

NIEDERSCHLAGSWASSERBESEITIGUNGSKONZEPT FÜR DIE QUARTIERSENTWICKLUNG AN DER THERME BAD AIBLING

STADT BAD AIBLING
LANDKREIS ROSENHEIM

ERLÄUTERUNGSBERICHT

AUFTRAGGEBER: **Max von Bredow Baukultur GmbH**
Spinnereiinsel 3b
83059 Kolbermoor
E-Mail: s.guemues@mvb-baukultur.de
Ansprechpartner: Sinan Gümüş
Tel.: +49 176 80 86 37 20

BEARBEITUNG: **Ingenieurbüro Kokai GmbH**
Holzhofring 14
82362 Weilheim i. OB
E-Mail: info@ib-kokai.de
Ansprechpartnerin: ppa. Leona Zingraff
Tel.: 0881 600960-18

KOKAI
INGENIEURBÜRO

DATUM: 22.04.2025

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	4
1.1	Veranlassung und Aufgabenstellung	4
1.2	Auftraggeber	4
2	Beschreibung des Vorhabens	4
3	Grundlagen	5
3.1	Grundlagen gemäß Lageplan.....	5
3.2	Grundlagendaten	5
3.3	Derzeitige Nutzung	6
3.4	Baugrunderkundung und Nachweis der Sickerfähigkeit	6
3.5	Altlasten- oder Altlastenverdachtsfälle	7
3.6	Topografie.....	7
3.7	Hangwasser.....	9
3.8	Oberflächengewässer	9
3.9	Schutzgebiete	9
3.10	Grundwasser	9
4	Konzept zur Niederschlagswasserbeseitigung.....	10
4.1	Gewählte Form der Niederschlagswasserbeseitigung.....	10
4.2	Einstufung entsprechend der Niederschlagswasserfreistellungsverordnung.....	11
4.3	Gültige Regelwerke und Normen	11
4.4	Bemessung der Entwässerungsanlagen	11
4.5	Qualitative Belastungen und Behandlung nach DWA-A 138-1	13
4.6	Quantitative Belastungen	14
4.7	Überflutungsnachweis.....	14
4.8	Notwasserweg	16
4.9	Wichtige Hinweise zur Niederschlagswasserbeseitigung	16
5	Fließweganalyse.....	18
5.1	Hydrologie.....	18
5.2	Hydraulik.....	21
5.3	Ergebnisse.....	25

ANLAGENVERZEICHNIS

Nr.	Inhalt	Maßstab	Plan-Nr.
1.	Geotechnisches Gutachten		
2.	Lagepläne		
2.1.	Niederschlagswasserbeseitigung	1 : 500	02-01_LP-NWB
2.2.	Fließweganalyse	1 : 500	02-02_LP-FWA
3.	Bemessung von Rigolenversickerungen nach DWA-A 138 - TG1 bis TG5 T = 5 a		
4.	Überflutungsnachweis - TG1 bis TG5 T = 30 a		

1 Einleitung

1.1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Erstellung des Niederschlagswasserbeseitigungskonzeptes erfolgt für einen neuen Gebäudekomplex nördlich der Therme Bad Aibling sowie zusätzlicher Quartiersunterkünfte weiter nördlich. Für die Quartiersunterkünfte sind zwei Tiefgaragen vorgesehen. Die Max von Bredow Baukultur GmbH hat die Ingenieurbüro Kokai GmbH beauftragt, ein Niederschlagswasserbeseitigungskonzept inkl. einem hydraulischen Nachweis der geplanten Niederschlagswasserbeseitigungsanlagen nach den einschlägigen technischen Regelwerken der DWA sowie eine Fließweganalyse zu erstellen.

1.2 Auftraggeber

Auftraggeberin ist die Max von Bredow Baukultur GmbH.

2 Beschreibung des Vorhabens

Die Lage des geplanten Vorhabens befindet sich im Süden der Stadt Bad Aibling und wird in der folgenden Abbildung dargestellt.

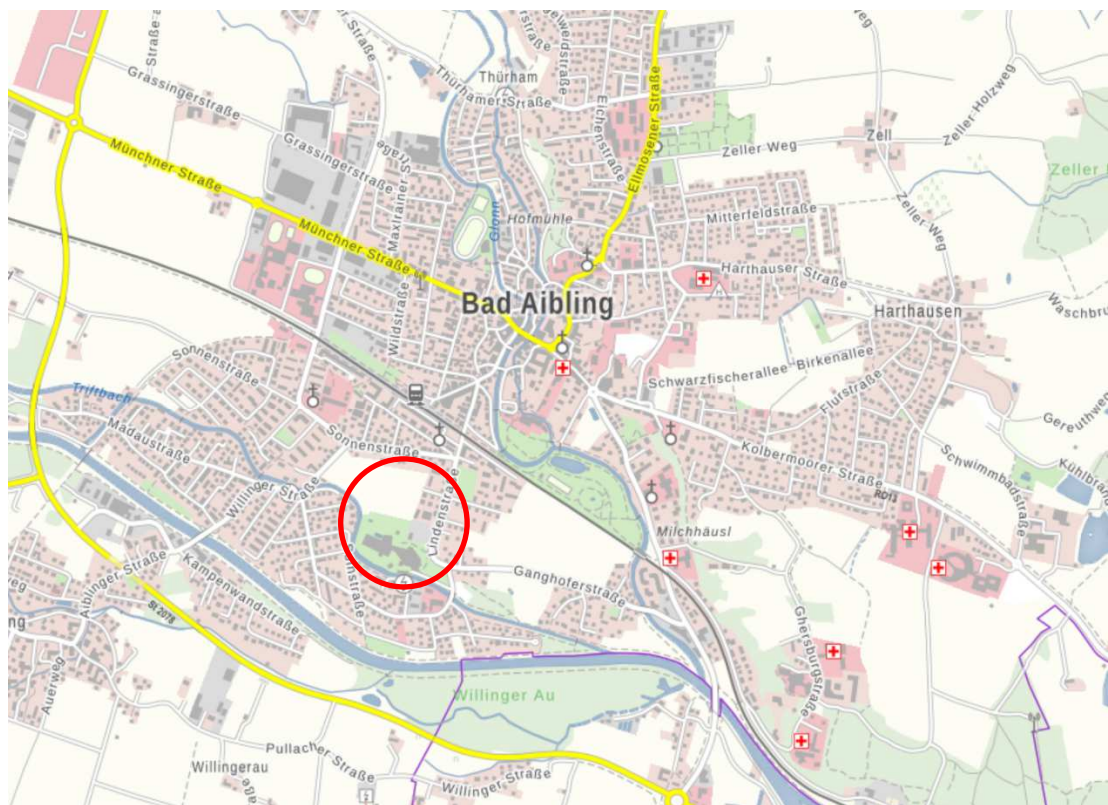


Abbildung 1: Lage des Vorhabens (rot umrandet) (Quelle: geoportal.bayern.de)



