

Stadt Seligenstadt



# Starkregengefahrenkarten für Seligenstadt mit den Ortsteilen Klein-Welzheim und Froschhausen (Zwischenbericht)

Erläuterungsbericht

PROJEKT-NR.: 5872

STAND: 09 / 2024

[5872\_B\_3\_LOCAL]

Gefördert durch:



Hessisches Ministerium für Umwelt,  
Klimaschutz, Landwirtschaft und  
Verbraucherschutz



Auftraggeber: Magistrat der Stadt Seligenstadt  
Marktplatz 1  
63500 Seligenstadt

Projektleiter/in: Herr Ruppert

Angebot: Projekt-Nr. 5872 vom 21.06.2023  
Auftrag: vom 03.08.2023

Aufgestellt: Brandt Gerdes Sitzmann Wasserwirtschaft GmbH  
Pfungstädter Straße 20  
64297 Darmstadt

Darmstadt, 02.10.2024



.....  
i.A. Dr.-Ing. Aron Roland



.....  
Dr.-Ing. S.Wallisch

## **INHALT**

<b>1 EINFÜHRUNG</b>	<b>1</b>
<b>2 PROJEKTGEBIET</b>	<b>1</b>
2.1 Verwendete Unterlagen	3
2.2 Hinweise zur Methodik	4
<b>3 DATENGRUNDLAGE</b>	<b>4</b>
3.1 Topographie und Kataster	4
3.2 Kanalnetz	4
3.3 Gewässersystem	5
3.4 Hydraulische Strukturen	5
3.5 Rauheiten und Landnutzung	7
3.6 Bodenverhältnisse	10
3.7 Niederschlagsbelastung nach KOSTRA-DWD 2020	10
3.8 Niederschlagsbelastung auf Grundlage von RADOLAN	12
3.9 Effektive Niederschlagsbelastung	15
<b>4 EINGESETZTE SOFTWARE</b>	<b>16</b>
4.1 Oberflächenströmungsmodell	16
4.2 Verwendetes Kanalnetzmodell	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4.3 Gitternetzgenerierung	17
<b>5 MODELLAUFBAU</b>	<b>17</b>
5.1 Abgrenzung Modellgebiet und Teileinzugsgebiete	17
5.2 Geländemodell: Netzauflösung / Berücksichtigung von Bruchkanten	18
5.3 Modellränder	20
<b>6 DURCHFÜHRUNG DER BERECHNUNGEN FÜR STARKREGEN</b>	<b>20</b>
6.1 Allgemeines	20
6.2 Plausibilisierung durch Ortsbegehung und Erfahrungswerte	21
6.3 Plausibilisierung durch Prüfung der Volumenerhaltung	21
<b>7 GEFÄHRDUNGSANALYSE</b>	<b>22</b>

<b>8 RISIKOANALYSE</b>	<b>25</b>
<b>8.1 Schadenspotenzial</b>	<b>25</b>
<b>8.2 Überflutungsgefährdung</b>	<b>27</b>
<b>8.3 Überflutungsrisiko</b>	<b>27</b>
<b>9 MAßNAHMENKONZEPT</b>	<b>28</b>
<b>9.1 Allgemeine Hinweise</b>	<b>28</b>
9.1.1 Vermeidung neuer Risiken (Vorsorge)	28
9.1.2 Verringerung bestehender Risiken (Anpassung)	29
9.1.3 Objektschutz	29
9.1.4 Verringerung nachteiliger Folgen während eines Hochwasser- bzw. Starkregenereignisses	30
<b>9.2 Analyse der Bestandsituation und Maßnahmvorschläge</b>	<b>30</b>
9.2.1 Chronologie der Ereignisse und Medienberichte	30
<b>10 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK</b>	<b>32</b>

## ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Übersicht Projektgebiet Stadt Seligenstadt mit Einzugsgebietsgrenzen (Kartenbild: BaseMap)	2
Abbildung 2: Projektgebiet mit überörtlichem Gewässernetz (Kartenbild: basemap.de)	5
Abbildung 3: Beispielhafte Abbildung einer hydraulischen Struktur, hier Grabenverrohrung, im gekoppelten Modell (links) und Aufnahme des Durchlasses vor Ort (rechts).	6
Abbildung 4: Übersicht hydraulische Strukturen (orange dargestellt; Kartenbild: Basemap.de)	7
Abbildung 5: Ausschnitt Materialbelegung der Kernstadt Seligenstadt /U1/.	8
Abbildung 6: Vorherrschende Böden im Projektgebiet (Quelle: BÜK 1000 /U10/)	10
Abbildung 7: Lage der Rasterfelder gemäß KOSTRA-DWD-2020 (/U9/)	11
Abbildung 8: Darstellung des Extremszenario mit einer Niederschlagsverteilung nach Euler II.	11
Abbildung 9: Darstellung der Niederschlagssumme [mm] für das Ereignis vom 02.06.2003	12
Abbildung 10: Darstellung der Spitzenintensitäten in [mm/5min] für das Ereignis vom 02.06.2003.	13
Abbildung 11: Beispiel Gesamt- und Effektivniederschlagshöhe [mm] beim SCS-Verfahren nach Zaiß.	16
Abbildung 12: Übersicht Projektgebiet und abgegrenzte Berechnungsbereiche (blau Stadtgebiet und Modellumgriff in rot)	18
Abbildung 13: Darstellung der Vermaschung im Bereich des Außengebietes mit den im Detailgrade des DGM1 erfassten Gräben im Gitternetz. Hier ist die Kantenlänge mithin 0,1m.	19
Abbildung 14: Darstellung der Vermaschung im urbanen Raum mit der entsprechenden Detaillierung im Bereich der Flurstückgrenzen.	19
Abbildung 15: Darstellung der Vermaschung im Bereich einer Verrohrung. Die eingefärbten Kanten zeigen die Einlauf- bzw. Auslaufbruchkanten. Dies stellt sicher, dass die Netzgeometrie der Numerik gerecht wird.	20
Abbildung 16: Volumenfehler in % je Zeitschritt der Simulation.	22
Abbildung 17: Kartenausschnitt der max. auftretende Wassertiefen. Dabei werden Wassertiefen < 0,05 cm ausgeblendet. (Hintergrund: basemap.de). Zusätzlich sind ist die Risikokartierung der Gebäude farblich dargestellt. (Hintergrund: basemap.de). Zusätzlich sind ist die Risikokartierung der Gebäude farblich dargestellt.	23
Abbildung 18: Kartenausschnitt der max. max. auftretenden Fließgeschwindigkeiten. Dabei werden Geschwindigkeiten < 0,2 m/s ausgeblendet. (Hintergrund: basemap.de). Zusätzlich sind ist die Risikokartierung der Gebäude farblich dargestellt.	24

- Abbildung 19: Folgen des Starkregenereignisses am 4.5.2024 (Quelle:  
<https://www.seligenstadt.de/aktuelles/pressemitteilungen/05-2024/feuerwehr-wegen-starkregens-im-dauereinsatz-circa-150-einsatzkraefte-an-gut-200-einsatzstellen/>) 31
- Abbildung 20: Ergebnisse der Starkregensimulation im Bereich der Asklepios Klinik. Belastung Radolan Ereignis 1 aus 2003. (Hintergrund: basemap.de) 31

## TABELLEN

Tabelle 1: Zu Grunde gelegten Rauheiten nach Materialbelegung gemäß Leitfaden Hessen	8
Tabelle 2: Grundlagen der pauschalen Erst-Einschätzung des Schadenspotenzials	26
Tabelle 3: ALKIS-Objektartenkatalog für Gebäude (Auswahl) und Erst-Einschätzung des Schadenspotenzials	26
Tabelle 4: Empfohlene Kriterien zur Gefährdungsanalyse nach LUBW und Risikoeinschätzung nach DWA-119	27

## ANHANGVERZEICHNIS:

Anhang 1: Regenbelastung nach KOSTRA-DWD 2020.

## PLANVERZEICHNIS (digital beigelegt)

Radolan Ereignis vom 02.06.2003 – Wassertiefen und Risikokartierung:

Anlage\_1.1\_Klein-Welzheim.pdf  
Anlage\_1.2\_Außengebiet.pdf  
Anlage\_1.3\_Froschhausen.pdf  
Anlage\_1.4\_Kernstadt Seligenstadt.pdf

Radolan Ereignis vom 02.06.2003 – Fließgeschwindigkeiten und Risikokartierung:

Anlage\_2.1\_Klein-Welzheim.pdf  
Anlage\_2.2\_Außengebiet.pdf  
Anlage\_2.3\_Froschhausen.pdf  
Anlage\_2.4\_Kernstadt Seligenstadt.pdf

Radolan Ereignis vom 08.06.2018 – Wassertiefen und Risikokartierung:

Anlage\_3.1\_Klein-Welzheim.pdf  
Anlage\_3.2\_Außengebiet.pdf  
Anlage\_3.3\_Froschhausen.pdf  
Anlage\_3.4\_Kernstadt Seligenstadt.pdf

Radolan Ereignis vom 08.06.2018 – Fließgeschwindigkeiten und Risikokartierung:

Anlage\_4.1\_Klein-Welzheim.pdf  
Anlage\_4.2\_Außengebiet.pdf  
Anlage\_4.3\_Froschhausen.pdf  
Anlage\_4.4\_Kernstadt Seligenstadt.pdf

## 1 EINFÜHRUNG

Seit vielen Jahren nehmen in Deutschland lokale Unwetter mit Starkregen infolge des Klimawandels zu. Vor diesem Hintergrund möchte die Stadt Seligenstadt Erkenntnisse über die Gefahren durch Sturzfluten auf ihrem Gebiet gewinnen, um wirksame Maßnahmen gegen derartige Ereignisse zu entwickeln. Die Stadt möchte sich dieser Herausforderung stellen und nach geeigneten Lösungen suchen, um die Auswirkungen lokaler Starkregenereignisse zu verhindern bzw. reduzieren.

Infolgedessen wurde bei der Wirtschafts- und Infrastrukturbank Hessen ein Antrag auf Förderung der Erstellung einer Simulation und Analyse der Abflusswege bei Starkniederschlägen mit Identifikation von zentralen und dezentralen Maßnahmen zur Minderung von Schäden durch diese Starkniederschläge gestellt. Beachtet wurde dabei die Richtlinie des Landes Hessen zur Förderung von kommunalen Klimaschutz- und Klimaanpassungsprojekten sowie von kommunalen Informationsinitiativen.

Nach Eingang des Bewilligungsbescheids erfolgte die Ausschreibung der Starkregenrisikoanalyse im Zusammenhang mit der Erstellung von Starkregengefahrenkarten für das gesamte Stadtgebiet von Seligenstadt. Es erfolgte die Beauftragung an die Brandt Gerdes Sitzmann Wasserwirtschaft GmbH (BGS) mit Sitz in Darmstadt.

## 2 PROJEKTGEBIET

Die Stadt Seligenstadt liegt im Landkreis Offenbach in Hessen rechtsseitig des Mains rd. 20 km östlich von Frankfurt. Das Stadtgebiet umfasst eine Fläche von etwa 31 km<sup>2</sup> auf der rd. 21.000 Menschen dauerhaft leben. Die Stadt Seligenstadt besteht aus den Stadtteilen Klein-Welzheim im Osten, der gleichnamigen Kernstadtteil Seligenstadt und Froschhausen im Norden. Das Stadtgebiet grenzt an die Ortslagen Mainhausen im Süden, Rodgau im Westen und Hainburg im Norden.

Geprägt wird die Landschaft durch die Nähe des Mains sowie der Lage in dessen Niederungen. Die Topologie fällt leicht von Westen nach Nordosten ab. Durchschnitten wird das natürliche Einzugsgebiet durch die von Nordwest nach Südost verlaufende Autobahn A3. Die künstliche Barriere wird immer wieder durch Unterführungen sowie Verdohlungen unterbrochen. Den Oberflächengradienten folgend durchfließen von Süden nach Norden die Vorfluter Schleifbach, Riegelsbach, Keltergraben nachfolgend Bachgraben, Weihersbach sowie der Hellenbach das Stadtgebiet, welche (un-)mittelbar in den Main entwässern. Zusätzlich zu den genannten Fließgewässern besteht ein ausgeprägtes Grabensystem zur Entwässerung des Außengebiets.

Das hydrologische Einzugsgebiet der Stadt Seligenstadt, inklusive der westlich der Autobahn gelegenen Waldflächen, erstreckt sich über etwa 50 km<sup>2</sup> und folgt dem natürlichen Geländegefälle Richtung Main. Die kanalisiertes Siedlungsgebiete von Seligenstadt entwässern zu zwei unterschiedlichen Abwasserbehandlungsanlagen in Klein-Welzheim und am nördlichen Rand der Kernstadt Seligenstadt. Dabei ist anzumerken, dass im gesamten Einzugsgebiet ein geringes Geländegefälle vorliegt, was zu geringen Fließgeschwindigkeiten im Einzugsgebiet führt.

Außerhalb der urbanen Gebiete im Einzugsgebiet dominiert Grünland, das teils landwirtschaftlich bewirtschaftet wird, sowie westlich der Autobahn A3 ausgeprägte Waldgebiete die vorherrschende Flächennutzung. Im unmittelbaren Umfeld des Mains stehen Auenböden mit Gley aus lehmigen bis tonigen Auesedimenten an, die in der Regel eine geringe Versickerungsfähigkeit besitzen. Mit zunehmendem Abstand zum Main finden sich vermehrt Podsol-Braunerden aus sandigen Terrassenablagerungen.

Eine Übersicht über das Einzugsgebiet ist in nachfolgender Abbildung dargestellt. Es umfasst neben der Ortslage Seligenstadt selbst, sowie die zugewandten Außengebiete, die Ortslage Mainhausen im Süden.

