

Stadt Seligenstadt



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

Erläuterungsbericht

PROJEKT-NR.: 5872

STAND: 09 / 2024

[5872_B_ABGABE_021024]

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, 28.11.2024



i.A. Dr.-Ing. Aron Roland



Dr.-Ing. S.Wallisch

INHALT

1 EINFÜHRUNG	1
2 PROJEKTGEBIET	1
2.1 Verwendete Unterlagen	3
2.2 Hinweise zur Methodik	4
3 DATENGRUNDLAGE	4
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	9
3.7 Niederschlagsbelastung auf Grundlage von RADOLAN	10
3.8 Niederschlagsbelastung nach KOSTRA-DWD 2020	14
3.9 Effektive Niederschlagsbelastung	16
4 EINGESETZTE SOFTWARE	17
4.1 Oberflächenströmungsmodell	17
4.2 Gitternetzgenerierung	18
5 MODELLAUFBAU	18
5.1 Abgrenzung Modellgebiet und Teileinzugsgebiete	18
5.2 Geländemodell: Netzauflösung / Berücksichtigung von Bruchkanten	19
5.3 Modellränder	21
6 DURCHFÜHRUNG DER BERECHNUNGEN FÜR STARKREGEN	21
6.1 Allgemeines	21
6.2 Plausibilisierung durch Ortsbegehung und Erfahrungswerte	22
6.3 Plausibilisierung durch Prüfung der Volumenerhaltung	22
7 CHRONOLOGIE DER EREIGNISSE UND MEDIENBERICHTE	23
8 HYDRODYNAMISCHE GEFÄHRDUNGSANALYSE	25

8.1 Gefährdungssituation – Seligenstadt Kernstadt	27
8.2 Gefährdungssituation – Klein-Welzheim	30
8.3 Gefährdungssituation – Froschhausen	31
9 RISIKOANALYSE	32
9.1 Schadenspotenzial	32
9.2 Überflutungsgefährdung	34
9.3 Überflutungsrisiko	34
10 KONZEPTIONELLE MAßNAHMENENTWICKLUNG	35
10.1 Festlegung der Schutzziele	35
10.2 Allgemeine Vorüberlegungen	37
10.3 Zentrale Maßnahmenvorschläge	39
10.4 Vorsorgemaßnahmen	40
10.4.1 Gewässerunterhaltung und -pflege	40
10.4.2 Informations- und Verhaltensvorsorge	41
10.4.3 Flächenvorsorge	41
10.4.4 Bauvorsorge und Objektschutz	41
10.4.5 Starkregenwarnung und Krisenmanagement	43
10.4.6 Sonstige Maßnahmen	43
11 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	44

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 aus /U1/.	8
Abbildung 6: Vorherrschende Böden im Projektgebiet (Quelle: BÜK 1000 /U10/)	10
Abbildung 7: Darstellung der Niederschlagssumme [mm] für das Ereignis vom 02.06.2003.	11
Abbildung 8: Darstellung der Spitzenintensitäten in [mm/5min] für das Ereignis vom 02.06.2003.	12
Abbildung 9: Darstellung der Niederschlagssumme [mm] für das Ereignis vom 08.06.2018	13
Abbildung 10: Darstellung der Spitzenintensitäten in [mm/5min] für das Ereignis vom 08.06.2018.	14
Abbildung 11: Lage der Rasterfelder gemäß KOSTRA-DWD-2020 (/U9/)	15
Abbildung 12: Darstellung des Extremszenarios mit einer Niederschlagsverteilung nach Euler II.	16
Abbildung 13: Beispiel Gesamt- und Effektivniederschlagshöhe [mm] beim SCS-Verfahren nach Zaiß.	17
Abbildung 14: Übersicht Projektgebiet und abgegrenzte Berechnungsbereiche (blau Stadtgebiet und Modellumgriff in rot)	19
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.	20
Abbildung 16: Darstellung der Vermaschung im urbanen Raum mit der entsprechenden Detaillierung im Bereich der Flurstückgrenzen.	20
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.	21
Abbildung 18: Volumenfehler in % je Zeitschritt der Simulation.	23

Abbildung 19: Folgen des Starkregeneignisses 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/)	24
Abbildung 20: Ergebnisse der Starkregensimulation im Bereich der Asklepios Klinik. Belastung Radolan Ereignis 1 aus 2003. (Hintergrund: basemap.de)	24
Abbildung 21: 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).	26
Abbildung 22: Kartenausschnitt der max. max. auftretenden Fließgeschwindigkeiten. Dabei werden Geschwindigkeiten < 0,2 m/s ausgeblendet. Zusätzlich sind ist die Risikokartierung der Gebäude farblich dargestellt. (Hintergrund: basemap.de).	27
Abbildung 23: Max. auftretende Überflutungshöhen bei dem Radolan Ereignis von 2003 Starkregen im Stadtteil Seligenstadt. Die Stromlinien sind in roter Farbe dargestellt, dabei variiert die Farbgebung von Weiß (0.0 m/s) bis Rot (0.5 m/s). (Hintergrund: Base-map.de)	28
Abbildung 24 Max. auftretende Überflutungshöhen bei dem Radolan Ereignis von 2003 Starkregen im Stadtteil Seligenstadt. Die Stromlinien sind in roter Farbe dargestellt, dabei variiert die Farbgebung von Weiß (0.0 m/s) bis Rot (0.5 m/s). (Hintergrund: Base-map.de)	29
Abbildung 25: Max. auftretende Überflutungshöhen bei dem Radolan Ereignis von 2003 Starkregen im Stadtteil Seligenstadt. Die Stromlinien sind in roter Farbe dargestellt, dabei variiert die Farbgebung von Weiß (0.0 m/s) bis Rot (0.5 m/s). (Hintergrund: Base-map.de)	30
Abbildung 26: Max. auftretende Überflutungshöhen bei dem Radolan Ereignis von 2003 Starkregen im Stadtteil Klein-Welzheim. Die Stromlinien sind in roter Farbe dargestellt, dabei variiert die Farbgebung von Weiß (0.0 m/s) bis Rot (0.5 m/s). (Hintergrund: Base-map.de)	31
Abbildung 27: Max. auftretende Überflutungshöhen bei dem Radolan Ereignis von 2003 Starkregen im Stadtteil Froschhausen. Die Stromlinien sind in roter Farbe dargestellt, dabei variiert die Farbgebung von Weiß (0.0 m/s) bis Rot (0.5 m/s). (Hintergrund: Base-map.de)	32
Abbildung 28: Zyklus des Starkregen-Risikomanagements (/U7/)	38

Abbildung 29: Detaillierte Darstellung der Überflutungen im Bereich des Sportplatzes an der Jahnstraße.

TABELLEN

Tabelle 1: Zu Grunde gelegten Rauheiten nach Materialbelegung gemäß Leitfaden Hessen	9
Tabelle 2: Grundlagen der pauschalen Erst-Einschätzung des Schadenspotenzials	33
Tabelle 3: ALKIS-Objektartenkatalog für Gebäude (Auswahl) und Erst-Einschätzung des Schadenspotenzials	33
Tabelle 4: Empfohlene Kriterien zur Gefährdungsanalyse nach LUBW und Risikoeinschätzung nach DWA-119	35

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 km² 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 km² und folgt dem natürlichen Geländegefälle Richtung Main. Die kanalisierten 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.

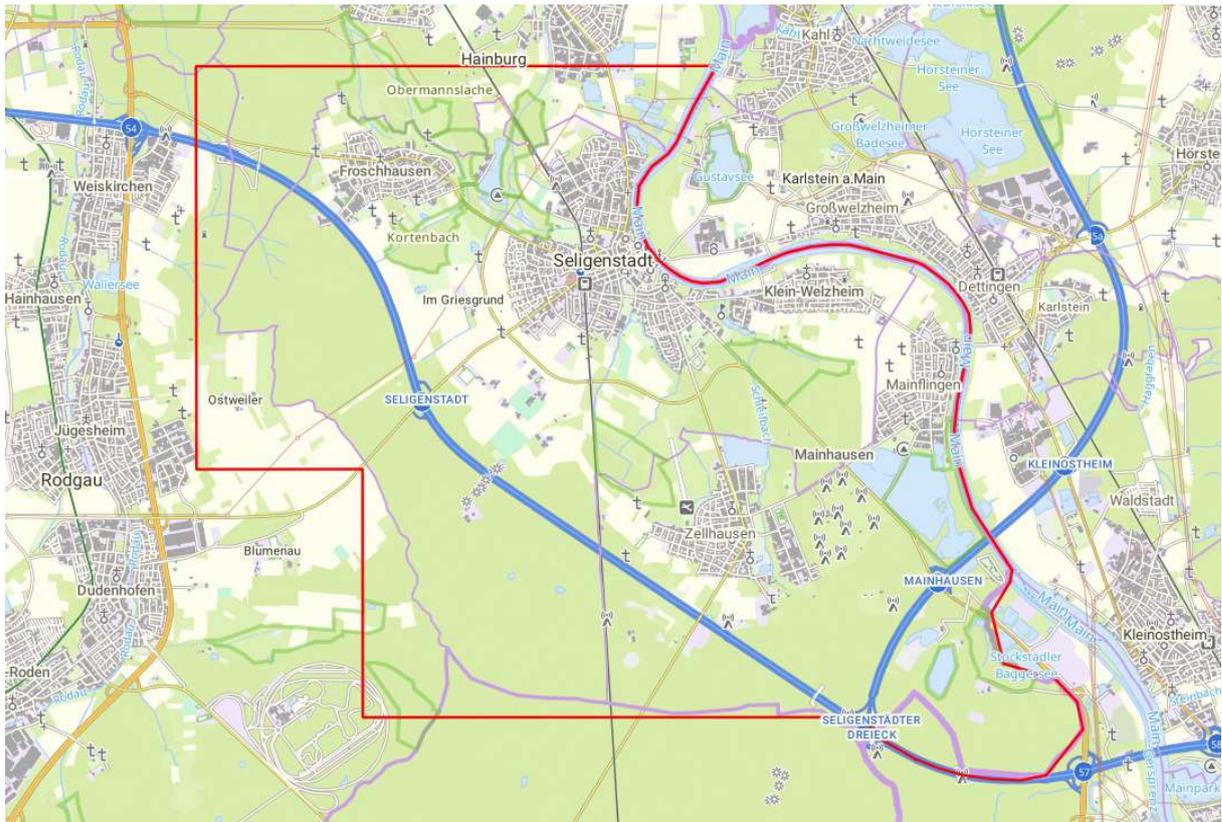


Abbildung 1: Übersicht Projektgebiet Stadt Seligenstadt mit Einzugsgebietsgrenzen (Kartenbild: BaseMap)

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 Starkregengeborechnungen 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).

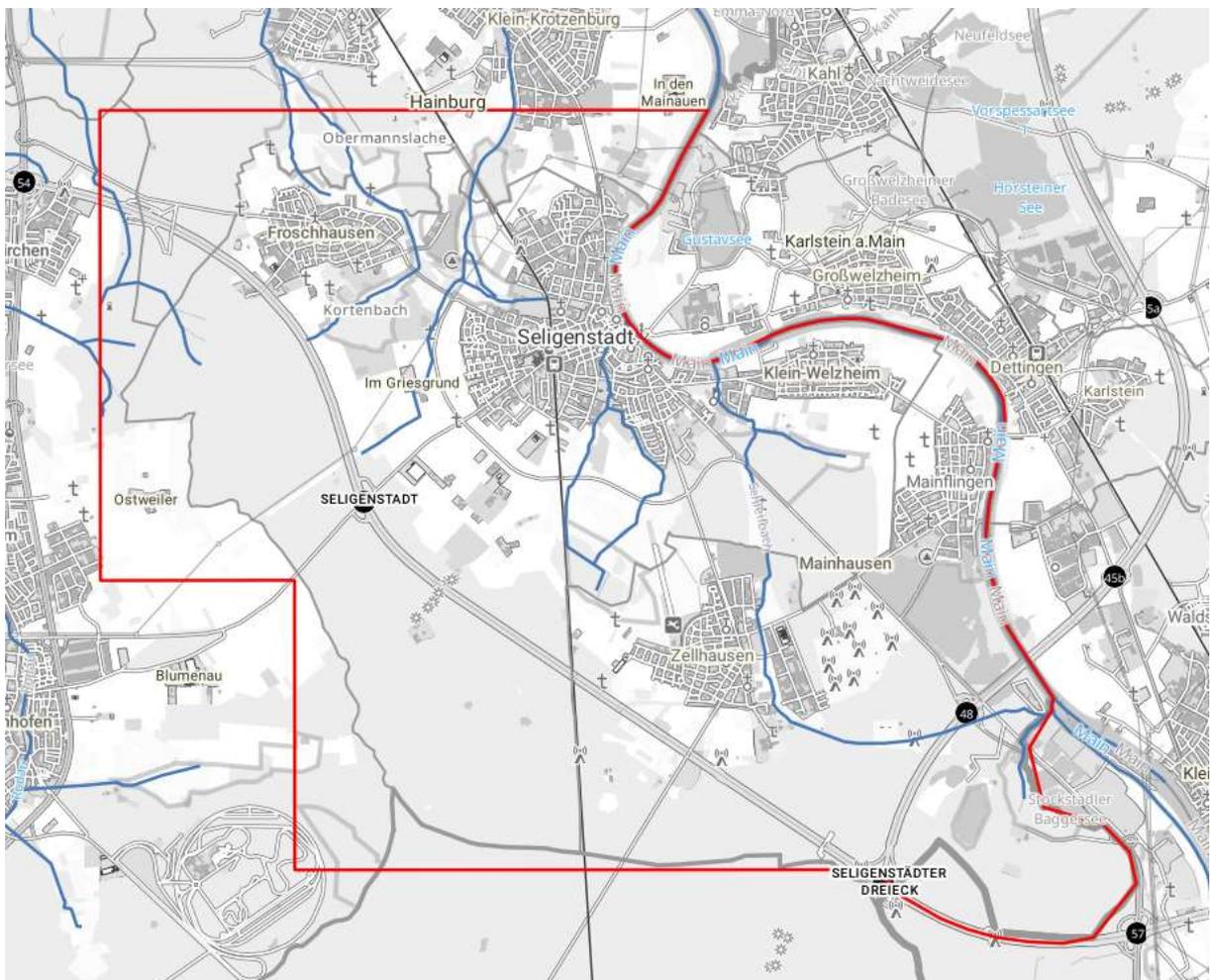


Abbildung 2: Projektgebiet mit überörtlichem Gewässernetz (Kartenbild: basemap.de)

