

Bebauungsplan mit integriertem Grünordnungsplan "Sondergebiet Mineralwasser- und Brunnenbetrieb Bad Adelholzen"

Hydrologische und hydraulische Untersuchung – Einleitung von Wasser aus versiegelten Flächen in Ge- wässer III. Ordnung

Erläuterungsbericht 30.03.2023

Auftraggeber: Kongregation der Barmherzigen Schwestern
vom hl. Vinzenz von Paul, KdöR
-Verpachtungsbetrieb-
St.-Primus-Str. 1-5

83313 Siegsdorf

Gemeinde: Siegsdorf

Landkreis: Traunstein

Projektnummer: 21074-01 UP2

Verfasser: aquasoli Ingenieurbüro
Inh. Bernhard Unterreitmeier
Hauertinger Straße 1a
83313 Siegsdorf



aquasoli®
Ingenieurbüro



INHALTSVERZEICHNIS

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Projektgebiet und Gewässersystem	1
3	Planungsvorhaben und Aufgabenstellung	3
4	Datengrundlagen	3
5	Hydrologische und geschiebetechnische Untersuchung	4
5.1	Hydrologie – EGL-X Wildbach	4
5.1.1	Methodik	4
5.1.2	Einzugsgebietsermittlung	4
5.1.3	Hydrologischer Bodentyp nach Lutz	5
5.1.4	Landnutzung	8
5.1.5	Regendaten	9
5.1.6	CN-Wert Ermittlung - Einzugsgebiete Alpiner Regionen (EGAR)	12
5.1.7	Gebietskenngrößen Einzugsgebiete	13
5.1.8	Berechnungsergebnisse EGL-X Wildbach	14
5.2	Geschiebezuschlag nach Loseblattsammlung Wildbach (LfU)	15
5.2.1	Schlagbach	15
5.2.2	Höllgraben	16
5.3	Bemessungsabflüsse $HQ_{100\text{WB}}$	18
5.4	Einleitungen aus versiegelten Flächen	20
6	Hydraulik	21
6.1	Abflussmodellerstellung	21
6.1.1	Ergebnisse HQ_{100} Ist-Zustand	27
6.1.2	Planungszustand	28
6.1.3	Konzeptionierung wasserwirtschaftliche Ausgleichsmaßnahmen	32
6.2	Zusammenfassung	35
7	Quellenverzeichnis	36

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1: Lage Projektgebiet (LDBV, 2023a)	2
Abbildung 2.2: Siedlungsbereich Thalham mit Bestandsverrohrungen (aquasoli, 2022a)	2
Abbildung 5.1: Einzugsgebiet Schlagbach und Höllgraben	5
Abbildung 5.2: Böden im Einzugsgebiet (LfU, 2023)	6
Abbildung 5.3: Hydrologische Bodentypen des Einzugsgebietes nach Lutz (LfU, 2018a)	7
Abbildung 5.4: Landnutzung im Untersuchungsgebiet	8
Abbildung 5.5: Hydrotipe in Bereich der Teileinzugsgebieten (LfU, 2014)	13
Abbildung 5.6: Blick in Richtung des Einzugsgebietes des Schlagbachs (aquasoli, 2021a)	16
Abbildung 5.7: Grabenstruktur im Einzugsgebiet (aquasoli, 2021a)	16
Abbildung 5.8: Oberlauf Zubringer Höllgraben (aquasoli, 2021a)	16
Abbildung 5.9: Höllgraben Unterlauf	16
Abbildung 5.10: Hochwasserganglinie HQ_{100WB} , Höllgraben	18
Abbildung 5.11: Teileinzugsgebiete Schlagbach	19
Abbildung 5.12: Hochwasserganglinie HQ_{100WB} , Schlagbach (2 Teileinzugsgebiete)	19
Abbildung 6.1: Vermessene Bruchkanten und Gewässerprofile	22
Abbildung 6.2: 2D Abflussmodell - Netzgeometrie	22
Abbildung 6.3: Materialbelegung im Projektgebiet, Abflussmodell Ist-Zustand	23
Abbildung 6.4: Netzgeometrie im Bereich Schlagbach inkl. Randbedingungen	24
Abbildung 6.5: Netzgeometrie im Bereich Höllgraben inkl. Randbedingungen	25
Abbildung 6.6: Zugabe Einleitung aus versiegelten Flächen Ist-Zustand HQ_{100} , Schlagbach ..	25
Abbildung 6.7: Zugabe Einleitung aus versiegelten Flächen HQ_{100} , Höllgraben	26
Abbildung 6.8: Ist-Zustand Leistungsfähigkeit Bestandsverrohrungen	27
Abbildung 6.10: Ist-Zustand: Maximale Fließtiefe HQ_{100} , Höllgraben	28
Abbildung 6.11: Planungszustand: Maximale Fließtiefe HQ_{100} , Höllgraben	29
Abbildung 6.12: Planungszustand: Differenzen maximale Fließtiefe HQ_{100} , Höllgraben	30
Abbildung 6.13: Abfluss am Auslaufrand: Vergleich Ist-Zustand und Planungszustand	31
Abbildung 6.14: Abflussfülle am Auslaufrand: Vergleich Ist-Zustand und Planungszustand	31
Abbildung 6.15: Konzeptionierte Wasserwirtschaftliche Ausgleichsmaßnahmen Lageplan	32
Abbildung 6.16: Konzeptionierte Wasserwirtschaftliche Ausgleichsmaßnahmen Querschnitt ..	33
Abbildung 6.17: Abfluss am Auslaufrand: Vergleich Ist-Zustand und Planungszustand	33
Abbildung 6.18: Abflussfülle am Auslaufrand: Vergleich Ist-Zustand und Planungszustand	34

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2.1: Bodentypen Niederschlag-Abfluss-Modellierung nach Lutz	5
Tabelle 2.2: Hydrologische Bodentypen nach Lutz im Einzugsgebiet (LfU, 2018a)	7
Tabelle 2.3: Mittelwert der hundertjährigen Niederschlagshöhen hN [mm] für das vorliegenden Einzugsgebiet nach KOSTRA-Atlas (DWD, 2010R) (Itwh GmbH, 2017).....	9
Tabelle 2.3: Mittelwert der hundertjährigen Niederschlagshöhen hN [mm] für das vorliegenden Einzugsgebiet nach KOSTRA-Atlas (DWD, 2020) (Itwh GmbH, 2022)	10
Tabelle 2.3: Vergleich der hundertjährigen Niederschlagshöhen hN [mm] für das vorliegenden Einzugsgebiet KOSTRA 2010R und KOSTRA 2020	11
Tabelle 2.3: CN-Wert Zuordnung	12
Tabelle 4.1: Hydrologische Gebietsparameter.....	14
Tabelle 4.2: Vergleichsrechnungen maximale Scheitelabflüsse Reinwasser	14
Tabelle 4.3: Bemessungsabflüsse Höllgraben und Schlagbach	18
Tabelle 4.1: Hydrologische Gebietsparameter Schlagbach Teileinzugsgebiete	19
Tabelle 4.4: Zugabesummen Einleitungen Bestand HQ ₁₀₀ (Datengrundlage IB BGTrauntal, März 2023).....	20
Tabelle 4.5: Zugabesummen Einleitungen Planung HQ ₁₀₀ (Datengrundlage IB BGTrauntal, März 2023).....	20
Tabelle 7: Parameter Laser_AS-2d (2.3.1)	21
Tabelle 8: Oberflächenrauheiten nach Manning-Strickler, Abflussmodell Ist-Zustand.....	23
Tabelle 9: Globale Parameter.....	26
Tabelle 4.7: Zugabe Gesamt, Planung HQ ₁₀₀	28



1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Im Rahmen des Bebauungsplans mit integriertem Grünordnungsplan "Sondergebiet Mineralwasser- und Brunnenbetrieb Bad Adelholzen" ist die Betriebserweiterung der Adelholzener Alpenquellen GmbH in mehreren Bauabschnitten geplant.

Das aquasoli Ingenieurbüro wurde mit der hydrologischen und hydraulischen Untersuchung zu Auswirkungen der Erhöhung der Einleitungsmenge von Wasser aus versiegelten Flächen in Gewässer III. Ordnung in Folge des Planungsvorhabens beauftragt. Im Zuge der Untersuchung sollen gegebenenfalls wasserwirtschaftliche Ausgleichsmaßnahmen konzeptioniert werden.

2 Projektgebiet und Gewässersystem

Das Plangebiet liegt südwestlich von Siegsdorf zwischen Bergen und Siegsdorf im Ortsbereich Bad Adelholzen. Die Erweiterung des Betriebsgeländes der Firma Adelholzener Alpenquellen GmbH befindet sich am Rand des Gemeindegebiets und erstreckt sich über die Gemeindegrenze hinweg in die Nachbargemeinde Bergen (vgl. Abbildung 2.1).

Das Planungsvorhaben weist eine Hochtallage auf, die an mäßig steile bis steile Hangebereiche angrenzt. Die Entwässerung der Hänge und Teile des Talkessels erfolgt über zwei Gewässer dritter Ordnung.

Der Schlagbach fließt westlich entlang der Kreisstraße TS3 nach Richtung Norden durch den Siedlungsbereich Thalham. Mit vier Verrohrung wird der Schlagbach durch den Siedlungsbereich Thalham geführt. Diese weisen eine Nennweite von DN500 bis DN1000 auf (vgl. Abbildung 2.2).

Der Höllgraben entwässert in Richtung Süden, er verläuft entlang der TS 3 in Richtung des Tals des Bergener Bachs und quert dabei die TS3 viermal mit Hilfe von Verrohrungen. Nach ca. 700 m Gewässerstrecke unterquert er mit einem Brückenbauwerk die TS 5 und mündet rechtsseitig in den Bergener Bach.

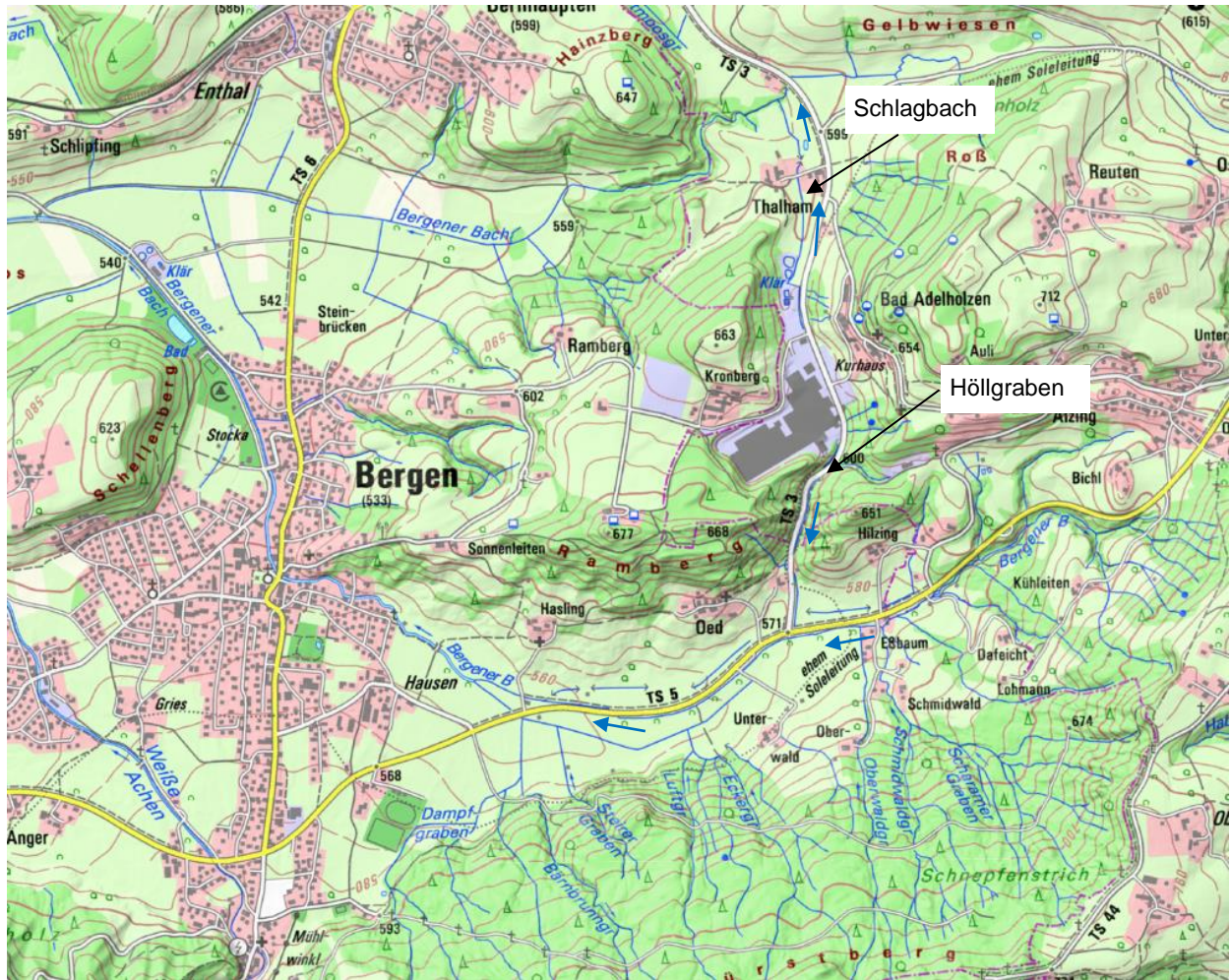


Abbildung 2.1: Lage Projektgebiet (LDBV, 2023a)



Abbildung 2.2: Siedlungsbereich Thalham mit Bestandsverrohrungen (aquasoli, 2022a)

3 Planungsvorhaben und Aufgabenstellung

Die ADELHOLZENER ALPENQUELLEN GMBH planen ein langfristiges umfangreiches Zukunftskonzept für die Sicherung und Entwicklung ihres Standortes bis zum Jahr 2040, das in mehreren Schritten umgesetzt werden soll. Auf Basis der aktuellen Planung ist eine Umsetzung des Bauvorhabens in vier Bauabschnitten geplant. Auf das geplante Bauvorhaben und die dazugehörigen Planungs- und Bauabschnitte wird im Rahmen der vorliegenden Studie nicht im Detail eingegangen. Zur weiteren Beschreibung des Vorhabens wird auf den Bebauungsplan, die Betriebsbeschreibung bzw. die Begründung zu den Bebauungsplänen „Sondergebiet Mineralwasser- und Brunnenbetrieb Bad Adelholzen“ der Gemeinde Siegsdorf bzw. „Sondergebiet Mineralwasser- und Brunnenbetrieb Bad Adelholzen“ der Gemeinde Bergen verwiesen.

Die vorliegende Untersuchung befasst sich mit der Einleitung von Wasser aus versiegelten Flächen in die angrenzenden Gewässer Dritter Ordnung. Dabei wird zum einen die Bestandsituation im 100-jährlichen Hochwasserfall der Wildbäche Schlagbach und Höllgraben festgestellt.

Zudem wird in die Abflusssituation im Planungszustand unter Berücksichtigung einer veränderten Einleitungsmenge ermittelt. Dabei wird als Planungszustand der finale Planungszustand nach Umsetzung aller Bauabschnitte definiert.

4 Datengrundlagen

Für die vorliegenden Untersuchungen lagen die folgenden Datengrundlagen vor:

- DGM1 (LDBV, 2022a)
- Digitale Flurkarte (LDBV, 2022a)
- Orthofoto (aquasoli, 2022a)
- Bestandsvermessung (BGTrauntal, 2022, 2023a)
- Bestandsvermessung (IB aquasoli, 2022)
- Ortseinsichten IB aquasoli (2022c)
- Datensatz bestehende und geplante Einleitungsmengen aus versiegelten Flächen (BG Trauntal, 2023b)

5 Hydrologische und geschiebetechnische Untersuchung

Für die betrachteten Gewässer sind keine Pegelaufzeichnungen oder sonstige Hochwasserbeobachtungen vorhanden. Aufgrund dessen wird für die Gewässer Höllgraben und Schlagbach ein Niederschlag-Abfluss-Modell (NA-Modell) erstellt, um die maßgebenden Abflussganglinien für hundertjährige Hochwasserereignisse für die weiterführenden hydraulischen Untersuchungen zu ermitteln.