Abbildung 3: Bestehende Verhältnisse
(Quelle: geoportal.bayern.de)



Abbildung 2: Darstellung Freianlagenplan (Stand: 11.02.2025)

3 Grundlagen

3.1 Grundlagen gemäß Lageplan

Das Bauvorhaben umfasst insgesamt sieben freistehende Gebäude, sowie einem größeren Gebäudekomplex südlich davon. Die Gebäude weisen eine Geschosszahl von 3 bis 4 Stockwerken auf. Das Grundstück ist zu einem Großteil mit einer Tiefgarage unterkellert. Die Zufahrten zur Tiefgarage befinden sich auf der Ostseite. Das Planungsgebiet ist dabei zu knapp 80 % mit einer Tiefgarage unterbaut.

3.2 Grundlagendaten

Für die Erstellung des Niederschlagswasserbeseitigungskonzeptes wurden folgende Unterlagen herangezogen:

- Freianlagenplanung der Jühling & Köppel Landschaftsarchitekten GmbH (Stand 11.02.2025)
- Tiefgaragenplanung der Behnisch Architekten (Stand 25.02.2025)
- Geotechnisches Baugrundgutachten der Dipl. Geo. F. Ohin GmbH (Stand 13.10.2022)

- Vermessungsplan der Tachyles Vermessungs GmbH (Stand 14.05.2024)
- Digitale Flurkarte (Stand 25.11.2024)

3.3 Derzeitige Nutzung

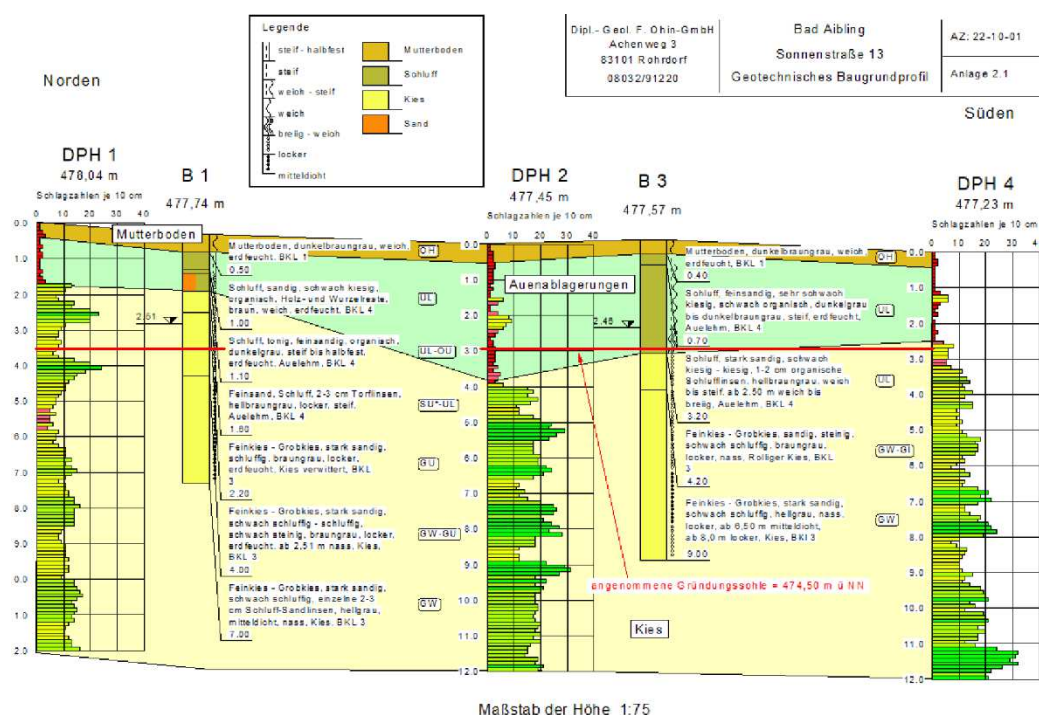
Das unbebaute Gelände wird derzeit als landwirtschaftliche Fläche genutzt.

3.4 Baugrunderkundung und Nachweis der Sickerfähigkeit

Das geotechnische Gutachten vom 13.10.2022 befindet sich in **Anlage 1**. Insgesamt wurden 4 Bohrungen (B1 bis B4) inkl. Versickerungsversuch durchgeführt.

Tabelle 1: Kurzfassung Geotechnisches Gutachten

Kriterium	Beschreibung
Beschreibung Bodenschichtung	Mutterboden Bedeckt das gesamte Gelände und ist zwischen 0,4 – 0,5 m dick Auenablagerungen Ab Unterkante Mutterboden bis in eine Tiefe von 1,50 – 2,50 m Kies Kiesschichten setzen ab einer Tiefe von 1,5 m bis 2,0 m ein. Im Bereich tiefer geschnittener Rinnen kann die Kiesoberkante auf bis zu 4,0 m abfallen. Der Kies wurde in keiner der bis zu 12,0 m tiefen Bohrungen durchstoßen.
Durchlässigkeitsbeiwerte	Mittlere Durchlässigkeit Kiese: $7,5 \cdot 10^{-3}$ [m/s] Bemessungsdurchlässigkeit Versickerung Kies: $1 \cdot 10^{-3}$ [m/s]
Grund- und Schichtenwasser	Mittlere höchste Grundwasserstand (Schätzung) Nordwesten 475,80 m ü. NN Südosten 475,40 m ü. NN
Altlasten	Keine Angaben zu Altlasten
Empfehlung Niederschlagswasserbeseitigung	Es wird eine Rigolenversickerung im Bereich der Kiesschichten empfohlen. Die Auenablagerung sind aufgrund des Feinkornanteils als nahezu undurchlässig einzustufen. Diese sollen im Bereich der Versickerungsanlage vollständig gegen schlufffreien Kiessand ersetzt werden.