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

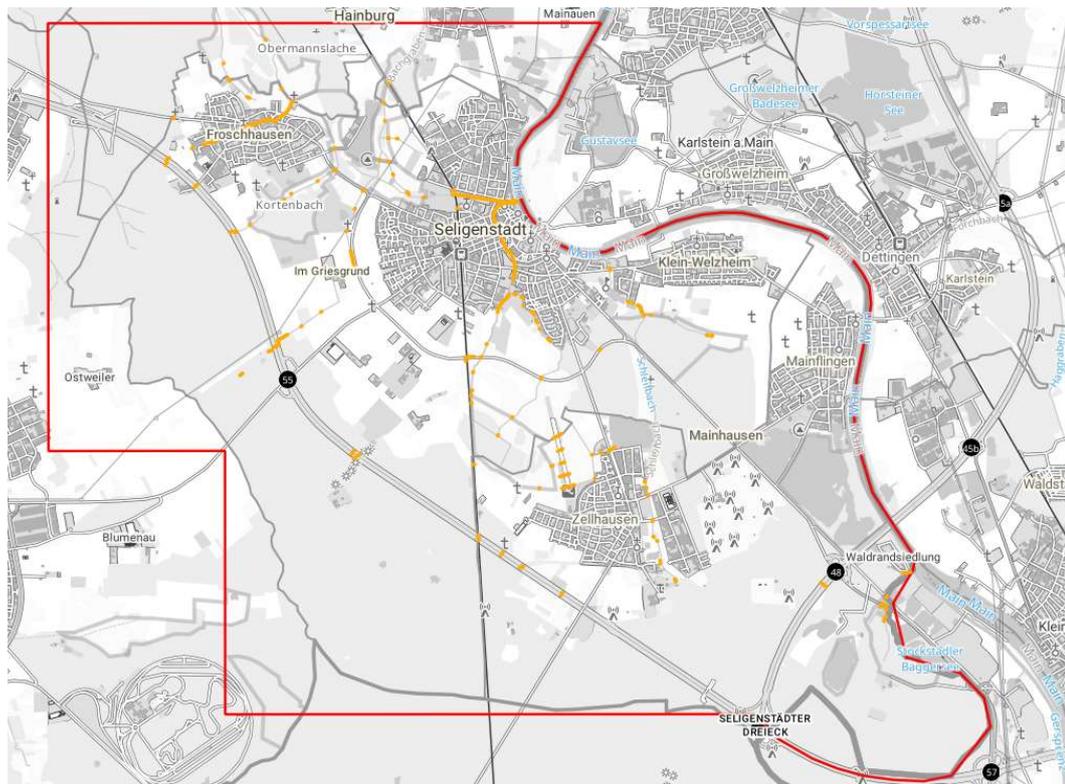


Abbildung 4: Übersicht hydraulische Strukturen (orange dargestellt; Kartenbild: Basemap.de)

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.

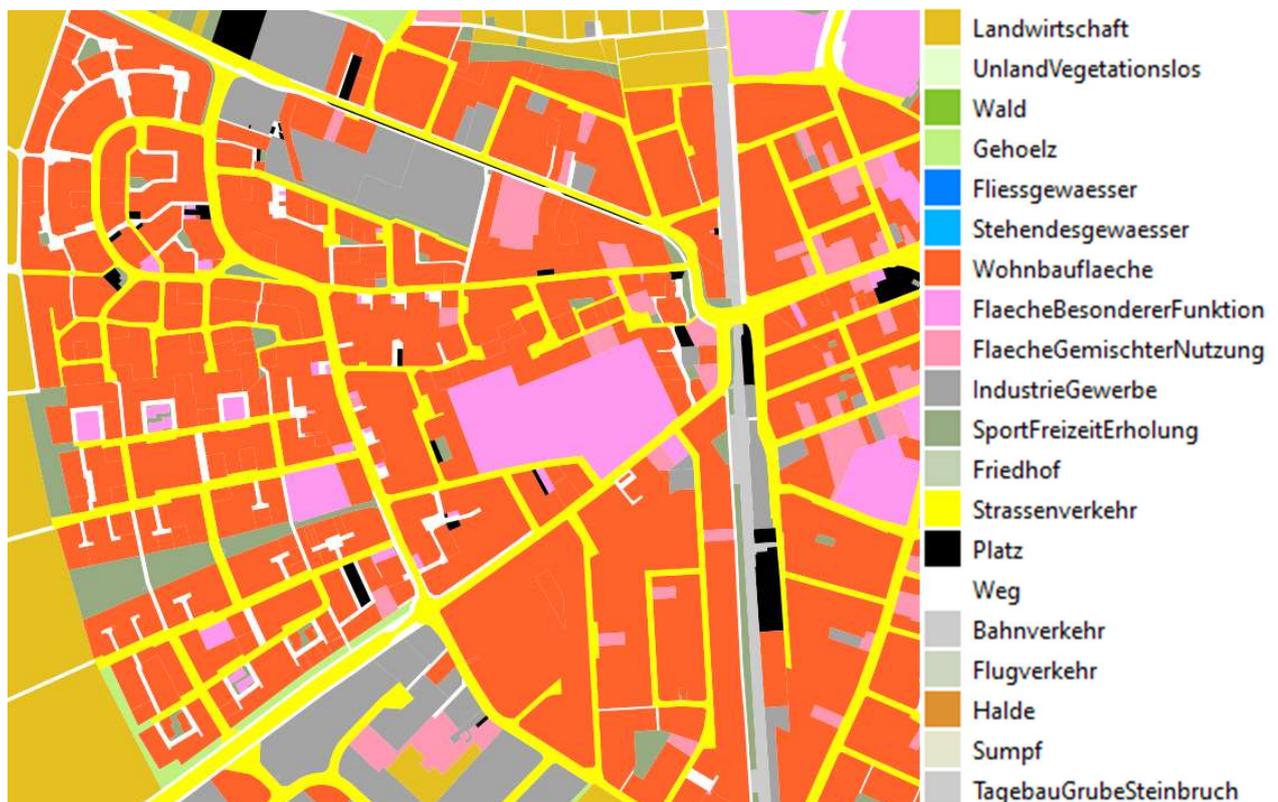


Abbildung 5: Ausschnitt Materialbelegung der Kernstadt Seligenstadt aus /U1/.

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.

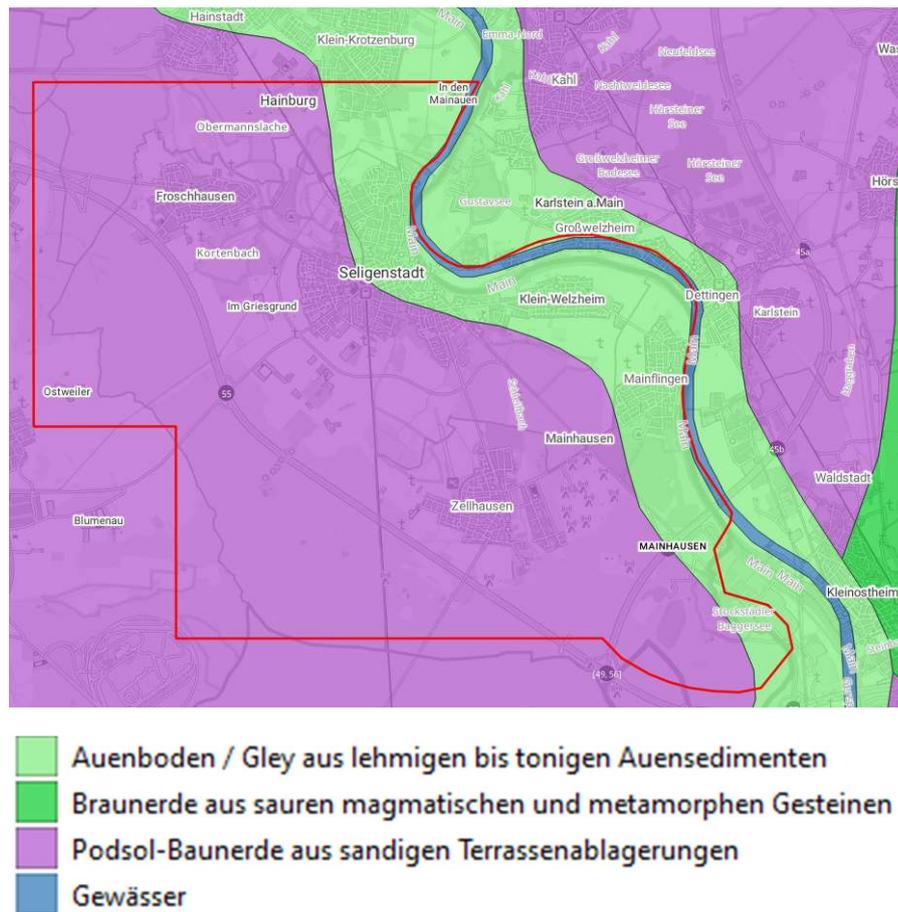


Abbildung 6: Vorherrschende Böden im Projektgebiet (Quelle: BÜK 1000 /U10/)

3.7 Niederschlagsbelastung auf Grundlage von RADOLAN

Zur Berücksichtigung der spezifischen Charakteristik von Starkniederschlägen wurden gemäß /U6/ räumlich und zeitlich differenzierte Starkniederschläge aus den RADOLAN-Niederschlagsradardaten generiert, um das Einzugsgebiet entsprechend zu belasten. Zwei Ereignisse wurden ausgewählt, wobei die RADOLAN-Daten über den Schwerpunkten der jeweiligen Teileinzugsgebiete (s. Kap. 5.1) des Berechnungsnetzes positioniert wurden. Die Niederschlagshöhen wurden anschließend den einzelnen Netzelementen zeitlich und räumlich zugeordnet.

Die Berechnung der effektiven Niederschlagshöhen erfolgte wie bei den KOSTRA-Daten mit dem modifizierten SCS-Verfahren nach Zaiß, angepasst für jedes Netzelement. Für die Auswahl geeigneter historischer Ereignisse wurde die Datenbank des Deutschen Wetterdienstes (DWD) nach Starkregenereignissen im Projektgebiet durchsucht. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden zwei Ereignisse ausgewählt, die eine Niederschlagsintensität von über 100 mm/h in einem Zeitabschnitt aufweisen. Dabei wurden auch die Gesamtniederschlagsmenge und die Dauer des Ereignisses berücksichtigt.

Die RADOLAN-Daten wurden anschließend so in die definierten Einzugsgebiete (s. Kap. 5.1) verschoben, dass eine möglichst ungünstige Belastung für das jeweilige Teileinzugsgebiet simuliert werden konnte. Zusätzlich wurde ein weiteres Szenario aus der RADOLAN-Datenbank aus dem Jahr 2018 untersucht.

Dieses entspricht im Mittel einem 30-jährlichen Niederschlag und ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

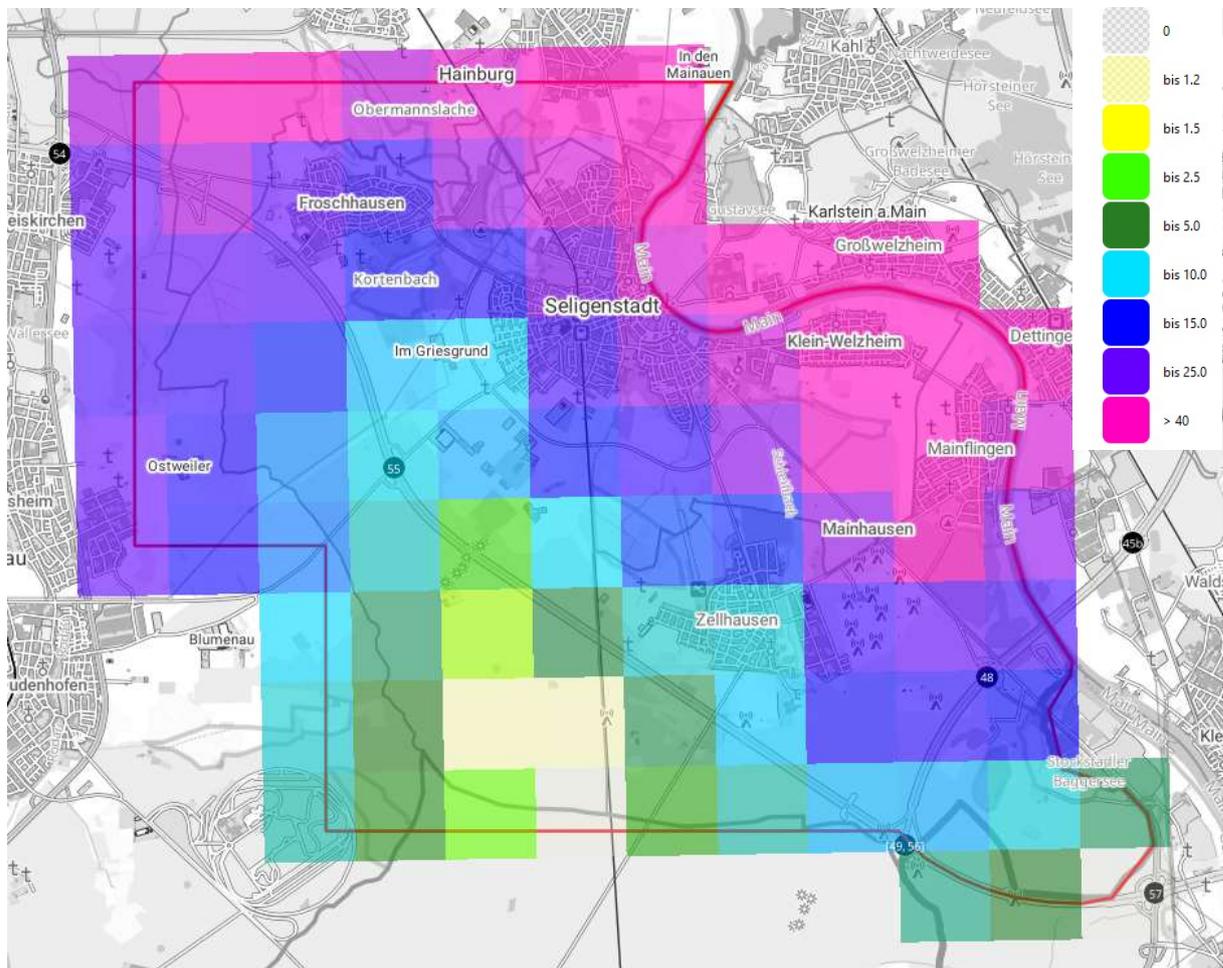


Abbildung 7: Darstellung der Niederschlagssumme [mm] für das Ereignis vom 02.06.2003.

