

Erweiterung Kiesabbau Stockäcker Otterswang Pfullendorf

Hydrogeologisches Zwischengutachten

Stand: 24.08.2021

- 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, den 24.08.2021

Handwritten signature of M. Reinold in blue ink.

M. Reinold
Dipl.-Geologe

Handwritten signature of Dr. W. Michel in black ink.

Dr. W. Michel
Dipl.-Geophysiker

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorbemerkung.....	6
2. Beschreibung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse – konzeptionelles Modell.....	6
2.1 Bohrungen - Kiesbasis.....	7
2.2 Bewertung der hydraulischen Versuche – Erstellung der Durchlässigkeitsverteilung.....	9
2.3 Interpretation der Wasserspiegelmessungen (Grundwasser)	10
2.4 Beschreibung Verfüllung temporärer Nassabbau (genehmigt)	13
3. Numerisches Grundwasserströmungsmodell.....	15
3.1 Beschreibung Modellaufbau.....	15
3.2 Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells (instationäre Kalibrierung).....	18
4. Prognoseberechnungen für den geplanten Kiesabbau	23
4.1 Prognoseberechnung - Hydraulik	23
4.2 Prognoseberechnung - Temperatureinfluss.....	30
4.3 Ergebnisse der Berechnung der Temperaturänderungen	34
5. Fazit.....	38

Abbildungsverzeichnis

Abb.1 Lageplan Modellgebiet Otterswang mit dem bestehenden und beantragten Kiesabbau.....	5
Abb. 2.1 Kiesbasis im Bereich des Modellgebietes mit Grenzen des betrachteten Aquifers in den Kiesablagerungen	8
Abb. 2.2 Durchlässigkeitsverteilung (kf-Werte) im Modellgebiet mit den ermittelten Werten in ausgewählten Grundwassermessstellen	9

Abb. 2.3	Vergleich der Schüttungsmessungen mit den Niederschlagsmengen	11
Abb. 2.4	Grundwassergleichenplan in m NN vom 14.04.2021 mit Darstellung der Fließrichtung	12
Abb. 2.5	Entwicklung des Kiesabbaus (Trockenabbau und temporärer Nassabbau) von 2014 - 2020	14
Abb. 3.1	Aufbau Modellgebiet für das numerische Modell (Diskretisierung)	16
Abb. 3.2	Lage der Messstellen für die Kalibrierung (Vergleich berechneter und gemessener Wasserspiegelmessungen).....	19
Abb. 3.3	Vergleich der berechneten mit den gemessenen Grundwasserspiegelmessungen in der GWM 5P/04 vom 01.07.2007 – 01.07.2021.....	20
Abb. 3.4	Vergleich des berechneten Abstroms mit den gemessenen Quellschüttungsmengen vom 01.07.2007 – 01.07.2021	21
Abb. 4.1	Kiesbasis im Bereich des Vorhabengebietes	25
Abb. 4.2	Aquifermächtigkeit (Stichtag 14.04.2020) im Bereich des Vorhabengebietes	26
Abb. 4.3	Verfüllte Bereiche genehmigter temporärer Nassabbau und temporärer Nassabbau Vorhabengebiet mit Damm (kein Nassabbau).....	27
Abb. 4.4	Bereich genehmigter temporärer Nassabbau und temporärer Nassabbau Vorhabengebiet	28
Abb. 4.5	Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelmessungen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM P6/18 (Anstrom Vorhabengebiet)	29
Abb. 4.6	Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelmessungen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM P5/18 (Abstrom Vorhabengebiet)	29
Abb. 5.1	Lageplan des Vorhabengebietes mit Abbauabschnitten.....	32
Abb. 5.2a	Vergleich Temperaturverlauf Referenzsee und Nassabbau Vorhabengebiet.....	33
Abb. 5.2b	Temperaturverlauf im Bereich des temporären Nassabbaus während des Abbaus in den 4 Teilbereichen des 1. Abbauabschnitts (Abbauzeitraum ca. 4 Jahre)	33
Abb. 5.3	Temperaturverlauf im Bereich der Quellaustritte - Nassabbau gesamte Teilfläche	35
Abb. 5.4	Temperaturverlauf im Bereich der Quellaustritte - Nassabbau 50% der Teilfläche	35
Abb. 5.5	Temperaturverlauf des Grundwassers im Abstrom des temporären Nassabbaus im Abbauabschnitt 1	36

Abb. 5.6 Grundwassertemperatur im Abstrom des temporären Nassabbaus
(t = 328 Tage)..... 37

Tabellenverzeichnis

Tab.1a Durchschnittliche Zu- und Abstrommengen (Grundwasserhaushalts..... bilanz)
für den Berechnungszeitraum vom 01.07.2007 bis 01.06.2021..... 22

Tab.1b Durchschnittliche Jahresmenge Zu- und Abstrom
(Grundwasserhaushaltsbilanz) für den Berechnungszeitraum von
2008 bis 2020 22

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)

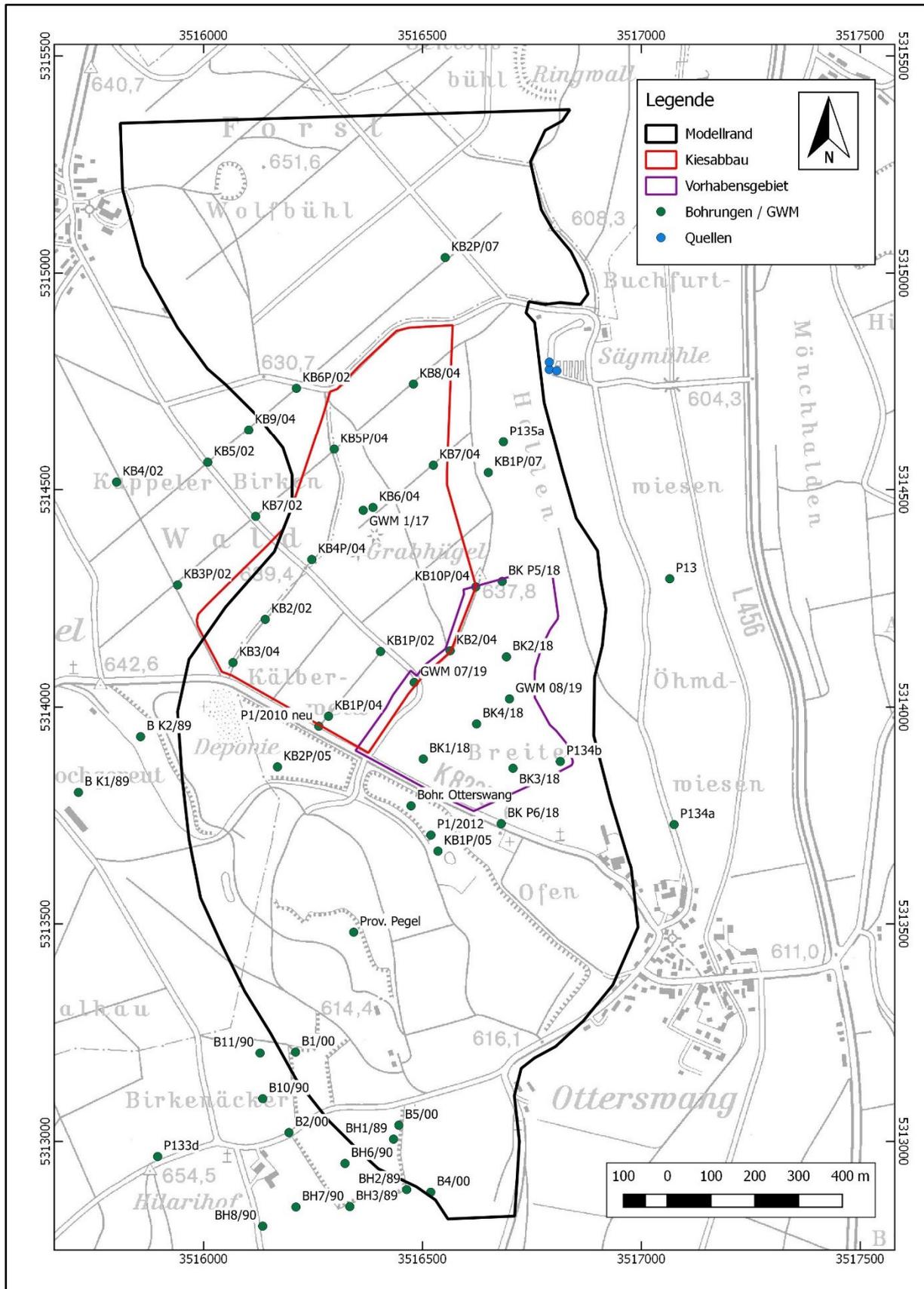


Abb.1 Lageplan Modellgebiet Otterswang mit dem bestehenden und beantragten Kiesabbau

1. Vorbemerkung

Nachdem die Rohstofferkundung für das Gewinn 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 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, 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 Gewinn 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.

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

- Bohrungen (Ausbau zu Grundwassermessstellen)
- Hydraulische Versuche (Pumpversuche)
- Wasserspiegelmessungen, Temperatur und Leitfähigkeitsmessungen
- Dokumentation Verfüllung temporärer Nassabbau im genehmigten Abbaubereich

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 Bohrerergebnissen von insgesamt 33 Bohrungen innerhalb des Modellgebietes und weiteren 33 Bohrungen im näheren Umfeld und ist dadurch ausreichend 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.

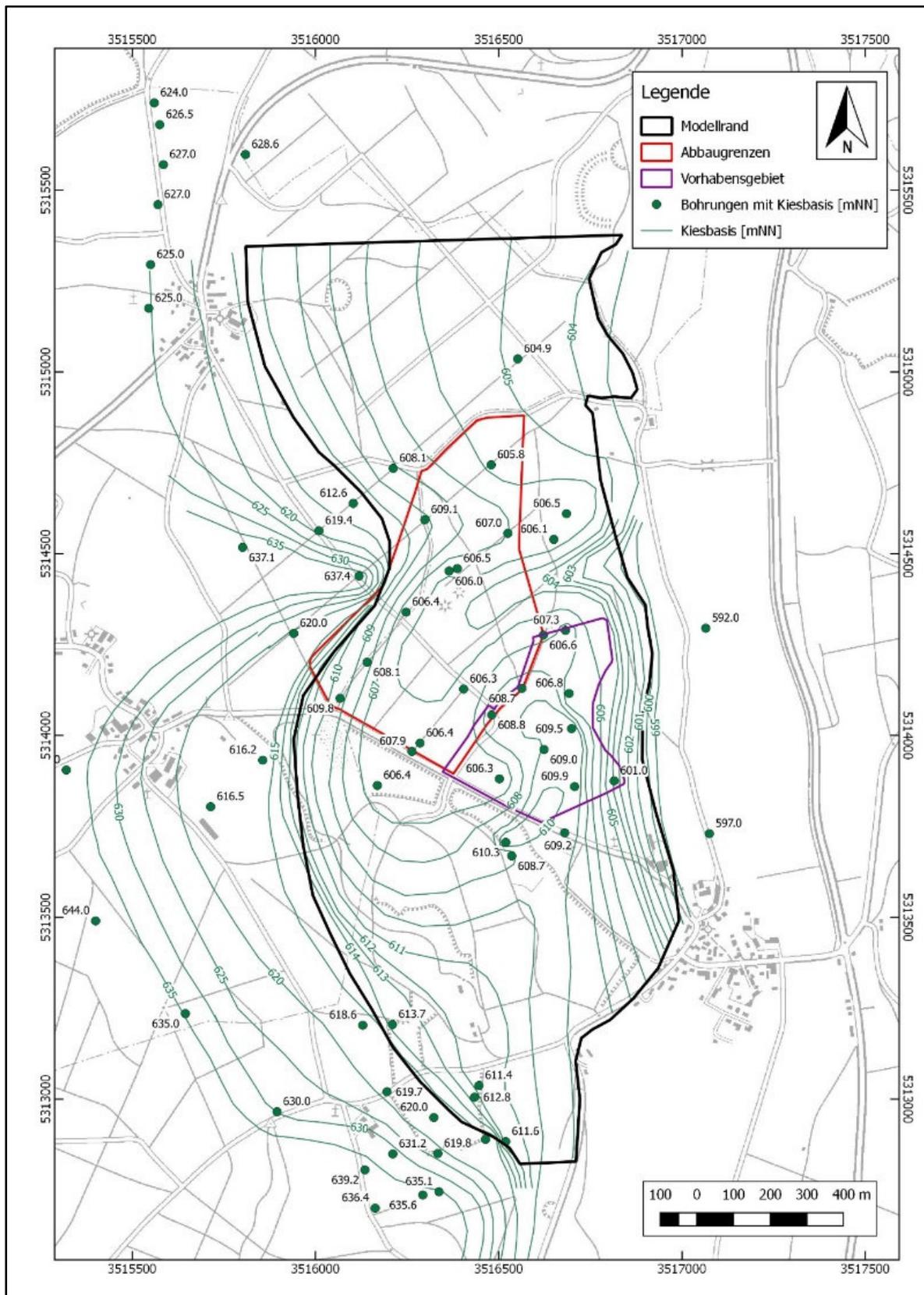


Abb. 2.1 Kiesbasis im Bereich des Modellgebietes mit Grenzen des betrachteten Aquifers in den Kiesablagerungen

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 Wasserspiegelhöhen.

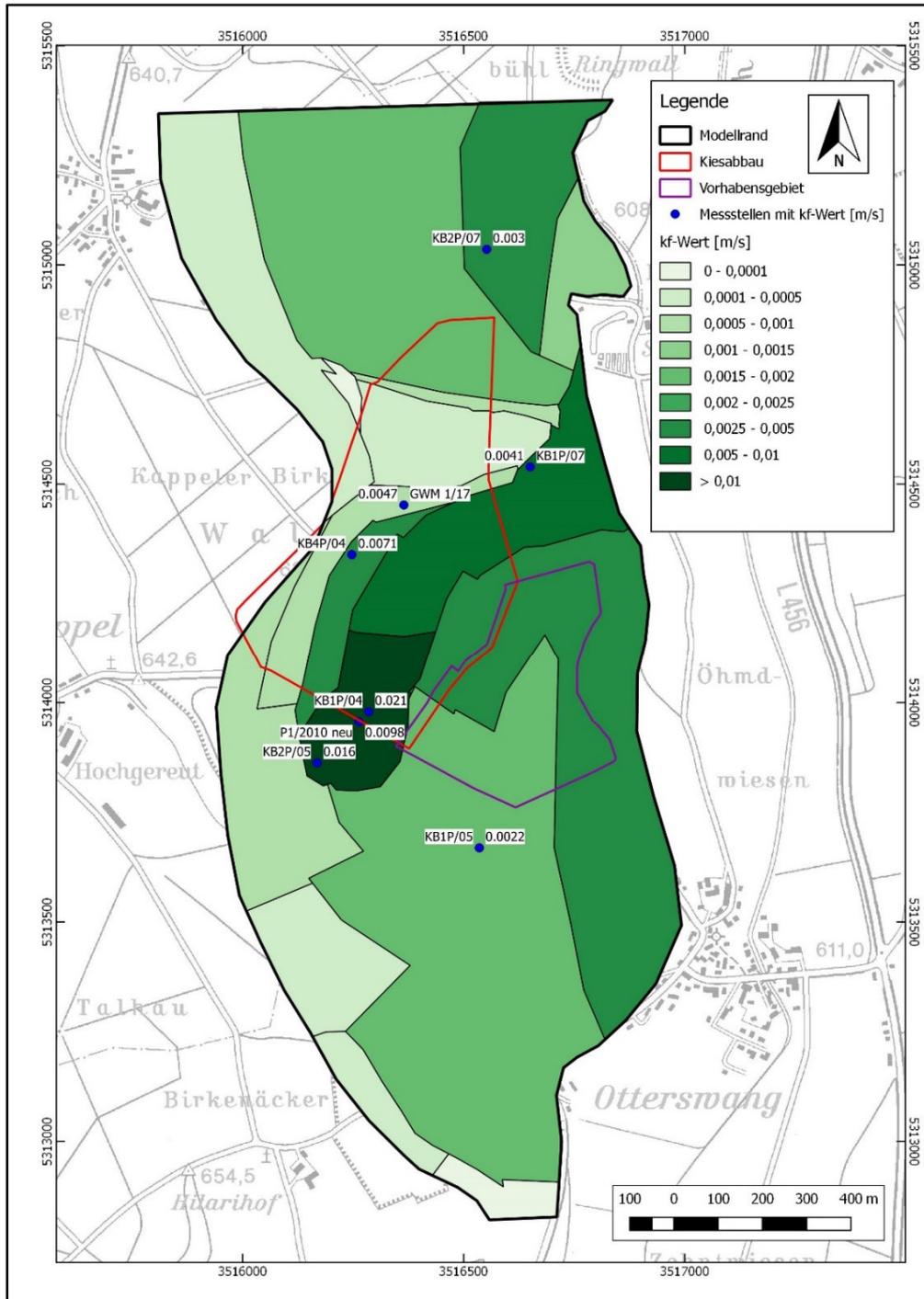


Abb.2.2 Durchlässigkeitsverteilung (kf-Werte) im Modellgebiet mit den ermittelten Werten in ausgewählten Grundwassermessstellen

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. 2.3) zur Beschreibung der Fließverhältnisse zur Verfügung.

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. 2.3). 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.

