

Hydrogeologische Untersuchungen Grundwasserströmungsmodell Rulfingen 2014/2015 Gesamtbericht

- Projekt** : Zielabweichungsverfahren für die
Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3 Rulfingen
- Auftraggeber** : Valet & Ott GmbH & Co. KG
Kies- und Sandwerke
Uferweg 25
88512 Mengen-Rulfingen
- Maßnahmen** :
 - Datenrecherche
 - Wasserspiegelmessungen
 - el. Leitfähigkeits- und Temperaturmessungen
 - Kurzpumpversuche
 - Errichtung von Grundwassermessstellen
 - Erstellung eines konzeptionellen hydrogeologischen Modells
 - Erstellung eines numerischen Grundwasserströmungsmodells
 - Prognoseberechnungen
- Projektnummer** : 88512/2014-016-01/821

Bericht erstellt:

Radolfzell, den 12.01.2017

M. Reinold
Dipl.-Geologe

Dr. W. Michel
Dipl.-Geophysiker

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|---|-------|
| Zusammenfassung | 7 |
| 1. Einführung | 9 |
| 1.1 Anlass | 9 |
| 1.2 Ziel der Untersuchungen | 9 |
| 2. Maßnahmen | 10 |
| 2.1 Erstellung eines konzeptionellen hydrogeologischen Modells | 10 |
| 2.2 Erstellung eines numerischen Strömungsmodells für Prognoseberechnungen | 13 |
| 3. Vorstellung des Untersuchungsgebietes | 14 |
| 4. Geologische Verhältnisse | 16 |
| 4.1 Allgemeine Beschreibung des geologischen Aufbaus vom Modellgebiet | 16 |
| 4.2. Beschreibung des Grundwasserleiters | 16 |
| 5. Hydrogeologische Verhältnisse | 22 |
| 5.1 Beschreibung des Grundwasserfließsystems | 23 |
| 5.1.1 Beschreibung des großräumigen Fließsystems | 23 |
| 5.1.2 Beschreibung des lokalen Grundwasserfließsystems im Modellgebiet | 23 |
| 5.2 Grundwasserganglinien | 27 |
| 5.3 Seewasserpegel | 29 |
| 5.4 Abflussmessungen und Wasserstände in der Ablach, in Bächen und in Entwässerungs- gräben des Modellgebiets | 32 |
| 5.5 Grundwasserentnahme | 36 |
| 6. Hydrochemie und Isotopenhydrologie | 37 |
| 6.1 Isotopenhydrologische Untersuchungen | 37 |
| 6.2 Hydrochemische Untersuchungen | 41 |
| 7. Interaktion Grundwasserleiter (GWL) und Oberflächengewässer | 45 |
| 7. 1 Interaktion der Ablach mit dem Grundwasserleiter | 45 |
| 7. 2 Interaktion der Seen mit dem Grundwasserleiter und der Seen mit der Ablach | 48 |
| 8. Ergebnisse der Pumpversuche und Bestimmung der Einzugsbereiche der Brunnen | 50 |
| 8.1 Brunnen „Meßkircher Straße“ | 50 |
| 8.2 Brunnen „Franzosenäcker“ | 52 |
| 8.3 Kurzumpumpversuche von 2014/2015 | 53 |
| 9. Numerisches Modell | 54 |
| 9.1 Aufbau | 54 |
| 9.2 Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells | 57 |
| 9.3 Grundwasserbilanz | 60 |
| 9.4 Prognoseberechnungen mit und ohne Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3 | 61 |
| 10. Fazit | 65 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---------|---|----|
| Abb. 1 | Lageplan des Untersuchungsgebietes mit den Trinkwasserfassungsanlagen | 6 |
| Abb. 2a | Lageplan der Bohrungen und Messstellen im Untersuchungsgebiet | 11 |
| Abb. 2b | Lageplan der 2014 abgeteufte Rammpegel und Grundwassermessstellen und Verlauf der schematischen geologischen Schnitte | 12 |
| Abb. 2c | Lageplan des Untersuchungsgebietes mit den Wasserschutzgebietszonen der Trinkwasserbrunnen „Meßkircher Straße“ und „Franzosenäcker“ | 15 |
| Abb. 3 | Höhenlage der ursprünglichen Aquiferbasis im Modellgebiet - Zustand vor dem Kiesnassabbau..... | 18 |
| Abb. 4a | Schichtenverzeichnis, geologischer Ausbau und Fotodokumentation der GWM 1/12 (LUBW 2204/519-4 Arnum 1391) | 19 |
| Abb. 4b | Schematische geologische Schnitte im Untersuchungsgebiet (Schnittverlauf s. Abb. 2a)..... | 20 |
| Abb. 5 | Regionalisierung der kf-Werte unter Berücksichtigung der Anpassung aus der Kalibrierung..... | 21 |
| Abb. 6 | Verteilung des Speicherkoeffizienten im Modellgebiet nach HENNING..... | 22 |
| Abb. 7 | Grundwassergleichenplan (mNN) für das gesamte Untersuchungsgebiet vom 22.06.2012 | 24 |
| Abb. 8 | Grundwassergleichenplan für das Modellgebiet vom 17.09.2014 (Niedrigwasserstand) | 25 |
| Abb. 9 | Grundwassergleichenplan für das Modellgebiet vom 21.01.2015 (Hochwasserstand) | 26 |
| Abb. 10 | Grundwassergleichenplan für das Modellgebiet vom 04.02.2015 – Ende des Pumpversuches aus dem Brunnen "Meßkircher Straße" mit eingezeichneten Fließpfeilen..... | 26 |
| Abb. 11 | Ganglinien der Wasserspiegelmessungen ausgewählter Grundwassermessstellen im Westen des Modellgebietes von Juli 2014 bis Juli 2015 im Vergleich zur Abflussmenge der Ablach..... | 27 |
| Abb. 12 | Ganglinien der Wasserspiegelmessungen ausgewählter Grundwassermessstellen im Bereich der geplanten Erweiterung des Nassabbaus von Juli 2014 bis Juli 2015 im Vergleich zur Abflussmenge der Ablach | 28 |
| Abb. 13 | Ganglinien der Wasserspiegelmessungen ausgewählter Grundwassermessstellen im Bereich der Fassungsanlage Brunnen "Meßkircher Straße" von Juli 2014 bis Juli 2015 im Vergleich zur Abflussmenge der Ablach | 29 |
| Abb. 14 | Ganglinien der Wasserspiegelhöhen in den Seen der Fa. Valet und Ott vom 01.06.2011 -31.07.2015 | 30 |
| Abb. 15 | Detailausschnitt des Grundwassergleichenplans vom 08.07.2014 (Niedrigwasserstand) im Bereich der Seen Süd 1-Süd 3, Nord 1 und Nord 2 | 30 |
| Abb. 16 | Lageplan der Einmesshöhen der Ablachsohle | 33 |

| | | |
|----------|--|----|
| Abb. 17 | Lineare Darstellung der Höhenlage der Ablachsohle und eines Mittelwasserstandes der Ablach vom Oktober 2014..... | 34 |
| Abb. 18 | Lageplan der Bäche und Gräben im Bereich des Modellgebietes..... | 35 |
| Abb. 19 | Monatliche Entnahmemengen aus dem Brunnen „Meßkircher Straße“ von Jan. 2010 – Mai 2010 | 36 |
| Abb. 20 | Ergänzende Messung der stabilen Isotope in der Ablach und in Ablach nahen Messstellen (Febr. 2015 – April 2015) | 38 |
| Abb. 21 | Korrelation der $\delta^{18}\text{O}$ - und $\delta^2\text{H}$ (Deuterium)- Werte der Messung von Febr. 2015 – April 2015 | 39 |
| Abb. 22 | Ganglinien der Wasserspiegel-, Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen in GWM 1/12, See Nord 2 und Ablach (A5) vom 01.06.2014 – 31.05.2015 | 46 |
| Abb. 23 | Ganglinien der Wasserspiegel-, Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen in den Messstellen RP4/14, GWM 1/12, GWM 18/91 (108/519) , See Nord 2 und Ablach (A5) vom 01.06.2014 – 31.05.2015 | 49 |
| Abb. 24 | D/O-Diagramm der Isotopenpaare aus den Entnahmestellen See Nord 2, GWM 1/12, GWM 108/519, GWM 107/519, GWM 102/519, GWM 100/519, GWM 98/519, GWM 93/519, GWM 94/519 und Br. 121/519, zusätzlich aus der Ablach | 50 |
| Abb. 25 | Auswertung des Aquifertestes 2015 im Brunnen „Meßkircher Straße“ nach JACOB und Vergleich der Messdaten vor und nach der Korrektur (regionaler Trend) | 51 |
| Abb. 26 | Auswertung des Aquifertestes nach JACOB für den Br. „Franzosenäcker“ und die GWM WSG 1/14 von Juni 2015 | 53 |
| Abb. 27 | Unterteilung des Modellgebietes in Finite Elemente (räumliche Diskretisierung) | 56 |
| Abb. 28 | Lage des oberirdischen Einzugsgebiets für das Modellgebiet | 57 |
| Abb. 29 | Instationäre Kalibrierung: Vergleich der berechneten und gemessenen Wasserspiegelhöhen im Br. „Franzosenäcker“ und der GWM 1/12 | 58 |
| Abb. 30a | Vergleich der berechneten und der konstruierten (gemessenen) Grundwassergleichen für einen mittleren Grundwasserstand (28.10.2014)..... | 59 |
| Abb. 30b | CROSS-PLOT der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen für den mittleren Grundwasserstand vom 28.10.2014 | 60 |
| Abb. 31a | Vergleich der berechneten Grundwassergleichen (mNN) mit und ohne Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3 für einen Grundwassermittelstand (28.10.2014) bei einer durchschnittlichen Entnahme von $Q_{24} = 8,5 \text{ l/s}$ | 62 |
| Abb. 31b | Vergleich der berechneten Grundwassergleichen (mNN) mit und ohne Erweiterung des Kiesabbaus im See Süd 3 für einen Grundwassermittelstand (28.10.2014) bei einer durchschnittlichen Entnahme von $Q_{24} = 15,0 \text{ l/s}$ | 63 |
| Abb. 32a | Darstellung des berechneten Einzugsgebietes des Brunnens „Meßkircher Straße“ bei einer Entnahme von durchschnittlich $Q_{24} = 8,5 \text{ l/s}$ (mit Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3) | 64 |

| | | |
|----------|---|----|
| Abb. 32b | Darstellung des berechneten Einzugsgebietes des Brunnens „Meßkircher Straße“ bei einer Entnahme von $Q_{24} = 15,0$ l/s und ohne Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3..... | 65 |
| Abb. 32c | Darstellung des berechneten Einzugsgebietes des Brunnens „Meßkircher Straße“ bei einer Entnahme von $Q_{24} = 15,0$ l/s und mit Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3..... | 66 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|--------|--|----|
| Tab. 1 | Zusammenstellung der Abflussmengen aus den fünf Seen | 31 |
| Tab. 2 | Durchschnittliche Abflussmenge (2010 – 2013) der Bäche und Entwässerungsgräben im Einzugsgebiet des Modellgebietes ¹⁾ | 34 |
| Tab. 3 | Ergebnisse der Isotopengehaltsmessungen in den Seen Rulfingen (Valet und Ott) und der Ablach | 40 |
| Tab. 4 | Sauerstoffgehalte und pH-Werte in den Messstellen der Stichtagsbeprobungen | 42 |
| Tab. 5 | Hydrochemische Analysenergebnisse im Brunnen „Meßkircher Straße“ von 1987 - 2015 | 43 |
| Tab. 6 | Analysenergebnisse | 44 |
| Tab. 7 | Grundwasserkomponenten in den Rammpegel und Grundwassermessstellen nahe der Ablach | 47 |
| Tab. 8 | Glieder der Grundwasserhaushaltsbilanz – durchschnittliche Mengen des Zeitraums 2011 - 2015 | 61 |

Verwendete Unterlagen

Bericht HYDRO-DATA (19.11.2012)

Machbarkeitsstudie zum Kiesabbau im Bereich Rulfingen – Mengen; Hydrogeologische und rohstoffgeologische Bewertung (mit Anlagen)

Bericht HYDRO-DATA (Juli 2014)

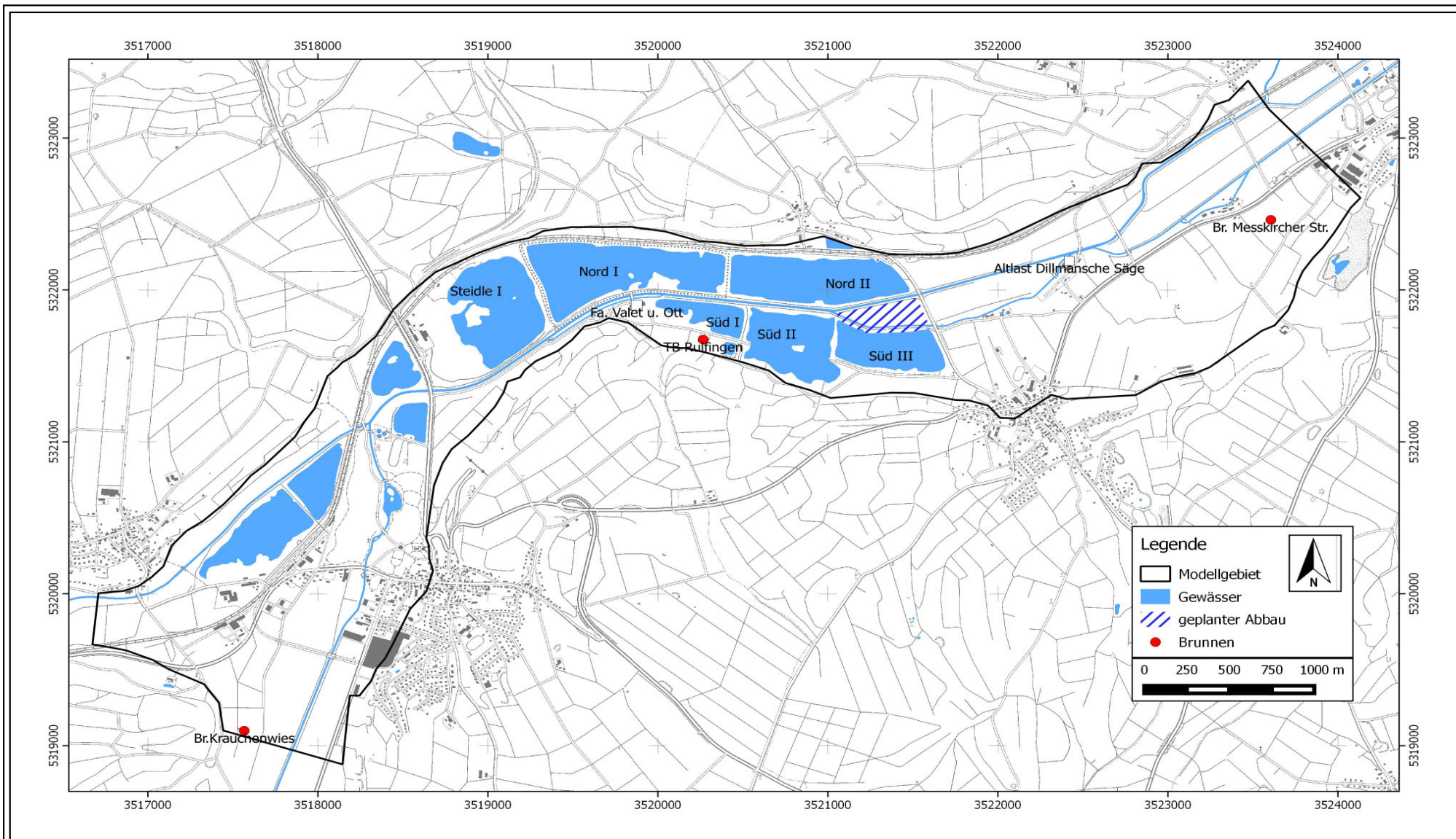
Weiterführende isopenhydrologische Untersuchungen im Rahmen der Machbarkeitsstudie zum Kiesabbau im Bereich Rulfingen - Mengen


Bericht HYDRO-DATA (31.08.2015)

Hydrogeologische Untersuchungen Rulfingen 2014/2015 | 1. Teilbericht – Konzeptionelles Modell / Datenrecherche (mit Anlagen)

Bericht HYDRO-DATA (30.09.2015)

Hydrogeologische Untersuchungen Erweiterung Kiesabbau See Süd 3; Rulfingen 2014/2015 | 2. Teilbericht – Numerisches Grundwasserströmungsmodell (mit Anlagen)



| | | | | | |
|---|---|--|---|--|---|
|  | Löwengasse 10 78315 Radolfzell | | Lageplan des Untersuchungsgebietes mit den Trinkwasserfassungsanlagen | | Hydrogeologische Untersuchungen Grundwasserströmungsmodell Rulfingen 2014/2015 Gesamtbericht |
| | Tel.: 07732-9983-0 Fax: 07732-9983-15 eMail: mail@hydro-data.de | | Auftraggeber: Valet u. Ott GmbH & Co.KG, Kies- und Sandwerke, 88512 Mengen | | Projekt-Nr.: 88512/2014-016-01/821 |
| | Datei: Abb_1_LP_Modellgebiet | | Bearbeiter: M. Reinold | | Datum: Dezember 2016 |

Zusammenfassung

Für die Genehmigung zur Erweiterung des Nassabbaus des bestehenden Baggersees Süd 3 in Rulfingen / Mengen der Fa. VALET & OTT ist ein **Zielabweichungsverfahren** notwendig, da sich die geplante Erweiterung u.a. in der Wasserschutzzone IIIB der Trinkwasserfassungsanlage Brunnen „Meßkircher Straße“ befindet. Vor Einleitung des Zielabweichungsverfahrens war nachzuweisen, dass die Erweiterung des Nassabbaus (See Süd 3) die Wasserentnahme aus dem Brunnen quantitativ und das Trinkwasser aus dem Brunnen qualitativ nicht beeinträchtigt.

Das **Untersuchungsgebiet** umfasst das oberirdische und unterirdische Einzugsgebiet des Brunnens „Meßkircher Straße“ zwischen Krauchenwies und Mengen. Zusätzlich wurde noch das Einzugsgebiet des Brunnens „Franzosenäcker“ (TB Rulfingen), der auch im Untersuchungsgebiet liegt betrachtet und der Brunnen mit in das Untersuchungsprogramm einbezogen.

Das notwendige **Untersuchungsprogramm** zur Erstellung eines konzeptionellen hydrogeologischen Modells wurde mit den Fachbehörden abgestimmt. Das konzeptionelle Modell bildet die Grundlage für ein numerisches Grundwasserströmungsmodell. Mit dem Modell wurden die geforderten Prognoseberechnungen zur Abschätzung der durch die Erweiterung des Nassabbaus verursachten Änderungen auf das Fließsystem und für den Vergleich mit und ohne Erweiterung des Nassabbaus im Einzugsgebiet des Brunnens durchgeführt.

Die Untersuchungsmethoden für das **konzeptionelle Modell** beinhalteten Wasserspiegelmessungen im Grundwasserleiter und in den Oberflächengewässern (Ablach, Baggerseen) und Abflussmessungen aus den Seen und in der Ablach.

Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen im Grundwasser und in den Oberflächengewässern sowie isotopehydrologische Untersuchungen (stabile Isotopengehaltsmessungen) wurden eingesetzt, um die Bereiche der Uferfiltrationskomponenten der Ablach und der Seen zu bestimmen. Dies war erforderlich, da die Uferfiltrationskomponenten neben dem Niederschlag wesentlich zur Grundwasserneubildung beitragen. Dazu wurden von 2012 – 2014 zusätzliche Grundwassermessstellen erstellt.

Die **Pumpversuche in den Brunnen** „Meßkircher Straße“ und „Franzosenäcker“ in den Jahren 2014 und 2015 dienten zur Überprüfung der Brunneneinzugsgebiete und zur Bestimmung hydraulischer Parameter für das numerische Grundwassermodell. Weiterhin können sie auch für die Berechnung der engeren Schutzzone II zu Grunde gelegt werden.

Der **Untersuchungszeitraum** erstreckte sich von 2011 – 2015. Es standen damit die notwendigen Datenreihen für eine instationäre Betrachtung zur Verfügung.

Die **geologischen Verhältnisse** der quartären Kiesrinne, in der der bisherige Nassabbau durchgeführt wurde und aus dem der Brunnen „Meßkircher Straße“ sein Trinkwasser entnimmt, konnte aufgrund der großen Anzahl von geologischen Aufschlüssen gut beschrieben werden. Die Aquifermächtigkeit in der Rinnenachse (Rinnentiefe) erreicht 10 – 11 m. Zum Rand der Rinne hin keilt der wassererfüllte Teil des Grundwasserleiters aus, bzw. reduziert sich die Aquifermächtigkeit.

Die **Fließverhältnisse**, dargestellt als Wasserspiegelganglinien (instationär) und Grundwassergleichen (stationärer Zustand für einen Stichtag) können für Hoch- und Niedrigwasserstände gut beschrieben werden und bilden eine gute Datenbasis für die instationäre Kalibrierung des numerischen Grundwasserströmungsmodells.

Die Kombination der gewählten Untersuchungsmethoden erlaubt eine gute Beschreibung der Interaktionen zwischen den Oberflächengewässern (Baggerseen, Ablach) und dem Grundwasserleiter im Einzugsgebiet der Brunnen.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei dem aktuellem Betrieb ($Q_{24} = 8,5 - 10,5$ l/s – gemittelt über dem Zeitraum 2011 – 2015) kein Seeuferfiltrat (See Nord 2 und See Süd 3) und kein Uferfiltrat der Ablach im Brunnen „Meßkircher Straße“ nachzuweisen ist, was auch anhand der hydraulischen Verhältnisse (Grundwassergleichenpläne) abzuleiten ist. Das Einzugsgebiet des Brunnens für den aktuellen Betrieb konnte im Rahmen des konzeptionellen Modells abgegrenzt werden.

Für den Brunnen „Franzosenäcker“ konnte gezeigt werden, dass der See Süd 1 nicht mehr hydraulisch an den Grundwasserleiter angeschlossen ist und somit die aktuelle Abgrenzung des Wasserschutzgebietes und die wasserrechtlich genehmigte Entnahmemenge überprüft werden müssen.

Mit dem **numerischen Grundwasserströmungsmodell** konnten die Ergebnisse des konzeptionellen Modells im Rahmen der instationären Kalibrierung plausibel berechnet werden und die In- /Exfiltrationsbereiche der Ablach im Untersuchungsgebiet genauer bestimmt werden.

Das Einzugsgebiet für die aktuelle Entnahme der letzten Jahre von $Q_{24} = 8,5$ l/s und für die vermutlich max. Entnahmemenge von $Q_{24} = 15$ l/s (Tagesmengen = $1.300 \text{ m}^3/\text{Tag}$) wurden mit und ohne Erweiterung des Nassabbaus (**Prognoseberechnungen**) bestimmt. In einem Strukturgutachten, dessen Entwurf im Dezember 2016 vorlag, wurde die Menge von $Q_{24} = 15$ l/s als max. Bedarf bestätigt.

Es konnte gezeigt werden, dass eine quantitative und eine qualitative Beeinträchtigung der Fassungsanlagen durch die Erweiterung des Nassabbaus des Sees Süd 3 nicht erfolgt.

Das **Einzugsgebiet des Brunnens „Meßkircher Straße“** liegt im Bereich zwischen dem Ortsteil Rulfingen (Randzustrom) und der Fassungsanlage. Hier erfolgt die Neubildung durch lokalen Niederschlag.

Die Berechnungen des Einzugsgebietes unter Berücksichtigung der Dispersion zeigen, dass unabhängig von der Erweiterung des Nassabbaus nicht auszuschließen ist, dass die Altlast „**Dillmannsche Säge**“ im Einzugsbereich des Brunnens liegt.

Das erstellte instationäre Grundwassermodell kann bei Verfügung über die notwendige Datengrundlage für weitere Betrachtungen und Gefährdungsabschätzung durch die Altlast für den Brunnen eingesetzt werden.

1. Einführung

1.1 Anlass

In Rulfingen wurde bisher der Kiesabbau als Nassabbau durchgeführt. Dadurch entstanden die Seen Süd 1 – Süd 3 und Nord 1 – Nord 2. Aufgrund des geringen Flurabstandes des Grundwassers ist eine Gewinnung der Rohstoffreserven nur im Nassabbau möglich.

Da die genehmigten Kiesvorkommen erschöpft sind, soll zur Sicherung des Standortes eine Erweiterung des bestehenden Sees Süd 3 beantragt werden.

Der See Süd 3 und die beantragte Fläche für die Erweiterung liegt in der rechtsgültigen Schutzzone IIIB der Trinkwasserfassung Brunnen „Meßkircher Straße“ der Stadt Mengen.

Ein Kiesabbau ist auf der geplanten Fläche aus Gründen des Grundwasserschutzes und aus regionalplanerischer Hinsicht bisher ausgeschlossen. Für eine Genehmigung muss ein Zielabweichungsverfahren eingeleitet werden, welches aber nur möglich ist, wenn durch die Rechtsbehörde (LRA) eine Befreiung von der Rechtsverordnung ausgesprochen wird.

Dazu muss nachgewiesen werden, dass der geplante Kiesabbau bzw. die Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3 die Trinkwasserfassungsanlagen „Brunnen Meßkircher Straße“ und „Brunnen Franzosenäcker“ nicht beeinträchtigt (Abb. 1).

Zur Ergänzung der Datengrundlage für eine Bewertung der hydrogeologischen Verhältnisse wurde ein Untersuchungsprogramm erstellt und mit den Fach- und Rechtsbehörden abgestimmt.

Dabei wurden auch die Ziele und Anforderungen an das Untersuchungsprogramm mit den notwendigen Aussagen definiert

1.2 Ziel der Untersuchungen

Die Voruntersuchungen wurden 2012 abgeschlossen (s. Bericht v. 19.11.2012). Die ergänzenden hydrogeologischen Untersuchungen 2013 – 2015 sollten die Datendichte verbessern, um das aktuelle Fließsystem detaillierter zu beschreiben. Dazu gehört eine Bestimmung

- des Einzugsbereichs der Brunnen „Meßkircher Straße“ und „Franzosenäcker“;
- der Interaktion Grundwasserleiter / Oberflächengewässer, um die Neubildung durch Uferfiltrat abzuschätzen (Ablach – Baggerseen).

Auf Grundlage dieser Ergebnisse sollten Prognosen erstellt werden, um die Auswirkung der Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3 auf das Grundwasserfließsystem zu beschreiben. Speziell sollte die Frage beantwortet werden, ob eine Beeinträchtigung der Trinkwasserfassungen qualitativ und quantitativ zu erwarten ist oder ausgeschlossen werden kann.

Von Seiten der Behörden wurde entschieden, dass die Seen Süd 1 – Süd 3 nicht als Retentionsflächen für den Hochwasserschutz zur Verfügung stehen sollen und durch entsprechende Maßnahmen (Dämme) geschützt werden müssen. Diese Entscheidung wurde dadurch begründet, dass die Seen Süd 1 – Süd 3 in der Schutzzone III B liegen und somit gegen Eintrag von Schadstoffen bei Flutung geschützt werden sollen.

Entsprechendes gilt auch für die Erweiterung des Sees Süd 3.

2. Maßnahmen

Das Untersuchungsprogramm wurde in mehrere Phasen unterteilt, um zu gewährleisten, dass das numerische Modell, mit dem die Prognoseberechnungen durchgeführt werden sollten, auf einer ausreichenden Datengrundlage und einem plausiblen hydrogeologischen konzeptionellen Modell basieren.

Nach einer umfassenden Datenrecherche und Bewertung der vorliegenden Ergebnisse wurden ergänzende Untersuchungen (Felduntersuchungen, Auswertungen der Messdaten) durchgeführt, die die hydrogeologischen Verhältnisse detaillierter beschreiben und eine geeignete Grundlage für das numerische Grundwasserströmungsmodell schaffen.

Nach erfolgreicher instationärer Kalibrierung des numerischen Modells wurde der Umfang der Prognoseberechnungen mit den Behörden abgestimmt. Es sollte der Einfluss der geplanten Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3 auf das Fließsystem beschrieben und bewertet werden. Damit ist eine Aussage möglich, ob die Trinkwasserfassungsanlagen Brunnen "Meßkircher Straße" und Brunnen "Franzosenäcker" der Stadt Mengen beeinträchtigt werden.

2.1 Erstellung eines konzeptionellen hydrogeologischen Modells

Die Datenrecherche umfasste die Datenerhebung in behördlichen und privaten Archiven für das Untersuchungsgebiet von Krauchenwies bis Mengen (Abb. 1).

Die hydrogeologischen Gutachten der öffentlichen Hand und weitere Berichte von Ingenieurbüros wurden bewertet und es wurde überprüft, ob die Daten (Geologie, Wasserspiegel, Hydrochemie, Oberflächengewässer) noch relevant sind oder ob diese Daten aktualisiert werden müssen.