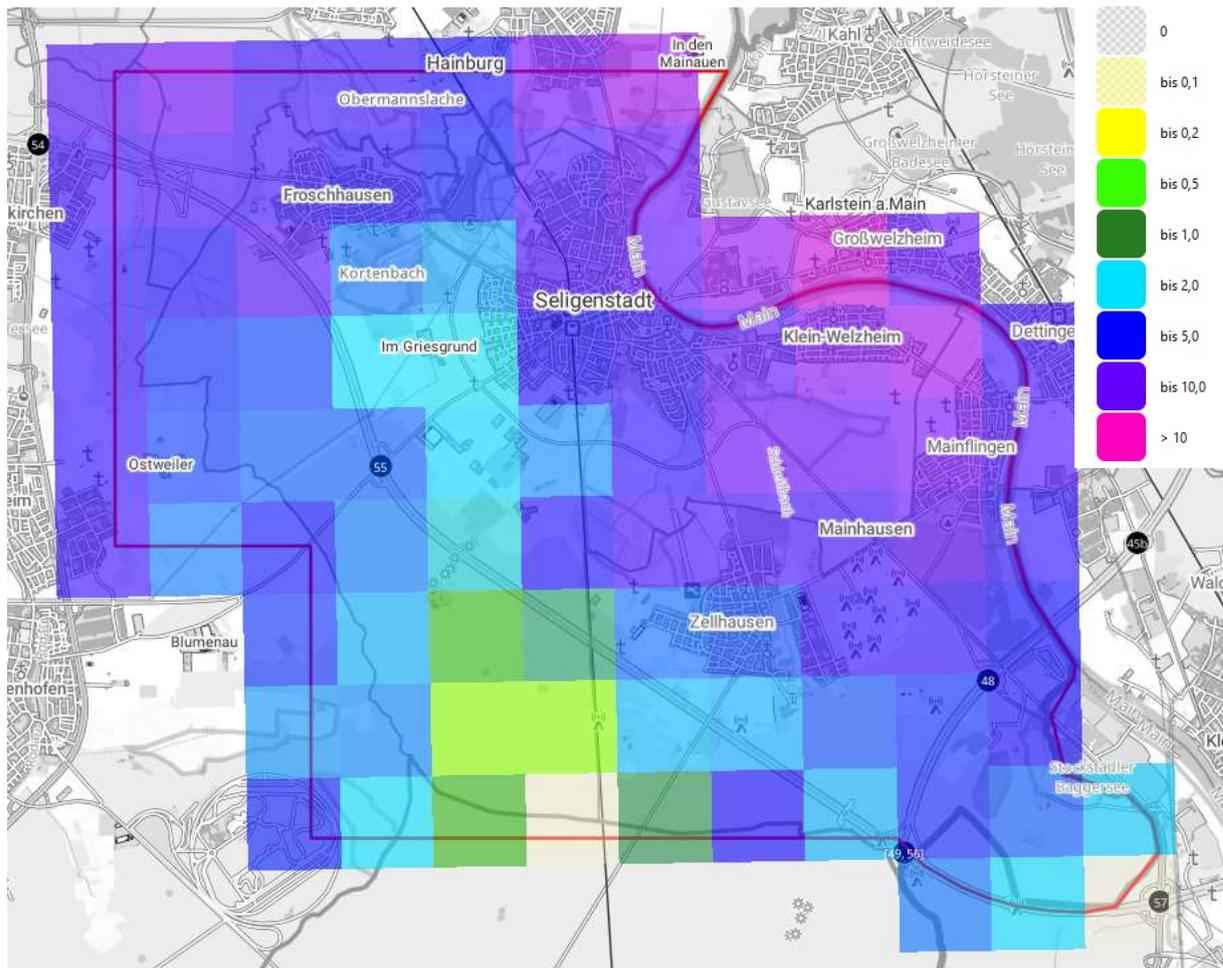


Abbildung 8: Darstellung der Spitzenintensitäten in [mm/5min] für das Ereignis vom 02.06.2003.

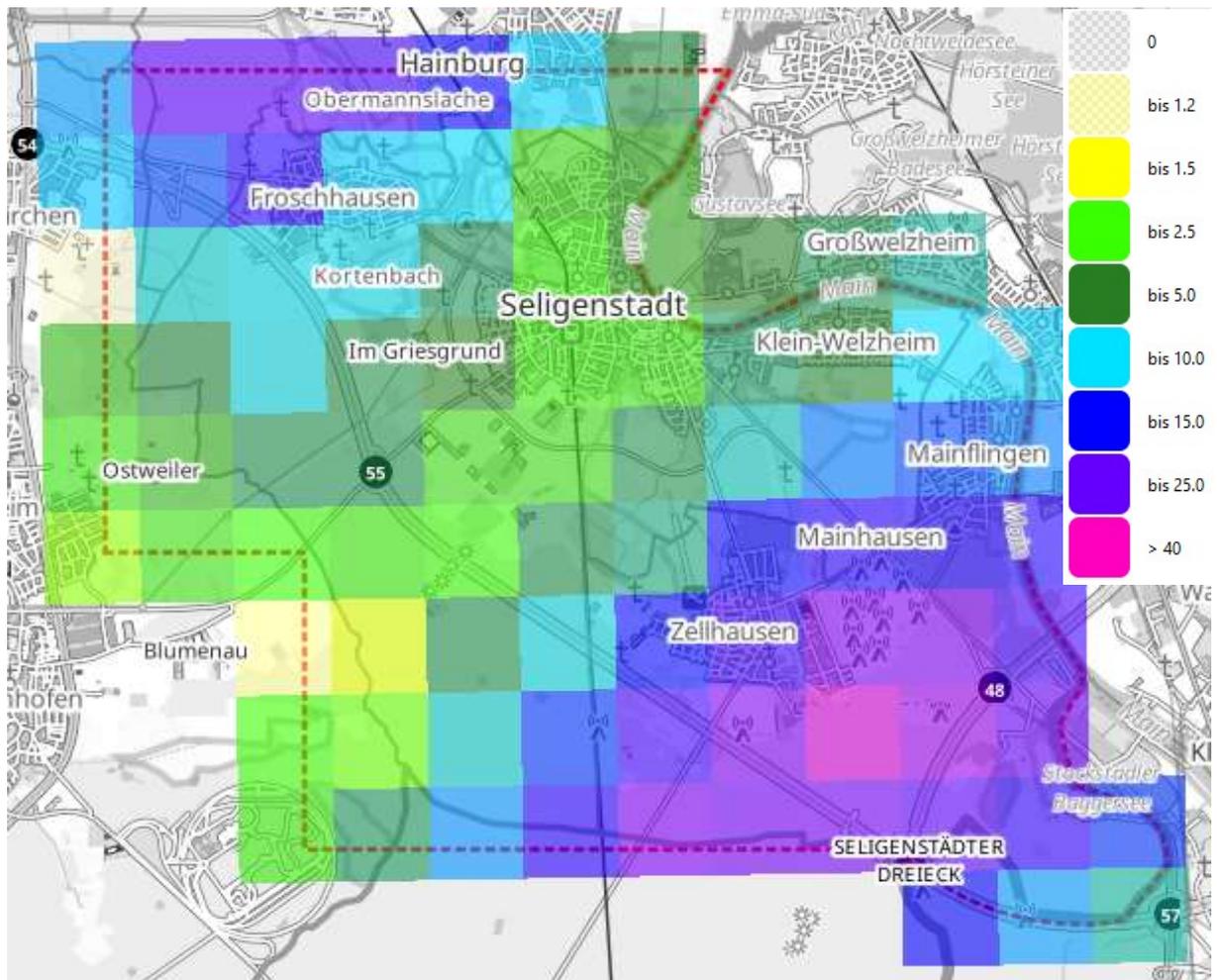


Abbildung 9: Darstellung der Niederschlagssumme [mm] für das Ereignis vom 08.06.2018

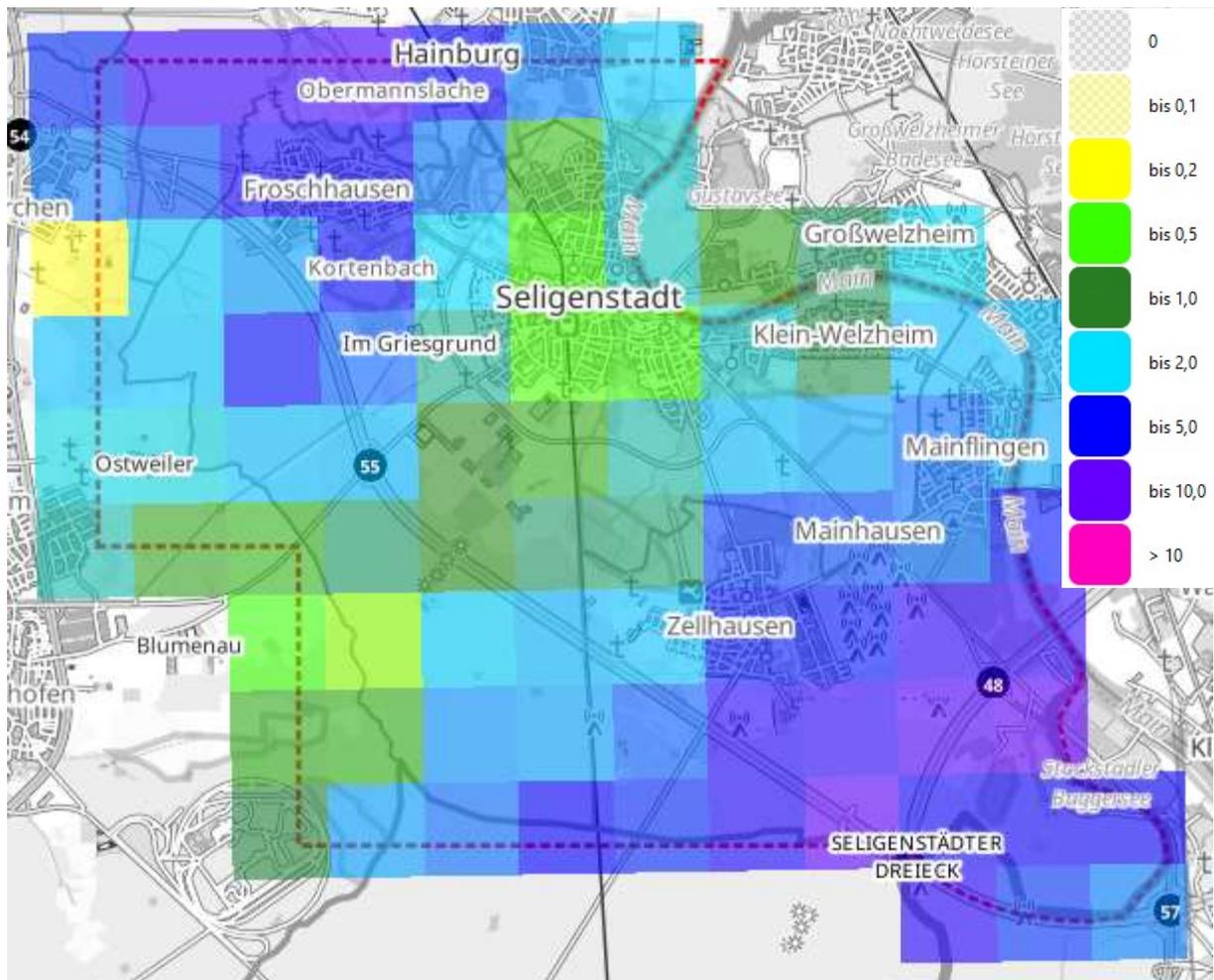


Abbildung 10: Darstellung der Spitzenintensitäten in [mm/5min] für das Ereignis vom 08.06.2018.

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

3.8 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 km²) zu entnehmen. Bezüglich der Vorgabe von repräsentativen Niederschlagshöhen für das Einzugsgebiet der Stadt Seligenstadt wurden die Niederschlagshöhen des Rasters in Abbildung 11 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. Die Niederschlagsbelastung ist für das 100-jährliche Ereignis im Anhang 1: dargestellt.

