

FLIEßWEGANALYSE FÜR DAS GEPLANTE BAUGEBIET „HOCHREUTHER STRAßE“ IM MARKT PEIßENBERG

MARKT PEIßENBERG
LANDKREIS WEILHEIM-SCHONGAU

ERLÄUTERUNGSBERICHT

AUFTRAGGEBER: **Akbas Vahdettin & Akbas Holding GmbH**

Otto-Hahn-Straße 15

82380 Peißenberg

E-Mail: akbas.immo@gmail.com

Ansprechpartner: Herr Mümin Akbas

Tel.: 0170 9655451

BEARBEITUNG: **Ingenieurbüro Kokai GmbH**

KOKAI
INGENIEURBÜRO

Holzhofring 14

82362 Weilheim i. OB

E-Mail: info@ib-kokai.de

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Max Weiß

Tel.: 0881 600960-11

DATUM: 24.10.2023

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	4
2	Beschreibung des Vorhabens	4
3	Topografie	7
4	Fließweganalyse	7
4.1	Hydrologie.....	8
4.2	Hydraulik.....	10
4.3	Ergebnisse.....	14
5	Maßnahmenempfehlung	15

ANLAGENVERZEICHNIS

Nr.	Inhalt	Maßstab	Plan-Nr.
1.	Lageplan Fließtiefen T = 100 a, IST-Zustand „Hochreuther Straße“	1 : 500	01_LP-FWA

1 Einleitung

Der Markt Peißenberg plant für das Baugebiet „Hochreuther Straße“ einen Bebauungsplan aufzustellen. Im Rahmen einer Vorabstimmung soll eine Fließweganalyse für das geplante Baugebiet durchgeführt werden.

In Anlage 1 finden sich die Ergebnisse der Fließweganalyse. Die zugrundeliegenden Annahmen und Grundlagendaten werden im Folgenden erläutert und Empfehlungen für den Bebauungsplan im Hinblick auf die Fließverhältnisse gegeben.

2 Beschreibung des Vorhabens

Das Baugebiet liegt am westlichen Rand der Siedlungsbebauung von Peißenberg. Die genaue Lage ist in [Abbildung 1](#) dargestellt. [Abbildung 2](#) zeigt das geplante Baugebiet mit Blick von der nordwestlich gelegenen Bahnlinie aus. [Abbildung 3](#) zeigt den Bebauungsplan zum derzeitigen Stand.

[Abbildung 4](#) zeigt die zugehörigen Schnitte.

