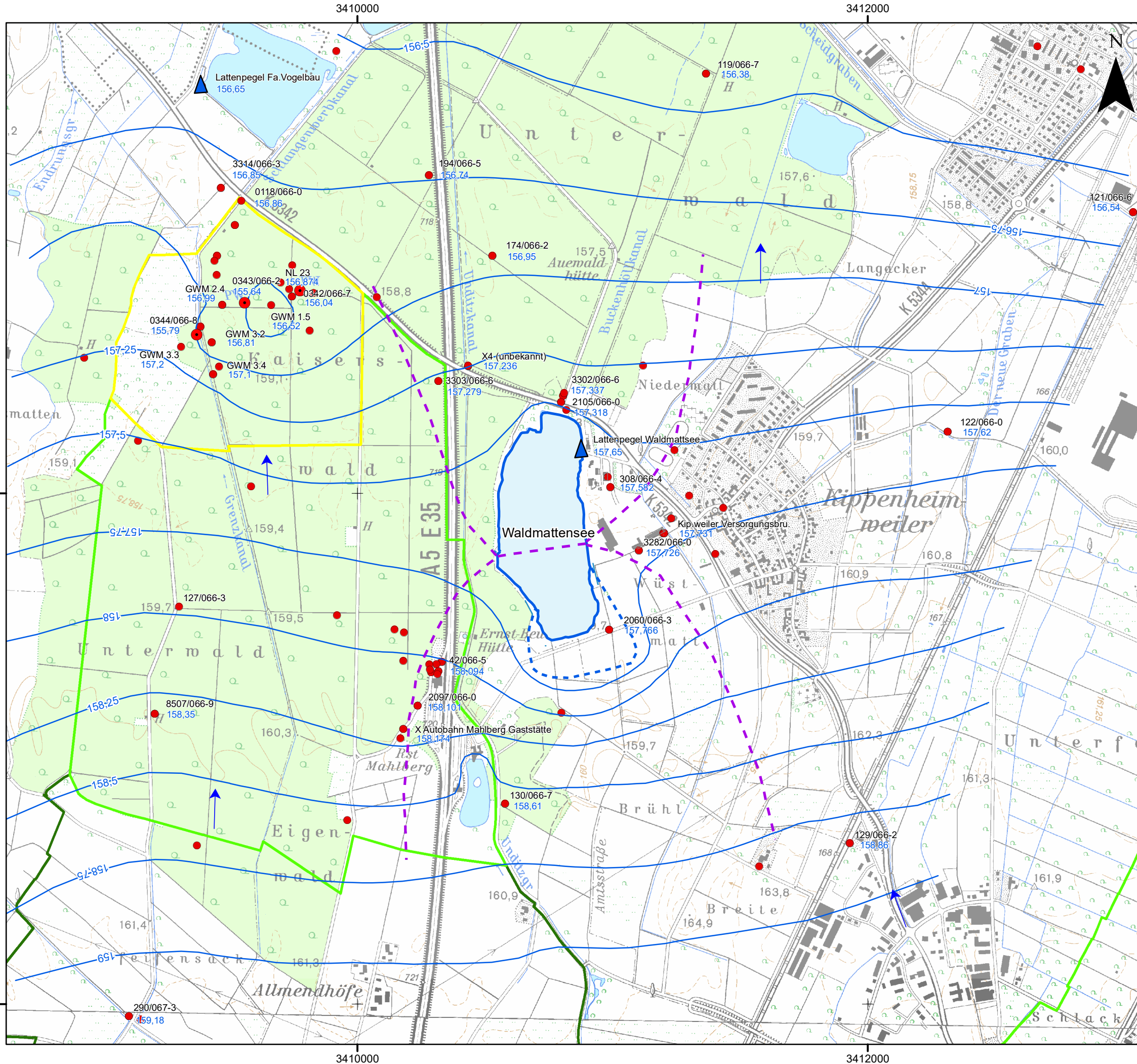
3412000

3414000

3410000

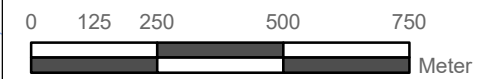
3412000

3414000



- Legende**
- Brunnen
 - Grundwassermessstellen mit WSP (m+NN)
Stichtag 22.05.2023
 - ▲ Lattenpegel mit Messstellen-Nr. und
Wasserspiegel in m+NN
 - Isolinine des Grundwasserspiegels (m+NN)
Stichtag 22.05.2023
 - ← Grundwasserfließrichtung
 - - - Zu- und Abstrombereich Planzustand
 - Mittelwasserlinie Bestand
 - - - Mittelwasserlinie Planung

