

**Gemeinde Raisting
Wohnbaugebiet Hartweg
Auswirkungen der
HWS-Maßnahmen auf die
Grundwasserverhältnisse**

vom 06.08.2020

Vorhabensträger: **KFB Baumanagement GmbH**
Wilhelm-Zeitler-Straße 14
92717 Reuth

Verfasser: Dr. Blasy – Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
Moosstraße 3
82279 Eching am Ammersee

ea-KFBBau-001.01

Erläuterungsbericht

1.	Veranlassung und Ziel der Untersuchungen	1
2.	Verwendete Unterlagen	1
3.	Bauvorhaben	2
4.	Geologie und Hydrogeologie	3
4.1	Geologie	3
4.1.1	Überblick	3
4.1.2	Lokale Verhältnisse im Untersuchungsgebiet	4
4.2	Hydrogeologie	5
4.2.1	Grundwasserverhältnisse	5
4.2.2	Hydraulische Kennwerte	6
5.	Morphologie und Oberflächengewässer	7
6.	Bemessungsniederschlag	8
7.	Modellrechnungen	11
7.1	Modell Ist-Zustand	12
7.1.1	Stationäres Modell	12
7.1.1.1	Randbedingungen	12
7.1.1.2	Materialparameter	12
7.1.1.3	Ergebnis	12
7.1.2	Instationäre Modellrechnung	14
7.2	Modell Planungszustand	16
7.2.1	Modellergebnisse	17
7.2.1.1	Grundwasserstandsanstieg	17
7.2.1.2	Differenzenpläne	19
8.	Zusammenfassung	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Geplante Baugebiete (Übersicht)	2
Abbildung 2: Geologie (Übersicht: Ausschnitt Geologische Karte v. Bayern 1:25.000, Blatt 8032)	3
Abbildung 3: Geologie (Untersuchungsgebiet; verfügbare Bohrprofile)	4
Abbildung 4: Geologie (Profilschnitt)	5
Abbildung 5: Grundwasserstand im Untersuchungsgebiet	6
Abbildung 6: Geländeoberfläche	7
Abbildung 7: Auszug Kostra-Atlas: Niederschlagshöhen und –spenden für Raisting	8
Abbildung 8: Grundwasserganglinie Wielenbach, Messzeitraum seit 1999; rot markiert: Grundwasserstand am 05.07.2016 (Zeitpunkt der KRB im geplanten Baugebiet Raisting).....	9
Abbildung 9: Grundwasserganglinie Wielenbach; Starkniederschlag Mai 2019	10
Abbildung 10: Grundwasserganglinie Wielenbach; Starkniederschlag Mai 1999	10
Abbildung 11: Modellgebiet (Diskretisierung, Randbedingungen)	11
Abbildung 12: Modellergebnis stationäre Modellrechnung Ist-Zustand.....	13
Abbildung 13: Instationäre Modellrechnung Ist-Zustand (Situation nach 35 Stunden Versickerung)	15
Abbildung 14: Instationäre Modellrechnung Ist-Zustand (Situation nach 72 Stunden Versickerung)	15
Abbildung 15: Instationäre Modellrechnung Planungszustand (Situation nach 35 h Versickerung)	17
Abbildung 16: Instationäre Modellrechnung Planungszustand (Situation nach 72 h Versickerung)	18
Abbildung 17: Instationäre Modellrechnung Planungszustand (Situation nach 119 h Versickerung)	18
Abbildung 18: Modellergebnis instationäre Modellrechnung Planungszustand (Differenzenplan [Planungszustand-Ist-Zustand] nach 35 Stunden Versickerung)	19
Abbildung 19: Modellergebnis instationäre Modellrechnung Planungszustand (Differenzenplan [Planungszustand-Ist-Zustand] nach 72 Stunden Versickerung)	20
Abbildung 20: Modellergebnis instationäre Modellrechnung Planungszustand (Differenzenplan [Planungszustand-Ist-Zustand] nach 120 Stunden Versickerung)	21

1. Veranlassung und Ziel der Untersuchungen

Die Gemeinde Raisting plant im Westen des Ortskerns die Ausweisung eines Baugebietes im Bereich Hartweg/Mösleweg. Für das geplante Baugebiet wurde ein Hochwasserschutz- und Entwässerungskonzept erstellt (Dr. Blasy – Dr. Øverland, 12.12.2016).

Das vorgeschlagene Entwässerungskonzept zur Entsorgung des im Baugebiet anfallenden Regenwassers beinhaltet u. a. eine örtliche Versickerung über dezentrale Mulden.

Bei Anwohnern der benachbarten Bestandsbebauung bestehen Bedenken hinsichtlich schädlicher Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf die Grundwasserverhältnisse, d.h. eines Grundwasseranstiegs im Bereich der Bestandsbebauung.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen ist es, mit Hilfe eines numerischen Grundwasserströmungsmodells die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen zu ermitteln.

Hierzu soll zunächst ein schematisches Grundwasserströmungsmodells des Ist-Zustandes erstellt werden. Für den Planungszustand sollen die vorgesehenen Maßnahmen (Muldenversickerung in den geplanten Baugebieten, Entwässerungsgraben, Retentionsraum) in das Modell implementiert werden. Anhand eines Starkniederschlagsereignisses werden die Auswirkungen auf die lokalen Grundwasserstände ermittelt und in Form von Differenzplänen dargestellt.

2. Verwendete Unterlagen

Der vorliegende Bericht stützt sich auf folgende verfügbaren Datengrundlagen:

- (1) Bayer. Landesamt für Umwelt (LfU): Online-Services (Umweltatlas Bayern, Gewässerkundlicher Dienst)
- (2) Geologische Karte von Bayern GK 25: Blatt 8032 Dießen am Ammersee
- (3) DR. BLASY – DR. ØVERLAND (2016): Gemeinde Raisting – Baugebiet Hartweg; Hochwasserschutz und Entwässerungskonzept; 12.12.2016
- (4) Deutscher Wetterdienst: Starkniederschlagshöhen für Deutschland - Kostra-Atlas KOSTRA-DWD 2000
- (5) SAGER (1986): Hydrologische und hydraulische Voruntersuchungen zur Bemessung von Trinkwasserschutzgebieten; Bayer. Landesamt f. Wasserwirtschaft, Trinkwasserschutzgebiete, Dienstbesprechung am 19. u. 20.09.1985.

Anmerkungen zur Datenbasis

Für das Untersuchungsgebiet liegen keine belastbaren Daten hinsichtlich des Schwankungsbereichs des Grundwasserstandes vor. Es existieren Bohrprofile von drei Kleinrammbohrungen im geplanten Baugebiet mit Angaben zu Bohrwasserständen. Es können daher hydrogeologisch plausible Annahmen auf der Grundlage der Vorfluthöhen von Oberflächengewässern (Entwässerungsgräben) im Umfeld getroffen werden. Aufgrund dieser eingeschränkten Datengrundlage kann ein Grundwassermodell die Situation des Ist-Zustandes nur schematisch abbilden. Die Berechnungen der Auswirkungen im Planungszustand sind daher als qualitative plausible Abschätzungen zu betrachten, die mit Unsicherheiten behaftet

sind. Für detailliertere Aussagen wär die Erstellung von Grundwassermessstellen und die Erfassung der Grundwasserstände und Grabenwasserstände über einen ausreichend langen Messzeitraum (mindestens ein Hoch- und ein Niedrigwasserstand, d.h. i.d.R. mindestens 1 Jahr) erforderlich.

3. Bauvorhaben

Die geplante Erweiterung der Wohnbebauung der Gemeinde Raisting liegt im Westen des Ortskerns zwischen dem Mösleweg und dem Hartweg (siehe Abbildung 1). Die beiden Baugebiete Nordwest und Südost umfassen rd. 2,4 ha bzw. rd. 1,4 ha, liegen auf mittleren Geländehöhen von rd. 554,3 m ü. NN (NW) bzw. 552 m ü. NN (SO) und sind durch den Wiesengraben voneinander getrennt.

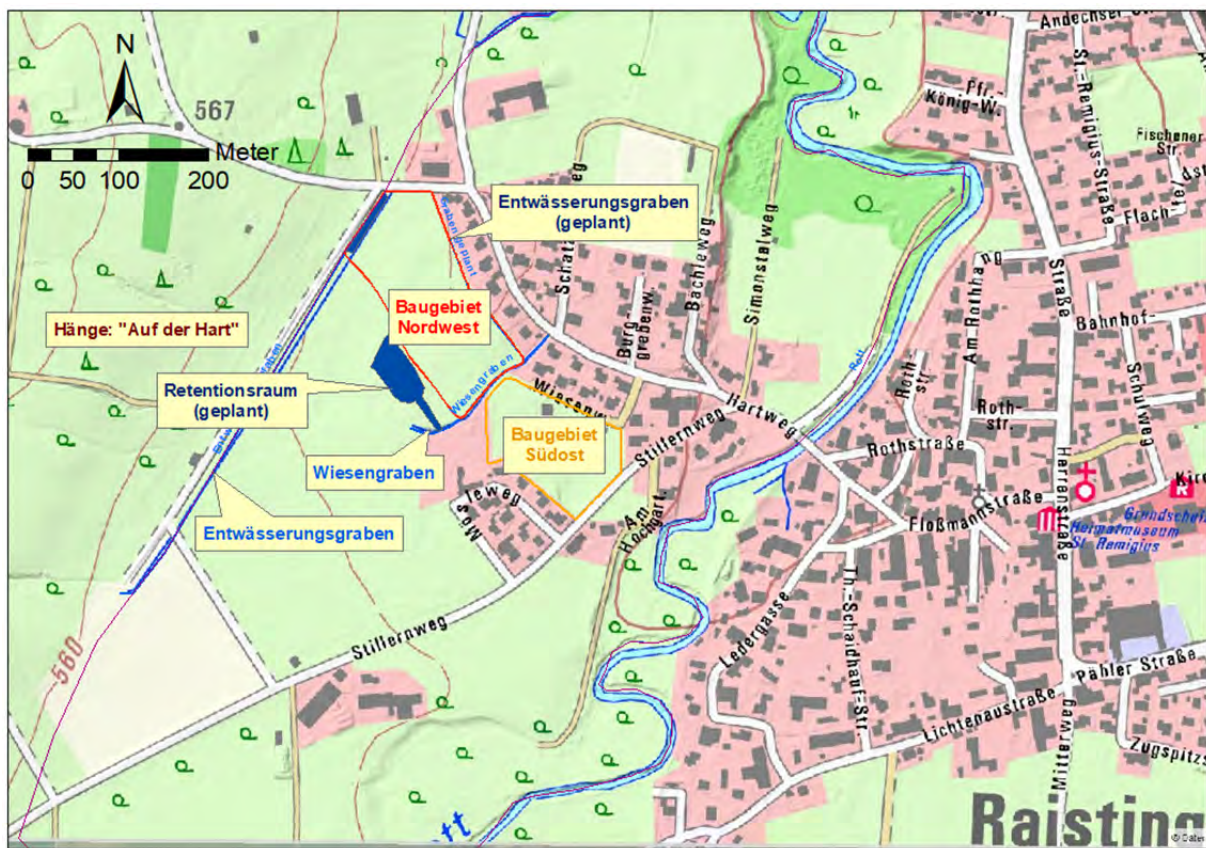


Abbildung 1: Geplante Baugebiete (Übersicht)

Veranlassung für die genannten Untersuchungen zum Hochwasserschutz waren im Wesentlichen die im Westen liegenden Hänge „Auf der Hart“, welche in östlicher Richtung zunächst in einen Entwässerungsgraben entwässern. Dieser Graben stellt auch die Vorflut der benachbarten Wiesen dar. Ein weiterer Graben (Wiesengraben) nimmt ebenfalls Drainagen benachbarter Wiesen auf. Bei Starkregenereignissen wurden Vernässungen von Wiesen sowie in Geländemulden stehendes Wasser festgestellt. Als Ergebnis der Untersuchungen wurden u.a. eine bereichsweise Anhebung des Geländes in den geplanten Baugebieten sowie ein Schutz der Baugebiete durch einen Deich entlang des westlich verlaufenden Entwässerungsgrabens vorgeschlagen.

Weiterhin soll eine bestehende Geländesenke erweitert und als Retentionsraum genutzt werden. Zudem ist südwestlich der Bestandsbebauung ein Entwässerungsgraben vorgesehen, um die Ableitung von Niederschlagswasser aus dem Bestandsbereich trotz Anhebung des Geländes im Planungsbereich zu gewährleisten.