Zusätzlich wurde ein Abgleich der Datenbanken für die Bohrungen und Grundwassermessstellen vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Landratsamt (LRA) und HYDRO-DATA durchgeführt.

Anhand dieses Abgleichs konnten die Bohrungen und Messstellen ausgewählt werden, die für die weitere Bearbeitung geeignet waren und es konnten die Ansatzpunkte weiterer Grundwassermessstellen festgelegt werden.

Zusätzliche Grundwassermessstellen

Insgesamt wurden 21 neue Grundwassermessstellen für unterschiedliche Fragestellungen im Jahr 2014 neu erstellt. Sie dienen zum Nachweis der Interaktion zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasserleiter (Ablach – See Nord 2 – See Süd 3) bzw. sollten das Messstellennetz verdichten, um das Fließsystem im Einzugsbereich der Brunnen „Meßkircher Straße“ und „Franzosenäcker“ detaillierter beschreiben und besser abgrenzen zu können (Lage s. Abb. 2a und 2b). Die neuen geologischen Erkenntnisse erlauben auch eine detailliertere Beschreibung des Grundwasserleiters.

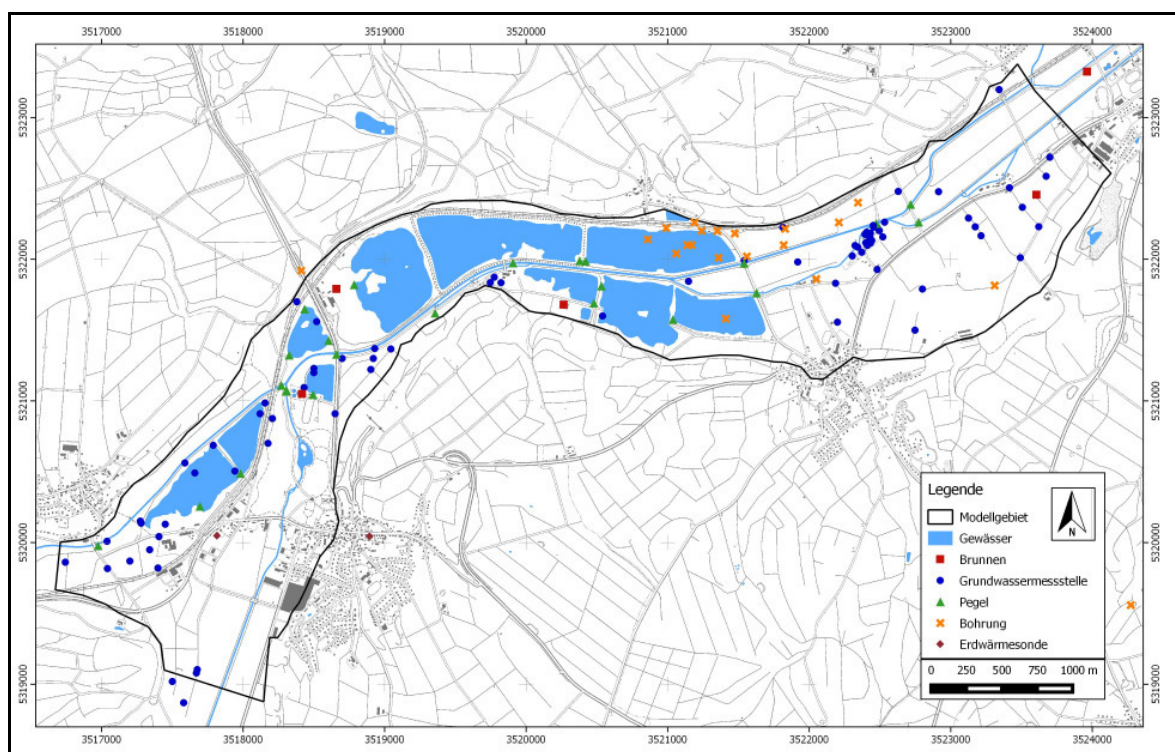


Abb. 2a Lageplan der Bohrungen und Messstellen im Untersuchungsgebiet

Monitoring Grundwasserleiter und Oberflächengewässer

In den bestehenden und den neuen Messstellen von 2014 wurden Wasserspiegelmessungen, Leitfähigkeits- und Temperaturmessungen teilweise kontinuierlich durchgeführt, um die Messdaten der Voruntersuchung (s. Bericht 2012) zu ergänzen. Zusammen mit den Messungen in den Oberflächengewässern kann die Interaktion Grundwasser / Oberflächengewässer besser beschrieben werden und die Bereiche im Grundwasserleiter mit Anteilen von Uferfiltrat der Ablach und der Seen Nord 2 und Süd 3 können abgeschätzt werden.

Zur Überprüfung der Uferfiltratanteile im Grundwasser wurden auch die vorhandenen Isotopengehaltsbestimmungen (2011/2012) ergänzt, besonders zur Lokalisierung der Abschnitte der Infiltration (Uferfiltrat aus der Ablach in den Grundwasserleiter) und Exfiltration (Ablach wirkt als Vorfluter).

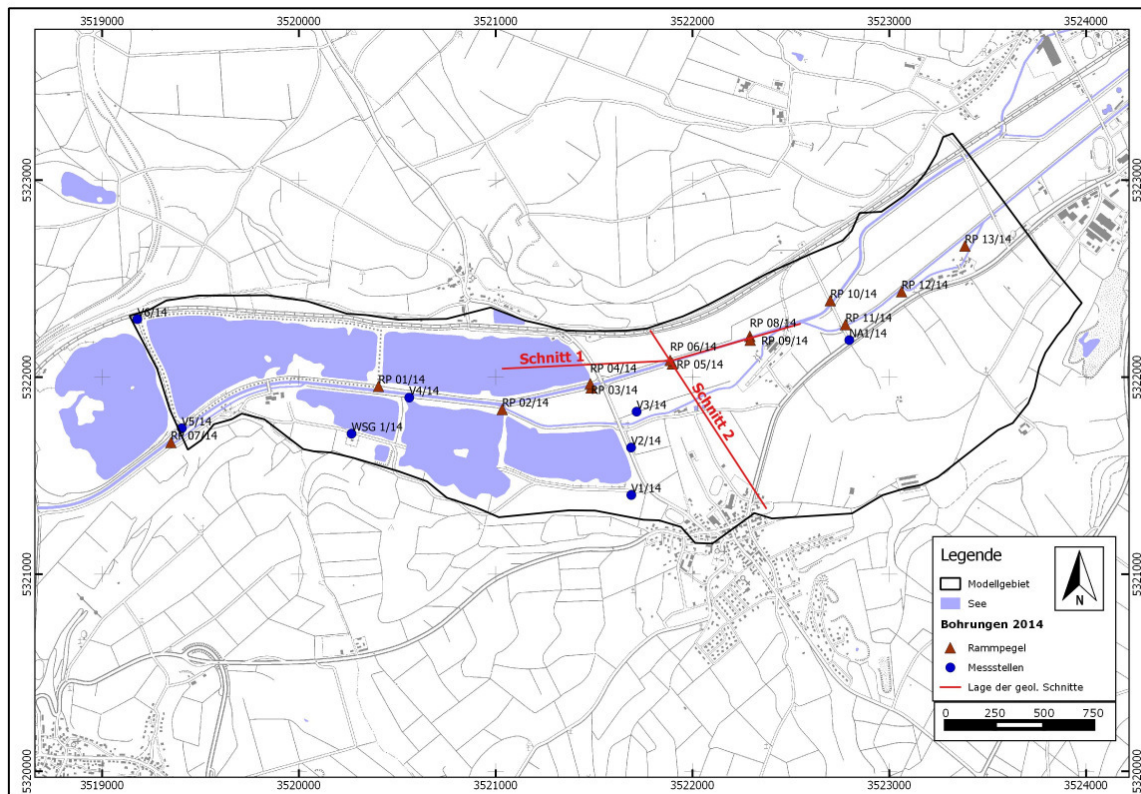


Abb. 2b Lageplan der 2014 abgeteufte Rammpegel und Grundwassermessstellen und Verlauf der schematischen geologischen Schnitte

Bestimmung der Neubildung aus Niederschlag und Uferfiltrat

Für die Erstellung der Grundwasserhaushaltsbilanz, die die Grundlage für das Wasserrecht bildet und als wichtige Größe für das numerische Grundwasserströmungsmodell angesehen wird, muss die Neubildung des Grundwassers ermittelt werden. Im betrachteten Grundwasserleiter findet die Neubildung durch Niederschlag und Uferfiltrat statt. Die Daten der Neubildung im unterirdischen und oberirdischen Einzugsgebiet wurden von der LUBW zur Verfügung gestellt. Die Neubildungsmenge aus dem Uferfiltrat kann nur aus den Ergebnissen des Grundwassermonitorings in Kombination mit den Berechnungen mit des numerischen Modells quantifiziert werden.

Pumpversuche in Brunnen und Grundwassermessstellen

Die Durchführung der Pumpversuche erfolgte in den Brunnen der Trinkwasserversorgung (Aquiferteste) und in ausgewählte Grundwassermessstellen (Kurzumpumpversuche).

Die ermittelten hydraulischen Parameter dienen zur Überprüfung der näheren Schutzzone und sind wichtige Inputparameter für die numerische Modellierung.

Mit den Wasserspiegelmessungen während der Aquiferteste konnten auch die Einzugsbereiche der Brunnen besser abgeschätzt werden.

Die Interpretation aller Messwerte ermöglichte die Erstellung des konzeptionellen Modells, welches auf einer ausreichenden Datengrundlage (Messwerte) das aktuelle Fließsystem plausibel beschreibt, eine Abgrenzung der Einzugsgebiete der Brunnen erlaubt und eine Abschätzung der Grundwasserhaushaltsbilanz ermöglicht. Auf Grundlage des konzeptionellen Modells konnte, nach Abstimmung mit den Behörden, ein numerisches Modell zur Berechnung der aktuellen Fließverhältnisse und für Prognoseberechnungen erstellt werden.

2.2 Erstellung eines numerischen Strömungsmodells für Prognoseberechnungen

Erstellung eines numerischen Modells

Das numerische Modell wurde als Einschichtmodell (zweidimensional) nach der Methode der Finiten Elemente instationär erstellt (Programm FEFLOW).

Die verwendeten Eingangsparameter und Randbedingungen werden in Kap. 9 genauer beschrieben.

Die Regionalisierung der hydraulischen Parameter erfolgt auf Grundlage des konzeptionellen hydrogeologischen Modells. Bei der Regionalisierung werden jedem Dreieckselement des Modellnetzes die notwendigen Parameter zugewiesen wie z.B. Aquifermächtigkeit, kf-Wert, Neubildungsmenge usw.

Instationäre Kalibrierung

Bei der Kalibrierung werden die aktuellen Fließverhältnisse simuliert und die berechneten Wasserspiegelhöhen mit den gemessenen Werten verglichen. Durch Variationen ausgewählter Parameter (z.B. kf-Wert) werden die berechneten Werte an die gemessenen Werte angepasst.

Grundlage für die instationäre Kalibrierung waren die Wasserspiegelganglinien von 2012 – 2015 für 57 Referenzmessstellen.

Von einer erfolgreichen Kalibrierung kann gesprochen werden, wenn für alle Messstellen die Anpassung der berechneten Wasserspiegelhöhen an die gemessenen Werte ausreichend genau erfolgt ist.

Prognoseberechnungen

Mit dem kalibrierten numerischen Modell können die Fließverhältnisse für verschiedene Szenarien mit und ohne Erweiterung des Nassabbaus berechnet werden. Durch den Vergleich der aktuellen Wasserspiegelhöhen mit den Prognoseberechnungen können die gewünschten Aussagen bezüglich der Änderungen der Fließverhältnisse im Zustrombereich der Brunnen getroffen werden.

Auch die Prognoseberechnungen erfolgen instationär und vergleichen die Ganglinien der Wasserspiegelhöhen in den Grundwassermessstellen (Referenzmessstellen) der Kalibrierung mit den Ganglinien der Prognoseberechnungen.

Die betrachteten Szenarien vergleichen die Änderungen der Fließverhältnisse mit und ohne Erweiterung des Nassabbaus bei der aktuellen Entnahmemenge und für die Menge von 15 l/s (1.300 m³/Tag).

3. Vorstellung des Untersuchungsgebietes

Beschreibung des großräumigen Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich entlang des Ablachtals zwischen Krauchenwies im Südwesten und der Stadt Mengen im Nordosten (vgl. Abb. 1).

Bei Krauchenwies mündet die Grundwasser führende Andelsbachrinne in die Ablachrinne. Ab hier fließt das Grundwasser über die Baggerseen nach Osten in Richtung Mengen ab. Die Ablach und die 11 Baggerseen (ab den Seen Lutz /Krauchenwies bis Rulfingen) bestimmen das Fließgeschehen im Grundwasserleiter des Modellgebiets. Das oberirdische und unterirdische Einzugsgebiet des Grundwasserleiters im Ablachtal erstreckt sich z.T. weit über die festgelegten Grenzen des Modellgebiets (vgl. Kap. 9, Abb. 28).

Wasserschutzgebiete der Trinkwasserfassungsanlagen im Modellgebiet

Im Modellgebiet liegen 2 Trinkwasserfassungsanlagen der Stadtwerke Mengen.

Für den Br. „Meßkircher Straße“ im östlichen Modellgebiet wurden die Wasserschutzgebiete aufgrund der fachtechnischen Abgrenzung des hydrogeologischen Abschlussgutachtens vom GLA (1992) ausgewiesen. Die Zone II erstreckt sich ca. 1000 m nach Westen bis nahe der Altlast „Dillmannsche Säge“ (s. Abb. 2c).

Die weiteren Schutzzonene IIIA / IIIB erstrecken sich bis zum Damm zwischen den Seen Süd 2 und Süd 1.

Der geplante Nassabbau (Erweiterung See Süd 3) liegt in der rechtsgültigen Zone IIIB des Brunnens „Meßkircher Straße“. Der Brunnen wird für die Trinkwasserversorgung der Stadt Mengen und der Ortschaft Rulfingen genutzt.

Der See Süd 1 liegt in der Schutzzone III des Br. „Franzosenäcker“ (Br. Rulfingen), da der Brunnen ursprünglich das Uferfiltrat des Sees Süd 1 nutzen sollte. Dieser Brunnen besitzt ein gemeinsames Schutzgebiet (Zone III) mit der Burrenquelle, die außerhalb des Modellgebietes südlich des Sees Süd 1 liegt.

Der Br. „Franzosenäcker“ und die Burrenquelle werden zur Zeit nicht genutzt.

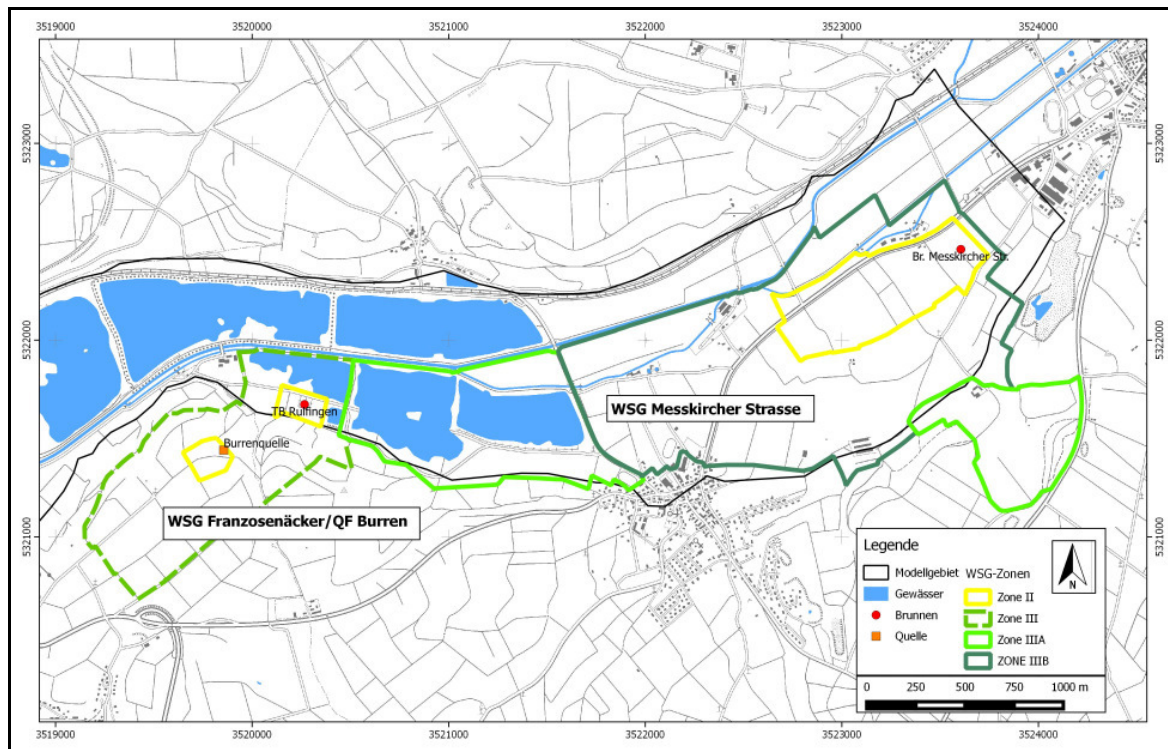


Abb. 2c Lageplan des Untersuchungsgebietes mit den Wasserschutzgebietszonen der Trinkwasserbrunnen „Meßkircher Straße“ und „Franzosenäcker“

Lage der Bohrungen und Grundwassermessstellen (Abb. 2a und 2b)

Im Bereich des Grundwasserströmungsmodells gibt es geologische Aufschlussesdaten von insgesamt 70 Bohrungen. Seit Beginn der Untersuchungen im Jahre 2011 wurden im Modellgebiet insgesamt 11 Bohrungen und 13 Rammkernsondierungen abgeteuft.

Die 3 Bohrungen GWM 1/2012 – 3/2012 wurden 2012 als 5 Zoll Messstellen ausgebaut.

Bei den Messstellen von 2014 handelt es sich um 13 Rammpegel (2 Zoll – Messstellen) im Nahbereich der Ablach und um Bohrungen, die als 3“ bzw. 5“-Messstellen ausgebaut wurden (V1/14 - V6/14).

Zusätzlich wurde je eine 5“-Messstelle im Bereich der Zone 1 des WSG für den Brunnen "Franzosenäcker" und eine Messstelle im Abstrom der Altlast "Dillmannsche Säge" (NA 1/14) eingerichtet. Im Februar 2015 wurden im Rahmen der Altlastenerkundung „Dillmannsche Säge“ 3 weitere Grundwassermessstellen im Abstrom der Altlast errichtet. Einmessdaten und die geologischen Profile dieser 3 Bohrungen lagen bei der Berichterstellung nicht vor.

Die Abbildung 2a enthält den Lageplan mit allen Messstellen im Modellgebiet.

In Abbildung 2b ist die Lage der neuen Rammpegel und Grundwassermessstellen von 2014 ersichtlich. Diese neu erstellten Grundwassermessstellen erlauben Antworten auf unterschiedliche Fragestellungen. Sie dienen zum Nachweis der Interaktion von Oberflächengewässer und dem Grundwasserleiter (Ablach – See Nord 2 – See Süd 3) bzw. sollten das Messstellennetz verdichten, um das Fließsystem im Einzugsbereich der

Brunnen „Meßkircher Straße“ und „Franzosenäcker“ detaillierter beschreiben und besser abgrenzen zu können. Die neuen geologischen Erkenntnisse erlauben auch eine detailliertere Beschreibung des Grundwasserleiters.

Eine Zusammenstellung der Stammdaten (Bezeichnung, Lage etc.), der Dokumentation der im Projekt verwendeten Bohrungen, Messstellen und Pegel und der Ausbaudaten findet sich in der Anlage 3 des Teilberichtes 2.

4. Geologische Verhältnisse

4.1 Allgemeine Beschreibung des geologischen Aufbaus vom Modellgebiet

Die Talfüllung des jungeszeitlich angelegten Ablachtals besteht aus sandigen Kiesen, die von schluffigen Sedimenten (Auelehm) und zum Teil auch von Torflagen bedeckt sind. Im Liegenden der Kiese wurden durch eine Vielzahl von Bohrungen die tonig-schluffigen, z.T. auch feinsandigen Ablagerungen der Unteren Süßwassermolasse aufgeschlossen. Die Kiesfüllung der Ablachrinne wurden als würmeiszeitliche Schmelzwassersedimente abgelagert. Aufgrund des relativ hohen Kristallinanteils (70 Gew.% beim Sandanteil und ca. 30 Gew.% beim Kiesanteil) werden die Ablagerungen dem Rheingletscher zugeschrieben.

Rohstoffgeologisch wird die Qualität der Kiese als gut und geeignet für die Herstellung von Edelsplitt bewertet. Die Sande werden als "scharf gebrochen" angesprochen. Der stellenweise vorhandene Geschiebelehm der Grundmoräne wird aufgrund der Ton-/Schluffanteile > 15 - 20 % als nicht abbauwürdig eingestuft.

Die größten Mächtigkeiten der quartären Talfüllung im Modellgebiet von 14 m und 16 m wurden von den Seismikschussbohrungen P.41/993, P.41/994 und P.41/995 erbohrt. Insgesamt haben 63 Bohrungen die Basis des Grundwasserleiters im Modellgebiet erreicht. Diese Daten sind in der Anlage 7 des Teilberichtes 1 tabellarisch zusammengestellt. Von den 3 neuen Bohrungen 2015 (Altlast) liegen keine Angaben vor.

Die Basis des Grundwasserleiters weicht mit Ausnahme der Bereiche, die durch die Seismikbohrungen erschlossen wurden, geringfügig von der Basis des Quartärs ab, da nur in wenigen Bohrungen geringdurchlässige Sedimente beschrieben sind, die in das Quartär gestellt werden.

Bei der Tiefenlage der Quartärbasis, die durch die Seismikbohrungen beschrieben wird, ist davon auszugehen, dass hier die Basis des Grundwasserleiters stärker von der Quartärbasis abweicht. In der Abbildung 3 ist der Basislinienplan des Quartärs dargestellt.

4.2 Beschreibung des Grundwasserleiters

Die Fließverhältnisse innerhalb des Strömungsmodells werden durch die Geometrie des Grundwasserleiters und die Verteilung der hydraulischen Parameter bestimmt. Hierzu ist die Beschreibung der Basis des Grundwasserleiters, der Durchlässigkeitsbeiwerte (kf-Wert) und bei instationären Berechnungen der Speicherkoeffizienten notwendig.

Basishöhe und Mächtigkeit des Grundwasserleiters

Zur Festlegung der ursprünglichen Basishöhe (mNN) des Grundwasserleiters vor dem Kiesnassabbau (entspricht in etwa Quartärbasis) im Modellgebiet standen die geologischen Profile von insgesamt 70 Bohrungen zur Verfügung. Durch die Bohrungen wurde eine von West nach Ost verlaufende Rinne erfasst, deren tiefster Punkt am östlichen Modellrand bei ca. 550 m NN liegt (Abb. 3). Die Mächtigkeit des Grundwasserleiters erreicht in diesem Bereich ca. 13 m, was einer Aquifermächtigkeit von ca. 11 m entspricht.

Am westlichen Modellrand wurde die Basis des Grundwasserleiters bei 564 m NN erbohrt. Die Mächtigkeit des Grundwasserleiters erreicht hier ca. 10 m.

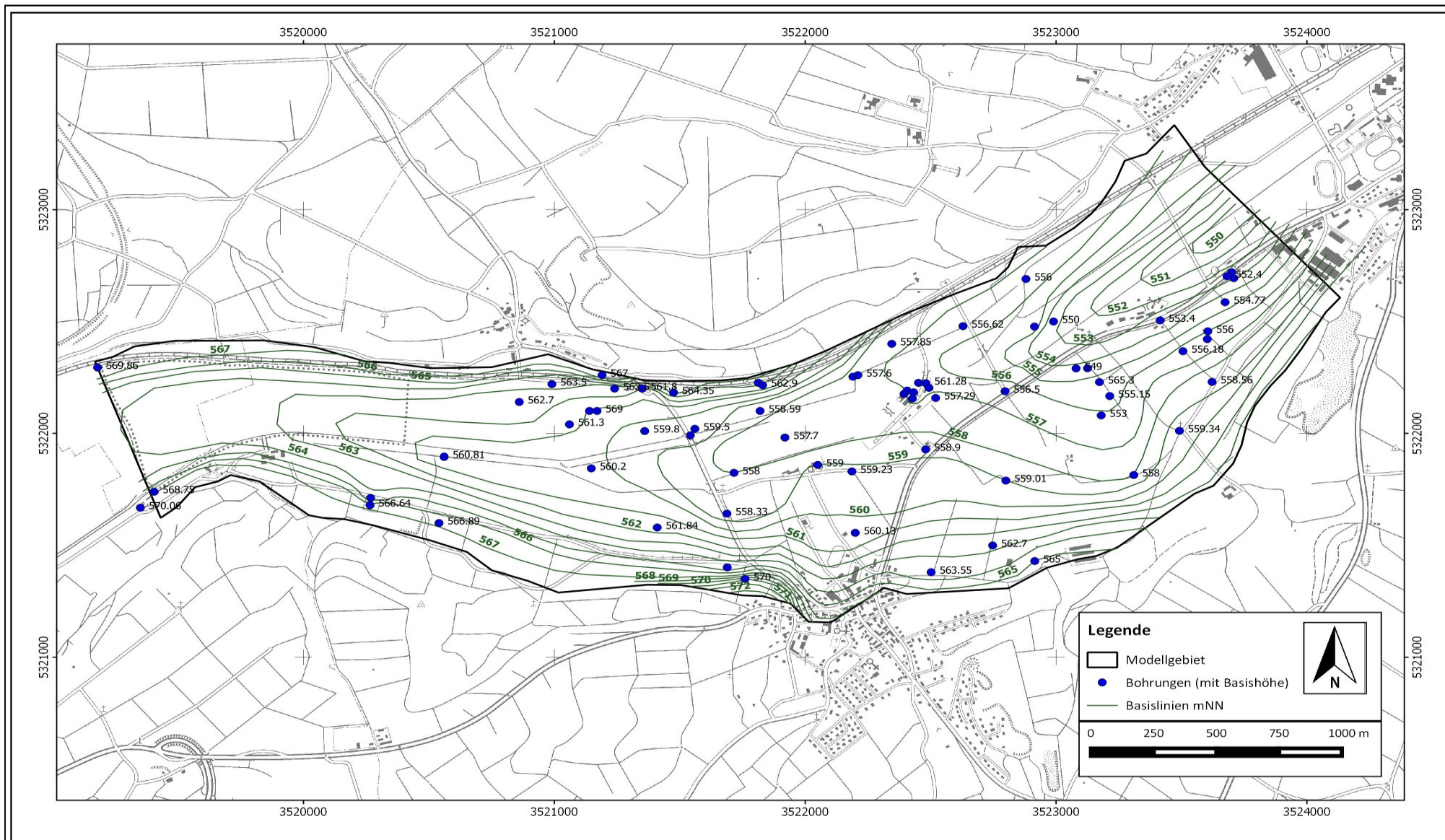
Der Kies im Bereich des Nassabbaus Valet u. Ott wurde bis zur Aquiferbasis abgebaut. Durch das Einschlämmen von Feinsedimenten erfolgte eine Reduzierung der Seetiefen und somit auch der ursprünglichen Aquifermächtigkeit. Im Januar 2015 erfolgte eine Seevermessung in den Seen Süd 1, Süd 2 und Süd 3 durch die der Umfang der Auffüllung im Bereich des Nassabbaus erfasst wurde (s. Teilbericht 2).


Entsprechend den Ergebnissen der Seevermessung wurde die aktuelle Basis des Grundwasserleiters im Bereich der Seen Süd 1-3 angepasst.

