

Erweiterung Nassabbau in Rißtissen (Fa. Koch) Kiesabbau und Rekultivierung

Hier: Erkundung der hydrogeologischen Verhältnisse und der Fließverhältnisse und Erstellung eines numerischen Grundwasserströmungsmodells

Auftraggeber: Fa. Koch GmbH & CO.KG
Kieswerk und Transporte
Ziegeleistraße 19
72555 Metzingen

Maßnahmen:

- Beschreibung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse
- Erstellung und Kalibrierung eines numerischen Grundwasserströmungsmodells
- Prognoseberechnungen

Projektnummer: 72555|2021-017-01|949

Bericht erstellt:

Radolfzell, den 02.09.2024

M. Reinold
Dipl.-Geologe

Dr. W. Michel
Dipl.-Geophysiker

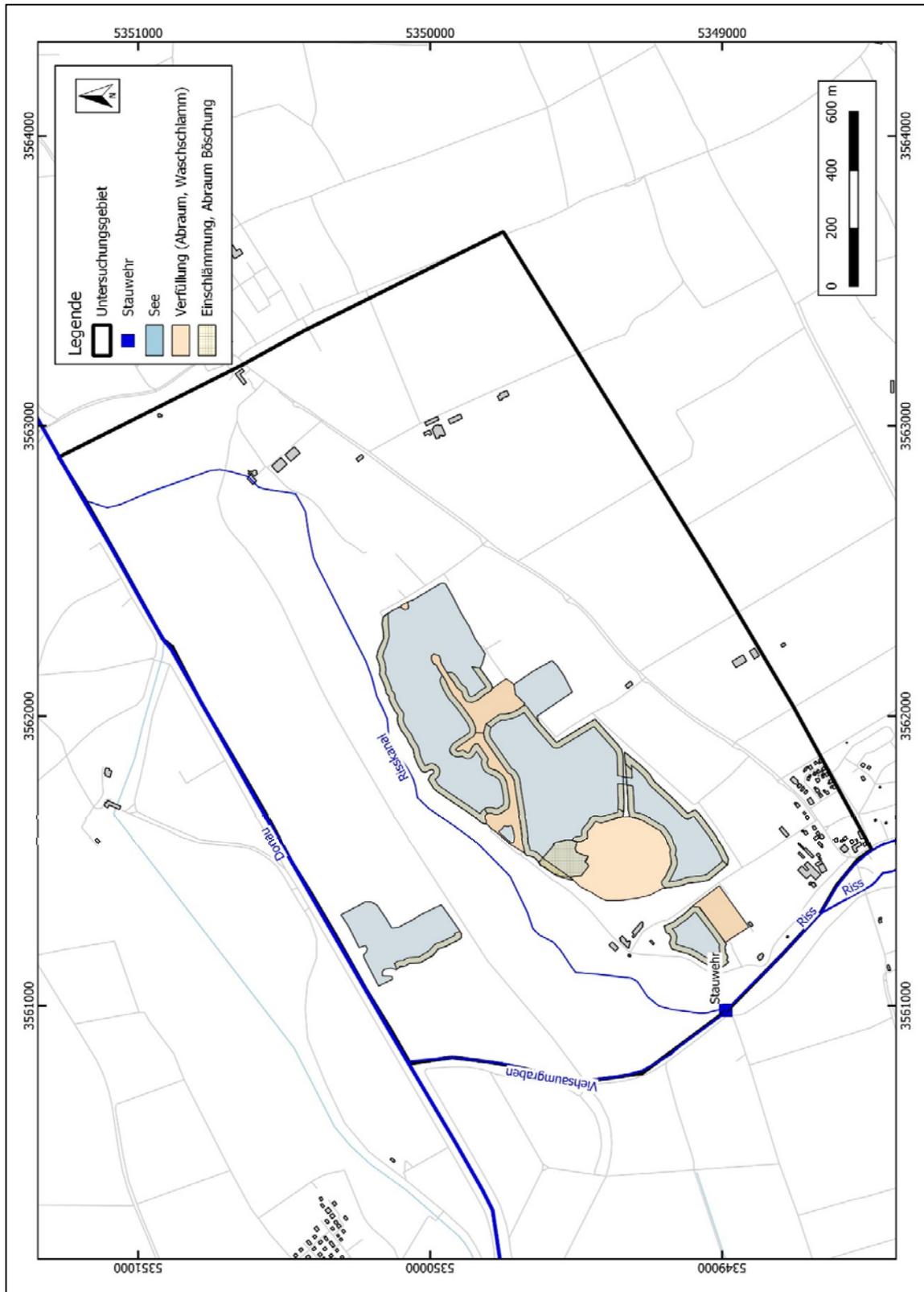


Abb. 1 Lageplan des Untersuchungsgebietes mit aktuellem Nassabbau und Baggerseen (Stand 19.12.2023)

Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkung	8
2. Geologische Verhältnisse (konzeptionelles Modell).....	8
3. Hydrogeologische Verhältnisse – Fließsystem (konzeptionelles Modell).....	15
3.1 Wasserspiegelmessungen	17
3.1.2 Grundwasserganglinien (bis Ende 2023).....	23
3.2 Chemisch-physikalische Parameter des Grundwassers und der Oberflächengewässer.....	26
3.2.1 Leitfähigkeit des Grundwassers	27
3.2.2 Temperatur des Grundwassers.....	34
4. Grundwasserströmungsmodell.....	43
4.1 Unterteilung des Modells in Elemente	43
4.2 Randbedingungen.....	43
4.3 Hydraulische Parameter	48
4.4 Kalibrierung des numerischen Grundwasserströmungsmodell.....	50
5. Prognoseberechnungen.....	59
5.1 Grundlagen der Prognoseberechnungen.....	60
5.2 Prognoseberechnung 1.....	62
5.3 Prognoseberechnung 2.....	72
5.4 Fazit der Prognoseberechnungen	83
6. Zusammenfassung	84
Abb. 1 Lageplan des Untersuchungsgebietes mit aktuellem Nassabbau und Baggerseen (Stand 19.12.2023)	2
Abb. 2.1 Geologische Verhältnisse und Lage der Bohrungen im Untersuchungsgebiet	11
Abb. 2.2 Höhenlinien der Quartärbasis (Kiesbasis) im Untersuchungsgebiet	12
Abb. 2.3 Bohrgut KB5/21	13
Abb. 2.4 Lage der Verfüllungen im Bereich des Kiesabbaus (Stand 2023)	14
Abb. 3.1 Lageplan der Messstellen im Untersuchungsgebiet.....	16
Abb. 3.2a Grundwassergleichenplan vom 21.07.2021 (Grundwasserhochstand)	19
Abb. 3.2b Grundwassergleichenplan vom 04.08.2022 (mittlerer Grundwasserstand).....	21
Abb. 3.2c Grundwassergleichenplan vom 06.11.2023 (Grundwasserniedrigstand) und vom 21.07.2021 (Grundwasserhochstand)	22

Abb. 3.3a	Grundwasserganglinien der GWM entlang Profil Nord – Süd 1	24
Abb. 3.3b	Grundwasserganglinien der GWM entlang Profil Nord – Süd 2	25
Abb. 3.3c	Grundwasserganglinien der GWM entlang Profil Nord – Süd 1	25
Abb. 3.3d	Grundwasserganglinien der GWM entlang Profil Nord – Süd 4	26
Abb. 3.4a	Verteilung der elektrischen Leitfähigkeitswerte vom 16.02.2022 (Winter).....	28
Abb. 3.4b	Verteilung der elektrischen Leitfähigkeitswerte vom 04.08.2022 (Sommer).....	29
Abb. 3.4c	Lageplan der Baggerseen mit den Abstrommessstellen (GWM).....	31
Abb. 3.5a	Leitfähigkeitswerte im See 1 und in den abstromigen Messstellen	32
Abb. 3.5b	Leitfähigkeitswerte im See 2 und in den abstromigen Messstellen	32
Abb. 3.5c	Leitfähigkeitswerte im See 4 und in den abstromigen Messstellen	33
Abb. 3.5d	Leitfähigkeitswerte im See 6 und in den abstromigen Messstellen	33
Abb. 3.6a	Wassertemperatur in den Messstellen vom 16.02.2022 (Winter)	36
Abb. 3.6b	Temperaturverteilung in den Grundwassermessstellen und Seen vom 04.08.2022 (Sommer).....	37
Abb. 3.7a	Temperaturganglinien im See 1 und in den Grundwassermessstellen im Abstrom	39
Abb. 3.7b	Temperaturganglinien im See 2 und in den Grundwassermessstellen im Abstrom	40
Abb. 3.7c	Temperaturganglinien im See 4 und in den Grundwassermessstellen im Abstrom	41
Abb. 3.7d	Temperaturganglinien im See 6 und in den Grundwassermessstellen im Abstrom	42
Abb. 4.1	Modellgebiet mit Finite-Elemente-Netz (Seen Stand 2019).....	44
Abb. 4.2	Ganglinien der Wasserspiegelhöhen an den Pegeln Donau Süd und Donau Nord, den Modellrändern und dem Viehsaumgraben (Messpunkt Brücke).....	46
Abb. 4.3	Planskizze des Stauwehrs Risskanal/Viehsaumgraben	47
Abb. 4.4	Vergleich der Grundwasserneubildung mit den Niederschlägen und der Temperatur 2019 – 2024 (Station Öpfingen).....	48
Abb. 4.5	Verteilung der Durchlässigkeit (kf-Wert) mit Stand Nassabbau 2022.....	49
Abb. 4.6	Vergleich der Grundwassergleichen der Stichtagsmessung vom 04.08.2022 gemessen/berechnet.....	51
Abb. 4.7a	Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der BK2.....	52

Abb. 4.7b	Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der KB5/21	53
Abb. 4.7c	Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der KB3/21	53
Abb. 4.7d	Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen im See 2.....	54
Abb. 4.7e	Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen im See 4.....	54
Abb. 4.7f	Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der KB1/21	55
Abb. 4.7g	Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der KB2/21	55
Abb. 4.7h	Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der RKS8/21.....	56
Abb. 4.7i	Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der B4/97.....	56
Abb. 4.7j	Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der B2/97.....	57
Abb. 4.8	Berechnete Ganglinien der Abstrommengen aus den Seen 1, 2 und 4 (2019 – 2023)	59
Abb. 5.1	Lageplan mit dem aktuellen Abbaustand, den genehmigten Abbaubereichen und einer geplanten Erweiterung des Kiesabbaus.....	61
Abb. 5.2	genehmigter Nassabbau – Planung Stand 2025.....	63
Abb. 5.3	genehmigter Nassabbau – Planung Stand 2026.....	64
Abb. 5.4	genehmigter Nassabbau – Planung Stand 2027.....	64
Abb. 5.5	Vergleich der berechneten Grundwassergleichen (2026/2027 – Prognose 1) mit den Grundwassergleichen der Stichtagsmessung vom 01.03.2023 und Lage der Referenzmessstellen.....	66
Abb. 5.6a	Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der GWM BK2	67
Abb. 5.6b	Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der GWM KB5/21	67

Abb. 5.6c	Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der GWM KB3/21	68
Abb. 5.6d	Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) im See 2	68
Abb. 5.6e	Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) im See 4	69
Abb. 5.6f	Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der KB1/21	69
Abb. 5.6g	Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der KB2/21	70
Abb. 5.6h	Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der RKS8/21	70
Abb. 5.6i	Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der B4/97	71
Abb. 5.6j	Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der B2/97	71
Abb. 6.1a	Zustand nach Beendigung Kiesabbau ohne Erweiterung	73
Abb. 6.1b	Zustand nach Beendigung Kiesabbau mit Erweiterung	73
Abb. 6.2	Vergleich der berechneten Grundwassergleichen mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus und Lage der Referenzmessstellen	77

Abb. 6.3a	Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der BK2	78
Abb. 6.3b	Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der KB5/21	78
Abb. 6.3c	Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der KB3/21	79
Abb. 6.3d	Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus im See 2.....	79
Abb. 6.3e	Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus im See 4.....	80
Abb. 6.3f	Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der KB1/21	80
Abb. 6.3g	Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der KB2/21	81
Abb. 6.3h	Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der RKS8/21.....	81
Abb. 6.3i	Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der B4/97	82
Abb. 6.3j	Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der B2/97	82
Abb. 7.1	Vergleich der Grundwassergleichen der Stichtagsmessung vom 04.08.2022 gemessen/berechnet.....	86
Abb. 7.2	Vergleich der berechneten Grundwassergleichen mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus und Lage der Referenzmessstellen.....	88

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Liste der Bohrungen und Rammkernsondierungen mit Einmessdaten.....	9
Tab. 2	Ergebnisse der hydraulischen Versuche.....	49
Tab. 3	Grundwasserhaushaltsbilanz des kalibrierten Modells.....	58
Tab. 4:	Vergleich Grundwasserstände nach Beendigung des Kiesabbaus mit und ohne Erweiterung.....	76

Anhang

Anhang A Literatur

1. Vorbemerkung

Die Fa. Koch GmbH & Co.KG Kieswerke und Transporte mit Sitz in 72555 Metzingen, Ziegeleistraße 19 möchte den Kiesabbau am Standort Rißtissen erweitern (Abb. 1). Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens durch das Landratsamt Alb-Donau-Kreis ist eine Erfassung und Beschreibung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse (konzeptionelles Modell) notwendig, um auf dieser Grundlage ein Grundwasserströmungsmodell zu erstellen, das das Fließsystem beschreibt. Prognoseberechnungen mit Hilfe des Grundwasserströmungsmodells erlauben dann eine Bewertung des Einflusses des geplanten Nassabbaus auf das Fließsystem. Die Berichte und Gutachten, die bei der Erstellung des konzeptionellen Modells (Geologie, Hydrogeologie) berücksichtigt wurden sind im Anhang A aufgelistet.

2. Geologische Verhältnisse (konzeptionelles Modell)

Die Beschreibung der geologischen Verhältnisse stützt sich auf die geologische Karte und die Ergebnisse von Bohrungen / Rammkernsondierungen und geoelektrischen Sondierungen (s. Anhang A).

In der geologischen Karte 1:50 000 (GeoLa GK50) werden im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes quartäre Ablagerungen des Rheingletscher – Niederterrasse (qRTN) beschrieben und im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes holozäne Auesedimente (qhTa) und Auelehme (Lf, LFj), in denen holozäne Altwasserablagerungen (qha) eingebettet sind (Abb. 2.1). Im Bereich des Kiesabbaus wurde das Gelände anthropogen verändert (Nassabbau, Verfüllungen).

Nördlich und südlich des Untersuchungsgebietes wurden im Bereich von Erhebungen tertiäre Ablagerungen der Unteren Süßwassermolasse (tUS) angetroffen. Daraus resultiert, dass in dem Tal, in dem das Untersuchungsgebiet liegt, die quartären Ablagerungen den Sedimenten der Unteren Süßwassermolasse aufliegen.

Zur Beschreibung der quartären Ablagerungen (LF, LFj, qhTa, qha, qRTN) liegen die Profile von insgesamt 37 Bohrungen, 18 Rammkernsondierungen und 54 geoelektrischen Messpunkten im Untersuchungsgebiet vor. Die Basis der quartären Ablagerungen haben 35 Bohrungen durchteuft. Zusätzlich geben die geoelektrischen Sondierungen Hinweise auf die Höhenlage der Quartärbasis. Die restlichen 2 Bohrungen und die Rammkernsondierungen haben die Quartärbasis nicht erschlossen.

Die Quartärbasis (Kiesbasis) fällt von Süd (ca. 483 m NN) nach Nord (ca. 476 m NN) ein. Im Osten ist im Bereich der glazialen Ablagerungen (qRTN) eine Rinnenstruktur erkennbar.

Im Bereich der holozänen Ablagerungen (Donautal) zeigen die Höhenlinien höher und tiefer gelegene Bereiche der Quartärbasis und somit schwankende Kiesmächtigkeiten.

In der Tabelle 1 sind die Daten der Bohrungen und Rammkernsondierungen zusammengestellt.

Tab. 1 Liste der Bohrungen und Rammkernsondierungen mit Einmessdaten

EDV-Nr	LFU-Nr.	Name	Rechtswert (Gauß- Krüger)	Hochwert (Gauß- Krüger)	GOK [m NN]	POK [m NN]
5709	2002/667-6	Pegel 1	3561790,00	5350033,00		486,05
5711	9511/717-7	B2/97	3562156,00	5350679,00		483,27
5712	9510/717-1	B3/97	3561857,00	5350245,00		485,03
5713	2122/667-6	B4/97	3561096,00	5350074,00		485,74
5716		KB1/21	3561166,58	5349520,02	486,19	487,11
5717		KB2/21	3562189,06	5350199,70	484,97	485,81
5718		KB3/21	3562593,79	5349805,41		486,27
5719		KB4/21	3562115,85	5349283,96		487,19
5720		KB5/21	3562331,90	5349146,28		487,58
	9510/717-1	B1/97	3562302,00	5350137,00	485,41	485,21
		B2	3561221,45	5349470,15	486,11	
		B3	3561257,46	5349504,18	486,27	
		B10	3561133,18	5349279,58	486,14	
		B16	3561040,41	5349133,40	486,27	
		B18	3561152,98	5349353,31	486,08	
		BK1/04	3561347,77	5350036,93	485,10	
		BK2/04	3561302,77	5350112,94	485,30	
		BK3/04	3561260,76	5350189,94	485,50	
		BK4/04	3561433,76	5350289,94	485,10	
		BK5/04	3561474,77	5350219,94	485,30	
		BK6/04	3561519,77	5350135,95	485,30	
		BK7/04	3561749,77	5350489,94	483,90	
		BK8/04	3561937,76	5350600,94	483,20	
		BK9/04	3562005,77	5349876,95	486,50	

Fortsetzung Tab. 1

EDV-Nr	LFU-Nr.	Name	Rechtswert (Gauß- Krüger)	Hochwert (Gauß- Krüger)	GOK [mNN]	POK [mNN]
		BK10/04	3562217,77	5349793,95	486,20	
5729		RKS1/21	3561312,87	5350320,30	485,18	486,50
5730		RKS2/21	3561699,96	5350548,14	484,02	485,47
5731		RKS3/21	3561266,58	5349878,43	485,85	487,13
5732		RKS4/21	3561472,63	5350021,28	485,26	486,78
5733		RKS5/21	3561357,17	5349668,29	485,76	486,74
5734		RKS6/21	3561639,09	5349922,21	485,66	486,59
5735		RKS7/21	3562643,29	5350297,56	484,91	485,81
5736		RKS8/21	3562805,55	5350104,17	485,50	486,46
5737		RKS9/21	3562315,37	5349663,63	486,45	487,47
5738		RKS10/21	3562003,01	5349434,84	487,24	488,19
5739		RKS11/21	3561691,04	5349093,43	488,46	489,51
5773		RKS1/22	3561346,40	5349111,46		488,96
5774		RKS2/22	3561284,99	5349203,30		489,05
5775		RKS3/22	3561163,56	5349111,71		488,44
5776		RKS4/22	3561174,06	5349329,98		488,07
5777		RKS5/22	3561573,24	5349773,48		486,09
5778		RKS6/22	3560749,67	5349519,12		486,28
5779		RKS7/22	3560736,50	5349535,31		487,38
		P. 150/9	3562030,77	5349474,95	488,00	
		BK 4/92	3560700,77	5349479,94	486,00	
		BK 1/92	3560580,77	5349379,93	486,00	
		BK 3/92	3560610,76	5349429,93	486,00	
		P. 150/7	3562680,77	5349574,95	486,00	
		B 3/94	3560730,77	5349029,94	485,32	
		BK 2/92	3560540,76	5349419,93	486,00	
		BK 5/92	3560500,77	5349419,93	486,00	
		FB EWS	3561430,80	5348479,94	490,00	
		P. 150/8	3562345,78	5349624,95	487,00	
		P. 150/5	3563275,77	5349909,95	487,00	
		P. 150/6	3562980,77	5349739,95	486,00	

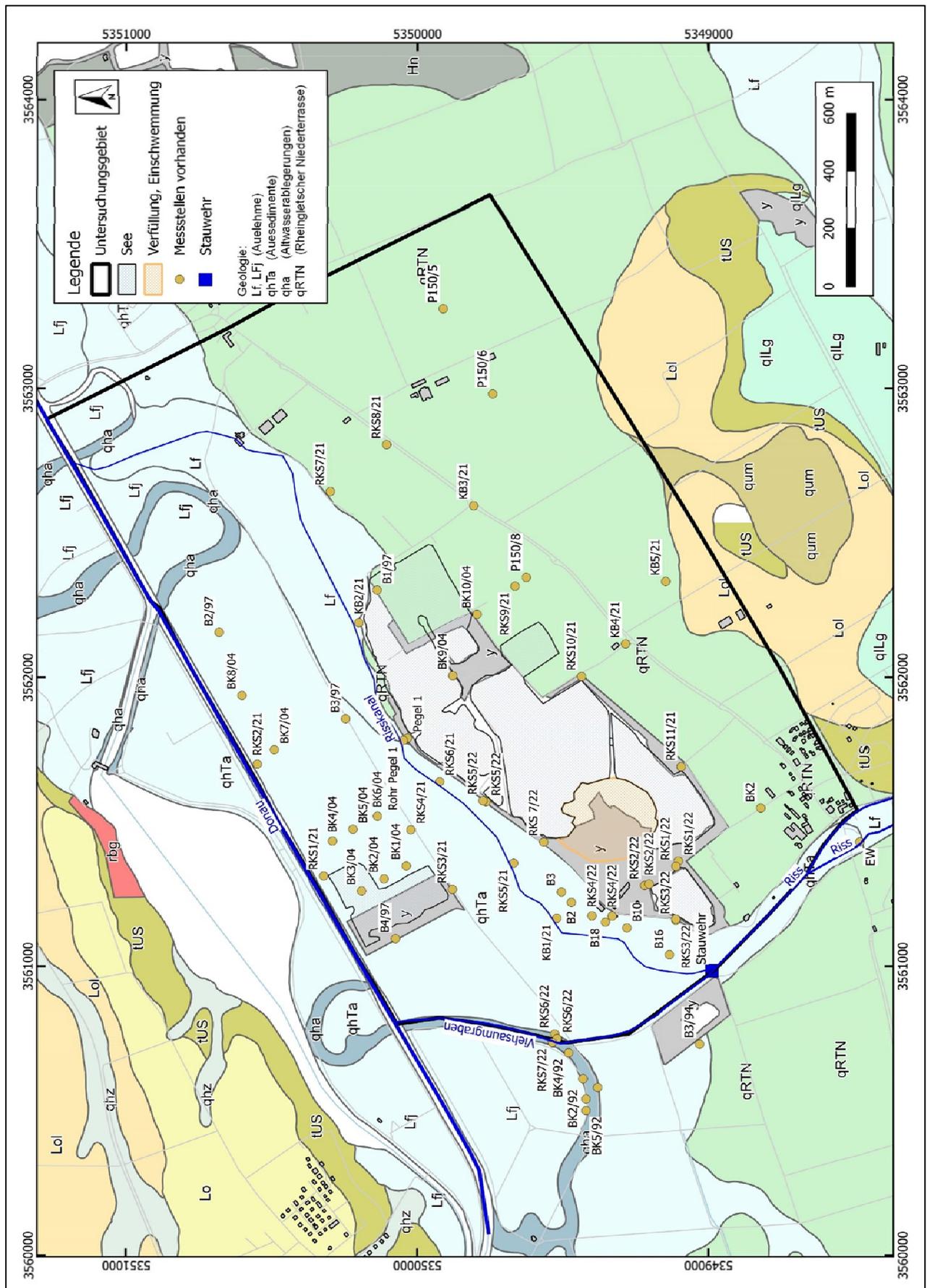


Abb. 2.1 Geologische Verhältnisse und Lage der Bohrungen im Untersuchungsgebiet

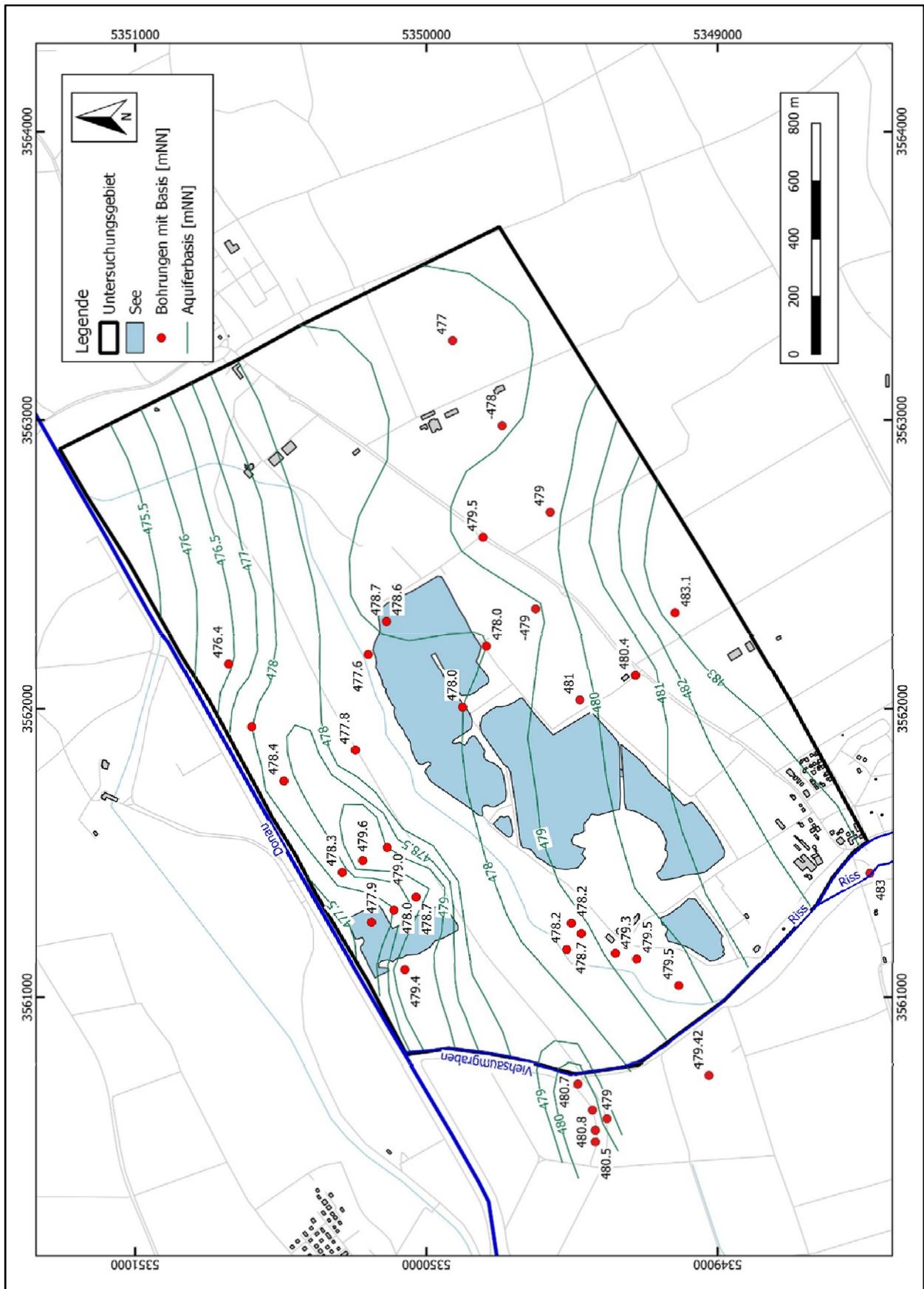


Abb. 2.2 Höhenlinien der Quartärbasis (Kiesbasis) im Untersuchungsgebiet

Bei den Ablagerungen der Rheingletscher Niederterrasse handelt es sich um sandige bis stark sandige zum Teil steinige Kiese (Abb. 2.3). Im Liegenden der Kiese (Quartär) folgen schluffige Tone, die der Unteren Süßwassermolasse zugeordnet werden. Im Hangenden der lockeren sandigen Kiese wurden Böden und Verwitterungshorizonte mit Mächtigkeiten zwischen 0,8 m und 1,5 m erbohrt.



Abb. 2.3 Bohrgut KB5/21

Im Bereich des Kiesabbaus wurden die geologischen Verhältnisse nachhaltig durch die Auskiesung und Verfüllungen verändert. In der Abbildung 2.4 sind die Seeflächen (Stand 2022) und die Bereiche, die mit Abraum bzw. Waschschlamm verfüllt wurden dargestellt.

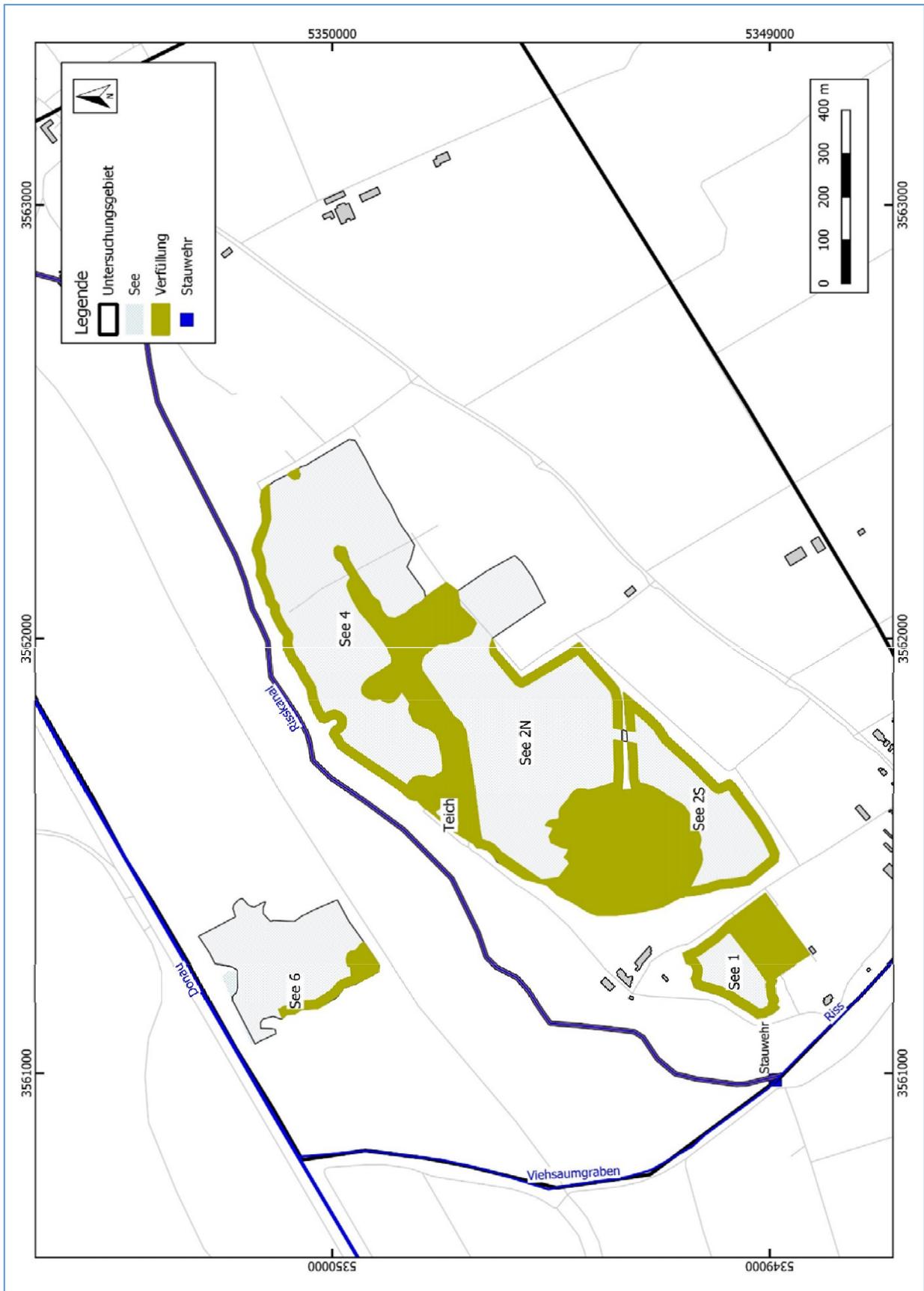


Abb. 2.4 Lage der Verfüllungen im Bereich des Kiesabbaus (Stand 2023)

3. Hydrogeologische Verhältnisse – Fließsystem (konzeptionelles Modell)

Zur Beschreibung des Fließsystems wurden im Untersuchungsgebiet seit 1997 15 Bohrungen und 18 Rammkernsondierungen zu Grundwassermessstellen ausgebaut (B1/97 wurde 2018 zurückgebaut). Zusätzlich sind Messpunkte zur Erfassung der Seewasserstände (6 Lattenpegel), des Wasserstands der Donau (2 Lattenpegel) und der Wasserstände des Viehsaumgrabens (1 Messstelle) und des Risskanals (1 Messstelle) eingerichtet (Abb. 3.1).

Das im Rahmen der bisherigen Genehmigungsverfahren festgelegte Monitoringprogramm beinhaltet die monatliche Erfassung des Grundwasserspiegels in den 5 Messstellen B1/97, B2/97, B3/97, B4/97 und BK2 und die Erfassung der Seewasserstände und des Wasserstandes der Donau.

Seit 2020 erfolgen weitere monatliche und kontinuierliche Messungen in den neu eingerichteten Bohrungen und Rammkernsondierungen und den Messpunkten zur Erfassung des Wasserstandes des Risskanals und des Viehsaumgrabens.

Neben den Wasserständen wurde seit 2020 auch monatlich die chemisch-physikalischen Parameter Leitfähigkeit und Temperatur erfasst. Diese beiden Parameter können Informationen über die Grundwasserkomponenten und somit das Fließsystem liefern. Dabei sind vor allem die Komponenten, die aus Oberflächengewässern stammen von Bedeutung.

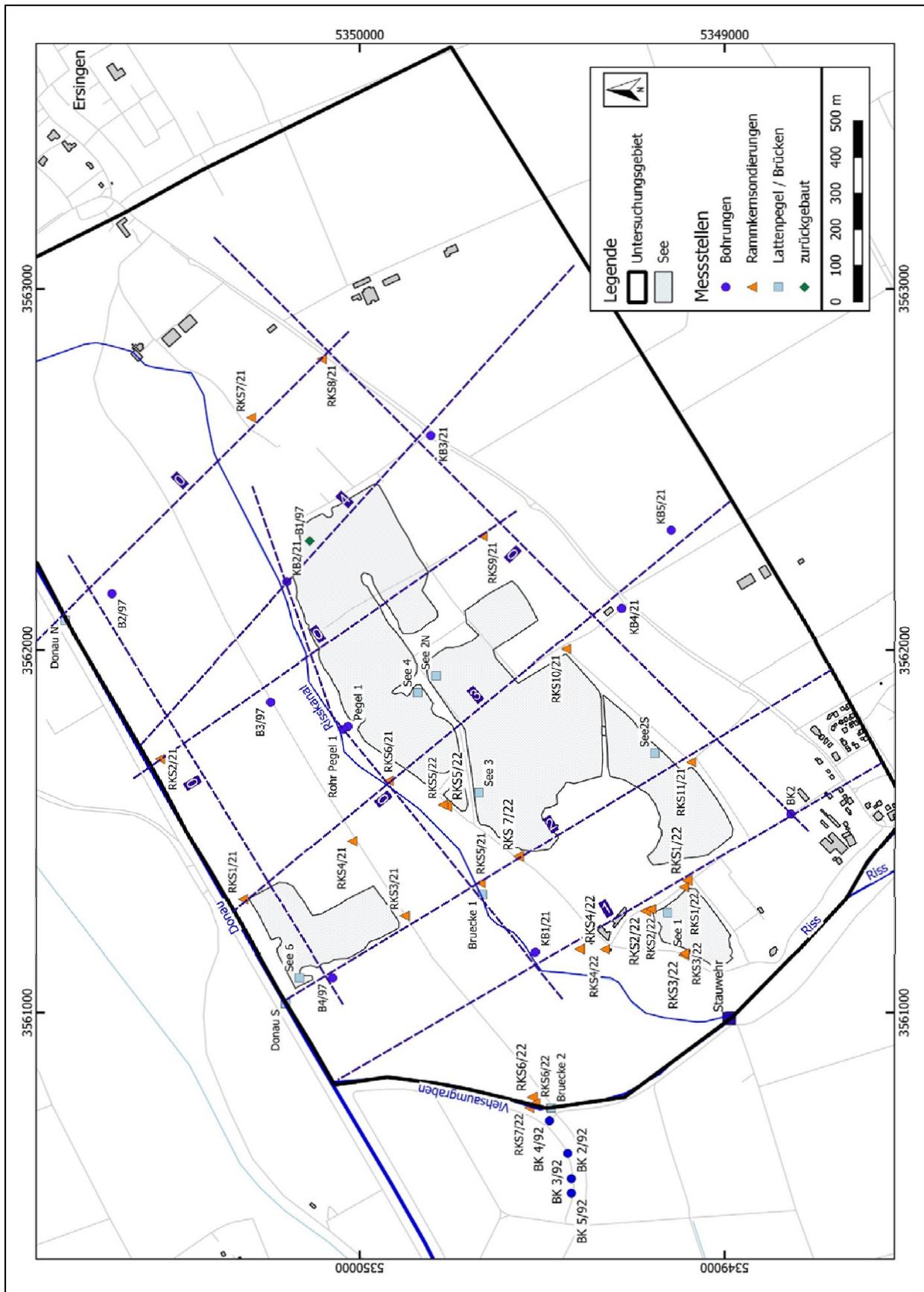


Abb. 3.1 Lageplan der Messstellen im Untersuchungsgebiet

3.1 Wasserspiegelmessungen

Auf der Grundlage der vorliegenden Wasserspiegelmessungen lassen sich Zeitreihen der Grundwasserstände (Grundwasserganglinien) erstellen, die die Änderungen des Grundwasserstands bzw. der Wasserstände in den Oberflächengewässern in den letzten Jahren dokumentieren.

Die Auswertung der Wasserspiegelmessungen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt erfolgten (Stichtagsmessung), in Form eines Grundwassergleichenplans geben Aufschluss über die Fließrichtung und das Fließgefälle des Grundwassers.

3.1.1 Grundwasserstichtagsmessung

Monatliche Grundwasserstichtagsmessungen in 6 Grundwassermessstellen und an 8 Lattenpegel (Seen, Donau) liegen seit Beginn des Monitoringprogramms vor. Stichtagsmessungen, die alle 43 Messstellen im Untersuchungsgebiet erfasst haben, liegen seit Mai 2022 vor. Zum Zeitpunkt des Hochwasserstandes 2021 wurde der Wasserspiegel in 33 Grundwassermessstellen/Lattenpegel gemessen. Zur Beschreibung der Fließverhältnisse auf der Grundlage der Wasserspiegelstichtagsmessungen werden die Messungen vom Juli 2021 (Grundwasserhochstand) vom 04.08.2022 (mittlerer Grundwasserstand) und vom 06.11.2023 (niedriger Grundwasserstand) herangezogen.

Grundwassergleichenplan bei Grundwasserhochstand (21.07.2021)

Zum Zeitpunkt des Grundwasserhochstandes am 21.07.2021 erfolgte die Erfassung des Wasserspiegels in 33 Messstellen.

Das Grundwasser im Untersuchungsgebiet strömt nach Norden in Richtung Donau ab, die die Vorflut des Grundwasserleiters bildet.

Am westlichen Rand des Untersuchungsgebietes lassen die Grundwassergleichen erkennen, dass aus dem Viehsaumgraben Oberflächenwasser in den Grundwasserleiter strömt (Infiltration) und dann ebenfalls in Richtung Donau abfließt.

