

# FLIEßWEGANALYSE FÜR DAS GEPLANTE BAUGEBIET „HÖHENBERG“

GEMEINDE REICHLING  
LANDKREIS LANDSBERG AM LECH

## ERLÄUTERUNGSBERICHT

### AUFTRAGGEBER:



#### **Gemeinde Reichling**

Untergasse 3

86934 Reichling

E-Mail: [b.maikaemper-zichner@architekturhoerner.de](mailto:b.maikaemper-zichner@architekturhoerner.de)

Ansprechpartnerin: Frau Britta Maikämper-Zichner

Tel.: 08861 933700

### BEARBEITUNG:



#### **Ingenieurbüro Kokai GmbH**

Holzhofring 14

82362 Weilheim i. OB

E-Mail: [info@ib-kokai.de](mailto:info@ib-kokai.de)

Ansprechpartner: Max Weiß

Tel.: 0881 600960-11

DATUM:

15.09.2025

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Beschreibung des Vorhabens .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Topografie.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Fließweganalyse.....</b>	<b>6</b>
4.1	Hydrologie.....	6
4.2	Hydraulik.....	10
4.3	Ergebnisse.....	14
<b>5</b>	<b>Maßnahmenempfehlung .....</b>	<b>15</b>

## ANLAGENVERZEICHNIS

Nr.	Inhalt	Maßstab	Plan-Nr.
1.	Lageplan Fließtiefen T = 100 a, IST-Zustand „Höhenberg“	1 : 750	01_LP-FWA
2.	Lageplan Fließtiefen T = 100 a, PLAN-Zustand	1 : 750	02_LP-FWA-PLAN

## 1 Einleitung

Die Gemeinde Reichling hat beschlossen, für das Baugebiet „Reichling Gewerbegebiet Höhenberg“ 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 im Osten der Siedlungsbebauung von Reichling. Die genaue Lage ist in [Abbildung 1](#) dargestellt. [Abbildung 2](#) zeigt den Umgriff des Bebauungsplans. In [Abbildung 3](#) ist das Baugebiet zu sehen.