5.1 Hydrologie – EGL-X Wildbach

5.1.1 Methodik

Für die Untersuchung wird das excelbasierte Niederschlag-Abfluss-Modell „EGL-X-Wildbach“ des Bayerischen Landesamts für Umwelt gewählt (LfU, 2019). Diese Methode liefert nach dem aktuellen Stand der Technik die besten Ergebnisse bei der Bestimmung von Spitzenabflüssen in Wildbächen (LfU, 2019).

Das Niederschlag-Abfluss-Modell „EGL-X-Wildbach“ für Wildbäche basiert auf der Ganglinie nach dem Einheitsganglinienverfahren nach SCS/Caspary. Dabei wird die ursprüngliche lineare Speicherkaskade durch eine Nash-Kaskade ersetzt. Bei diesem Verfahren wird der abflusswirksame Anteil des Niederschlags in Abhängigkeit der Niederschlagshöhe und gebietsspezifischer Parameter ermittelt. Die eingehenden Nash-Parameter sind eine Funktion des mittleren Geländegefälles, der Länge des Vorfluters sowie des CN-Wertes (Curve-Number-Verfahren).

5.1.2 Einzugsgebietsermittlung

Die Abgrenzung der Teileinzugsgebiete des vorliegenden Gutachtens wurde, entsprechend dem Baustein III. Hydrologie der Loseblattsammlung Wildbach (LfU, 2019), mit Hilfe des digitalen Geländemodells (Raster 1 m x 1 m) ermittelt. Dabei dienten auch die Einzugsgebiete als shp-Datei im Bezugsmaßstab 1:25.00 der 6. Kennzahlstufe des Landesamtes für Umwelt (LfU, 2016) als Grundlage.

Die Einzugsgebiete der beiden Wildbäche sind in Abbildung 5.1 dargestellt. Das, für die vorliegende Untersuchung relevante Gesamteinzugsgebiet des Schlagbachs, weist eine Fläche von ca. 0,38 km² auf.

Für den Höllgraben wird ein Einzugsgebiet mit einer Fläche von ca. 0,47 km² ermittelt.

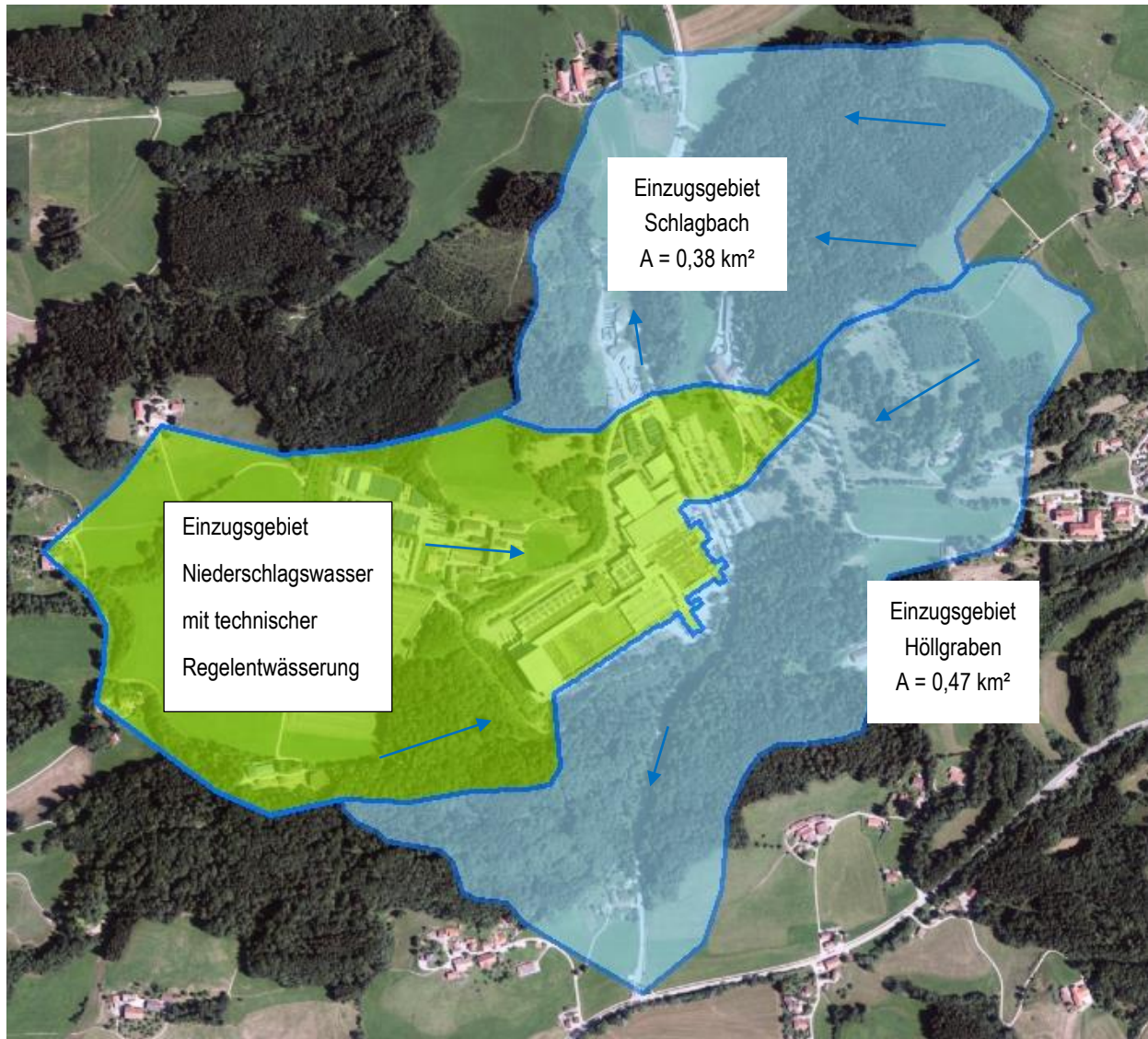


Abbildung 5.1: Einzugsgebiet Schlagbach und Höllgraben

5.1.3 Hydrologischer Bodentyp nach Lutz

Die vorliegende hydrologische Untersuchung basiert auf den hydrologischen Bodentypen nach Lutz. Eine Zuweisung der hydrologischen Bodentypen nach Lutz in die Klassen A bis D zeigt Tabelle 5.1.

Tabelle 5.1: Bodentypen Niederschlag-Abfluss-Modellierung nach Lutz

Schotter, Kies, Sand (kleinster Abfluss)	A
Feinsand, Löß, leicht tonige Sande	B
Bindige Böden mit Sand, Mischböden wie lehmiger Mehlsand, sandiger Lehm, tonig- lehmiger Sand	C
Ton, Lehm, dichter Fels, stauender Untergrund (größter Abfluss)	D

Die Definition der hydrologischen Bodentypen nach Lutz im untersuchten Einzugsgebiet erfolgt mit Hilfe der Hydrologischen Bodentypen der Hydrologischen Planungsgrundlagen des Landesamtes für Umwelt (LfU, 2018a). Der Datensatz in Form einer Shape-Datei beruht auf der Übersichtsbodenkarte 1:25.000 des Bayerischen Landesamtes für Umwelt. Diese ist in nachfolgender Abbildung 5.2 dargestellt.



Abbildung 5.2: Böden im Einzugsgebiet (LfU, 2023)

Die im Einzugsgebiet vorliegenden Bodentypen werden in der Hydrologischen Planungsgrundlage nach Lutz des Bayerischen Landesamtes für Umwelt in die hydrologischen Bodentypen der Tabelle 5.2 klassifiziert. Für den direkten Planungsbereich wurden im Rahmen der Baugrunduntersuchung detaillierte geologische Profile erstellt. Das vorliegende Untersuchungsgebiet umfasst das Einzugsgebiet der betrachteten Gewässer, für die nur in kleinen Bereichen detaillierte Informationen durch die Baugrunduntersuchung vorliegen. Um eine einheitlichen Datenlage zu gewährleisten, werden für die vorliegende hydrologische und hydraulische Untersuchung, die Daten des Bayerischen Landesamtes für Umwelt in Form der hydrologischen Bodentypen C und D, die eine hohe Abflussbildung zur Folge haben, unverändert übernommen (vgl. Abbildung 5.3) (LfU, 2018a).

Tabelle 5.2: Hydrologische Bodentypen nach Lutz im Einzugsgebiet (LfU, 2018a)

<p>31b Vorherrschend Braunerde, gering verbreitet Parabraunerde aus (kiesführendem) Lehm bis Schluffton (Deckschicht oder Jungmoräne) über Kiesschluff bis -lehm (Jungmoräne, carbonatisch, zentralalpin geprägt)</p> <p>34b Fast ausschließlich Pseudogley-Braunerde und Pseudogley-Parabraunerde aus kiesführendem Lehm (Deckschicht oder Jungmoräne, carbonatisch, zentralalpin geprägt)</p> <p>847a Fast ausschließlich Braunerde (podsolig) aus grusführendem Lehmsand bis Lehm (Gesteine des (Ultra-)Helvetikums), gering verbreitet aus grusführendem Schluff (Deckschicht)</p>	C
<p>42a: Fast ausschließlich Braunerde aus kiesführendem Lehm (Jungmoräne) über kies- und/oder grusführendem Lehm (Molasse)</p> <p>68 Bodenkomplex: Gleye mit weitem Bodenartenspektrum (Moräne), verbreitet mit Deckschicht, selten Moore; im Untergrund überwiegend carbonathaltig</p> <p>848a Überwiegend Braunerde, verbreitet Pseudogley-Braunerde aus grusführendem Lehm bis Ton (Gesteine des (Ultra-)Helvetikums), gering verbreitet aus grusführendem Schluff (Deckschicht)</p> <p>849 Fast ausschließlich (Haft-)Pseudogley und Gley aus grusführendem Lehm bis Ton (Gesteine des (Ultra-)Helvetikums), gering verbreitet aus grusführendem Schluff (Deckschicht)</p> <p>71 Bodenkomplex: Gleye, kalkhaltige Gleye und andere grundwasserbeeinflusste Böden mit weitem Bodenartenspektrum (Talsediment), verbreitet skelettführend; im Untergrund carbonathaltig</p>	D

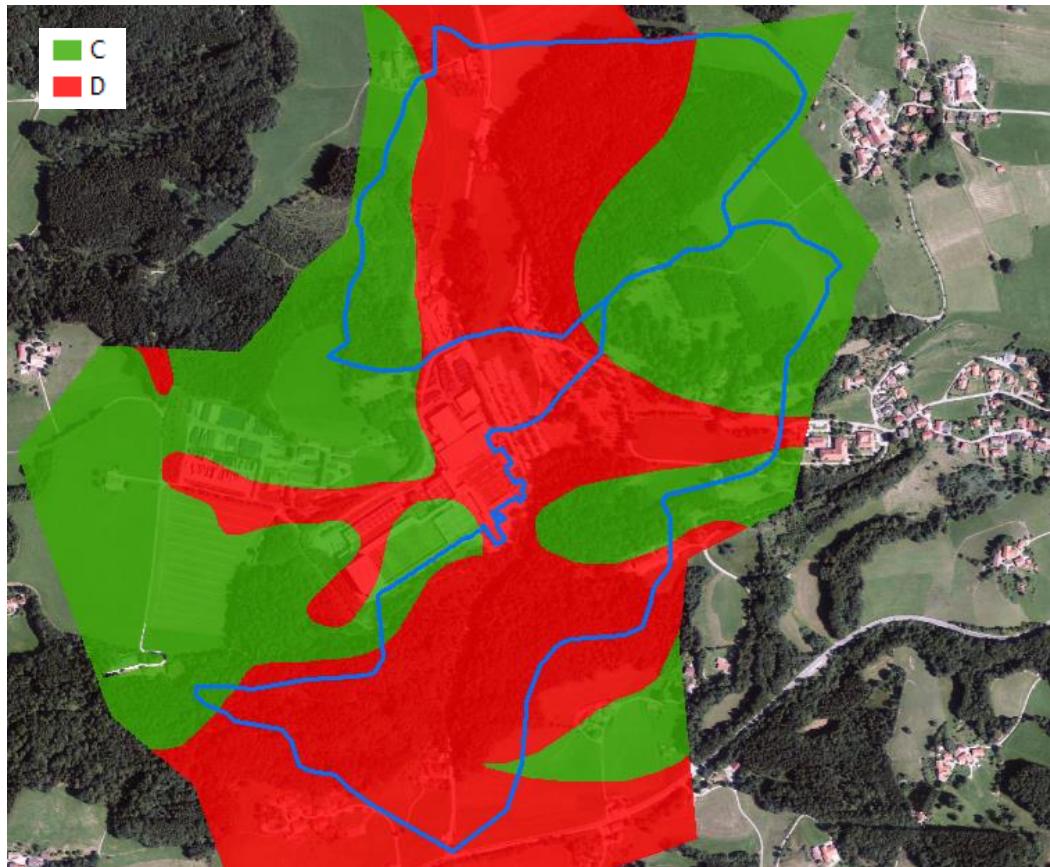


Abbildung 5.3: Hydrologische Bodentypen des Einzugsgebietes nach Lutz (LfU, 2018a)

5.1.4 Landnutzung

Der Abgrenzung und Definition der Landnutzung des Gesamteinzugsgebiets basiert auf einer Auswertung des aktuellen Luftbilds und wird unter Berücksichtigung der hydrologisch relevanten Landnutzung generalisiert. Die räumliche Verteilung der hydrologisch relevanten Nutzungen wird in Abbildung 5.4 dargestellt. Dabei gehen Gewässer als „Ödland“ in das Niederschlag-Abfluss-Modell (NA-Modell) ein. Die Nutzungsart „Wald“ wird im NA-Modell für die TEZG 1 bis 5 zu je 50 % als Nadelwald und Laubwald und für das TEZG 6 zu 75 % als Laubwald und 25 % als Nadelwald betrachtet. Die landwirtschaftlichen Ackerflächen der ATKIS-Daten werden zu 100 % als Getreideanbau im NA-Modell berücksichtigt. Dabei gilt zu beachten, dass zum Zeitpunkt der Ortseinsicht im Bereich der ackerbaulich genutzten Flächen im Norden und Süden des Einzugsgebiets der ATKIS-Daten Grünland angetroffen wurde.

Um eine einheitlichen Datenlage zu gewährleisten, werden für die vorliegende hydrologische und hydraulische Untersuchung, die offiziellen ATKIS-Daten unverändert übernommen.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass Grünland im Vergleich zu ackerbaulich genutzten Flächen einen geringeren Abflussbeiwert aufweist. Dies führt zu einer geringen Reduzierung des zum Abfluss kommenden Niederschlags und damit zu einer geringen Reduzierung des Hochwasserabflusses. Die Berücksichtigung von ackerbaulich genutzten Flächen betrachtet daher die Hochwassersituation der Gewässer auf der sicheren Seite liegend.

