

# Erweiterung Kiesabbau Stockäcker Otterswang Pfullendorf

## Hydrogeologisches Abschlussgutachten

**Stand: 30.03.2023**

**Projekt:** Erweiterung Kiesabbau Stockäcker, Kiesgrube  
Otterswang

**Hier:** Hydrogeologische Bewertung des Kiesabbaus mit  
temporärem Nassabbau

**Auftraggeber:** Valet u. Ott GmbH & Co.KG  
Beton-, Kies- und Splittwerke  
Uferweg 25  
88512 Mengen-Rulfingen

**Projektnummer:** 88512|2021-021-01|925

Bericht erstellt: Radolfzell, 31.03.2023



M. Reinold  
Dipl.-Geologe



R. Ramsch  
Dipl.-Geologe



Dr. W. Michel  
Dipl.-Geophysiker

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
0. Zusammenfassung .....	7
1. Vorbemerkung.....	10
2. Beschreibung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse – konzeptionelles Modell .....	10
2.1 Bohrungen - Kiesbasis.....	11
2.2 Bewertung der hydraulischen Versuche – Erstellung der Durchlässigkeitsverteilung.....	15
2.3 Interpretation der Wasserspiegelmessungen (Grundwasser) .....	16
2.4 Ermittlung Bemessungswasserstände.....	19
2.5 Beschreibung Verfüllung temporärer Nassabbau .....	19
3. Einfluss Klimawandel auf Quellschüttung.....	23
3.1 Allgemeine Bemerkungen .....	23
3.2 Bewertung der Messdaten .....	25
3.3 Temperaturmessungen Grundwasser und Quellaustritte.....	26
4. Numerisches Grundwasserströmungsmodell .....	29
4.1 Beschreibung Modellaufbau.....	29
4.2 Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells (instationäre Kalibrierung).....	32
5. Prognoseberechnungen für den geplanten Kiesabbau .....	37
5.1 Prognoseberechnung - Hydraulik .....	37
5.2 Prognoseberechnung - Temperatureinfluss.....	44
5.3 Ergebnisse der Berechnung der Temperaturänderungen .....	47
6. Fazit der numerischen Prognoseberechnungen .....	51

## Abbildungsverzeichnis

Abb.1.1	Lageplan Modellgebiet Otterswang mit dem bestehenden und beantragten Kiesabbau und den Bohraufschlüssen / Grundwassermessstellen.....	6
Abb. 1.2	Auszug aus der Geologischen Karte Bereich Otterswang (Mapserver LGRB Freiburg) .....	13
Abb. 2.1	Kiesbasis im Bereich des Modellgebietes mit Abbaugrenzen und Vorhabengebiet.....	14
Abb. 2.2	Durchlässigkeitsverteilung (kf-Werte) im Modellgebiet mit den ermittelten Werten in ausgewählten Grundwassermessstellen .....	15
Abb. 2.3	Grundwasserganglinien der GWM im Bereich der Erweiterung Stockäcker.....	17
Abb. 2.4	Grundwassergleichenplan in m NN vom 14.04.2020 mit Darstellung der Fließrichtung .....	18
Abb. 2.5	Entwicklung des Kiesabbaus (Trockenabbau und temporärer Nassabbau) von 2014 - 2022 .....	21
Abb. 2.6	Vorschlag Abbausohle für Bereich des temporären Nassabbaus bzw. des Korridors im Aquifer.....	22
Abb. 3.1	Vergleich der Monatsmengen Niederschlag mit den wöchentlichen Quellschüttungsmengen 2007 – 2022 .....	24
Abb. 3.2	Vergleich der Monatsmengen Niederschlag mit den wöchentlichen Quellschüttungsmengen 2018 - 2022.....	24
Abb. 3.3	Temperaturganglinien der Quellaustritte im Bereich der Fischbrutanstalt 2015 – 2020.....	28
Abb. 3.4	Temperaturganglinien von Grundwassermessstellen im Zustrom zu den Quellen der Fischbrutanstalt - mit und ohne Einfluss des temporären Nassabbaus.....	28
Abb. 4.1	Aufbau Modellgebiet für das numerische Modell (Diskretisierung).....	30
Abb. 4.2	Lage der Messstellen für die Kalibrierung (Vergleich berechneter und gemessener Wasserspiegelhöhen).....	33
Abb. 4.3	Vergleich der berechneten mit den gemessenen Grundwasserspiegelhöhen in der GWM 5P/04 vom 01.07.2007 – 01.07.2021.....	34
Abb. 4.4	Vergleich des berechneten Abstroms mit den gemessenen Quellschüttungsmengen vom 01.07.2007 – 01.07.2021 .....	35

Abb. 5.1	Kiesbasis im Bereich des Vorhabengebietes .....	39
Abb. 5.2	Aquifermächtigkeit (Stichtag 14.04.2020) im Bereich des Vorhabengebietes .....	40
Abb. 5.3	Verfüllte Bereiche genehmigter temporärer Nassabbau und temporärer Nassabbau Vorhabengebiet mit Korridor (kein Nassabbau).....	41
Abb. 5.4	Bereich genehmigter temporärer Nassabbau und temporärer Nassabbau Vorhabengebiet .....	42
Abb. 5.5	Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM P6/18 (Anstrom Vorhabengebiet).....	43
Abb. 5.6	Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM P5/18 (Abstrom Vorhabengebiet) .....	43
Abb. 6.1	Lageplan des Vorhabengebietes mit Abbauabschnitten .....	45
Abb. 6.2a	Vergleich Temperaturverlauf Referenzsee und Nassabbau Vorhabengebiet.....	46
Abb. 6.2b	Temperaturverlauf im Bereich des temporären Nassabbaus während des Abbaus in den 4 Teilbereichen des 1. Abbauabschnitts (Abbauzeitraum ca. 4 Jahre).....	46
Abb. 6.3	Temperaturverlauf im Bereich der Quellaustritte - Nassabbau gesamte Teilfläche .....	48
Abb. 6.4	Temperaturverlauf im Bereich der Quellaustritte - Nassabbau 50% der Teilfläche .....	48
Abb. 6.5	Temperaturverlauf des Grundwassers im Abstrom des temporären Nassabbaus im Abbauabschnitt 1 .....	49
Abb. 6.6	Grundwassertemperatur im Abstrom des temporären Nassabbaus (t = 328 Tage).....	50

### **Tabellenverzeichnis**

Tab. 1	Abschätzung Klimawandel auf Abflussmessungen.....	26
Tab. 2a	Durchschnittliche Zu- und Abstrommengen (Grundwasserhaushaltsbilanz) für den Berechnungszeitraum vom 01.07.2007 bis 01.06.2021.....	36
Tab. 2b	Durchschnittliche Jahresmenge Zu- und Abstrom (Grundwasserhaushaltsbilanz) für den Berechnungszeitraum von 2008 bis 2020 .....	36



## **Anlagen**

### Anlage 1.1 – 1.15

Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen

### Anlage 2.1 – 2.3

Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in Grundwassermessstellen (Anstrom Vorhabengebiet)

### Anlage 2.4 – 2.8

Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in Grundwassermessstellen (Abstrom Vorhabengebiet)

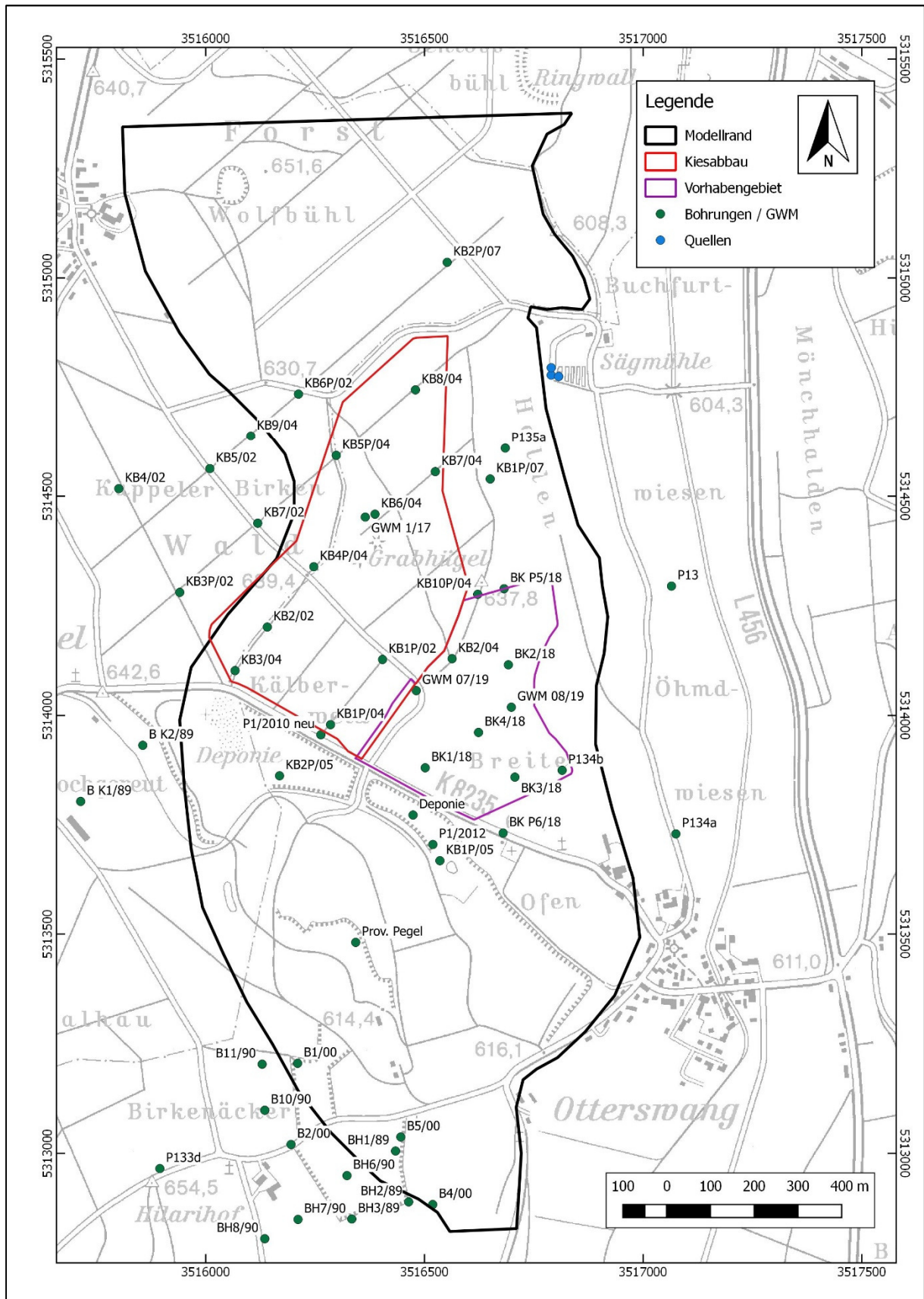


Abb.1.1 Lageplan Modellgebiet Otterswang mit dem bestehenden und beantragten Kiesabbau und den Bohraufschlüssen / Grundwassermessstellen

## **0. Zusammenfassung**

Ziel des Gutachtens ist es aufzuzeigen, dass eine Erweiterung des Kiesabbaus in der Kiesgrube Stockäcker in Otterswang, Pfullendorf mit einem temporären Nassabbau über die Wintermonate und einem Korridor der den Grundwasserabfluss gewährleistet sowie einem Trockenabbau über die Sommermonate, ohne eine Beeinträchtigung der Fließrichtung des Grundwasserstromes und der Schüttung im Quellbereich der Fischbrutanstalt gewährleistet werden kann. Weiterhin soll gezeigt werden, dass ebenso keine qualitativen Beeinträchtigungen durch den geplanten Abbau zu erwarten sind.

### **Geologie und Hydrogeologie**

Die hydrogeologischen Verhältnisse, bestimmt anhand von Bohrungen, hydraulischen Versuchen, Wasserspiegel-, Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen sowie der Bestimmung der Durchlässigkeit, belegen, basierend auf der Kiesbasis, eine Rinnenstruktur.

Da das Abbaugelände teilweise in einem „Vorbehaltsgebiet zur Sicherung des Wasservorkommens“ liegt, müssen mögliche Einflüsse auf das Fließsystem in der Kiesrinne vor, während und nach dem Abbau betrachtet werden. Bei dem Kiesabbau ist die Fließrichtung nach Norden zu gewährleisten.

Ein Abströmen des Grundwassers nach Osten (im Vorbehaltsgebiet) kann ausgeschlossen werden, da die Molasse im Osten an der Hangschulter zum Kehlachtal höher ansteigt als die Wasseroberfläche in den Kiesen.

### **Bisheriger Abbau**

Die Entwicklung der Temperatur und der Quellschüttungen bei der Fischbrutanstalt wurden während des Zeitraumes 2013 – 2022, in der auch ein temporärer Nassabbau stattfand, untersucht.

Die Quellschüttungen zeigen über diesen Zeitraum ein durchschnittliches Jahresmittel von 32,07 l/s, wobei dieses über den Zeitraum von 2011 – 2022 zwischen 25 l/s und 40 l/s schwankt. Diese Schwankungen korrelieren mit den (Jahres)Niederschlagsmengen. Ein Einfluss durch die Abbautätigkeit wird nicht beobachtet.

Im Beobachtungszeitraum von 2015 – 2020 kann ein Temperaturanstieg von ca. 0,25°C in den Quellaustritten der Fischbrutanstalt festgestellt werden. Der Vergleich mit Grundwassermessstellen im Zustrom der Quellen der Fischbrutanstalt, die vom Kiesabbau unbeeinflusst sind, zeigen denselben Trend und einen Temperaturanstieg von ca. 0,5°C. Dies belegt, dass der Kiesabbau keine

Temperaturveränderung in den Quellschüttungen verursacht. Der zu beobachtende Temperaturanstieg ist auf den Klimawandel zurückzuführen.

### **Erweiterung des Kiesabbaus**

Die Erweiterung des Abbaugebietes (Vorhabengebiet) befindet sich im Südosten des bisherigen Abbaugebietes. Um eine Erwärmung des Grundwassers und infolge des Quellwassers auszuschließen findet über die Sommermonate nur ein Trockenabbau statt. Über die Wintermonate wird ein temporärer Nassabbau stattfinden, wobei im zentralen Bereich des Erweiterungsgebietes ein Korridor mit eingeschränkter Nassabbautiefe bestehen bleibt. Die Abbausohle des Korridors ist auf der Höhe von 611,5 m NN, und somit über dem Bemessungsgrundwasserspiegel, festgesetzt. Der Grundwasserleiter bleibt in diesem Bereich somit ungestört.

### **Mögliche Beeinträchtigung Quelfassung inkl. Einbezug vom Klimawandel**

Anhand numerischer Prognoseberechnungen wird aufgezeigt, dass die Beeinflussung des Fließsystems durch den Abbau im Vorhabengebiet im Abstrombereich im Vergleich zu den Fließverhältnissen nach Abbau des genehmigten Bereichs gering ist. Signifikante Änderungen sind nur im Anstrombereich des Vorhabengebietes zu erwarten. Hier muss mit einem Anstieg des Grundwasserspiegels gerechnet werden. Im Abstrom bleiben die Grundwasserverhältnisse durch die zusätzliche Verfüllung im Vorhabengebiet beim Verbleib eines ungestörten Bereichs des Grundwasserleiters zwischen dem genehmigten Abbau und dem Vorhabengebiet nahezu unbeeinflusst.

Ein Einfluss auf die Schüttung der Quellaustritte bei der Fischzuchtanstalt ist nicht zu erwarten, da der Abbau keine signifikante Änderung der Grundwasserneubildung aus Niederschlägen nach sich zieht.

Die Berechnungen zeigen, dass Temperaturänderungen der Quellschüttungen im Bereich der Fischbrutanstalt zu vernachlässigen sind und die Mischungstemperatur eine Erhöhung unter 0,5 °C zeigt.

Es wird aufgezeigt, dass eine Temperaturerhöhung um 0,5 °C zu erwarten ist, die jedoch zum größten Teil im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung und nicht mit dem Abbau steht.

Die Quellschüttungen werden bei einer Annahme von einer Reduzierung (30%) der jährlichen Niederschläge infolge des Klimawandels im bisherigen Schwankungsbereich bleiben.

## Fazit

Der vorgesehene **Kiesabbau** in der Kiesgrube Stockäcker findet wie folgt statt:

- Trockenabbau im Sommer (15.6 – 15.9)
- Temporärer Nassabbau im Winter (mit anschließender Verfüllung), jedoch mit einem Korridor (Abbausohle 611,50 m NN) in dem der Grundwasserleiter ungestört verbleibt

Das Gutachten zeigt auf, dass durch einen Abbau folgendes gewährleistet ist:

- Keine Änderung im **Fließsystem** da:
  - o eine natürliche Begrenzung durch Molassesedimente im Osten ein Abfluss nach Osten verhindert
  - o ein unveränderter Grundwasserabfluss durch den Korridor gewährleistet ist
  
- Eine Beeinträchtigung der **Schüttung und Temperatur** in der Quelle Fischbrutanstalt ist nicht zu erwarten, da:
  - o kein signifikanter Temperaturanstieg ( $< 0,5 \text{ °C}$ ) aufgrund des Nassabbaus nur im Winter,
  - o die Fläche des temporären Nassabbaus gering und die Verdunstung daher vernachlässigbar ist, auch deshalb, weil in den Sommermonaten kein Nassabbau stattfindet,
  - o die Neubildung im Winterhalbjahr durch Niederschläge aufgrund der geringen Temperatur und der 100 % gen Neubildung (kaum Verdunstung) auf die Wasserfläche größer ist als bei Flächen ohne Nassabbau.
  
- Zu erwartende Änderungen infolge des **Klimawandels** (Annahme einer Reduktion der Niederschlagsmengen um 30%):
  - o Schüttung der Quellen Fischbrutzucht verringert sich von durchschnittlich 32,07 l/s auf 26,8 l/s im Jahresmittel

## **1. Vorbemerkung**

Nachdem die Rohstofferkundung für das Gewann Stockäcker im Rahmen der Regionalplanung (Fortschreibung des Regionalplans) ein abbauwürdiges Vorkommen nachgewiesen hat, sind der Einfluss und die Folgen des Trockenabbaus und eines temporären Nassabbaus auf die Fließverhältnisse im Abbaubereich und im Abstrom zu untersuchen. Dabei liegt ein besonderes Augenmerk auf den Quellschüttungen nördlich des Kiesabbaus, die der Fischzuchtanlage STROBEL zufließen.

Durch den temporären Nassabbau kann die Lagerstätte besser genutzt werden. Temporärer Nassabbau bedeutet hierbei, dass der Nassabbau wieder mit autochthonem Material verfüllt wird, möglicherweise mit schlecht durchlässigem Material.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für die Erweiterung des Kiesabbaus in Otterswang (Fa. Valet u. OTT) wurde 2009 ein Grundwasserströmungsmodell erstellt, das die hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich des Kiesabbaus beschreibt. Dieses Modell wurde 2012 aktualisiert. Zur Bewertung des Einflusses einer Erweiterung des Kiesabbaus im Gewann Stockäcker erfolgt nun eine weitere Aktualisierung des Strömungsmodells (Stand Mai 2021). Das aktualisierte Grundwasserströmungsmodell 2021 bildet die Grundlage für die Prognoseberechnungen der hydraulischen Fließverhältnisse, die den zukünftigen Abbau unter Berücksichtigung der Erweiterung Stockäcker beschreiben sollen.

Für die techn. Abbauplanung wurden die Hoch- und Niedrigwasserstände für die relevanten Grundwassermessstellen im aktuellen Kiesabbau und der geplanten Erweiterung „Stockäcker“ ermittelt (Bemessungswasserstände).

Es wurde anhand der Messdaten, die ab 2006 vorliegen, der jeweilige Bemessungswasserstand (Höchstwasserstand) abgeschätzt, der die Grundlage für einen Trockenabbau (außerhalb des temporären Nassabbaus) liefert.

Gemäß dem Leitfaden von 2004 liegt die Abbausohle für den Trockenabbau dann 1 m über den Höchstwasserstand.

## **2. Beschreibung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse – konzeptionelles Modell**

Grundlage des Grundwasserströmungsmodells sind die Untersuchungen, die im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für den bestehenden Kiesabbau, während des Monitorings „Grundwasser“ (seit Erteilung der Genehmigung 2010) und der

Rohstofferkundung Stockäcker durchgeführt wurden. Diese Untersuchungen umfassen:

- Aufschlussbohrungen zur Lagerstättenerkundung
- Bohrungen (Ausbau zu Grundwassermessstellen)
- Hydraulische Versuche (Pumpversuche)
- Wasserspiegelmessungen, Temperatur und Leitfähigkeitsmessungen
- Dokumentation Verfüllung temporärer Nassabbau im genehmigten Abbaubereich
- Erfassung der Quellschüttungsmessungen bei der Fischzuchtanlage

## **2.1 Bohrungen - Kiesbasis**

Die geologische Aufnahme der Bohrungen bildet die Grundlage für die Beschreibung der Kiesbasis im Untersuchungsgebiet. Der Kiesbasislinienplan in Abbildung 2.1 beruht auf den Bohrergebnissen von insgesamt 33 Bohrungen innerhalb des Modellgebietes und weiteren Bohrungen im näheren Umfeld und ist dadurch gut durch Daten belegt.

Die Isolinien der Kiesbasis belegen eine Rinnenstruktur im Bereich des genehmigten Abbaugbietes, in der die Kiesbasis bis ca. 605 - 602 m NN absinkt. Im Bereich der Vorhabensfläche liegt die Kiesbasis zwischen ca. 607 m NN – 610 m NN.

Im Zuge der Erkundung des Rohstoffvorkommens im Rahmen des Antrags zur Erweiterung des Kiesabbaus in Otterswang im Gewann Stockäcker (s. Abb. 1) zeigt die Erkundungsbohrung P 134/2282; Archivnummer LGRB 406 eine Basis des Kiesvorkommens (bzw. Quartärs), die deutlich tiefer liegt, als die benachbarten Bohrungen. Das Bohrprofil zeigt quartäre Sedimente bis 35 m unter Gelände. Darunter folgen Sedimente der Unteren Süßwassermolasse.

Damit liegt die Quartär-/Kiesbasis bei ca. 601 m NN – in den benachbarten Bohrungen bei 607 – 610 m NN (s. Abb. 2.1).

Diese Bohrung Nr. P 134/2282 wurde im Rahmen von seismischen Untersuchungen (Schussbohrung) im Jahre 1963 niedergebracht.

Die vorliegende geologische Aufnahme dieser Bohrung beschreibt jedoch nur die Basis der quartären Ablagerungen, eine detaillierte Beschreibung liegt nicht vor. Aus hydrogeologischer Sicht müsste die Aquifermächtigkeit mehrere Meter betragen. Eine Erkundung der hydrogeologischen und rohstoffgeologischen Verhältnisse ist aktuell nicht möglich.

Die Geologische Karte (s. Abb. 4) zeigt in unmittelbarer Nähe (östlich) der Bohrung P134/2282 (Archivnr. LGRB 406) die anstehenden Sedimente der Unteren Süßwassermolasse (tUS), sodass nach Rücksprache mit dem LGRB (Abteilung Rohstoffgeologie) hier möglicherweise von einer tiefen, schmalen Kiesrinne auszugehen ist.

### **Hydrogeologie – Berücksichtigung Vorbehaltsgebiet Wasservorkommen**

Da das Abbaugelände teilweise in einem „Vorbehaltsgebiet zur Sicherung des Wasservorkommens“ liegt, muss der Einfluss dieser tiefen Rinne auf das Fließsystem vor, während und nach dem Abbau betrachtet werden.

Bei dem Kiesabbau (Trockenabbau und temporärem Nassabbau) ist die Fließrichtung nach Norden zu gewährleisten (Quellen Fischzuchtanlage).

Bei einem temporären Abbau soll der Rohstoff bis 1 m über der Basis Kies / Oberkante Molasse abgebaut werden.

Da die Molasse im Osten an der Hangschulter zum Kehlachtal höher ansteigt als die Wasseroberfläche in den Kiesen bzw. die Kiese hier nicht ausgebildet sind, sondern die Molasse ansteht (s. Abb. 2.1 – tUS), kann ein Abströmen des Wassers ins Vorbehaltsgebiet und damit eine Fließänderung nach Osten ausgeschlossen werden.



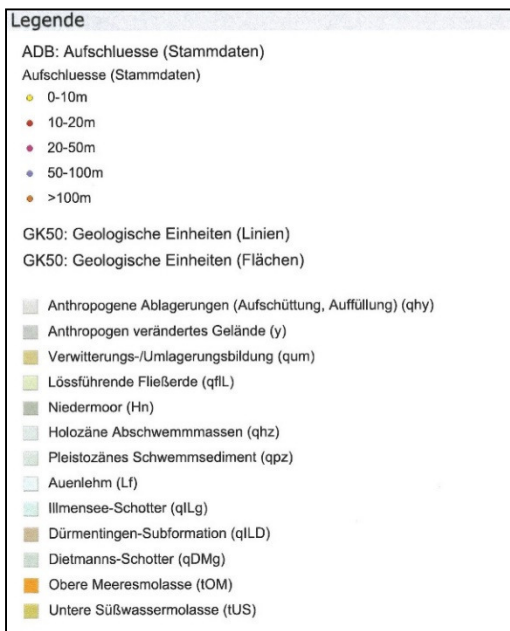
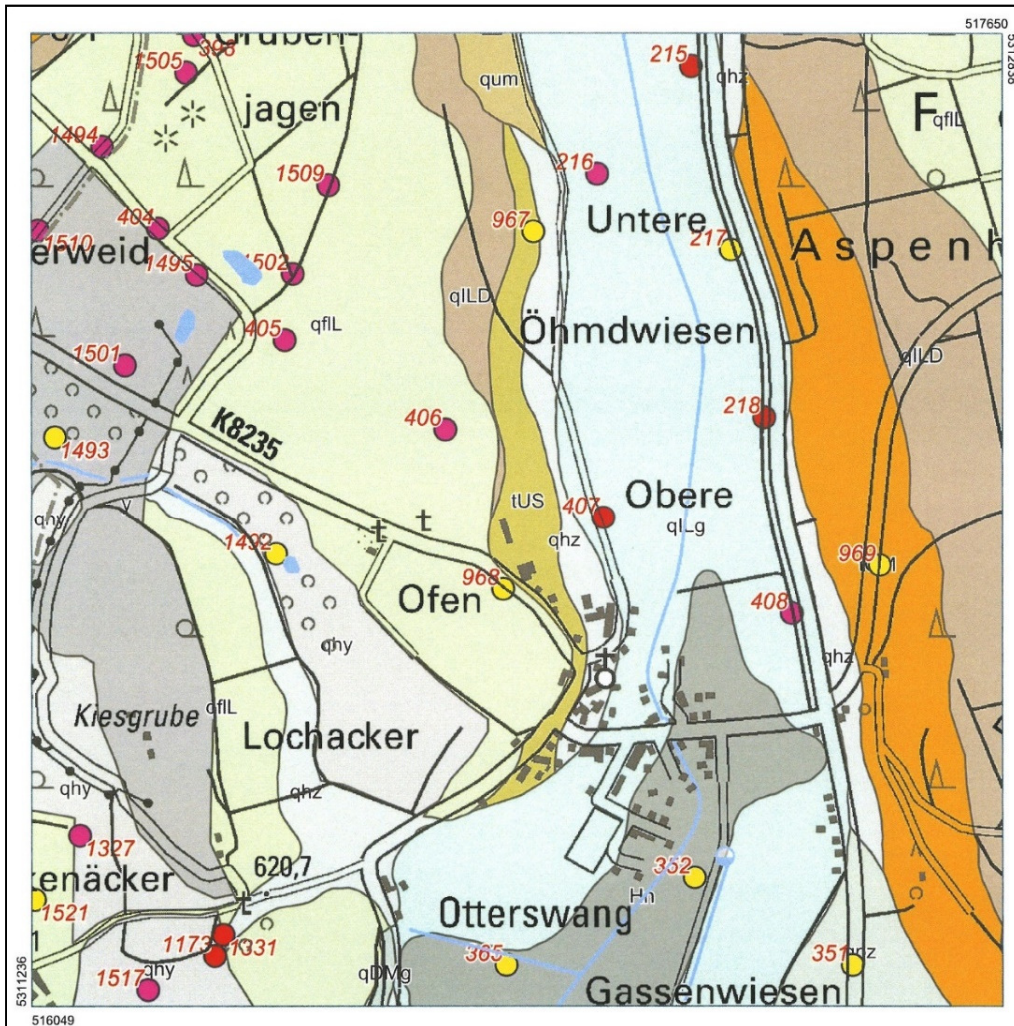


Abb. 1.2 Auszug aus der Geologischen Karte Bereich Otterswang (Mapserver LGRB Freiburg)





## 2.2 Bewertung der hydraulischen Versuche – Erstellung der Durchlässigkeitsverteilung

Die Durchlässigkeitsverteilung (Abb. 2.2) stützt sich auf die Ergebnisse hydraulischer Versuche und der Kalibrierung des Strömungsmodells, durch den Vergleich der berechneten und der gemessenen Wasserspiegellhöhen.