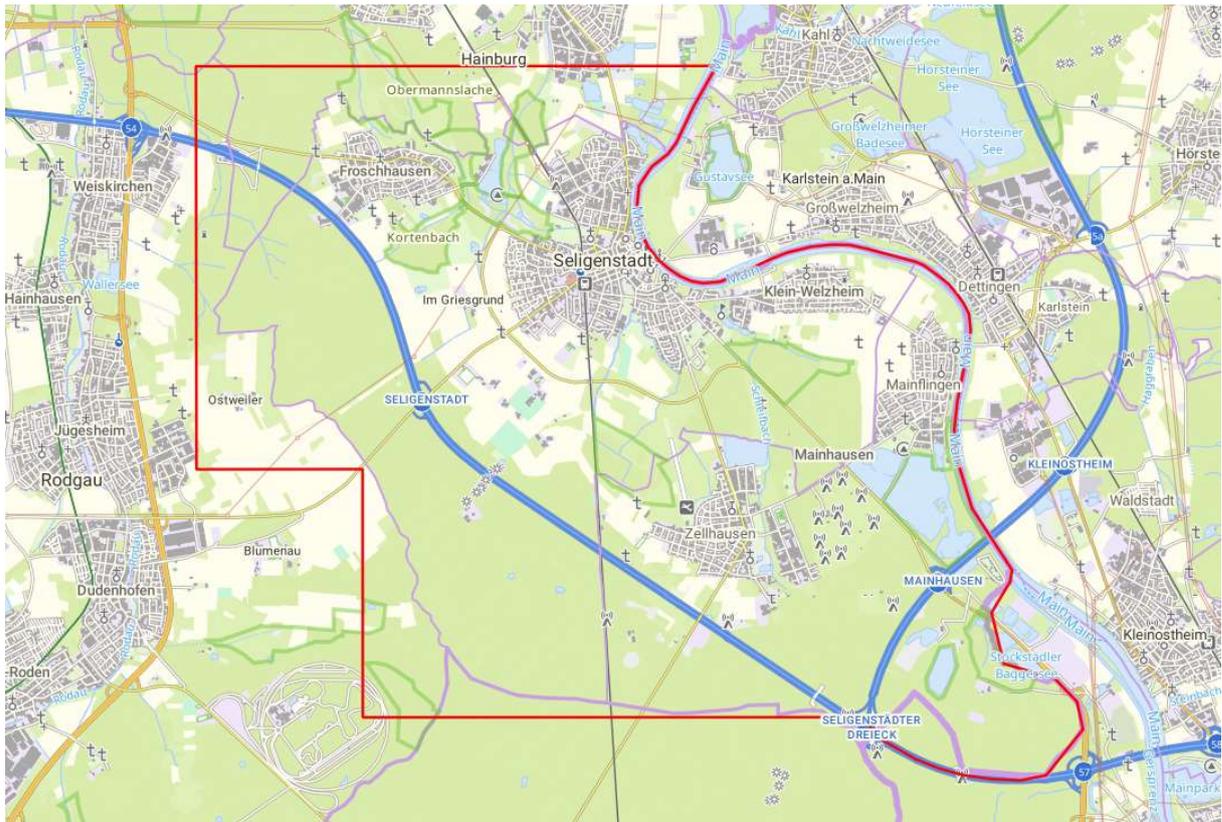


Abbildung 1: Übersicht Projektgebiet Stadt Seligenstadt mit Einzugsgebietsgrenzen (Kartenbild: BaseMap)

## 2.1 Verwendete Unterlagen

- /U1/ Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS), Hessen, xml-Format, Download von gds.hessen.de am 07.11.2023.
- /U2/ Digitales Geländemodell (DGM1 und LAS), xyz-Format, Download von gds.hessen.de am 07.11.2023 und LAS Daten von der HZD Hessen per Datenlieferung am 20.02.2023
- /U3/ Kanaldaten Stadt Seligenstadt, im xml-Format erhalten
- /U4/ Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex, Schmitt et al., 2018, DOI: 10.3242/kae2018.02.002
- /U5/ DWA-Regelwerk Merkblatt DWA-M 119 - Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge für Entwässerungssysteme bei Starkregen, November 2016
- /U6/ Hinweise zur Erstellung von Starkregengefahrenkarten in Hessen, Projekt KLIMPRAX, Juni 2021
- /U7/ Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg, Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Dezember 2016
- /U8/ Hochwasserrisikomanagementplanung in Baden-Württemberg, Vorgehenskonzept zur Erstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Juli 2016
- /U9/ KOSTRA-DWD 2020, Starkniederschlagshöhen, Deutscher Wetterdienst, Dez. 2022
- /U10/ Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1 : 1 000 000 (BÜK 1000), Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 2013
- /U11/ Die unterschätzten Risiken „Starkregen“ und „Sturzfluten“ - Ein Handbuch für Bürger und Kommunen, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2015
- /U12/ Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement, 2018
- /U13/ Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Beratungsleitfaden Bodenerosion und Sturzfluten, 2018
- /U14/ Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V., Starkregen und urbane Sturzfluten – Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge, BWK-Fachinformation 1/2013
- /U15/ boden:ständig – Die Praxisplattform für Boden- und Gewässerschutz (<https://www.boden-staendig.eu/planungs-umsetzungshilfen>)
- /U16/ Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Leitfaden Starkregen – Objektschutz und bauliche Vorsorge, 2019
- /U17/ Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Hochwasserschutzfibel – Objektschutz und bauliche Vorsorge, 2022

## 2.2 Hinweise zur Methodik

Für das Starkregenvorsorgekonzept erfolgte die Gefahrenermittlung und Risikobewertung anhand eines 2D-Strömungsmodells. Für die Berechnungen wurden „realistische Worst-Case“-Szenarien angestrebt, in welchen den nachstehenden hydrologischen Grunderfahrungen Rechnung getragen werden soll:

- Abflussbildung und Abflusskonzentration werden in kleinen Einzugsgebieten nicht von denselben Prozessen dominiert wie in großen Gebieten. Daher ist die Starkregenanalyse von der Betrachtung von Flusshochwasser und deren länger andauernden Überflutungen zu unterscheiden.
- In kleinen Einzugsgebieten führen konvektive Starkniederschläge zur maßgeblichen Belastung, die den Abfluss rasch zu Höchstwerten anschwellen lassen, woraus in Folge mit schnellem Oberflächenabfluss zu rechnen ist.

Aus diesem Grund standen bei den Berechnungen Ereignisse mit kurzer Dauer und hohen Intensitäten im Vordergrund. Die Berechnungsergebnisse wurden zur Validierung den verschiedenen Akteuren innerhalb der Stadt Seligenstadt zum Abgleich mit Beobachtungen und Erfahrungen bei vergangenen Ereignissen vorgelegt und gemeinsam mit ihnen besprochen.

Anders als bei Flussgebietsmodellen zur Betrachtung von Hochwasserereignissen, findet das Hauptabflussgeschehen bei Starkregenberechnungen in der Fläche statt. Der effektive Niederschlag wird flächenhaft in das hydronumerische 2D-Modell gegeben, sodass die Abflusskonzentration während der Simulation stattfindet. Daraus resultieren besonders zu Simulationsbeginn sehr geringe Wassertiefen und sehr geringe Fließgeschwindigkeiten, die nur in einem hochaufgelösten Gitternetz numerisch korrekt berechnet werden können. Zusätzlich gibt es eine große Anzahl zu berücksichtigender abflusslenkender Strukturen.

## 3 DATENGRUNDLAGE

### 3.1 Topographie und Kataster

Zur Durchführung der 2D-Strömungsberechnungen müssen die Gebietsdaten in ein 3D-Berechnungsnetz überführt werden. Grundlage hierfür bildeten das Digitale Geländemodell im 1m-Raster (DGM1) aus /U2/, sowie die Katasterdaten und Grenzen der Flächennutzung aus /U1/. Aus den Katasterdaten wurden alle Elemente mit den Attributen Straße, Wege, und Flurstücke als Bruchkanten in das 3D-Modell übernommen, um die urbanen Strukturen im Gitternetz zu erfassen. Die Daten des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS) sowie des Digitalen Geländemodells (DGM1) wurden von der Plattform gds.hessen.de bezogen.

### 3.2 Kanalnetz

Zur Ableitung des im Siedlungsgebiet anfallenden Abwassers betreiben die Stadtwerke Seligenstadt ein rd. 100km langes Kanalnetz, welches die Abflüsse zu einer der beiden Behandlungsanlagen leitet. Diese sind die Kläranlage des Abwasserverbandes Schleifbach im Seligenstädter Stadtteil Klein-Welzheim, in der zusätzlich zu den Abflüssen des gleichnamigen Stadtteils Klein-Welzheim auch das Abwasser aus der angrenzenden Ortslage Mainhausen (Mainflingen und Zellhausen) behandelt wird. Die Abwässer aus den Ortsteilen Froschhausen und der Kernstadt Seligenstadt werden in der Abwasserbehandlungsanlage

„Am Eichwald“ der Stadtwerke Seligenstadt aufbereitet. Für Außengebietsfassungen, also Stellen an denen der Oberflächenabfluss gezielt dem Kanalnetz zugeführt wird, wurden Ersatzstrukturen (hydraulische Strukturen) in das Modell implementiert, siehe Kap. 3.4.

### 3.3 Gewässersystem

Im Projektgebiet gibt es eine Vielzahl von Gewässern sowie kleine und größere Gräben, s. Kap. 2. Die Gräben und Gewässerabschnitte wurden in der im DGM1 erfassten Detailschärfe unter Sicherstellung der hydraulischen Durchgängigkeit in das Modell übernommen. Abbildung 2 zeigt das Gewässernetz auf Basis des Digitalen Landschaftsmodells 1:25000 (DLM25), aufbereitet ursprünglich aus den ATKIS-Daten (Quelle: [geoportal.hessen.de](http://geoportal.hessen.de)).

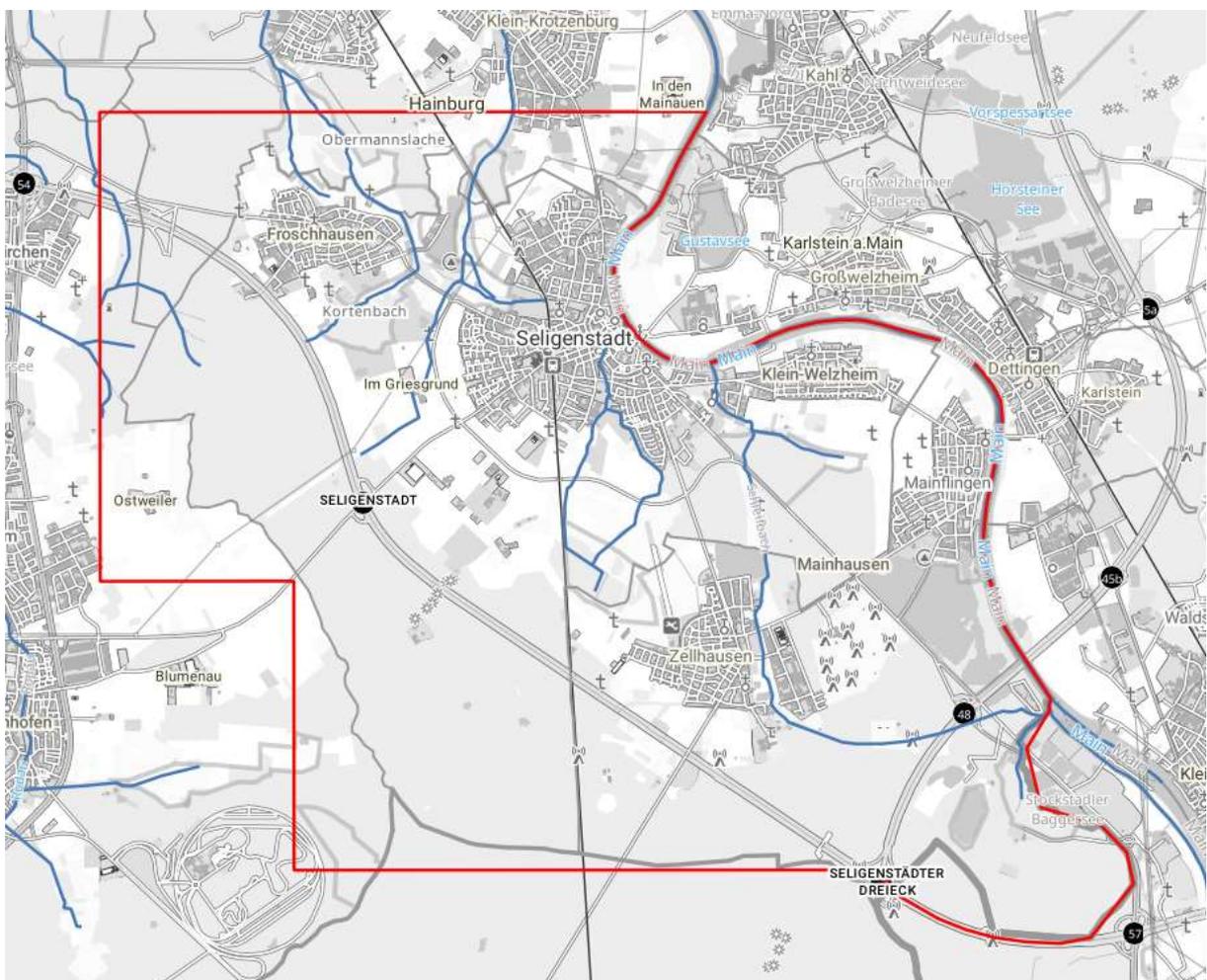


Abbildung 2: Projektgebiet mit überörtlichem Gewässernetz (Kartenbild: basemap.de)

### 3.4 Hydraulische Strukturen

Unter dem Sammelbegriff „Hydraulische Strukturen“ werden sämtliche Elemente zusammengefasst, die für die Durchgängigkeit der Fließvorgänge im Modell erfasst werden müssen. Im Projektgebiet gibt es eine Vielzahl von Gewässern sowie kleinen und größeren Gräben. Entlang deren Verläufen sind Bauwerke wie Gewässerverrohrungen oder auch Brückenbauwerke zu erfassen.

Das aus Befliegungsdaten abgeleitete DGM1 enthält die Höheninformationen der aufgenommenen Bodenpunkte. Im Bereich von Verrohrungen, Durchlässen oder anderen verdeckten Topologien, die potenzielle Strömungspfade darstellen, muss daher die Durchgängigkeit im Modell abgebildet werden. Hierfür werden die zuvor erläuterten hydraulische Strukturen eingepflegt, für die Übertragungsbedingungen formuliert werden. Somit kann ein Volumenaustausch zwischen den zuvor definierten Knoten erfolgen.

Die Durchlässe im Projektgebiet wurden durch Testrechnungen sowie anhand von Ortsbegehungen und den zur Verfügung gestellten Daten lokalisiert und in das gekoppelte Modell eingepflegt. In nachfolgender Abbildung 3 ist beispielhaft ein Durchlass eines Grabens dargestellt.



Abbildung 3: Beispielhafte Abbildung einer hydraulischen Struktur, hier Grabenverrohrung, im gekoppelten Modell (links) und Aufnahme des Durchlasses vor Ort (rechts).

In Abbildung 4 ist eine Übersicht, der in den Ortslagen berücksichtigten, hydraulischen Strukturen dargestellt. Damit wurden im vorliegenden Projekt berücksichtigt und im Modell abgebildet:

#### Hydraulische Strukturen:

- Kreis-Durchlässe mit Ein- und Auslaufbedingung: 73
- Rechteck-Durchlässe mit Ein- und Auslaufbedingung: 61

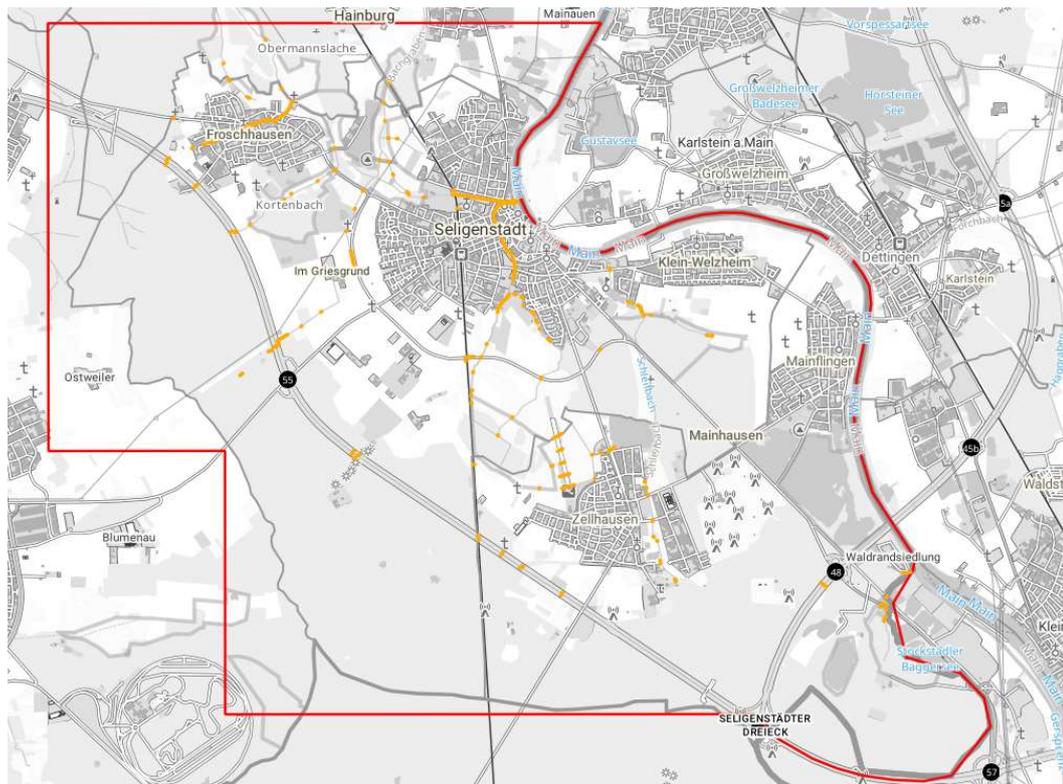


Abbildung 4: Übersicht hydraulische Strukturen (orange dargestellt; Kartenbild: Basemap.de)

Den Fließprozess beeinflussende Strukturen wie z.B. Mauern und Gebäude werden auf Basis der vorhandenen Datenlage in das Modell implementiert, indem die entsprechenden Umrandungen (Kanten) mit Hilfe von GIS-Tools abgebildet und mit PolyMesh (siehe Kap. 4) in das Gitternetz übernommen werden. Dabei werden die Dreiecke innerhalb der Umrandung eliminiert, was die Struktur letztlich undurchlässig macht.