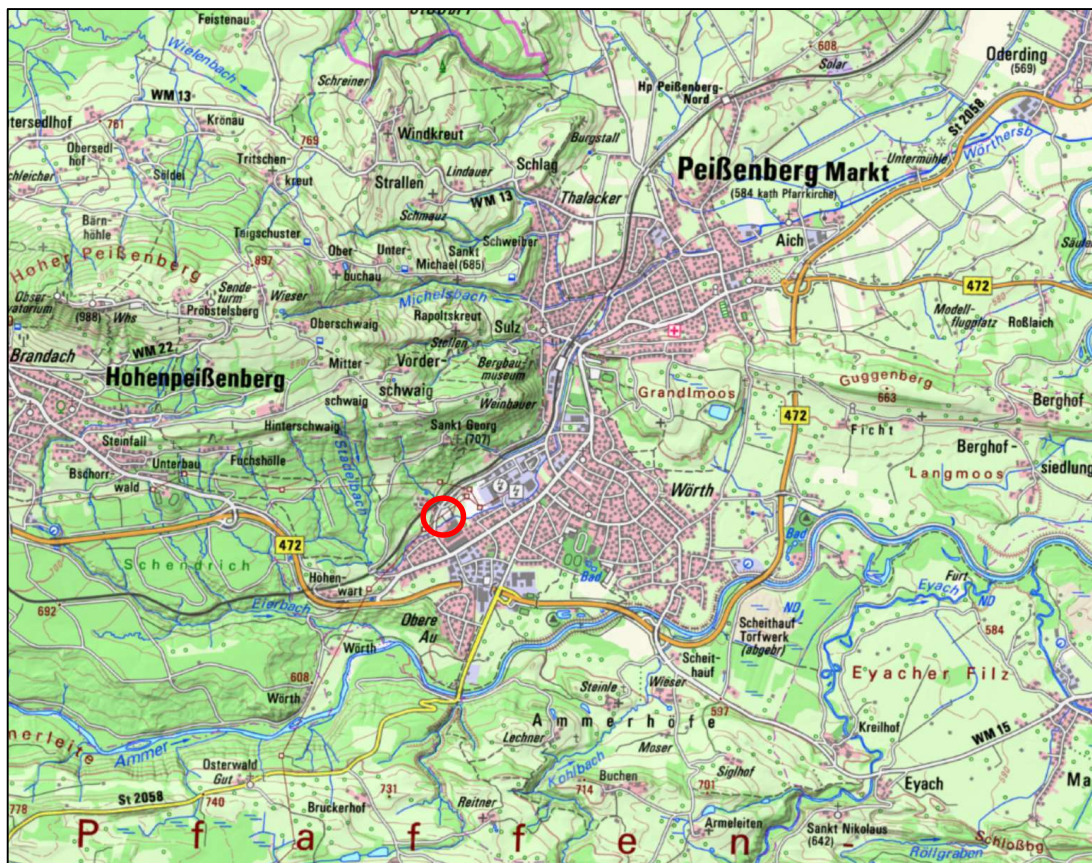


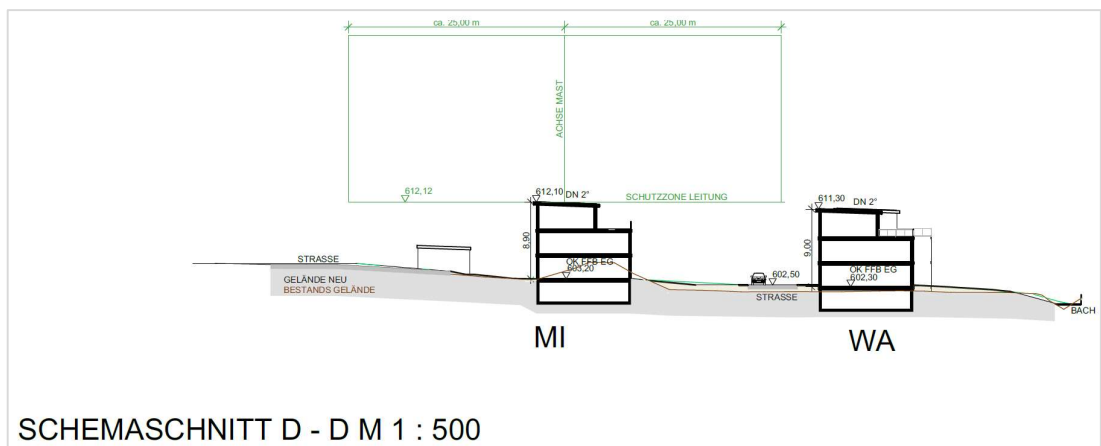
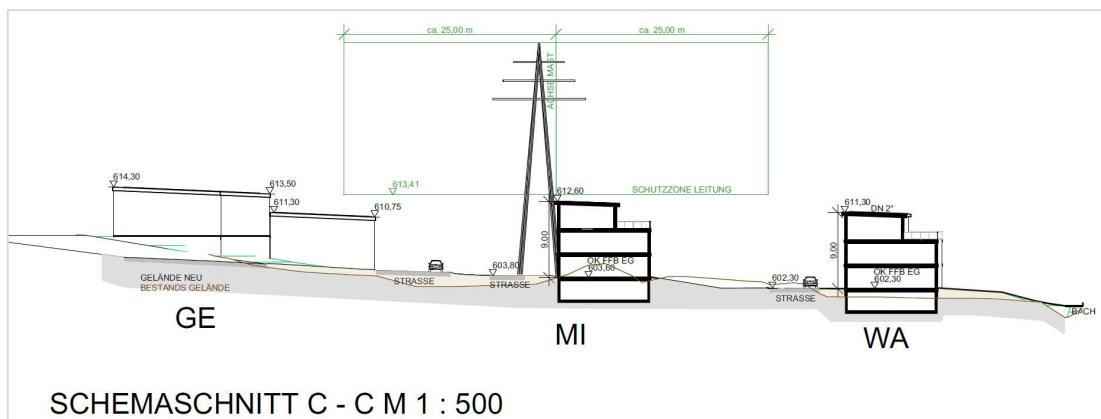