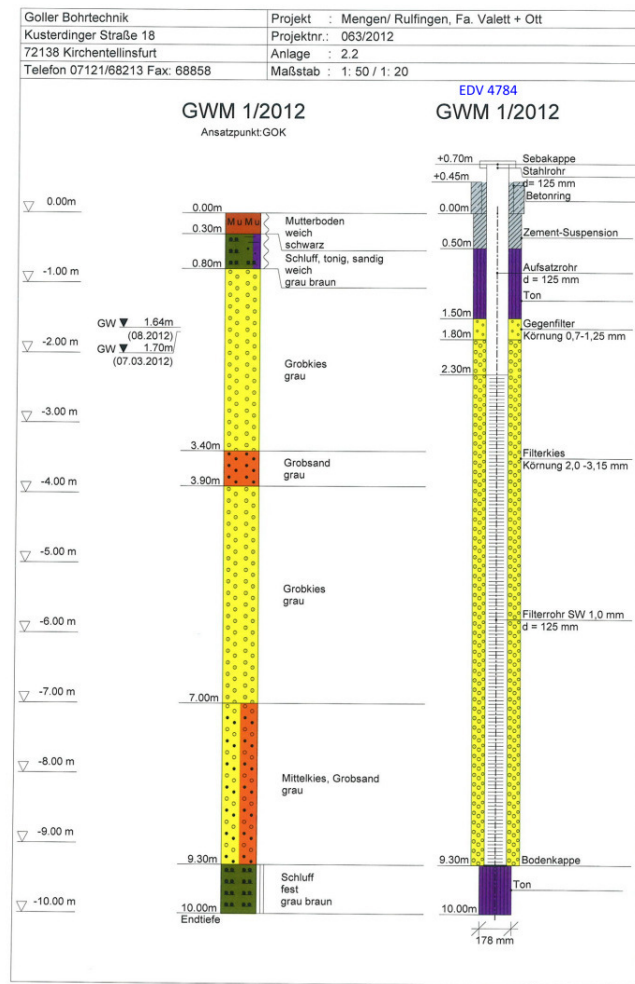
Am Beispiel der GWM 1/12, die im Bereich der geplanten Erweiterung des Nassabbaus liegt, ist in Abb. 4a das geologische Profil der Lagerstätte mit einer Basis von 9,3 m unter GOK mit der Fotodokumentation der Lagerstättengüte dargestellt.

Im Bericht "Machbarkeitsstudie zum Kiesabbau im Bereich Rulfingen - Mengen, hydro-geologische und rohstoffgeologische Bewertung" vom 19.11.2012 wurde die Abbauwürdigkeit der Lagerstätte nachgewiesen.

In der Abb. 4b sind der Querschnitt (Nord - Süd) und die West-Ost Erstreckung der Kiesrinne als schematische Schnitte aufgezeigt.



| | | | | | |
|---|---|--|---|--|---|
|  | Löwengasse 10 78315 Radolfzell | | Höhenlage der ursprünglichen Aquiferbasis im Modellgebiet - Zustand vor dem Kiesnassabbau | | Hydrogeologische Untersuchungen Grundwasserströmungsmodell Rulfingen 2014/2015 |
| | Tel.: 07732-9983-0 Fax: 07732-9983-15 eMail: mail@hydro-data.de | | Auftraggeber: Valet u. Ott GmbH & Co.KG, Kies- und Sandwerke, 88512 Mengen | | Projekt-Nr.: 88512/2014-016-01/821 |
| | Datei: Abb_3_Hoehenlage | | Bearbeiter: M. Reinold | | Datum: Dezember 2016 |



0 - 1 m

1 - 2 m

2 - 3 m

3 - 4 m

4 - 5 m

5 - 6 m

6 - 7 m

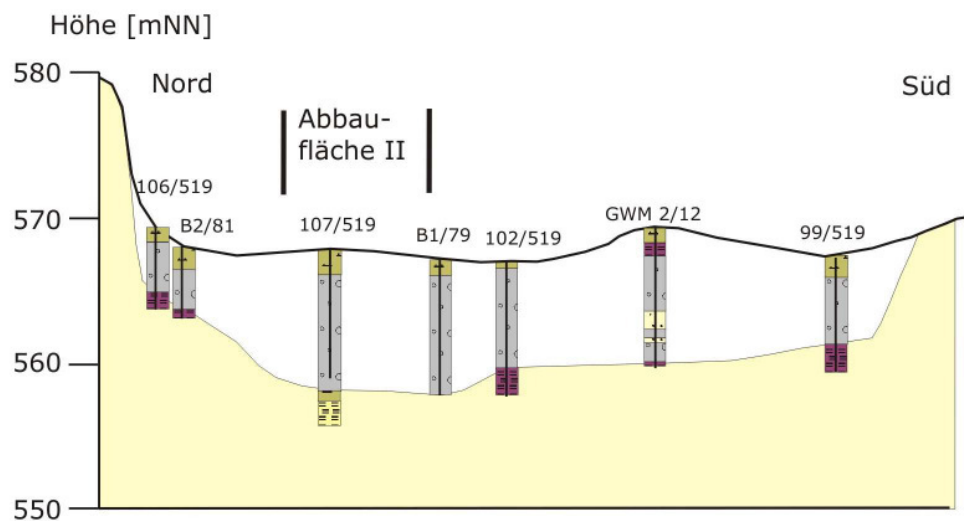
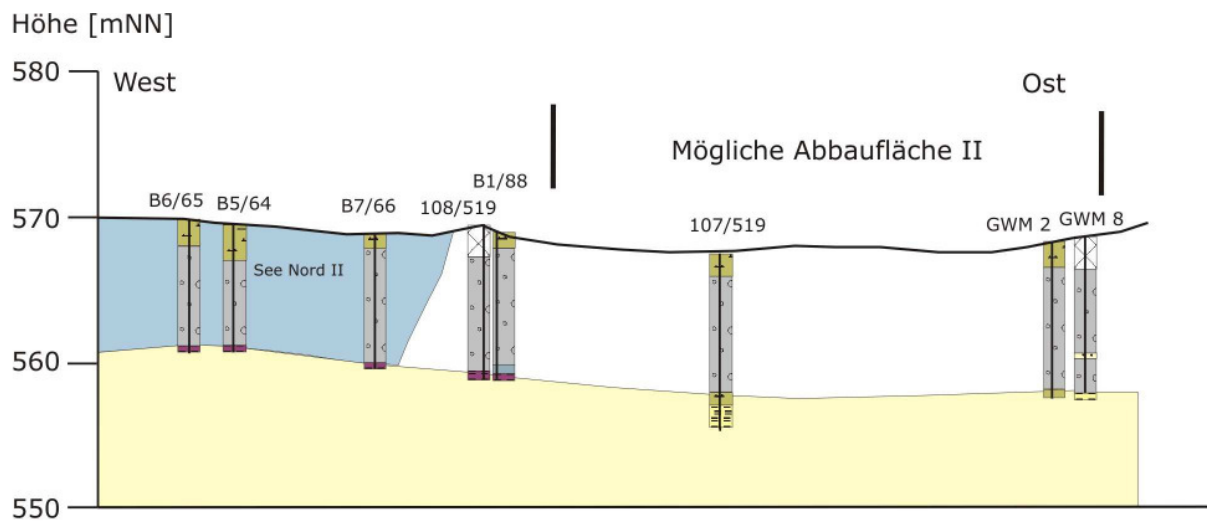
7 - 8 m

8 - 9 m

9 - 10 m



Abb. 4a Schichtenverzeichnis, geologischer Ausbau und Fotodokumentation der GWM 1/12 (LUBW 2204/519-4 | Arnum 1391)



| | | | | | | | | |
|---------|--|-----------------|--|-----------------|--|----------------|--|------------|
| Legende | | Kiese | | Kies, schluffig | | Ton, Beckenton | | Auffüllung |
| | | Sand, schluffig | | Schluff | | Sand | | Molasse |

Abb. 4b Schematische geologische Schnitte im Untersuchungsgebiet
(Schnittverlauf s. Abb. 2a)

Die Verteilung der Durchlässigkeitsbeiwerte (kf-Wert) im Modellgebiet stützt sich auf die kf-Werte von insgesamt 23 Messstellen / Brunnen, für die als Ergebnis von Pumpversuchen kf-Werte vorliegen. Die kf-Werte des ungestörten Grundwasserleiters im Modellgebiet liegen zwischen $5 \cdot 10^{-4}$ m/s und $3 \cdot 10^{-3}$ m/s.

Im Bereich des Kiesabbaus sind die offenen Wasserflächen mit einem kf-Wert von 1 m/s, die Anschüttungen der Uferbereiche der Seen und verfüllte Flächen mit geringeren Durchlässigkeiten von $1 \cdot 10^{-6}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-7}$ m/s zu berücksichtigen.

In der Abb.5 ist die Durchlässigkeitsverteilung nach Berücksichtigung der Kalibrierung und die Lage der Messstellen, für die kf-Werte vorliegen, dargestellt.

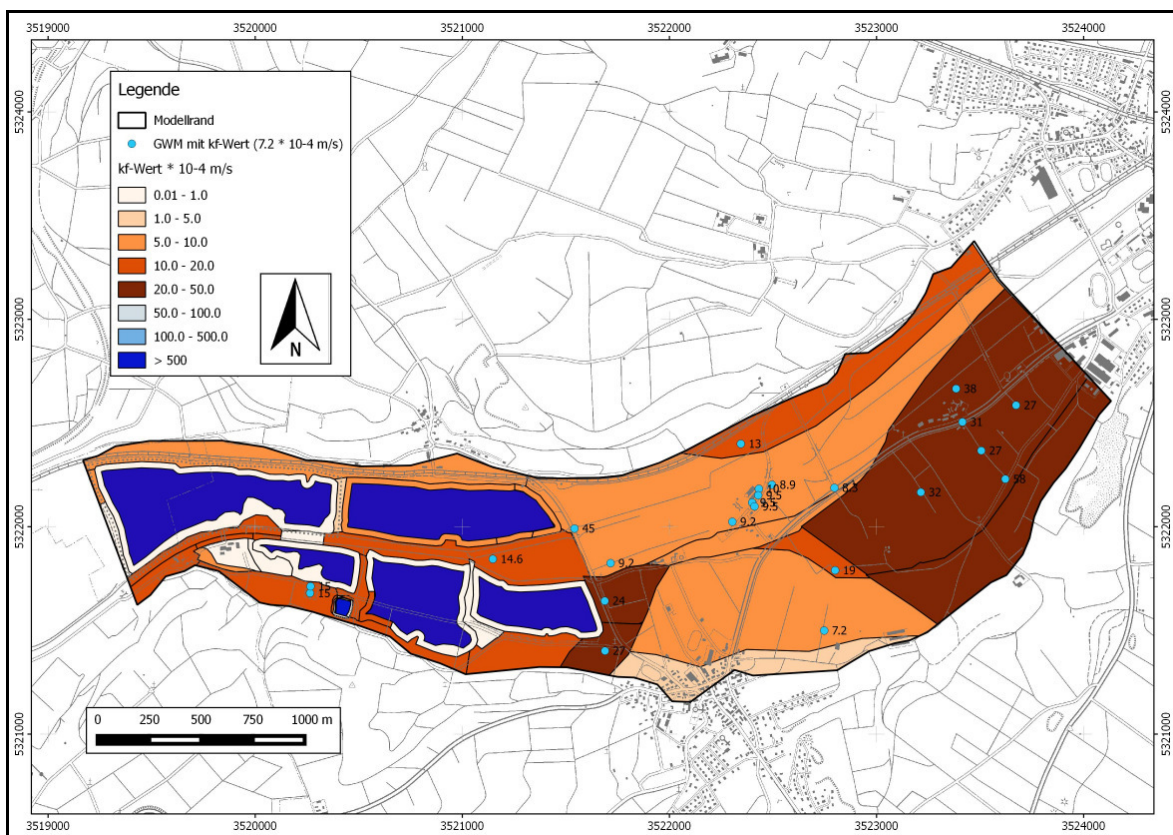


Abb. 5 Regionalisierung der kf-Werte unter Berücksichtigung der Anpassung aus der Kalibrierung)

Verteilung der Speicherkoeffizienten

Bei ungespannten Aquiferen entspricht der Speicherkoeffizient dem nutzbaren Porenraum, der bei kiesig-sandigen Grundwasserleitern bei 5% bis 35 % (LANGGUTH) liegen kann. Berechnungen des nutzbaren Porenraumes (ϵ_{eff}) können in Abhängigkeit des kf-Wertes erfolgen.

Die berechneten Speicherkoeffizienten nach HENNING liegen zwischen 0,1 – 0,27, was einer Porosität von 10 % - 27 % für den größtenteils ungespannten Grundwasserleiter entspricht. In der Abb. 6 ist die Regionalisierung des Speicherkoeffizienten (nach HENNING) dargestellt.

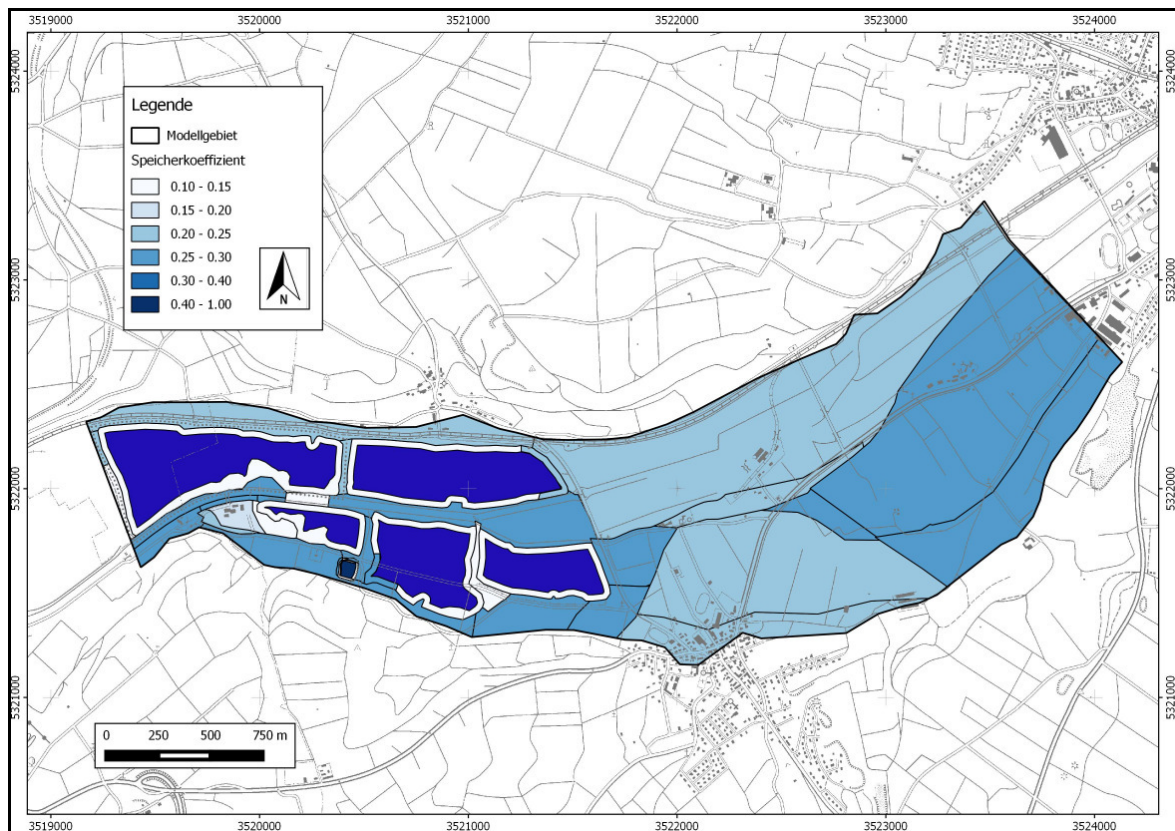


Abb. 6 Verteilung des Speicherkoeffizienten im Modellgebiet nach HENNING

5. Hydrogeologische Verhältnisse

Zur Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse im Modellgebiet stehen langjährige Wasserspiegelmessungen in ausgewählten Messstellen und eine Vielzahl von Stichtagsmessungen zur Verfügung. Ergänzt werden die Wasserspiegelmessungen durch chemisch-physikalische Messungen (Leitfähigkeit, Temperatur) und isotopehydrologische Untersuchungen.

Für den Zeitraum von 1994 – 2015 liegen die stündlichen Abflussmessungen der amtlichen Lattenpegel an der Ennetacher und Mengener Ablach vor.

Die Grundwasserneubildungsmengen wurden von der LUBW berechnet und für den Zeitraum von 2010 – 2014 zur Verfügung gestellt (vergleiche Teilbericht 2).

5.1 Beschreibung des Grundwasserfließsystems

5.1.1 Beschreibung des großräumigen Fließsystems

Wie bereits weiter oben erwähnt, erstreckt sich das Untersuchungsgebiet von Krauchenwies im Westen bis Mengen im Osten.

Bei Krauchenwies fließen die Grundwässer aus der Andelsbachrinne und aus der Ablachrinne zusammen. Das Grundwasser fließt über die Baggerseen nach Osten Richtung Mengen ab. Der Grundwassergleichenplan vom 22.06.2012 (Abb. 7) beschreibt die Fließverhältnisse großräumig im Untersuchungsgebiet. Bei Hoch- und Niedrigwasser- verhältnissen ändern sich die Fließrichtungen und Fließgeschwindigkeiten nicht wesentlich. Die Ablach und die 11 Baggerseen (ab den Seen Lutz /Krauchenwies bis Rulfingen) bestimmen das Fließgeschehen im Grundwasserleiter.

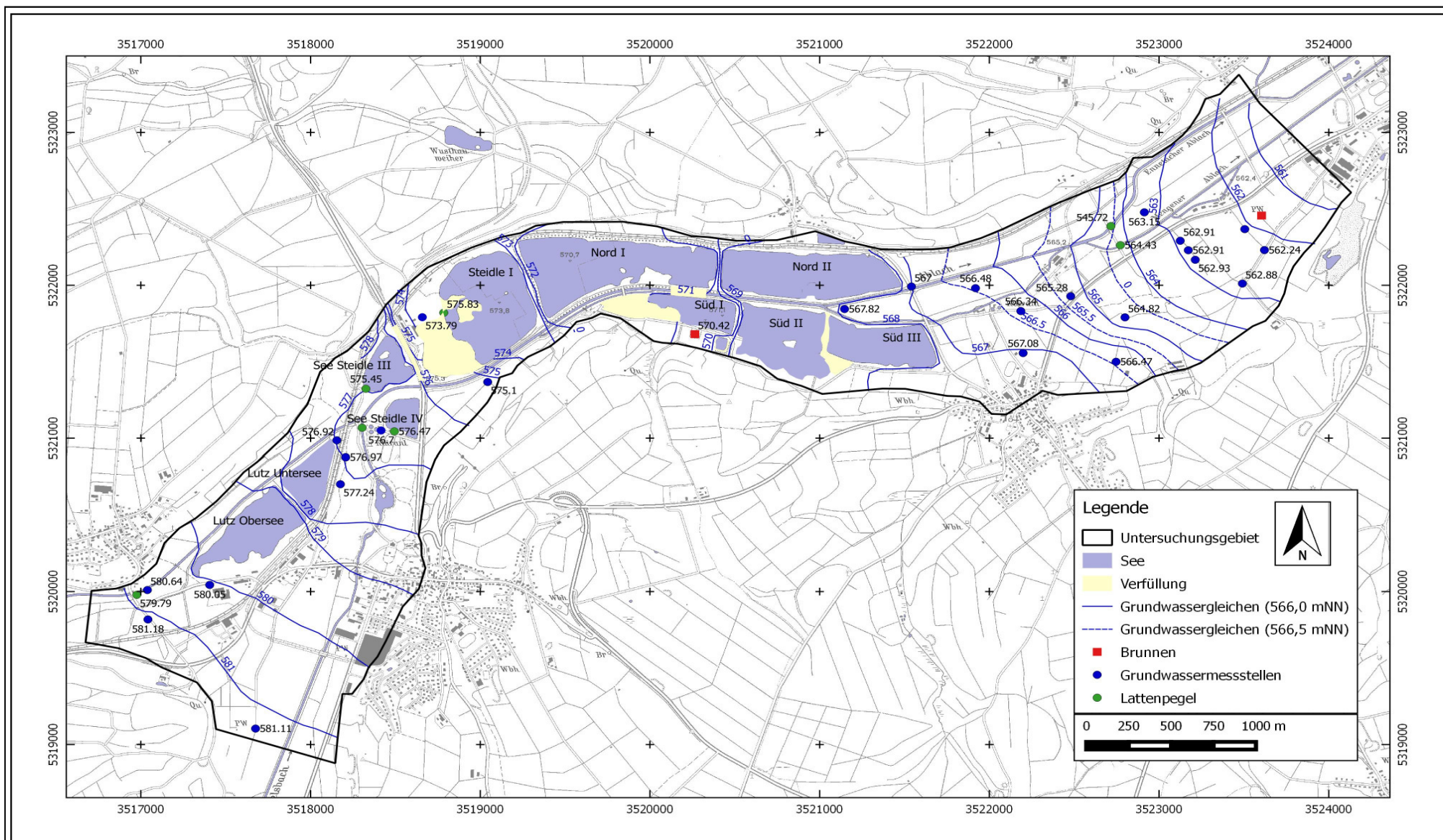
5.1.2 Beschreibung des lokalen Grundwasserfließsystems im Modellgebiet


Das Modellgebiet erstreckt sich vom See Steidle 1 bis zur Stadt Mengen und entspricht demnach einem Großteil des Untersuchungsgebietes.

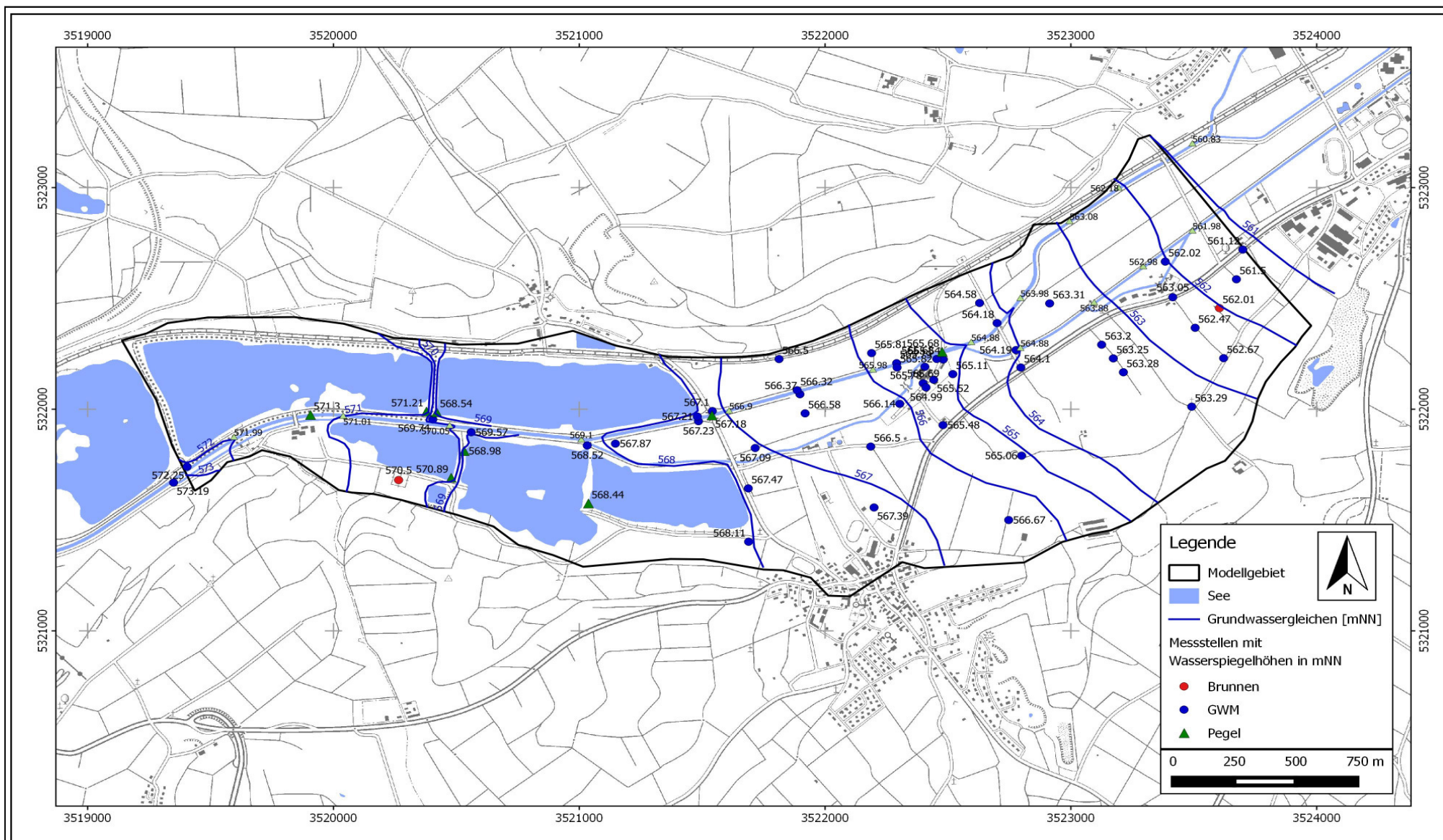
Während des Untersuchungszeitraumes (2011-2015) wurden im Modellgebiet an mehreren Stichtagen die Wasserspiegelmessungen in mehr als 50 Messstellen erfasst. Die Grundwassergleichen für die Stichtagsmessungen 17.09.2014 (Niedrigwasserstand) und am 12.01.2015 (Hochwasser) sind in den Abbildungen 8 und 9 dargestellt. Hiernach fließt das Grundwasser östlich der Baggerseen parallel zur Ablach, mit einem hydraulischen Gefälle von 3 – 3,5 ‰ ab. Die Abstandsgeschwindigkeit beträgt ca. 4 m /Tag bei einem kf-Wert von $k_f = 2,5 - 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$.

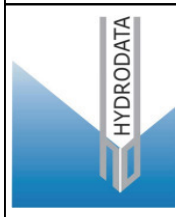
Weitere Untersuchungen und Stichtagsmessungen erfolgten im Rahmen des Pumpversuches aus dem Brunnen „Meßkircher Straße“ im Januar / Februar 2015. Abb. 10 zeigt die Fließverhältnisse am Ende des Pumpversuches mit der Anströmung auf den Brunnen, dargestellt als Fließpfeile.