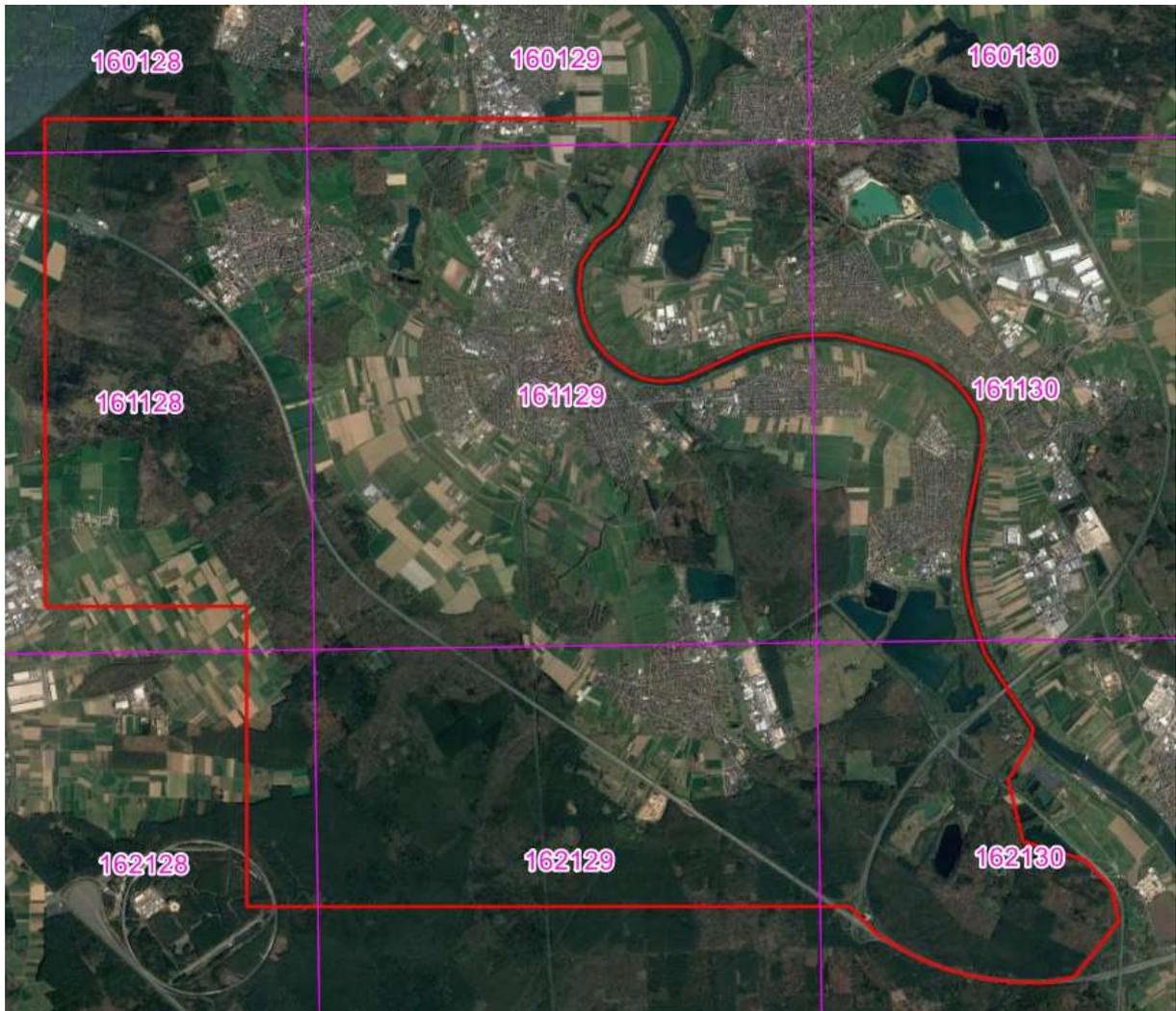


Abbildung 11: Lage der Rasterfelder gemäß KOSTRA-DWD-2020 (/U9/)

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.

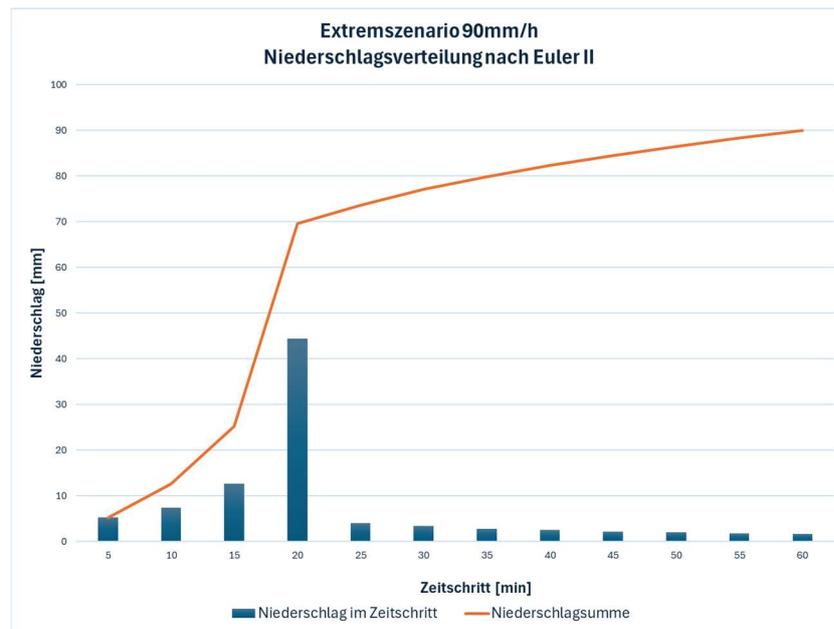


Abbildung 12: Darstellung des Extremszenarios mit einer Niederschlagsverteilung nach Euler II.

Die Belastungen wurden in jedem Einzugsgebiet angesetzt und schlussendlich wurden für alle Einzugsgebiete die Maximalwerte der Überflutungstiefen und Fließgeschwindigkeiten ermittelt und in den jeweiligen Plänen (Anlage 1-4) dargestellt.

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 „Rain-Man“ 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]

ψ_{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.

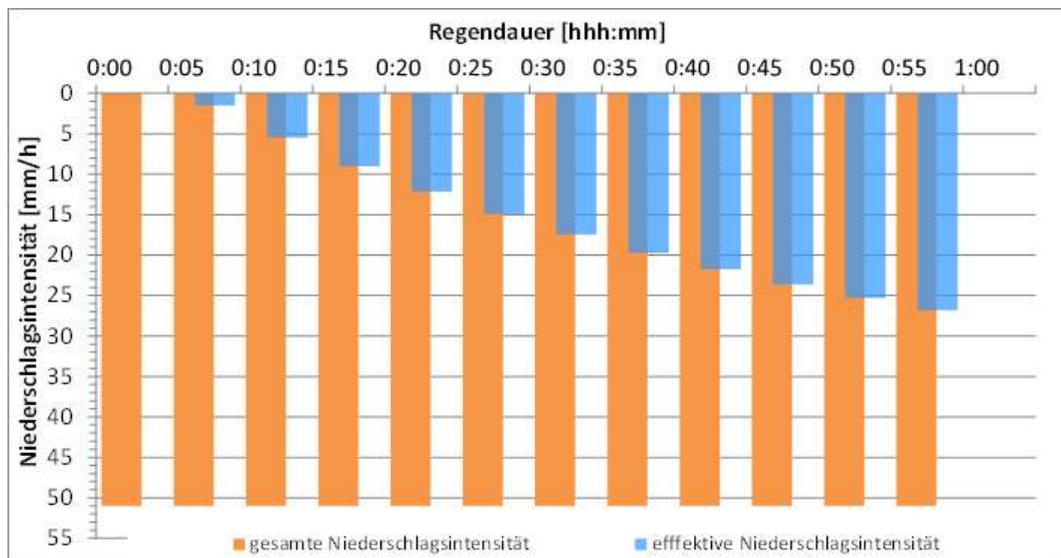


Abbildung 13: Beispiel Gesamt- und Effektivniederschlagshöhe [mm] beim SCS-Verfahren nach Zaiß.

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 vorzugebender 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 61km², 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. 4.5km² bis 6km² (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.

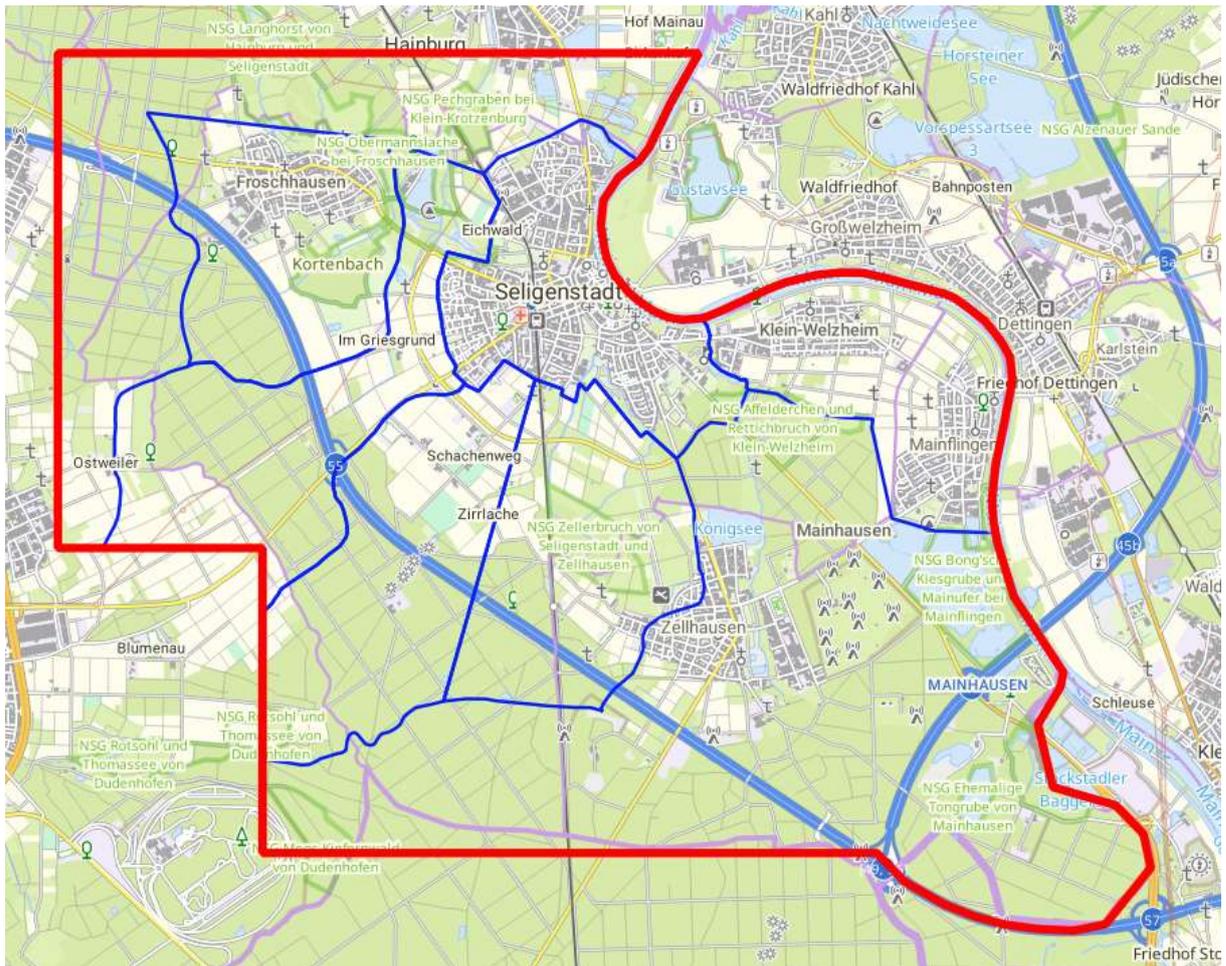


Abbildung 14: Übersicht Projektgebiet und abgegrenzte Berechnungsbereiche (blau Stadtgebiet und Modellumgriff in rot)

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.

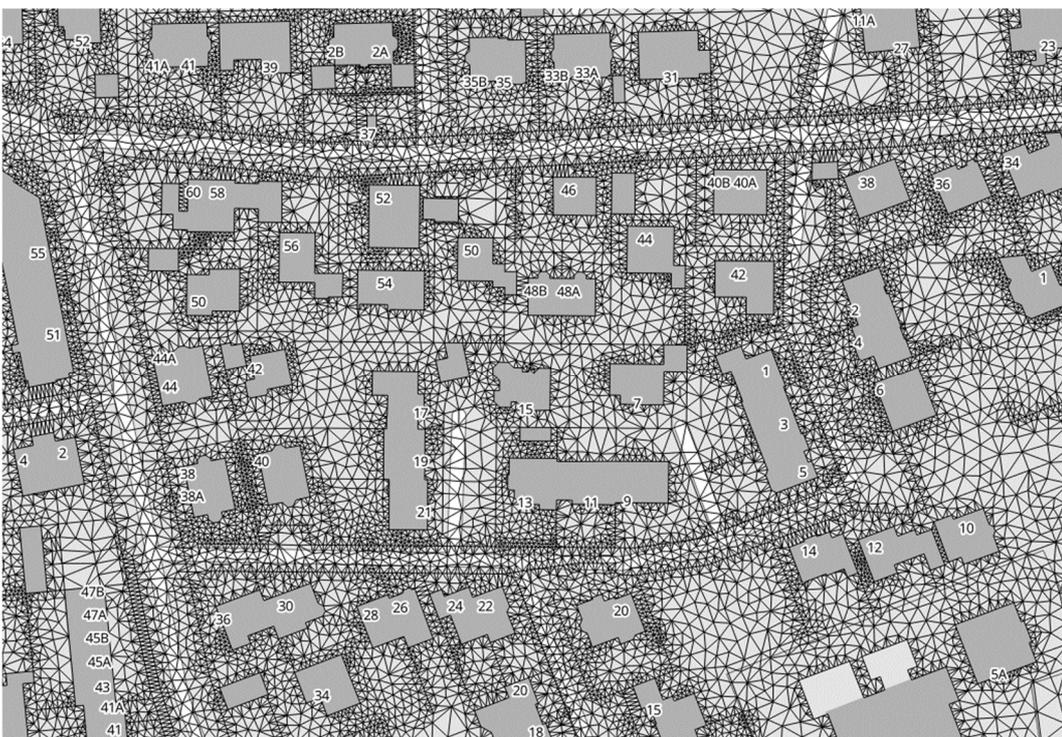


Abbildung 16: Darstellung der Vermaschung im urbanen Raum mit der entsprechenden Detaillierung im Bereich der Flurstücksgrenzen.

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).