Aufgrund der geplanten Muldenversickerungen im Baugebiet, des neu geplanten Entwässerungsgrabens zwischen dem Baugebiet Nordwest und der Bestandsbebauung sowie des geplanten Retentionsbeckens könnte der Grundwasserstand durch eine verstärkte Versickerung in diesen Bereichen ansteigen. Bei ohnehin geringen Flurabständen während Hochwasserverhältnissen im Grundwasser könnte dies zu schädlichen Auswirkungen auf die Bestandsbebauung führen.

4. Geologie und Hydrogeologie

4.1 Geologie

4.1.1 Überblick

Das weitgehend ebene, mit geringem Gefälle (rd. 1,1 %) nach Osten abfallende Untersuchungsgebiet liegt im Bereich würmeiszeitlicher Schmelzwasserschotter (siehe Abbildung 2). Östlich hiervon schließen entlang des Flusslaufs der Rott holozäne Flussablagerungen (Sande, Kiese) an.

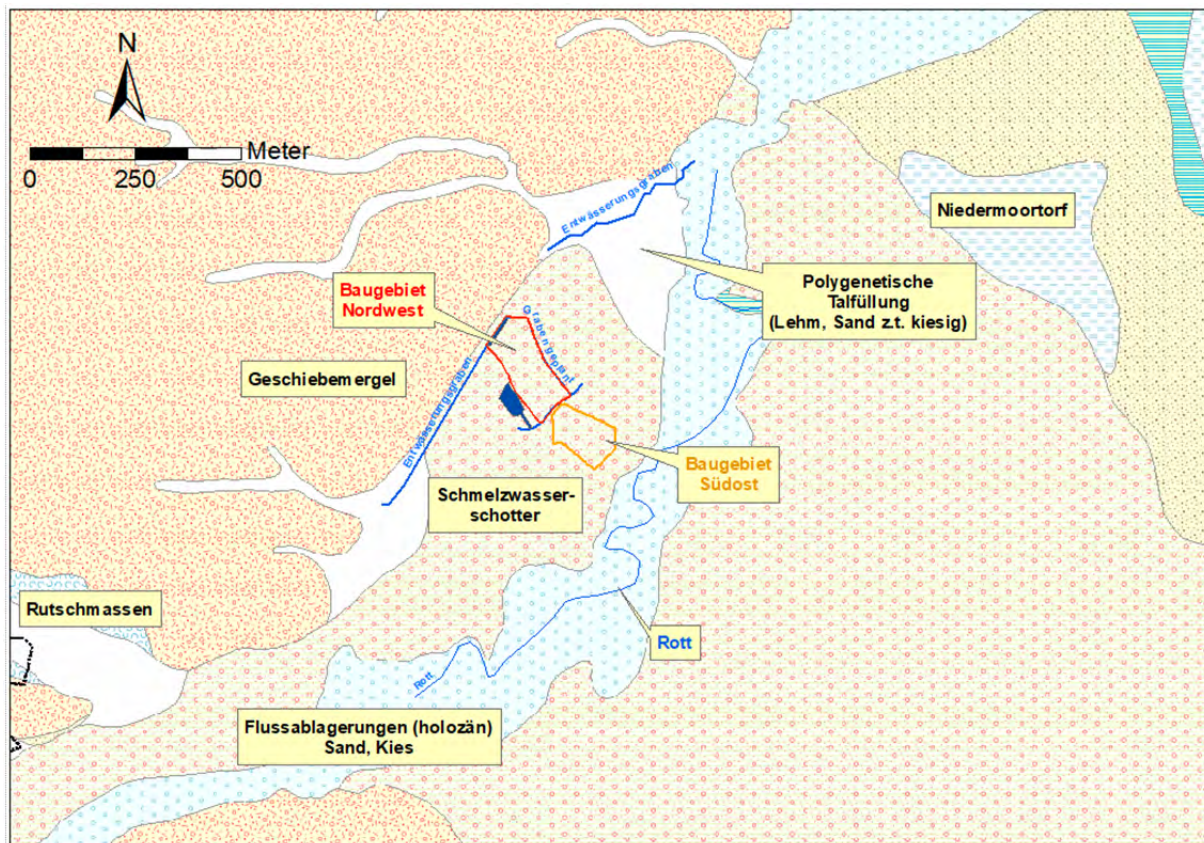


Abbildung 2: Geologie (Übersicht: Ausschnitt Geologische Karte v. Bayern 1:25.000, Blatt 8032)

Westlich des bestehenden Entwässerungsgrabens steigen die Hänge am Hart mit rd. 4,3 % Steigung nach Westen hin an. Die Hänge werden von würmeiszeitlichen Geschiebemergeln (z.T. Grundmoräne; Schluff, z.T. kiesig bis steinig) aufgebaut.

4.1.2 Lokale Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

Im Bereich der geplanten Baugebiete wurden drei Erkundungsbohrungen bis zu Endteufen von 5 m u. GOK abgeteuft. Zudem ist ein weiteres Bohrprofil im Ortskern von Raisting recherchierbar. Die Lage der Bohrungen und die Bohrprofile (Schnittdarstellung) sind in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt.



Abbildung 3: Geologie (Untersuchungsgebiet; verfügbare Bohrprofile)

Im Baugebiet folgen unter einer rd. 0,3 m mächtigen gering durchlässigen Deckschicht bis in eine Tiefe von maximal rd. 4 m versickerungsfähige schluffige Kiese. Im Liegenden hierzu folgen sandige, teils kiesige Schluffe. Das rd. 550 m entfernte Bohrprofil 8032BG015047 zeigt unter rd. 3,5 m mächtigen bindigen Deckschichten bis rd. 10,5 m u. GOK feinkornfreie, teils verbackene Flussschotter. Der tonige Stauer (Seetone?) folgt bis zur Endteufe bei 14 m u. GOK.

Aufgrund der eingeschränkten Belastbarkeit von Bohrwasserständen zu unterschiedlichen Messzeitpunkten ist keine exakte Aussage über das **Grundwassergefälle** zu treffen. Es dürfte jedoch vergleichsweise hoch sein und **bei über 1 %** liegen. Die **Grundwassermächtigkeit** liegt bei rd. **1,2 bis 2,2 m**.

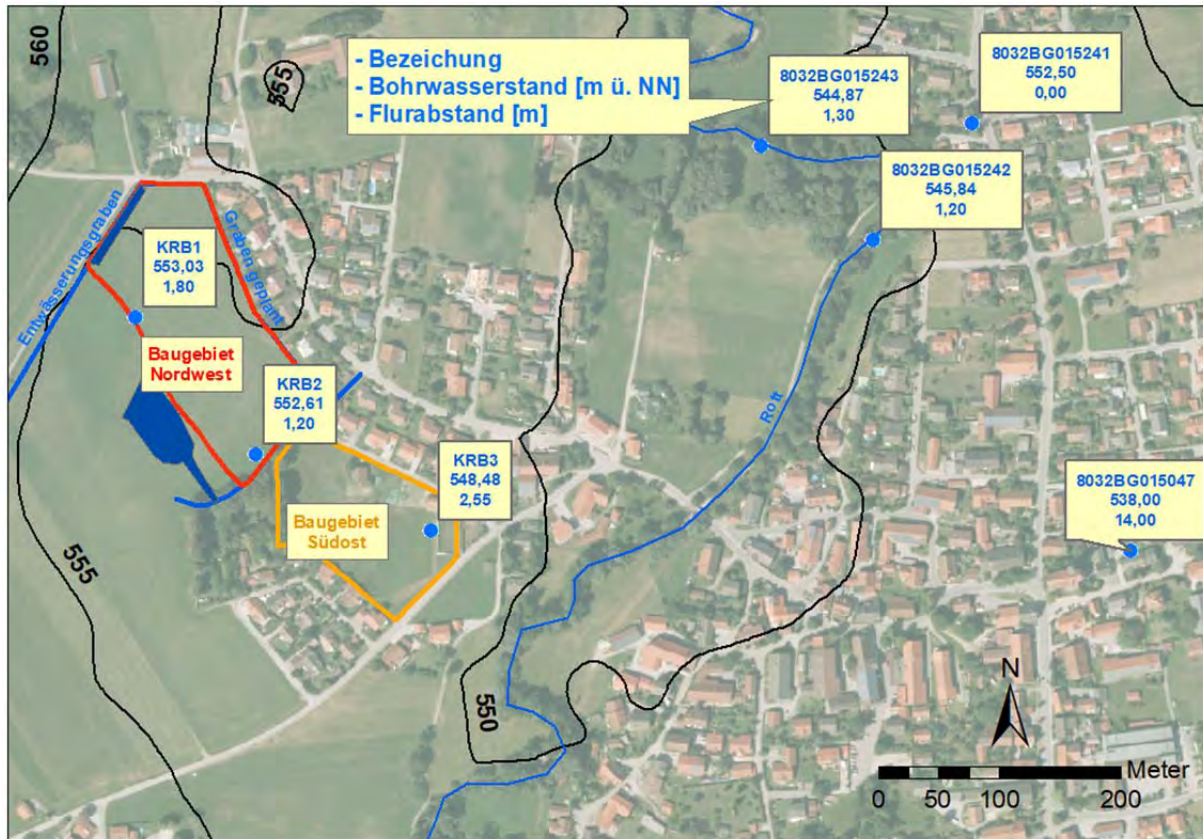


Abbildung 5: Grundwasserstand im Untersuchungsgebiet

4.2.2 Hydraulische Kennwerte

Mit Hilfe von Korngrößenanalysen aus Bodenproben der Kernrammbohrungen wurde die hydraulische Durchlässigkeit ermittelt. Für die Kiese mit unterschiedlichen Sand- und Schluffanteilen ergeben sich demnach k_f -Werte von 1×10^{-07} m/s bis $1,4 \times 10^{-04}$ m/s mit einem für einen matrixgestützten sandig-schluffigen Kies typischen Mittelwert aus sechs Werten von $k_f = 5 \times 10^{-05}$ m/s (Median: 1×10^{-05} m/s).

Nach Sager (1986) weist ein Kies/Sand dieser Durchlässigkeit eine **Porosität von rd. 25 %** auf.

5. Morphologie und Oberflächengewässer

In der folgenden Abbildung ist die Geländeoberfläche im Umfeld der Baugebiete auf der Grundlage von Laserscandaten (Rasterabstand 1 m) dargestellt.

Das Baugebiet Nordwest liegt auf einer Höhe von 554 bis 555 m ü. NN, das Baugebiet Südost liegt zwischen 551 und 554 m ü. NN. Südwestlich des nordwestlichen Baugebietes befindet sich eine Geländesenke, in der sich derzeit Regenwasser sammelt.

Die westlich gelegenen Hänge *Am Hart* entwässern in östlicher Richtung in den *Entwässerungsgraben*, der das Wasser nach Nordosten zum Hart- und Möslegraben und weiter zur Rott ableitet.

Zwischen den Baugebieten verläuft der vorflutwirksame *Wiesengraben*, welcher am Hartweg in die Regenwasserkanalisation eingeleitet wird.

Im Zuge der Erstellung des Hochwasserschutz- und Entwässerungskonzeptes wurden die beiden Gräben vermessen. Ein Vermessungsplan liegt dem o.g. Gutachten bei.