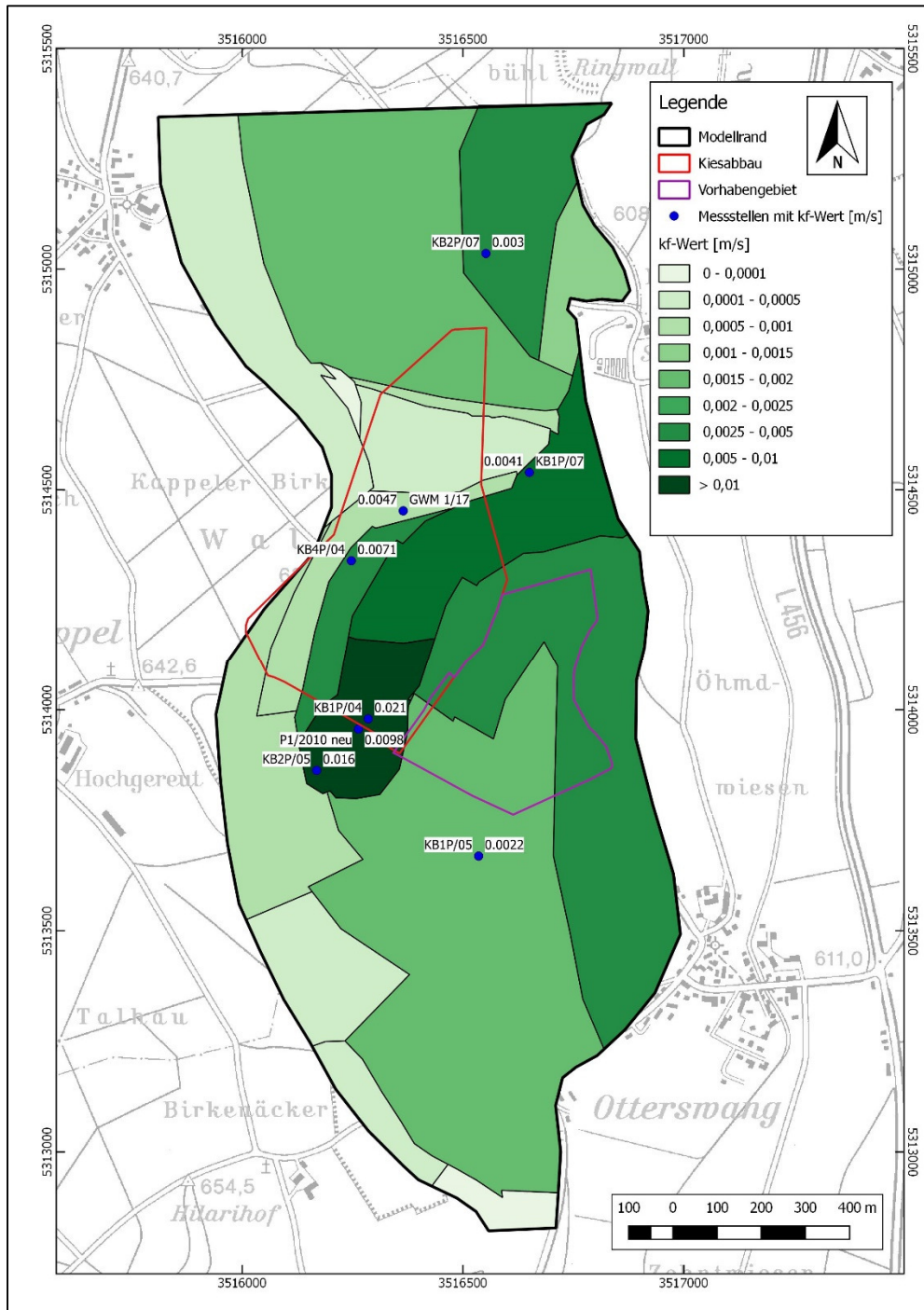


Abb. 2.2 Durchlässigkeitsverteilung (kf-Werte) im Modellgebiet mit den ermittelten Werten in ausgewählten Grundwassermessstellen

### **2.3 Interpretation der Wasserspiegelmessungen (Grundwasser)**

Zur Beschreibung der Fließverhältnisse wurden kontinuierliche Messungen in ausgewählten Grundwassermessstellen und Wasserspiegelstichtagsmessungen durchgeführt. Aktuell stehen im Modellgebiet 14 Grundwassermessstellen (Abb. 2.4) zur Beschreibung der Fließverhältnisse zur Verfügung.

Die Ganglinien der Grundwassermessstellen im Bereich der geplanten Erweiterung zeigen einen vergleichbaren Verlauf (Abb. 2.3.).

Die maximalen Wasserspiegelhöhen konnten im Jahre 2016 und 2021 gemessen werden und liegen der Berechnung des Bemessungswasserstandes (s. Kap. 2.4) zugrunde.

Der aktuelle Grundwassergleichenplan, basierend auf den Wasserspiegelmessungen des Stichtags vom 14.04.2020, belegt eine von Süd nach Nord gerichtete Fließrichtung, die im nördlichen Teil des Modellgebietes nach Osten schwenkt (Abb. 2.4). In diesem Bereich befinden sich am östlichen Rand des Modellgebietes Quellaustritte, die vom Grundwasser aus dem Bereich des Modellgebietes gespeist werden. Der wesentliche Teil der Quellaustritte ist gefasst und die Schüttung der Quellen wird wöchentlich gemessen (Abb. 3.1 – Kap. 2.4). Die Schüttungsmengen schwanken im Beobachtungszeitraum zwischen 11,4 l/s und 45,7 l/s. Der Durchschnitt beträgt 31,55 l/s. Da keine weiteren Quellaustritte am südöstlichen Rand des Aquifers im Rahmen einer Begehung festgestellt wurden, entspricht die gemessene Schüttung ungefähr dem Grundwasserabstrom aus dem betrachteten Grundwasserleiter.

Der Vergleich mit den Niederschlagsmessungen der Station Krauchenwies zeigt, dass parallel zum Rückgang der Niederschlagsmengen auch ein abnehmender Trend der Schüttungsmengen zu beobachten ist.

Die Wasserspiegelmessungen der aktuell zur Verfügung stehenden Grundwassermessstellen sind in der Anlage 1 im Vergleich mit den berechneten Grundwasserspiegelhöhen (numerisches Strömungsmodell) dargestellt.

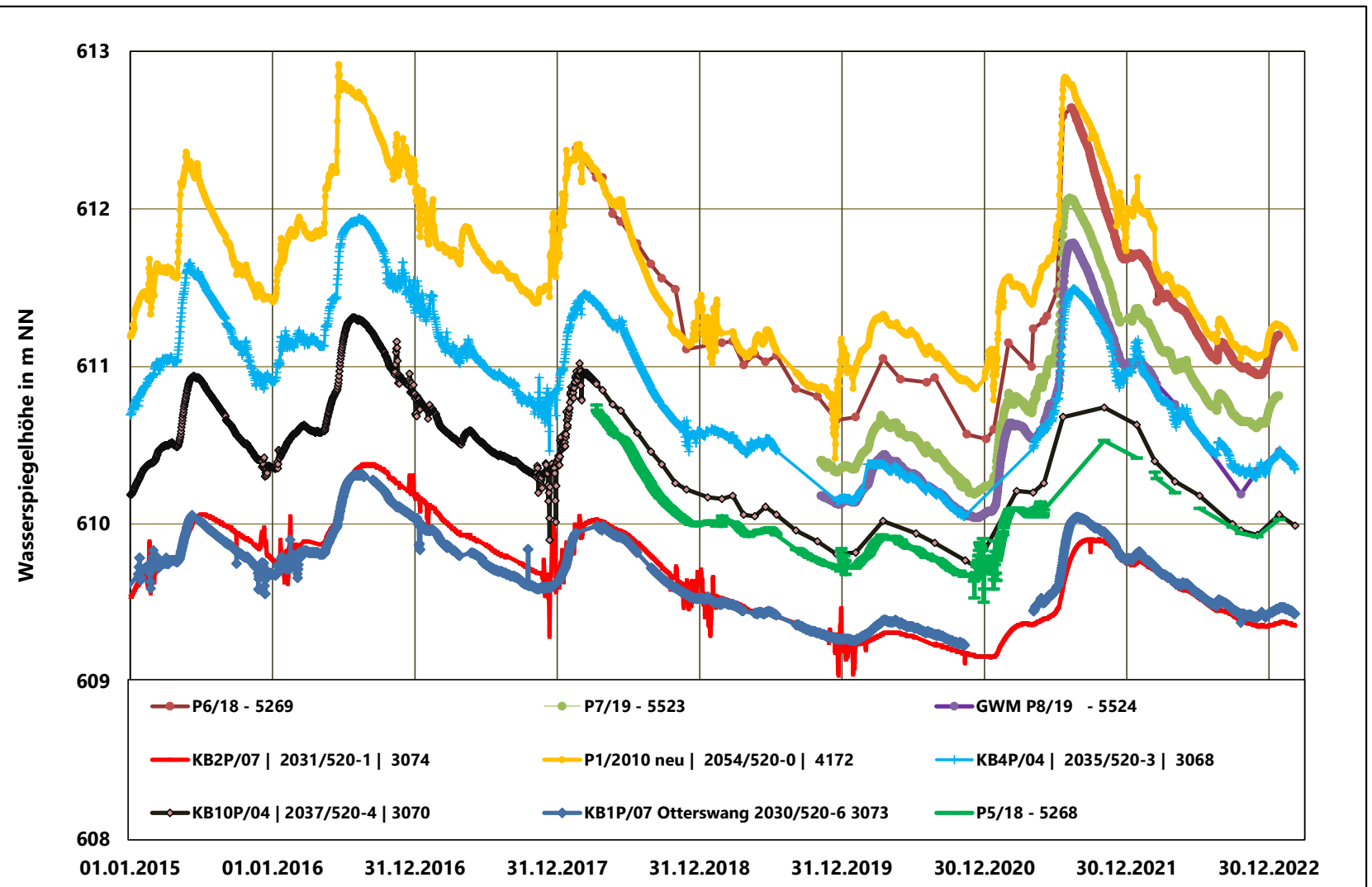


Abb. 2.3 Grundwasserganglinien der GWM im Bereich der Erweiterung Stockäcker

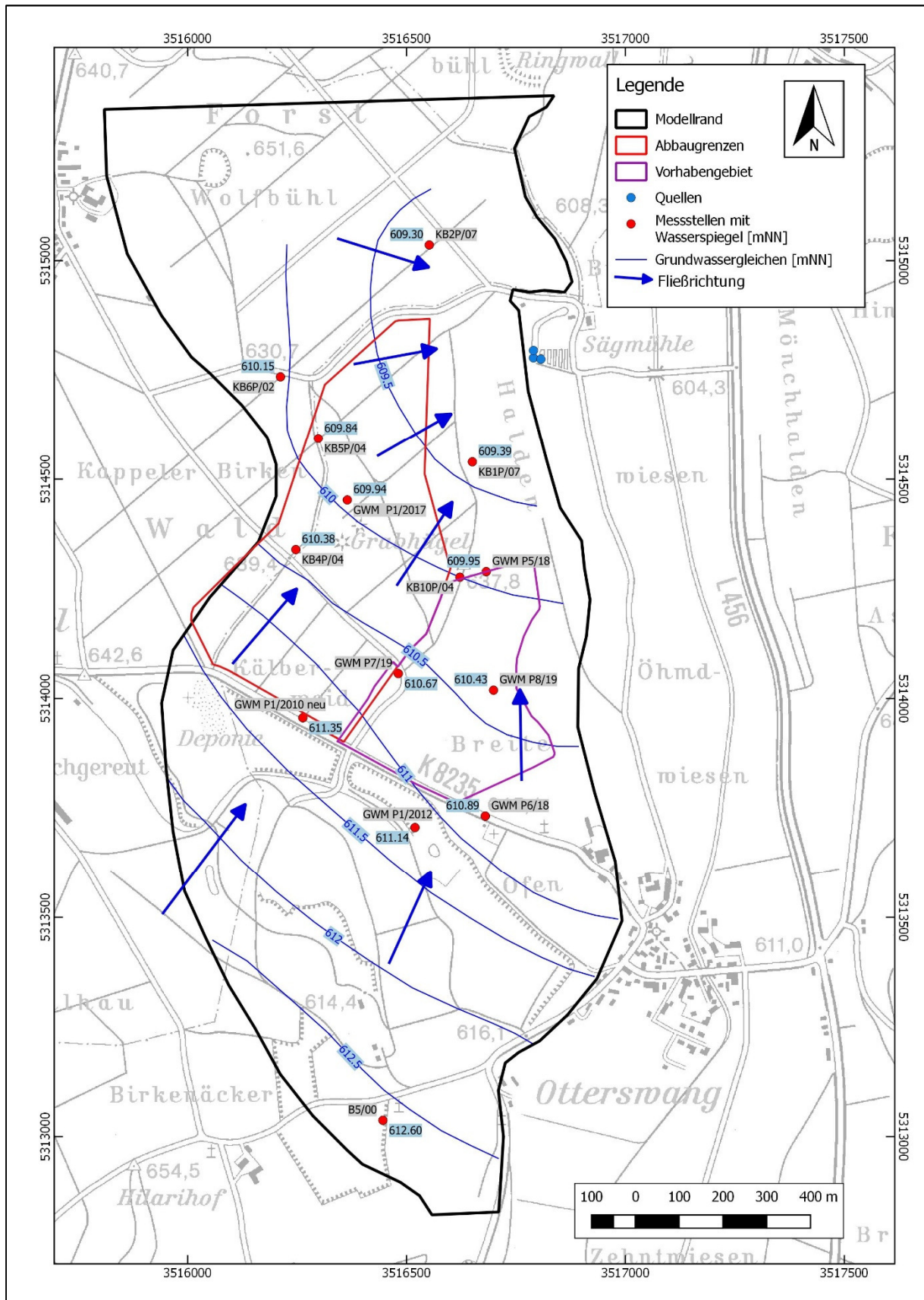


Abb. 2.4 Grundwassergleichenplan in m NN vom 14.04.2020 mit Darstellung der Fließrichtung

## 2.4 Ermittlung Bemessungswasserstände

Wie die Wasserspiegelganglinien zeigen, wurde der Höchstwasserstand im Messzeitraum 2006 – 2022 im Jahre 2016 gemessen.

Für die Messstellen, die nach 2016 erstellt wurden, konnte anhand der vorhandenen Messdaten und Messstellen der Höchstwasserstand abgeschätzt werden.

Der Niedrigwasserstand wurde Ende 2020 gemessen.

Es ergeben sich für die relevanten Grundwassermessstellen folgende Bemessungswasserstände (HHW) und Trockenabbauohlen (1 m über HHW)

Messstelle	HHW (m NN)	Abbauohle (m NN)
P6/18	612,9	614
P7/19	612,7	614
P8/19	612,4	613,5
P 5/18	611,5	612,5
P10/04	611,5	612,5
P04/04	612,1	613
5P/04	611,2	612,5
1P/2017	611,4	612,5

## 2.5 Beschreibung Verfüllung temporärer Nassabbau

Mögliche Änderungen der hydraulischen Verhältnisse (Durchlässigkeit des Grundwasserleiters) können durch die Verfüllung des temporären Nassabbaus erfolgen. Es wird Material der z.T. mächtigen Deckschichten und Nagelfluh-Bänke aus dem Abbauggebiet verwendet (autochthones Material). Bei dem Verfüllungsmaterial wird von einer Durchlässigkeit (kf-Wert) von  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s ausgegangen (der natürliche Wert (Kies) lag bei ca.  $1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$  m/s).

In der Abbildung 2.5 ist die Entwicklung des temporären Nassabbaus im bisherigen genehmigten Abbauggebiet, der immer im Winterhalbjahr stattfindet, von 2014 – 2020 dargestellt. Die dargestellten temporären Seeflächen entsprechen dem Zeitpunkt der jährlichen Bestandsaufnahme. Die Gesamtgröße des jährlichen temporären Nassabbaus entspricht den blau umrandeten Teilflächen.

Zur Aufrechterhaltung des Grundwasserabstromes aus dem Bereich südlich des Gewanns Stockäcker und aus der geplanten Erweiterung nach Norden (zu den Quellen Fischzucht), ist es vorgesehen unter Berücksichtigung eines temporären Nassabbaus, im Aquiferbereich einen Korridor stehen zu lassen (unverritz, s. Abb. 2.6).

Da ein temporärer Nassabbau nur bei ausreichender Mächtigkeit der wasserführenden Kiese sinnvoll ist und diese Verhältnisse im Bereich des ursprünglich vorgesehenen Sockels, in dem kein Abbau im Wasser erfüllten Bereich geplant war, angetroffen werden, wird alternativ vorgeschlagen einen Korridor mit einer Abbausohle von 611,5 m NN in der Mitte des geplanten Abbaubereichs der Erweiterung (Stockäcker) stehen zu lassen (s. Abb. 2.6).

Bei einem mittleren Wasserspiegel von 610 – 610,5 m NN bleibt die Abbausohle im diesem Korridor oberhalb des mittleren Hochwasserspiegel und die Mächtigkeit der wassererfüllten Kiese ist mit der Breite des Korridors von  $\geq 70$  m ausreichend dimensioniert um das Grundwasser ohne große Beeinträchtigung nach Norden abfließen zu lassen. Diese Alternative wurde fachlich mit den Behörden (LRA) abgestimmt.

Die Fließrichtung, die Fließgeschwindigkeit und die Fließmenge wird durch den temporären Nassabbau im Stockäcker nicht merklich beeinträchtigt.

Die Quellen (Fischzuchtanlage) werden deshalb durch die geplante Erweiterung Stockäcker weder qualitativ noch quantitativ nicht beeinflusst.

Bei der hydrogeologischen Betrachtung muss auch berücksichtigt werden, dass die Verfüllung des temporären Abbaus östlich und westlich des vorgeschlagenen Korridors nicht mit undurchlässigem Material erfolgt, sondern mit durchlässigem Material. (Aushub aus Kiesabbau Otterswang bzw. Nagelfluh).



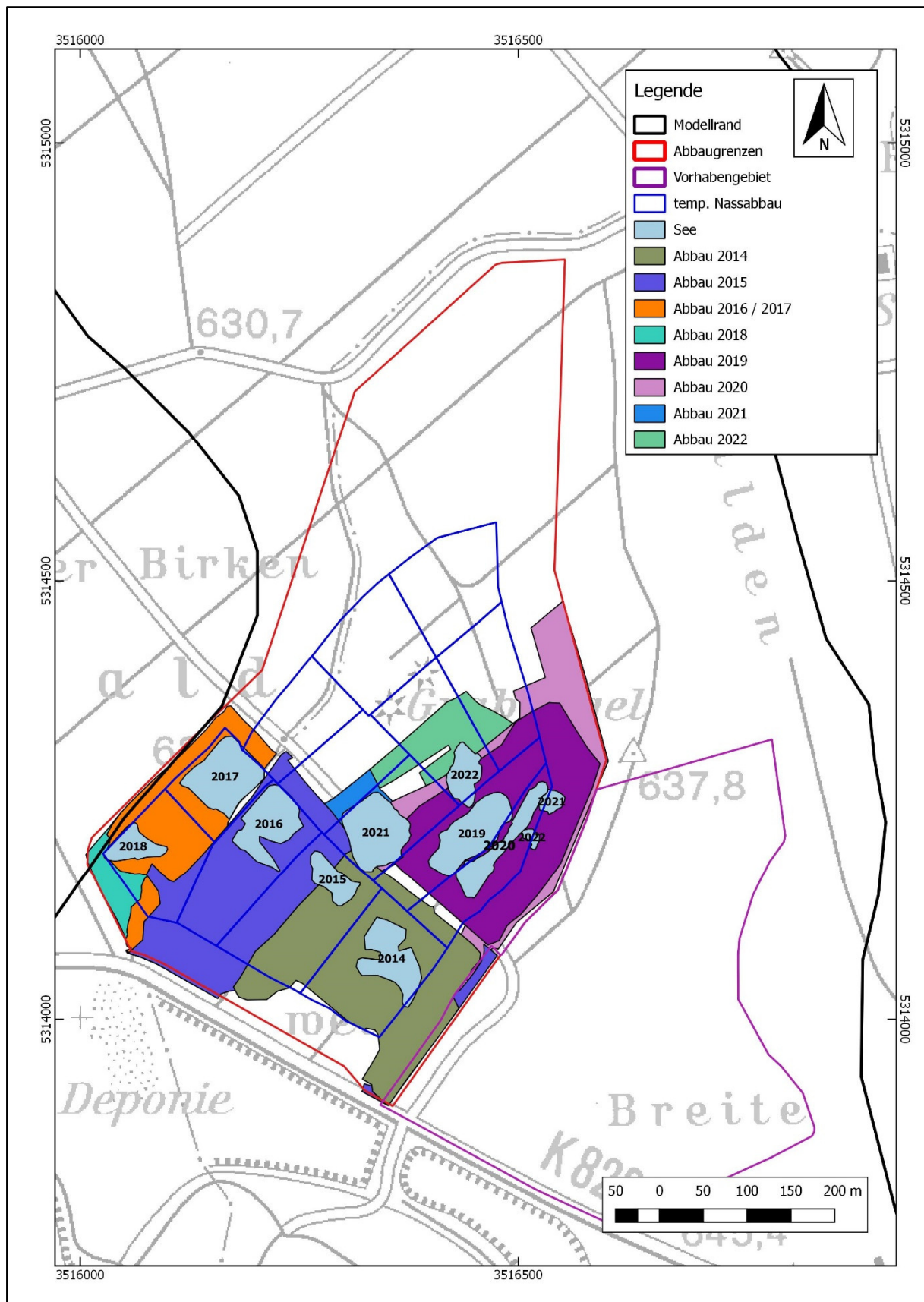


Abb. 2.5 Entwicklung des Kiesabbaus (Trockenabbau und temporärer Nassabbau) von 2014 - 2022

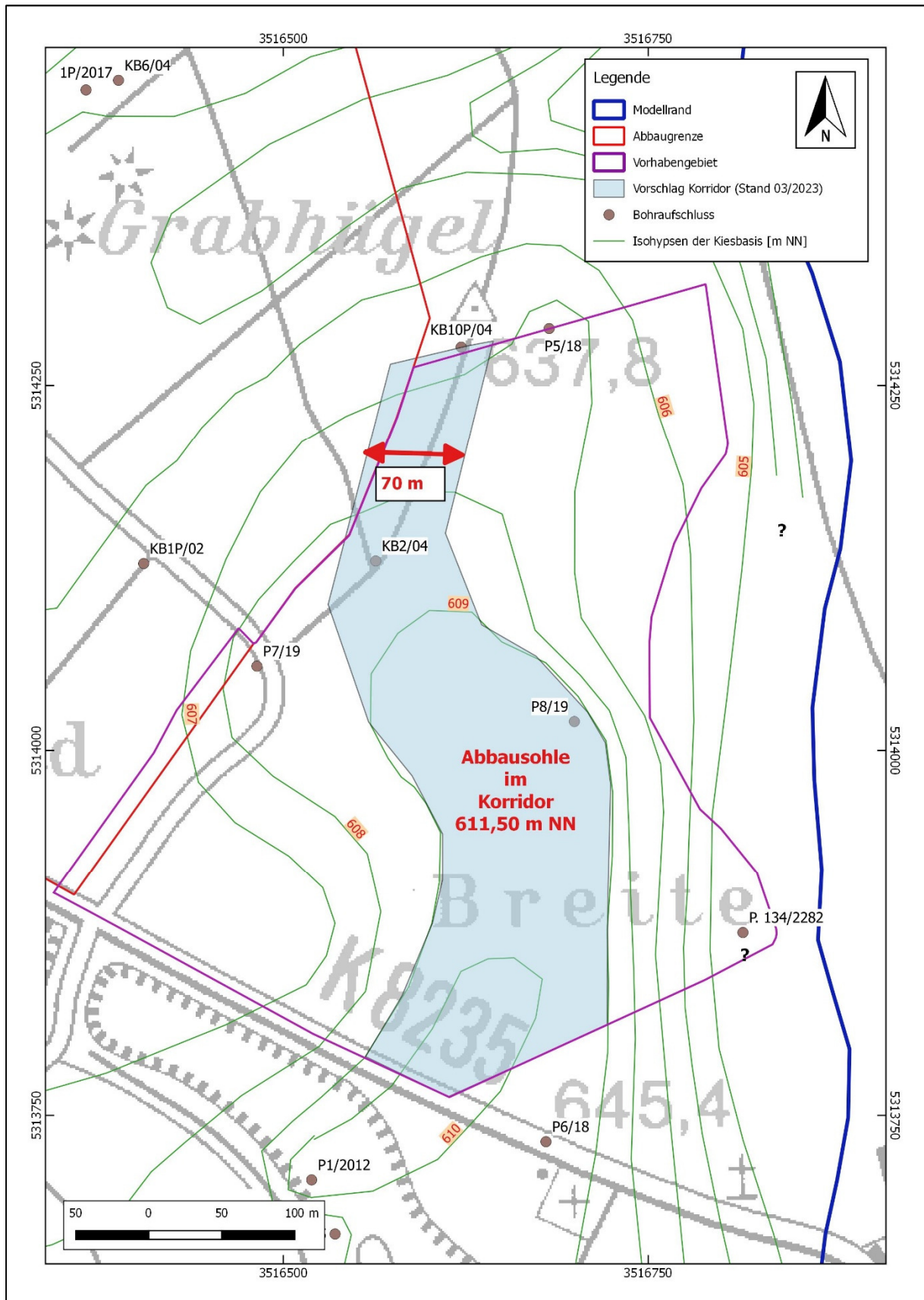


Abb. 2.6 Vorschlag Abbausohle für Bereich des temporären Nassabbaus bzw. des Korridors im Aquifer

### **3. Einfluss Klimawandel auf Quellschüttung**

#### **3.1 Allgemeine Bemerkungen**

Im Bericht vom 09.09.2022 „Einfluss Klimawandel auf Quellschüttung“ (HYDRO-DATA) wird auf die Abhängigkeit der Quellschüttungen der Quellen an der Fischzuchtanlage vom Klimawandel (reduzierte Neubildung) detailliert eingegangen (s. Anl. E.2.3).

