

# Detailanalyse Starkregen

**Anhang C**

**Auftraggeberin:**  
Stadt Schwabach

**Erstellt von:**  
Dr. Pecher AG

**in Kooperation mit:**  
MUST Städtebau  
GEO-NET Umweltconsulting

# ERLÄUTERUNGSBERICHT ZUR DETAILANALYSE STARKREGEN

Anhang zum Stadtklimakonzept Schwabach

Stadt Schwabach

(Bearbeitung durch die Dr. Pecher AG erfolgt im Unterauftrag für MUST Städtebau GmbH)

## Inhaltsverzeichnis

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>                            | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Grobanalyse Starkregen</b>                | <b>4</b>  |
| 2.1      | Modellgrundsätze                             | 4         |
| 2.2      | Grundlagenverarbeitung                       | 4         |
| 2.3      | Modellergebnisse und Ermittlung von Hotspots | 7         |
| <b>3</b> | <b>Weitergehende Detailanalysen</b>          | <b>13</b> |
| 3.1      | Grundlagen                                   | 13        |
| 3.2      | Modellaufbau                                 | 13        |
| 3.2.1    | Geländemodell                                | 13        |
| 3.2.2    | Oberflächenparameter                         | 14        |
| 3.2.3    | Modelloptimierung                            | 16        |
| 3.3      | Lastfälle der Niederschlagsbelastung         | 18        |
| 3.4      | Modellergebnisse                             | 20        |
| 3.5      | Zusammenfassung                              | 23        |

## 1 Einleitung

Neben den Herausforderungen durch das Stadtklima steigen die Herausforderungen für Städte in Folge von veränderten Niederschlagsverteilungen und -häufigkeiten. Dabei geht insbesondere von Starkregenereignissen eine Gefahr für Bürger:innen und Infrastrukturen aus. Ereignisse in der jüngeren Vergangenheit (beispielsweise Simbach am Inn 2016, Braunsbach 2016, Wuppertal 2018 und Ahrtal/Eifel 2021) haben die Gefährdungen, die von Starkregen, insbesondere in topografisch stärker bewegten Gebieten ausgehen, gezeigt. Starkniederschläge, auch Stark- oder Extremregen genannt, zeichnen sich durch eine hohe Intensität, d. h. eine große Niederschlagssumme im Verhältnis zur Dauer aus. Sie können dabei urbane Sturzfluten und Flusshochwasser nach sich ziehen.

Die Gefährdung durch Starkregen kann mittels Starkregengefahrenkarten visualisiert werden, welche z. B. im Rahmen eines ganzheitlichen Starkregenrisikomanagements erstellt werden. Zur Analyse der starkregenbedingten Überflutungen im Stadtklimakonzept Schwabach wurde in einem ersten Bearbeitungsschritt eine orientierende hydraulische Grobanalyse des Stadtgebiets zur Starkregenvorsorge durchgeführt. Ziel der Grobanalyse war es, Hotspots der Überflutungsgefahren bei Starkregen zu identifizieren. Mit Hotspots sind Bereiche im Siedlungsgebiet gemeint, in denen großflächige und schwerwiegende Überflutungen in Folge von Starkregen möglich sind. Diese Gebiete zeigen Handlungsschwerpunkte für die weitergehenden Prozesse im Modellvorhaben „KLIMAgerechter STÄDTEBAU“ auf.

Die Grobanalyse Starkregen umfasste eine modellbasierte Abbildung von Überflutungen durch Starkregen für das Stadtgebiet Schwabachs. Dabei erfolgte eine 2D-Simulation von Oberflächenabflüssen durch die vollständige Lösung der 2D-Flachwassergleichungen auf einem digitalen Oberflächenmodell (Berechnung der Geländeoberfläche). In der Grobanalyse wurden zunächst ausschließlich vorliegende Grundlagendaten verwendet und es erfolgte keine weitergehende Modellbearbeitung.

Die Ergebnisse eigneten sich gut für die Hotspot-Analyse und eine erste Einschätzung der Gefährdung. Für weitergehende Prozesse zur Starkregenvorsorge sind weitergehende Arbeiten in und mit dem Simulationsmodell erforderlich. Diese Schritte wurden aufbauend auf der Grobanalyse in einer anschließenden Detailanalyse durchgeführt. Die Bearbeitung erfolgte in Anlehnung an die vorläufigen Hinweise des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU), welche zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung noch nicht abschließend veröffentlicht waren.

## 2 Grobanalyse Starkregen

### 2.1 Modellgrundsätze

Ziel der Grob- und Detailanalyse war eine simulationsbasierte Betrachtung der Starkregengefährdung durch Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten im Stadtgebiet der Stadt Schwabach. Hierzu wurde ein Simulationsmodell aufgebaut, mit dem eine 2-dimensionale-Oberflächenabflussmodellierung (im Weiteren: 2D-Modellierung) durchgeführt werden konnte. Die Berechnung basierte auf der vollständigen Lösung der tiefen-gemittelten 2D-Flachwassergleichungen (abgeleitet von den dreidimensionalen Saint-Venant-Gleichungen) auf dem digitalen Oberflächenmodell nach der Berechnung der Oberfläche. Die numerische Lösung ermöglicht eine genaue Beschreibung der Strömungsvorgänge auf der Oberfläche anhand von Fließrichtungen, -geschwindigkeiten sowie sich einstellenden Wassertiefen auf der Oberfläche. Dafür wurden verschiedene Modellparameter, wie bspw. Oberflächenrauheiten, im Modell eingestellt. Grundsätzlich kann das Kanalnetz bei der Entwicklung von urbanen Sturzfluten in Folge von Starkregenereignissen eine Rolle spielen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass das Kanalnetz nicht für die in dieser Studie betrachteten extremen Lastfälle ausgelegt werden kann. Bei außergewöhnlichen Starkregen ist von einer Überlastung und einer untergeordneten Rolle des Kanalnetzes auszugehen. Für die Niederschlagsabflusssimulation im Rahmen der Grobanalyse wurde das Kanalnetz daher nicht berücksichtigt, da die Abbildung der Wechselwirkungen zwischen Kanalnetz und Oberfläche grundsätzlich einer größeren Datengrundlage und eines höheren Arbeitsaufwands bedarf.

### 2.2 Grundlagenverarbeitung

Für die Grobanalyse mit Hinblick auf Starkregengefahren wurden die Datengrundlagen zur Erstellung der Stadtklimaanalyse übernommen. Dabei wurde ein Geländemodell des Stadtgebietes mit einer Größe von rd. 40,8 km<sup>2</sup> und einer räumlichen Auflösung von 1x1 m verwendet. Die Gebiete außerhalb des Stadtgebiets wurden auf Grundlage eines weiteren Geländemodells mit einer räumlichen Auflösung von 20x20 m auf eine räumliche Auflösung von 1x1 m übertragen. Damit hatte das zur Verfügung stehende Geländemodell eine Gesamtfläche von rd. 120 km<sup>2</sup>.

Das Geländemodell wurde anschließend durch Gebäude als Fließhindernisse ergänzt. Dabei wurden im Stadtgebiet Gebäude aus den städtischen ALKIS-Daten und außerhalb des Stadtgebiets Gebäude aus dem OpenStreetMap-Datensatz verwendet. Das dadurch entstandene Oberflächenmodell wird in Bild 1 als Grundlage für die Oberflächenabflusssimulation dargestellt.