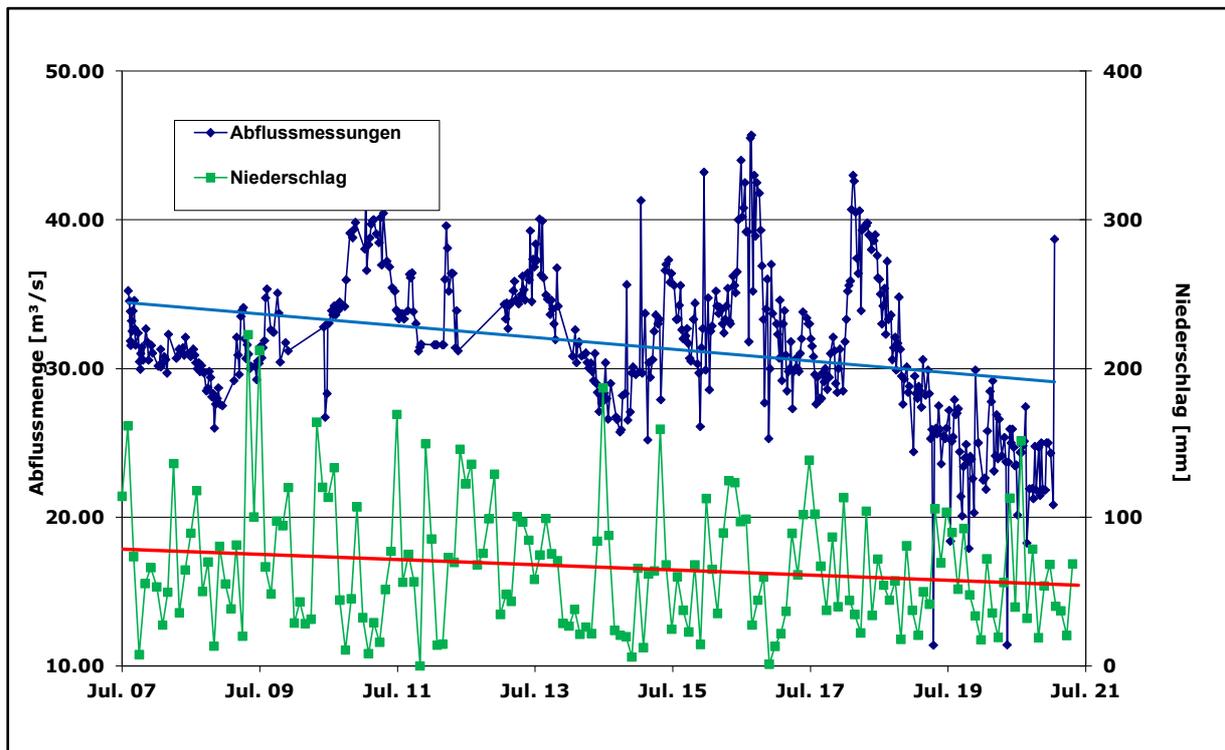


Abb. 2.3 Vergleich der Schüttungsmessungen mit den Niederschlagsmengen

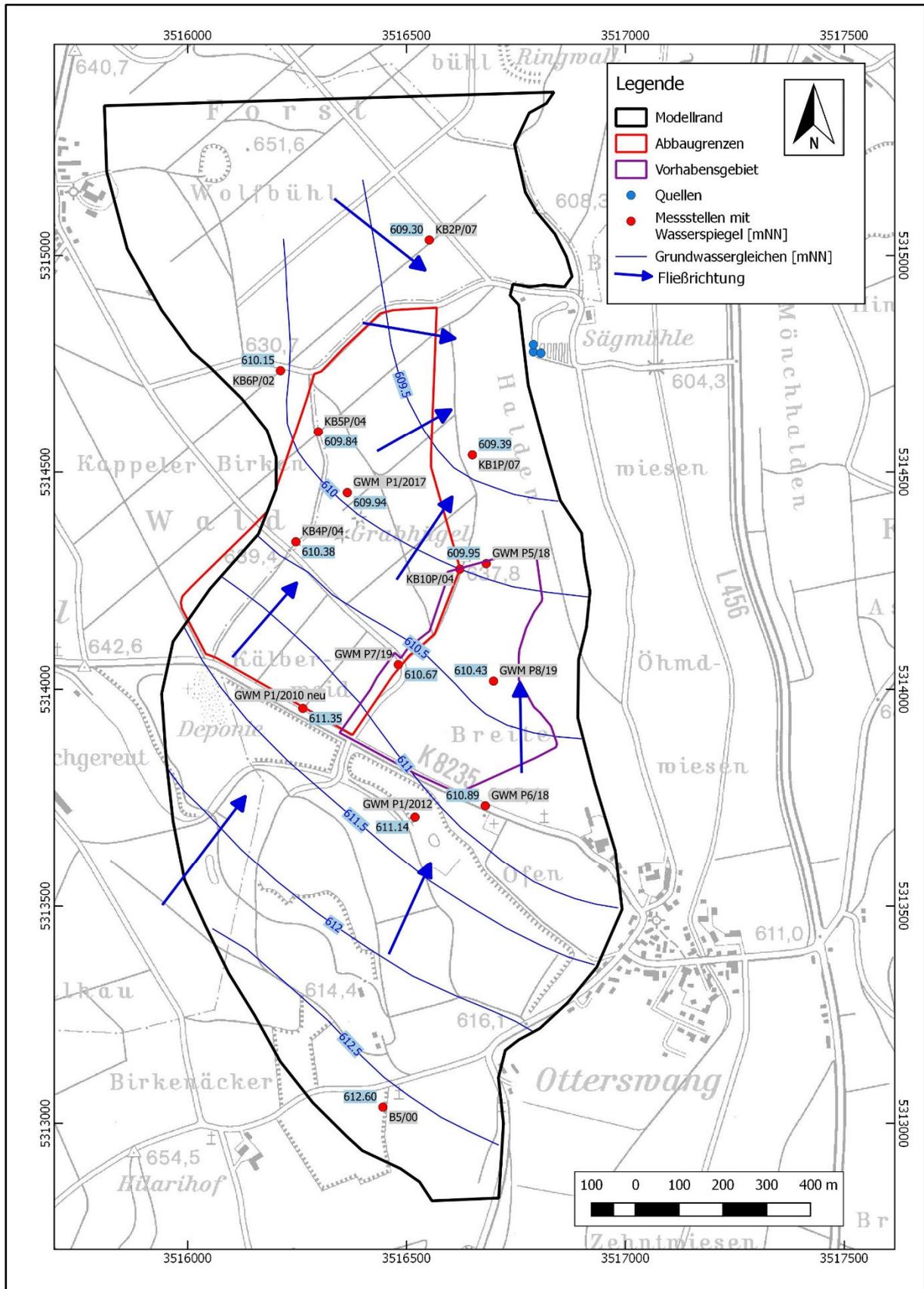


Abb. 2.4 Grundwassergleichenplan in m NN vom 14.04.2021 mit Darstellung der Fließrichtung

2.4 Beschreibung Verfüllung temporärer Nassabbau (genehmigt)

Mögliche Änderungen der hydraulischen Verhältnisse (Durchlässigkeit des Grundwasserleiters) können durch die Verfüllung des temporären Nassabbaus erfolgen. Dabei wird Material der z.T. mächtigen Deckschichten und Nagelfluhbänke aus dem Abbaugbiet 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, der immer im Winterhalbjahr stattfindet, von 2014 – 2020 im bestehenden Kiesabbau dargestellt. Die dargestellten Seeflächen entsprechen dem Zeitpunkt der jährlichen Bestandsaufnahme. Die Gesamtgröße des jährlichen temporären Nassabbaus entspricht den blau umrandeten Teilflächen des Gesamtbereichs des genehmigten temporären Nassabaus.

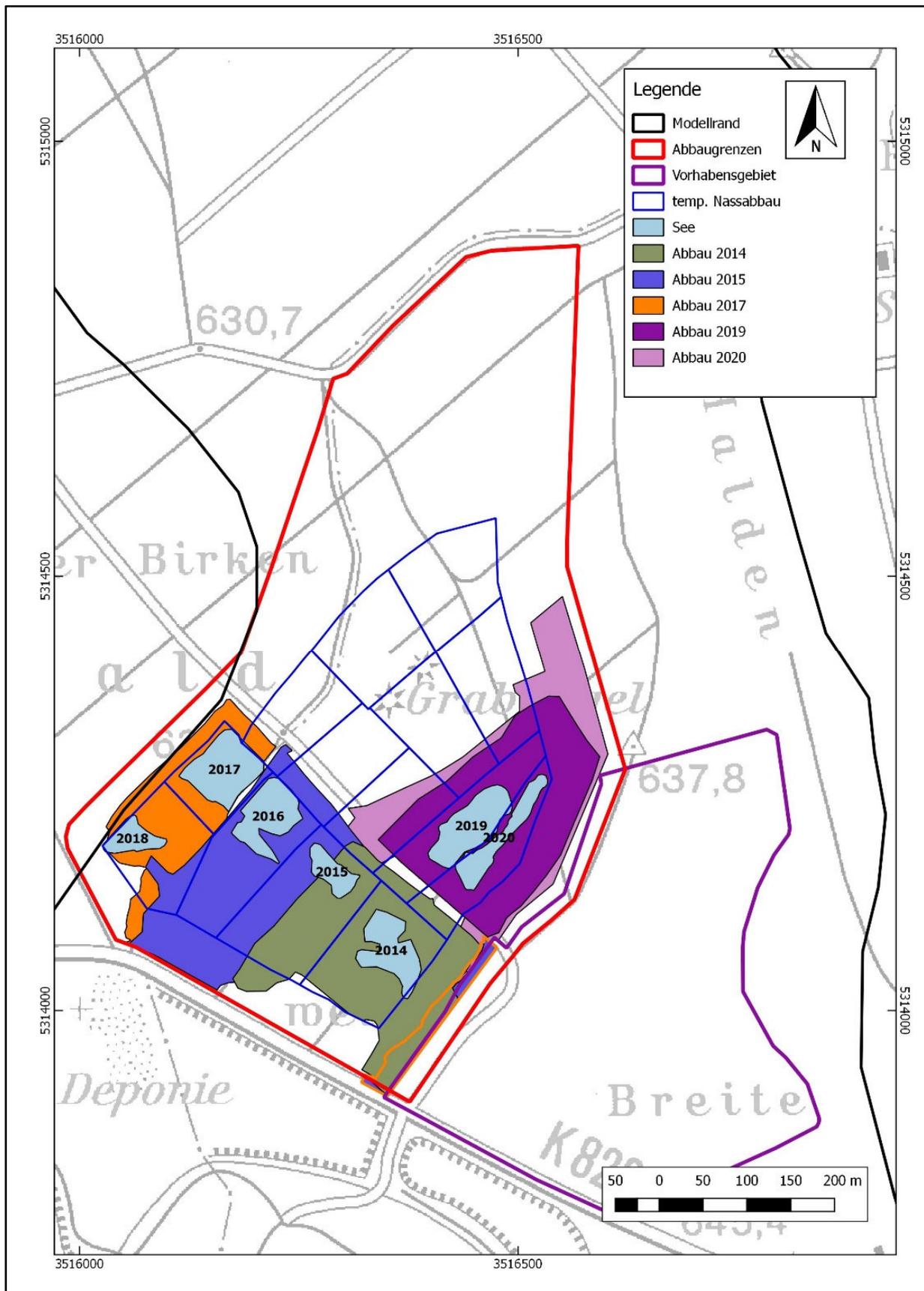


Abb. 2.5 Entwicklung des Kiesabbaus (Trockenabbau und temporärer Nassabbau) von 2014 - 2020

3. Numerisches Grundwasserströmungsmodell

3.1 Beschreibung Modellaufbau

Die Erstellung des Grundwasserströmungsmodells (siehe Abb. 3.1) erfolgte mit dem Programm FEFLOW in der Version 6.2. Das Modellgebiet mit einer Fläche von ca. 2 km² 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, Speicherkoefizient)
- Mächtigkeit Aquifer

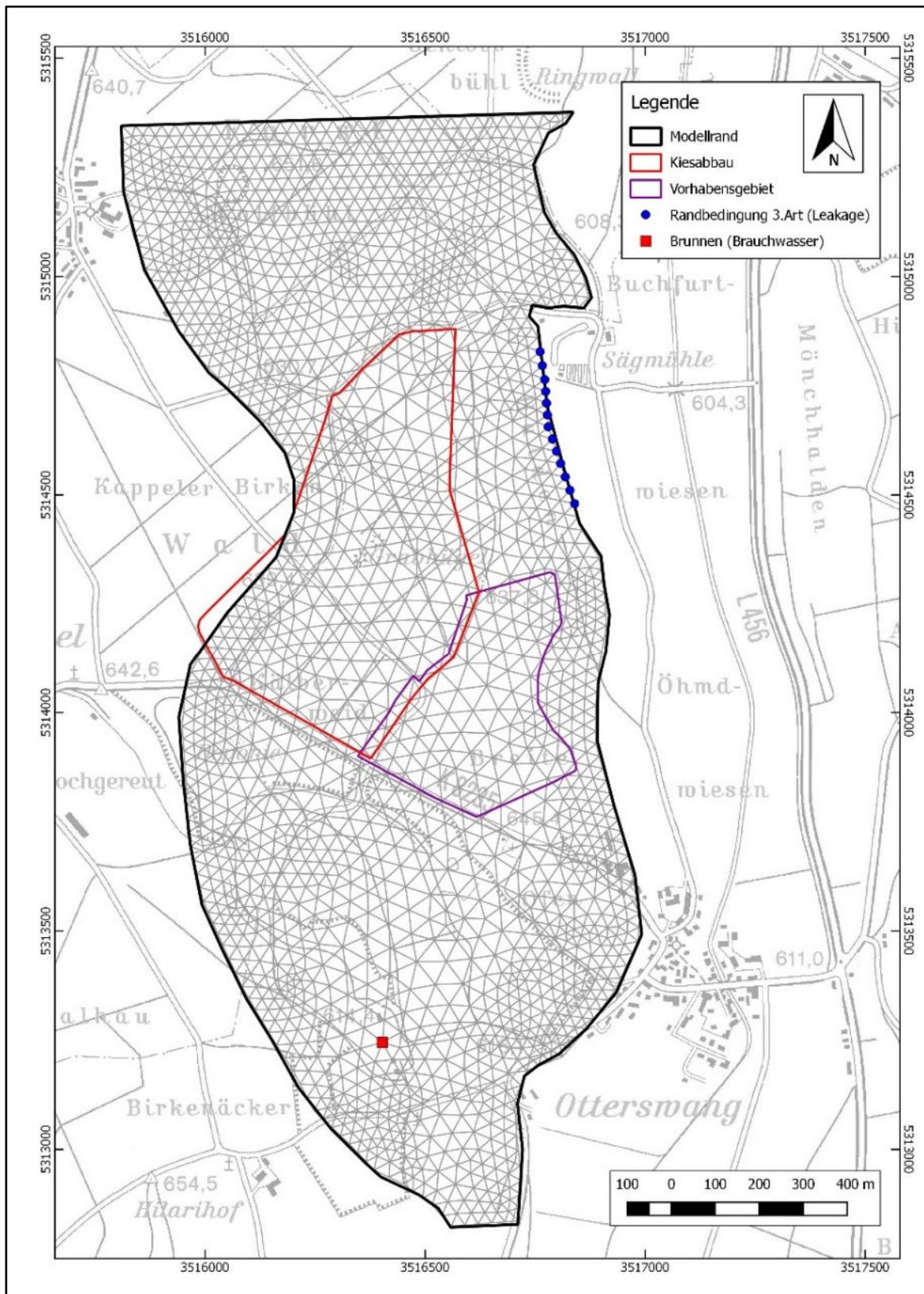


Abb. 3.1 Aufbau Modellgebiet für das numerische Modell (Diskretisierung)

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 (Abb. 3). 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 km² und das Modellgebiet von ca. 2 km². Bei einer Grundwasserneubildungsrate von ca. 6- 8 l/s/km² 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 Modellgebiet liegt zwischen ca. 607 mNN und 610 mNN (s. Kap. 2.1 und Abb. 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.

3.2 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 gemessenen mit den berechneten Wasserspiegelhöhen in insgesamt 15 Messstellen (Abb. 3.2).

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

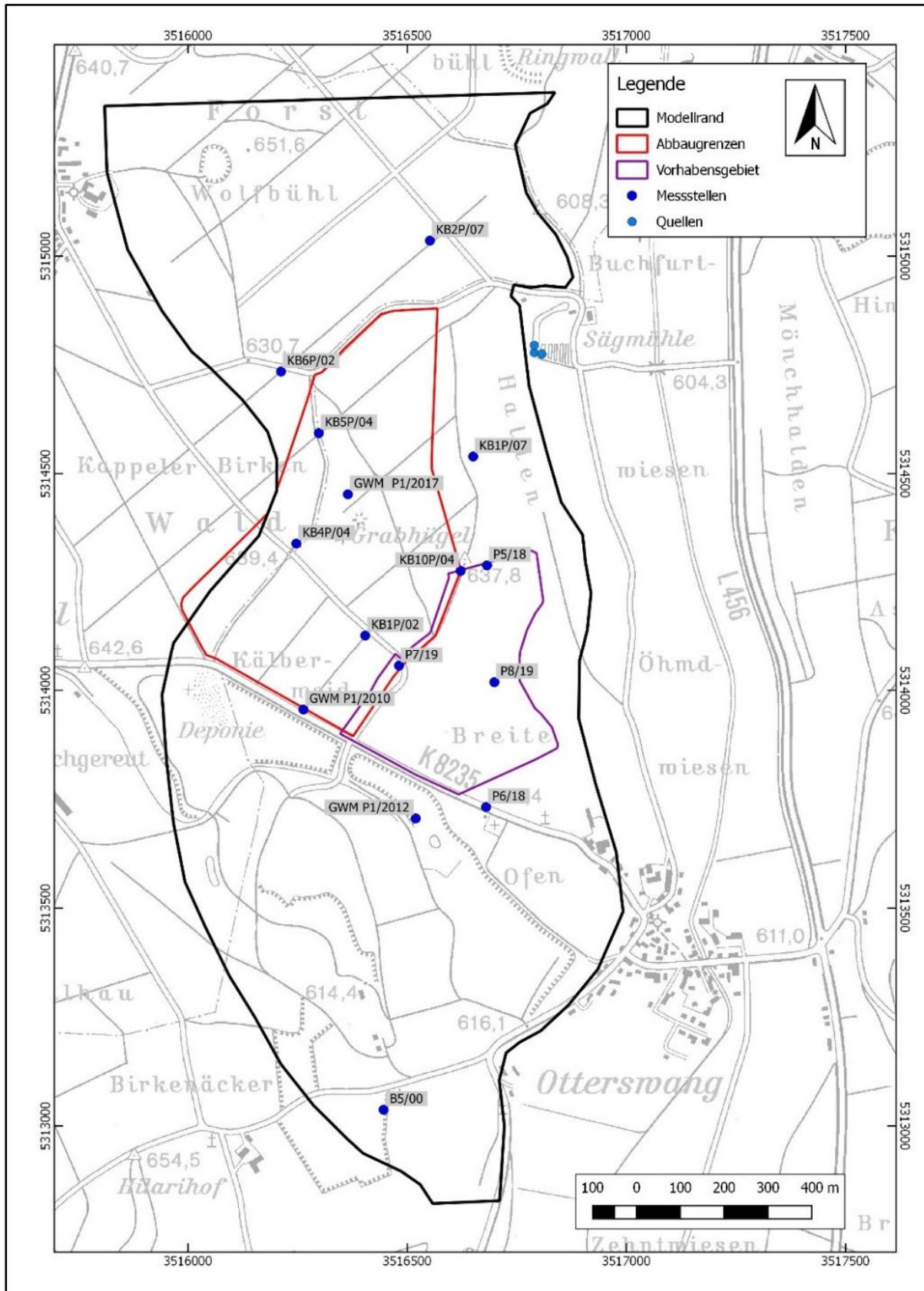


Abb. 3.2 Lage der Messstellen für die Kalibrierung (Vergleich berechneter und gemessener Wasserspiegelhöhen)

Die Grundwasserganglinien der berechneten mit den gemessenen Wasserspiegelhöhen dieser Messstellen sind in der Anlage 1.1 – 1.15 zusammengestellt. Die Abbildung 3.3 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.