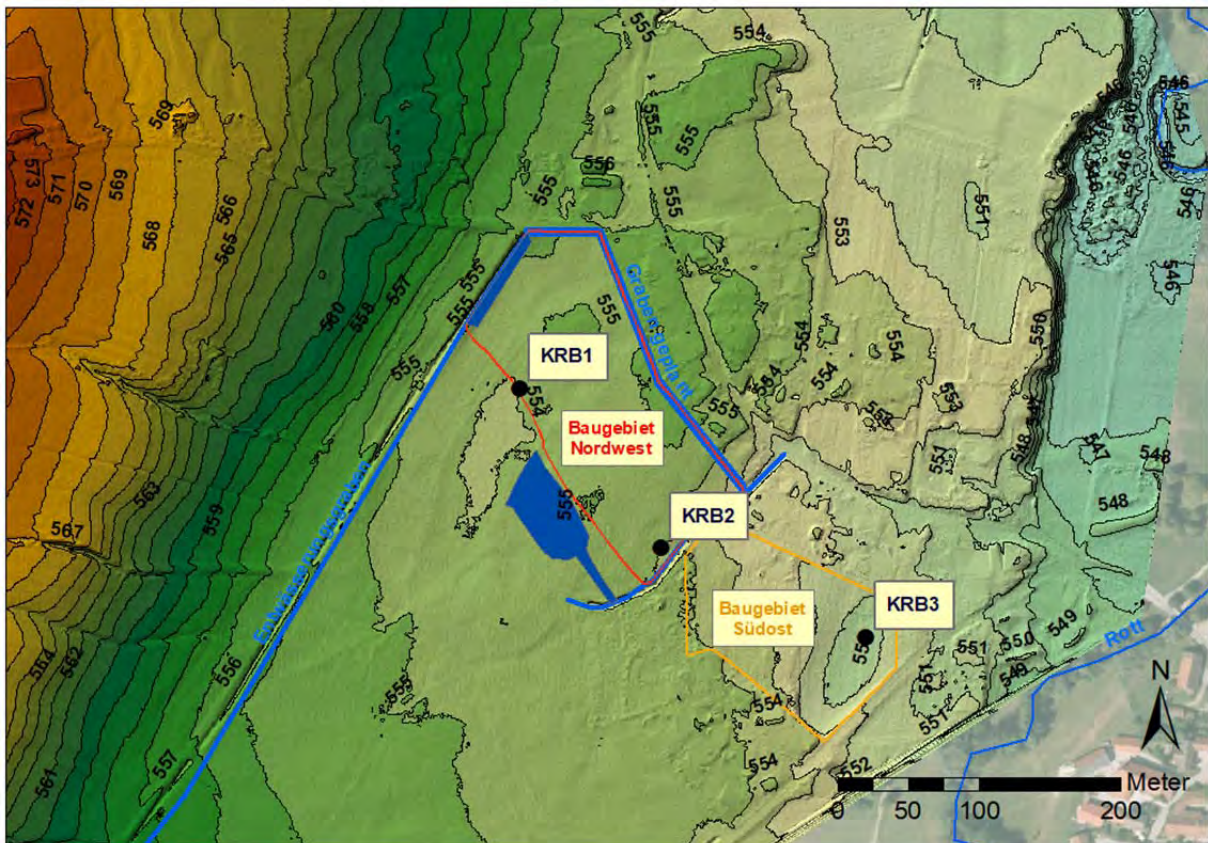


Abbildung 6: Geländeoberfläche

6. Bemessungsniederschlag

Für die Untersuchung der Auswirkung der geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen und des Entwässerungskonzeptes auf die Grundwasserverhältnisse wurden Niederschlagsdaten aus dem Kostra-Atlas KOSTRA-DWD 2000 des Deutschen Wetterdienstes (Standort Raisting (Rasterfeld: Spalte 45, Zeile 96) zugrunde gelegt (siehe Abbildung 7).

Hinsichtlich der Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse sind vor allem Niederschlagsereignisse längerer Dauerstufen von größerer Bedeutung.

Für ein **fünffährliches Niederschlagsereignis der Dauerstufe 72 h** ergibt sich aus den o.g. Daten beispielsweise eine Niederschlagshöhe von **113,4 mm** und entsprechend eine Niederschlagsspende von 4,4 l/(s x ha); für ein hundertjährliches Ereignis ergibt sich eine Niederschlagshöhe von 185 mm.

T	0,5		1,0		2,0		5,0		10,0		20,0		50,0		100,0	
	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN
5,0 min	5,6	185,1	7,9	264,8	10,3	344,4	13,5	449,8	15,9	529,4	18,3	609,1	21,4	714,4	23,8	794,0
10,0 min	8,6	144,0	12,0	200,3	15,4	256,7	19,9	331,1	23,2	387,5	26,6	443,8	31,1	518,2	34,5	574,6
15,0 min	10,4	115,1	14,5	161,1	18,6	207,1	24,1	267,9	28,3	313,9	32,4	359,9	37,9	420,7	42,0	466,7
20,0 min	11,4	94,9	16,2	134,7	20,9	174,6	27,3	227,2	32,0	267,0	36,8	306,9	43,1	359,5	47,9	399,4
30,0 min	12,4	69,0	18,3	101,5	24,1	134,0	31,9	177,0	37,7	209,5	43,6	242,1	51,3	285,0	57,2	317,6
45,0 min	12,8	47,5	20,0	74,1	27,2	100,6	36,7	135,7	43,8	162,3	51,0	188,9	60,5	224,0	67,6	250,5
60,0 min	12,7	35,3	21,0	58,3	29,3	81,3	40,2	111,7	48,5	134,7	56,8	157,7	67,7	188,1	76,0	211,1
90,0 min	14,7	27,3	23,3	43,2	31,9	59,1	43,3	80,2	51,9	96,2	60,5	112,1	71,9	133,2	80,5	149,1
2,0 h	16,3	22,6	25,1	34,9	34,0	47,2	45,7	63,5	54,5	75,8	63,4	88,1	75,1	104,3	84,0	116,6
3,0 h	18,7	17,3	27,9	25,9	37,1	34,4	49,3	45,7	58,5	54,2	67,7	62,7	79,9	74,0	89,1	82,5
4,0 h	20,6	14,3	30,1	20,9	39,6	27,5	52,1	36,2	61,5	42,7	71,0	49,3	83,5	58,0	93,0	64,6
6,0 h	23,6	10,9	33,4	15,5	43,3	20,0	56,3	26,1	66,1	30,6	76,0	35,2	89,0	41,2	98,9	45,8
9,0 h	26,9	8,3	37,1	11,5	47,4	14,6	60,9	18,8	71,2	22,0	81,4	25,1	95,0	29,3	105,2	32,5
12,0 h	29,5	6,8	40,0	9,3	50,5	11,7	64,5	14,9	75,0	17,4	85,5	19,8	99,5	23,0	110,0	25,5
18,0 h	36,6	5,6	47,5	7,3	58,4	9,0	72,8	11,2	83,8	12,9	94,7	14,6	109,1	16,8	120,0	18,5
24,0 h	43,7	5,1	55,0	6,4	66,3	7,7	81,2	9,4	92,5	10,7	103,8	12,0	118,7	13,7	130,0	15,0
48,0 h	49,9	2,9	65,0	3,8	80,1	4,6	99,9	5,8	115,0	6,7	130,1	7,5	149,9	8,7	165,0	9,5
72,0 h	58,4	2,3	75,0	2,9	91,6	3,5	113,4	4,4	130,0	5,0	146,6	5,7	168,4	6,5	185,0	7,1

- T - Wiederkehrzeit (in [a]): mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet
- D - Niederschlagsdauer einschließlich Unterbrechungen (in [min, h])
- h - Niederschlagshöhe (in [mm])
- rN - Niederschlagsspende (in [l/(s*ha)])

Abbildung 7: Auszug Kostra-Atlas: Niederschlagshöhen und –spenden für Raisting

Da bei der Ermittlung von Auswirkungen von Starkniederschlagsereignissen auf die Grundwasserverhältnisse neben der Niederschlagsmenge und –dauer weitere Faktoren wie die Vorsättigung des Bodens und der variable Anteil des Oberflächenabflusses und der Verdunstung sowie der Vorflutwirkung von Oberflächengewässern maßgeblich sind, ist kein eindeutig definierter bzw. linearer Zusammenhang zwischen Niederschlagsereignis und Grundwasserstandsanstieg herzustellen.

Die Auswertung der Grundwasserstandsganglinie in Abhängigkeit der gemessenen Niederschläge der nächstgelegenen langfristig beobachteten Grundwassermessstelle in Wielenbach zeigt beispielsweise nach einer Niederschlagssumme von rd. 100 mm innerhalb von vier Tagen bzw. rd. 130 mm in zehn Tagen (Mai 2019) einen Grundwasseranstieg von rd. 70 cm (vgl. Abbildung 9 auf Seite 10). In Folge des Niederschlagsereignisses von rd. 160 mm in drei Tagen im Mai 1999 stieg der Grundwasserstand dagegen um über 210 cm an (vgl. Abbildung 10 auf Seite 10).

Für das Untersuchungsgebiet in Raisting liegen keine Ganglinienaufzeichnungen von Grundwasserständen vor. Der Pegel der Rott bei Raisting zeigt für das Hochwasserereignis im Mai 1999 ebenfalls einen Pegelanstieg von rd. 2,1 m.

Erfahrungsgemäß liegt bei den regionalen hydrogeologischen und klimatischen Verhältnissen ein mittlerer Hochwasserstand im Grundwasser (MHW) um rd. 0,3 bis rd. 0,5 m über dem Mittelwasserstand (MW). Höchstwasserstände liegen meist um rd. 1,5 m über dem MW. Ein üblicher Schwankungsbereich zwischen Hoch- und Niedrigwasser liegt demnach bei rd. 2 m.

Während der Durchführung der Kleinrammbohrungen in den Baugebieten am 05.07.2016 herrschte an der Messstelle in Wielenbach ein Hochwasserstand (siehe Abbildung 8). Es ist daher davon auszugehen, dass die gemessenen Bohrwasserstände ebenfalls Grundwasserstände über MW repräsentieren. Das nachfolgend erläuterte Grundwassermodell wurde auf diesen Grundwasserstand kalibriert und legt somit als Ausgangswasserstand sowohl für den Ist-Zustand als auch für den Planungszustand bereits einen erhöhten Wasserstand zugrunde.

Auf diesen bereits erhöhten Ausgangswasserstand wurde dann ein 72h-stündiges Niederschlagsereignis mit einer Niederschlagssumme von 113,4 mm (5-jährlicher Starkniederschlag; s.o.) aufgegeben. Es wurde damit ein flächenhafter Grundwasserstandsanstieg um rd. 0,5 m erzeugt (detaillierte Erläuterungen hierzu im folgenden Kapitel).

Aussagen hinsichtlich der statistischen Jährlichkeit des resultierenden Grundwasserhochstandes sind mit der vorliegenden Datengrundlage nicht möglich.

Hinsichtlich einer vergleichenden Aussage zu Auswirkungen der geplanten Maßnahmen (Differenzhöhen [Planungszustand - Ist-Zustand]) ist dies nicht erforderlich.

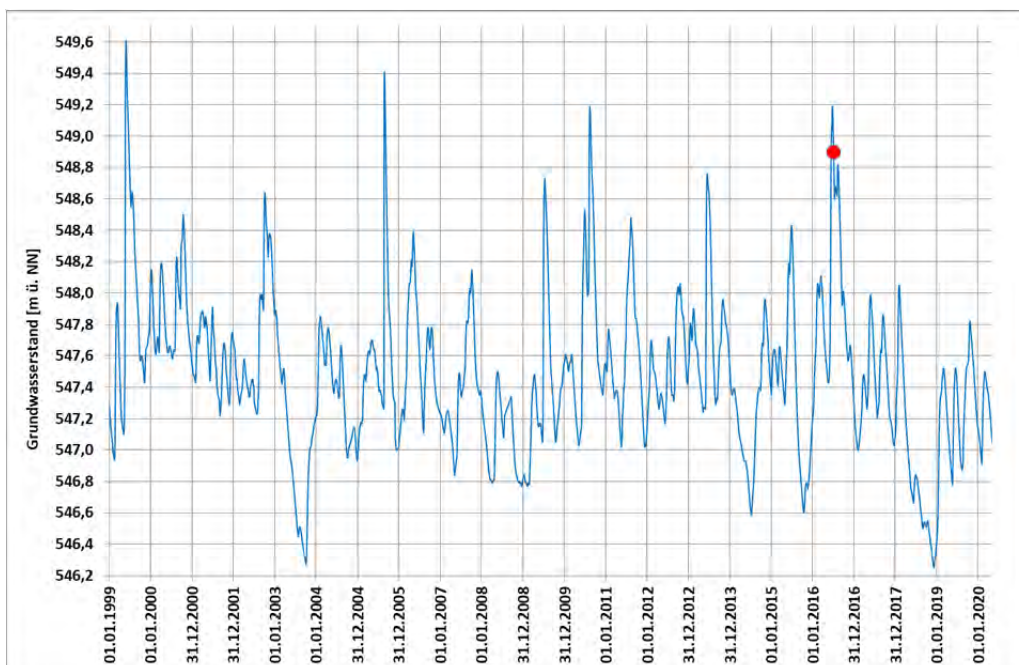


Abbildung 8: Grundwasserganglinie Wielenbach, Messzeitraum seit 1999; rot markiert: Grundwasserstand am 05.07.2016 (Zeitpunkt der KRB im geplanten Baugebiet Raisting)