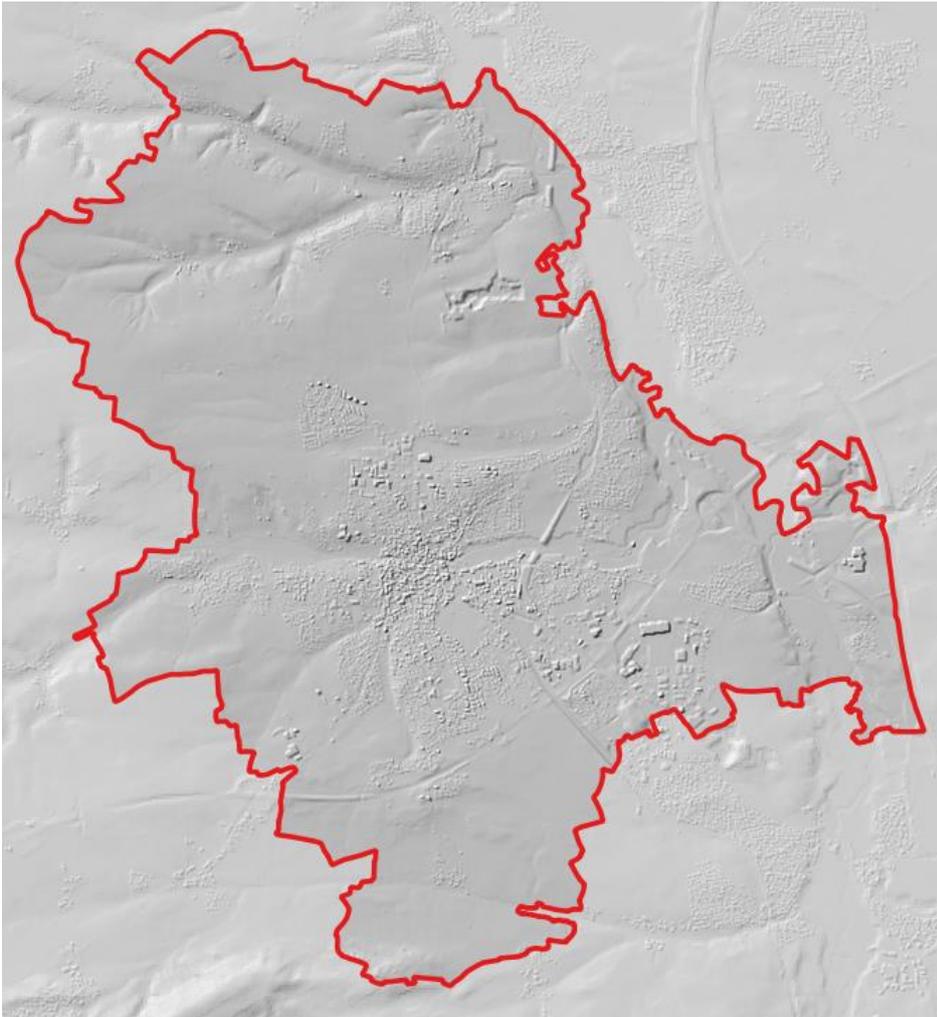


Bild 1 Erstelltes digitales Höhenmodell unter Berücksichtigung der vorliegenden Geländemodelle und Gebäude als Fließhindernisse

Zur Simulation der Fließwege und Wassertiefen wurden im Modell zusätzlich zu den Geländehöhen Informationen über die Oberflächeneigenschaften ergänzt. Dazu wurden differenzierte Oberflächenrauheiten definiert, welche die Abflusskonzentration, also die Geschwindigkeit und Bildung von Fließwegen, beeinflussen. Die Zuordnung der Parameter erfolgte auf Grundlage der Flächennutzung (ALKIS-Daten und UrbanAtlas-Daten) sowie detaillierten Angaben zur Versiegelung im Stadtgebiet und orientiert sich an den

Vorgaben aus dem kommunalen Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg (LUBW, 2016). Als Ergebnis der Zuordnung wurden unterschiedliche Rauheitsklassen mit spezifischen Strickler-Beiwerten definiert. Die Zuordnung wird schematisch in Bild 2 dargestellt.

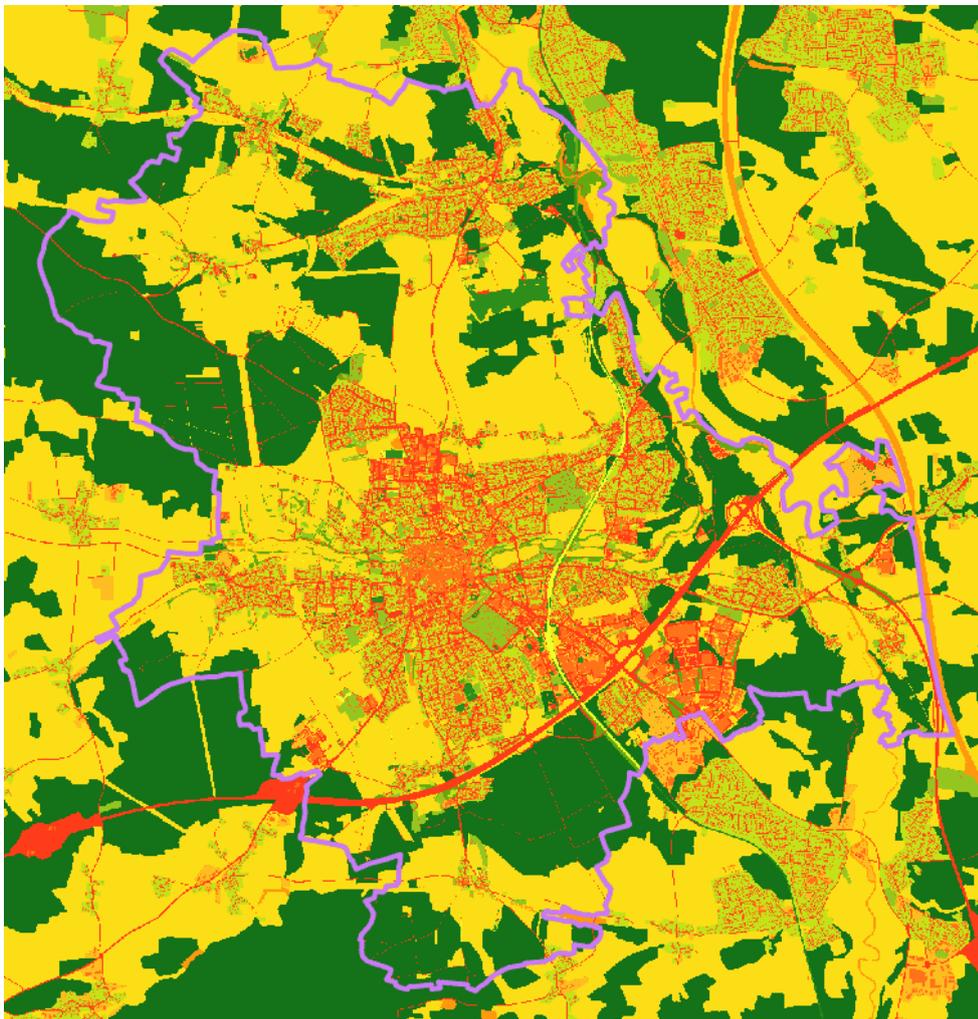


Bild 2 Schematische Darstellung der differenzierten Zuordnung von unterschiedlichen Rauheitsklassen (grün: geringer Stricklerbeiwert, dunkelrot: hoher Stricklerbeiwert)

Mit dem erstellten Höhenmodell aus DGM und Gebäudestrukturen sowie den Rauheitsklassen wurde eine erste 2D-Oberflächenabflusssimulation für einen spezifischen Lastfall (Niederschlag) durchgeführt. Eine Modelloptimierung oder -anpassung war an dieser Stelle im Rahmen der Grobanalyse nicht vorgesehen. Als zu betrachtender Lastfall wurde ein außergewöhnliches Starkregenereignis mit einer statistischen Wiederkehrzeit von  $T_N = 100$  a (DWD Kostra 2010R), einer Niederschlagssumme  $h_N = 52,5$  mm und einer Dauer von  $D = 60$  min gewählt. Die Niederschlagsbelastung erfolgte als Modellregen Euler Typ 2 und kann durch den Starkregenindex (SRI) nach Schmitt et al. (2018) mit einem SRI 7 (Stufe 7 von 12 Stufen) beschrieben werden. Im Modell erfolgte nach der einstündigen Berechnung die Simulation einer einstündigen Nachlaufzeit, sodass Außengebietszuflüsse berücksichtigt wurden.