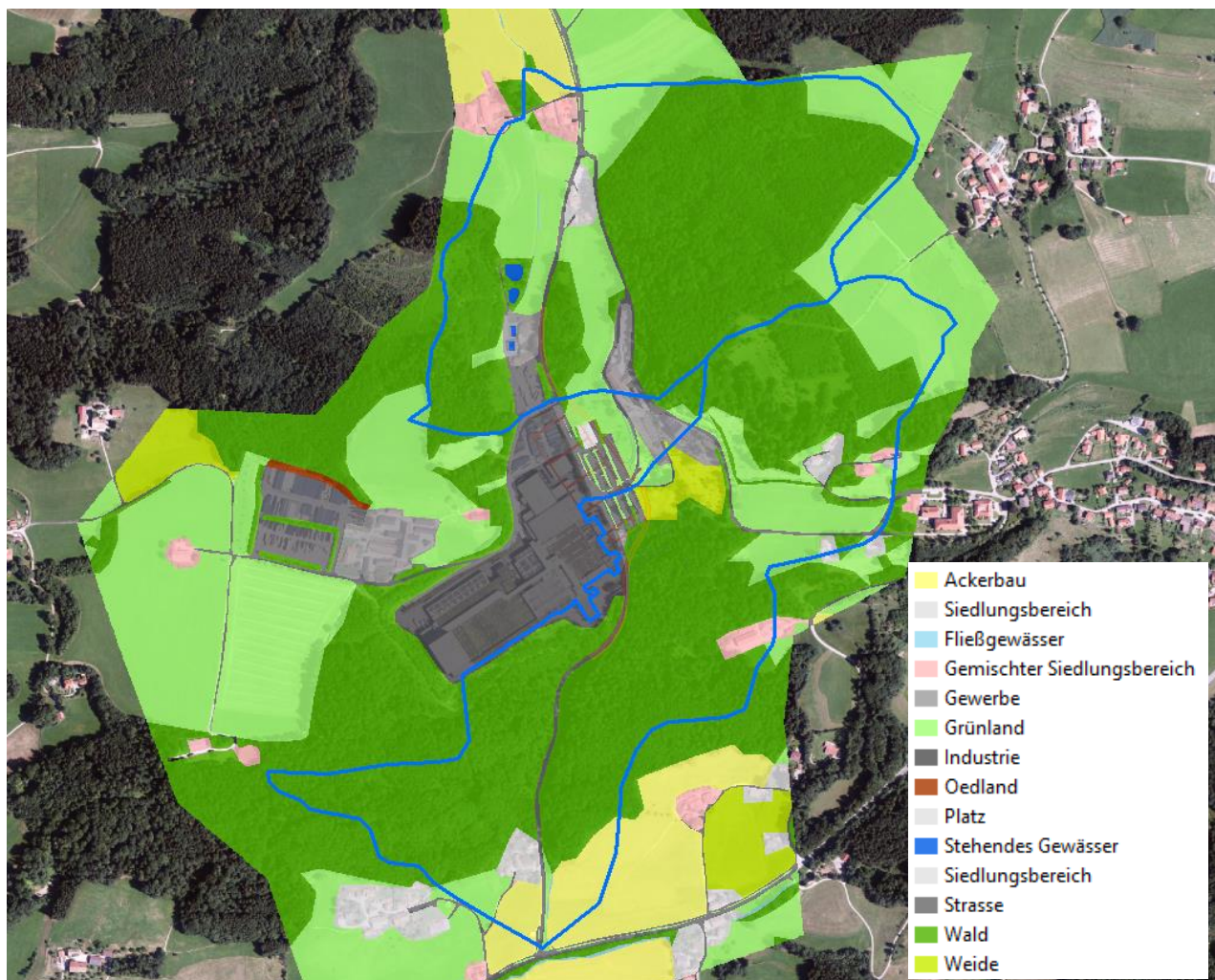


Abbildung 5.4: Landnutzung im Untersuchungsgebiet

5.1.5 Regendaten

Die Ermittlung des 100-jährlichen statistischen Hochwasserscheitels gründet in der Annahme, dass ein Niederschlagsereignis mit einem Wiederkehrintervall von 100 Jahren eine Abflussreaktion derselben Wahrscheinlichkeit verursacht.

Die Bemessungsniederschlagsdaten stammen aus dem Atlas der Starkregenereignisse für Deutschland des Deutschen Wetterdienstes. Die vorliegende Studie basiert auf den Werten des Deutschen Wetterdienstes, die 2017 veröffentlicht wurden (KOSTRA 2010R, Version 3.2) (Itwh GmbH, 2017). Die detaillierten Niederschlagshöhen mit den zugehörigen Dauerstufen und der Auftretenswahrscheinlichkeit für das Gesamteinzugsgebiet sind Tabelle 5.3 entnehmen.

Tabelle 5.3: Mittelwert der hundertjährigen Niederschlagshöhen h_N [mm] für das vorliegenden Einzugsgebiet nach KOSTRA-Atlas (DWD, 2010R) (Itwh GmbH, 2017)



KOSTRA-DWD 2010R

Nach den Vorgaben des Deutschen Wetterdienstes - Hydrometeorologie -

Niederschlagshöhen nach KOSTRA-DWD 2010R

Rasterfeld : Spalte 58, Zeile 97
 Ortsname :
 Bemerkung :
 Zeitspanne : Januar - Dezember

Dauerstufe	Niederschlagshöhen h_N [mm] je Wiederkehrintervall T [a]									
	1 a	2 a	3 a	5 a	10 a	20 a	30 a	50 a	100 a	
5 min	7,7	10,8	12,7	15,0	18,1	21,2	23,0	25,3	28,4	
10 min	12,0	15,8	18,1	20,9	24,8	28,6	30,9	33,7	37,5	
15 min	14,7	19,0	21,6	24,8	29,2	33,5	36,0	39,3	43,6	
20 min	16,6	21,3	24,1	27,6	32,3	37,1	39,9	43,4	48,1	
30 min	19,0	24,3	27,5	31,4	36,8	42,2	45,3	49,3	54,7	
45 min	21,0	27,1	30,6	35,1	41,2	47,3	50,8	55,3	61,4	
60 min	22,2	28,8	32,7	37,6	44,3	50,9	54,8	59,7	66,3	
90 min	25,6	33,0	37,3	42,8	50,2	57,6	61,9	67,4	74,8	
2 h	28,3	36,3	41,0	46,9	54,9	62,9	67,6	73,4	81,4	
3 h	32,7	41,6	46,8	53,4	62,3	71,2	76,4	83,0	91,9	
4 h	36,2	45,8	51,4	58,5	68,1	77,8	83,4	90,5	100,1	
6 h	41,7	52,5	58,7	66,6	77,4	88,1	94,4	102,3	113,0	
9 h	48,1	60,1	67,1	75,9	87,9	99,8	106,8	115,6	127,6	
12 h	53,3	66,2	73,7	83,3	96,2	109,1	116,6	126,2	139,1	
18 h	61,4	75,8	84,3	94,9	109,3	123,7	132,1	142,7	157,1	
24 h	68,0	83,5	92,6	104,1	119,7	135,2	144,3	155,8	171,3	
48 h	91,4	111,4	123,1	137,9	158,0	178,0	189,7	204,5	224,6	
72 h	108,6	131,3	144,6	161,3	184,0	206,6	219,9	236,6	259,3	

Legende

T Wiederkehrintervall, Jährlichkeit in [a]: mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet
 D Dauerstufe in [min, h]: definierte Niederschlagsdauer einschließlich Unterbrechungen
 h_N Niederschlagshöhe in [mm]

Im Zuge der vorliegenden Untersuchung wurde zu Beginn des Jahres 2023 der aktualisierte Datensatz KOSTRA 2020 veröffentlicht, für den am 22. März 2023 die Freigabe durch das

Bayerische Landesamt für Umwelt erfolgte. Die detaillierten Niederschlagshöhen für das Einzugsgebiete nach KOSTRA 2020 sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 5.4: Mittelwert der hundertjährigen Niederschlagshöhen h_N [mm] für das vorliegenden Einzugsgebiet nach KOSTRA-Atlas (DWD, 2020) (Itwh GmbH, 2022)



KOSTRA-DWD 2020

Nach den Vorgaben des Deutschen Wetterdienstes - Hydrometeorologie -

Niederschlagshöhen nach KOSTRA-DWD 2020

Rasterfeld : Spalte 183, Zeile 210 INDEX_RC : 210183
 Ortsname : Siegsdorf (BY)
 Bemerkung :

Dauerstufe D	Niederschlagshöhen h_N [mm] je Wiederkehrintervall T [a]								
	1 a	2 a	3 a	5 a	10 a	20 a	30 a	50 a	100 a
5 min	7,6	9,4	10,6	12,1	14,2	16,5	17,9	19,8	22,5
10 min	10,4	12,9	14,4	16,4	19,4	22,4	24,4	27,0	30,7
15 min	12,2	15,2	17,0	19,4	22,8	26,4	28,7	31,8	36,2
20 min	13,7	17,0	19,0	21,7	25,6	29,5	32,2	35,6	40,5
30 min	15,9	19,8	22,1	25,3	29,8	34,4	37,5	41,4	47,1
45 min	18,5	22,9	25,7	29,3	34,5	39,9	43,4	48,1	54,7
60 min	20,5	25,4	28,5	32,5	38,3	44,3	48,2	53,3	60,6
90 min	23,6	29,3	32,9	37,5	44,2	51,1	55,6	61,5	70,0
2 h	26,2	32,5	36,4	41,5	48,9	56,6	61,6	68,1	77,5
3 h	30,1	37,4	41,9	47,8	56,4	65,2	70,9	78,5	89,3
4 h	33,3	41,4	46,3	52,9	62,3	72,0	78,4	86,7	98,7
6 h	38,3	47,6	53,3	60,8	71,7	82,9	90,2	99,8	113,5
9 h	44,1	54,7	61,3	70,0	82,5	95,3	103,8	114,8	130,6
12 h	48,7	60,5	67,7	77,3	91,1	105,3	114,6	126,8	144,2
18 h	56,0	69,5	77,9	88,9	104,7	121,1	131,8	145,8	165,9
24 h	61,8	76,8	86,0	98,1	115,6	133,7	145,5	161,0	183,2
48 h	78,5	97,4	109,2	124,6	146,8	169,7	184,7	204,3	232,5
72 h	90,2	112,0	125,5	143,2	168,7	195,1	212,3	234,9	267,3
4 d	99,6	123,7	138,5	158,1	186,3	215,4	234,4	259,3	295,0
5 d	107,5	133,5	149,6	170,7	201,1	232,5	253,1	280,0	318,6
6 d	114,5	142,1	159,3	181,8	214,1	247,6	269,4	298,1	339,2
7 d	120,7	149,9	167,9	191,6	225,8	261,0	284,1	314,3	357,6

Legende

- T Wiederkehrintervall, Jährlichkeit in [a]: mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet
- D Dauerstufe in [min, h, d]: definierte Niederschlagsdauer einschließlich Unterbrechungen
- h_N Niederschlagshöhe in [mm]

Ein Vergleich der beiden Datensätze der Niederschlagshöhen (100 a) folgt Tabelle 5.5. Für die Dauerstufen 5 Minuten bis 4 h liegen die Niederschlagshöhen KOSTRA 2020 unter KOSTRA 2010R. Für die Dauerstufen 6 bis 72 Stunden fallen die Niederschlagshöhen KOSTRA 2020 höher aus als die bisherigen Werte KOSTRA 2010R. Niederschlagsdauern über 72 Stunden wurden im Rahmen von KOSTRA 2010R nicht zur Verfügung gestellt.

Es zeigt sich im Zuge der Ermittlung des Bemessungsabflusses, dass eine sehr kurze Niederschlagsdauer von 0,5 h für die vorliegenden Gewässer maßgeblich ist. Da für diese Niederschlagsdauer KOSTRA 2010R über den Werten von KOSTRA 2020 liegt, werden die vorliegenden Untersuchungen auf der sicheren Seite liegend betrachtet, wenn Ihnen die KOSTRA 2010R Niederschlagshöhen zugrunde liegen.

Aufgrund dessen wird auf eine Überarbeitung der hydrologischen und hydraulischen Untersuchung verzichtet.

Tabelle 5.5: Vergleich der hundertjährigen Niederschlagshöhen h_N [mm] für das vorliegenden Einzugsgebiet KOSTRA 2010R und KOSTRA 2020

	100a	
	KOSTRA 2010R [mm]	KOSTRA 2020 [mm]
5 min	28,4	22,5
10 min	37,5	30,7
15 min	43,6	36,2
20 min	48,1	40,5
30 min	54,7	47,1
45 min	61,4	54,7
60 min	66,3	60,6
90 min	74,8	70
2 h	81,4	77,5
3 h	91,9	89,3
4 h	100,1	98,7
6 h	113	113,5
9 h	127,6	130,6
12 h	139,1	144,2
18 h	157,1	165,9
24 h	171,3	183,2
48 h	224,6	232,5
72 h	259,3	267,3
4 d		295
5 d		318,6
6 d		339,2
7 d		357,6

5.1.6 CN-Wert Ermittlung - Einzugsgebiete Alpiner Regionen (EGAR)

Entsprechend der Loseblattsammlung Wildbach, Baustein Hydrologie (LfU, 2019) erfolgt die Ermittlung des abflussrelevanten Niederschlags über das Runoff-Curve-Number-Verfahren, das vom Soil Conservation Service (SCS) entwickelt wurde. Hierbei wird der abflusswirksame Anteil des Niederschlags in Abhängigkeit der Ereignisniederschlagshöhe und gebietsspezifischer Parameter ermittelt. Der gebietsspezifische Parameter basiert im Bereich der Alpen auf der EGAR-Karte, einer Kartierung von Einheiten mit ähnlicher hydrologischer Reaktion (Hydrotope) (LfU, 2014). Jedem dieser Hydrotope ist ein Parameter (CN-Wert) zugeordnet, der die Höhe des abflusswirksamen Anteils des anfallenden Niederschlags in Abhängigkeit von spezifischen Vegetations- und Bodenverhältnissen beschreibt. Für den Projektbereich liegen keine EGAR-Daten vor. Dieser wurde auf Basis des hydrologischen Bodentyps nach Lutz (Kapitel 5.1.3) und der hydrologisch relevanten Landnutzung (Kapitel 5.1.4) ermittelt.

Eine Zuordnung der beiden Parameter zu CN-Werten ist in nachfolgender Tabelle 5.6 dargestellt.

Tabelle 5.6: CN-Wert Zuordnung

Hydrologischer Bodentyp	Nutzung	CN-Wert
C	Acker	84
C	Siedlungsbereich	83
C	Gemischt	94
C	Gewerbe	94
C	Grünland	71
C	Industrie	91
C	Oedland	91
C	Strasse	98
C	Wald	73
C	Weide	80
D	Acker	88
D	Dorf	87
D	Fließgewässer	98
D	Siedlungsbereich_Gemischt	95
D	Gewerbe	95
D	Grünland	78
D	Industrie	93
D	Platz	98
D	Stehendes Gewässer	98
D	Siedlungsbereich	87
D	Strasse	98
D	Wald	79
D	Weide	84

Der CN-Wert ist in nachfolgender Abbildung 5.5 für das Projektgebiet dargestellt. Der CN-Wert des jeweiligen Teileinzugsgebietes wird durch die flächengewichtete Mittelung der Hydrotope erreicht. Hierzu steht ein ArcGis-Tool des Bayerischen Landesamts für Umwelt zur Verfügung.