### 3.5 Rauheiten und Landnutzung

Bei 2D-Strömungsberechnungen werden zur Berücksichtigung des aus der Oberflächenbeschaffenheit resultierenden Fließwiderstands von der Art der Flächennutzung abhängige ('materialabhängige') Rauheitswerte angesetzt.

Bei der Berechnung von Starkregen liegen die Wassertiefen oftmals, vor allem zu Ereignisbeginn, in der Größenordnung der Unregelmäßigkeiten der Geländeoberfläche. In strömungsmechanischem Sinne wirkt Letztere dann nicht mehr (nur) als Rauheit, sondern vor allem als Geometrie. Um diesen zusätzlichen Strömungswiderstand zu erfassen, wurde neben der Materialabhängigkeit eine Wassertiefenabhängigkeit der Rauheitswerte eingeführt: Für jedes Material werden eine untere Wassertiefe  $w_t$ , bis zu deren Erreichen ein unterer (rauerer) Rauheitswert, und eine obere Wassertiefe  $w_{t2}$ , ab deren Erreichen ein oberer (glatterer) Rauheitswert gilt, definiert. Liegt die Wassertiefe zwischen den beiden Grenzwerten  $w_t$  und  $w_{t2}$ , wird der zugehörige Rauheitswert im Zuge der Berechnungen durch lineare Interpolation ermittelt.

Bei dem hier für die Berechnungen verwendeten Programm HydroSimM-UnRunOff (siehe Kap. 4) wird die Rauheitswirkung der Geländeoberfläche über den Strickler-Beiwert  $k_{st}$  beschrieben. Übertragen auf

diesen Parameter bedeuten die vorstehenden Ausführungen, dass für den unteren Rauheitswert (sehr) kleine, für den oberen Rauheitswert größere Strickler-Beiwerte anzusetzen sind.

Die Materialbelegung der Elemente des Berechnungsnetzes erfolgt unter Verwendung des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems ALKIS /U1/, woraus die tatsächliche Nutzung in Form von Nutzungsklassen hervorgeht. Auch für die Abflussbildung stellt die vorliegende Landnutzung der im Niederschlagsfall berechneten Flächen eine wichtige Eingangsgröße dar. Die nachfolgende Abbildung 5 vermittelt einen Eindruck von der Landnutzung im Projektgebiet, wodurch sowohl die Rauheit als auch die Abflussbildung beeinflusst sind. Hieraus geht unter anderem hervor, dass ein wesentlicher Anteil des Projektgebiets von landwirtschaftlicher Nutzung geprägt ist.

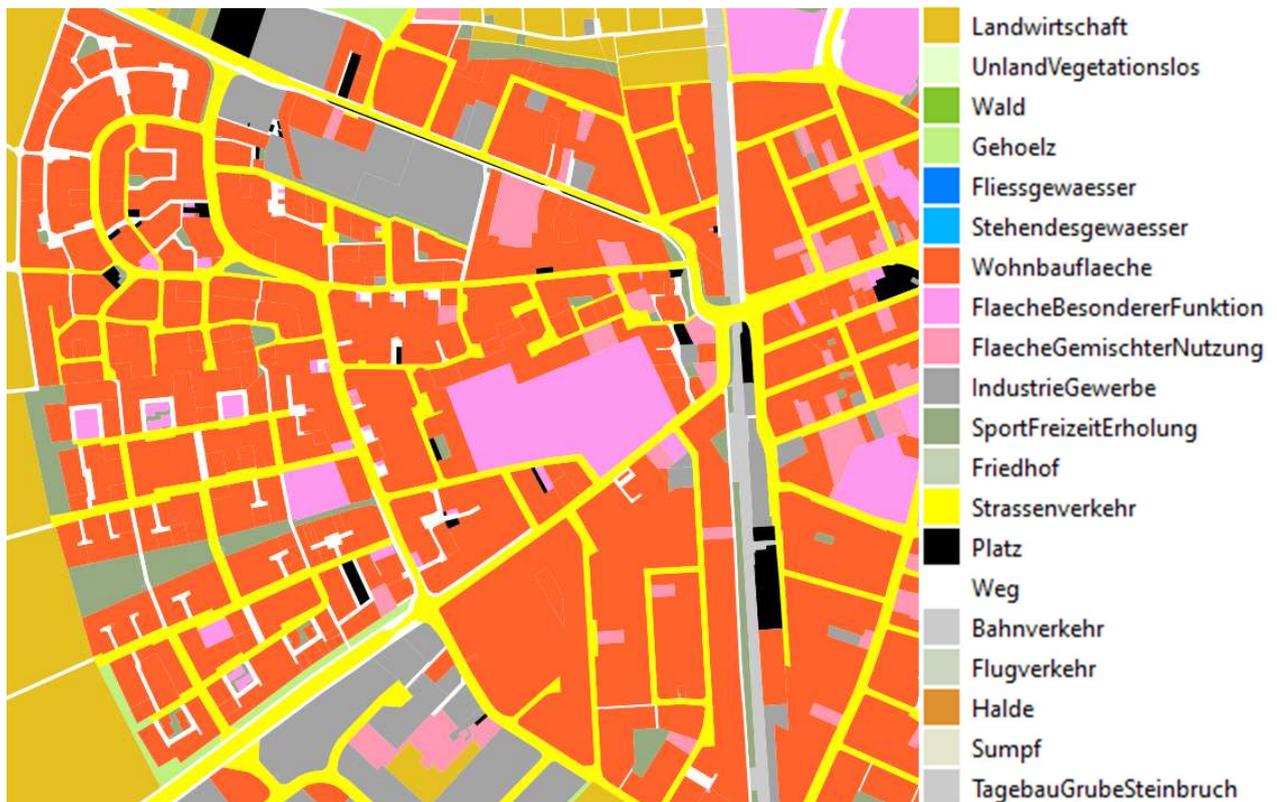


Abbildung 5: Ausschnitt Materialbelegung der Kernstadt Seligenstadt /U1/.

Einen Überblick über die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Materialien mit den zugehörigen Strickler-Beiwerten ( $k_{st}$ ) in Abhängigkeit der Landnutzung vermittelt folgende Tabelle 1.

Tabelle 1: Zu Grunde gelegten Rauheiten nach Materialbelegung gemäß Leitfaden Hessen

	Rauheit nach Gauckler-Manning- Strickler $K_{St}$ [ $m^{1/3}/s$ ]	
	Dünnsfilm	
	bis 2 cm	ab 10 cm
Ackerland	8-12	15-30
Ackerland, verschlamm	10-15	20-35
Gartenland	3-6	5-15
Wald, Gehölz, Laub und Nadelholz	3-6	5-20
Grünland	5-10	20-35
Rasen	3-8	20-35
Siedlungsfläche	6-15	10-20
Dachflächen *	50-60	
Fließgewässer, Stehendes Gewässer *	15-35	
Fließgewässer, verschlamm *	25-50	
Fließgewässer, stark bewachsen *	5-20	
Wildbach *	10-15	
Grinne, gemauert, Beton *	50-80	
Landwirtschaftlicher Weg (Kies, Schotter) *	20-40	
Straße, Weg (asphalt) *	40-60	
Straße, Weg (gepflastert) *	30-50	

\* Für diese Nutzungsarten sind keine Dünnsfilmabflüsse anzusetzen

### 3.6 Bodenverhältnisse

Die im Niederschlagsfall wesentlichen abflussrelevanten Vorgänge spielen sich in den oberflächennahen Verwitterungszonen (mit dem Boden als oberste, belebte Zone) ab. Aber auch der geologische Untergrund nimmt Einfluss auf die Wasseraufnahmefähigkeit und damit auf den Prozess der Abflussbildung. Für eine Abschätzung dieser Einflüsse wurde die Bodenübersichtskarte für die Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1:1.000.000 (BÜK1000, /U10/) herangezogen. Die im Einzugsgebiet vorherrschenden Böden (nachfolgende Abbildung 6) wurden hinsichtlich ihrer Durchlässigkeit in die hydrologische Bodenklasse B-C (mäßig bis gering durchlässig) eingeteilt.

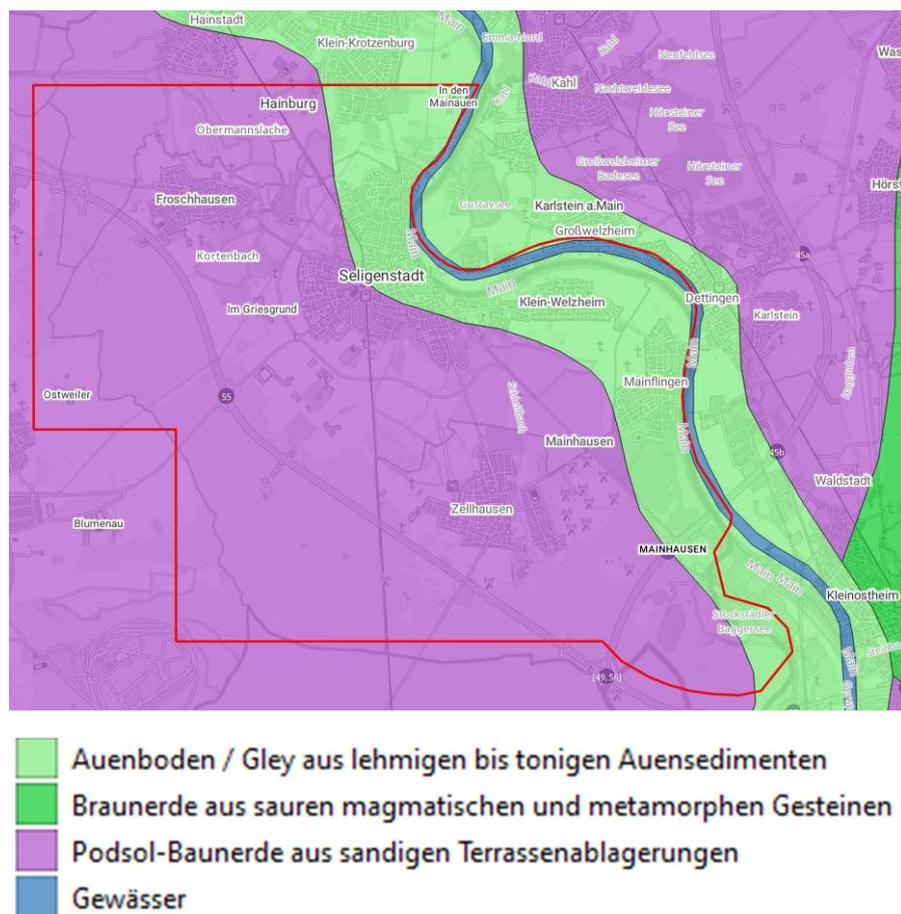


Abbildung 6: Vorherrschende Böden im Projektgebiet (Quelle: BÜK 1000 /U10/)

### 3.7 Niederschlagsbelastung nach KOSTRA-DWD 2020

Statistische Niederschlagshöhen in Abhängigkeit von Regendauer und Regenhäufigkeit sind der KOSTRA-Untersuchung /U9/ rasterweise für das gesamte Bundesgebiet (dabei entspricht ein Rasterfeld 25 km<sup>2</sup>) zu entnehmen. Bezüglich der Vorgabe von repräsentativen Niederschlagshöhen für das Einzugsgebiet der Stadt Seligenstadt wurden die Niederschlagshöhen des Rasters in Abbildung 7 herangezogen. In Kombination mit einem dynamischen Abflussbeiwertverfahren (siehe Kapitel 3.9) wurde ein zeitlich konstanter Niederschlagsverlauf angenommen (Blockregen). Im Rahmen dieser Berechnungen wurde eine maßgebliche Dauerstufe von 60 min zu Grunde gelegt.

Gemäß Leistungsverzeichnis wurde das 30- und 100-jährliche Ereignis betrachtet. Für die Niederschlagsbelastung wurden, die 4 Kacheln (161128 / 161129 / 161130 / 162129) herangezogen und gemittelt.

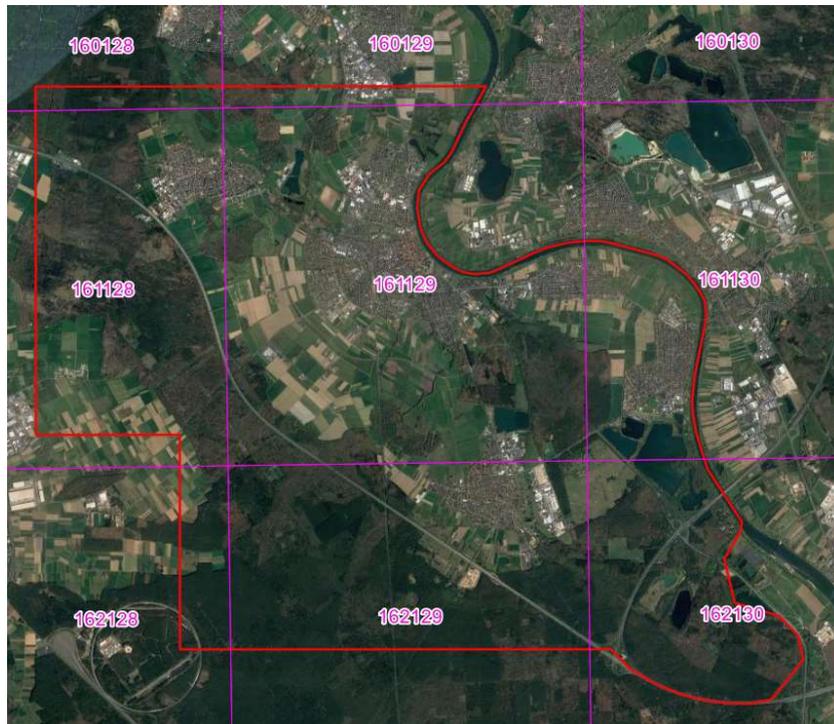


Abbildung 7: Lage der Rasterfelder gemäß KOSTRA-DWD-2020 (/U9/)

Zusätzlich zu den Jährlichkeiten 30a und 100a sollte ein extremes Ereignis untersucht werden. Dafür wird nach Starkregenleitfaden Hessen ein Euler II Regen mit einer Niederschlagssumme von 90mm/Stunde angesetzt. Die Niederschlagsverteilung ist in nachfolgender Abbildung dargestellt.