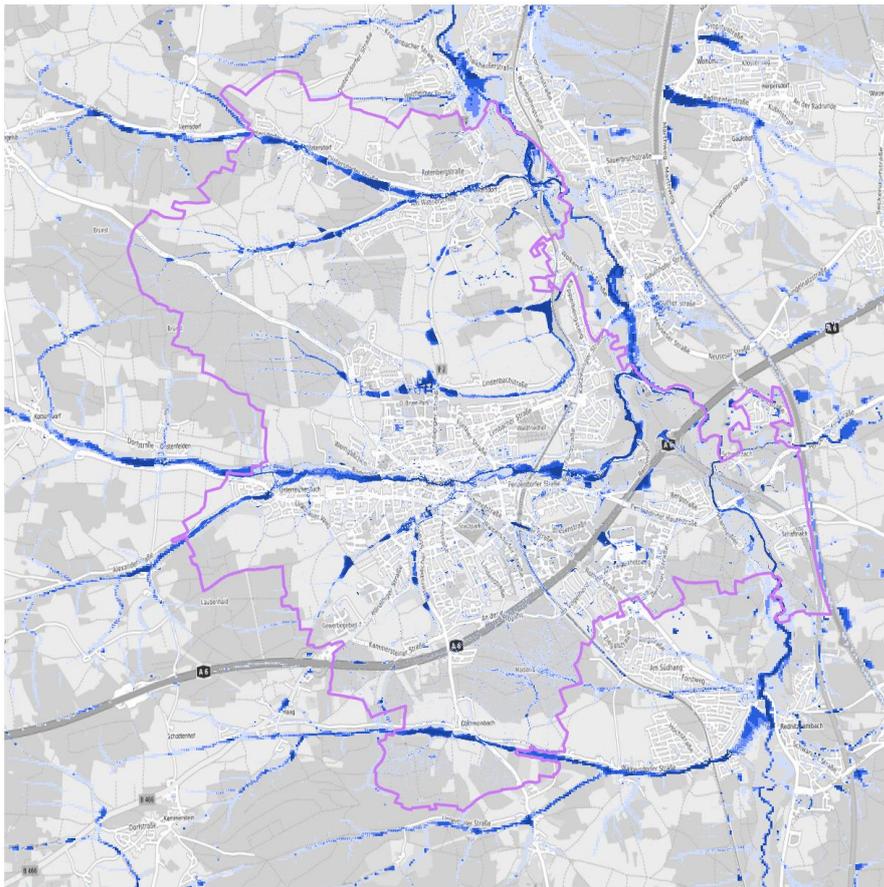
Abflussmindernde Prozesse, wie der Einfluss bzw. die Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes oder Infiltrationsprozesse, wurden im Rahmen der Grobanalyse nicht berücksichtigt.

### 2.3 Modellergebnisse und Ermittlung von Hotspots

Aus der Oberflächenabflusssimulation konnten Fließwege, maximale Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen bei gegebener Niederschlagsbelastung ermittelt werden. Während bei einem Hochwasser die Gefahr einer Überschwemmung vom Gewässer ausgeht, kann die Gefahr einer Überflutung in Folge von Starkniederschlägen auch weit ab vom Gewässer bestehen. Schäden können dort entstehen, wo das Kanalnetz überlastet ist und das Wasser aus dem Kanalnetz auf die Geländeoberfläche überstaut, aber auch dort, wo sich abfließendes Niederschlagswasser in Hauptfließwegen sammelt und erosive Schäden anrichten kann.

Die Ergebnisse für das Stadtgebiet Schwabachs (Bild 3) veranschaulichen die Topografie des Stadtgebiets sehr deutlich. Besonders fluviale Einflüsse prägen die Überflutungsverläufe, da besonders die Gewässerachsen sichtbar sind. Die Gewässer verlaufen ostwärts in Richtung Rednitz, sodass insbesondere die westlichen Außengebiete einen großen Einfluss auf die Überflutungen im Stadtgebiet haben. Hier sind vorwiegend die kleineren Gewässer Schwabach, Mainbach und Zwieselbach zu nennen. Bedingt durch die Topografie ergeben sich aber auch weitere Abflussachsen und auch kleinräumige Überflutungsschwerpunkte. Die Überflutungsschwerpunkte können auch durch bisherige Beobachtungen im Stadtgebiet bestätigt werden.

Auf Basis der Ergebnisse der Überflutungssimulation wurden im nächsten Schritt Hotspots zur Starkregenvorsorge identifiziert. Dabei handelt es sich insbesondere um stark betroffene Bereiche innerhalb des Siedlungsraums (Bild 4).



**Überflutung durch Starkregen**

max. Wassertiefen [m]

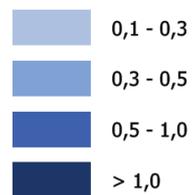


Bild 3 Darstellung der maximalen Überflutungstiefen als Ergebnis der 2D-Simulation für das Stadtgebiet Schwabach (Lastfall  $T_N = 100$  a,  $D = 60$  min,  $h_N = 52,5$  mm); Hintergrundkarte: © terrestris GmbH und Co. KG ([www.terrestris.de/de/demos](http://www.terrestris.de/de/demos)) / © OpenStreetMap-Mitwirkende ([www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org) / [www.opendatacommons.org](http://www.opendatacommons.org)) – 2021

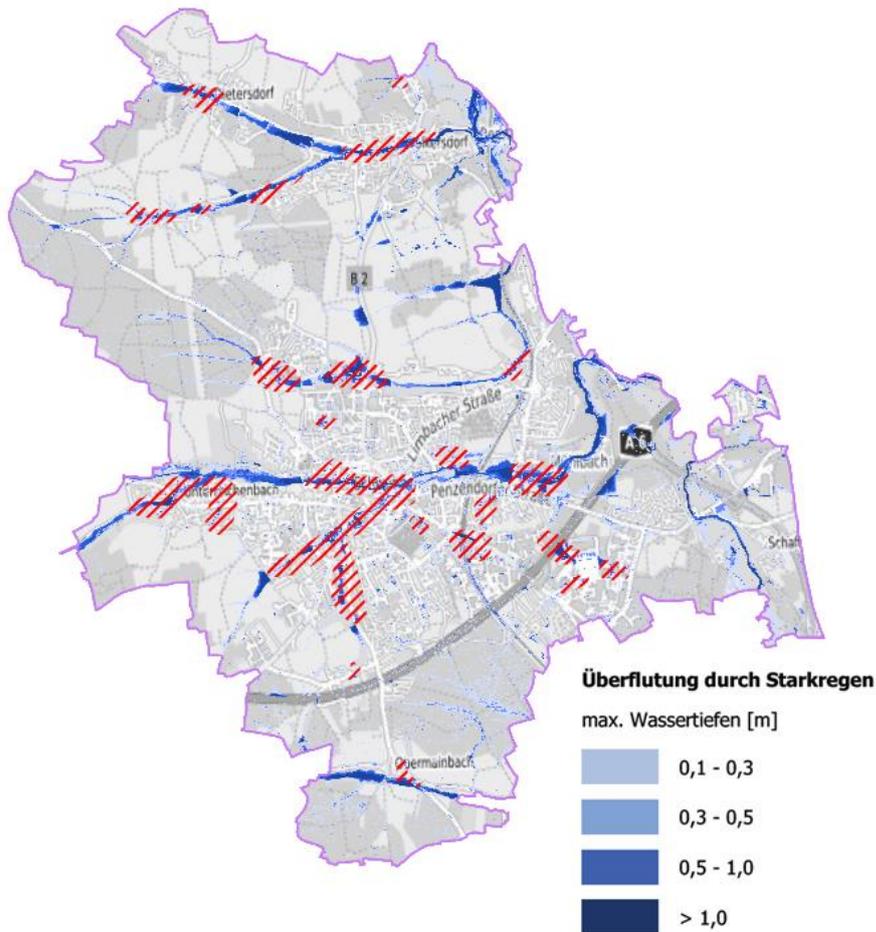


Bild 4 Identifizierte Hot-Spots zur Starkregenvorsorge (rot schraffiert) auf Grundlage der Ergebnisse der 2D-Simulation für das Stadtgebiet Schwabach (Lastfall  $T_N = 100$  a,  $D = 60$  min,  $h_N = 52,5$  mm); Hintergrundkarte: © terrestris GmbH und Co. KG ([www.terrestris.de/de/demos](http://www.terrestris.de/de/demos)) / © OpenStreetMap-Mitwirkende ([www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org) / [www.opendatacommons.org](http://www.opendatacommons.org)) – 2021

In den nachfolgenden Abbildungen werden exemplarisch drei Hotspot-Gebiete dargestellt. Dabei zeigen die Hotspots „Schwabach Innenstadt“ und „Wolkersdorf“ den großen Einfluss von Gewässern im Starkregenfall. Bei der Betrachtung der Innenstadt wird deutlich, dass auch kleine Gewässer oder einzelne Gräben – gegebenenfalls auch sogenannte schlafende Gewässer – bei Starkregen (in Abhängigkeit der Niederschlagshöhe) zu einer Gefährdung führen können. Bedingt durch die Topografie haben Senkenlagen große Einzugsgebiete, so dass sich im gesamten Stadtgebiet Hotspots ergeben. Dies wird auch im Hotspot der „Nürnberger Straße“ deutlich.