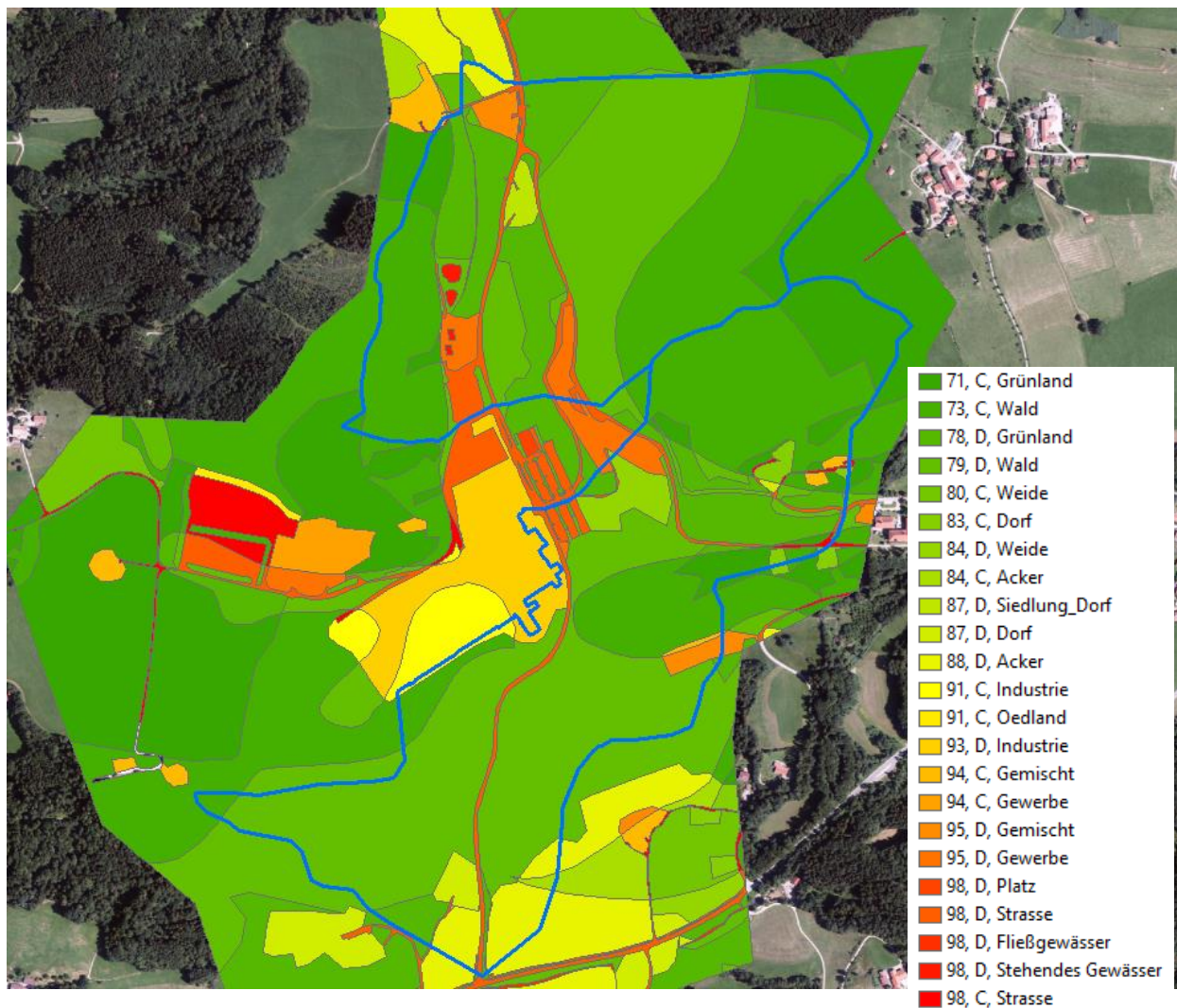


Abbildung 5.5: Hydrotope in Bereich der Teileinzugsgebieten (LfU, 2014)

5.1.7 Gebietskenngrößen Einzugsgebiete

Die nachfolgende Tabelle 5.7 zeigt die Eingangsgrößen zur Ermittlung der Einheitsganglinie. Der flächengewichtete CN-Wert entspricht jenem Wert, welcher zur Bestimmung des abflusswirksamen Anteils des Niederschlags ermittelt wurde. Das mittlere Geländegefälle ergibt sich aus einer flächengewichteten Auswertung der mittleren Geländeneigung im Einzugsgebiet auf Basis des digitalen Geländemodells im 1 m Raster. Da der Basisabfluss bei Extremereignissen v.a. in Wildbächen dieser Größe eine untergeordnete Rolle spielt, wurde dieser vernachlässigt.

Im Zuge der hydraulischen Untersuchung wurde ersichtlich, dass für den Schlagbach aufgrund der bestehenden Verrohrungen und den Zufluss zum Gewässer eine Aufteilung der Zugabe auf zwei Einzugsgebiete erforderlich ist.

Tabelle 5.7: Hydrologische Gebietsparameter

	Höllgraben	Schlagbach
	EZG Gesamt	EZG Gesamt
Prozent	27,99%	23,32%
CN	79	79
Fläche	0,4654	0,377461
FW-Länge	1,655	0,83
Höchster Punkt	709,85	707,09
Niedrigster Punkt	570,6	595,93
Höhendifferenz	139,25	111,16

5.1.8 Berechnungsergebnisse EGL-X Wildbach

Für die untersuchten Teileinzugsgebiete wurden im Niederschlags-Abfluss-Modell die verschiedene Niederschlagsverteilungen anfangsbetont, mittnenbetont und endbetont sowie ein Blockregen modelliert. Die Ergebnisse in Form der maximalen Scheitelabflüsse sind in den nachfolgenden Tabelle 5.8 und Tabelle 5.9 dargestellt.

 Tabelle 5.8: Vergleichsrechnungen maximale Scheitelabflüsse Höllgraben, HQ₁₀₀ Reinwasser

Projektnr. 21074-01

Hydrologie Höllgraben (Gew. III. Ordnung, ausgebauter Wildbach) EGL-X Wildbach gem. Loseblattsammlung Wildbach, LBS III. Hydrologie
Zusammenstellung der Gangelinien der Parametervariation für das Modell mit 1 Gesamteinzugsgebiet (ohne Geschiebezuschlag)

Abflussbeiwertverhalten	Niederschlagsverteilung nach KOSTRA 2010 R Spalte 62 Zeile 99	konstanter Abflussbeiwert				variabler Abflussbeiwert			
		block	mittnenbetont	anfangsbetont	endbetont	block	mittnenbetont	anfangsbetont	endbetont
Dauer [h:min]	Niederschlagshöhe [mm]								
0:00	0,00 mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0:05	21,70 mm	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27
0:10	30,60 mm	3,79	3,77	3,77	3,82	3,82	3,79	3,79	3,84
0:15	36,70 mm	4,56	4,67	4,62	4,75	4,85	4,86	4,52	4,99
0:20	41,40 mm	5,06	5,33	4,83	5,26	5,42	5,38	4,37	5,81
0:30	48,60 mm	5,15	5,72	4,98	5,65	5,93	5,81	4,98	6,80
0:45	56,30 mm	4,55	5,89	5,14	5,76	5,84	5,80	4,24	7,47
1:00	62,20 mm	3,92	5,01	5,29	5,71	5,31	5,82	4,03	7,63
1:30	69,50 mm	3,17	5,96	5,52	5,91	4,48	6,15	4,07	7,92
2:00	75,20 mm	2,71	5,84	5,57	5,79	3,89	6,05	4,20	7,89
3:00	84,10 mm	2,17	5,17	5,12	5,17	3,12	5,83	4,20	7,08
4:00	91,00 mm	1,84	4,57	4,53	4,57	2,63	5,29	4,04	6,26
6:00	101,80 mm	1,46	3,66	3,66	3,66	2,06	4,38	3,61	5,03
9:00	113,90 mm	1,16	2,89	2,89	2,89	1,60	3,55	3,04	3,94
12:00	123,40 mm	0,98	2,44	2,44	2,44	1,33	3,01	2,64	3,29
18:00	138,10 mm	0,77	1,92	1,92	1,92	1,02	2,36	2,12	2,54
24:00	149,70 mm	0,65	1,61	1,61	1,61	0,85	1,98	1,79	2,11
48:00	200,10 mm	0,46	1,14	1,14	1,14	0,57	1,37	1,28	1,43
72:00	233,90 mm	0,36	0,91	0,91	0,91	0,45	1,07	1,02	1,11

 Tabelle 5.9: Vergleichsrechnungen maximale Scheitelabflüsse Schlagbach, HQ₁₀₀ Reinwasser

21.07.2022
Projektnr. 21074-01

Hydrologie Schlagbach (Gew. III. Ordnung, ausgebauter Wildbach) EGL-X Wildbach gem. Loseblattsammlung Wildbach, LBS III. Hydrologie
Zusammenstellung der Gangelinien der Parametervariation für das Modell mit 1 Gesamteinzugsgebiet (ohne Geschiebezuschlag)

Abflussbeiwertverhalten	Niederschlagsverteilung nach KOSTRA 2010 R Spalte 62 Zeile 99	konstanter Abflussbeiwert				variabler Abflussbeiwert			
		block	mittnenbetont	anfangsbetont	endbetont	block	mittnenbetont	anfangsbetont	endbetont
Dauer [h:min]	Niederschlagshöhe [mm]								
0:00	0,00 mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0:05	21,70 mm	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
0:10	30,60 mm	4,28	4,20	4,20	4,37	4,39	4,28	4,28	4,46
0:15	36,70 mm	4,79	5,00	4,84	5,22	5,40	5,37	4,71	5,74
0:20	41,40 mm	4,93	5,45	4,94	5,60	5,78	5,53	4,78	6,58
0:30	48,60 mm	4,58	5,82	5,15	5,82	5,63	5,72	4,29	7,48
0:45	56,30 mm	3,75	5,75	5,44	5,90	5,21	5,85	3,94	7,99
1:00	62,20 mm	3,19	5,94	5,26	5,73	4,61	6,04	3,90	7,95
1:30	69,50 mm	2,57	5,54	5,41	5,54	3,79	6,07	4,06	7,60
2:00	75,20 mm	2,20	5,24	5,14	5,24	3,24	5,71	4,09	7,23
3:00	84,10 mm	1,76	4,38	4,37	4,38	2,56	5,10	3,89	6,15
4:00	91,00 mm	1,50	3,74	3,74	3,74	2,15	4,52	3,58	5,26
6:00	101,80 mm	1,19	2,97	2,97	2,97	1,68	3,68	3,05	4,14
9:00	113,90 mm	0,94	2,35	2,35	2,35	1,30	2,93	2,52	3,22
12:00	123,40 mm	0,79	1,98	1,98	1,98	1,08	2,47	2,17	2,69
18:00	138,10 mm	0,62	1,56	1,56	1,56	0,83	1,93	1,74	2,07
24:00	149,70 mm	0,52	1,31	1,31	1,31	0,69	1,61	1,47	1,72
48:00	200,10 mm	0,37	0,93	0,93	0,93	0,46	1,11	1,04	1,16
72:00	233,90 mm	0,30	0,74	0,74	0,74	0,36	0,87	0,83	0,90

Unter Berücksichtigung des vorliegenden Wildbacheinzugsgebiets, v.a. im Hinblick auf die geringe Fläche, und auf Basis der Ergebnisse der Sturzflutsimulation, kann davon ausgegangen werden, dass Niederschlagsereignisse mit geringeren Dauern für den Hochwasserabfluss charakteristisch sind.

Daher wurde in Abstimmung mit dem Wasserwirtschaftsamt Rosenheim für die vorliegenden Gewässer Höllgraben und Schlagbach die Niederschlagsverteilung Blockregen mit einem variablen Abflussbeiwert und einer Niederschlagsdauer von 0,5 h als maßgebliche Niederschlagsverteilung gewählt.

5.2 Geschiebezuschlag nach Loseblattsammlung Wildbach (LfU)

Für die Ermittlung des Geschiebezuschlags stehen nach Loseblattsammlung (LBS) Wildbach zwei methodische Ansätze in Abhängigkeit der im Wildbach vorherrschenden Transportverhältnisse zur Verfügung. Bei geschiebelimitierten Verhältnissen ist die Methode „Klassifizierung Geschiebezuschlag“ (Methode GZ) zu verwenden, herrschen transportlimitierte Verhältnisse, so wird die Methode „Berechnung Transportkapazität“ (Methode TK) angewandt. Da die eindeutige topographische Abfolge von Sammelgebiet, ausgeprägtem Schluchtverlauf und Schwemmkegel prägend für geschiebelimitierende Verhältnisse ist, wurde zur Ermittlung des Geschiebezuschlags die Methode GZ (LfU, 2017b) in beiden Teileinzugsgebieten verwendet.

5.2.1 Schlagbach

Das Einzugsgebiet des Schlagbachs besitzt eine Einzugsgebietsgröße von ca. 0,4 km² und besteht nahezu ausschließlich aus würmzeitlichen Moränenmaterial.

Es handelt sich hierbei um ein kleines Hangeinzugsgebiet, das geprägt ist von Ost-West verlaufenden Grabenstrukturen, die überwiegend bewaldet sind. Zudem wird der Schlagbach durch die Ausleitung der bestehenden Kläranlage beaufschlagt. Abbildung 5.6 zeigt den Schlagbach unterstrom der Kläranlage, Abbildung 5.7 unterstrom des Ortsbereichs Thalham. Die Prozessaktivität im Einzugsgebiet ist gering und unlimitierte Geschiebequellen entlang des Hauptgerinnes liegen nicht vor. Im Abtragsgebiet zeigt sich die Vegetation in einem vitalen Zustand.

Nahezu entlang des gesamten Bachlaufs sind keine Sohlstrukturen vorhanden und der Abflussquerschnitt ist als muldenartig mit wenig Erosionsspuren zu bewerten.

Eine Geschiebemobilisierung aus dem Hangeinzugsgebiet kann bei einem Bemessungsereignis aufgrund transportlimitierender Verhältnisse bis in den Bereich des geplanten Bauvorhabens aufgrund der Topographie ausgeschlossen werden.



Abbildung 5.6: Blick in Richtung des Einzugsgebietes des Schlagbachs (aquasoli, 2021a)

Abbildung 5.7: Grabenstruktur im Einzugsgebiet (aquasoli, 2021a)

5.2.1.1 Ermittlung des Leitprozesses

Der Schlagbach ist gemäß ONR 24800 dem Verlagerungstyp **Hochwasser** zuzuordnen. Der Prozessstyp im Bemessungsereignis ist als **schwacher Feststofftransport** einzustufen und dem Terminus **fluvialer Feststofftransport** zuzuordnen.

5.2.1.2 Ermittlung Geschiebezuschlag nach Loseblattsammlung Wildbach

Der Geschiebezuschlag (GZ) ist ein Faktor zur Quantifizierung der vom Wasser transportierten Schwebstoffe und des Geschiebes. Durch die Beaufschlagung des Reinwasserabflusses wird dieser erhöht und der Geschiebeanteil kann bei hydraulischen Berechnungen miteinbezogen werden. Gemäß dem Vorgehen zur Berücksichtigung von Feststoffen bei der Ermittlung von Wildbachgefährdungsbereichen in Bayern (LfU, 2019) wurde der Geschiebezuschlag nach einer Teilbegehung des Einzugsgebietes gutachterlich mit **GZ = 1,05** festgelegt.

5.2.2 Höllgraben

Das Einzugsgebiet des Höllgrabens weist eine Einzugsgebietsgröße von ca. 0,47 km² auf und besitzt eine lang-gestreckte Einzugsgebietsform. Neben würmzeitlichen Moränenmaterial sind auch polygenetische Talfüllungseinheiten aus dem Quartär anzutreffen.

Das Einzugsgebiet ist überwiegend bewaldet und weist einige ausgeprägte Grabenstrukturen auf, in denen Totholzablagerungen vorzufinden sind. Die meisten Gräben sind nicht dauerhaft wasserführend. Abbildung 5.8 und zeigt die Grabenstruktur des Höllgrabens im Oberlauf nahe der Alzinger Quellen. In Abbildung 5.9 ist der Unterlauf östlich der TS3 der dauerhaft wasserführend ist dargestellt.



Abbildung 5.8: Oberlauf Zubringer Höllgraben (aquasoli, 2021a)

Abbildung 5.9: Höllgraben Unterlauf

Das Einzugsgebiet weist hinsichtlich der Bewertung der Prozessaktivität nur eine geringe Prozessaktivität auf. Der Zustand der Vegetation im Abtragsgebiet ist als überwiegend stabil zu bewerten.

Unlimitierte Geschiebequellen entlang des Hauptgerinnes sind ebenso nicht vorhanden wie aktive Rutschungsbereiche mit Anschluss an das Gewässer.

Nahezu entlang des gesamten Bachlaufs sind keine Sohlstrukturen vorhanden und der Abflussquerschnitt ist als muldenartig mit wenig Erosionsspuren zu bewerten.



5.2.2.1 Ermittlung des Leitprozesses

Der Höllgraben ist gemäß ONR 24800 ebenfalls dem Verlagerungstyp **Hochwasser** zuzuordnen. Der Prozessstyp im Bemessungsereignis ist als **schwacher Feststofftransport** einzustufen und dem Terminus **fluvialer Feststofftransport** zuzuordnen.

5.2.2.2 Ermittlung Geschiebezuschlag nach Loseblattsammlung Wildbach

Gemäß dem Vorgehen zur Berücksichtigung von Feststoffen bei der Ermittlung von Wildbachgefährdungsbereichen in Bayern (LfU, 2019) wurde der Geschiebezuschlag nach einer Teilbegehung des Einzugsgebietes gutachterlich mit **GZ = 1,05** festgelegt.

5.3 Bemessungsabflüsse HQ_{100 WB}

Bei einem ermittelten Geschiebezuschlag von 5 % am Schlagbach ergibt sich ein Scheitelabfluss von 6,1 m³/s für ein HQ_{100 WB}-Ereignis, das in der hydraulischen Berechnung angesetzt wird. Für den Höllgraben liegt der Abflussscheitel (HQ_{100 WB}) bei 6,2 m³/s bei einem ermittelten Geschiebezuschlag von 5 %. Die Zugaben erfolgen instationär. Die Hochwasserganglinie HQ_{100WB} des Höllgrabens ist in Abbildung 5.10 dargestellt.