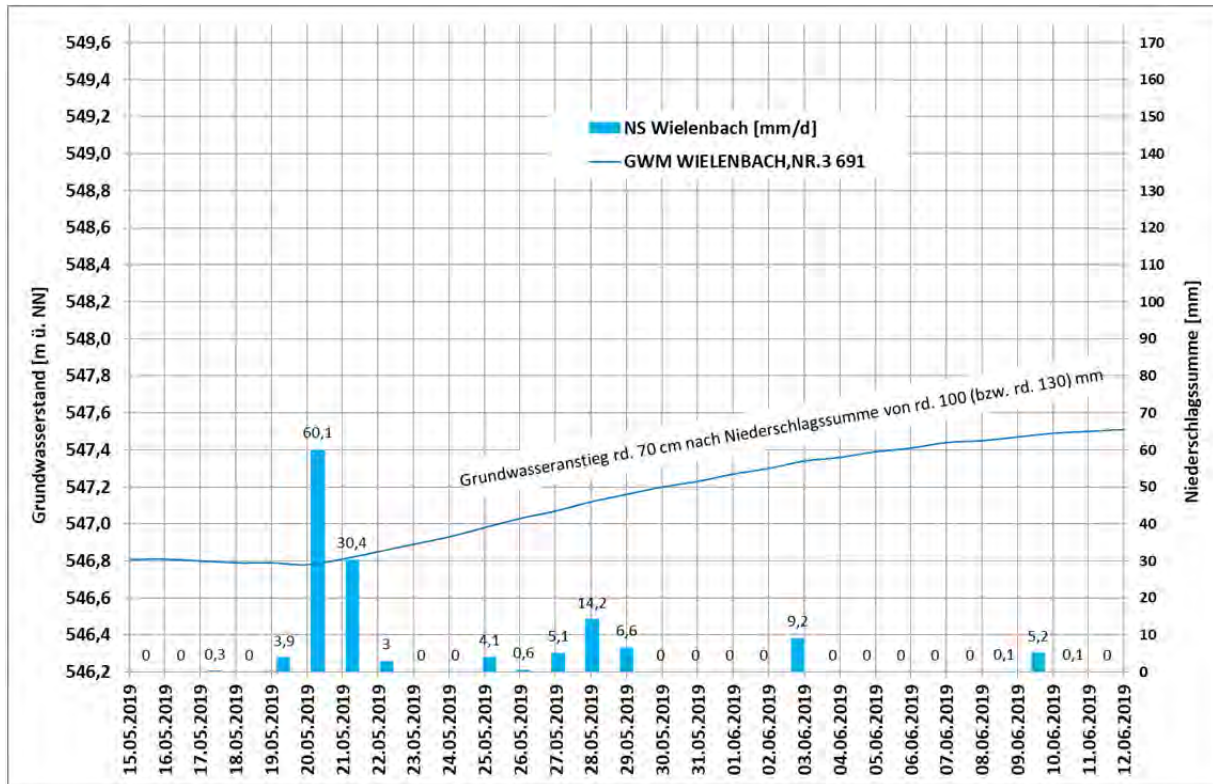


Abbildung 9: Grundwasserganglinie Wielenbach; Starkniederschlag Mai 2019

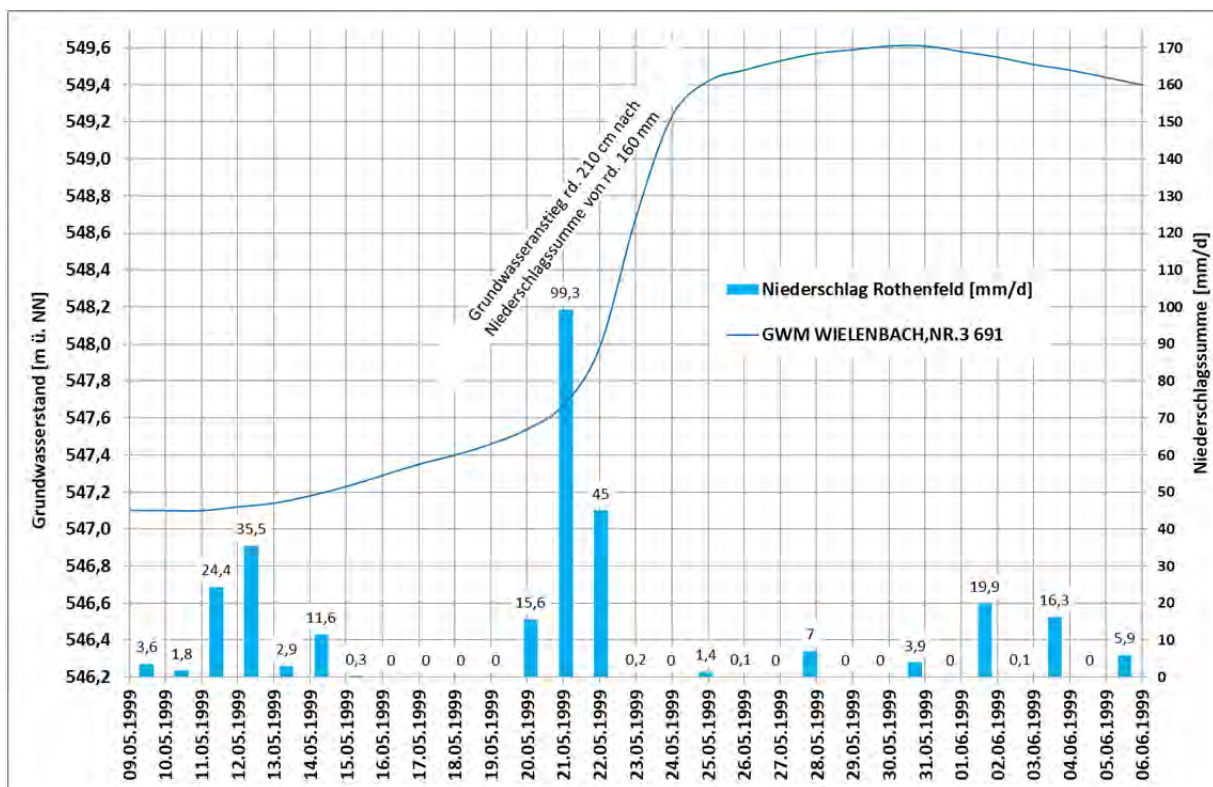


Abbildung 10: Grundwasserganglinie Wielenbach; Starkniederschlag Mai 1999

7. Modellrechnungen

Für die numerischen Grundwassermodellrechnungen wurde die Software Feflow (V. 7.2) verwendet.

Der Modellumfang umfasst eine Fläche von rd. 0,6 km² bei einer Längenausdehnung von rd. 1.200 m und einer Breite von rd. 500 m.

Die horizontale Diskretisierung der Finiten Elemente erfolgte in rd. 10.500 Knoten in zwei Modellschichten (2 Layer). Der Modelloberfläche (Fläche = Slice 1) wurden die Vermessungsdaten der Geländeoberkante zugewiesen. Die Modellunterkante (Fläche = Slice 3) wurde pauschal auf Geländeoberkante –4 m gelegt. Dies entspricht dem Abstand der Stauerberkante von der Geländeoberfläche im Bereich der geplanten Baugebiete.

Wie eingangs erwähnt, ist das Modell aufgrund der eingeschränkten Datenbasis als schematisches Strömungsmodell zu verstehen. Dies bedeutet, dass zwar plausible Randbedingungen (ober- und unterstromige Fixpotenzialhöhen der Grundwasserstände, sowie Wasserstände der Oberflächengewässer als Vorflutniveaus) und Materialparameter (hydraulische Durchlässigkeit, Porosität) angesetzt wurden, jedoch keine Regionalisierung der Flächendaten und keine detaillierte Kalibrierung auf Stützpunkte mit Grundwasserstandsmessungen durchgeführt werden konnte.

Das Modellgebiet mit den Randbedingungen 1. Art (Fixpotenzial) und 3. Art (Oberflächengewässer) ist im Überblick in der folgenden Abbildung dargestellt.

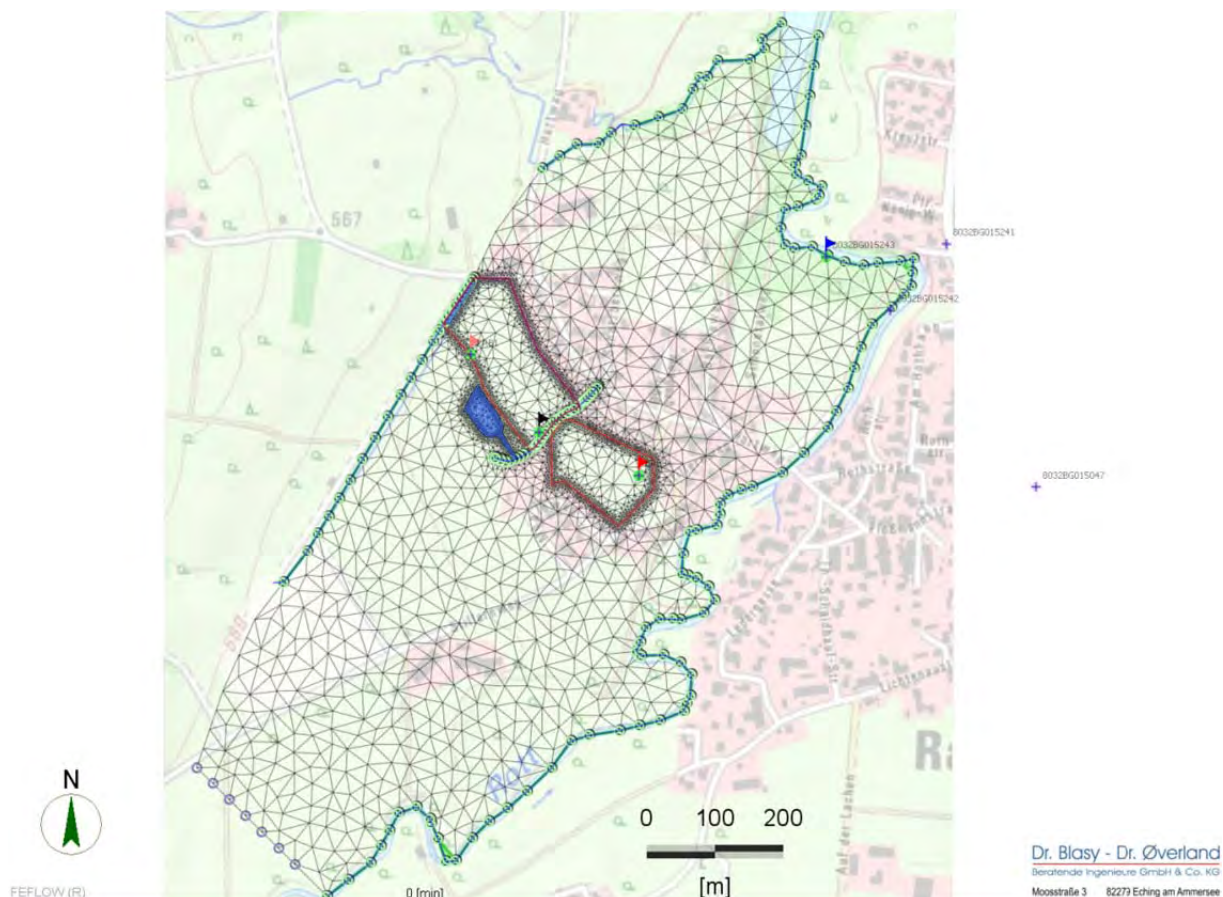


Abbildung 11: Modellgebiet (Diskretisierung, Randbedingungen)

7.1 Modell Ist-Zustand

Es ist zweckmäßig, für die Begrenzung des Modellgebietes soweit möglich natürliche Modellränder, d.h. hydrogeologische Begrenzungen des Grundwasserleiters zu verwenden.

Im vorliegenden Fall verläuft die östliche Begrenzung des Modellgebietes entlang der Rott. Die südliche (oberstromige) und nördliche (unterstromige) Modellgrenze verläuft jeweils auf kurzer Strecke senkrecht zur Grundwasserfließrichtung, d.h. entlang einer Grundwassergleiche. Der westliche Modellrand verläuft wiederum weitgehend entlang des Entwässerungsgrabens und im weiteren Verlauf entlang des Hartgrabens.

7.1.1 Stationäres Modell

Zunächst wurde ein stationäres Grundwassermodell, d.h. eine Modellrechnung mit konstanten Randbedingungen erstellt.