Im Rahmen des Monitorings wird auch die Gesamtschüttungsmenge der Quellen bei der Fischbrutanstalt wöchentlich bzw. 14-tägig gemessen.

Nach den bisherigen Erkenntnissen wird die Schüttungsmenge im Wesentlichen von der Neubildung durch Niederschlag beeinflusst.

Ein Einfluss durch den Kiesabbau (temporärer Nassabbau) konnte bisher nicht festgestellt werden.

Die Messungen der Quellschüttung erfolgen seit 2007 an einem Abflussschacht vor Einleitung in das Oberflächengewässer. Die Messungen erfolgen an einem Tag in der Woche über 8 – 10 Stunden mit einer Wasseruhr. Die Mengen in m<sup>3</sup> werden dann in l/s umgerechnet.

Die Messdaten im Vergleich zur monatlichen Niederschlagsmenge sind in Abb. 3.1 aufgetragen. Die Schüttungsmengen schwanken zwischen 18 und 55 l/s bei monatlichen Niederschlagsmengen zwischen 4 und 222 mm.

Abb. 3.2 zeigt die Messdaten von 2018 – 2022 mit den Trockenjahren 2018 – 2020 und dem Zeitraum Sept. 2021 – August 2022.

Bei dem Vergleich der Quellschüttung mit den Monatsniederschlagsmengen muss berücksichtigt werden, dass die Grundwasserneubildung im Sommerhalbjahr (April – Sept.) aufgrund der Evapotranspiration deutlich geringer sein kann wie bei vergleichbaren Niederschlagsmengen im Winter. Gut erkennbar ist dieser Effekt in den Jahren 2019 und 2020. (Abb. 3.2).

Aufgrund des relativ großen Flurabstands im Neubildungsgebiet der Quellen (> 30 m) ist eine Verzögerung der Erhöhung der Quellschüttung gegenüber den Niederschlagsereignissen um mehrere Monate erkennbar, sowohl im Winterhalbjahr als auch im Sommerhalbjahr. Besonders deutlich wird dies bei den Extremniederschlägen im Sommer 2021.

Um diese Effekte zu berücksichtigen, wurden für die Bewertung Jahreswerte zugrunde gelegt.

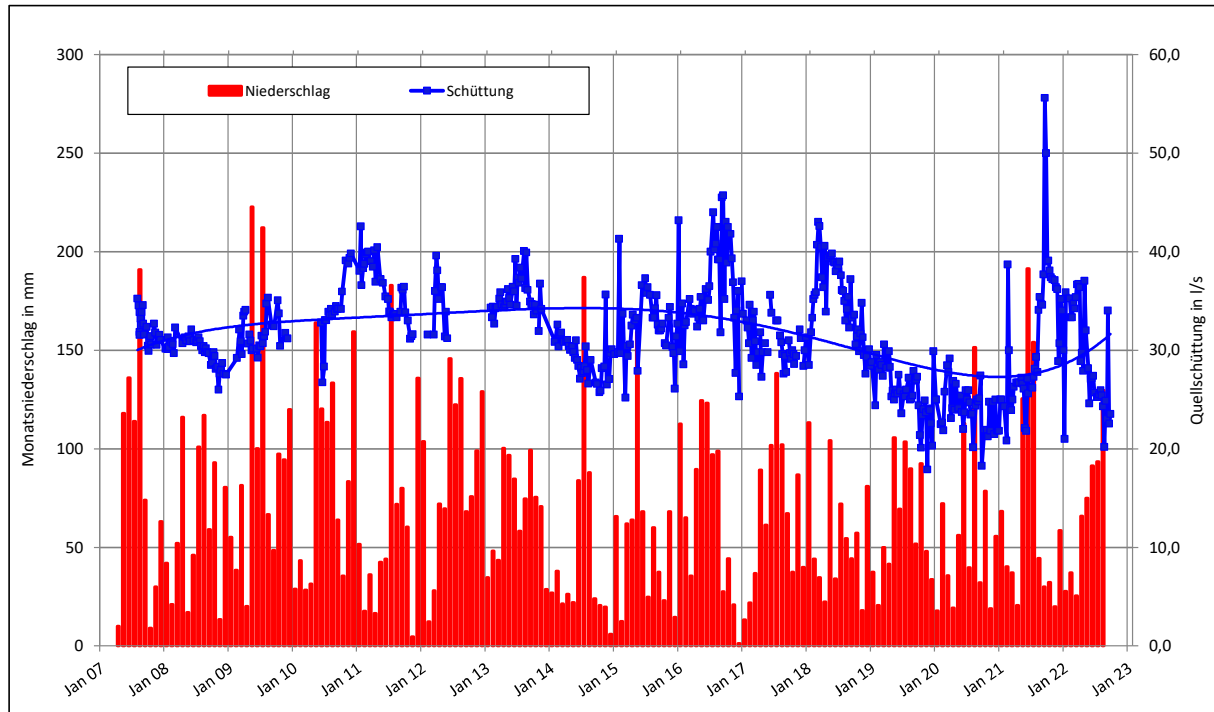


Abb. 3.1 Vergleich der Monatsmengen Niederschlag mit den wöchentlichen Quellschüttungsmengen 2007 – 2022

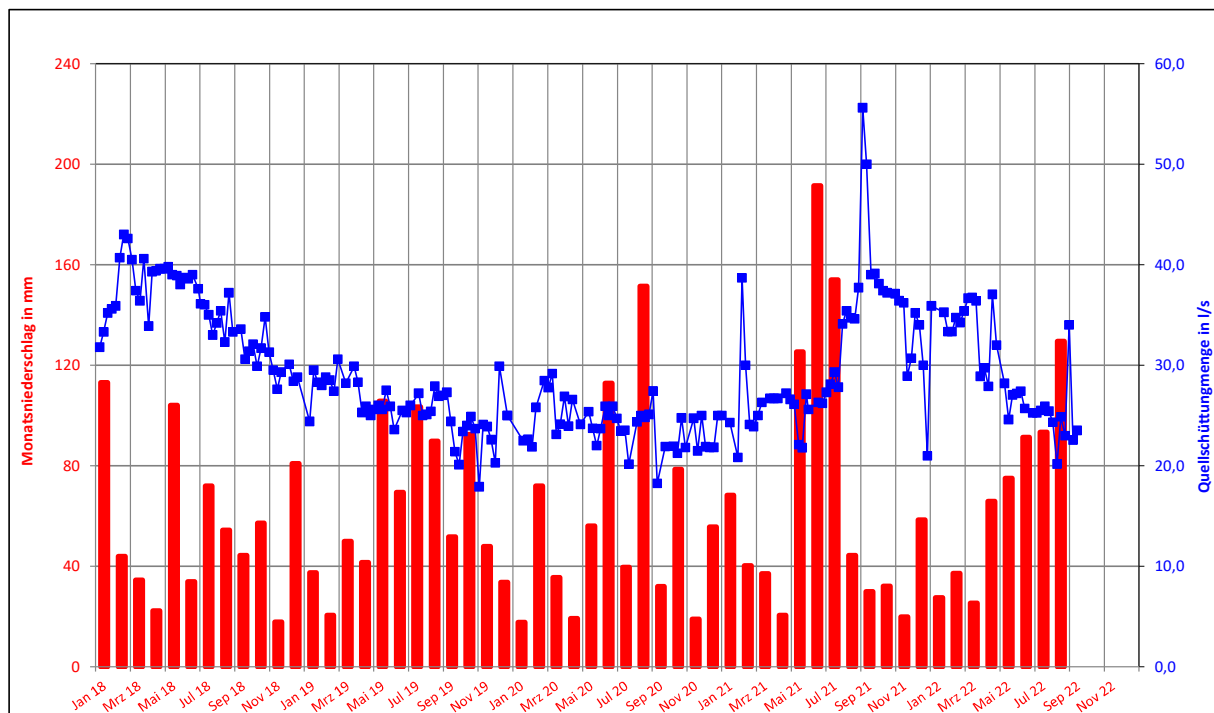


Abb. 3.2 Vergleich der Monatsmengen Niederschlag mit den wöchentlichen Quellschüttungsmengen 2018 - 2022

## 3.2 Bewertung der Messdaten

### Quellschüttung in Abhängigkeit von der Neubildung durch Niederschlag

#### **Messwerte 2011 – 2022**

Der Bewertungszeitraum umfasst die Jahre 2011 – 2022.

Tabelle 1 zeigt die Jahreswerte, Mittelwerte und Abweichungen der Niederschläge und Quellschüttungsmengen, die die Grundlagen für die Prognosen bei reduzierter Neubildung (Klimawandel) liefern.

Der berechnete Jahresmittelwert für die Niederschlagsmengen beträgt 764 mm und die mittlere Quellschüttung liegt bei 32 l/s.

Die Summen der Jahres-Niederschläge im Betrachtungszeitraum schwanken zwischen 563 mm und 1061 mm.

Die mittleren Jahres-Quellschüttungsmengen schwanken entsprechend zwischen 25 l/s und 40 l/s wobei Einzelmessungen stärker abweichen (s. Abb. 3.1).

#### **Prognoseberechnungen**

Die Prognosen gehen von einer Reduzierung der mittleren Niederschlagsmengen von 15 - 20 % in den nächsten 30 Jahren aus. Die Neubildungsmengen können sich aufgrund der Sommerniederschläge und Starkniederschläge (mehr Verdunstung, erhöhter Oberflächenabfluss) noch stärker reduzieren. Die Niederschlagsmengen reduzieren sich dann im Mittel auf 550 mm – 650 mm pro Jahr.

Die Berechnungen wurden für eine Reduzierung der Niederschlagsmengen zwischen 10 und 30 % durchgeführt.

#### **Berechnung Abflussmenge (Jahresmittel) in Abhängigkeit vom Niederschlag**

Mittlerer Niederschlag	764 mm
Quellschüttung	32,07 l/s
Niederschlag um 10 % reduziert	687,60 mm
Quellschüttung	30,31 l/s
Niederschlag um 20 % reduziert	611,20 mm
Quellschüttung	28,56 l/s
Niederschlag um 30 % reduziert	534,80 mm
Quellschüttung	26,80 l/s

Tab. 1 Abschätzung Klimawandel auf Abflussmessungen

Jahr	Niederschlag in mm	Abweichung in % vom MW	Schüttung in l/s	Abweichung in l/s vom MW	Abweichung in %
2011	743	-2,7%	32	0	0,0%
2012	1061	38,9%	40	8	25,0%
2013	814	6,5%	35	3	9,4%
2014	563	-26,3%	29,2	-2,8	-8,8%
2015	659	-13,7%	32,7	0,7	2,2%
2016	840	9,9%	36,6	4,6	14,4%
2017	796	4,2%	30,7	-1,3	-4,1%
2018	679	-11,1%	33	1	3,1%
2019	743	-2,7%	27	-5	-15,6%
2020	690	-9,7%	25	-7	-21,9%
2021	821	7,5%	31,1	-0,9	-2,8%
2022 (Sept.21 - Aug. 22)	686	-10,2%	29,1	-2,9	-9,1%
Mittelwert	764		32		

### 3.3 Temperaturmessungen Grundwasser und Quellaustritte

In Abb. 3.3 sind die Temperaturmessungen der Quellschüttungen Nord und Süd sowie vom Zulauf zum Bruthaus, entnommen aus dem sog. Quellschacht, aufgetragen. Die Temperaturwerte der Quellaustritte Nord und Süd, die in das Oberflächengewässer austreten, sind von Oberflächeneinflüssen (Sonneneinstrahlung, Sommertemperaturen, Wintertemperaturen) beeinflusst.

Eine Änderung der Temperatur im Zulauf der Quellen (Grundwasser) bedingt durch den Kiesabbau kann nicht erkannt werden. Solche möglichen Temperaturänderungen sind deutlich geringer als die gemessenen Erwärmungen / Abkühlungen durch die saisonalen Einflüsse.

Das Wasser aus dem Zulauf zum Bruthaus, gespeist durch den Quellschacht, zeigt aufgrund des geringen Flurabstand im Quellschacht ebenfalls saisonale Schwankungen. Für den Betrachtungszeitraum 2015 – 2021, ist ein ansteigender Trend um ca. 0,25° C erkennbar.

Aus dem Vergleich mit den Grundwassertemperaturen in den Grundwassermessstellen, die vom Kiesnassabbau unbeeinflusst sind (Abb. 3.4), ist ein Anstieg der Grundwassertemperatur im Zeitraum 2013 – 2021 um ca. 0,5 Kelvin gemessen worden. Dieser Temperaturanstieg ist auf den Klimawandel zurückzuführen.

In der GWM P1/07, die im Abstrom des bestehenden Kiesabbaus niedergebracht wurde, ist eine vergleichbare Temperaturänderung festgestellt worden. Ein zusätzlicher Anstieg durch den Kiesabbau konnte nicht festgestellt werden.

Die Temperaturänderungen im Quellschacht mit Zufluss zum Bruthaus ist vergleichbar mit der Temperaturänderung in den Messstellen (Grundwasser). Anhand der Messdaten und der Tatsache, dass die Quellen am Bruthaus teilweise durch das Grundwasser aus dem Abbaubereich gespeist werden, kann gefolgert werden, dass eine Beeinträchtigung der Temperaturen der Quellen durch den Kiesabbau ausgeschlossen werden kann.

Da der temporäre Nassabbau und damit offene Wasserflächen auch für die Erweiterung wie bisher im Sommer vermieden werden, kann prognostiziert werden, dass auch bei der Erweiterung eine thermische Beeinträchtigung der Quelltemperaturen durch den Kiesabbau ausgeschlossen werden kann.

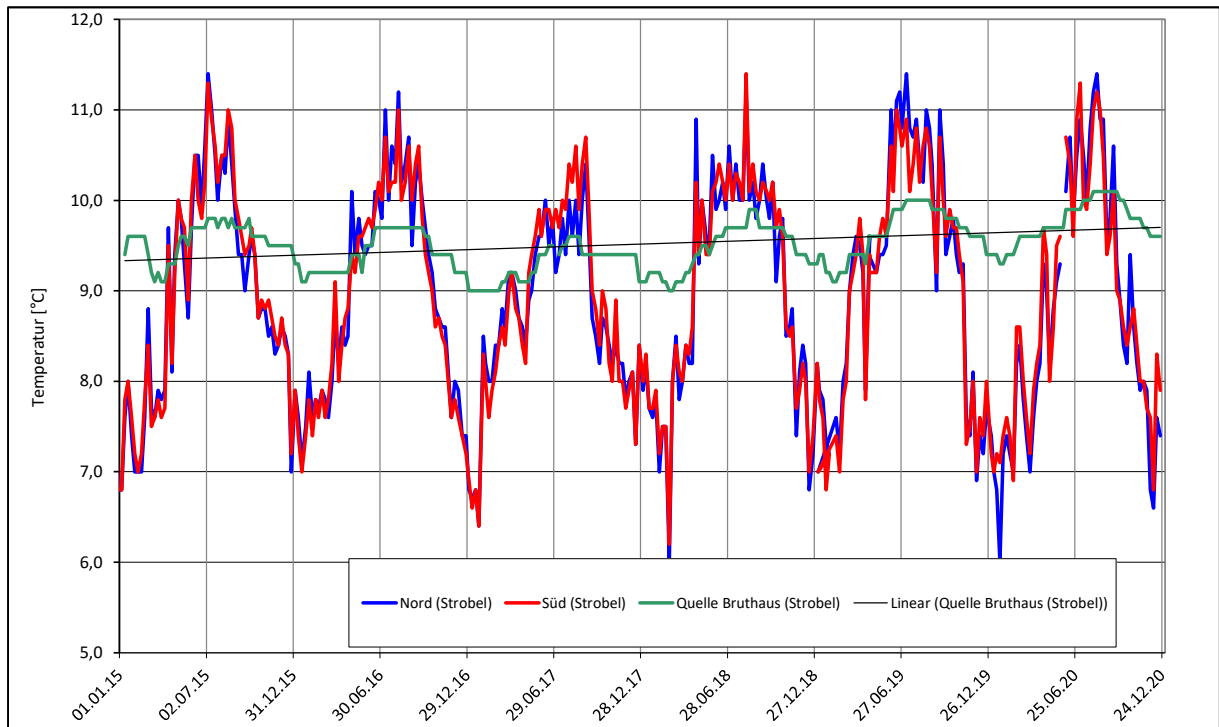


Abb. 3.3 Temperaturganglinien der Quellaustritte im Bereich der Fischbrutanstalt 2015 – 2020

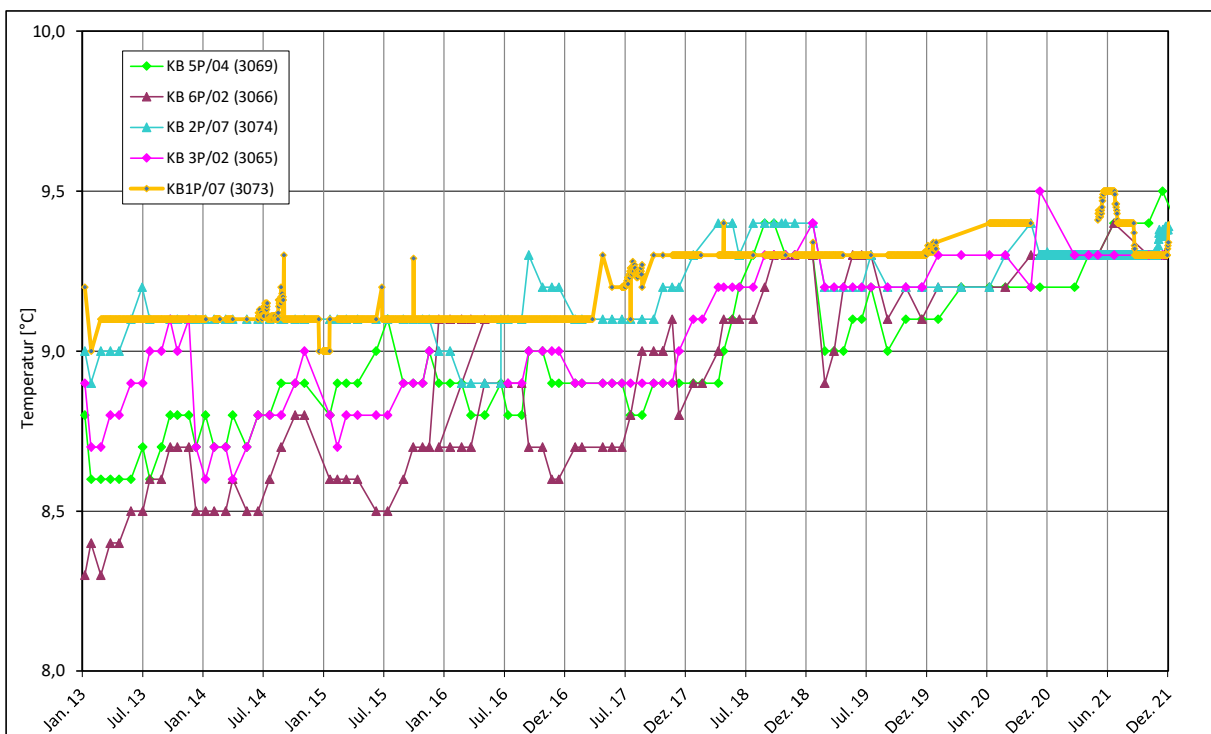


Abb. 3.4 Temperaturganglinien von Grundwassermessstellen im Zustrom zu den Quellen der Fischbrutanstalt - mit und ohne Einfluss des temporären Nassabbaus



## **4. Numerisches Grundwasserströmungsmodell**

### **4.1 Beschreibung Modellaufbau**

Die Erstellung des Grundwasserströmungsmodells (siehe Abb. 4.1) erfolgte mit dem Programm FEFLOW in der Version 6.2. Das Modellgebiet mit einer Fläche von ca. 2 km<sup>2</sup> ist unterteilt in insgesamt 3.724 Dreieckselemente mit 1.978 Knotenpunkten.

Die Berechnungen erfolgen 2-dimensional für einen ungespannten Aquifer. Sie wurden instationär über den Zeitraum vom 01.07.2007 bis zum 01.06.2021 durchgeführt.

Folgende Randbedingungen und hydraulische Parameter liegen dem Grundwasserströmungsmodell zugrunde:

- Grundwasserneubildung durch Niederschläge (Monatsmittel)
- Abstrom (Quellaustritte) als Bedingung der 3. Art (Leakage)
- Hydraulische Parameter (kf-Wert, Speicherkoeffizient)
- Mächtigkeit Aquifer

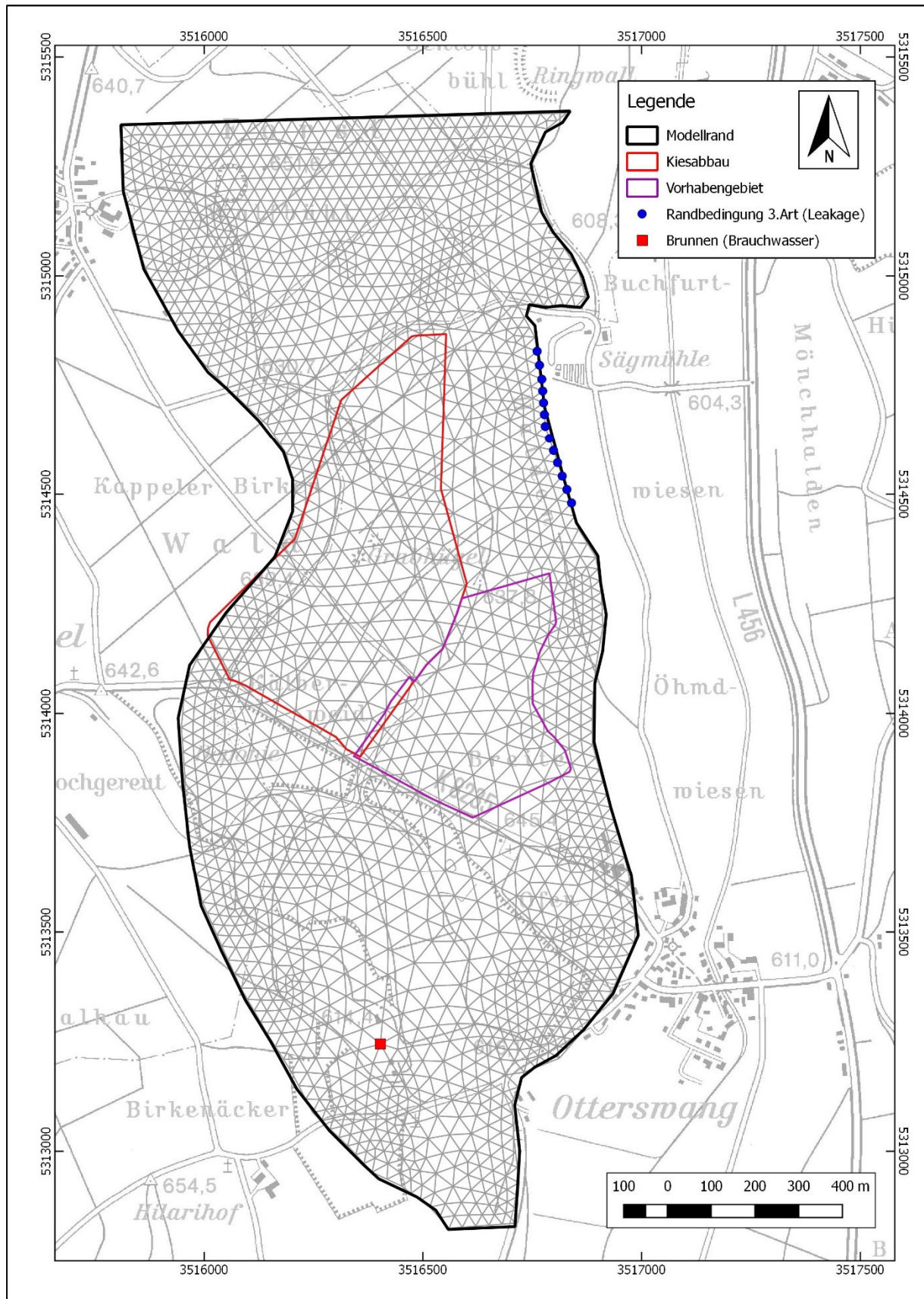


Abb. 4.1 Aufbau Modellgebiet für das numerische Modell (Diskretisierung)

### **Randbedingungen (Zufluss / Abfluss)**

Die maßgeblichen Randbedingungen, die die Grundwasserverhältnisse im Modellgebiet bestimmen, sind die Grundwasserneubildung durch Niederschläge, der Abstrom des Grundwassers über Quellaustritte am nordwestlichen Rand des Modellgebietes und die Entnahme von Brauchwasser. Mit diesen Größen ist eine Bilanzierung für den Grundwasserhaushalt möglich.

#### Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlägen ist für den Bereich des Modellgebietes und das morphologische Einzugsgebiet (Abb. 3.2) zu berücksichtigen. Das Einzugsgebiet umfasst eine Fläche von ca. 4 km<sup>2</sup> und das Modellgebiet von ca. 2 km<sup>2</sup>. Bei einer Grundwasserneubildungsrate von ca. 6- 8 l/s/km<sup>2</sup> ist mit einem Grundwasserdargebot von ca. 36 l/s – ca. 48 l/s zu rechnen.

#### Abstrom Grundwasser - Quellaustritte

Der Abstrom erfolgt über Quellaustritte am nordwestlichen Rand des Modellgebietes und wird im Modell als Randbedingung der 3. Art (Cauchy) berücksichtigt. Im nördlichen Teil wurde die Austrittshöhe mit 608,5 mNN festgelegt und im südlichen Teil mit 608,80 mNN. Die Durchschnittsmenge für den Zeitraum 2007 – 2021, die über die Schüttungsmessungen der Austrittsquellen gemessen wurde, beträgt 31,55 l/s.

#### Brunnen

Im Modell wird eine kontinuierliche Brauchwasserentnahme von ca. 1,7 l/s ( $Q_{24}$ ) berücksichtigt. Im Vergleich zu den anderen Bilanzgliedern (s.o.) ist die Entnahme gering.

### **Hydraulische Parameter (kf-Wert – Aquifermächtigkeit)**

Die Fließverhältnisse innerhalb des Modellgebietes werden durch die Geometrie des Aquifers (Aquiferbasis, Aquifermächtigkeit / Querschnitt der durchflossen wird), die Durchlässigkeit (kf-Wert) und den Speicherkoeffizienten beschrieben (bei ungespannten Verhältnisse entsprechend der wirksamen Porosität).

#### Kiesbasis

Die Kiesbasis im Vorhabens Gebiet (Erweiterung) liegt zwischen ca. 607 mNN und 610 mNN mit Ausnahme der Bohrung P134b (s. Kap. 2.1 und Abb. 1.1 und 2.1).

#### Durchlässigkeitsverteilung (kf-Wert)

Die Durchlässigkeitsverteilung stützt sich auf die Ergebnisse der hydraulischen Versuche und der Anpassung der berechneten an die gemessenen Grundwasserstände im Rahmen der Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells (s. Kap. 2.2).

#### Speicherkoeffizient

Der Speicherkoeffizient (effektive Porosität) des ungespannten Aquifers wurde im Modellgebiet mit 0,15 festgelegt. Im Bereich der Verfüllung (kf-Wert  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s) beträgt der Speicherkoeffizient 0,05.

### **4.2 Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells (instationäre Kalibrierung)**

Die Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells erfolgte für den Zeitraum vom 01.07.2007 bis 01.06.2021. Grundlage der Kalibrierung war der Vergleich der gemessen mit den berechneten Wasserspiegelhöhen in insgesamt 15 Messstellen (Anl. 1 – 2)

Die Kalibrierung basiert auf der Anpassung der berechneten Wasserspiegelganglinien an die gemessenen Werte.