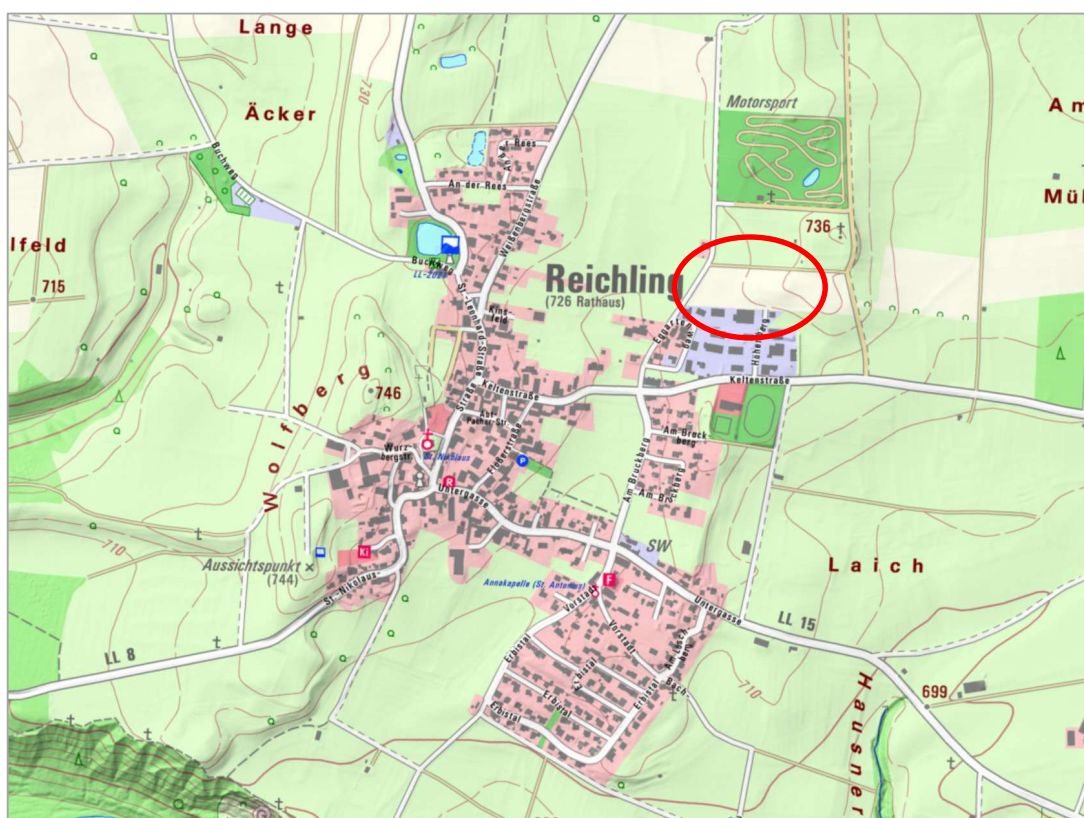
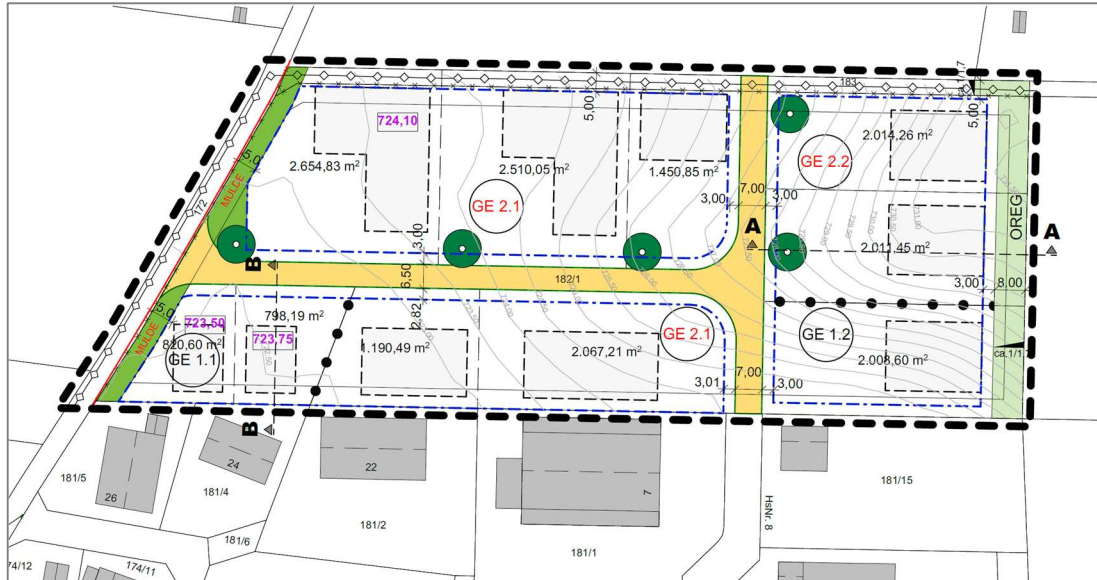


Abbildung 1: Lage des Baugebiets



**Abbildung 2: Entwurf des geplanten Bebauungsplans „Reichling Gewerbegebiet Höhenberg“ (Stand: 09/2025, entworfen von „Hörner & Partner“ sowie „Landschaftsarchitekten Vogl + Kloyer“)**



**Abbildung 3: Übersicht über das Baufeld mit Blick in Richtung Nord-Osten**

### 3 Topografie

Reichling liegt östlich des Lechs. Südlich und westlich von Reichling liegt ein Landschaftsschutzgebiet. Im Norden und Osten befinden sich in erster Linie landwirtschaftliche Flächen. Die Geländehöhen liegen zwischen 721 mNHN und 733 mNHN. Das Gelände innerhalb des geplanten Baugebiets fällt von Osten nach Westen.

### 4 Fließweganalyse

Als Grundlage für die Ermittlung der Fließwege dient ein 2d-hydraulisches Modell, welches das gesamte hydrologische Einzugsgebiet umfasst. Das Modell basiert auf den Laserscandaten (DGM1) der Bayerischen Vermessungsverwaltung, der digitalen Flurkarte (DFK) und den Daten zur Landnutzung (ATKIS).

Für die hydrologische Berechnung wird ein hundertjährliches Starkregenereignis betrachtet. Als Grundlage für den maßgebenden Niederschlag werden die regionalisierten Starkniederschlagsdaten (KOSTRA-2020) des Deutschen Wetterdienstes herangezogen.