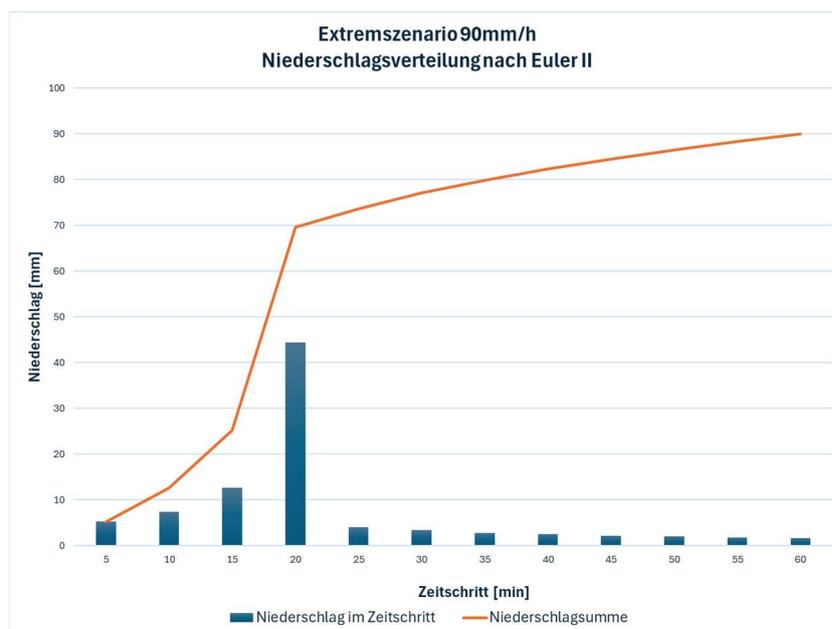


Abbildung 8: Darstellung des Extremszenario mit einer Niederschlagsverteilung nach Euler II.

### 3.8 Niederschlagsbelastung auf Grundlage von RADOLAN

Zur Berücksichtigung der besonderen Erscheinungsform von Starkniederschlägen sollen gemäß /U6/ räumlich und zeitlich differenzierte Starkniederschläge aus den RADOLAN-Niederschlagsradardaten generiert werden, um das Einzugsgebiet damit zu belasten. Nach Auswahl zweier Ereignisse können die RADOLAN-Daten über den jeweiligen Gebietschwerpunkten (Teileinzugsgebiet s. Kap. 5.1) des Berechnungsnetzes platziert und die entsprechenden Niederschlagshöhen je Zeitschritt den Netzelementen zugeordnet werden. Die Ermittlung der effektiven Niederschlagshöhen erfolgt nach dem gleichen Verfahren, wie für die Niederschläge nach KOSTRA für jedes einzelne Netzelement mit dem modifizierten SCS-Verfahren nach Zaiß.

Für die Auswahl geeigneter historischer Ereignisse wurde die Datenbank des DWD auf Starkregen innerhalb des Projektgebietes durchsucht. Aus den lokalisierten Starkregen wurden anschließend in Abstimmung mit dem Auftraggeber zwei zur Simulation geeignete Ereignisse gewählt. Nachfolgende Starkregeneignisse wurden weiter untersucht. Geeignet bedeutet in diesem Zusammenhang das der Starkregen in einem Zeitschritt eine Intensität  $> 100 \text{ mm/h}$  aufweist. Zusätzlich wurde die Niederschlagssumme und der -dauer bei der Auswahl der Ereignisse berücksichtigt.

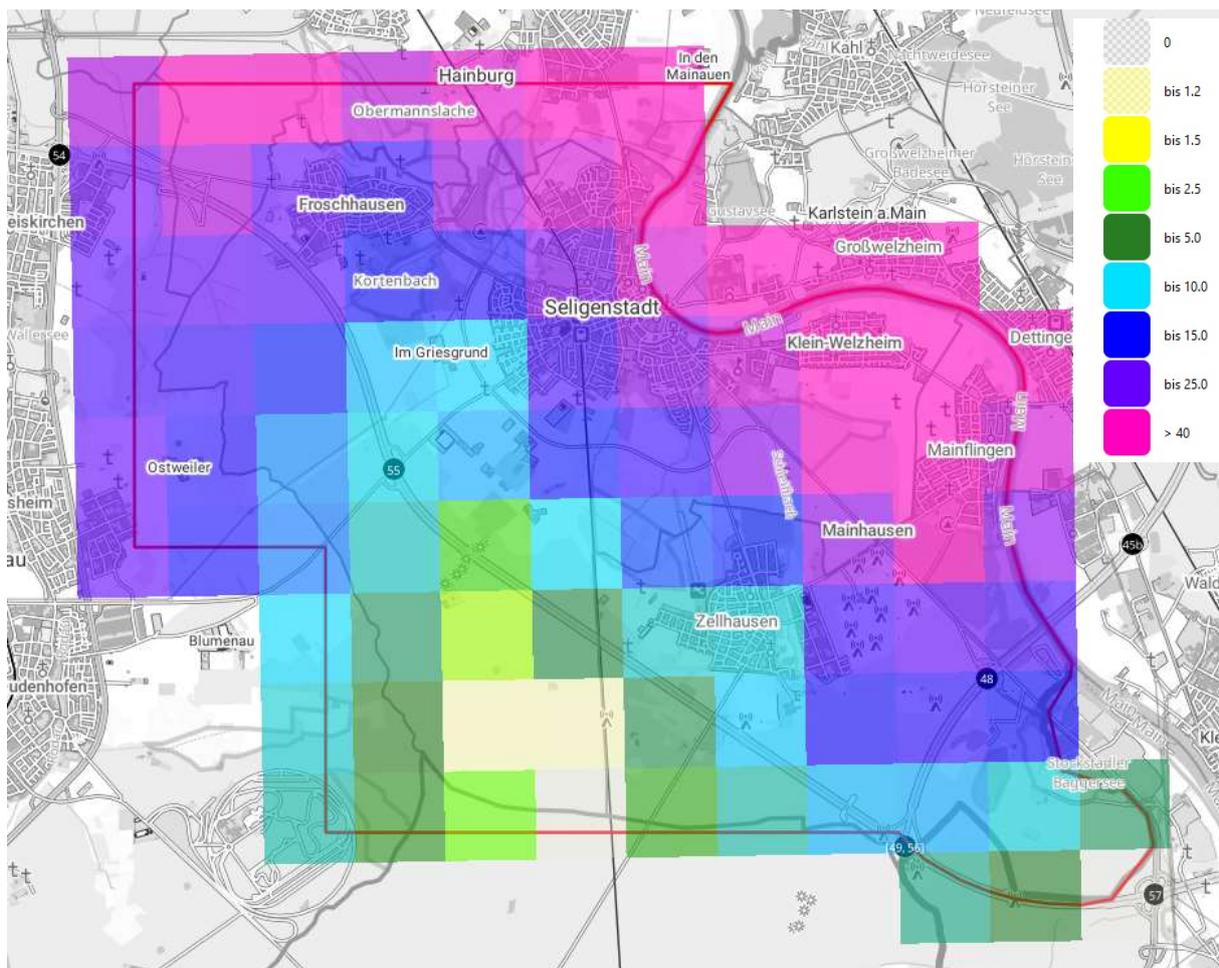


Abbildung 9: Darstellung der Niederschlagssumme [mm] für das Ereignis vom 02.06.2003.

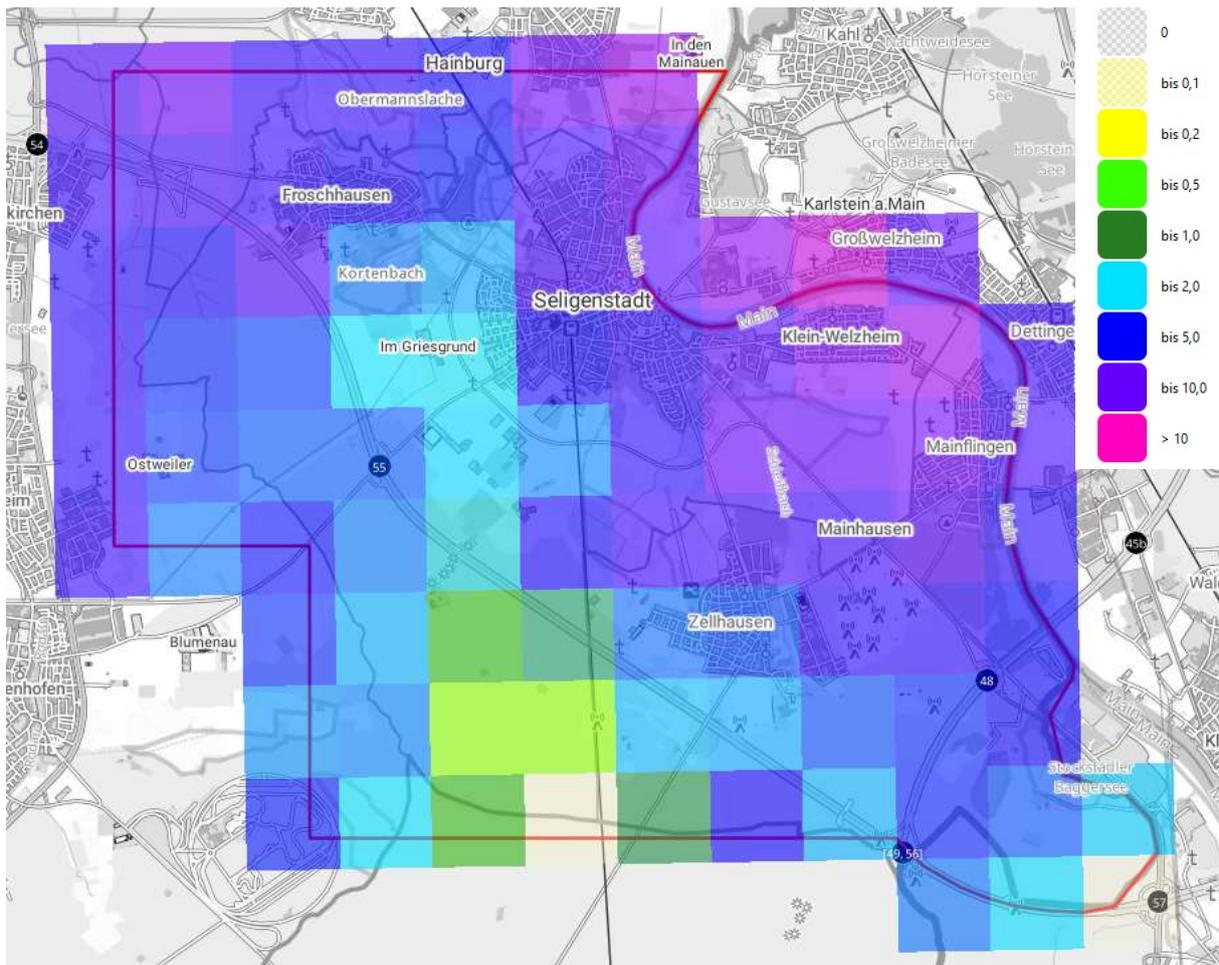


Abbildung 10: Darstellung der Spitzenintensitäten in [mm/5min] für das Ereignis vom 02.06.2003.

Die Regenereignisse aus der RADOLAN Datenbank wurden anschließend entsprechend in die zuvor definierten Einzugsgebiete (siehe Kap. 5.1) verschoben, so dass sich für das jeweilige Teileinzugsgebiet eine möglichst ungünstige Belastung ergibt. Zusätzlich wurde ein weiteres Szenario aus der RADOLAN Datenbank aus 2018 simuliert, dies entspricht im Mittel einem 30-jährlichen Niederschlag und ist in nachfolgenden Abbildung hinterlegt.

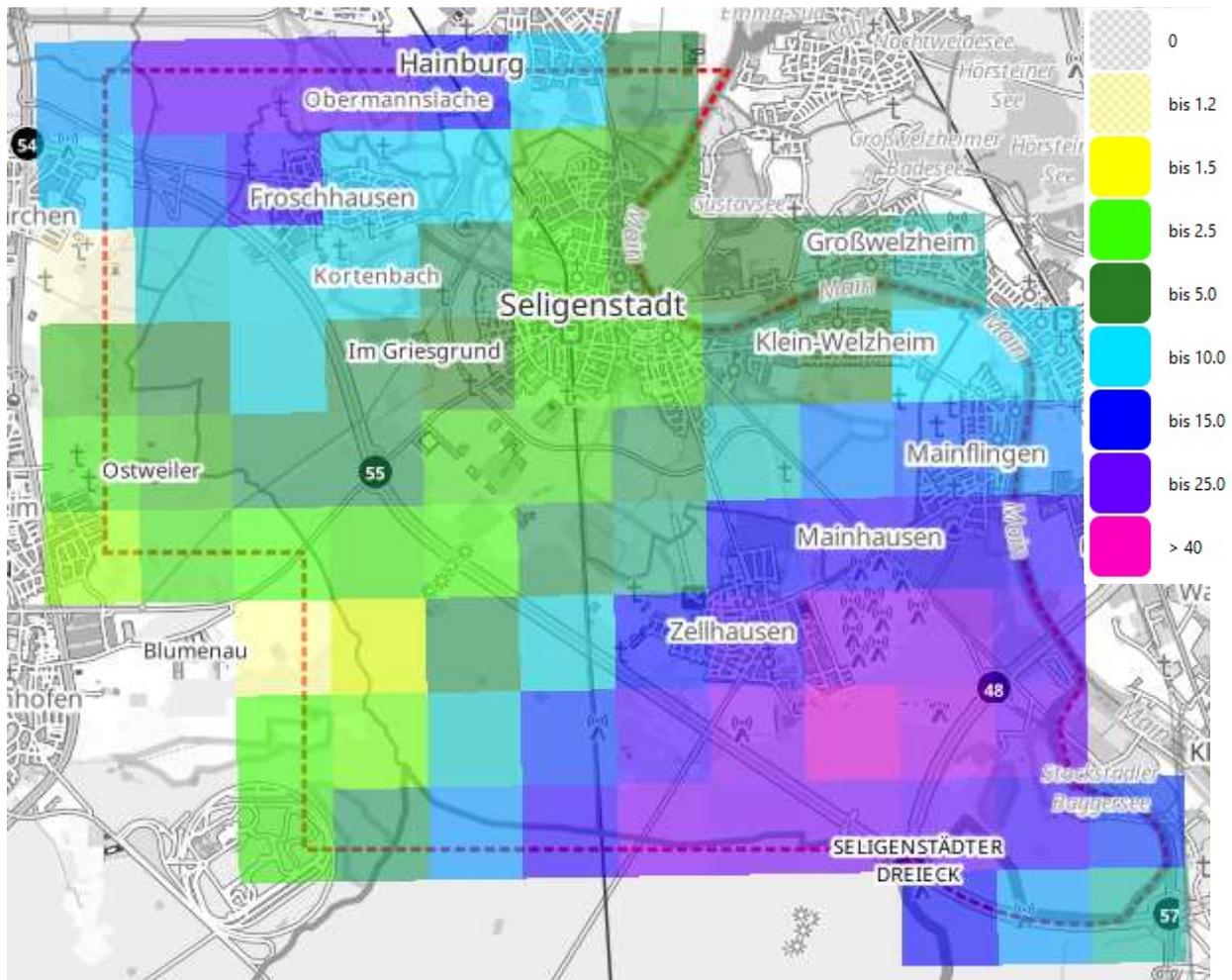


Abbildung 11: Darstellung der Niederschlagssumme [mm] für das Ereignis vom 08.06.2018