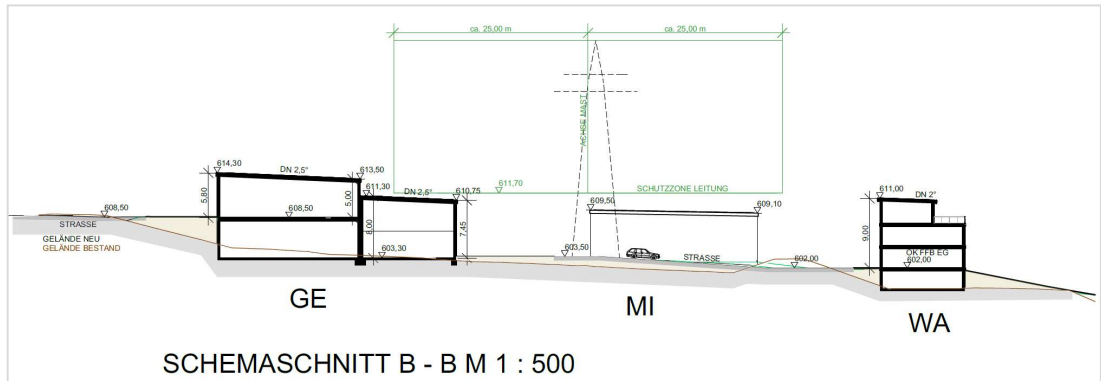
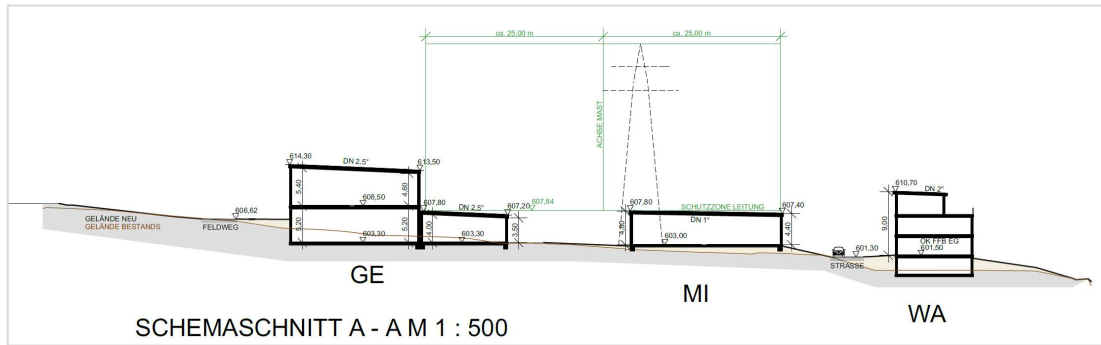
Abbildung 1: Lage des Baugebiets „Hochreuther Straße“