3.5 Altlasten- oder Altlastenverdachtsfälle

In dem Gebiet sind keine Altlasten- oder Altlastenverdachtsflächen gem. Art. 3 Bayer. Bodenschutzgesetz bekannt. Bei den Baugrunderkundungen wurden keine auffälligen Schichten angetroffen. Im hydraulischen Einflussbereich von Versickerungsanlagen dürfen sich keinerlei künstlichen Auffüllungen oder Bodenverunreinigungen befinden. Sofern diese angetroffen werden, ist ggf. ein Bodenaustausch bis in die geogenen Bodenschichten vorzunehmen. Es sind, für jede Versickerungsanlage repräsentative Nachweise (gemäß BBodSchV) der Altlastenfreiheit, vor Inbetriebnahme der Sickeranlage, vorzulegen.

3.6 Topografie

Nach Angaben des Vermessungsplanes ist das Gelände im Planungsgebiet relativ eben und bewegt sich zwischen 477,50 mNHN und 477,00 mNHN. Lediglich im nördlichsten Teil steigt das Gelände von 477,40 mNHN auf 478,10 mNHN an. Zudem hat das Gelände ein leichtes West-Ost Gefälle.



Abbildung 5: Blick von Nordwesten nach Osten



Abbildung 6: Blick von Norden nach Süden

3.7 Hangwasser

Aufgrund der topografischen Lage ist mit wild abfließendem Hangwasser aus den nordwestlichen gelegenen Bereichen zu rechnen, siehe [Kapitel 5 Fließweganalyse](#).

3.8 Oberflächengewässer

Südlich der Therme Bad Aibling verläuft der Triftbach von Nordwesten nach Südosten und mündet etwa 700 m unterstrom in die Mangfall. Das Baugebiet befindet sich im Überschwemmungsgebiet der Mangfall bei einem HQ_{extrem} .



Abbildung 7: Topografische Karte Bad Aibling (Quelle: geoportal.bayern.de)

3.9 Schutzgebiete

Am Rande des südlichen Maßnahmenbereiches befindet sich die Desideriusquelle. Diese ist im Bayernatlas als Heilquellenschutzgebiet aufgelistet (Gebietsname: Bad Aibling, Gebietskennzahl 2220813800472). Nach Rücksprache mit den Stadtwerken Bad Aibling sind aufgrund der Desideriusquelle keine zusätzlichen Anforderungen an die Niederschlagswasserbeseitigung gegeben.

3.10 Grundwasser

Für die Versickerung von Niederschlagswasser nach dem DWA-A 138 bzw. DWA-A 138-1 ist der mittlere höchste Grundwasserflurabstand maßgebend. Dabei ist ein Mindestabstand von 1,0 m einzuhalten. Im Zuge der Bohrungen wurde Grundwasser, in einer Tiefe von ca. 2,0 m u. GOK (475,80 – 475,40 m ü. NHN) angetroffen. Die nächste amtliche Grundwassermessstelle 21942 „Bad Aibling R 28“ befindet sich ca.

850 m nordwestlich des Baugebietes. Folgende Daten zur Grundwassermessstelle liegen vor:

Höchster Wasserstand (HHW): 478,96 m ü. NN

Mittlerer Wasserstand (MW): 478,26 m ü. NN

Niedrigster Wasserstand (NNW): 477,94 m ü. NN

Mittlerer Höchster Grundwasserstand (MHGW): 478,56 m ü. NN

Angaben laut Geotechnischem Gutachten

Nordwesten 475,80 m ü. NN

Südosten 475,40 m ü. NN

4 Konzept zur Niederschlagswasserbeseitigung

4.1 Gewählte Form der Niederschlagswasserbeseitigung

Bei der Beseitigung von Niederschlagswasser gilt der Grundsatz, dass das Regenwasser nach Möglichkeit vor Ort versickert oder zurückgehalten werden soll, sofern dies aufgrund der Untergrundverhältnisse möglich ist und ein ausreichender Grundwasserflurabstand gegeben ist. Eine Versickerung mit Passage des Oberbodens ist zu bevorzugen (bspw. gegenüber einer Versickerung über Sickerschächte). Eine flächenhafte Versickerung ist gegenüber einer zentralen Versickerung vorzuziehen. Aufgrund der guten Versickerungsfähigkeit des Bodens ist eine Versickerung über Rigolen vorgesehen. Die Mulden dienen lediglich zur Erfüllung des Überflutungsnachweises.

Einteilung in Teilgebiete

Das Planungsgebiet wurde für die Erstellung des Niederschlagswasserbeseitigungskonzeptes in 5 Teilgebiete aufgeteilt. Das anfallende Regenwasser wird dabei in den Rigolen der einzelnen Teilgebiete versickert. Die Sonstigen Flächen versickern breitflächig auf das darunterliegende Tiefgaragendach bzw. in den Untergrund. Die Entwässerung des Tiefgaragendaches hat dabei an die im jeweiligen Teilgebiet befindliche Rigole zu erfolgen. Für die Ermittlung der Abflusswirksamen Fläche der Sonstigen Flächen wurde ein Abflussbeiwert von 0,3 angesetzt. Bei der Versickerung von Niederschlagswasser ist darauf zu achten, dass sich die Rigolen nicht oberhalb der Tiefgarage befinden. Die Teilgebiete sind im Lageplan **02-01_LP-NWB** abgebildet.