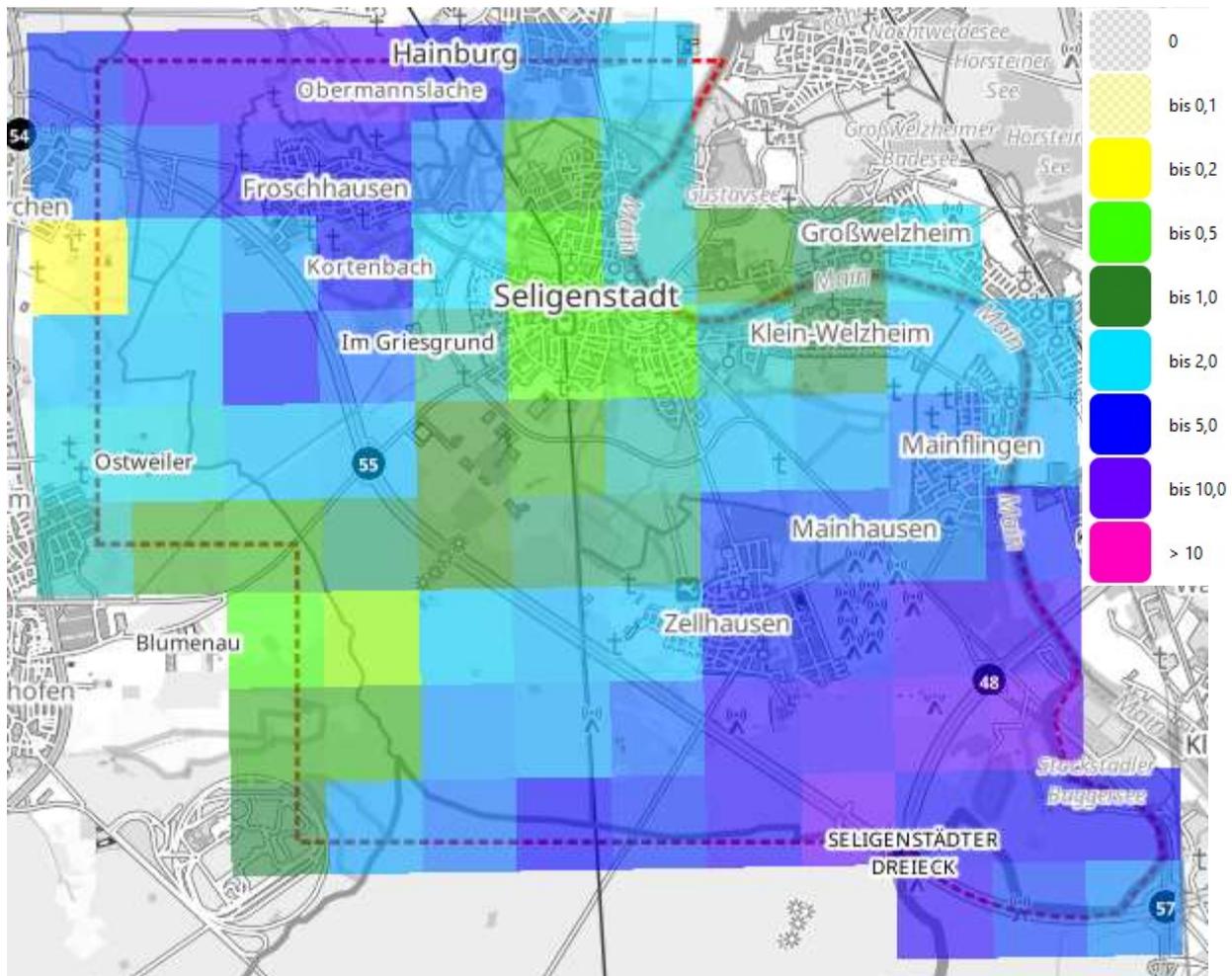


Abbildung 12: Darstellung der Spitzenintensitäten in [mm/5min] für das Ereignis vom 08.06.2018.

Die Regenbelastung nach KOSTRA wurde ebenfalls über die in Abbildung 14 definierten Teileinzugsgebiete vorgegeben.

### 3.9 Effektive Niederschlagsbelastung

Die Aufteilung des Niederschlags in Anfangsverluste, Versickerung und in den abflusswirksamen Niederschlagsanteil wurde mit dem modifizierten SCS-Verfahren nach Zaiß ermittelt. In diesem Verfahren wird der zum Abfluss kommende Niederschlag als Funktion des Ereignisniederschlags und des Versickerungsvermögens des Bodens berechnet. Letzteres wird durch den von Gebietseigenschaften (Bodenart/Bodentyp, Nutzung und Bodenvorfeuchte) abhängigen CN-Wert ausgedrückt.

Herrscht ein sehr großes Versickerungsvermögen vor, strebt der CN-Wert gegen 0 (kein Abfluss); für eine sehr geringe Durchlässigkeit strebt der CN-Wert gegen 100 (gesamter Niederschlag fließt ab). Die hierfür benötigten CN-Werte werden anhand der Daten über die im Modellgebiet anzutreffenden Landnutzungen und Böden abgeschätzt.

Um das unmittelbar durch Hangabflüsse infolge von Niederschlägen resultierende Abflussgeschehen erfassen zu können, ist es erforderlich, den zum Abfluss kommenden (effektiven) Niederschlag als flächenhafte Belastung bei den 2D-Berechnungen zu berücksichtigen. Zu seiner Ermittlung wird für jeden

Modellknoten des Berechnungsnetzes der auf den unversiegelten Flächenanteilen zu erwartende (zeitlich ansteigende) Abflussbeiwert  $\psi(t)$  ermittelt. Über ein automatisiertes Verfahren mit dem Programm „RainMan“ wird die effektive Niederschlagsintensität  $i_{eff}$  in 5 min-Zeitschritten flächendetailliert ermittelt und auf das 3D-Berechnungsnetz übertragen.

Hierzu wird folgende Beziehung verwendet:  $i_{eff}(t) = \psi_{2D}(t) \cdot \frac{h_N}{D_N}$

- $i_{eff}$  effektive Niederschlagsintensität [mm/h]
- $\psi_{2D}$  dynamischer Abflussbeiwert für 2D-Berechnung [-]
- $h_N$  Niederschlagshöhe [mm]
- $D_N$  Niederschlagsdauer [h]

Abbildung 13 zeigt beispielhaft für die vorherrschende Landnutzungsart „Landwirtschaft“ den zeitlichen Verlauf des daraus resultierenden Effektivniederschlags pro Zeitintervall.

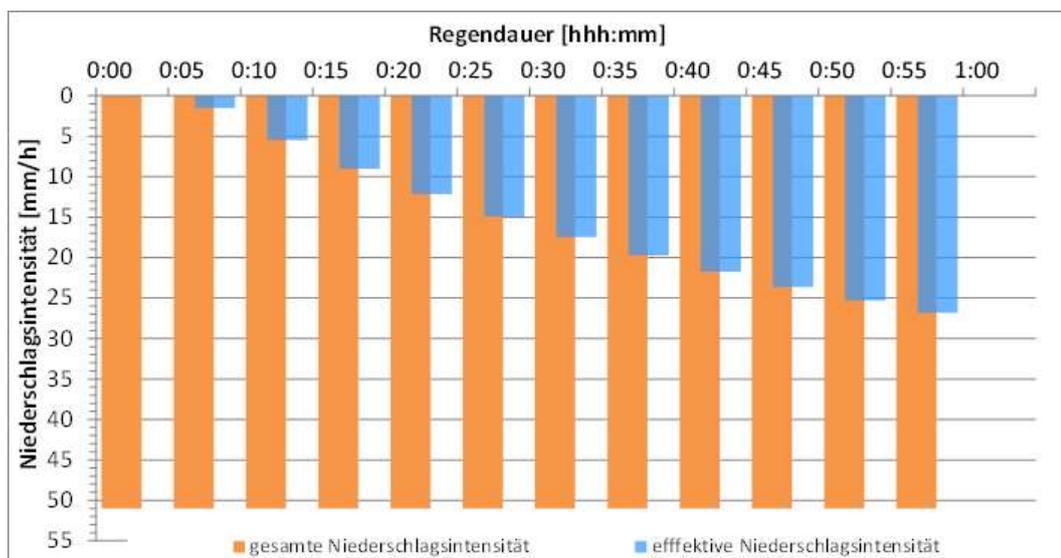


Abbildung 13: Beispiel Gesamt- und Effektivniederschlagshöhe [mm] beim SCS-Verfahren nach Zaiß.

## 4 EINGESETZTE SOFTWARE

### 4.1 Oberflächenströmungsmodell

Für die 2D-Strömungsberechnungen wurde das Programm HydroSimM-UnRunOff verwendet. Es ist eine Eigenentwicklung von BGS Wasser, die vor allem auf die hochgenaue Berechnung von Abflussvorgängen aus Starkniederschlägen ausgelegt ist. Es basiert auf modernsten numerischen Verfahren zur Lösung der vollständigen Flachwassergleichungen auf einem unstrukturierten Berechnungsnetz. Die Berechnungen sind streng volumenerhaltend.

Die auf einer Domänenzerlegung beruhende Parallelisierung ermöglicht kurze Rechenzeiten auch bei großen Modellen. Von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg wurde dieses Programm zur Durchführung von 2D-Berechnungen im Zusammenhang mit Starkregenereignissen zertifiziert.

Hinsichtlich der Ein- und Ausgabeformate ist HydroSimM-UnRunOff kompatibel zu Hydro\_AS-2D. In diesem Gutachten wurde die Version 2.4.2 verwendet.

## **4.2 Gitternetzgenerierung**

Für die Gitternetzerstellung wurde die Software PolyMesh verwendet. PolyMesh ist ein Programm zur Erstellung von unstrukturierten Gitternetzen, das u.a. von BGS IT&E GmbH entwickelt wurde und bei verschiedenen internationalen Institutionen verwendet wird, wie z.B. Meteo France, IFREMER, USACE, NOAA und andere. Die Software wird von BGS Wasser GmbH und BGS IT&E GmbH fortlaufend weiterentwickelt und für die gekoppelte Modellierung sowie die Oberflächenströmungsmodellierung eingesetzt. Mit PolyMesh wird das DGM (gerastert oder unstrukturiert) unter Beibehaltung der wesentlichen Höheninformationen und der Einarbeitung vorzuziehender 2D- oder 3D-Bruchkanten zu dem für die Berechnungen benötigten unregelmäßigen Dreiecksnetz ausgedünnt. Dabei erfolgt eine automatische Optimierung der Struktur des Berechnungsnetzes zur Einhaltung vorgegebener Qualitätsparameter.

## **5 MODELLAUFBAU**

### **5.1 Abgrenzung Modellgebiet und Teileinzugsgebiete**

Das Modellgebiet wurde so gewählt, dass die DGM1 Kacheln das zu untersuchende Einzugsgebiet vollständig abdecken und alle maßgebenden Fließwege im Modell erfasst werden. Das Modell umfasst damit eine Fläche von 61km<sup>2</sup>, wobei das Höhenspektrum von ca. 145 m.ü.NN im Südwesten bis zu rd. 100 m.ü.NN im Nordwesten in den Niederungen am Main reicht.

Für die durchzuführenden Untersuchungen wurden im Modellgebiet 6 Teileinzugsgebiete definiert. Die Abgrenzung der Teileinzugsgebiete erfolgte mittels einer GIS-basierten Fließweg-Analyse auf der Grundlage des DGM1. Damit wird sichergestellt, dass sich die Gebietsgrenzen an den jeweiligen Wasserscheiden orientieren und die jeweiligen Einzugsgebiete erfasst. Die ermittelten Teileinzugsgebiete wurden anschließend auf die im Leitfaden vergebene Größe reduziert wurden.

Die so abgegrenzten Berechnungsbereiche entsprechen diesen Teileinzugsgebieten und haben Größen von rd. 4.5km<sup>2</sup> bis 6km<sup>2</sup> (s. Abbildung 14). Dabei wurden sowohl Teileinzugsgebiete die, die drei Ortslagen direkt belasten sowie die vorhandenen Außengebiete gewählt. Wichtig zu erwähnen ist, dass die Außengebiete, die direkt an die Ortslage angrenzen, ausgewählt wurden, da sie eine ungünstigere Belastung verursachen als die weiter entfernt liegenden Außengebiete. Die definierten Teileinzugsgebiete sind in nachfolgender Abbildung hinterlegt.

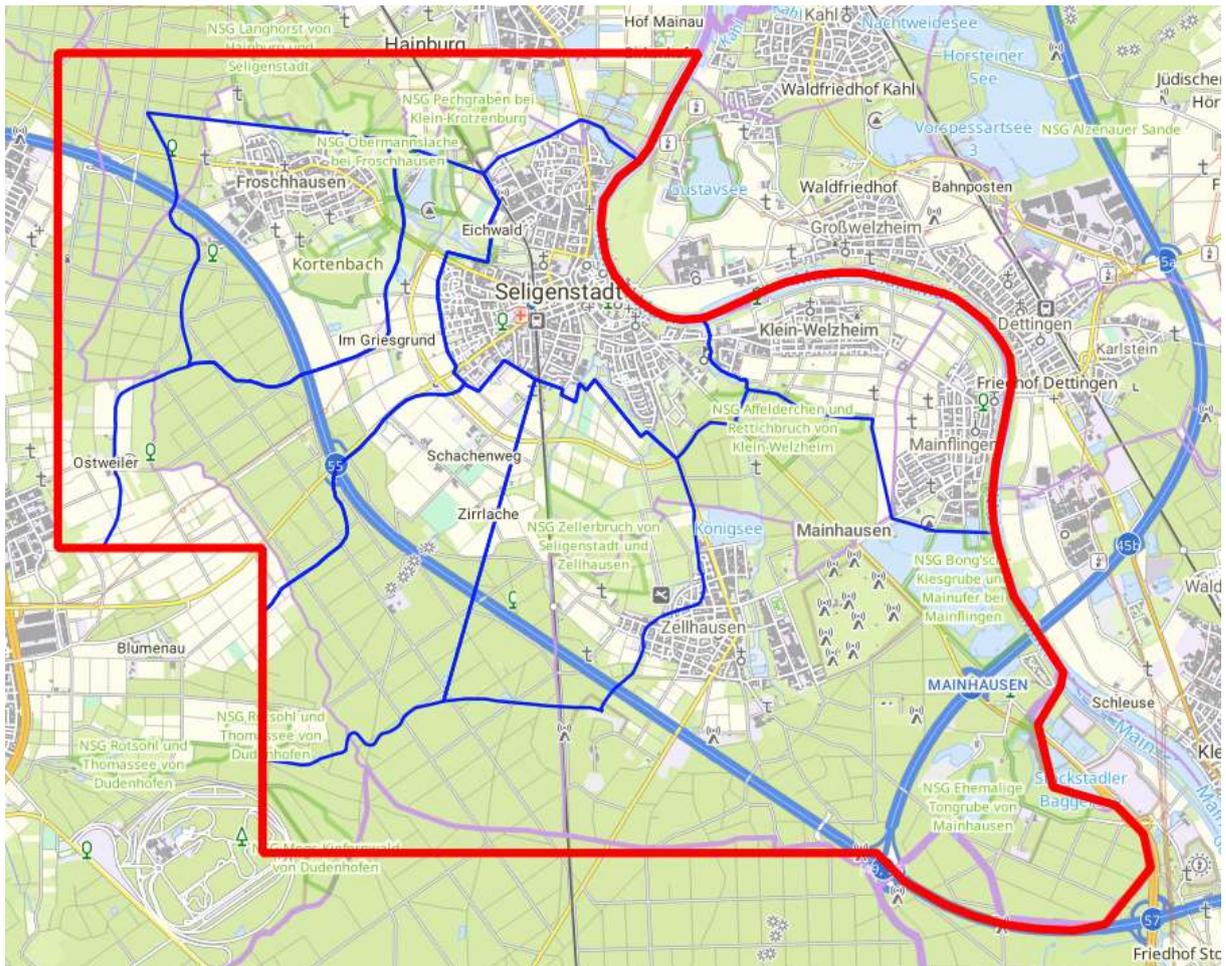


Abbildung 14: Übersicht Projektgebiet und abgegrenzte Berechnungsbereiche (blau Stadtgebiet und Modellumgriff in rot)

## 5.2 Geländemodell: Netzauflösung / Berücksichtigung von Bruchkanten

Das Geländemodell wurde auf Basis des DGM1 des Landes Hessen und den Bruchkanten aus Flurstücken, Straßenflurstücken sowie Nutzungspolygonen erstellt. Die Kantenlängen des Dreiecknetzes liegen im Bereich von 10 cm bis zu 15 m.