Abbildung 2: Blick von Nordwesten auf das geplante Baugebiet



Abbildung 3: Ausschnitt aus dem Bebauungsplan "Hochreuther Straße" (Stand: Entwurf Architekturbüro Hörner vom 30.08.2023)



4.1 Hydrologie

Als Niederschlagshöhe wird ein hundertjähriger Niederschlag nach der Starkniederschlagshöhenauswertung KOSTRA-DWD-2020 gewählt. Als Dauerstufe werden 60 min gewählt, dies entspricht der typischen Dauer eines Starkniederschlags in Mitteleuropa und findet in bisherigen Untersuchungen breite Anwendung¹. Für einen hundertjährigen 1-stündigen Regen nach KOSTRA-DWD-2020 ergibt sich im Untersuchungsgebiet eine Niederschlagsmenge von 55,0 mm (s. **Abbildung 5**).

Rasterfeld	: Spalte 160, Zeile 211								
Ortsname	: Peißenberg								
Bemerkung	:								
Dauerstufe D	Niederschlagshöhen hN [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	8,8	10,7	11,9	13,4	15,6	17,9	19,4	21,3	24,1
10 min	11,4	13,8	15,3	17,2	20,1	23,0	24,9	27,4	31,0
15 min	13,0	15,8	17,5	19,8	23,0	26,4	28,5	31,4	35,5
20 min	14,3	17,3	19,2	21,7	25,3	28,9	31,4	34,5	39,0
30 min	16,3	19,7	21,9	24,7	28,7	32,9	35,7	39,3	44,4
45 min	18,4	22,4	24,8	28,0	32,6	37,4	40,5	44,5	50,4
60 min	20,2	24,4	27,1	30,6	35,6	40,8	44,2	48,7	55,0
90 min	22,8	27,7	30,7	34,6	40,3	46,2	50,0	55,1	62,3
2 h	24,9	30,2	33,5	37,8	44,0	50,4	54,6	60,1	68,0
3 h	28,1	34,1	37,8	42,7	49,7	56,9	61,7	67,9	76,8
4 h	30,7	37,2	41,2	46,5	54,2	62,1	67,3	74,0	83,7
6 h	34,6	42,0	46,6	52,6	61,2	70,1	76,0	83,6	94,6
9 h	39,1	47,4	52,6	59,4	69,1	79,2	85,8	94,4	106,8
12 h	42,6	51,7	57,3	64,7	75,3	86,3	93,5	102,9	116,4
18 h	48,1	58,4	64,7	73,0	85,0	97,4	105,5	116,1	131,4
24 h	52,4	63,6	70,5	79,6	92,7	106,2	115,0	126,6	143,2
48 h	64,5	78,2	86,7	97,9	114,0	130,6	141,4	155,7	176,1
72 h	72,8	88,3	97,9	110,5	128,6	147,4	159,6	175,7	198,7
4 d	79,3	96,2	106,7	120,4	140,2	160,6	174,0	191,5	216,6
5 d	84,8	102,8	114,0	128,7	149,8	171,7	185,9	204,7	231,5
6 d	89,5	108,6	120,4	135,9	158,2	181,3	196,3	216,1	244,4
7 d	93,7	113,7	126,0	142,3	165,7	189,8	205,6	226,3	255,9

Abbildung 5: Niederschlagshöhen für Peißenberg nach KOSTRA-DWD 2020

Die Zugabe der Abflüsse in das 2d-hydraulische Sturzflutenmodell erfolgt durch Zugabe des Effektivniederschlags an allen Knotenpunkten des Modells. Um die Niederschlagsdaten in Effektivniederschläge (= Anteil des Niederschlages, der oberflächlich zum Abfluss kommt) umzurechnen, müssen Abflussbeiwerte ermittelt werden.

Für die Ermittlung der Abflussbeiwerte wird das Lutz-Verfahren herangezogen. Im Folgenden sind die Formeln, die zur Berechnung des Abflussbeiwerts Ψ nach dem Lutz-Verfahren dargestellt. (vgl. Loseblattsammlung Hydrologische Planungsgrundlagen, Bayerisches Landesamt für Umwelt):

¹ Vorsorge gegen Starkregenereignisse und Maßnahmen zur wassersensiblen Stadtentwicklung – Analyse des Standes der Starkregenvorsorge in Deutschland und Ableitung zukünftigen Handlungsbedarfs, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, Mai 2019, ISSN 1862-4804

$$\Psi = \frac{(hA_u + hA_s)}{hN}$$

$$hA_s = (hN - Av_s) * \Psi_s * \frac{vA}{100} * \frac{bA}{100}$$

$$hA_u = \left[(hN - Av_u) * c + \frac{c}{a} (e^{-a(hN - Av_u)} - 1) \right] * \left(1 - \frac{vA}{100} * \frac{bA}{100} \right)$$

$$a = c_1 * e^{\frac{-c_2}{(|31 - WN| + 1)}} * e^{\frac{-c_3}{q_B}} * e^{-c_4 * D}$$

mit:	hN	Niederschlagshöhe	[mm]
	hA _s	Abflusshöhe versiegelter Fläche	[mm]
	hA _u	Abflusshöhe unversiegelter Fläche	[mm]
	Av _s	Anfangsverlust versiegelter Fläche	[mm]
	Av _u	Anfangsverlust unversiegelter Fläche	[mm]
	v _A	Versiegelungsgrad	[%]
	b _A	bebauter Flächenanteil	[%]
	Ψ _s	Abflussbeiwert versiegelter Fläche	[-]
	c	maximaler Gesamtabflussbeiwert	[-]
	a	Proportionalitätsfaktor	[1/mm]
	c ₁	gebietsspezifischer Faktor	[-]
	c ₂	Faktor für den Einfluss der Jahreszeit	[-]
	c ₃	Faktor für den Einfluss der Bodenvorfeuchte	[-]
	c ₄	Faktor für den Einfluss der Niederschlagsdauer	[-]
	q _B	Basisabflussspende	[l/(s*km²)]
	D	Niederschlagsdauer	[h]
	WN	Wochenummer	[-]