Tabelle 5.10: Bemessungsabflüsse Höllgraben und Schlagbach

Gewässer	HQ ₁₀₀ Reinwasser	HQ _{100 WB}
Schlagbach	5,8 m ³ /s	6,1 m ³ /s
Höllgraben	5,9 m ³ /s	6,2 m ³ /s

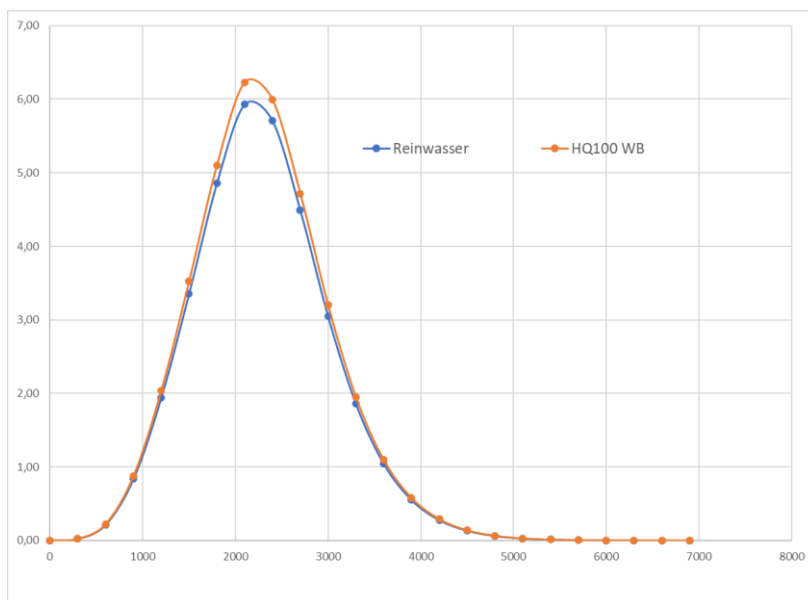


Abbildung 5.10: Hochwasserganglinie HQ_{100WB}, Höllgraben

Im Zuge der hydraulischen Untersuchung wurde ersichtlich, dass für den Schlagbach aufgrund der bestehenden Verrohrungen und den Zufluss zum Gewässer eine Aufteilung der Zugabe auf zwei Einzugsgebiete erforderlich ist. Die Einzugsgebiete inkl. der Gebietsparameter sind nachfolgend dargestellt. Die Ermittlung basiert auf dem maßgebenden Niederschlagsereignis des Gesamteinzugsgebiets, es wurde ein Geschiebezuschlag in Höhe von 5 % übernommen. Die Gebietsparameter sowie die Unterteilung in die Teileinzugsgebiete sind nachfolgend dargestellt.

Die Hochwasserganglinien HQ_{100WB} der Teileinzugsgebiete des Schlagbachs sind in Abbildung 5.12 dargestellt.

Tabelle 5.11: Hydrologische Gebietsparameter Schlagbach Teileinzugsgebiete

	Schlagbach		
	EZG Gesamt	TEZG Sued	TEZG Nord
Prozent	23,32%	21,87%	24,25%
CN	79	79	77
Fläche	0,377461	0,209705	0,1677
FW-Länge	0,83	0,83	0,757
Höchster Punkt	707,09	707,09	704,6
Niedrigster Punkt	595,93	596,33	595,93
Höhendifferenz	111,16	110,76	108,67

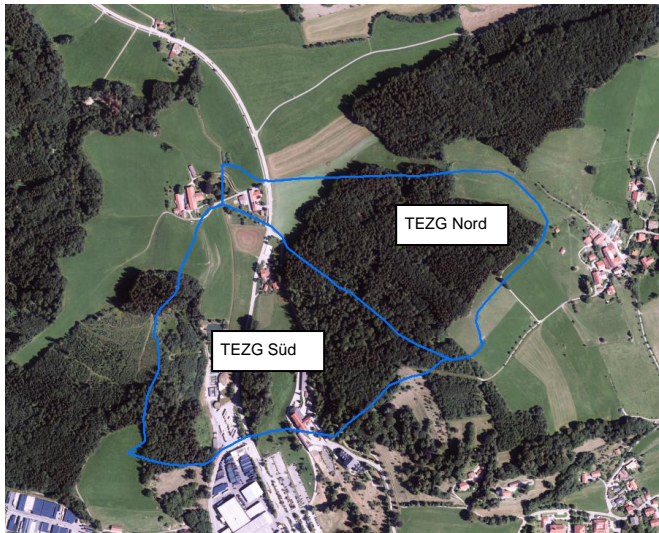


Abbildung 5.11: Teileinzugsgebiete Schlagbach

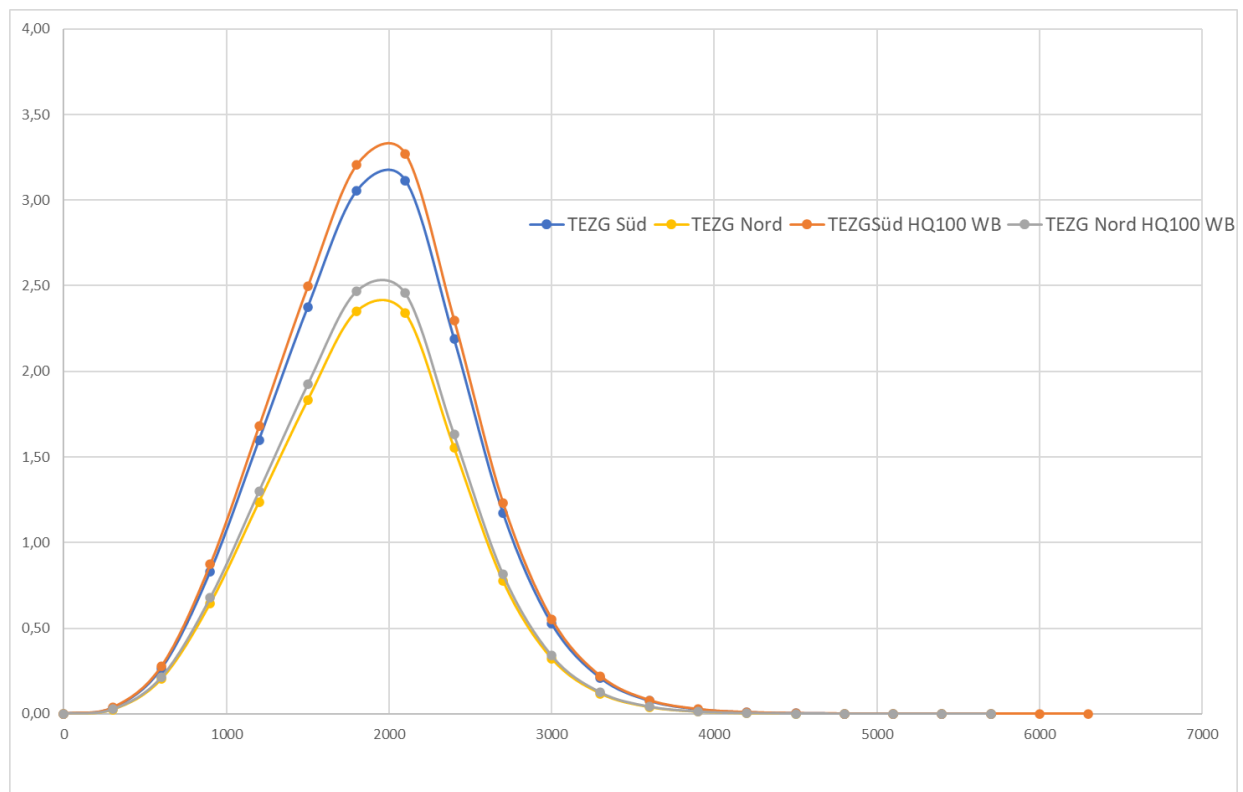


Abbildung 5.12: Hochwasserganglinie HQ_{100WB}, Schlagbach (2 Teileinzugsgebiete)

5.4 Einleitungen aus versiegelten Flächen

Auf Basis der Zuweisung der Regenwassermengen des Bestands und der Planung des IB BG BG Trauntal wurden für hundertjährige Niederschlagsereignisse die Einleitungsmengen in die jeweiligen Gewässer ermittelt. Dabei wurde auf der sicheren Seite liegend davon ausgegangen, dass alles auf den Flächen anfallende Wasser, unabhängig von der Leistungsfähigkeit des Entwässerungssystems in die Gewässer gelangt.

Daraus ergeben sich für den Ist-Zustand in den Schlagbach eine Einleitungsmenge in Höhe von 886 l/s. Diese reduziert sich im Planungszustand gering auf 861 l/s. Die Einleitungsmenge in den Höllgraben erhöht sich vom Ist-Zustand mit 2782 l/s auf 3246 l/s im Planungszustand (vgl. Tabelle 5.12 und Tabelle 5.13).

Im Zuge des vorliegenden Planungsvorhabens erfolgte die Erstellung eines Überflutungsnachweis durch das Ingenieurbüro BG Trauntal, das ausreichende Rückhalteräume bei Auftreten eines hundertjährigen Niederschlagsereignis nachweist. An dieser Stelle sei hier auf das „Entwässerungskonzept Niederschlagswasser“ (BG Trauntal, 2023a) verwiesen. Die Annahme, dass 100% des anfallenden Niederschlags in die Gewässer Schlagbach und Höllgraben gelangen, betrachtet daher die Einleitungen in die Gewässer auf der sicheren Seite liegend.

Tabelle 5.12: Zugabesummen Einleitungen Bestand HQ₁₀₀ (Datengrundlage IB BG Trauntal, März 2023)

Zuweisung Regenwassermengen Bestand								Niederschlag		303,7 l/s*ha
					Stand:	28.03.2023	HQ100 30 min		54,7 mm	
							Summe Einleitung	Höllgraben	2782,43 l/s	
	Höllgraben	Gesamt A _v -Fläche	93468 m ² =	9,35 ha				Schlagbach	886,58 l/s	
	Schlagbach	Gesamt A _v -Fläche	31541 m ² =	3,15 ha				Rumgraben	l/s	

Tabelle 5.13: Zugabesummen Einleitungen Planung HQ₁₀₀ (Datengrundlage IB BG Trauntal, März 2023)

								Niederschlag		303,7 l/s*ha
					Stand:	28.03.2023	HQ100 30 min		48,1 mm	
	Rumgra	Gesamt A _v -Fläche	7588 m ² =	0,76 ha			Summe Einleitung	Höllgraben	3246,17 l/s	
	Höllgra	Gesamt A _v -Fläche	106888 m ² =	10,69 ha				Schlagbach	861,17 l/s	
	Schlagb	Gesamt A _v -Fläche	29679 m ² =	2,97 ha				Rumgraben	230 l/s	

6 Hydraulik

6.1 Abflussmodellerstellung

Das Abflussmodell der Bestandsituation wird für das vorliegende Gutachten auf Grundlage der folgenden Quellen neu erstellt:

- Laserscandaten (LDBV, 2022s)
- Vermessung Bestandsgelände (aquasoli, 2022b; BG Trauntal 2022, 2023b)
- Luftbild (aquasoli, 2022a)
- Ortseinsicht mit Fotoaufnahmen (aquasoli, 2022c)

Vermessene Grabenstrukturen und Gewässer wurden aufbereitet und durch eine Rechteckvermaschung mit einem Längen/Breitenverhältnis von 3:1 abgebildet (LfU, 2018b).

Das 2d-Abflussmodell wird auf Grundlage der Laserscandaten im 1 m-Raster generiert. Für die Netzerstellung wurde das Programm Laser_AS-2d Version 2.1.3 verwendet (Hydrotec, 2018). Die Bruchkanten der terrestrischen Vermessung wurden berücksichtigt (Abbildung 6.1). Die verwendeten Parameter für Laser_AS-2d sind in der folgenden Tabelle 6.1 dargestellt.

Tabelle 6.1: Parameter Laser_AS-2d (2.3.1)

Einstellungen für Qualitätsstufe 1	
-c 1.0	Rasterzellengröße in m
-d 0.20	Höhentoleranz deltaz in m
-l 0.10	Höhentoleranz (untere Grenze) in m
-f 0.15	Filterungsgrad 0..0.25
-r 6.0	Punktabstand für redistribute in m
--remove-breaklines=3	Bruchkanten mit angegebener Länge entfernen
L "0.06 10;0.06 40;0.06 80"	Parameter für Laplace-Iterationen
-M "0.02 5"	Glättung der maximalen Abweichungen
-t "-q25 -Y -a200"	Parameter für Triangle
--optimize-nodes-radius=0.15	Radius zur Optimierung der Knotenlagen
--redist-perimeter=0	Umverteilung von Umgrenzungspolygon in m
--redist-breaklines=0	Umverteilung von Bruchkanten in m

Die, im Projektgebiet liegenden Brücken wurden auf Basis der vorliegenden Vermessung mit undurchströmbaren Widerlagern, mit Konstruktionsunterkanten sowie mit Wehrüberfällen zur Darstellung einer möglichen Überströmung modelliert.

Bestehende Verrohrungen wurden im Abflussmodell berücksichtigt und als Durchlässe (1d-No-deststrings) im Abflussmodell berücksichtigt.

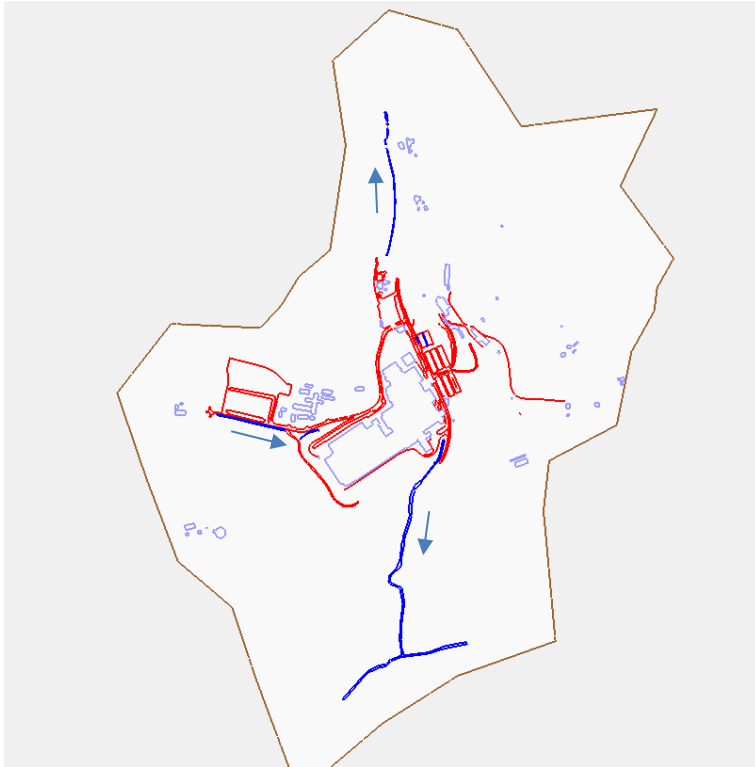


Abbildung 6.1: Vermessene Bruchkanten und Gewässerprofile

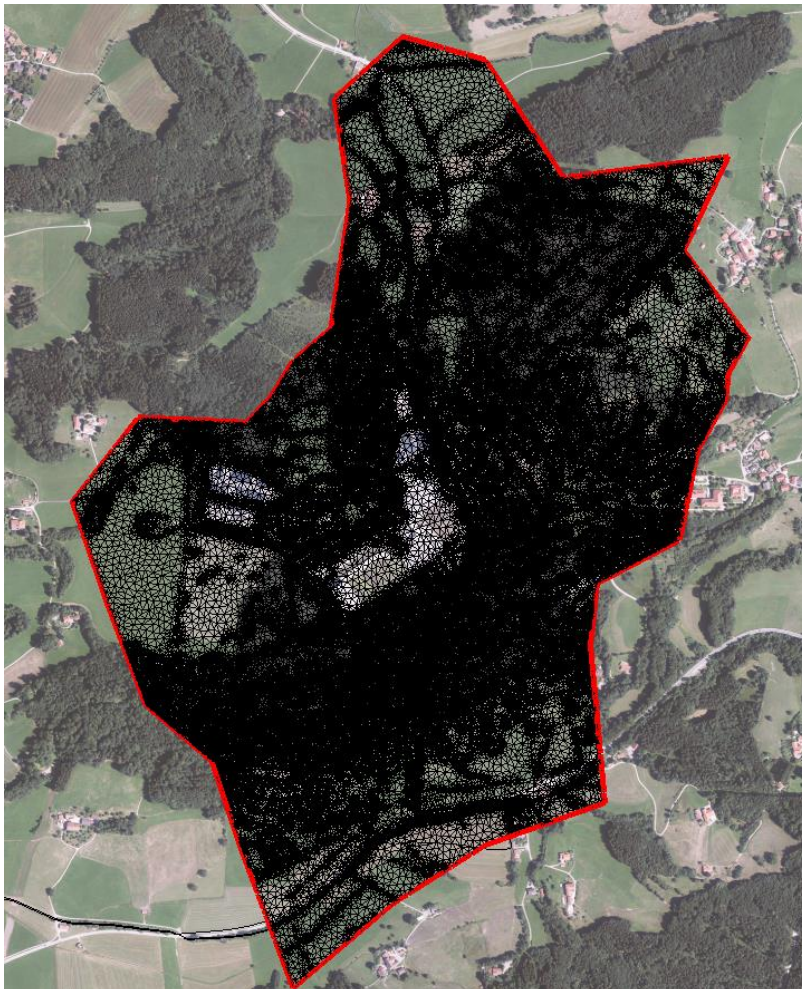


Abbildung 6.2: 2D Abflussmodell - Netzgeometrie

Die räumliche Verteilung der Rauheitsbelegung ist in Abbildung 6.3 dargestellt und basiert auf dem aktuellen Luftbild (aquasoli, 2022a), der Vermessung (BG Trauntal, 2022; aquasoli, 2022b) und der Ortseinsicht (aquasoli, 2022c). Die Definition der Rauheiten nach Manning-Strickler erfolgte in Anlehnung an das „Handbuch hydraulische Modellierung“ (LfU, 2018b) und ist in nachfolgender Tabelle 6.2 zusammengefasst. Die Rauheiten wurden konstant definiert.