- Trinkwasserschutzgebiete**
- Zone II
 - Zone III
 - Zone IIIA
 - Zone IIIB



Auftraggeber:
Vogel-Bau GmbH
 Dinglinger Hauptstraße 28
 77933 Lahr

Planersteller:
E. Funk HYDROGEOLOGIE
 Rothofweg 5
 79219 Staufen
 Tel. 07633 7270
 funk@geohydraulik.com



Projekt:
Weiterbetrieb Kieswerk "Waldmattensee"
Gemarkung Kippenheimweiler

Bearb.:	Name	Datum
Gez.:	Gerjes	Juni 23
Geprüft:	---	---
Gesehen:	---	---

Anlage 4:
Grundwassergleichenplan
Planzustand

22.05.2023
(relativer Mittelwasserstand)

Ersatz für Plan-Nr.:

Plan-Nr. Ersteller:

Maßstab A3: 1:15.000

Plan-Nr. : Blatt-Nr.:

5354000

5354000

5352000

5352000

3410000

3412000

3414000

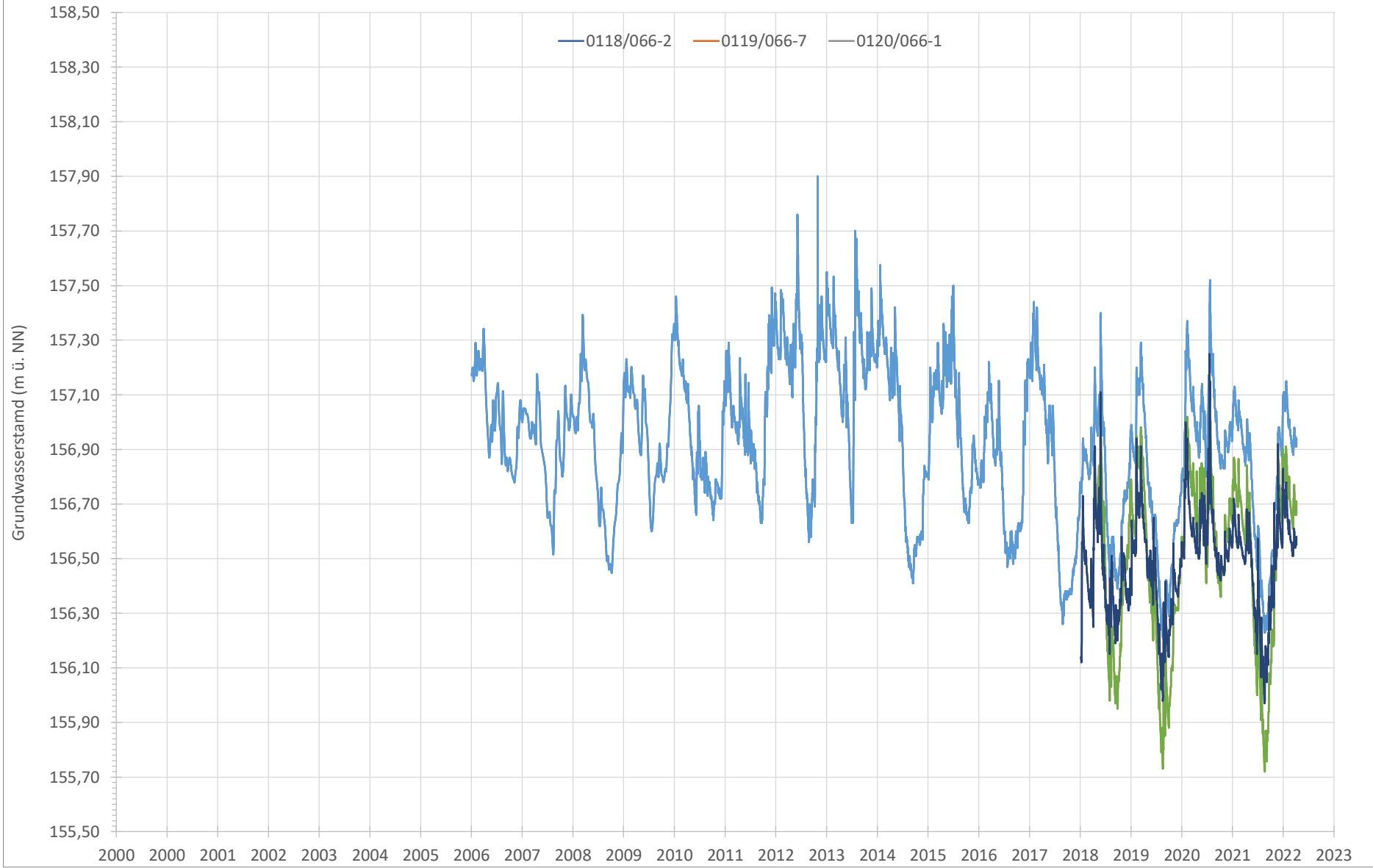
3410000

3412000

3414000

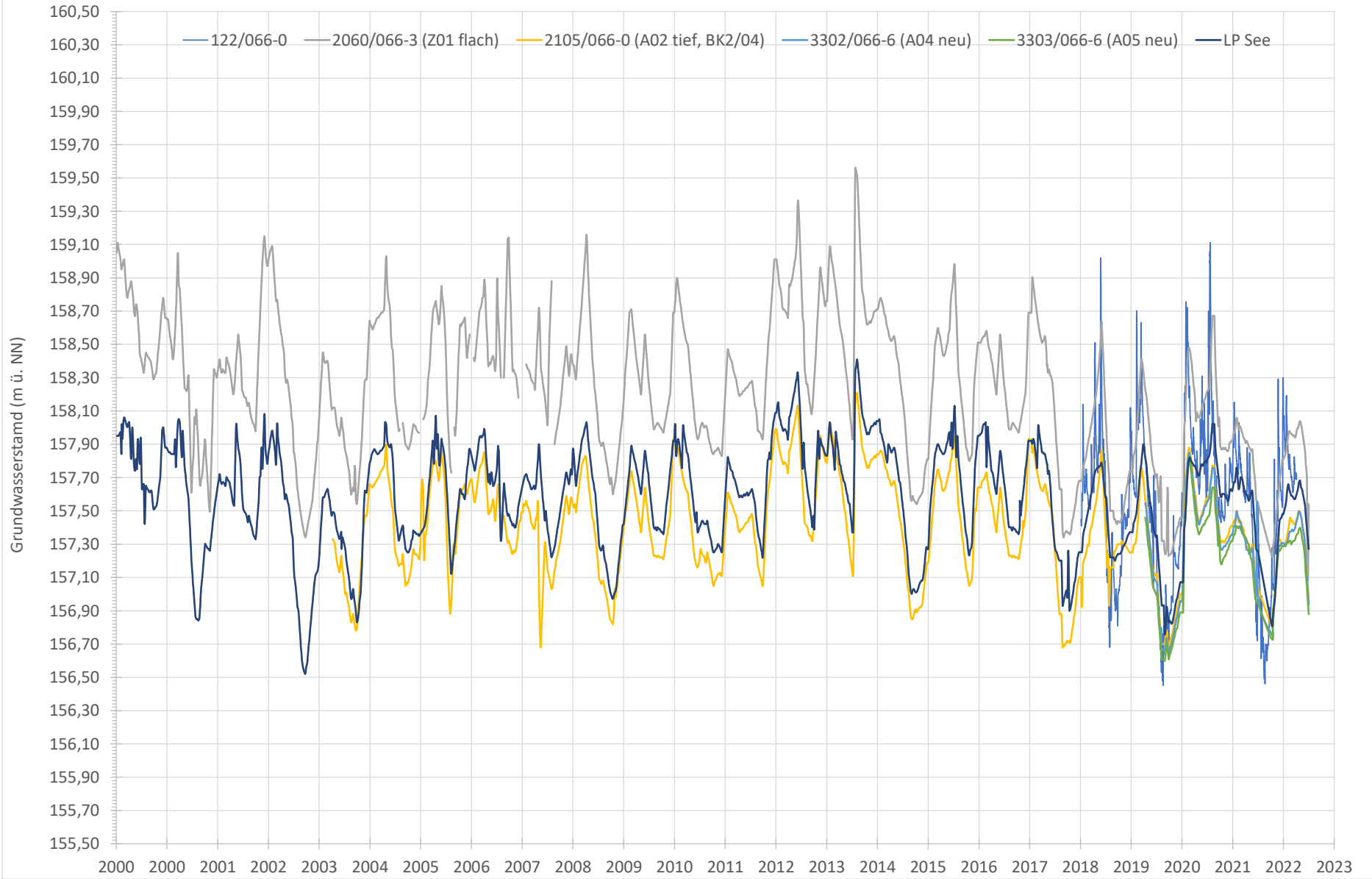
Grundwasserganglinien Kippenheimweiler

Anlage 5.1



Grundwasserganglinien Kippenheimweiler

Anlage 5.2



Grundwasserganglinien Kippenheimweiler

Anlage 5.3