7.1.1.1 Randbedingungen

Die Vorfluthöhe der Rott (östlicher Modellrand) wurde linear zwischen ober- und unterstromigem Modellrand zwischen 556 und 545 m ü. NN interpoliert, so dass auf Höhe der Baugebiete ein Vorflutniveau von rd. 546,5 m ü. NN vorliegt.

Die Vorfluthöhe des Wiesengrabens liegt zwischen 553,43 und 551,26 m ü. NN entsprechend den Vermessungsangaben aus dem Gutachten Hochwasserschutz.

Die Vorfluthöhe des Entwässerungsgrabens liegt zwischen 555,0 und 553,5 m bzw. im weiteren Verlauf des Hartgrabens zwischen 550,0 und 545,0 m ü. NN.

Damit ergibt sich ein Fixpotential am unterstromigen Modellrand von 545 m ü. NN und am oberstromigen Modellrand von 556 m ü. NN.

7.1.1.2 Materialparameter

Als sog. Materialparameter sind die hydraulische Durchlässigkeit, die Porosität sowie die Grundwasserneubildung (bzw. der Niederschlag) anzusetzen.

Der kiesig-schluffige Grundwasserleiter wurde auf der Grundlage der Korngrößenanalysen aus dem Baugebiet mit einem pauschalen k_f -Wert von $2,5 \times 10^{-05}$ und mit einer Porosität von 25 % belegt.

Weiterhin wurde für die Kolmation (*Transfer Rate*) als Maß für die Anbindung der Oberflächengewässer an das Grundwasser ein üblicher Literaturwert (DHI-Wasy) von 10 d^{-1} (Infiltration) bzw. 40 d^{-1} (Exfiltration) angesetzt.

Für die stationäre Modellrechnung wird zunächst eine Grundwasserneubildung (d.h. eine Versickerung) von 0 mm angesetzt.

7.1.1.3 Ergebnis

Mit den vorstehend erläuterten Randbedingungen und Materialparametern wurde eine stationäre Strömungssituation berechnet, die im nordwestlichen Baugebiet eine nach Nordosten verlaufende Grundwasserfließrichtung (Grundwassergefälle rd. 1,5 %) mit einer entsprechend geringen Grundwasserstandsdifferenz zwischen den Stützpunkten KRB 1 und KRB 2 berechnet.

Für das südöstliche Baugebiet wird eine nach Osten verlaufende Grundwasserfließrichtung (zur Rott hin) mit einem deutlich steileren Gefälle (rd. 2,5 %) berechnet.

Dies entspricht qualitativ den Messungen der Bohrwasserspiegel am 05.07.2016 (siehe Abbildung 5), den Vermessungsdaten des Wiesengrabens sowie den auf Grundlage der Geländehöhen abgeschätzten mittleren Vorfluthöhen der Rott und des Entwässerungsgrabens nördlich des nordwestlichen Baugebietes.

Die Abweichungen der berechneten von den gemessenen Grundwasserständen liegen im Bereich $\pm 0,3$ m bei einer Höhendifferenz der Vorflutniveaus des Entwässerungsgrabens im Norden und der Rott im Süden von rd. 9 m.

Wie bereits erläutert, liegt für eine detaillierte Kalibrierung des Grundwassermodells keine ausreichende Datengrundlage (Stichtagsmessung von Grabenwasserständen und Ruhewasserstände an Grundwassermessstellen) vor. Das schematische Modell bildet jedoch die realen Strömungsverhältnisse mit hinreichender Genauigkeit ab. Die folgende Abbildung zeigt das Ergebnis der stationären Modellrechnung.

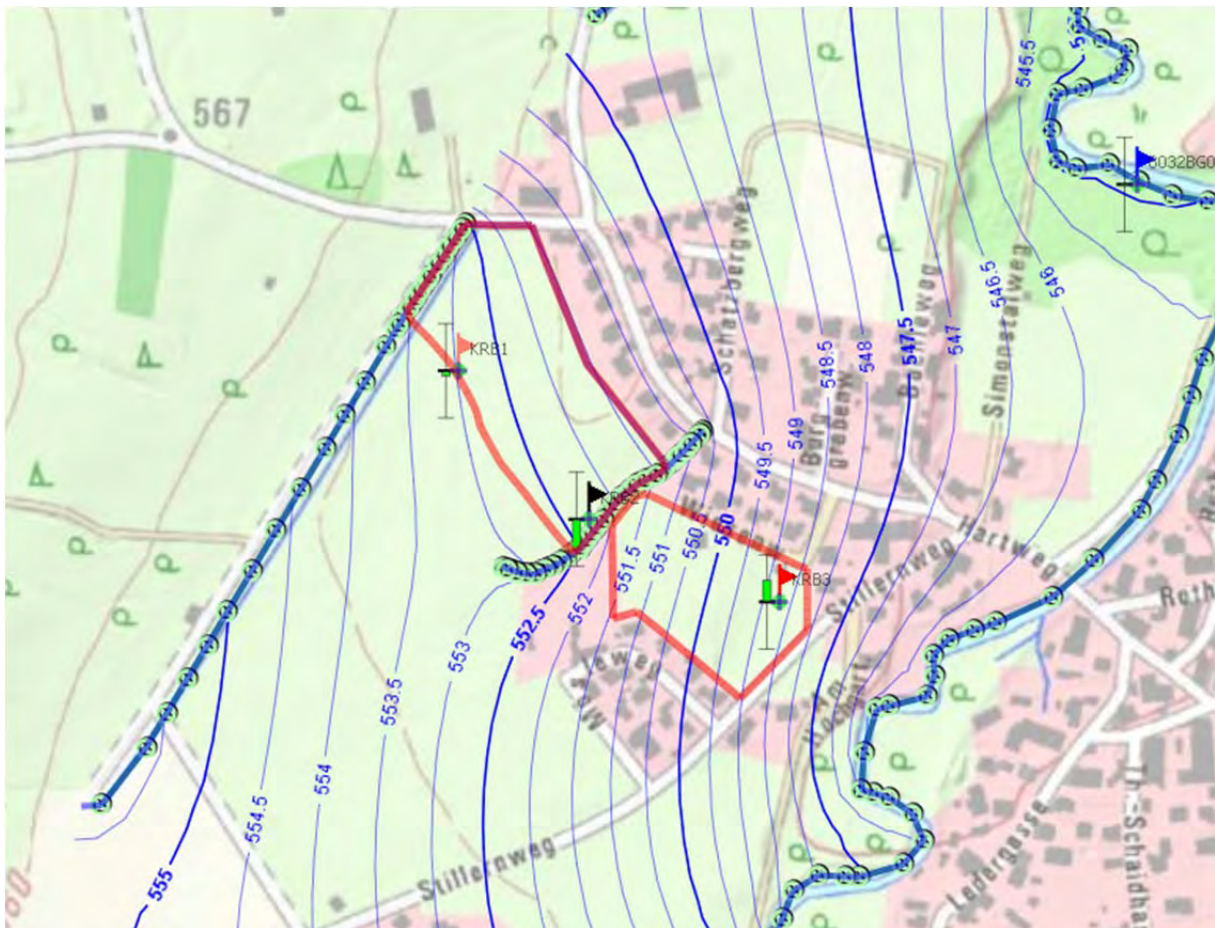


Abbildung 12: Modellergebnis stationäre Modellrechnung Ist-Zustand

7.1.2 Instationäre Modellrechnung

Bei einer instationären Modellrechnung können ein oder mehrere Modellparameter im zeitlichen Verlauf variieren. Im vorliegenden Fall wurde ein Starkregenereignis (Bemessungsniederschlag vgl. Kapitel 6) über einen Zeitraum von 72 Stunden simuliert (113,4 mm /72 h).

Räumliche Differenzierungen (bestehende Flächenversiegelungen, bestehende Versickerungsmulden etc.) können mangels Datengrundlage nicht erfolgen. Hinsichtlich einer vergleichenden Darstellung der Auswirkungen der geplanten Maßnahmen ist dies im Rahmen der Modellgenauigkeit nicht erforderlich, soweit für die Modellrechnungen *Ist-Zustand* und *Planungszustand* ansonsten die identischen Modellgrundlagen gewählt werden.

In der folgenden Abbildung ist der Grundwasserstand nach dem o.g. Niederschlagsereignis dargestellt. Es stellt sich ein flächenhafter Grundwasseranstieg um rd. 0,5 m ein. Dies stellt unter Berücksichtigung der im Kapitel 6 dargestellten Auswertungen von Grundwasserstandsganglinienaufzeichnungen ein plausibles Ergebnis dar.

Anmerkungen:

- (1) Bei der o.g. Niederschlagsmenge ist zu beachten, dass diese Wassermenge tatsächlich vollständig flächenhaft dem Grundwasserkörper zugeführt wird. Oberflächenabfluss- und Verdunstungsanteile werden nicht berücksichtigt. Die Niederschlagsmenge von 113,4 mm / 72 h entspricht zwar – wie im vorstehenden Kapitel erläutert – einem 5-jährlichem Starkregenereignis, die im Modell simulierten Auswirkungen besitzen damit jedoch eine in jedem Fall höhere Jährlichkeit. Streng genommen muss daher i. F. nicht von Niederschlags- sondern von Versickerungsmenge gesprochen werden.
- (2) Die Vorfluthöhen der Fließgewässer wurden stationär, d.h. konstant gehalten. Die modelltechnische Umsetzung der Oberflächengewässer mittels der sog. Randbedingung 3. Art ermöglicht aber den Grundwasserstandanstieg in der Umgebung des Gewässers. Im Gegensatz zu einer Randbedingung 1. Art (Fixpotenzial) wird der Grundwasserstand nicht auf die angegebene Potenzialhöhe fixiert, sondern kann abhängig vom Kolmationsparameter auch höher oder tiefer liegen.
- (3) Bei den instationären Modellläufen erfolgt der Beginn der Versickerung jeweils nach 1 Stunde ab Simulationsbeginn. Die in den Abbildungen dargestellten Situationen „36h“ und „73h“ stellen dementsprechend die Zeitpunkte 35 Stunden bzw. 72 Stunden nach Versickerungsbeginn dar.

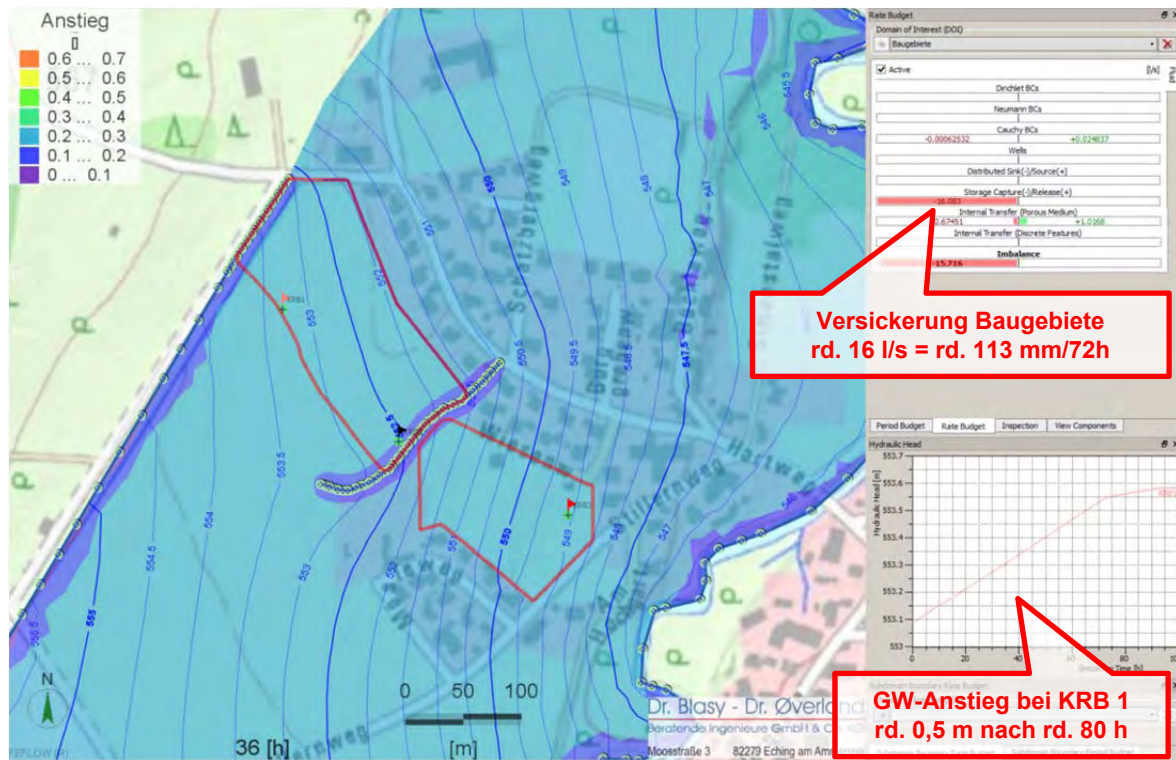


Abbildung 13: Instationäre Modellrechnung Ist-Zustand (Situation nach 35 Stunden Versickerung)