Die bestehenden Gebäude wurden auf „undurchströmbar“ -(disable) gesetzt.

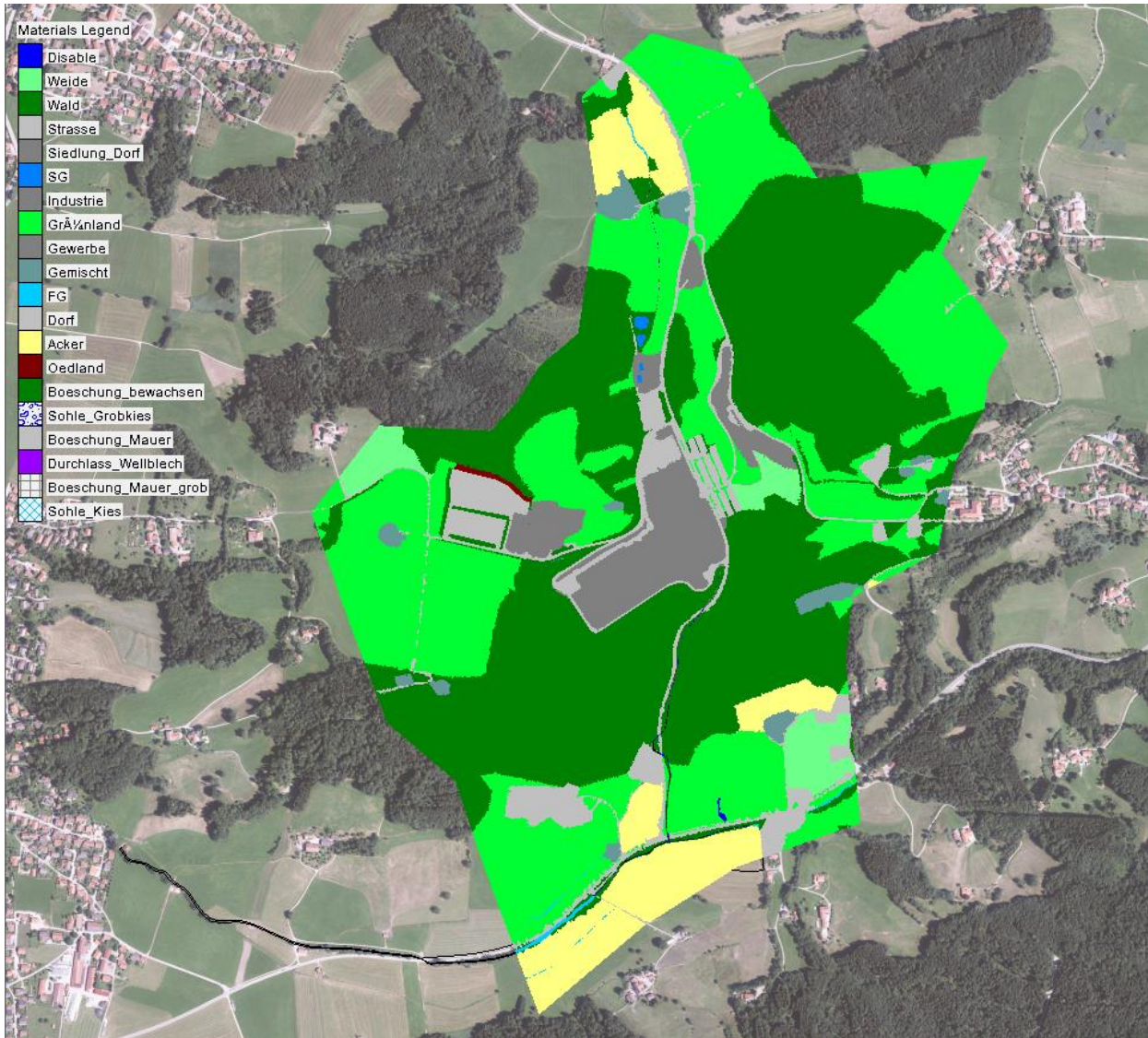


Abbildung 6.3: Materialbelegung im Projektgebiet, Abflussmodell Ist-Zustand

Tabelle 6.2: Oberflächenrauheiten nach Manning-Strickler, Abflussmodell Ist-Zustand

Material ID	Material	kst [$m^{1/3}/s$]
2	Weide	20
3	Wald	10
4	Strasse	40
5	Siedlung_Dorf	10
6	Stehendes Gewässer (SG)	30
8	Industrie	12
9	Grünland	20
10	Gewerbe	12

11	Gemischt	12
12	Fließgewässer (FG)	25
13	Dorf	10
14	Acker	15
15	Ödland	20
17	Boeschung_bewachsen	20
18	Sohle_Grobkies	26
19	Boeschung_Mauer	40
20	Durchlass_Wellblech	40
21	Boeschung_Mauer_grob	30
22	Sohle_Kies	30

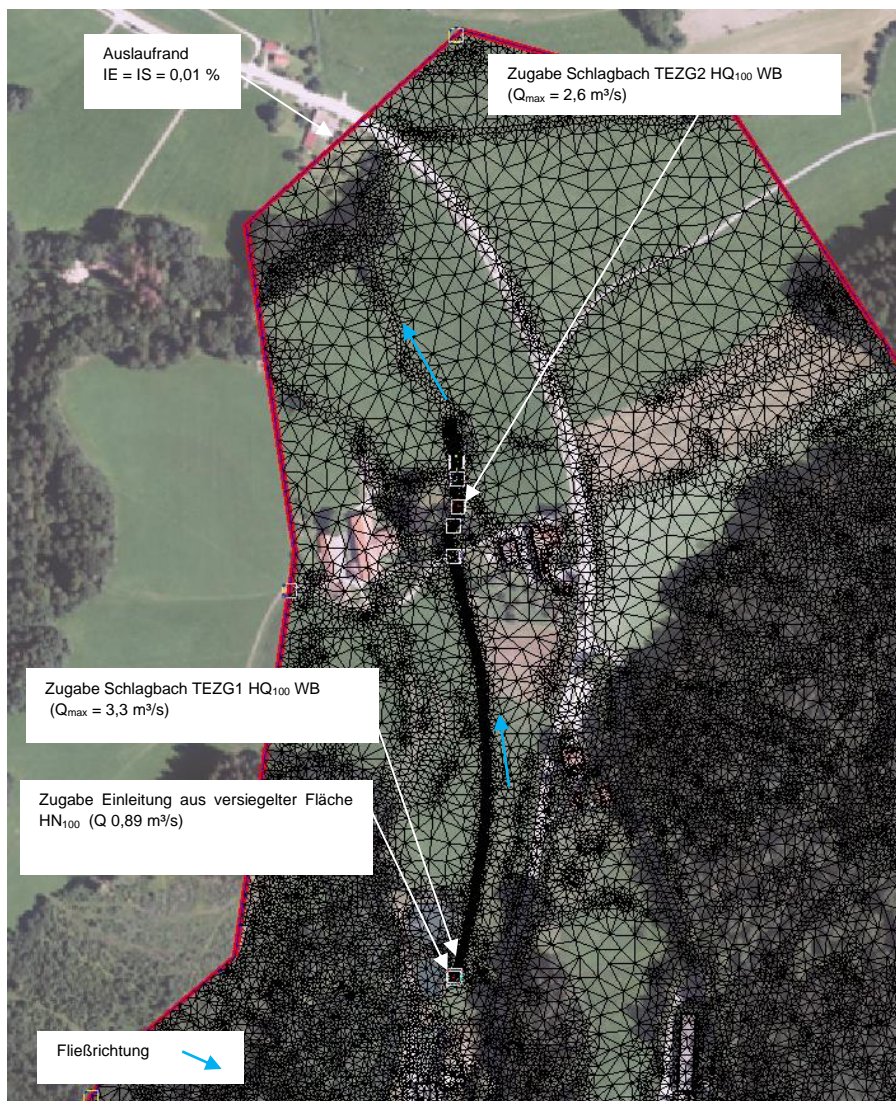


Abbildung 6.4: Netzgeometrie im Bereich Schlagbach inkl. Randbedingungen

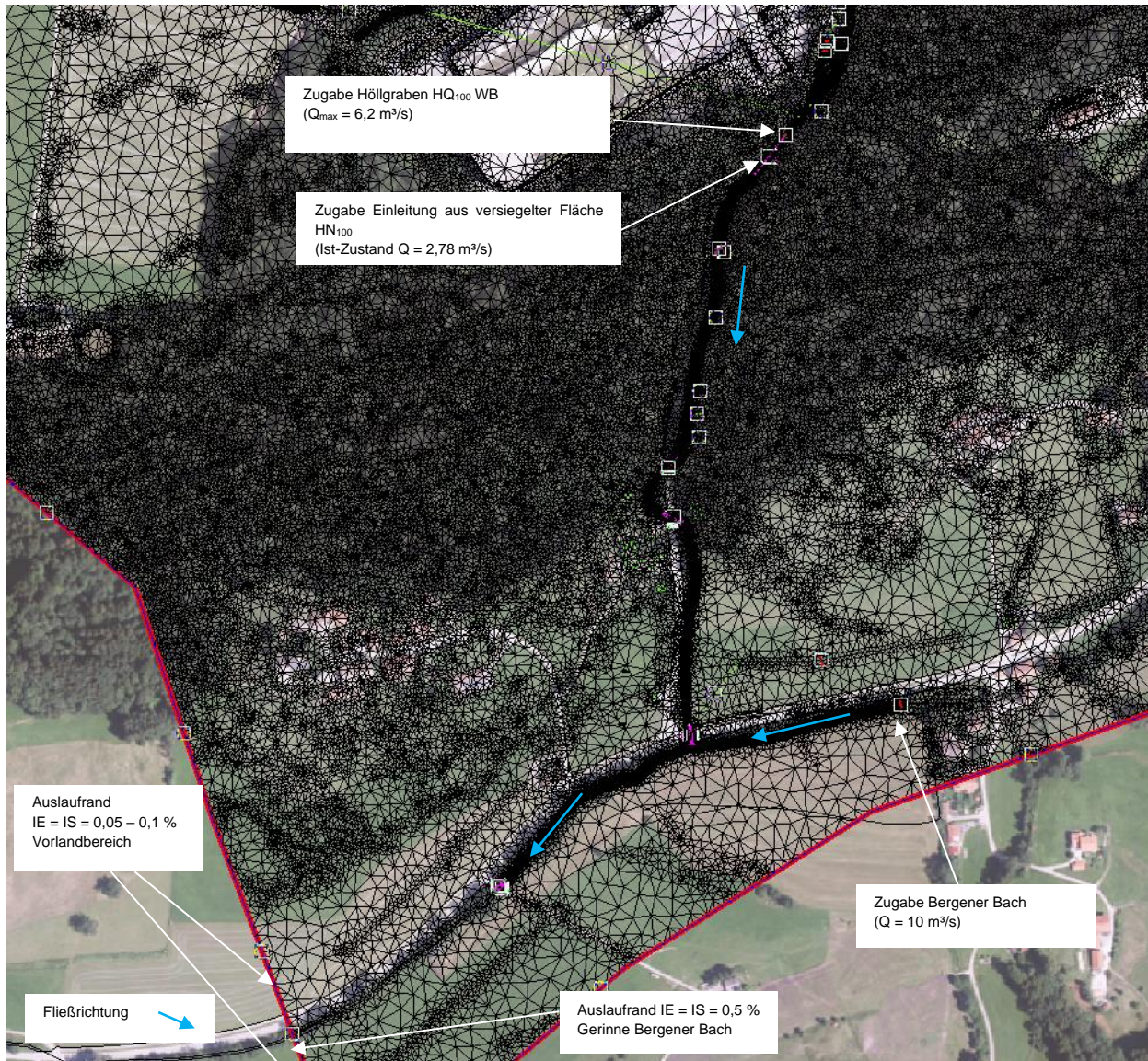


Abbildung 6.5: Netzgeometrie im Bereich Höllgraben inkl. Randbedingungen

Die, auf Basis des NA-Modells, ermittelten Ganglinien wurden entsprechend Kapitel 5.1 den Gewässern instationär zugegeben.

Darüber hinaus wurden für die Betrachtung des Ist-Zustands die bestehenden Einleitungsmengen als Blockzugabe im Abflussmodell entsprechend Kapitel 5.4 definiert (vgl. Abbildung 6.6 und Abbildung 6.7).

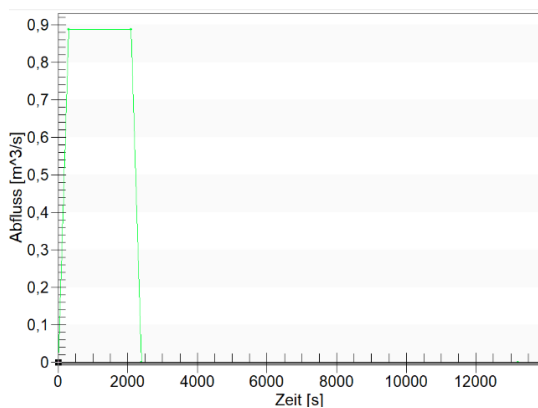


Abbildung 6.6: Zugabe Einleitung aus versiegelten Flächen Ist-Zustand HQ₁₀₀, Schlagbach

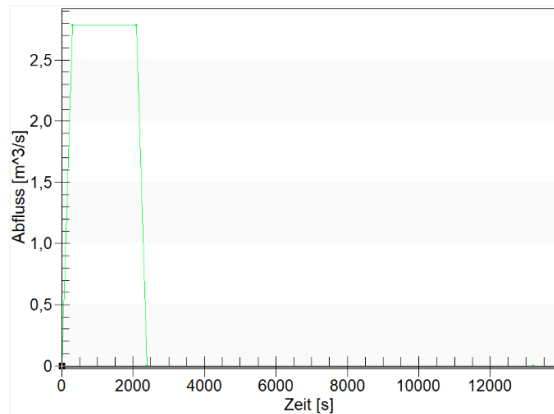


Abbildung 6.7: Zugabe Einleitung aus versiegelten Flächen HQ_{100} , Höllgraben

Der Vorfluter Bergener Bach wurde als untere Randbedingung mit im Abflussmodell berücksichtigt. Mit Hilfe einer stufenweisen Abflusszugabe für den Bergener Bach wurde der Abfluss ermittelt, an dem sich eine Überströmung in das linke Vorland des Bergener Bachs einstellt und eine starke Veränderung der maximalen Wasserspiegellage im Gewässerbereich ausgeschlossen werden kann. Dieser, für das vorliegende Projekt maßgebliche Abfluss, ergibt sich in Höhe von $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Zugabe für den Bergener Bach wurde stationär zugegeben.