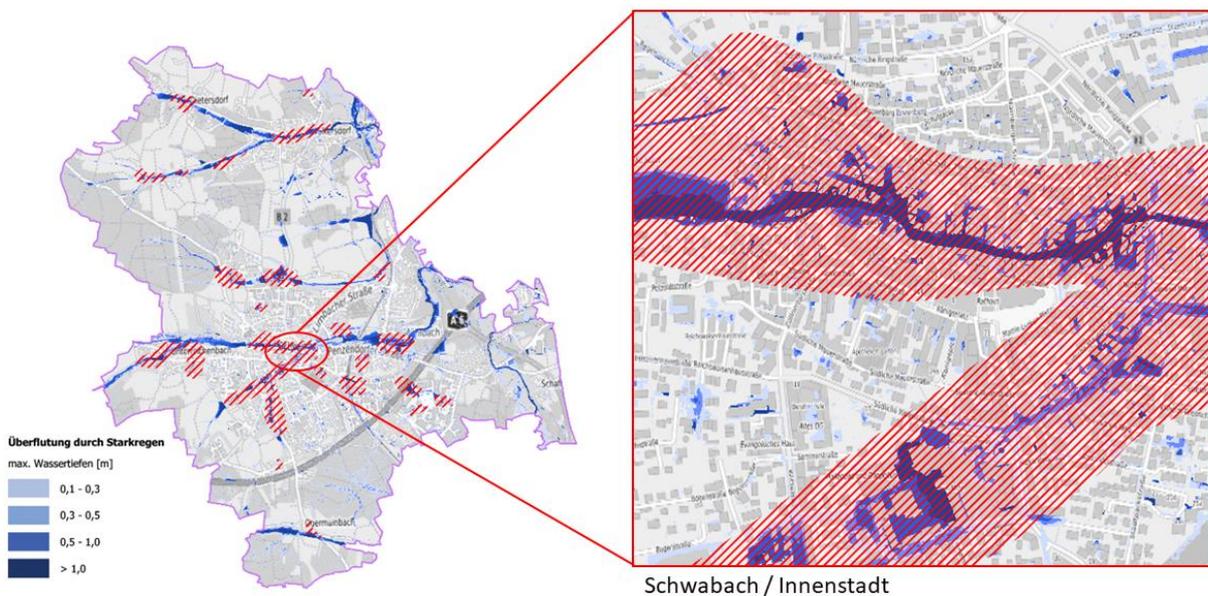


Bild 5 Identifizierter Hotspot im Bereich Schwabach Innenstadt (Hintergrundkarte: © terrestris GmbH und Co. KG ([www.terrestris.de/de/demos/](http://www.terrestris.de/de/demos/)) / © OpenStreetMap-Mitwirkende ([www.openstreetmap.org/](http://www.openstreetmap.org/) / [www.opendatacommons.org](http://www.opendatacommons.org/)) – 2021

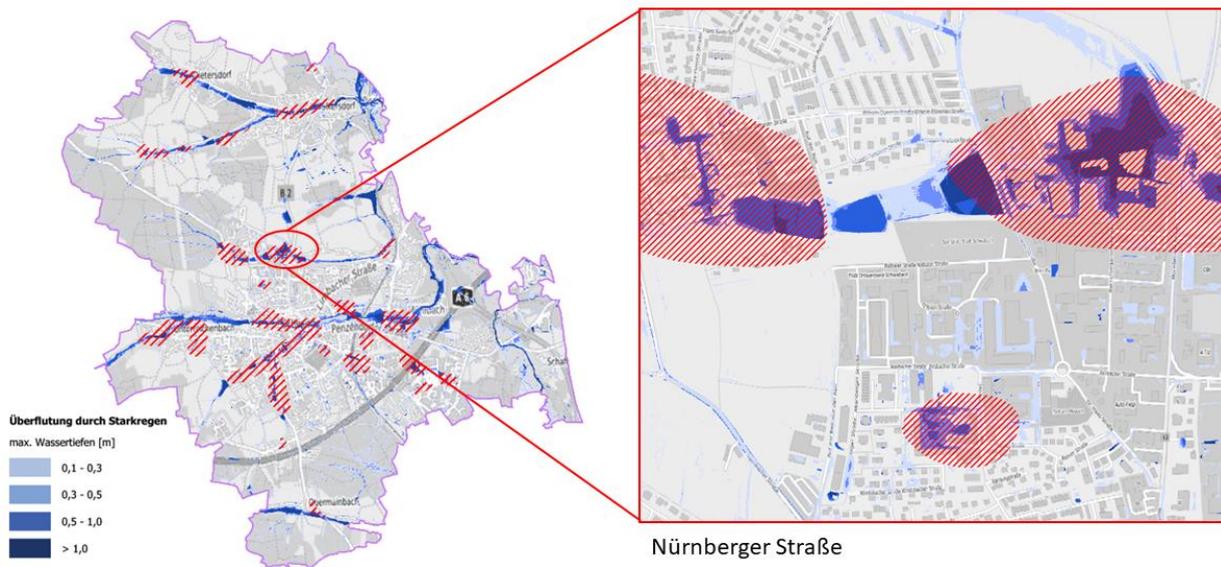


Bild 6 Identifizierter Hotspot im Bereich Nürnberger Straße (Hintergrundkarte: © terrestris GmbH und Co. KG ([www.terrestris.de/de/demos/](http://www.terrestris.de/de/demos/)) / © OpenStreetMap-Mitwirkende ([www.openstreetmap.org/](http://www.openstreetmap.org/) / [www.opendatacommons.org/](http://www.opendatacommons.org/)) – 2021

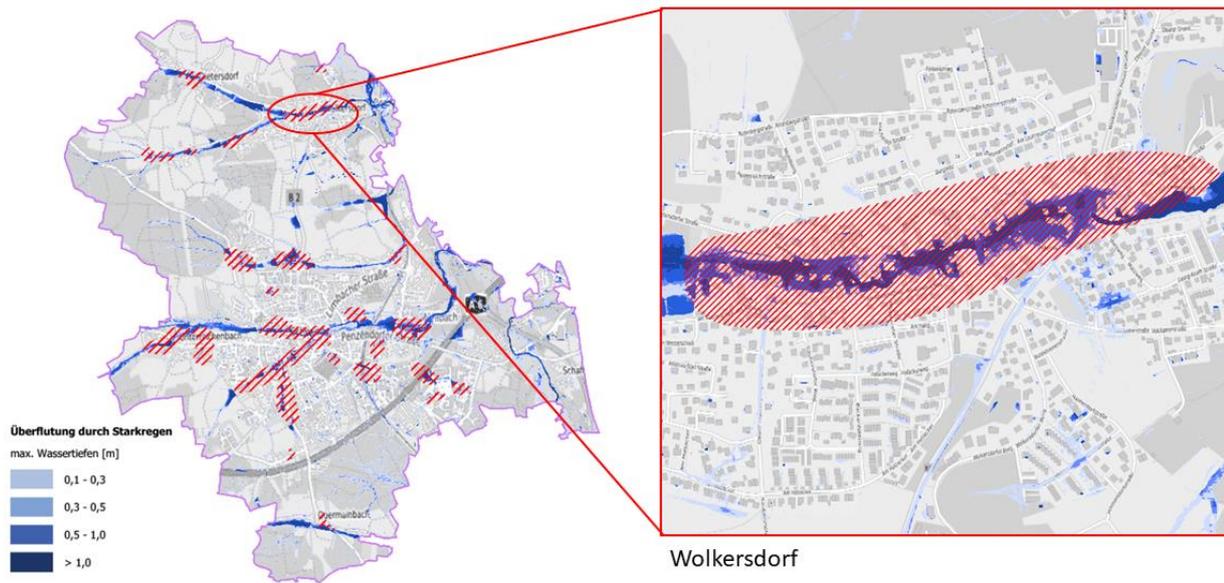


Bild 7 Identifizierter Hotspot im Bereich Wolkersdorf (Hintergrundkarte: © terrestris GmbH und Co. KG ([www.terrestris.de/de/demos](http://www.terrestris.de/de/demos)) / © OpenStreetMap-Mitwirkende ([www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org) / [www.opendatacommons.org](http://www.opendatacommons.org)) – 2021

### 3 Weitergehende Detailanalysen

#### 3.1 Grundlagen

Durch die Grobanalyse ließen sich Hotspots zur Starkregenvorsorge identifizieren. Wie bereits erläutert, umfasst die Grobanalyse zwar eine detaillierte Berechnungsgrundlage (Auflösung der Berechnung von 1x1 m), jedoch keine weiteren Modellanpassungen, -optimierungen oder die Berücksichtigung abflussmindernder Prozesse (z. B. Versickerungsprozesse oder der Einfluss des Kanalnetzes). Zudem konnten die Außengebiete, außerhalb des Stadtgebiets, nur sehr grob abgebildet werden (Grundlage 20x20 m).