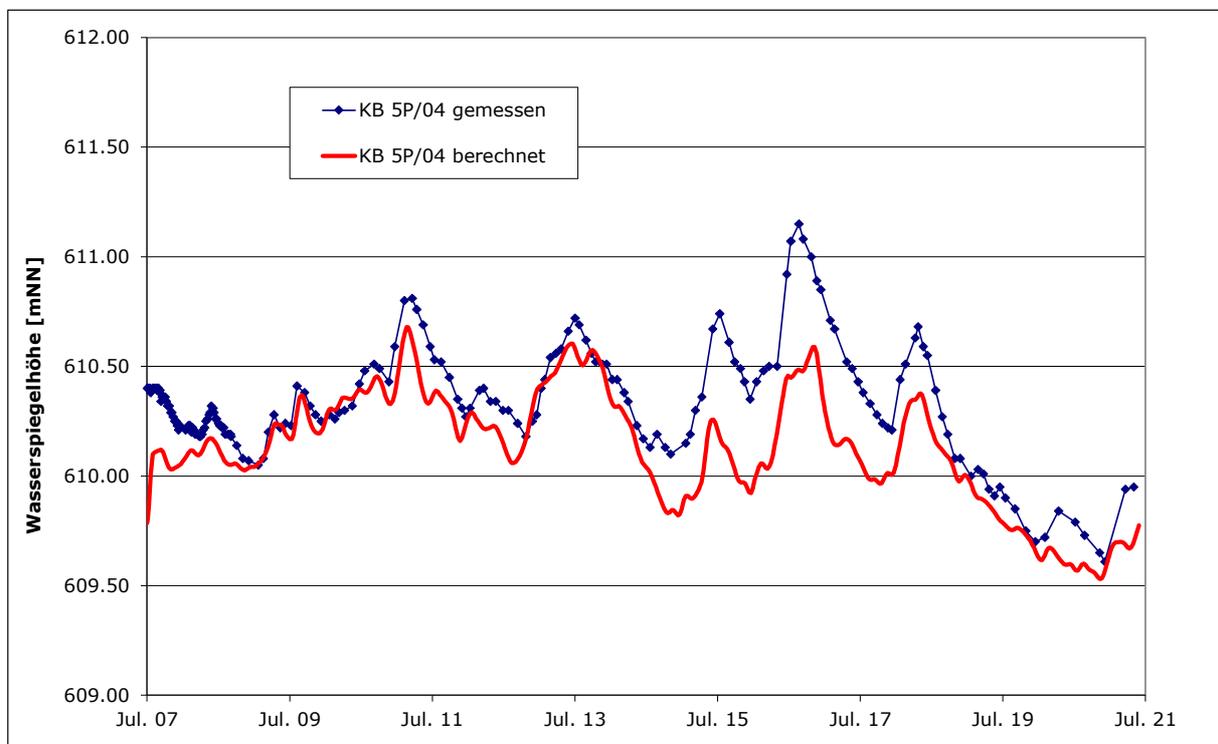


Abb. 3.3 Vergleich der berechneten mit den gemessenen Grundwasserspiegelhöhen in der GWM 5P/04 vom 01.07.2007 – 01.07.2021

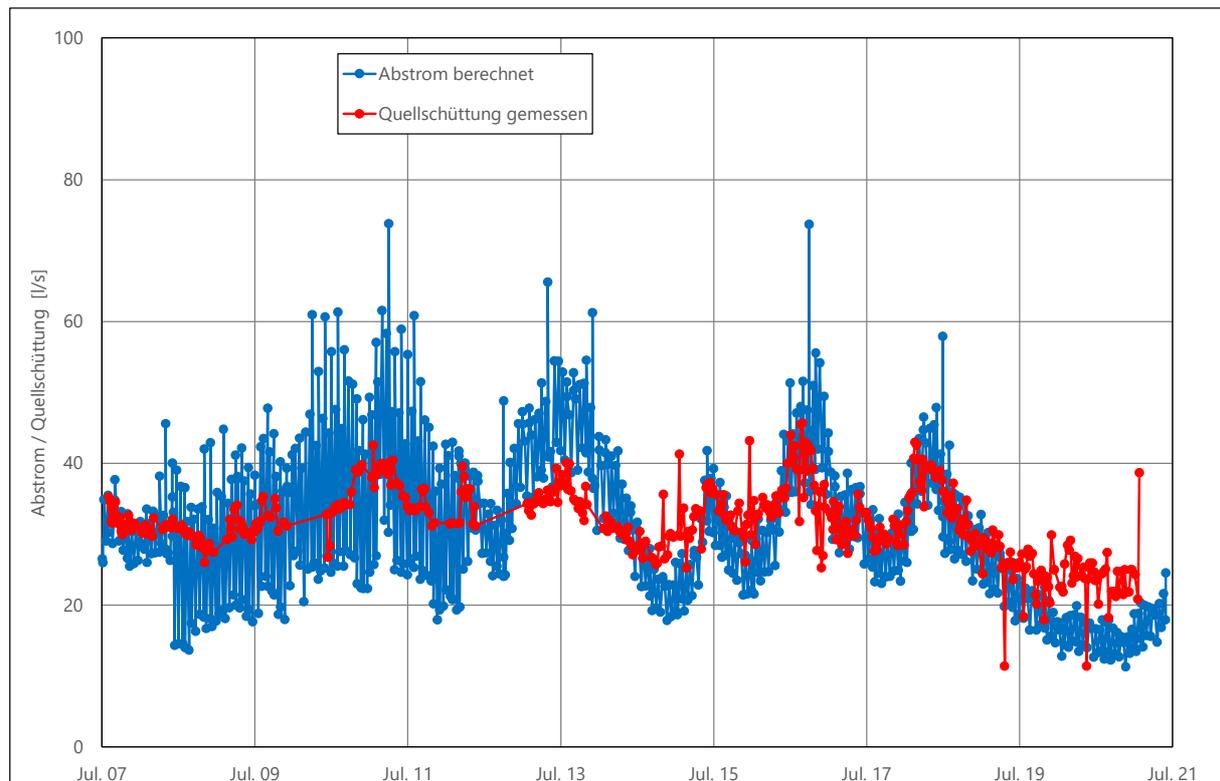


Abb. 3.4 Vergleich des berechneten Abstroms mit den gemessenen Quellschüttungsmengen vom 01.07.2007 – 01.07.2021

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 1a sind die durchschnittlichen Bilanzglieder der Berechnung für den Zeitraum 2007 – 2021 zusammengestellt, in der Tabelle 1b die durchschnittlichen jährlichen Bilanzglieder.

Tab. 1a Durchschnittliche Zu- und Abstrommengen (Grundwasserhaushaltsbilanz) für den Berechnungszeitraum vom 01.07.2007 bis 01.06.2021

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

Tab. 1b 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 ¹⁾
2009	-31,70	-30,63	36,68	-2,82 ²⁾
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

¹⁾Porenraum wird entwässert ²⁾Porenraum nimmt Wasser auf

4. Prognoseberechnungen für den geplanten Kiesabbau

Nach der erfolgten Kalibrierung und Validierung des numerischen Grundwassermodells, der 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.

4.1 Prognoseberechnung - Hydraulik

Im Bereich des Vorhabengebiets zeigt die Kiesbasis eine Aufdomung (Abb. 4.1), 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. 4.2) berechnet sich ein Volumen der wassererfüllten Kiese (ohne Berücksichtigung von Böschungen etc.) von ca. 426.250 m³ (Fläche 155.000 m², 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 von 20 m. Dadurch verbleibt ein Damm (ungestörter Grundwasserleiter) zwischen dem 2010 genehmigten Bereich des temporären Nassabbaus und der Vorhabenfläche (Abb. 4.3) in einer Breite von ca. 70 m (Basis des Damms).

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 Berechnungen (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 (Abb. 4.4).

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. 4.5, 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. 4.6, Anl. 2.4 – 2.8).

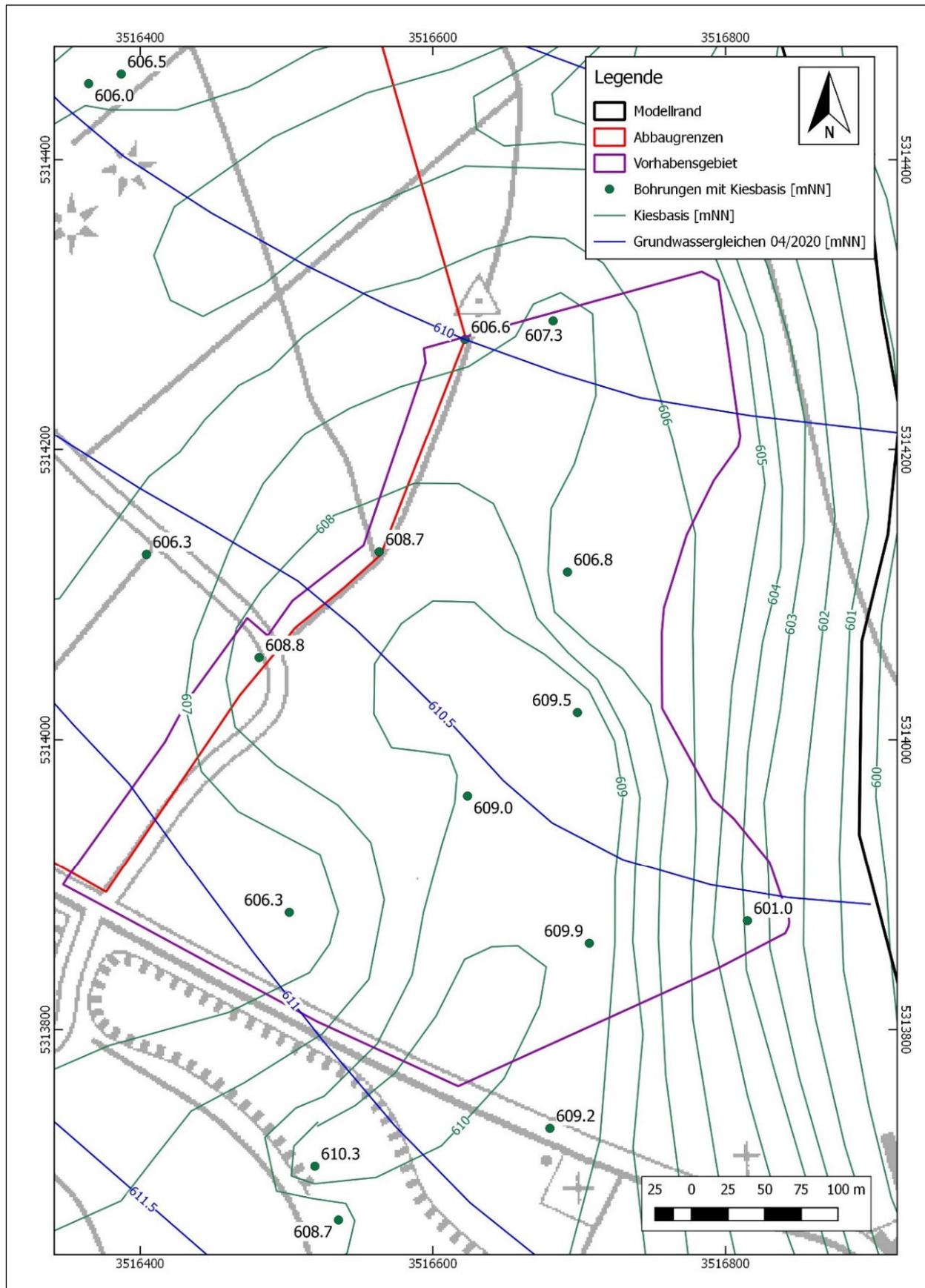


Abb. 4.1 Kiesbasis im Bereich des Vorhabensgebietes

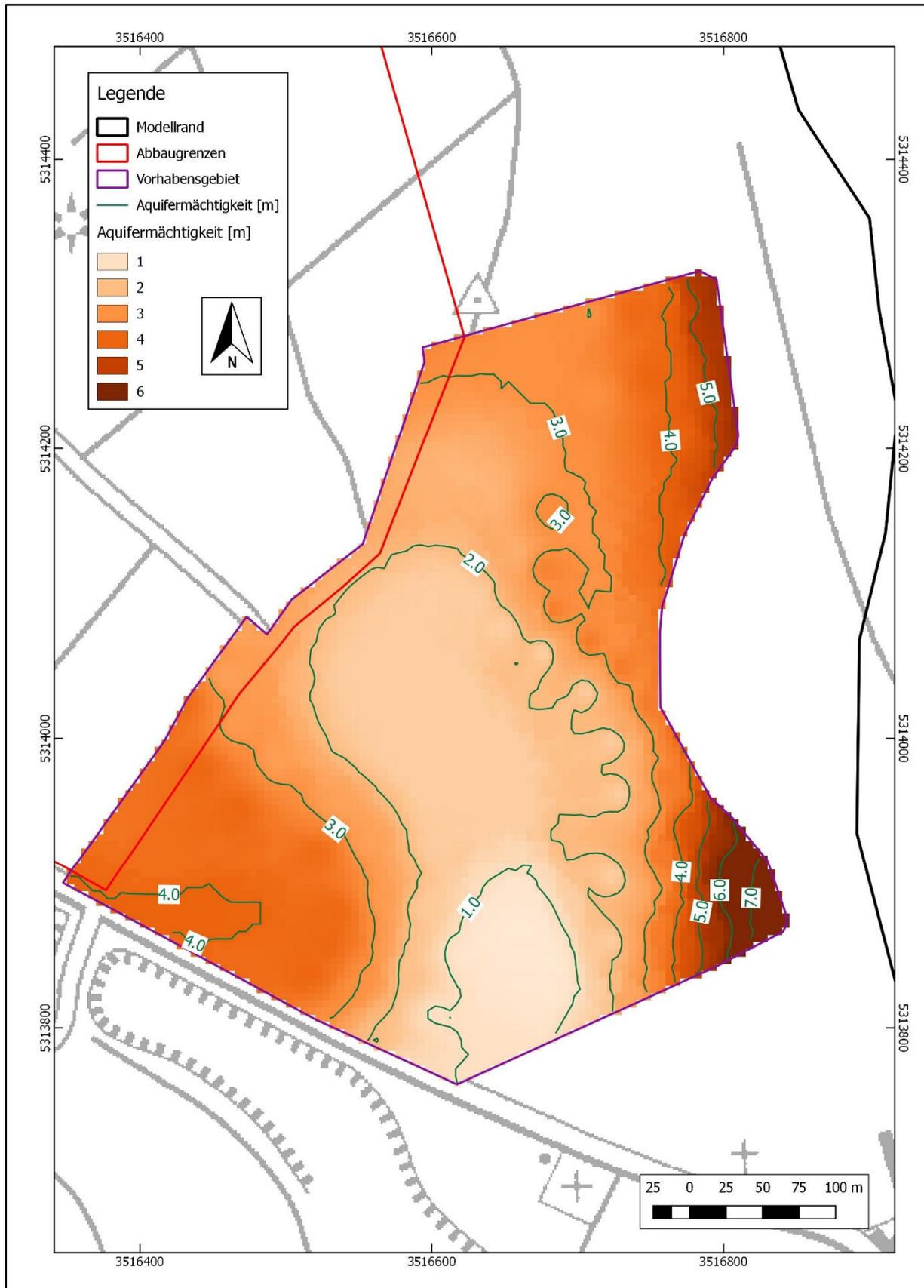


Abb. 4.2 Aquifermächtigkeit (Stichtag 14.04.2020) im Bereich des Vorhabensgebietes

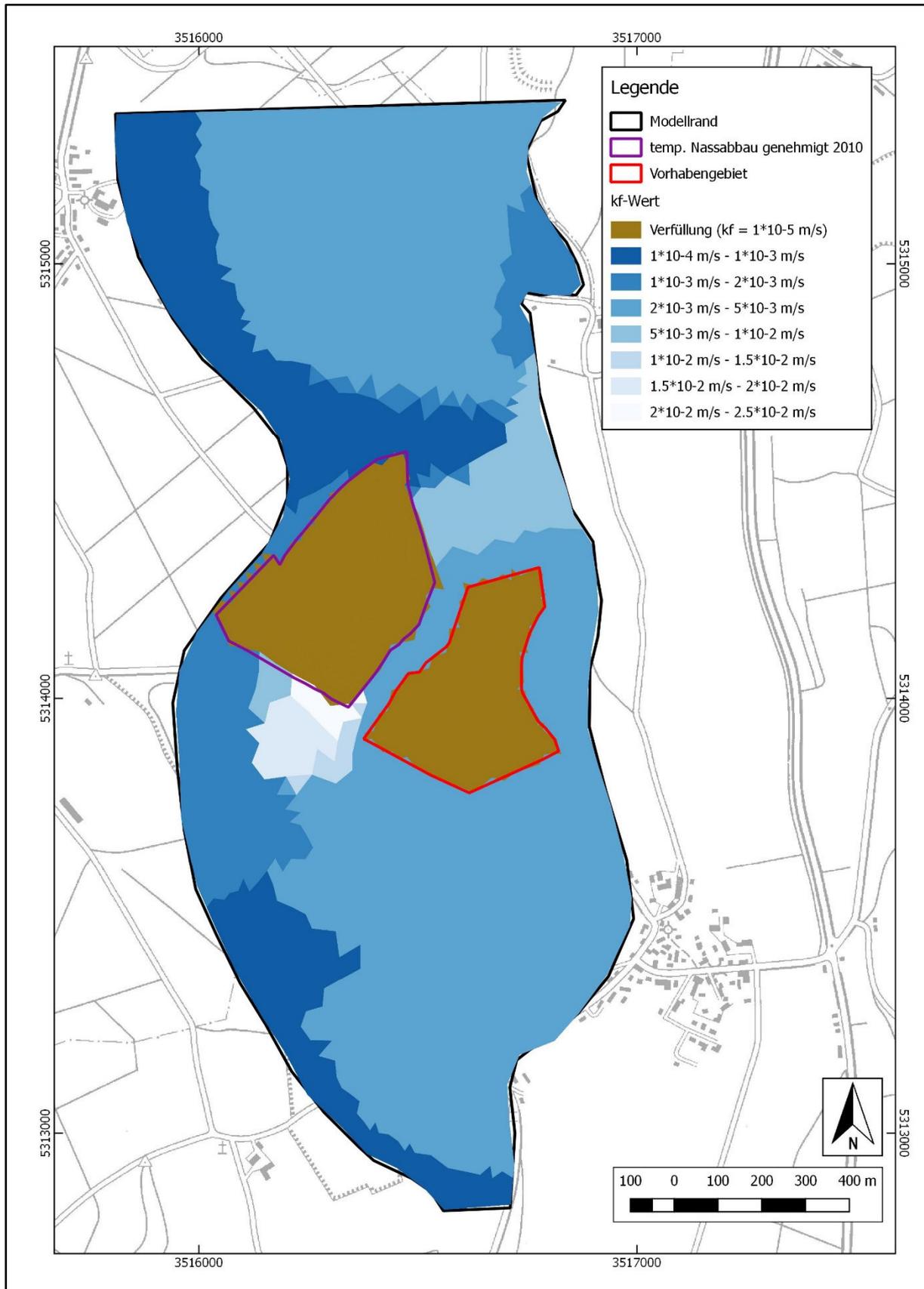


Abb. 4.3 Verfüllte Bereiche genehmigter temporärer Nassabbau und temporärer Nassabbau Vorhabengebiet mit Damm (kein Nassabbau)

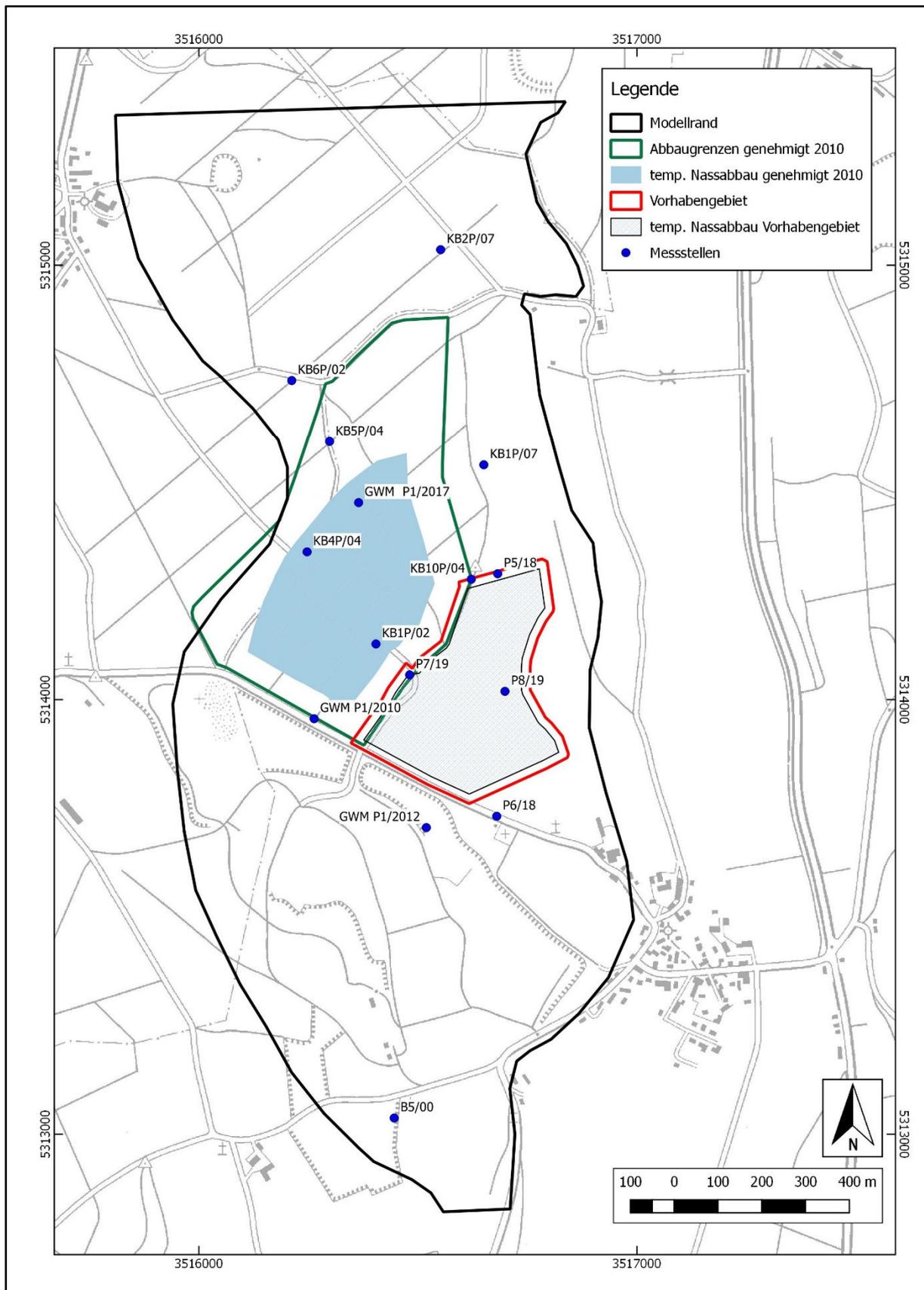


Abb. 4.4 Bereich genehmigter temporärer Nassabbau und temporärer Nassabbau Vorhabensgebiet