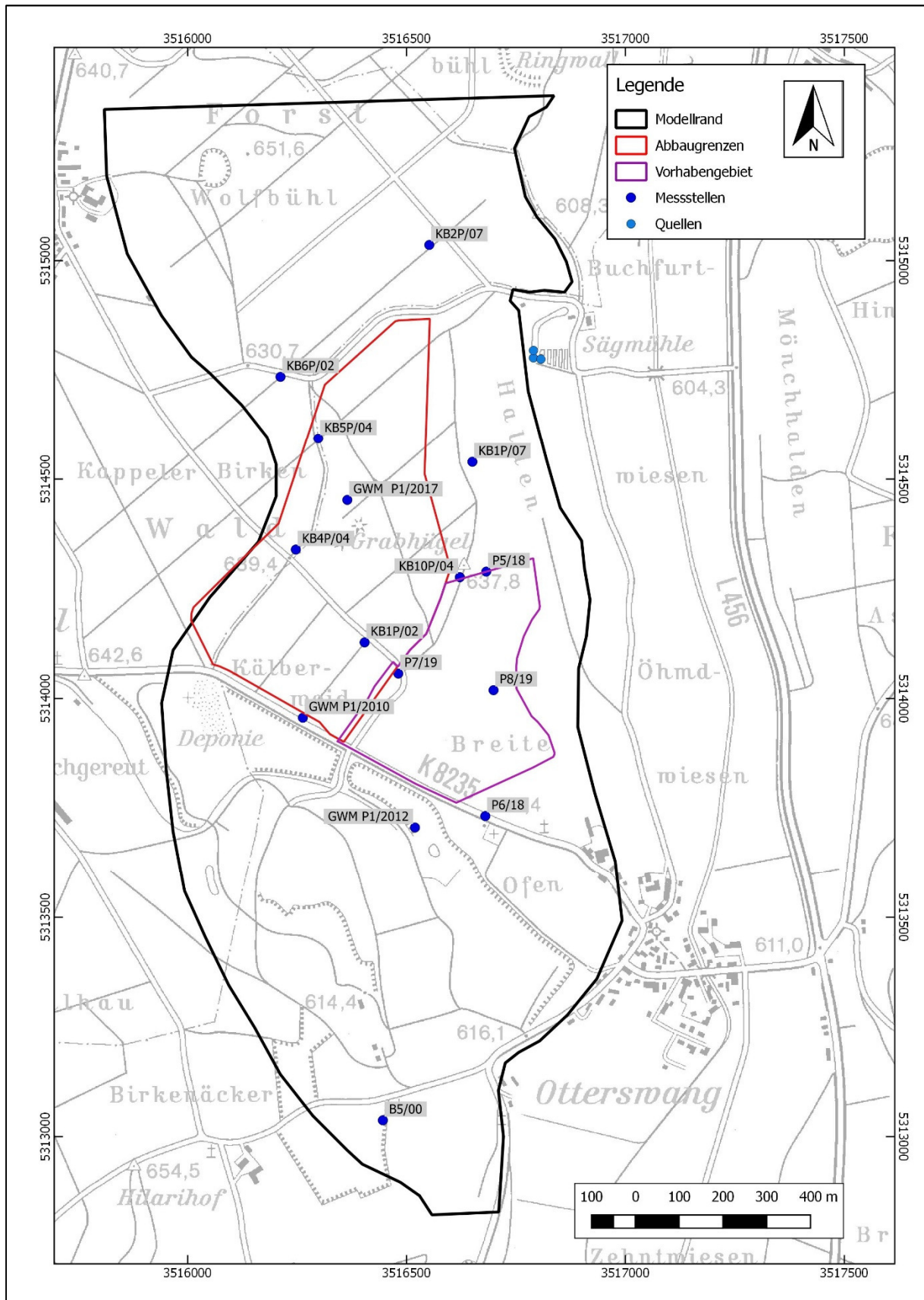


Abb. 4.2 Lage der Messstellen für die Kalibrierung (Vergleich berechneter und gemessener Wasserspiegelhöhen)

Die Grundwasserganglinien der berechneten im Vergleich mit den gemessenen Wasserspiegeln der einzelnen Messstellen sind in der Anlage 1.1 – 1.15 zusammengestellt. Die Abbildung 4.3 zeigt beispielhaft den Vergleich der Ganglinien für die Messstelle GWM 5P/04. Mit den gewählten Randbedingungen und hydraulischen Parametern konnte eine gute Anpassung der berechneten an die gemessenen Grundwasserstände erzielt werden.

Auch die Gegenüberstellung der gemessenen Quellschüttung mit dem berechneten Abstrom (Abb. 3.4) zeigt einen vergleichbaren Verlauf.

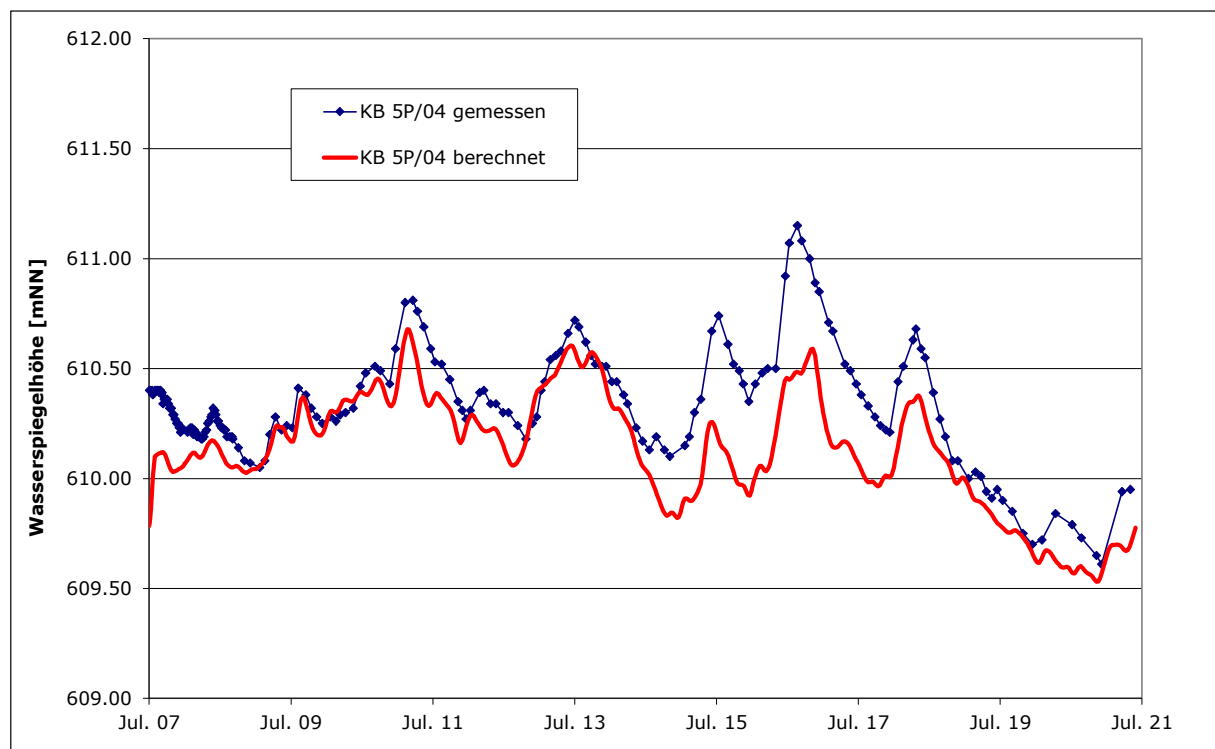


Abb. 4.3 Vergleich der berechneten mit den gemessenen Grundwasserspiegeln in der GWM 5P/04 vom 01.07.2007 – 01.07.2021



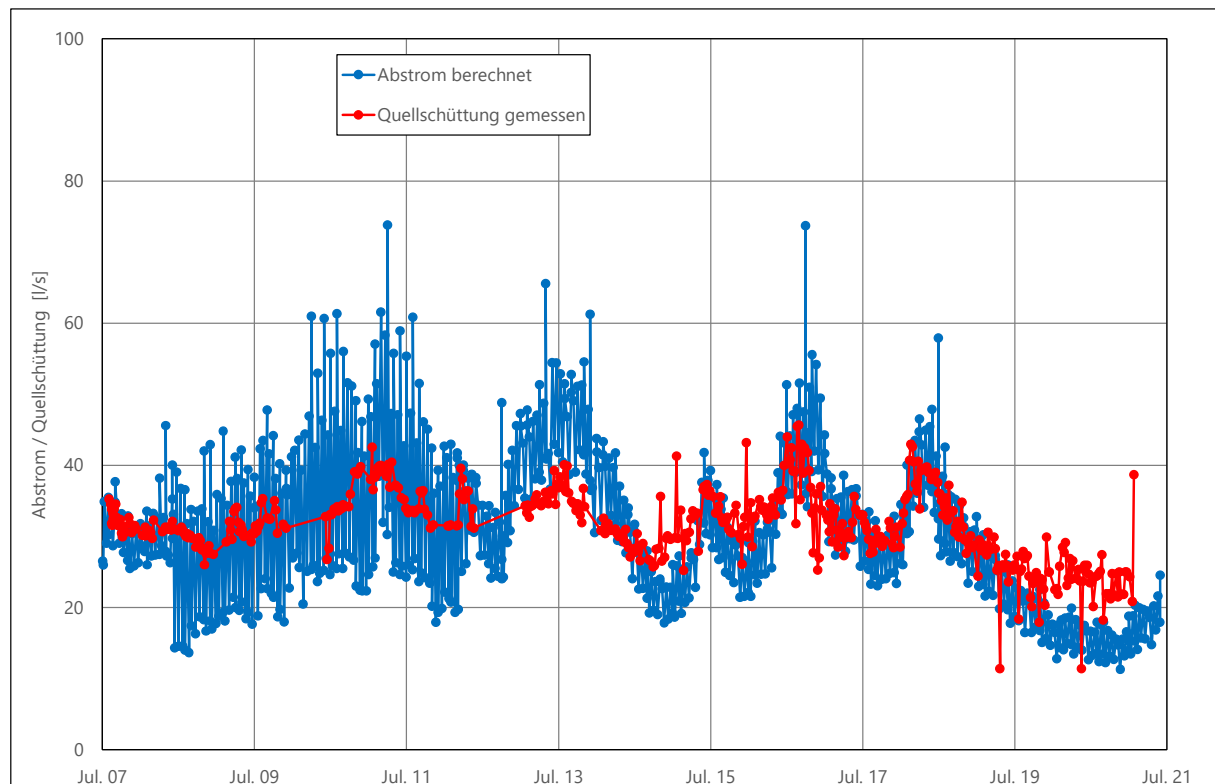


Abb. 4.4 Vergleich des berechneten Abstroms mit den gemessenen Quellschüttungsmengen vom 01.07.2007 – 01.07.2021

Die Bilanz des kalibrierten Strömungsmodells ergab eine durchschnittliche Grundwasserneubildung für den Berechnungszeitraum vom 01.07.2007 – 01.06.2021 von ca. 43 l/s. Die Summe der Quellschüttung (Abstrom) und der Entnahme liegt bei ca. 37 l/s.

Die Differenz zwischen der Neubildungsmenge und der Quellschüttung und Entnahme bestimmt das Speicherverhalten des ungespannten Grundwasserleiters. In der Tabelle 2a sind die durchschnittlichen Bilanzglieder der Berechnung für den Zeitraum 2007 – 2021 zusammengestellt, in der Tabelle 2b die durchschnittlichen jährlichen Bilanzglieder.

Tab. 2a Durchschnittliche Zu- und Abstrommengen (Grundwasserhaushaltsbilanz) für den Berechnungszeitraum vom 01.07.2007 bis 01.06.2021

	Menge
<b>Input</b>	
Grundwasserneubildung	45,33 l/s
Zustrom Speicherkapazität	15,43 l/s
<b>Summe</b>	<b>60,76 l/s</b>
<b>Output</b>	
Quellschüttung (Cauchy-Bed.)	35,04 l/s
Entnahme	2,00 l/s
Abstrom Speicherkapazität	21,82 l/s
<b>Summe</b>	<b>58,86 l/s</b>

Tab. 2b Durchschnittliche Jahresmenge Zu- und Abstrom (Grundwasserhaushaltsbilanz) für den Berechnungszeitraum von 2008 bis 2020

	Quelle (gemessen)	Quelle (berechnet)	Grundwasser- neubildung	Porenraum berechnet
2008	-30,70	-28,24	30,41	0,31 <sup>1)</sup>
2009	-31,70	-30,63	36,68	-2,82 <sup>2)</sup>
2010	-34,40	-36,93	42,70	-1,39
2011	-36,10	-37,78	39,81	2,41
2012	-34,00	-33,01	36,66	-1,45
2013	-35,40	-45,00	45,37	2,66
2014	-29,20	-29,24	24,79	5,26
2015	-32,80	-28,09	30,30	-1,25
2016	-36,00	-38,29	46,62	-5,97
2017	-30,70	-30,71	28,85	3,01
2018	-35,30	-34,84	33,29	3,48
2019	-25,20	-21,89	16,51	5,97
2020	-23,80	-15,50	16,98	-1,17

<sup>1)</sup>Porenraum wird entwässert <sup>2)</sup>Porenraum nimmt Wasser auf



## **5. Prognoseberechnungen für den geplanten Kiesabbau**

Nach der erfolgten Kalibrierung und Validierung des numerischen Grundwassermodells, welches die bisherigen gemessenen Zustände gut beschreibt, steht ein geeignetes Werkzeug für die Prognoseberechnungen der hydraulischen und geothermischen Verhältnisse des geplanten Kiesabbaus (Trocken und Nassabbau) zur Verfügung.

Bei den Prognoseberechnungen zur Bewertung des Einflusses eines temporären Nassabbaus mit anschließender Verfüllung auf die Grundwasserverhältnisse müssen zum einen die hydraulischen Einflüsse und zum anderen die Einflüsse der Temperatureinwirkung auf das Grundwasser während der Freilegung des Grundwassers betrachtet werden.

### **5.1 Prognoseberechnung - Hydraulik**

Im Bereich des Vorhabengebiets zeigt die Kiesbasis eine Aufdomung (Abb. 5.1), durch die die Aquifermächtigkeit deutlich reduziert wird. Dies zeigt der Vergleich zwischen den Grundwassergleichen der Stichtagsmessung vom 14.04.2020 und den Isolinien der Kiesbasis.

Aus der Differenz des Grundwasserspiegels (Stichtagsmessung 14.04.2020) und der Kiesbasis (Abb. 5.2) berechnet sich ein Volumen der wassererfüllten Kiese (ohne Berücksichtigung von Böschungen etc.) von ca. 426.250 m<sup>3</sup> (Fläche 155.000 m<sup>2</sup>, durchschnittliche wassererfüllte Mächtigkeit 2,75 m).

Der Anteil der Fläche, in der die wassererfüllte Mächtigkeit unter 2 m liegt, nimmt ca. 1/3 der gesamten Fläche ein.

Um eine möglichst geringe Beeinträchtigung der Fließverhältnisse zu erzielen berücksichtig die Prognoseberechnung die Verfüllung der 2010 genehmigten Nassabbaufäche und der Vorhabenfläche abzüglich eines Böschungsbereichs. Dadurch verbleibt ein Sockel (ungestörter Grundwasserleiter) zwischen dem 2010 genehmigten Bereich des temporären Nassabbaus und der Vorhabenfläche in einer Breite von mind. 70 m (Basis des Sockels).

Zur Bewertung des Einflusses der Verfüllung des temporären Nassabbaus im Bereich des Vorhabengebietes auf die Fließverhältnisse werden in den Messstellen im An- bzw. Abstrom die berechneten Grundwasserganglinien der Kalibrierung (aktueller Stand), des Zustandes nach Verfüllung des genehmigten temporären Nassabbaus und zusätzlich nach Verfüllung des temporären Nassabbaus im Vorhabengebiet gegenübergestellt. Der Vergleich der unterschiedlichen Berech-

nungen (Kalibrierung, Verfüllung genehmigter Nassabbau, Verfüllung Vorhabengebiet) erfolgte für die Neubildungsbedingungen des Zeitraumes 07/2013 – 07/2021.

Im Anstrom des temporären Nassabbaus (genehmigter Bereich, Vorhabengebiet) liegen die Messstellen GWM B5/00, GWM P1/2010, GWM P1/2012 und GWM P6/18. Im Abstrom werden die Wasserspiegelhöhen in den Messstellen GWM P5/18, KB10P/04, KB1P/07, KB 5P/04, kB6P/02 und KB2P/07 erfasst (Lageplan in Abb. 5.4).

Die Prognoseberechnungen zeigen, dass im Vergleich zu den berechneten Grundwasserständen des aktuellen Standes (Kalibrierung) durch die Verfüllung des gesamten 2010 genehmigten Nassabbaus nur im Anstrom mit einer Erhöhung des Grundwasserspiegels zu rechnen ist. Dieser Effekt ist auch bei der zusätzlichen Verfüllung des Vorhabengebietes zu beobachten (Abb. 5.5, Anl. 2.1 – 2.3).

Im Abstrom bleiben die Grundwasserverhältnisse durch die zusätzliche Verfüllung im Vorhabengebiet beim Verbleib eines ungestörten Bereichs des Grundwasserleiters zwischen dem genehmigten Abbau und dem Vorhabengebiet nahezu unbeeinflusst (Abb. 5.6, Anl. 2.4 – 2.8).

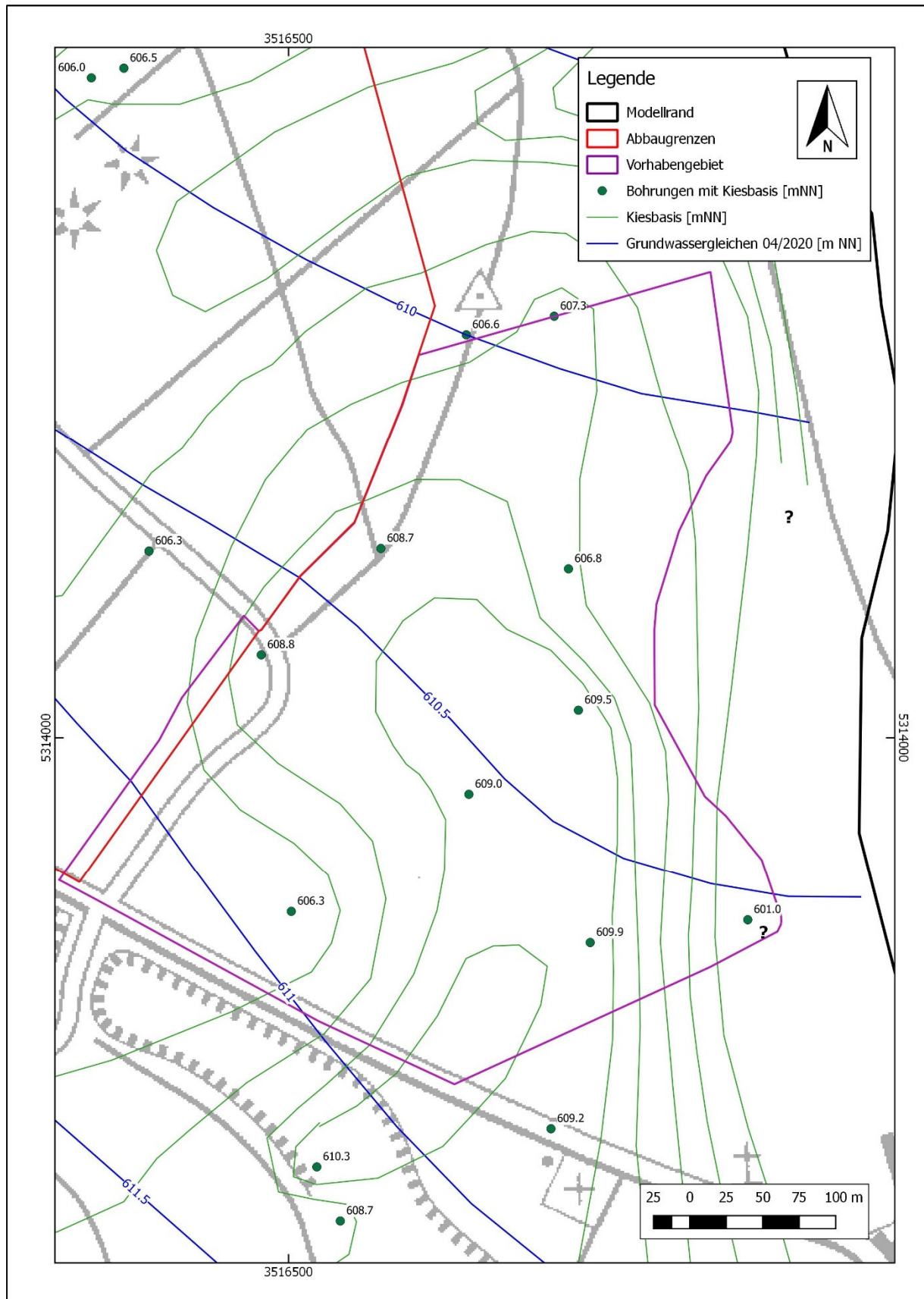


Abb. 5.1 Kiesbasis im Bereich des Vorhabensgebietes

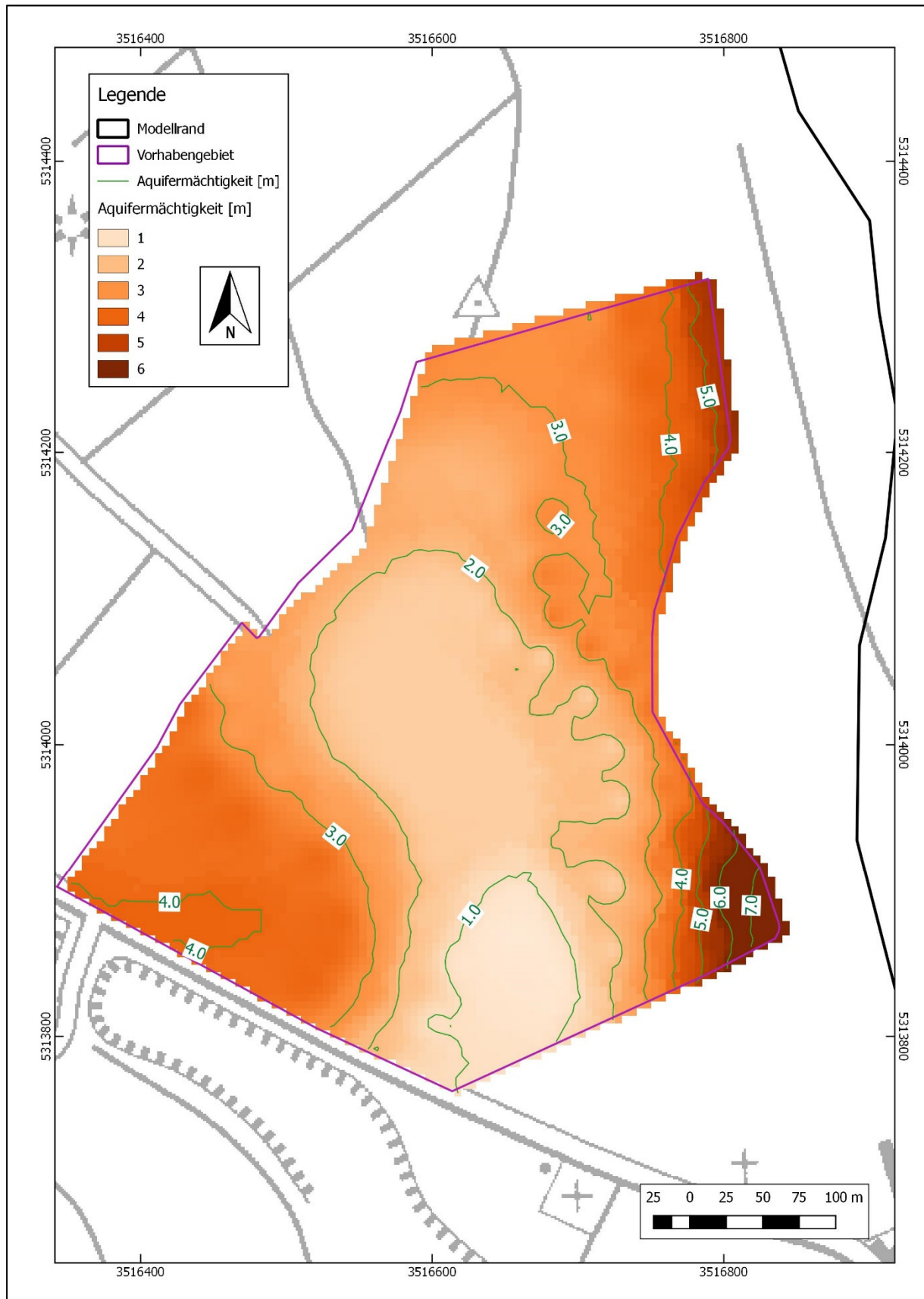


Abb. 5.2 Aquifermächtigkeit (Stichtag 14.04.2020) im Bereich des Vorhabensgebietes

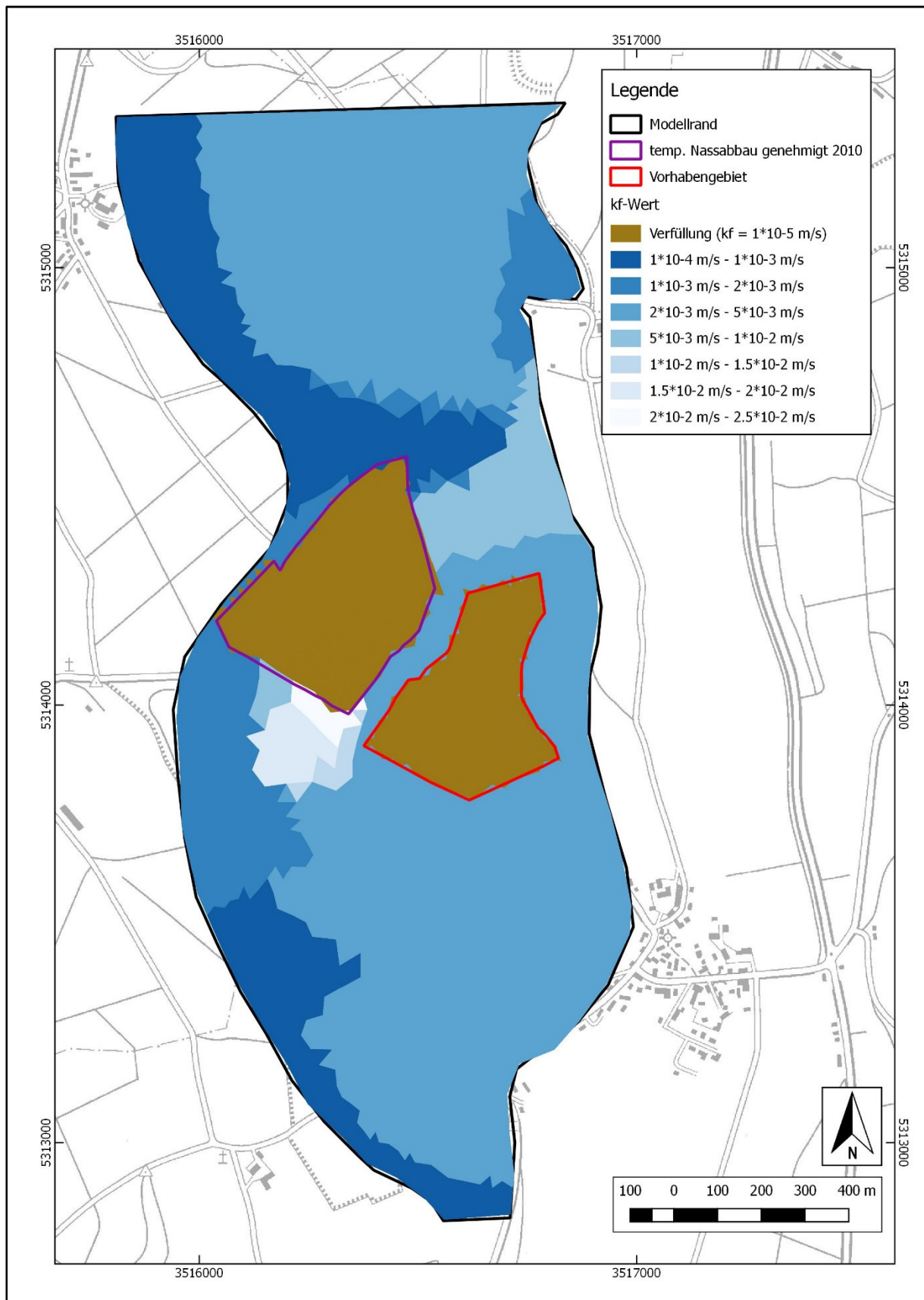


Abb. 5.3 Verfüllte Bereiche genehmigter temporärer Nassabbau und temporärer Nassabbau Vorhabengebiet mit Korridor (kein Nassabbau)