4.2 Einstufung entsprechend der Niederschlagswasserfreistellungsverordnung

Für das Einleiten von gesammeltem Niederschlagswassers in das Grundwasser ist eine Erlaubnis nach der **NWFreiV** erforderlich, wenn an eine Versickerungsanlage mehr als 1.000 m² befestigte Fläche angeschlossen ist. Da dieser Wert im vorliegenden Fall deutlich überschritten wird, ist die Beantragung einer wasserrechtlichen Erlaubnis erforderlich.

4.3 Gültige Regelwerke und Normen

- DWA-A 138-1 | Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser
- DWA-A 102-2 | Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen

4.4 Bemessung der Entwässerungsanlagen

Die einzelnen Entwässerungsanlagen sind nach den einschlägigen technischen Regelwerken (v. a. DWA-A 153 und DWA-A 138) zu dimensionieren. Maßgebend sind dabei die Niederschlagsstatistiken nach KOSTRA-DWD 2020 (siehe [Abbildung 8](#)).

Dauerstufe D	Niederschlagspenden rN [l/(s·ha)] je Wiederkehrintervall T [a]								
	1 a	2 a	3 a	5 a	10 a	20 a	30 a	50 a	100 a
5 min	276,7	336,7	373,3	423,3	493,3	566,7	613,3	676,7	766,7
10 min	185,0	225,0	250,0	283,3	330,0	380,0	411,7	453,3	513,3
15 min	143,3	174,4	193,3	220,0	256,7	294,4	318,9	352,2	398,9
20 min	118,3	145,0	160,8	182,5	212,5	244,2	265,0	292,5	330,8
30 min	90,6	110,6	123,3	139,4	162,8	186,7	202,8	223,3	253,3
45 min	68,9	84,1	93,7	105,9	123,7	142,2	154,1	170,0	192,6
60 min	56,7	69,2	76,9	87,2	101,7	116,9	126,7	139,7	158,3
90 min	43,0	52,4	58,1	65,9	77,0	88,3	95,9	105,7	119,6
2 h	35,1	42,9	47,8	54,0	63,1	72,5	78,6	86,7	98,1
3 h	26,6	32,4	36,0	40,7	47,6	54,6	59,3	65,4	74,0
4 h	21,7	26,5	29,4	33,3	39,0	44,7	48,5	53,5	60,6
6 h	16,3	20,0	22,2	25,1	29,4	33,7	36,6	40,3	45,6
9 h	12,3	15,0	16,7	18,9	22,1	25,4	27,5	30,3	34,4
12 h	10,1	12,3	13,7	15,5	18,1	20,7	22,5	24,8	28,1
18 h	7,6	9,3	10,3	11,7	13,6	15,6	16,9	18,7	21,2
24 h	6,2	7,6	8,4	9,5	11,1	12,8	13,8	15,3	17,3
48 h	3,8	4,7	5,2	5,9	6,8	7,9	8,5	9,4	10,6
72 h	2,9	3,5	3,9	4,4	5,1	5,9	6,4	7,1	8,0
4 d	2,3	2,9	3,2	3,6	4,2	4,8	5,2	5,8	6,5
5 d	2,0	2,4	2,7	3,1	3,6	4,1	4,5	4,9	5,6
6 d	1,8	2,2	2,4	2,7	3,2	3,6	3,9	4,3	4,9
7 d	1,6	1,9	2,1	2,4	2,8	3,3	3,5	3,9	4,4

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
rN	Niederschlagsspende in [l/(s·ha)]

Abbildung 8: Niederschlagsspenden nach KOSTRA-DWD 2020 für Bad Aibling

Bemessungshäufigkeit:

Bei der Wahl der Bemessungshäufigkeit muss das Schadenspotential und die resultierende Beeinträchtigung durch mögliche Überflutungen im Versagensfall der Versickerungsanlage betrachtet werden. Die Versickerungsanlagen werden für eine Wiederkehrzeit **T = 5 a** bemessen. Die Bemessung der Rigolen erfolgt noch nach DWA-

A 138. Die Sickerrate der Seitenflächen wird hierbei geringer angesetzt als bei der Berechnungsmethode nach DWA-A 138-1. Aufgrund der geringen Höhe der Rigolen ist die Abweichung vernachlässigbar und die Berechnung auf der sicheren Seite. Im Zuge weiterer Planungsphasen erfolgt der Nachweis nach DWA-A 138-1. Die genaue Aufteilung, Abflussbeiwerte sowie die angesetzten Flächen zur Bemessung der Rigolen befindet sich in der Anlage **02-01_LP-NWB**. Die Bemessung der erforderlichen Rigolenlänge befindet sich in der **Anlage 3**.

Tabelle 2: Auszug aus Tabelle 8: Arbeitsblatt DWA-A 138-1

Schutzkategorie	Bereichsklassifizierung Beispielhafte Nutzung	Bemessungshäufigkeit 1-mal in T bzw. (n)		Überflutungshäufigkeit 1-mal in T bzw. (n)
		Grundstück AC ≤ 800 m²	Grundstück AC ≥ 800 m²	
(3)	Bereiche, in denen Überflutungen lokal zu größeren Schäden führen oder die Sicherheit und Gesundheit potenziell gefährden können z.B. Wohn- und Mischgebiete mit Wohn- oder Gewerbezwecken	≥ 5 a (≤ 0,2/a)		30 a (0,033/a)

Grundwasserflurabstand:

Aufgrund des einzuhaltenden Grundwasserflurstandes und der erforderlichen Überdeckung von ca. 1,00 m ist für die Rigolen lediglich eine maximale Höhe von ca. 0,50 m möglich. Grund dafür sind die erhöhten Grundwasserstände von 2,00 – 2,50 m u. GOK, welche in dem Gebiet angetroffen wurden. Im zugehörigen [Kapitel 3.10](#) wird näher auf das Grundwasser im Planungsgebiet eingegangen.

Zisternen:

Grundsätzlich ist der Einbau von Zisternen zur Regenwassernutzung sinnvoll. Deren Volumen kann jedoch nicht für den Überflutungsnachweis angesetzt werden, da für Starkregenereignisse nicht sichergestellt werden kann, dass das Behältnis zu dem Zeitpunkt vollständig entleert ist.