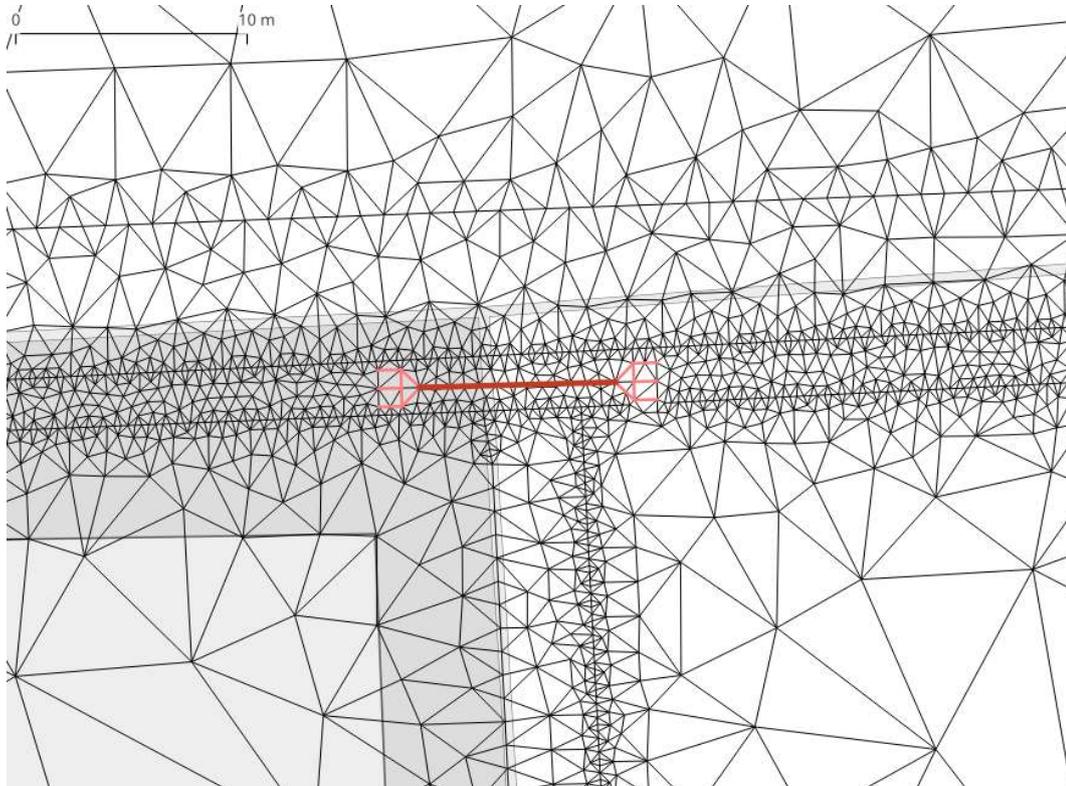


Abbildung 17: Darstellung der Vermaschung im Bereich einer Verrohrung. Die eingefärbten Kanten zeigen die Einlauf- bzw. Auslaufbruchkanten. Dies stellt sicher, dass die Netzgeometrie der Numerik gerecht wird.

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 zwei Ortsbegehungen durchgeführt. Zunächst wurde die allg. Situation betrachtet und im Weiteren wurden im Außengebiet weitere Betrachtungen 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.

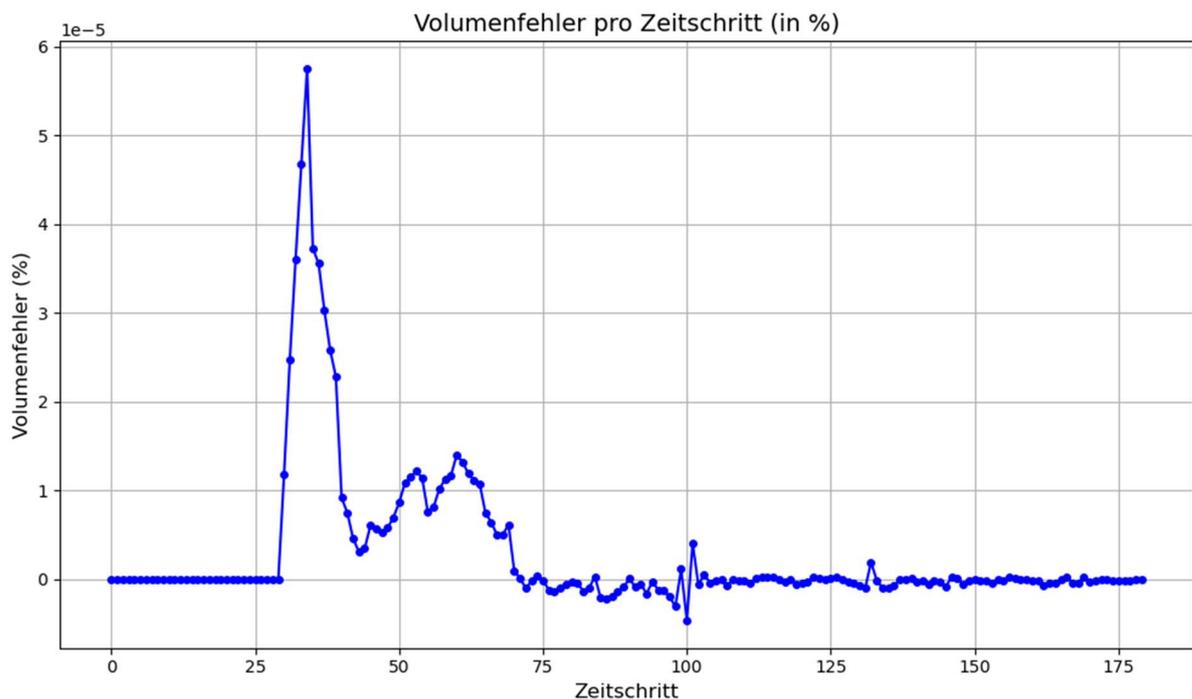


Abbildung 18: Volumenfehler in % je Zeitschritt der Simulation.

Wie aus Abbildung 18 ersichtlich ist, liegt der max. Volumenfehler, über alle Zeitschritte, bei rund $6E-5\%$.

7 CHRONOLOGIE DER EREIGNISSE UND MEDIENBERICHTE

In Seligenstadt gab es in den letzten Jahren mehrere Starkregenereignisse. Neben den hier zugrunde gelegten Regenszenarien erlebte Seligenstadt zuletzt am 2. Mai 2024 ein schweres Starkregenereignis, bei dem innerhalb kurzer Zeit 85 Liter pro Quadratmeter fielen. Dies führte zu rund 200 Einsätzen der Feuerwehr, bei denen 150 Kräfte aus der Region ununterbrochen im Einsatz waren. Besonders betroffen war die Asklepios Klinik (s. Abbildung 19), dessen Keller überflutet wurde. Der Einsatzschwerpunkt konzentrierte sich auf den Bereich der Bahnschranke in Richtung Silzenfeld. Die Einsätze dauerten bis in die Nacht und wurden am Folgetag fortgesetzt.

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 44 mm in Bereich Seligenstadt vorsieht. Abbildung 20 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen des Radolan 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. Im nachfolgenden wird auf Grundlage der Ergebnisse der Modellergebnisse eine hydrodynamischen Gefährdungsanalyse durchgeführt.



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/>)



Abbildung 20: Ergebnisse der Starkregensimulation im Bereich der Asklepios Klinik. Belastung Radolan Ereignis 1 aus 2003. (Hintergrund: basemap.de)

8 HYDRODYNAMISCHE GEFÄHRDUNGSANALYSE

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 Starkregenereignis 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.
3. Risikokartierung der Gebäude (s. Kapitel 9)

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 21 und Abbildung 22) 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.

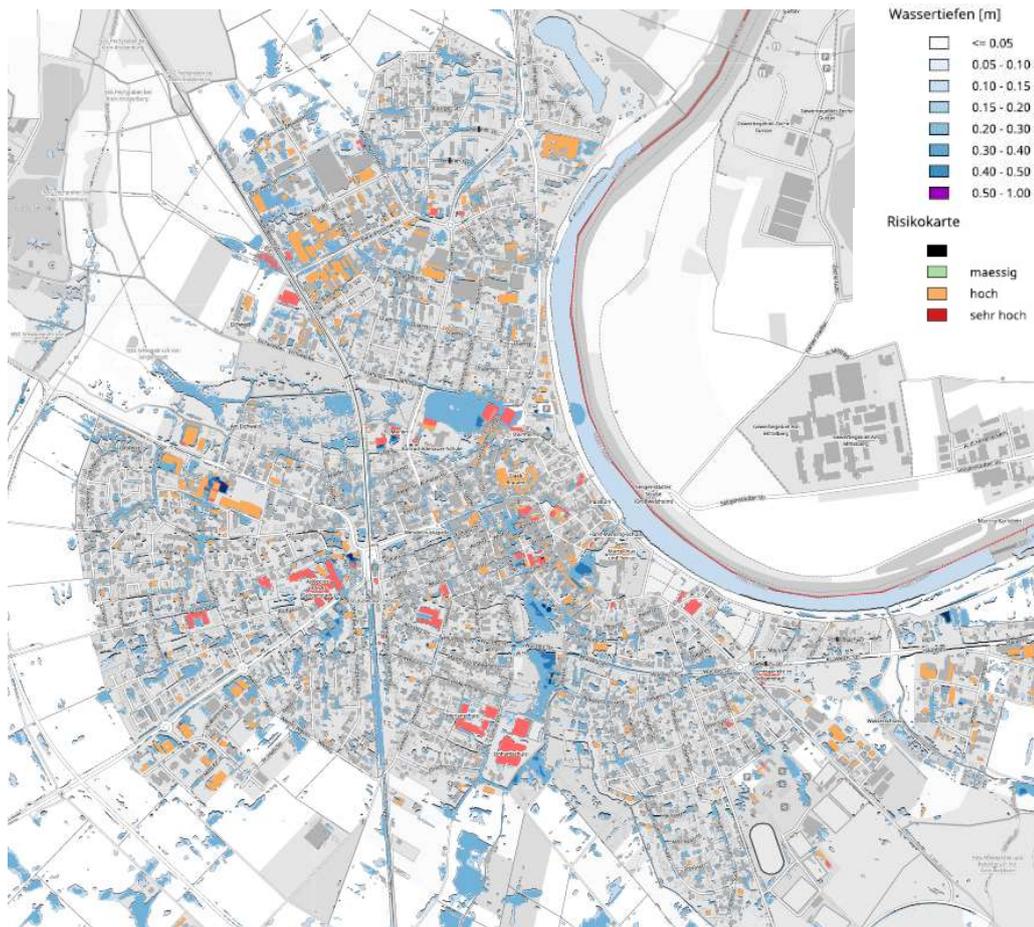


Abbildung 21: Kartenausschnitt der max. auftretende Wassertiefen. Dabei werden Wassertiefen < 0,05 cm ausgeblendet. (Hintergrund: basemap.de). Zusätzlich sind ist die Risikokartierung der Gebäude farblich dargestellt. (Hintergrund: basemap.de).

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.

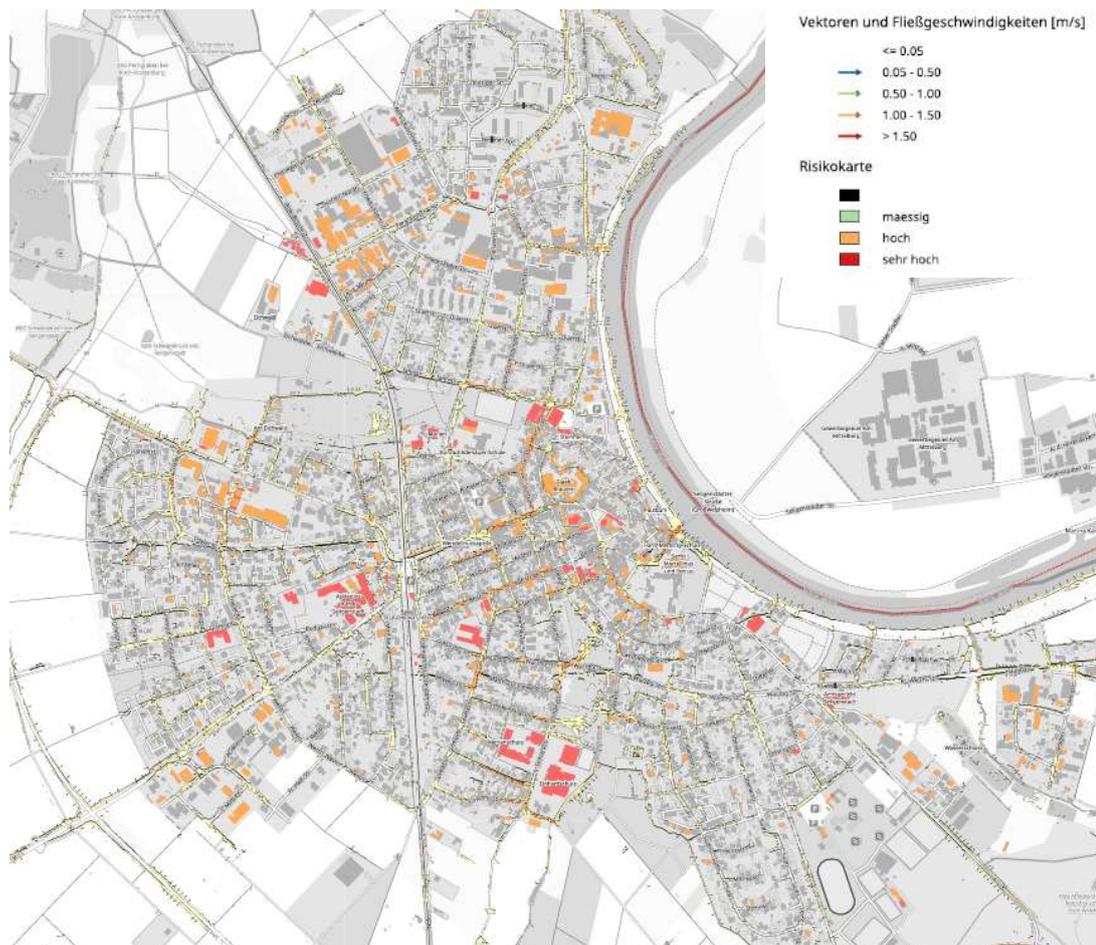


Abbildung 22: Kartenausschnitt der max. max. auftretenden Fließgeschwindigkeiten. Dabei werden Geschwindigkeiten $< 0,2$ m/s ausgeblendet. Zusätzlich sind die Risikokartierung der Gebäude farblich dargestellt. (Hintergrund: basemap.de).