Die Werte des Abflussbeiwertverfahrens nach Lutz werden mit Hilfe eines Geoinformationssystems erhoben (z. B. Landnutzung, Hydrologische Bodengruppe) bzw. mit Standardparametern für den bayerischen Raum belegt. Zur Ermittlung des Effektivniederschlags (entspricht dem vollständig zum Abfluss kommenden Anteil am Gesamtniederschlag) werden vereinfachend die Flächen zwischen den Gebäuden und auch die Straßenflächen vernachlässigt und der vorherrschenden Landnutzung und hydrologischen Bodengruppe zugeordnet. Grundlage zur Landnutzung und den hydrologischen Bodengruppen bildet Kartenmaterial des Bayerischen Landesamtes für Umwelt.

Mit dieser Methode können für die unterschiedlichen Niederschlagsereignisse realistische Abflussbeiwerte ermittelt werden.

Der ermittelte Effektivniederschlag für das Untersuchungsgebiet ist in [Tabelle 1](#) dargestellt und wird als Blockregen mit einer Stunde Dauer im Modell zugegeben.

Tabelle 1: Ermittelter Effektivniederschlag

Landnutzung	Hydrologische Bodengruppe	Abflussbeiwert Ψ [-]	Effektivniederschlag [mm/h]
Bebauter Anteil	C	0,50	27,75
Dauerwiese, Weideland	C	0,32	17,37
Nadel- / Laubwald	C	0,28	15,25

4.2 Hydraulik

Die Netzgenerierung und –bearbeitung erfolgt mit dem Programm SMS (Surface-water Modeling System, Version 13.1 von der Firma Aquaveo, Utah, USA). Die mittels SMS erzeugten Ausgabedateien dienen Hydro_As-2d als Eingangsdaten. Die Berechnungsergebnisse werden wiederum in SMS eingelesen und zur Auswertung und Visualisierung dort weiterbearbeitet. Die Berechnungsergebnisse beinhalten u. a. Wasserspiegellagen, Fließtiefen, Fließgeschwindigkeiten (2D-tiefengemittelt) und Schubspannungen. Weitere hydraulische Werte können durch Berechnungsfunktionen in SMS ermittelt werden, beispielsweise Froudezahlen oder Wasserspiegeldifferenzen aus unterschiedlichen Lastfällen. Alle Werte werden flächenhaft und punktgenau abgebildet und können tabellarisch und grafisch ausgewertet werden. Die Darstellung der Überschwemmungsflächen erfolgt durch Verschneidung der berechneten Wasserspiegellagen mit dem Gelände.

Die hydraulischen Berechnungen wurden mit dem zweidimensionalen, numerischen Strömungsmodell *Hydro_AS-2d* in der aktuellsten Version 6.0.2 durchgeführt.

Das Programm basiert auf der dreidimensionalen Kontinuitätsgleichung, welche in Kombination mit der Reynolds- bzw. Navier-Stokes-Gleichung über die Wassertiefe integriert wird (2d-tiefengemittelte Strömungsgleichung oder Flachwassergleichung)².

In kompakter Vektorform lauten die 2d- Strömungsgleichungen³:

$$\frac{\partial \mathbf{w}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{g}}{\partial y} + \mathbf{s} = \mathbf{0}$$

wobei

² Nujić, M. (1999): Praktischer Einsatz eines hochgenauen Verfahrens für die Berechnung von tiefengemittelten Strömungen, Mitteilung des Instituts für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München, Nr. 64

³ Nujić, M. (2006): Hydro_As-2d, ein zweidimensionales Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis, Benutzerhandbuch.