Der Verlauf der Grundwassergleichen im zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes macht den Einfluss des Nassabbaus und vor allem auch den Einfluss der Verfüllungen im Bereich des Nassabbaus deutlich. Durch die Verfüllungen scharen sich die Grundwassergleichen, da diese Bereiche schlecht durchlässig sind und daher das Grundwasser aufstauen. Gleichzeitig sind durch den Nassabbau Seen entstanden, in denen fast kein Gefälle vorliegt, was zu großen Abständen zwischen den Grundwassergleichen führt.

Im Osten des Untersuchungsgebietes fließt das Grundwasser nach Norden in Richtung Donau ab. Im Bereich der Rammkernsondierungen RKS7/21 und RKS8/21 östlich des Sees 4 beträgt das Gefälle (484,5 m NN – 484,0 m NN) ca. 1,7‰.

Auch bei einem Grundwasserhochstand bestimmt die Donau als Vorfluter die nach Norden gerichtete Fließrichtung des Grundwassers. Im Bereich des Abbaus ist die Scharung der Grundwassergleichen im Bereich der Verfüllungen und die größeren Abstände zwischen 2 Grundwassergleichen (Abstand 0,5 m) im Bereich der Seen mit den Verhältnissen bei niedrigeren Grundwasserständen vergleichbar.

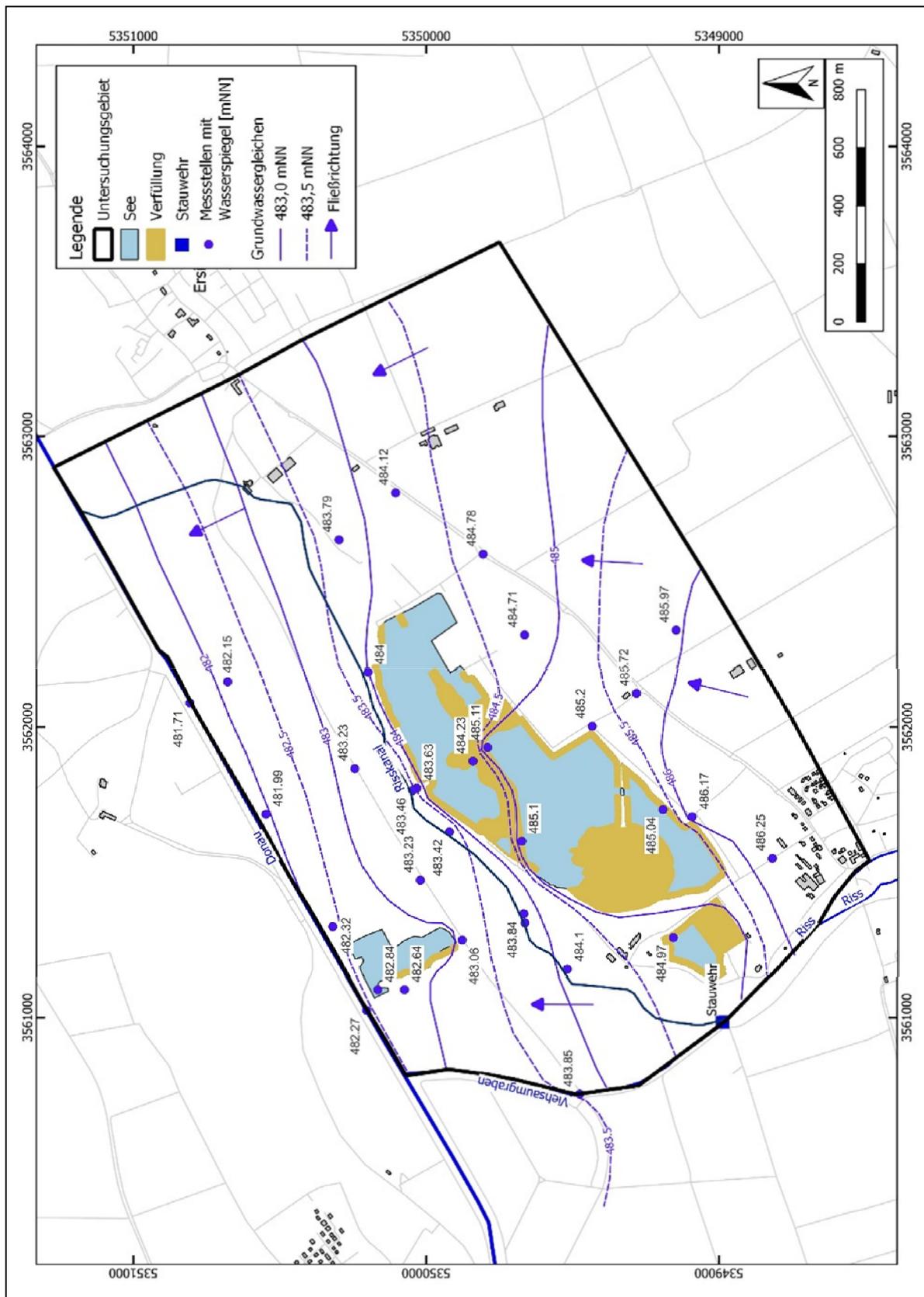


Abb. 3.2a Grundwassergleichenplan vom 21.07.2021 (Grundwasserhochstand)

Grundwassergleichenplan bei mittlerem Grundwasserstand (04.08.2022)

Der Grundwassergleichenplan vom 04.08.2022 stützt sich auf Wasserspiegelmessungen in 43 Messstellen. Das Grundwasser im Untersuchungsgebiet strömt nach Norden in Richtung Donau ab, die die Vorflut des Grundwasserleiters bildet.

Am westlichen Rand des Untersuchungsgebietes lassen die Grundwassergleichen erkennen, dass aus dem Viehsaumgraben Oberflächenwasser in den Grundwasserleiter strömt (Infiltration) und dann ebenfalls in Richtung Donau abfließt.

Der Verlauf der Grundwassergleichen im zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes macht den Einfluss des Nassabbaus und vor allem auch den Einfluss der Verfüllungen im Bereich des Nassabbaus deutlich. Durch die Verfüllungen scharen sich die Grundwassergleichen, da diese Bereiche schlecht durchlässig sind und daher das Grundwasser aufstauen. Gleichzeitig sind durch den Nassabbau Seen entstanden, in denen fast kein Gefälle vorliegt, was zu großen Abständen zwischen den Grundwassergleichen führt.

Im Osten des Untersuchungsgebietes fließt das Grundwasser nach Norden in Richtung Donau ab. Im Bereich der Rammkernsondierungen RKS7/21 und RKS8/21 östlich des Sees 4 verflacht das Gefälle (483,0 m NN - 482,5 m NN).

Grundwassergleichenplan bei niedrigem Grundwasserstand (06.11.2023)

Die Wasserspiegelmessungen am 06.11.2023 in 43 Messstellen haben einen Grundwasserniedrigstand erfasst. Bei einem Niedrigwasserstand bildet im Norden die Donau und im Westen der Viehsaumgraben die Vorflut (Grundwasser exfiltriert). Die Riss infiltriert oberhalb des Stauwehrs.

Im Bereich des Kiesabbaus werden die Grundwasserverhältnisse durch die Seen und die Verfüllungen beeinflusst.

Östlich der Seen beträgt das Gefälle bei Niedrigwasser ca. 1,25 ‰ (Grundwassergleichen 483,0 m NN - 482,5 m NN).

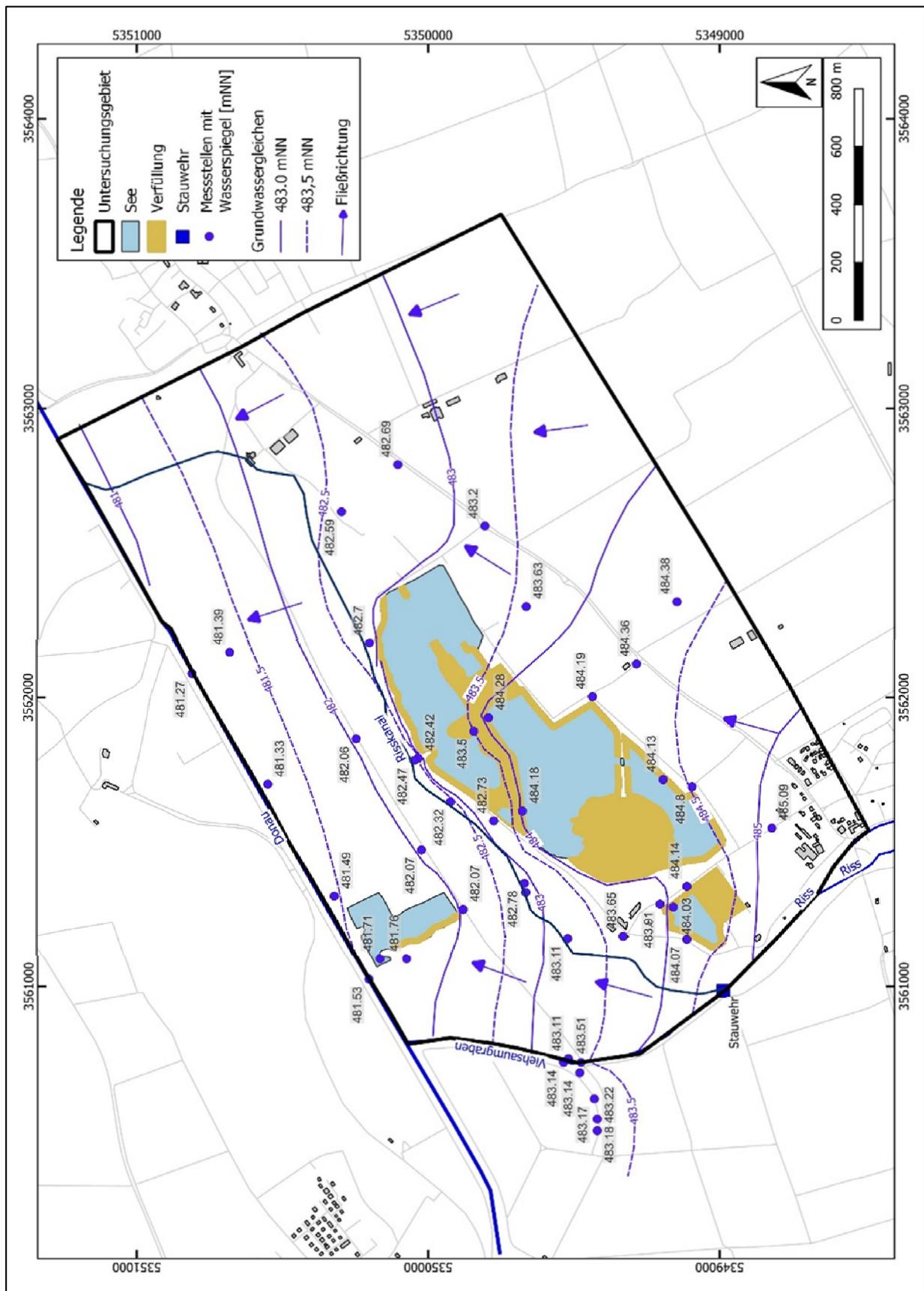


Abb. 3.2b Grundwassergleichenplan vom 04.08.2022 (mittlerer Grundwasserstand)

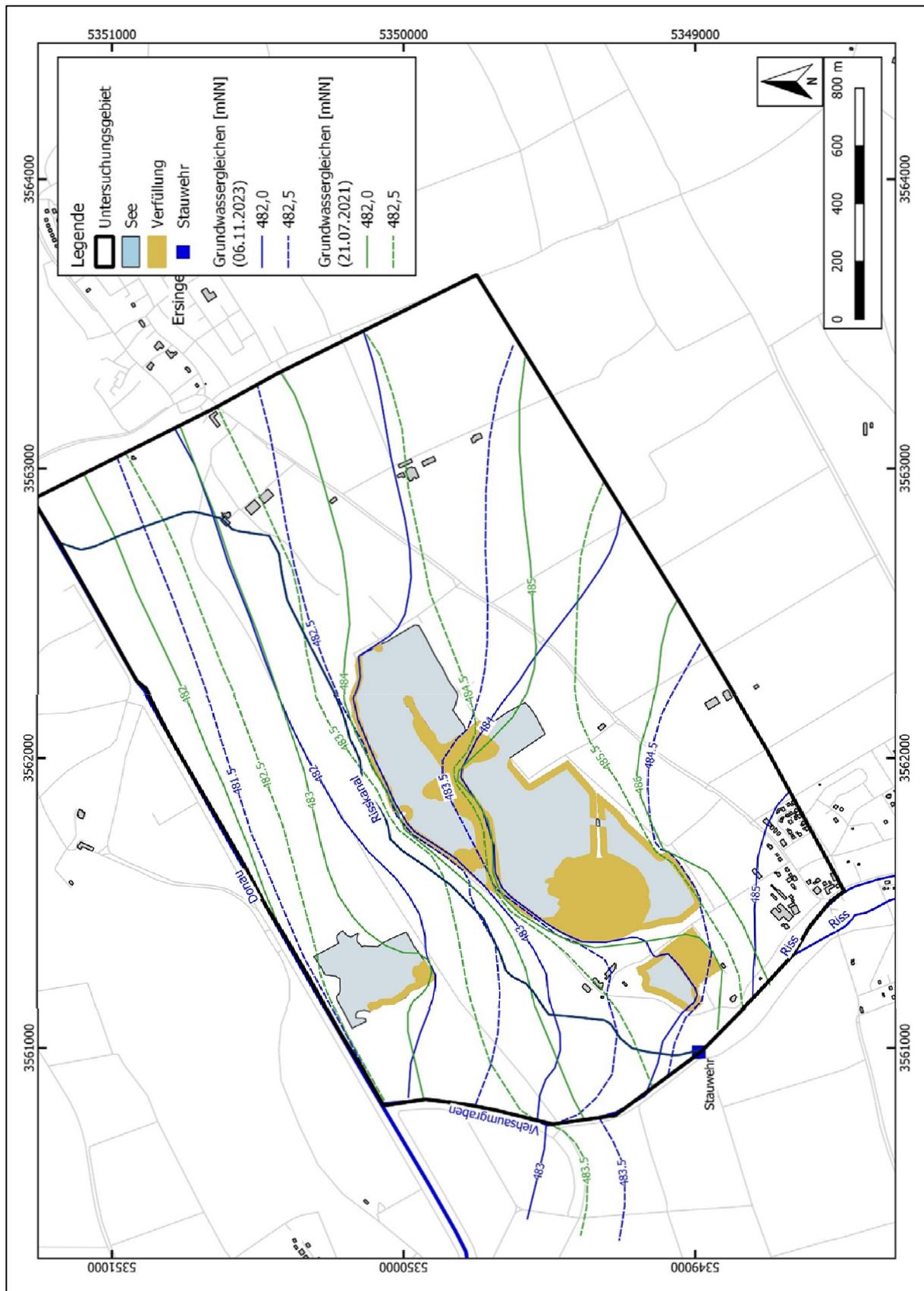


Abb. 3.2c Grundwassergleichenplan vom 06.11.2023 (Grundwasserniedrigstand) und vom 21.07.2021 (Grundwasserhochstand)

Unterschiede Niedrig-, Mittel- und Hochwasserstand

Abweichungen lassen sich bei den unterschiedlichen Grundwasserständen im Westen und im Osten beobachten. Im Westen resultiert aus dem Verlauf der Grundwassergleichen bei Hochwasser eine Exfiltration in den Viehsaumgraben, während bei Niedrigwasser Wasser aus dem Viehsaumgraben in das Grundwasser infiltriert.

Östlich der Seen beträgt das Gefälle bei Grundwasserhochstand ca. 1,7‰, während es bei Niedrigwasserstand auf ca. 1,2‰ zurückgeht.

Der Unterschied der Wasserspiegelmessungen 2021 (Hochwasserstand) und 2023 (Niedrigwasserstand) liegt bei ca. 1,0 m (natürliche Schwankungsbreite) bis ca. 1,5 m südlich des Kiesabbaus.

Der Risskanal, dessen Sohle im westlichen Bereich des Modellgebietes (Messpunkt Brücke Fa. Koch) bei ca. 484,7 m NN liegt, hat auch bei höheren Grundwasserständen keinen hydraulischen Kontakt zum Grundwasser.

3.1.2 Grundwasserganglinien (bis Ende 2023)

Die kontinuierlichen Wasserspiegelmessungen in den Messstellen ergeben Grundwasserganglinien, die die zeitliche Änderung des Grundwasserstandes im Untersuchungsgebiet beschreiben.

Beim Vergleich der Grundwasserganglinien der Grundwassermessstellen (Lage s. Abb. 3.1) lassen sich 3 unterschiedliche Verläufe erkennen (Abb. 3.3a-Abb. 3.3d). Nördlich des Kiesabbaus bzw. der Baggerseen steigt der Grundwasserspiegel im Juni/Juli 2021 steil an und sinkt danach ab, bis der Wasserspiegel im November 2023 einen Niedrigwasserstand erreicht. Bis Ende des Jahres 2023 ist dann wieder ein Anstieg des Grundwasserspiegels zu beobachten.

Die Seen reagieren ebenfalls auf die Niederschläge 2021, wobei der Anstieg gedämpfter erfolgt und auch das Absinken der Seespiegel sich stark verzögert. Dieses Verhalten des Seespiegels ist auf das große Speichervolumen der Seen und auf die Abdichtung der Uferbereiche der Seen (Verfüllung) zurückzuführen. Die Messstellen in unmittelbarer Nähe zu den Seen zeigen eine Mischung aus dem Verlauf der Grundwasserganglinien, die einen größeren Abstand zu den Seen haben, und aus den Ganglinien der Seespiegel.

Nördlich des Nassabbaus beeinflusst der Wasserstand der Donau die Grundwasserverhältnisse. Dies zeigt besonders deutlich das schnelle Ansteigen

und Absinken des Grundwasserspiegels in den Messstellen nahe der Donau zu Beginn des Jahres 2021 (Abb. 3.3b). Zusätzlich ist der Grundwasseranstieg in den nördlich der Seen gelegenen Messstellen im Juni/Juli 2021 in zwei „Spitzen“ unterteilt.

Diese Unterteilung in mehrere Spitzen ist auch beim Grundwasseranstieg Ende 2023 in den Messstellen KB1/21 und B4/97, in denen der Grundwasserspiegel kontinuierlich erfasst wird, zu beobachten.

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Ganglinien der GWM entlang der in Abb. 3.1 eingezeichneten Profile Nord-Süd 1 bis Nord – Süd 4 dargestellt.

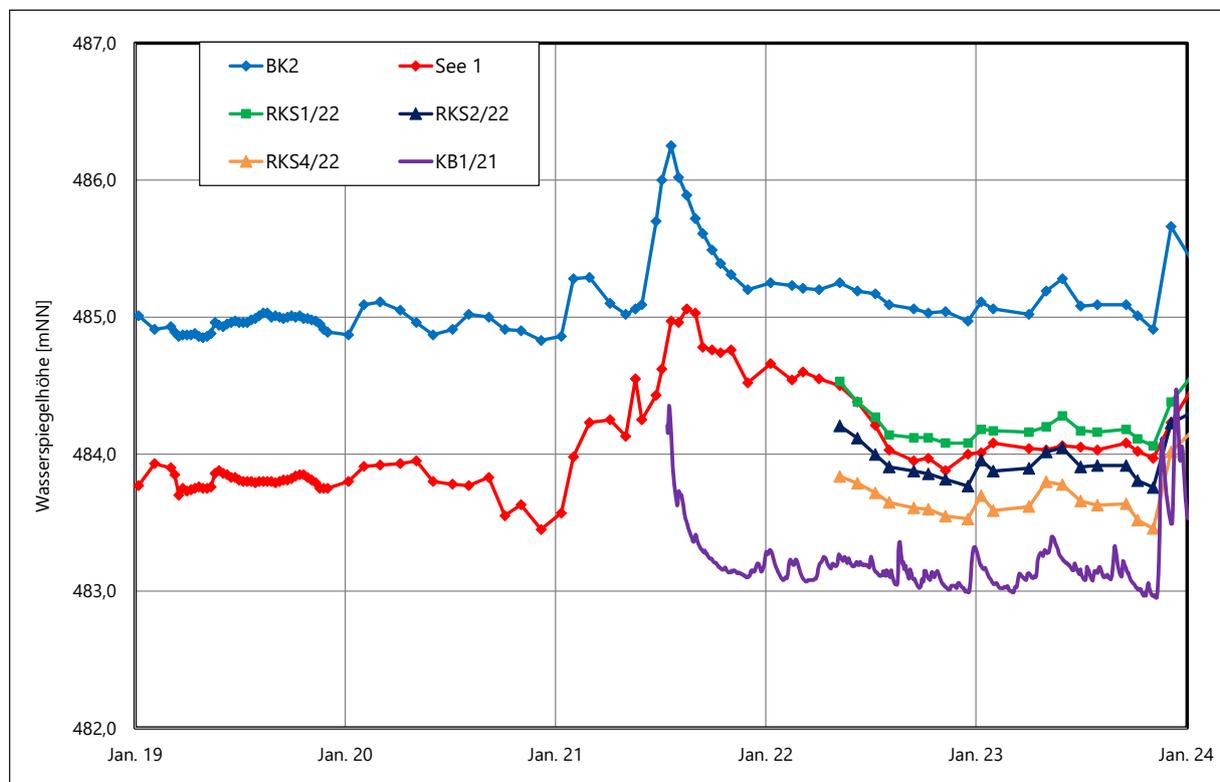


Abb. 3.3a Grundwasserganglinien der GWM entlang Profil Nord – Süd 1

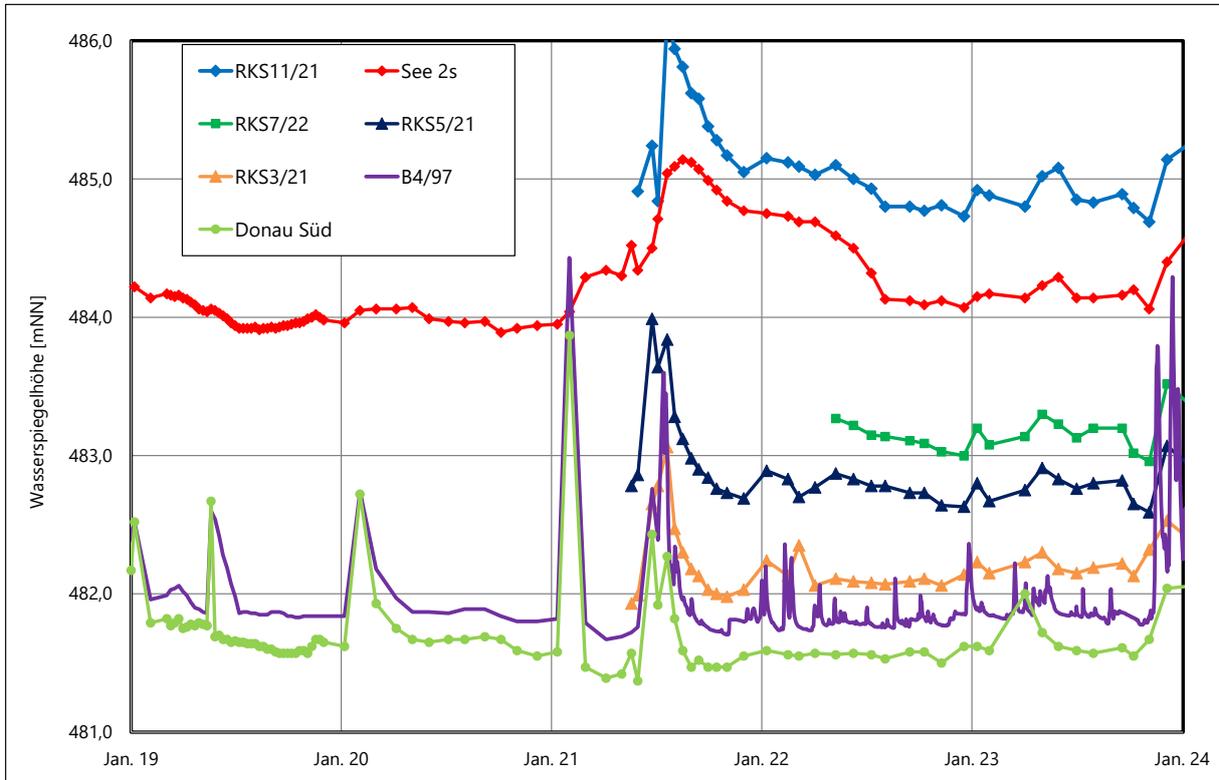


Abb. 3.3b Grundwasserganglinien der GWM entlang Profil Nord – Süd 2

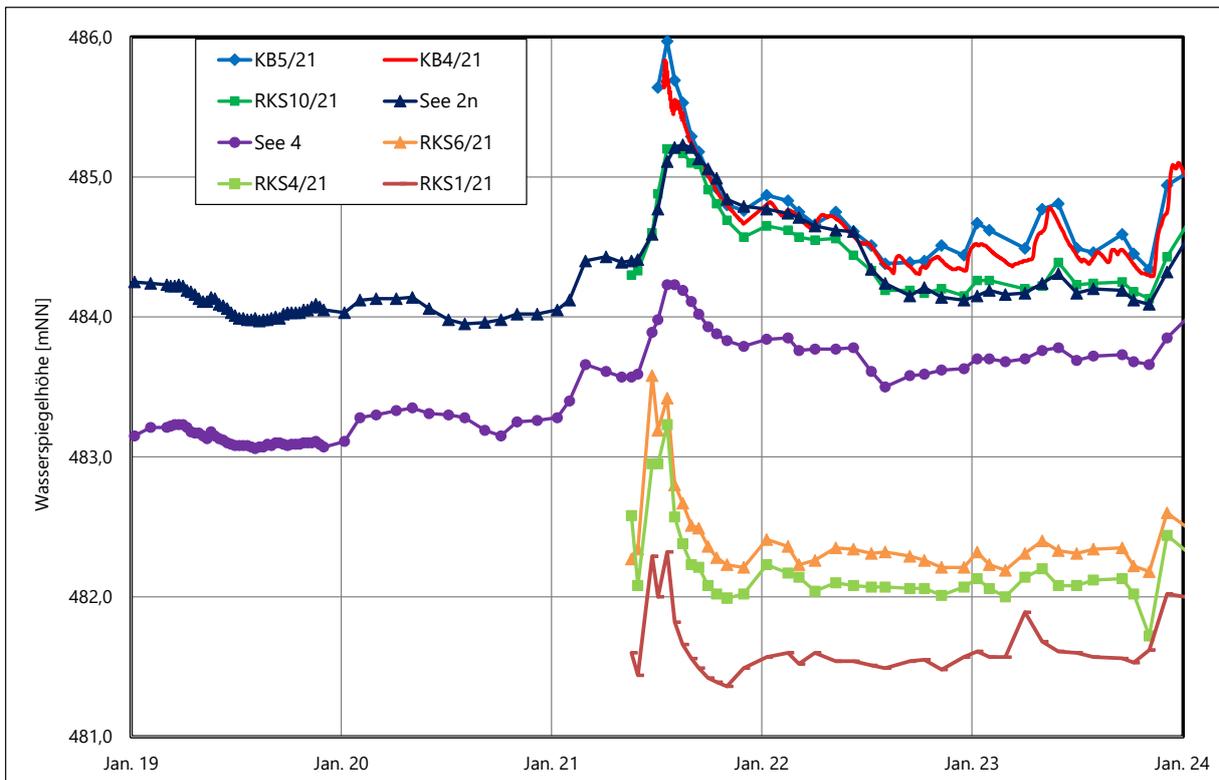


Abb. 3.3c Grundwasserganglinien der GWM entlang Profil Nord – Süd 1

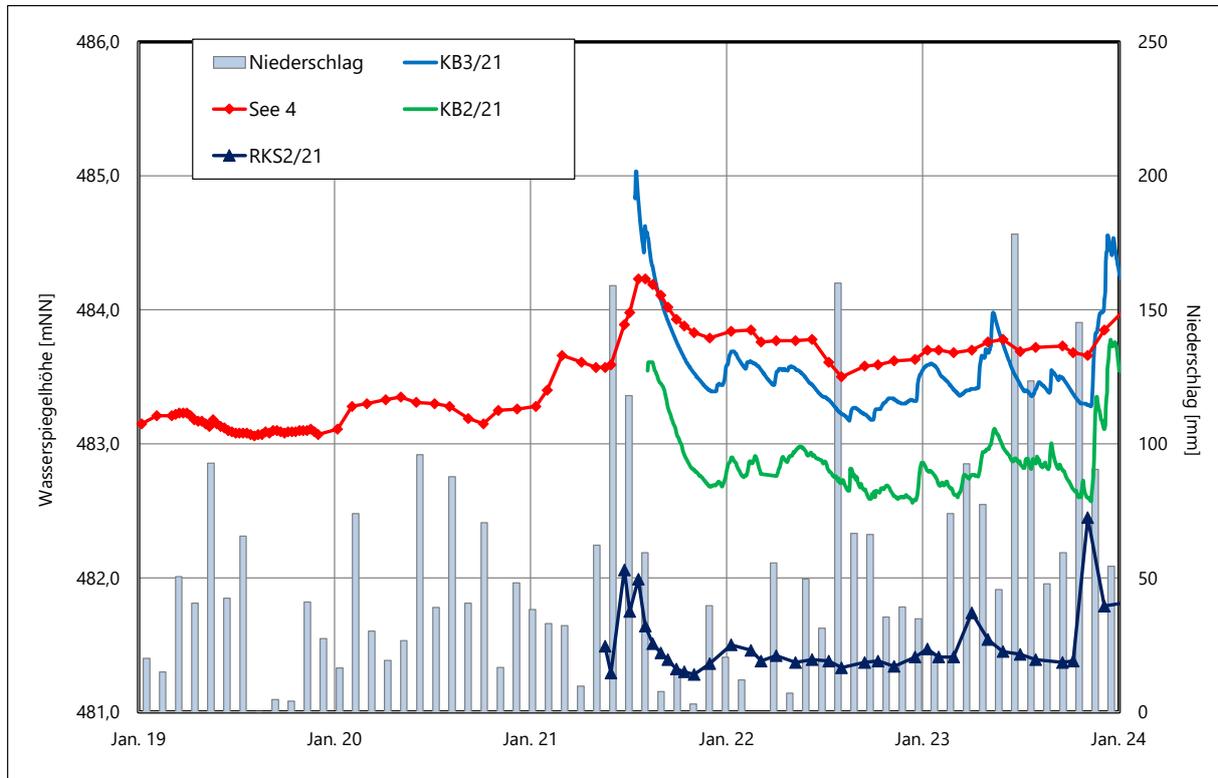


Abb. 3.3d Grundwasserganglinien der GWM entlang Profil Nord – Süd 4

In der Abbildung 3.3d ist zu erkennen, dass der Wasserspiegel der südlich des Sees 4 liegenden Grundwassermessstelle KB3/21 in Abhängigkeit der durch Niederschläge hervorgerufene Grundwasserneubildung einen höheren oder einen niedrigeren Wasserspiegel als der See 4 aufweisen kann. Dies belegt den verzögerten Abfluss aus dem See 4 durch den Einfluss der Verfüllung bzw. der Versiegelung der Böschung durch Abraum. Erkennbar ist dies auch an der Fließrichtung in den Grundwassergleichenpläne der Abb. 3.2a und 3.2b.

3.2 Chemisch-physikalische Parameter des Grundwassers und der Oberflächengewässer

Ergänzend zu den Wasserspiegelmessungen wurden im Rahmen der Stichtagsmessungen auch die Parameter Temperatur und Leitfähigkeit erfasst. Diese beiden Parameter können Hinweise auf den Einfluss bzw. die Anteile von Grundwasserkomponenten geben, die aus Oberflächengewässer stammen.

3.2.1 Leitfähigkeit des Grundwassers

Die spezifische Leitfähigkeit des Grundwassers beschreibt das Maß der im Grundwasser gelösten Ionen und gibt einen Hinweis auf den Mineralisierungsgrad. Durch den direkten Einfluss von Regenwasser bei Oberflächengewässern, weisen diese, ohne anthropogenen Einfluss, in der Regel eine geringere Leitfähigkeit auf als im Kiesgrundwasserleiter der durch den Kalkgehalt einen erhöhten Hydrogencarbonatgehalt aufweist, was zu einem erhöhten Wert der Leitfähigkeit führt.

Durch anthropogene Einflüsse (Düngung, Salzung etc.) kann die natürliche Leitfähigkeit des Grundwassers beeinflusst werden (Erhöhung).

In der Abbildung 3.4a und 3.4b sind die gemessenen Leitfähigkeitswerte der Stichtagsmessungen vom 16.02.2022 (Winter) und 04.08.2022 (Sommer) dargestellt.

Verteilung der Leitfähigkeit im Grundwasser im südlichen Modellgebiet

Im südlichen Bereich des Modellgebietes liegen die Leitfähigkeitswerte des Grundwassers zwischen 720 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 928 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am 16.02.2022 und zwischen 680 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 885 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am 04.08.2022.

Der höchste Wert im Winter von 928 $\mu\text{S}/\text{cm}$ wurde in der KB4/21 gemessen, die direkt an der Straße liegt. Hier könnte der hohe Wert auf Straßensalzung zurückzuführen sein. Im Sommer hingegen wurde in der KB5/21, die im Bereich landwirtschaftlich genutzter Flächen liegt, der höchste Wert erfasst.

Den geringsten Wert von 720 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Winter) bzw. 680 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Sommer) zeigt das Grundwasser in der BK2, die als Unterflurmessstelle ausgebaut und schlecht abgedichtet ist. In dieser Messstelle ist ein Einfluss von Oberflächenwasser nicht ausgeschlossen.

Der Durchschnitt der Messungen in diesem Bereich im Jahre 2022 liegt im Winter bei 801 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und im Sommer bei 652 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Die deutlichen Unterschiede zwischen dem Durchschnittswert im Winter und im Sommer kann auf Niederschläge Ende Juli 2022 (Reduzierung Leitfähigkeitswert) aber auch auf Einsatz von Düngemittel (Erhöhung Leitfähigkeitswert) zurückzuführen sein.

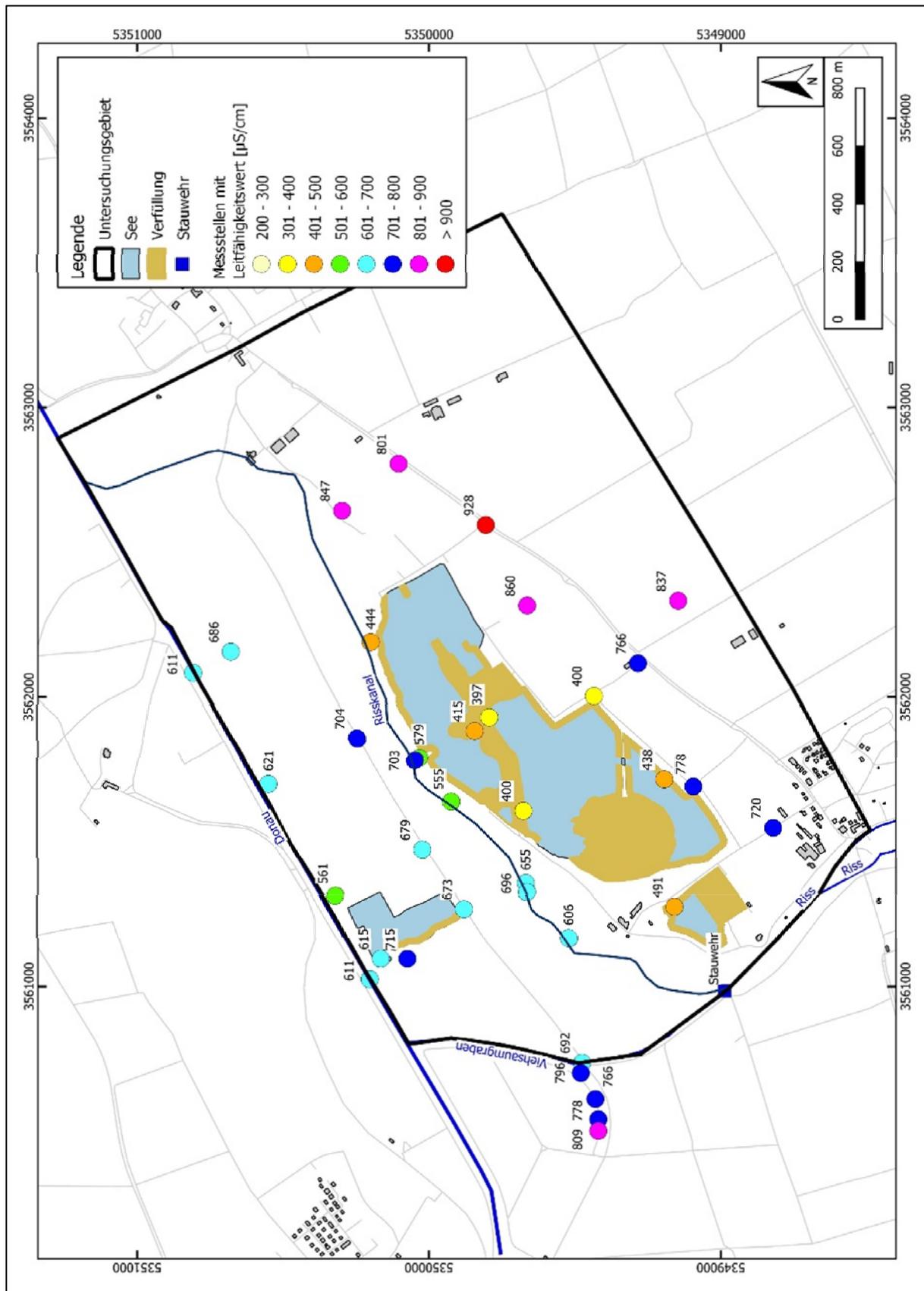


Abb. 3.4a Verteilung der elektrischen Leitfähigkeitswerte vom 16.02.2022 (Winter)

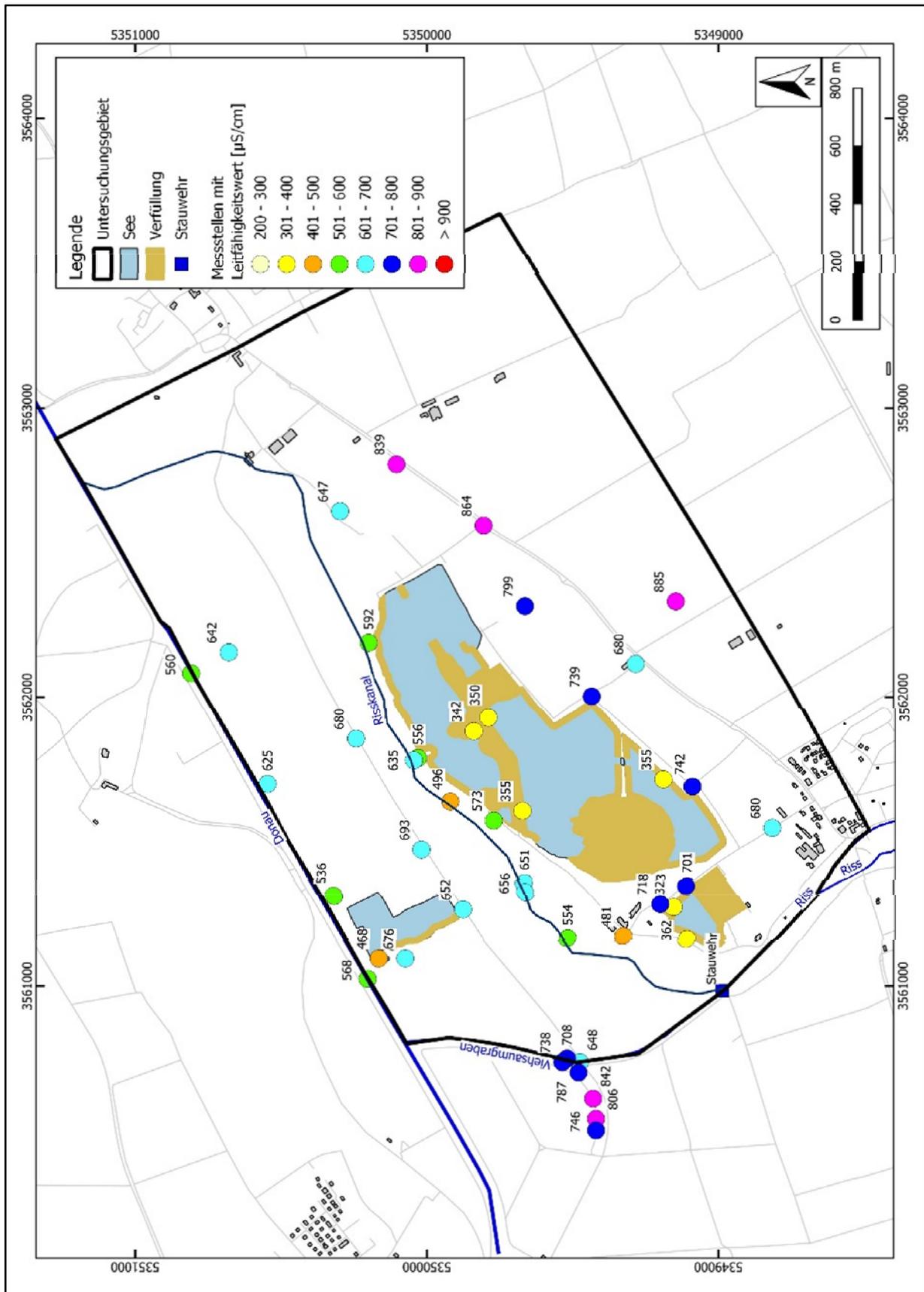


Abb. 3.4b Verteilung der elektrischen Leitfähigkeitswerte vom 04.08.2022 (Sommer)

Leitfähigkeitswerte in den Oberflächengewässern im Modellgebiet

Die Leitfähigkeiten in den Seen im Sommer zwischen 323 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 468 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Durchschnitt 365 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und im Winter zwischen 397 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und 615 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Durchschnitt 459 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sind deutlich geringer als die Leitfähigkeitswerte des Grundwassers und können daher im Abstrom der Seen auch die Leitfähigkeit des Grundwassers beeinflussen.