8.1 Gefährdungssituation – Seligenstadt Kernstadt

Der nördliche Stadtbereich von Seligenstadt ist einer mäßigen Überflutungsgefahr ausgesetzt (s Die Ferdinand-Porsche-Straße zwischen Friedrich-Ebert und Robert-Boschstraße zeigt erhöhte Überflutungsgefahren auf infolge des Abflusses der unmittelbar anliegenden Teileinzugsgebiete.

Am Hasenpfad kommt zu erhöhten Überflutungsgefahr der Liegenschaften östlich der Kinderkrippe. Weitere Überflutungen zeigen sich im Bereich der Ortszufahrt über die Wilhelm-Leuschnerstraße.

Der nördliche Stadtbereich von Seligenstadt weist eine mäßige Überflutungsgefahr auf, wie in Abbildung 23) dargestellt. In der Ferdinand-Porsche-Straße, zwischen der Friedrich-Ebert-Straße und der Robert-Bosch-Straße, wurden erhöhte Überflutungsrisiken festgestellt, die durch den Abfluss aus den angrenzenden Teileinzugsgebieten entstehen. Hier sammeln sich die Wassermengen aus den umliegenden Bereichen und belasten die Verkehrsflächen.

Auch im Hasenpfad besteht eine erhöhte Überflutungsgefahr, insbesondere für die östlich der Kinderkrippe gelegenen Liegenschaften.

Ein weiteres Problem zeigt sich im Bereich der Ortszufahrt über die Wilhelm-Leuschner-Straße. Hier treten ebenfalls Überflutungen auf, die durch abfließendes Wasser aus angrenzenden Gebieten entstehen und die Entwässerung vor Herausforderungen stellen.

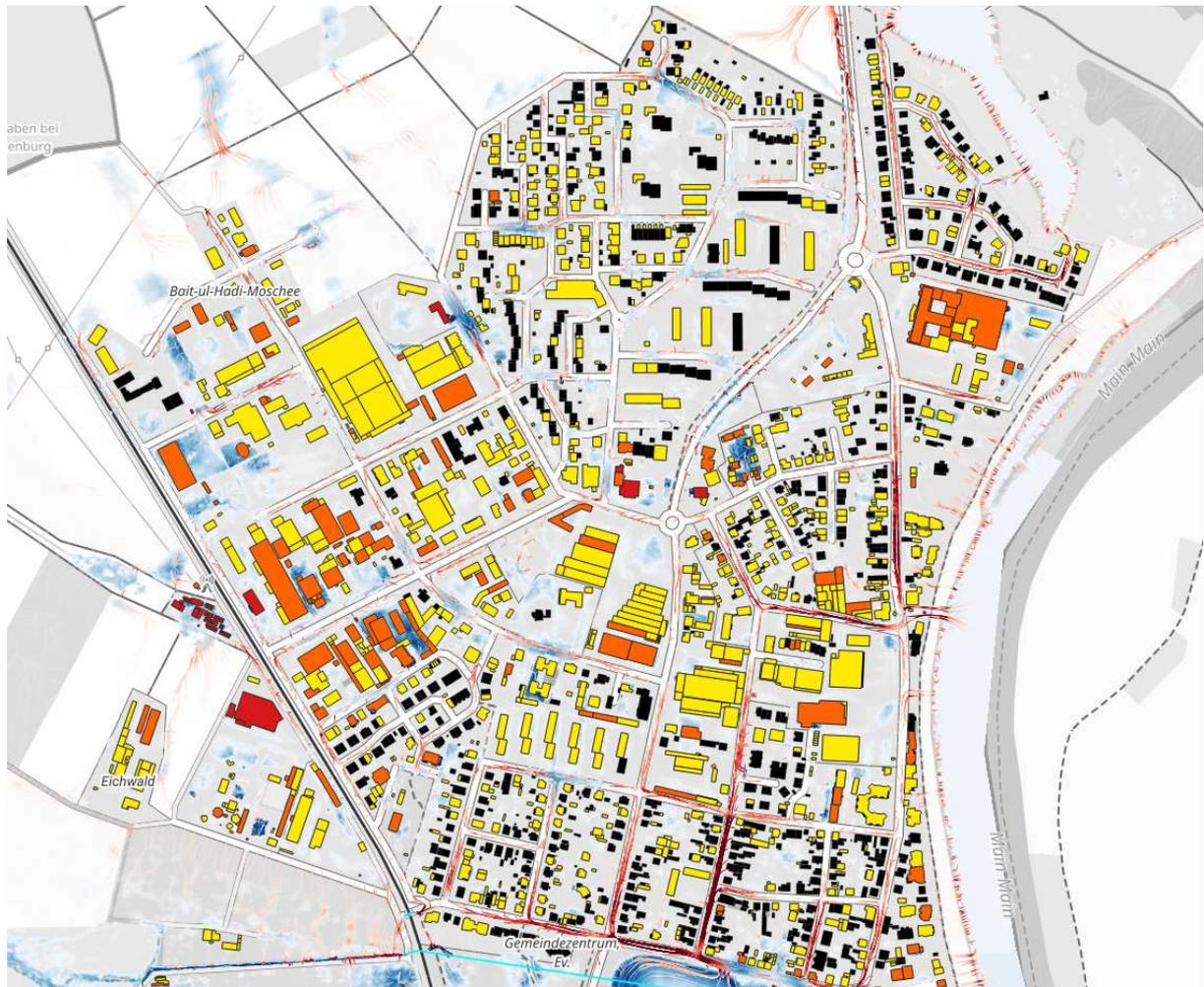


Abbildung 23: Max. auftretende Überflutungshöhen bei dem Radolan Ereignis von 2003 Starkregen im Stadtteil Seligenstadt. Die Stromlinien sind in roter Farbe dargestellt, dabei variiert die Farbgebung von Weiß (0.0 m/s) bis Rot (0.5 m/s). (Hintergrund: Base-map.de)

Im Bereich der Kernstadt gibt es mehrere zentrale Überflutzungs-zonen, die als gefährdet eingestuft werden (s. Abbildung 24). Ein kritischer Bereich ist die Asklepios Klinik, die zuletzt im Jahr 2024 von einem signifikanten Überflutzungsereignis 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. Infolge der Abflüsse aus dem unmittelbaren Einzugsgebiet sind die Einhardschule, die Merianschule und die Emmaschule betroffen, hier kommt es zu größeren Wasseransammlungen in den

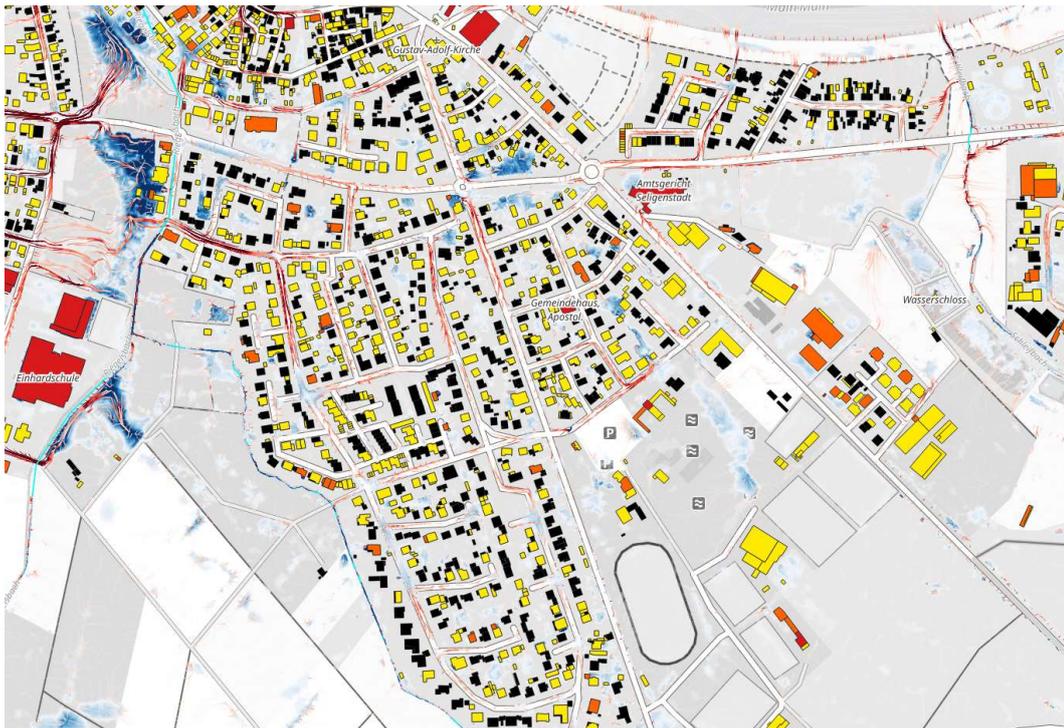


Abbildung 25: Max. auftretende Überflutungshöhen bei dem Radolan Ereignis von 2003 Starkregen im Stadtteil Seligenstadt. Die Stromlinien sind in roter Farbe dargestellt, dabei variiert die Farbgebung von Weiß (0.0 m/s) bis Rot (0.5 m/s). (Hintergrund: Base-map.de)

8.2 Gefährdungssituation – Klein-Welzheim

Die Überflutungsgefahr in Klein-Welzheim konzentriert sich im Wesentlichen auf den westlichen Teil der Ortslage (s. Abbildung 26). Besonders betroffen sind die Sudetenstraße und die Spessartstraße im Bereich Schillerstraße/Frankenstraße. Hier kommt es infolge des Abflusses aus den unmittelbar angrenzenden Teileinzugsgebieten zu Überflutungen, die sowohl die Straßen als auch die Wohngebäude in diesem Bereich betreffen.

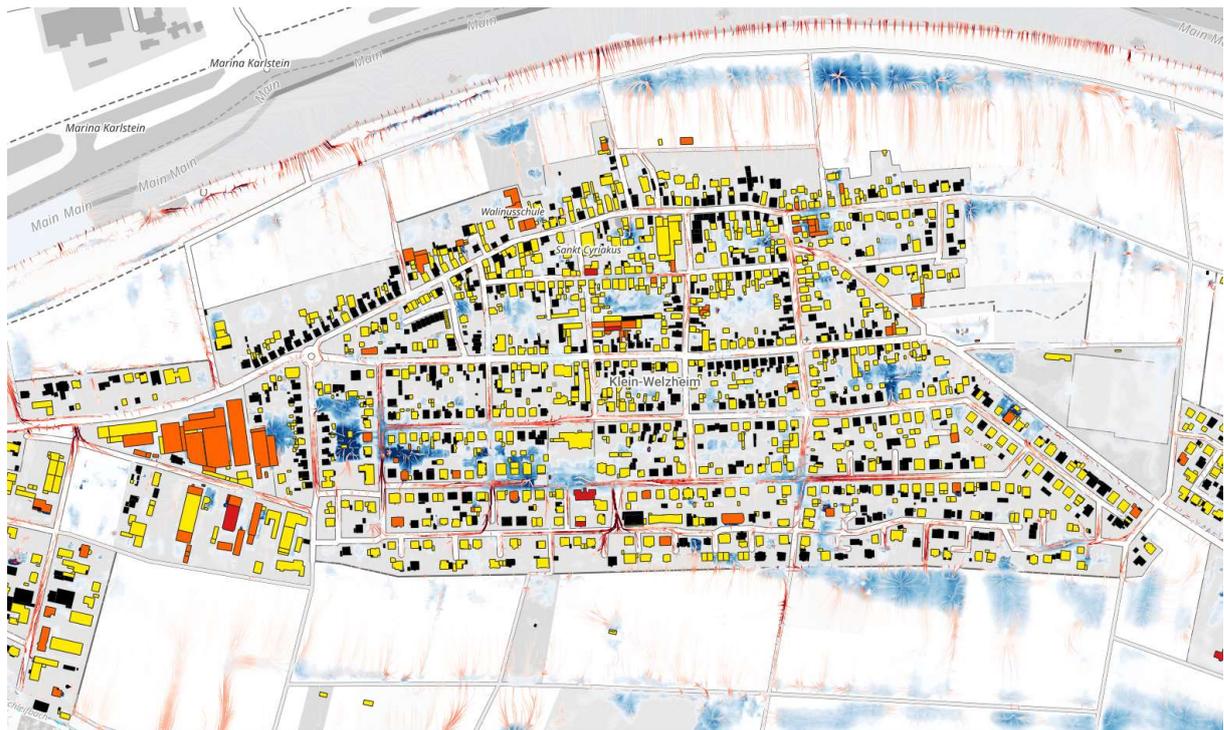


Abbildung 26: Max. auftretende Überflutungshöhen bei dem Radolan Ereignis von 2003 Starkregen im Stadtteil Klein-Welzheim. Die Stromlinien sind in roter Farbe dargestellt, dabei variiert die Farbgebung von Weiß (0.0 m/s) bis Rot (0.5 m/s). (Hintergrund: Base-map.de)

8.3 Gefährdungssituation – Froschhausen

Im Stadtteil Froschhausen gibt es mehrere Bereiche mit erhöhter Überflutungsgefahr. Besonders betroffen sind die Gebiete rund um die Freiwillige Feuerwehr und das Bürgerhaus, wo Überflutungen durch Starkregenereignisse auftreten.

Eine weitere kritische Stelle ist das „Gangelchen“, das in Richtung der Seligenstädter Straße verläuft. Hier können sich größere Wassermengen ansammeln, was zu Überschwemmungen führt.