Um eine detailliertere, weitergehende Bewertung der Hotspots vornehmen und weitere Schritte zur Maßnahmenplanung und Informationsvorsorge (z. B. Veröffentlichung der Ergebnisse zur Bürger:inneninformation) gehen zu können, war eine Detailanalyse auf den Grundlagen der Grobanalyse erforderlich. Diese Detailanalyse umfasste im Kern die Berücksichtigung weiterer Grundlagendaten sowie eine Modelloptimierung (Plausibilisierung) in Abstimmung mit den Akteuren der Stadtverwaltung.

#### 3.2 Modellaufbau

##### 3.2.1 Geländemodell

Auf Basis eines höher aufgelösten digitalen Geländemodells in den westlichen Außengebieten (Gitterweite 5 m anstatt 20 m) wurden die Außengebietszuflüsse genauer simuliert (Bild 8). Des Weiteren wurden die Gebäude als Fließhindernisse im digitalen Geländemodell überprüft und angepasst. Dabei wurde ein aktueller Datensatz mit Gebäuden und Bauwerken berücksichtigt, der für die Detailanalyse mit den in der Grobanalyse eingearbeiteten Gebäudedaten abgeglichen wurde. Fehlende Gebäude und Bauwerke wurden daraufhin ergänzt. Darüber hinaus erfolgte eine differenzierte Berücksichtigung von durchströmbaren, undurchströmbaren sowie überströmbaren Gebäudeteilen (z. B. Durchfahrten, Torbögen oder Tiefgaragen).

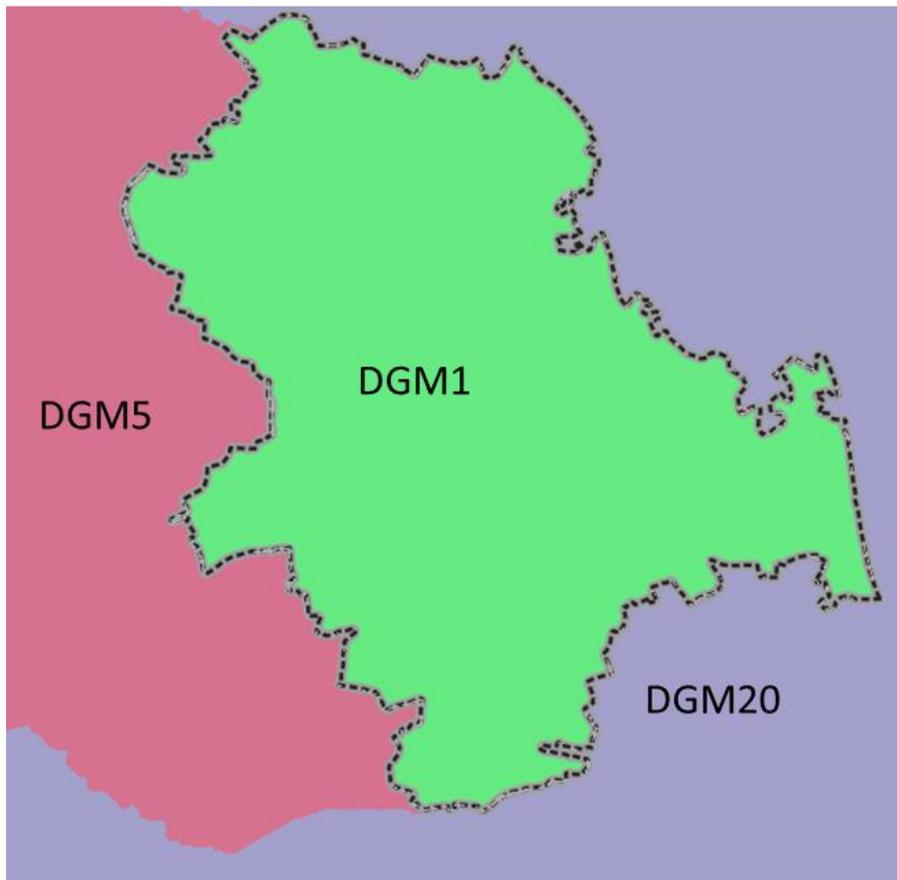


Bild 8 Übersicht über die Auflösung der verwendeten digitalen Geländemodelle (DGM) von 1 m (DGM1) bis 20 m (DGM20)

### 3.2.2 Oberflächenparameter

Als Bodenkennwerte wurden zusätzlich zu den Rauheitsklassen (Bild 2) differenzierte Versickerungseigenschaften betrachtet. Versickerungsprozesse bei Starkregen sind schwer abzuschätzen und abhängig von den Ereignisbedingungen und -verläufen (u. a. Vorfeuchte des Bodens, räumliche und zeitliche Verteilung des Niederschlags im Stadtgebiet). Eine Betrachtung ohne Versickerungsprozesse führt in der Regel stellenweise zu einer Überschätzung der Gefährdung im Stadtgebiet, welche insbesondere bei der Weiterverarbeitung und Kommunikation der Ergebnisse problematisch sein kann. Bedingt durch

die Komplexität der Prozesse ist es daher empfehlenswert, Betrachtungen mit und ohne Berücksichtigung der Versickerung durchzuführen. Aussagen ohne Versickerungsprozesse können bereits aus der Grobanalyse abgeleitet werden, sodass in der Detailanalyse Versickerungsprozesse berücksichtigt wurden.

Die Festlegung der Versickerungseigenschaften erfolgte auf Grundlage der Flächenklassifizierung für die Oberflächenrauheiten. Diesen zusammengestellten Flächen wurden unterschiedliche Kennwerte zugeordnet, sodass unterschiedliche Infiltrationsleistungen entstanden. Hieraus resultierten sechs verschiedene Versickerungsklassen im Stadtgebiet.

Die Wirkung des Kanalnetzes auf die Überflutungssituation nimmt mit zunehmender Intensität der betrachteten Starkniederschläge zwar ab, dennoch kann es punktuell zu einer Verschärfung oder Entschärfung der Situation beitragen (Verringerung des Wasservolumens auf der Oberfläche durch Retentionswirkung bzw. Anstieg der Wassertiefen bei Überlastung/Überstau). Gemäß dem DWA-Arbeitsblatt DWA-A 118 (DWA, 2006 – derzeit in Überarbeitung) werden Kanäle in weiten Teilen des Siedlungsgebiets mit zulässigen Überstauhäufigkeiten von ein bis fünf Jahren bemessen, d. h. ihre Leistungsfähigkeit bei Niederschlägen mit einer Wiederkehrzeit von bis zu fünf Jahren erschöpft sein „darf“. Modelltechnisch können diese Wechselwirkungen im Rahmen von Maßnahmenplanungen durch eine bidirektionale Kopplung von Oberfläche (2D) und Kanalnetz (1D) simuliert werden. Im Rahmen der Detailanalyse für Schwabach erfolgte eine reine 2D-Modellierung wie sie im Rahmen des Sturzflutrisikomanagements üblich ist. Der Aufbau gekoppelter Modelle ist nach Vorlage aller erforderlichen Grundlagendaten u. a. kalibrierte 1D-Modellumgebung) im Rahmen der weiteren Maßnahmenplanung denkbar.

Um die Retentionswirkung des Kanalnetzes abzubilden, wurde ein räumlich differenzierter Verlustansatz definiert, der dafür sorgt, dass Flächen, die an das Kanalnetz angeschlossen sind, eine geringere Niederschlagsbelastung erhalten als die übrigen Flächen. Dadurch befindet sich weniger Oberflächenabfluss im Modell, sodass die mindernde Wirkung des Kanalnetzes abgebildet wird. Dieser Verlustansatz wurde auf Dach- und Straßenflächen in Siedlungsbereichen angewendet. In Anlehnung der Vorgaben des DWA-A 118 (DWA, 2006) wurde daher festgelegt, dass von Dachflächen das abfließende Regenwasser eines 60-minütigen Niederschlags mit einer Wiederkehrzeit von  $T = 3$  a gänzlich durch das Kanalnetz abgeleitet wird. Für Straßenflächen wurde ein 60-minütiger Niederschlag mit einer Wiederkehrzeit von  $T = 2$  a angesetzt.