Die Auslaufrandbedingungen wurde auf Basis des vorherrschenden Sohl- bzw. Vorlandgefälles auf der sicheren Seite liegend mit einem Gefälle von $IE = IS = 0,05 - 0,5 \%$ definiert. Aufgrund ihrer Entfernung und dem Wasserspiegelgefälle zum raumrelevanten Bereich wird ein Einfluss der Randbedingung auf die Wasserspiegellagen im raumrelevanten Bereich ausgeschlossen.

Die globalen Parameter des Programms Hydro_AS-2d wurden für die Abflusssimulation entsprechend nachfolgender Tabelle 6.3 definiert.

Tabelle 6.3: Globale Parameter

	HQ₁₀₀
Hmin [m]	0,001
Velmax [m/s]	15
Amin [m ²]	0,0
CMUVISC	0,6
CFL	0,8
Zeitintervall SMS [s]	300
Zeitintervall Q_Strg [s]	300
Gesamtzeit [s]	13200

6.1.1 Ergebnisse HQ₁₀₀ Ist-Zustand

Die bestehenden Verrohrungen im Verlauf des Schlagbachs weisen mit einer Leistungsfähigkeit zwischen 0,8 m³/s und 1,6 m³/s keine ausreichende Leistungsfähigkeit auf, um den Hochwasserabfluss im Bemessungslastfall in Höhe von 6,1 m³/s abzuführen (vgl. Abbildung 6.8). Dies bewirkt eine Überlastung der bestehenden Verrohrungen und einen Aufstau im oberstromigen Vorland der bestehenden Verrohrungen. Die bestehende Erschließungsstraße bzw. der bestehende landwirtschaftliche Weg wird überströmt. Ein Wirtschaftsgebäude wird vom Überschwemmungsgebiet des Schlagbachs mit geringen Fließtiefen tangiert.

Da bereits im Ist-Zustand durch die natürlichen Einzugsgebiete eine Überlastung der bestehenden Verrohrungen vorliegt, wird empfohlen von einer zusätzlichen Einleitung im Zuge der Entwässerungsplanung abzusehen.

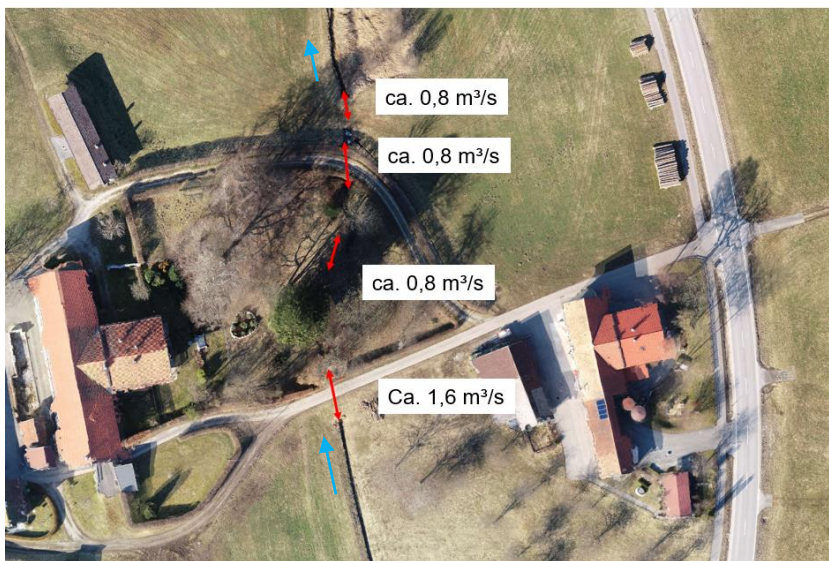


Abbildung 6.8: Ist-Zustand Leistungsfähigkeit Bestandsverrohrungen

Das Gerinne des Höllgrabens weist im Unterlauf nicht die Leistungsfähigkeit auf den Hochwasserabfluss HQ₁₀₀ abzuführen (vgl. Abbildung 6.9). Die linksseitige Böschung wird oberstrom der Verrohrung der TS5 über eine Länge von ca. 135 m überströmt. Infolgedessen wird die natürliche Geländesenke im Bereich der landwirtschaftlichen Fläche (Grünlandnutzung) gefüllt.

Auf der natürlichen Rückhaltefläche ergibt sich außerhalb des Entwässerungsgrabens eine durchschnittliche maximale Fließtiefe in Höhe von 0,21 m mit einem Maximum von ca. 0,71 m bei einer maximale Wasserspiegellage in Höhe von ca. 570,59 müNN.

6.1.2.2 Ergebnisse Hochwassersimulation Planungszustand, HQ₁₀₀

Die Ergebnisse in Form der maximalen Fließtiefe sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Das Planungsvorhaben hat keine großräumige Veränderung der Abflusssituation zur Folge. Auf der natürlichen Rückhaltefläche ergibt sich außerhalb des Entwässerungsgrabens eine durchschnittliche maximale Fließtiefe in Höhe von 0,24 m mit einem Maximum von ca. 0,74 m bei einer maximalen Wasserspiegellage von 570,62 müNN



Abbildung 6.10: Planungszustand: Maximale Fließtiefe HQ₁₀₀, Höllgraben

Die nachfolgende Differenzendarstellung zeigt die Auswirkungen des Planungsvorhabens in Form einer Erhöhung der maximalen Fließtiefe im Vergleich zum Ist-Zustand in Rot, eine Reduzierung der maximalen Fließtiefe im Vergleich zum Ist-Zustand wird mit Blauancen gekennzeichnet. Weiße Bereiche erfahren keine Veränderung.

Die Erhöhung der Einleitungsmengen im Zuge des vorliegenden Bauvorhabens hat eine Erhöhung der maximalen Fließtiefen sowohl im Gewässerbereich als auch im Bereich der landwirtschaftlichen Fläche zur Folge.



Abbildung 6.11: Planungszustand: Differenzen maximale Fließtiefe HQ_{100} , Höllgraben

Um die Auswirkungen nach Unterstrom in Richtung der Gemeinde Bergen detailliert zu untersuchen, wird zudem der Abfluss am Auslaufrand bewertet. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Diagrammen dargestellt.

Das Planungsvorhaben hat eine Erhöhung um $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ des maximalen Abflussscheitels von $16,75 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $17,0 \text{ m}^3/\text{s}$ zur Folge. Dies entspricht einer prozentualen Erhöhung von ca. 1,5 %. Darüber hinaus bewirkt das Planungsvorhaben eine Erhöhung des nach Unterstrom abgegebenen Volumens während des Ganglinienscheitels im Zeitraum von 0,5 -1,2 h in Höhe von ca. 670 m^3 (vgl. Abbildung 6.12, Abbildung 6.13 und Tabelle 6.6).

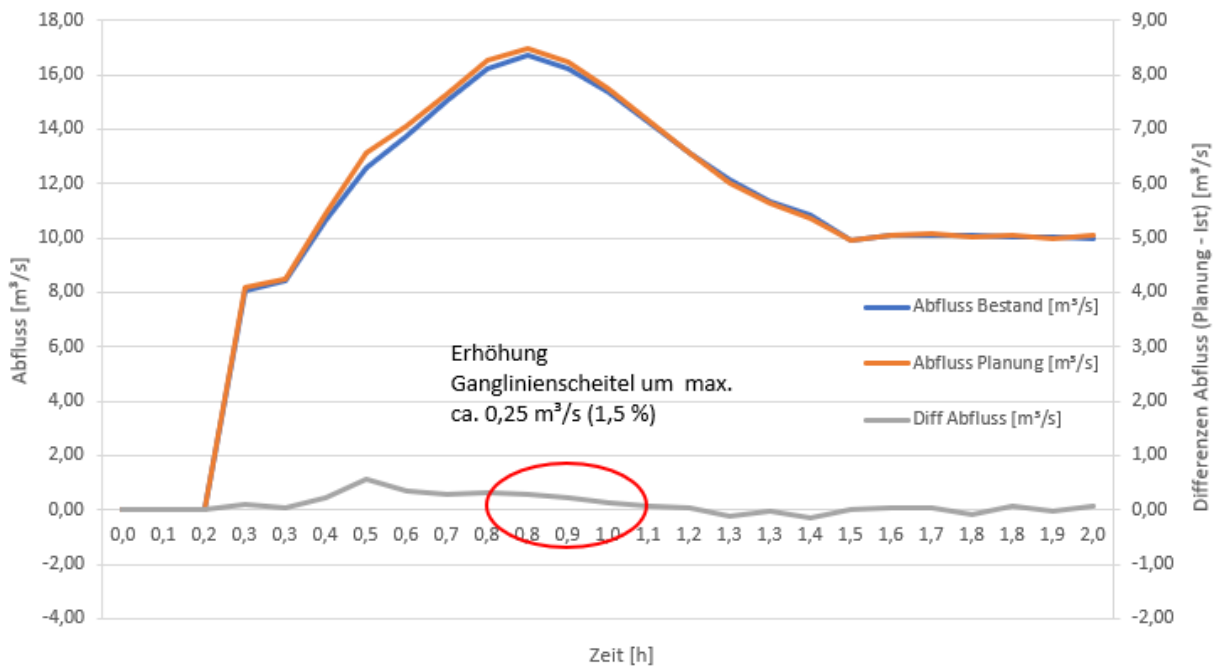


Abbildung 6.12: Abfluss am Auslauftrand: Vergleich Ist-Zustand und Planungszustand

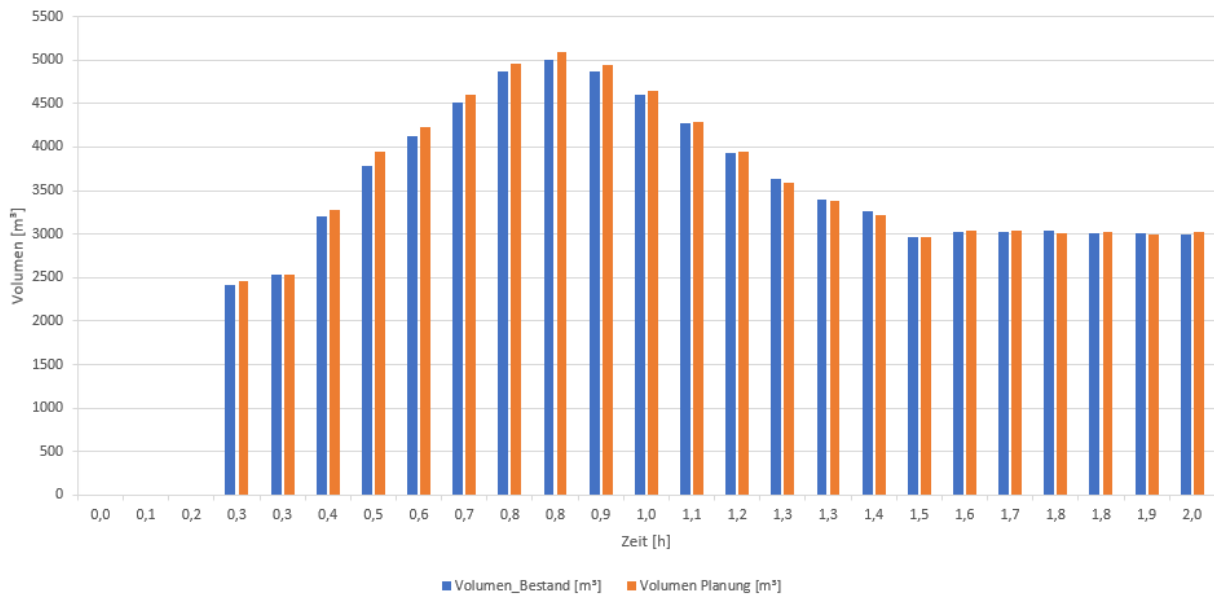


Abbildung 6.13: Abflussfülle am Auslauftrand: Vergleich Ist-Zustand und Planungszustand

Tabelle 6.5: Vergleich Abflussfülle Gesamt am Auslauftrand, Planungszustand

Summe_Bestand [m³]	Summe_Planung [m³]	Diff_Summe
ca. 39980	ca. 40650	670

6.1.3 Konzeptionierung wasserwirtschaftliche Ausgleichsmaßnahmen

Die Abflussberechnungen des Planungszustands ergeben, dass das Planungsvorhaben Auswirkungen auf die Abflusssituation des betrachteten Lastfalls bewirkt. Um dies zu verhindern, sind wasserwirtschaftliche Ausgleichsmaßnahmen erforderlich. Diese werden im vorliegenden Gutachten konzeptioniert, um die Erhöhung des maximalen Abflussscheitels und des Abflussvolumens nach unterstrom zu verhindern.

Es ist geplant, das infolge des Planungsvorhabens anfallende zusätzliche Volumen, mit Hilfe einer Geländemodellierung auf der bestehenden natürlichen Rückhaltefläche zusätzlich zurückzuhalten. Diese ist in der nachfolgenden Abbildung 6.14 sowie im Querschnitt Abbildung 6.15 dargestellt. Die Geländemodellierung verläuft über ca. 80 m entlang des Höllgrabens und der Gemeindeverbindungsstraße TS5. Sie weist eine Kronenhöhe von ca. 570,95 müNN auf. In Richtung Straße bzw. Gewässer ist eine Böschungsneigung von 1:1,5 geplant. Um weiterhin eine landwirtschaftliche Nutzung wie im Bestand zu gewährleisten wird landseitig eine Böschungsneigung von 1:7 hergestellt.

Um im Überlastfall die Standsicherheit des Erdbauwerks sicherzustellen, ist im Bereich der Böschung des Höllgrabens, nördlich angrenzend zur geplanten Geländemodellierung, eine Überlaufschwelle mit Erosionssicherung mit einer GOK von 570,65 müNN geplant. Damit ergibt sich als maximal mögliche Einstauhöhe in der Rückhaltefläche ein Wasserspiegel von ca. 570,65 müNN. Es ist geplant einen Einlaufschacht im Tiefpunkt der Rückhaltefläche herzustellen, der mit einer DN200 auf die bestehende Drainageleitung DN500 schließt. So kann zum einen eine Füllung der Fläche entsprechend der Bestandssituation über einen Rückstau über die Verrohrung sichergestellt werden. Darüber hinaus kann eine Entleerung der Rückhaltefläche über den geplanten Einlaufschacht erfolgen.