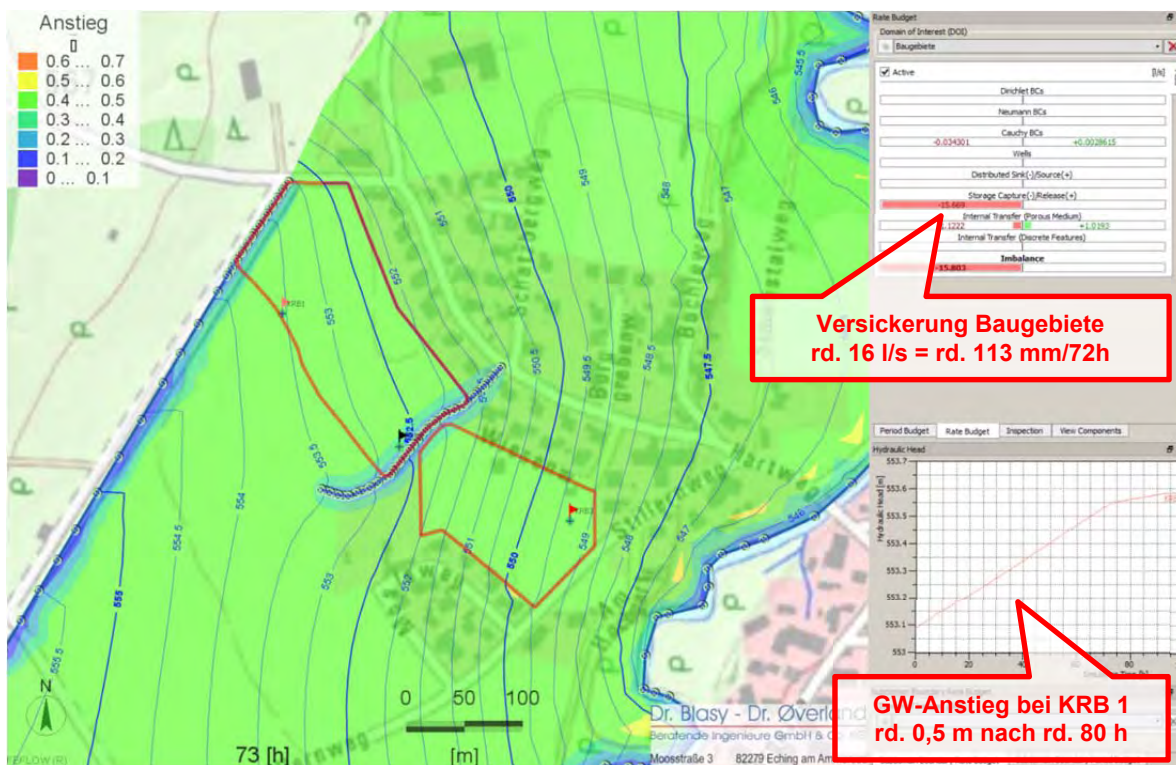


Abbildung 14: Instationäre Modellrechnung Ist-Zustand (Situation nach 72 Stunden Versickerung)

7.2 Modell Planungszustand

Im Modell Planungszustand wurden folgende geplante grundwasserrelevante Maßnahmen implementiert:

- (1) Entwässerungsgraben entlang der nordöstlichen Grenze des nordwestlichen Baugebietes.

Dieser Graben soll gewährleisten, dass trotz der geplanten Anhebung des nördlichen Baugebietes das oberflächlich abfließende Niederschlagswasser nicht in den Bereich der nordöstlich anschließenden Bestandsbebauung eindringt, sondern über den Graben zum Wiesengraben abgeleitet wird.

- (2) Dezentrale Versickerungsmulden in beiden Baugebieten.

Naturgemäß ändert sich durch die geplanten Maßnahmen nicht die Gesamtniederschlagsmenge, die abgeleitet oder versickert wird. Aufgrund des im Bereich der Versickerungsmulden erforderlichen Bodenaustauschs mit Anschluss an den versickerungsfähigen Untergrund kommt es zu einer beschleunigten Versickerung, die ein höheres aber kürzeres Maximum des Grundwasserhochstandes verursachen kann. Hinsichtlich der Lage und Größe der geplanten versiegelten Flächen und der Versickerungsmulden liegen noch keine Planungen vor. Eine hoch aufgelöste räumliche Differenzierung von Flächen ohne Versickerung und Flächen mit erhöhter Versickerungsmenge hätte zudem in geringer Entfernung (innerhalb des Planungsgebietes) keine messbaren Auswirkungen auf die Grundwasserstände. Um die durch den Bodenaustausch verursachte beschleunigte Versickerung zu simulieren, wurde für den gesamten Bereich der Baugebiete die identische Versickerungsmenge, jedoch innerhalb eines kürzeren Zeitraums (Annahme: 35 Stunden) aufgegeben.

- (3) Retentionsraum südwestlich des nordwestlichen Baugebietes.

Der geplante Retentionsraum als Erweiterung der bestehenden Geländesenke soll das aus dem nordwestlich gelegenen Entwässerungsgraben überlaufende Wasser aufnehmen und gleichzeitig als Retentionsraum für die Entwässerung des Baugebietes dienen. Die weitere, noch nicht vorliegende Planung soll einen gedrosselten Ablauf in den Wiesengraben vorsehen. Im Bereich des Retentionsbeckens erfolgt kein Bodenaustausch und damit keine beschleunigte, jedoch aufgrund der von außen zugeführten Wassermenge zeitlich verlängerte Versickerung. Aufgrund des noch unsicheren Planungsstandes wird daher im Modell *Planungszustand* eine auf den doppelten Zeitraum (= 144 Stunden) verlängerte Versickerung implementiert.

Weitere Maßnahmen, die den Hochwasserschutz betreffen und die schadlose Ableitung von Niederschlagswasser sicherstellen sollen (Verlegung eines Kanals zur Ableitung des Abflusses aus dem Wiesengraben, Rohrleitung zum Entleeren der Geländesenke, Anhebung des Geländes) haben keine unmittelbare Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse und werden dementsprechend im Grundwassermodell nicht implementiert. Die ausreichende Kapazität bestehender Gräben für die Ableitung von Niederschlagswasser wird modelltechnisch über die gesetzte Randbedingung 3. Art (Oberflächengewässer) gewährleistet.

7.2.1 Modellergebnisse

7.2.1.1 Grundwasserstandsanstieg

Die Ergebnisse der Modellrechnungen *Planungszustand* werden analog zu den Ergebnissen des Modells *Ist-Zustand* beispielhaft für die Situationen 35 Stunden und 72 Stunden nach Versickerungsbeginn dargestellt.

In den geplanten Baugebieten erfolgt die Versickerung der Gesamtniederschlagsmenge aufgrund des Bodenaustauschs im Bereich der Versickerungsmulden deutlich schneller. Entsprechend der im Kapitel 7.2 erläuterten Annahme wird die Gesamtversickerungsmenge dem Untergrund in 35 h zugeführt. Der Grundwasserstandsanstieg von rd. 0,5 m im Baugebiet ist entsprechend bereits bis zu diesem Zeitpunkt erfolgt. Im übrigen Modellgebiet liegt der Anstieg bei rd. 0,25 m (Abbildung 15).

In der Abbildung 16 ist der Zustand nach 72 h Versickerung im Modellgebiet außerhalb des Baugebietes dargestellt. Zu diesem Zeitpunkt ist der Grundwasserstand flächenhaft um rd. 0,5 m angestiegen. Ein Rückgang innerhalb der Baugebiete (keine Versickerung mehr seit Stunde 36) ist in dieser Darstellung nicht zu erkennen.

In der Abbildung 17 ist der Zustand nach 120 h dargestellt. Flächenhaft ist bereits ein Rückgang der Grundwasserstände um rd. 0,1 m festzustellen. Im Bereich des Retentionsbeckens, in dem weiterhin zusätzliche Versickerung erfolgt (vgl. Kap. 7.2, Pkt. (3)) ist ein weiterer Anstieg um zusätzlich rd. 0,2 m zu verzeichnen.

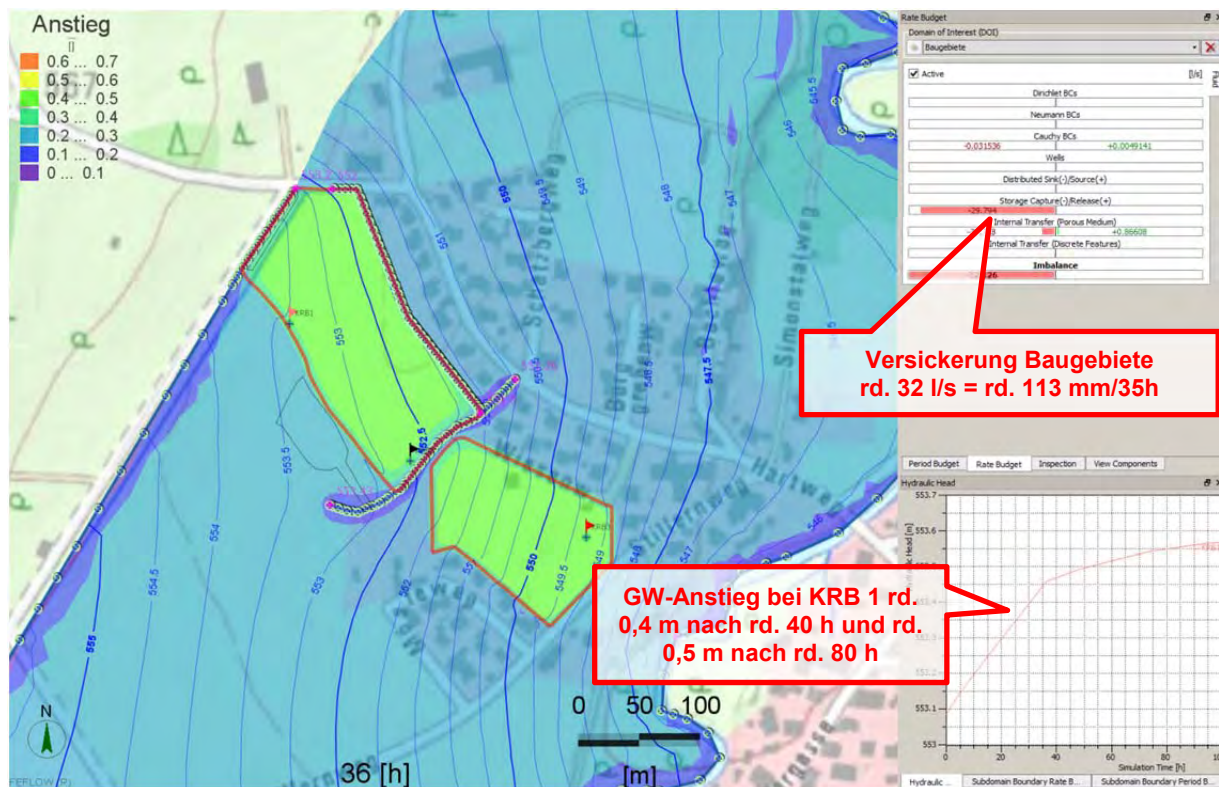


Abbildung 15: Instationäre Modellrechnung Planungszustand (Situation nach 35 h Versickerung)