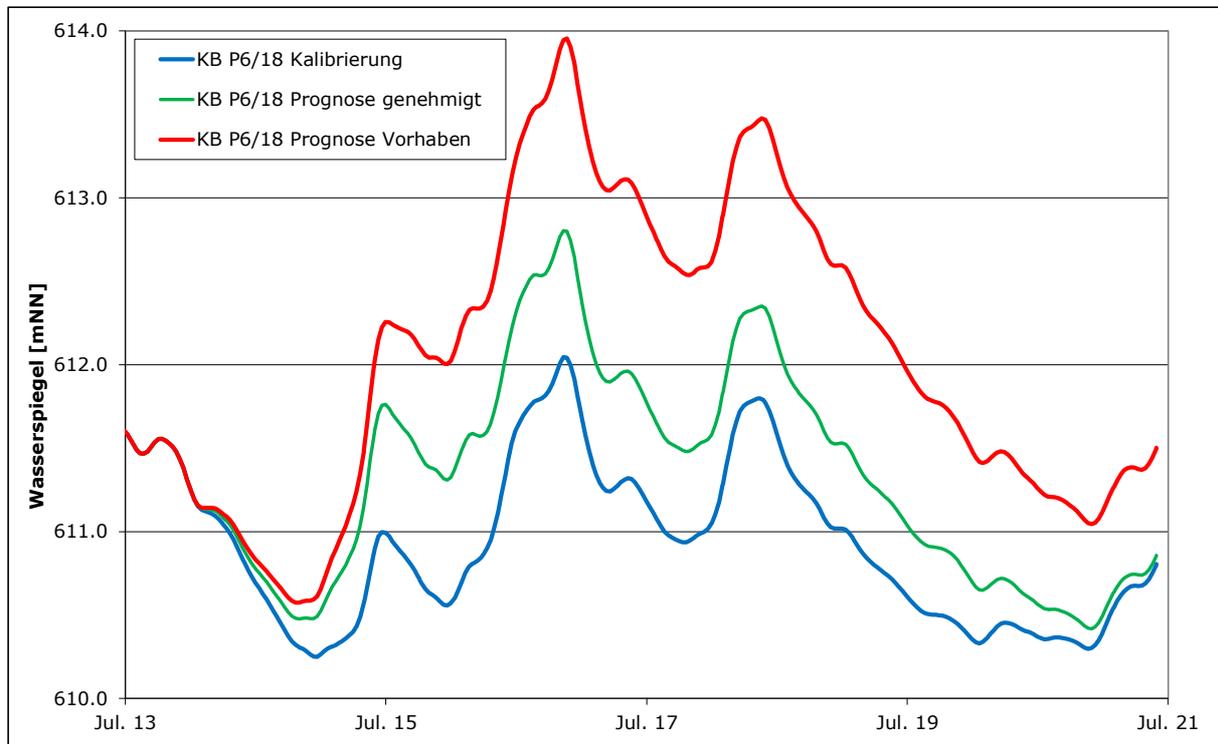


Abb. 4.5 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM P6/18 (Anstrom Vorhabengebiet)

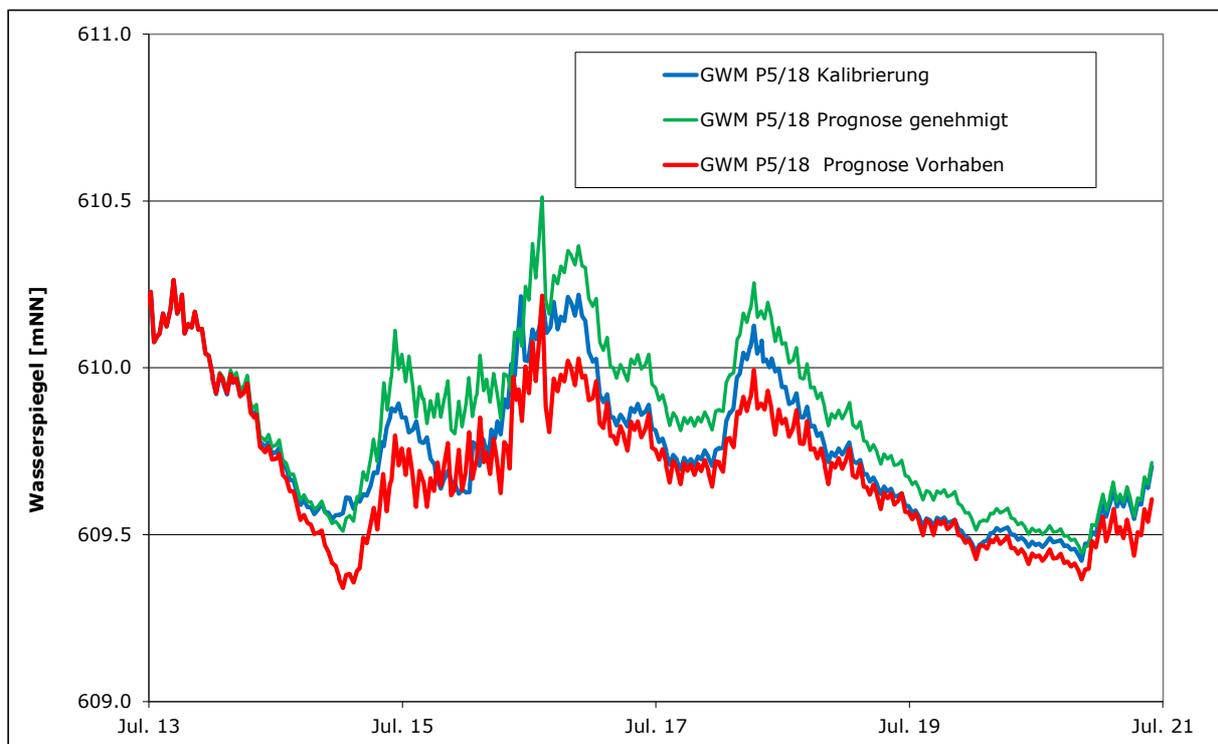


Abb. 4.6 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM P5/18 (Abstrom Vorhabengebiet)

4.2 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 5.1 ist die Unterteilung der 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 ³ /K]
	Gestein	2,52 [MJ/m ³ /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 5.2a 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 5.2b sind die Temperaturverläufe im Bereich des temporären Nassabbaus in den 4 Teilbereichen über den Zeitraum von 4 Jahren dargestellt.

Die Darstellung der Berechnungsergebnisse beziehen sich auf den Abschnitt 1 (Teilabschnitte 1 – 4) und zeigen die Temperaturveränderungen an den Quellaustritten und in den abstromigen Messstellen. Die Berechnungen zeigen, dass sich nur während des Nassabbaus im nördlichsten Bereich des Vorhabengebietes eine erkennbare Erhöhung der Temperatur in den Quellaustritten einstellt (Abb. 5.2).

Dabei sind die Temperaturerhöhungen im Bereich der Fischbrutanstalt (Nr. 1 – 3 – Abb. 5.1 und 5.3) gering.

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

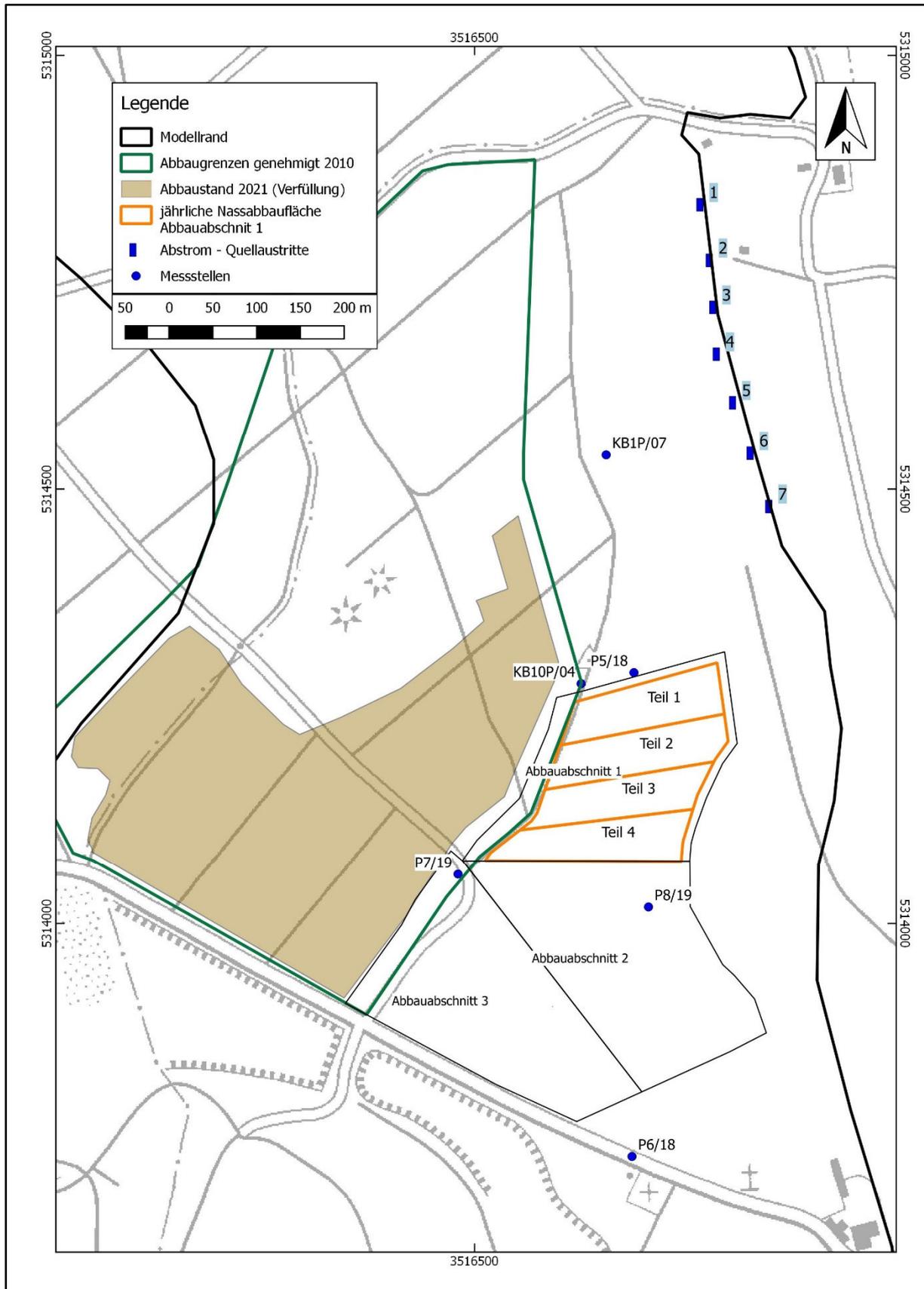


Abb. 5.1 Lageplan des Vorhabengebietes mit Abbauabschnitten

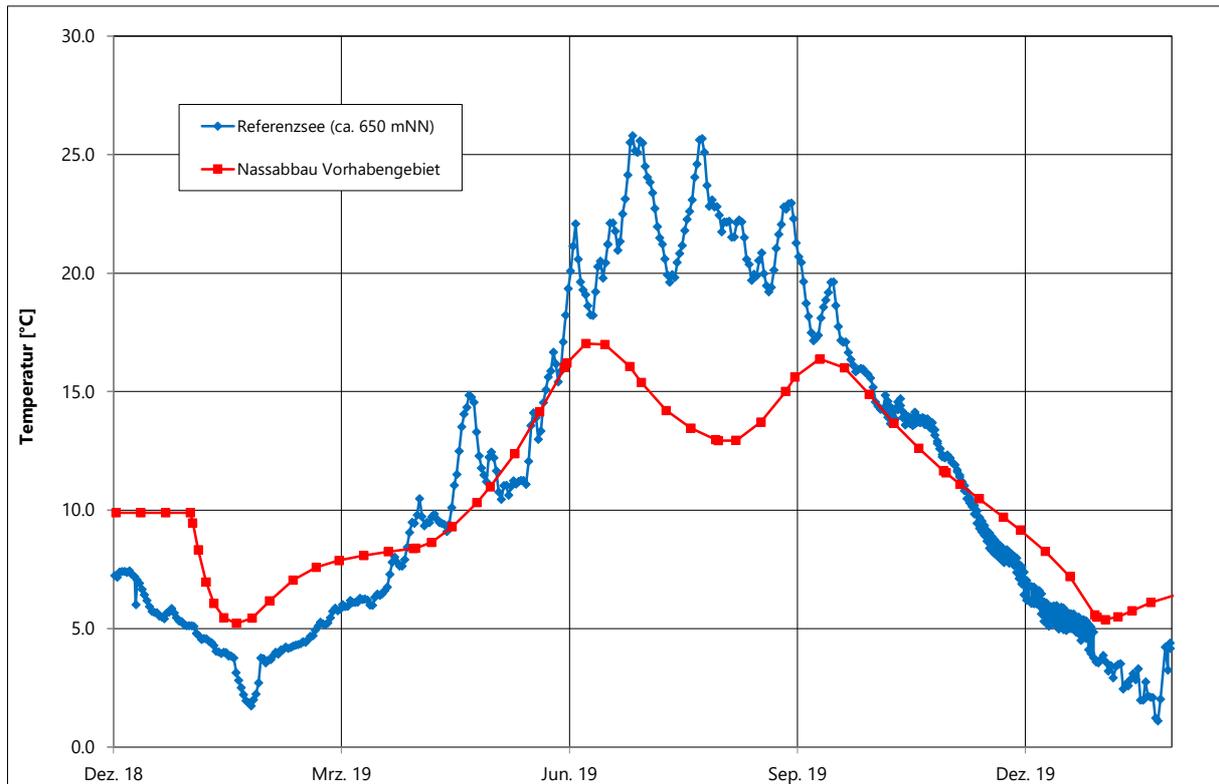


Abb. 5.2a Vergleich Temperaturverlauf Referenzsee und Nassabbau Vorhabengebiet

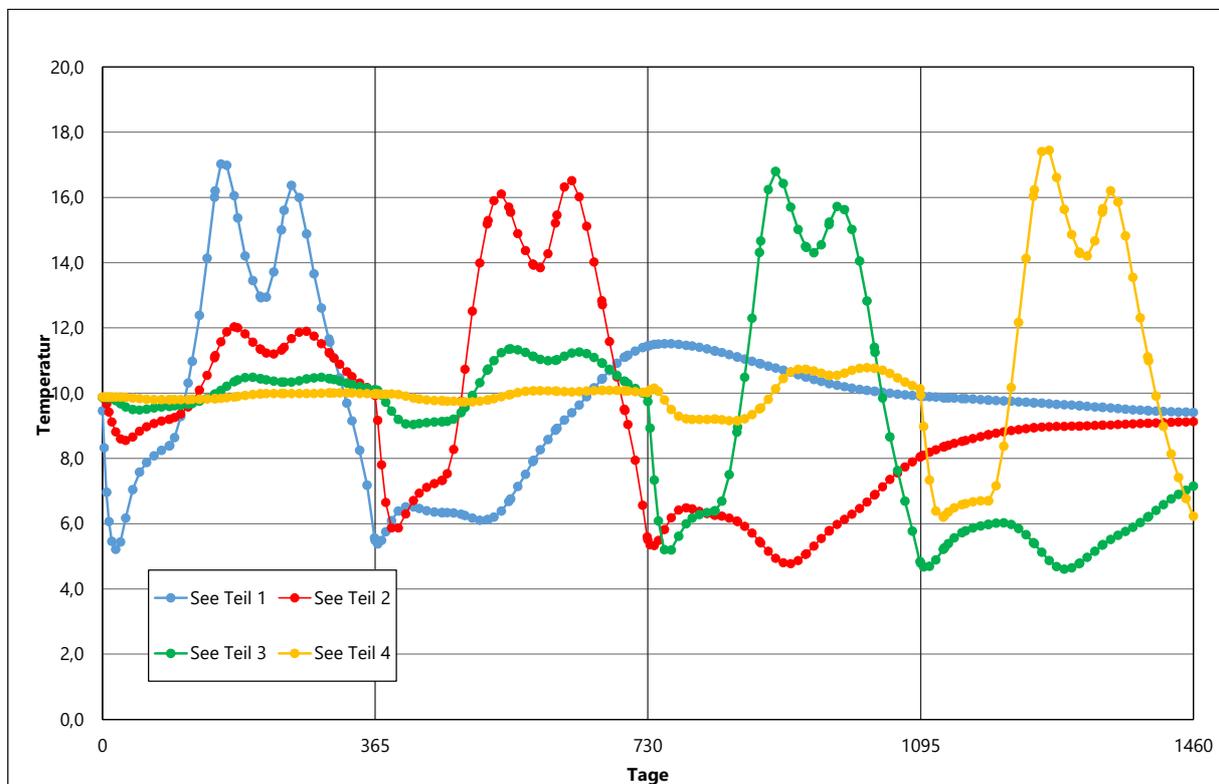


Abb. 5.2b Temperaturverlauf im Bereich des temporären Nassabbaus während des Abbaus in den 4 Teilbereichen des 1. Abbauabschnitts (Abbauzeitraum ca. 4 Jahre)

4.3 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. 5.3) 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. 5.4). 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. 5.2) 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.