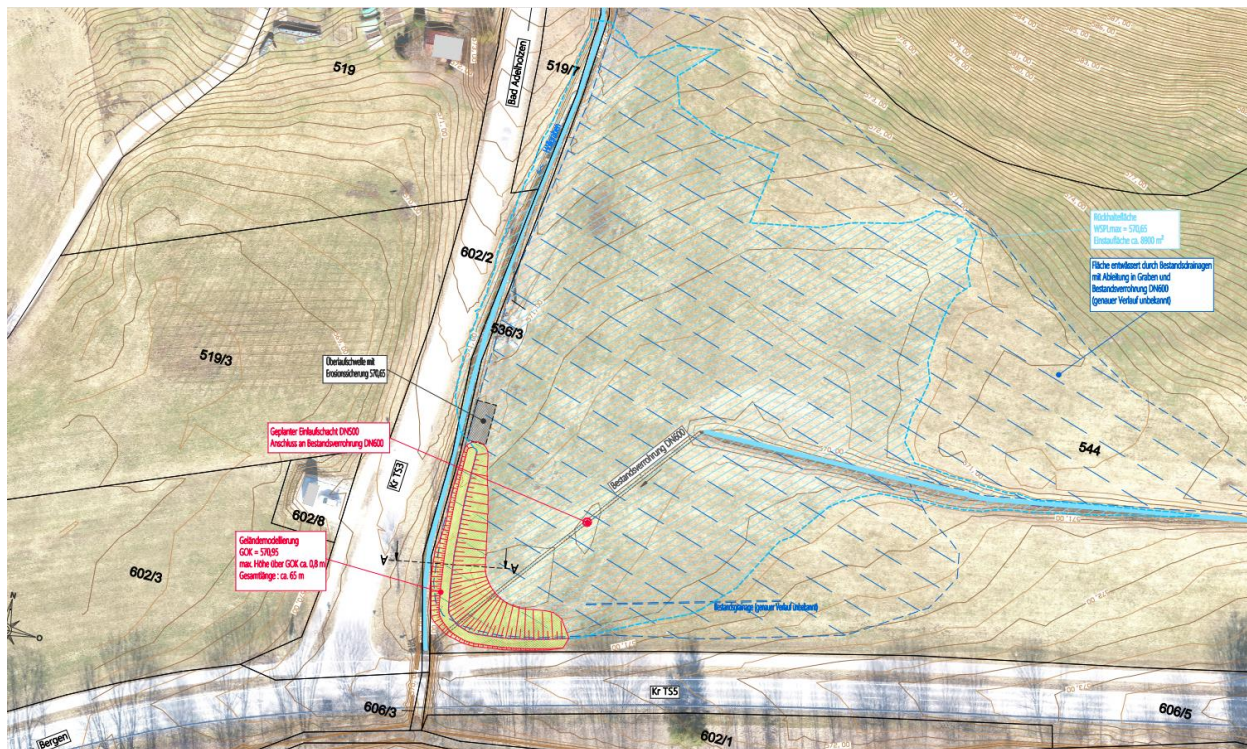


Abbildung 6.14: Konzeptionierte Wasserwirtschaftliche Ausgleichsmaßnahmen Lageplan

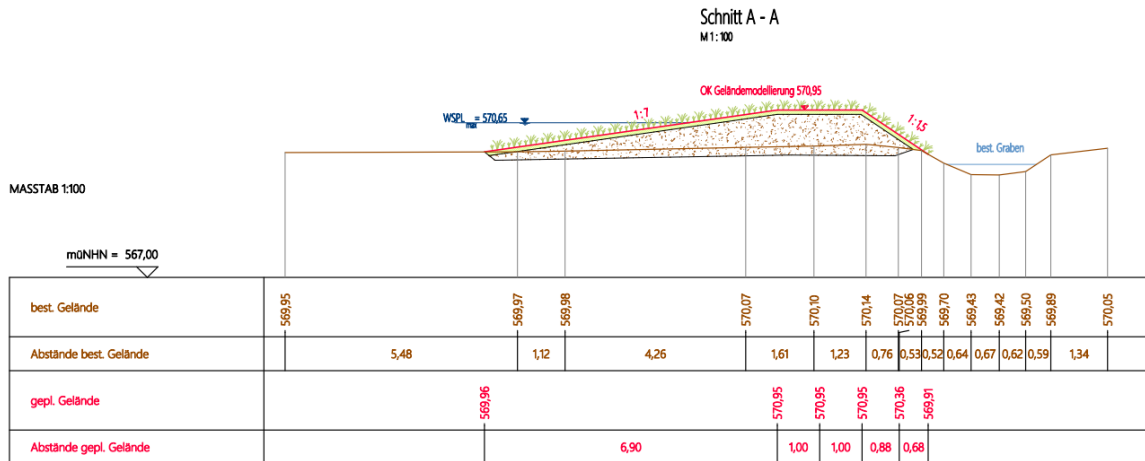


Abbildung 6.15: Konzeptionierte Wasserwirtschaftliche Ausgleichsmaßnahmen Querschnitt

6.1.3.1 Ergebnisse Hochwassersimulation Planungszustand mit Ausgleichsmaßnahmen, HQ₁₀₀

Die Bewertung der Auswirkungen der Planung mit Ausgleichsmaßnahmen erfolgt auf Basis der Auswertung am Auslaufrand.

Das Planungsvorhaben mit Ausgleichsmaßnahmen hat eine Dämpfung des maximalen Abflussscheitels um ca. 1,3 m³/s von 16,7 m³/s auf 15,4 m³/s zur Folge (vgl. Abbildung 6.16). Dies entspricht einer prozentualen Reduzierung um 7,8 %. Der Vergleich der Abflussfülle des Ist-Zustands und des Planungszustands mit Ausgleichsmaßnahmen ist in der nachfolgenden Abbildung 6.17 dargestellt. Während des Ganglinienscheitels von ca. 0,5 h bis 1,2 h hat die Ausgleichsmaßnahme eine Reduzierung des Volumens um ca. 1.110 m³ zur Folge.

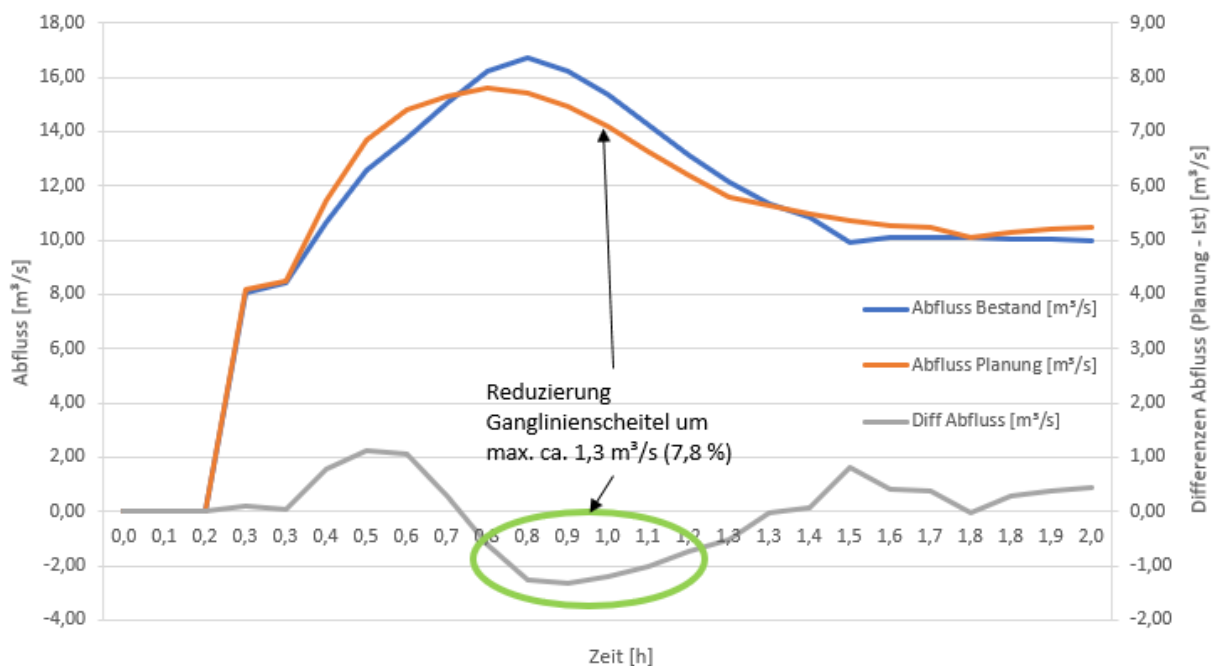


Abbildung 6.16: Abfluss am Auslaufrand: Vergleich Ist-Zustand und Planungszustand

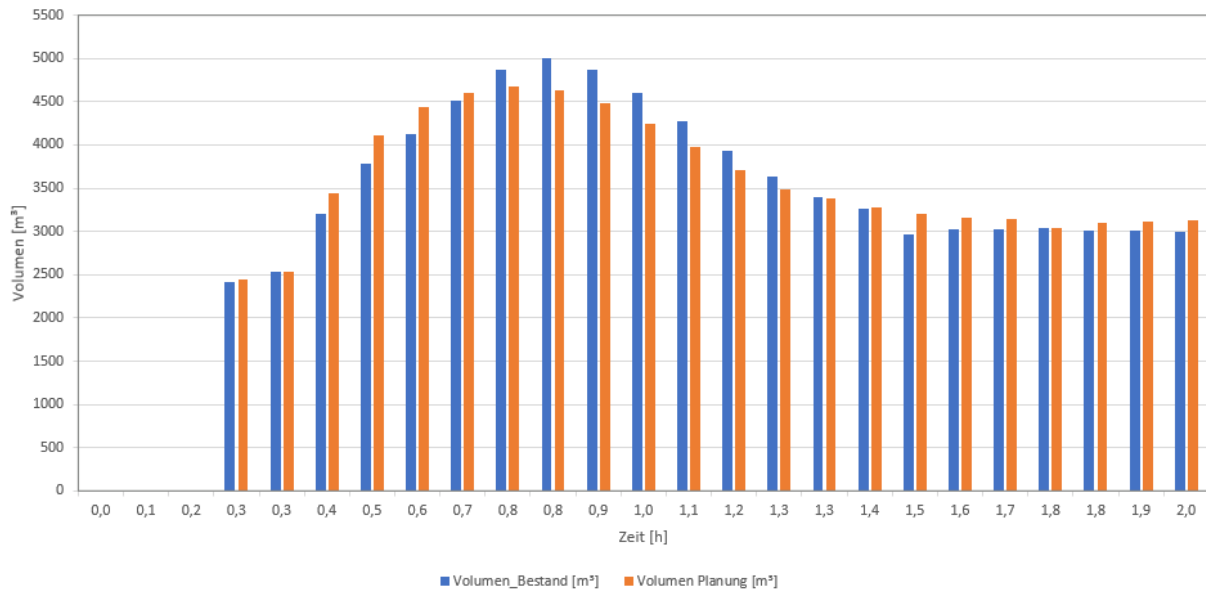


Abbildung 6.17: Abflussfülle am Auslauftrand: Vergleich Ist-Zustand und Planungszustand

Tabelle 6.6: Vergleich Abflussfülle Ganglinienscheitel (0,5-1,5 h) am Auslauftrand, Planungszustand

Summe_Bestand [m³]	Summe_Planung [m³]	Diff_Summe
ca. 39980	ca. 38870	-1110

6.2 Zusammenfassung

Im Rahmen des Bebauungsplans mit integriertem Grünordnungsplan "Sondergebiet Mineralwasser- und Brunnenbetrieb Bad Adelholzen" ist die Betriebserweiterung der Adelholzener Alpenquellen GmbH in mehreren Bauabschnitten geplant. Dabei wird als Planungszustand des vorliegenden Gutachtens der finale Planungszustand nach Umsetzung aller Bauabschnitte betrachtet.

Das aquasoli Ingenieurbüro wurde mit der hydrologischen und hydraulischen Untersuchung zu Auswirkungen der Erhöhung der Einleitungsmenge von Wasser aus versiegelten Flächen in die Gewässer Schlagbach und Höllgraben (Gew. III. Ordnung) in Folge des Planungsvorhabens beauftragt.

Das raumrelevante Gewässersystem des Schlagbachs, ist mit seinen bestehenden Verrohrungen bereits im Ist-Zustand durch den Hochwasserabfluss aus dem natürlichen Einzugsgebiet überlastet. Es wird empfohlen von einer zusätzlichen Einleitung im Zuge der Entwässerungsplanung abzusehen.

Die geplante Entwässerung der versiegelten Flächen wurde daher durch das Ingenieurbüro BG Trauntal angepasst. Eine Erhöhung der Einleitungsmengen in den Schlagbach ist nicht vorgesehen. Für das, infolge des Planungsvorhabens zusätzlich abzuleitende Wasser, wurde der leistungsfähigeren Höllgraben als Vorfluter gewählt.

Die Untersuchungen zeigen, dass die Einleitung von Wasser aus versiegelten Flächen in den Höllgraben, ohne eine Herstellung von wasserwirtschaftlichen Ausgleichsmaßnahmen eine unwesentliche Erhöhung des maximalen Abflussscheitels bewirken.

Im vorliegenden Gutachten werden wasserwirtschaftliche Ausgleichsmaßnahmen in Form von zusätzlichen Wasserrückhaltevolumen konzeptioniert, um die Erhöhung des maximalen Abflussscheitels nach Unterstrom zu vermeiden. Es ist geplant, das, infolge des Planungsvorhabens, anfallende zusätzliche Volumen, mit Hilfe einer Geländemodellierung auf der bestehenden natürlichen Rückhaltefläche zusätzlich zurückzuhalten. Um eine Füllung entsprechend dem Bestand und eine Entleerung der Rückhaltefläche sicher zu stellen, ist die Herstellung eines Einlaufschacht im Tiefpunkt der Rückhaltefläche geplant, der mit einer Drosselleitung DN200 auf die bestehende Drainageleitung DN600 schließt.

Das Planungsvorhaben mit Ausgleichsmaßnahmen hat eine Dämpfung des maximalen Abflussscheitels um ca. $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ von $16,7 \text{ m}^3/\text{s}$ auf $15,4 \text{ m}^3/\text{s}$ zur Folge. Was einer prozentualen Reduzierung des maximalen Abflussscheitels nach Unterstrom um ca. 7,8 % entspricht. Das Planungsvorhaben mit Ausgleichsmaßnahmen hat im Bemessungslastfall keine nachteiligen wasserwirtschaftlichen Auswirkungen für die Unterlieger zur Folge. Im Falle eines hundertjährigen Hochwasserereignisses hat die Planung mit Ausgleichsmaßnahmen eine Reduzierung des Wasservolumens während des Ganglinienscheitels im Vergleich zum Bestand zur Folge.

Im Rahmen der weiteren Umsetzung des Planungsvorhabens ist eine wasserrechtliche Genehmigung der konzeptionierten Maßnahmen als Anlage Gewässer nach Art. 20 BayWG erforderlich.

Verfasser:

aquasoli Ingenieurbüro
Siegdsdorf, 30.03.2023


Katja Förster-Bräu

7 Quellenverzeichnis

aquasoli (2022a): Luftbildaufnahme mit Drohnenbefliegung. Lagebezugssystem UTM 32 (EPSG Code 25823). Siegsdorf.

aquasoli (2022b): Bestandsvermessung, Lagebezugssystem UTM 32 (EPSG Code 25823); Höhenbezugssystem DHHN2016. Siegsdorf.

aquasoli (2022c): Ortseinsichten. Siegsdorf.

Bauingenieur-Gemeinschaft Trauntal GmbH (BG Trauntal) (2023a): Bebauungsplan „Sondergebiet Mineralwasser- und Brunnenbetrieb Bad Adelholzen“ - Entwässerungskonzept Niederschlagwasser. 17.03.2023. Ruhpolding.

Bauingenieur-Gemeinschaft Trauntal GmbH (BG Trauntal) (2022, 2023b) Bestandsvermessung, Lagebezugssystem UTM 32 (EPSG Code 25823); Höhenbezugssystem DHHN2016. Ruhpolding.

Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH (2019): HYDRO_AS-2d – Software für die Simulation von Fließprozessen. Version 5.1.0. Aachen.

Itwh GmbH (2017): KOSTRA2010R, Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungsauswertung, Version KOSTRA-DWD 2010R 3.2. Hannover.

Itwh GmbH (2022): KOSTRA2020, Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungsauswertung, Version KOSTRA-DWD 2020 4.2. Hannover.

LDBV (2023): Bayerisches Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayernatlas. Zugriff März 2023. München.

Bayerisches Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) (2022) DGM1 Daten. Lagebezugssystem UTM 32 (EPSG Code 25823); Höhenbezugssystem DHHN2016. München.

Bayerisches Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) (2022b) Digitale Flurkarte. Lagebezugssystem UTM 32 (EPSG Code 25823). München.

Bayerisches Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung (LDBV) (2023): Bayernatlas. Zugriff März 2023. München.



LfU (2014): EGAR-Kartierung. Erläuterungen und Beschreibung der Vegetations- bzw. Hydrotop-Typen in Wildbacheinzugsgebieten. Februar 2014. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Augsburg.

LfU (2017a): Fachkonzept Wildbachgefährdungsbereiche. II. Vorarbeiten, Verfahrensbeschreibung. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Augsburg.

LfU (2017b): Fachkonzept Wildbachgefährdungsbereiche. IV. Geschiebe, Verfahrensbeschreibung. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Augsburg.

LfU (2018): Handbuch hydraulische Modellierung – Vorgehensweisen und Standards für die 2-D-hydraulische Modellierung von Fließgewässern in Bayern. Januar 2018. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Augsburg.

LfU (2019): Fachkonzept Wildbachgefährdungsbereiche. III. Hydrologie. Verfahrensbeschreibung. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Augsburg.