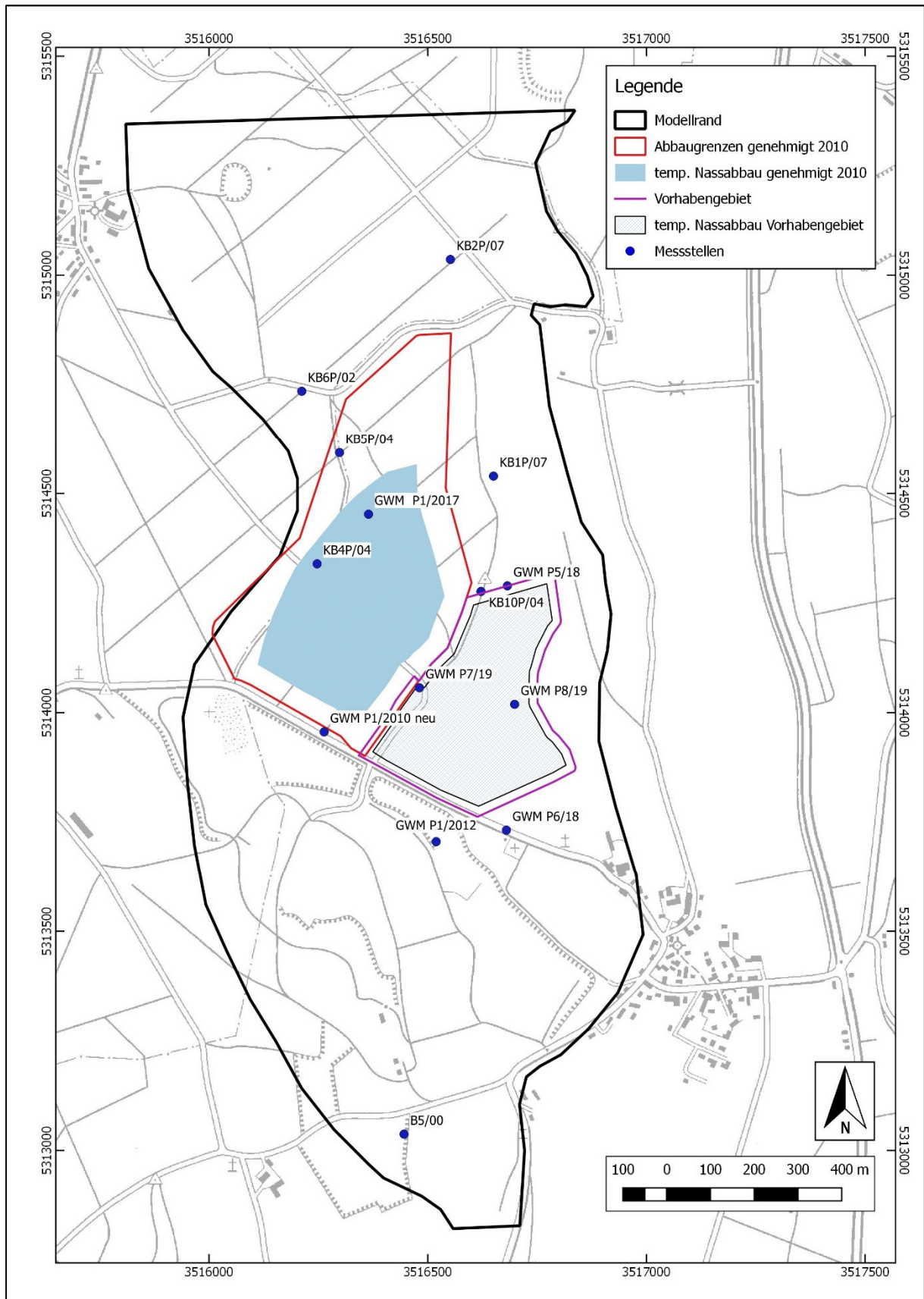


Abb. 5.4 Bereich genehmigter temporärer Nassabbau und temporärer Nassabbau Vorhabengebiet

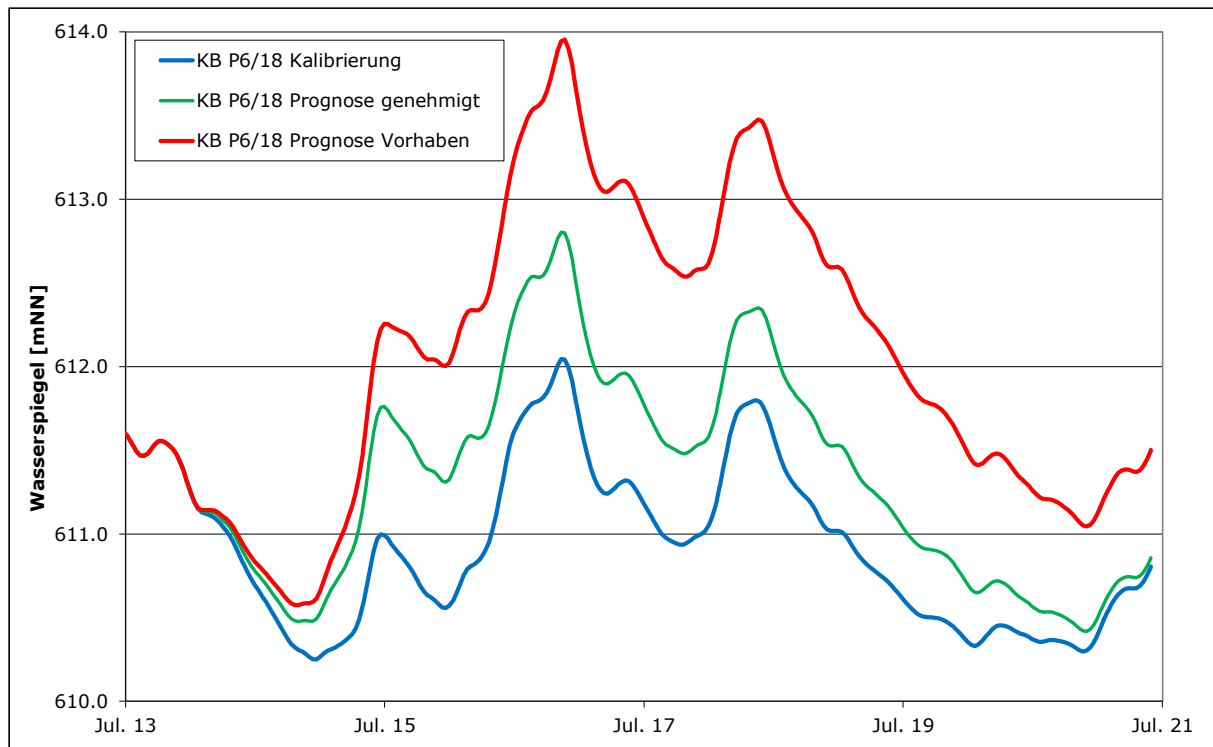


Abb. 5.5 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM P6/18 (Anstrom Vorhabengebiet)

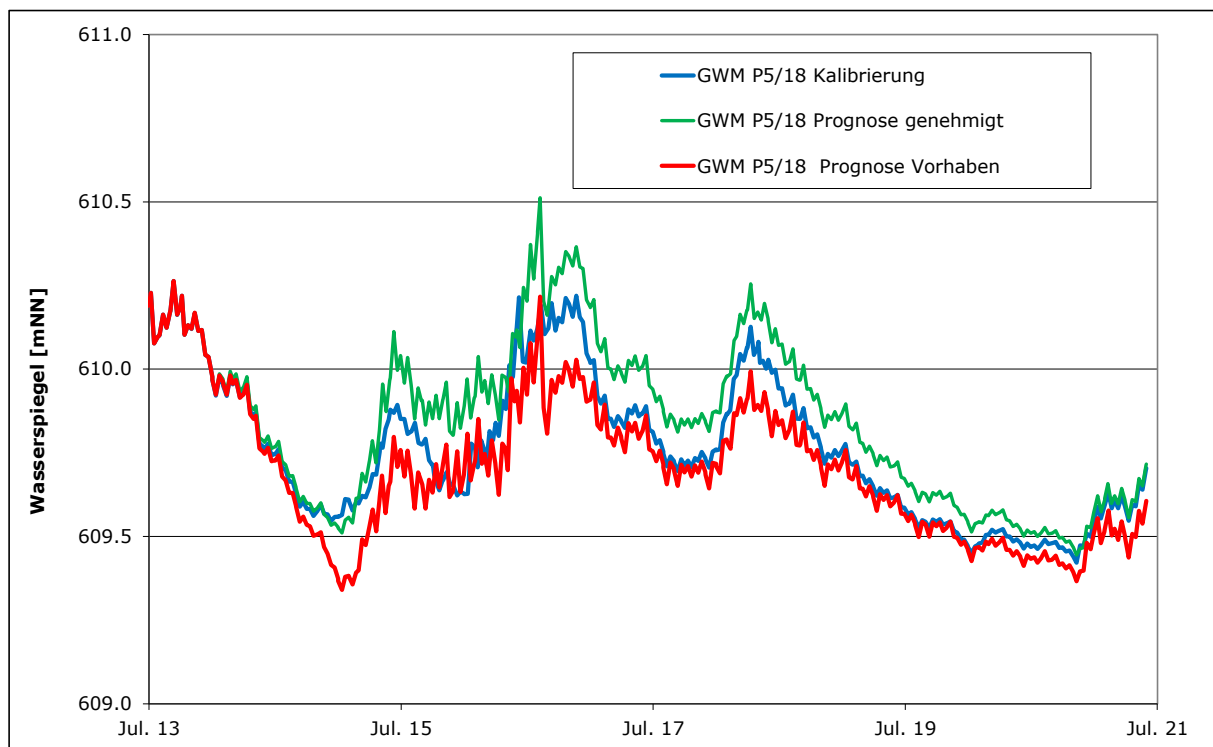


Abb. 5.6 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM P5/18 (Abstrom Vorhabengebiet)



## 5.2 Prognoseberechnung - Temperatureinfluss

Bei der Prognoseberechnung zur Bewertung der Temperatureinwirkung auf das Grundwasser durch einen temporären Nassabbau (Offenlegung der Grundwasseroberfläche) wird folgende Abbauplanung zugrunde gelegt.

- Unterteilung des Erweiterungsgebietes in 3 Abbauabschnitte von ca. 4 – 5 ha
- Jährlicher Abbau bzw. Offenlegung von ca. 1 ha
- Abbaurichtung von Nord nach Süd
- Kein Nassabbau zwischen dem 15.06. und dem 15.09. des jeweiligen Jahres
- Abbaubeginn Prognoseberechnung jährlicher Abbaubereich im Januar

In der Abbildung 6.1 sind die geplanten Abbauabschnitte und die Unterteilung in jährliche Abbaubereiche des 1. Abbauabschnitts dargestellt.

Die Randbedingungen und Parameter für den Wärmetransport sind:

Porosität:	Grundwasserleiter:	0,15
	Verfüllung:	0,05
Wärmekapazität:	Wasser	4,20 [MJ/m <sup>3</sup> /K]
	Gestein	2,52 [MJ/m <sup>3</sup> /K]
Wärmeleitfähigkeit:	Wasser	0,65 [J/m/s/K]
	Gestein	2,00 [J/m/s/K]
Disperivität:	Longitudinal	50 m
	Transversal	5 m

Die Temperatur der offenen Wasserfläche orientiert sich an den gemessenen Temperaturwerten eines Baggersees im Jahre 2019 mit vergleichbarer Höhenlage. In der Abbildung 6.2a ist der Vergleich der Messwerte des Referenzsees und der Temperaturverlauf der offenen Wasserfläche des nördlichsten Teilabschnittes des jährlichen Nassabbaus im Vorhabengebietes dargestellt. Die sommerlichen Maximaltemperaturen werden im Vorhabengebietes durch eine Unterbrechung des Nassabbaus verhindert. In der Abbildung 6.2b sind die Temperaturverläufe im Bereich des temporären Nassabbaus in den 4 Teilbereichen über den Zeitraum von 4 Jahren dargestellt.

In Folge des temporären Nassabbaus in den südlich gelegenen Abschnitten der Erweiterung sind sehr geringere Einflüsse auf die Grundwassertemperatur in den Quellaustritten zu beobachten ( $<< 0,5$  °C). Diese Tatsache ist auf die Wirksamkeit der Verfüllung des temporären Nassabbaus und die damit veränderten hydraulischen Bedingungen zurückzuführen.

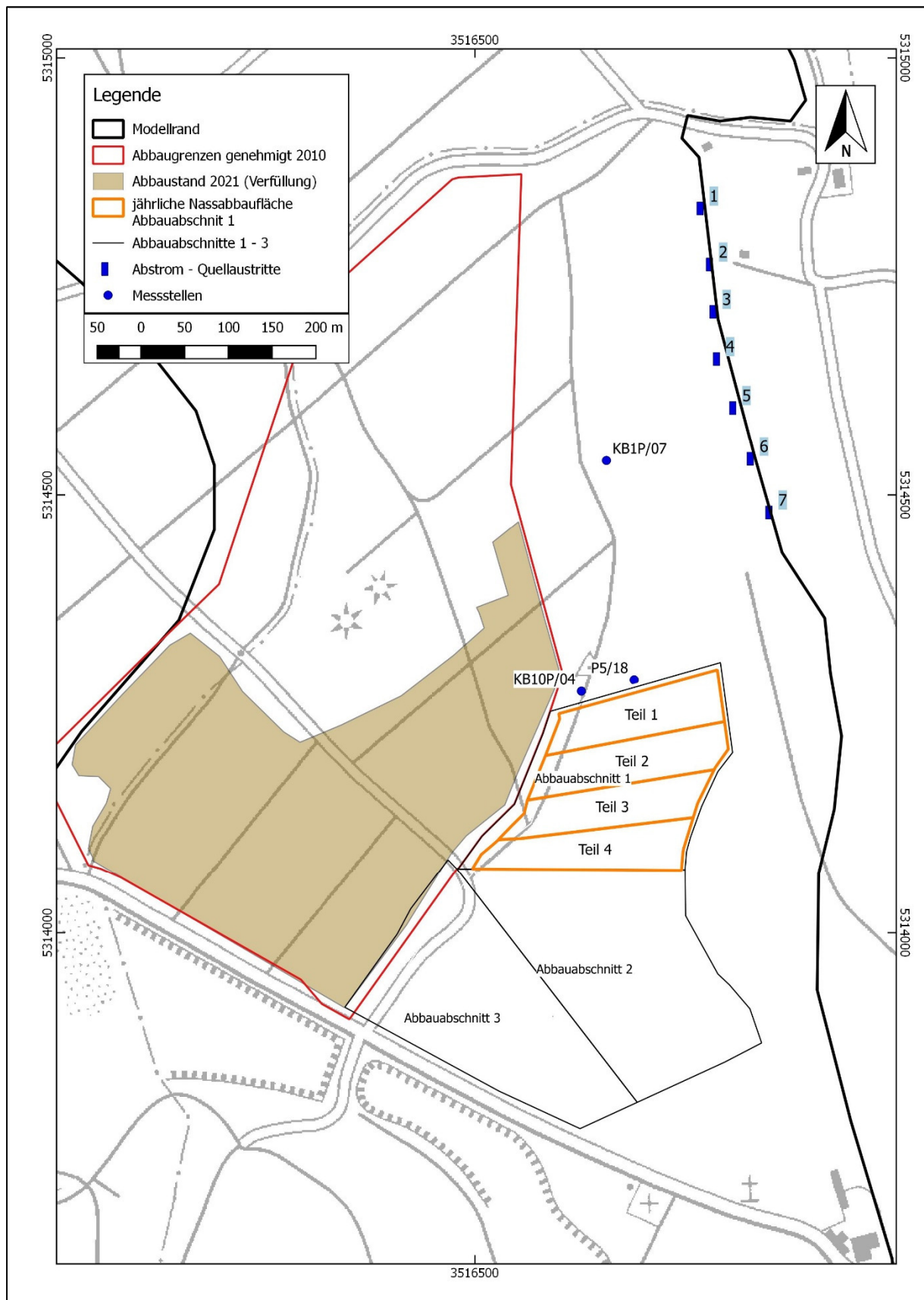


Abb. 6.1 Lageplan des Vorhabengebietes mit Abbauabschnitten

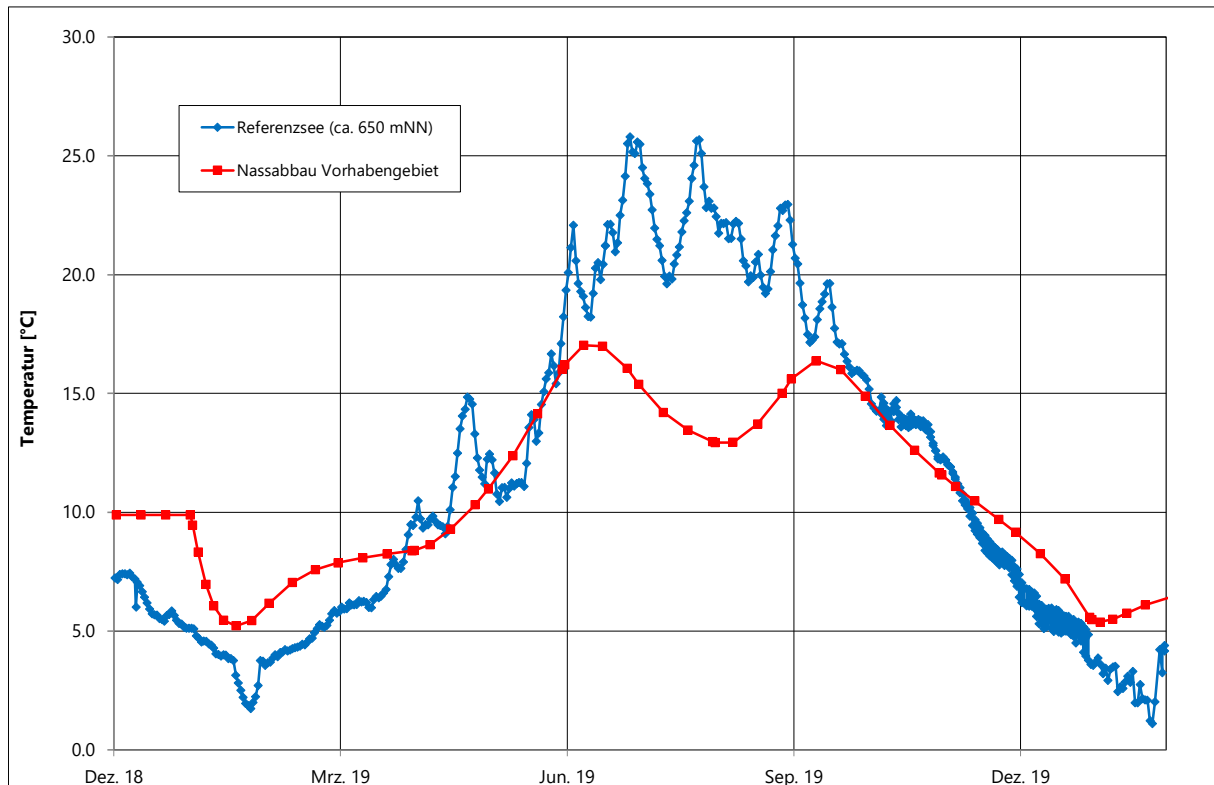


Abb. 6.2a Vergleich Temperaturverlauf Referenzsee und Nassabbau Vorhabengebiet

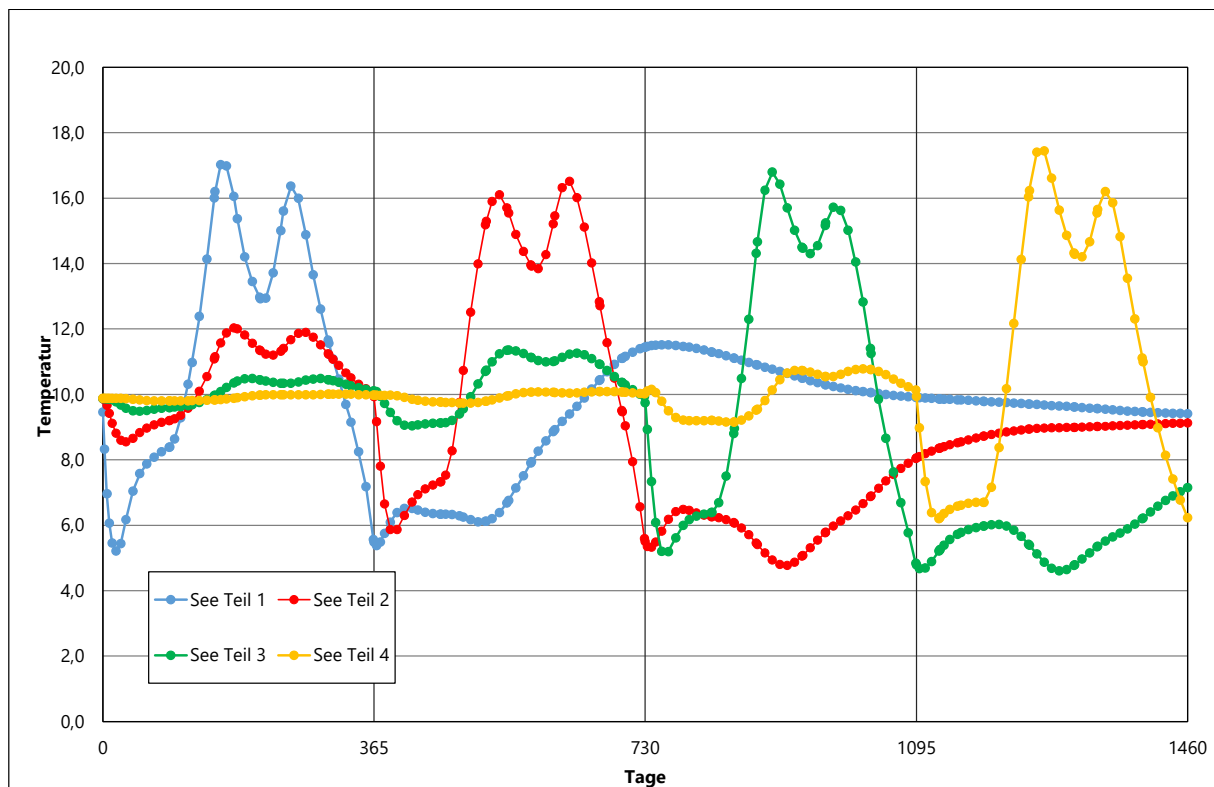


Abb. 6.2b Temperaturverlauf im Bereich des temporären Nassabbaus während des Abbaus in den 4 Teilbereichen des 1. Abbauabschnitts (Abbauzeitraum ca. 4 Jahre)

### 5.3 Ergebnisse der Berechnung der Temperaturänderungen

- a) Temperaturberechnungen bei den Quellaustritten während des Abbaus Bauabschnitt 1 (4 Teilbereiche in 4 Jahren)

Die Berechnungen wurden als „WORST CASE“ für eine offene Wasserfläche in jeweils einem Teilbereich des Abbauabschnitts 1 berechnet. Die Ergebnisse (Abb. 6.3) zeigen während des Abbaus des nördlichsten Teilbereichs des Abbauabschnitts 1 eine Temperaturerhöhung von max. 1,25 °C an den südlichen Quellaustritten (4 – 7). Die Temperaturänderungen an den nördlichen Quellaustritten berechnen sich zwischen 0,1 und 0,4 °C.

Bei einer prozentualen Aufteilung der berechneten Schüttungsmengen der einzelnen Austritte ergibt sich eine Mischungstemperatur von < 1,0 °C. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die südlichen Quellaustritte oberflächennah zur Fischbrutanstalt geleitet werden und somit den Umwelteinflüssen (hier Umgebungstemperatur) ausgesetzt sind und somit dieser Effekt praktisch nicht nachweisbar ist.

Bei der Annahme, dass im Verlauf des temporären Nassabbaus maximal 50% des nördlichsten Teilabschnitts des Abbauabschnitts 1 offen ist, ist ein weiterer Rückgang der Temperatureinwirkung auf das Grundwasser zu beobachten (Abb. 6.4). Es muss auch berücksichtigt werden, dass im Winter eine Abkühlung der offenen Wasserfläche erfolgt, die der Temperaturerhöhung im Frühjahr und Herbst entgegenwirkt.

Die Berechnungen zeigen, dass Temperaturänderungen der Quellschüttungen im Bereich der Fischbrutanstalt (Quelle 1 -3 –Abb. 6.3) zu vernachlässigen sind und die Mischungstemperatur eine Erhöhung unter 0,5 °C zeigt.

Nach Beendigung des Abbaus und erfolgter Verfüllung im ersten Teilbereich des Abbauabschnittes 1 zeigen die Berechnungen, dass durch den temporären Nassabbau der 3 folgenden südlich gelegenen Teilbereiche des Abbauabschnitts 1 deutlich geringere Temperaturänderungen in den Quellaustritten zu beobachten sind.