$$\mathbf{w} = \begin{bmatrix} H \\ uh \\ vh \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{f} = \begin{bmatrix} uh \\ u^2h + 0.5 gh^2 - v h \frac{\partial u}{\partial x} \\ uvh - v h \frac{\partial v}{\partial x} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{s} = \begin{bmatrix} 0 \\ gh(I_{Rx} - I_{Sx}) \\ gh(I_{Ry} - I_{Sy}) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{g} = \begin{bmatrix} vh \\ uvh - v h \frac{\partial u}{\partial y} \\ v^2h + 0.5 gh^2 - v h \frac{\partial v}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Hierbei bezeichnet $H = h + z$ den Wasserspiegel über einem Bezugsniveau, u und v sind die Geschwindigkeitskomponenten in x - und y - Richtung (s. [Abbildung 6](#)).
 Der Quellterm s beinhaltet Ausdrücke für das Reibungsgefälle I_R (mit den Komponenten I_{Rx} und I_{Ry}) und für die Sohlenneigung (I_{Sx} , I_{Sy}).

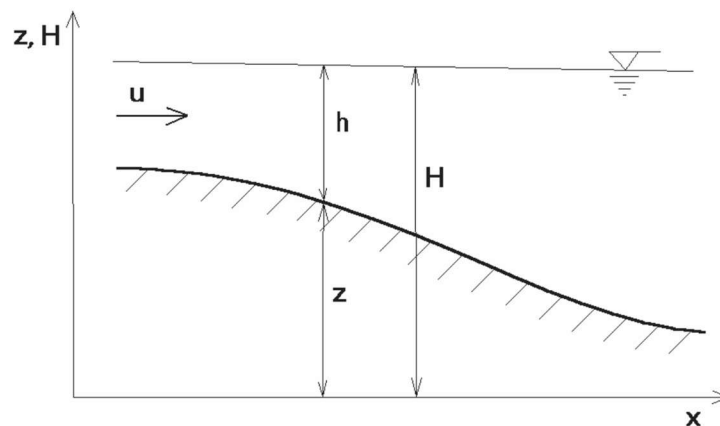


Abbildung 6: Systemskizze hydraulischer Parameter

Die Sohlenneigung in x - und in y - Richtung ist durch den jeweiligen Gradienten des Sohlenniveaus z definiert:

$$I_{Sx} = -\frac{\partial z}{\partial x}, \quad I_{Sy} = -\frac{\partial z}{\partial y}$$

Die Berechnung des Reibungsgefälles erfolgt nach der Darcy-Weisbach-Formel:

$$I_R = \frac{\lambda v |v|}{2gD}$$

Die Bestimmung des Widerstandsbeiwertes λ erfolgt über die Manning-Strickler-Formel:

$$\lambda = 6.34 \frac{2gn^2}{D^{1/3}}$$

Hierbei bedeutet n den Manning-Reibungskoeffizienten als Kehrwert des Strickler-Beiwertes, g ist die Erdbeschleunigung und $D = 4r$, ist der hydraulische Durchmesser. Bei den 2d-Flachwassergleichungen wird der hydraulische Radius r gleich der Wassertiefe h gesetzt.

Die Lösung des nichtlinearen Gleichungssystems erfolgt numerisch über eine räumliche Diskretisierung durch das Finite-Volumen-Verfahren mit expliziten Zeitschritten (explizites Runge-Kutta-Verfahren zweiter Ordnung). Dieses Verfahren zeichnet sich insbesondere durch eine hohe Stabilität und die Berücksichtigung der Massen- und Impulserhaltungseigenschaften aus. Das Programm kann unterschiedliche, auch häufig wechselnde und hoch instationäre Fließzustände berechnen. Komplexe Strömungsverhältnisse mit Quer- und Rückströmungen und Wasserspiegelquerneigungen werden zuverlässig und realitätsnah abgebildet. Die Interaktion zwischen Flussschlauch und Vorland wird bei Ausuferung automatisch erfasst. Über- und durchströmte Bauwerke, wie Wehre, Brücken und Durchlässe, werden in allen Zuständen berücksichtigt und teils numerisch, teils über empirische Formeln berechnet.

Das Programm kann unterschiedliche, auch häufig wechselnde und hoch instationäre Fließzustände berechnen. Komplexe Strömungsverhältnisse mit Quer- und Rückströmungen und Wasserspiegelquerneigungen werden zuverlässig und realitätsnah abgebildet. Das dreidimensionale Berechnungsnetz in Hydro_As-2d besteht aus dem unausgedünnten DGM1. Es können mehrere hunderttausend Berechnungselemente verarbeitet werden. Das Programm Hydro_As-2d wird als Standardsoftware für 2d-hydraulische Berechnungen in der bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung verwendet.