Für die Anwendung im Rahmen der Modellierung von Oberflächenströmungen wird ein adaptives und iteratives Ausdünnungsverfahren eingesetzt, das auf Grundlage der Differenz zwischen dem Schwerpunkt eines jeden Dreiecks und dem DGM so lange verfeinert wird, bis der absolute Fehler im Wesentlichen geringer als 5 cm ist. Weiterhin wird die maximale Höhenänderung pro Element auf 0,5 m begrenzt. Diese Art von A-priori-Fehlerabschätzung reduziert effektiv den Fehler nullter Ordnung für die Flachwassergleichungen, der signifikant von der Abbildung der Topografie abhängt. Die beiden nachfolgenden Abbildungen zeigen das endgültige Gitternetz im Bereich von urbanen Räumen bzw. Gräben im Außengebiet.



Abbildung 15: Darstellung der Vermaschung im Bereich des Außengebietes mit den im Detailgrade des DGM1 erfassten Gräben im Gitternetz. Hier ist die Kantenlänge mithin 0,1m.

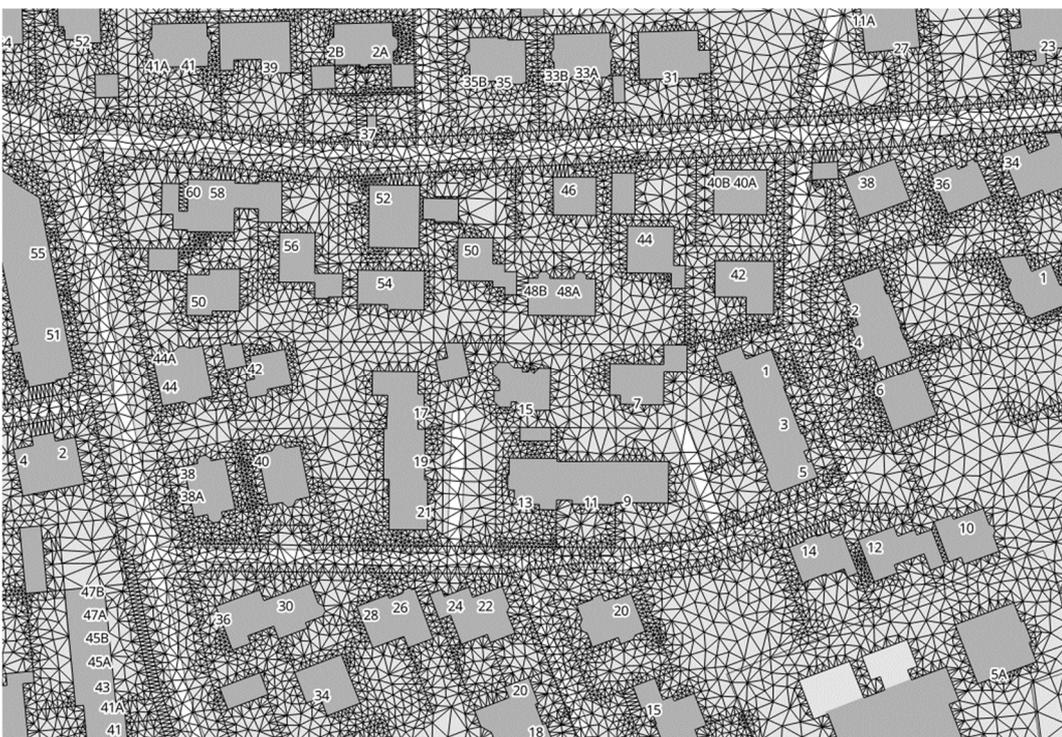


Abbildung 16: Darstellung der Vermaschung im urbanen Raum mit der entsprechenden Detaillierung im Bereich der Flurstücksgrenzen.

Die hydraulischen Strukturen, mit denen die Durchgängigkeit von kleinen Gewässern und Gräben sichergestellt wird, werden numerisch günstig im Gitternetz platziert und die Kanten der Elemente in diesem Bereich werden so ausgerichtet, dass keine zu kleinen oder schlecht geformten Elemente entstehen (s. Abbildung 17).

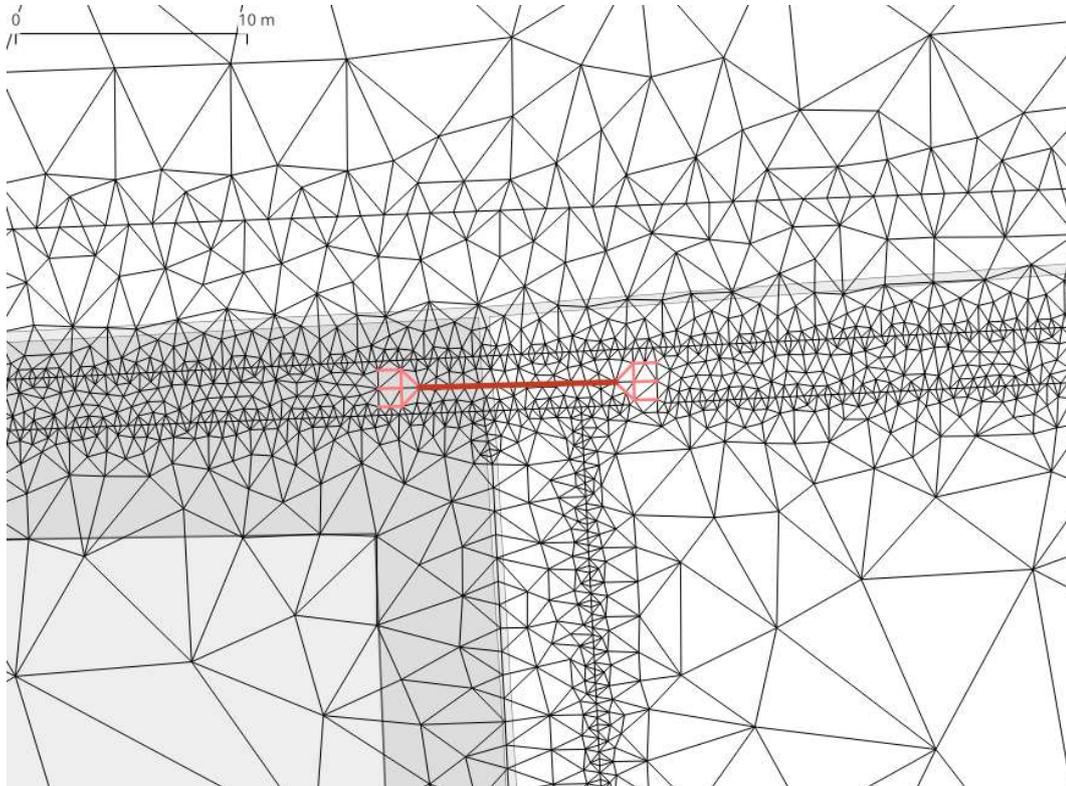


Abbildung 17: Darstellung der Vermaschung im Bereich einer Verrohrung. Die eingefärbten Kanten zeigen die Einlauf- bzw. Auslaufbruchkanten. Dies stellt sicher, dass die Netzgeometrie der Numerik gerecht wird.

### 5.3 Modellränder

Das numerische Modell benötigt entsprechende Randbedingungen, die am Modellrand definiert werden. Die Ergebnisse der Berechnungen hängen wesentlich von der korrekten Definition der Randbedingungen ab. Diese sind für den äußeren Modellrand als absorbierend definiert, der gesamte Volumenstrom verlässt an dieser Stelle das Modellgebiet, ohne die Ergebnisse im Modellgebiet zu beeinflussen. Den internen Rändern, die durch das Ausschneiden von Gebäuden und Mauern aus dem Berechnungsgitternetz entstehen, werden reflektierende Randbedingungen zugeordnet. D.h. Wasser kann nicht durch das Gebäude fließen und der Impuls wird an der Gebäudewand reflektiert. Die Abflüsse der vorliegenden Vorfluter wurden, wie im Leitfaden Baden-Württemberg üblich, bei den Starkregenbetrachtungen nicht gesondert betrachtet.

## 6 DURCHFÜHRUNG DER BERECHNUNGEN FÜR STARKREGEN

### 6.1 Allgemeines

Bei den Berechnungen wurden die jeweiligen zeitlichen und räumlichen Verteilungen der effektiven Niederschläge für die gewählten Teileinzugsgebiete direkt knotenspezifisch als Eingangsgrößen vorgegeben.

Die Zuordnung der effektiven Niederschlagsspenden zu den Knoten des Berechnungsnetzes erfolgte im Vorfeld der Berechnungen im GIS. Die Berechnungsdauer variiert je nach untersuchtem Niederschlagsereignis. Damit ist unter Berücksichtigung der topografischen Verhältnisse sichergestellt, dass die wesentlichen Abflüsse das Modellgebiet verlassen haben und somit überall die maximal resultierenden Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten erfasst wurden.

## 6.2 Plausibilisierung durch Ortsbegehung und Erfahrungswerte

Mit den Ergebnissen erster Rechenläufe wurde eine Ortsbegehung durchgeführt und Bereiche gesichtet, in denen auffällige Überflutungen rechnerisch ermittelt wurden (Hotspots).

In diesem Rahmen wurden folgende Aspekte untersucht:

- Ist die Durchgängigkeit der Hauptfließwege im Modell und vor Ort gegeben?
- Ist der rechnerisch ermittelte Aufstau vor Einläufen realistisch?
- Sind Durchlässe und Unterführungen im Modell korrekt abgebildet?
- Welchen Zustand haben Grabenverläufe vor Ort?
- Welchen Zustand haben die Einläufe in Durchlässe und Verrohrungen?
- Welchen Zustand haben Straßenentwässerungen?

Daraufhin erfolgte eine Modellanpassung und erneute Berechnung mit dem maßgebenden Belastungsregen. Diese Ergebnisse wurden gemeinsam mit dem Auftraggeber auf Plausibilität geprüft und durch Erfahrungswerte historischer Ereignisse verifiziert. Hierzu wurden insgesamt 2 Ortsbegehungen durchgeführt. Die Bilder der Ortsbegehungen sind im Rahmen des GIS-Projektes verortet. Es wurde angeregt, dass Bilder von entwässerungsrelevanten Gegebenheiten zukünftig fortlaufend im Rahmen des GIS-Projektes dokumentiert werden. Im Rahmen der Ortsbegehungen wurde das Modell fortlaufend verbessert. Fehlende Durchgängigkeit wurde hergestellt und weitere Modellanpassungen durchgeführt. Mit diesem überarbeiteten Modell wurden dann die endgültigen Rechenläufe durchgeführt.

## 6.3 Plausibilisierung durch Prüfung der Volumenerhaltung

Im Leitfaden Hessen wird gefordert, dass zumindest am Kontrollquerschnitt des Gebietsrandes eine Prüfung stattfindet, ob das aufgekommene Wasservolumen vom Modellsystem erhalten wird (Volumenerhaltung). In HydroSimM-UnRunOff wird dies in jedem Zeitschritt geprüft und ausgewertet, und weiterhin wird die Summe des Fehlers über die Simulationszeit gebildet.

In der nachfolgenden Abbildung ist der mathematische Zusammenhang auf Grundlage des Divergenz Theorems nach Green dargestellt. Hierbei wird nichts anderes ausgesagt, als dass die Änderung des Volumens im Bilanzgebiet der Summe aller Zu- und Abflüsse in das Gebiet entspricht, welches durch denselben Rand definiert wird. Die Integration erfolgt pro Zeitschritt mit Hilfe der Gauß-Quadratur. Dabei wird jeder Knoten und jede Randkante des Gebietsrandes bilanziert. Ebenfalls werden alle Quellen und Senken bei der Bilanzierung berücksichtigt.



Abbildung 18: Volumenfehler in % je Zeitschritt der Simulation.

Wie aus Abbildung 18 ersichtlich ist, liegt der max. Volumenfehler, über alle Zeitschritte, bei rund  $1.25 \cdot 10^{-5}$  %.

## 7 HYDRODYNAMISCHE GEFÄHRDUNGSANALYSE (ZWISCHENSTAND)

Die hydrodynamische Gefährdungsanalyse im Rahmen des Leitfadens Hessens für Starkregengeborechnungen ist ein wesentliches Instrument zur Bewertung von Starkregenerisiken und der damit verbundenen Gefährdung für Siedlungen, Infrastrukturen und Landschaften. Diese Analyse wird durch die Erstellung sogenannter Starkregengefahrenkarten visualisiert (s. Anlage 1-4), die den Behörden und Kommunen als Grundlage für das Starkregenerisikomanagement dienen. Ein zentrales Element der Gefährdungsanalyse ist die Nutzung von numerischen Modellen, die auf Basis von Geländedaten und Niederschlagsinformationen berechnen, wie sich Wasser bei einem Starkregeneignis in einem bestimmten Gebiet verteilt.

Diese Modelle simulieren den Wasserabfluss und liefern detaillierte Ergebnisse zu den maximal auftretenden Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen, die an jedem Rechenknoten während der Simulation auftreten können. Die Starkregengefahrenkarten veranschaulichen die Ergebnisse dieser numerischen Simulationen und zeigen, welche Bereiche bei Starkregen besonders gefährdet sind. Auf diesen Karten werden folgende wesentliche Informationen dargestellt:

1. Maximale Wassertiefen: Sie geben an, wie hoch das Wasser in bestimmten Bereichen aufsteigen kann, insbesondere in Senken oder Mulden, die anfällig für Überflutungen sind.
2. Maximale Fließgeschwindigkeiten: Diese Daten zeigen, wie schnell das Wasser abfließt. Hohe Fließgeschwindigkeiten stellen ein großes Gefahrenpotenzial dar, da sie nicht nur zu

Überschwemmungen führen, sondern auch Bodenabtrag und Erosion verstärken sowie die Stabilität von Infrastrukturen gefährden können.

Die numerischen Modelle berücksichtigen dabei Parameter wie die Topografie, die Versickerungskapazität des Bodens und bestehende Entwässerungssysteme. Für die Ergebnisinterpretation ist dabei wichtig zu wissen, dass beide Werte mithin nicht zeitgleich auftreten. Nachfolgend sind Ausschnitte (s. Abbildung 19 und Abbildung 20) aus den Starkregengefahrenkarten für die max. auftretenden Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten dargestellt. In Absprache mit dem Auftraggeber (AG) wurden die Karten im Maßstab 1:5000 erstellt.