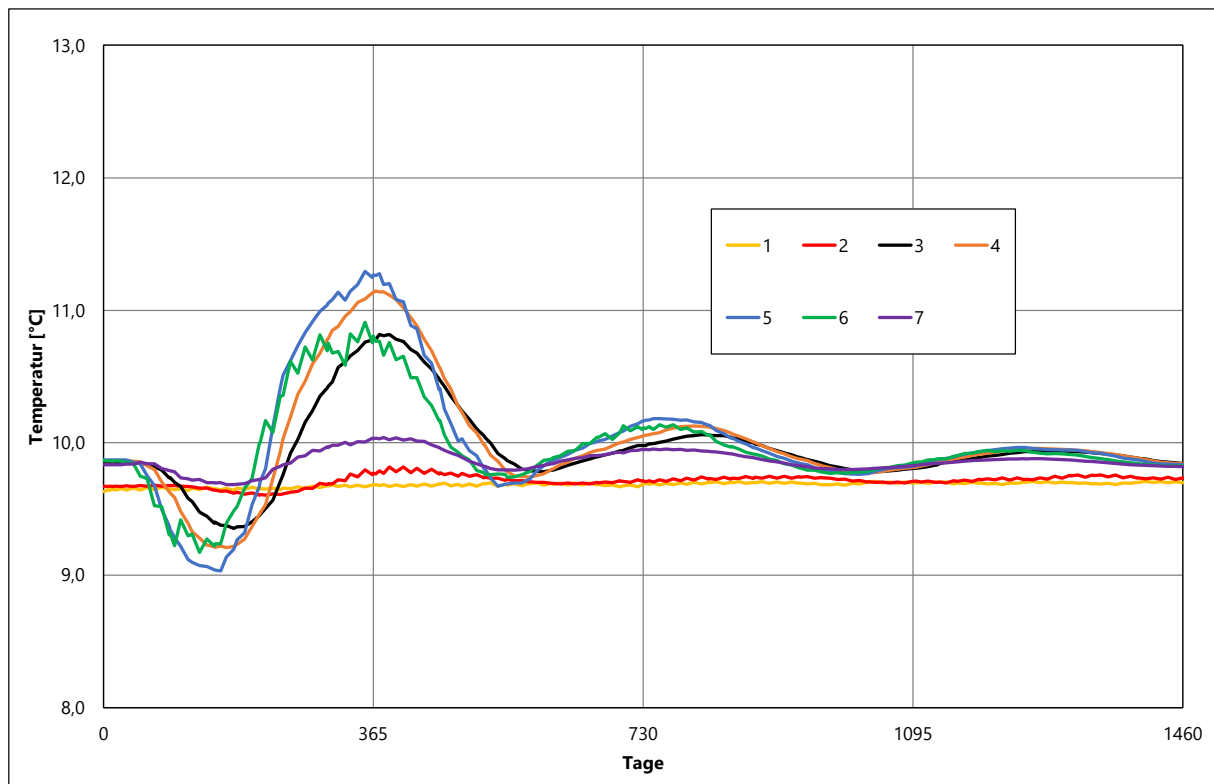


Abb. 6.3 Temperaturverlauf im Bereich der Quellaustritte - Nassabbau gesamte Teilfläche

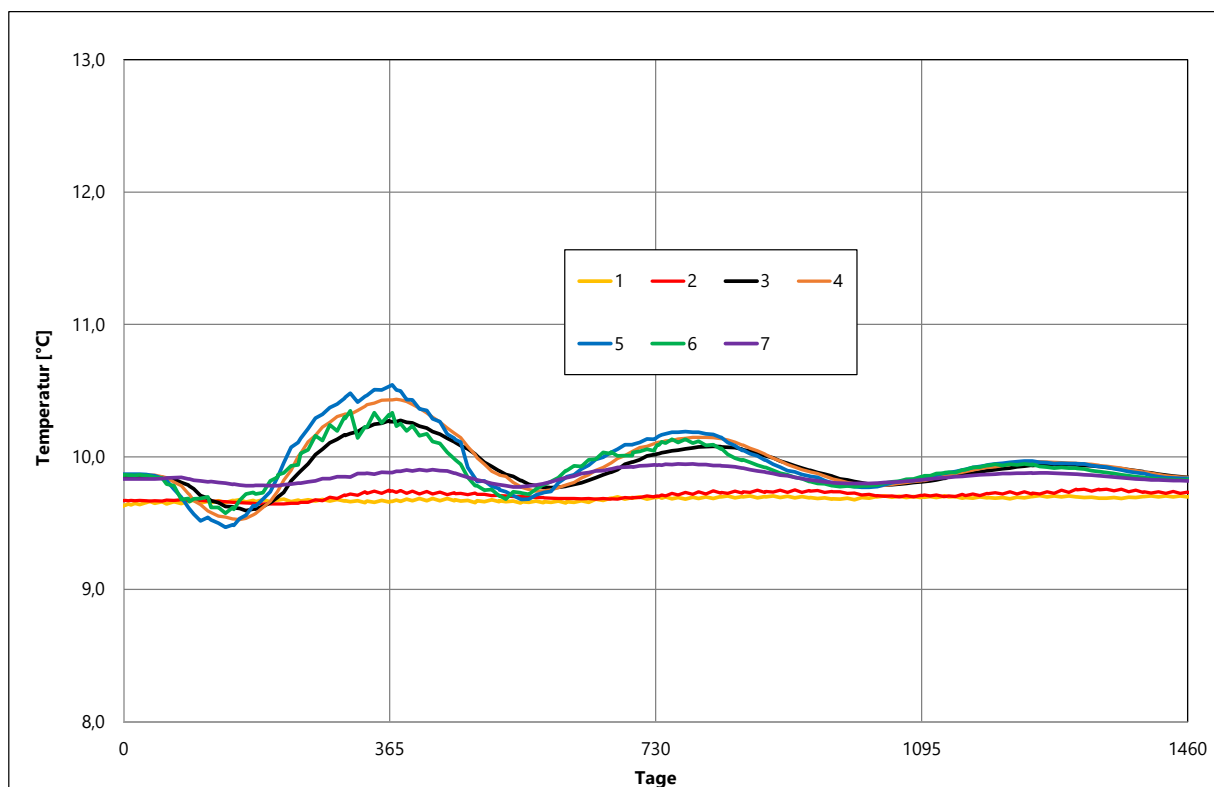


Abb. 6.4 Temperaturverlauf im Bereich der Quellaustritte - Nassabbau 50% der Teilfläche

b) Temperaturänderung in den abstromigen Messstellen (Grundwasser)

In der Abbildung 6.5 ist der Temperaturverlauf in den Messstellen KB10/P04, P5/18, KB1P/07 und KB2P/07, die nördlich des Vorhabengebiets liegen (s. Abb. 6.1) dargestellt. Es ist eine deutliche Abnahme der Beeinflussung der Grundwassertemperatur durch den temporären Nassabbau mit zunehmender Entfernung zu beobachten. Dies ist auf die Vermischung mit unbeeinflusstem Grundwasser und der Wechselwirkung mit dem durchströmten Kieskörper zurückzuführen.

Die Temperaturverteilung nach ca. 1 Jahr (328 Tage) zeigt Abb. 6.6.

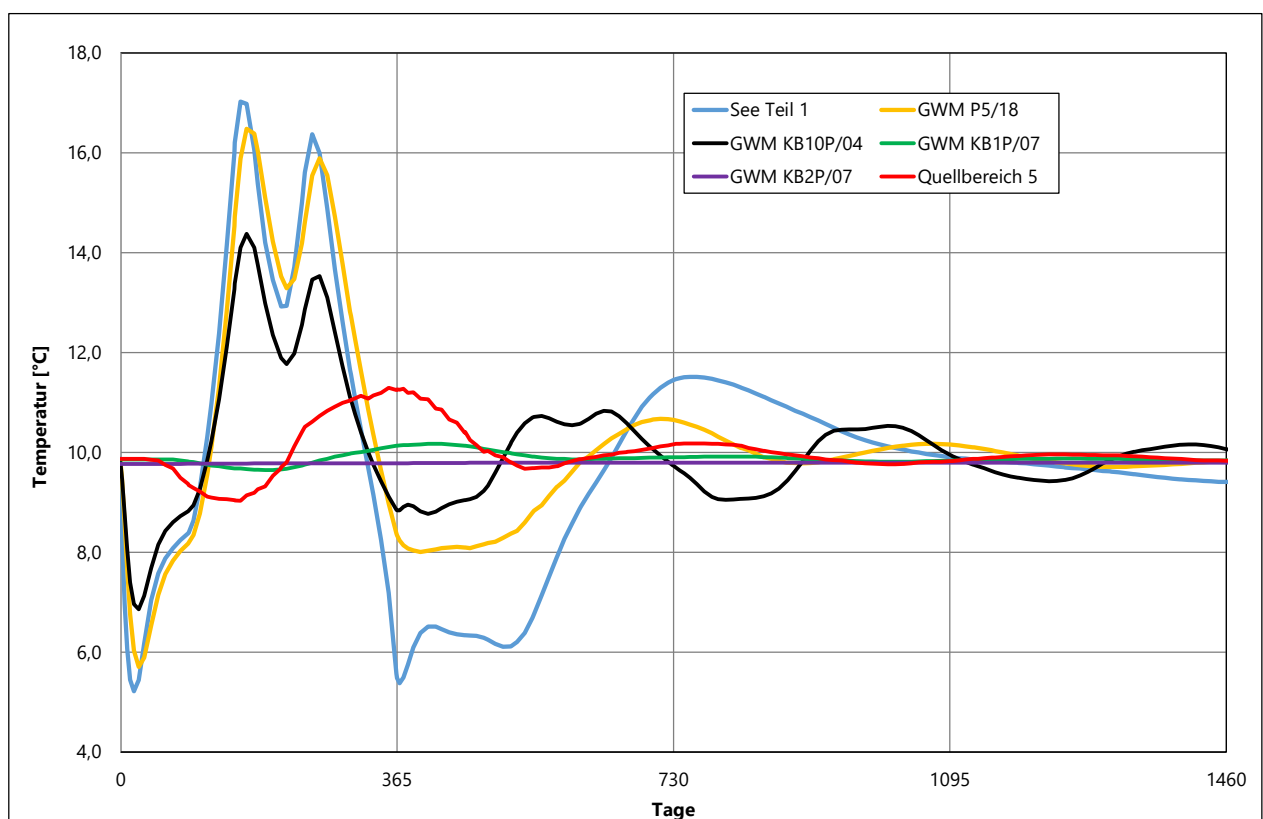


Abb. 6.5 Temperaturverlauf des Grundwassers im Abstrom des temporären Nassabbaus im Abbauabschnitt 1

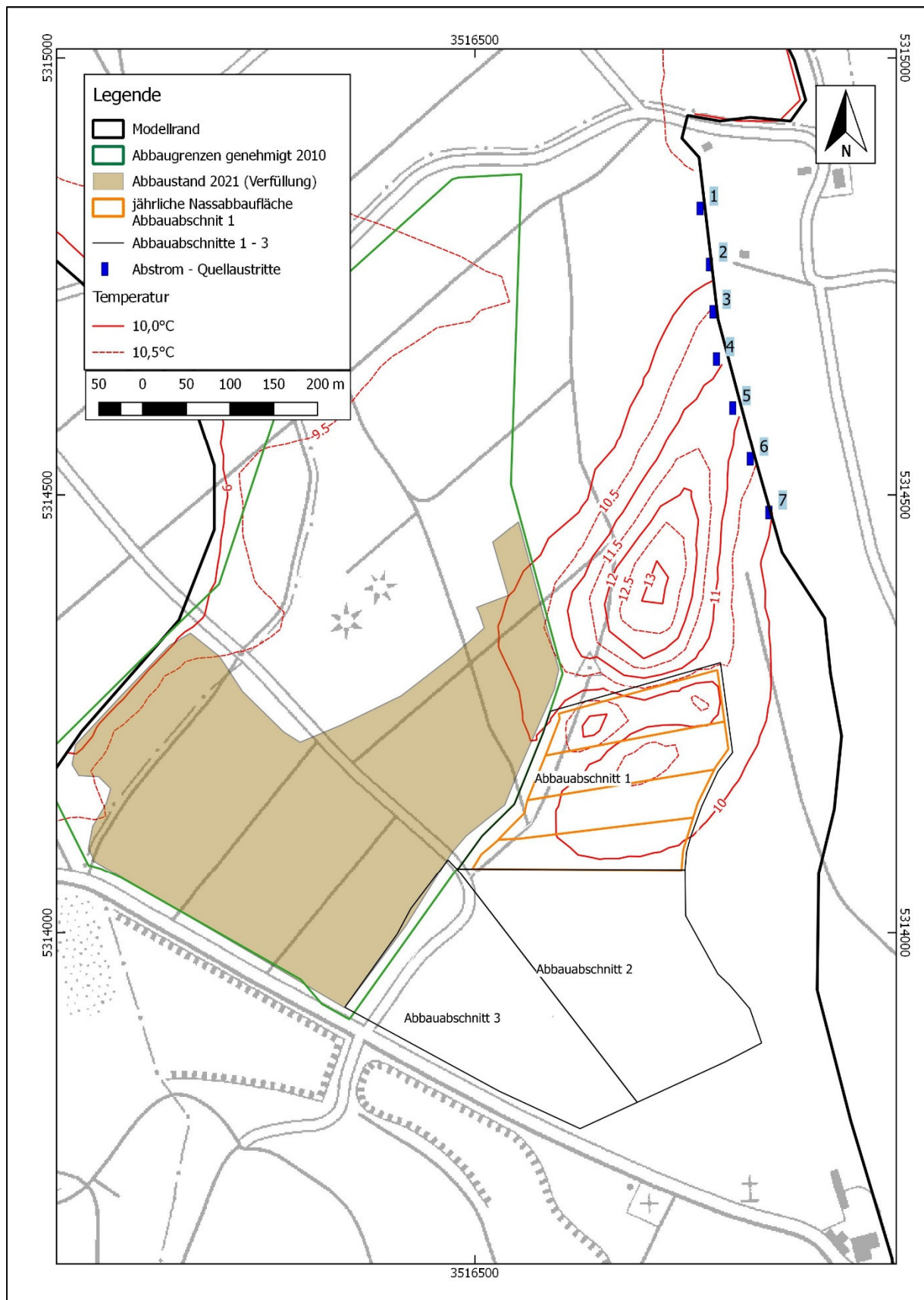


Abb. 6.6 Grundwassertemperatur im Abstrom des temporären Nassabbaus (t = 328 Tage)



## **6. Fazit der numerischen Prognoseberechnungen**

Die Beeinflussung des Fließsystems durch den Abbau im Vorhabengebiet ist im Abstrombereich im Vergleich zu den Fließverhältnissen nach Abbau des genehmigten Bereichs gering.

Signifikante Änderungen sind nur im Anstrombereich des Vorhabengebietes zu erwarten. Hier muss mit einem Anstieg des Grundwasserspiegels gerechnet werden.

Ein Einfluss auf die Schüttung ist nicht zu erwarten, da der Abbau keine signifikante Änderung der Grundwasserneubildung aus Niederschlägen nach sich zieht.

Die Temperatureinwirkung auf das Grundwasser durch den temporären Nassabbau führt im Bereich der Quellaustritte bei der Annahme der kompletten Freilegung der Grundwasseroberfläche eines Teilabschnitts (ca. 1 ha) zu einem maximalen Anstieg der Grundwassertemperatur im nächstgelegenen Quellaustritt um ca. 1,25 K. Die berechneten Temperaturanstiege der anderen Quellaustritte liegen zum Teil deutlich unter 0,5 K. Berücksichtigt man die Mischung der Schüttungsmengen der einzelnen Quellaustritte und deren maximalen Temperaturanstiege, dann ist mit einer maximalen Temperaturänderung (Worst Case) < 1 K zu rechnen, unter der Annahme, dass im gesamte Abschnitt 1 die Grundwasseroberfläche offen liegt.

Da davon auszugehen ist, dass bei dem Abbau eines Teilabschnitts nicht im kompletten Bereich das Grundwasser freigelegt wird, ist von einer deutlich geringeren Beeinflussung der Grundwassertemperatur im Bereich der Quellaustritte auszugehen.

Bei der Berechnung wurde berücksichtigt, dass zwischen dem 15.06. und dem 15.09. kein Nassabbau erfolgt.



# Anlagen

## Anlage 1.1 – 1.15

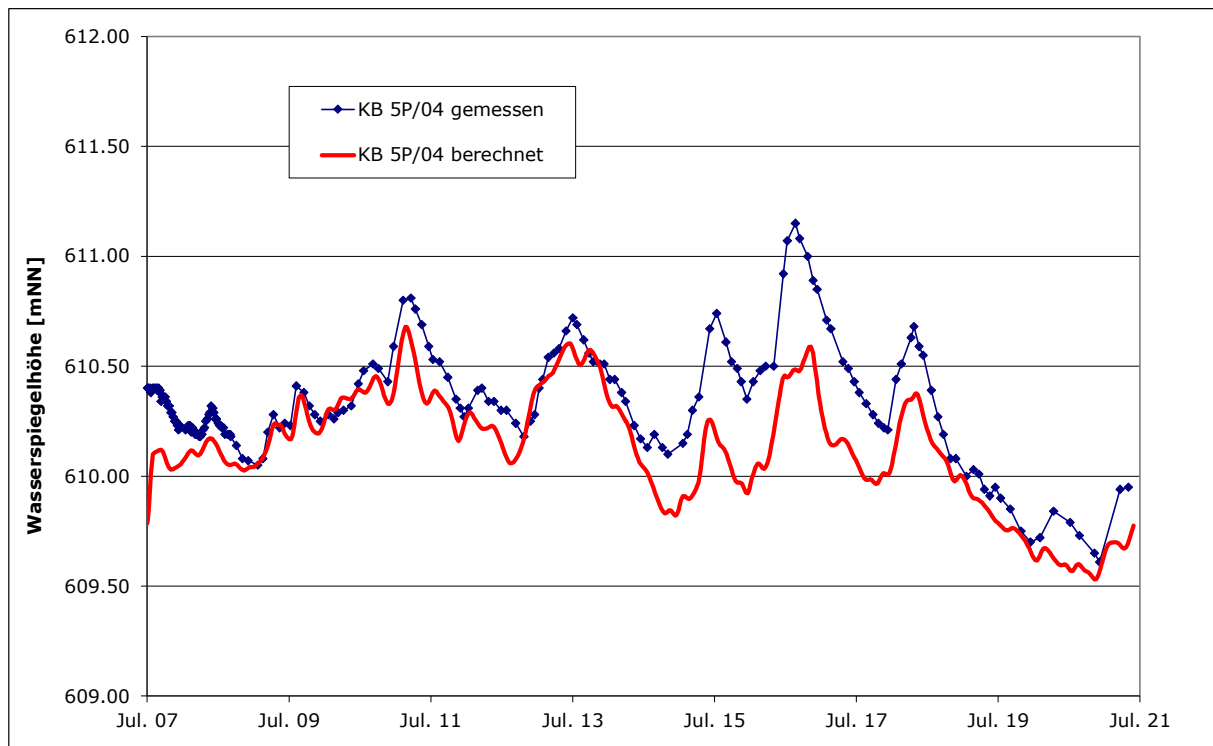
Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen

## Anlage 2.1 – 2.3

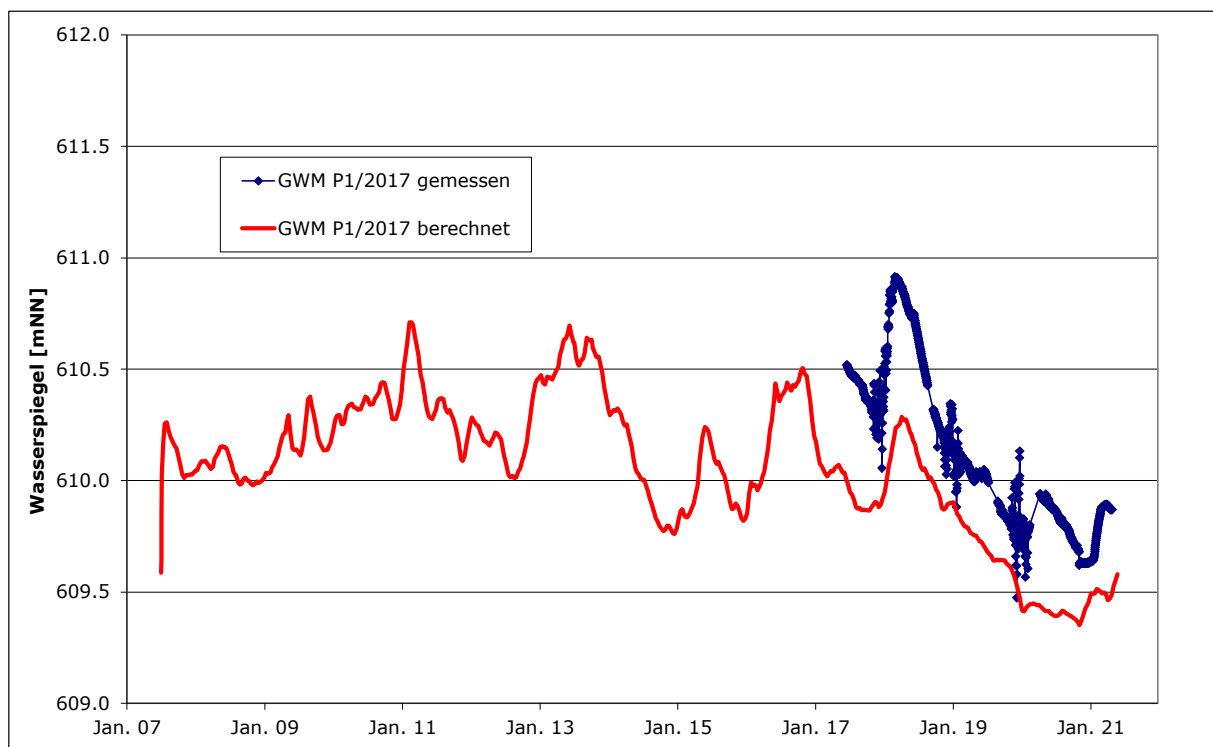
Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in Grundwassermessstellen (Anstrom Vorhabengebiet)

## Anlage 2.4 – 2.8

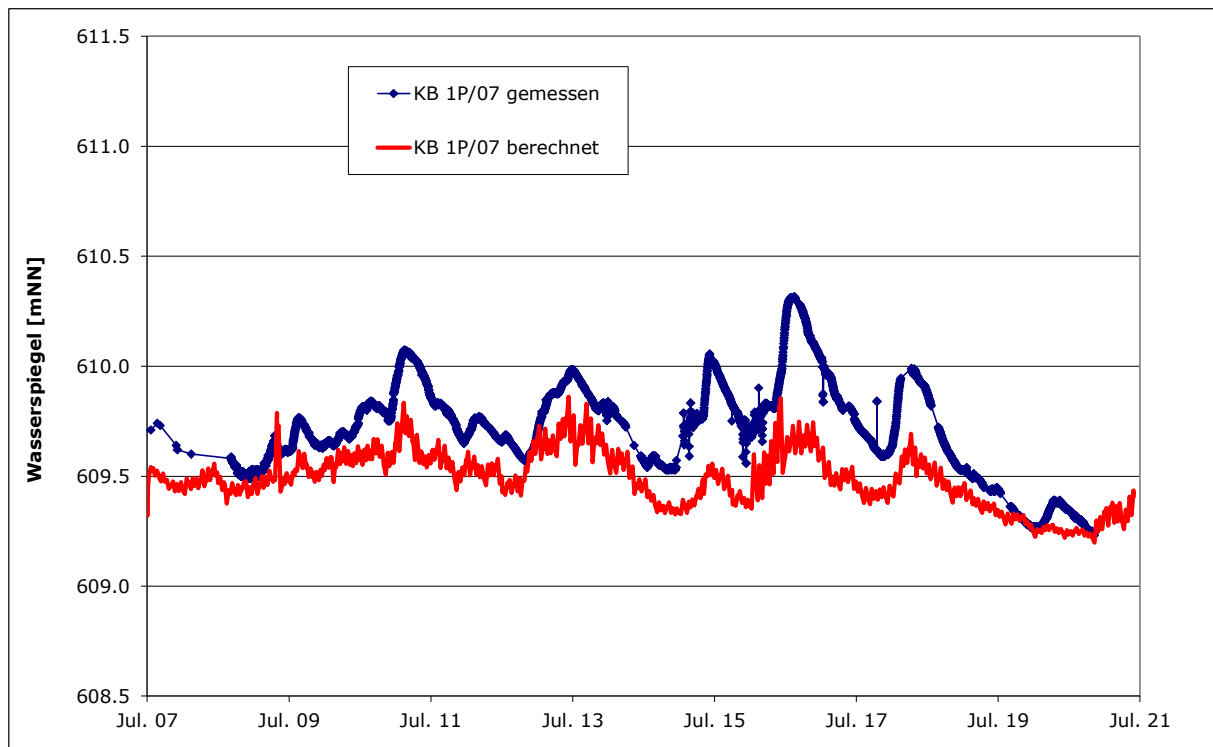
Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in Grundwassermessstellen (Abstrom Vorhabengebiet)



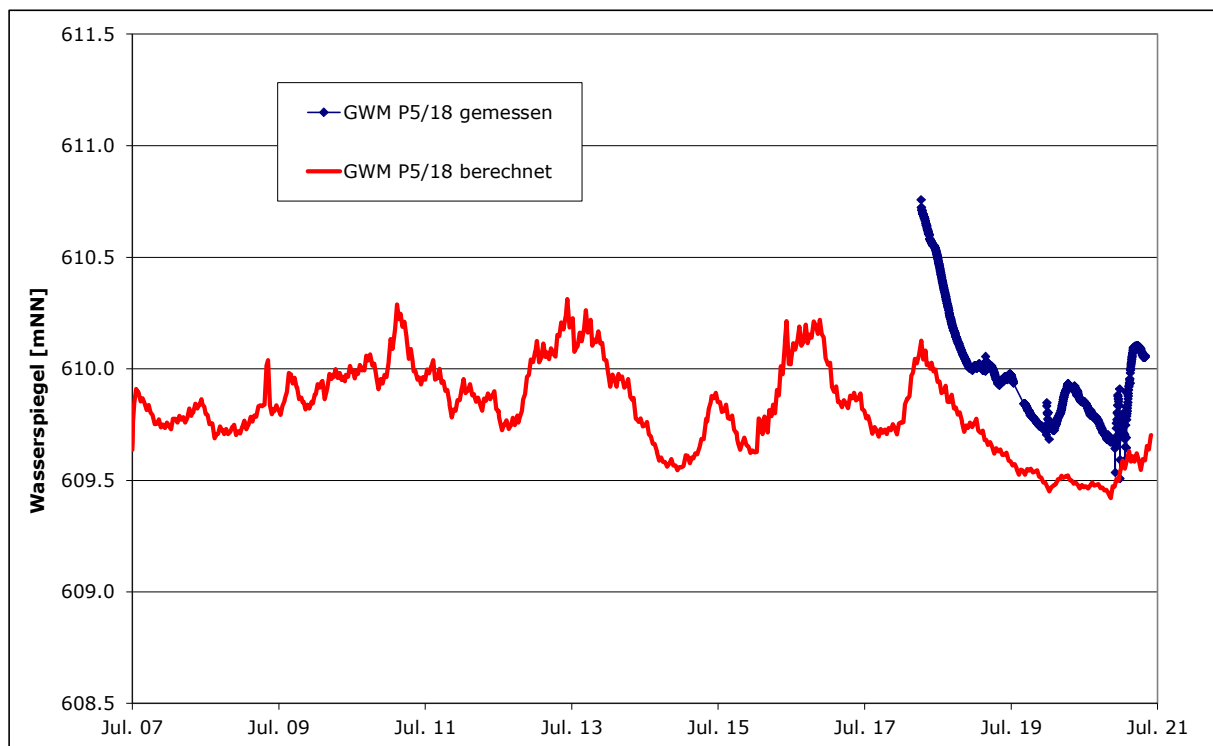
Anl. 1.1 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 5P/04