Die Leitfähigkeitswerte des Wassers des Viehsaumgrabens/Risskanals betragen zum Zeitpunkt der Stichtagsmessungen 648/656 $\mu\text{S}/\text{cm}$ im Sommer und 692/696 $\mu\text{S}/\text{cm}$ im Winter. In der Donau werden mit ca. 565 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und ca. 610 $\mu\text{S}/\text{cm}$ etwas geringere Werte gemessen.

Leitfähigkeitswerte im Nördlichen Modellgebiet

Im nördlichen Modellgebiet (nördlich der Seen) wurden an den beiden Stichtagen im Vergleich zum südlichen Teil niedrigere Leitfähigkeiten gemessen. Am 16.02.2022 betrug der Durchschnittswert ca. 644 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und im August 2022 ca. 616 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Die geringsten Werte (kleiner 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$) nördlich der Seen wurden in folgenden Messstelle gemessen

- RKS3/22, RKS4/22, KB1/21 Abstrom See 1
- RKS5/22 Abstrom See 2/Teich
- RKS6/22, Pegel 1, KB2/21 Abstrom See 4
- RKS1/21 Abstrom See 6

Die geringen Werte deuten auf den Einfluss einer Seekomponente hin.

In der Abbildung 3.5a – 3.5d sind die vorliegenden Leitfähigkeitswerte der Messstellen im Abstrom der Seen den Messungen in den Seen gegenübergestellt. Beim Vergleich der Leitfähigkeitsganglinien in den Abbildungen ist zu erkennen, dass die Leitfähigkeitswerte der Messstellen ungefähr zwischen den Werten der Seen und den Werten des Risskanals (Abb. 3.5a – 3.5c) bzw. der Donau (Abb. 3.5d) liegen. Dies belegt, dass durch diese Messstellen Grundwasser mit einer Seekomponente erschlossen wird.

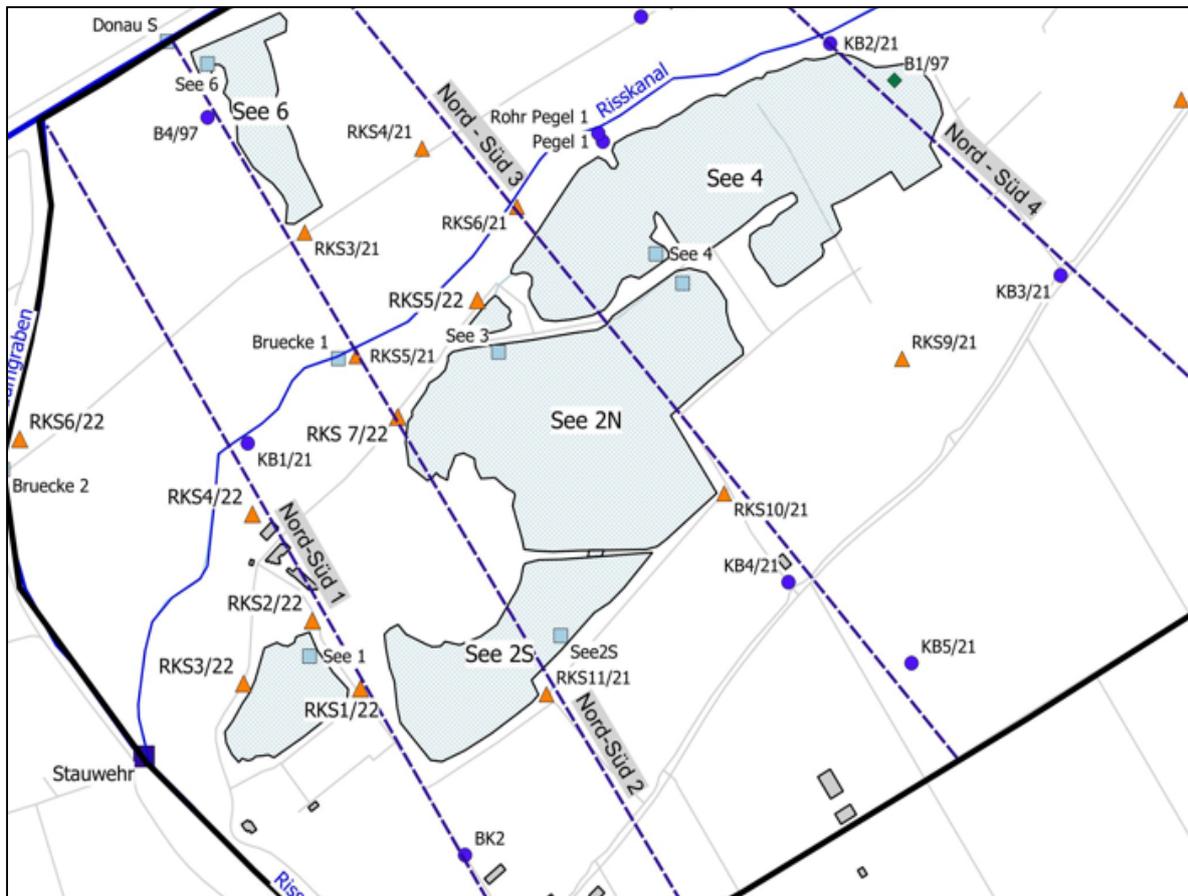


Abb. 3.4c Lageplan der Baggerseen mit den Abstrommessstellen (GWM)

Der Anstieg der Leitfähigkeit in den Messstellen in unmittelbarer Nähe zum Risskanal (KB1/21, RKS5/21) deutet daraufhin, dass die Sickerwassermenge aus dem Risskanal, der nicht hydraulisch an den Grundwasserleiter angeschlossen ist, mit dem Seewasseranteil, der durch die unterschiedlichen Verfüllungen gelangt, vergleichbar ist. Die Sickerwassermenge aus dem Risskanal kann anhand der Fläche (Länge * Breite), der Wasserspiegelhöhe, der Dicke und der Durchlässigkeit der Gewässersohle abgeschätzt werden. Bei einer Länge von ca. 3.300 m, einer Breite von ca. 8 m, Wasserspiegelhöhe 0,5 m, Flurabstand ca. 3 m und Durchlässigkeit ca. $3 \cdot 10^{-6}$ m/s berechnet sich eine Sickerwassermenge von ca. 13 l/s.

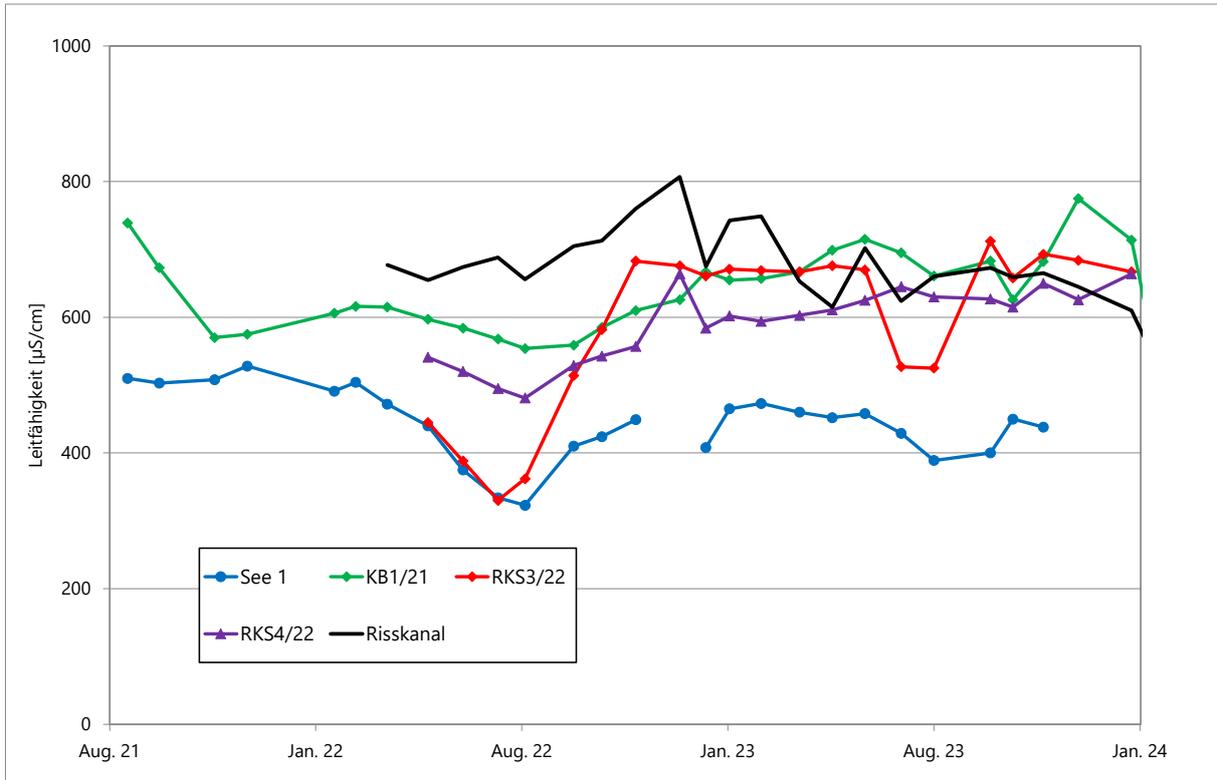


Abb. 3.5a Leitfähigkeitswerte im See 1 und in den abstromigen Messstellen

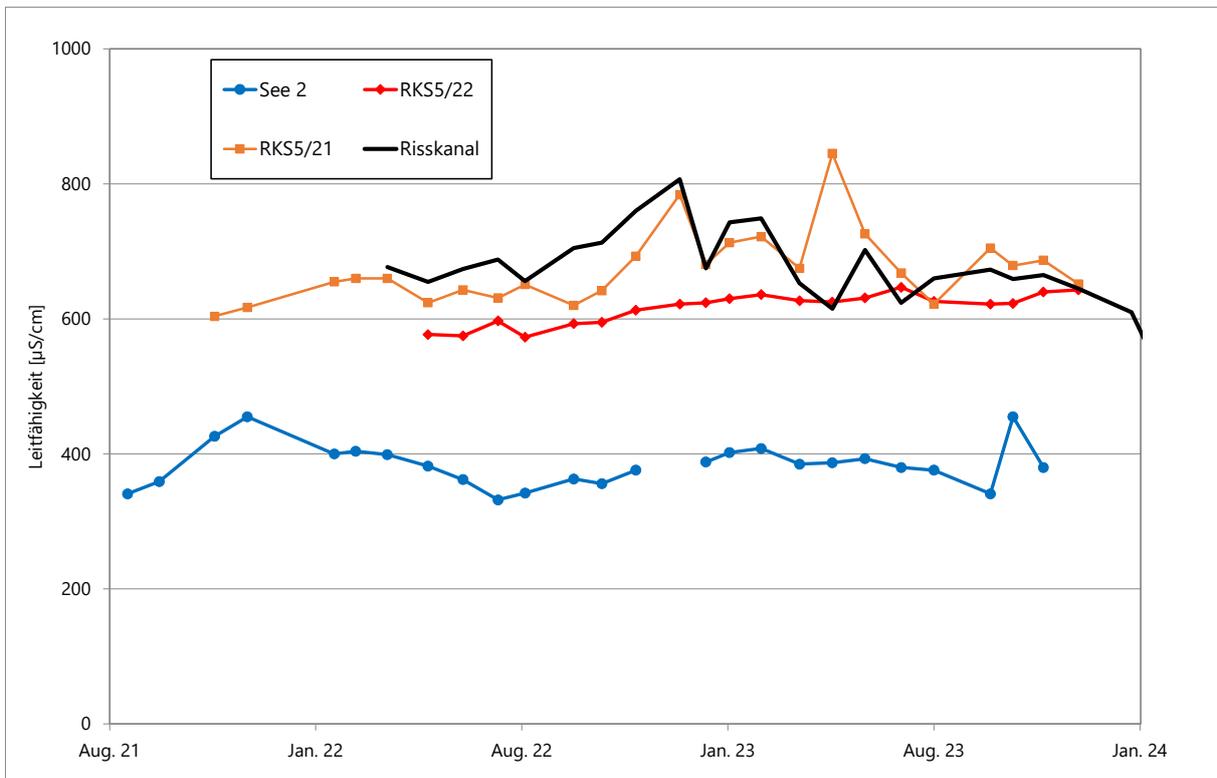


Abb. 3.5b Leitfähigkeitswerte im See 2 und in den abstromigen Messstellen

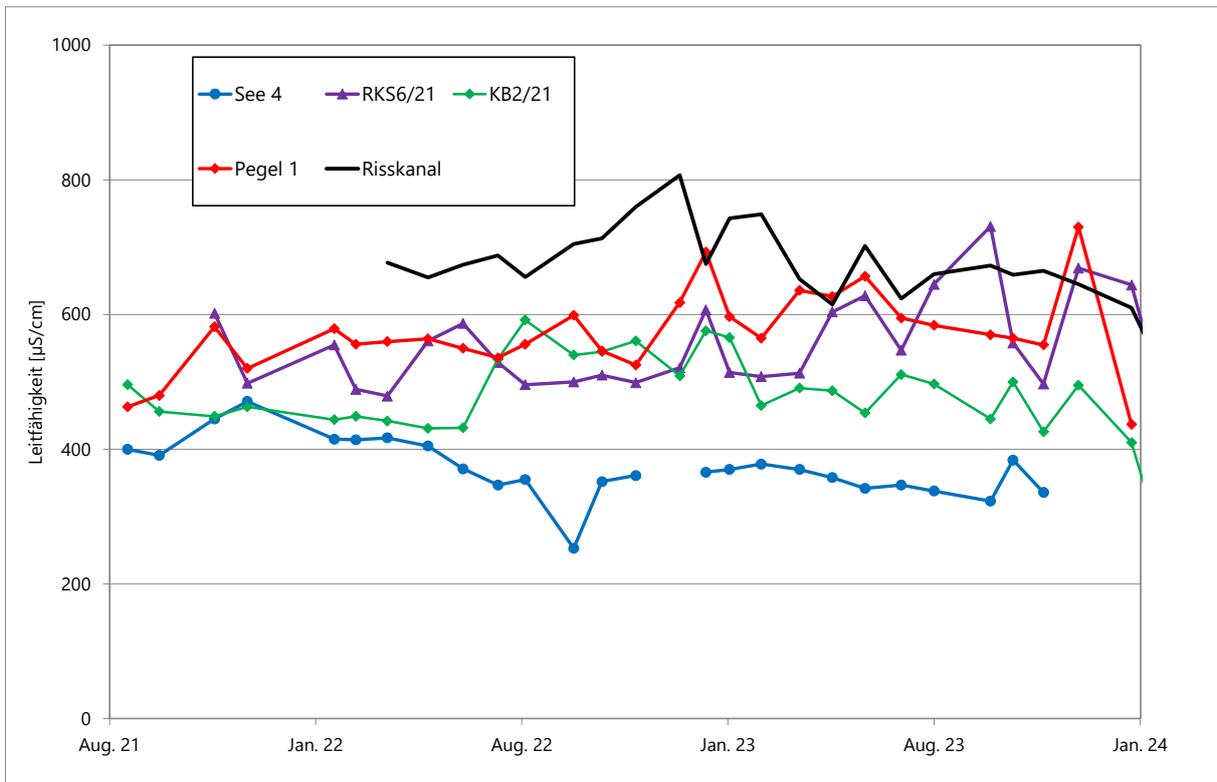


Abb. 3.5c Leitfähigkeitswerte im See 4 und in den abstromigen Messstellen

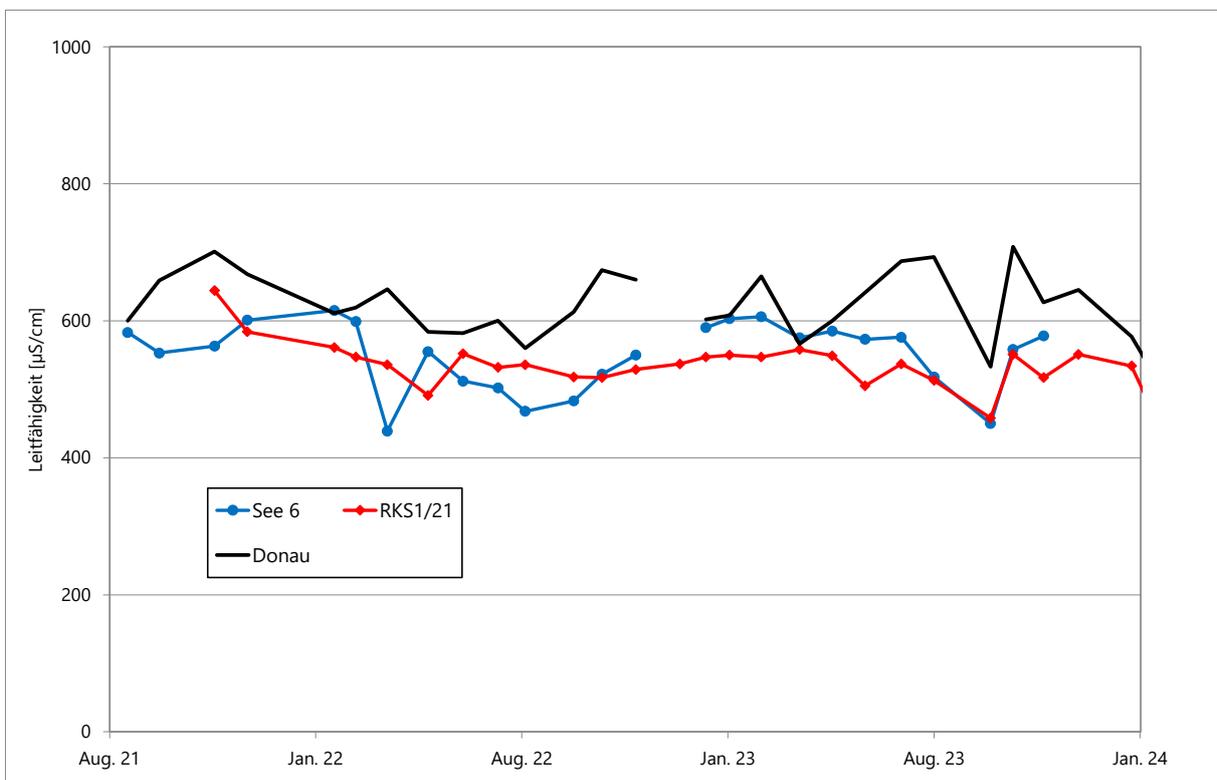


Abb. 3.5d Leitfähigkeitswerte im See 6 und in den abstromigen Messstellen

3.2.2 Temperatur des Grundwassers

Neben der Leitfähigkeit des Grundwassers gibt auch die Grundwassertemperatur Hinweise auf unterschiedliche Einflüsse. Da im Untersuchungsgebiet die Flurabstände kleiner als 10 m sind, wird die Grundwassertemperatur durch die Oberflächentemperatur beeinflusst und die Grundwassertemperaturen nehmen im Winter ab und im Sommer zu. Im Bereich der Seen kann die Grundwassertemperatur zusätzlich durch eine Seekomponente beeinflusst werden, die den Jahresgang verstärken kann.

In der Abbildung 3.6a und 3.6b sind die gemessenen Temperaturwerte der Stichtagsmessungen vom 16.02.2022 (Winter) und 04.08.2022 (Sommer) dargestellt.

Temperaturverteilung im südlichen Modellgebiet

Im südlichen Bereich des Modellgebietes schwanken die Temperaturen im Winter zwischen 7,0 °C und 10,0 °C und im Sommer zwischen 11,6 °C und 15,2°C. Die Temperaturunterschiede des Grundwassers in den einzelnen Messstellen ist hauptsächlich auf den Flurabstand zurückzuführen, der im südlichen Teil des Modellgebietes ca. zwischen 2,3 m (RKS7/21) und 4,6 m (BK2) schwankt. Zum Zeitpunkt der Stichtagsmessungen betragen in der RKS7/21 die Temperaturen 6,7°C bzw. 15,1 °C und in der BK2 9,8°C bzw. 12,9 °C. Die jahreszeitlichen Schwankungen liegen somit bei geringen Flurabständen bis zu ca. 8 K (K = Kelvin) und bei höheren Flurabständen nur ca. 3 K.

Temperaturwerte in den Oberflächengewässer im Modellgebiet

In den Oberflächengewässern sind die Temperaturschwankungen zwischen Winter und Sommer am stärksten, da hier die Lufttemperatur direkt auf die Wassertemperatur einwirkt. Im See 4 beträgt die Differenz zwischen den beiden Stichtagen ca. 20,5 K (4,5°C – 25,1°C).

Im Risskanal wurden am 16.02.2022 6,0°C und am 04.08.2022 19,2°C gemessen (Differenz 13 K) und in der Donau 6° (Winter) bzw. 20° (Sommer).

Temperaturverteilung im nördlichen Modellgebiet

Im nördlichen Teil des Modellgebiets schwanken die Temperaturen im Winter zwischen 3,0 °C (KB2/21) und 11,5°C (RKS6/21) und im Sommer zwischen 11,0 °C (B4/97) und 23,7 °C (RKS3/22). Im nördlichen Modellgebiet, in dem die Flurabstände zwischen ca. 2,1 m (B2/97) und ca. 4,2 m (B4/97) liegen und somit mit den Flurabständen im südlichen Teil des Modellgebietes vergleichbar sind, sind größere Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Messstellen zu

beobachten (Winter ca. 7 K und Sommer ca. 12 K). Die größten Schwankungen lassen sich in den Messstellen im direkten Abstrom der Seen beobachten (KB2/21 Winter = 3,0°C; Sommer 19,8°C). Bei einem Flurabstand von ca. 2,7 m im Bereich der KB2/21 ist dieser Temperaturunterschied nicht nur auf den Einfluss der Oberflächentemperatur, sondern auch auf den Einfluss einer Seekomponente, die direkt durch die Lufttemperatur beeinflusst wird, zurückzuführen.

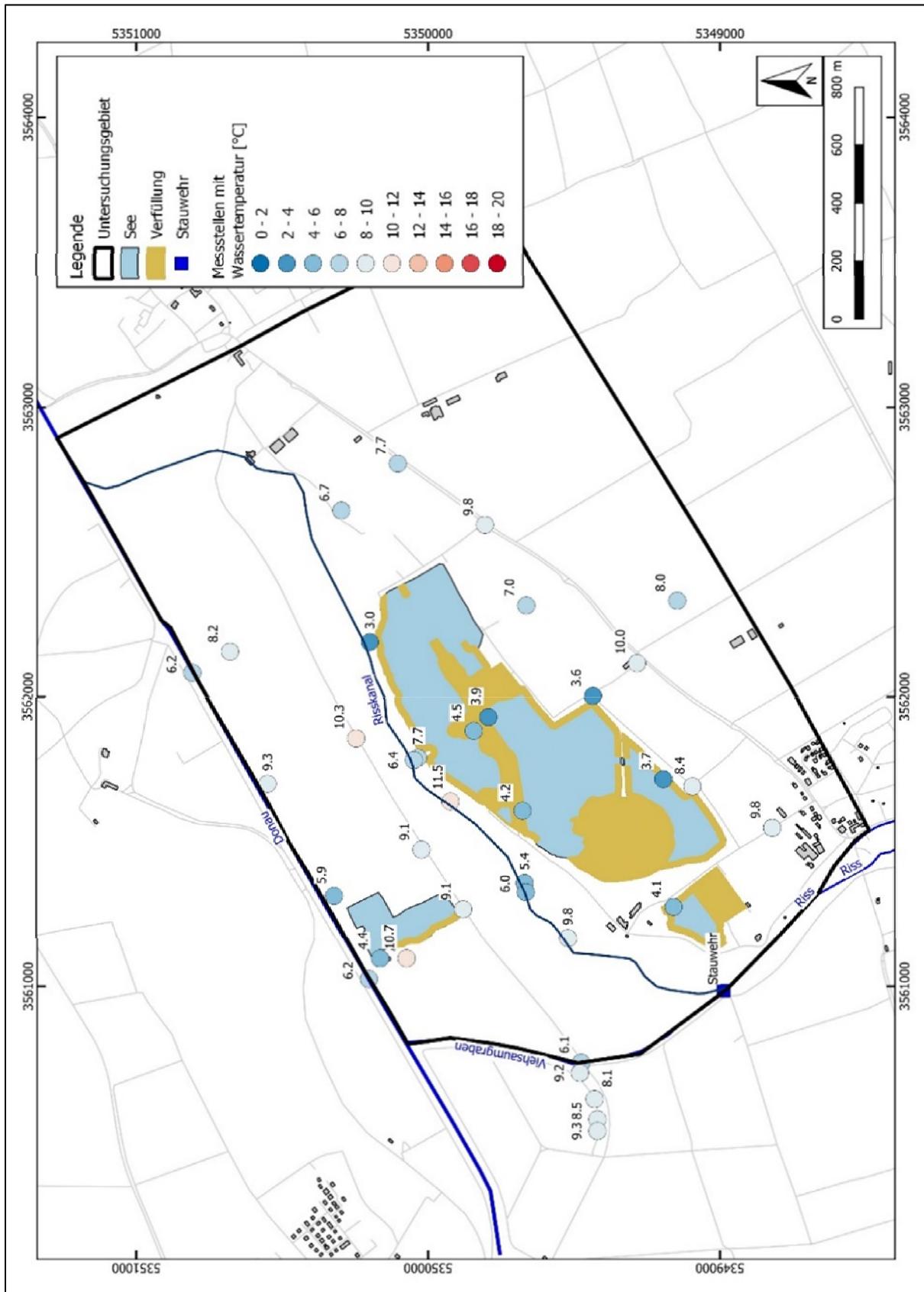


Abb. 3.6a Wassertemperatur in den Messstellen vom 16.02.2022 (Winter)

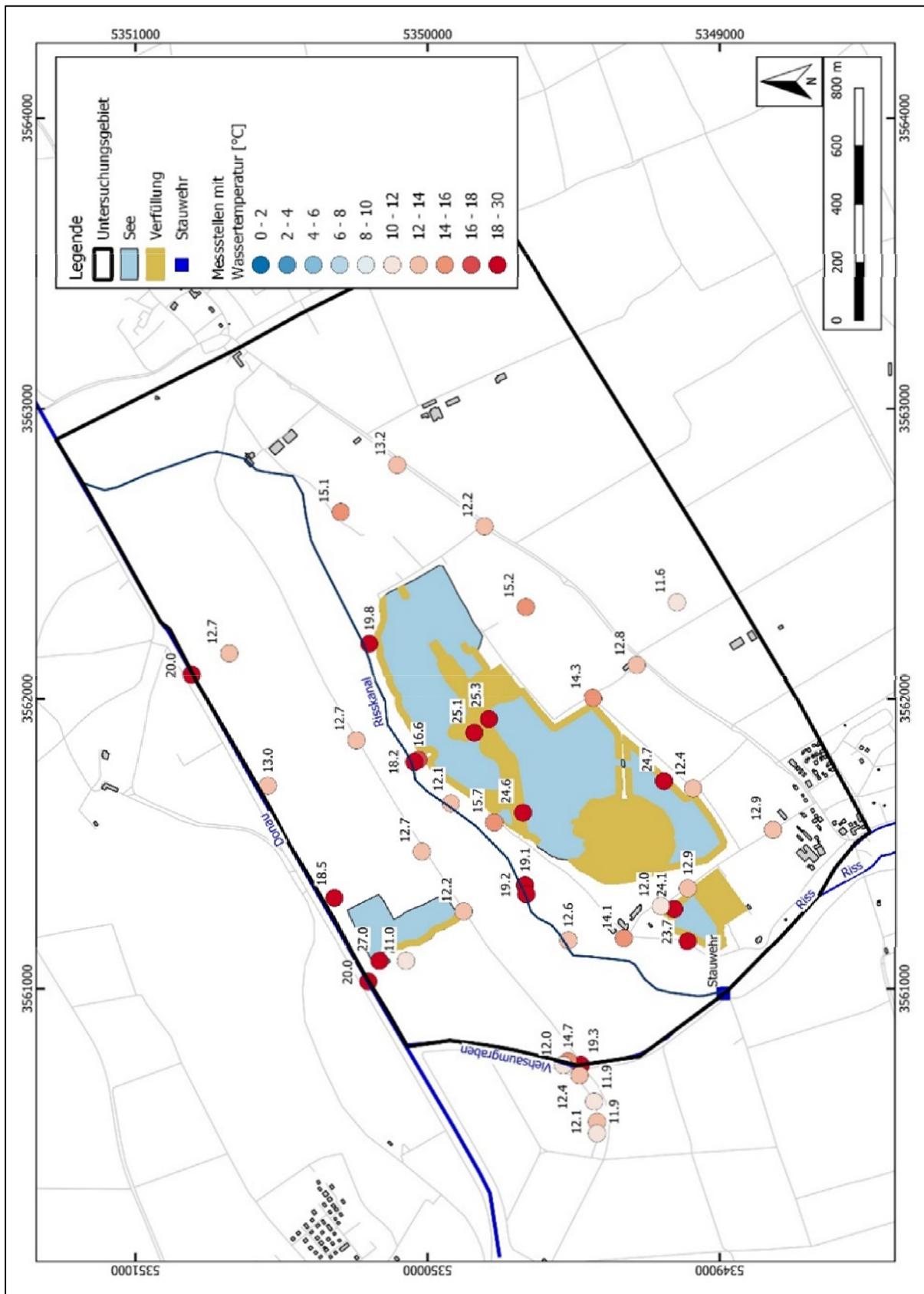


Abb. 3.6b Temperaturverteilung in den Grundwassermesstellen und Seen vom 04.08.2022 (Sommer)

Einfluss Oberflächengewässer auf die Grundwassertemperatur

Der Vergleich der Stichtagsmessungen hat gezeigt, dass neben der Lufttemperatur auch die Temperatur der Oberflächengewässer die Grundwassertemperatur beeinflusst und einen Hinweis auf den Anteil des Wassers aus den Oberflächengewässer im Grundwasser geben kann. Zur Charakterisierung dieses Einflusses werden die Temperaturganglinien in ausgewählten Messstellen im Abstrom der Oberflächengewässer verglichen.

Der Temperaturverlauf in der KB4/21, die südlich der Seen liegt, dient als Referenzganglinie für eine von Oberflächengewässer unbeeinflusste Messstelle (Flurabstand KB4/21 ca. 3,15 m).

Temperaturverteilung im Abstrom See 1

Im Abstrom des Sees 1 befinden sich die Messstellen KB1/21, RKS3/22 und RKS4/22. Der Verlauf der Temperaturganglinien 2022 in den Messstellen im Vergleich zum Temperaturverlauf im See 1 zeigt (Abb. 3.7a), dass die Grundwassertemperatur in der RKS3/22 von Seewasser beeinflusst wird, obwohl der See 1 abgedichtet sein soll. Auch in der RKS4/22 deutet sich der Einfluss einer See-Komponente mit einer Phasenverschiebung von ca. 1 Monat an. Im Jahr 2023 scheint der Einfluss des Sees auf die Grundwassertemperatur in den Messstellen RKS3/22 und RKS4/22 deutlich nachzulassen.

Mit zunehmender Entfernung vom See werden die jahreszeitlichen Schwankungen geringer. Der Vergleich der KB1/21 im Abstrom des Sees 1 und der KB4/21, die südlich der Oberflächengewässer liegt und somit von Oberflächenwasser unbeeinflusst ist, lässt keinen signifikanten Anteil von Oberflächenwasser in der KB1/21 erkennen (Flurabstände in der KB1/21 und KB4/21 sind vergleichbar).

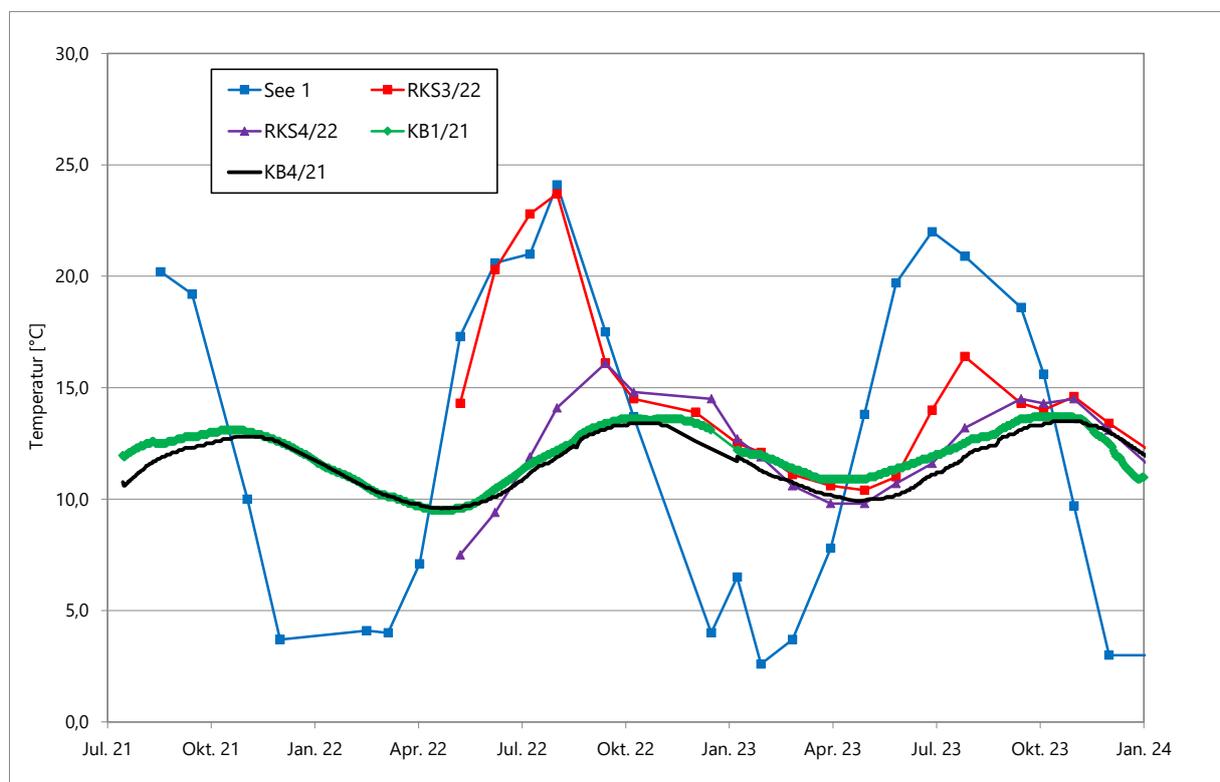


Abb. 3.7a Temperaturganglinien im **See 1** und in den Grundwassermessstellen im Abstrom

Temperaturverteilung im Abstrom See 2

Im direkten Abstrom des Sees 2 liegen nur die Messstellen RKS5/22 und RKS5/21, da im Abstrom des östlichen Teils des Sees 2 der See 4 liegt und im westlichen Teil die Verfüllung einen Abstrom verhindert.

Die jahreszeitlichen Schwankungen des Temperaturverlaufs in der RKS5/22 deuten auf eine Seekomponente hin, die vermutlich aus dem Teich zwischen See 2 und der RKS5/22 stammt (Abb. 3.7b).

Der Vergleich der Temperaturganglinien zeigt in der RKS5/21, die ca. 140 m nördlich des Sees 2 liegt einen deutlichen Einfluss einer Komponente, die die natürliche Jahresschwankung überlagert. Die Grundwassertemperatur kann durch den See 2 aber auch durch den Risskanal, der nur ca. 3 m nördlich der Messstelle liegt und einen nahezu identischen Temperaturverlauf zeigt, beeinflusst sein. Den Einfluss des Sickerwassers aus dem Risskanal auf das Grundwasser in diesem Bereich belegen auch die Leitfähigkeitswerte (s. Abb. 3.5b).