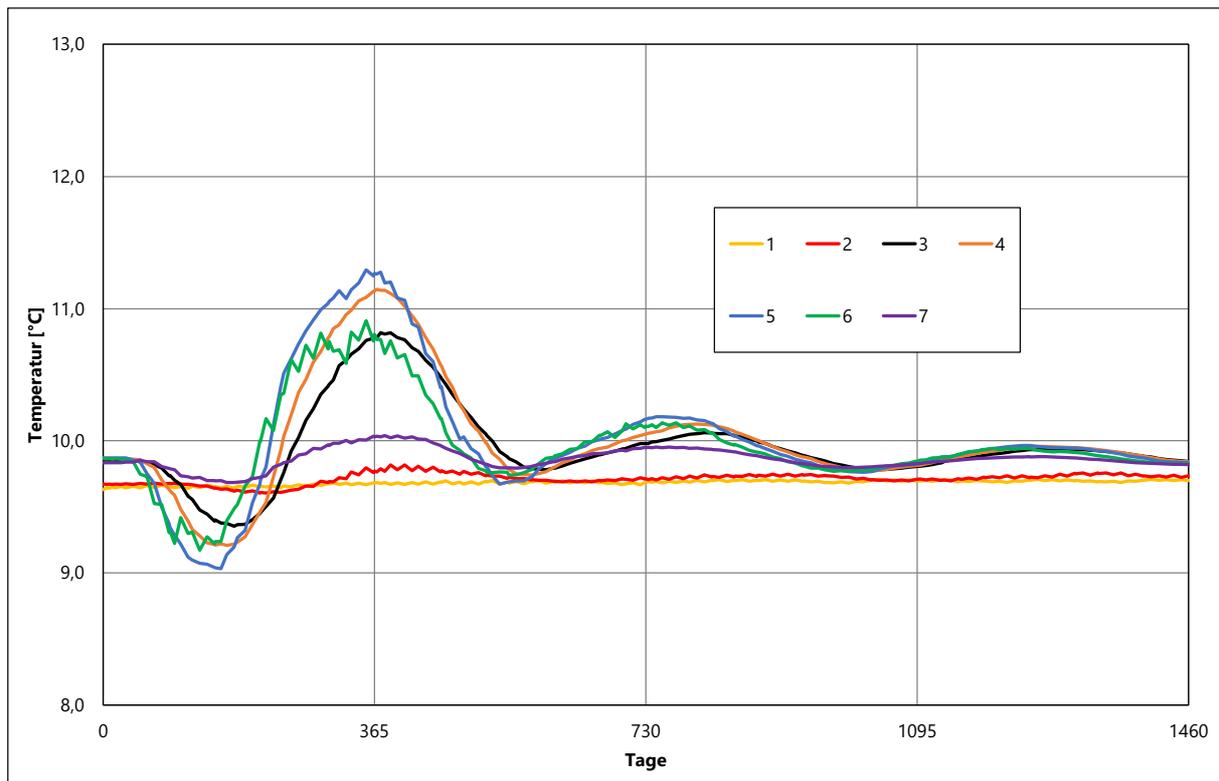


Abb. 5.3 Temperaturverlauf im Bereich der Quellaustritte - Nassabbau gesamte Teilfläche

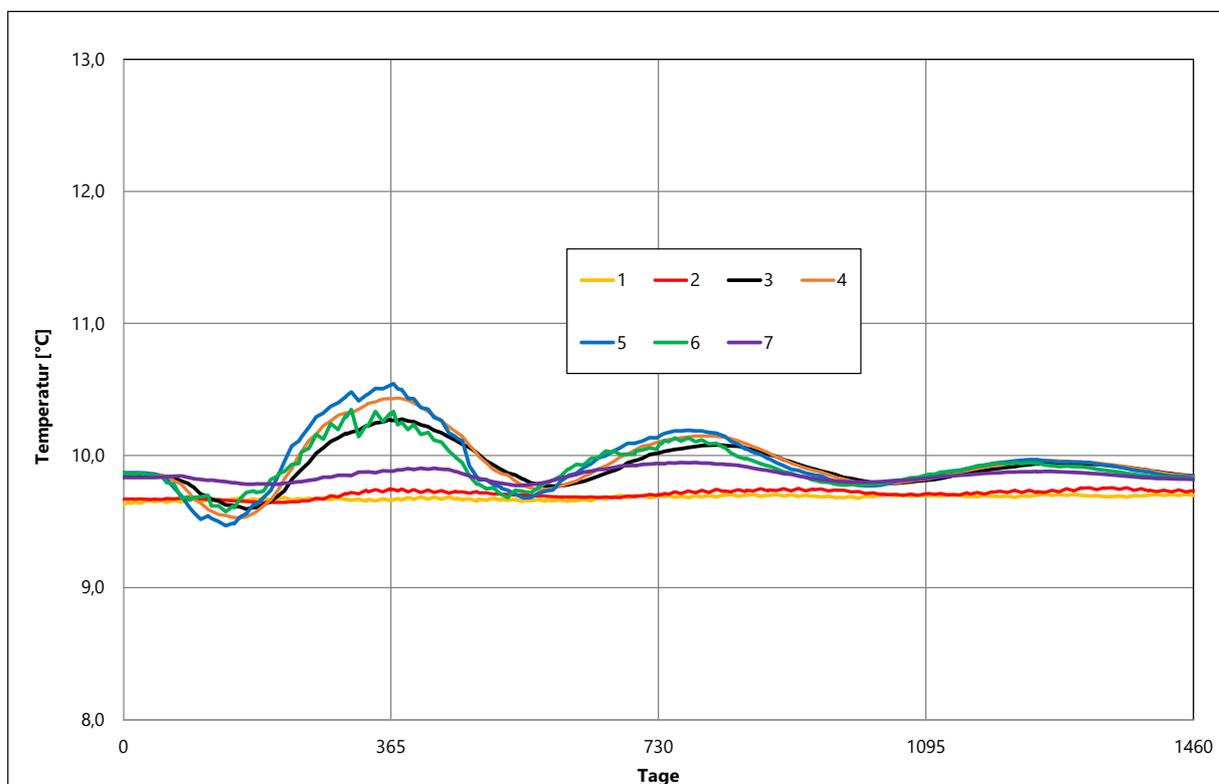


Abb. 5.4 Temperaturverlauf im Bereich der Quellaustritte - Nassabbau 50% der Teilfläche

b) Temperaturänderung in den abstromigen Messstellen (Grundwasser)

In der Abbildung 5.5 ist der Temperaturverlauf in den Messstellen KB10/P04, P5/18, KB1P/07 und KB2P/07, die nördlich des Vorhabengebiets liegen (s. Abb.5.1) 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 die Abb.5.6.

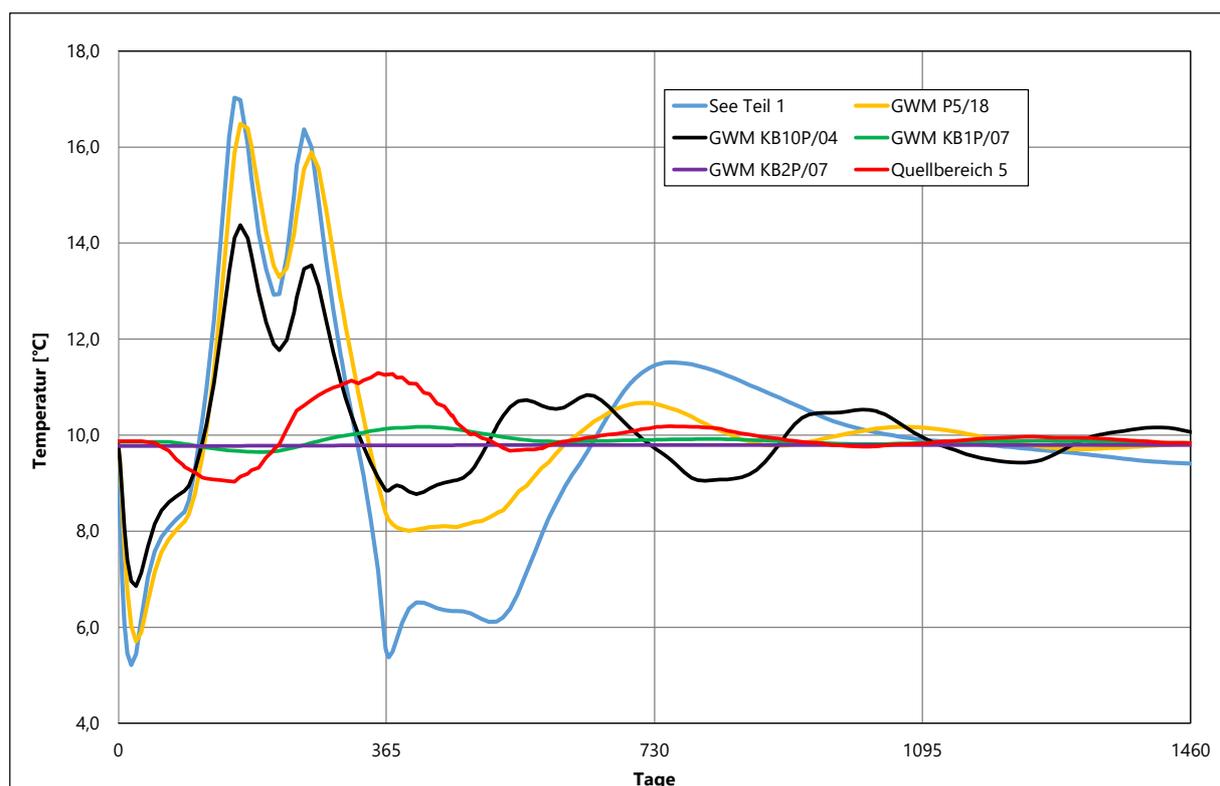


Abb. 5.5 Temperaturverlauf des Grundwassers im Abstrom des temporären Nassabbaus im Abbaubereich 1

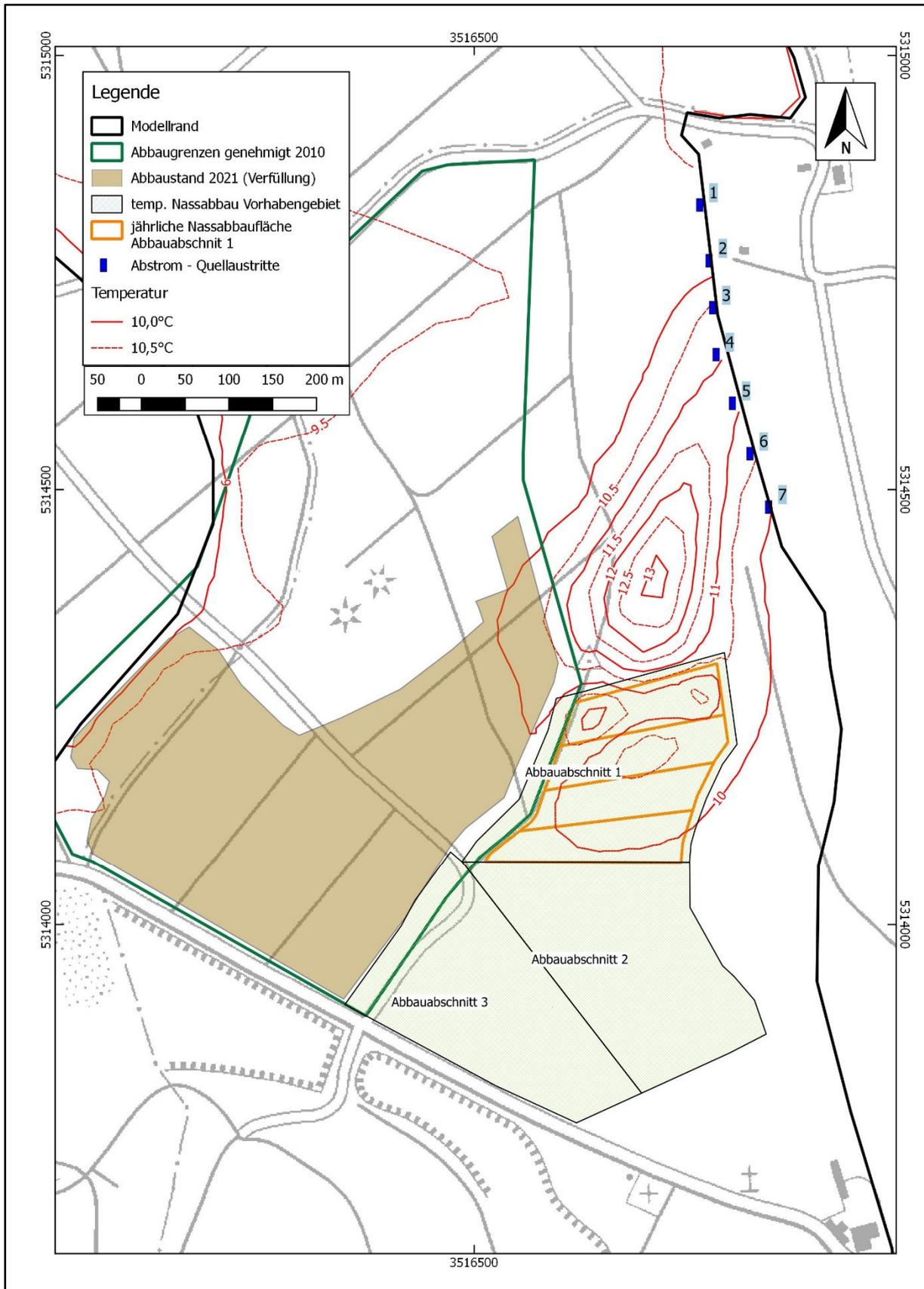


Abb. 5.6 Grundwassertemperatur im Abstrom des temporären Nassabbaus (t = 328 Tage)

5. Fazit

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

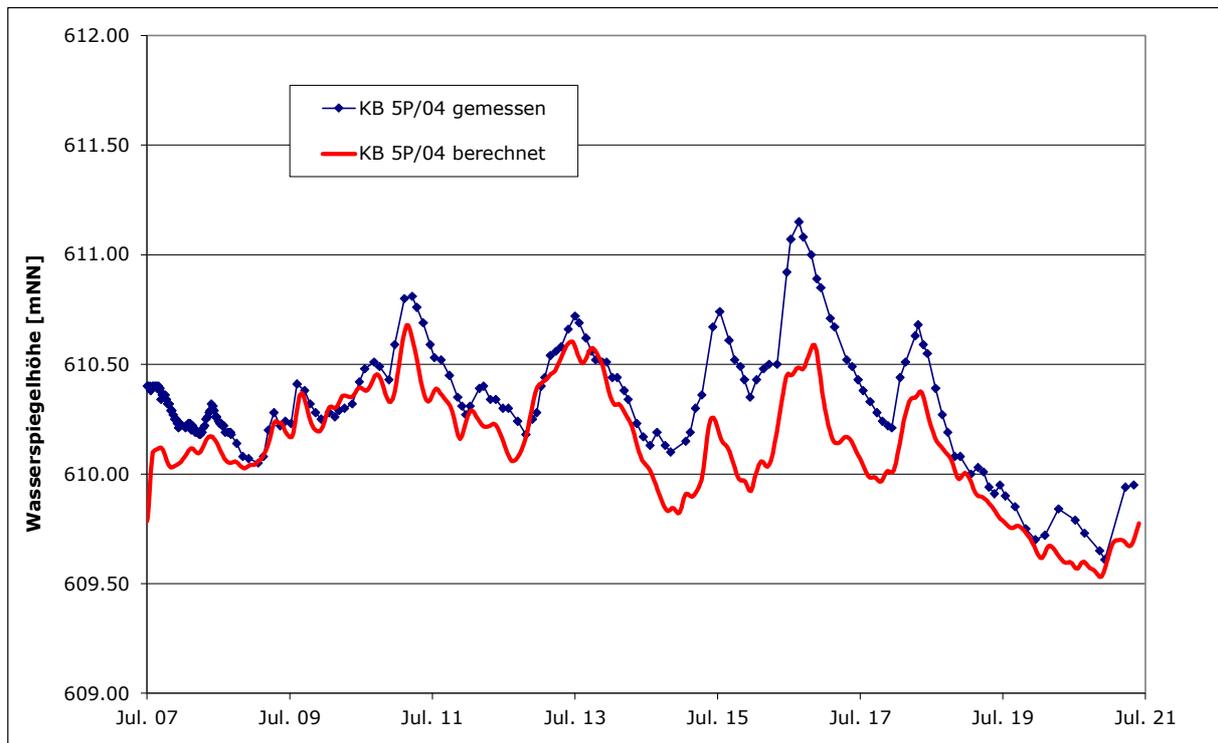
Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen

Anlage 2.1 – 2.3

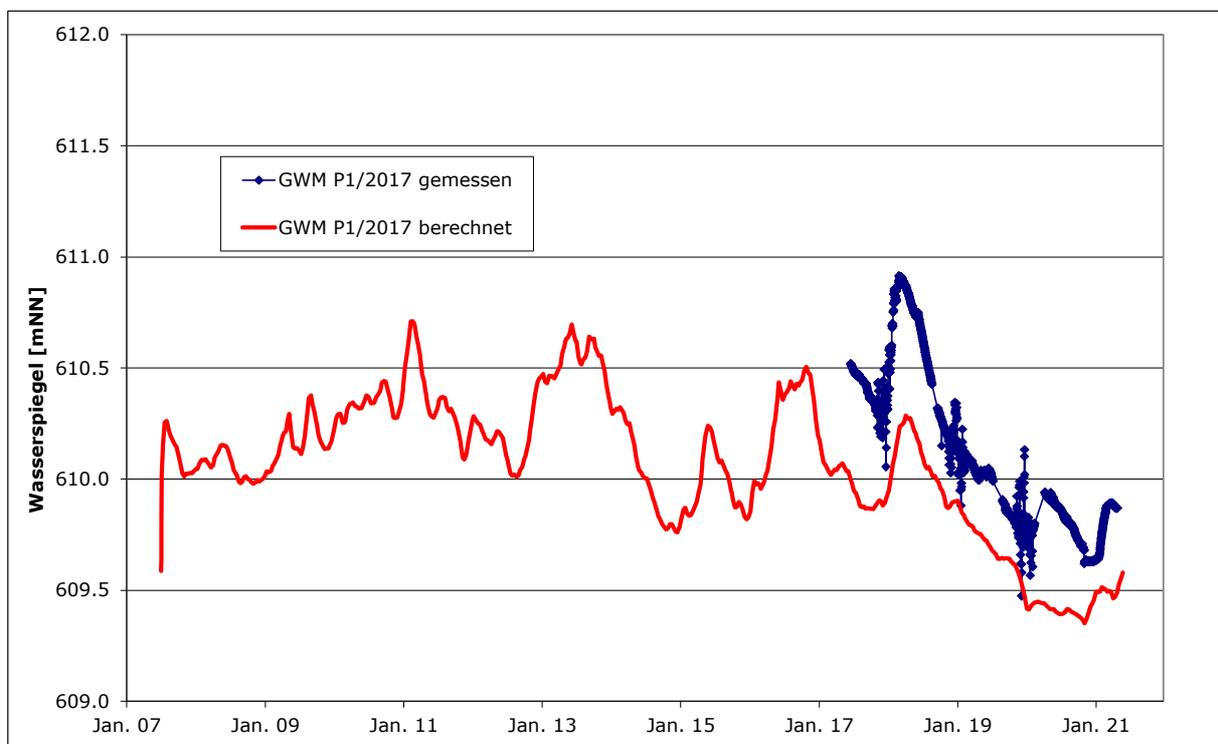
Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in Grundwassermessstellen (Anstrom Vorhabengebiet)

Anlage 2.4 – 2.8

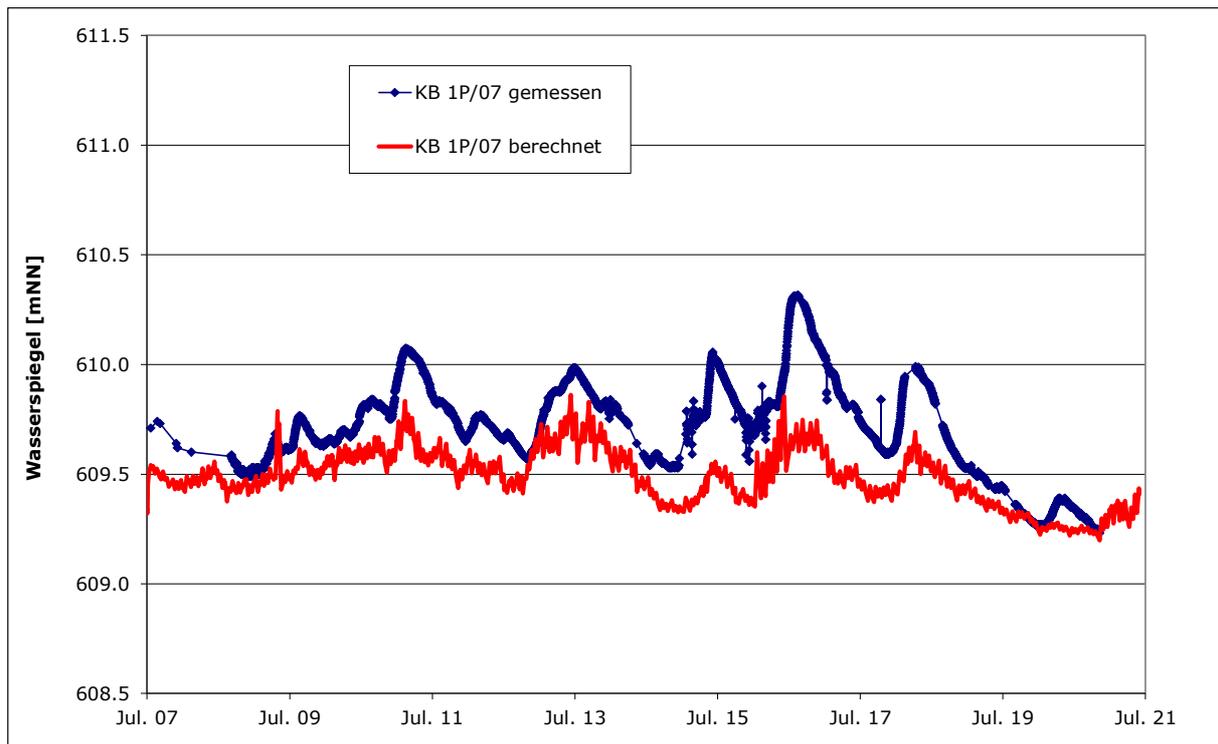
Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in Grundwassermessstellen (Abstrom Vorhabengebiet)