Das hydraulische Berechnungsverfahren und die hydrologische Ermittlung des Effektivniederschlags werden nachfolgend erläutert.

#### 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 Anwendung<sup>1</sup>. Für einen hundertjährigen 1-stündigen Regen nach KOSTRA-DWD-2020 ergibt sich im Untersuchungsgebiet eine Niederschlagsmenge von 52,8 mm (s. [Abbildung 4](#)).

---

<sup>1</sup> 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



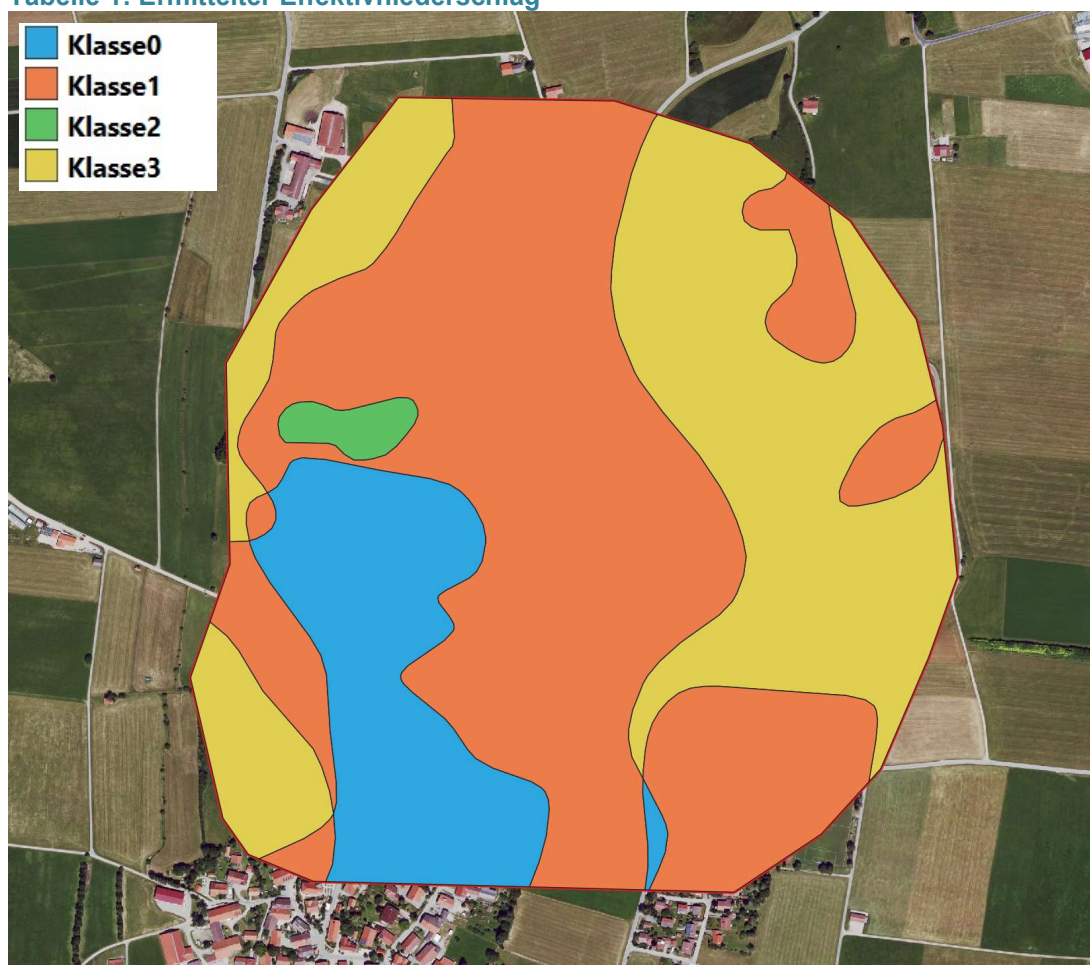
$h_{A_u}$	Abflusshöhe unversiegelter Fläche	[mm]
$A_{v_s}$	Anfangsverlust versiegelter Fläche	[mm]
$A_{v_u}$	Anfangsverlust unversiegelter Fläche	[mm]
$v_A$	Versiegelungsgrad	[%]
$b_A$	bebauter Flächenanteil	[%]
$\Psi_s$	Abflussbeiwert versiegelter Fläche	[-]
$c$	maximaler Gesamtabflussbeiwert	[-]
$a$	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	[-]
$q_B$	Basisabflusssspende	[l/(s*km <sup>2</sup> )]
$D$	Niederschlagsdauer	[h]
$WN$	Wochennummer	[-]

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 mittenbetonter, 1-stündiger Niederschlag im Modell zugegeben. [Abbildung 5](#) zeigt die Klassen grafisch. In [Tabelle 2](#) sind die Zugabewerte für das hydraulische Modell gelistet. Die Klassen wurden entsprechend der Farbcodierung zusammengefügt.