Der Oberflächenparameter Rauheit wurde bereits in der Grobanalyse räumlich differenziert und ausreichend betrachtet, sodass die Parametrisierung in die Detailanalyse übernommen wurde.

### 3.2.3 Modelloptimierung

Die Modelloptimierung stellte im Rahmen der Detailanalyse einen Hauptteil dar. Eine genauere Betrachtung der Ergebnisse der Grobanalyse zeigte, dass Fehler im Oberflächenmodell zu Überflutungsausdehnungen und -tiefen führen, die die Realität nur unzureichend abbilden. Dazu zählten Brückenbauwerke, Verrohrungen sowie zum Teil nicht ausreichend abgebildete Gebäudelagen und -durchfahrten (Bild 9). Gleichzeitig ist es wichtig zu erwähnen, dass kein Modell die Realität exakt widerspiegeln kann. Zudem erfolgt eine Limitierung der kleinräumigen Strukturen z. B. auf Privatgrundstücken (kleinere Mauern) durch die Modellauflösung und die Datenverfügbarkeit.

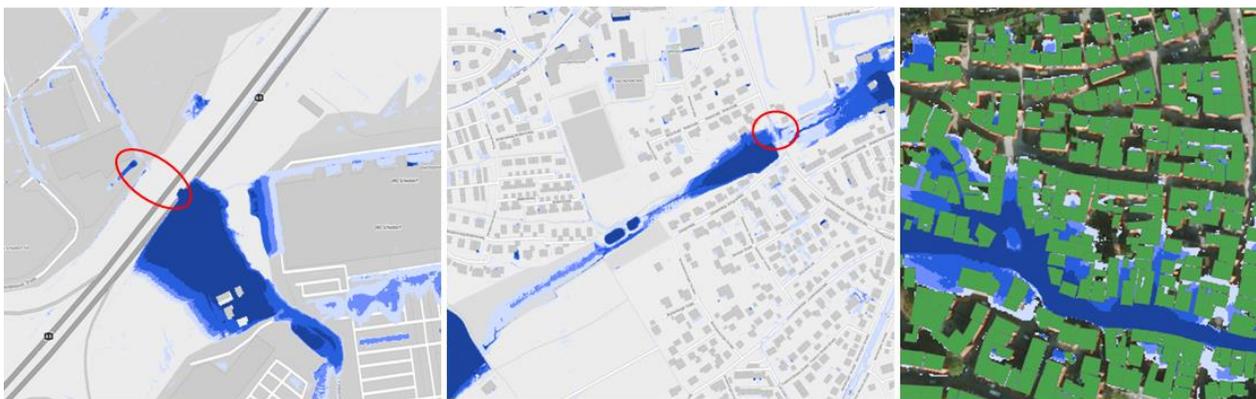


Bild 9 Ungenauigkeiten im Oberflächenmodell. Links: fehlendes Brückenbauwerk; Mitte: fehlender Durchlass; Rechts: Lage- und Bestandsungenauigkeiten bei Abbildung der Gebäude in einem 1x1 Gitter (Hintergrundkarte: © terrestris GmbH und Co. KG ([www.terrestris.de/de/demos](http://www.terrestris.de/de/demos)) / © OpenStreetMap-Mitwirkende ([www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org) / [www.opendatacommons.org](http://www.opendatacommons.org)) – 2021

Ziel der Modelloptimierung ist war es:

- Relevante Mauern in das Oberflächenmodell einzubauen,
- Fließwege unterhalb von Brückenbauwerken durchgängig zu gestalten,
- Gewässerverrohrungen und Durchlässe in das Modell zu integrieren,

- Funktionsweisen der relevanten Bauwerke der Siedlungswasserwirtschaft (z. B. Hochwasserrückhaltebecken) im Modell abzubilden,
- Fehlende Bauwerke oder Gebäudedurchfahrten zu identifizieren und zu integrieren und
- sonstige Fehler im Geländemodell zu identifizieren und zu beheben.

Die Modelloptimierung wurde in enger Abstimmung mit dem Tiefbauamt und dem Amt für Stadtplanung und Bauordnung Schwabach durchgeführt. Dabei wurden zunächst weitergehende Datengrundlagen gesichtet und in das Modell übernommen um anschließend, in einem iterativen Bearbeitungsprozess, die Zwischenergebnisse und eingearbeiteten Elemente zu prüfen und anzupassen.

Die gesamte Modelloptimierung wurde von Ortsbegehungen seitens des Amtes für Stadtplanung und Bauordnung und des Tiefbauamtes sowie auch von Ortsbegehungen im Stadtzentrum durch die Dr. Pecher AG begleitet und gestützt. Im Vorhinein konnten mittels eines aufgebauten Web-GIS die zu begehenden Orte in einem ersten Schritt geprüft und zusammen mit den offenen Fragen festgelegt sowie gesammelt werden. Die benötigten Informationen wurden im Anschluss an die Ortsbegehungen ebenfalls zurückgespielt und anschließend in das Modell integriert.



Bild 10 Notwendigkeit der Modelloptimierung. Links: Mauer entlang der Schwabach (Quelle: Dr. Pecher AG); Rechts: Ergebnisse der Grobanalyse ohne berücksichtigte Mauer an der Schwabach mit daraus resultierender Ausuferung des Gewässers – gelb eingblendet ist die anschließend eingearbeitete Mauer (Hintergrundkarte: © terrestris GmbH und Co. KG ([www.terrestris.de/de/demos](http://www.terrestris.de/de/demos)) / © OpenStreetMap-Mitwirkende ([www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org) / [www.opendatacommons.org](http://www.opendatacommons.org)) – 2021)

Insgesamt wurden durch den Bearbeitungsprozess rund 425 Punkte im Stadtgebiet bearbeitet, um ein realitätsnäheres Modell aufzubauen. Bild 10 zeigt ein Beispiel für eine nachträglich eingearbeitete Mauer im Bereich der Schwabach.

### 3.3 Lastfälle der Niederschlagsbelastung

Mit dem aufgebauten und optimierten Detailmodell konnten anschließend Simulationen mit verschiedenen Niederschlagsbelastungen und Untersuchungszielen durchgeführt werden. Für die Gefährdungsanalyse im Rahmen des Starkregenrisikomanagements, welche mit dieser Detailanalyse vergleichbar ist, geben verschiedene Leitfäden verschiedene Empfehlungen für die zu verwendenden Niederschlagsbelastungen (z. B. in NRW (MULNV, 2018) oder Baden-Württemberg (LUBW, 2016)). Grundsätzlich empfiehlt es sich, mehrere Szenarien zu simulieren, um die Auswirkungen verschieden starker Starkniederschläge miteinander vergleichen und abschätzen zu können. Für die Detailanalyse Starkregen für die Stadt Schwabach wurden jeweils ein intensives (SRI 5), ein außergewöhnliches (SRI 100) sowie ein extremes (SRI 10) Ereignis den Simulationen zugrunde gelegt. Diese Ereignisse finden sich auch in der Kategorisierung von Starkregen mittels des Starkregenindex (nach Schmitt et. al (2018)) wieder (Bild 11).

|   |            |   |     |   |                       |    |    |      |                              |                     |       |   |    |    |    |
|---|------------|---|-----|---|-----------------------|----|----|------|------------------------------|---------------------|-------|---|----|----|----|
| <b>Starkregenindex SRI [-]</b>          | 1          | 1 | 2   | 2 | 3                     | 4  | 4  | 5    | 6                            | 7                   | 8     | 9 | 10 | 11 | 12 |
| <b>Kategorie</b>                        | Starkregen |   |     |   | intensiver Starkregen |    |    |      | außergewöhnlicher Starkregen | extremer Starkregen |       |   |    |    |    |
| <b>Wiederkehrzeit T<sub>n</sub> [a]</b> | 1          | 2 | 3,3 | 5 | 10                    | 20 | 25 | 33,3 | 50                           | 100                 | > 100 |   |    |    |    |

Bild 11 Starkregenindex nach Schmitt et. al (2018)

Die drei Lastfälle sind in Tabelle 1 entsprechend ihrer Bezeichnung mit zugehörigen Jährlichkeiten, dem SRI, der Niederschlagsdauer und -höhe zusammengefasst. Während es sich bei den beiden ersten Niederschlagsereignissen um Modellregen (Euler, Typ II) handelt, wurde das dritte Szenario mit einem Blockregen gerechnet (Abb. 14).