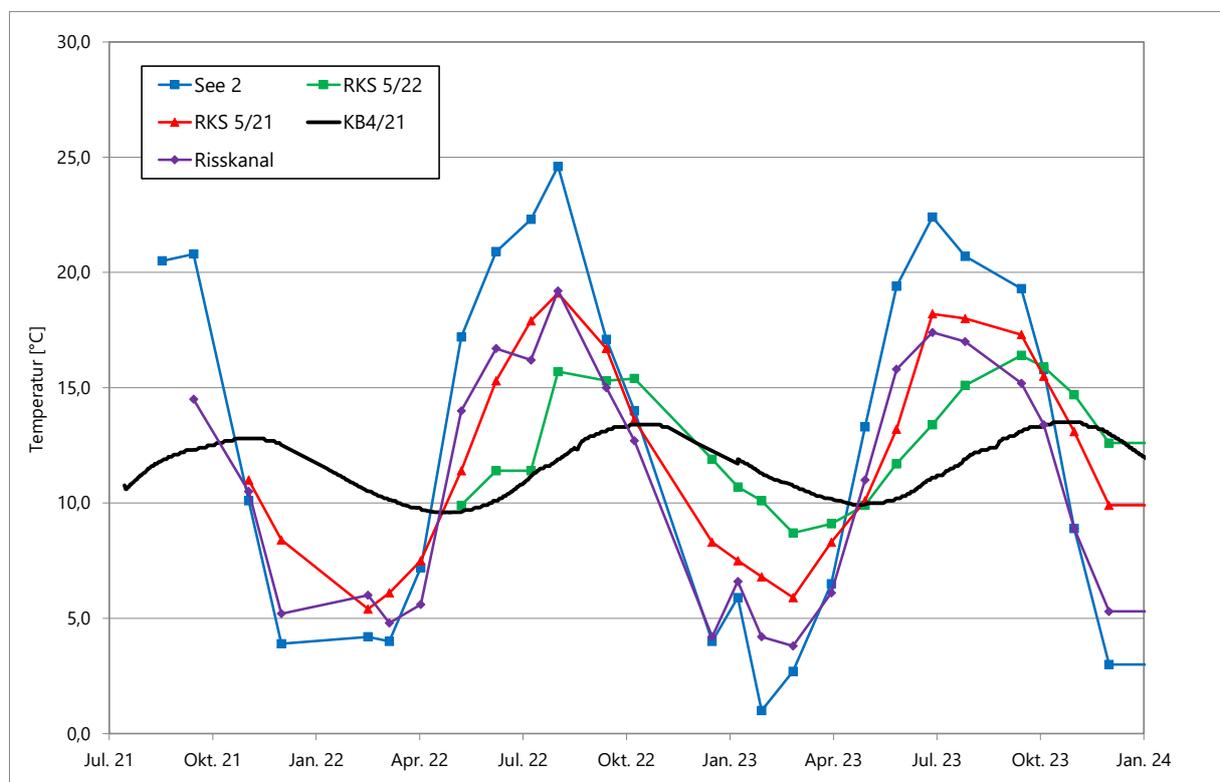


Abb. 3.7b Temperaturganglinien im **See 2** und in den Grundwassermessstellen im Abstrom

Temperaturverteilung im Abstrom See 4

Deutliche Einflüsse einer Seekomponente aus dem See 4 zeigen die Grundwassertemperaturen der Messstellen Pegel 1 und die KB2/21. Der Vergleich der Temperaturganglinien (Abb. 3.7c) zeigt, dass die Temperaturmaxima und Temperaturminima im Vergleich zum See 4 um ca. 2 bis 3 Monate verzögert auftreten. Daraus lässt sich eine Fließgeschwindigkeit (Abstand der Messstellen zum See ca. 20 m) in diesem Bereich von ca. 0,2 – 0,3 m/d abschätzen. Die geringe Fließgeschwindigkeit bei einem Gefälle von ca. 2,5‰ zwischen See und KB2/21 belegt die Abdichtung des Sees 4. Die Durchlässigkeit (k_f) bei einem Gefälle (i) von 2,5‰, und einer Abstandsgeschwindigkeit (v_a) von ca. 0,25 m/d (Porosität (n) = 0,1) berechnet sich zu $1 \cdot 10^{-5}$ m/s ($k_f = (v_a \cdot n) / i$).

Die Grundwassertemperatur in der RKS6/21 deutet daraufhin, dass südlich der Messstelle der See 4 (Abstand ca. 55 m) ebenfalls abgedichtet ist und aufgrund der Entfernung zum See der Temperatureinfluss der jahreszeitlichen Schwankungen der Lufttemperatur dominiert.

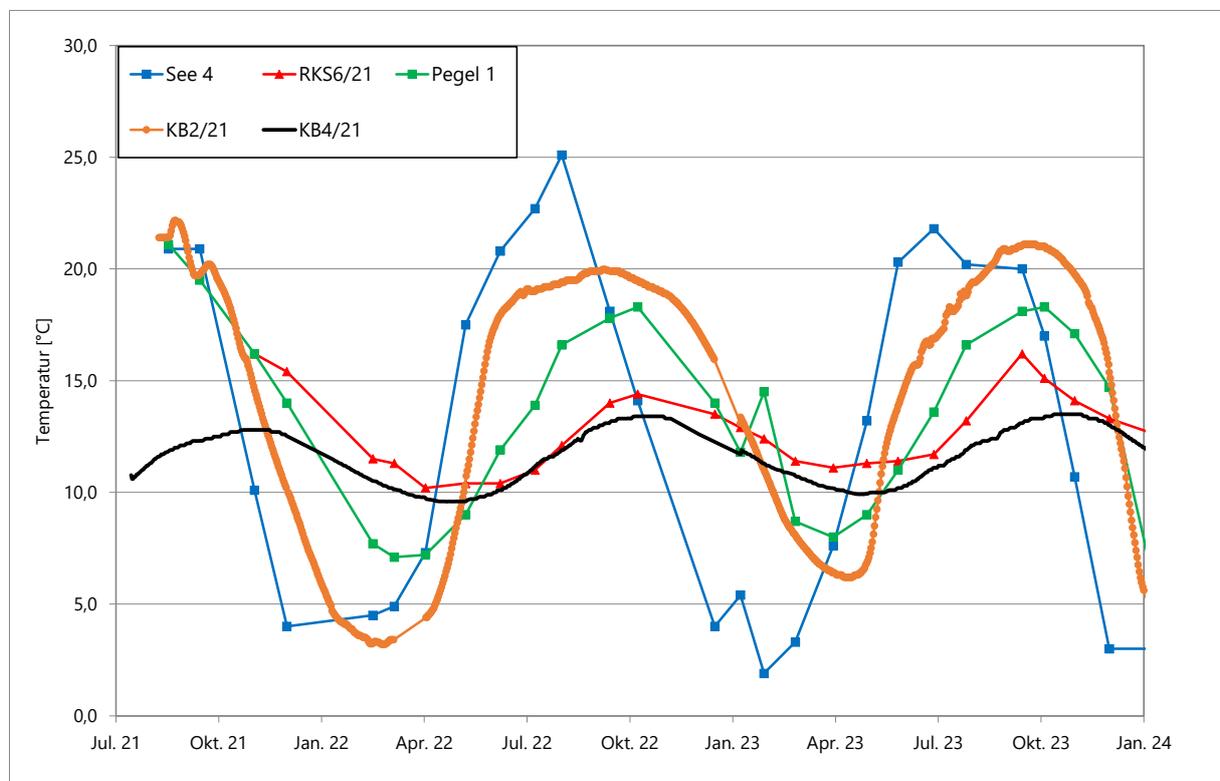


Abb. 3.7c Temperaturganglinien im **See 4** und in den Grundwassermessstellen im Abstrom

Temperaturverteilung im Abstrom See 6

Im Abstrom des Sees 6 befindet sich nur die RKS1/21, deren Temperaturverlauf einen deutlichen Einfluss einer Seekomponente zeigt (Abb. 3.7d). Die Maxima und Minima der Temperaturganglinie ist im Vergleich zur Temperaturganglinie des Sees 6 im Jahre 2022 um ca. 1 - 2 Monate verschoben. Daraus lässt sich bei einer Entfernung von ca. 80 m eine Fließgeschwindigkeit von ca. 2 m/d abschätzen.

Durch den fortschreitenden Abbau liegt die RKS1/21 inzwischen nur noch ca. 50 m vom Seeufer entfernt. Aus diesem Grunde entsprechen 2023 die Seetemperaturen nahezu den Temperaturen in der RKS1/21.

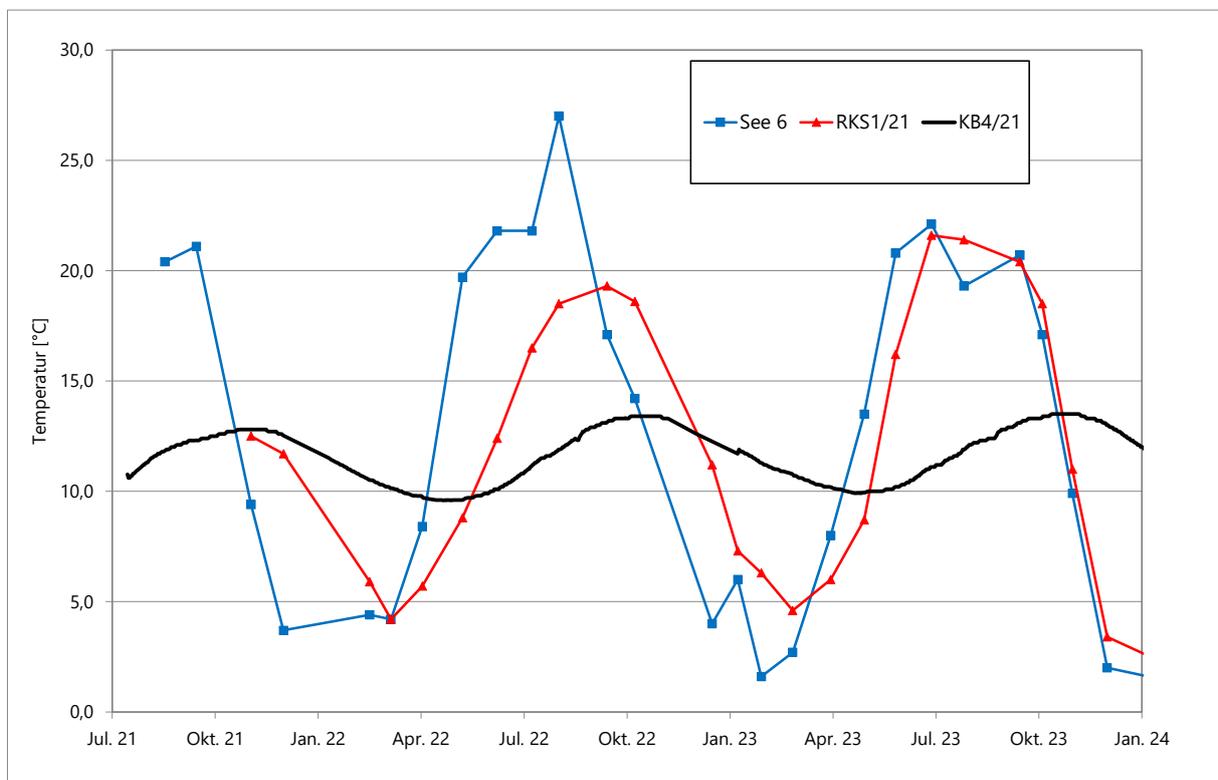


Abb. 3.7d Temperaturganglinien im **See 6** und in den Grundwassermessstellen im Abstrom

4. Grundwasserströmungsmodell

Die Erstellung des instationären Grundwasserströmungsmodells umfasst die Festlegung des Modellgebietes, die Unterteilung des Modellgebietes in Finite Element, die Definition der Randbedingungen und die Zuweisung der hydraulischen Parameter zu den Elementen.

Für die instationäre Berechnung ist das zeitliche Verhalten der Randbedingungen und der hydraulischen Parameter zu berücksichtigen. Die Berechnung erfolgt für den Zeitraum von 01/2019 – 12/2023. Der Zeitraum von 4 Jahren wird in insgesamt 48 Monatszeitschritte unterteilt.

Zur Beschreibung der Fließverhältnisse im Bereich des Modellgebietes müssen die Randbedingungen und die hydraulischen Parameter definiert werden.

4.1 Unterteilung des Modells in Elemente

Das Modellgebiet umfasst insgesamt ca. 4,5 km². Aufgrund der kleinräumigen Strukturen (Seen, Dämme, Verfüllungen) wurde für die Unterteilung des Modellgebietes in Elemente eine hohe Auflösung gewählt. Insgesamt wurde das Modellgebiet in 74.313 Dreieckselemente (Finite Elemente) unterteilt, deren Flächen durchschnittlich ca. 60 m² besitzen (Seitenlängen des Dreiecks bei durchschnittlich ca. 60° - 70° Winkeln ca. 10 – 15 m). In der Abbildung 4.1 ist das Finite-Elemente-Netz dargestellt.

4.2 Randbedingungen

Die Randbedingungen legen den Zu- und den Abstrom des Modellgebietes für den Zeitraum der Berechnung fest. Auch Grundwasserentnahmen und Grundwassereingaben im Modellgebiet stellen eine Randbedingung dar.

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlägen wird ebenfalls als Randbedingung betrachtet.

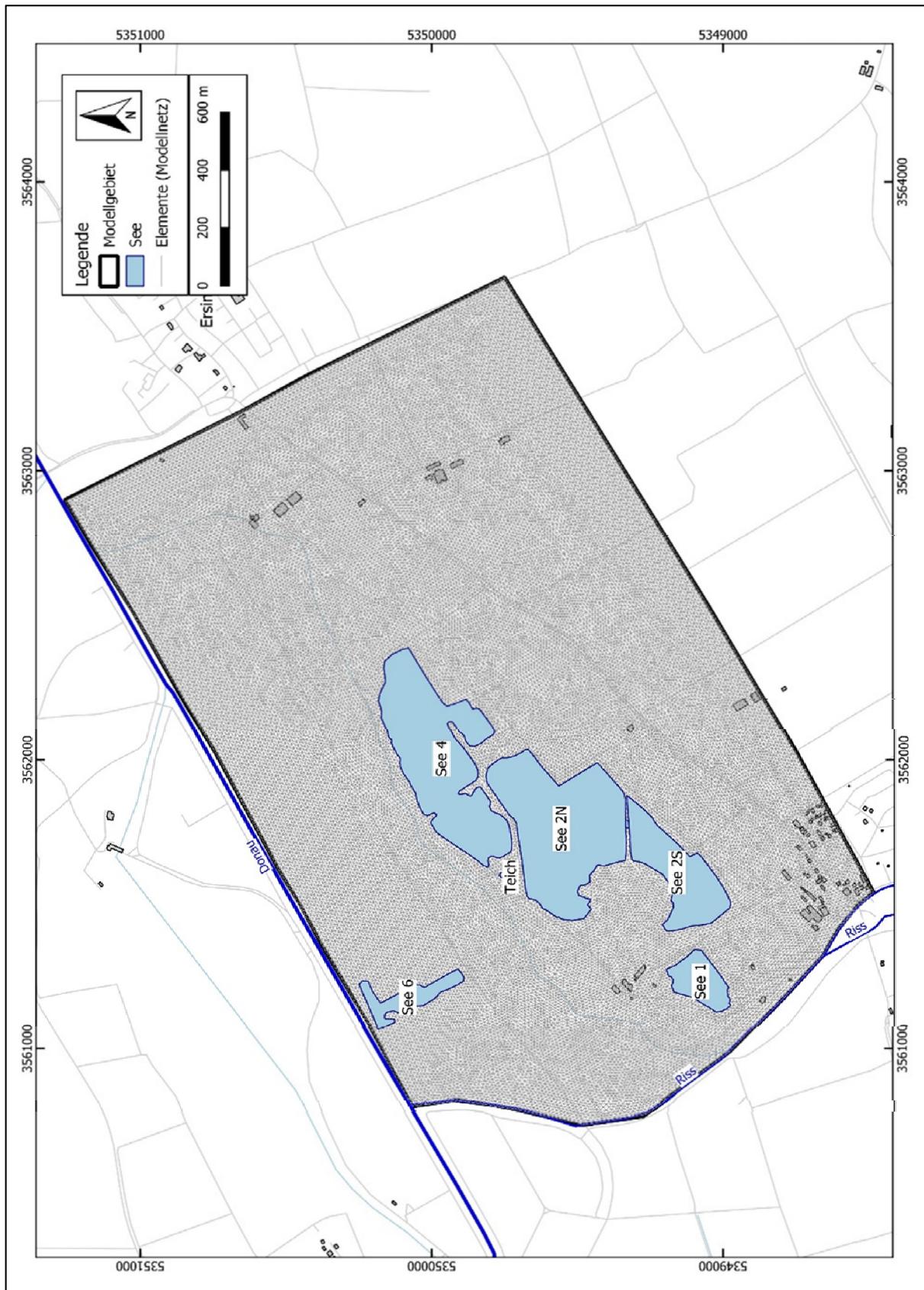


Abb. 4.1 Modellgebiet mit Finite-Elemente-Netz (Seen Stand 2019)

Randbedingung 3. Art (Leakage)

Am nördlichen Rand des Modellgebietes verläuft die Donau, die die Vorflut für das Grundwasser im Modellgebiet bildet. Im Modellgebiet befinden sich 2 Lattenpegel in einer Entfernung von ca. 1.220 m, an denen die Wasserstände der Donau abgelesen werden können (Abb. 4.2). Die Differenz zwischen den Wasserständen des südwestlichen und des nordöstlichen Pegels beträgt ca. 0,5 m. Daraus resultiert ein Gefälle der Donau in nordöstlicher Richtung im Bereich des Untersuchungsgebietes von ca. $4 \cdot 10^{-4}$.

Die Entfernung des Lattenpegels Donau Süd zum südwestlichen Rand des Modellgebietes beträgt 260 m. Bei einem Gefälle von $4 \cdot 10^{-4}$ liegt der Wasserspiegel der Donau am südwestlichen Rand des Untersuchungsgebietes um ca. 0,1 m über dem Wasserspiegel des Lattenpegels Donau Süd.

Im Nordosten ist der Wasserstand am Rand des Modellgebietes ca. 0,38 m niedriger als am Lattenpegel Donau Nord.

Neben der Donau wird auch der Wasserspiegel der Riss bzw. des Viehsaumgrabens im Westen als Randbedingung der 3. Art berücksichtigt. Die Beschreibung der Wasserspiegelmessungen des Viehsaumgrabens im Zeitraum 2019 – 2023 basiert auf dem Wasserstand der Donau, in den der Viehsaumgraben mündet, den Wasserspiegelmessungen des Viehsaumgrabens an der Brücke die sich ca. 600 m südlich der Donau befindet und der Höhenvorgabe des Stauwehrs, das die Riss in den Viehsaumgraben und den Risskanal teilt.

Die Abbildung 4.2 zeigt die Wasserspiegelmessungen an der Brücke und die Abbildung 4.3 die Planskizze des Stauwehrs.

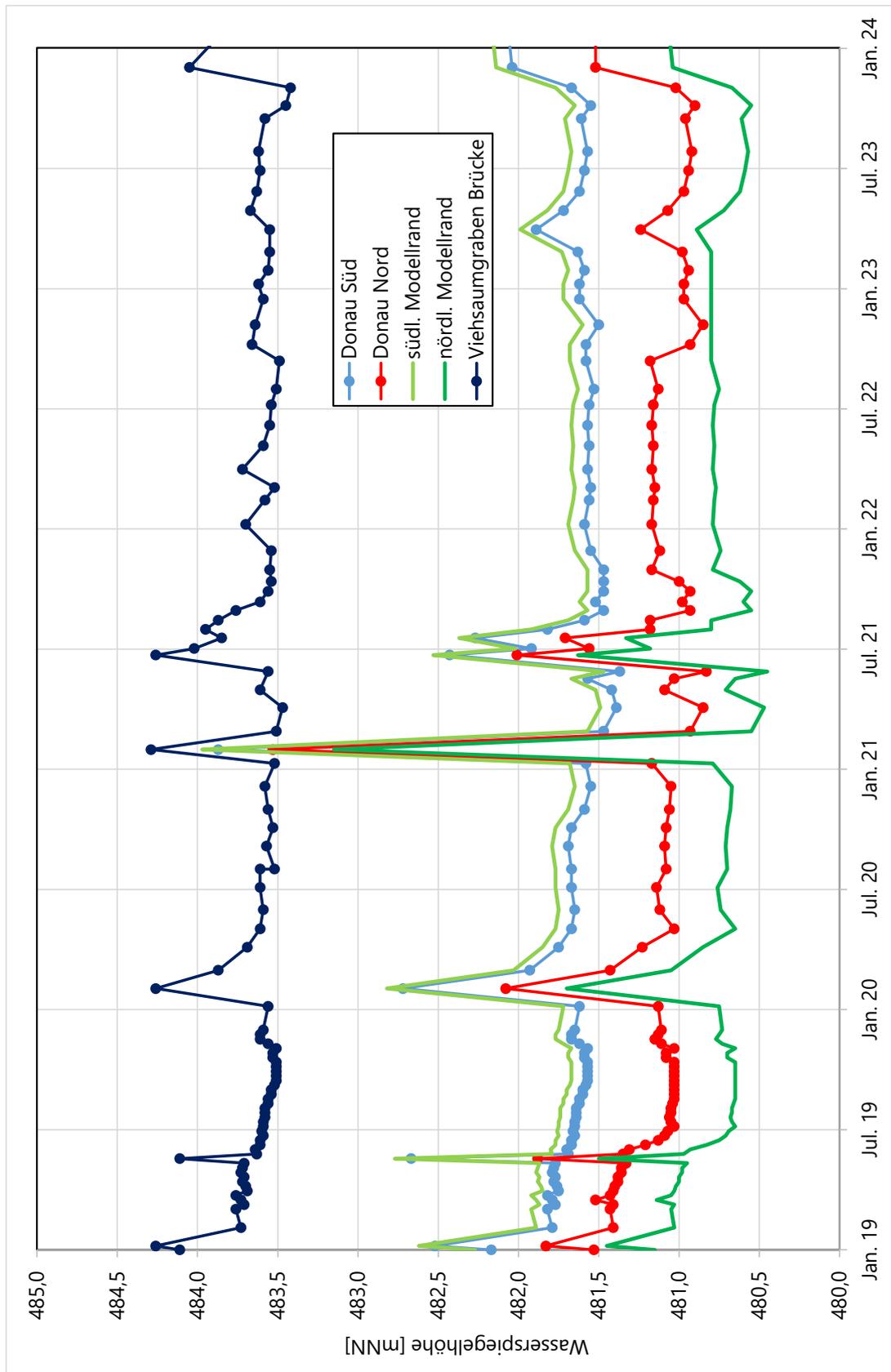


Abb. 4.2 Ganglinien der Wasserspiegelhöhen an den Pegeln Donau Süd und Donau Nord, den Modellrändern und dem Viehsaumgraben (Messpunkt Brücke)

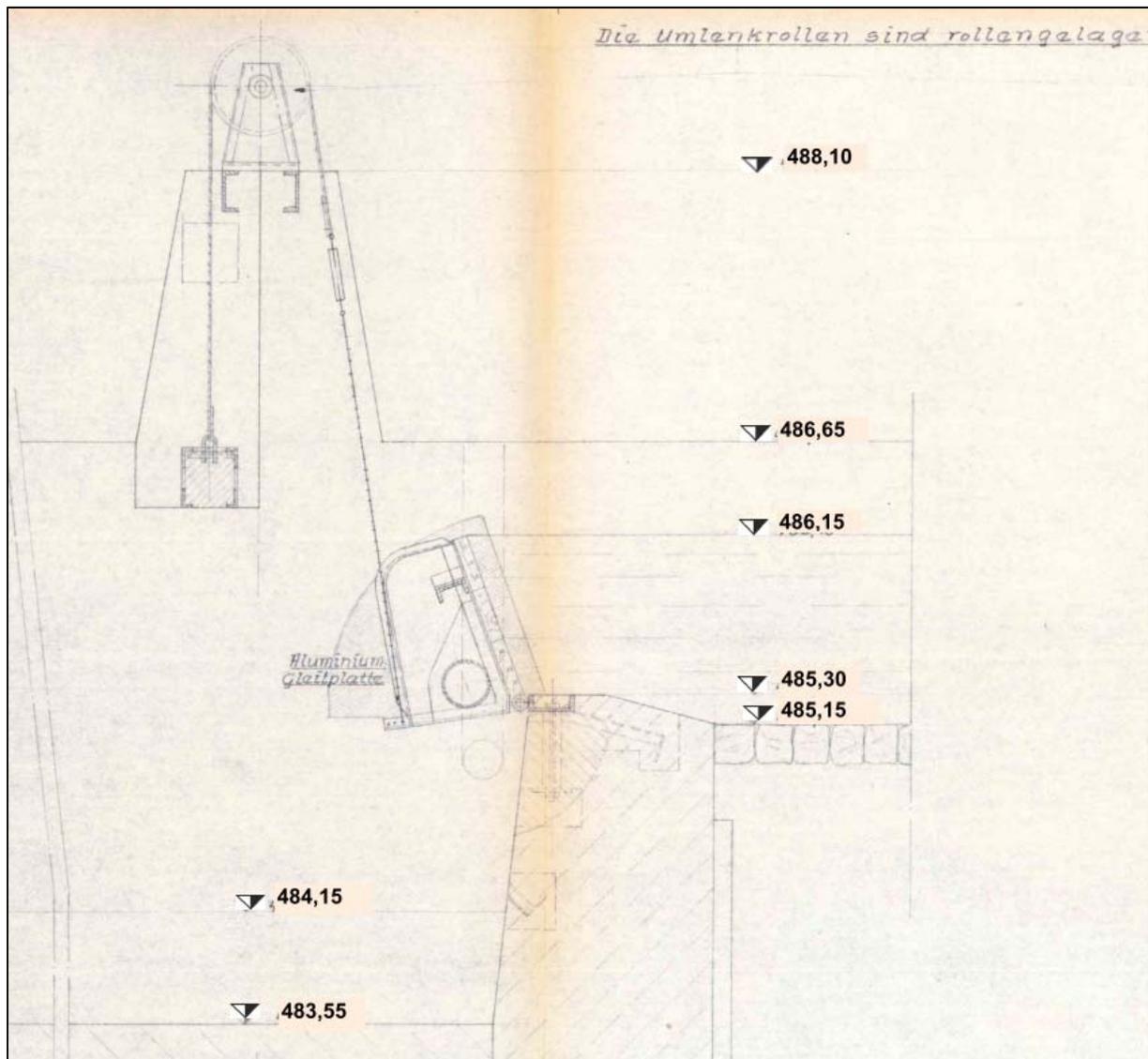


Abb. 4.3 Planskizze des Stauwehrs Risskanal/Viehsaumgraben

Randbedingung - Entnahme / Eingabe von Grundwasser

Zur Aufbereitung des Kiesel wird Waschwasser aus dem See 1 entnommen. Nach der Aufbereitung des Rohstoffs wird das Waschwasser in den See 2N (See3) eingeleitet, der mit dem See 2S verbunden ist. Über eine Rohrleitung sind der See 1 und der See 2S verbunden, wodurch dem See 1, der nur sehr eingeschränkt an das Grundwasser angeschlossen ist, wieder Wasser zuströmen kann.

Randbedingung - Grundwasserneubildung

Die Bestimmung der Grundwasserneubildung orientiert sich an den Niederschlagsmengen und den Temperaturen für den Zeitraum 2019 – 2023 und den Wasserspiegelganglinien. Für den Gesamtzeitraum ergab sich eine Grundwasserneubildungsrate von ca. 6 l/s pro km².

In der Abbildung 4.4 sind die Niederschläge, die Temperatur und die berechnete Grundwasserneubildung gegenübergestellt. Die Abbildung zeigt, dass während des Sommers auch Phasen einer „negativen Neubildung“ auftreten. Hier machen sich erhöhte Verdunstungsraten bemerkbar, die zum einen die Seen, aber auch Böden betreffen. Dennoch ist die Grundwasserneubildung im Berechnungszeitraum insgesamt positiv. Daher ist eine negative Beeinflussung des Grundwasserangebots durch die geplante Erweiterung (Nassabbau) nicht zu erwarten.

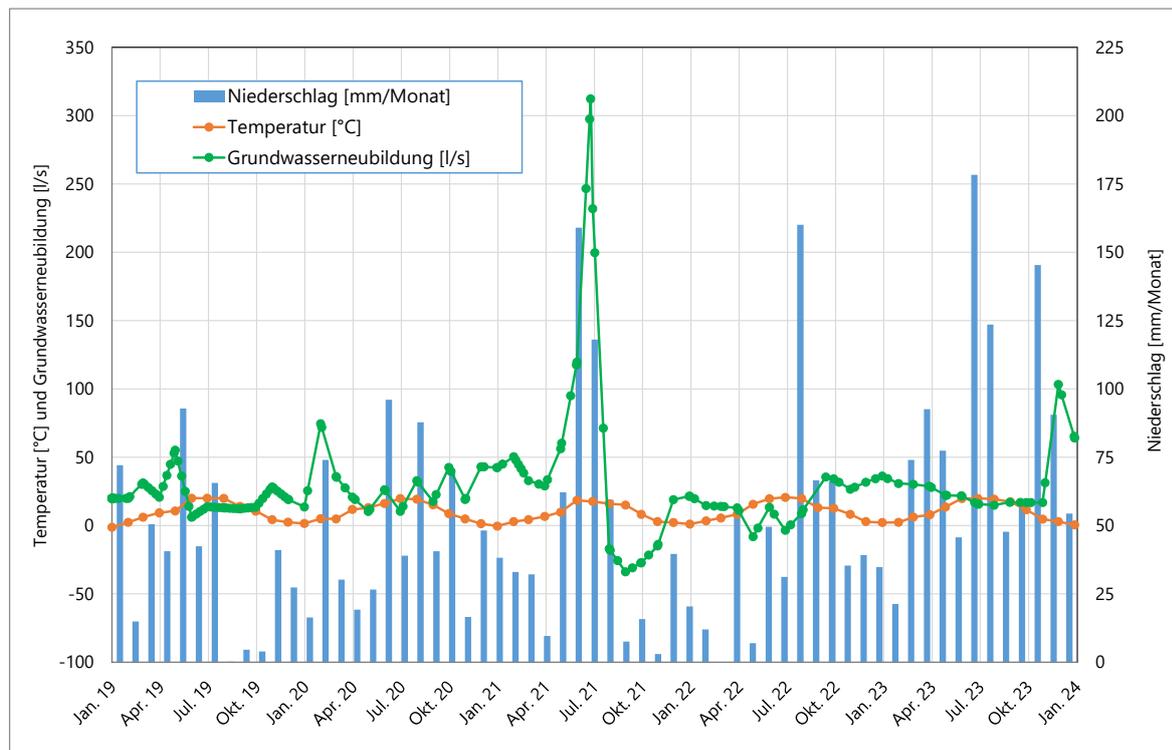


Abb. 4.4 Vergleich der Grundwasserneubildung mit den Niederschlägen und der Temperatur 2019 – 2024 (Station Öpfingen)

4.3 Hydraulische Parameter

Das Fließverhalten im Modellgebiet wird durch die wassererfüllte Mächtigkeit des Grundwasserleiters, die durch die Wasserspiegelhöhe und die Aquiferbasis (s. Kap. 2) bestimmt wird, die Durchlässigkeit (kf-Wert) des Aquifers und bei instationären Berechnungen der Speicherkoeffizient/Porosität, als Maß für die Fähigkeit des Grundwasserleiters bei Niederschlägen Wasser zu speichern und auch wieder abzugeben.

Durchlässigkeit (kf-Wert)

Die Verteilung der Durchlässigkeit im Modellgebiet stützt sich auf die Ergebnisse der hydraulischen Versuche in den Messstellen KB1/21, KB3/21, KB4/21 und KB3/97 (Tab. 2).

Tab. 2 Ergebnisse der hydraulischen Versuche

Messstelle	Transmissivität	kf-Wert	Aquifermächtigkeit
KB1/21	$7,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$	6,20 m
KB3/21	$3,9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	$7,7 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$	5,14 m
KB4/21	$2,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$	$3,9 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$	5,20 m
B3/97	$6,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	$1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$	5,60 m

Die Ergebnisse der hydraulischen Versuche zeigen, dass die holozänen Ablagerungen kf-Werte von ca. $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ - $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ (grün) und die Ablagerungen der Rheingletscher – Niederterrasse (qRTN) kf-Werte von ca. $5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ - $8 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ (blaugrün) aufweisen.

Den Seen wurde ein kf-Wert von 1 m/s (rot) und den Verfüllungen Werte zwischen $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ und $5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ (blau – violett) zugewiesen.

In der Abbildung 4.5 ist die Verteilung der kf-Werte im Modellgebiet dargestellt.

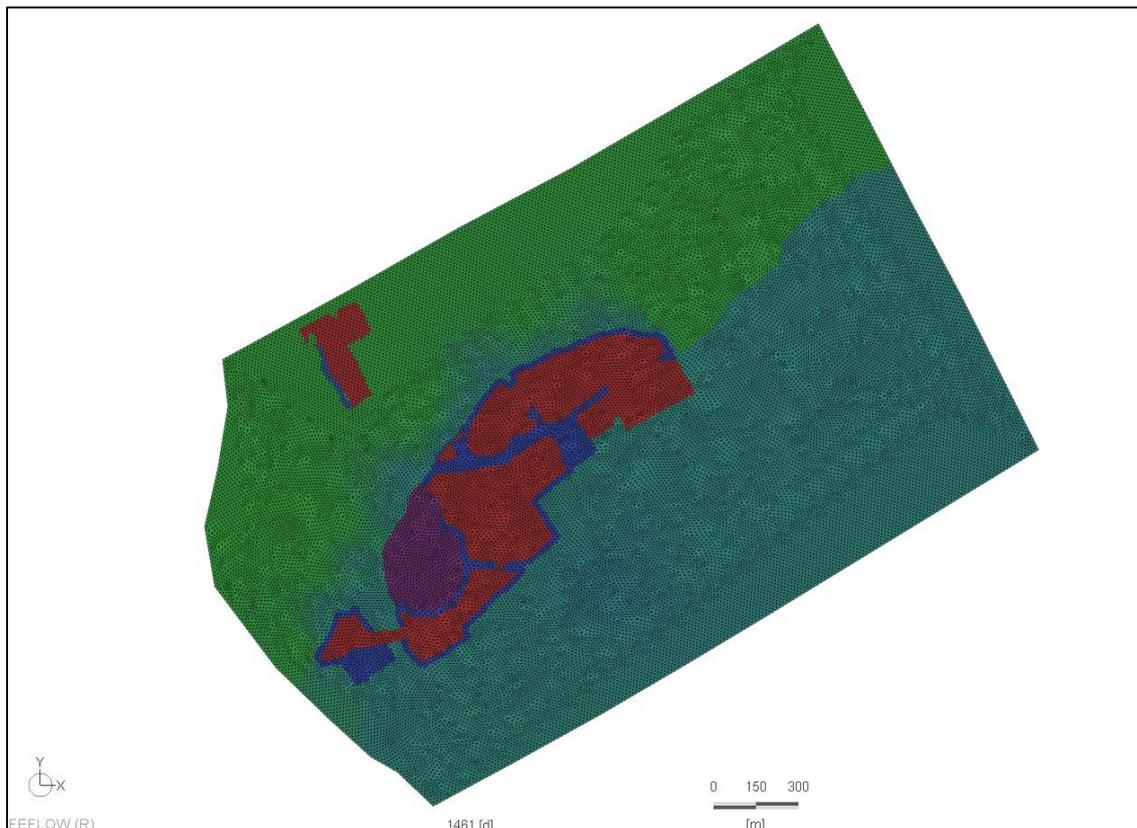


Abb. 4.5 Verteilung der Durchlässigkeit (kf-Wert) mit Stand Nassabbau 2022

Speicherkoeffizient / Porosität

Der Speicherkoeffizient wurde mit 0,12 vorgegeben.

4.4 Kalibrierung des numerischen Grundwasserströmungsmodell

Die Kalibrierung erfolgte durch die Anpassung der berechneten an die gemessene Wasserspiegelhöhen für die Stichtagsmessungen als auch für die Wasserspiegelganglinien.

Auf der Grundlage der Randbedingungen und der hydraulischen Parameter konnte eine gute Anpassung der berechneten an die gemessenen Wasserspiegelhöhen erzielt werden. Beim Vergleich der berechneten mit den gemessenen Wasserspiegelhöhen ist zu berücksichtigen, dass bei der Berechnung monatliche Durchschnittswerte der Randbedingungen (Wasserspiegelhöhen der Gewässer, Grundwasserneubildung) berücksichtigt wurde, die Messungen aber Tagesmittelwerte berücksichtigen. Dadurch sind die berechneten Werte gedämpfter, d.h. die Minima und Maxima sind nicht so stark ausgeprägt.

In der Abbildung 4.6 ist der Grundwassergleichenplan vom 04.08.2022 den berechneten Grundwassergleichen gegenübergestellt.

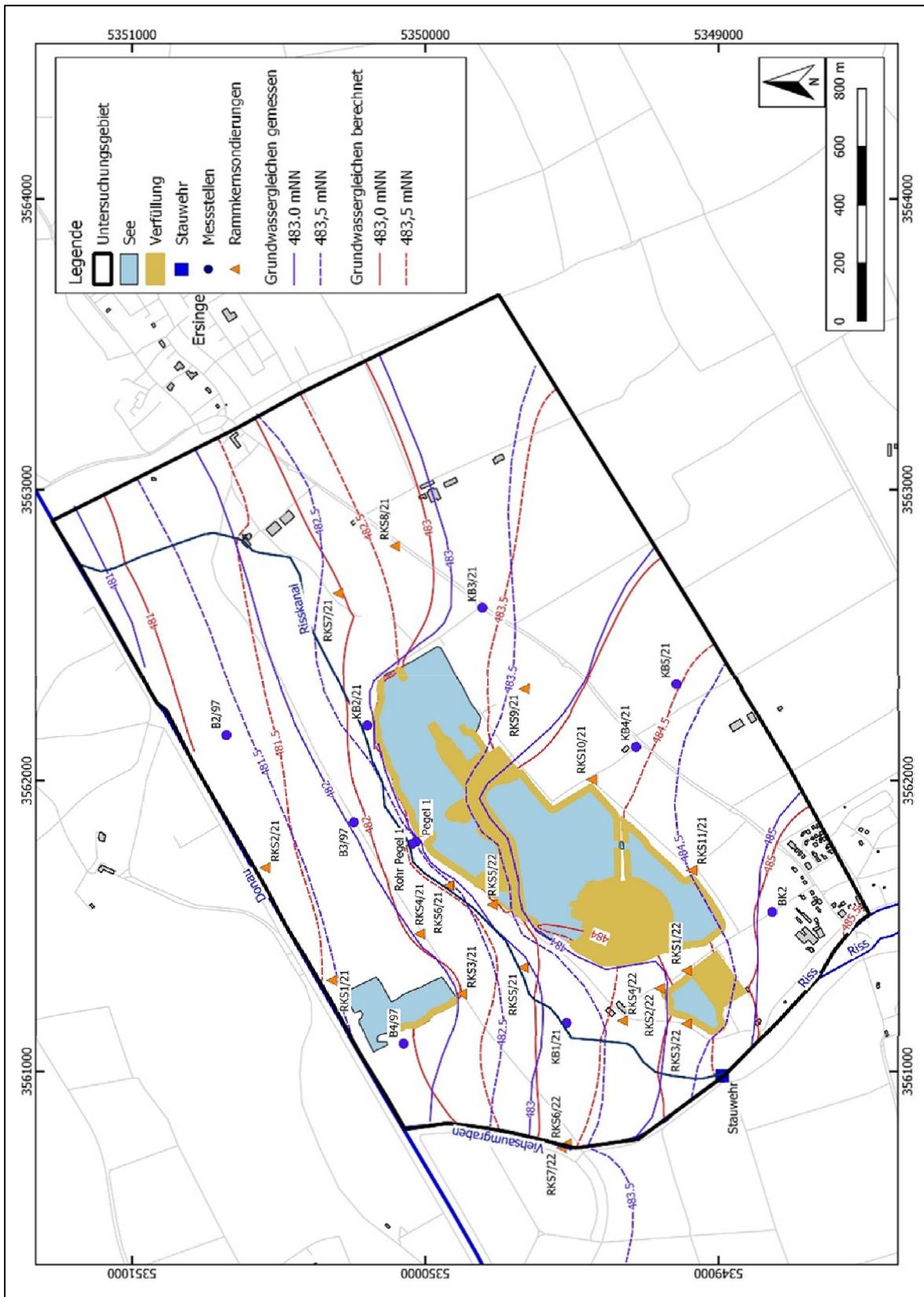


Abb. 4.6 Vergleich der Grundwassergleichen der Stichtagsmessung vom 04.08.2022 gemessen/berechnet

Neben dem Vergleich der berechneten mit den gemessenen Grundwassergleichen zum Zeitpunkt einer Stichtagsmessung ist der Vergleich von berechneten und gemessenen Grundwasserganglinien über einen längeren Zeitpunkt ein wichtiges Kriterium für die Qualität der instationären Kalibrierung und die definierten Randbedingungen, die die Grundwasserbilanz (Zuströme, Grundwasserneubildung, Abströme) bestimmen. In den Abbildungen 4.7a – 4.7j sind die gemessenen und berechneten Grundwasserganglinien ausgewählter Messstellen gegenübergestellt.