4.5 Qualitative Belastungen und Behandlung nach DWA-A 138-1

Für die qualitative, emissionsseitige Bewertung das Arbeitsblatt DWA-A 138-1 maßgebend. Zulässig ist ein flächenspezifischer Stoffabtrag von 280 kg/(ha*a). Im Niederschlagswasserbeseitigungskonzept sind folgende Flächen vorhanden.

Belastungs-kategorie	Flächenspezifizierung	Behandlungsmaß-nahme
I	Dachflächen; Sonstige Flächen (Mischflächen aus Grünflächen und Wegen)	Vorreinigung über Oberboden oder Anlage mit DIBt-Zulassung, Filterschacht o.ä.
II	Hof- und Verkehrsflächen außerhalb von Misch-, Gewerbe- und Industriegebieten mit mäßigem Kfz-Verkehr (DTV 300 Kfz/d bis 15.000 Kfz/d). z.B. Wohn- und Erschließungsstraßen mit Park- und Stellplätzen	Vorreinigung über Anlage mit DIBt-Zulassung, Filterschacht o.ä. erforderlich

Teilgebiete Belastungskategorie I

Für die Verkehrsflächen der Teilgebiete 1, 3 und 4 ist eine Vorreinigung notwendig, da diese der Belastungsklasse I (flächenspezifischer Stoffabtrag 280 kg/(ha*a)) zugeordnet werden. Die Vorbehandlung kann entweder über eine Versickerung über bewachsenen Oberboden (d = 30 cm) erfolgen oder über eine Dezentrale Anlage z.B. Filteranlage, Substratfilter (inkl. DIBt-Zulassung).

Teilgebiete Belastungskategorie II

Für die Verkehrsflächen der Teilgebiete 2 und 5 ist eine Vorreinigung notwendig, da diese der Belastungsklasse II (flächenspezifischer Stoffabtrag 530 kg/(ha*a)) zugeordnet werden. Die Vorbehandlung kann entweder über eine Versickerung über bewachsenen Oberboden (d = 30 cm) erfolgen oder über eine Dezentrale Anlage z.B. Filteranlage, Substratfilter (inkl. DIBt-Zulassung). Hierbei ist der Wirkungsgrad nach Herstellerangaben zu berücksichtigen. Nach Rücksprache mit den weiteren Planern sollen aufgrund der vorgesehenen Nutzungen überwiegend Filterschächte eingesetzt werden.

Vorreinigung:

Über die Art der Ausführung wird in den nachfolgenden Planungsphasen entschieden. Für die Vorreinigungsanlage ist eine DIBt-Zulassung oder eine Vergleichbare Prüfung vorzulegen.

4.6 Quantitative Belastungen

Hydraulischer Nachweis

Für die Niederschlagswasserversickerung ist die zulässige Regenabflussspende nicht begrenzt und der Nachweis über die hydraulische Gewässerbelastung somit nicht notwendig.

4.7 Überflutungsnachweis

Nach DIN 1986-100 ist ein Überflutungsnachweis ($T = 30$ a) für Grundstücke ab 800 m² abflusswirksamer Fläche erforderlich. Beim Überflutungsnachweis wird die gesamte befestigte Fläche mit leicht erhöhten Abflussbeiwerten berücksichtigt. Die höheren Abflussbeiwerte für $T = 30$ a reflektieren die stärkere Abflussbildung durch intensivere Niederschläge, gesättigte Böden und überlastete Entwässerungssysteme. Ziel ist es Risiken im Überlastfall zu minimieren.

Teilgebiet 1:

Ermittlung **Versickerungsrate** nach DWA-A 138 [A.14]

$$Q_S = \left(b_R + \frac{h_R}{2}\right) * l_R * \frac{k_f}{2} = \left(2 + \frac{0,5}{2}\right) * 15,2 * \frac{0,001}{2} = 0,017 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{17,1 \text{ l/s}}$$

Ermittlung **Speichervolumen der Versickerungsanlage** (Volumen Mulde + Rigole)

Mulde: Fläche x Einstauhöhe = 145 m² * 0,3 m = **44 m³**

Rigole: Höhe x Breite x Länge x Speicherkoeffizient = 0,5 m x 2,0 m x 15,3 m x 0,35 = 5,36 m³

Summe: 44 m³ + 5,36 m³ = **49,36 m³**

Erforderliches zurückzuhaltendes Regenvolumen = 0,0 m³

Fazit Teilgebiet 1:

Der Überflutungsnachweis wird über das Mulden- und Rigolenvolumen erfüllt.

Teilgebiet 2:

Ermittlung **Versickerungsrate** nach DWA-A 138 [A.14]

$$Q_S = \left(b_R + \frac{h_R}{2}\right) * l_R * \frac{k_f}{2} = \left(5 + \frac{0,5}{2}\right) * 18,9 * \frac{0,001}{2} = 0,050 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{49,6 \text{ l/s}}$$

Ermittlung **Speichervolumen der Versickerungsanlage** (Volumen Mulde + Rigole)

Mulde: Fläche x Einstauhöhe = **Mulde nicht angesetzt**

Rigole: Höhe x Breite x Länge x Speicherkoeffizient = 0,5 m x 5,0 m x 18,9 m x 0,35 = **16,54 m³**

Erforderliches zurückzuhaltendes Regenvolumen = 31,5 m³

Fazit Teilgebiet 2:

Es wird empfohlen den Überflutungsnachweis über einen Einstau der Verkehrsflächen zu erfüllen. Alternativ können die Rigolen größer ausgeführt werden.