Tabelle 1 Übersicht über die verwendeten Niederschlagsdaten aus dem KOSTRA-Atlas

| Bezeichnung     | Jährlichkeit T | SRI | Niederschlagssumme<br>$h_N$ | Regentyp     |
|-----------------|----------------|-----|-----------------------------|--------------|
| Intensiv        | 30 a           | 5   | 42,8 mm                     | Euler Typ II |
| Außergewöhnlich | 100 a          | 7   | 52,5 mm                     | Euler Typ II |
| Extrem          | > 100 a        | 10  | 100,0 mm                    | Blockregen   |

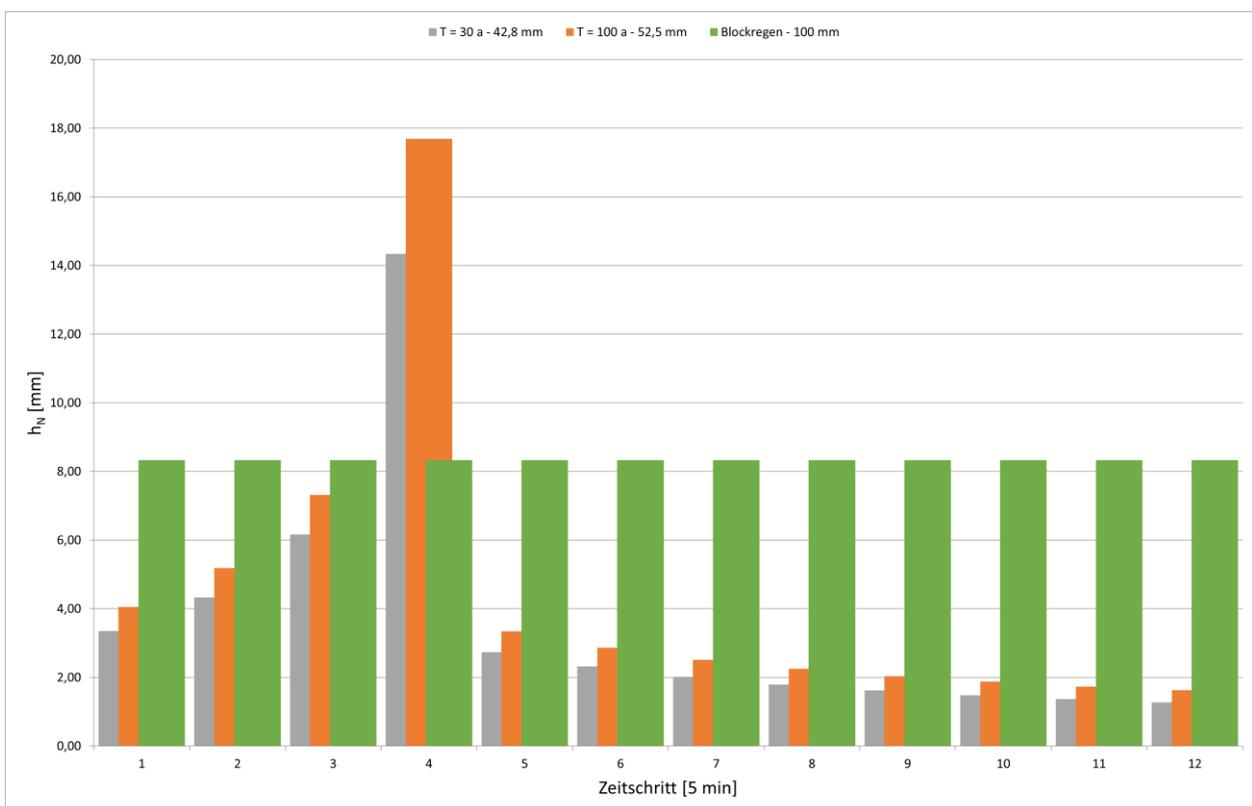


Bild 12 5-Minuten Summen der drei Niederschlagsbelastungen

Zusätzlich zu den drei genannten Szenarien wurde ein viertes Szenario betrachtet, bei dem als Niederschlagsbelastung ebenfalls ein außergewöhnliches Ereignis ( $T = 100$  a) festgelegt wurde. Ziel des vierten Szenarios war die Identifikation von für das Abflussgeschehen in den Siedlungsgebieten einflussreichen Außengebieten.

Dazu wurden zunächst Siedlungsbereiche betrachtet und hierfür relevante Außengebiete anhand von ermittelten Fließwegen identifiziert. Anschließend wurden die Außengebiete simulationsbasiert analysiert. Es wurde zunächst eine Simulation durchgeführt, in der lediglich die identifizierten Siedlungsgebiete beregnet wurden. In einer zweiten Simulation wurden dann nur die Außengebiete mit Niederschlag belastet. Durch den Vergleich der beiden Szenarien mit dem Referenzzustand konnten die primäre bzw. relevante Überflutungsquelle für die einzelne Bereiche im Stadtgebiet identifiziert werden. Die Analyse konzentrierte sich im Wesentlichen auf Siedlungsbereiche.

### 3.4 Modellergebnisse

Die Ergebnisse der numerischen 2D-Oberflächensimulation der Detailanalyse bestätigen grundsätzlich die in der Grobanalyse erarbeiteten Hotspots der Gefährdung durch Starkregen. Auch hierbei ist zu berücksichtigen, dass das numerische Simulationsmodell die Realität nicht vollständig widerspiegeln kann. Beim Abgleich zwischen Realität und Simulationsergebnissen (Starkregengefahrenkarte) kann es zu Divergenzen kommen, daher ist ein direkter Vergleich immer nur unter gewissen Einschränkungen möglich. Hintergrund sind insbesondere die vielen Randbedingungen, die im Simulationsmodell eingestellt werden müssen und unterschiedlich hohe Einflüsse auf das Simulationsgeschehen haben (Niederschlagserteilung, tatsächliche Versickerung, Kanalnetz etc.). Weiterhin basieren die gewählten Niederschlagsbelastungen auf statistischen Werten und nicht ein beobachtetes Niederschlagsereignis. Je nach Regen und Einstellung der Randbedingungen können die sich einstellenden Wassertiefen, Fließgeschwindigkeiten und Überflutungsausdehnungen auf der Geländeoberfläche unterschiedlich ausfallen. Durch den Vergleich und die Betrachtung unterschiedlicher Szenarien können allerdings einzelne Gefährdungspunkte auf Sensitivität und Gefährdung sehr gut analysiert werden.

Es fällt auf, dass tendenziell eher weniger Wasser auf der Oberfläche steht als in der Grobanalyse. Während die Überflutungsausdehnungen grundsätzlich ähnlich sind, sind die simulierten Wassertiefen der Detailanalyse eher geringer. Dies ist auf den Versickerungsansatz sowie den Verlustansatz (Kapitel 3.2.2) für das Kanalnetz zurückzuführen und war Ziel der Detailanalyse.

Auch durch die Einarbeitung von Durchlässen und Verrohrungen sowie Brückenbauwerken bzw. Unterführungen zeichnen sich in den Ergebnissen der Detailanalyse lokal deutliche Verminderungen der Wassertiefen ab. Dadurch wurde eine realitätsnähere Abbildung der Wassertiefen und -ausdehnungen erreicht (Bild 13).



Bild 13 Überflutungstiefen vor und nach der Modelloptimierung (Hintergrundkarte: © terrestris GmbH und Co. KG ([www.terrestris.de/de/demos/](http://www.terrestris.de/de/demos/)) / © OpenStreetMap-Mitwirkende ([www.openstreetmap.org/](http://www.openstreetmap.org/) / [www.opendatacommons.org/](http://www.opendatacommons.org/)) – 2021)

Die Ergebnisse des vierten Szenarios lieferten Informationen über jene Außengebiete, die eine Relevanz für Überflutungen in den Siedlungsbereichen aufweisen. Dafür wurden die Simulationsergebnisse aus der Berechnung der Siedlungsgebiete sowie der Berechnung der Außengebiete herangezogen. Es zeigte sich, dass die Außengebiete im gesamten Stadtgebiet Schwabachs einen hohen Einfluss auf das Überflutungsgeschehen – insb. im Stadtzentrum Schwabachs – haben. Gleichzeitig führte eine Berechnung der reinen Siedlungsgebiete ebenfalls zu relevanten Überflutungstiefen. In einigen Siedlungsbereichen mit Nähe zu Gewässern, insbesondere im Stadtzentrum in der Nähe des Schwabachs, werden Überlagerungseffekte aus fluvialen und pluvialen Einflüssen auf das Überflutungsgeschehen deutlich. Während fluviale Überflutungen eher aus hochwasserbedingten Zuflüssen (insb. aus Außengebieten) resultieren, zeichnen sich pluviale Überflutungen durch Abflüsse im Stadtgebiet hin zu den Gewässern aus. Insbesondere im Stadtzentrum Schwabachs treten diese ungünstigen Überlagerungseffekte auf und führen – als Resultat aus Außengebietszuflüssen *und* lokalen Überflutungen – zu großflächigen Überflutungsausdehnungen und maximalen Wassertiefen (Bild 14).