Es wird deutlich, dass die Randzuströme aus Norden und Süden (über den Aquiferrand) einen wesentlichen Beitrag zur Grundwasserneubildung für den Brunnen „Meßkircher Straße“ beitragen.



| | | | | | |
|---|---|---|------------------------|---------------------------------------|---|
|  | Löwengasse 10 78315 Radolfzell | Grundwassergleichenplan (mNN) für das gesamte Untersuchungsgebiet vom 22.06.2012 | | | Hydrogeologische Untersuchungen Grundwasserströmungsmodell Rulfingen 2014/2015 |
| | Tel.: 07732-9983-0 Fax: 07732-9983-15 eMail: mail@hydro-data.de | Auftraggeber: Valet u. Ott GmbH & Co.KG, Kies- und Sandwerke, 88512 Mengen | | Projekt-Nr.: 88512/2014-016-01/821 | |
| | | Datei: Abb_7_GWGL_2012_06_22 | Bearbeiter: M. Reinold | Datum: Dezember 2016 | Abb. 7 Seite 24 |



| | | | | | |
|---|---|--|--|--|---|
|  | Löwengasse 10 78315 Radolfzell | | Grundwassergleichenplan für das Modellgebiet vom 17.09.2014 (Niedrigwasserstand) | | Hydrogeologische Untersuchungen Grundwasserströmungsmodell Rulfingen 2014/2015 |
| | Tel.: 07732-9983-0 Fax: 07732-9983-15 eMail: mail@hydro-data.de | | Auftraggeber: Valet u. Ott GmbH & Co.KG, Kies- und Sandwerke, 88512 Mengen | | Projekt-Nr.: 88512/2014-016-01/821 |
| | Datei: Abb_8_GWGL_2014_09_17 | | Bearbeiter: M. Reinold | | Datum: Dezember 2016 |

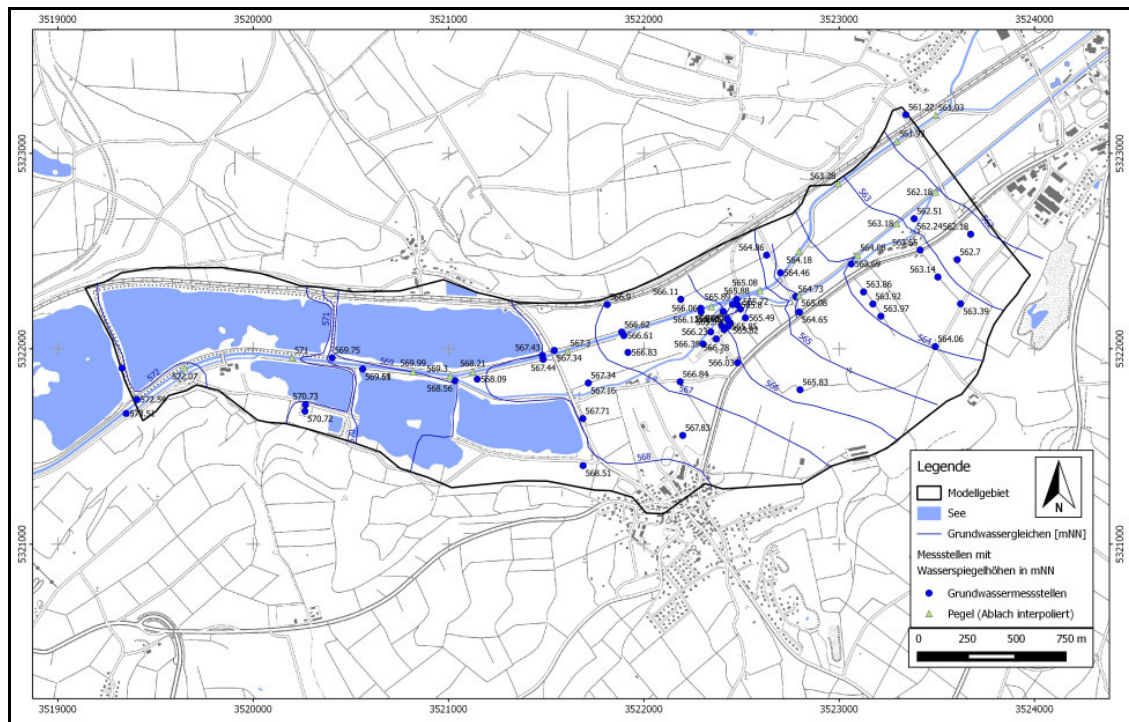


Abb. 9 Grundwassergleichenplan für das Modellgebiet vom 21.01.2015 (Hochwasserstand)

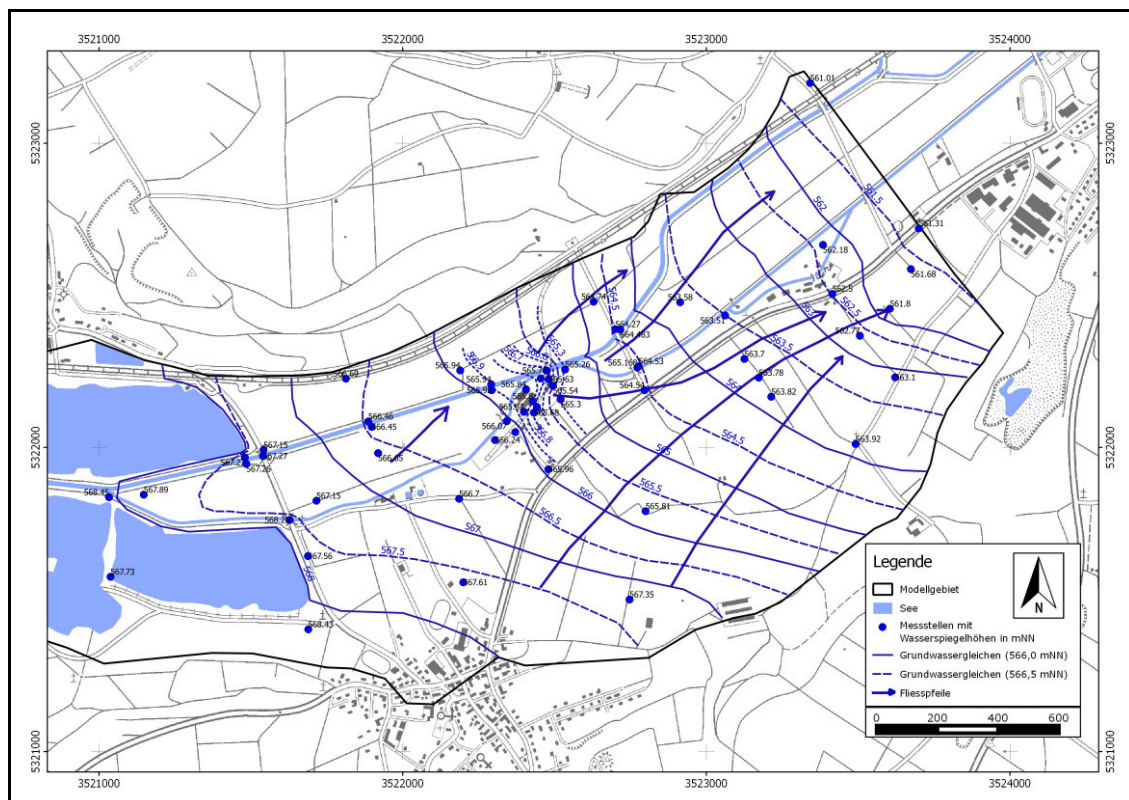


Abb. 10 Grundwassergleichenplan für das Modellgebiet vom 04.02.2015 – Ende des Pumpversuches aus dem Brunnen "Meßkircher Straße" mit eingezeichneten Fließpfeilen

5.2 Grundwasserganglinien

Für die Beschreibung des instationären Verhaltens der Grundwasserspiegelhöhen dienen die Ganglinien der Wasserspiegelhöhen in den verschiedenen Grundwassermessstellen.

Damit lassen sich die Einflüsse der Niederschläge (Neubildung) und der Oberflächengewässer (hier Seen und Ablach) auf das Grundwasserströmungsverhalten beschreiben. Dazu wurden die Ganglinien der Grundwassermessstellen zusammen mit den Ganglinien der Wasserspiegelhöhen in den Seen und in der Ablach aufgetragen. (Vergleiche Teilbericht 1).

Exemplarisch werden hier die Verhältnisse im Westen des Modelgebietes (Abb. 11), für den Bereich des geplanten Abbaus (Abb. 12) und auf Höhe des Brunnens „Meßkircher Straße“ (Abb. 13) dargestellt.

Westl. Bereich: See Süd 1 – Brunnen "Franzosenäcker"

Die Messstelle RP 1/14 in der Nähe der Ablach zeigt eine deutliche Beeinflussung durch den Wasserstand in der Ablach. Die Messstelle WSG 1/14 und der Br. „Franzosenäcker“ zeigen durch die Grundwasserneubildung (Niederschlag und Randzustrom) einen Anstieg des Wasserspiegelniveaus von über 0,4 m. Ein Einfluss vom See Süd 1 und der Ablach ist nicht erkennbar.

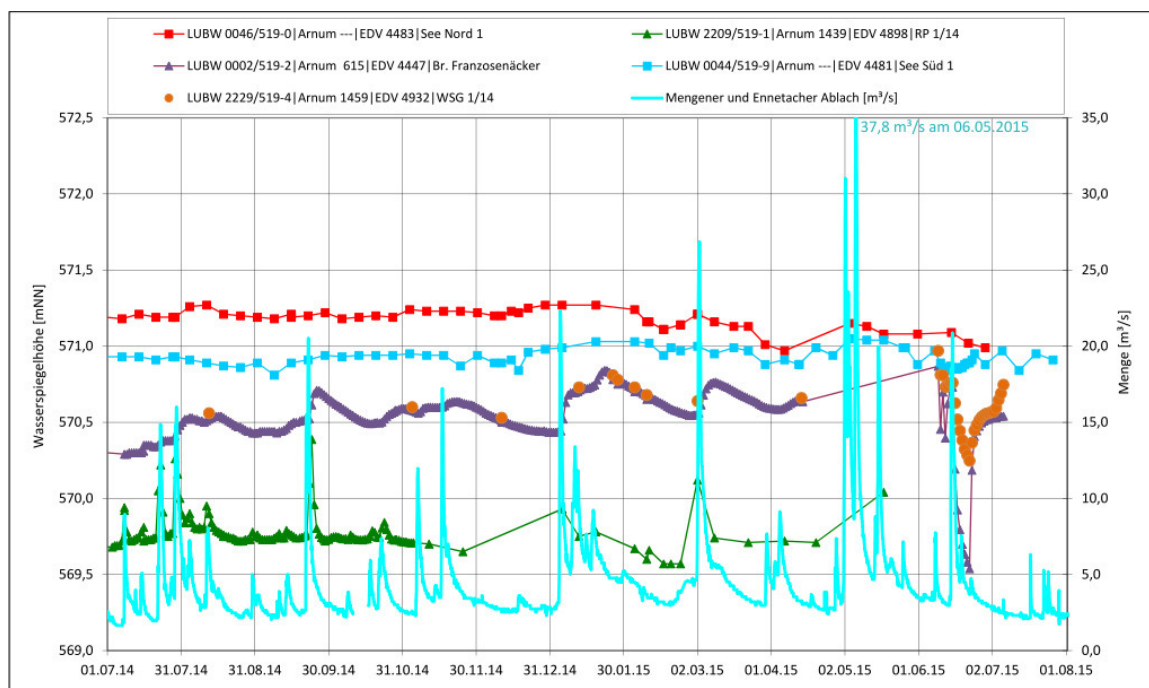


Abb. 11 Ganglinien der Wasserspiegelhöhen ausgewählter Grundwassermessstellen im Westen des Modellgebietes von Juli 2014 bis Juli 2015 im Vergleich zur Abflussmenge der Ablach

Mittlerer Bereich: See Süd 3 – Erweiterung des geplanten Kiesabbaus

In den Messstellen RP3/14 und RP4/14, die direkt nördlich bzw. südlich der Ablach abgeteufte wurden, reagiert der Wasserspiegel eindeutig auf den Pegelstand der Ablach, der durch die Abflussmenge bestimmt wird.

Die Wasserspiegelganglinien in den Messstellen V1/14 – V3/14 zeigen zwar auch ähnliche Schwankungen wie die Ablach, aber es handelt sich hier um die Reaktion auf die Niederschlagsereignisse und nicht auf einen direkten Einfluss der Ablach, wobei die Ablach selbst hauptsächlich auch durch Niederschlagsereignisse geprägt wird. Auch die Grundwasserneubildung aus den Niederschlägen im Modellgebiet und im angrenzenden weiteren Einzugsgebiet (Randzustrom) ist dadurch erkennbar.

In der V1/14 sind die Anstiege und die Rückgänge der Wasserspiegelhöhen noch etwas gedämpfter als in den beiden Messstellen V2/14 und V3/14. Für dieses Verhalten ist der Randzufluss aus dem Bereich Rulfingen verantwortlich.

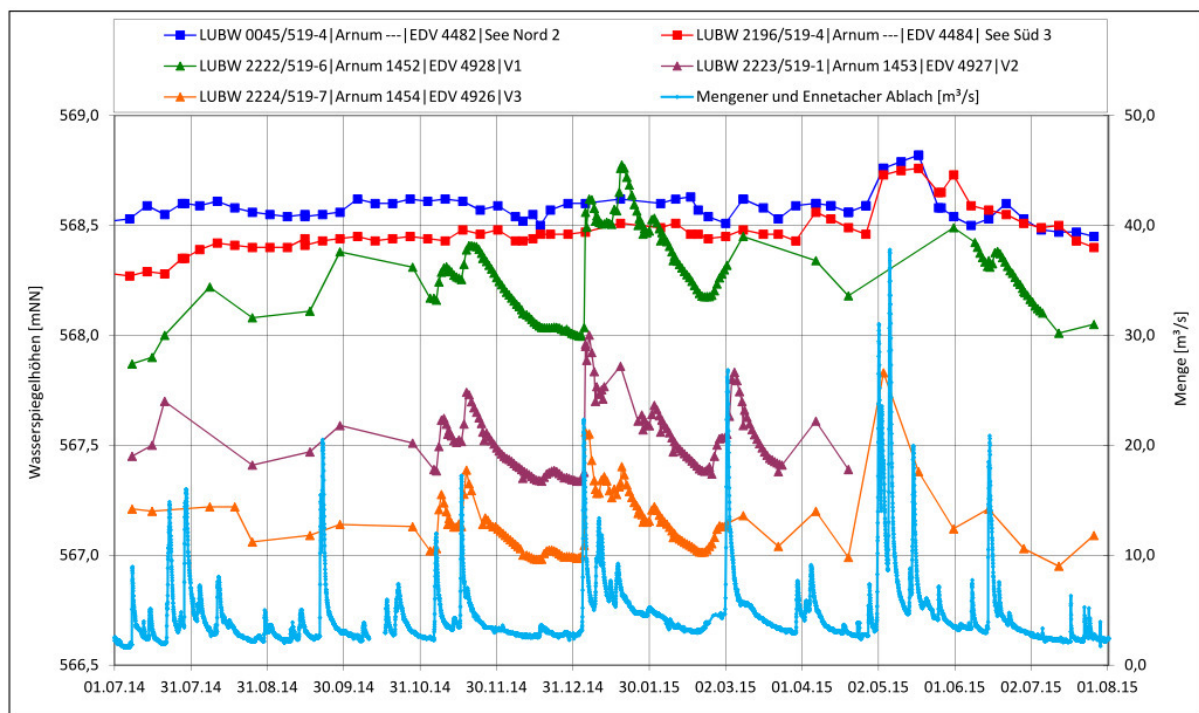


Abb. 12 Ganglinien der Wasserspiegelhöhen ausgewählter Grundwassermessstellen im Bereich der geplanten Erweiterung des Nassabbaus von Juli 2014 bis Juli 2015 im Vergleich zur Abflussmenge der Ablach

Bereich Brunnen „Meßkircher Straße“

Hier zeigt der Vergleich der Wasserspiegelganglinien, dass der Wasserspiegelanstieg im Zeitraum Juli 2014 bis März 2015 in den südlich gelegenen Messstellen GWM 93/519 und GWM 94/519 mit ca. 1,7 m deutlich höher ist als in den Messstellen in Richtung Ablach. In

der GWM 95/519 beträgt der Anstieg noch ca. 1,2 m und in der GWM RP 13/14, im Ablach nahen Bereich, nur noch ca. 1 m.

Der Anstieg des Grundwasserspiegels ist neben dem Einfluss der Grundwasserneubildung auch auf die Stilllegung des Brunnens „Meßkircher Straße“ ab August 2014 zurückzuführen. Ein direkter hydraulischer Kontakt zur Ablach kann nur eindeutig in der GWM RP 13/14 und andeutungsweise in der GWM 95/519 erkannt werden.

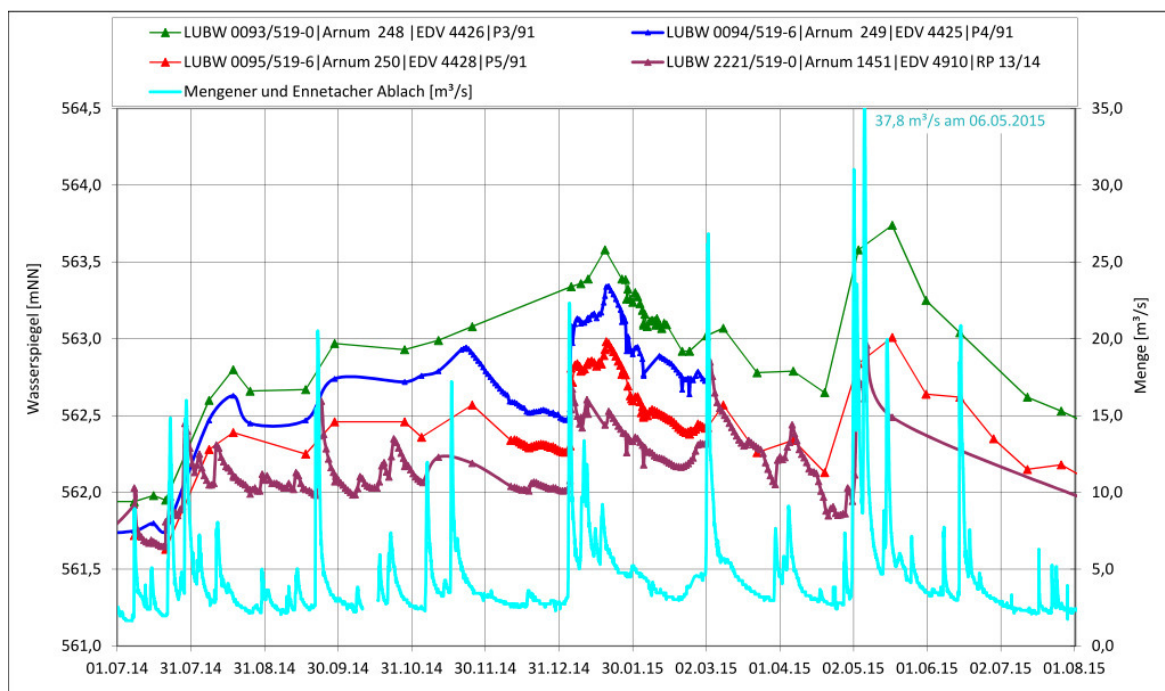


Abb. 13 Ganglinien der Wasserspiegelhöhen ausgewählter Grundwassermessstellen im Bereich der Fassungsanlage Brunnen "Meßkircher Straße" von Juli 2014 bis Juli 2015 im Vergleich zur Abflussmenge der Ablach

5.3 Seewasserpegel

Wasserstände in den Seen Süd 1 - 3 und den Seen Nord 1-2

Im Rahmen der wasserrechtlichen Auflagen des Landratsamtes werden wöchentlich bzw. 14-tägig die Seewasserspiegel der Seen Süd 1 – 3 und Nord 1 und 2 von der Fa. Valet & Ott erfasst und den Behörden mitgeteilt. Die gemessenen Seepegelganglinien sind in der Abb.14 für den Zeitraum vom 01.07.2011 bis zum 31.07.2015 dargestellt.

Die Pegelstände, die durch die wasserrechtliche Erlaubnis vorgegeben wurden, werden durch die Höhe der Überlaufbauwerke geregelt und schwanken in den einzelnen Seen um ca. 0,5 m. Die unterschiedlichen Pegelstände, zwischen den Seen für den Stichtag 08.07.2015 sind in Abb. 15 eingetragen.

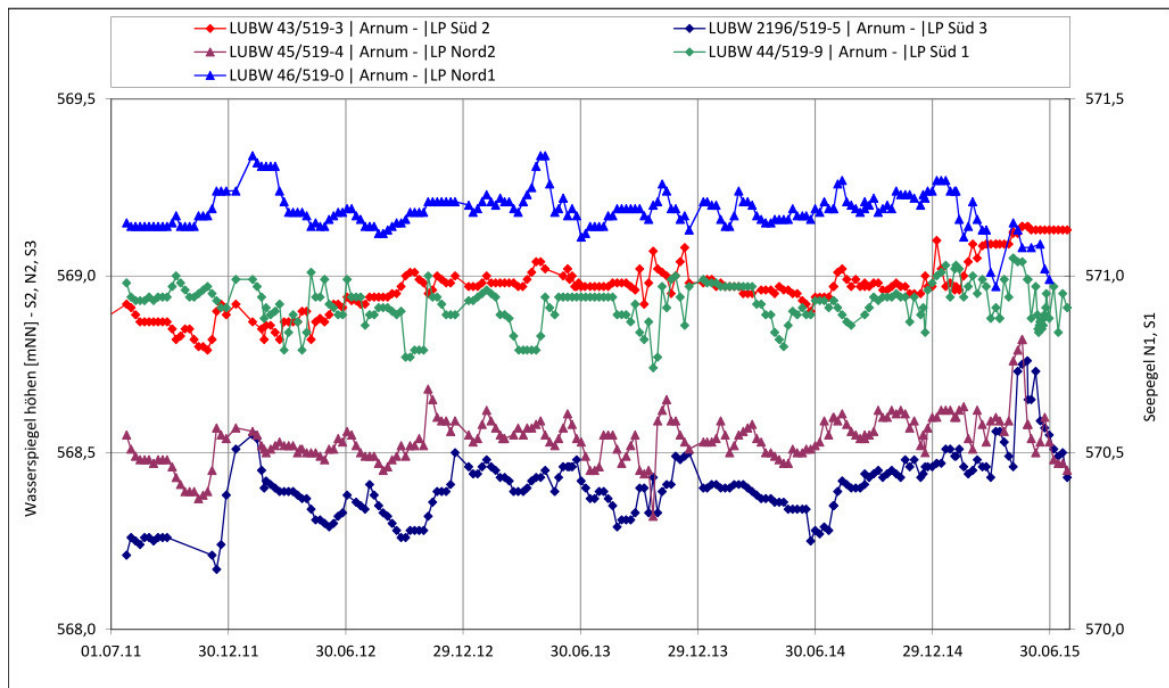


Abb. 14 Ganglinien der Wasserspiegelhöhen in den Seen der Fa. Valet und Ott vom 01.06.2011 -31.07.2015

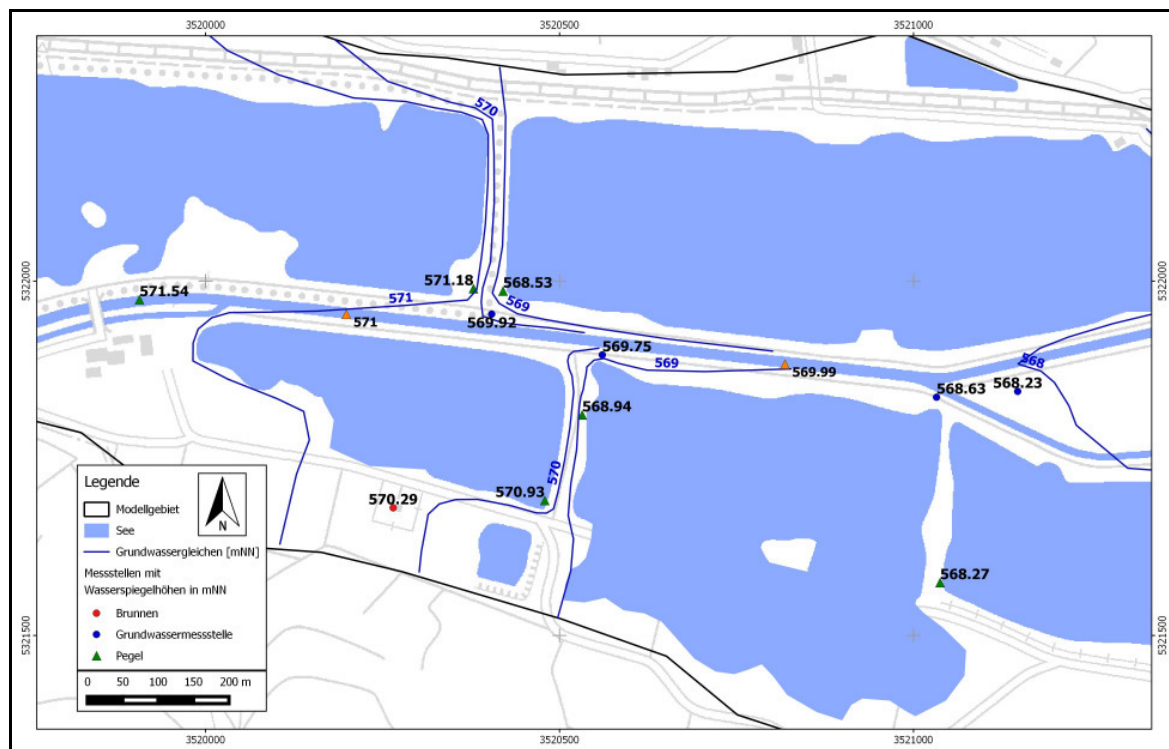


Abb. 15 Detailausschnitt des Grundwassergleichenplans vom 08.07.2014 (Niedrigwasserstand) im Bereich der Seen Süd 1-Süd 3, Nord 1 und Nord 2

Ermittlung der Abflussmengen aus den Seen.

Im Jahre 2011 wurden zur Erfassung der Abflussmengen Messwehre in den Überlaufbauwerken eingebaut und die Abflussmengen aus den Seen wöchentlich bis 14-tägig gemessen. Die Ganglinien der Seewasserspiegelhöhen sind dem Teilbericht 1 zu entnehmen. Die Überläufe aus den Seen werden in andere Seen oder in die Ablach eingeleitet.

| | |
|----------------------------|--|
| Überlauf aus See Steidle 1 | → in See Nord 1 Valet und Ott |
| Überlauf aus See Nord 1 | → in den See Nord 2 Valet und Ott |
| Überlauf aus See Nord 2 | → in die Ablach |
| Überlauf aus See Süd 1 | → in See Süd 2 (war trocken im Untersuchungszeitraum) |
| Überlauf See Süd 2 | → wurde bis 2014 in die Ablach eingeleitet – ab 2014 erfolgt die Ableitung in den See Süd 3 |
| Überlauf aus See Süd 3 | → in die Ablach |

Bemerkungen :

- Aus dem See Süd1 wird Brauchwasser zum Kieswaschen entnommen und das Waschwasser wird in den See Süd 2 eingeleitet
- ab 2015 wird ein Teil aus See Süd 2 in den See Süd 3 eingeleitet, mit dem Ziel langfristig den gesamten Überlauf in den See Süd 3 einzuleiten- zusätzlich wird Wasser zur Anreicherung aus dem See Süd 2 in den See Süd 1 eingeleitet.

Die Abflusswerte schwanken stark, während die Wasserspiegel in den Seen eine geringe Schwankungsbreite aufzeigen. Eine Zusammenstellung der Mengen kann der Tabelle 1 entnommen werden.

Tab. 1 Zusammenstellung der Abflussmengen aus den fünf Seen

| | |
|---------------|--------------|
| See Steidle 1 | 15 – 30 l/s |
| See Nord 1 | 25 – 100 l/s |
| See Nord 2 | 30 – 185 l/s |
| See Süd 2 | 0 – 50 l/s |
| See Süd 3 | 0 – 35 l/s |

Bemerkungen:

Die Extremwerte (Maxima) der Abflussmessungen können durch die Messbedingungen verfälscht sein, z.B. durch Ansammlung von Laub und Gehölz am jeweiligen Messwehr. Dadurch kann der Wasserstand am Messwehr erhöht sein und täuscht einen zu großen Abfluss vor.

5.4 Abflussmessungen und Wasserstände in der Ablach, in Bächen und in Entwässerungsgräben des Modellgebiets

Abflussmessungen und Wasserstände der Ablach

Die Abflussmengen der Ablach werden im Modellgebiet an den amtlichen Pegeln „Mengener und Ennetacher Ablach“ stündlich erfasst. Zur Beschreibung des langjährigen Abflussverhaltens wurden die Messwerte der letzten 20 Jahre (seit 1994) erhoben.

Einmessdaten von der Ablach

Zur Beschreibung der Höhenlage der Flusssohle der Ablach im Modellgebiet liegen Einmessdaten des Büros Wassermüller (1994), der Fa. Eppler (2014) und Vermessungsdaten für die Erstellung der Hochwassergefahrenkarte (ISTW Planungsgesellschaft) vor. In der Abb. 16 sind die vorliegenden Messpunkte zur Beschreibung der Höhenlage der Gewässersohle dargestellt.

Ein Vergleich der Ablachsohle mit dem Wasserspiegel der Ablach und dem Grundwasserstand für einen Mittelwasserstand kann der Abb. 17 entnommen werden. Es wird deutlich, dass die Sohle der Mengener Ablach teilweise über dem Grundwasserspiegel liegt und somit kein direkter Kontakt mit dem Grundwasserleiter besteht. Somit wirkt die Mengener Ablach hier nicht als Vorfluter, mit Ausnahme bei Extremhochwasserständen (> HQ 5).

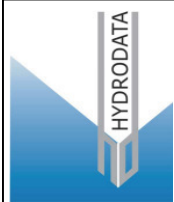
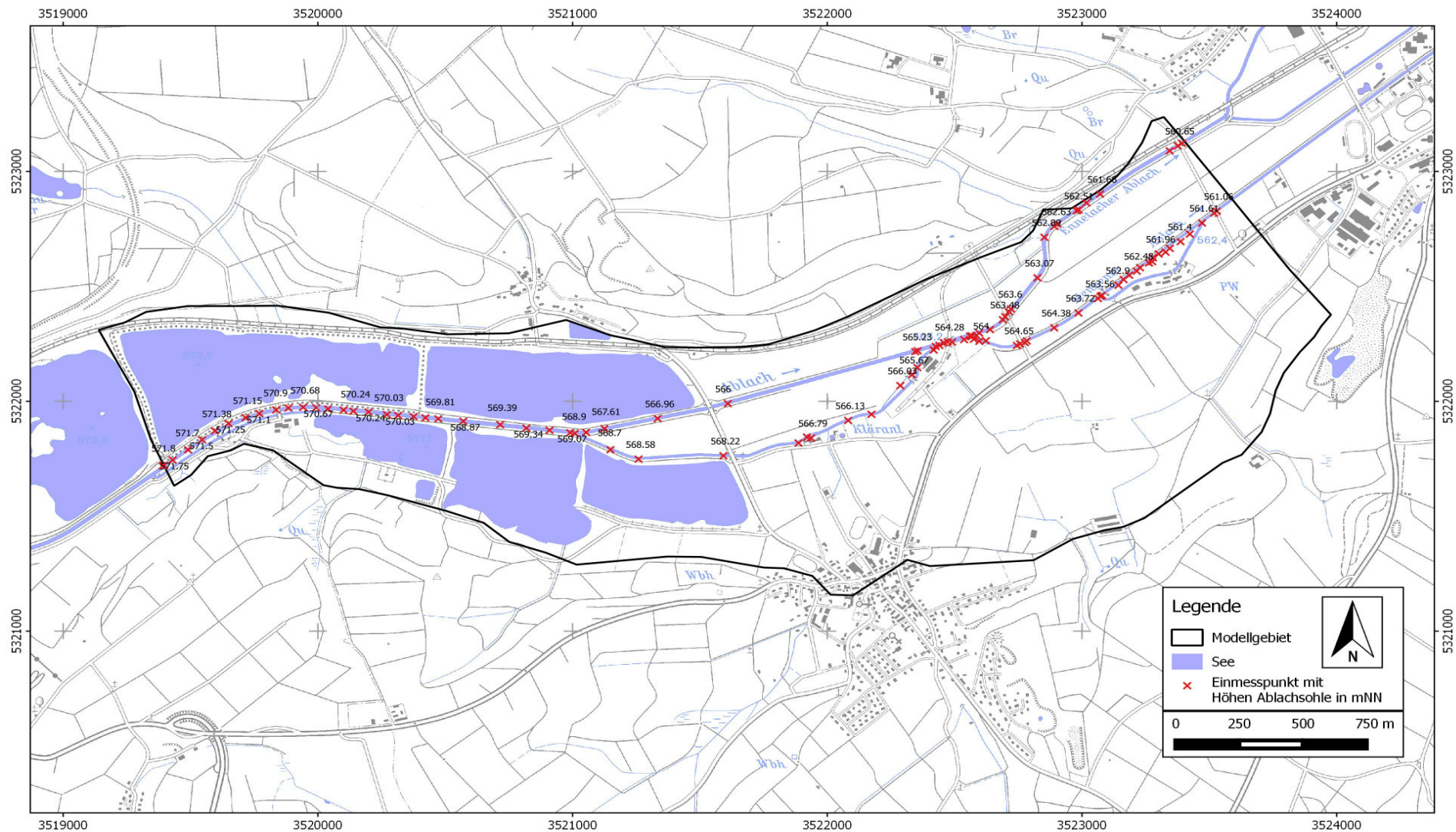
Abflussmessungen in der Ablach

Neben den amtlichen Abflussmessungen wurden am 25./26.06.2014 und am 20.02.2015 von der Firma SWU mit einem Messflügel der jeweilige Abfluss an insgesamt 8 Messpunkten bestimmt. Die Ergebnisse sind im Teilbericht 1 dokumentiert.