Landnutzung	Hydrologische Bodengruppe	Abflussbeiwert $\Psi$ [-]	Effektivniederschlag [mm/h]	Niederschlagsklasse
<b>Bebauter Anteil</b>	A	0,34	18,03	Klasse 1
<b>Dauerwiese, Weideland</b>	A	0,08	4,39	Klasse 3
<b>Dauerwiese, Weideland</b>	B	0,22	11,75	Klasse 2
<b>Bebauter Anteil</b>	C	0,50	26,32	Klasse 0
<b>Dauerwiese, Weideland</b>	C	0,31	16,22	Klasse 1
<b>Dauerwiese, Weideland</b>	D	0,35	18,29	Klasse 1

**Tabelle 1: Ermittelter Effektivniederschlag**



**Abbildung 5: Niederschlagsklassen**

**Tabelle 2: Zugabewerte für das hydraulische Modell**

Zugabewerte Modell	Klasse 0	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
<b>Zeit [s]</b>				
<b>0</b>	17,55	11,68	7,84	2,93
<b>180</b>	17,55	11,68	7,84	2,93
<b>360</b>	17,55	11,68	7,84	2,93
<b>540</b>	17,55	11,68	7,84	2,93
<b>720</b>	17,55	11,68	7,84	2,93
<b>900</b>	17,55	11,68	7,84	2,93
<b>1080</b>	65,81	43,78	29,38	10,99
<b>1260</b>	65,81	43,78	29,38	10,99
<b>1440</b>	65,81	43,78	29,38	10,99
<b>1620</b>	65,81	43,78	29,38	10,99
<b>1800</b>	15,79	10,51	7,05	2,64
<b>1980</b>	15,79	10,51	7,05	2,64

<b>2160</b>	15,79	10,51	7,05	2,64
<b>2340</b>	15,79	10,51	7,05	2,64
<b>2520</b>	15,79	10,51	7,05	2,64
<b>2700</b>	15,79	10,51	7,05	2,64
<b>2880</b>	15,79	10,51	7,05	2,64
<b>3060</b>	15,79	10,51	7,05	2,64
<b>3240</b>	15,79	10,51	7,05	2,64
<b>3420</b>	15,79	10,51	7,05	2,64
<b>3600</b>	15,79	10,51	7,05	2,64
<b>3601</b>	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>7200</b>	0,00	0,00	0,00	0,00

## 4.2 Hydraulik

Die Netzgenerierung und –bearbeitung erfolgt mit dem Programm SMS (Surface-water Modeling System, Version 13.3 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 Froude-Zahlen 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 aktuellen 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)<sup>2</sup>.

In kompakter Vektorform lauten die 2d- Strömungsgleichungen<sup>3</sup>:

<sup>2</sup> 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

<sup>3</sup> Nujić, M. (2006): Hydro\_As-2d, ein zweidimensionales Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis, Benutzerhandbuch.

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

wobei

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

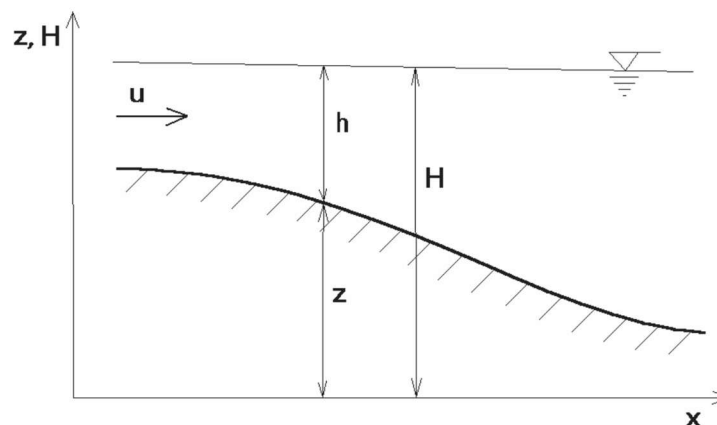
$$\mathbf{f} = \begin{bmatrix} uh \\ u^2h + 0.5gh^2 - v h \frac{\partial u}{\partial x} \\ uvh - v h \frac{\partial v}{\partial x} \end{bmatrix}$$