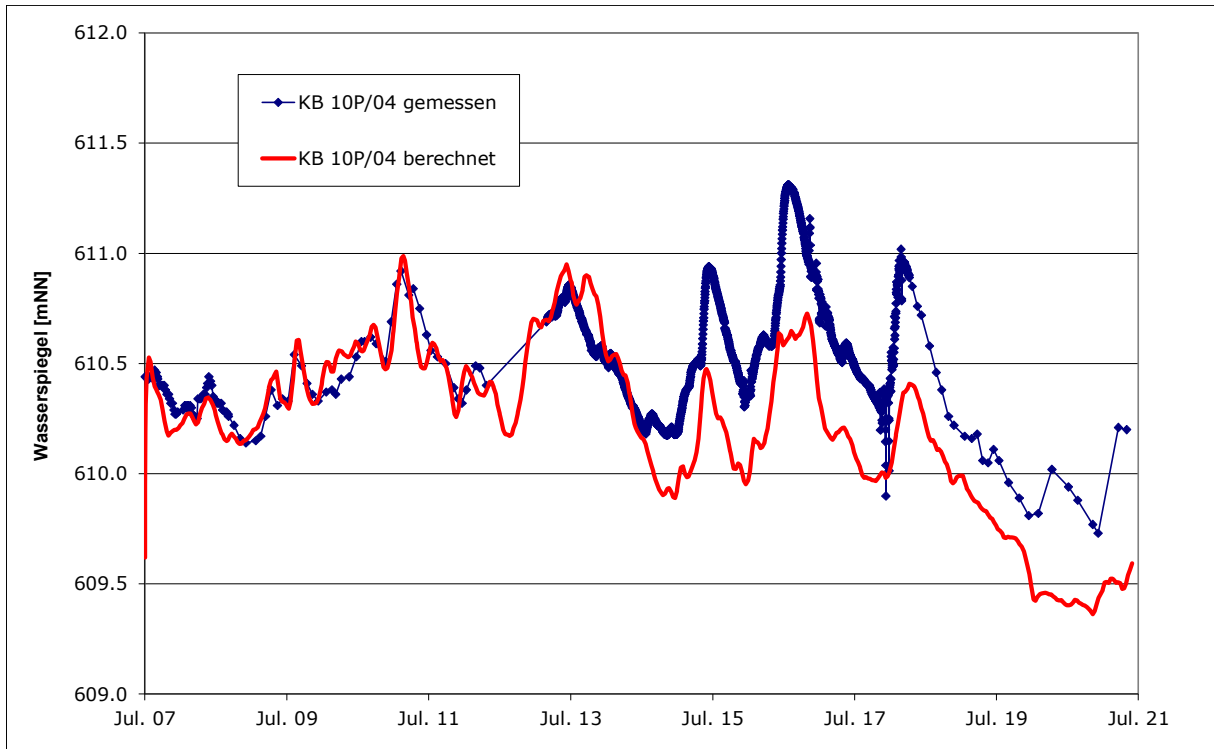
Anl. 1.2 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der GWM P1/2017



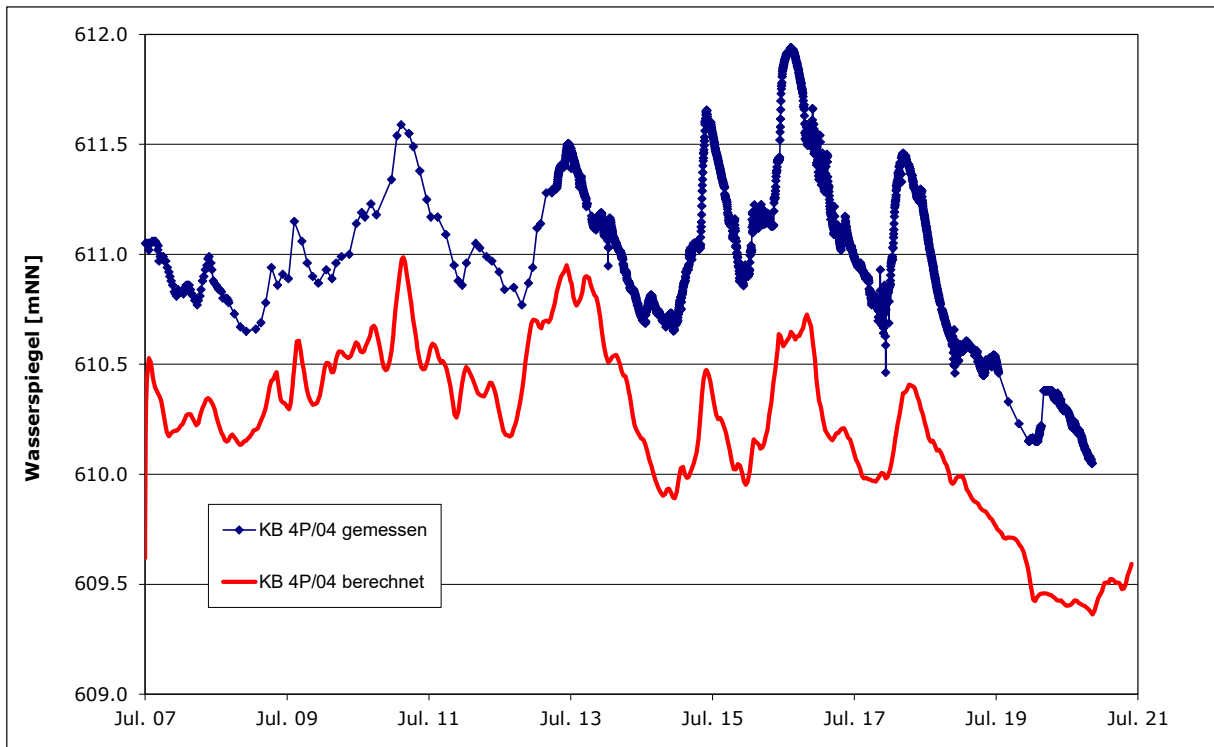
Anl. 1.3 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 1P/07



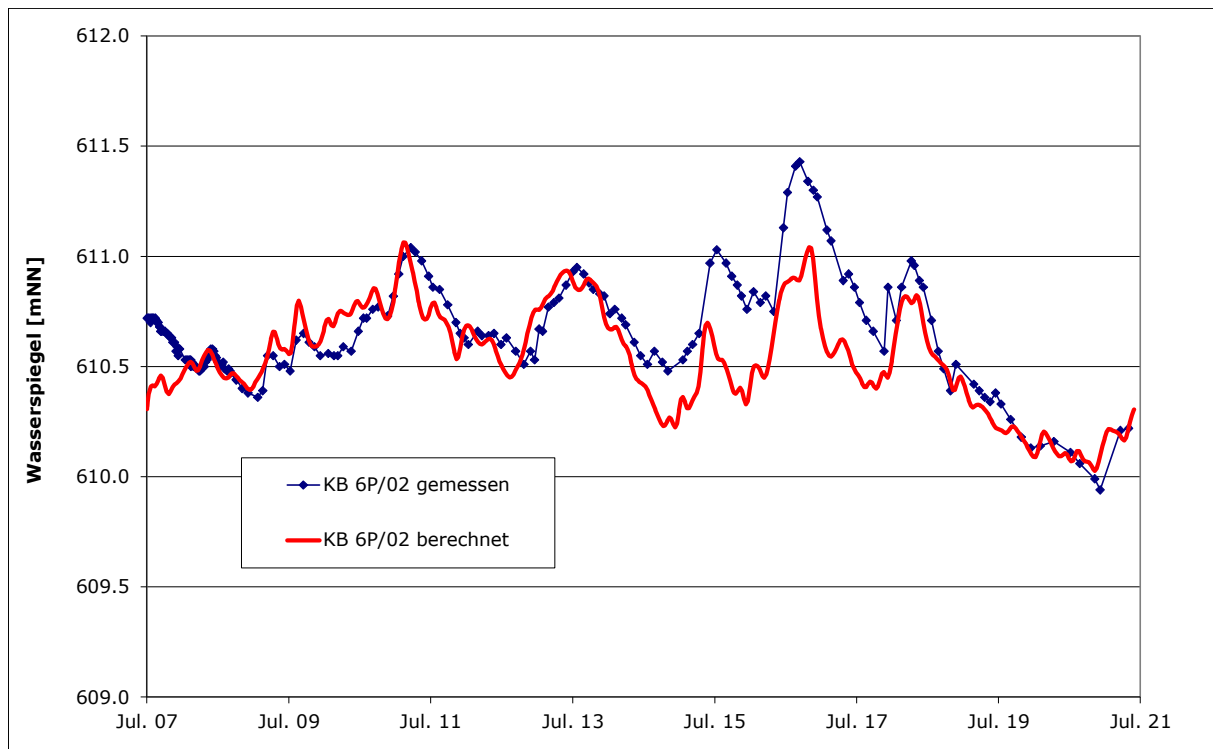
Anl. 1.4 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der GWM P5/18



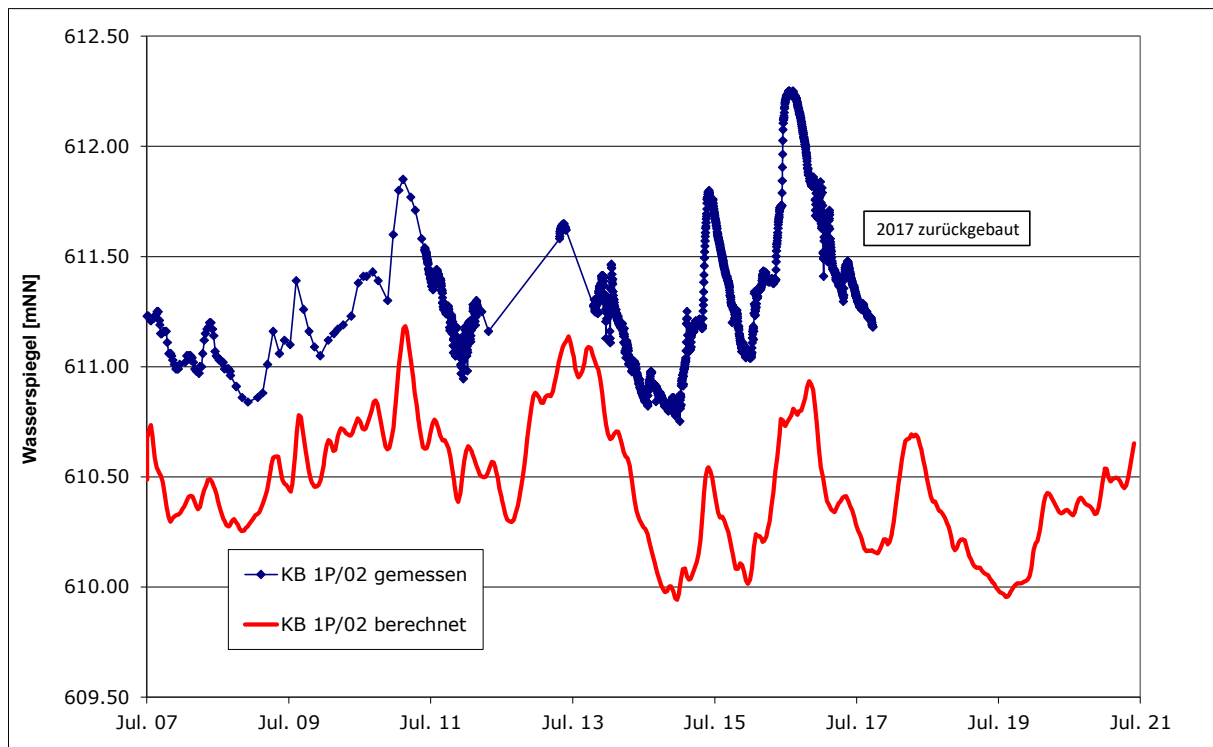
Anl. 1.5 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 10P/04



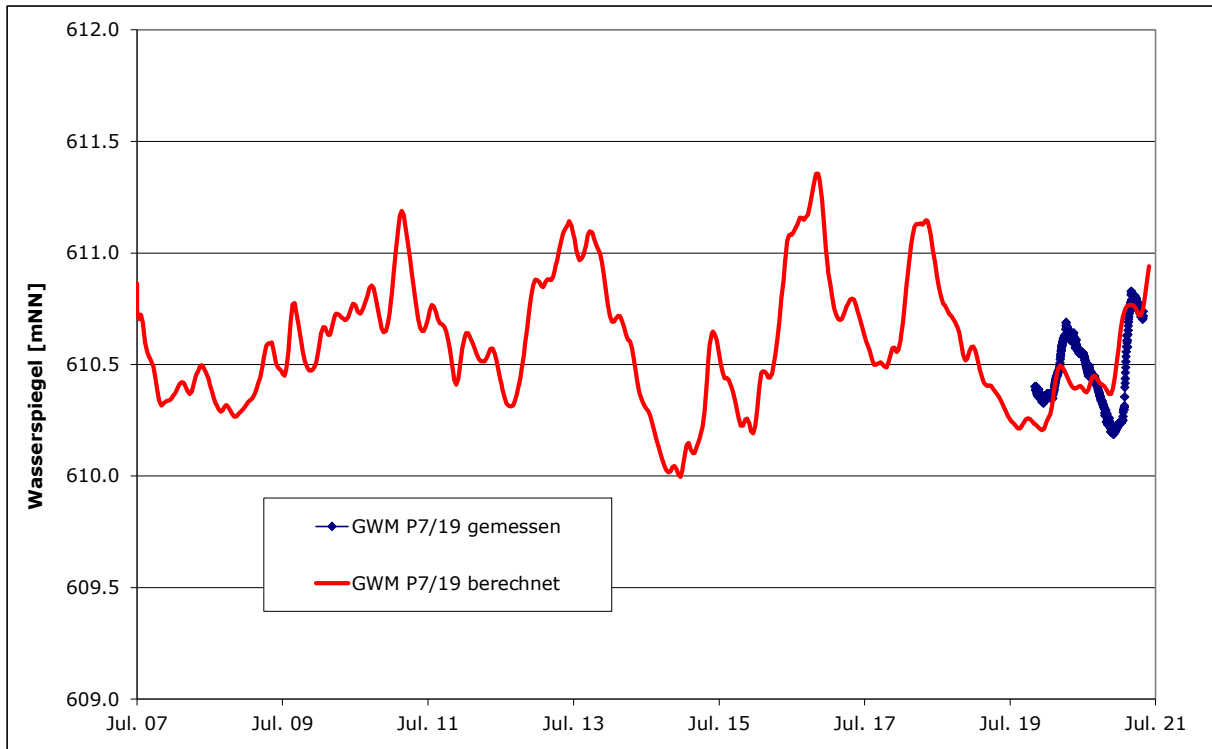
Anl. 1.6 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 4P/04



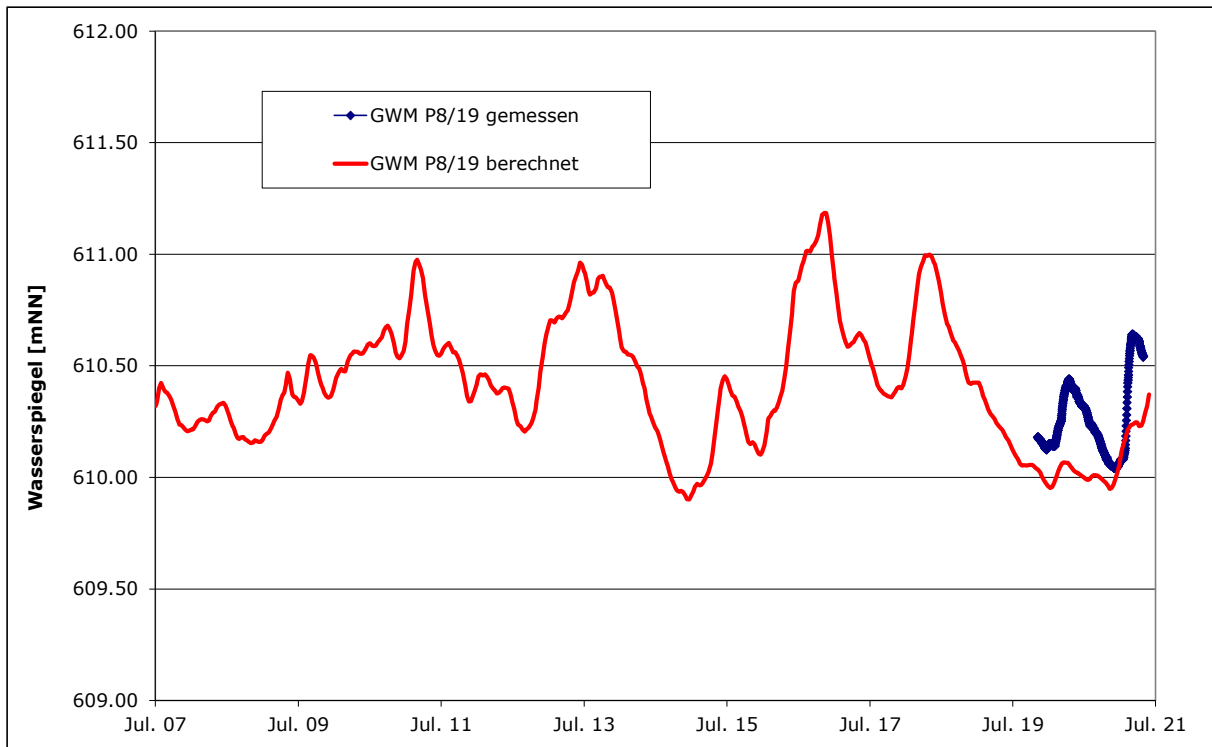
Anl. 1.7 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 6P/04



Anl. 1.8 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 1P/02

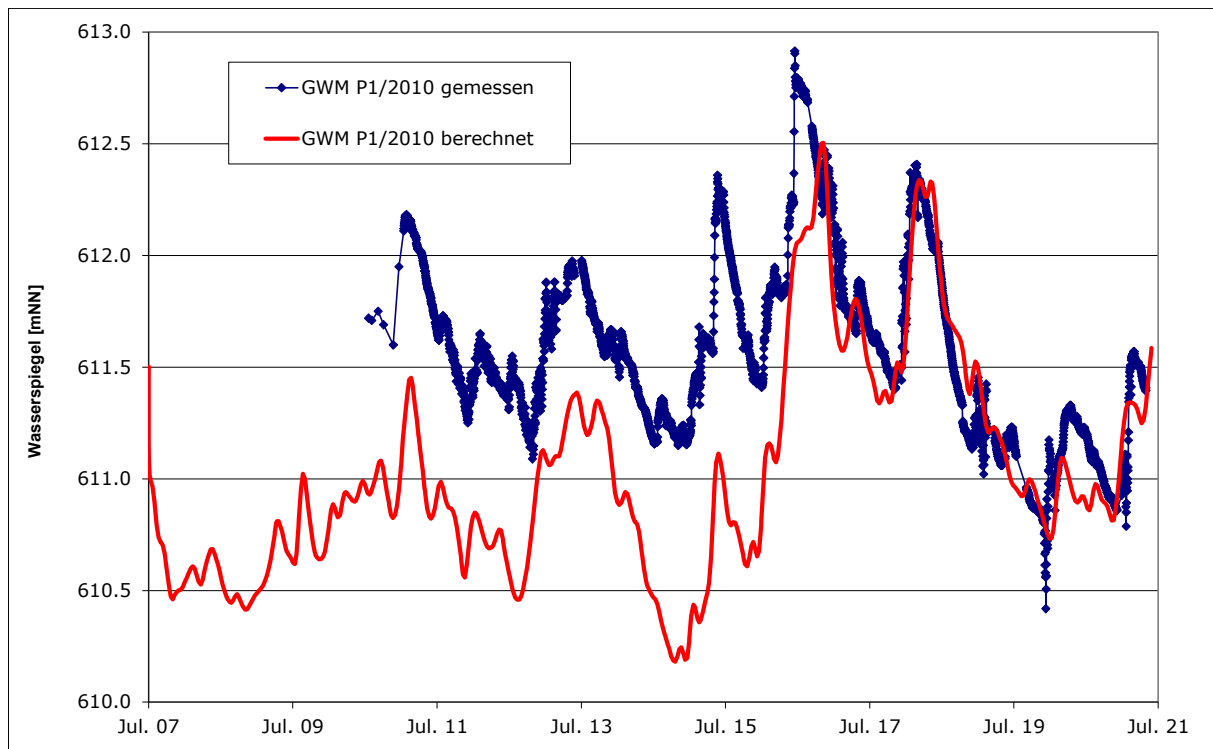


Anl. 1.9 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der GWM P7/19

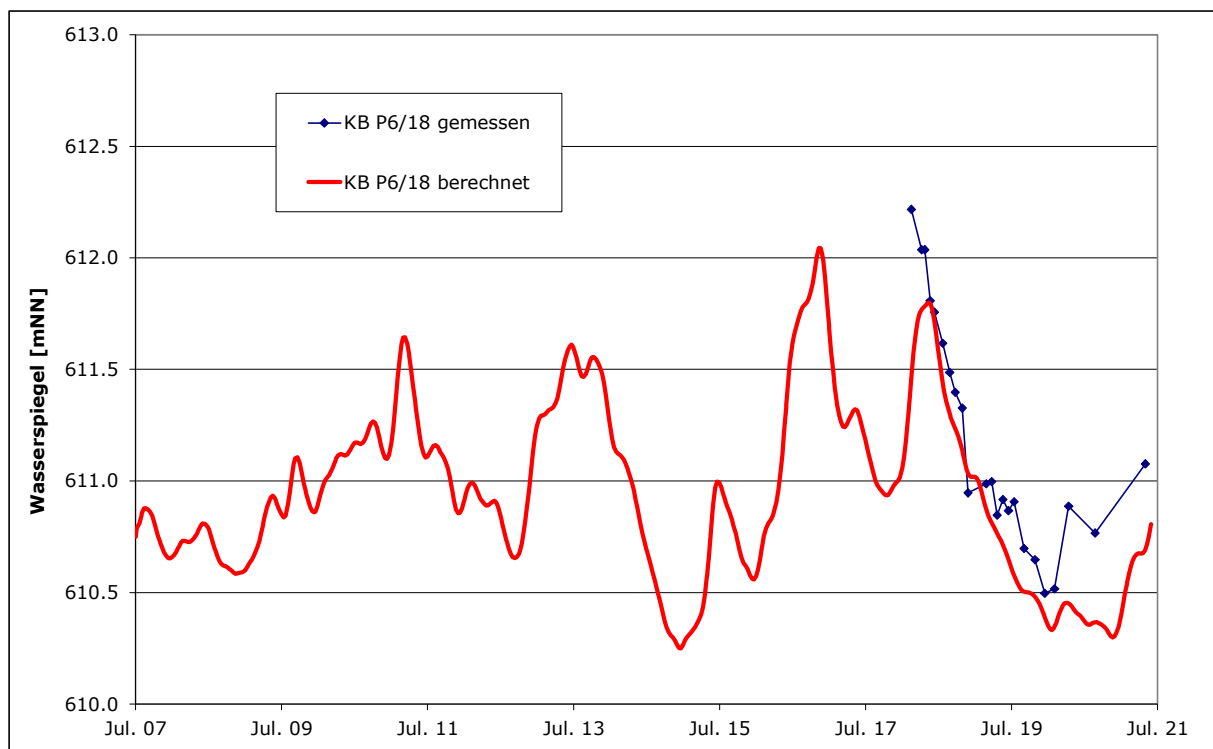


Anl. 1.10 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der GWM P8/19

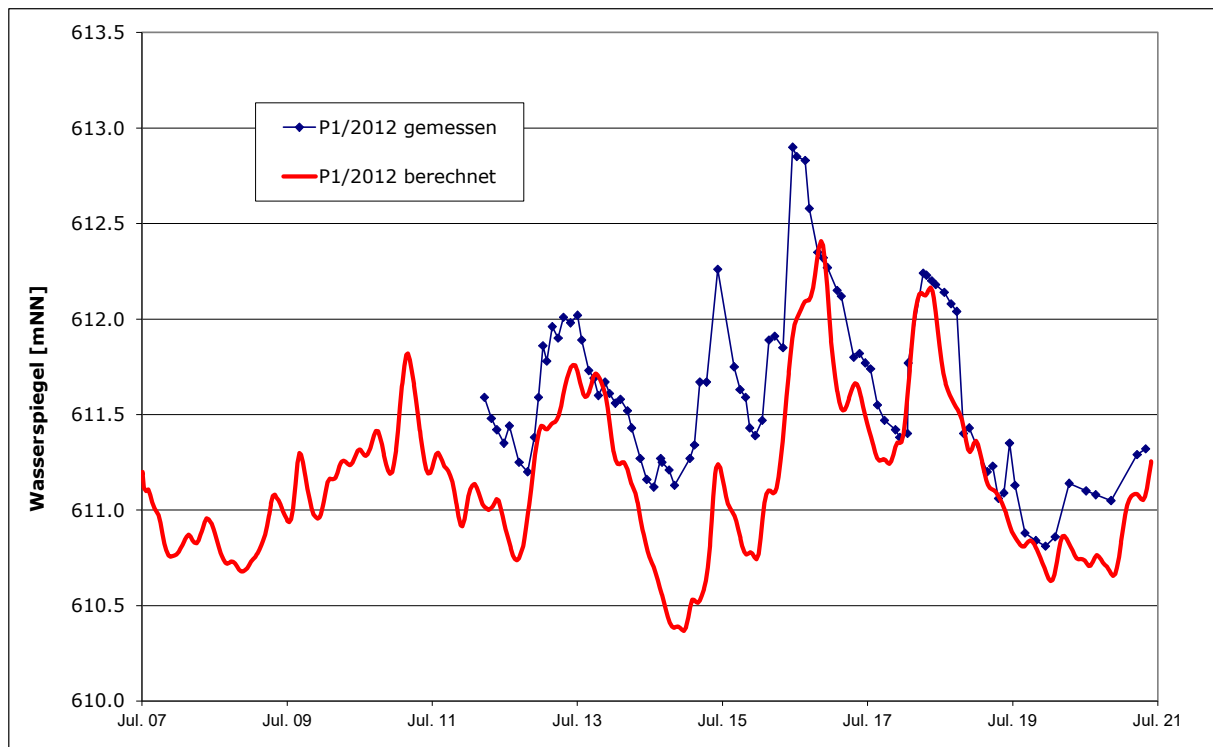




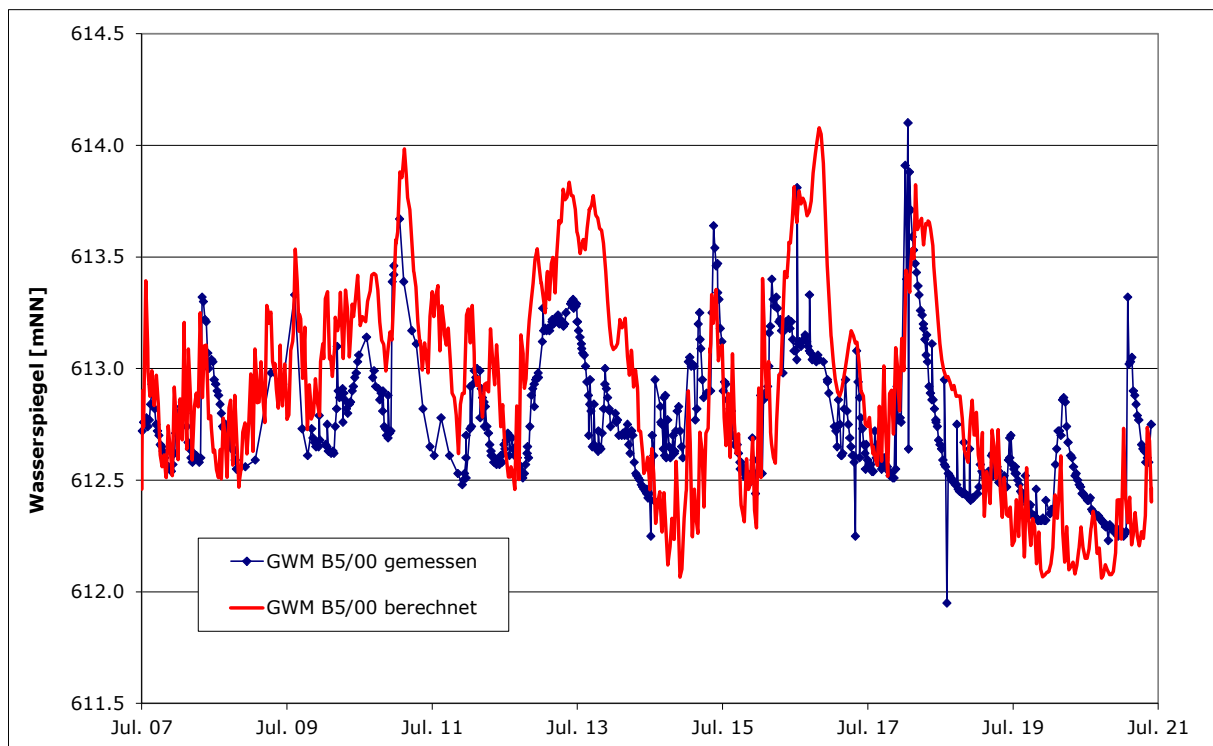
Anl. 1.11 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der GWM P1/2010