Bäche und Entwässerungsgräben im Modellgebiet

Neben der Ablach als Hauptgewässer befinden sich im Modellgebiet weitere kleinere Bäche und Entwässerungsgräben (Abb. 18).

Die durchschnittlichen monatlichen Abflussraten der Bäche und Gräben im Modellgebiet sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Lageplan der Einmesshöhen der Ablachsole

Auftraggeber:
Valet u. Ott GmbH & Co.KG, Kies- und Sandwerke, 88512 Mengen

Datei: Abb_16_LP_Einmesshoehe

Bearbeiter: M. Reinold

Projekt-Nr.:
88512/2014-016-01/821

Datum: Dezember 2016

**Hydrogeologische
Untersuchungen
Grundwasserströmungsmodell
Rulfingen 2014/2015**

Abb. 16 | Seite 33

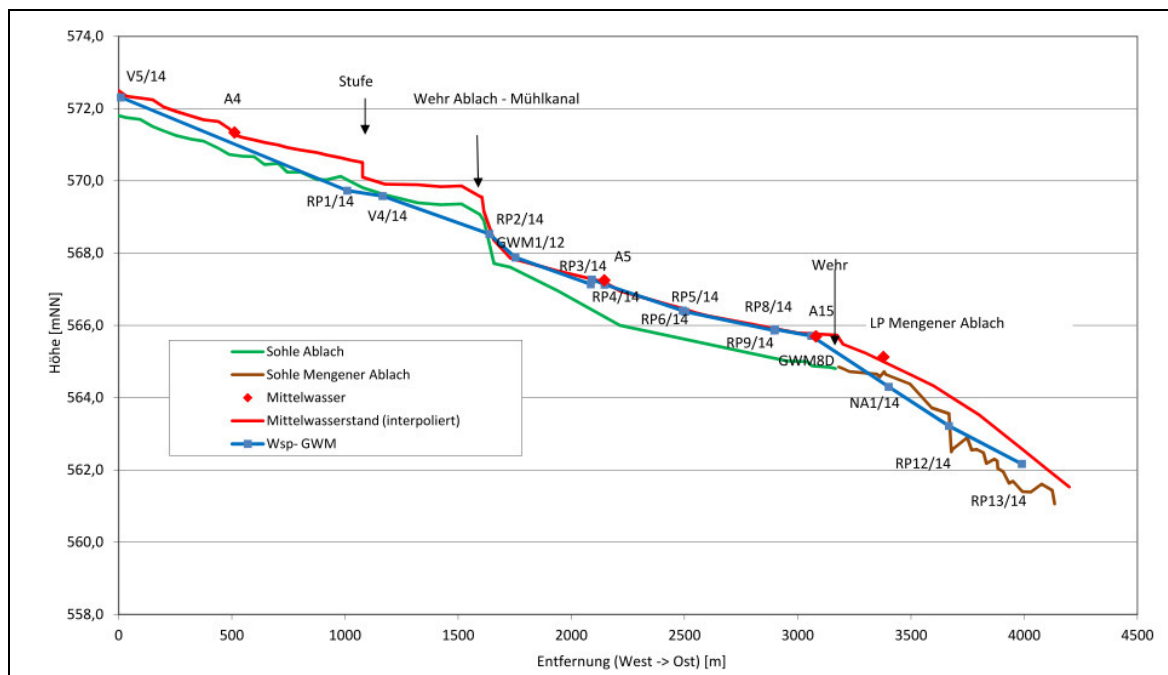
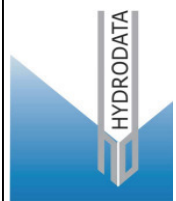
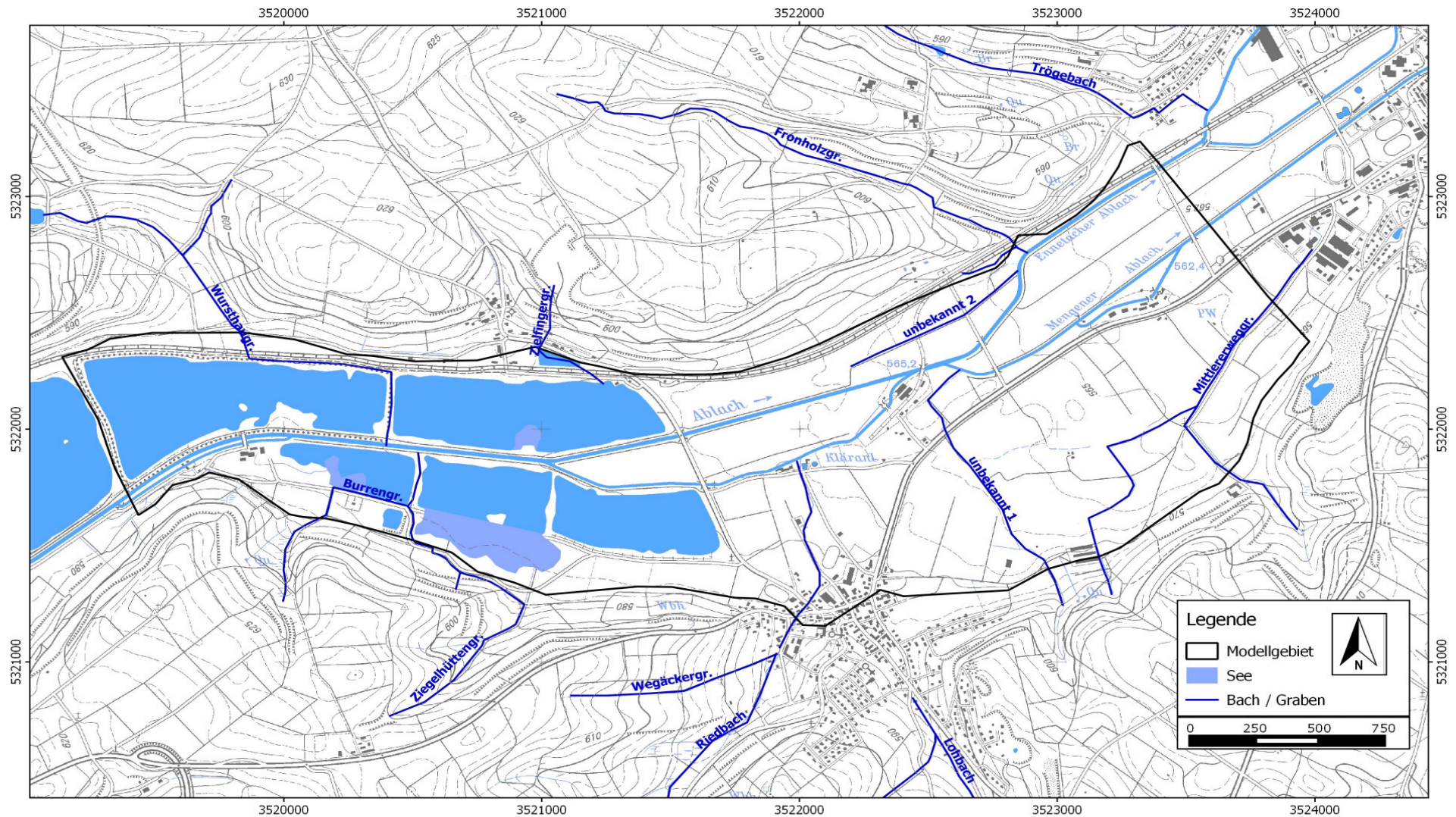


Abb. 17 Lineare Darstellung der Höhenlage der Ablachsohle und eines Mittelwasserstandes der Ablach vom Oktober 2014

Tab. 2 Durchschnittliche Abflussmenge (2010 – 2013) der Bäche und Entwässerungsgräben im Einzugsgebiet des Modellgebietes¹⁾

| Bach / Graben | Einzugsgebiet | Abfluss (Durchschnitt 2010 – 2013) |
|---------------------------|----------------------|------------------------------------|
| Burrengraben | 0,61 km ² | 3,36 l/s |
| Ziegelhüttengraben | 0,96 km ² | 5,44 l/s |
| Riedbach / Wegäckergraben | 4,05 km ² | 16,53 l/s |
| Lohbach | 3,24 km ² | 15,53 l/s |
| Mittlererweggraben | 1,67 km ² | 10,28 l/s |
| Trögebach | 1,25 km ² | 9,32 l/s |
| Fronholzgraben | 2,48 m ² | 11,80 l/s |
| Zielfingergraben | 0,95 km ² | 3,00 l/s |
| Wusthaugraben | 9,87 km ² | 31,69 l/s |

¹⁾ Die Berechnung der durchschnittlichen Abflussmengen erfolgte anhand der Sickerwassermenge und dem Quotienten Basisabfluss / Gesamtabfluss (LUBW)



Löwengasse 10
78315 Radolfzell

Tel.: 07732-9983-0
Fax: 07732-9983-15
eMail: mail@hydro-data.de

Lageplan der Bäche und Gräben im Bereich des Modellgebietes

Auftraggeber:
Valet u. Ott GmbH & Co.KG, Kies- und Sandwerke, 88512 Mengen

Projekt-Nr.:
88512/2014-016-01/821

Datei: Abb_16_LP_Einmesshoehe

Bearbeiter: M. Reinold

Datum: Dezember 2016

**Hydrogeologische
Untersuchungen
Grundwasserströmungsmodell
Rulfingen 2014/2015**

Abb. 18 | Seite 35

5.5 Grundwasserentnahme

Grundwasserentnahmen erfolgen durch die Stadtwerke Mengen und von Privatbetreibern von Fassungsanlagen zur Trinkwassernutzung.

Die Stadtwerke Mengen betreiben den Brunnen „Meßkircher Straße“ und den Brunnen „Franzosenäcker“ (Rulfingen). Der Brunnen „Franzosenäcker“ ist seit mehreren Jahren außer Betrieb. Die letzten Entnahmen erfolgten 2006 und 2015 im Rahmen von Pumpversuchen.

Für den Brunnen „Meßkircher Straße“ liegen monatliche Entnahmemengen für den Zeitraum von Januar 2010 bis Mai 2015 vor (Abb. 19).

Ein Wasserrecht für den Brunnen „Meßkircher Straße“ ist nicht belegt, für den Brunnen „Franzosenäcker“ beträgt es 8 l/s (gültig bis Ende 2014).

Nach Aussagen der Betreiber beträgt das Wasserrecht für den Brunnen „Meßkircher Straße“ ca. $Q_{24} = 15 \text{ l/s}$ ($\approx 1.300 \text{ m}^3/\text{Tag}$). Die Pumpversuche zur Festlegung der Schutzgebietsgrößen wurden mit 35 l/s durchgeführt. Da die Menge $Q_{24} = 35 \text{ l/s}$ für den Brunnen „Meßkircher Straße“ besonders in Trockenzeiten aus technischer Sicht zu hoch ist, wird für die weitere Betrachtung und für die Prognoseberechnungen die max. Entnahmemenge mit $Q_{24} = 15 \text{ l/s}$ angenommen.

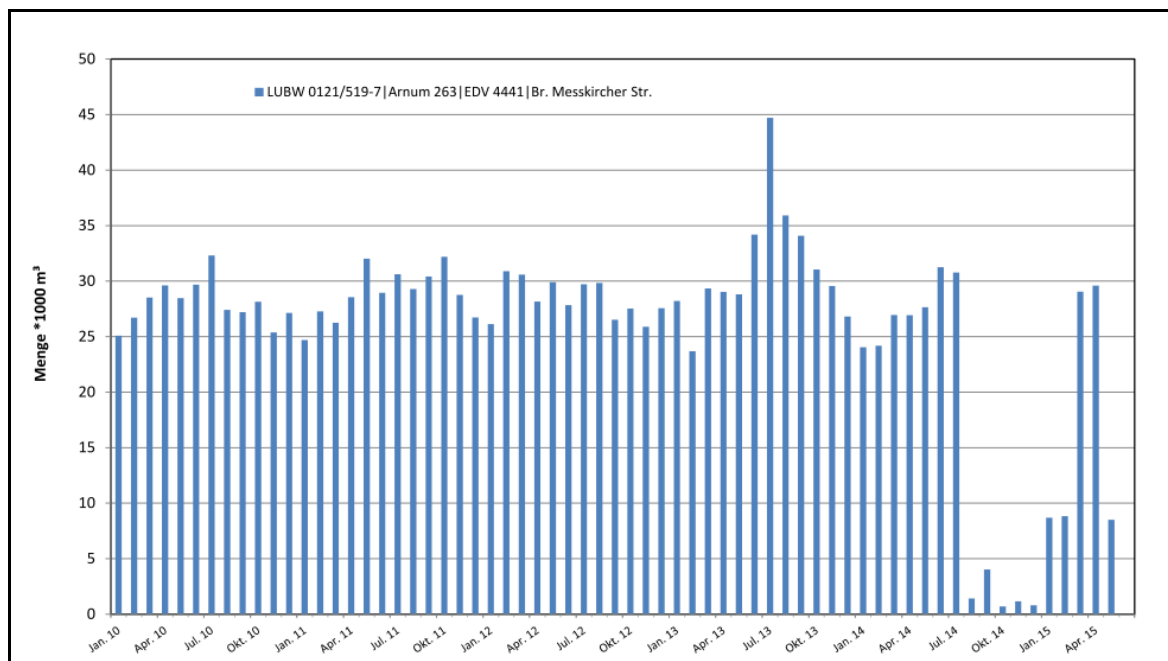


Abb. 19 Monatliche Entnahmemengen aus dem Brunnen „Meßkircher Straße“ von Jan. 2010 – Mai 2015

6. Isotopenhydrologie und Hydrochemie

6.1 Isotopenhydrologische Untersuchungen

Die isotopenhydrologischen Untersuchungen wurden 2011 – 2013 und im Jahre 2015 durchgeführt. Die Interpretation ist im Bericht "Weiterführende isotopenhydrologische Untersuchungen im Rahmen der Machbarkeitsstudie zum Kiesabbau im Bereich Rulfingen - Mengen" vom Juli 2014 sowie im Teilbericht 1 von 2015 dokumentiert.

Die isotopenhydrologischen Untersuchungen hatten folgende Ziele:

- Nachweis von Seewasserkomponenten (See Süd 3 und Nord 2) im Brunnen „Meßkircher Straße“ bzw. in Grundwassermessstellen seines Zustrombereichs.
- Die Abschätzung der Fließzeiten (der Seewasserkomponente) im Grundwasserleiter.
- Die Wechselwirkung der Baggerseen mit dem Grundwasserleiter und der Ablach zu bestimmen.
- Die Abschätzung der beteiligten Wasserkomponenten im Bereich Altlast „Dillmann'sche Säge“.
- Den Nachweis von Uferfiltrat der Ablach im Grundwasserleiter zu führen.

Die Ergebnisse der Untersuchungen von 2015 in den Messstellen nahe der Ablach und im Abstrom des Sees Nord 2 geben deutlich Hinweise auf Uferfiltrat der Ablach und des Sees (vgl. Tab. 3 und Abb. 20).

Die wichtigsten Erkenntnisse sind:

- Die Ablach zeigt an den verschiedenen Entnahmestellen Isotopenwertepaare, die im $\delta^2\text{H}/\delta^{18}\text{O}$ Diagramm auf der Niederschlagsgeraden liegen (Abb. 21).
- Die Isotopengehalte der Seen unterscheiden sich deutlich von den Gehalten der Ablach und werden entsprechend der Verweildauer des Wassers im See isotopisch schwerer. Besonders deutlich wird dies im See Süd 3. Die Seen zeigen deutlich den Einfluss der Verdunstung, die im See Süd 3 am deutlichsten ausgeprägt ist (vgl. Teilbericht 1 und Anlage 2 der "Machbarkeitsstudie zum Kiesabbau im Bereich Rulfingen - Mengen, hydrogeologische und rohstoffgeologische Bewertung" vom 19.11.2012).
- Die Messstelle P18/91 (0108/519-7) und die Messstelle P17/91 (0107/519-7) zeigen eine Seewasserkomponente (aus See Nord 2), die bei den Nachuntersuchungen 2014 auch in den Messstellen RP3/14 (2211/519-4) (nördlich Ablach) und RP5/14 (2213/519-5) erkennbar ist.
In RP6/14 (2214/519-0) ist ein geringer Anteil (Abb. 21) einer Komponente, die einer Verdunstung unterlag, enthalten.
- Die Verweildauer im See Süd 3 ist relativ lange, was darauf schließen lässt, dass nur eine geringe Zuflussrate von Grundwasser in den See und eine Abflussrate in die Ablach erfolgt.

- Die Fließzeit vom See Nord 2 zur GWM P18/91 (0108/519-7) beträgt ca. 2 Monate. Die GWM P18/91 führt nahezu 100% Seewasser (aus See Nord 2).
- Der Seewasseranteil in der GWM P17/91 (0107/519-7) wird mit 20 – 50% ermittelt und die Fließzeit mit > 3 Monate abgeschätzt.
- Die GWM P12/91 (0102/519-0) zeigt keine Seewasserkomponente, möglicherweise Uferfiltrat, welches auch aus dem nahe gelegenen Mühlkanal stammen könnte.
- Die Randzuflüsse aus Süden, die in Folge ihres geringfügig höher gelegenen Einzugsgebiets eindeutig markiert sind, sind im Brunnen „Meßkircher Straße“ nicht erkennbar, was auf eine geringe Zuflussmenge im Bereich der GWM P6/91 (0096/519-1) oder auf eine Vermischung mit Grundwässern aus lokalem Niederschlag schließen lässt.

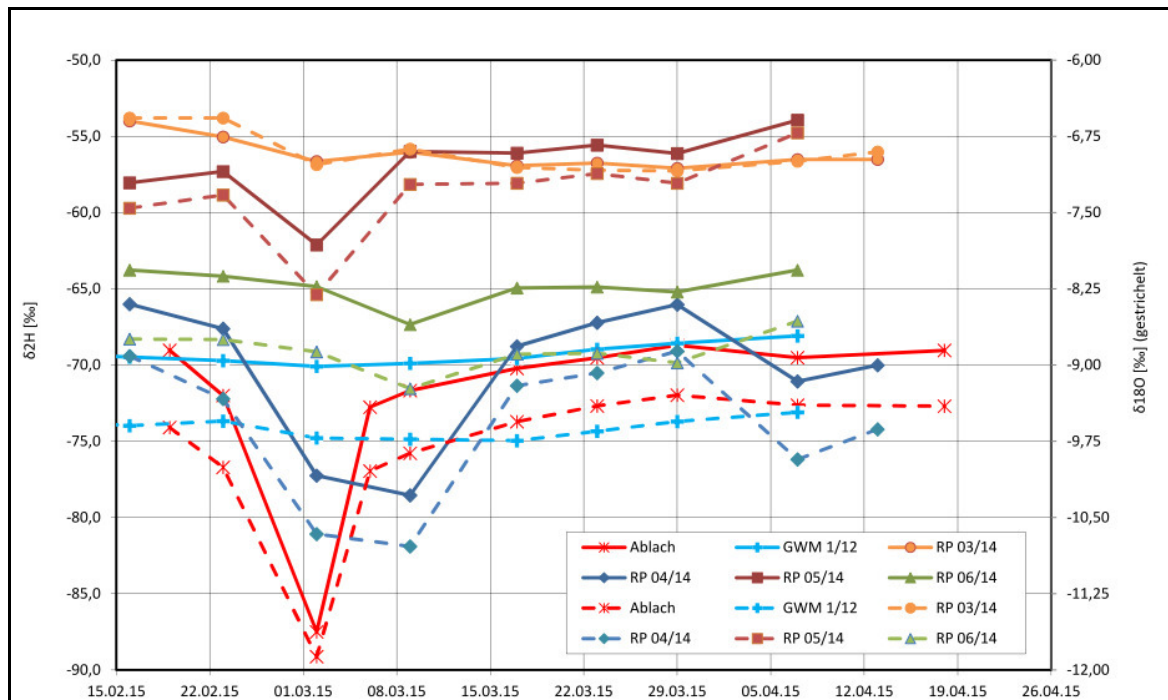


Abb. 20 Ergänzende Messung der stabilen Isotope in der Ablach und in Ablach nahen Messstellen (Febr. 2015 – April 2015)

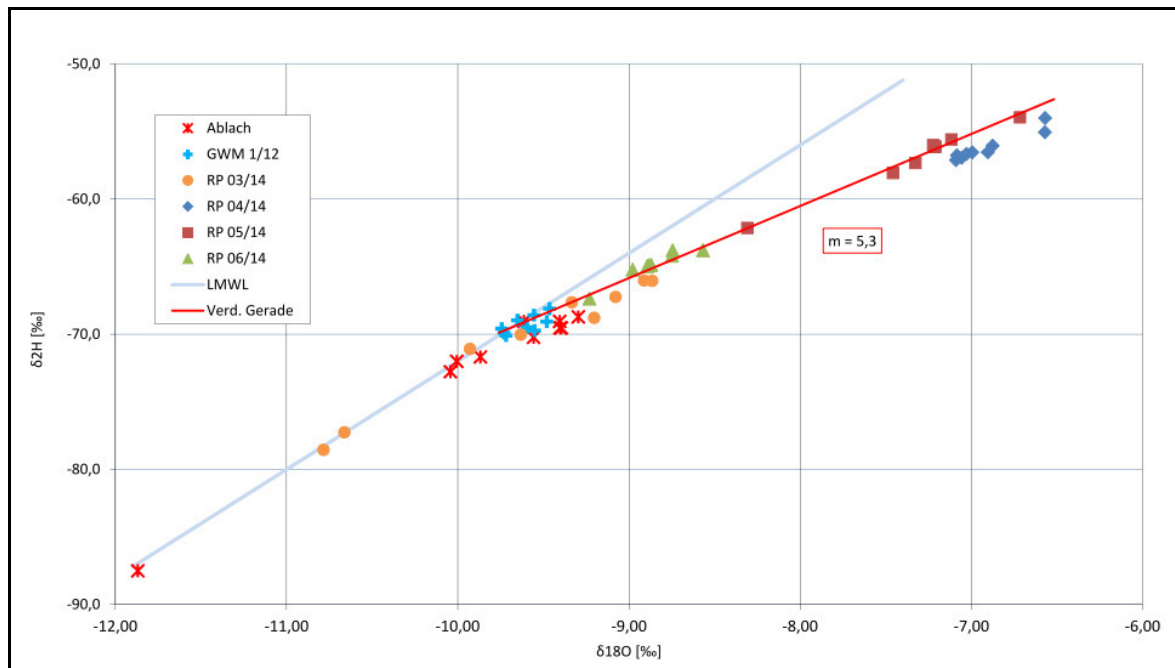


Abb. 21 Korrelation der $\delta^{18}\text{O}$ (Sauerstoff-18)- und $\delta^2\text{H}$ (Deuterium)- Werte der Messung von Febr. 2015 – April 2015

Die Interpretation der Untersuchungsergebnisse im Anstrombereich des Brunnens „Meßkircher Straße“ deutet darauf hin, dass

- die GWM P3/91 (0093/519-0), P4/91 (0094/519-6) und P8/91 (0098/519-2) vergleichbare Wässer wie der Br. „Meßkircher Straße“ haben;
- aus der GWM P17/91 (0107/519-7) keine und aus der GWM P12/91 (0102/519-0) nur geringe Anteile im Br. „Meßkircher Straße“ auftauchen;
- ein Großteil des Brunnenwassers aus den lokalen Niederschlägen gebildet wird;
- eine Komponente der Ablach im Br. „Meßkircher Straße“ nicht auszuschließen ist, wobei beachtet werden muss, dass die lokalen Niederschläge und die Ablach ähnlich markiert sind.

Diese Untersuchungsergebnisse lassen sich auch aus den Ergebnissen der Prognoseberechnungen mit dem kalibrierten Grundwasserströmungsmodell ableiten (vgl. Kap. 9.4).

Fazit der Isotopenhydrologische Untersuchungen

Eine Seewasserkomponente aus See Nord 2 konnte direkt in den Messstellen P18/91 (0108/519-7) (100 %) und P17/91 (0107/519-7) (20 – 50%) und in den GWM RP 3/14 und RP 5/14 nachgewiesen werden.

Die anderen Messstellen zeigen eine Komponente des Niederschlags (direkte Neubildung durch lokalen Niederschlag und Randzustrom) und eine Komponente von Ablach-Uferfiltrat, aber keine Seewasserkomponente aus dem See Nord 2 und See Süd 3.

Eine kurzfristige Komponente von Uferfiltrat der Ablach kann nur in den Ablach nahen Messstellen nachgewiesen werden.

Für den Brunnen „Meßkircher Str.“ spielen bei der Grundwasserneubildung folgende Komponenten eine Rolle:

- Neubildung durch lokalen Niederschlag (direkt im Einzugsbereich > 30%)
- Uferfiltrat der Ablach (langfristig), welches aber ähnlich wie der Niederschlag markiert ist (nicht abschätzbar)
- Randzustrom von Süden mit einem geschätzten Anteil > 25%

Die Untersuchungsergebnisse der ergänzenden $\delta^{18}\text{O}$ - und $\delta^2\text{H}$ -Messungen von 2015 untermauern die Ergebnisse früherer Untersuchungen (vgl. Anlage 2 der "Machbarkeitsstudie zum Kiesabbau im Bereich Rulfingen - Mengen, hydrogeologische und rohstoffgeologische Bewertung" vom 19.11.2012 sowie den Bericht "Weiterführende isotopehydrologische Untersuchungen im Rahmen der Machbarkeitsstudie zum Kiesabbau im Bereich Rulfingen - Mengen" vom Juli 2014).

Tab. 3 Ergebnisse der Isotopengehaltsmessungen in den Seen Rulfingen (Valet und Ott) und der Ablach

| GWM | LUBW Nr. | Mittelwerte Stabile Isotope | | Bemerkung |
|------------------------------|------------|--------------------------------|------------------------|---|
| | | $\delta^{18}\text{O}$ (‰) | $\delta^2\text{H}$ (‰) | |
| See Nord 1 | 0046/519-0 | -6,34 | -53,5 | Anreicherung vom Steidle See I |
| See Nord 2 | 0045/519-4 | -6,39 | -53,3 | Anreicherung vom See Nord 1 |
| See Süd 1 | 0044/519-9 | -6,00 | -51,7 | Anreicherung vom See Süd 2 |
| See Süd 2 | 0043/519-3 | -5,63 | -49,8 | Anreicherung vom See Süd 1 (Waschwasser) |
| See Süd 3 | 2196/519-4 | -3,27 | -37,8 | → geringe Austauschrate |
| Ablach Brücke an der L456 | | -9,36 | -67,0 | Nach Zusammenfluss Andelsbach und Ablach |

6.2 Hydrochemische Untersuchungen

Hydrochemische Untersuchungen wurden im Rahmen der Pumpversuche aus den Trinkwasserbrunnen durchgeführt mit den Zielen:

- Überprüfung des Urangehalts im Brunnen "Meßkircher Straße"
- Überprüfung des Anteils von Seeuferfiltrat aus dem See Süd 1 im Brunnen „Franzosenäcker“

Ergänzt wurden die chemischen Untersuchungen durch Messungen der chemisch-physikalischen Parameter Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und pH-Wert.