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

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

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  $\mathbf{s}$  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: Systematik 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  $I$  erfolgt über die Manning-Strickler-Formel:

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

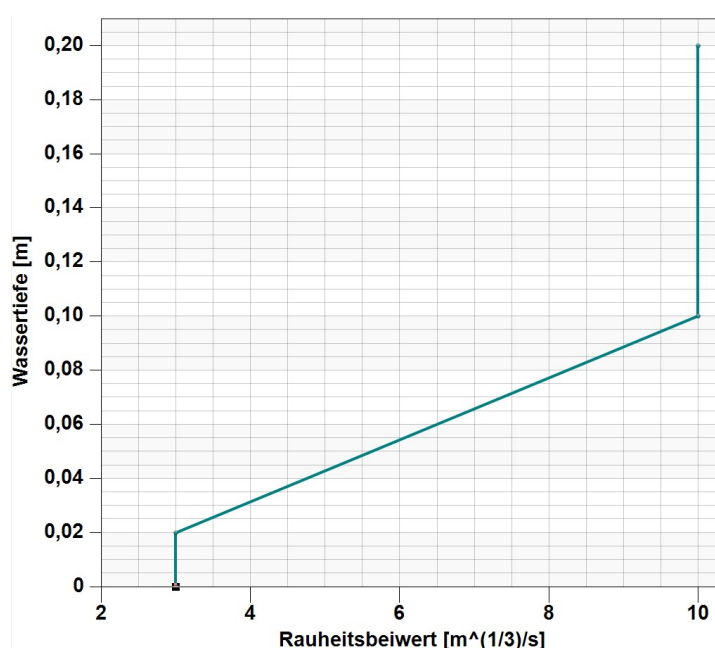
Hierbei bedeutet  $n$  den Manning-Reibungskoeffizienten als Kehrwert des Strickler-Beiwertes,  $g$  ist die Erdbeschleunigung und  $D = 4r$  ist der hydraulische Durchmesser. Bei den 2D-Flachwassergleichungen wird der hydraulische Radius  $r$  gleich der Wassertiefe  $h$  gesetzt.

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 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 Fluss-schlauch 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.

### Rauheiten

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.

### Anfangswasserspiegel

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.

### Kanalisation

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.

## **4.3 Ergebnisse**

Die Berechnungsergebnisse werden in Form von Fließtiefen und -richtung graphisch aufbereitet und im Maßstab von 1 : 750 in einem Lageplan in den Anlagen 1 und 2 dargestellt.

### **4.3.1 IST-Zustand**

#### Auswertung IST-Zustand T<sub>100</sub>

Im geplanten Baugebiet lässt sich grundsätzlich sagen, dass das wild abfließende Wasser Richtung südlich liegendem Gewerbegebiet strömt. Im östlichen Bereich des Bebauungsplans fließt das Wasser flächig über die landwirtschaftlichen Flächen nach Süden. Im westlichen Bereich sammelt sich das Wasser in einer Senke. Hier finden sich maximale Fließtiefen von etwa 24 cm. Zwischen bestehendem und geplantem Baugebiet ist eine kleine Mauer integriert. An der Straßenkante hat die Mauer eine Höhe von etwa 10 cm. Bei einem hundertjährigen Ereignis findet keine Überströmung der Mauer statt. Das Volumen in der Senke liegt bei etwa 65 m<sup>3</sup>.

Bei stärkerem Niederschlag (bedingt durch längere Dauerstufen oder höhere Jährlichkeiten) würden die Fließtiefen weiter ansteigen, bis das Wasser über die Straße Richtung Süden fließen würde.