Bild 14 Ausschnitt aus der Hinweiskarte mit Darstellung wichtiger Außengebiete und der Stadtgebiete, die auch durch Kombination von Hochwasser und Starkregen betroffen sein können (blau straffiert - Kombination fluvialer und pluvialer Überflutung): Hintergrund BKG; [http://sg.geodatenzentrum.de/web\\_public/gdz/datenquellen/Datenquellen\\_TopPlusOpen.pdf](http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/datenquellen/Datenquellen_TopPlusOpen.pdf)

Aus den Ergebnissen der Detailanalyse wurden Starkregengefahrenkarten erstellt. Dabei handelt es sich zum einen um Übersichtspläne, die die gebietsweite Überflutungs- ausdehnung darstellen. Zum anderen bieten Detailpläne die Möglichkeit, lokale Informationen über simulierte Überflutungsausdehnungen, maximale Wassertiefen sowie maximale Fließgeschwindigkeiten zu erhalten. Bild 15 zeigt einen Ausschnitt der Ergebnisse der Detailanalyse für das Stadtzentrum Schwabachs.

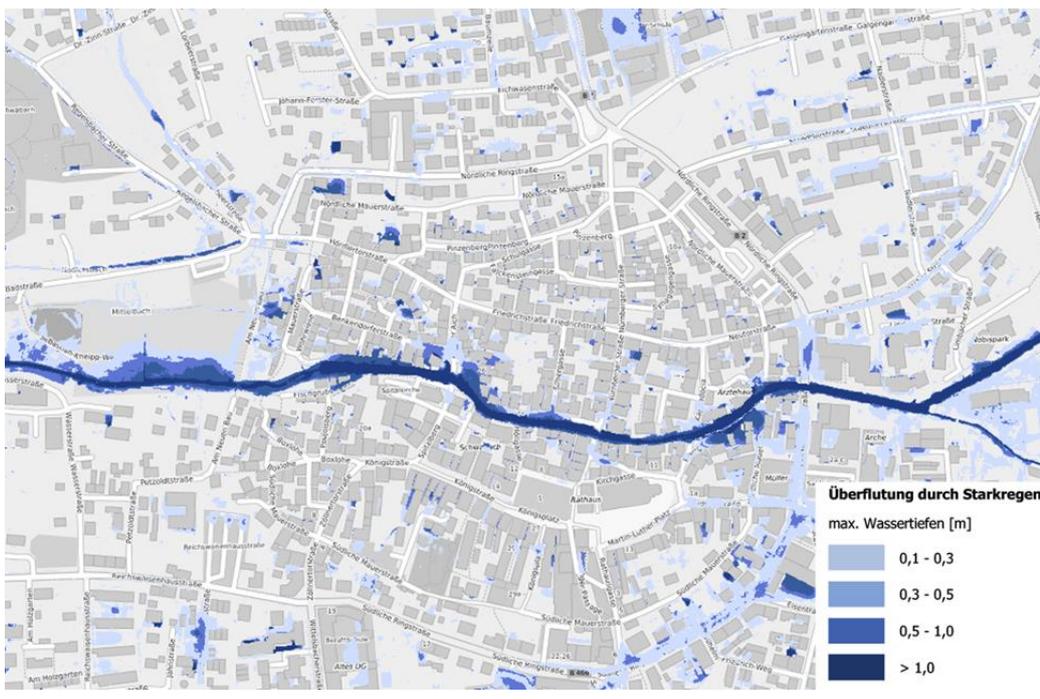


Bild 15 Ergebnisse der Detailanalyse für das Stadtzentrum Schwabach (Lastfall  $T_N = 100$  a,  $D = 60$  min,  $h_N = 52,5$  mm); Hintergrundkarte: © terrestris GmbH und Co. KG ([www.terrestris.de/de/demos](http://www.terrestris.de/de/demos)) / © OpenStreetMap-Mitwirkende ([www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org) / [www.opendatacommons.org](http://www.opendatacommons.org)) – 2021

### 3.5 Zusammenfassung

Die Grob- und darauf aufbauende Detailanalyse für die Überflutungsgefährdung während und nach Starkregenereignissen in der Stadt Schwabach geben einen Überblick über die potenziellen Gefährdungsschwerpunkte durch Überflutungen infolge von Starkregenereignissen. Mit Hilfe einer hydrodynamischen 2D-Oberflächenabflusssimulation inkl. Versickerungsansätzen, Abbildung von Oberflächenrauheiten sowie einer vereinfachten Betrachtung des Kanalnetzes mittels eines Verlustansatzes wurden mögliche Auswirkungen eines intensiven, eines extremen sowie eines außergewöhnlichen Starkregens berechnet, validiert und veranschaulicht. Dafür wurden Niederschläge mit Jährlichkeiten von  $T = 30$  a sowie  $T = 100$  a und mit einer festgelegten Niederschlagshöhe von  $h_n = 100$  mm (Extremereignis) in einer Stunde herangezogen. Berechnungsgrundlage war ein digitales Geländemodell im 1x1m-Raster des Stadtgebietes sowie ein digitales Geländemodell im

5x5m-Raster außerhalb des Stadtgebietes. Ergebnis der Simulationen sind stadtgebietsweite (maximale) Wassertiefen und Überflutungsausdehnungen, Fließrichtungen sowie (maximale) Fließgeschwindigkeiten. Insgesamt wurden jeweils ein stadtgebietsweiter Übersichtsplan für die maximalen Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten für die drei Szenarien erstellt, dazu jeweils 15 Detailpläne pro Lastfall – ebenfalls mit Abbildung der maximalen Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten. Das vierte Szenario zur Abbildung der Einflüsse von Außengebietszuflüssen wurde in einer extra Karte abgebildet.

Die Starkregengefahrenkarten aus der Detailanalysen können eine gute Grundlage für die weiteren Schritte zur Starkregenvorsorge und den klimagerechten Städtebau bilden. Aufbauend auf den Ergebnissen können gezielt Maßnahmen konzeptioniert und gleichzeitig Informationsvorsorge für die Bürger:innen Schwabachs betrieben werden. Die Maßnahmen zur Konkretisierung, Verstetigung und Weiterentwicklung der Starkregenvorsorge sowie die verbindliche Integration dieser können in übergeordneten Konzepten der Stadt Schwabach zusammengestellt werden. Durch die gemeinsame Bearbeitung der Detailanalyse zur Starkregengefährdung und des Modellvorhabens „Klimagerechter Städtebau“ ist bereits ein wesentlicher Arbeitsschritt und Integrationschritt von Projektbeginn erfolgt.

Gelsenkirchen, 29.09.2022  
HEJ, ESH

Dr. Pecher AG

ppa. Dr. Holger Hoppe

## Literatur

LUBW (2016) Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Dezember 2016, ISBN 978-3-88251-391-2

Schmitt T. G., Krüger M., Pfister A., Becker M., Mudersbach C., Fuchs L., Hoppe H. und Lakes I. (2018). Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall 2018 (65), Nr. 2., S. 113ff. ISSN 1866-0029.

MULNV (Hrsg.) (2018) Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MULNV), Düsseldorf, November 2018, <https://www.flussgebiete.nrw.de/starkregen-7994> (18.01.2022)

Schmitt, T. G.; Krüger, M.; Pfister, A.; Becker, M.; Mudersbach, C.; Fuchs, L.; Hoppe, H.; Lakes, I. (2018) Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex. Korrespondenz Abwasser, Abfall, 65 (2).

DWA (Hrsg.) (2006) Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. Arbeitsblatt DWA-A 118, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), Hennef, März 2006, ISBN 978-3-939057-15-4