Brunnen "Meßkircher Straße"

Zu Beginn des Pumpversuchs (26.01.2015) und am Ende des Pumpversuchs (04.02.2015) wurden die chemisch-physikalischen Parameter (Temperatur, Leitfähigkeit) in den Beobachtungsmessstellen gemessen und in ausgewählten Messstellen Grundwasserproben entnommen.

Chemisch-physikalische Parameter

Die Leitfähigkeits- und Temperaturmessungen im Verlauf der Pumpphase und des Wiederanstiegs vom 26.01.2015 – 09.02.2015 zeigen in diesem Zeitraum in den Beobachtungsmessstellen einen vergleichbaren Verlauf und geben keinen Hinweis auf sich ändernde Grundwasserverhältnisse.

Im Rahmen der Probennahme wurden der Sauerstoffgehalt O₂ (vor Ort) und der pH-Wert erfasst. In der Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Messungen zusammengestellt.

Die Ergebnisse der Sauerstoffmessungen zeigen für die GWM 97/519-7, die 101/519-4, die NA 1/14 und die RP13/14 reduzierende Verhältnisse. Der pH-Wert in der GWM 101/519-4 ist im Vergleich zu den übrigen deutlich niedriger. Die Ursache für die geringe Sauerstoffsättigung und den niedrigeren pH-Wert ist vermutlich auf den Einfluss der Altlast "Dillmansche Säge" zurückzuführen, in deren Abstrombereich die GWM 101/519-4 liegt.

Hydrochemische Analysen

Die Analysenergebnisse zeigen die größten Konzentrationsunterschiede zwischen den Messstellen im Nitratgehalt. In den Messstellen 97/519-7, 101/519-4, RP13/14 und NA 1/14 liegen die Nitratwerte unter 10 mg/l. Da in diesen Messstellen auch geringe Sauerstoffgehalte gemessen wurden, sind für die geringen Nitratkonzentrationen die reduzierenden Bedingungen im Bereich dieser Messstellen verantwortlich.

Tab. 4 Sauerstoffgehalte und pH-Werte in den Messstellen der Stichtagsbeprobungen

| | 26.01.2015 | 28.01.2015 | 04.02.2015 |
|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Messstellenbezeichnung | O ₂ (mg/l)/ pH | O ₂ (mg/l)/ pH | O ₂ (mg/l)/ pH |
| Br. „Meßkircher Straße“ 121/519-7 | n.g./7,27 | n.g. | n.g./ 7,34 |
| GWM 93/519-5 | n.g. | n.g. | 3,90 / 7,26 |
| GWM 94/519-6 | 3,59 / 7,16 | 3,79 / n.g. | 4,30 / 7,23 |
| GWM 95/519-1 | 2,60 / 7,28 | 2,33 / n.g. | 3,10 / 7,39 |
| GWM 97/519-7 | 0,75 / 7,15 | 0,68 / n.g. | 1,30 / 7,23 |
| GWM 98/519-2 | 4,80 / 7,21 | 2,50 / n.g. | 6,70 / 7,53 |
| GWM 101/519-4 | 0,52 / 6,92 | 0,51 / n.g. | 0,50 / 7,06 |
| GWM NA1/14 (2228/519-9) | 0,46 / 7,16 | 0,40 / n.g. | 0,50 / 7,24 |
| RP 13/14 (2221/519-0) | n.g. | n.g. | 0,50 / 7,41 |

n.g. = nicht gemessen

Auch in der GWM 93/519-5 und 98/519-2 sind die Nitratgehalte mit Werten zwischen 10 mg/l und 15 mg/l geringer als in den übrigen Messstellen im Anstrombereich des Brunnens "Meßkircher Straße". Da die beiden Messstellen direkt an Wasser führenden Gräben liegen, könnten die geringeren Werte durch die Zusickerung von Oberflächenwasser aus den Gräben beeinflusst sein. Reduzierende Verhältnisse liegen in diesen beiden Messstellen nicht vor.

In der GWM 101/519-4, die im Abstrom der Altlast "Dillmanschen Säge" liegt, wurden neben dem geringen Nitratwert auch die geringsten Werte für Natrium und Chlorid gemessen.

Im Brunnen „Meßkircher Straße“ konnte im Verlauf des Pumpversuchs ein Rückgang des Nitratgehaltes von 20,4 mg/ auf 18,8 mg/l beobachtet werden. Im Vergleich zu den Nitratuntersuchungen der Jahre 1987 – 1992, in denen die Gehalte zwischen 22 mg/l und 24 mg/l lagen, ist aktuell eine geringfügige Abnahme der Nitratkonzentration festzustellen.

In der Tabelle 5 sind für ausgesuchte Parameter ältere und aktuelle Analysenergebnisse für den Brunnen „Meßkircher Straße“ zusammengefasst.

Tab. 5 Hydrochemische Analysenergebnisse im Brunnen „Meßkircher Straße“ von 1987 - 2015

| | Calcium | Magnesium | Natrium | Chlorid | Nitrat |
|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 11.06.1987 | - | - | - | 28,0 mg/l | 24,0 mg/l |
| 20.07.1988 | 133,0 mg/l | 18,0 mg/l | - | 30,0 mg/l | 22,0 mg/l |
| 02.12.1992 | 136,0 mg/l | 14,2 mg/l | - | 29,0 mg/l | 24,0 mg/l |
| 26.01.2015 | 135,3 mg/l | 19,1 mg/l | 14,8 mg/l | 36,5 mg/l | 20,4 mg/l |
| 04.02.2015 | 133,2 mg/l | 18,8 mg/l | 14,3 mg/l | 33,9 mg/l | 18,8 mg/l |

Ergänzend zu den ausgewählten Hauptionen wurde 2015 der Urangehalt bestimmt. Die Ergebnisse zeigen, dass der Urangehalt in Richtung des Brunnens "Meßkircher Straße" zunimmt. In der GWM 97/519-7 und 98/519-2 lagen die Konzentration am 26.01.2015 unter 10 µg/l und in der GWM 94/519-6 und dem Brunnen mit 12 µg/l bzw. 13 µg/l darüber. Die Urananalyse der Beprobung am 04.02.2015 (Ende des Pumpversuchs) zeigt in allen Messstellen einen Rückgang der Urankonzentration. Im Brunnen lag mit 11 µg/l der Urangehalt nur noch knapp über dem Grenzwert (10 µg/l).

Alle Analysenergebnisse der Beprobungen vom 26.01.2015 und vom 04.02.2015 sind in Teilbericht 1 zusammengestellt.

Brunnen "Franzosenäcker": Ergebnisse der chemisch-physikalischen und hydrochemischen Untersuchungen

Temperatur und Leitfähigkeitsmessungen

Zur Überprüfung, ob Seewasser (Uferfiltrat aus See Süd 1 oder aus dem kleinen See östlich des Brunnens) im Brunnen oder in der Messstelle WSG 1/14 nachzuweisen ist, wurden die Temperatur und die elektrische Leitfähigkeit gemessen.

Die Werte der Leitfähigkeit in den Seen und im Grundwasserleiter sind deutlich unterschiedlich, so dass eine Anreicherung mit Seeuferfiltrat erkennbar sein müsste.

Die Werte der Leitfähigkeit in den Oberflächengewässern liegen zwischen 200 und 300 µS/cm (Tabelle 6) und damit deutlich unterhalb der Werte im Brunnen und in der Beobachtungsmessstelle WSG 1/14 (Werte zwischen 600 und 716 µS/cm).

Auch eine Reduzierung der Werte der Leitfähigkeit im Brunnen und in der Messstelle wurde nicht gemessen.

Hydrochemische Analysen

Ein Ziel der Untersuchungen war auch die Überprüfung der Eisen- und Manganwerte im Brunnen und deren Verhalten bei einer längeren Entnahme. Da früher festgestellt wurde, dass bei längerer Entnahme die Gehalte an Eisen und Mangan unterhalb des Grenzwertes zurück gingen. Dies führte zu dem Schluss, dass Uferfiltrat vom See Süd 1 verstärkt heran gezogen wurde.

Überraschend war, dass zu Beginn der Pumpversuche und auch während der Pumpversuche im Brunnen "Franzosenäcker" keine Gehalte an Eisen und Mangan messbar waren.

In der Messstelle WSG 1/14 hingegen nahm der Eisen- und Mangangehalt während der Pumpversuche deutlich zu und zwar

Eisen von 0,08 auf 0,101 mg/l

Mangan von < 0,001 auf 3,2 mg/l

bei gleichzeitiger Abnahme der Sauerstoffgehalte.

Diese Werte sprechen auch gegen eine Verdünnung des Grundwassers durch Uferfiltrat vom See Süd 1.

Bei der geringen Entfernung der Messstelle zum Brunnen (32 m) kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch im Brunnen bei ausreichend langem Betrieb die Grenzwerte von Eisen und Mangan wieder überschritten werden.

Tab. 6 Analysenergebnisse

| Datum | Parameter | Br. „Franzosenäcker“ LUBW 0002/519-2 | GWM WSG 1/14 LUBW 2229/519-4 |
|------------|---|---|---------------------------------|
| 10.06.2015 | el. Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 609 | 652 |
| | Nitrat (NO_3) mg/l | 34 | 29 |
| | Eisen mg/l | 0,002 | 0,003 |
| | Mangan mg/l | <0,001 | 0,08 |
| | Sauerstoff mg/l | 4,6 | 3,22 |
| 12.06.2015 | el. Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 609 | 665 |
| | Nitrat (NO_3)mg/l | 33 | 29 |
| | Eisen mg/l | <0,001 | 0,019 |
| | Mangan mg/l | <0,001 | 0,4 |
| | Sauerstoff mg/l | 5,0 | 3,1 |

Fortsetzung Tabelle 6

| Datum | Parameter | Br. „Franzosenäcker“ LUBW 0002/519-2 | GWM WSG 1/14 LUBW 2229/519-4 |
|------------|---|---|---------------------------------|
| 15.06.2015 | el. Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 600 | 652 |
| | Nitrat (NO_3) mg/l | 34 | 31 |
| | Eisen mg/l | 0,001 | 0,018 |
| | Mangan mg/l | <0,001 | 0,215 |
| | Sauerstoff mg/l | 5,5 | 2,5 |
| 22.06.2015 | el. Leitfähigkeit $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 630 | 716 |
| | Nitrat (NO_3) mg/l | 32 | 27 |
| | Eisen mg/l | <0,001 | 0,101 |
| | Mangan mg/l | <0,001 | 3,2 |
| | Sauerstoff mg/l | 5,3 | 1,4 |

7. Interaktion Grundwasserleiter (GWL) und Oberflächengewässer

7.1 Interaktion der Ablach mit dem Grundwasserleiter

Zur Überprüfung der Interaktion Ablach / Grundwasserleiter wurden im Jahre 2014 provisorische Messstellen (Rammpegel RP) entlang der Ablach erstellt. Zusätzlich stehen noch Grundwassermessstellen für die Untersuchung zur Verfügung. Der Nachweis von Uferfiltrat erfolgte anhand von:

- Wasserspiegelmessungen
- Temperaturmessungen (teufenorientiert)
- Leitfähigkeitsmessungen (teufenorientiert)
- Isotopengehaltsmessungen (s. z.B. Abb. 20 und 21 in Kap. 6.1)

Die Lage der Messstellen kann der Abb. 2b entnommen werden. Beispiele für den Vergleich der Wasserspiegelganglinien Grundwasserleiter und Ablach sind in den Abb. 11 – 14 dargestellt.

Für den Bereich der Abzweigung des Mühlkanals von der Ablach mit dem Stauwehr, wo nachweislich eine Infiltration von der Ablach in den Grundwasserleiter stattfindet, sind die Wasserspiegelganglinien, die Temperaturmesswerte und die Leitfähigkeitsmesswerte der Messstellen GWM 1/12, RP 3/14, GWM 18/91 zusammen mit den Messwerten der Ablach und des Sees Nord 2 aufgetragen (Abb. 22).

Diese Vergleiche sind für alle relevanten Messstellen im Teilbericht 1 dokumentiert.

Die Interpretation und Abschätzung der Grundwasserkomponenten aus Ablachuferfiltrat ist in Tabelle 7 zusammengefasst.

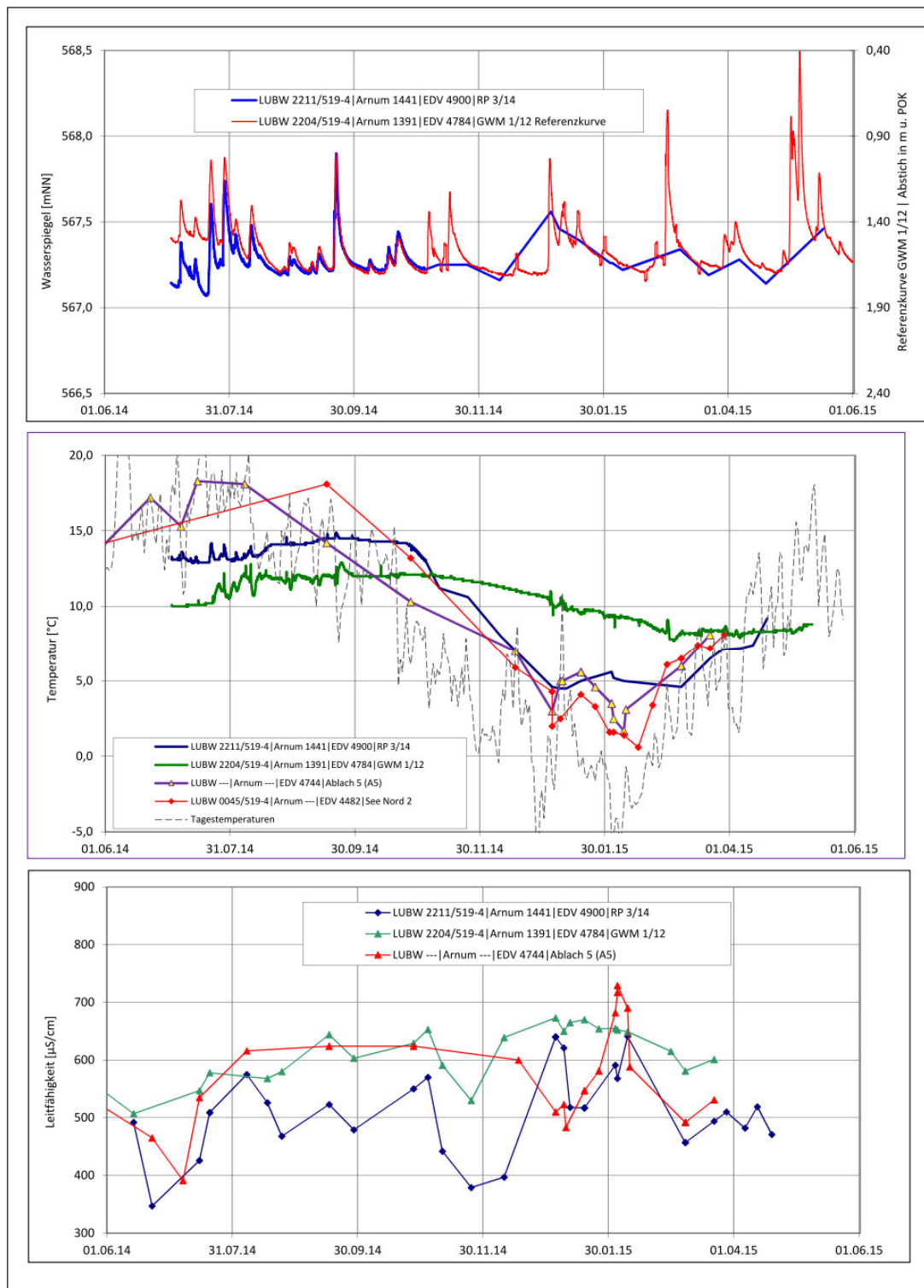


Abb. 22 Ganglinien der Wasserspiegel-, Temperatur- und Leitfähigkeitsmessergebnisse in GWM 1/12, See Nord 2 und Ablach (A5) vom 01.06.2014 – 31.05.2015

Tab. 7 Grundwasserkomponenten in den Rammpegel und Grundwassermessstellen nahe der Ablach

| Messstelle | |
|------------|---|
| RP1/14 | kurzfristige Komponente aus Ablach und See Nord 2 |
| V4/14 | kurzfristige und mittelfristige Komponente aus Ablach. Beeinflussung durch Tagestemperaturschwankungen |
| RP2/14 | zeigt eine mittelfristige Komponente von Ablachuferfiltrat. Eine Seekomponente (z.B. See Süd 2) ist nicht erkennbar |
| RP3/14 | zeigt eindeutig eine kurzfristige Ablachuferfiltrat-Komponente |
| GWM 1/12 | zeigt Ablachuferfiltrat (mittelfristig) d.h. Einspeisung oberhalb Stauwehr (Mühlkanal) |
| RP4/14 | zeigt als Hauptkomponente den Einfluss vom See Nord 2 |
| RP5/14 | zeigt eine mittel-bis langfristige Uferfiltrat-Komponente der Ablach (ähnlich wie GWM 1/12). Eine Komponente aus den Niederschlägen (Randzustrom) ist erkennbar. Eine kurzfristige Ablach - Komponente ist nicht erkennbar. Die Ablach wirkt hier wahrscheinlich als Vorfluter |
| RP6/14 | zeigt eine mittelfristige Komponente der Ablach und des Sees Nord 2, auch dies belegt, dass die Ablach hier als Vorfluter wirkt |
| RP8/14 | Die Messstelle zeigt neben einer (mittel- bis langfristigen) Komponente Ablach – Uferfiltrat, als Hauptkomponente aber ein Komponente die von Norden zufließt und durch lokalen Niederschlag bzw. Randzustrom neugebildet wird. |
| RP9/14 | zeigt eine Ablachuferfiltrat-Komponente (mittelfristig bis langfristig), aber auch den Einfluss des lokalen Niederschlags. Eine kurzfristige Ablach – Uferfiltrat - Komponente ist nicht erkennbar. |
| RP10/14 | Eine langfristige Komponente aus Ablach – Uferfiltrat ist erkennbar, überlagert durch eine Komponente gebildet aus lokalen Niederschlägen |
| RP11/14 | zeigt eine mittel- bis langfristige Ablach - Komponente, die wahrscheinlich aus dem Bereich „Dillmannsche Säge“ (A15) stammt. Eine kurzfristige Komponente ist nicht erkennbar, die Ablach ist hier nicht unmittelbar an den Grundwasserleiter angeschlossen |
| RP12/14 | Diese Messstelle zeigt keinen direkten Anschluss der Ablach an den Grundwasserleiter, obwohl hier ein Stauwehr die Mengener Ablach bzw. den Kraftwerkskanal aufstaut. Ein fehlerhafter Ausbau kann nicht ausgeschlossen werden. |
| RP13/14 | Diese Messstelle zeigt mittelfristiges Ablachuferfiltrat, aber keine direkte Beeinflussung. Die Mengener Ablach kann nur bei Hochwasserereignissen (Grundwasserstand) in den Grundwasserleiter einspeisen. Die Reaktion (Temperatur und Leitfähigkeit) können aber auch durch lokale Niederschläge verursacht werden. |

7.2 Interaktion der Seen mit dem Grundwasserleiter und der Seen mit der Ablach

Der direkte Nachweis von der Interaktion zwischen den Seen und dem Grundwasserleiter konnte im Untersuchungszeitraum durch die Werte der Leitfähigkeit, Temperatur und der Isotopengehalte in den Messstellen des Grundwasserleiters erfolgen. Ein Nachweis von Grundwasser in den Seen war nicht möglich, da die Mengenverhältnisse Grundwasser / Seewasser zu gering sind.

Seeuferfiltrat aus dem See Nord 2 konnte in den Messstellen GWM 108, GWM 107 und in den Rammpegeln RP 5/14 und RP6/14 nachgewiesen werden. Die Anteile schwanken zwischen nahezu 100 % (GWM 108) bis 15 % (RP 6/14).

Qualitativ lässt sich das Seeuferfiltrat durch den Vergleich der Temperatur – und Leitfähigkeitsmessungen bei den Messstellen nahe des Sees Nord 2 GWM 108, RP 4/14 und GWM 107 erkennen (Abb. 22 und Abb. 23).

Die quantitative Abschätzung kann anhand der Isotopengehaltsmessungen (stabile Isotope) erfolgen (vgl. Kap. 6.1 und Abb. 21 und Abb. 24.)

Die Untersuchungen ergaben auch, dass kein Uferfiltrat aus dem See Süd 3 in den Messstellen GWM V2/14, GWM 102/519 und GWM 2/12 sowie im Brunnen "Meßkircher Straße" nachweisbar ist.

Eine Interaktion zwischen den Seen und der Ablach konnte nur nachgewiesen werden, wenn die Seen direkt in die Ablach mit einer ausreichend großer Menge einspeisen. Dies erfolgt nur im Bereich des Auslaufs aus See Nord 2 (in die Ablach) und zeigt sich in den Werten der Leitfähigkeit und der Isotopengehalte, da die Ablach und der See Nord 2 unterschiedlich markiert sind.

Der Abfluss aus dem See Süd 2 ist für einen Nachweis in der Ablach zu gering.

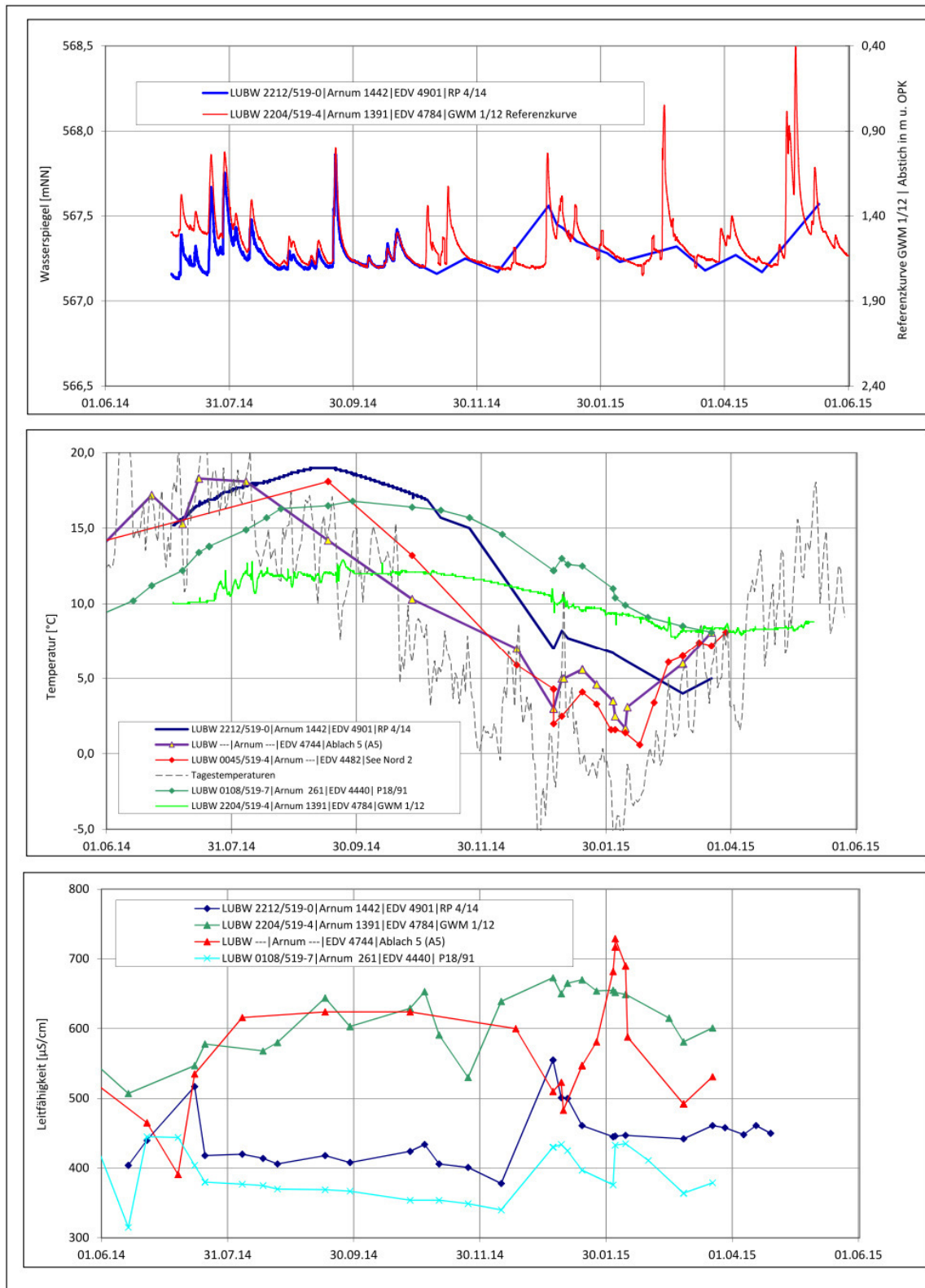


Abb. 23 Ganglinien der Wasserspiegel-, Temperatur- und Leitfähigkeitsmessergebnisse in den Messstellen RP4/14, GWM 1/12, GWM 18/91 (108/519), See Nord 2 und Ablach (A5) vom 01.06.2014 – 31.05.2015

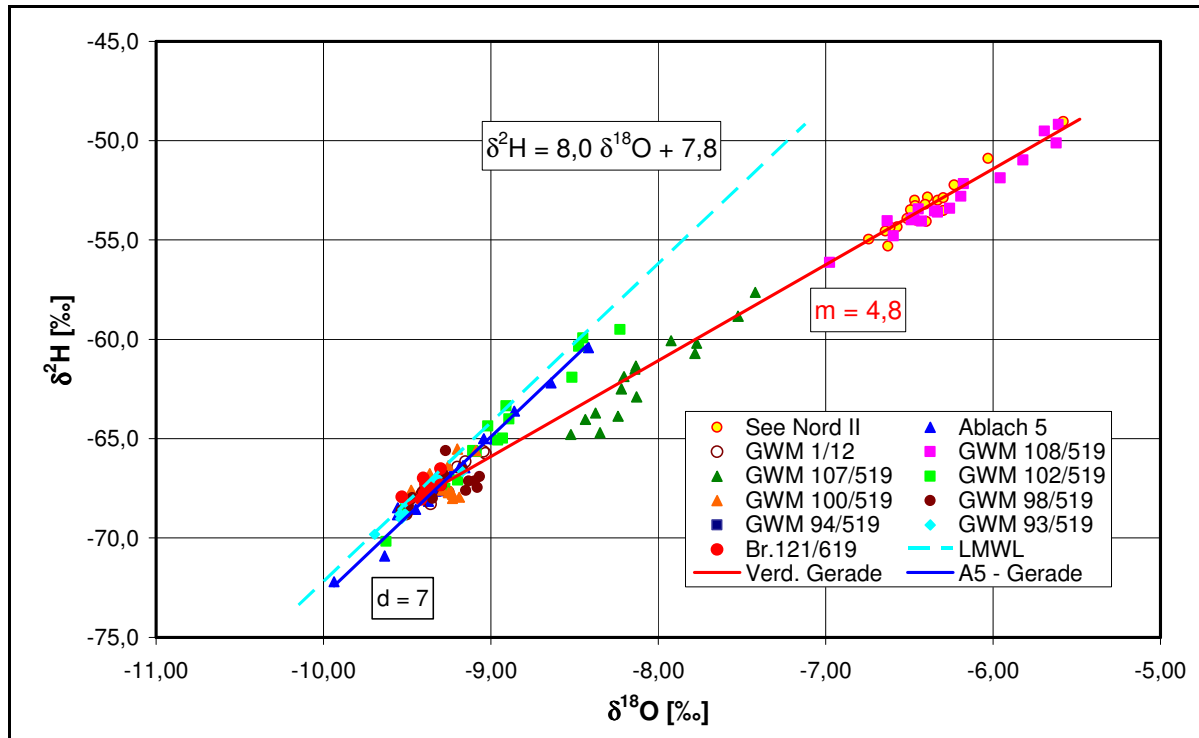


Abb. 24 D/O-Diagramm der Isotopenwertepaare aus den Entnahmestellen See Nord 2, GWM 1/12, GWM 108/519, GWM 107/519, GWM 102/519, GWM 100/519, GWM 98/519, GWM 93/519, GWM 94/519 und Br. 121/519, zusätzlich aus der Ablach

8. Ergebnisse der Pumpversuche und Bestimmung der Einzugsbereiche der Brunnen

Zur Ermittlung und Beschreibung der hydraulischen Parameter (Transmissivität, kf-Wert, Speicherkoeffizient) liegen ältere Ergebnisse von Pumpversuchen für die beiden Brunnen „Meßkircher Straße“ und TB Rulfingen (Brunnen „Franzosenäcker“) vor.