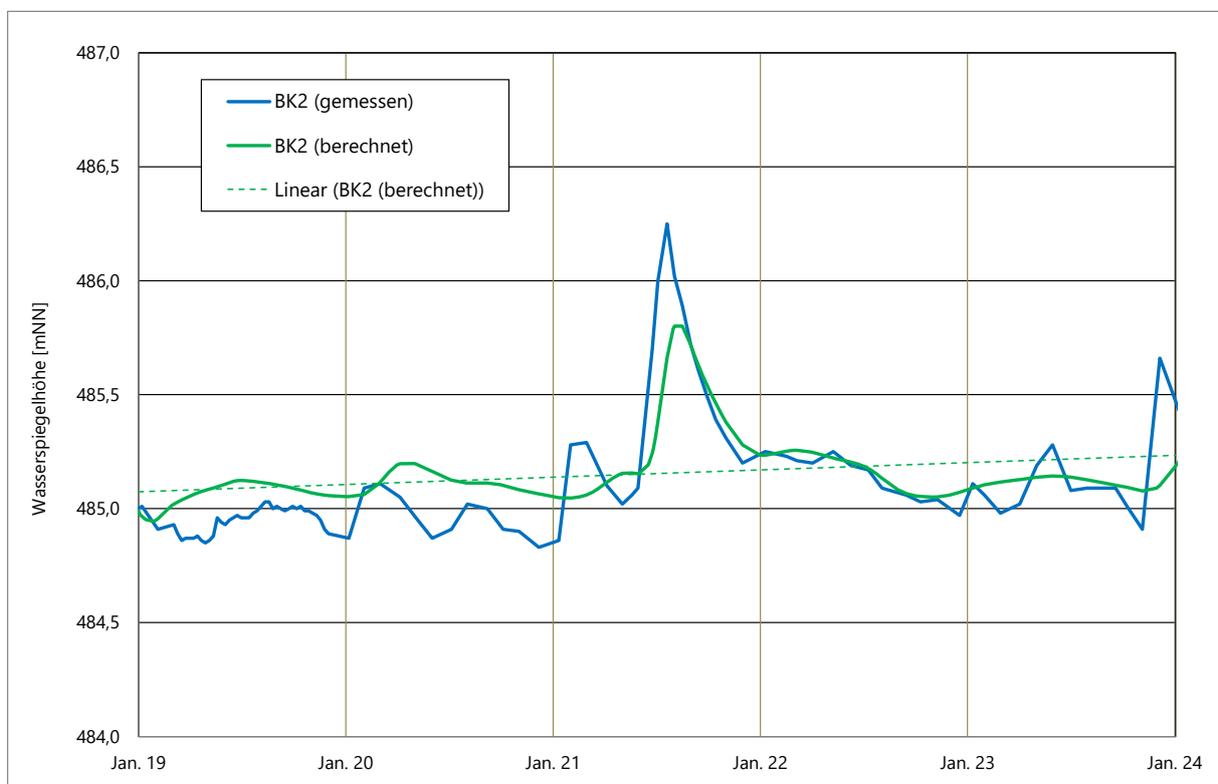


Abb. 4.7a Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der BK2

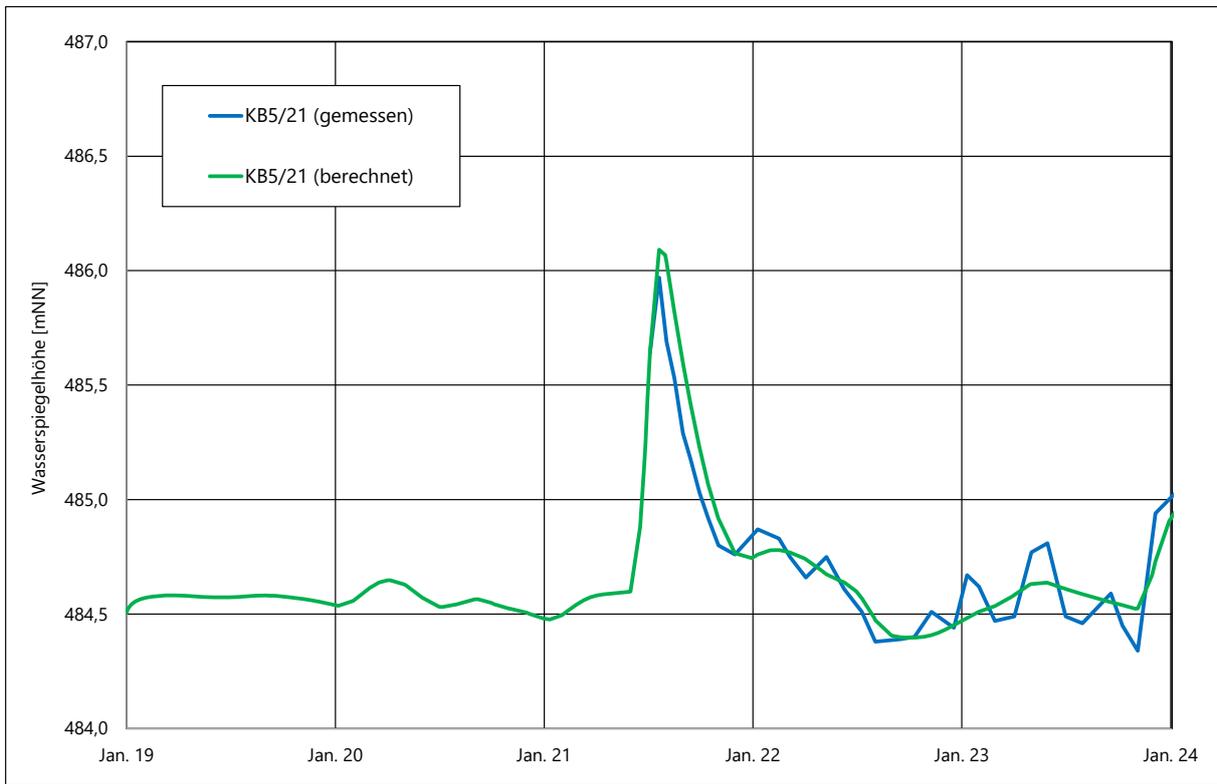


Abb. 4.7b Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der KB5/21

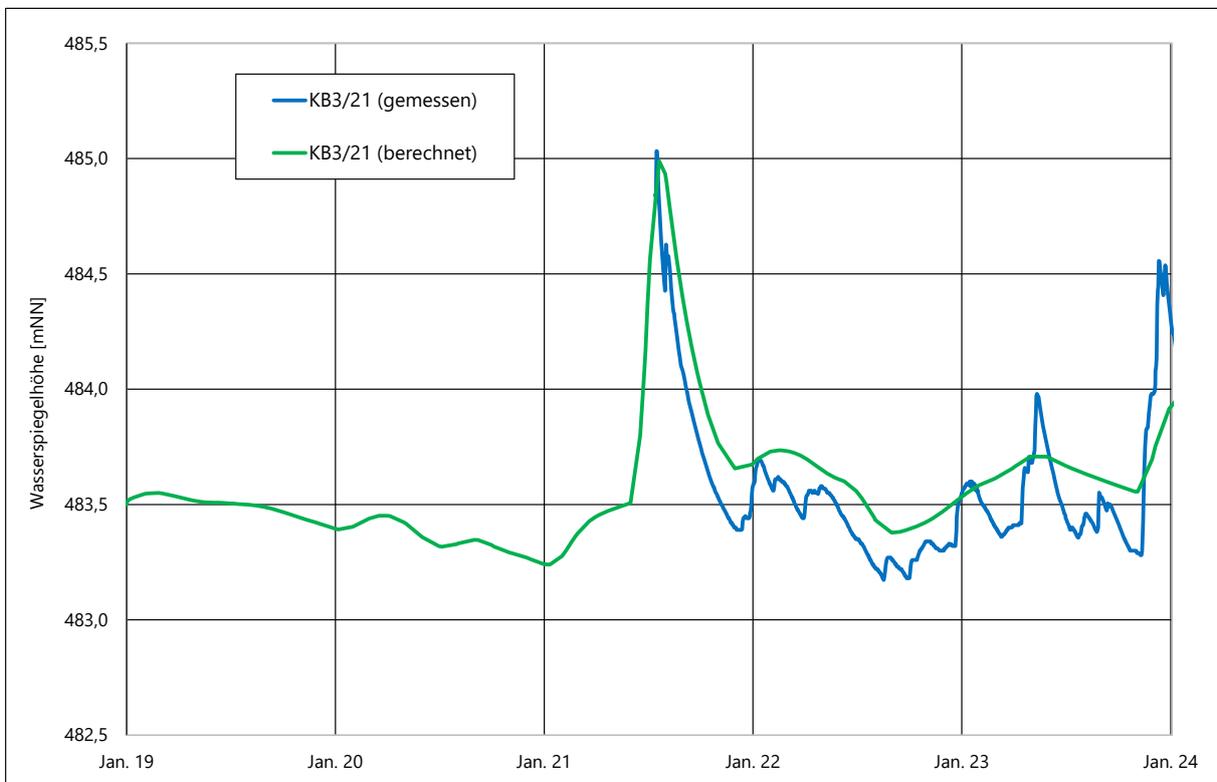


Abb. 4.7c Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der KB3/21

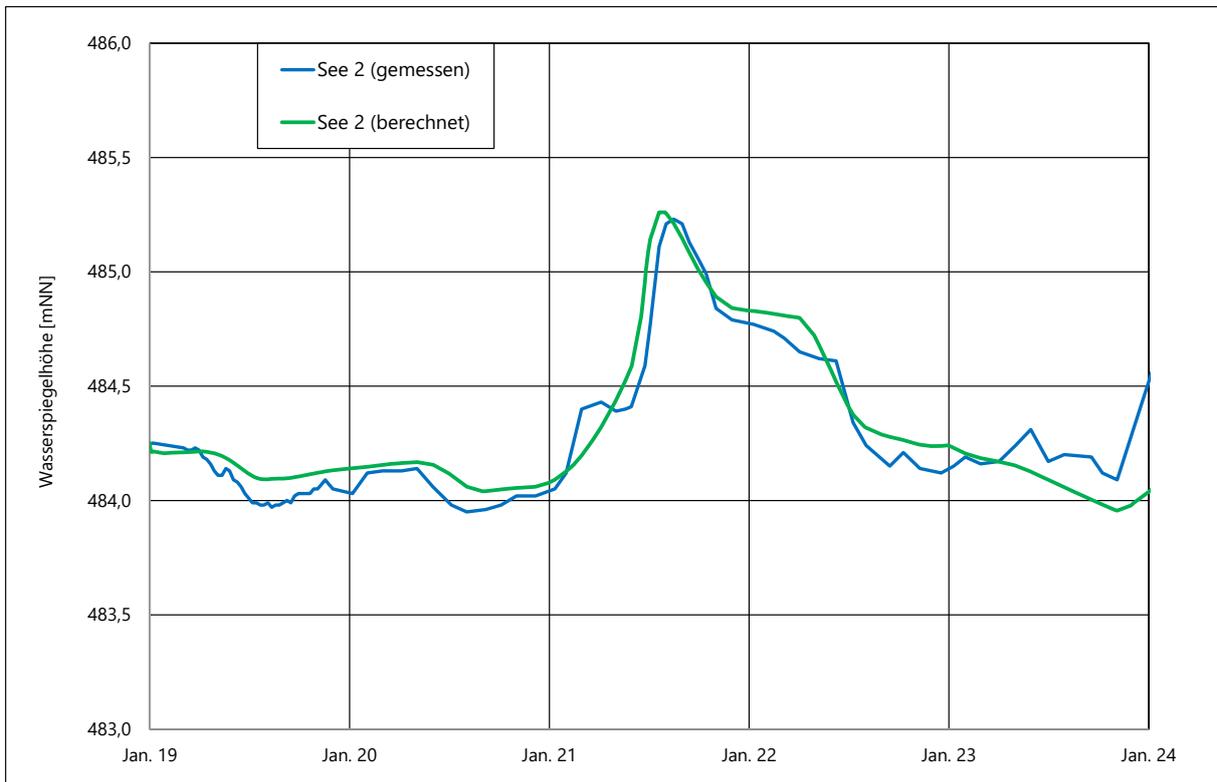


Abb. 4.7d Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen im See 2

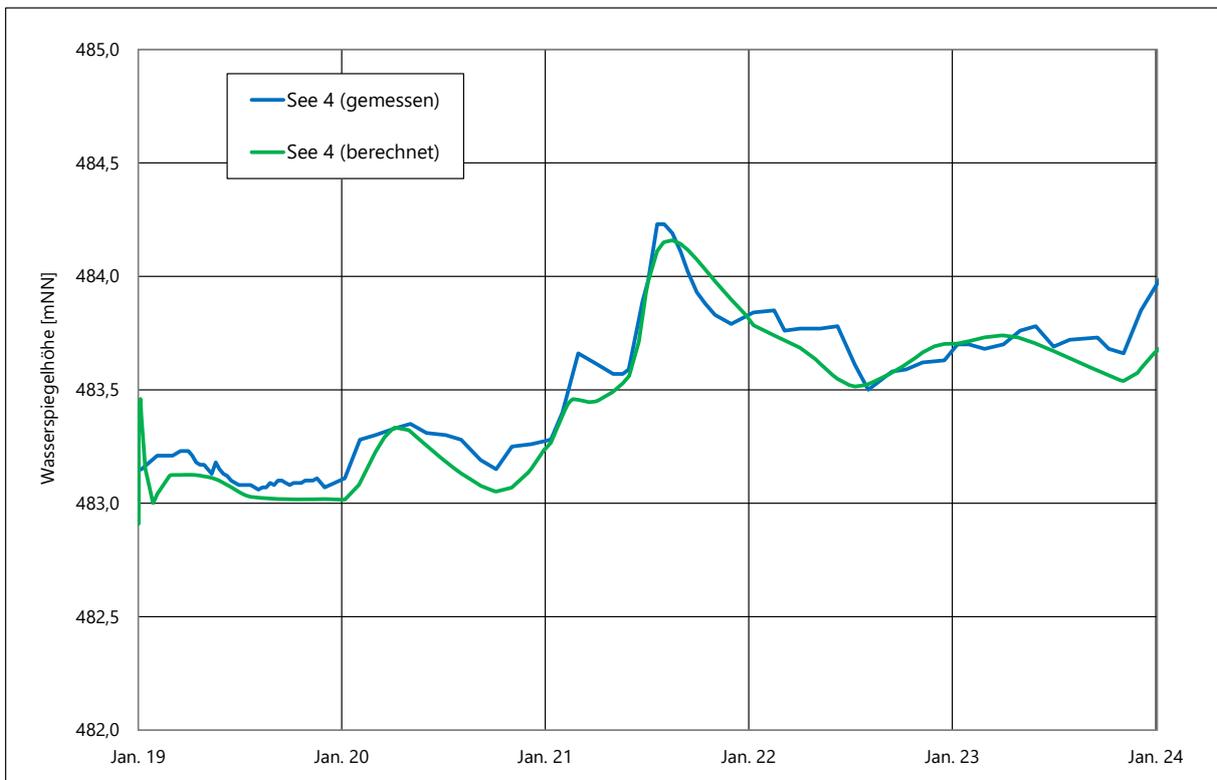


Abb. 4.7e Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen im See 4

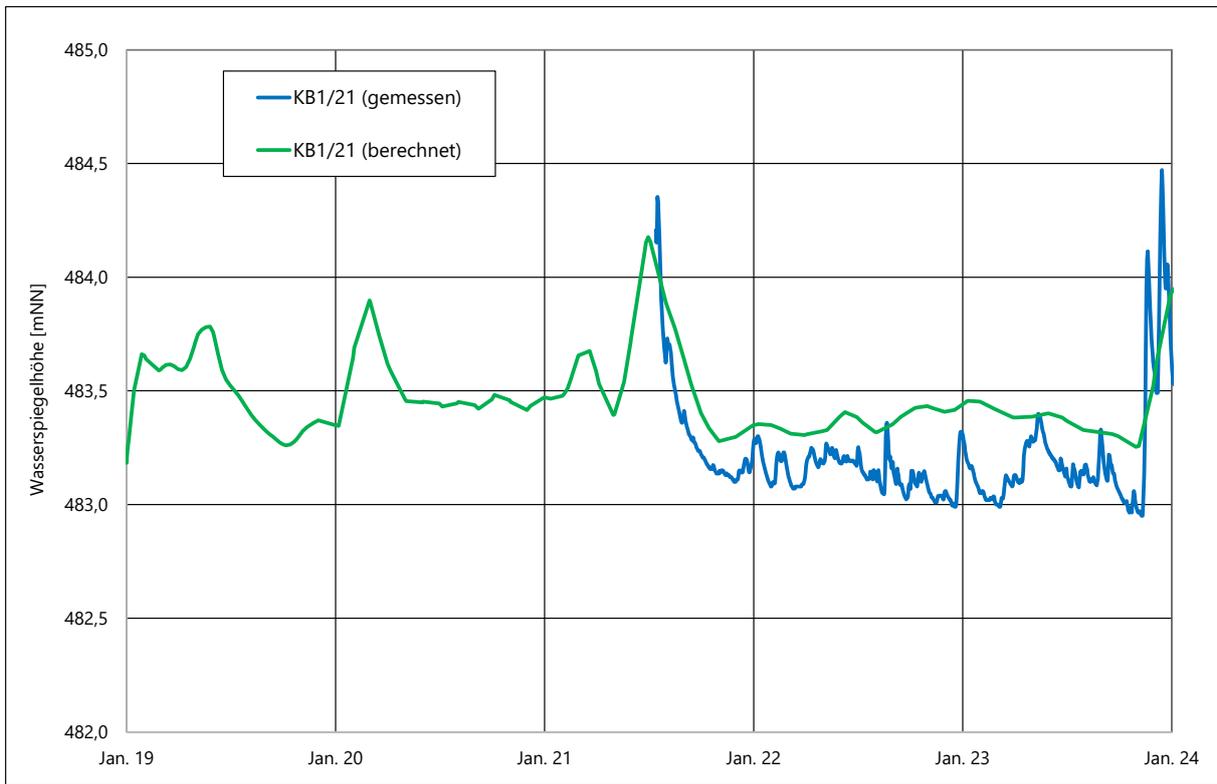


Abb. 4.7f Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der KB1/21

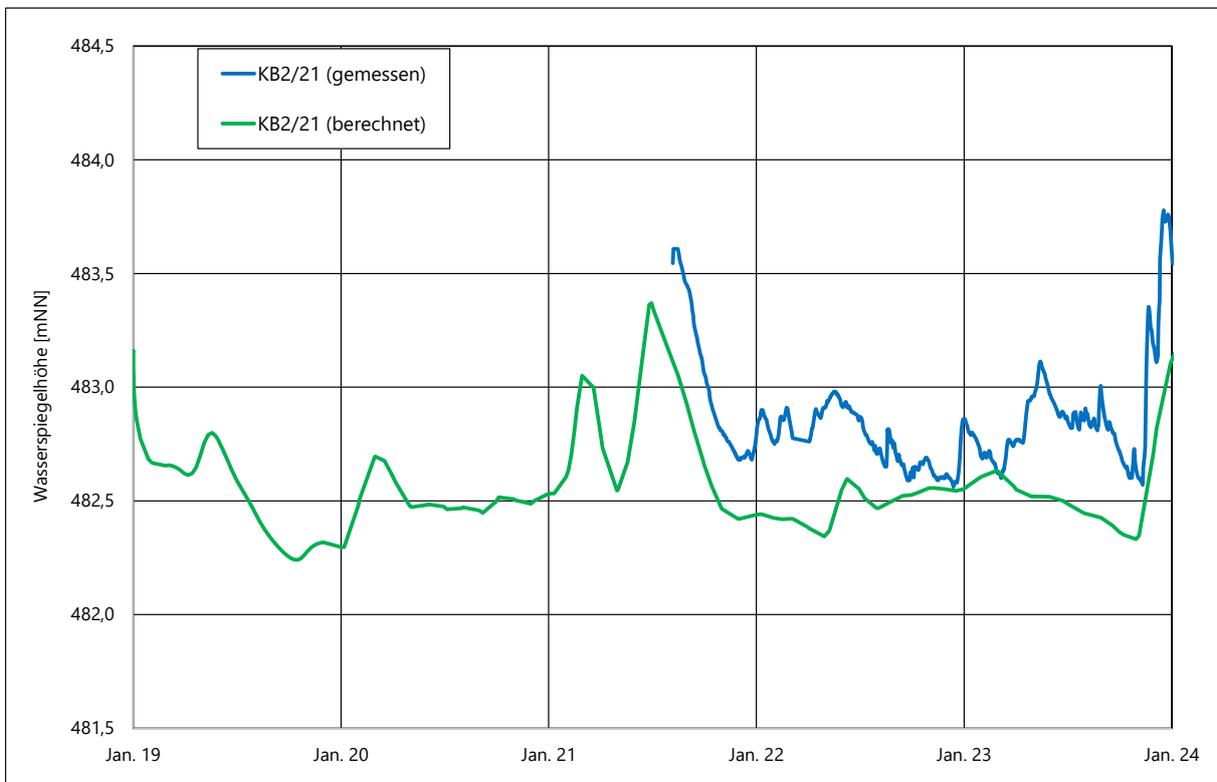


Abb. 4.7g Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der KB2/21

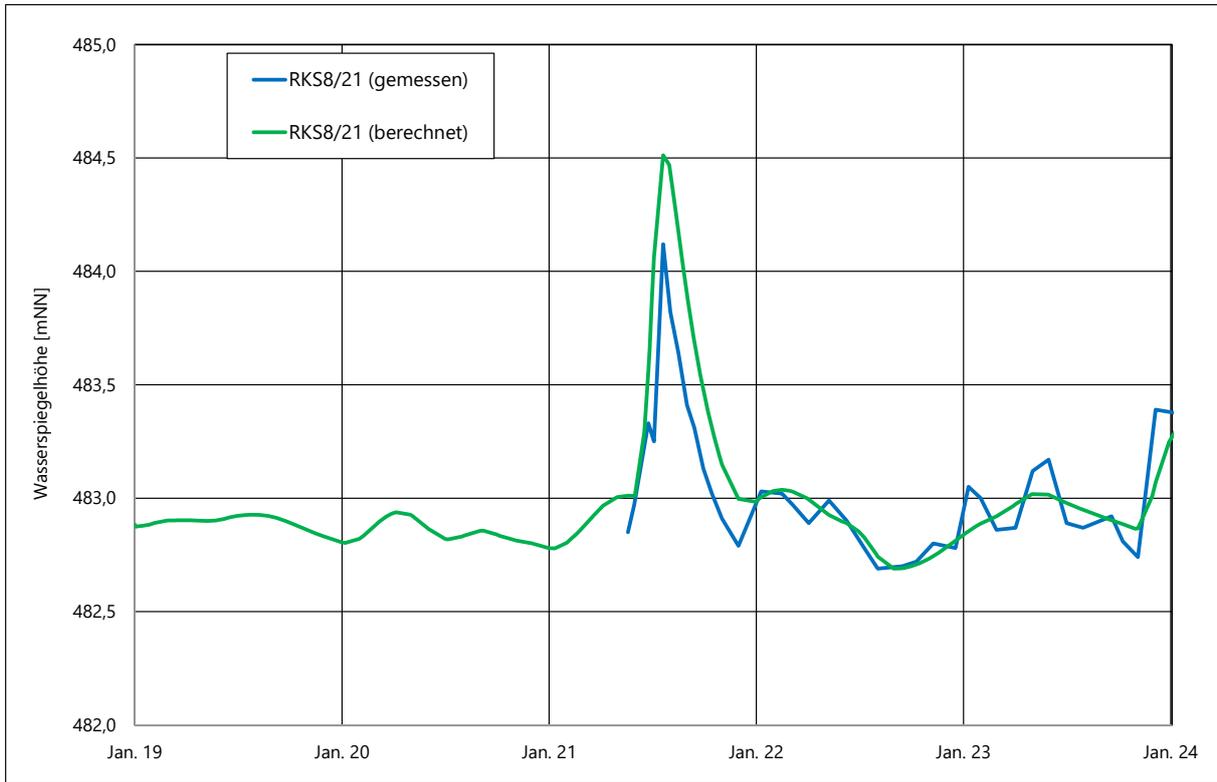


Abb. 4.7h Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der RKS8/21

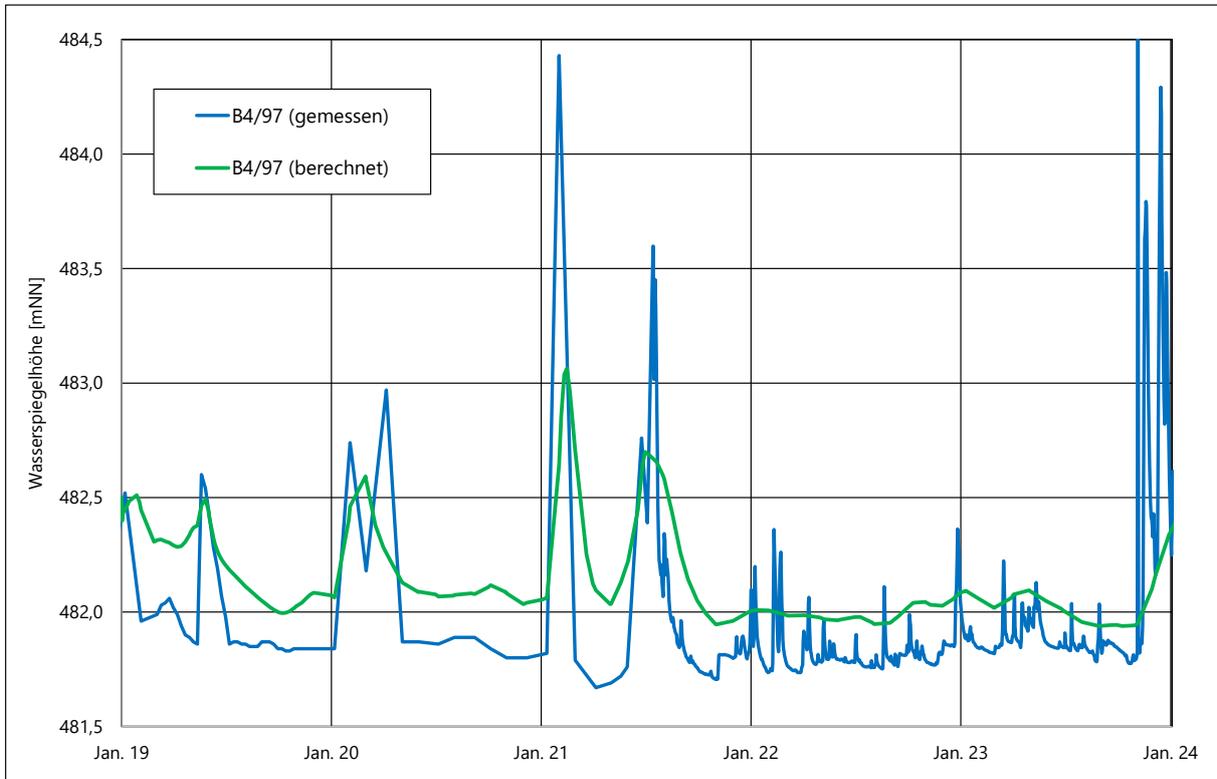


Abb. 4.7i Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der B4/97

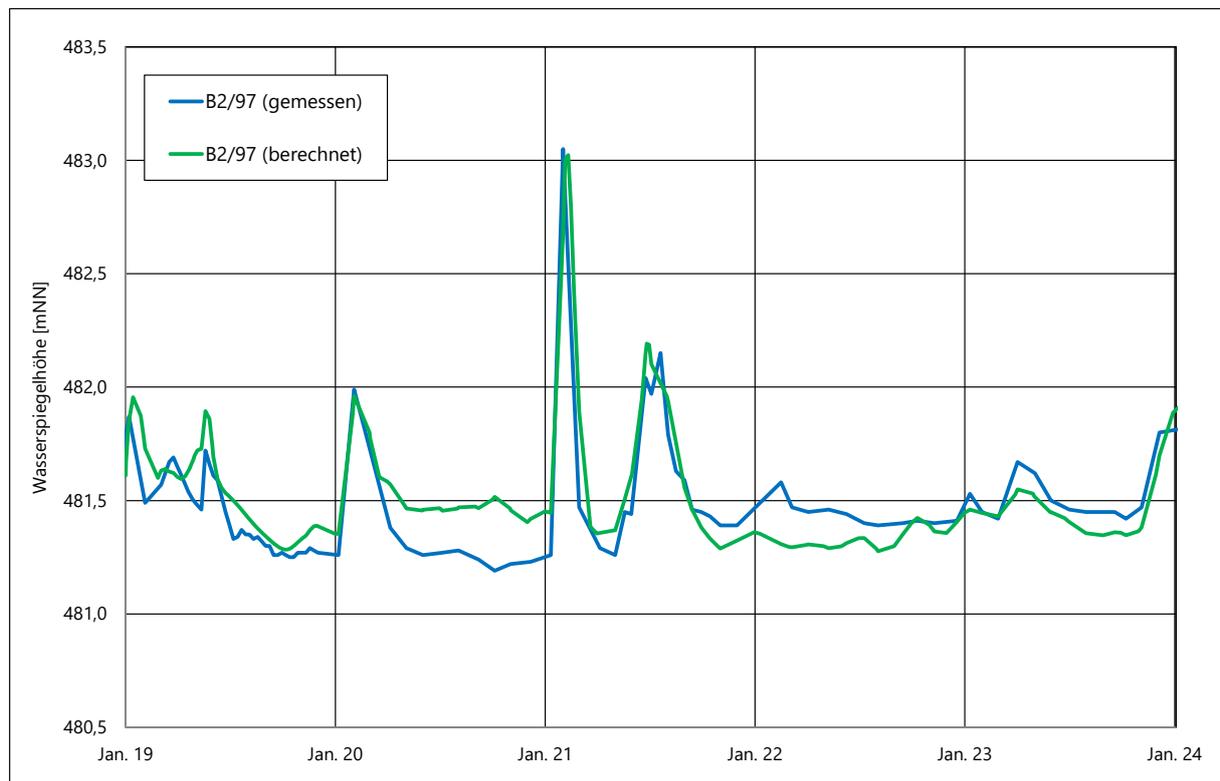


Abb. 4.7j Vergleich der gemessenen und berechneten Wasserspiegelhöhen in der B2/97

Ein weiteres wichtiges Ergebnis der Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells ist die Grundwasserhaushaltsbilanz, die die Zu- (positive Bilanzglieder) und Abströme (negative Bilanzglieder) in und aus dem Modellgebiet umfasst. Die Berechnung für den Zeitraum 2019 bis 2023 ergab eine durchschnittliche Grundwassermenge (Grundwasserumsatz) im Modellgebiet von ca. 41,5 l/s.

In der Tabelle 3 sind die Bilanzglieder der Grundwasserhaushaltsbilanz zusammengestellt.

Die Brauchwasserentnahme aus dem See 1 wurde in der Grundwasserhaushaltsbilanz nicht berücksichtigt, da das Wasser wieder in den See 2N (See 3) eingeleitet wird.

Tab. 3 Grundwasserhaushaltsbilanz des kalibrierten Modells

Positive Bilanzglieder	Grundwasserneubildung (Niederschlag)	23,15 l/s
	Versickerung Risskanal	10,07 l/s
	Infiltration Riss/Viehsumgraben	6,39 l/s
	Infiltration Donau	1,86 l/s
Summe		41,47 l/s
Negative Bilanzglieder	Exfiltration Riss/Viehsumgraben	7,32 l/s
	Exfiltration Donau	24,11 l/s
	Auffüllung Speichervolumen*	5,74 l/s
Summe		41,51 l/s

*Der Anstieg des Grundwasserspiegels im Zeitraum 2019 – 2023 (berechneter Trend Abb. 4.7a) führt dazu, dass die Grundwasserneubildung den ungesättigten Porenraum (Speichervolumen) füllt.

Die Berechnungen haben gezeigt, dass durch die Abdichtung der Seen die Infiltration von Seewasser stark eingeschränkt ist. Die durchschnittlichen Infiltrationsmengen liegen ca. zwischen 0,2 l/s (See 1) und ca. 1,1 l/s (See 4). Nur der See 6 wird noch gut durchströmt. Die Abbildung 4.8 zeigt die Ganglinien des Abstroms aus See 1, See 2 und See 4.

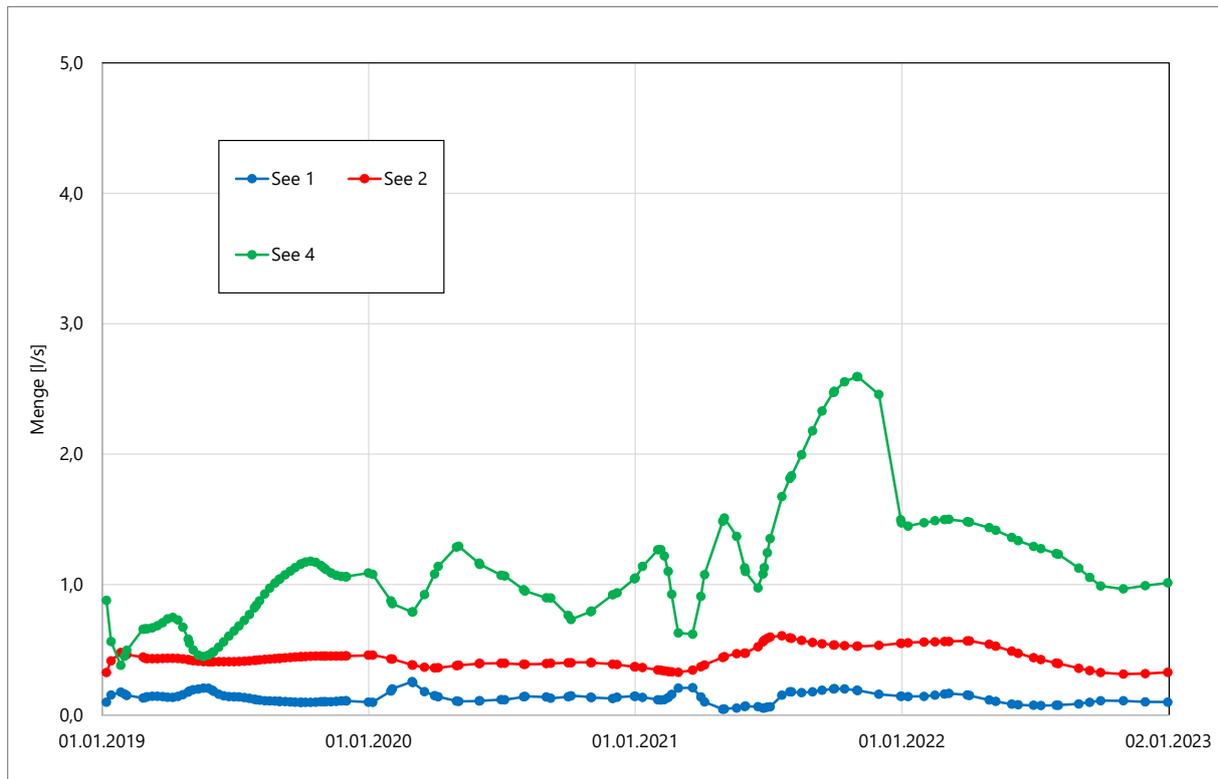


Abb. 4.8 Berechnete Ganglinien der Abstrommengen aus den Seen 1, 2 und 4 (2019 – 2023)

5. Prognoseberechnungen

Auf der Grundlage des konzeptionellen hydrogeologischen Modells wurde das numerische Modell erstellt und instationär kalibriert. Mit diesem numerischen Modell wird der Zustand nach Beendigung des genehmigten Abbaus berechnet und es können weitere Prognoseberechnungen für die geplante Erweiterung des Kiesabbaus Rißtissen (Abb. 5.1) durchgeführt werden.

Ausgehend vom aktuellen Zustand, der im Rahmen der Kalibrierung mit dem Modell berechnet wurde, werden zuerst die Grundwasserhältnisse für den geplanten Endzustand des genehmigten Kiesabbaus prognostiziert.

Die Prognoseberechnungen erfolgen mit den Durchschnittswerten der gemessenen und bei der instationären Kalibrierung zugrunde gelegten Randbedingungen (Wasserstand Donau, Viehsaumgraben, Grundwasserneubildung, Sickerwasser Risskanal - Zeitraum 01.01.2019 – 31.12.2023).

Somit ergeben sich zwei Szenarien der Prognoseberechnungen:

Prognoseberechnung 1: Berechnung der hydrogeologischen Verhältnisse bis zur Beendigung des genehmigten Kiesabbaus (voraussichtlich Ende ca. 2027).

Prognoseberechnung 2: Berechnung der hydrogeologischen Verhältnisse unter Berücksichtigung der geplanten Erweiterung (voraussichtlich Ende ca. 2043, Lage s. Abb. 5.1).

5.1 Grundlagen der Prognoseberechnungen

Um den Einfluss der geplanten Erweiterung auf die hydrogeologischen Fließverhältnisse bewerten zu können, werden vereinfachte bzw. konstante Randbedingungen angenommen. Ansonsten überlagern die instationären Randbedingungen (Neubildung, Wasserstände der Oberflächengewässer) die Auswirkungen des Kiesabbaus und erschweren die Bewertung des Einflusses des Kiesabbaus.

Dies wird durch konstante Werte (Durchschnittswerte des Kalibrierungszeitraumes 2019 – 2023) der Grundwasserneubildung und der Wasserstände der Vorfluter (Viehsaumgraben, Donau) gewährleistet.

Die Durchschnittswerte der Randbedingungen für die Prognoseberechnungen sind:

Grundwasserneubildung:	Gesamt ca. 33,0 l/s davon entfallen auf:	
	Untersuchungsgebiet	= ca. 23 l/s
	Sickerwasser aus Risskanal	= ca. 10 l/s

Wasserspiegel Donau (Ex-Infiltration): 481,88 m NN (West) - 480,85 m NN (Ost)

Wasserspiegel Viehsaumgraben

(Ex-Infiltration): 481,79 m NN (Nord) - 484,41 m NN (Stauwehr)
485,0 m NN (Stauwehr) - 485,74 m NN (Süd)

Innerhalb des Modellgebietes wird den genehmigten Seen und den Seen der geplanten Erweiterung Durchlässigkeitswerte (kf-Werte) von 1 m/s und eine Porosität von 1 zugewiesen.

Seebereiche die verfüllt werden (Dämme, Flachwasserzonen etc.) bekommen eine geringe Durchlässigkeit von $1 \cdot 10^{-6}$ m/s zugewiesen.