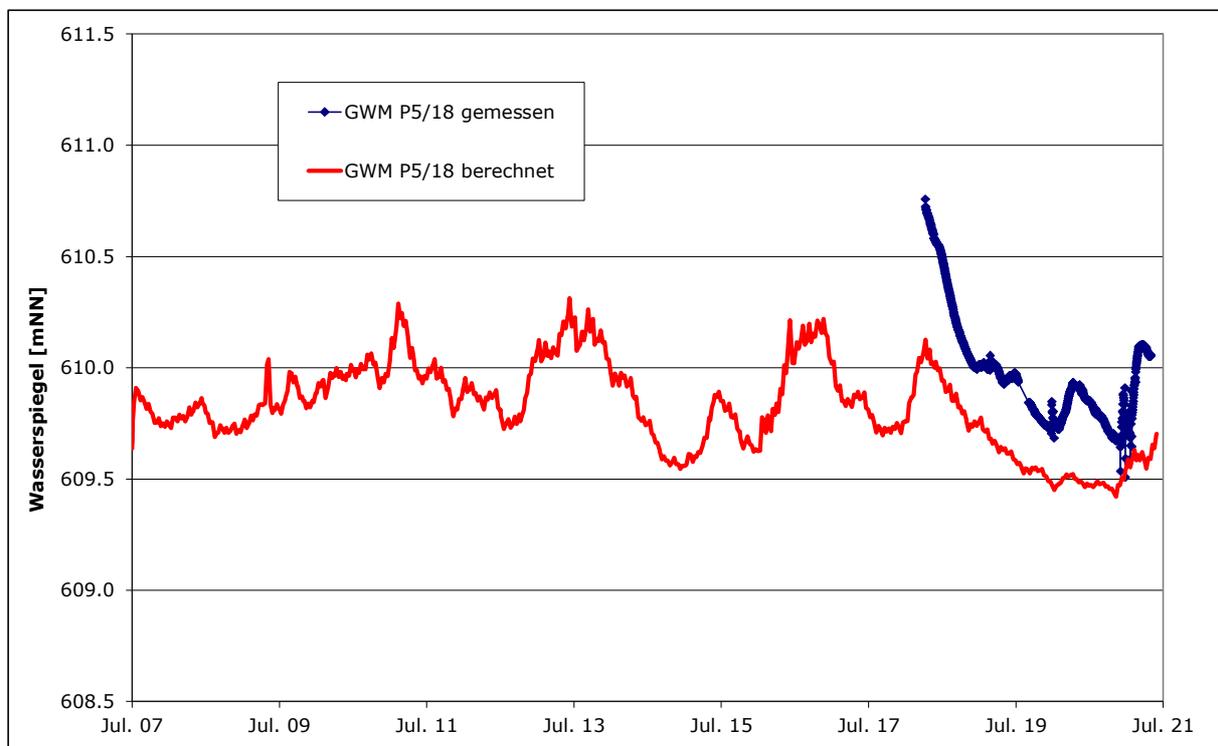
Anl. 1.1 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 5P/04



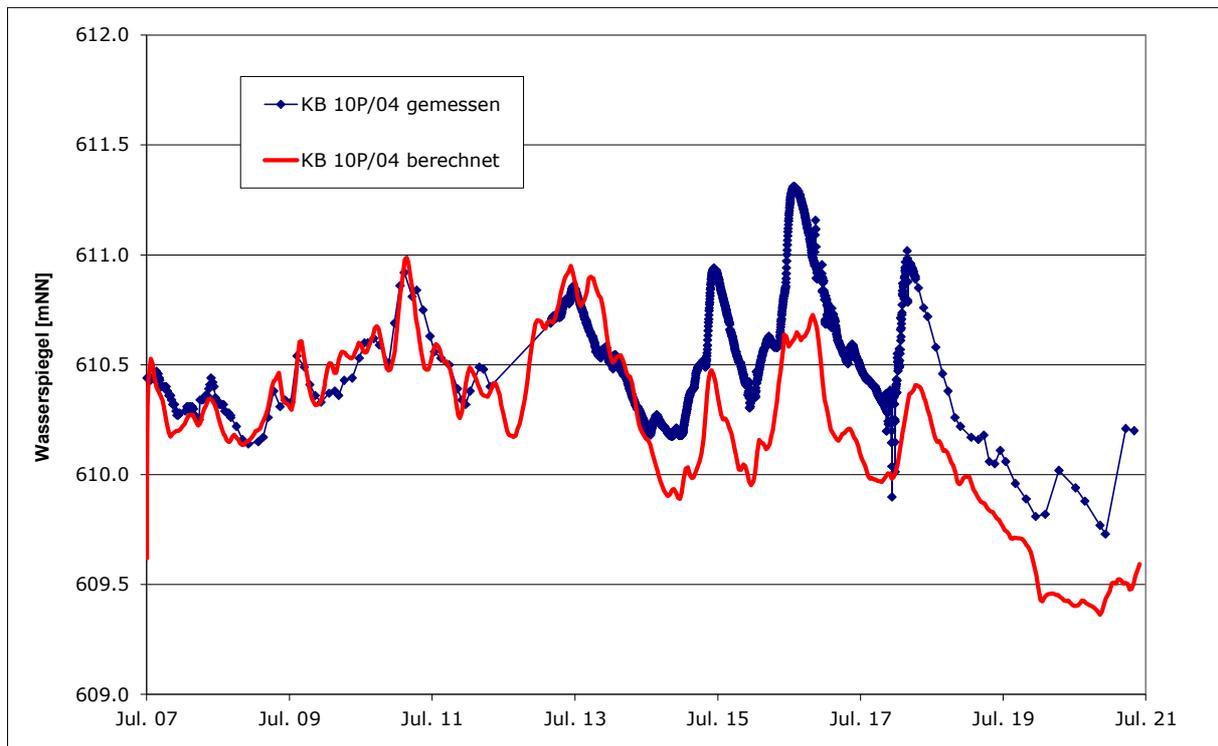
Anl. 1.2 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der GWM P1/2017



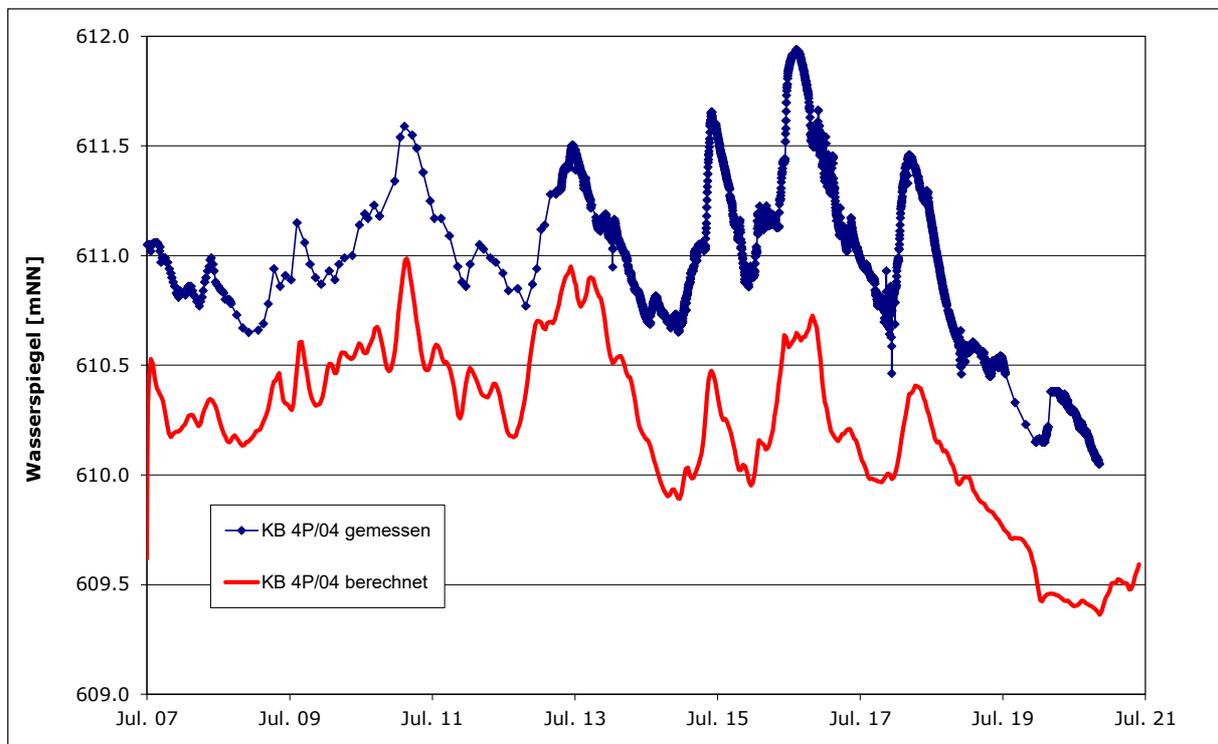
Anl. 1.3 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 1P/07



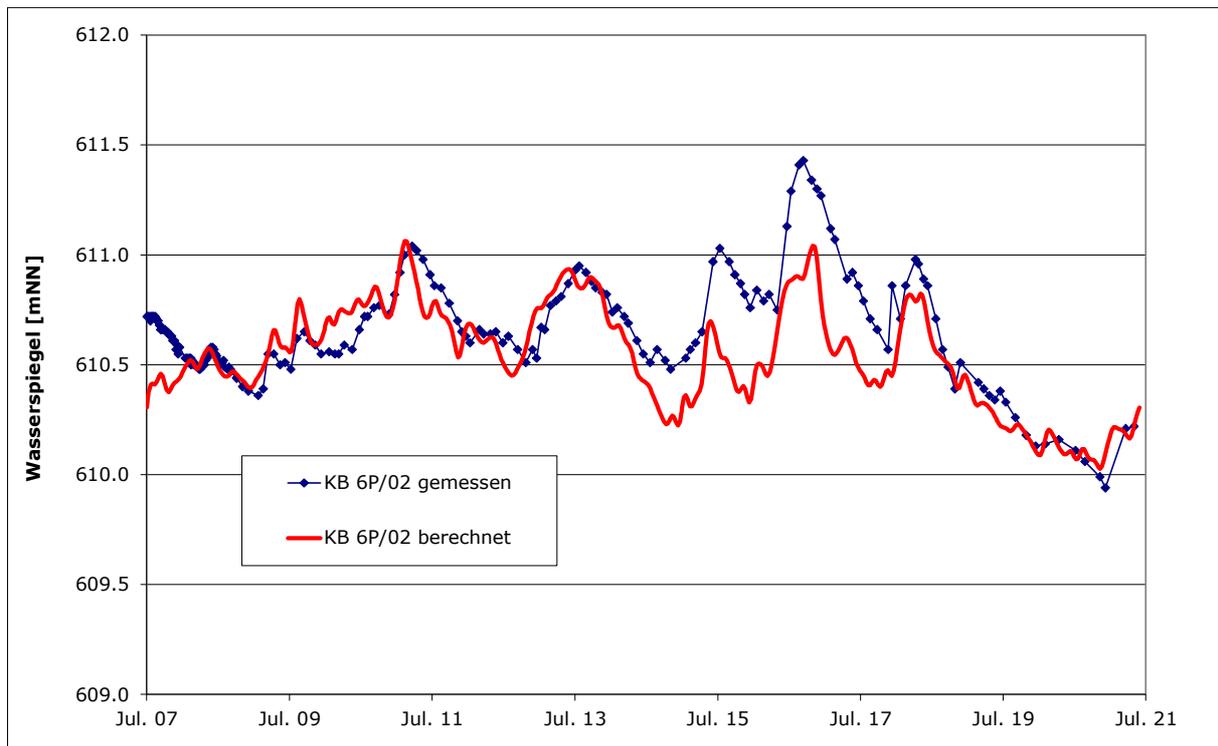
Anl. 1.4 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der GWM P5/18



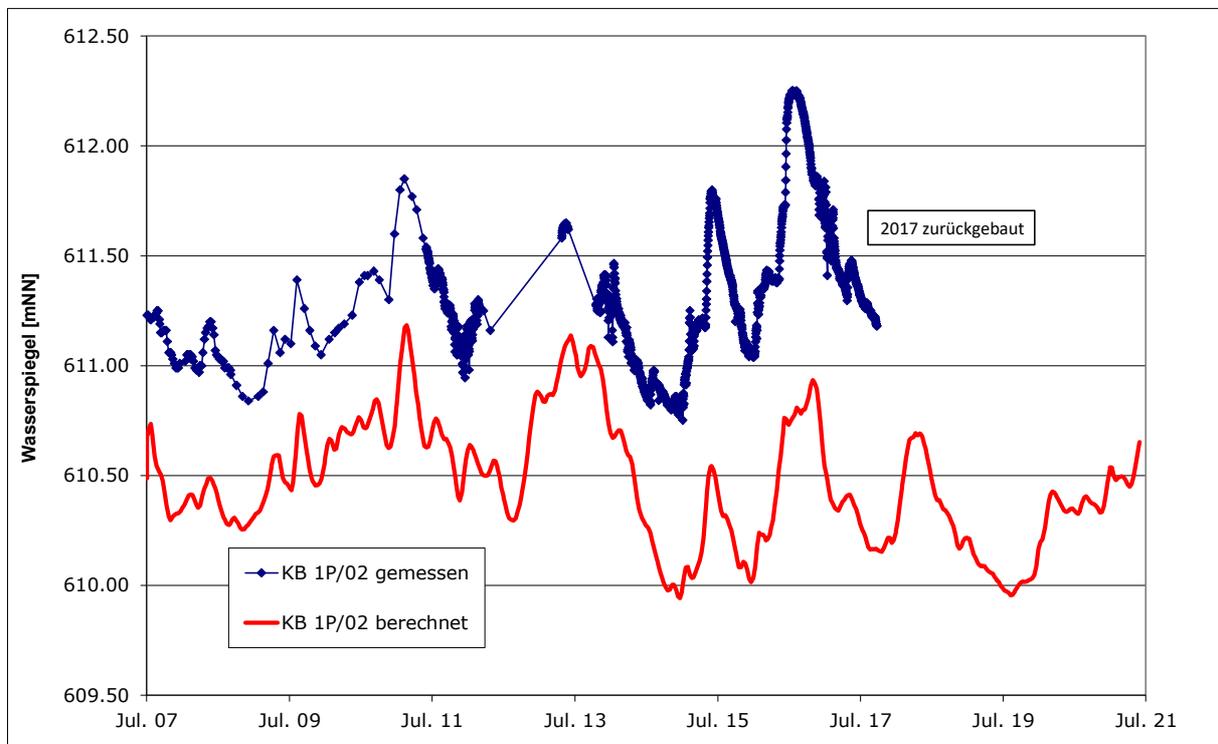
Anl. 1.5 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 10P/04



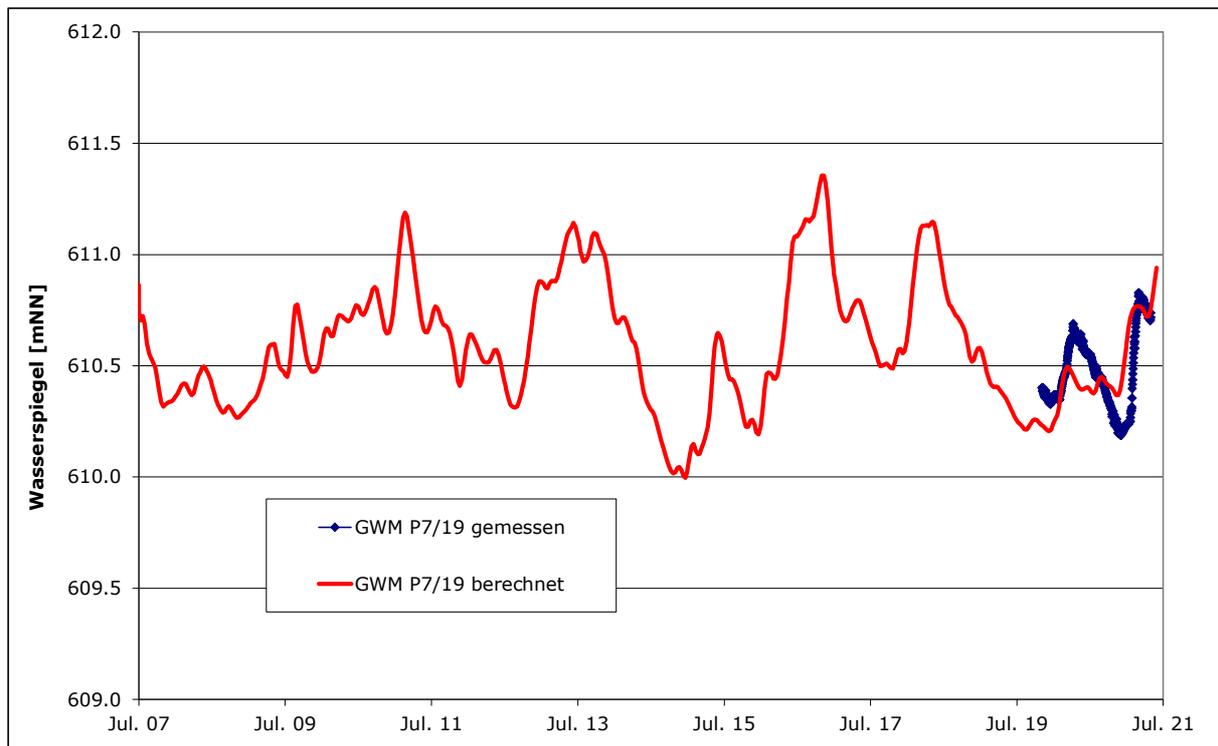
Anl. 1.6 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 4P/04



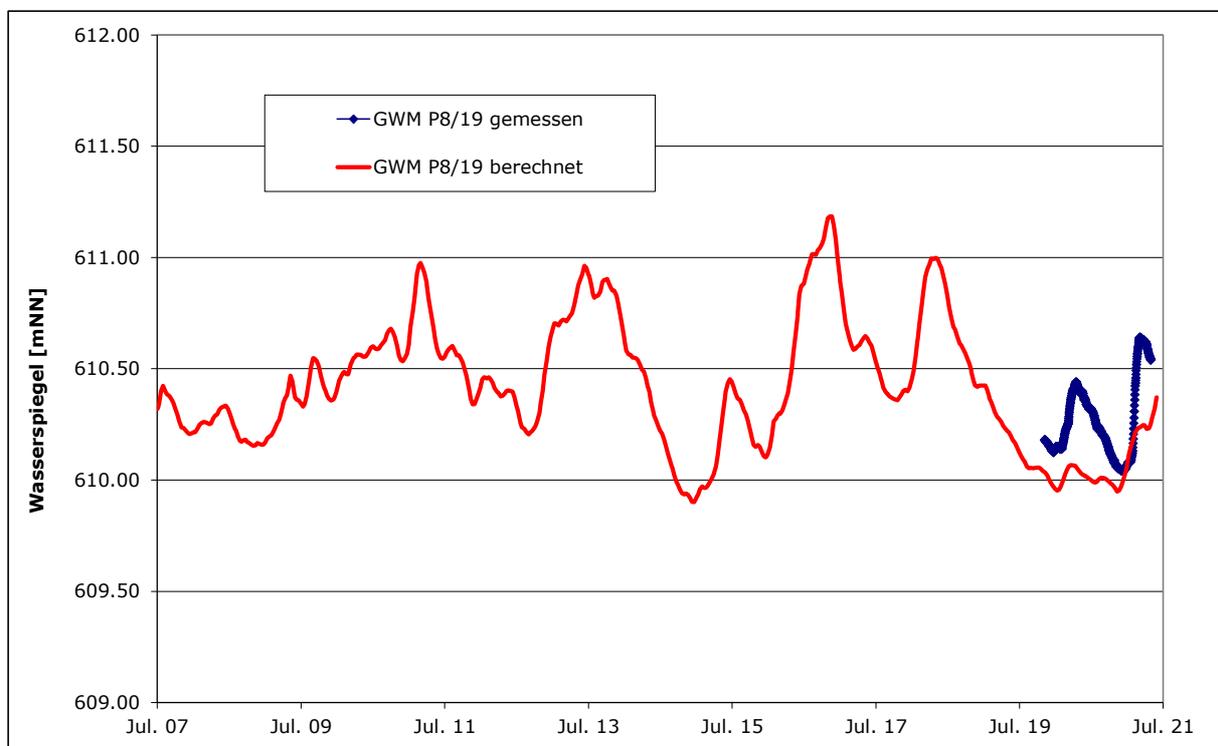
Anl. 1.7 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 6P/04