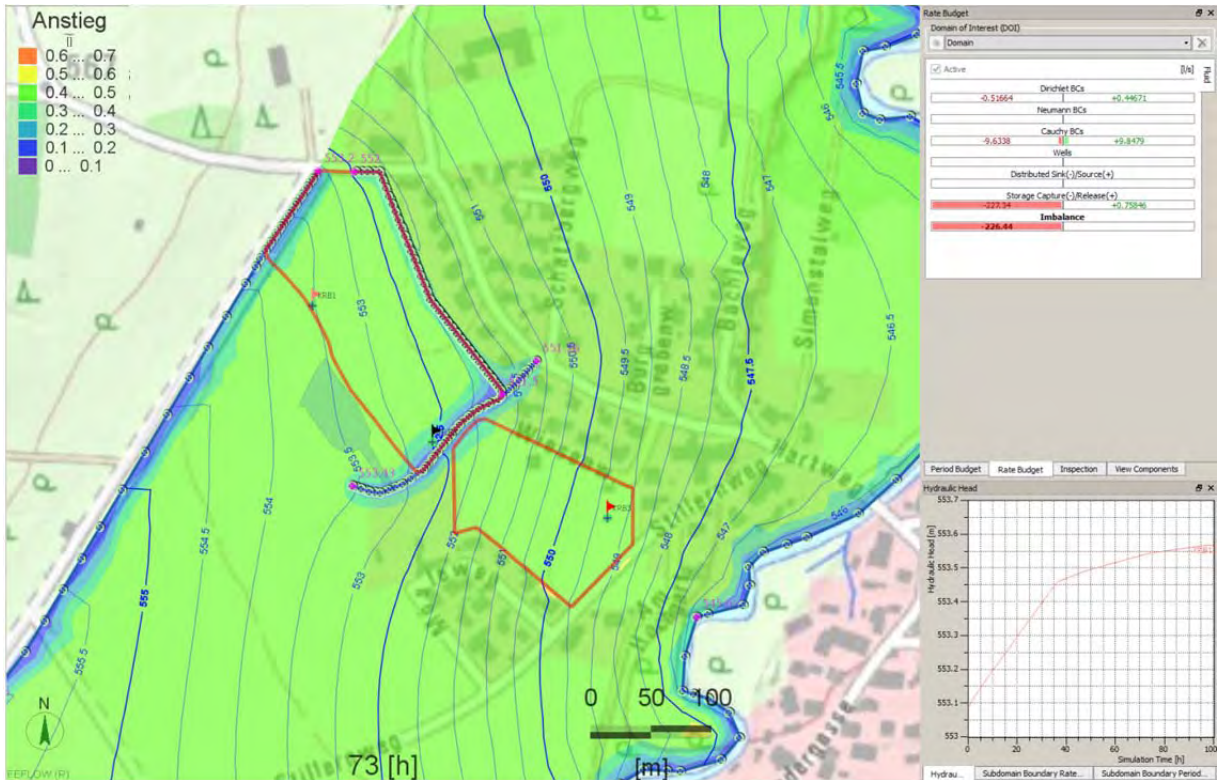


Abbildung 16: Instationäre Modellrechnung Planungszustand (Situation nach 72 h Versickerung)

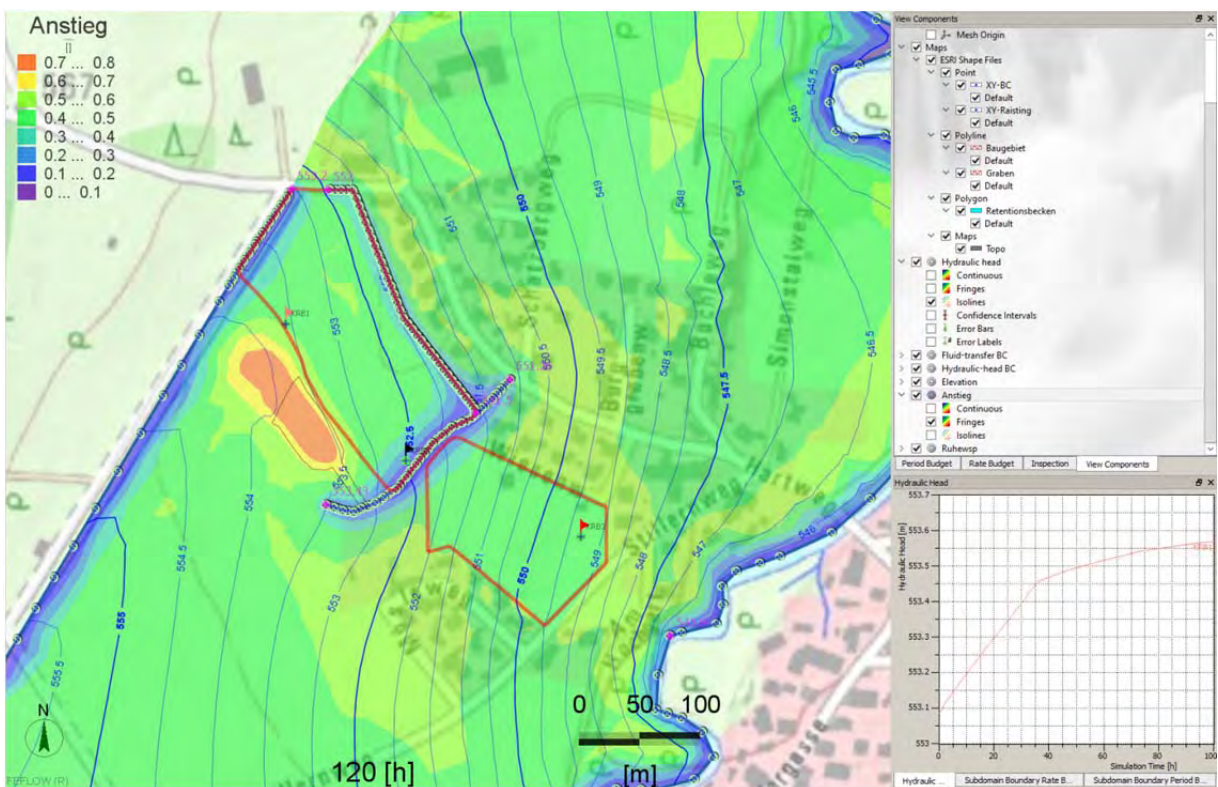


Abbildung 17: Instationäre Modellrechnung Planungszustand (Situation nach 119 h Versickerung)

7.2.1.2 Differenzenplane

Die folgenden Plandarstellungen zeigen die Wasserstandsdifferenzen [Planungszustand – Ist-Zustand] für die ausgewählten Situationen nach 35 h, 72 h und 119 h Versickerung.

Entsprechend den vorstehenden Erläuterungen ergibt sich innerhalb des Baugebietes durch die schnellere Versickerung nach 35 h eine Differenz des Grundwasserstands [Planungszustand – Ist-Zustand] von rd. + 0,25 m. Die Auswirkungen beschränken sich auf die Baugebiete und einen Umgriff von bis zu rd. zehn Metern (bezogen auf eine Wasserspiegeldifferenz von > 2 cm; siehe Abbildung 18).

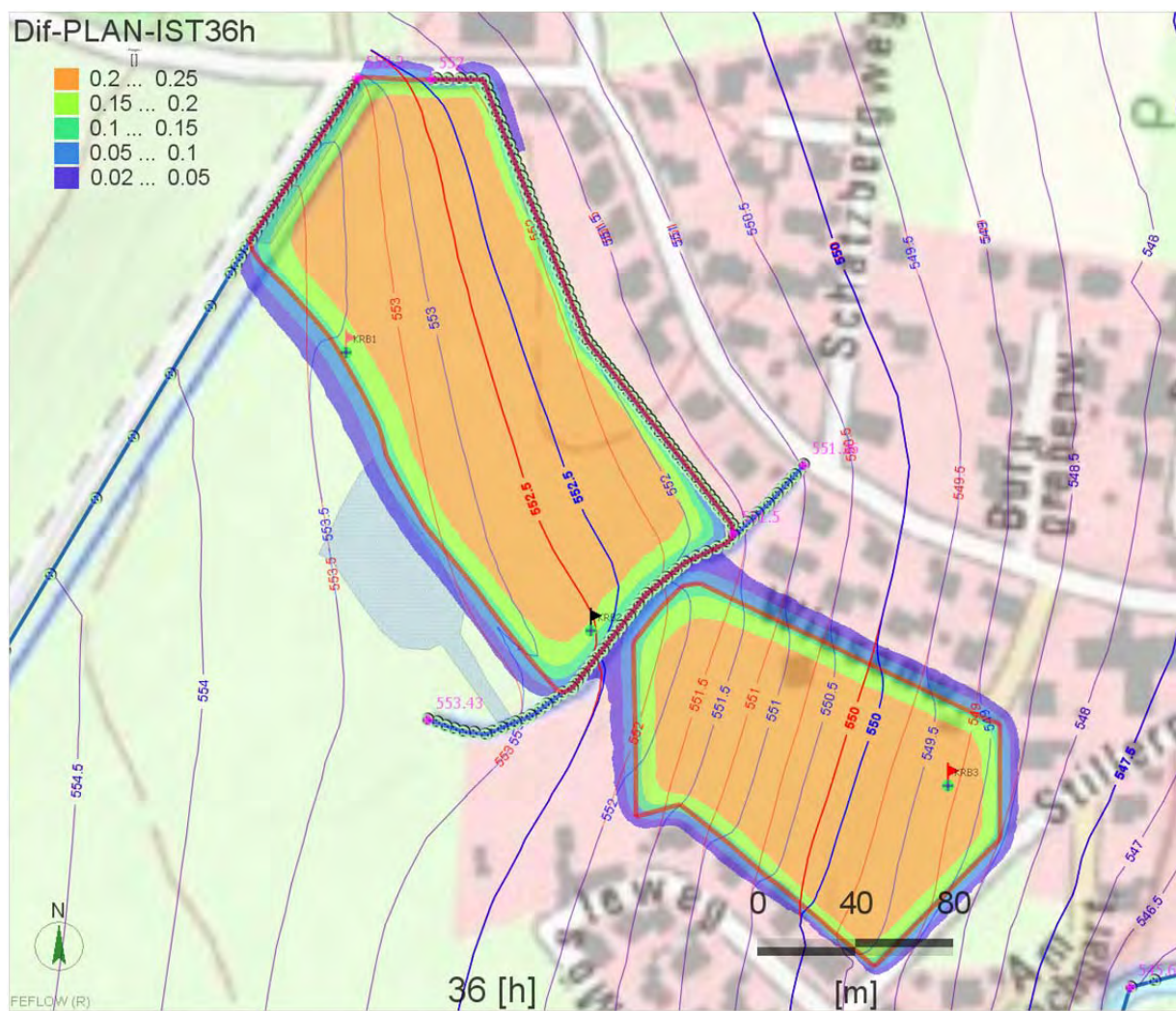


Abbildung 18: Modellergebnis instationäre Modellrechnung Planungszustand (Differenzenplan [Planungszustand-Ist-Zustand] nach 35 Stunden Versickerung)

In der Abbildung 19 ist zu erkennen, dass sich nach 72 h eine geringfügige negative Differenz von bis zu $-0,1$ m im Bereich der Baugebiete einstellt, d.h. hier sinkt der Grundwasserstand im Planungszustand bereits wieder ab, wohingegen im Ist-Zustand erst das Maximum erreicht ist.