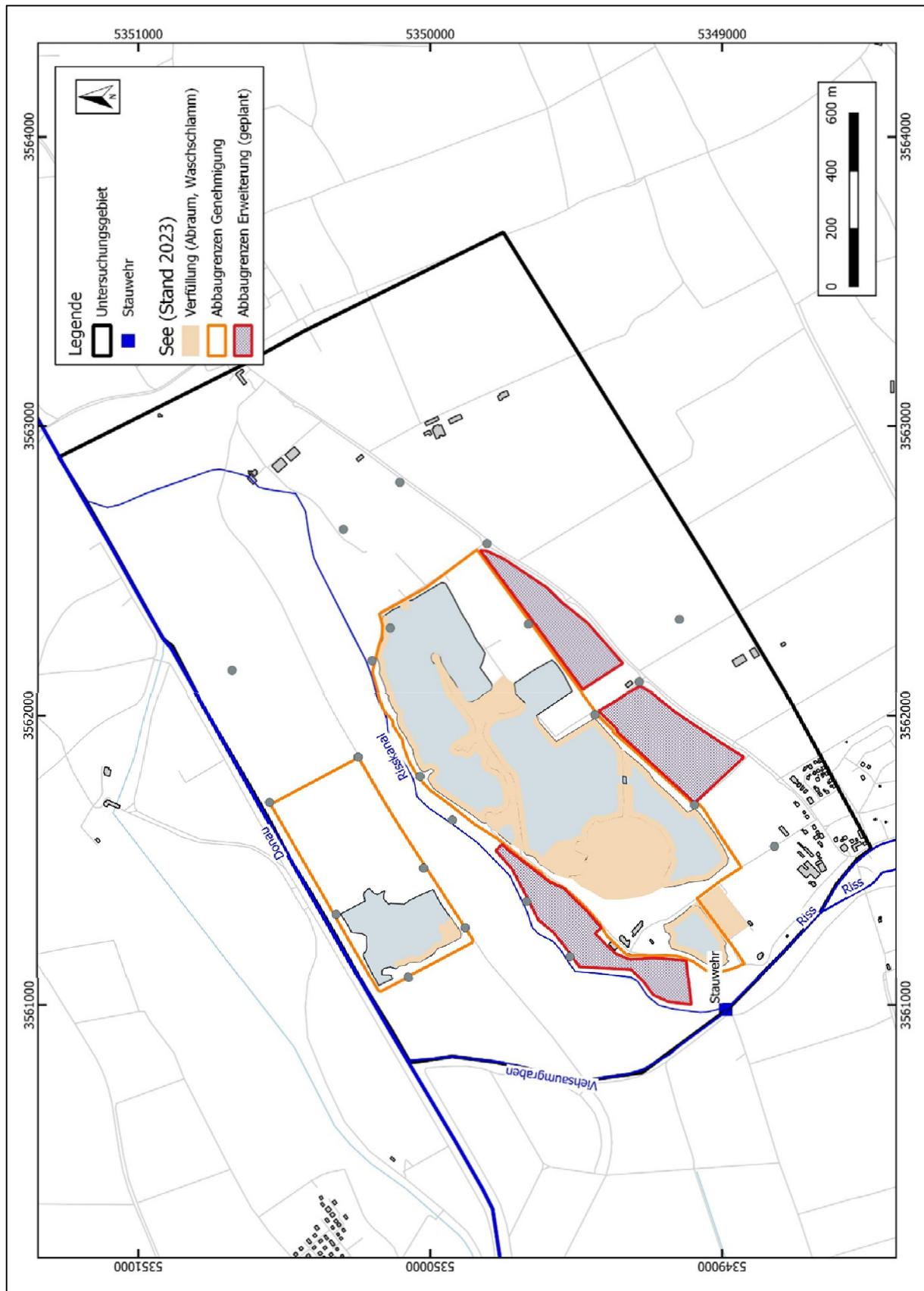


Abb. 5.1 Lageplan mit dem aktuellen Abbaustand, den genehmigten Abbaubereichen und einer geplanten Erweiterung des Kiesabbaus

5.2 Prognoseberechnung 1 – Zustand Ende genehmigter Abbau

Die erste Prognoseberechnung betrachtet den Zustand am Ende des genehmigten Abbaus und vor Beginn des Abbaus im Bereich der geplanten Erweiterung in ca. 3 Jahren (ca. 2027). Diese Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse entspricht also dem Zustand zu Beginn der geplanten Erweiterung und stellt den Ausgangspunkt für die Bewertung der Einflüsse der geplanten Erweiterung auf die Grundwasserverhältnisse im Untersuchungsgebiet dar.

Bei der Planung bis zum Beginn des Nassabbaus im Bereich der geplanten Erweiterung wurde, neben dem Einfluss der Nassauskiesung im Bereich des genehmigten Nassabbaus auf die hydrogeologischen Verhältnisse, auch die technische Durchführbarkeit berücksichtigt.

Aufgrund technischer Randbedingungen durch die geplante Erweiterung kann ein Teilbereich des genehmigten Nassabbaus erst zu einem späteren Zeitpunkt abgebaut werden.

Bei den Prognoseberechnungen bis zum Beginn des Abbaus im geplanten Erweiterungsbereich wurden folgende Szenarien berücksichtigt:

Stand Abbau Ende 2024

Im Verlauf des Jahres 2024 ist die südliche Erweiterung des Sees 4 in 2 Teilbereichen geplant. Parallel erfolgt ein Abbau im Bereich des Sees 6.

Im See 4 ist die Verlängerung des westlichen Dammbereichs vorgesehen (Abb. 5.2). Der Dammbau erfolgt mit Abraummateriale. Zwischen dem See 2N (See 3) und der südlichen Erweiterung des Sees 4 wird der Uferbereich mit Abraum gestaltet.

Stand Abbau Ende 2025

Im Jahre 2025 ist die Nassauskiesung des Sees 4 in westlicher Richtung und die weitere Nassauskiesung des Sees 6 in östlicher Richtung geplant.

Am östlichen Rand des Sees 4 wird im Uferbereich Abraum eingebracht. In den See 2N (See 3) wird das Waschwasser eingeleitet und Teile des Sees mit Waschschlamm verfüllt.

Stand Abbau 2027

Bis 2027 ist der Abbau im Bereich des genehmigten Nassabbaus südlich des Risskanals mit Ausnahme einer Teilfläche (technisch bedingt) abgeschlossen.

Der genehmigte Nassabbau des Sees 6 schreitet in östlicher Richtung voran, hat aber 2027 noch nicht die genehmigte Größe erreicht.

Die östliche Ufergestaltung des Sees 4 mit Abraummateriale ist 2027 erfolgt. Der Damm zwischen dem See 4 und dem See 5 wird im Rahmen der Endkultivierung geschlossen. Zur Erhaltung des natürlichen Gefälles im Bereich der beiden Seen wird ein Überlauf auf einer Höhe von 483,9 mNN empfohlen.

Die Verfüllung im Bereich See 6 dient zur Herstellung des genehmigten Retentionsbereichs mit einem Anschluss des verbleibenden Sees an die Donau.

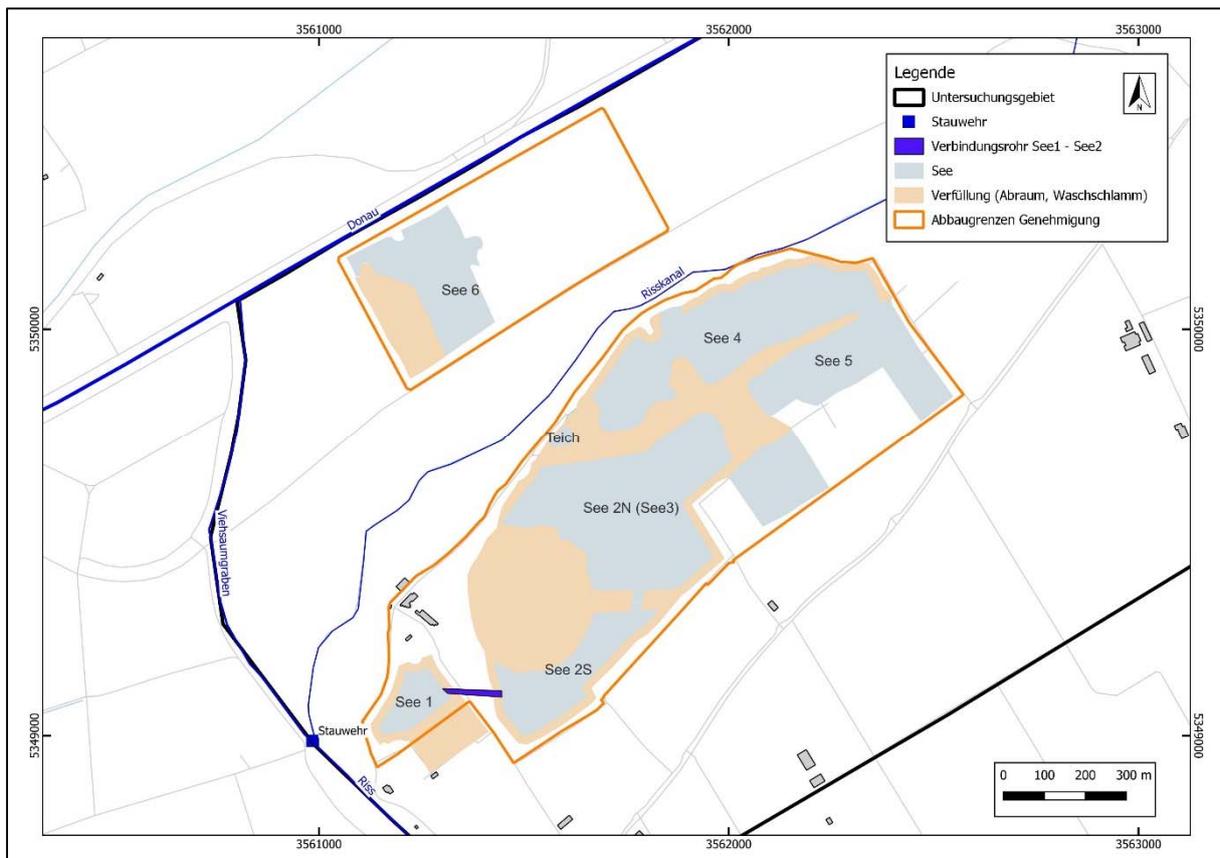


Abb. 5.2 genehmigter Nassabbau – Planung Stand 2025

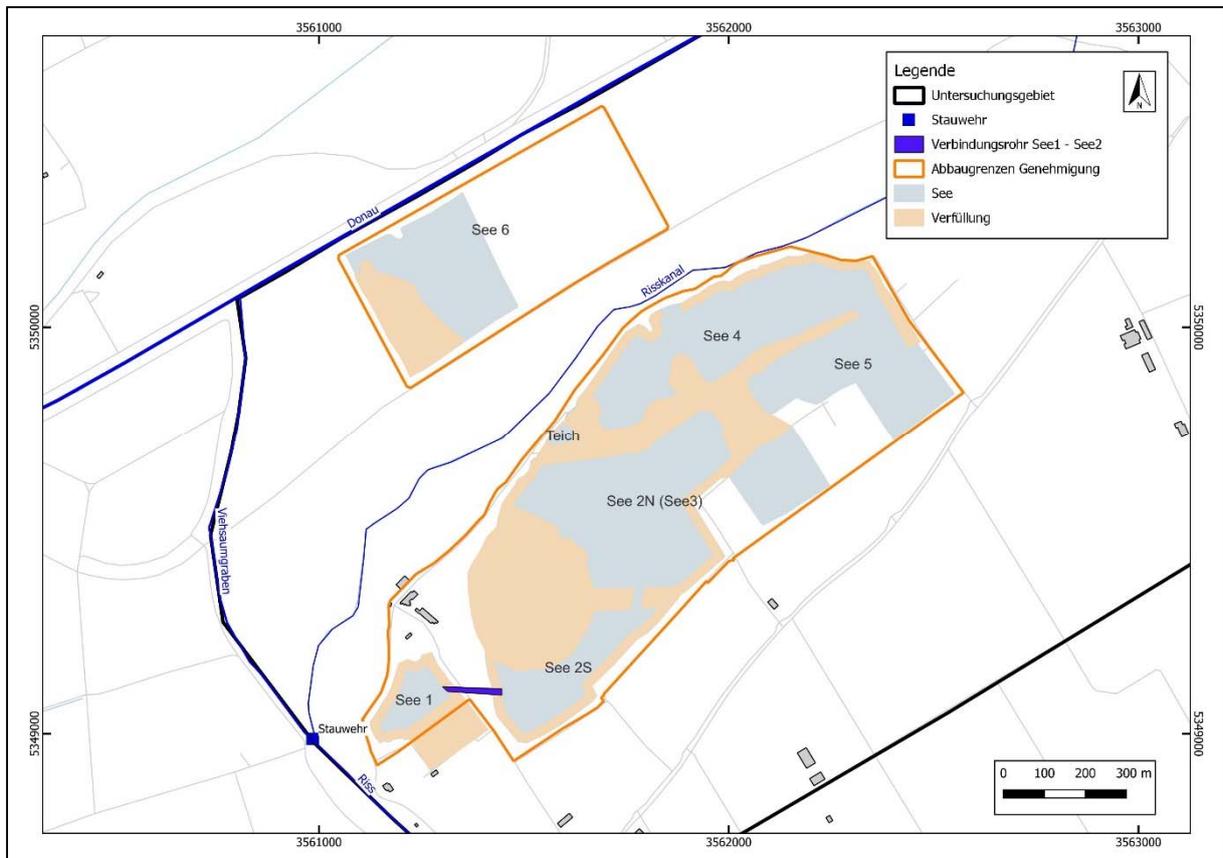


Abb. 5.3 genehmigter Nassabbau – Planung Stand 2026

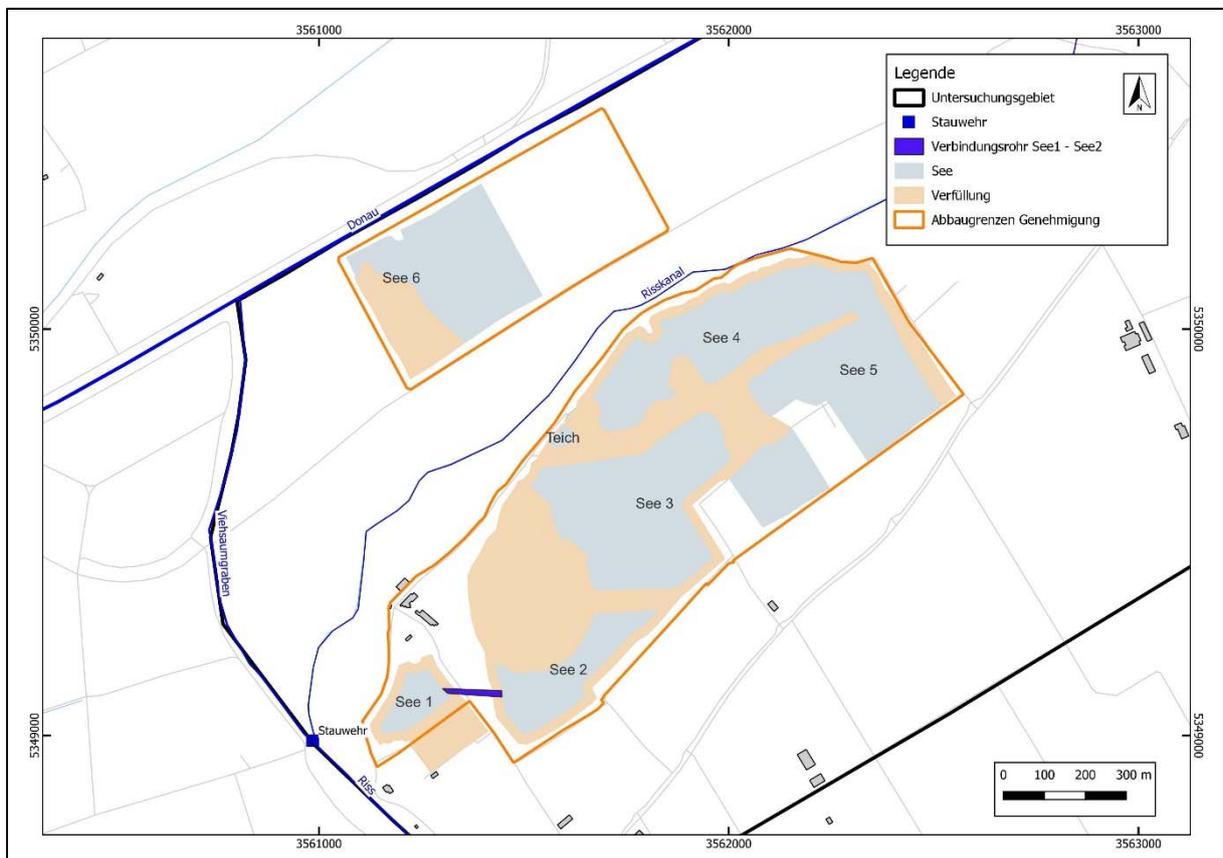


Abb. 5.4 genehmigter Nassabbau – Planung Stand 2027

Die Prognoseberechnung 1 für den Einfluss des fortschreitenden Abbaus (genehmigt) bis ca. 2027 unter konstanten Randbedingungen zeigt, dass der Einfluss des Abbaus keine signifikanten Auswirkungen hat (Abb. 5.5). Die berechneten Grundwasserspiegelhöhen in den Referenzmessstellen belegen, dass der Wasserspiegel in den einzelnen Messstellen innerhalb des Bereichs der natürlichen Schwankungsbreite liegt (Abb. 5.6a – 5.6j). Im Schnitt weicht die Grundwasserspiegelhöhe in den Referenzmessstellen am Ende der Prognoseberechnung 1 um ca. 0,06 m von dem Durchschnittswert der berechneten Grundwasserspiegelhöhen der Kalibrierung ab. Diese Änderung lässt sich auf den Einfluss des genehmigten Nassabbaus bis ca. 2027 zurückführen.

Bemerkung:

Die Prognoseberechnung 1 (Berechnung bis ca. 2027) wurde mit den Durchschnittswerten der Randbedingungen, die den berechneten Grundwasserspiegelhöhen im Zeitraum 2019 – 2024 (Kalibrierung) zugrunde lagen, durchgeführt. Bei konstanten Aquiferparametern (Durchlässigkeit, Speicherkoeffizient) müsste sich ein konstanter Grundwasserstand einstellen, der dem Durchschnittswert des Grundwasserstandes des berechneten Kalibrierungszeitraumes entspricht. Die Abweichung ist auf den Einfluss des fortschreitenden Abbaus (Nassabbau, Verfüllungen) und den dadurch resultierenden Änderungen der Aquiferparameter zurück zu führen.

Beim Vergleich der berechneten Grundwassergleichen am Ende der Prognoseberechnung 1 (ca. 2027) mit den Grundwassergleichen der Stichtagsmessung vom 01.03.2023 (Abb. 5.5) lassen sich vor allem südlich des Abbaus Abweichungen des Verlaufs der Grundwassergleichen erkennen. Durch die Erweiterung des Sees 4 in südlicher Richtung ändert sich die Fließrichtung schneller von einer nordöstlichen in eine nördliche Richtung.

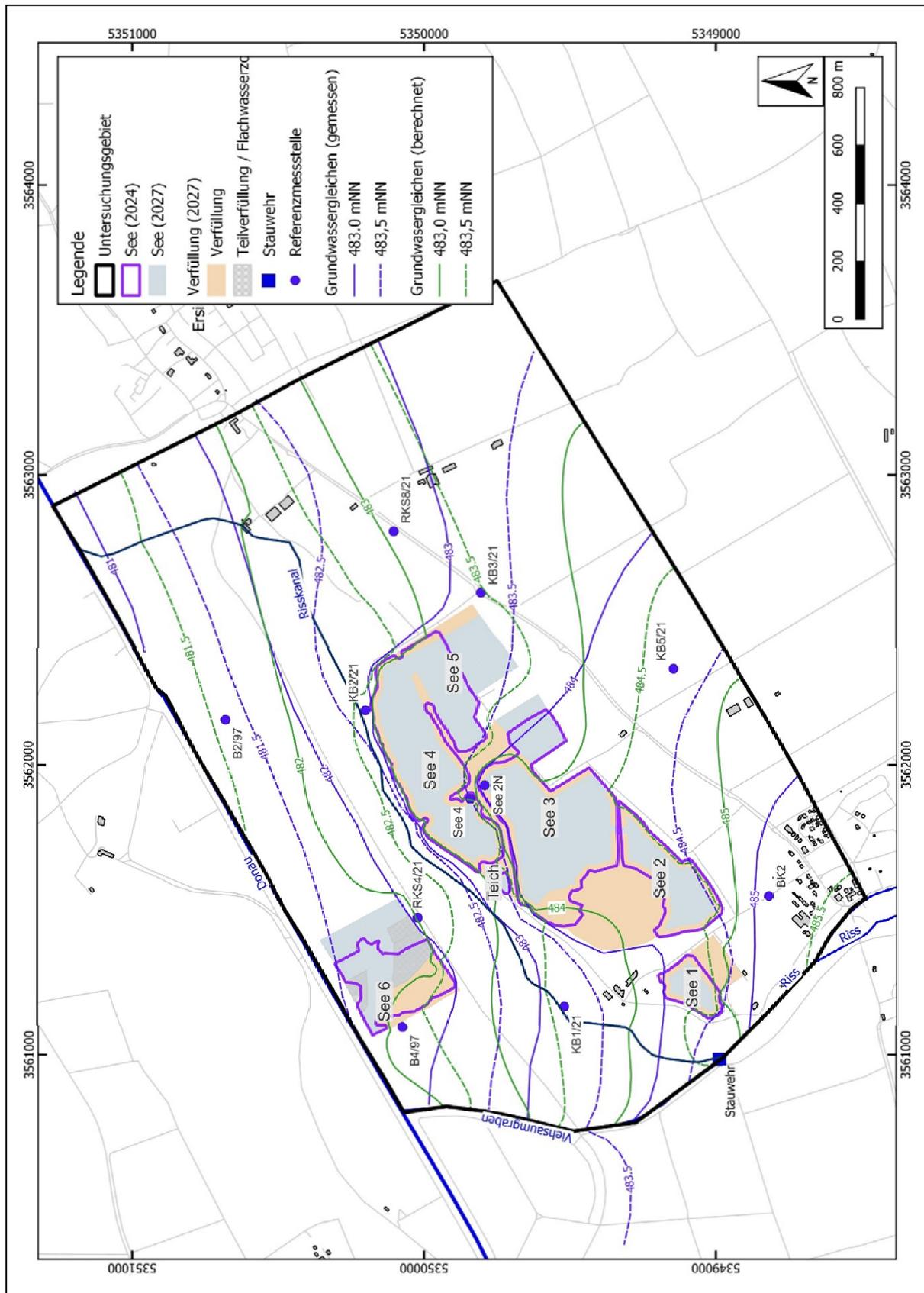


Abb. 5.5 Vergleich der berechneten Grundwassergleichen (2026/2027 – Prognose 1) mit den Grundwassergleichen der Stichtagsmessung vom 01.03.2023 und Lage der Referenzmessstellen