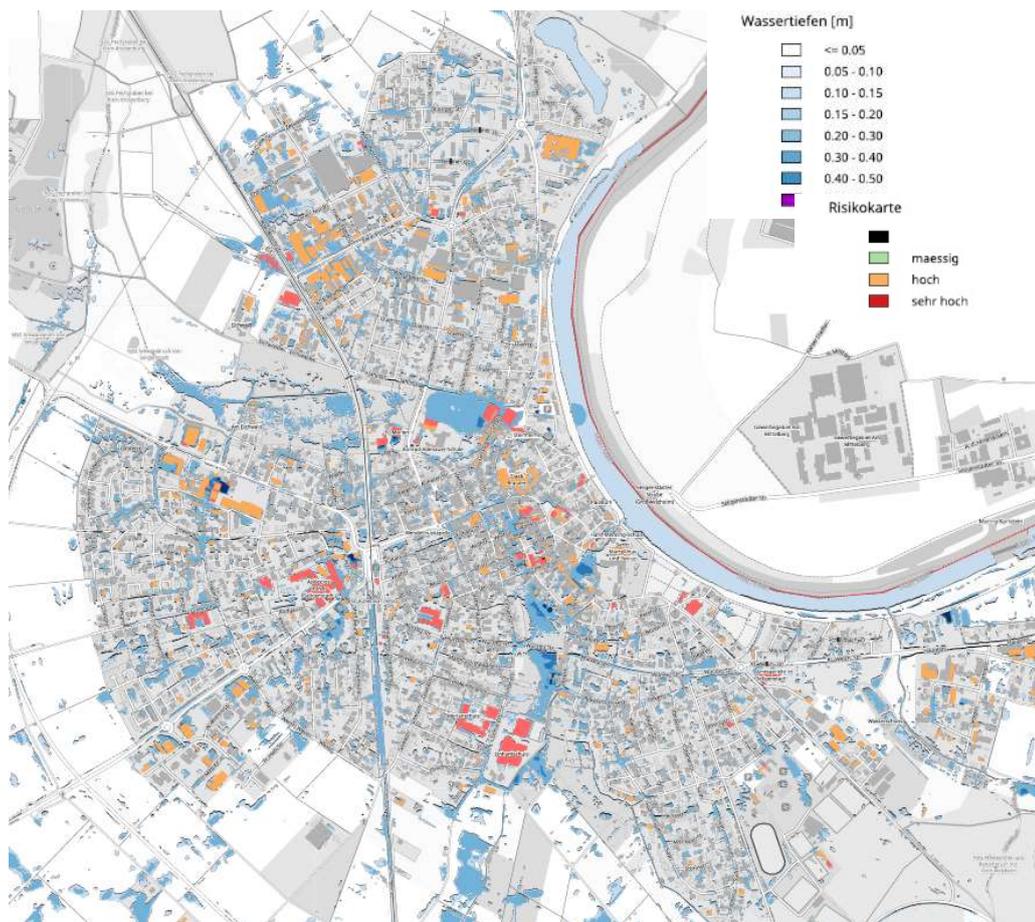


Abbildung 19: Kartenausschnitt der max. auftretende Wassertiefen. Dabei werden Wassertiefen < 0,05 cm ausgeblendet. (Hintergrund: basemap.de). Zusätzlich sind ist die Risikokartierung der Gebäude farblich dargestellt. (Hintergrund: basemap.de). Zusätzlich sind ist die Risikokartierung der Gebäude farblich dargestellt.

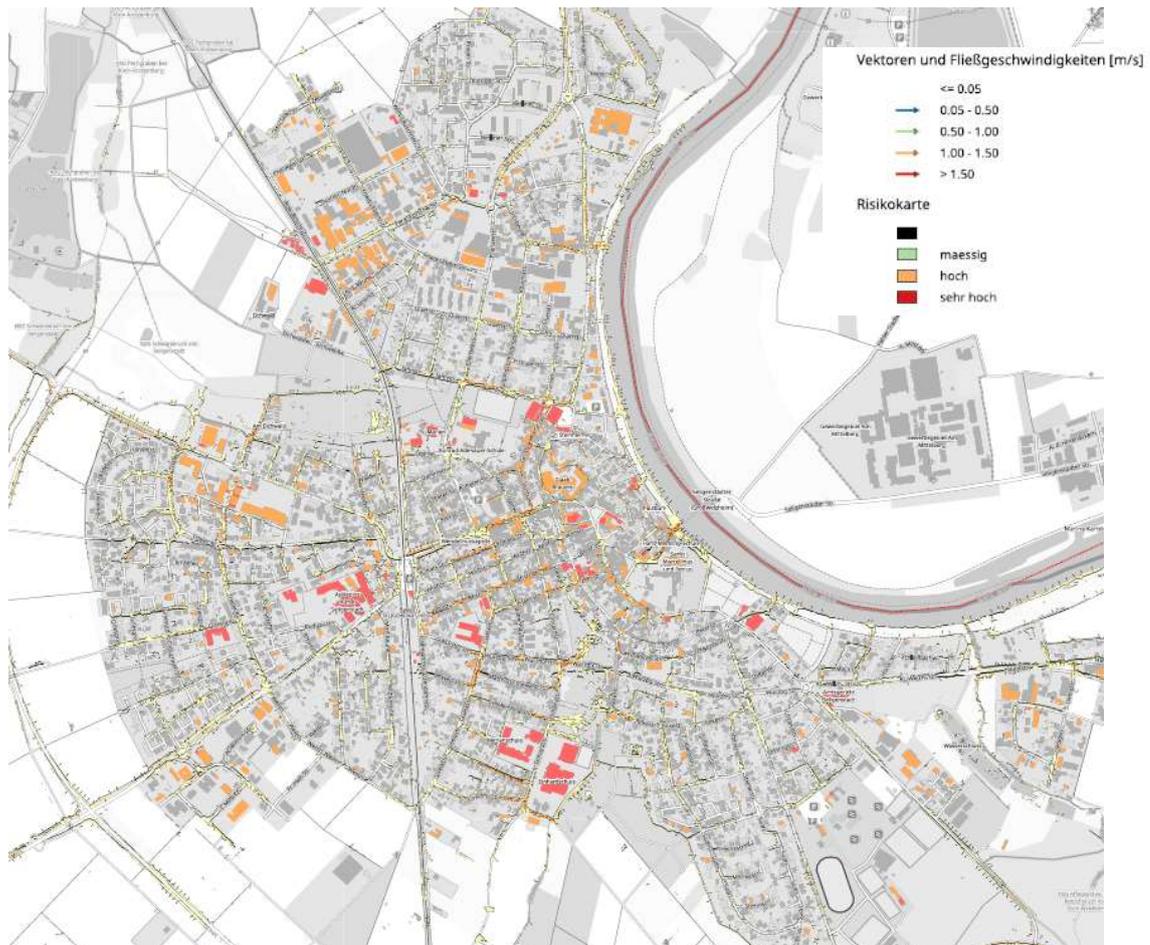


Abbildung 20: Kartenausschnitt der max. max. auftretenden Fließgeschwindigkeiten. Dabei werden Geschwindigkeiten  $< 0,2$  m/s ausgeblendet. (Hintergrund: basemap.de). Zusätzlich sind ist die Risikokartierung der Gebäude farblich dargestellt.

Die Gefährdungsanalyse hilft dabei, kritische Infrastrukturen zu identifizieren und gezielte Maßnahmen zum Überflutungsschutz zu planen. Besonders gefährdete Straßen, Gebäude und Brücken können durch die Auswertung der Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen auf den Karten erkannt und Schutzmaßnahmen wie verbesserte Entwässerungssysteme oder Rückhaltemöglichkeiten entwickelt werden. Die Starkregengefahrenkarten bieten somit eine wichtige Grundlage für die Planung von präventiven Maßnahmen, um Überflutungsschäden zu minimieren.

Die Starkregengefahrenkarten sind in Anlage 1-4 für die untersuchten Ereignisse und Einzugsgebiete dargestellt.

## 7.1 Gefährdungssituation – Seligenstadt Kernstadt

Im Bereich der Kernstadt gibt es mehrere zentrale Überflutzonen, die als gefährdet eingestuft werden. Ein kritischer Bereich ist die Asklepios Klinik, die zuletzt im Jahr 2024 von einem signifikanten Überflutungsereignis betroffen war. Durch die zentrale Lage und die topografischen Gegebenheiten sammelt sich dort bei Starkregen besonders viel Wasser, was zu Überschwemmungen führt und eine Gefahr für die medizinische Versorgung darstellt. Darüber hinaus weisen die Analysen eine erhöhte Gefährdung an verschiedenen öffentlichen Einrichtungen auf. Besonders betroffen sind die Einhardschule, die

Merianschule und die Emmaschule, die aufgrund ihrer Lage bei Starkregenereignissen ebenfalls Überflutungen ausgesetzt sind. Weitere gefährdete Gebäude sind das Kursana Domizil, ein Altenpflegeheim, sowie die Kita St. Josephshaus. Beide Einrichtungen beherbergen vulnerable Gruppen, was die Überflutungsgefahr hier besonders ernst macht. Auch das Bürgerhaus Seligenstadt ist in hohem Maße von Überflutungen betroffen. Zusätzlich zeigt die Analyse, dass der Altstadtbereich, insbesondere rund um das Kloster Seligenstadt und die angrenzenden Straßen, anfällig für Überflutungen ist.

Diese kritischen Bereiche erfordern gezielte Maßnahmen zur Verbesserung des Überflutungsschutzes, um sowohl die Infrastruktur als auch die Bewohner vor zukünftigen Starkregenereignissen zu schützen. Es ist von zentraler Bedeutung, dass präventive Maßnahmen wie die Optimierung der Entwässerungssysteme und die Implementierung von Rückhaltemöglichkeiten umgesetzt werden, um die Auswirkungen solcher Ereignisse zu minimieren.

## **7.2 Gefährdungssituation – Froschhausen**

Im Stadtteil Froschhausen gibt es mehrere Bereiche mit erhöhter Überflutungsgefahr. Besonders betroffen ist der Bereich rund um die freiwillige Feuerwehr und das Bürgerhaus, wo regelmäßig Überflutungen auftreten können. Eine weitere signifikante Gefährdung besteht im Bereich des „Gangelchen“, das in Richtung der Seligenstädter Straße verläuft. Hier können sich bei Starkregenereignissen größere Wassermengen ansammeln, was zu Überschwemmungen führt.

## **7.3 Gefährdungssituation – Klein-Welzheim**

Die Überflutungsgefahr in Klein-Welzheim beschränkt sich im Wesentlichen auf die Sudetenstraße und Spessartstraße.

# **8 RISIKOANALYSE**

Auf der Grundlage der erstellten Starkregengefahrenkarten ist eine Einschätzung der örtlichen Überflutungsrisiken zu treffen. Hierzu ist die ermittelte und in den Starkregengefahrenkarten dargestellte Überflutungsgefährdung mit den örtlichen Schadenspotenzialen (kritische Objekte) zu verknüpfen. Darauf aufbauend soll das lokal variierende Überflutungsrisiko konkret bewertet und damit eine qualifizierte Grundlage für die spätere Ableitung und Benennung von Handlungserfordernissen geschaffen werden.

## **8.1 Schadenspotenzial**

Die qualitative Einschätzung des Schadenspotenzials in den Klassen „gering“ bis „sehr hoch“ muss als flächenbezogene Auswertung im Sinne einer Ersteinschätzung vollzogen werden, bei der die besonders schadensrelevanten bzw. schützenswerten Objekte und Anlagen anhand von Nutzungsinformationen identifiziert und lokalisiert werden. Hierbei sind sowohl nicht monetäre als auch monetäre Schäden angemessen zu berücksichtigen. Um dem Rechnung zu tragen, erfolgt zunächst eine grundlegende Einordnung des Schadenspotenzials von Gebäuden auf Basis der übergeordneten Nutzung und Funktion. Dabei werden die bereits aus dem Hochwasserrisikomanagement bekannten Schutzgüter als Grundlage herangezogen. Neben der Vulnerabilität sowohl der Bewohner als auch des Gebäudes selbst oder der in ihm untergebrachten Objekte wird auch die Bedeutung des Gebäudes während der Bewältigung von

Krisensituationen berücksichtigt. Weiterhin gehen die bei einer Überflutung zu erwartende Gefahr für die Umwelt sowie die wirtschaftlichen Folgen in die Überlegungen ein. Nachfolgend sind die auf diesen Überlegungen festgelegten Erst-Einschätzungen aufgeführt.

Tabelle 2: Grundlagen der pauschalen Erst-Einschätzung des Schadenspotenzials

Übergeordnete Gebäudefunktion	Schadenspotenzial
Für die akute Krisenbewältigung relevante Objekte (z.B. Rathaus, Feuerwehr)	sehr hoch
Infrastrukturobjekte (Strom, Wasser, etc.)	sehr hoch
Gebäude zum Aufenthalt besonders gefährdeter Personen (z.B. Krankenhaus, Kindergarten, Pflegeheim)	sehr hoch
Lagerstätten wassergefährdender Stoffe	sehr hoch
Verwaltungsgebäude	hoch
Gebäude für öffentliche Zwecke / Bildung (z.B. Schule, Gemeindezentrum)	hoch
Industrie- und Gewerbestandorte	hoch
Kulturstandorte (z.B. Kirche, Schloss)	hoch
Wohngebäude	mäßig
Kleingewerbestandorte mit und ohne begleitender Wohnfunktion	mäßig
Sportstätten und andere öffentliche Aufenthaltsräume	mäßig
Parkhäuser, Garagen	mäßig
Nebengebäude und gelegentliche bewohnte Gebäude	gering
Lagerhallen, Gerätehallen	gering

Die Grundlage für die Zuordnung der einzelnen Gebäude in die Schadenspotenzial-Klassen bildet, die in den ALKIS-Daten erfasste „funktionale Bedeutung des Gebäudes“. Diese ist im ALKIS-Objektartenkatalog detailliert mit über 100 Einträgen aufgeschlüsselt. Tabelle 3 zeigt eine Auswahl der häufig anzutreffenden Gebäudefunktionen und deren Einordnung in die Schadenspotenzial-Klassen.

Tabelle 3: ALKIS-Objektartenkatalog für Gebäude (Auswahl) und Erst-Einschätzung des Schadenspotenzials

ALKIS-Gebäudefunktion (ID / Beschreibung)	Schadenspotenzial
1000 Wohngebäude	mäßig
2000 Gebäude für Wirtschaft oder Gewerbe	gering
2463 Garage	mäßig
2465 Tiefgarage	hoch
2512 Pumpstation	hoch
2513 Wasserbehälter	sehr hoch
2523 Umformer	sehr hoch
2723 Schuppen	gering
3000 Gebäude für öffentliche Zwecke	hoch
3012 Rathaus	sehr hoch
3020 Gebäude für Bildung und Forschung	hoch
3041 Kirche	hoch
3043 Kapelle	hoch

3048	Kloster	hoch
3051	Krankenhaus	sehr hoch
3065	Kinderkrippe, Kindergarten, Kindertagesstätte	sehr hoch
3072	Feuerwehr	sehr hoch
3200	Gebäude für Sportzwecke	mäßig

## 8.2 Überflutungsgefährdung

Aus den 2-dimensionalen hydraulischen Berechnungen liegen die Ergebnisse (Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit) an jedem Modellknoten, im Rahmen der Gefährdungsanalyse, vor. In Anlehnung an die Empfehlungen aus dem Merkblatt DWA M 119 werden beide Größen zu einer Überflutungsgefährdung kombiniert, die in 4 Gefährdungsklassen (gering – sehr hoch) unterteilt ist.

Für die Festlegung der entsprechenden Grenzwerte werden auch die Wassertiefen und die Fließgeschwindigkeiten in jeweils 4 Klassen eingeteilt. Aus der Kombination beider Werte wird anschließend die Überflutungsgefährdung ermittelt. Diese Klasseneinteilung zur Ermittlung der Überflutungsgefährdung erfolgt entsprechend der Vorgaben aus dem Kommunalen Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg (Anhang 6 – Risikoanalyse Stand: November 2019). Die entsprechende Matrix ist in

Tabelle 4 (links) dargestellt.

## 8.3 Überflutungsrisiko

Das Überflutungsrisiko ergibt sich für jedes Risikoobjekt aus der Kombination des Schadenspotenzials mit der Überflutungsgefährdung. Da die Vorgehensweise in Hessen nicht standardisiert ist, wird als Grundlage für diese Einschätzung des Überflutungsrisikos die in DWA-M 119 für den Lastfall  $T_n = 30$  Jahre empfohlene Matrix herangezogen (

Tabelle 4, rechts). Auf eine Anpassung der Bewertung für die geringeren Niederschlagshäufigkeiten wird auf der sicheren Seite liegend verzichtet. Im Zuge der Risikoanalyse sind die kritischen Objekte zu identifizieren, für die bei Starkregenereignissen besondere Gefahren für Leib und Leben sowie erhebliche Schäden und Beeinträchtigungen an Sachgütern zu erwarten sind. Diese Objekte sind in den Starkregengefahrenkarten zu kennzeichnen. Weiterhin gibt es nach unten aufgeführter Tabelle (rechts) keine Einstufung „gering“ im Rahmen der Risikobewertung, da die geringste Überflutungsgefährdung (s. u.a. Tabelle links) „mäßig“ ist gemäß dem Leitfaden aus Baden-Württemberg.