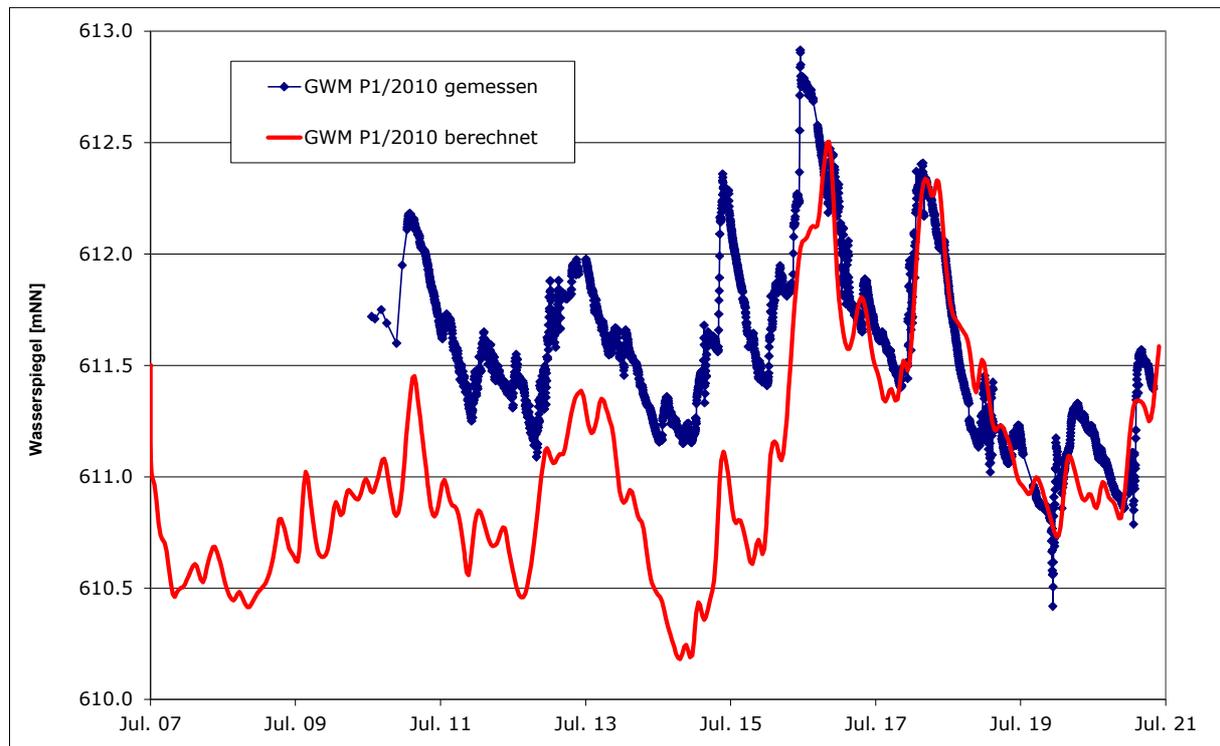
Anl. 1.8 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 1P/02



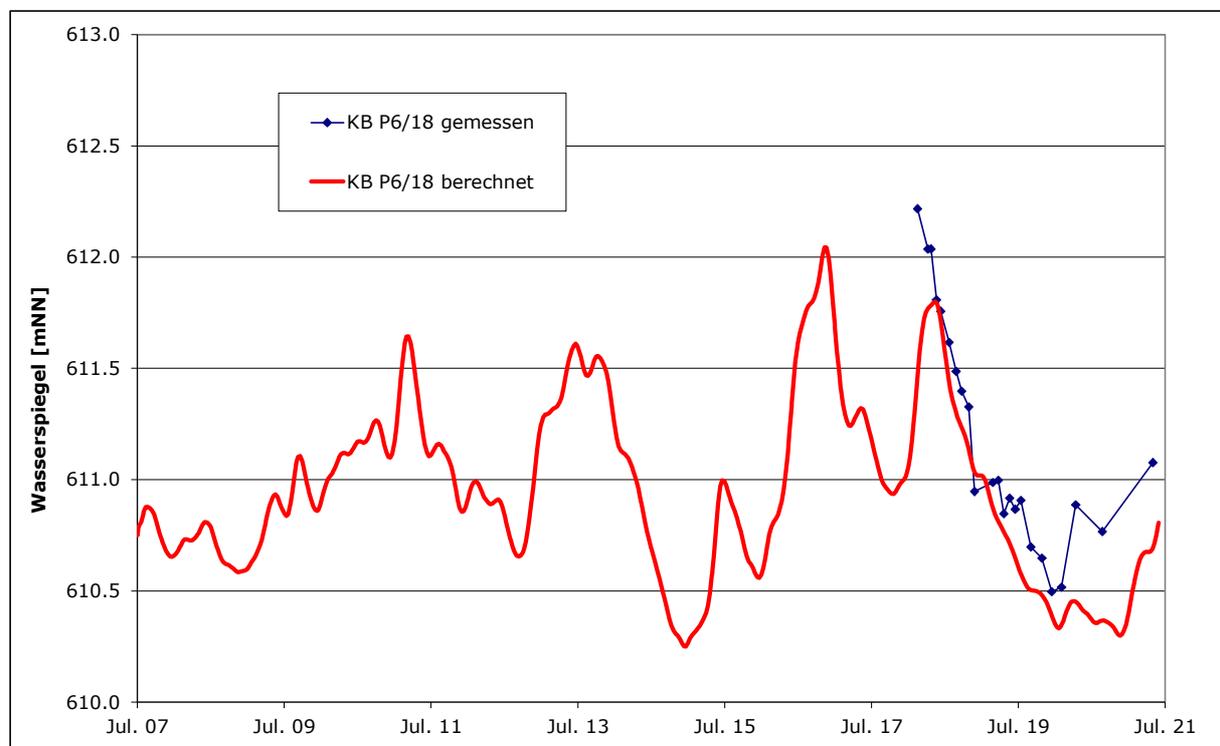
Anl. 1.9 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der GWM P7/19



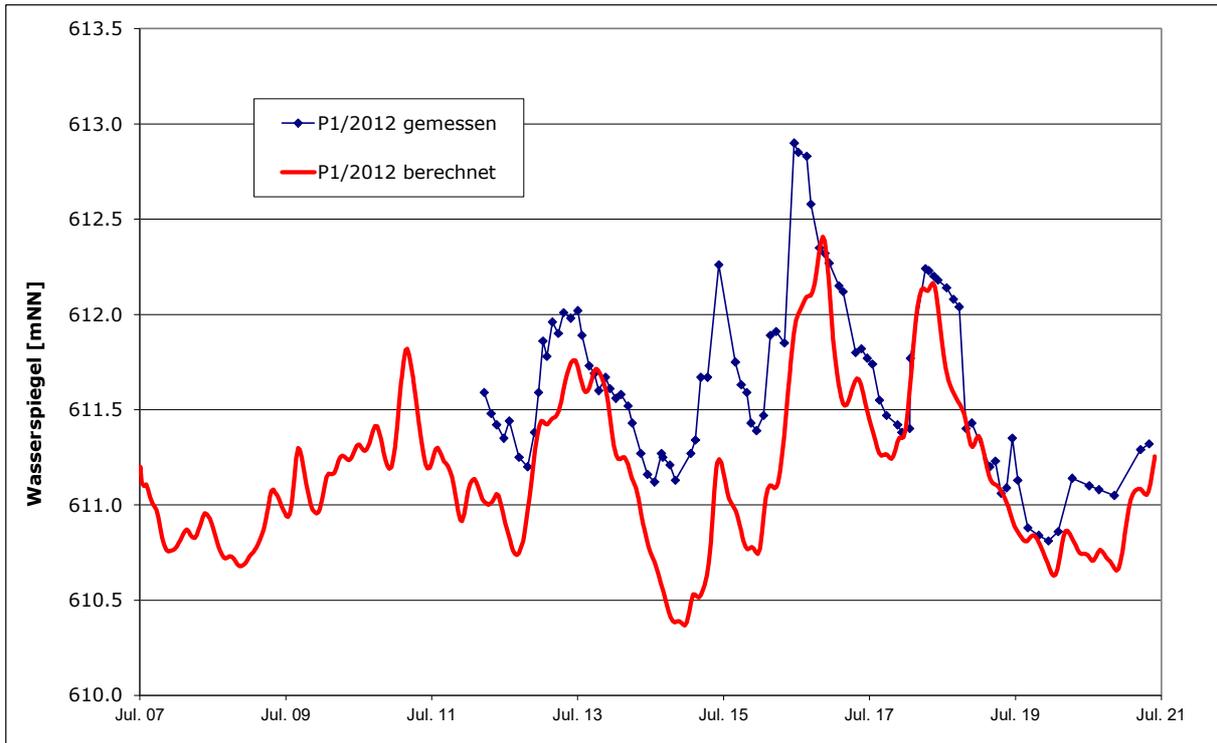
Anl. 1.10 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der GWM P8/19



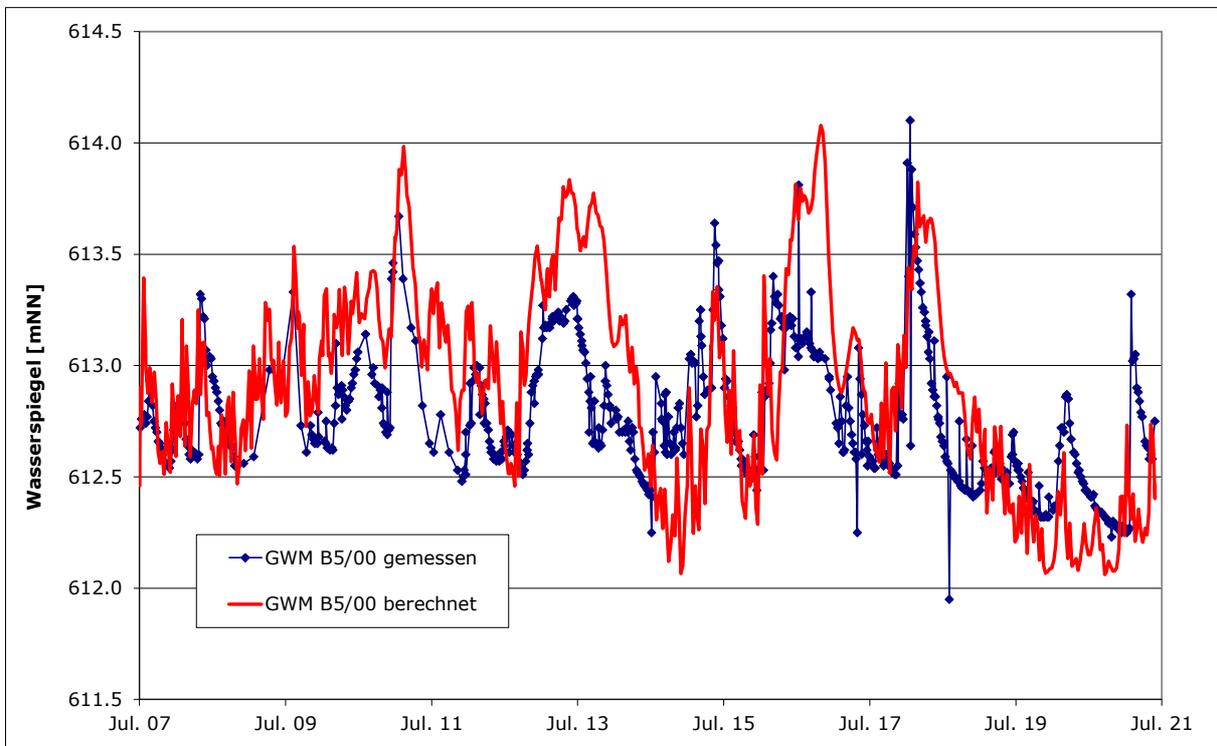
Anl. 1.11 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der GWM P1/2010



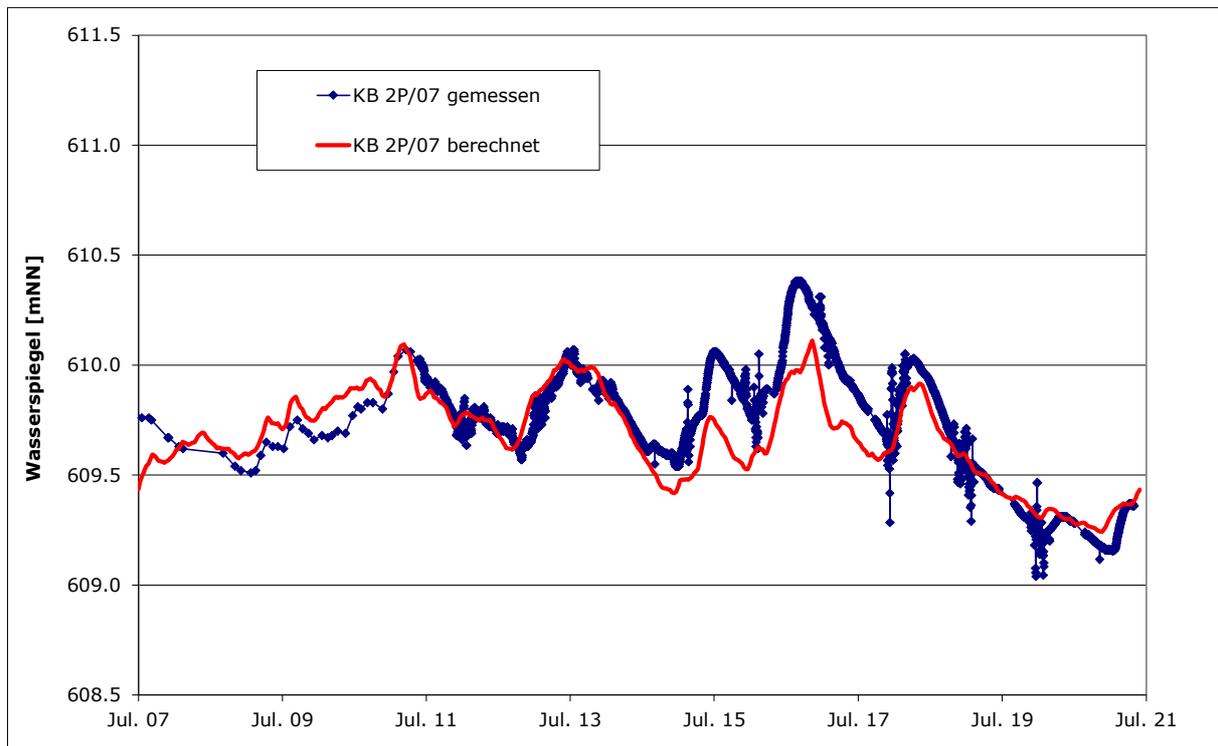
Anl. 1.12 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB P6/18



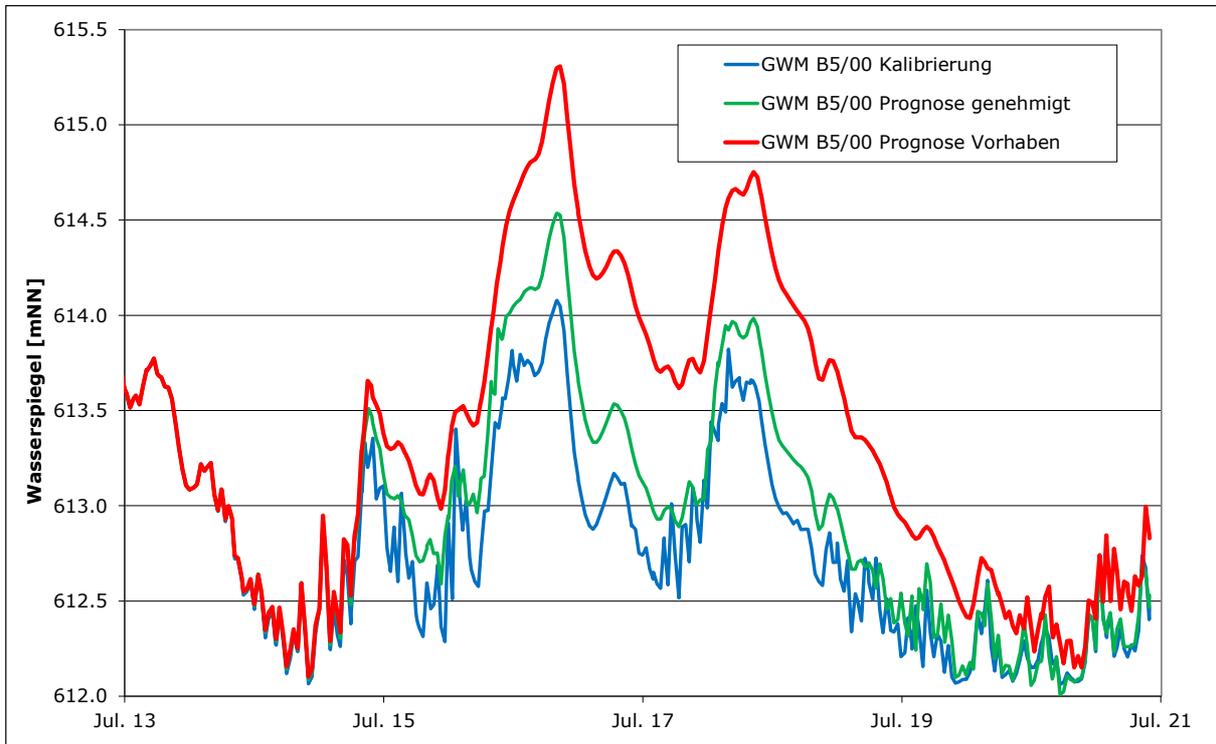
Anl. 1.13 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der P1/2012