Teilgebiet 3:

Ermittlung **Versickerungsrate** nach DWA-A 138 [A.14]

$$Q_S = \left(b_R + \frac{h_R}{2}\right) * l_R * \frac{k_f}{2} = \left(2,5 + \frac{0,5}{2}\right) * 12,1 * \frac{0,001}{2} = 0,017 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{16,6 \text{ l/s}}$$

Ermittlung **Speichervolumen der Versickerungsanlage** (Volumen Mulde + Rigole)

Mulde: Fläche x Einstauhöhe = **Mulden nicht angesetzt**

Rigole: Höhe x Breite x Länge x Speicherkoeffizient = 0,5 m x 2,5 m x 12,1 m x 0,35
= 5,29 m³

Summe: **5,29 m³**

Erforderliches zurückzuhaltendes Regenvolumen = 13,2 m³

Fazit Teilgebiet 3:

Es wird empfohlen den Überflutungsnachweis über größer ausgeführte Rigolen zu erfüllen.

Teilgebiet 4:

Ermittlung **Versickerungsrate** nach DWA-A 138 [A.14]

$$Q_S = \left(b_R + \frac{h_R}{2}\right) * l_R * \frac{k_f}{2} = \left(5,0 + \frac{0,5}{2}\right) * 10,9 * \frac{0,001}{2} = 0,0286 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{28,6 \text{ l/s}}$$

Ermittlung **Speichervolumen der Versickerungsanlage** (Volumen Mulde + Rigole)

Mulde: Fläche x Einstauhöhe = 170 m² x 0,3 m = **51 m³**

Rigole: Höhe x Breite x Länge x Speicherkoeffizient = 0,5 m x 5,0 m x 10,9 m x 0,35
= **9,54 m³**

Summe: 9,54 m³ + 51 m³ = **60,54 m³**

Erforderliches zurückzuhaltendes Regenvolumen = 0,0 m³

Fazit Teilgebiet 4:

Der Überflutungsnachweis wird über das Mulden- und Rigolenvolumen erfüllt.

Aufgrund der Lage der Mulde am Tiefpunkt des Geländes wird empfohlen, die Mulde möglichst groß auszuführen, um ein zusätzliches Rückhaltevolumen für Extremereignisse zu schaffen.

Teilgebiet 5.1 und 5.2:

Ermittlung **Versickerungsrate** nach DWA-A 138 [A.14]

$$Q_S = \left(b_R + \frac{h_R}{2}\right) * l_R * \frac{k_f}{2} = \left(2,3 + \frac{0,5}{2}\right) * 17,6 * \frac{0,001}{2} = 0,0224 \text{ m}^3/\text{s} = 22,4 \text{ l/s}$$

$$Q_S = \left(b_R + \frac{h_R}{2}\right) * l_R * \frac{k_f}{2} = \left(5,0 + \frac{0,5}{2}\right) * 7,3 * \frac{0,001}{2} = 0,0192 \text{ m}^3/\text{s} = 19,2 \text{ l/s}$$

Summe: 22,4 l/s + 19,2 l/s = **41,6 l/s**

Ermittlung **Speichervolumen der Versickerungsanlage** (Volumen Mulde + Rigole)

Mulde: Fläche x Einstauhöhe = $80 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m} = \mathbf{24 \text{ m}^3}$

Mulde: Fläche x Einstauhöhe = $60 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m} = \mathbf{18 \text{ m}^3}$

Rigole: Höhe x Breite x Länge x Speicherkoeffizient = $(0,5 \text{ m} \times 2,3 \text{ m} \times 17,3 \text{ m} \times 0,35) + (0,5 \text{ m} \times 5,0 \text{ m} \times 7,3 \text{ m} \times 0,35) = 13,35 \text{ m}^3$

Summe: $13,35 \text{ m}^3 + 42 \text{ m}^3 = \mathbf{55,35 \text{ m}^3}$

Erforderliches zurückzuhaltendes Regenvolumen $0,0 \text{ m}^3$

Der Überflutungsnachweis wird über das Mulden- und Rigolenvolumen erfüllt.

Aufgrund der Lage der Mulde am Tiefpunkt des Geländes wird empfohlen, die Mulde möglichst groß auszuführen, um ein zusätzliches Rückhaltevolumen für Extremereignisse zu schaffen.

Allgemein:

Das noch zusätzlich zurückzuhaltende Regenvolumen zwischen $T = 5 \text{ a}$ und $T = 30 \text{ a}$, kann grundsätzlich über tiefer gelegene Parkflächen, größere Mulden oder größer dimensionierte Rigolen geschaffen werden. Der Überflutungsnachweis für die Teilgebiete 1 – 5 separat durchgeführt und befindet sich in **Anlage 4**. Es wird empfohlen, den Überflutungsnachweis primär durch die Schaffung von oberflächigen Rückhalteräumen zu erfüllen. Eine Vergrößerung der Rigolen wäre zwar auch möglich, kritisch wäre hier jedoch eine potenzielle Verlegung der Einläufe oder Zuleitungen.

4.8 Notwasserweg

Für Ereignisse, welche statistisch gesehen öfter, als 30 Jahre auftreten, ist eine Notentwässerung zur Straße freizuhalten. Die Notwasserwege sind im Lageplan **02-01_LP-NWB** gekennzeichnet und befinden sich am östlichen Rand des Grundstückes. Hierbei ist insbesondere die Höhenlage der Tiefgaragenzufahrt zu berücksichtigen. Diese sind so auszuführen, dass auch bei Extremereignissen kein Wasser zu laufen kann.

4.9 Wichtige Hinweise zur Niederschlagswasserbeseitigung

- Die Dimensionierung der Niederschlagswasserbeseitigungsanlagen erfolgte im Detaillierungsgrad eines Konzeptes. Alle getroffenen Annahmen (u.a. angeschlossene Flächen, Befestigungsgrade, Ausführungen Gründächer) sind im Zuge weiterer Planungsphasen zu überprüfen und zu konkretisieren