Die Ergebnisse dieser Pumpversuche wurden durch aktuelle Pumpversuche (Aquiferteste) im Jahre 2015 überprüft, um die Inputparameter für das numerische Modell zu aktualisieren.

8.1 Brunnen „Meßkircher Straße“

Pumpversuch Brunnen „Meßkircher Straße“ (Aquifertest 1991)

Die Bestimmung der Transmissivität im Brunnen „Meßkircher Straße“ erfolgte im Rahmen der Neuabgrenzung des Wasserschutzgebietes 1991. Für den Brunnen wurde ein Transmissivitätswert (T-Wert) von ca. $1,65 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ermittelt. In den GWM 92, 94 und 95 wurden im Rahmen dieser Pumpversuche mit $3,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ höhere T-Werte bestimmt

Aquifertest 2015 im Brunnen „Meßkircher Straße“

Zusätzlich zu den Kurzpumpversuchen wurde im Januar 2015 im Modellgebiet ein Aquifertest zur Überprüfung des Einzugsgebietes des Brunnens „Meßkircher Straße“ durchgeführt. Dabei wurde über einen Zeitraum von 9 Tagen (26.01.2015 – 04.02.2015) aus dem Brunnen eine Menge von ca. 16 l/s gefördert. Die Auswertung des Aquifertests ist im 1. Teilbericht ausführlich beschrieben.

Die Auswertung ergab für den Brunnen „Meßkircher Str.“ (0121/519-7) folgende Parameter:

| | |
|-------------------|---|
| Transmissivität = | $1,9 \cdot 10^{-2} [\text{m}^2/\text{s}]$ |
| kf-Wert = | $2,9 \cdot 10^{-3} [\text{m/s}]$ |
| Mächtigkeit= | 6,5 [m] |

Die Auswertung ergab auch, dass sich in der Nähe eine hydraulische Grenze befindet (Südrand Aquifer), die das Absenkungsverhalten verstärkt.

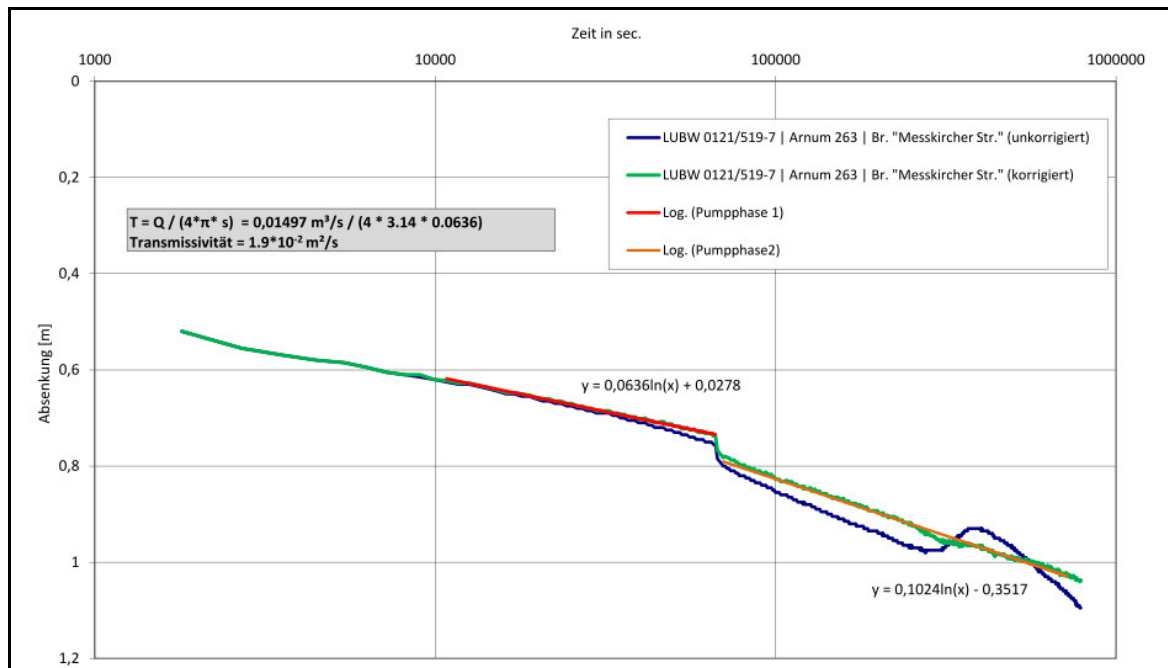


Abb. 25 Auswertung des Aquifertestes 2015 im Brunnen „Meßkircher Straße“ nach JACOB und Vergleich der Messdaten vor und nach der Korrektur (regionaler Trend)

Bemerkung:

Die Absenkungskurve des Grundwassers im Brunnen und in den Messstellen wurde von einem regionalen Trend, bedingt durch Niederschläge, überlagert. Dieser Einfluss musste für die Bestimmung der Transmissivität korrigiert werden.

8.2 Brunnen „Franzosenäcker“

Im Brunnen "Franzosenäcker" wurde 2006 ein Pumpversuch im Rahmen einer Brunnen-sanierung (Entsandung) durchgeführt.

Die Bestimmung der Transmissivität nach JACOB ergab einen Wert von ca. $5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (kf-Wert = $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$). Die Auswertung deutete eine Anreicherungsgrenze (Uferfiltrat See Süd I) an.

Im Zeitraum 09.06.2015 – 05.07.2015 wurden Stufenpumpversuche und ein Aquifertest durchgeführt. Während der Stufenpumpversuche wurden die Mengen von 3 l/s bis 6 l/s variiert.

Der Aquifertest wurde mit einer Entnahmemenge von 5 l/s aufgrund der Ergebnisse der Stufenpumpversuche durchgeführt. Eine höhere Dauerentnahme war nicht möglich.

Die wichtigsten Ergebnisse zur Bewertung der Fassungsanlage waren:

| | |
|-------------------|---|
| Transmissivität = | $5,7 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2/\text{s}]$ |
| kf-Wert = | $1,5 \cdot 10^{-3} [\text{m/s}]$ |
| Mächtigkeit= | 3,7 [m] |

Die Auswertung zeigt (Abb. 26), dass hydraulische Staugrenzen wirksam sind.

Als Fazit kann für den Brunnen „Franzosenäcker“ Folgendes zusammengefasst werden:

- Die Neubildungsrate und das Neubildungsgebiet reichen für die Entnahmemengen $Q_{24} = 5 \text{ l/s}$ nicht aus.
- Eine hydraulische Anbindung an den See Süd 1 ist seit 2006 nicht mehr gegeben, damit fehlt die Anreicherung für die Entnahmemenge $> 5 \text{ l/s}$.
- Eine größere Absenkung ($> 2 \text{ m}$) ist aufgrund der geringen Aquifermächtigkeit während niederschlagsarmer Zeiten nicht möglich.
- Das Werksgelände Valet u. Ott kann aufgrund der erfolgten Auffüllung (vor 1980) nicht zum Einzugsbereich des Brunnens „Franzosenäcker“ gezählt werden.

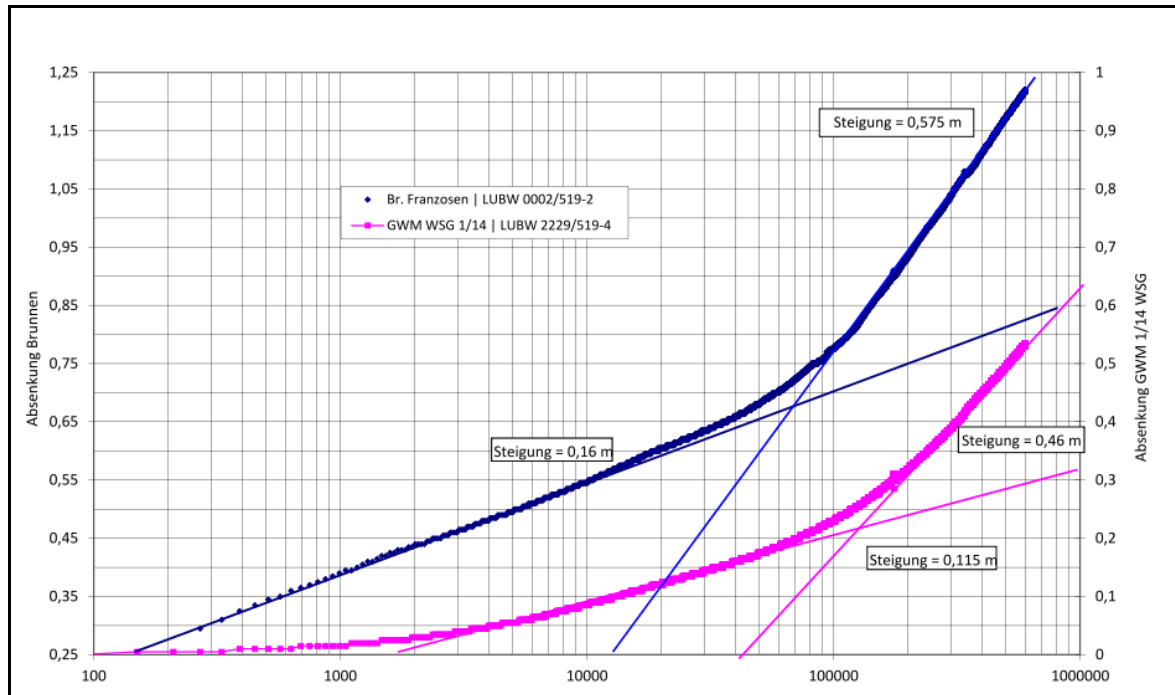


Abb. 26 Auswertung des Aquifertestes nach JACOB für den Br. „Franzosenäcker“ und die GWM WSG 1/14 von Juni 2015

8.3 Kurzpumpversuche von 2014/2015

Die Kurzpumpversuche von 2014 wurden in den Grundwassermessstellen GWM V1/14, V2/14, V3/14, NA1/14, P8/91 und P18/91 durchgeführt. Die Durchführung erfolgte zwischen dem 18.11. und 20.11.2014.

Zur Ergänzung der k_f -Wert-Verteilung erfolgten im Juli 2015 Pumpversuche in den Messstellen GWM 1/12 und GWM 3/12. Die Durchführung der Pumpversuche und die Auswertung der Ergebnisse sind im 1. Teilbericht dokumentiert.

Die ermittelten hydraulischen Parameter sind bei der Regionalisierung der k_f -Wert-Verteilung als Eingangsparameter zugrunde gelegt worden.

9. Numerisches Modell

Mit dem numerischen Strömungsmodell wurde eine Simulation der Grundwasserfließverhältnisse im Aquifer des Modellgebiets für den Zeitraum 01.01.2012 – 01.06.2015 (instationär) durchgeführt. Nach der Kalibrierung des numerischen Modells diente diese theoretische Berechnung als Grundlage für die notwendigen Prognoseberechnungen.

Die Szenarien der Prognoseberechnung betrachten die Grundwasserverhältnisse nach der Erweiterung des Nassabbaus aus dem See Süd 3 und erfassen mögliche Auswirkungen auf die Trinkwasserversorgung der Stadt Mengen (Brunnen „Meßkircher Straße“).

Dazu ist ein Vergleich vor (Kalibrierung) und nach der Erweiterung (Prognosen) notwendig. Durch einen Vergleich der Fließverhältnisse im Grundwasserleiter vor der Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3 (Kalibrierung) und nach der Erweiterung (Prognose) konnten Aussagen hinsichtlich der Fließverhältnisse im Zustrombereich der Trinkwasserfassung "Meßkircher Straße" für die aktuelle Entnahmemenge und für eine höhere Menge getroffen werden.

9.1 Aufbau

Mit dem Programm FEFLOW erfolgte eine Unterteilung des Modellgebietes in Dreieckselemente (Finite Elemente). Die Größe der 66.038 Elemente ist so gewählt, damit sie hinreichend genau den Grundwasserleiter und die Oberflächengewässer im Modellgebiet beschreiben. Deshalb wurde im Bereich der Seen und der Ablach das Netz aus Dreieckselementen verfeinert, um die Strukturen genauer zu erfassen (vgl. Abb. 27).

Zur Berechnung der Grundwasserfließverhältnisse mit dem numerischen Modell müssen die Randbedingungen und die hydraulischen Parameter vom gesamten Grundwasserleiter des Modellgebiets vorgegeben werden.

Randbedingungen

In einem Grundwasserströmungsmodell sind die Randbedingungen, die die Grundwasserfließverhältnisse im Modellgebiet beeinflussen bzw. bestimmen, zu definieren.

Die Randbedingungen des numerischen Strömungsmodells basieren auf Wasserspiegelmessungen, Schüttungsmessungen und Entnahme- bzw. Versickerungsmengen.

Im Programm FEFLOW lassen sich 4 Randbedingungen unterscheiden.

Für das Modell in Rulfingen werden Randbedingungen der 1. der 3. und der 4. Art verwendet, wie nachfolgend beschrieben.

Randbedingung der 1. Art (DIRICHLET):

Der Zustrom von Westen wird anhand von gemessenen Wasserspiegelhöhen, die im Modell fest vorgegeben werden (Festpotenzial) berechnet. Der Austausch von Wässern

zwischen dem Grundwasserleiter und den Seen Nord 1- 2 und Süd 1 – 3 wird im Modell ebenfalls anhand der gemessenen Seewasserpegel (Festpotenzial) berechnet.

Auch der Abstrom nach Osten wird anhand von gemessenen Wasserspiegelnhöhen, (Festpotenzial) berechnet.

Die Randbedingung der 3. Art (CAUCHY) beschreibt die Ex- und Infiltration der Ablach (Leakage) in/aus dem Grundwasserleiter. Auch hier werden die gemessenen Pegelstände der Ablach für die Berechnung der Austauschmenge zu Grunde gelegt.

Der Leakageparameter und die Wasserspiegelnhöhen der Ablach bestimmen das Maß der hydraulischen Anbindung der Ablach an den Grundwasserleiter und damit die Ex- und Infiltrationsmengen.

Die Randbedingung der 4. Art beschreibt die Entnahmemenge des Brunnens „Meßkircher Straße“ (Messwerte) und die Versickerungsmengen der Bäche und Gräben, die berechnet werden müssen und dann ins Modell eingegeben werden.

Die Neubildungsrate im Einzugsgebiet und im Bereich des Modellgebietes wurde von der LUBW zur Verfügung gestellt. Die durchschnittliche Neubildungsrate des Einzugsgebiets beträgt ca. 33 l/s und im Modellgebiet ca. 27 l/s. In der Abb. 28 sind das Modellgebiet und sein Einzugsgebiet dargestellt.

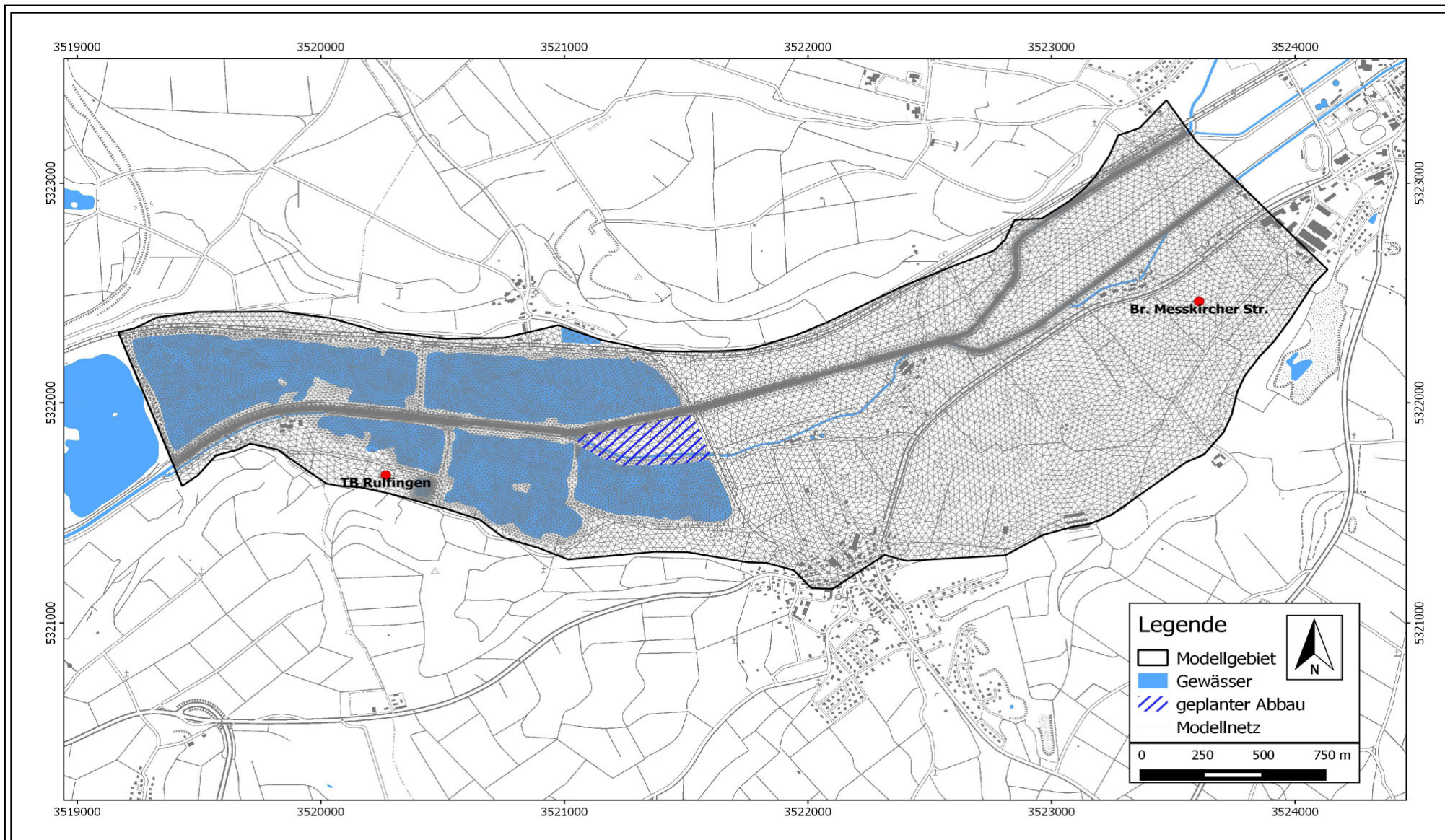
Die detaillierte Beschreibung der Randbedingungen ist dem Teilbericht 2 "Numerisches Grundwasserströmungsmodell" vom 18.09.2015 zu entnehmen.

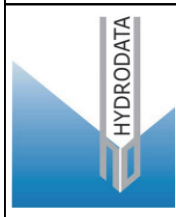
Hydraulische Parameter

Neben den Randbedingungen müssen den Dreieckselementen des numerischen Strömungsmodells zur Beschreibung der Fließverhältnisse die hydraulischen Parameter (kf-Wert, Speicherkoeffizient, Aquifermächtigkeit) und die Neubildungsraten zugewiesen werden.

*Die regionale kf-Wert- Verteilung (Abb. 5) stützt sich auf die Ergebnisse der hydraulischen Versuche und die Verteilung des Speicherkoeffizienten wurde mit der Formel von HENNING ($\epsilon_{\text{eff}} = 0,40 + 0,05 * \text{LOG}_{10}(\text{kf})$) unter Berücksichtigung der kf-Wert Verteilung berechnet.*

Die Aquifermächtigkeit wird aus der Differenz der Wasserspiegelnhöhe und der Aquiferbasis (Abb. 3) berechnet.



| | | | | | | |
|---|---|--|---|--|---|--|
|  | Löwengasse 10 78315 Radolfzell | | Unterteilung des Modellgebietes in Finite Elemente (räumliche Diskretisierung) | | Hydrogeologische Untersuchungen Grundwasserströmungsmodell Rulfingen 2014/2015 | |
| | Tel.: 07732-9983-0 Fax: 07732-9983-15 eMail: mail@hydro-data.de | | Auftraggeber: Valet u. Ott GmbH & Co.KG, Kies- und Sandwerke, 88512 Mengen | | Projekt-Nr.: 88512/2014-016-01/821 | |
| | Datei: Abb_27_Unterteilung.... | | Bearbeiter: M. Reinold | | Datum: Dezember 2016 | |

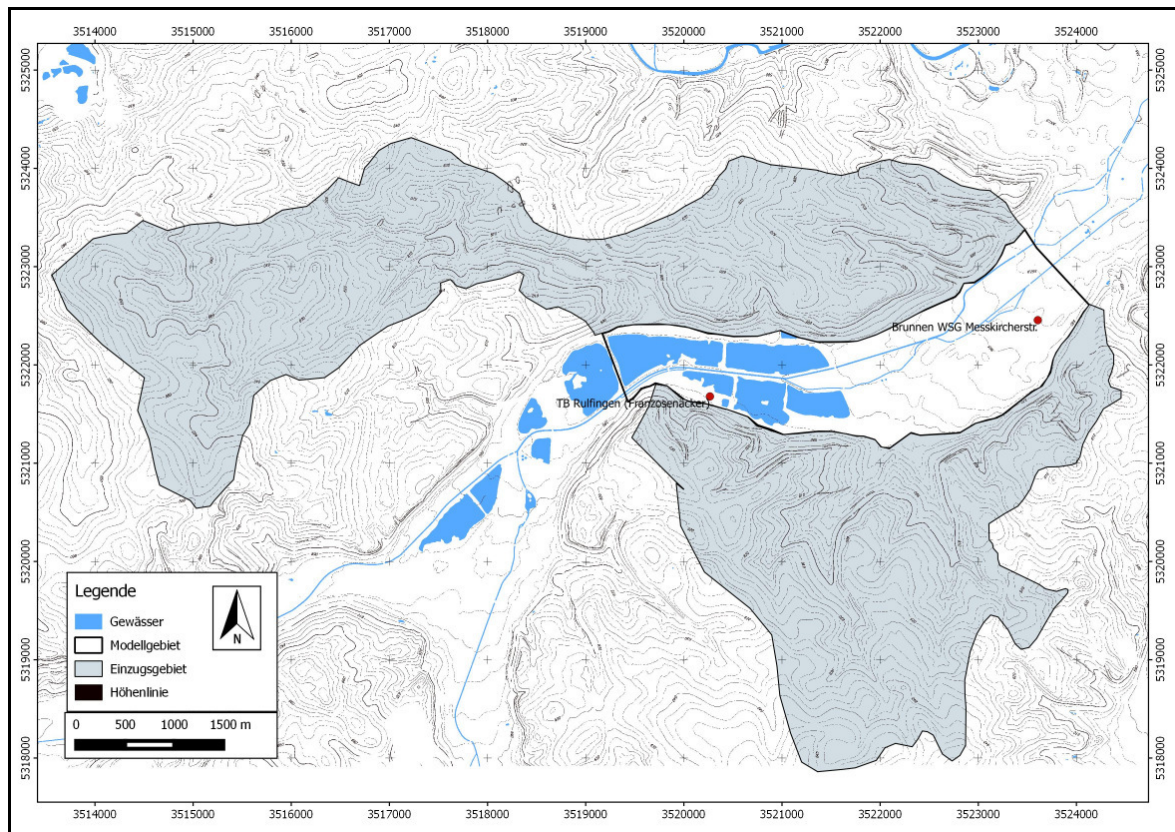


Abb. 28 Lage des oberirdischen Einzugsgebiets für das Modellgebiet

9.2 Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells

Die Berechnungen der Grundwasserfließverhältnisse für die instationäre Kalibrierung wurden für den Zeitraum 01/2012 – 06/2015 durchgeführt.

Die Anpassung der berechneten an die gemessenen Wasserspiegelhöhen (Kalibrierung) erfolgte durch Änderung der kf-Wert-Verteilung und der Leakage-Parameter entlang der Ablach.

Instationäre Kalibrierung

Die berechneten Grundwasserspiegelhöhen als Ergebnis der Kalibrierung zeigen eine gute Anpassung der berechneten an die gemessenen Grundwasserspiegelhöhen (in den Abbildungen als Grundwasserganglinien dargestellt) in insgesamt 57 Beobachtungsmessstellen (Referenzmessstellen).

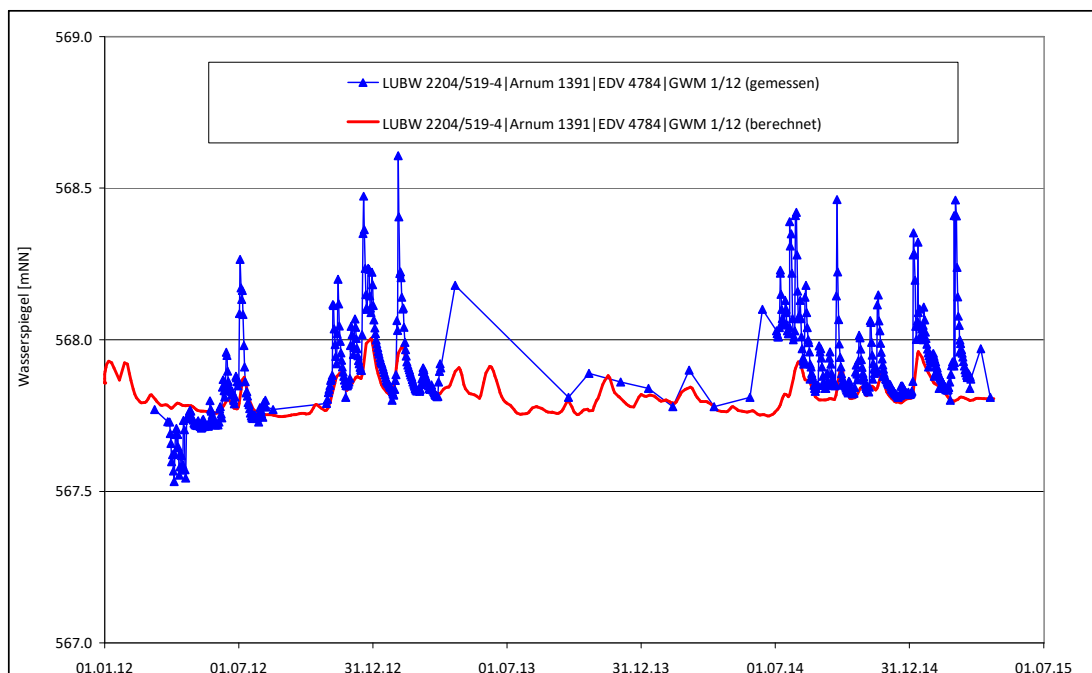
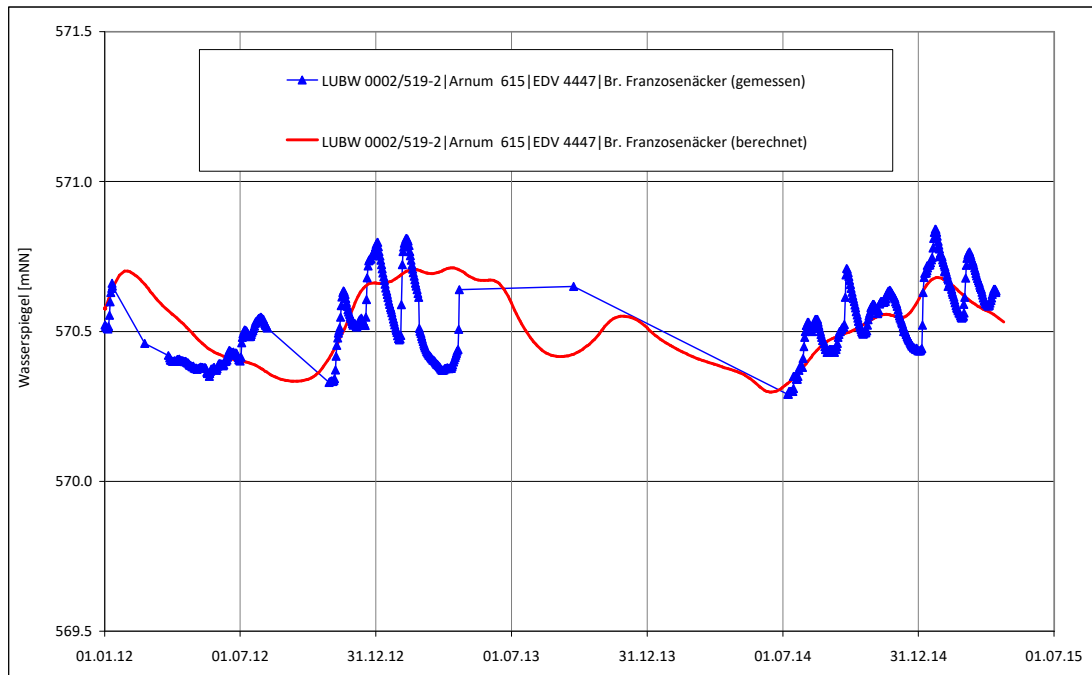


Abb. 29 Instationäre Kalibrierung: Vergleich der berechneten und gemessenen Wasserspiegellhöhen im Br. „Franzosenäcker“ und der GWM 1/12

Räumliche Anpassung (stationäre Kalibrierung)

Der Vergleich der berechneten Grundwasserstände mit den gemessenen Wasserspiegeln wird für verschiedene Zeitpunkte (Stichtagsmessungen bei unterschiedlichen Grundwasserständen) durchgeführt. Es ergab sich eine Abweichung in einem Toleranzbereich kleiner 5% des Gesamtgefälles von ca. 12 m im Modellgebiet (siehe CROSS-PLOT in Abb. 30b).