### **4.3.2 PLAN-Zustand**

Es ist zwingend erforderlich, dass gegenüber dem IST-Zustand keine Verschlechterung eintritt. Für die Untersuchung des PLAN-Zustandes wurden auf Basis der Planung (Hörner und Partner Architektur Stadtplanung) die Gebäudeumrisse als undurchströmbar angenommen und die Straßen mit den Planungshöhen (Ingenieurbüro Glatz und Kraus) versehen. Zusätzlich wurden zwei Mulden jeweils am westlichen Rand des Baugebietes geplant. Die südliche der beiden Mulden sollte ein Volumen von mind. 12 m<sup>3</sup> umfassen und die nördlichere der beiden ein Volumen von mind. 51 m<sup>3</sup>. Es wird empfohlen beide Mulden größer zu dimensionieren, um Modellsicherheiten zu berücksichtigen. Zudem können längere oder stärkere Starkregenereignisse eine größere Menge Wasser auf der Fläche bedeuten. Anlage 2 zeigt das Berechnungsergebnis für den PLAN-Zustand. Die geplante Straße unter-

bricht den aus Norden kommenden Fließweg, so dass ein Großteil des Wassers im nördlichen Bereich verbleibt.

Nördlich des künftigen Baugebietes bilden sich die gleichen Fließwege wie zuvor im IST-Zustand. Der Bebauungsplan verbessert marginal die Situation für die Unterlieger.

Innerhalb des Bebauungsplanes finden sich an den östlichen Gebäuden jeweils Fließtiefen von 5 bis 10 cm.

## 5 Maßnahmenempfehlung

Basierend auf dem Umgriff des Bebauungsplans und der Analyse der Fließwege lassen sich Empfehlungen für das geplante Baugebiet ableiten, damit im Ereignisfall möglichst geringe Auswirkungen auf die geplante Bebauung auftreten.

### **Empfehlungen für das Baugebiet:**

Es wird empfohlen die Retentionsflächen auf dem Gelände ausreichend groß zu dimensionieren, um auch bei stärkeren Regenereignissen ausreichend Kapazität zur Verfügung zu haben.

Zusätzlich wird empfohlen bei den drei östlichen Gebäuden entweder eine Höhendifferenz von 25 cm zwischen Gelände und EG Höhe zu schaffen oder die untersten 25 cm wasserdicht auszuführen.

Eine Verschlechterung für Dritte ist unzulässig. Es muss daher bei den südlich liegenden Gebäuden darauf geachtet werden, dass das Gefälle nach Norden oder nach Westen verläuft, um das Wasser innerhalb des Baugebietes zu halten. Das Wasser sollte der Mulde auf der Westseite zufließen und darf nicht nach Süden strömen.

Zudem sollte darauf geachtet werden, dass die Siedlungsentwässerung auf eine ausreichende Jährlichkeit bemessen wird. Es wird empfohlen für den westlichen Bereich des Bebauungsplanes einen Überflutungsnachweis für mindestens  $T = 30$  a zu führen, auch wenn die einzelnen Parzellen evtl. unter den jeweiligen Grenzwerten nach DIN 1986-100 liegen.

Unabhängig von den Fließwegen innerhalb des Baugebiets zeigen die Ergebnisse der Fließweganalyse einen Fließweg westlich des „Eggartenwegs“, der zu Gefährdungen führt. Das Wasser fließt in südliche Richtung über die Flurnummern 201, 202, 202/1, 203, 204 bis zu der Senke auf den Flurnummern 215 und 215/1. Es wird empfohlen, dass die Überflutungsnachweise nicht durch eine schadlose Ableitung in die westlichen Wiesen erfolgen sollten. Stattdessen sollte die Niederschlagswasserbeseitigung am besten über Versickerung erfolgen. Eine Verschlechterung der Situation westlich des „Eggartenwegs“ bei längeren Dauerstufen ist in jedem Fall zu vermeiden.

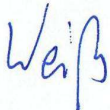
### **Hochwasserangepasstes Bauen:**

Insbesondere bei den drei östlichen Gebäuden sollte die geplante Bebauung äquivalent zum Bauen in Überschwemmungsgebieten von Oberflächengewässern hochwassersicher ausgeführt werden (Weiße Wanne, EG Rohfußboden ausreichend hoch über dem umliegenden Gelände, Kellerschächte hochgezogen, etc.).

Aufgestellt:

Weilheim i.OB, 15.09.2025

Ingenieurbüro Kokai GmbH



Max Weiß  
Dipl.-Ing. (FH)

Bearbeitung:



Katharina Benkert  
M.Sc. Umweltingenieurin