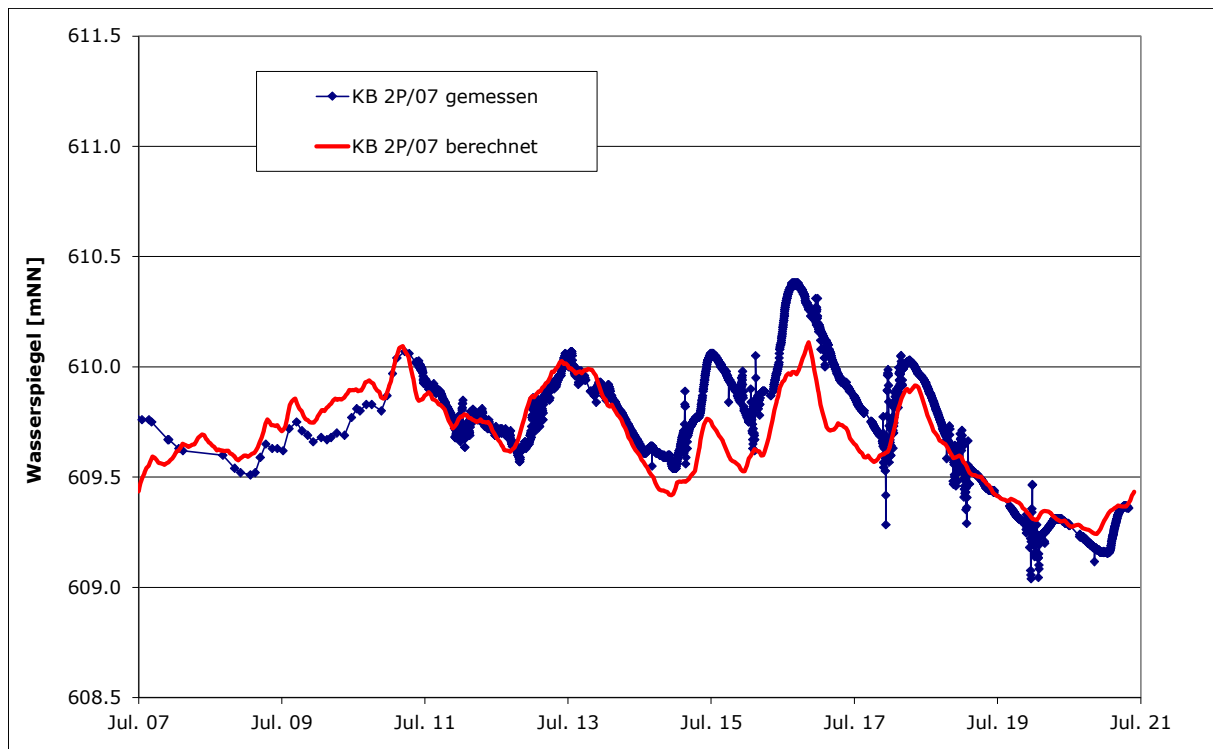
Anl. 1.12 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB P6/18



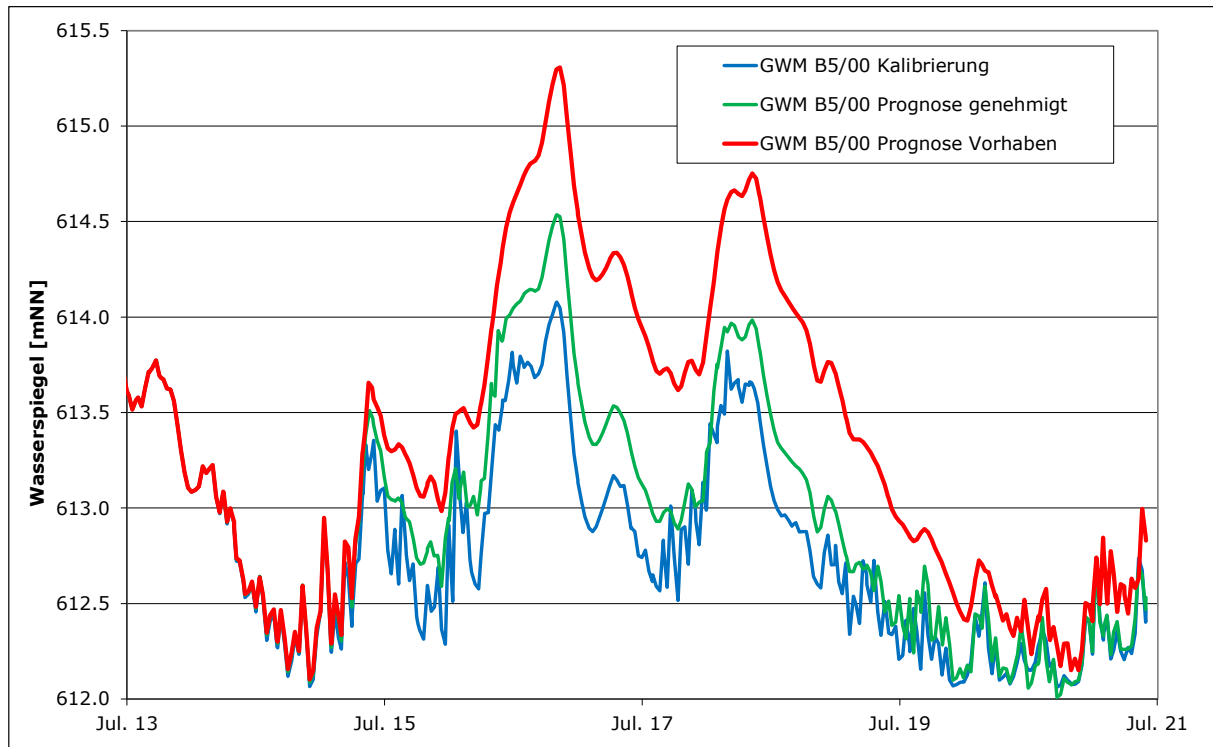
Anl. 1.13 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der P1/2012



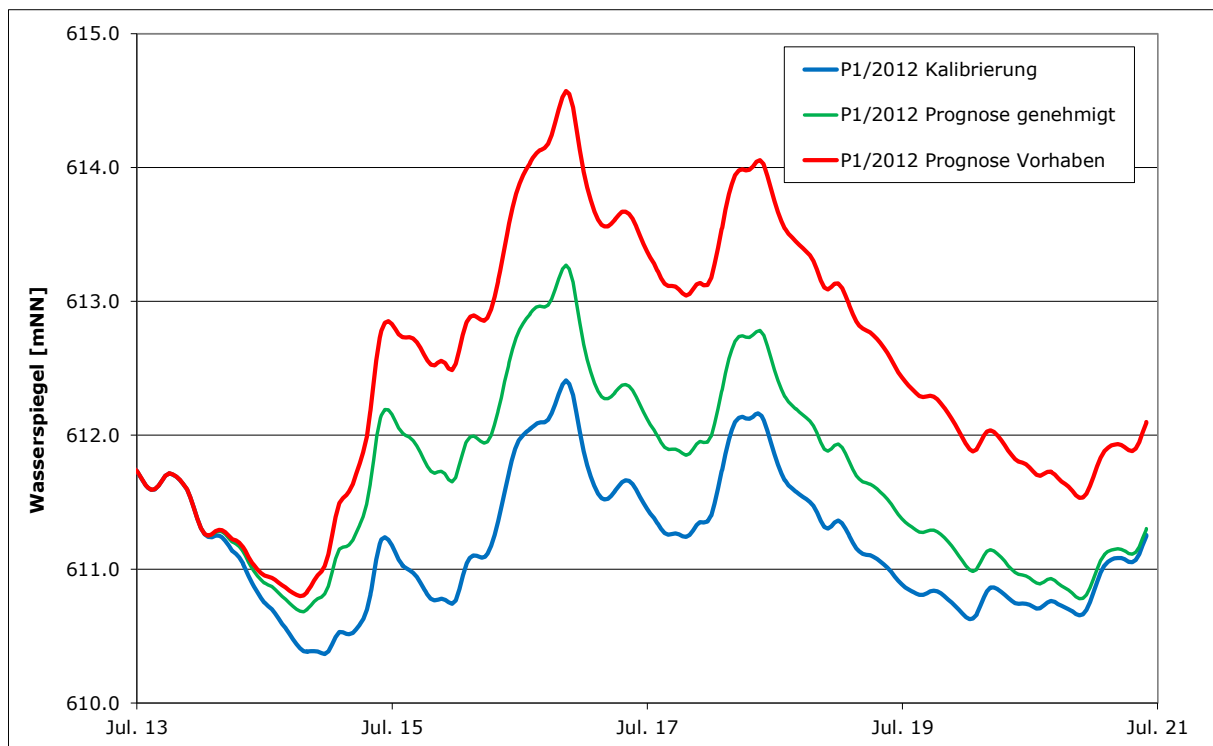
Anl. 1.14 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der GWM B5/00



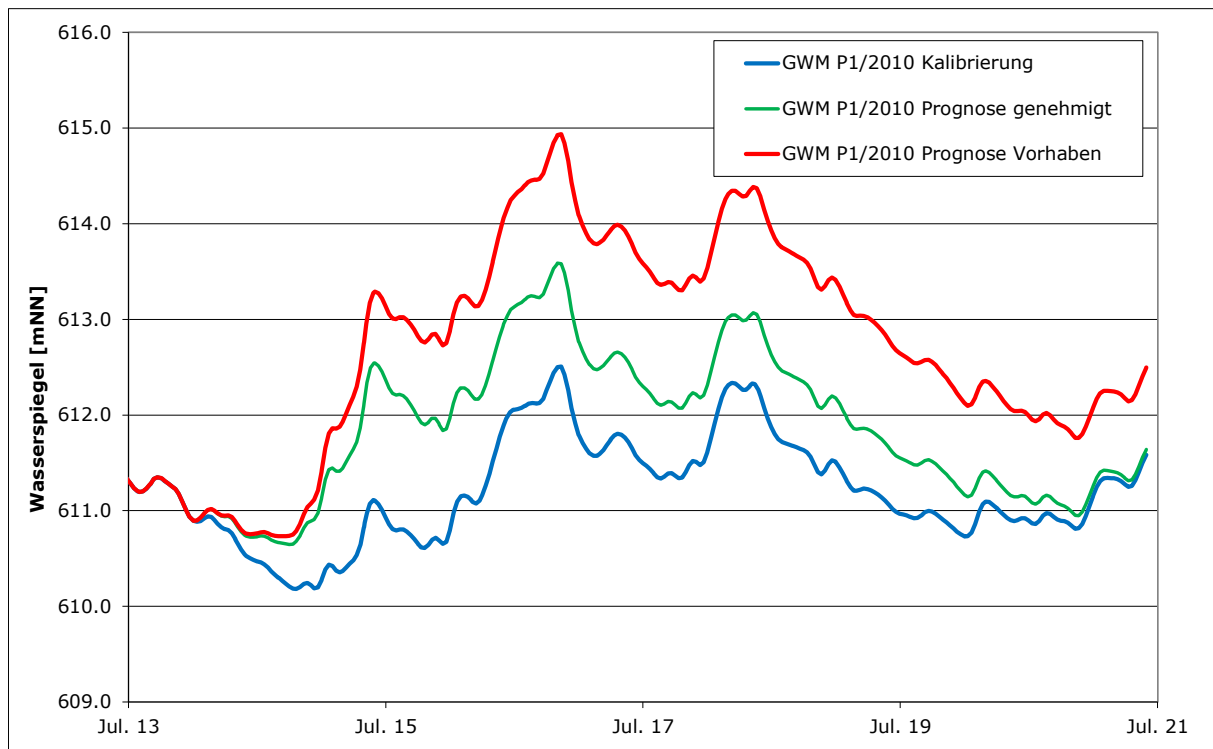
Anl. 1.15 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 2P/07



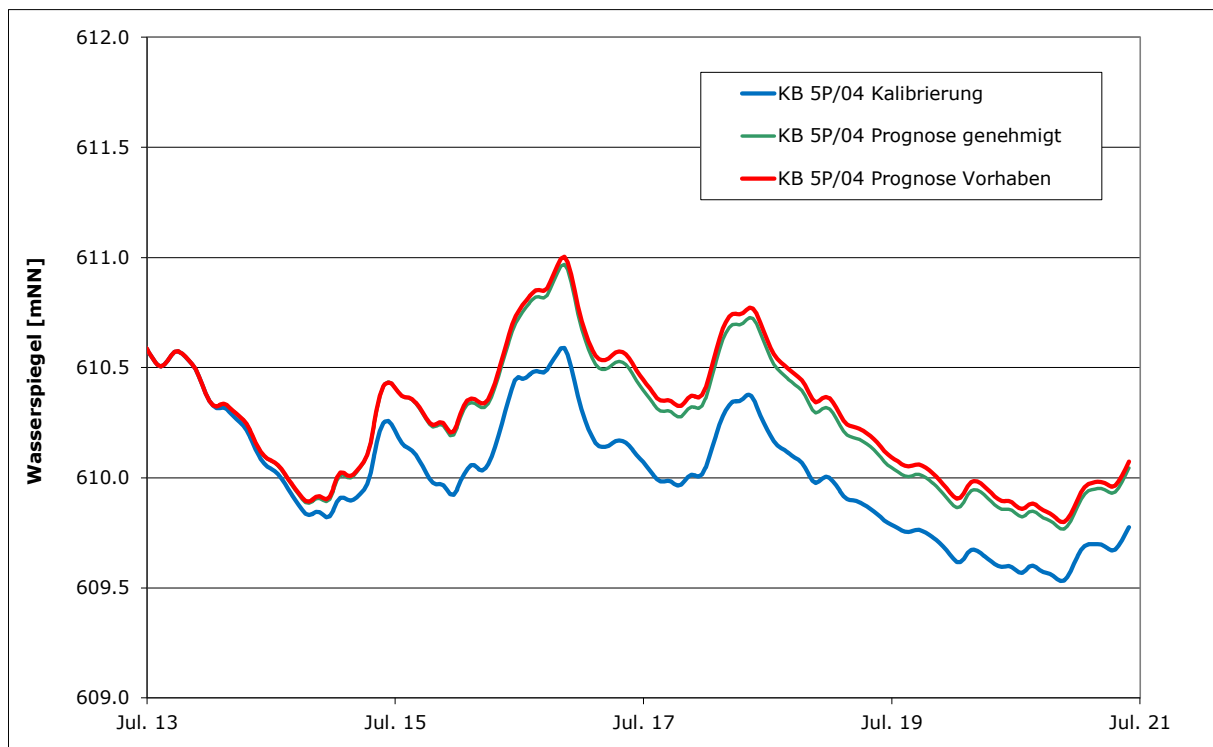
Anl. 2.1 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM B5/00 (Anstrom Vorhabengebiet)



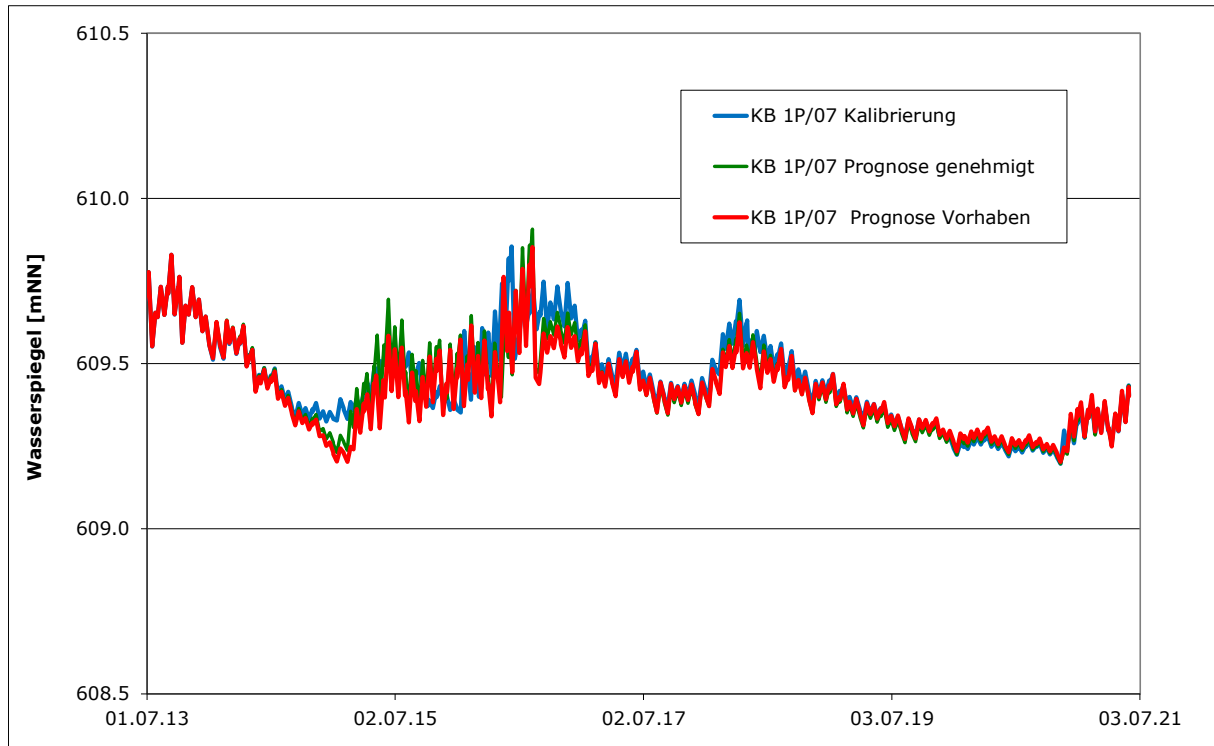
Anl. 2.2 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM P1/2012 (Anstrom Vorhabengebiet)



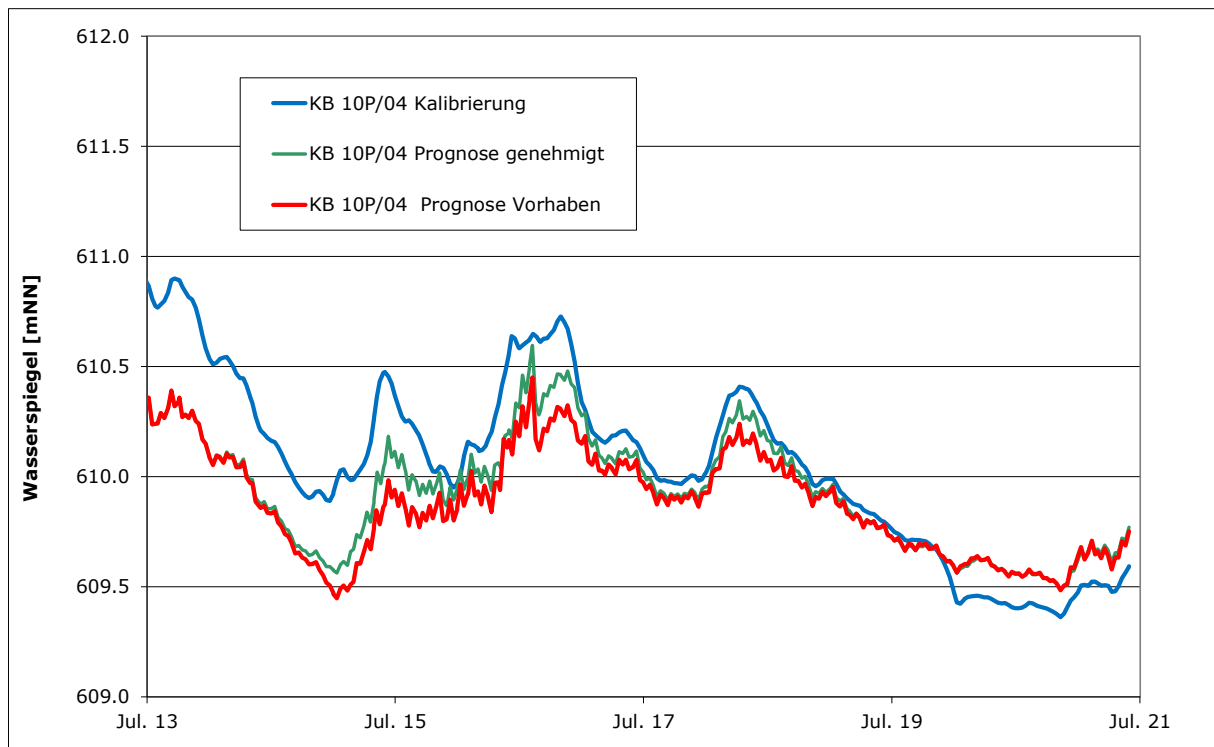
Anl. 2.3 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM P1/2010 (Anstrom Vorhabengebiet)



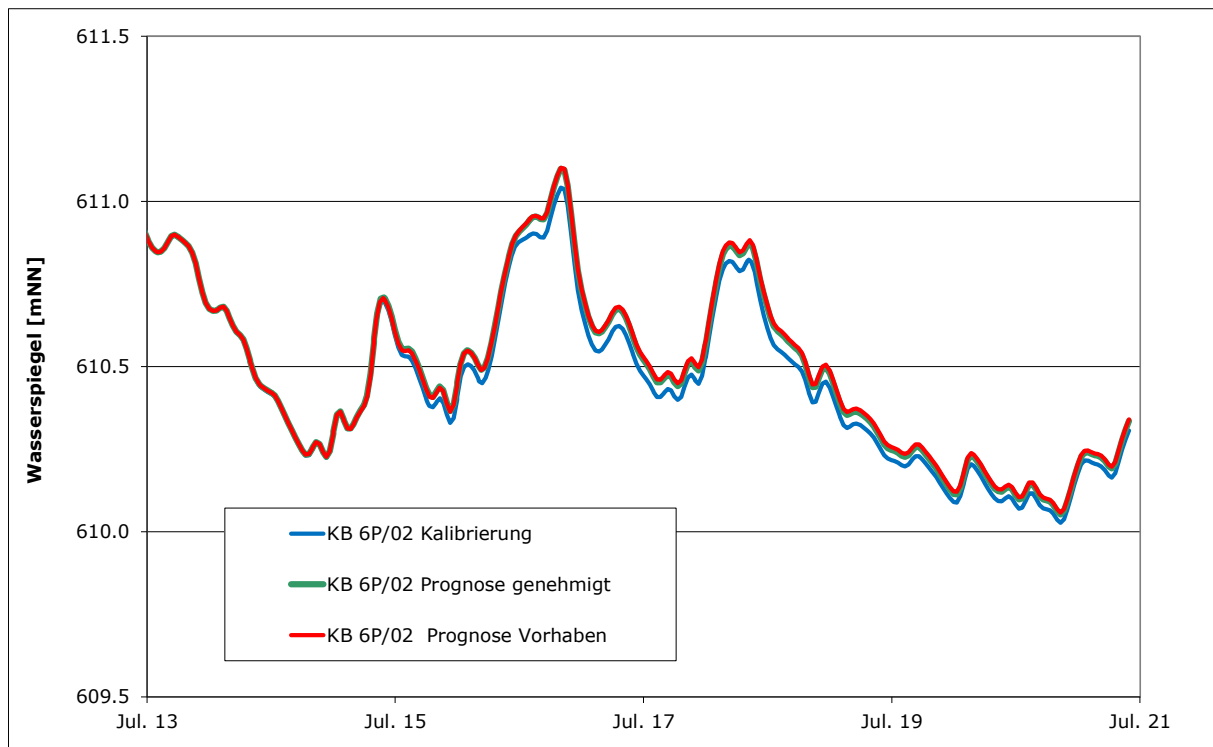
Anl. 2.4 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der KB 5P/04 (Abstrom Vorhabengebiet)



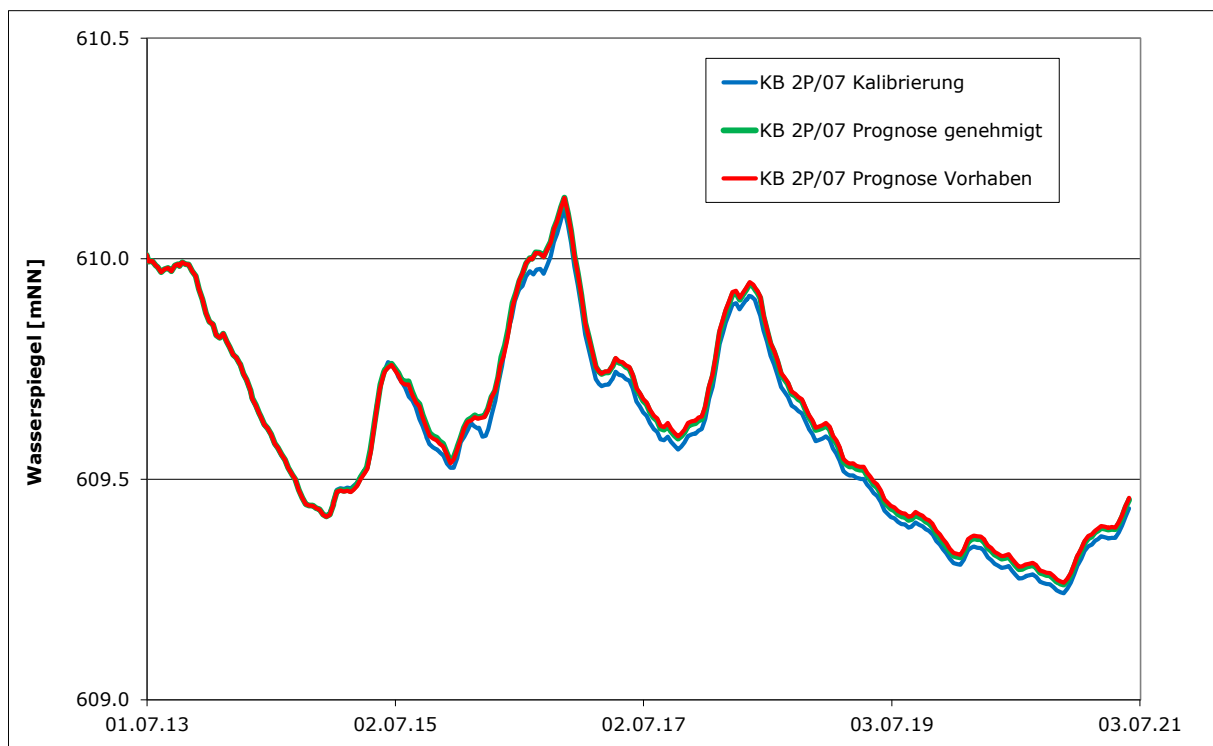
Anl. 2.5 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der KB 1P/07 (Abstrom Vorhabengebiet)



Anl. 2.6 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der KB 10P/04 (Abstrom Vorhabengebiet)



Anl. 2.7 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der KB 6P/02 (Abstrom Vorhabengebiet)



Anl. 2.8 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der KB 2P/07 (Abstrom Vorhabengebiet)