Tabelle 4: Empfohlene Kriterien zur Gefährdungsanalyse nach LUBW und Risikoeinschätzung nach DWA-119

Überflutungstiefe	Fließgeschwindigkeit				Risiko $T_n = 30$ a	Schadenspotenzial				
	<0,2 m/s	0,2 – 0,5 m/s	0,5 – 2 m/s	> 2 m/s		gering	mäßig	hoch	sehr hoch	
5 – 10 cm	mäßig	mäßig	hoch	sehr hoch	Überflutungsgefährdung	gering	gering	mäßig	mäßig	hoch
10 – 50 cm	hoch	hoch	sehr hoch	sehr hoch		mäßig	mäßig	mäßig	hoch	sehr hoch
50 – 100 cm	hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch		hoch	mäßig	hoch	sehr hoch	sehr hoch
> 100 cm	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch		sehr hoch	hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch

Die Ergebnisse der Risikobetrachtung sind in den Überflutungsplänen in Anlage 1-2 für die jeweiligen Jährlichkeiten und Belastungen dargestellt.

## 9 MAßNAHMENKONZEPT (ZWISCHENSTAND)

In diesem Kapitel wird das Maßnahmenkonzept für den Überflutungsschutz in Seligenstadt vorgestellt. Der Schwerpunkt des Projekts lag auf der Modellerstellung und Modellvalidierung, wodurch der Großteil der Ressourcen in diese Bereiche geflossen ist.

Im Vergleich dazu nimmt die Entwicklung der Maßnahmenkonzepte einen deutlich geringeren Anteil des Gesamtaufwands ein. Die Vorschläge bleiben auf konzeptioneller Ebene. Ziel ist es, mit den verfügbaren Mitteln konkrete Maßnahmen aufzuzeigen, die die Überflutungssituation in Seligenstadt verbessern.

### 9.1 Allgemeine Hinweise

Ziele des Starkregenvorsorgekonzeptes für die Stadt Seligenstadt waren

- die Erstellung von Starkregengefahrenkarten, zum Aufzeigen der potenziellen Gefahr durch plötzlich auftretende Starkregen, wie sie z.B. bei sommerlichen Gewittern auftreten können
- Erstellung eines Oberflächenmodells aus Grundlage der Bestandssituation.
- Die Entwicklung von ersten Konzepten zur Vermeidung oder Linderung des Starkregenrisiko.

Die Darstellungen und Analysen müssen von den Folgen von Flusshochwasser und z.B. Überflutung der Auenlandschaften entlang der Vorfluter unterschieden werden. Die Gefahren, die hieraus entstehen können, sind grundlegend anders zu bewerten.

Die folgende Aufzählung ist als Hinweise und Ideensammlung zur Reaktion auf die Starkregengefahr zu verstehen:

#### 9.1.1 Vermeidung neuer Risiken (Vorsorge)

- Erhalt des natürlichen Wasserrückhalts in der Fläche und an den Gewässern,
- Erhalt der Abflussleistung bei ausgebauten Gewässern und Vermeidung von Störungen des Abflusses,
- Vermeidung neuer Bauwerke in überflutungsgefährdeten Gebieten, bzw. angepasstes Bauen
- Vermeidung neuer kritischer Infrastrukturen (Wasser, Energie, Telekommunikation, Abwasser) in überflutungsgefährdeten Gebieten,
- Vermeidung eines Umgangs mit wassergefährdenden Stoffen in überflutungsgefährdeten Gebieten,
- Vermeidung neuer Erosionsrisiken in überflutungsgefährdeten Gebieten und entlang ausgeprägter Fließwege,
- Berücksichtigung der Starkregenproblematik in der Bauleitplanung und bei Bauvorhaben,
- Einbindung der Starkregenrisikovorsorge in kommunale Planungsprozesse,
- Erhöhung des Risikobewusstseins bei Bevölkerung, Betrieben, Land- und Forstwirtschaft,

- Vorbereitung der Gefahrenabwehr (Alarm- und Einsatzpläne),
- dezentrale innerörtliche Niederschlagswasserbewirtschaftung,
- Stärkung des Wasserrückhalts in Außenbereichen, Vorbereitung von innerörtlichen Notfließwegen.

### 9.1.2 Verringerung bestehender Risiken (Anpassung)

- Verbesserung des natürlichen Wasserrückhalts in der Fläche und an den Gewässern, Einbindung von Forst- und Landwirtschaft,
- Anlage von Grün- / Gehölzstreifen am Rand von Ackerflächen,
- Bodenbearbeitung quer zur Falllinie der Hänge,
- Anpassung von Schlagform und -größe,
- Anlage von Fanggräben in Form einer bepflanzten Graben-Wall-Struktur.
- Regelmäßige Freilegung der Einläufe von Verrohrungen, regelmäßige Mahd von Gräben.
- Verbesserung der Widerstandsfähigkeit von Gebäuden, Anlagen, Betrieben, Einrichtungen, kritischer Infrastrukturen gegenüber Hochwasser und wild abfließendem Wasser,
- Schutz der Gebäude vor eindringendem Wasser sowie die Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit der kritischen Infrastruktur,
- Verringerung der Überflutungswahrscheinlichkeit, soweit eine Eigenvorsorge der betroffenen Personen bzw. für die Gebäude, Anlagen, Betriebe und Einrichtungen nicht zumutbar ist,
- Unterstützung und Sensibilisierung von Bevölkerung, Industrie, Handel, Gewerbe bei der Eigenvorsorge,
- Hilfe zur Selbsthilfe,
- Durchführung von Informationsveranstaltungen, Bereitstellung von Informationsbroschüren

### 9.1.3 Objektschutz

Beim Objektschutz für bestehende Gebäude ist zu unterscheiden zwischen Maßnahmen, die Wasser vom Gebäude fernhalten, und Maßnahmen, die den Zutritt von Wasser in das Gebäude verhindern. Bei der Planung von Maßnahmen zum Fernhalten von Wasser vom Gebäude ist zu beachten, dass dadurch keine Gefährdung Dritter eintritt.

#### Wasser vom Gebäude fernhalten

- Grundstückseinfassungen, mobile Elemente zur Unterbindung von Fließwegen,
- Geländegefälle vom Gebäude weg anlegen,
- Abflusslenkung in risikoarme Grundstücksbereiche,
- Schaffung von Geländesenken zur Zwischenspeicherung des Wassers,
- Rückbau von Flächenversiegelungen,
- erosionsmindernde Bepflanzung.

#### Wasserzutritt zum Gebäude verhindern

- Sicherung von Fenster- und Türöffnungen (Barrieren und Sperren, Anrampungen),
- Sicherung von Lichtschächten, Kellerfenstern und -türen (Aufkantungen),
- Schutz vor Rückstau aus der Kanalisation (Rückstausicherung),
- Sicherung Leitungsdurchführungen (druckwassersichere Wanddurchführungen),
- Schutz vor Durchnässung Außenwand und Bodenplatte

#### 9.1.4 Verringerung nachteiliger Folgen während eines Hochwasser- bzw. Starkregenereignisses

- Verbesserung der Reaktionsfähigkeit der betroffenen Bevölkerung und der Verantwortlichen für Anlagen, Einrichtungen und Betriebe im Falle eines Starkregenereignisses,
- Verbesserung der Reaktionsfähigkeit von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben im Falle eines Starkregenereignisses auf kommunaler und regionaler Ebene.

## 9.2 Analyse der Bestandsituation und Maßnahmenvorschläge (in Arbeit)

### 9.2.1 Chronologie der Ereignisse und Medienberichte

Am 2. Mai 2024 erlebte Seligenstadt ein schweres Starkregenereignis, bei dem binnen kurzer Zeit 85 Liter pro Quadratmeter fielen. Dies führte zu rund 200 Feuerwehreinsätzen, bei denen 150 Einsatzkräfte aus der Region im Dauereinsatz waren. Besonders betroffen war die Asklepios Klinik (s. Abbildung 21), deren Keller überflutet wurde. Bürgermeister Dr. Daniell Bastian lobte die schnelle und koordinierte Arbeit der Einsatzkräfte sowie die Unterstützung der Bevölkerung. Der Einsatzschwerpunkt lag im Bereich Bahn-schranke Richtung Silzenfeld. Die Einsätze dauerten bis in die Nacht und setzten am Folgetag fort.

Bei dem Starkregenereignis am 2. Mai 2024 waren die benachbarten Gemeinden Hainburg und Klein-Welzheim ebenfalls betroffen, jedoch deutlich weniger stark als Seligenstadt. In Hainburg fielen etwa 20 Liter Regen pro Quadratmeter, was im Vergleich zu den 85 Litern in Seligenstadt eine geringere Belastung darstellte. Dementsprechend blieben größere Schäden aus. In Klein-Welzheim kam es nur zu drei Einsätzen, und auch hier blieben die Auswirkungen im Vergleich zur Kernstadt Seligenstadt relativ moderat. (s.a. <https://www.seligenstadt.de/aktuelles/pressemitteilungen/05-2024/feuerwehr-wegen-starkregens-im-dauereinsatz-circa-150-einsatzkraefte-an-gut-200-einsatzstellen/>).

Frühere Ereignisse haben im Bereich der Kernstadt Seligenstadt nicht zu einer solchen starken Belastung geführt. Es ist hier auch noch anzumerken, dass die 100-jährliche Belastung im Rahmen der statistischen Analysen des DWD auf Grundlage von KOSTRA 2020 nur etwa eine Belastung von 45 mm in Bereich Seligenstadt vorsieht. Abbildung 22 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen des Radolan 1 Ereignisses von 02.06.2003, wo bis zu 65 mm Niederschlag in einem kurzen Zeitraum aufgetreten sind im Bereich der Alepokis Klinik. Die Überflutungsflächen im Bereich der Alepokis Klinik zeigen deutlich, wie detailliert die Ergebnisse die Überflutungsflächen in diesem Bereich darstellen.



Abbildung 21: Folgen des Starkregenereignisses am 4.5.2024 (Quelle: <https://www.seligenstadt.de/aktuelles/pressemitteilungen/05-2024/feuerwehr-wegen-starkregens-im-dauereinsatz-circa-150-einsatzkraefte-an-gut-200-einsatzstellen/>)



Abbildung 22: Ergebnisse der Starkregensimulation im Bereich der Asklepios Klinik. Belastung Radolan Ereignis 1 aus 2003. (Hintergrund: basemap.de)

## 10 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Im Rahmen der Erstellung der Starkregenkarten für Seligenstadt wurde ein leistungsfähiges zweidimensionales Oberflächenabflussmodell entwickelt, das dem aktuellen Stand der Technik entspricht und effizient für die Strömungsberechnung von Oberflächenströmungen eingesetzt werden kann. Dieses Modell wurde nahtlos in eine GIS-Umgebung integriert, was es ermöglicht, für viele hydraulische Strukturen wie Durchlässe und Verrohrungen Fachschalen zu erstellen, die von der Stadt gepflegt und regelmäßig aktualisiert werden können. Somit dient das Modell als umfassendes hydraulisches Kataster für die Stadt Seligenstadt.

Die Aussagekraft des Modells könnte weiter gesteigert werden, wenn im Bereich der Hauptfließwege gewässertechnische Vermessungen durchgeführt würden. Solche Vermessungen würden detailliertere Daten liefern, die für eine präzisere Anpassung und Verbesserung des Modells genutzt werden könnten. Insbesondere würde dies dazu beitragen, die Genauigkeit der Strömungs- und Abflussberechnungen zu erhöhen und das Modell insgesamt robuster zu machen.

Insgesamt stellt die Entwicklung und Integration des zweidimensionalen Oberflächenabflussmodell für die Stadt Seligenstadt einen wichtigen Fortschritt in der Wasserwirtschaft und im Starkregenrisikomanagement dar. Mit gezielten Verbesserungen und Erweiterungen, wie der gewässertechnischen Vermessung und der Modellkopplung mit dem Kanalnetz, kann die Stadt in Zukunft ihre Kapazität zur Bewältigung von Starkregenereignissen weiter stärken und den Schutz sowie die Sicherheit ihrer Bürger effektiv erhöhen.

Zusätzlich zu diesen technischen Fortschritten wurden verschiedene Maßnahmenkonzepte für die entscheidenden Außengebietszuflüsse entwickelt und dargestellt. Diese Konzepte sollten als integraler Bestandteil der Stadtentwicklungsstrategie weiterverfolgt werden. Sie bieten praktikable Lösungen, um den Herausforderungen infolge zunehmender Starkregenereignisse zu begegnen und tragen zur nachhaltigen Verbesserung der Resilienz der städtischen Infrastruktur und der natürlichen Umgebung bei.

Es wird empfohlen in der Zukunft dieses hier erarbeitete Oberflächenmodell mit dem Kanalnetz zu koppeln, um eine nachhaltige urbane Entwässerungsplanung zu ermöglichen und anstehenden Sanierungsmaßnahmen zu optimieren. Weiterhin erfüllt die gekoppelte Modellierung die höchsten Anforderungen der DWA-118/119.

## Anhang 1: Regenbelastung nach KOSTRA-DWD 2020.



### KOSTRA-DWD 2020

Nach den Vorgaben des Deutschen Wetterdienstes - Hydrometeorologie -

### Niederschlagshöhen nach KOSTRA-DWD 2020

Rasterfeld : Spalte 129, Zeile 161 INDEX\_RC : 161129  
 Ortsname : Seligenstadt (HE)  
 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	7,1	8,7	9,7	11,0	12,9	14,9	16,1	17,8	20,2
10 min	9,2	11,3	12,6	14,3	16,8	19,3	21,0	23,1	26,2
15 min	10,5	12,9	14,4	16,3	19,1	22,0	23,9	26,4	29,9
20 min	11,5	14,1	15,7	17,8	20,9	24,0	26,1	28,8	32,6
30 min	12,9	15,8	17,6	20,0	23,4	26,9	29,3	32,3	36,6
45 min	14,4	17,6	19,6	22,3	26,1	30,0	32,6	36,0	40,8
60 min	15,5	19,0	21,2	24,0	28,1	32,4	35,1	38,8	44,0
90 min	17,2	21,0	23,4	26,6	31,2	35,8	38,9	42,9	48,7
2 h	18,4	22,6	25,2	28,6	33,5	38,5	41,8	46,1	52,3
3 h	20,3	24,9	27,8	31,5	36,9	42,5	46,2	50,9	57,8
4 h	21,8	26,7	29,8	33,8	39,6	45,6	49,5	54,6	61,9
6 h	24,0	29,5	32,8	37,3	43,7	50,2	54,5	60,2	68,3
9 h	26,5	32,5	36,2	41,1	48,1	55,3	60,1	66,3	75,2
12 h	28,4	34,8	38,8	44,0	51,5	59,3	64,3	71,0	80,5
18 h	31,2	38,3	42,7	48,4	56,7	65,3	70,9	78,2	88,7
24 h	33,4	41,0	45,7	51,8	60,7	69,9	75,9	83,7	94,9
48 h	39,4	48,3	53,8	61,1	71,5	82,3	89,4	98,6	111,9
72 h	43,3	53,2	59,2	67,2	78,7	90,6	98,4	108,5	123,1
4 d	46,4	56,9	63,4	72,0	84,3	97,0	105,3	116,2	131,8
5 d	48,9	60,0	66,8	75,9	88,8	102,2	111,0	122,5	138,9
6 d	51,1	62,6	69,8	79,2	92,7	106,7	115,9	127,9	145,0
7 d	53,0	64,9	72,4	82,1	96,2	110,7	120,2	132,6	150,4

#### 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  
 hN Niederschlagshöhe in [mm]