- Rigolen sind von Baum- und Gehölzpflanzungen freizuhalten. Sofern diese in der Nähe gepflanzt werden, sind Schutzmaßnahmen gegen das Einwachsen von Wurzeln vorzusehen
- Mulden können mit Gräsern, Stauden, Sträuchern und Gehölzen bepflanzt werden. Die Bepflanzung muss einen regelmäßigen Einstau durch Wasser aushalten. Die Bepflanzung ist so zu gestalten, dass die qualitative und quantitative Leistungsfähigkeit der Mulde nicht beeinflusst, d.h. die Versickerung nicht z.B. durch Falllaub beeinträchtigt wird und die Fließwege freigehalten werden
- Es wird empfohlen die Rigole als Kiesrigole auszubilden, da aufgrund der hohen Durchlässigkeitsbeiwerte des Untergrundes das Rigolenvolumen im Vergleich zur Sickerrate nur eine untergeordnete Rolle spielt
- Es ist ein Notüberlauf von der Mulde in die Rigole vorzusehen
- Bei der Freiflächenplanung ist zu berücksichtigen, dass alle Flächen eine Neigung vom Gebäude weg aufweisen
- Die Zufahrten zur Tiefgarage dürfen sich nicht an einem Tiefpunkt im Gelände befinden. Es wird empfohlen diese 30 cm über dem Notwasserweg herzustellen. Die Anschlusshöhen zur Straße wurden aus dem Vermessungsplan abgegriffen.
 - Empfohlene Höhe Tiefgaragenzufahrt Nord (477,64 m ü. NHN)
 - Empfohlene Höhe Tiefgaragenzufahrt Süd (477,90 m ü. NHN)
- Um den Stoffeintrag in die Rigolen zu reduzieren, sind Absetzschächte vorgesehen
- Für das anfallende Niederschlagswasser der befahrenen Verkehrsflächen ist eine Vorreinigung mittels Filteranlagen, Substratfilter oder durch eine Versickerung über bewachsenen Oberboden erforderlich
- Die Gebäudehöhen sind so zu wählen, dass eine Gefährdung durch Hangwasser und Niederschlagswasser ausgeschlossen wird, d.h. die Gebäude höher als die Notfließwege liegen und ein oberflächiger Abfluss des Niederschlagswassers dorthin möglich ist
- Vor dem Bau der Rigolen ist der angesetzte k_f -Wert mittels Sickertest zu überprüfen und die berechneten Abmessungen ggf. zu überarbeiten

5 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.

5.1 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 57,0 mm (s. Kapitel 4.3).

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 dienen, 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	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. [Abbildung 9](#) zeigt die Einteilung der Flächen je Landnutzungs-Bodengruppen-Klasse. Die Landnutzung wurde nach Ortseinsicht im Bereich der Wiesenfläche angepasst.

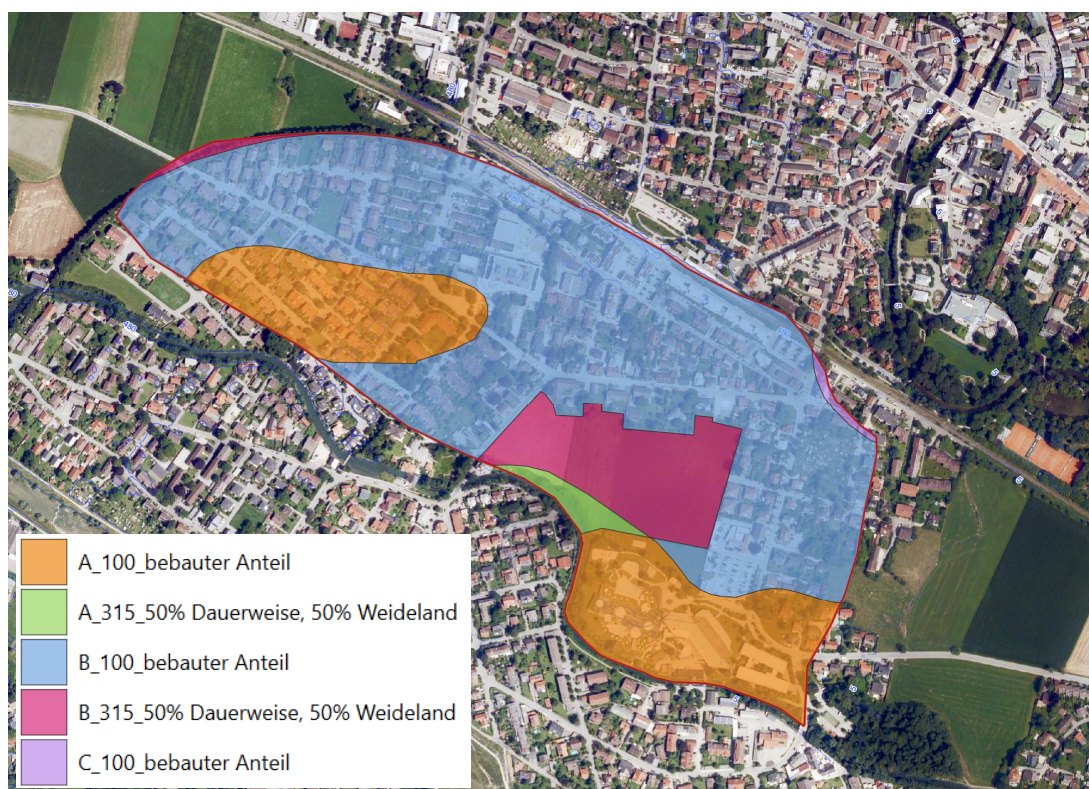


Abbildung 9: Verschnittene Karte aus Landnutzung und Bodengruppen

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

Der ermittelte Effektivniederschlag für das Untersuchungsgebiet ist in [Tabelle 3](#) dargestellt und wird als mittenbetonter, 1-stündiger Niederschlag im Modell zugegeben.

Tabelle 3: Ermittelter Effektivniederschlag

Landnutzung	Hydrologische Boden- gruppe	Abflussbeiwert Ψ [-]	Effektivniederschlag [mm/h]	Niederschlags- klasse
bebauter Anteil	A	0,35	19,7	2
50% Dauerwiese, 50% Weideland	A	0,09	5,1	4
bebauter Anteil	B	0,45	25,7	1
50% Dauerwiese, 50% Weideland	B	0,24	13,4	3
bebauter Anteil	C	0,51	29,1	0

In [Tabelle 4](#) sind die Zugabewerte für das hydraulische Modell gelistet.