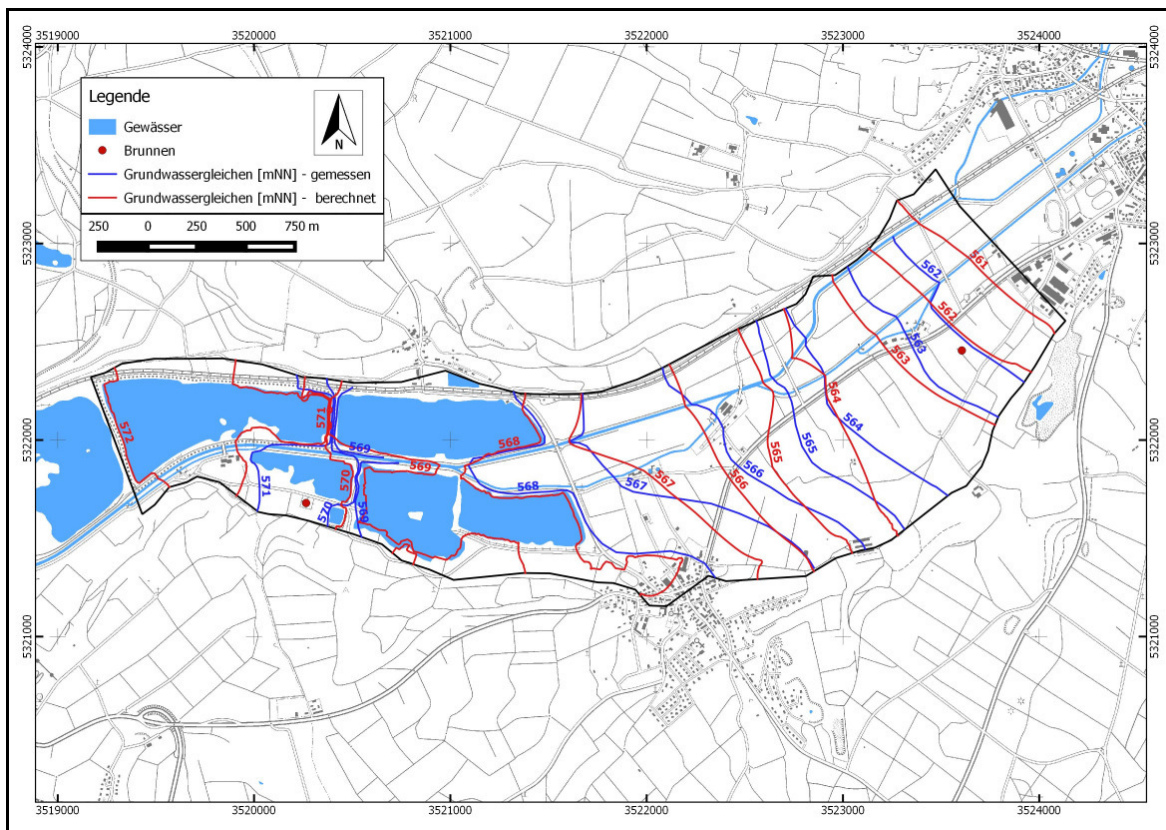


Abb. 30a Vergleich der berechneten und der konstruierten (gemessenen) Grundwassergleichen für einen mittleren Grundwasserstand (28.10.2014)

Die Anpassungsgüte der berechneten Wasserspiegel an die gemessenen Grundwasserstände zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung am 28.10.2014 verdeutlicht die Darstellung in Form eines CROSS-PLOTS, bei dem die gemessenen Grundwasserspiegelhöhen gegen die berechneten aufgetragen werden. Bei einer 100% genauen Anpassung liegen alle Messpunkte auf einer Geraden.

Der CROSS-PLOT in Abbildung 30b verdeutlicht die gute Anpassung der berechneten an die gemessenen Wasserspiegelhöhen.

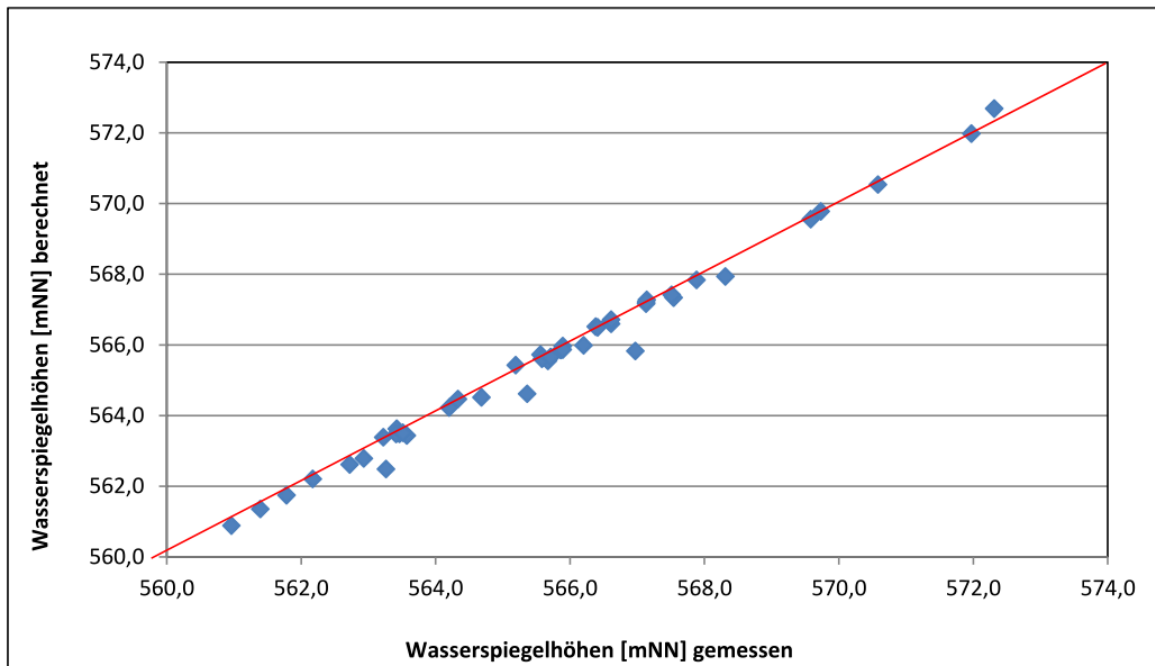


Abb. 30b CROSS-PLOT der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen für den mittleren Grundwasserstand vom 28.10.2014

9.3 Grundwasserbilanz

Neben der Berechnung der Strömungsverhältnisse im Grundwasserleiter ist auch die Ermittlung der Grundwasserhaushaltsbilanz ein wesentliches Ziel eines Grundwasserströmungsmodells. Die positiven Bilanzglieder der Grundwasserhaushaltsbilanz umfassen den Zustrom von Westen in das Modellgebiet, die Grundwasserneubildung durch Niederschläge, Randzuströme und den Zustrom (Infiltration) von Uferfiltrat (Seen, Ablach). Die negativen Bilanzglieder im Modellgebiet sind die Exfiltration in die Oberflächengewässer, die Entnahme durch den Brunnen „Meßkircher Straße“ und der Abstrom nach Osten.

In der Tabelle 8 sind die einzelnen Bilanzglieder aufgelistet.

Die durchschnittlichen Mengen der Grundwasserhaushaltsbilanz sind mit Angaben in älteren Gutachten (z.B. Abstrommenge Ost im Gutachten des LGRB 1992) und mit Messergebnissen der Zu- und Abflüsse der Seen (z.B. Überlaufmenge See Nord 2) vergleichbar und somit plausibel.

Tab. 8 Glieder der Grundwasserhaushaltsbilanz – durchschnittliche Mengen des Zeitraums 2011 - 2015

| Bilanzglied | Wirkungsbereich | Input [l/s] (in den Grundwasserleiter) | Output [l/s] (aus dem Grundwasserleiter) |
|-------------------------------|---------------------------|--|--|
| Neubildung aus Niederschlägen | Modellgebiet | 27,05 | -1,11 |
| | Randzustrom, Versickerung | 33,56 | |
| | | | |
| Entnahme | Br. „Meßkircher Str.“ | | 8,51 |
| | | Zufluss aus See | Abstrom in See |
| Seen | Süd 1 | 0,28 | 0,1 |
| | Süd 2 | 0,1 | 2,43 |
| | Süd 3 | 0,04 | 0,01 |
| | Nord 1 | 0,71 | 0,6 |
| | Nord 2 | 16,82 | 77,9 |
| | | Zufluss aus Ablach | Abstrom in Ablach |
| Ablach | Ablach Rand – A4 | 0,58 | 9,21 |
| | A4 – Wehr Mühlkanal | 84,09 | 5,24 |
| | Wehr Mühlkanal - A5 | 0,24 | 25,1 |
| | Ablach A5 – A15 | 16,47 | 14,59 |
| | Mengener Ablach | 41,13 | 0,15 |
| | Ennetacher Ablach | 11,23 | 34,45 |
| | | | |
| Zustrom | West | 11,86 | |
| Abstrom | Ost | | 71,76 |
| | | | |
| Summe | | 244,16 | 251,16 |

9.4 Prognoseberechnungen mit und ohne Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3

Die Grundlage der Prognoseberechnungen ist das kalibrierte numerische Grundwasserströmungsmodell. Mit den Prognoseberechnungen wurde der Einfluss des geplanten Nassabbaus auf die hydrogeologischen Verhältnisse erfasst, um seine Auswirkungen auf den Trinkwasserbrunnen „Meßkircher Straße“ zu bewerten. Die Prognoseberechnungen für die geplante Erweiterung des Nassabbaus erfolgten für den Kalibrierungszeitraum, damit ist ein direkter Vergleich der hydraulischen Fließverhältnisse mit und ohne

Nassabbau möglich, die bei einer mittleren Entnahme von $Q_{24} = 8,5 - 10,5 \text{ l/s}$ vorherrschen.

Zusätzlich werden die Berechnungen mit und ohne Erweiterung des Nassabbaus für eine höhere Entnahme (konstant $Q_{24} = 15 \text{ l/s}$) durchgeführt, damit die Auswirkungen auf den Brunnen bei einer erhöhten Entnahme bewertet werden können.

Folgende Prognoseberechnungen wurden somit durchgeführt:

- Berechnungen mit den Randbedingungen und den hydraulischen Parametern des kalibrierten Strömungsmodells zuzüglich der Erweiterung des Sees Süd 3 (durchschnittliche Entnahmemenge des Brunnens „Meßkircher Straße“ für 2012 - 2015 mit $Q_{24} = 8,5 \text{ l/s}$.)
- Berechnungen mit den Randbedingungen und den hydraulischen Parametern des kalibrierten Strömungsmodells und einer kontinuierlichen Entnahme von $Q_{24} = 15 \text{ l/s}$ ohne Erweiterung des Kiesabbaus im See Süd 3
- Berechnungen mit den Randbedingungen und den hydraulischen Parametern des kalibrierten Strömungsmodells bei einer Erweiterung des Nassabbaus aus Sees Süd 3 und mit einer kontinuierlichen Entnahme von $Q_{24} = 15 \text{ l/s}$.

Bei allen Prognoseberechnungen hat sich gezeigt, dass die Erweiterung des Sees Süd 3 keine Auswirkungen auf die Anströmverhältnisse des Brunnens „Meßkircher Straße“ hat.

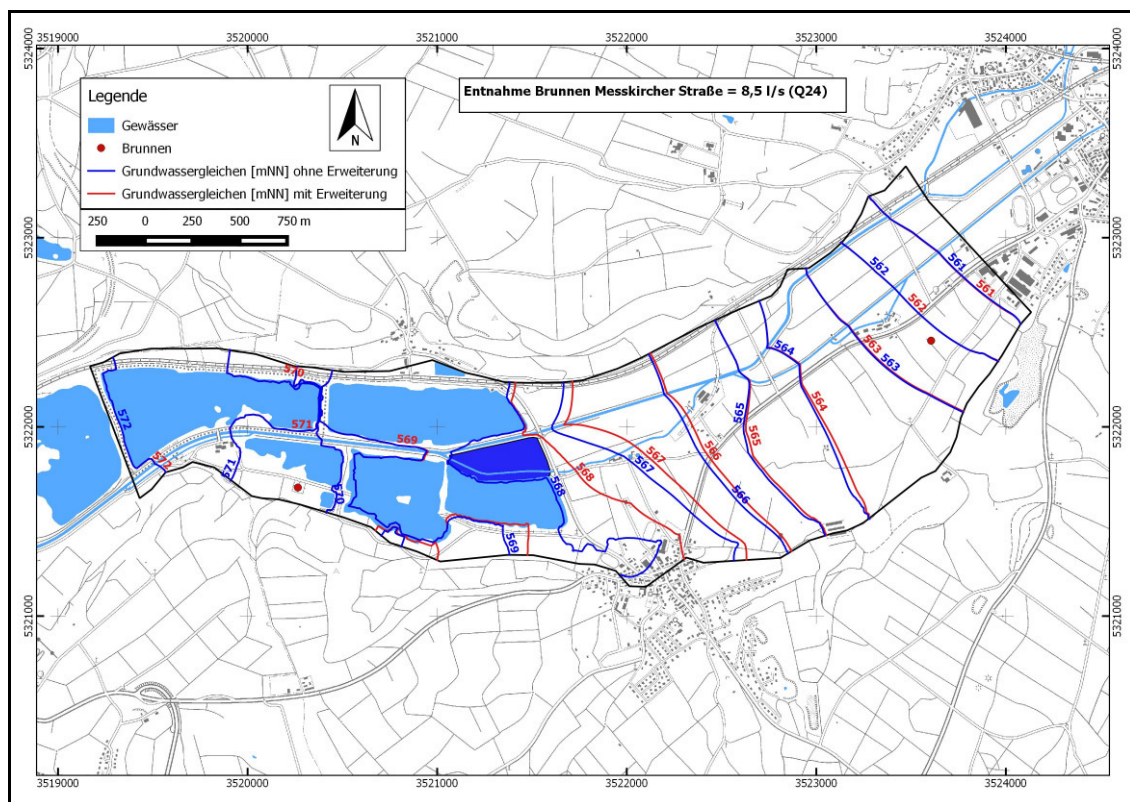
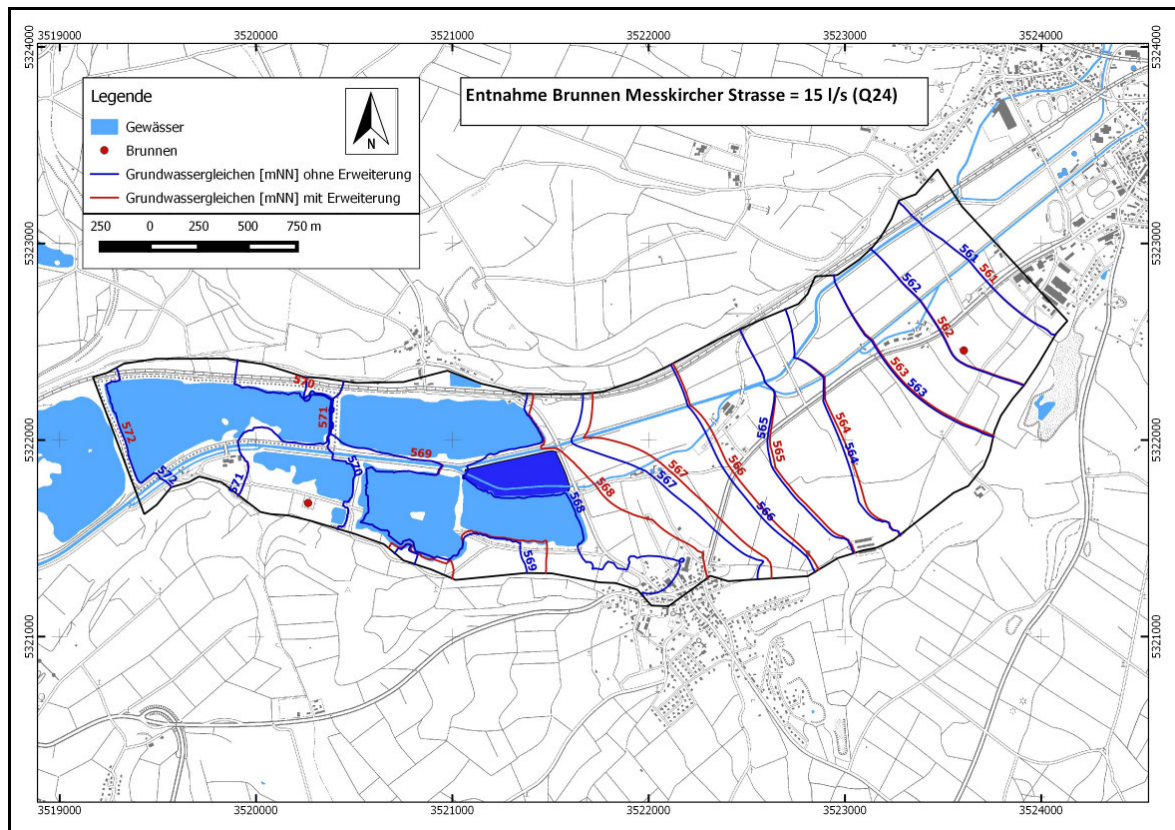


Abb. 31a Vergleich der berechneten Grundwassergleichen (mNN) mit und ohne Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3 für einen Grundwassermittelstand (28.10.2014) bei einer durchschnittlichen Entnahme von $Q_{24} = 8,5 \text{ l/s}$



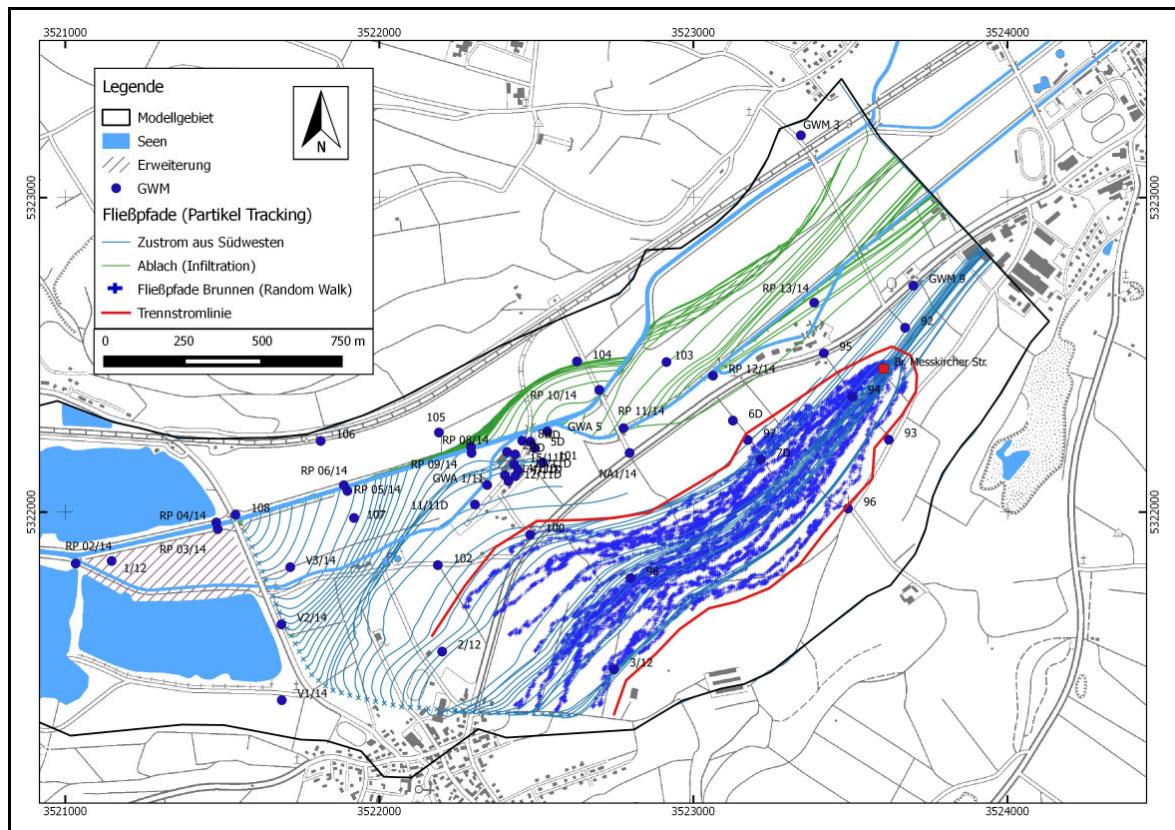


Abb. 32a Darstellung des berechneten Einzugsgebietes des Brunnens „Meßkircher Straße“ bei einer Entnahme von durchschnittlich $Q_{24} = 8,5 \text{ l/s}$ (mit Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3)

Berechnung des Einzugsbereichs des Brunnens "Meßkircher Straße" für $Q_{24} = 15 \text{ l/s}$

Bei der Entnahme von $Q_{24} = 15 \text{ l/s}$ erfolgt die Anströmung weiterhin aus südwestlicher Richtung wie die berechneten Fließpfade in Abb. 32b und 32c zeigen.

Bei Berücksichtigung der Dispersion und der daraus resultierenden Fließpfade (Partikel Tracking mit Random Walk) kommt die Altlast in das Einzugsgebiet des Brunnens zu liegen. Dies trifft auch für die Berechnungen mit Erweiterung des Nassabbaus zu. Eine Änderung des Einzugsgebietes des Brunnens "Meßkircher Straße" durch die Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3 kann nicht festgestellt werden

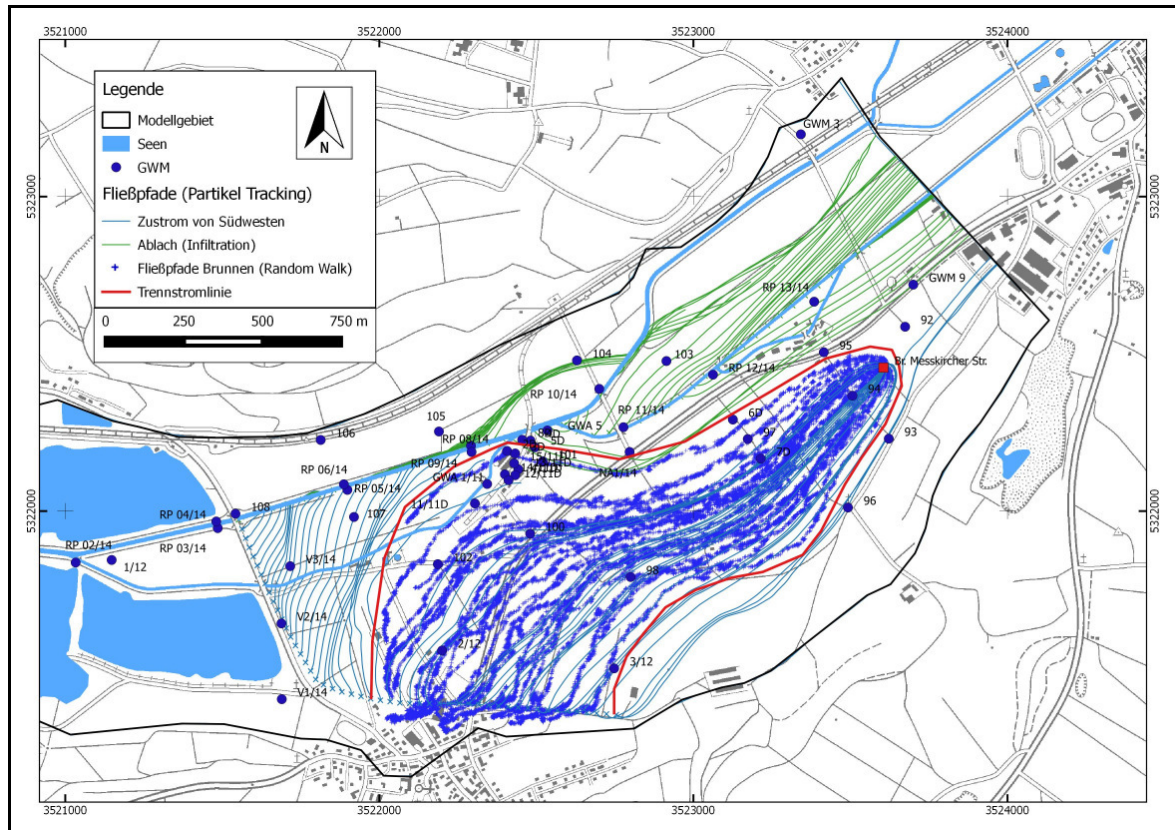


Abb. 32b Darstellung des berechneten Einzugsgebietes des Brunnens „Meßkircher Straße“ bei einer Entnahme von $Q_{24} = 15,0 \text{ l/s}$ und ohne Erweiterung des Nassabbaus im See Süd 3

10. Fazit

Das durchgeführte Untersuchungsprogramm führte dazu, dass die Datengrundlage und Dichte der Grundwassermessstellen nach Abstimmung mit den Behörden deutlich erweitert werden konnte und somit eine ausreichende Datengrundlage für das numerische Modell zur Verfügung stand. Zusätzlich konnten im Untersuchungszeitraum die Pumpversuche in den Brunnen der Trinkwasserversorgung durchgeführt werden und die notwendigen hydraulischen Parameter für das Modell gewonnen werden.

Die wesentlichen Ergebnisse und neuen Erkenntnisse für das konzeptionelle Modell betreffen die Interaktion zwischen der Ablach und den Grundwasserleiter, die durch Messwerte nachgewiesen wurde. Die Einzugsbereiche der Brunnen sind nun besser bekannt, die Anströmung und die unterschiedlichen Komponenten der Neubildung konnten mit verschiedenen Methoden bestimmt werden. Zum Nachweis von Seeuferfiltrat im Grundwasserleiter kann ausgesagt werden, dass der See Süd 1 abgedichtet ist und nahezu keinen Kontakt mit dem Grundwasserleiter besitzt.

Uferfiltrat aus dem See Nord 2 konnte im Abstrom östlich des Sees Nord 2 nachgewiesen werden. Der See Süd 3 ist wie vermutet abgedichtet, es konnte kein Seeuferfiltrat in den nahe gelegenen Beobachtungsmessstellen im Grundwasser erkannt werden.

Die hydraulische Beeinflussung des Grundwasserleiters durch die Ablach (z.B. bei Hochwasserstand) konnte vom Einfluss des Niederschlags bzw. des Randzustroms differenziert werden, obwohl beide Auswirkungen oft zeitgleich im Grundwasserleiter zu beobachten sind. Eine Grundwasserhaushaltsbilanz konnte erstellt werden und die Komponenten der Neubildung als positive Bilanzglieder bestimmt werden.

Das numerische Grundwasserströmungsmodell wurde auf einer gut belegten und plausiblen Datengrundlage aufgebaut. Die instationäre Kalibrierung hat den „Ist – Zustand“ gut simuliert und zeigte, dass das Modell für Prognoseberechnungen gut geeignet ist.

Die Prognoseberechnungen lassen somit folgende Aussagen zu:

- Hydraulisch ist von der Erweiterung des Nassabbaus aus dem See Süd 3 keine Auswirkung auf die Brunnen erkennbar, eine quantitative Beeinträchtigung kann praktisch ausgeschlossen werden.
- Die Anströmung auf die Brunnen ändern sich nicht, eine Komponente von Seeuferfiltrat aus der Erweiterung Süd 3 erreicht den Brunnen „Meßkircher Straße“ nicht. Die Fließrichtung wird durch die hydraulischen Parameter und der Rinnenstruktur (Geometrie des Aquifers) sowie durch die Ablach (Infiltration und Exfiltration) bestimmt.
- Auch für $Q_{24} = 15 \text{ l/s}$ zeigen die Berechnungen, dass keine Änderung des Fließsystems im Bereich des Anstrombereiches des Brunnens durch die Erweiterung des Nassabbaus auftritt.

Auch für den Bereich „Dillmannsche Säge“ zeigt die Erweiterung des Nassabbaus aus dem See Süd 3 keine Änderungen des Fließsystems. Hier wird das Fließverhalten durch die Interaktion mit der Ablach dominiert.