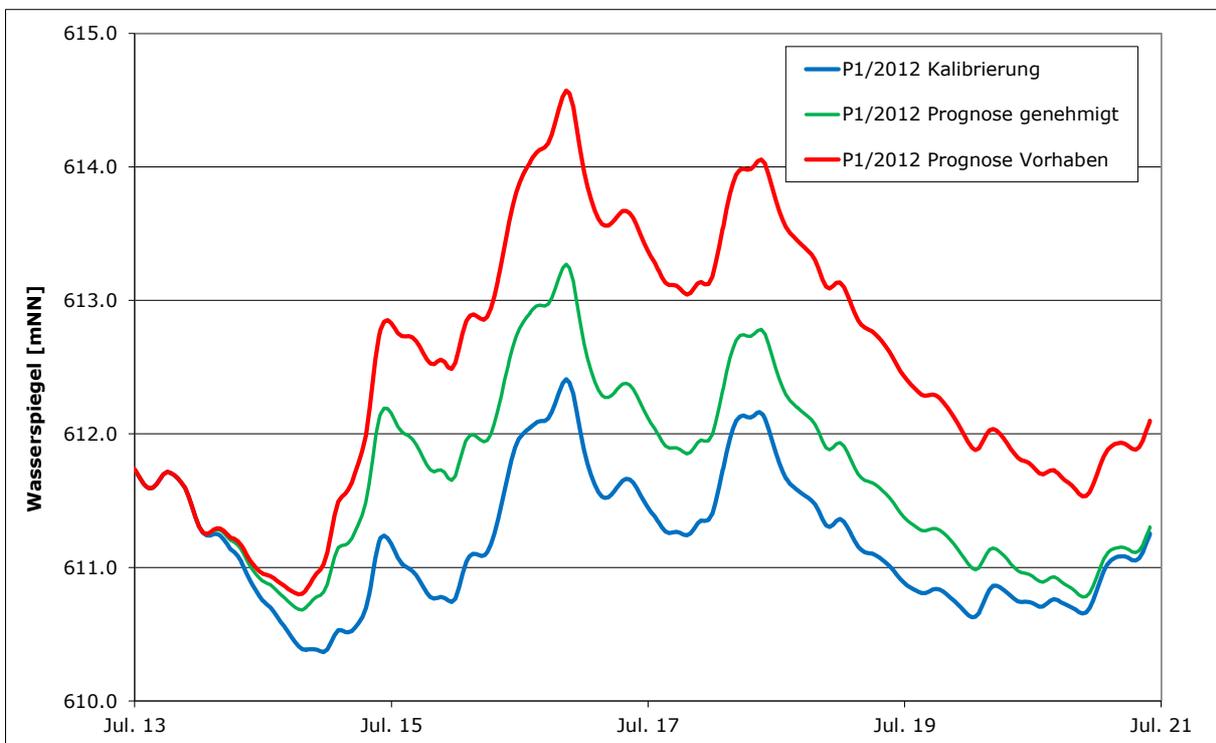
Anl. 1.14 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der GWM B5/00



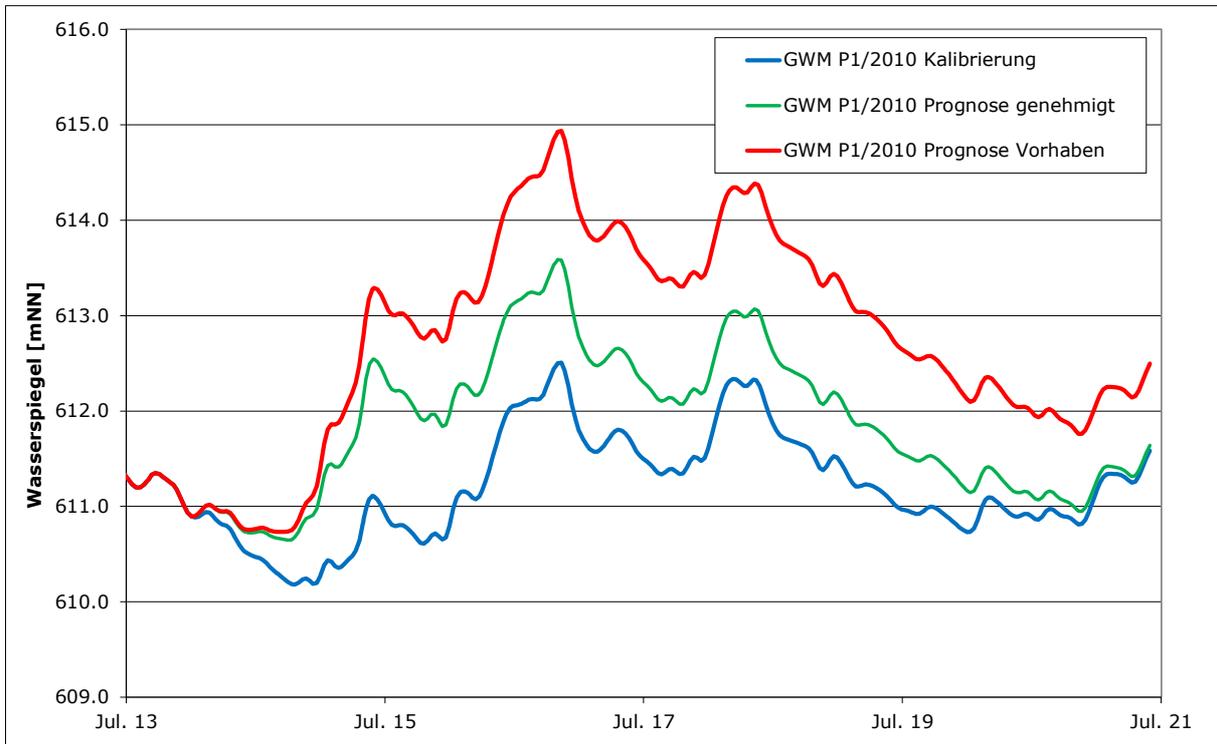
Anl. 1.15 Vergleich gemessene und berechnete Grundwasserspiegelhöhen in der KB 2P/07



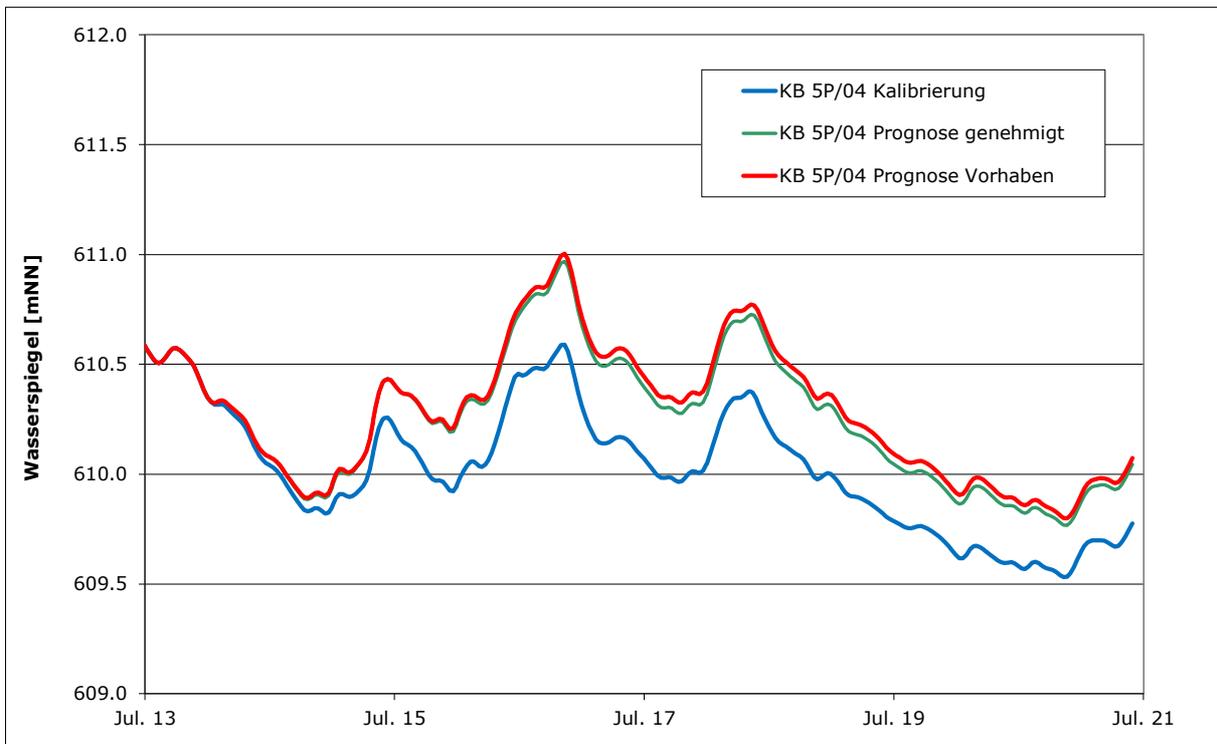
Anl. 2.1 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM B5/00 (Anstrom Vorhabengebiet)



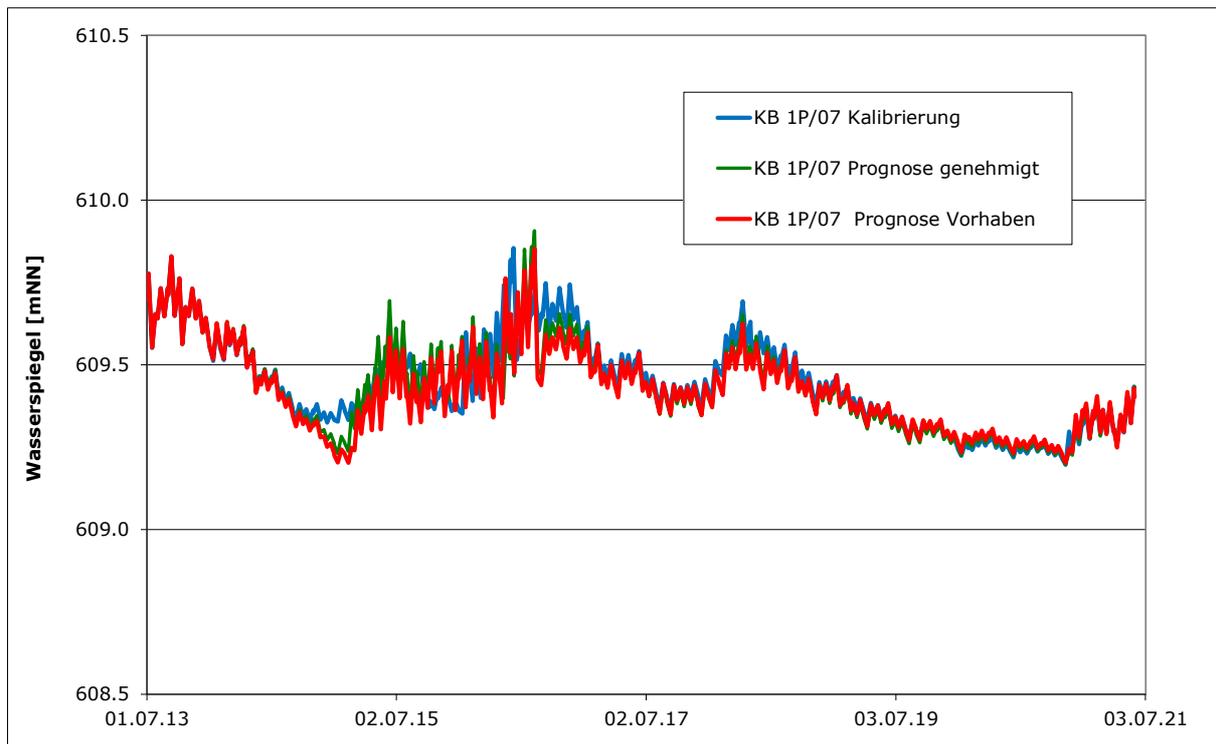
Anl. 2.2 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM P1/2012 (Anstrom Vorhabengebiet)



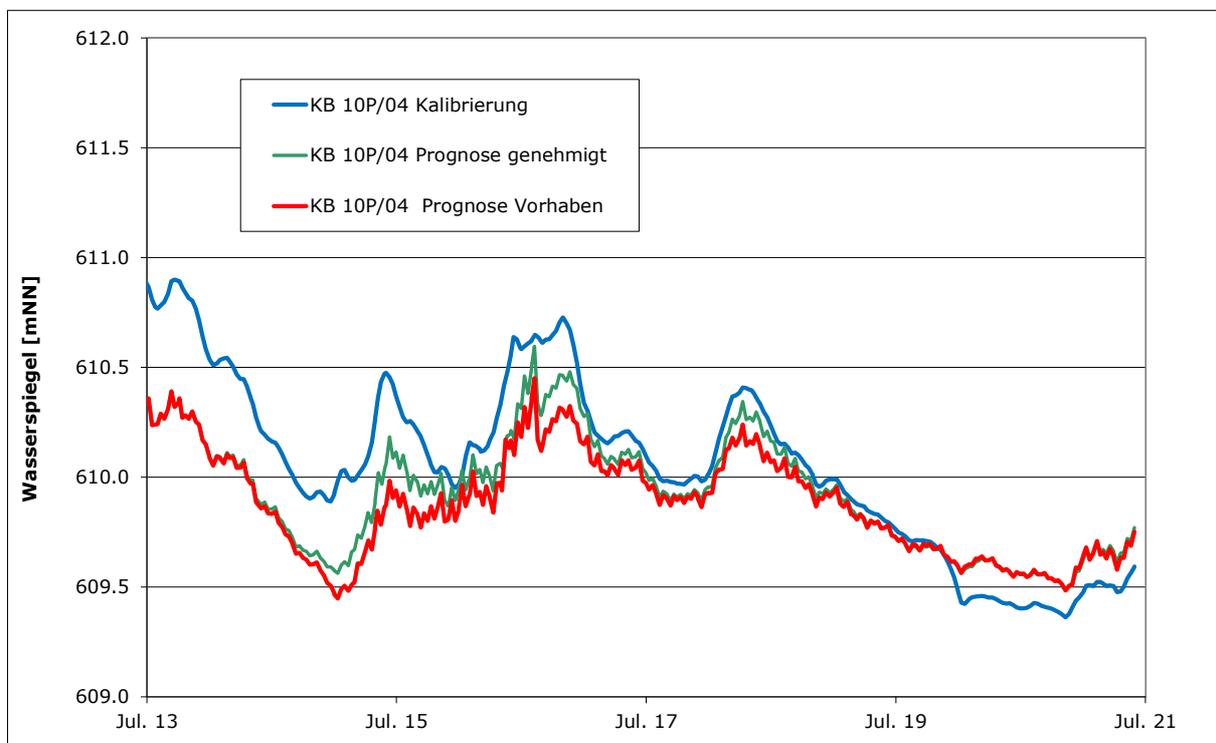
Anl. 2.3 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der GWM P1/2010 (Anstrom Vorhabengebiet)



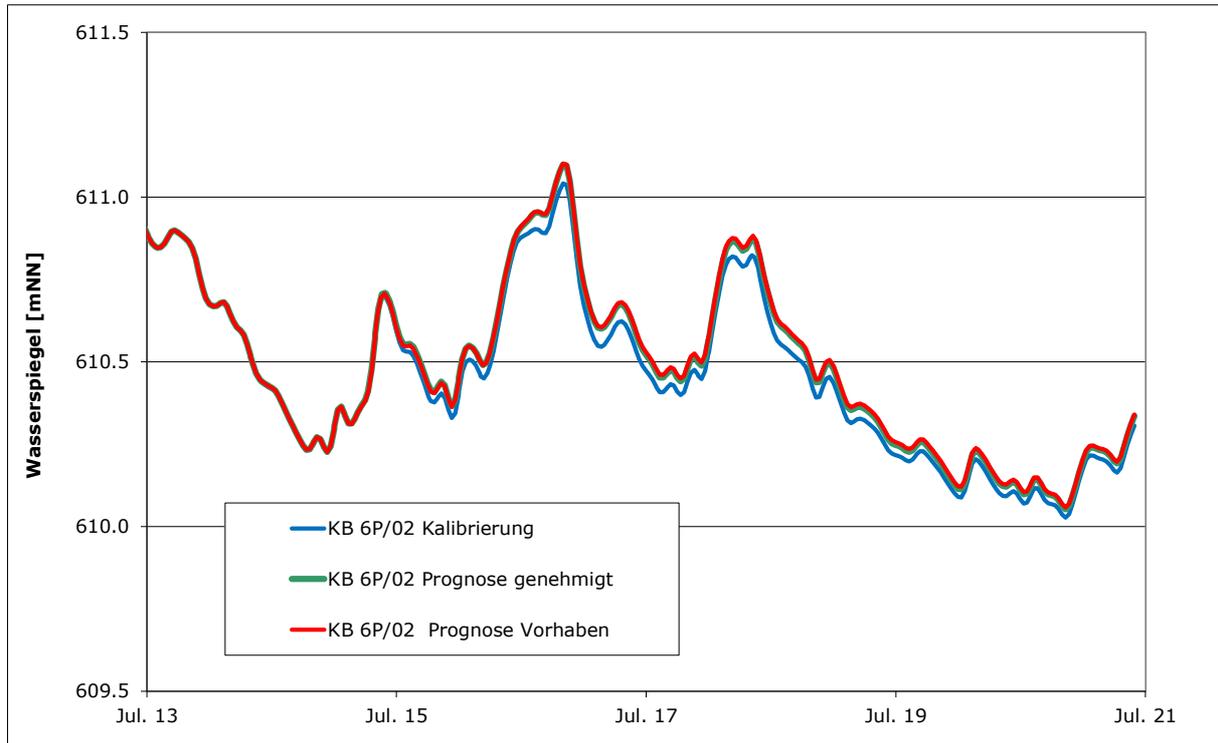
Anl. 2.4 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der KB 5P/04 (Abstrom Vorhabengebiet)



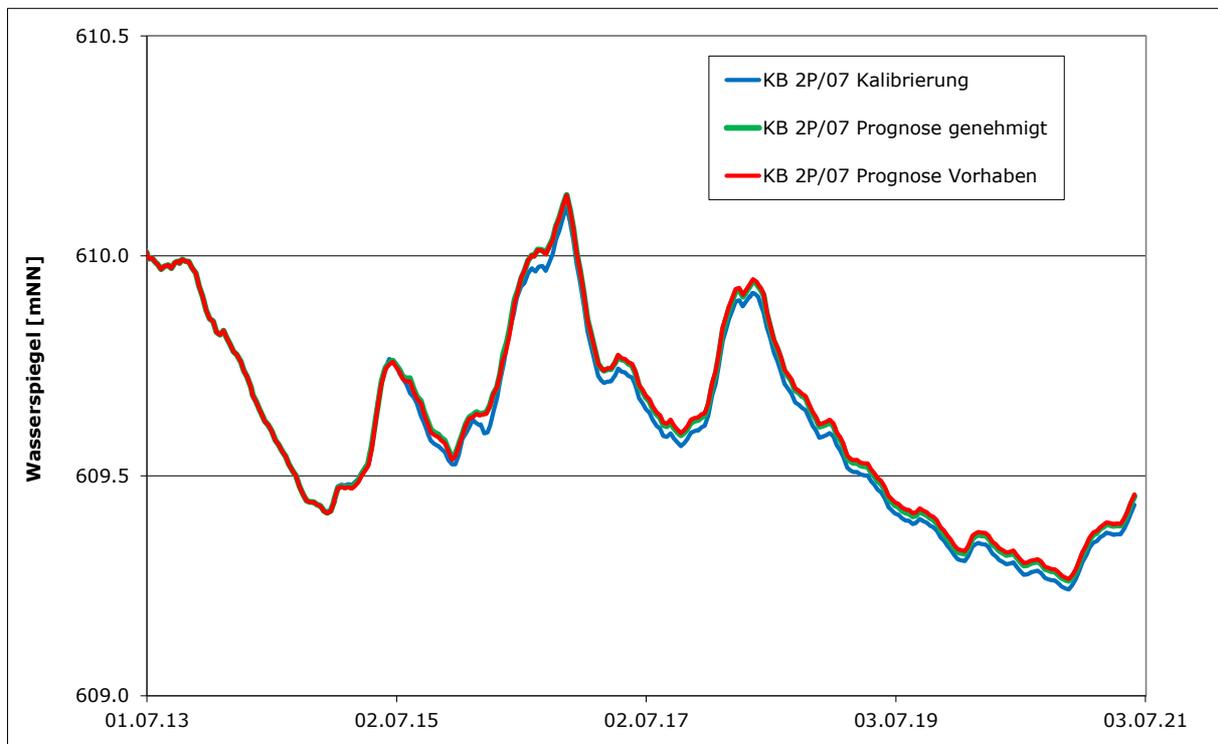
Anl. 2.5 Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen (Kalibrierung, genehmigter Nassabbau, Vorhabengebiet) in der KB 1P/07 (Abstrom Vorhabengebiet)



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)