Tabelle 4: Zugabewerte für das hydraulische Modell

Zugabe- werte Mo- dell	Klasse 0	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
Zeit [s]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]	[mm/h]
0	19,37	17,16	13,12	8,96	3,38
180	19,37	17,16	13,12	8,96	3,38
360	19,37	17,16	13,12	8,96	3,38
540	19,37	17,16	13,12	8,96	3,38
720	19,37	17,16	13,12	8,96	3,38
900	19,37	17,16	13,12	8,96	3,38
1080	72,64	64,35	49,20	33,61	12,69
1260	72,64	64,35	49,20	33,61	12,69
1440	72,64	64,35	49,20	33,61	12,69
1620	72,64	64,35	49,20	33,61	12,69
1800	17,43	15,44	11,81	8,07	3,05
1980	17,43	15,44	11,81	8,07	3,05
2160	17,43	15,44	11,81	8,07	3,05
2340	17,43	15,44	11,81	8,07	3,05
2520	17,43	15,44	11,81	8,07	3,05
2700	17,43	15,44	11,81	8,07	3,05
2880	17,43	15,44	11,81	8,07	3,05
3060	17,43	15,44	11,81	8,07	3,05
3240	17,43	15,44	11,81	8,07	3,05
3420	17,43	15,44	11,81	8,07	3,05
3600	17,43	15,44	11,81	8,07	3,05
3601	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

5.2 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 punkt-

genau 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 6.1.0 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

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

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

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

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

Hierbei bezeichnet $H = h + z$ den Wasserspiegel über einem Bezugsniveau, u und v sind die Geschwindigkeitskomponenten in x - und y - Richtung (s. [Abbildung 10](#)).

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}).

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.

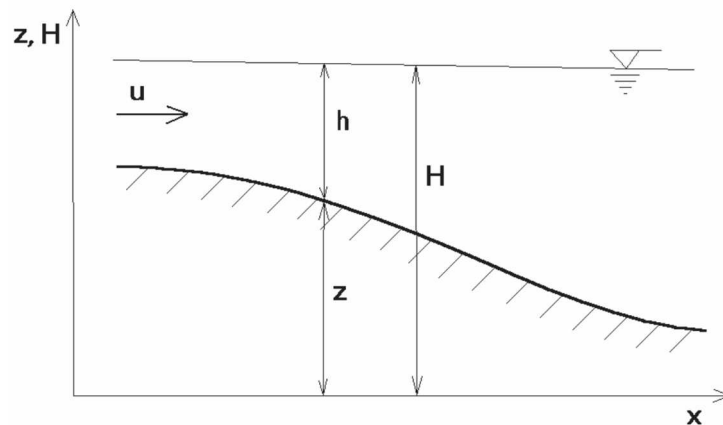


Abbildung 10: Systemskizze hydraulischer Parameter

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:

$$I_R = \frac{\lambda v |v|}{2 g D}$$

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

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

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 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.

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 11](#) abgebildet.

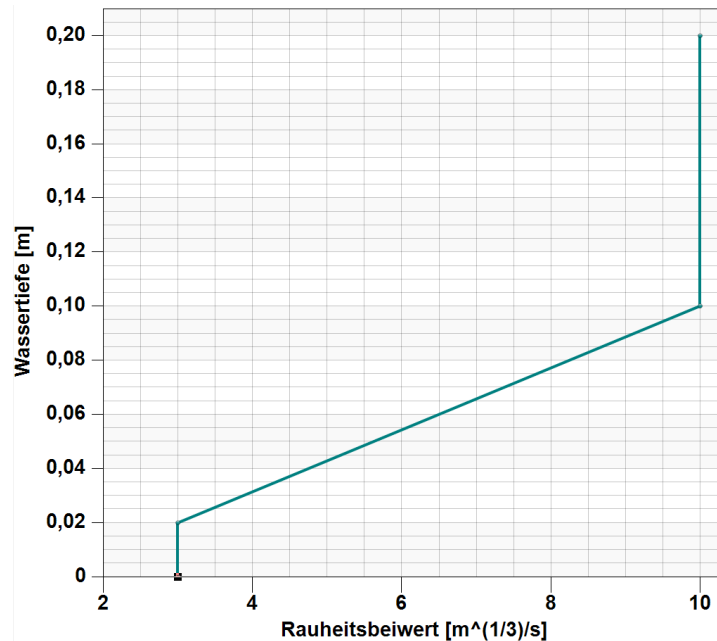


Abbildung 11: Verlauf tiefenabhängiger k_{SR} -Wert am Beispiel "Wald"

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 (Wtiefte_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. Der gesamte Abfluss findet oberflächlich statt.

5.3 Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse werden in Form von Fließtiefen und -richtung graphisch aufbereitet und im Maßstab von 1 : 500 in einem Lageplan in Anlage 2.2 dargestellt.

Auswertung IST-Zustand

Das Baugebiet befindet sich in einem Bereich des Siedlungsgebietes der allgemein eher flach ist, daher sind keine ausgeprägten Fließrichtungen vorhanden. Westlich neben dem geplanten Baugebiet verläuft ein größerer Fließweg von Norden nach Süden. Da das Wasser aufgrund einer Blickschutzwand für das Schwimmbad nicht Richtung Süden weiterfließen kann, strömt ein Teil des Wassers nach Osten auf das Baugebiet.

Innerhalb des Baugebietes finden sich drei größere Senken. Zwei liegen am östlichen Rand des Bebauungsplanes nördlich (1) und südlich (2) der Geschwister-Scholl-Straße. Eine Senke (3) liegt im südlichen Bereich der Flurnummer 497/9. Die Fließ-tiefen der Senken liegen bei etwa 22 cm (1), 12 cm (2) und 34 cm (3) für das unter-suchte Szenario, können jedoch je nach Dauerstufe und Jährlichkeit auch größer aus-fallen.

Aufgestellt:

Weilheim i.OB, 22.04.2025

Ingenieurbüro Kokai GmbH

Max Weiß
Dipl.-Ing. (FH)

Bearbeitung:

ppa. Leona Zingraff
Staatl. geprüfte Bautechnikerin