Im Bereich der Seligenstädter Straße auf Höhe der Luisenstraße treten ebenfalls Überflutungen auf, die durch Zuflüsse vom Freiherr-von-Stein-Ring verursacht werden. Der Freiherr-von-Stein-Ring selbst ist an dieser Stelle stark belastet, ebenso wie die Marienstraße im weiteren Verlauf.

Im südöstlichen Außengebiet im Bereich „In der Schildhecke“ kommt ein landwirtschaftliches Teileinzugsgebiet zum Abfluss und fließt über die landwirtschaftlichen Flächen in die Ortslage. Im Bereich Offenbacher Landstraße / Friedhofstraße kommt es ebenfalls zu einer verstärkten Überflutungsbelastung.



Abbildung 27: Max. auftretende Überflutungshöhen bei dem Radolan Ereignis von 2003 Starkregen im Stadtteil Froschhausen. Die Stromlinien sind in roter Farbe dargestellt, dabei variiert die Farbgebung von Weiß (0.0 m/s) bis Rot (0.5 m/s). (Hintergrund: Base-map.de)

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, präventive Maßnahmen wie die Optimierung der Entwässerungssysteme und die Implementierung von Rückhaltungsmöglichkeiten umzusetzen, um die Auswirkungen solcher Ereignisse zu minimieren. Aufgrund der flachen Orographie der Stadt Seligenstadt sind die Überflutungsgebiete diffus im Raum verteilt, und die Überflutungen werden im Wesentlichen durch den Abfluss aus den unmittelbar angrenzenden Teileinzugsgebieten bestimmt.

9 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.

9.1 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

9.2 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.

9.3 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 Überflutungsgefahr (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	Schadenspotenzial				
	<0,2 m/s	0,2 – 0,5 m/s	0,5 – 2 m/s	> 2 m/s	$T_n = 30 \text{ a}$	gering	mäßig	hoch	sehr hoch	
5 – 10 cm	mäßig	mäßig	hoch	sehr hoch	Überflutungsgefahr	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 1-4 für die jeweiligen Ereignisse, Jährlichkeiten und Belastungen dargestellt.

10 KONZEPTIONELLE MAßNAHMENENTWICKLUNG

10.1 Festlegung der Schutzziele

Die Gefahrenbetrachtung in Kap. 8 hat gezeigt, dass die Betroffenen in den Ortslagen aus Zuflüssen infolge Starkregen resultieren. In Anlehnung an /U8/ lassen sich zunächst die folgenden allgemeinen Schutzziele für Starkregen formulieren:

Vermeidung neuer Risiken

- 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 nicht hochwasserangepasster Bauwerke in überflutungsgefährdeten Gebieten,
- Vermeidung neuer nicht hochwasserangepasster kritischer Infrastrukturen (Wasser, Energie, Telekommunikation, Abwasser) in überflutungsgefährdeten Gebieten,
- Vermeidung einer Erhöhung der Intensität nicht hochwasserangepasster Nutzungen bzw. des Schadenspotenzials bei wirtschaftlichen Tätigkeiten in überflutungsgefährdeten Gebieten,
- Vermeidung eines zusätzlichen nicht hochwasserangepassten Umgangs mit wassergefährdenden Stoffen in überflutungsgefährdeten Gebieten,
- Vermeidung neuer Erosionsrisiken in überflutungsgefährdeten Gebieten.

Verringerung bestehender Risiken

- Verbesserung des natürlichen Wasserrückhalts in der Fläche und an den Gewässern,
- Verbesserung der Widerstandsfähigkeit von Gebäuden, Anlagen, Betrieben, Einrichtungen gegenüber Überflutungen bei Starkregen,

- Verbesserung der Widerstandsfähigkeit kritischer Infrastrukturen (Wasser, Energie, Telekommunikation, Abwasser) und der grundlegenden öffentlichen Gesundheitsversorgung gegenüber Hochwasser und wild abfließendem Wasser,
- Verringerung der Überflutungswahrscheinlichkeit, soweit eine Eigenvorsorge der betroffenen Personen bzw. für die Gebäude, Anlagen, Betriebe und Einrichtungen nicht zumutbar ist,
- Verringerung des nicht hochwasserangepassten Umgangs mit wassergefährdenden Stoffen in überflutungsgefährdeten Gebieten.

Verringerung nachteiliger Folgen während eines Starkregenereignisses

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

Verringerung nachteiliger Folgen nach einem Starkregenereignis

- Verbesserung der Möglichkeiten der Schadensnachsorge durch die betroffene Bevölkerung und die Verantwortlichen für Anlagen, Einrichtungen und Betriebe nach einem Starkregenereignis,
- Verbesserung der Möglichkeiten der Schadensnachsorge durch Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben nach einem Starkregenereignis auf kommunaler und regionaler Ebene,
- Absicherung gegen existenzielle finanzielle Schäden und Sicherstellung der Finanzierung einer hochwassergerechten Sanierung bzw. eines Neubaus.

Bei der Konkretisierung dieser allgemeinen Schutzziele zu quantitativen, an einer Jährlichkeit bzw. an einem Wiederkehrintervall festgemachten Schutzziele ist zu unterscheiden zwischen dem Schutzziel für Hochwasser und dem Schutzziel für wild abfließendes Wasser.

Schutzziel Starkregen

Die kaum zu greifenden flächenhaften Abflüsse von den landwirtschaftlichen Flächen in Verbindung mit den daraus unmittelbar resultierenden Betroffenheiten privater Grundstücke einerseits und andererseits die sehr eingeschränkte Möglichkeit seitens der Stadt Seligenstadt hierauf Einfluss zu nehmen, erschweren eine über die allgemeine Ebene hinausgehende Festlegung eines Schutzziels für Starkregen. Letztendlich kann die Stadt Seligenstadt ein solches Schutzziel nur für ihre eigenen Liegenschaften und ggf. noch für die kritischen Infrastrukturen festlegen.

Angestrebt wird hier ein Schutz der Gebäude vor eindringendem Wasser sowie die Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit der kritischen Infrastruktur bis zu einem 100-jährlichen Starkregenereignis. Darüber hinaus wird die „private Ebene“ (Bevölkerung, Industrie, Handel, Gewerbe) umfassend bei der Eigenvorsorge unterstützt, um die dortigen, von der Gemeinde nicht oder nur sehr untergeordnet zu beeinflussenden Betroffenheiten zu verringern.

Um die vorstehend formulierten Schutzziele zu erreichen, sind aufeinander abgestimmte bauliche, organisatorische und verhaltensseitige Maßnahmen zu entwickeln und umzusetzen. Bereits an dieser Stelle

sei darauf hingewiesen, dass ein Schutz vor Starkregen, nur durch eine enge Zusammenarbeit von kommunaler und privater Ebene sowie Forst- und Landwirtschaft erreicht werden können.

10.2 Allgemeine Vorüberlegungen

Bürgerinnen und Bürger, aber auch Industrie, Handel und Gewerbe, sind nach § 5 Abs. 2 Wasserhaushaltsgesetz dazu verpflichtet, im Rahmen des ihnen Möglichen und Zumutbaren „geeignete Vorsorgemaßnahmen zum Schutz vor nachteiligen Hochwasserfolgen und zur Schadensminderung“ zu treffen. Hierunter fallen auch Maßnahmen zum Schutz vor wild abfließendem Wasser infolge Starkregen. Kommunen (ggf. auch Land oder Bund) sind erst gefordert, wenn ein überwiegendes öffentliches Interesse Schutz vor Starkregen besteht. Dieses öffentliche Interesse liegt dann vor, wenn durch Überschwemmungen die Gesundheit der Bevölkerung bedroht ist oder Sachschäden in außerordentlichem Maße bei einer größeren Zahl von Betroffenen eintreten, d.h. wenn ein allgemeines Schutzbedürfnis („Wohl der Allgemeinheit“) besteht.

Die Gefahren- und Risikobeurteilung hat gezeigt, dass in der Stadt Seligenstadt durch Starkregen in manchen Ortslagen mithin stark Betroffenheit ist und somit ein allgemeines Schutzbedürfnis besteht. Insofern ist auch die Kommune, neben Bürgerinnen und Bürgern, Industrie, Handel und Gewerbe („private Ebene“), in der Pflicht, Maßnahmen zur Verringerung der festgestellten Betroffenheiten zu ergreifen. Dies bedeutet jedoch nicht, dass dadurch die private Ebene aus der Pflicht zur Eigenvorsorge entlassen wird. Um eine möglichst weitgehende Verringerung festgestellter Betroffenheiten zu erreichen, ist vielmehr eine eng aufeinander abgestimmte Vorgehensweise von kommunaler und privater Ebene erforderlich. Die Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Wasser nennt hier in ihrem Leitfaden „LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement“ (/U12/) als Hauptaufgaben für die beiden Akteursgruppen:

Kommunale Ebene

- Berücksichtigung der Starkregenproblematik in der Bauleitplanung und bei kommunalen Bauvorhaben,
- Einbindung Starkregenrisikovorsorge in kommunale Planungsprozesse,
- Erhöhung Risikobewusstsein bei Bevölkerung, Betrieben, Land- und Forstwirtschaft,
- Vorbereitung der Gefahrenabwehr (Alarm- und Einsatzpläne),
- dezentrale innerörtliche Niederschlagswasserbewirtschaftung,
- Stärkung des Wasserrückhalts in Außenbereichen, Vorbereitung von innerörtlichen Notfließwegen.

Private Ebene

- Informations-, Verhaltens- und Bauvorsorge sowie Objektschutz,
- finanzielle Risikovorsorge (Rücklagen, Elementarschadenversicherung).

Sinngemäß sind die Aussagen aus /U12/ auch auf den Schutz vor Hochwasser zu übertragen.

Starkregen-Risikomanagement (aber auch Hochwasser-Risikomanagement) ist eine zyklische Aufgabe (Abbildung 28). Schwerpunkt bildet hierbei die Vorsorge vor einem Ereignis. Die anderen Stadien sind die

Bewältigung des Ereignisses sowie die Regeneration nach einem Ereignis, wobei zu beiden Stadien auch die Ereignisauswertung und die daraus abzuleitende Verbesserung der Vorsorge gehören.



Abbildung 28: Zyklus des Starkregen-Risikomanagements (/U7/)

Die Aufstellung eines Maßnahmenkonzeptes zur Verringerung der Betroffenheiten durch Starkregen muss angepasst an die örtlichen Verhältnisse erfolgen. Die Gefahrenbetrachtung hat gezeigt, dass die einzelnen Teilbereiche des Untersuchungsgebiets in unterschiedlichem Umfang zu den festgestellten innerörtlichen Betroffenheiten beitragen. Die zu erarbeitenden Maßnahmen sollten daher insbesondere auf die Teilbereiche mit sehr hohem Gefährdungspotenzial abzielen. Darüber hinaus sind auch die nachstehend aufgeführten Gebietspezifika bei der Erarbeitung der Maßnahmenvorschläge zu beachten.

Die Einzugsgebiete der Bäche/Gräben/Entwässerungskanäle sind (sehr) klein. Die maßgebenden Ereignisse werden durch kurze, intensive Niederschläge ausgelöst. Deren zeitliches und räumliches Auftreten ist nur schwer vorhersagbar. Dies resultiert dann in kurzen Vorwarnzeiten. Um diesem Aspekt Rechnung zu tragen, müssen die auszuwählenden Maßnahmen unmittelbar, höchstens mit einer geringen Aktivierungszeit, wirksam sein. Auch wenn die Stadt Seligenstadt bereits mehrfach durch Starkregen betroffen war, handelt es sich dabei um eher seltene Ereignisse. Die auszuwählenden Maßnahmen sollten daher technisch einfach und robust sein und sie sollten ohne größeren Wartungs- und Inspektionsaufwand ständig einsatzbereit sein.

Innerörtlich besteht ein nur geringer Handlungsspielraum zur Umsetzung größerer baulicher Maßnahmen. Hier können moderne Elemente der Stadtentwässerung und Objektschutzmaßnahmen den Überflutungsschutz erhöhen. Das unter Berücksichtigung vorstehender Überlegungen und Randbedingungen

erstellte Maßnahmenkonzept wird in den folgenden Abschnitten unter Einbeziehung weitergehender Informationsmöglichkeiten vorgestellt.

10.3 Zentrale Maßnahmevorschläge

Im geplanten Neubaugebiet an der Jahnstraße in Seligenstadt besteht eine erhöhte Gefährdung durch Starkregenereignisse (s. Abbildung 29), da Oberflächenabflüsse aus den nördlich gelegenen Liegenschaften unkontrolliert in das Gebiet fließen können. Diese Abflüsse stellen ein potenzielles Risiko für die zukünftige Bebauung dar, da die derzeitige Entwässerungssituation nicht auf die erhöhten Anforderungen bei Starkregen ausgelegt ist.

In unmittelbarer Nähe des Neubaugebiets verläuft eine bestehende Gewässerverrohrung, die in den Main mündet. Eine mögliche Lösung besteht darin, die Oberflächenabflüsse aus den nördlichen Liegenschaften gezielt zu fassen und kontrolliert über diese Verrohrung in den Main abzuleiten. Diese Maßnahme würde nicht nur das Neubaugebiet vor Überflutungen schützen, sondern auch die Entwässerungskapazitäten im betroffenen Gebiet verbessern.