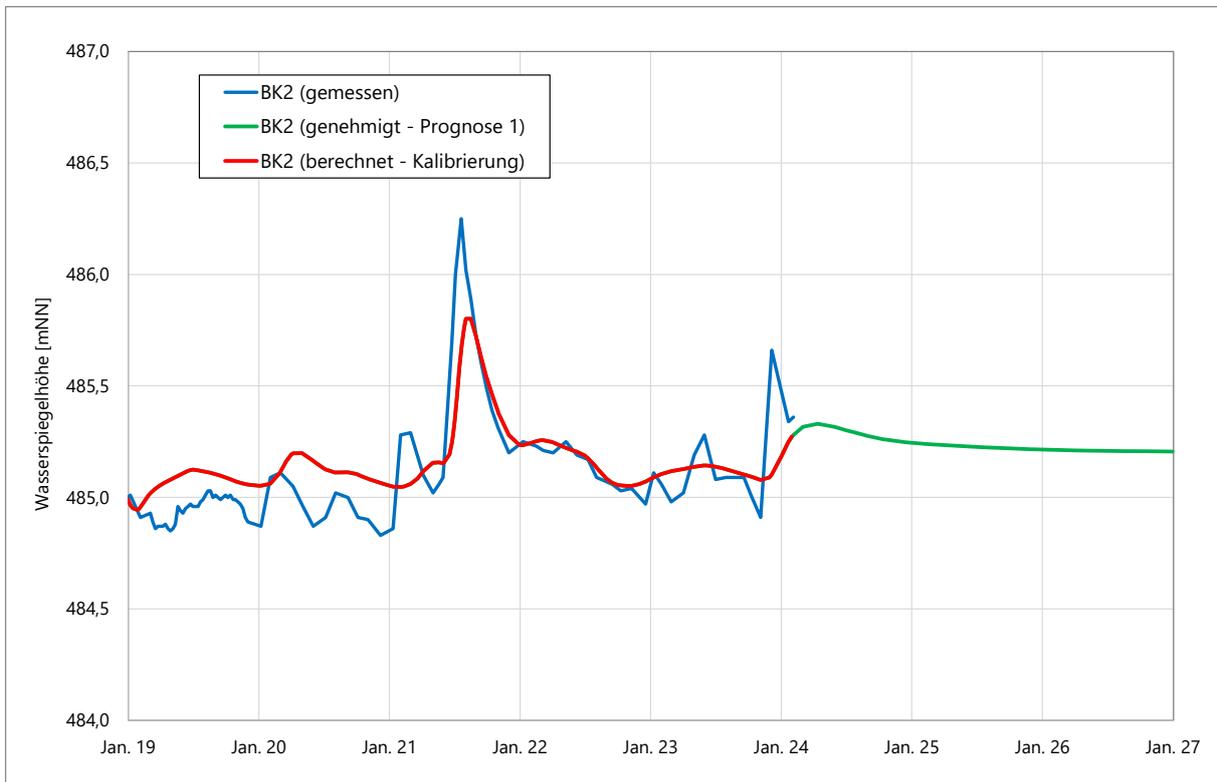


Abb. 5.6a Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der GWM BK2

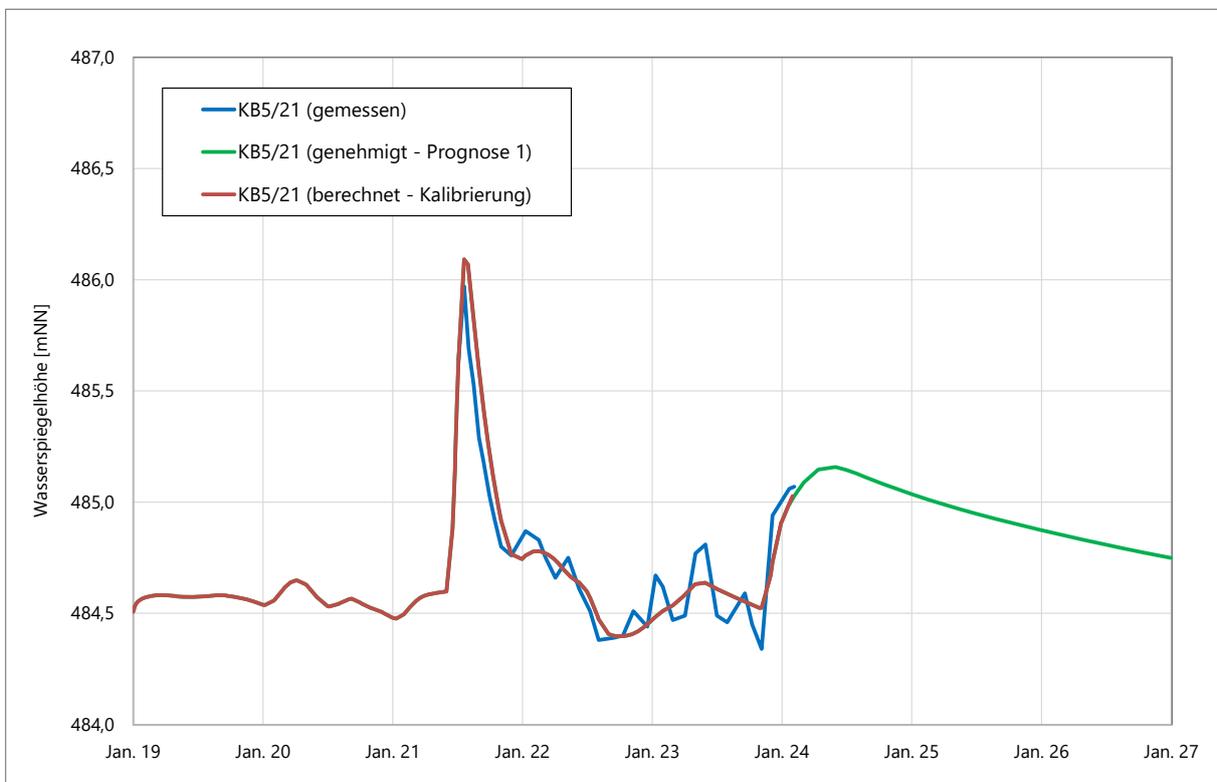


Abb. 5.6b Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der GWM KB5/21

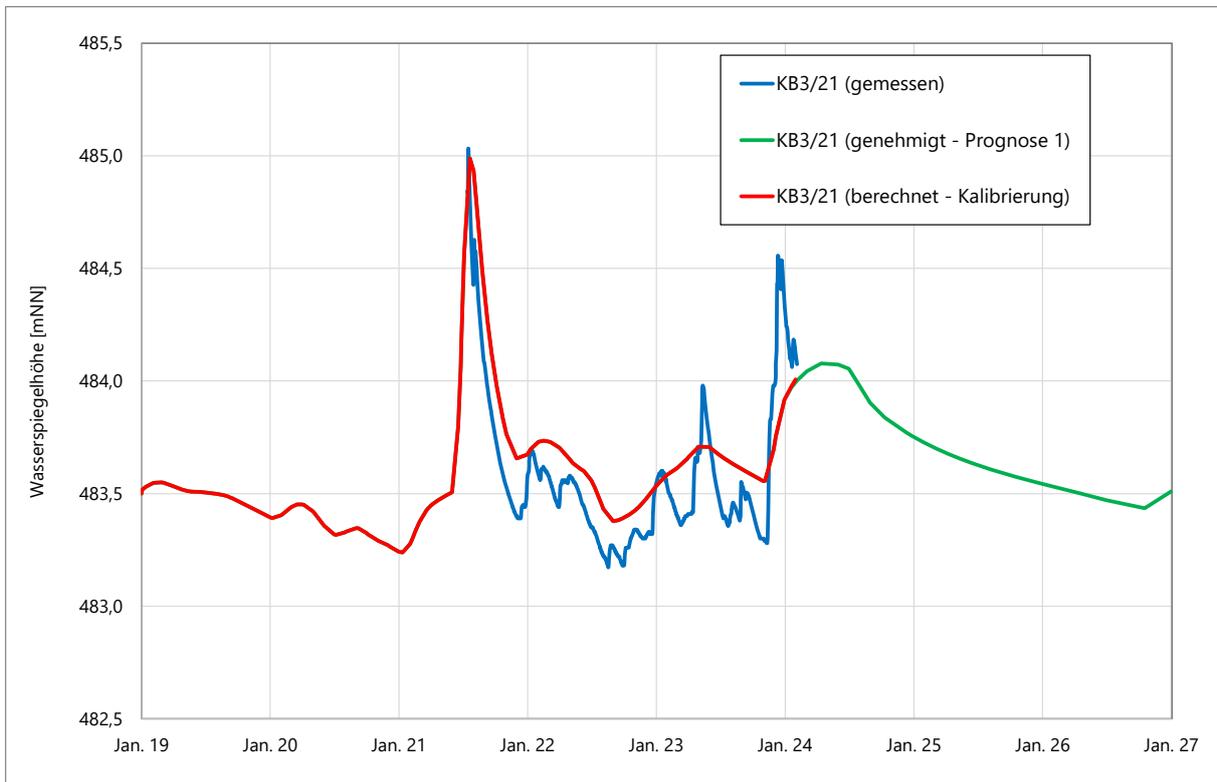


Abb. 5.6c Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der GWM KB3/21

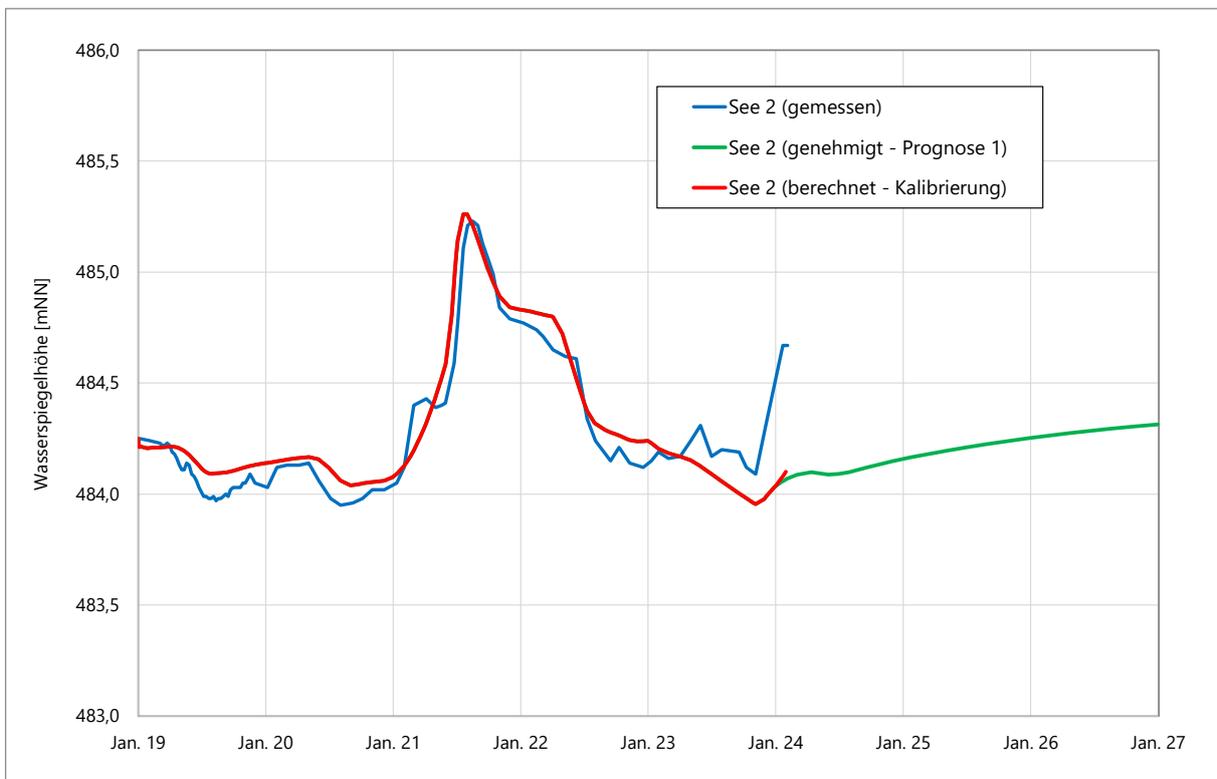


Abb. 5.6d Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) im See 2

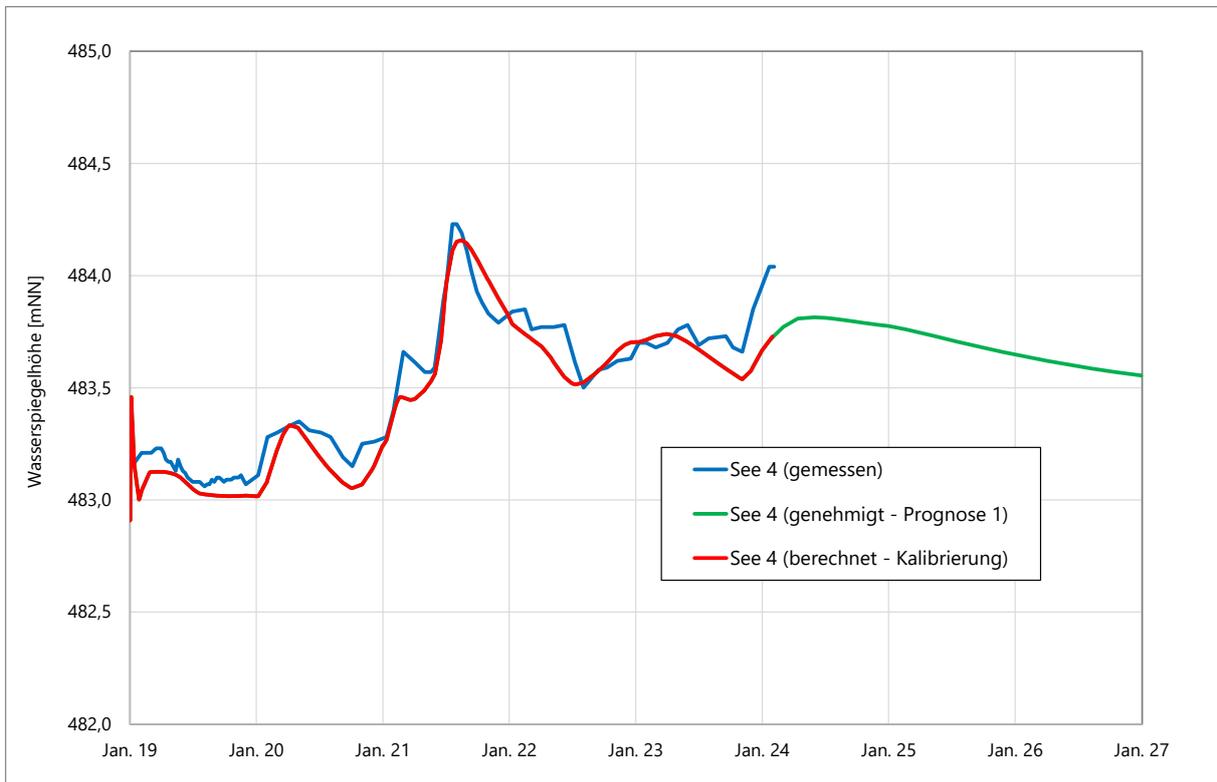


Abb. 5.6e Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) im See 4

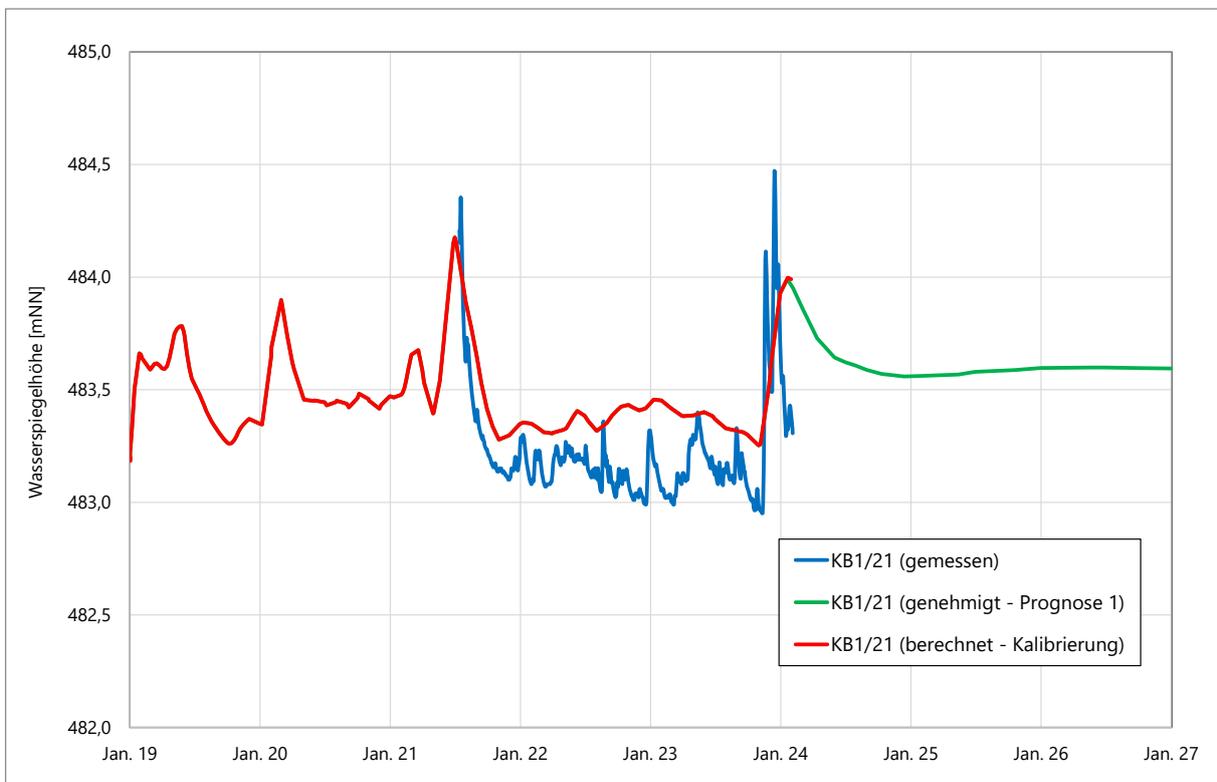


Abb. 5.6f Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der KB1/21

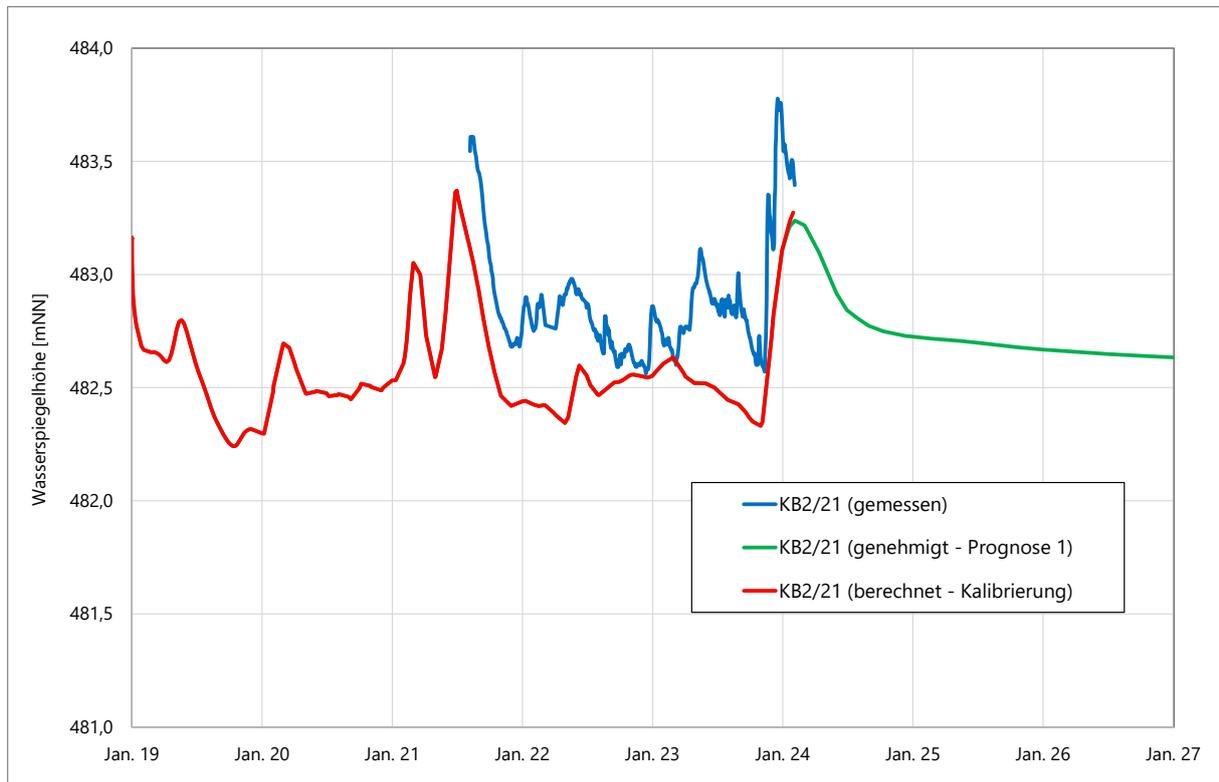


Abb. 5.6g Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der KB2/21

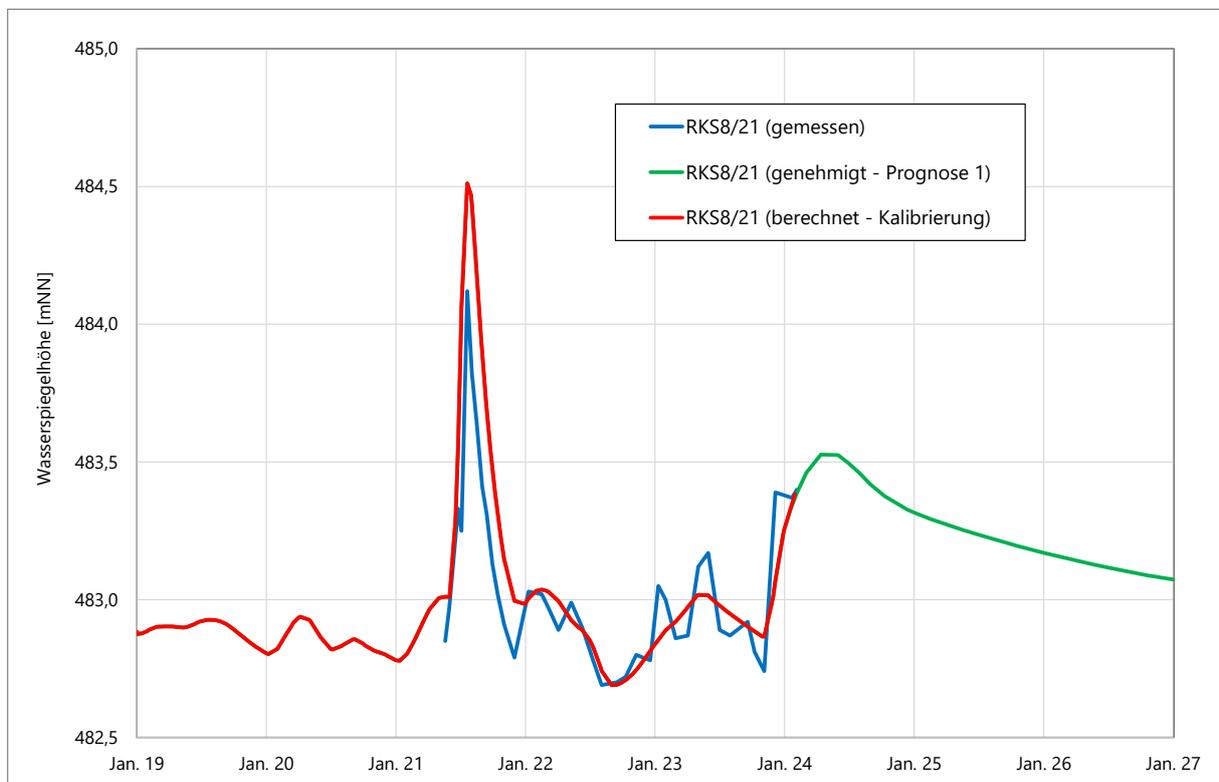


Abb. 5.6h Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der RKS8/21

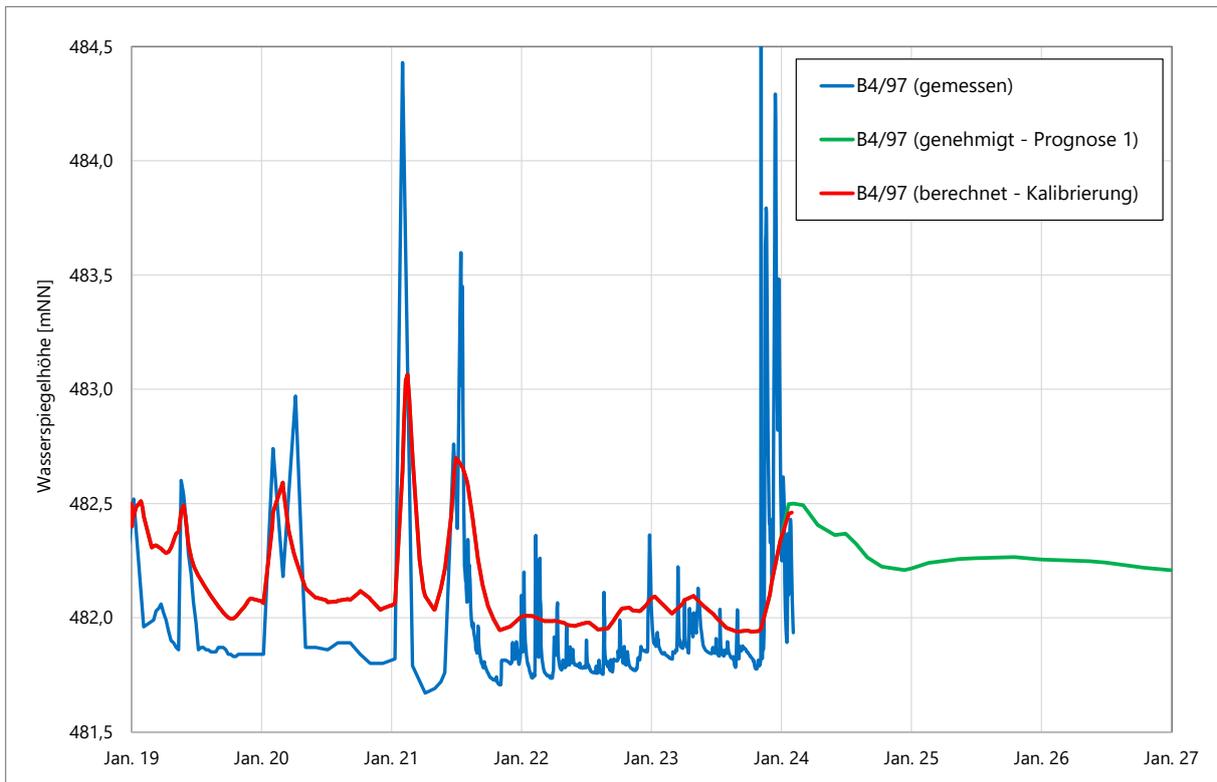


Abb. 5.6i Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der B4/97

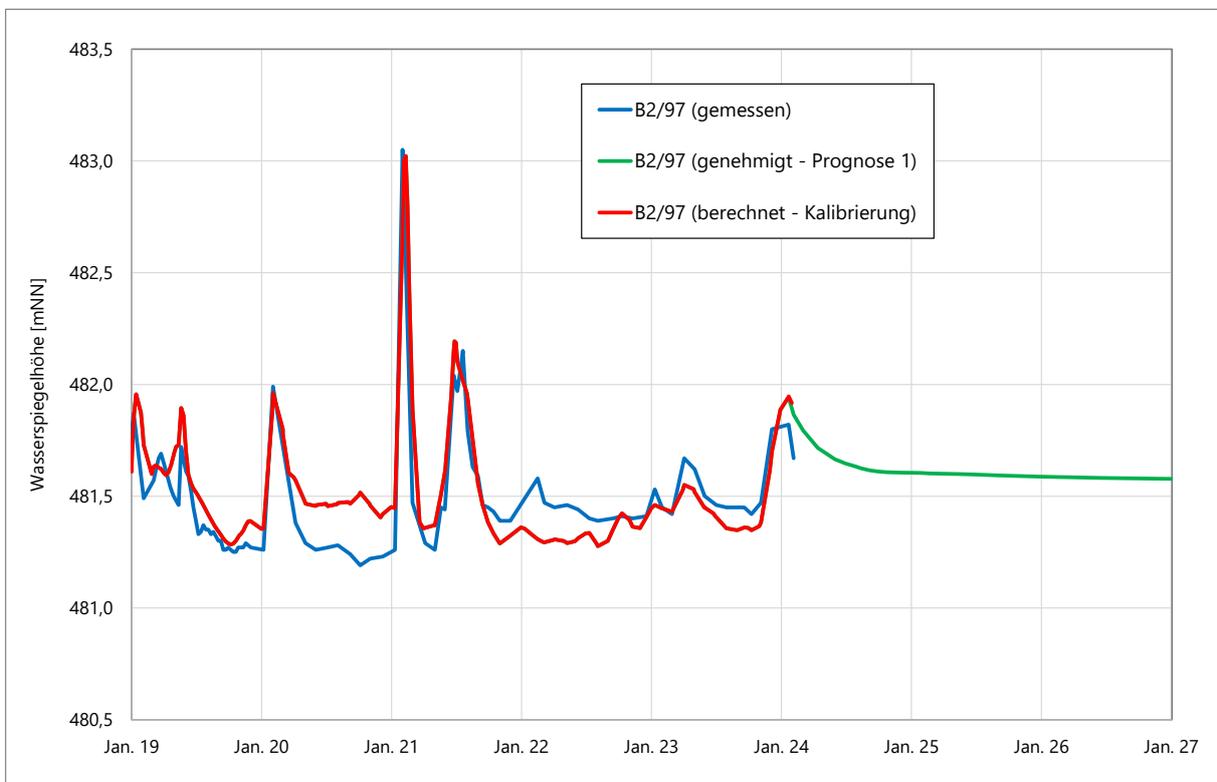


Abb. 5.6j Gemessene Wasserspiegelhöhen und berechnete Grundwasserganglinien mit instationären Randbedingungen bis 2024 (Kalibrierung) und konstanten Randbedingungen bis 2027 (Prognose 1) in der B2/97

5.3 Prognoseberechnung 2

Die Erweiterung des Kiesabbaus nach Abschluss der Auskiesung im genehmigten Bereich umfasst den Abbauabschnitt 1 (BA1) mit ca. 7,95 ha (BA1), den Abbauabschnitt 2 (BA2) mit ca. 9,82 ha und den Abbauabschnitt 3 (BA3) mit ca. 9,58 ha (Bruttoflächen). Der Zeitraum des Abbaus für den genehmigten Bereich und die Erweiterung ist bis ca. 2043 geplant (Abb. 6.1b)

Die Prognoseberechnung 2 wurde für einen Abbau durchgeführt, der auf der südlichen Erweiterungsfläche (BA1) ca. 2027 beginnt und ca. 2035 abgeschlossen wird. In diesem Zeitraum wird auch noch eine Restfläche des genehmigten Nassabbaus abgebaut.

Danach erfolgt bis ca. 2040 der Kiesabbau im westlich des BA1 gelegenen Abbauabschnitt 2 (BA2).

Bis 2043 ist der Kiesabbau auf der Erweiterungsfläche BA3 vorgesehen.

Parallel zum Abbau im Bereich der geplanten Erweiterung wird nördlich des Risskanals noch die Restfläche des genehmigten Abbaus im Bereich See 6 ausgekiest. Das Ende dieses Abbaus ist für 2039/2040 geplant.

Zur Bewertung des Einflusses der Erweiterung des Nassabbaus und den geplanten Verfüllungen (BA3, Waschschlamm, östlicher Rand See 6, Stabilisierung Böschung) auf die Grundwasserfließverhältnisse erfolgten Berechnungen bis 2047 mit und ohne Maßnahmen der geplanten Erweiterung bei gleichen Randbedingungen. In der Abbildung 6.1a ist der Endzustand nach Beendigung des Kiesabbaus ohne Erweiterung und in der Abbildung 6.1b mit Erweiterung dargestellt.

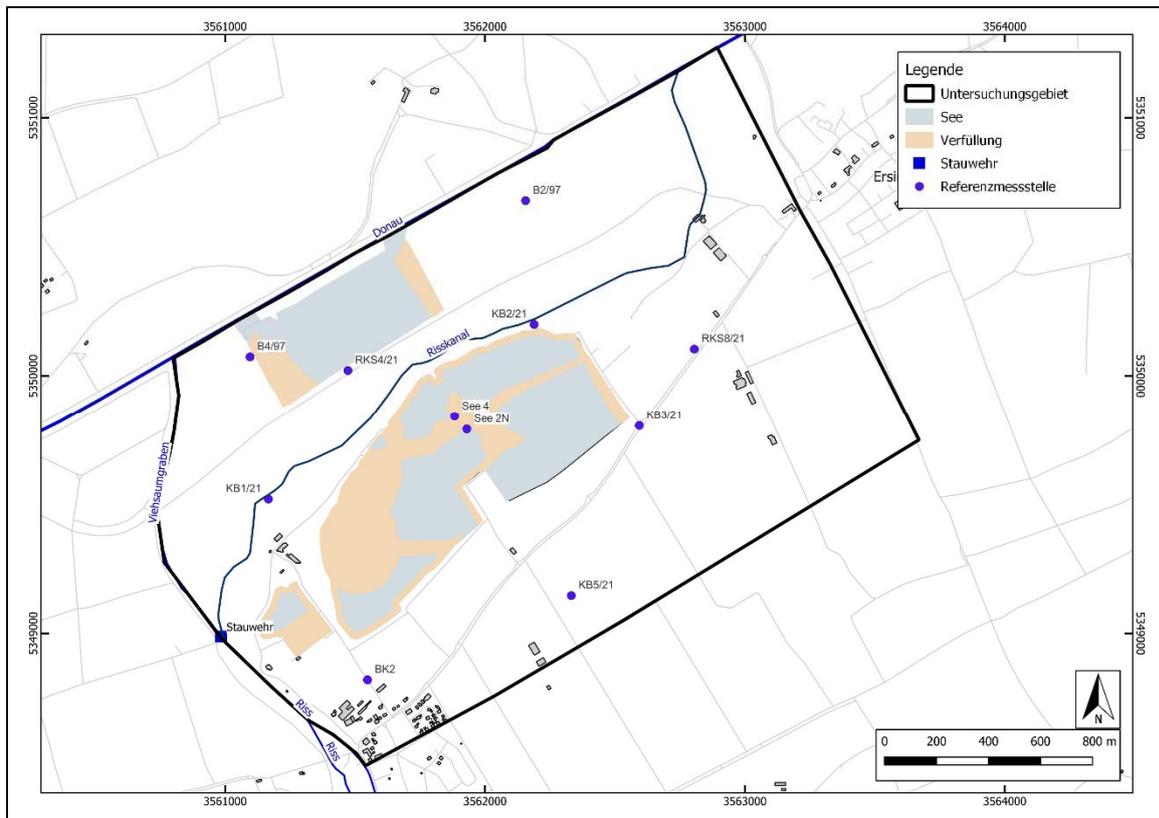


Abb. 6.1a Zustand nach Beendigung Kiesabbau ohne Erweiterung

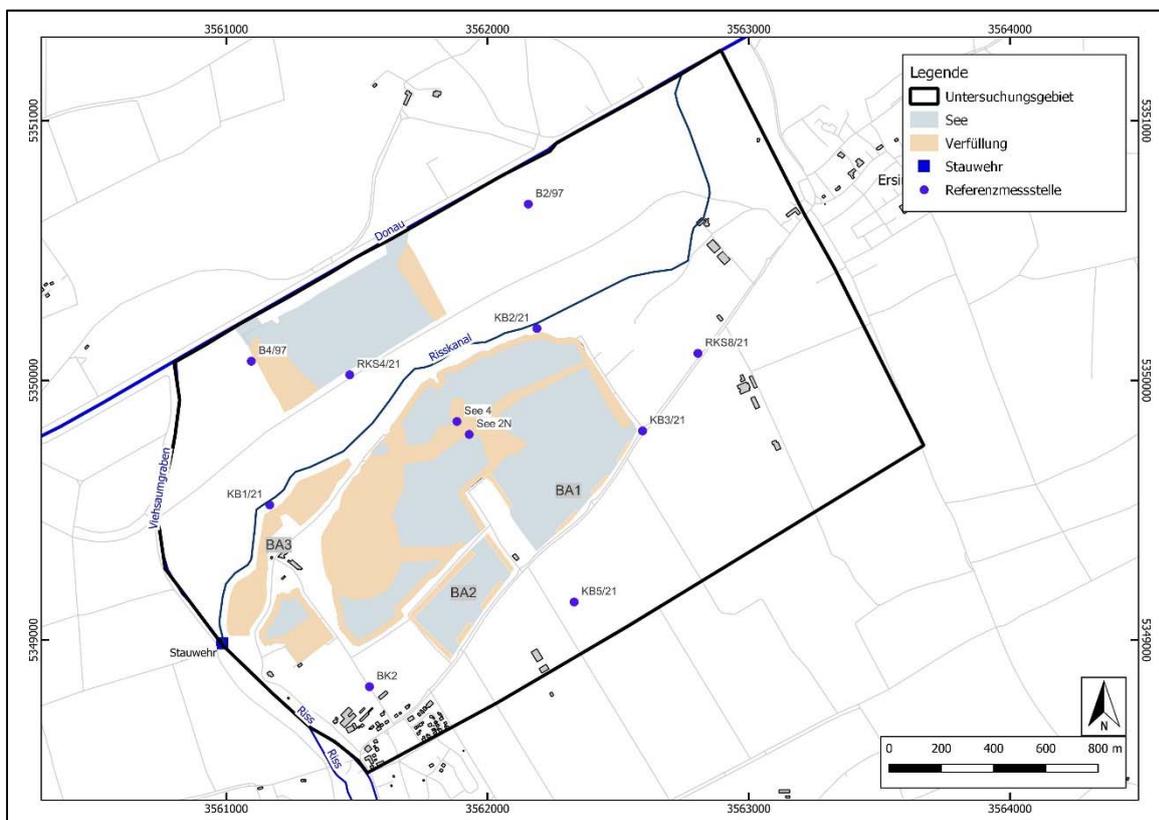


Abb. 6.1b Zustand nach Beendigung Kiesabbau mit Erweiterung

Der Vergleich der Grundwassergleichen (Abb. 6.2) nach Beendigung des Kiesabbaus mit und ohne Erweiterung zeigt nur südlich des Kiesabbaus relativ geringe Abweichungen im Verlauf der Grundwassergleichen. Die größten Abweichungen von ca. 0,25 m lassen sich westlich und östlich der GWM KB5/21 beobachten.

Die Unterschiede zwischen den Prognoseberechnungen mit und ohne Erweiterung des Kiesabbaus zeigen auch die berechneten Grundwasserganglinien in den Referenzmessstellen (Abb. 6.3a – 6.3j, Lage Abb. 6.2).

GWM BK2 (Abb. 6.3a)

Einfluss auf den Grundwasserstand in der BK2 ohne Erweiterung hat die Errichtung des Damms zwischen See 2 und See 3 (Lage/Bezeichnung der Seen Abb. 6.2) der zu einem Absinken des Grundwasserspiegels im See 2 führt. Ein vergleichbares Verhalten ist auch bei der Berechnung mit Erweiterung zu beobachten. Hier erfolgt das Absinken durch die Auskiesung im BA2. Nach Abschluss des Abbaus wird auch bei der Berechnung mit Erweiterung der Damm zwischen See 2 und See 3 fertig gestellt.

Nach Abschluss der Rekultivierung ist der berechnete Grundwasserspiegel mit und ohne Erweiterung gleich.

GWM KB5/21 (Abb. 6.3b)

In der KB5/21 südlich des Kiesabbaus weichen die berechneten Grundwasserstände für die Berechnungen mit und ohne Erweiterung mit bis zu 0,5 m stärker ab. Mit Erweiterung führt die Seekippung zu einem Absinken des Grundwasserspiegels. Durch die partielle Abdichtung der Böschung wird der Einfluss der Seekippung reduziert. Am Ende der Berechnungen weichen die Grundwasserstände mit und ohne Erweiterung nur noch um ca. 0,2 m ab.

GWM KB3/21 (Abb. 6.3c)

Die GWM KB3/21 liegt ebenfalls im Anstrom der Seen. Auch in dieser Messstelle führt die Seekippung durch den Nassabbau BA1 und BA2 zu einem Absinken des Grundwasserspiegels von ca. 0,5 m. Nach Beendigung des Nassabbaus und den Teilverfüllungen gleichen sich die Grundwasserspiegel für die Berechnung mit und ohne Erweiterung wieder an.

See 2 (Abb. 6.3d)

Die Grundwasserstände im See 2 werden vorwiegend durch Teilverfüllungen und den Damm zwischen dem See 2 und dem See 3 beeinflusst. Die Auswirkungen der Auskiesung im BA1 und BA2 auf den Seewasserstand sind gering.

See 4 (Abb. 6.3e)

Im See 4 führt die Auskiesung im BA1 zum Absinken des Grundwasserspiegels. Nach Beendigung des Abbaus im BA1 gleichen sich die berechneten Grundwasserstände zwischen der Prognoseberechnung mit und ohne Erweiterung wieder an.

GWM KB1/21 (Abb. 6.3f)

In der KB1/21 im Bereich des Risskanals lassen sich Auswirkungen der Erweiterung auf den Grundwasserspiegel erst nach Beginn des Abbaus im Bereich des Bauabschnitt 3 beobachten. Die berechneten Schwankungen des Grundwasserspiegels während der Abbauphase BA3 lassen sich mit der Auskiesung und der teilweise parallelen Wiederverfüllung des temporären Nassabbaus erklären.

GWM KB2/21 (Abb. 6.3g)

In der KB2/21 wirkt sich der Abbau in den Abschnitten BA1 und BA2 durch einen geringen Anstieg des Grundwasserspiegels (Seekippung) aus. Durch den Damm zwischen dem See 4 und dem See 5 wird der Einfluss der Seen im Bereich der Erweiterung unterbunden und die berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne Erweiterungen sind gleich.

GWM RKS8/21 (Abb. 6.3h)

In der östlich des Kiesabbaus gelegenen GWM RKS8/21 sinkt der Grundwasserspiegel während des Abbaus BA1 ab und steigt danach allmählich wieder an. Am Ende des Berechnungszeitraums sind die Grundwasserstände der Berechnung mit und ohne Erweiterung wieder vergleichbar.

GWM B4/97 (Abb. 6.3i)

Der Verlauf der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne Erweiterung sind nahezu gleich. Der Einfluss der Erweiterung auf die Grundwasserverhältnisse im Bereich der GWM B4/97, die nördlich des Risskanals liegt, ist zu vernachlässigen.

GWM B2/97 (Abb. 6.3j)

In der zweiten Messstelle nördlich des Risskanals ist ebenfalls kein Einfluss der Erweiterung des Nassabbaus auf den berechneten Verlauf der Grundwasserganglinie zu sehen.

Tab. 4: Vergleich Grundwasserstände nach Beendigung des Kiesabbaus mit und ohne Erweiterung

Messstelle	Wsp. ohne Erweiterung	Wsp. mit Erweiterung	Differenz
BK2	485,10 m NN	485,10 m NN	0,00 m
KB5/21	484,22 m NN	484,01 m NN	-0,21 m
KB3/21	483,23 m NN	483,21 m NN	-0,02 m
See 2	484,16 m NN	484,22 m NN	+0,06 m
See 4	483,48 m NN	483,43 m NN	-0,05 m
KB1/21	483,59 m NN	483,45 m NN	-0,14 m
KB2/21	482,59 m NN	482,57 m NN	-0,02 m
RKS 8/21	482,82 m NN	482,79 m NN	-0,03 m
B4/97	482,20 m NN	482,13 m NN	-0,07 m
B2/97	481,56 m NN	481,56 m NN	0,00 m

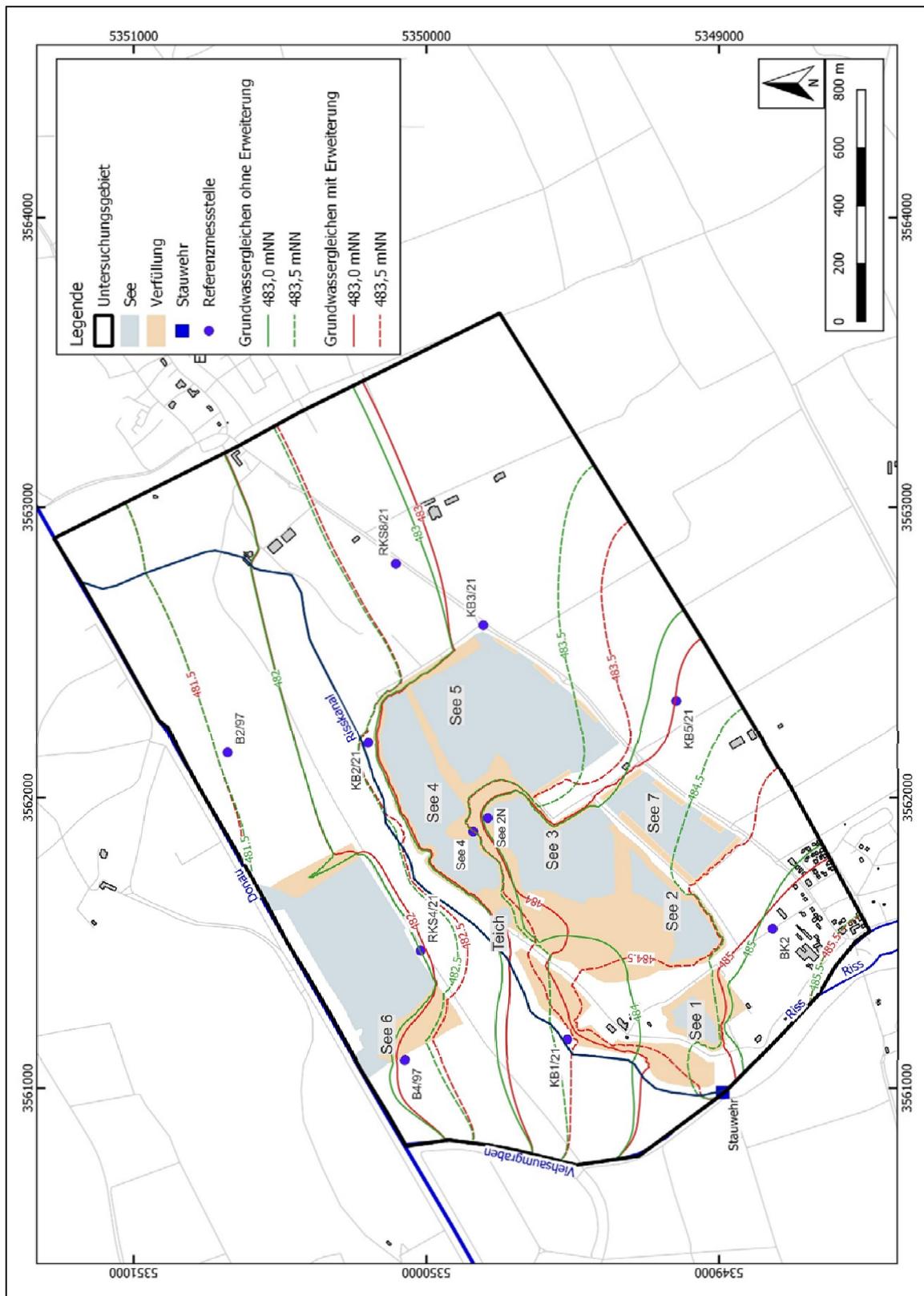


Abb. 6.2 Vergleich der berechneten Grundwassergleichen mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus und Lage der Referenzmessstellen