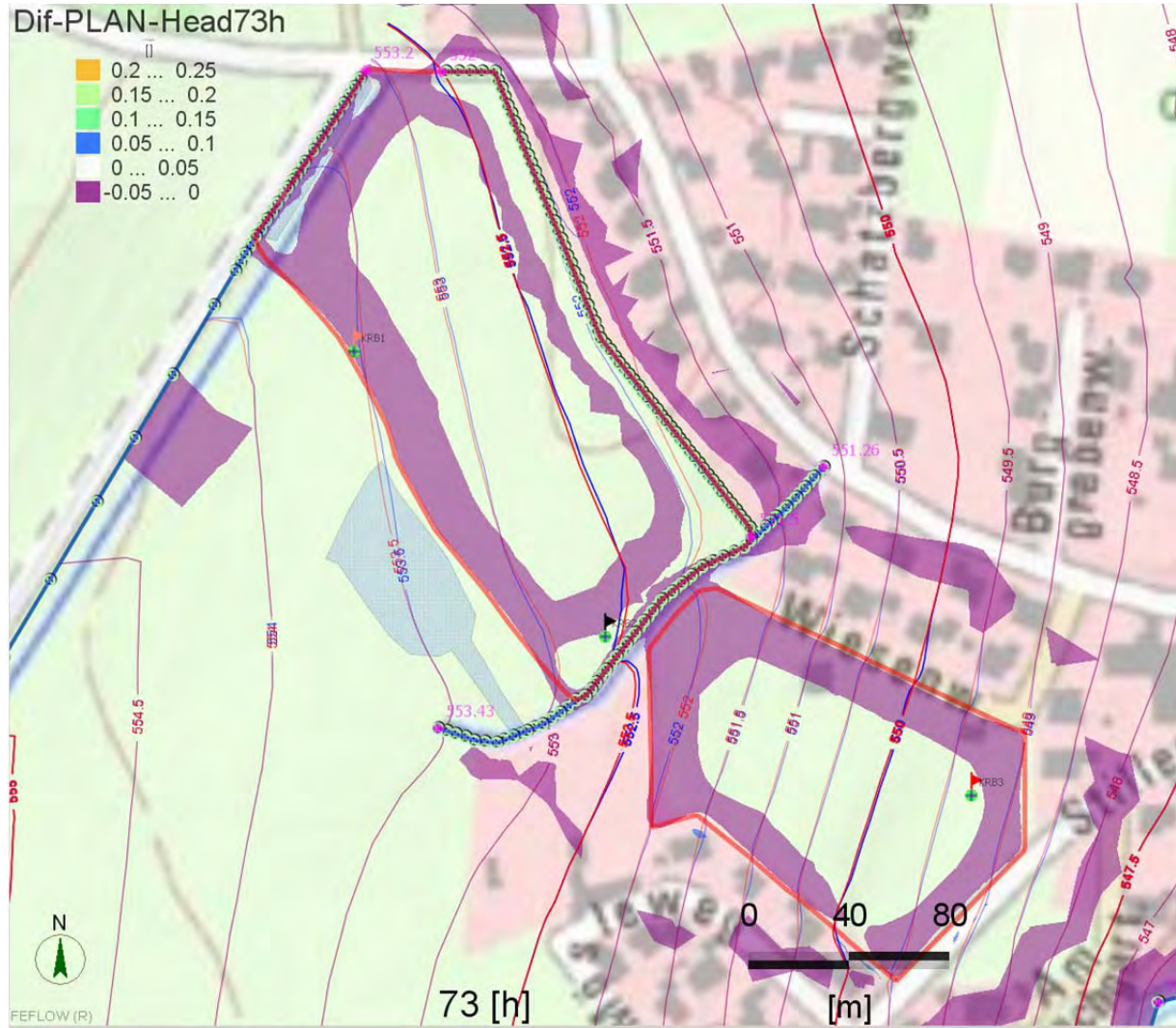


Abbildung 19: Modellergebnis instationäre Modellrechnung Planungszustand (Differenzenplan [Planungszustand-Ist-Zustand] nach 72 Stunden Versickerung)

Für den Zustand nach 120 Stunden (Abbildung 20) ist der zusätzliche Anstieg von rd. 0,25 bis 0,3 m im Bereich des geplanten Retentionsbeckens als Erweiterung der bestehenden Geländesenke zu erkennen.

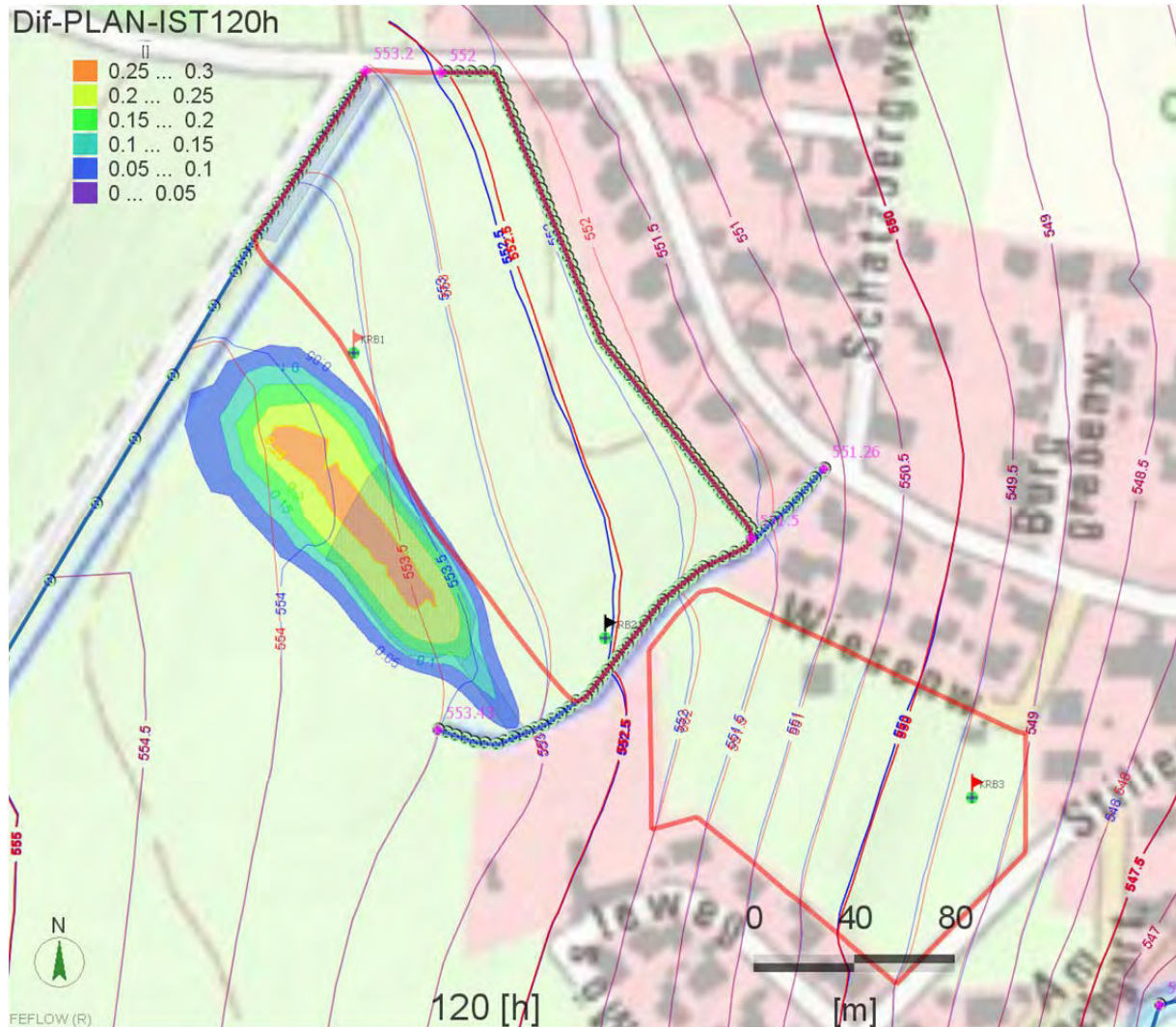


Abbildung 20: Modellergebnis instationäre Modellrechnung Planungszustand (Differenzenplan [Planungszustand-Ist-Zustand] nach 120 Stunden Versickerung)

8. Zusammenfassung

Die Gemeinde Raisting plant im Westen des Ortskerns die Ausweisung eines Baugebietes im Bereich Hartweg/Mösleweg. Für das geplante Baugebiet liegt bereits ein Hochwasserschutz- und Entwässerungskonzept vor, das eine Entsorgung des im Baugebiet anfallenden Regenwassers über dezentrale Mulden beinhaltet. Weiterhin ist ein Retentionsbecken in der Erweiterung einer bestehenden Geländemulde sowie ein zusätzlicher Entwässerungsgraben vorgesehen, der ein Abfließen von Regenwasser aus dem (geplant) höher gelegten Baugebiet in den Bereich der Bestandsbebauung verhindern soll.

Bei Anwohnern der benachbarten Bestandsbebauung bestehen Bedenken hinsichtlich schädlicher Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf die Grundwasserverhältnisse, d.h. eines Grundwasseranstiegs im Bereich der Bestandsbebauung.

Mit Hilfe eines numerischen Grundwasserströmungsmodells wurden die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf die Grundwasserverhältnisse ermittelt.

Aufgrund der eingeschränkten Datenlage wurde ein schematisches Modell mit plausiblen Erfahrungswerten und Grundannahmen erstellt. Die Ergebnisse der instationären Berechnungen (d.h. Simulation eines Starkniederschlagsereignisses im zeitlichen Verlauf) wurden vergleichend für den Ist-Zustand und den Planungszustand dargestellt und lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Ausgangswasserstand für die Berechnungen ist ein erhöhter Grundwasserstand. Eine statistische Einordnung ist mangels Datengrundlage nicht möglich.

Auf den Ausgangswasserstand wurde flächenhaft eine 72-stündige Versickerung mit einer Versickerungsmenge von 113 mm/72 h aufgegeben. Dies verursacht im Ist-Zustand einen flächenhaften (plausiblen) Grundwasserstandsanstieg von rd. 0,5 m.

Für das Modell Planungszustand wurde eine durch den erforderlichen Bodenaustausch mit höherer Durchlässigkeit im Bereich der Versickerungsmulden beschleunigte Versickerung durch eine verdoppelte Versickerungsrate (113 mm/36h) simuliert. Für den Bereich des Retentionsbeckens wurde eine auf die doppelte Zeitspanne verlängerte Versickerungszeit (bei gleicher Versickerungsrate (226 mm/144h) berechnet. Damit wird ein von außen aus dem überlaufenden Entwässerungsgraben zulaufendes zusätzliches Niederschlagswasser simuliert.

Als Ergebnis ist festzustellen:

Die Auswirkungen beschränken sich auf die Baugebiete selbst und die unmittelbare Umgebung im Umfeld von bis zu zehn Meter (bezogen auf eine maximale Differenz des Grundwasserstands [Planungszustand – Ist-Zustand] von 5 cm). Am Randbereich der Bestandsbebauung südwestlich des südöstlichen Baugebiets ist gemäß den erläuterten Berechnungen durch die geplanten Maßnahmen demnach eine maximale Differenz von bis zu rd. 5 cm festzustellen.

Durch die beschleunigte Versickerung der bebauten Flächen über Versickerungsmulden mit Bodenaustausch und hydraulischer Anbindung an den gut durchlässigen Grundwasserleiter wird das Maximum des Grundwasseranstiegs schneller erreicht, so dass nach 35 h Versickerung innerhalb des Baugebiets gegenüber dem Ist-Zustand ein um bis zu 25 cm höherer Wasserstand vorherrscht.

Durch die beschleunigte Versickerung wird die Dauer des Maximums verkürzt. Für den Zustand nach 72 h liegt der Grundwasserstand im Planungszustand im Bereich der Baugebiete bereits um bis zu rd. 0,1 m unterhalb des Wasserstands im Ist-Zustand.

Wie vorstehend erläutert, erstreckt sich die Reichweite eines durch die beschleunigte Versickerung verursachten Grundwasseranstiegs auf bis zu rd. 10 Meter um die betreffenden Versickerungsflächen. Aufgrund noch nicht vorliegender Planungsdaten zur Bebauung der einzelnen Grundstücksflächen wurde bei den Berechnungen zunächst die beschleunigte Versickerung flächenhaft über die gesamten Baugebiete angenommen. Tatsächlich wird ein erheblicher Teil (Gartenflächen) unverändert bleiben und es werden Teilflächen (Dachflächen und sonstige befestigte Flächen) über räumlich begrenzte Versickerungsmulden entwässert. Wird bei der Anlage der Mulden ein Mindestabstand von rd. 10 m zur benachbarten Bestandsbebauung eingehalten, so ist die Reichweite der Auswirkungen auf den Bereich innerhalb der geplanten Baugebiete begrenzt.

Aufgrund der zusätzlichen Versickerung über das geplante Retentionsbecken wird der Grundwasserstand im Nahbereich des Beckens während der angenommenen verlängerten Versickerungszeit gegenüber dem Ist-Zustand um bis zu 0,3 m erhöht. Die Auswirkungen erstrecken sich nicht bis in das geplante Baugebiet und die Bestandsbebauung. Hinsichtlich des geplanten gedrosselten Ablaufs aus dem Retentionsbecken in den Wiesengraben existieren noch keine detaillierten Planungen. Es ist jedoch festzustellen, dass bereits im Ist-Zustand über die bestehende Geländesenke oberflächlich ablaufendes Niederschlagswasser über einen längeren Zeitraum nach dem Niederschlagsereignis versickert. Bei der Berechnung der Grundwasserstandsdifferenzen [Planungszustand - Ist-Zustand] wird dies nicht berücksichtigt. Die Berechnungsergebnisse liegen damit hinsichtlich der maximalen Auswirkungen auf der sicheren Seite.

Eching am Ammersee, den 06.08.2020

Dr. Blasy – Dr. Øverland
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG



i.V. Knut Hanke
Dipl.-Geologe



i.A. Dr. Stefan Hülmeyer
Dipl.-Geologe