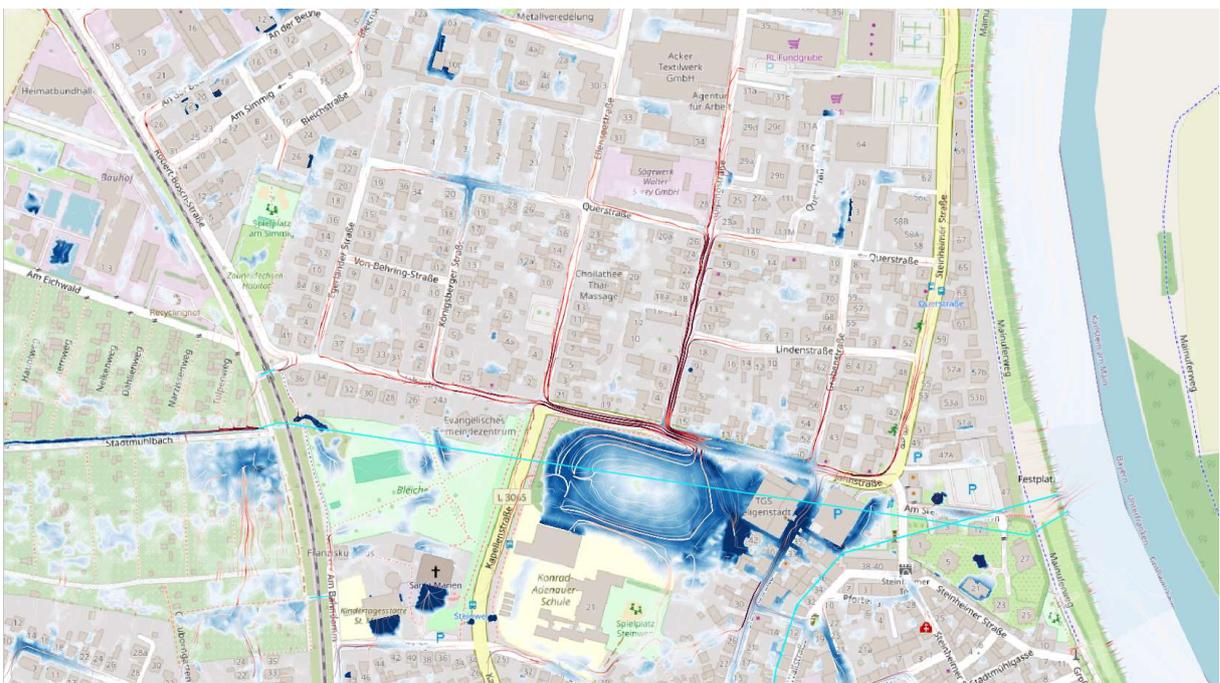


Abbildung 29: Detaillierte Darstellung der Überflutungen im Bereich des Sportplatzes an der Jahnstraße.

Um die Wirksamkeit der Maßnahme sicherzustellen, sollte geprüft werden, ob die bestehende Verrohrung ausreichend dimensioniert ist, um die zusätzlichen Abflüsse bei Starkregenereignissen aufnehmen zu können. Falls erforderlich, könnte eine Erweiterung oder Anpassung der Verrohrung in Betracht gezogen werden.

Darüber hinaus wäre es sinnvoll, Rückhaltmaßnahmen oder Versickerungsflächen in das Konzept zu integrieren, um die Belastung des Systems weiter zu reduzieren. Diese Maßnahmen sollen dazu beitragen, das Neubaugebiet langfristig gegen Starkregenereignisse zu sichern und eine nachhaltige Entwässerungslösung zu gewährleisten.

Am Ortsrand von Seligenstadt im Bereich des Stadtmühlgrabens sollte eine Grabenpflege und Verschnitt des anliegenden Bewuchses durchgeführt werden, dabei sollte dein Einlauf in die Gewässerverrohrung, im Bereich der Bahngleise und die Gewässerverrohrung selbst befahren und ggf. gereinigt und saniert werden.

Aufgrund der Überflutungssituation im Kernstadtbereich und die Nähe zum Main sollte geprüft werden inwiefern weitere Überflutungsbereiche gefasst und in den Main abgeleitet werden können. Zusätzlich könnte durch moderne urbane Entwässerungselemente (s. z.B. Fa. ACO, BIRCO u.a.) weiterer Rückhalt im Straßenraum geschaffen werden mit dem Ziel die Abflusswellen zu dämpfen und verzögert in das Kanalnetz abzuleiten.

Hierzu wird empfohlen eine gekoppelte Modellierung für die Stadt Seligenstadt zu Grunde zu legen, damit eine Planung und Bemessung nach Stand der Technik, unter Einbeziehung der hydraulischen Verhältnisse im Kanalnetz, durchgeführt werden kann.

10.4 Vorsorgemaßnahmen

Unter den weiteren Vorsorgemaßnahmen werden alle nicht-baulichen Maßnahmen sowie objektbezogene bauliche Maßnahmen zusammengefasst. Ergänzend zu den Maßnahmenvorschlägen in den folgenden Abschnitten können weitere Hinweise und Anregungen /U11/, /U12/, /U14/, /U16/, /U17/ entnommen werden. Diese Leitfäden bieten auch eine wichtige Hilfestellung für die Eigenvorsorge der privaten Ebene.

10.4.1 Gewässerunterhaltung und -pflege

Gewässer und Gräben spielen eine maßgebliche Rolle einerseits bei der Heranführung von Hochwasser oder wild abfließendem Wasser an und andererseits bei der Durchleitung durch die Bebauung.

Oberhalb bebauter Bereiche gilt es daher die Gewässer und ihr unmittelbares Umfeld so zu gestalten, dass sie Abflüsse verzögern sowie Erosionsvorgänge und Abschwemmungen verringert werden. Erreicht wird dies durch

- Anlage von Gewässeraufweitungen oder Kleinrückhalten an den Gewässern,
- Anlage von gewässerbegleitenden Gehölzstreifen,
- Vermeidung der Lagerung von Holz, Stroh oder anderen abschwemmgefährdeten Gegenständen in Gewässernähe.

Die Konkretisierung dieser Maßnahmenvorschläge bedarf einer detaillierten Analyse der örtlichen Verhältnisse sowie der Abstimmung mit dem Forst, den Eigentümern in Anspruch zu nehmender Privatgrundstücke sowie Fachgutachtern zu gewässerökologischen Fragestellungen.

Innerhalb bebauter Bereiche ist eine möglichst hohe Abflussleistung der Gewässer sicherzustellen. Dies wird erreicht durch:

- Vermeidung der Lagerung von Holz, Stroh oder anderen abschwemmgefährdeten Gegenständen in Gewässernähe.

Die Umsetzung dieses Maßnahmenvorschlags ist nur in enger Abstimmung mit den privaten Gewässeranrainern möglich.

10.4.2 Informations- und Verhaltensvorsorge

Im Rahmen der Informations- und Verhaltensvorsorge liegt die Aufgabe der Kommune in der Schaffung von Voraussetzungen für die Eigenvorsorge der Bürgerinnen und Bürger sowie von Industrie, Handel und Gewerbe (private Ebene). Zu den diesbezüglichen Maßnahmen zählen:

- Veröffentlichung des Konzepts zum kommunalen Sturzflut-Risikomanagement, insbesondere der Gefahren- und Risikokarten,
- Informationsveranstaltungen für Bürgerinnen und Bürger sowie für Industrie, Handel und Gewerbe,
- Bereitstellen von Werkzeugen zur Selbsteinschätzung der bestehenden Gefährdungen (z.B. Fragebogen aus /U16/),
- Information über Möglichkeiten der Frühwarnung (z.B. DWD, KATWARN, NINA, UMWELTINFO),
- Beratung über objektspezifische Hochwasserrisiken und Schutzmöglichkeiten sowie Ansprechpartner für Fördermittel, private Notfallplanung und (Elementarschaden-)Versicherungen,
- Umbau eines (öffentlichen) Gebäudes mit beispielhafter Umsetzung objektbezogener Schutzmaßnahmen zur Demonstration und Motivation der Eigenvorsorge.

Die Bereitstellung der Informationen zur Unterstützung der Eigenvorsorge der privaten Ebene kann über die Internetseite der Gemeinde oder über spezielle Aushänge im Rathaus erfolgen.

10.4.3 Flächenvorsorge

Auf kommunaler Ebene zählen folgende Maßnahmen zur Flächenvorsorge:

- Berücksichtigung der Gefährdungen durch Hochwasser oder wild abfließendes Wasser bei der Aufstellung oder Änderung von Flächennutzungs- und Bebauungsplänen,
- Vorgabe hochwasserangepasster Bauweisen bei der Aufstellung oder Änderung von Bebauungsplänen,
- Sicherung von Flächen zum Rückhalt oder zur Umlenkung wild abfließendem Wasser im Rahmen der Bauleitplanung durch Nutzung von Kaufgelegenheiten oder Vorkaufsrechten bzw. im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren.

Zwischenzeitlich dienen die Hochwasser- und Starkregengefahrenkarten als zusätzliche Informationsquelle im Zusammenhang mit der Stellung und der Bewilligung von Bauanträgen.

10.4.4 Bauvorsorge und Objektschutz

Für anstehende kommunale Bauvorhaben sind u.a. folgende Maßnahmen aus dem Bereich der **Bauvorsorge** zu prüfen und ggf. umzusetzen:

- Auswahl und Beplanung von Grundstücken nach Gefahrenkriterien,
- Geschosse und Gebäudeöffnungen ausreichend hoch anordnen,

- risikoangepasste Ausstattung von Kellerräumen,
- Sicherung von Gefahrgut,
- Verwendung wasserbeständiger Ausbaumaterialien,
- Verlegung Elektroinstallationen, Heizung, schadensträchtiger Haustechnik in ungefährdete Bereiche,
- keine hochwertigen Einrichtungen bzw. Wertgegenstände in gefährdeten Bereichen,
- keine Lagerung wasserempfindlicher oder -gefährdender Gegenstände bzw. Materialien in Kellern.

Beim **Objektschutz** für bestehende Gebäude im Eigentum der Stadt Seligenstadt ist zu unterscheiden zwischen Maßnahmen, die Wasser vom Gebäude fernhalten, und Maßnahmen, die den Zutritt von Wasser in das Gebäude verhindern:

Wasser vom Gebäude fernhalten

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

Wasserzutritt zum Gebäude verhindern

- Sicherung von Fenster- und Türöffnungen (Barrieren und Sperren, druckdichte Bauweisen, Anrampungen),
- Sicherung von Lichtschächten, Kellerfenstern und -türen (Aufkantungen, druckdichte Bauweisen, Anrampungen),
- Schutz vor Rückstau aus der Kanalisation (Rückstausicherung, Anheben Rückstauniveau),
- Sicherung Leitungsdurchführungen (druckwassersichere Wanddurchführungen),
- Schutz vor Durchnässung Außenwand und Bodenplatte (schwarze Wanne, Ausbesserung von Fehlstellen, Aufständering Fußboden).

Die zum Schutz der von Überschwemmungen infolge Starkregen betroffenen kommunalen Gebäude erforderlichen Objektschutzmaßnahmen sind in weitergehenden Schritten unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und der potenziellen Wassereindringmöglichkeiten zu ermitteln.

Bei der Planung von Maßnahmen zum Fernhalten von Wasser vom Gebäude ist zu beachten, dass durch deren Umsetzung keine zusätzlichen oder neuen Beeinträchtigungen Dritter entstehen.

10.4.5 Starkregenwarnung und Krisenmanagement

Wesentlicher Bestandteil der Vorsorge ist die Vorbereitung des Einsatzfalls bei einem Starkregenereignis.

Hierzu werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- Fertigstellung des in Aufstellung befindlichen Alarm- und Einsatzplans Hochwasser und Starkregen mit Regelung von Abläufen und Einplanung der erforderlichen Ressourcen,
- Einrichtung eines kommunalen Frühwarnsystems bestehend aus:
 - einer in der Gemeindeverwaltung angesiedelten Warnzentrale, in der die Frühwarnungen von DWD, KATWARN, NINA, UMWELTINFO eingehen und auf Relevanz geprüft werden (Vermeidung bzw. Verringerung von Fehlalarmen),
- Dokumentation und Auswertung der Beobachtungen und Erfahrungen von Kriseneinsatzkräften, Bürgerinnen und Bürger sowie Industrie, Handel und Gewerbe bei einem Hochwasser- und Starkregenereignis; Ableitung von Optimierungsmöglichkeiten für die Einsatzplanung,
- Aufstellung eines Konzepts zur Vorbereitung der Regenerationsphase und Optimierung der Nachsorge als Vorsorge vor einem neuen Ereignis,
- übergreifende Übungen für lokale Einsatzkräfte.

In die Aufstellung der vorgeschlagenen Pläne und Konzepte sind die verschiedenen Fachbereiche der Gemeindeverwaltung und die Kriseneinsatzkräfte (Feuerwehr, Rettungsdienst, ggf. auch THW) einzubeziehen. Auch sollte eine Abstimmung mit den Nachbarkommunen und dem Landkreis erfolgen.

10.4.6 Sonstige Maßnahmen

Dimensionierung und Wirkungsnachweis der baulichen Maßnahmen

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sind Dimensionierung und Wirkungsnachweis der vorgeschlagenen baulichen Maßnahmen nicht vorgesehen. Vor diesem Hintergrund kann einerseits die zu erreichende Schutzwirkung nicht spezifiziert werden, zum anderen ist eine nur sehr grobe Schätzung der mit ihrer Umsetzung verbundenen Kosten möglich.

Im Zuge der Konkretisierung der vorgeschlagenen Maßnahmen bzw. des aus ihnen zu entwickelnden Handlungskonzepts müssen diese Schritte unter Verwendung der vorliegenden wasserwirtschaftlichen Modelle erfolgen. Die Maßnahmen werden in die die heutige Situation beschreibenden Modelle eingearbeitet und mit diesen Modellen des Plan-Zustands die Maßnahmen dimensioniert und hinsichtlich der mit ihnen zu erreichenden Wirkung nachgewiesen. Dabei erfolgt auch eine Optimierung von Maßnahmenkombinationen unter Berücksichtigung der zwischen einzelnen Maßnahmen bestehenden Wechselwirkungen.

Abstimmungsinstanzen

Empfohlen wird die Einrichtung eines Arbeitskreises „Starkregenvorsorge“ sowie die Einrichtung „runder Tische“ Landwirtschaft und Forstwirtschaft, jeweils unter Leitung der Stadt Seligenstadt, zur abgestimmten Umsetzung des integralen Handlungskonzepts.

11 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. Es wird insofern 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.

Zusätzlich zu diesen technischen Fortschritten wurden verschiedene Maßnahmenkonzepte 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.

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]