Zusätzlich wird das Modell mit Materialklassen belegt, die die Oberflächenstruktur des Geländes abbilden soll. Diese haben Einfluss auf das Fließverhalten des Oberflächenwassers. Die Rauheiten sind auf Basis von ATKIS-Daten vergeben. Die Wahl der Grenzwerte und der Rauheitsbeiwerte für die Sturzflutenmodellierung ist aktuell noch Gegenstand der Forschung. Analog zu ähnlichen Studien werden tiefenabhängige Rauheitsbeiwerte verwendet. Ab einer Fließtiefe von 10 cm wird der

vom LfU empfohlene Rauheitsbeiwert erreicht. Exemplarisch wird der tiefenabhängige Verlauf des k_{St} -Werts der Materialklasse „Wald“ (Wert 10) in [Abbildung 7](#) abgebildet.

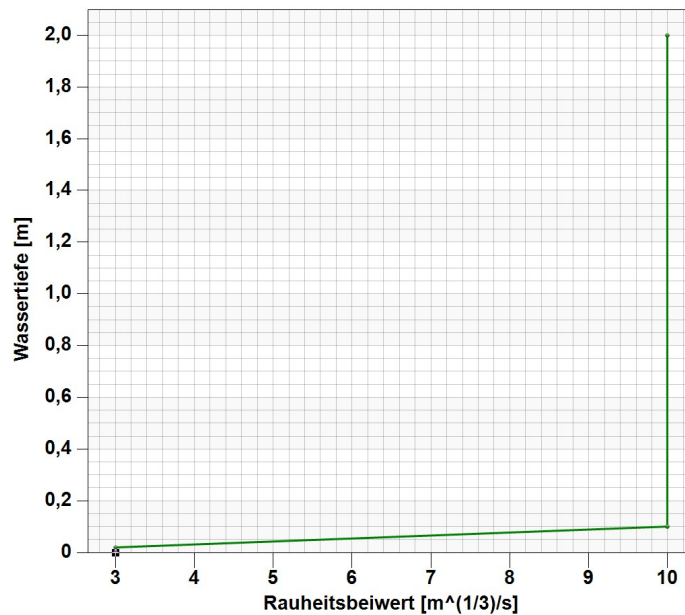


Abbildung 7: Verlauf tiefenabhängiger k_{St} -Wert am Beispiel "Wald"

Im verwendeten hydraulischen Modell kommt es bei Neigungen der durchströmten Elemente von mehr als 10 % zu Näherungsfehlern. Diese sind im Vergleich anderer Unsicherheiten (beispielsweise hydrologische Eingangsdaten, Wahl der Rauheitswerte, Wahl der Tiefengrenzen bei Rauheitswerten) sehr gering und sind im Rahmen der Modellierungsunsicherheit vernachlässigbar.

Das Modell wird bei der Sturzflutenberechnung mit einem Anfangswasserspiegel von 1 mm belegt (W_{tiefe_0}), da ansonsten je nach Abflussbeiwert und Jährlichkeit alleine 10 % des Effektivniederschlages zum Erreichen der Mindestwassertiefe benötigt wird. Des Weiteren ist der Anfangsverlust bereits im Effektivniederschlag berücksichtigt.

Das Kanalsystem wird im Modell nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass sich bei einem hundertjährigen Niederschlagsereignis die Einläufe/Schächte entweder verlegen oder der Kanal überlastet ist (Dimensionierung auf 5 a). Der Gesamte Abfluss findet oberflächlich statt.

Die in der Nähe des Baugebiets verlaufenden Gräben und Gewässer wurden auf Basis des DGMs in das Modell integriert, jedoch nicht vermessen.

4.3 Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse werden in Form von Fließtiefen und -richtung graphisch aufbereitet und im Maßstab von 1 : 500 in einem Lageplan in Anlage 1 dargestellt.