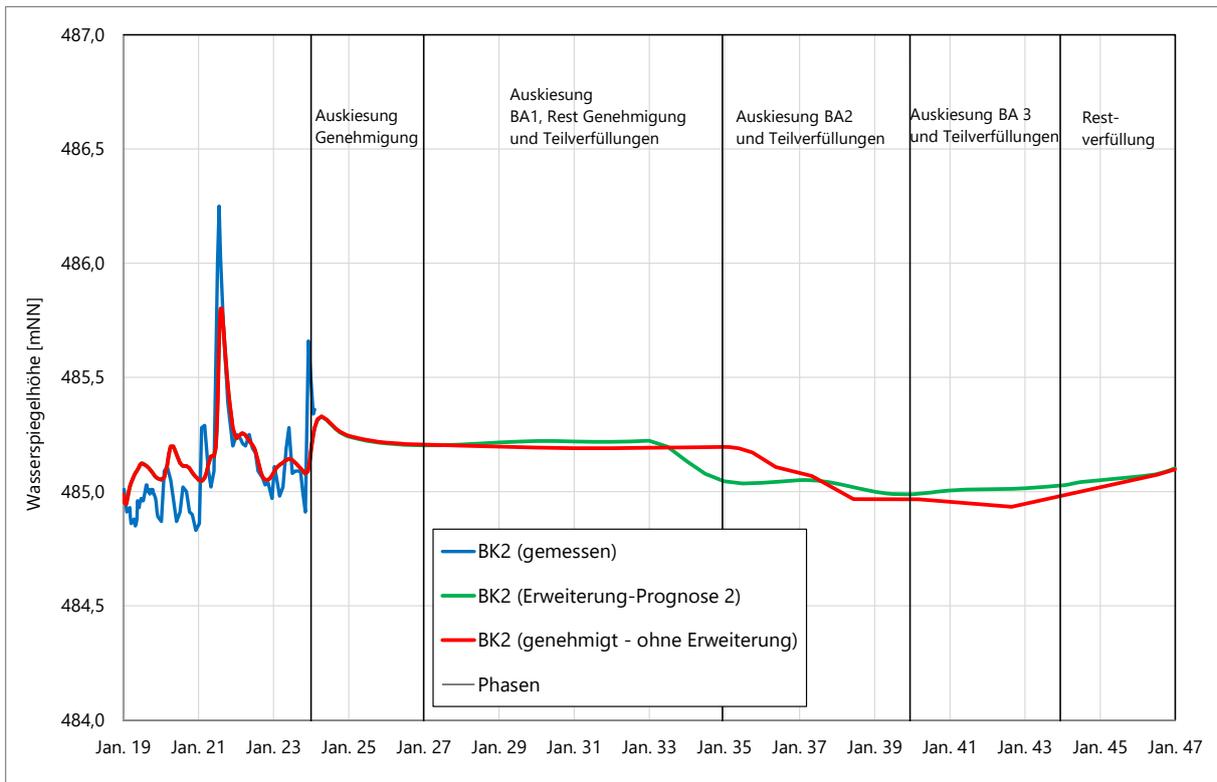


Abb. 6.3a Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der BK2

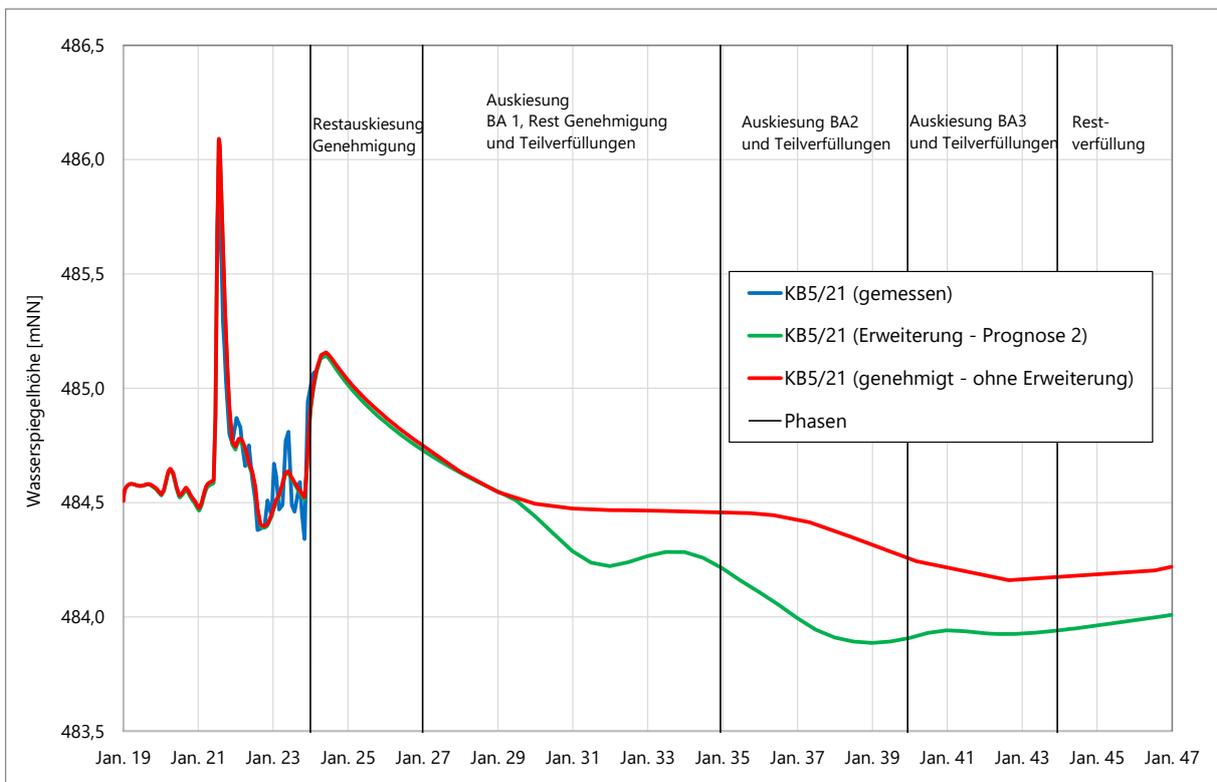


Abb. 6.3b Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der KB5/21

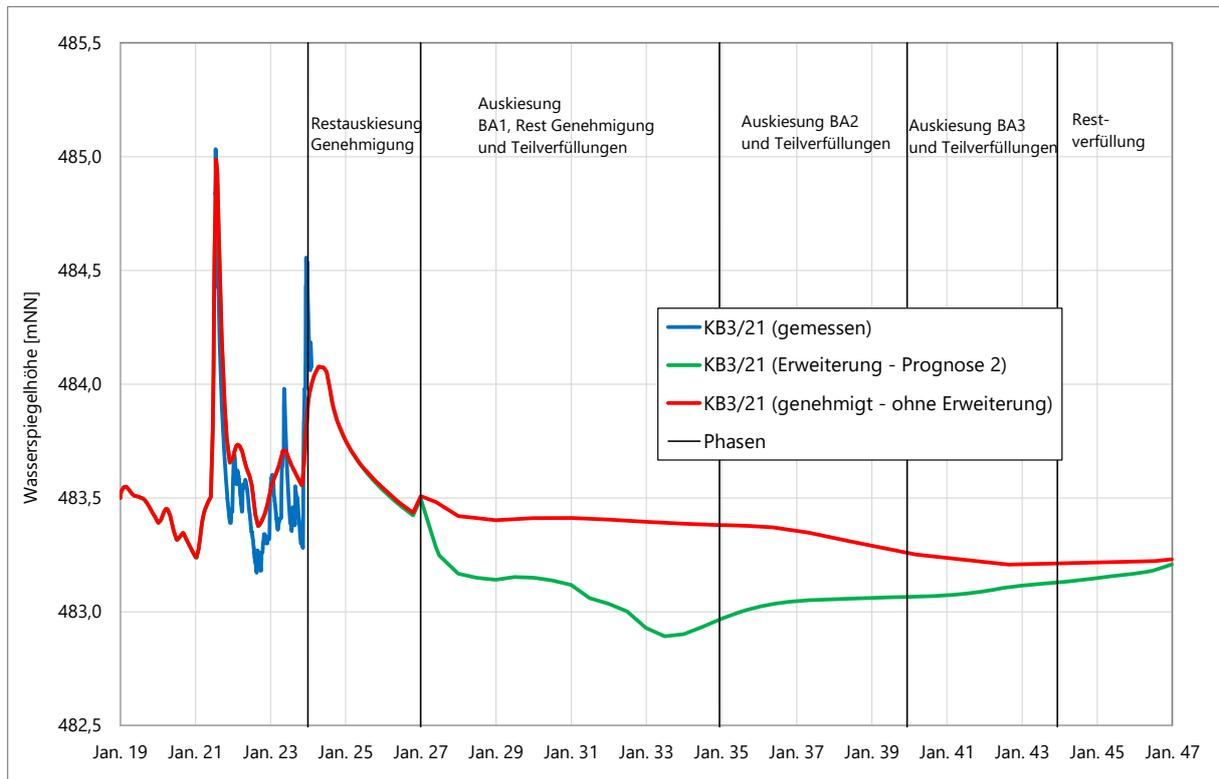


Abb. 6.3c Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der KB3/21

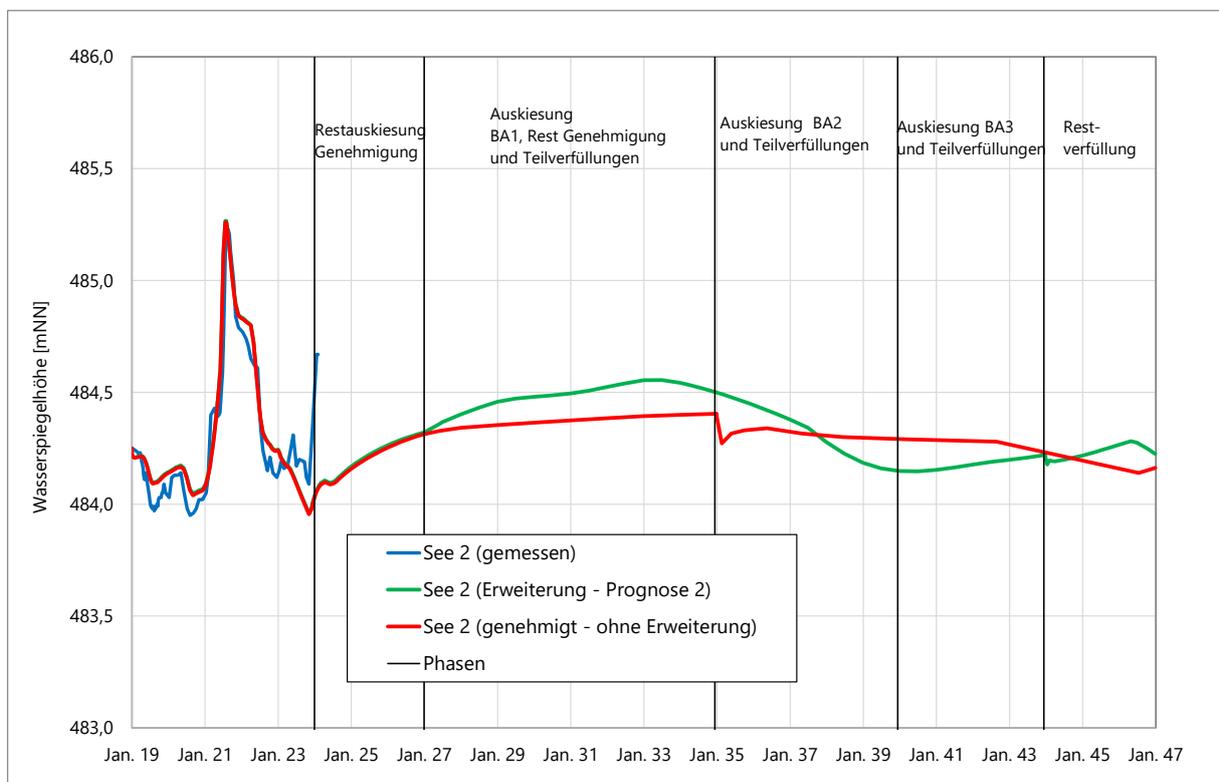


Abb. 6.3d Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus im See 2

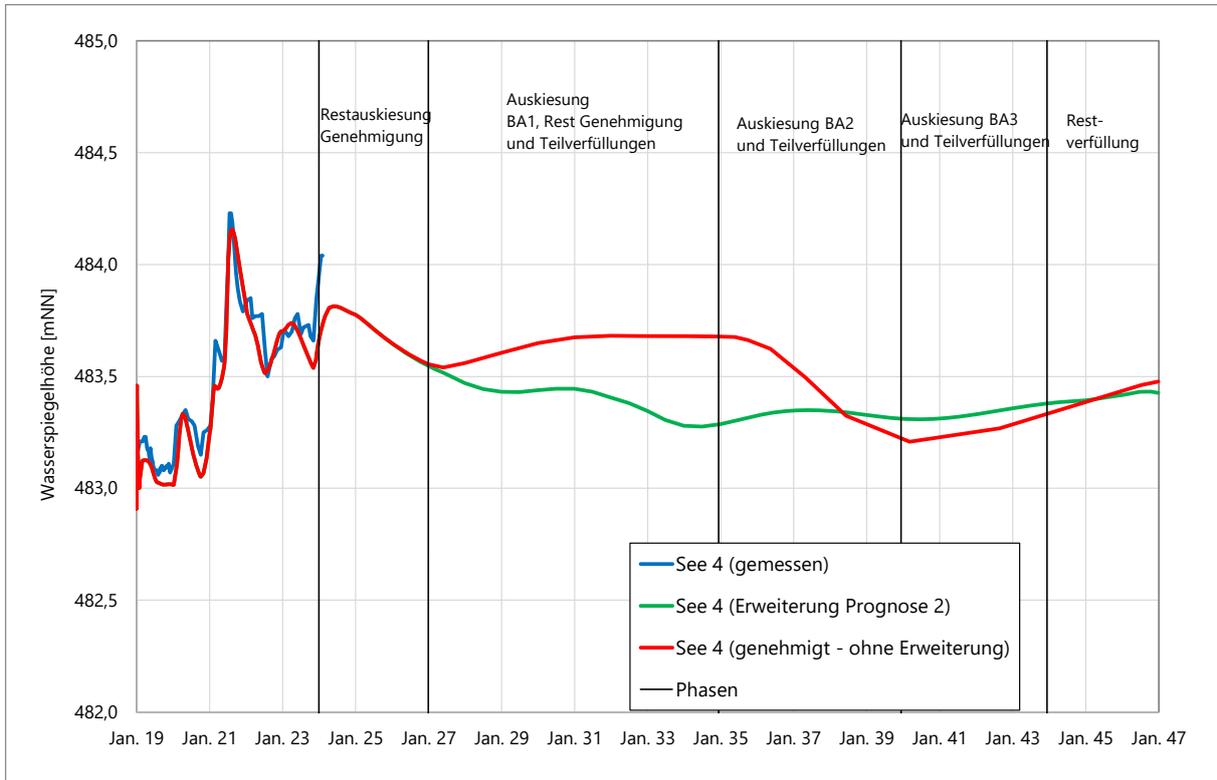


Abb. 6.3e Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus im See 4

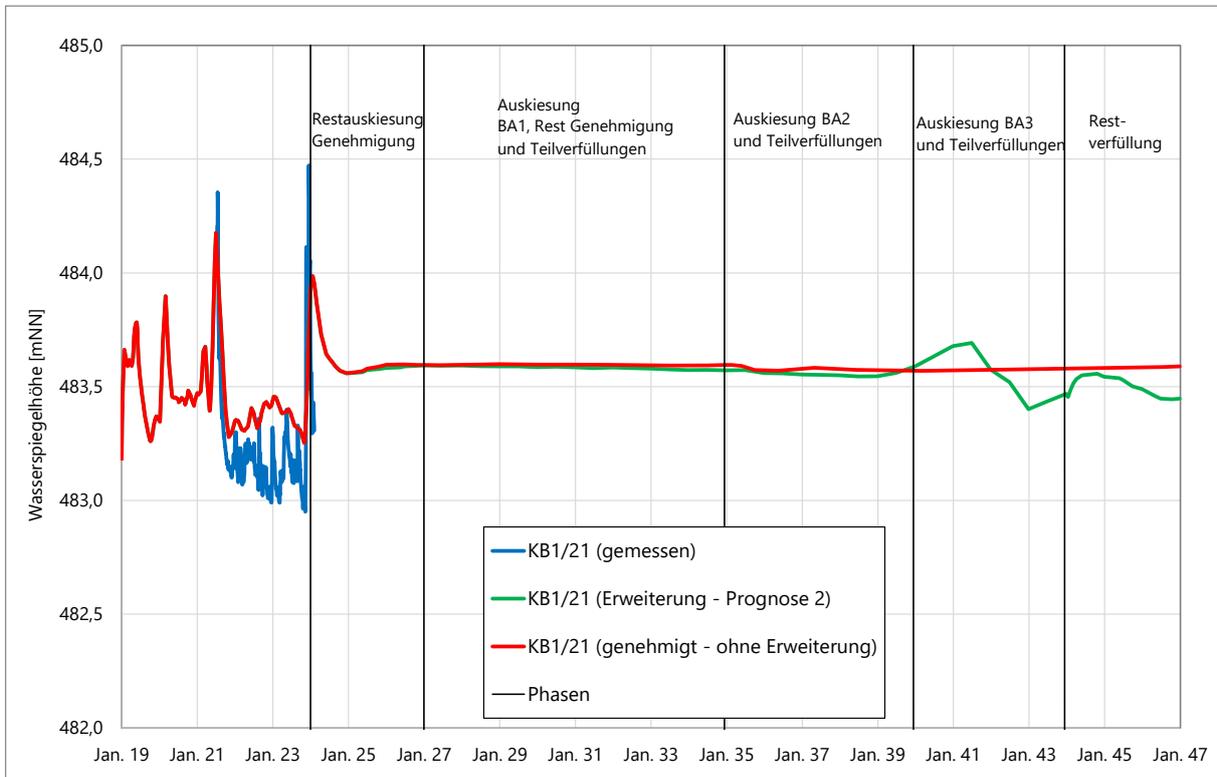


Abb. 6.3f Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der KB1/21

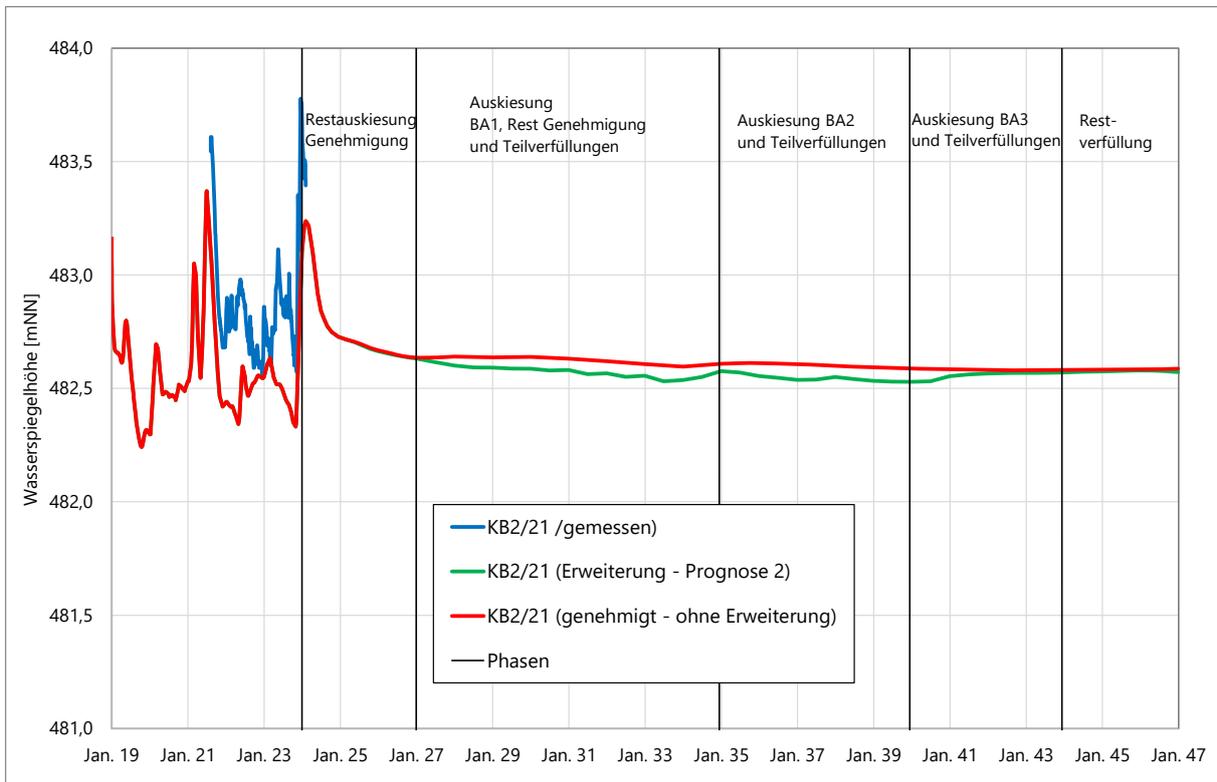


Abb. 6.3g Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der KB2/21

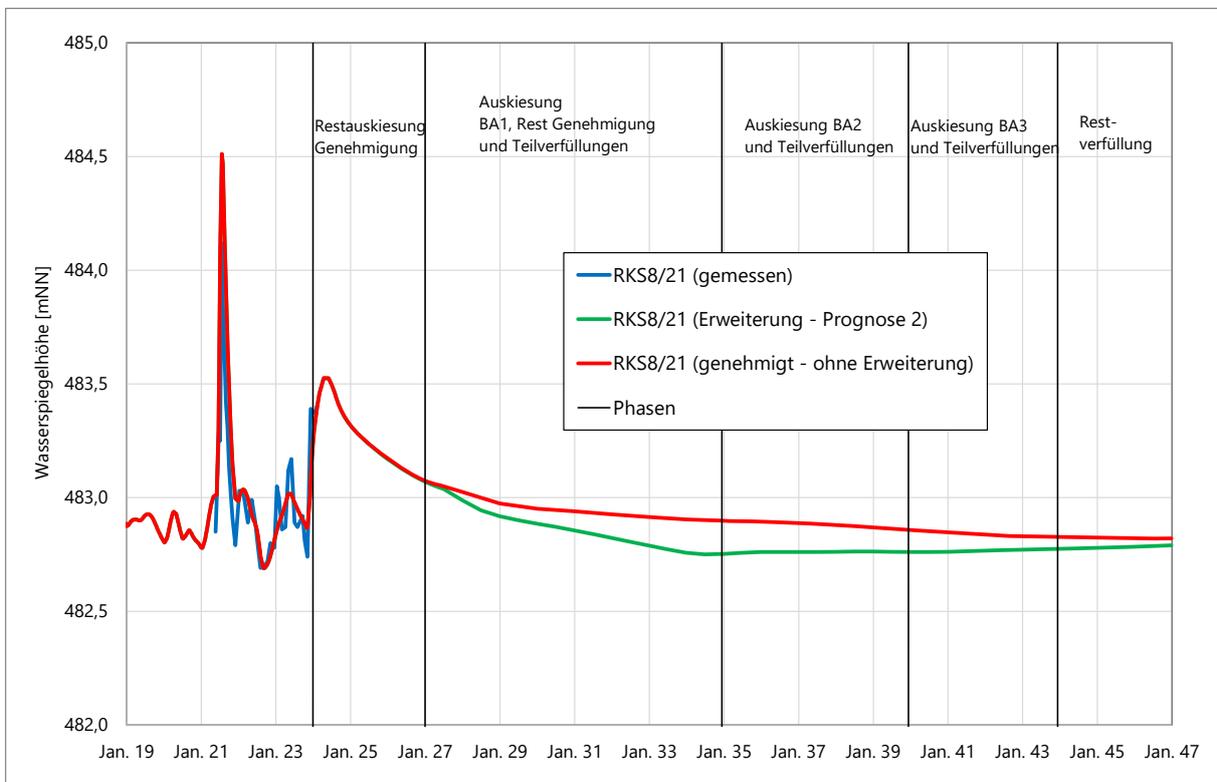


Abb. 6.3h Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der RKS8/21

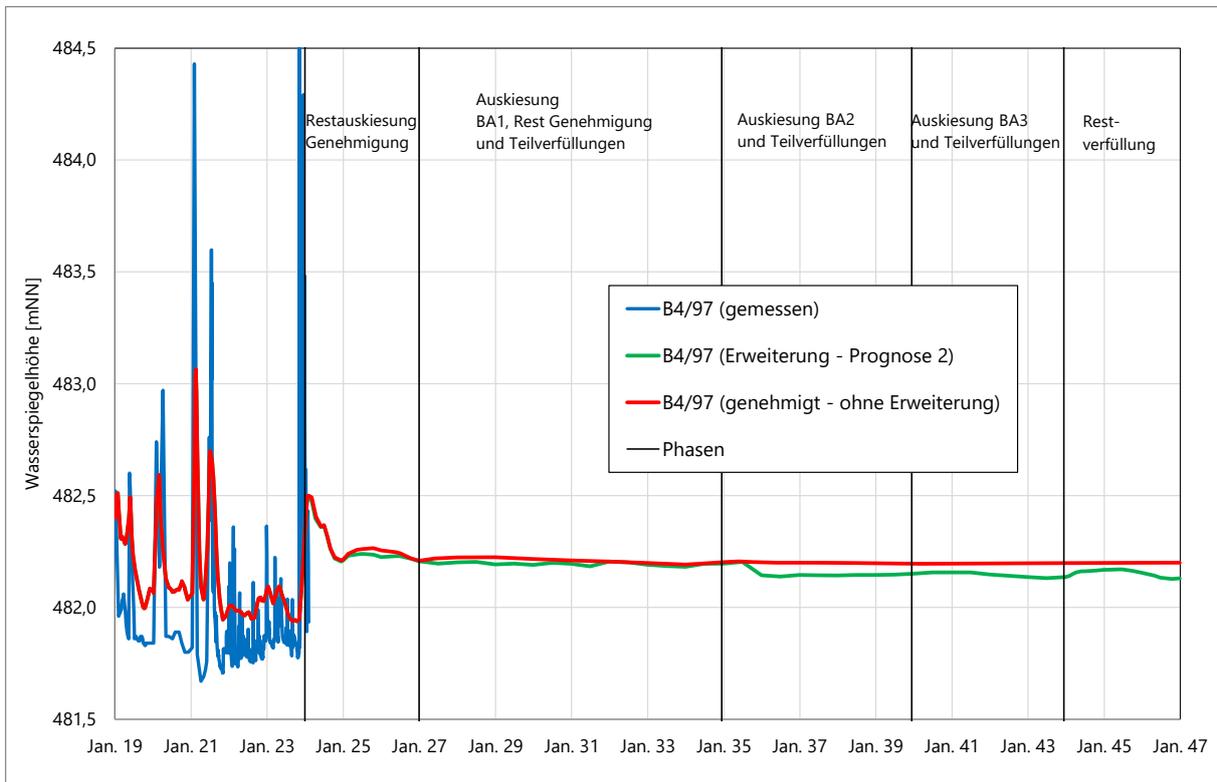


Abb. 6.3i Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der B4/97

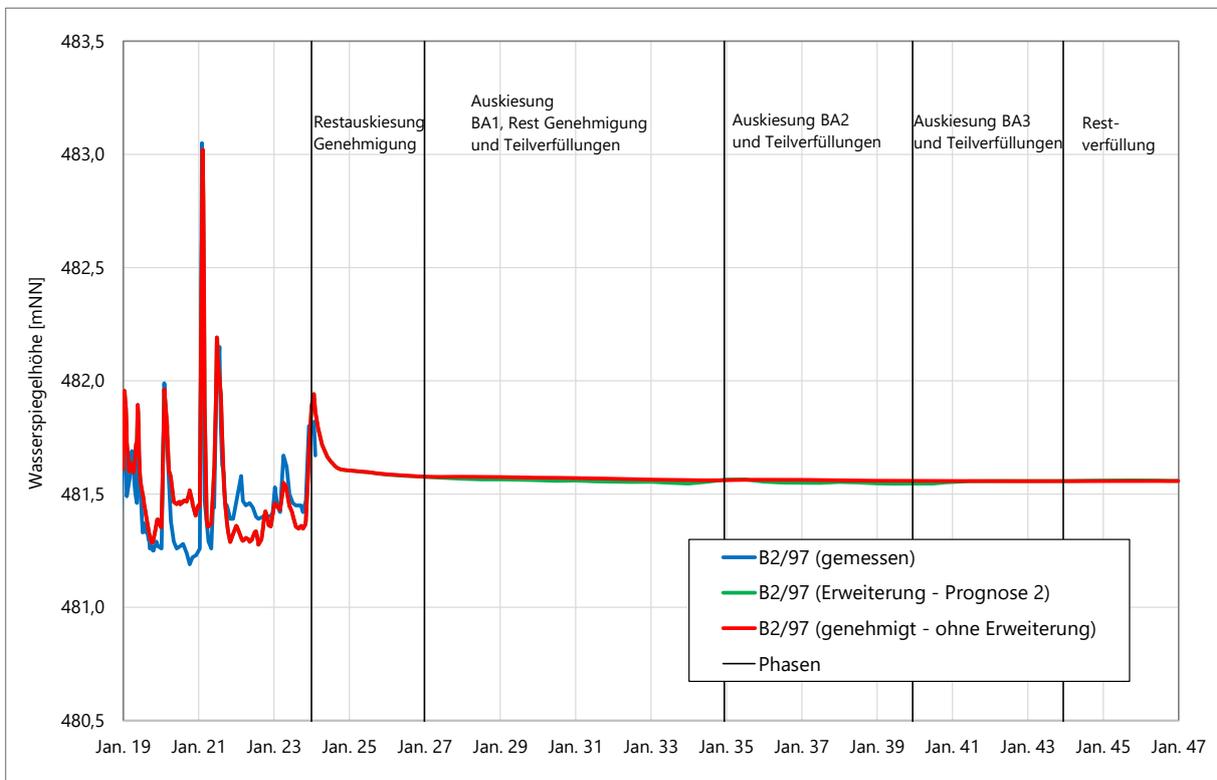


Abb. 6.3j Vergleich der berechneten Grundwasserganglinien mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus in der B2/97

5.4 Fazit der Prognoseberechnungen

Prognoseberechnung 1 (genehmigter Abbau)

Die Prognoseberechnung 1 zeigt, dass durch die noch ausstehende Auskiesung und Rekultivierung des genehmigten Nassabbaus ein geringer Einfluss auf die Grundwasserstände nur im Nahbereich des Kiesabbaus zu beobachten ist. Das Grundwasserfließsystem wird nicht verändert.

Das Fließsystem wird im Wesentlichen durch die Seen und deren Abdichtungen an den Rändern bestimmt. Die restliche genehmigte Auskiesung vergrößert zwar die Seefläche hat aber nur lokal eng begrenzt Einfluss auf das Fließsystem.

Prognoseberechnung 2 (geplante Erweiterung)

Auch durch eine mögliche Erweiterung im Süden und im Nordwesten resultiert keine wesentliche Veränderung des Fließsystems. Das Grundwasser strömt im südlichen Teil von West nach Ost und ändert dann östlich des Kiesabbaus die Fließrichtung nach Norden in Richtung der Donau (Vorfluter). Im Nahbereich der geplanten Erweiterungen ist während der Auskiesung der Teilflächen im Anstrom ein Absinken des Grundwasserspiegels im Vergleich zu den Berechnungen ohne Erweiterung zu beobachten. Nach Abschluss der Kiesentnahme steigt der Wasserspiegel wieder teilweise an.

Während des Abbaus der geplanten Erweiterung ergab der Vergleich der berechneten Grundwasserspiegelhöhen für die Berechnungen mit und ohne Erweiterung maximale Abweichungen von ca. 0,5 m. Nach Beendigung des Kiesabbaus wurde die größte Abweichung zwischen der Berechnung ohne und mit Erweiterung in der KB 5/21 mit -0,21 m (Seekippung See 5 und See 7) berechnet.

Aufgrund des geringen Einflusses der geplanten Erweiterung auf die Fließverhältnisse ist auch ein hydraulischer Kontakt zwischen dem Risskanal und dem Grundwasser nicht zu erwarten.

Verfüllung / Abraum im Uferbereich

Die Berechnungen haben gezeigt, dass durch den hydraulischen Kontakt zwischen den Seen 5, 6 und 7 und dem Grundwasserleiter die Grundwasserfließverhältnisse am wenigsten beeinträchtigt werden. Daher wird das Einbringen von Abraum in die Seen zur Ufergestaltung nur in Teilbereichen empfohlen (Abb. 6.2).

6. Zusammenfassung

Zur Bewertung der geplanten Erweiterung des Kiesabbaus am Standort Rißtissen wurden die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse erkundet und im konzeptionellen Modell, als Grundlage für ein numerisches Strömungsmodell beschrieben.

Geologische und hydrogeologische Verhältnisse (konzeptionelles Modell)

Im Bereich des Kiesabbaus Rißtissen haben Bohrungen und Rammkernsondierungen risszeitliche und holozäne Ablagerungen im Hangenden tertiärer Feinsedimente erschlossen. Die Beschreibung der Basis der quartären Ablagerungen basiert auf den Bohrergebnissen von 32 älteren Bohrungen und 5 Bohrungen, die im Rahmen der Untersuchungen 2022 abgeteuft wurden. Die Quartärbasis (Kiesbasis) fällt im Untersuchungsgebiet von Südwesten (ca. 483 m NN) nach Nordosten (ca. 476 m NN) ein.

Durch regelmäßige Stichtagsmessungen und z.T. kontinuierliche Wasserspiegelmessungen in den vorliegenden Messstellen im Untersuchungsgebiet (32 Grundwassermessstellen, 10 Pegel von Oberflächengewässern (Seen, Donau, Viehsaumgraben, Risskanal)) wurde das Fließsystem erfasst. Die Grundwassergleichenpläne (Fließverhältnisse zum Zeitpunkt einer Wasserspiegelstichtagsmessung) zeigen im südlichen Teil des Untersuchungsgebiet ein von Westen nach Osten gerichtete Strömungsrichtung, die östlich der Seen in nördliche Richtung (Vorfluter) dreht. Dieses Fließverhalten hat seine Ursache in den Abdichtungen im Bereich der Seen (Uferbereiche). Die Wirkung der Abdichtungen zeigt sich auch in dem treppenartigen Abbau des Grundwasserpotenzials im Bereich der Seen.

Westlich der Seen ist der Viehsaumgraben hydraulisch an das Grundwasser angeschlossen.

Im Norden des Untersuchungsgebiets befindet sich die Donau, die den Vorfluter für das Grundwasser im Untersuchungsgebiet bildet.

Der Risskanal, der nördlich des Kiesabbaus (Seen) das Untersuchungsgebiet von West nach Ost quert, ist hydraulisch nicht an das Grundwasser angeschlossen. Dennoch trägt das Sickerwasser aus dem Risskanal in einem Umfang von bis zu 50% zur Grundwasserneubildung bei.

Durch Verfüllungen und die Abdichtungen der Seen an den Ufern ist die Seekomponente im Grundwasser gering. Dies belegen auch die Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen, die im Rahmen der Stichtagsmessungen durchgeführt wurden.

Grundwasserströmungsmodell

Auf der Grundlage des konzeptionellen Modells wurde das instationäre Grundwasserströmungsmodell erstellt, das die Fließverhältnisse im Zeitraum 2019 – 2023 beschreibt.

Eine gute Anpassung der berechneten an die gemessenen Grundwasserstände und Seewasserspiegel (Abb. 7.1) konnte mit folgenden hydraulischen Parametern erzielt werden.

Durchlässigkeit (kf-Wert) holozäne Ablagerungen: $1,0 - 1,2 \cdot 10^{-3}$ m/s

Durchlässigkeit (kf-Wert) risszeitliche Ablagerungen: $5,0 - 8,0 \cdot 10^{-5}$ m/s

Durchlässigkeit (kf-Wert) Verfüllungen: $1,0 - 5,0 \cdot 10^{-6}$ m/s

Durchlässigkeit (kf-Wert) Seen: 1,0 m/s

Speicherkoeffizient: 0,12

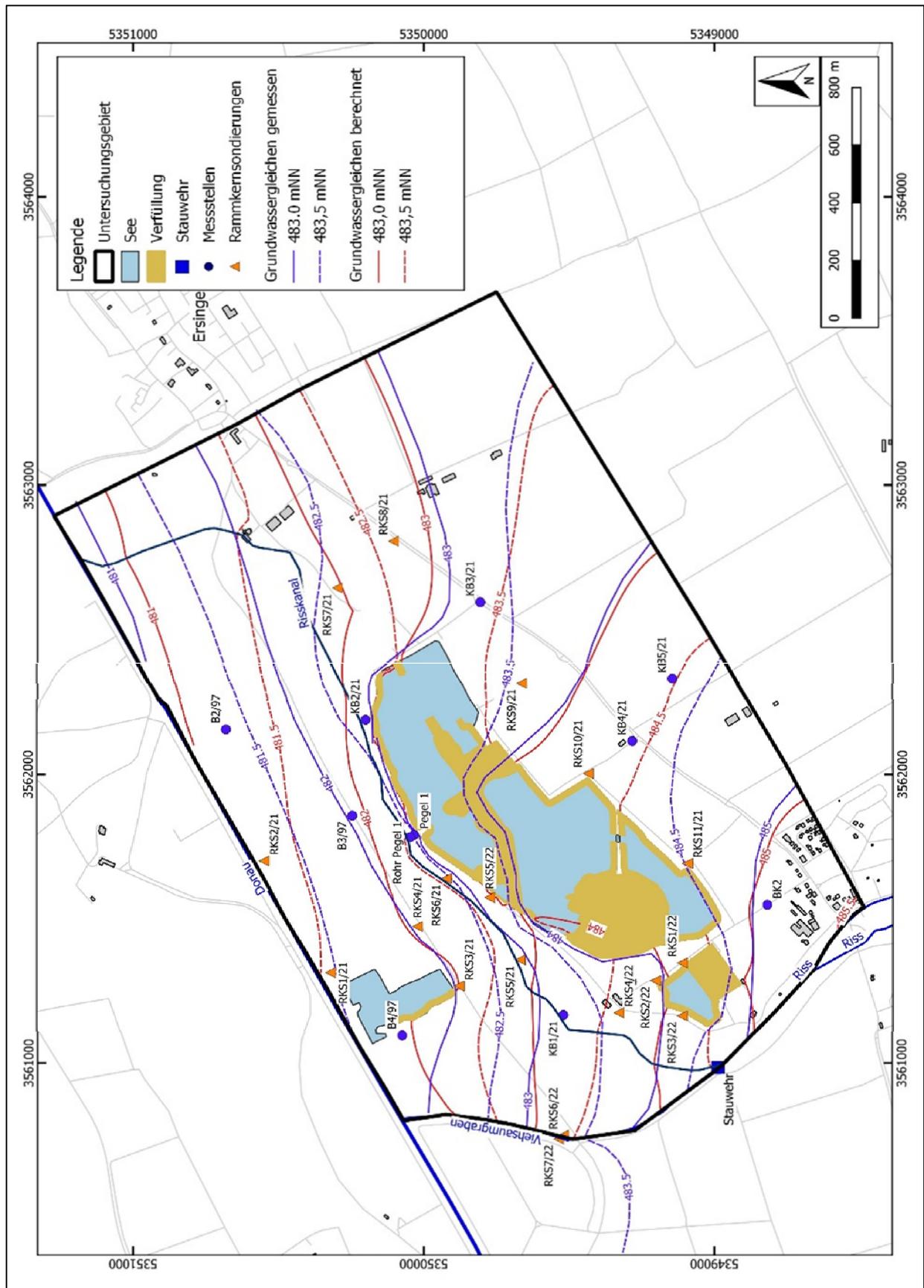


Abb. 7.1 Vergleich der Grundwassergleichen der Stichtagsmessung vom 04.08.2022 gemessen/berechnet

Die Grundwasserhaushaltsbilanz, die die Zuflüsse, die Grundwasserneubildung und die Abströme beschreibt, ergibt für den Zeitraum 2019 – 2023 eine durchschnittliche Gesamtmenge von ca. 41,5 l/s. Die Grundwasserhaushaltsbilanz zeigt auch, dass je nach Wasserständen der Donau, des Viehsaumgrabens und des Grundwassers sowohl Infiltration (Zustrom aus Oberflächengewässer) als auch Exfiltration (Abstrom in Oberflächengewässer) auftreten kann. Der Zustrom aus Donau und Riss/ Viehsaumgraben beträgt durchschnittlich 8,25 l/s.

Die Grundwasserneubildung durch Niederschlag wurde mit 23,15 l/s ermittelt, zusätzlich erfolgt noch eine Zusickerung aus dem Risskanal von ca. 10,1 l/s. Somit kann ein gesamter Umsatz (Neubildung) von ca. 41,5 l/s berechnet werden.

Prognoseberechnungen

Auf der Grundlage des kalibrierten Grundwasserströmungsmodells erfolgten zwei Prognoseberechnung/ Szenarien zur Beschreibung des Fließsystems nach Beendigung des genehmigten Kiesabbaus.

Bei dieser Prognoseberechnung 1 (nach Abschluss des genehmigten Abbaus) und der folgenden Prognoseberechnung 2 der geplanten Erweiterung wurden die Durchschnittswerte der gemessenen und bei der Kalibrierung zugrunde gelegten Randbedingungen berücksichtigt. Damit sind die Auswirkungen der betrachteten Maßnahmen (Kiesnassabbau genehmigt und Erweiterung) besser darzustellen. Bei der zweiten Prognoseberechnung wurde ein Vergleich mit und ohne die geplante Erweiterung durchgeführt. Der Vergleich der beiden Berechnungen zeigt, dass signifikante Einflüsse der geplanten Erweiterung nur im näheren Umfeld des geplanten Kiesabbaus zu beobachten sind (Abb. 7.2).

Westlich und östlich des bestehenden und geplanten Kiesabbaus ist der Einfluss auf die Grundwasserverhältnisse gering bzw. ist kein Einfluss zu erkennen.

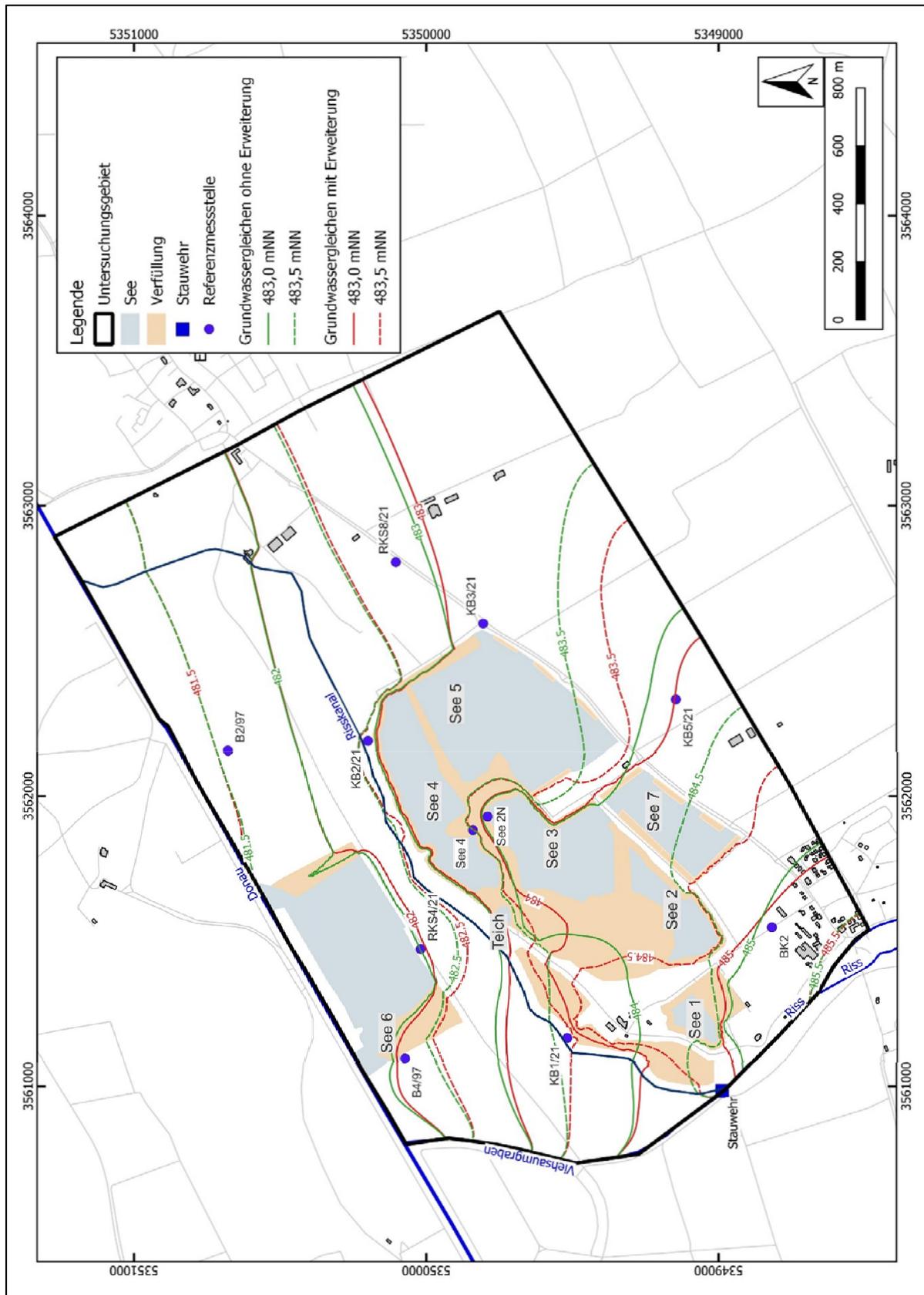


Abb. 7.2 Vergleich der berechneten Grundwassergleichen mit und ohne geplante Erweiterung des Kiesabbaus und Lage der Referenzmessstellen

Anhang A

Literatur

Raumordnungsverfahren Kiesabbau Firma Koch, Werk Rißtissen: Teil C der Raumordnungsunterlagen Raumordnerische UVU – Schutzgut Wasser, DÖRR INGENIEURBÜRO GbR, Juli 1998

Fachgutachten Grundwasser zum Plangenehmigungsverfahren nach WHG Erweiterung des Baggersees auf Gemarkung Rißtissen, Stad Ehingen, und geplanter Nassabbau in der Gemeinde Öpfingen, Alb-Donau-Kreis, DÖRR INGENIEURBÜRO GbR, 22.11.2001

Antrag auf Erweiterung – Schutzgut Wasser/Limnologie, DÖRR INGENIEURBÜRO GbR, 20.10.2014

Geophysikalische Untersuchungen der Erweiterungsfläche der Kiesgrube Rißtissen der Fa. Koch GmbH & Co.KG, GGH Solutions in Geoscience den 23.10.2014

Erkundungsbericht: Geoelektrische Erkundung Erweiterungsfläche <<Rißtissen>>, TERRANA GEOPHYSIK, 27.04.2021

Erweiterung Nassabbau in Rißtissen (Fa. Koch) Kiesabbau und Rekultivierung Statusbericht Stand 09.12.2021, HYDRO-DATA den 09.12.2021

Erweiterung Nassabbau in Rißtissen (Fa. Koch) Dokumentation der Bohrarbeiten 2021 KB1/21 – KB5/21, RKS1/21 – RKS11/21, HYDRO-DATA den 27.10.2021

Erweiterung Nassabbau in Rißtissen (Fa. Koch) Dokumentation der Rammkernsondierungen 2022 (RKS1/21 – RKS7/21), HYDRO-DATA den 03.08.2022