Auswertung

In dem geplanten Baugebiet sind zwei große Fließwege zu sehen. Zum einen fließt das Niederschlagswasser über die landwirtschaftlichen Flächen westlich der Hochreuther Straße, sammelt sich in einer Senke bis es mit einem Abfluss von etwa 300 l/s die Straße überströmt und ins Baugebiet eintritt. Dort fließt das Wasser von Westen nach Osten auf einen derzeit als Lagerplatz genutzten Bereich zu. Die Fließtiefen dieses Fließwegs liegen bei maximal 30 cm.

Zum anderen strömt Wasser aus dem neben der Siedlung verlaufenden Graben und entlang der Bahnlinie und über den Bahnübergang. Von dort strömt das Niederschlagswasser mit einem Abfluss von etwa 420 l/s über die Hochreuther Straße auf das Baugebiet. Mittig im Baugebiet verläuft ein Wall. Nördlich davon fließt das Wasser zusammen. Es sind Fließtiefen bis zu 63 cm vorzufinden.

Ein Teil des Wassers ($Q = \text{ca. } 480 \text{ l/s}$) fließt an verschiedenen Stellen der südlichen Grenze des Baugebiets dem Stadelbach zu.

Ein anderer Teil ($Q = \text{ca. } 270 \text{ l/s}$) fließt auf der östlichen Grenze des Baugebiets aus diesem heraus und parallel zum Stadelbach auf das Gewerbegebiet zu.

Insgesamt finden sich auf dem ca. 1,8 ha großen Baugebiet etwa 780 m^3 Niederschlagswasser.

Aus der Fließweganalyse ergibt sich, dass das Gefahren- und Schadenspotenzial durch eine Überflutung infolge eines Starkregenereignisses auf dem Grundstück des geplanten Baugebietes eine wichtige Rolle spielt.

Die zu berücksichtigten Wassermengen ergeben sich durch wild abfließendes Oberflächenwasser, das quer über das geplante Baugebiet abfließt. Um die Gefährdung zu reduzieren und einer Überschwemmungsproblematik durch Starkniederschläge vorzubeugen werden entsprechende Maßnahmen empfohlen.

5 Maßnahmenempfehlung

Durch den Bebauungsplan wird es zu wesentlichen Änderungen der Versiegelungsgrade und teils auch der Topographie kommen. Es werden sich die Verhältnisse des Oberflächenabflusses im Ereignisfall ändern.

Trotzdem lassen sich aus der Bestandsanalyse wesentliche Empfehlungen für den geplanten Bebauungsplan ableiten:

Empfehlungen für das Baugebiet:

In dem Bebauungsplan (Stand: 30.08.2023) ist zu entnehmen, dass besonders in dem Bereich mit der Nutzungsschablone 8 eine sehr dichte Zeilenbebauung geplant wurde. Es wird empfohlen hier Baulücken zu schaffen, indem beispielsweise Garagen reduziert oder durch Carports ersetzt werden, so dass das Wasser ablaufen kann.

Für den südlichen Fließweg wird empfohlen das Niederschlagswasser direkt am westlichen Rand des Baugebietes Richtung in den südlich gelegenen Stadelbach umzuleiten. Dafür sollte die südliche Straße höher oder auf einer Ebene mit der Hochreuther Straße liegen. Die Zeilenbebauung in den Bereichen mit der Nutzungsschablone 8 sollte ebenfalls erhöht ausgeführt werden. Der Grünstreifen in der südwestlichen unteren Ecke sollte niedriger liegen und eine Muldenform aufweisen, damit hier das Wasser ablaufen kann.

Für den nördlicheren Bereich des Baugebiets kann dem Bebauungsplan entnommen werden, dass das Gelände aufgefüllt werden soll bis auf die Höhe der Hochreuther Straße. Entsprechend würde das Wasser nicht mehr den Bereich mit den Nutzungsschablonen 1, 2 und 3 queren, sondern kann in dem Grünstreifen oberhalb zur linken Seite abgeleitet werden. Auch hier sollte die Querstraße nicht zu tief ausgeführt werden, damit das Wasser nicht über die Straße in das Baugebiet läuft. Besser wäre es die Mulde auf der westlichen Seite fortzuführen und das gesamte Niederschlagswasser nach Süden abzuleiten. Es kann beispielsweise mittels Durchlässen unter den Wegen dafür gesorgt werden, dass sowohl die Straßen höher liegen als auch ein durchgängiger Fließweg geschaffen werden kann.

