

Stadt Kempten (im Allgäu)

Starkregengefahrenkarten

Kempten

Erläuterungsbericht

August 2020

Wasser ist unsere Leidenschaft

Ausfertigung 1/1
Projekt Nr.: 3558



**Ingenieurbüro
Reinhard Beck**
GmbH & Co. KG

Kocherstraße 27 • Tel.: 0202-24 678-0
42369 Wuppertal • Fax: 0202-24 678-44
info@ibbeck.de • www.ibbeck.de

Stadt Kempten (im Allgäu)

Starkregengefahrenkarten

Kempten

Erläuterungsbericht

August 2020

Projektleiter: Maren Hellmig
Projekt Nr.: 3558

Wasser ist unsere Leidenschaft



**Ingenieurbüro
Reinhard Beck**

GmbH & Co. KG

Kocherstraße 27 • Tel.: 0202-24 678-0
42369 Wuppertal • Fax: 0202-24 678-44
info@ibbeck.de • www.ibbeck.de

Inhaltsverzeichnis

<u>1.</u>	<u>Veranlassung und Aufgabenstellung</u>	<u>6</u>
<u>2.</u>	<u>Grundlagendaten</u>	<u>7</u>
<u>3.</u>	<u>Verwendete Software</u>	<u>7</u>
<u>4.</u>	<u>Modellgrundlagen</u>	<u>8</u>
<u>5.</u>	<u>Topographische Analyse</u>	<u>11</u>
5.1	Methodik	11
5.2	Ergebnisse	12
5.3	Hinweise zum Umgang mit den Ergebnissen	14
<u>6.</u>	<u>2D-Berechnung</u>	<u>15</u>
6.1	Modellaufbau	15
6.2	Ergebnisse	18
<u>7.</u>	<u>Plausibilisierung</u>	<u>20</u>
<u>8.</u>	<u>Ergebnisse</u>	<u>24</u>
<u>9.</u>	<u>Nutzen für die Bauleitplanung</u>	<u>29</u>
<u>10.</u>	<u>Ausblick/Zusammenfassung</u>	<u>30</u>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modellgebiet (blau) und Stadtgrenze (rot)	8
Abbildung 2: Betroffene Fluglose der Laserscanbefliegung	9
Abbildung 3: DGM auf Basis der Laserscandaten vom Land Bayern	10
Abbildung 4: Höhenmodell inkl. Dachflächen	10
Abbildung 5: Fließwege und Senkenplan	12
Abbildung 6: Fließwege- und Senkenplan (Zoomstufe 1)	13
Abbildung 7: Fließwege- und Senkenplan (Zoomstufe 2)	13
Abbildung 8: Fließwege- und Senkenplan (Zoomstufe 3)	14
Abbildung 9: Eingeschnittener Durchlass (links) und nicht eingeschnittener Durchlass (rechts)	15
Abbildung 10: Verwendete Landnutzungsdaten (Kataster/Corine-Daten)	16
Abbildung 11: verwendete Niederschlagsdaten	17
Abbildung 12: Starkregengefahrenkarte Kempten ($T_N = 100$ a)	18
Abbildung 13: errechnete Wasserstände je Lastfall	19
Abbildung 14: Darstellungsmöglichkeiten der Fließgeschwindigkeit ($T_N = 100$ a)	20
Abbildung 15: Verwendete Modellauslässe (grün) und vernachlässigte Verrohrungen (rot)	21
Abbildung 16: Einschnitte im Modell (pink)	22
Abbildung 17: Modellanpassung Ceratizit-Bebauung	23
Abbildung 18: Überflutungsschwerpunkte Innenstadt	24



Abbildung 19: Überflutungsschwerpunkte Freudental	25
Abbildung 20: Überflutungsschwerpunkt Kaufbreuer Straße/Holzbach	26
Abbildung 21: Überflutungsschwerpunkte Max-Schaidhauf-Straße	27
Abbildung 22: Überflutungsschwerpunkt Bahnhof	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Rauheitsbeiwerte	16
Tabelle 2: Einfärbung der Wasserstände	19
Tabelle 3: Darstellung der Fließgeschwindigkeit	19



Planverzeichnis

Blatt- Nr.:	Bezeichnung	Maßstab	Plan-Nr.:
1	UP01 Topografische Analyse	1 : 12.500	3558/15689
2	UP02 Überflutungsausdehnung	1 : 12.500	3558/15690
3	UP03 Wasserstand ($T_N = 30$ a)	1 : 12.500	3558/15691
4	UP04 Wasserstand ($T_N = 100$ a)	1 : 12.500	3558/15692
5	UP05 Wasserstand (90 mm/h)	1 : 12.500	3558/15693
6	UP06 Fließgeschwindigkeit ($T_N = 30$ a)	1 : 12.500	3558/15694
7	UP07 Fließgeschwindigkeit ($T_N = 100$ a)	1 : 12.500	3558/15695
8	UP08 Fließgeschwindigkeit (90 mm/h)	1 : 12.500	3558/15696

Anlagen:

01 Aktenvermerk

02 Animationen

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Im Zuge des Klimawandels gilt eine Zunahme außergewöhnlicher und extremer Starkregen als sehr wahrscheinlich. Extreme Niederschlagsereignisse sind meist räumlich begrenzt und lassen sich äußerst schwer vorhersagen. Um jedoch gezielt Vorsorge zu treffen, muss man zunächst besonders risikobehaftete Bereiche identifizieren. Für die Stadt Kempten soll daher für die Berücksichtigung im Flächennutzungsplans eine Starkregengefahrenkarte entwickelt werden.

Das Kanalnetz ist auf verhältnismäßig häufige Regenereignisse dimensioniert. Daher ist es für eine Kommune besonders hilfreich zu wissen, welche Fließwege Regenwasser bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen nimmt und wo es sich sammelt. Dies ist je nach Anwenderkreis und Fragestellung auf verschiedene Arten möglich. Zum einen gibt es die topografische Analyse, in der Fließwege und Senken über das gesamte Stadtgebiet herausgearbeitet werden. Diese eignet sich gut zur Identifizierung von Hauptfließwegen und Plausibilisierung des Geländemodells. Die Ergebnisse sind allerdings eher für Fachkundige nutzbar. Eine 2D-Oberflächenberechnung liefert allgemeinverständliche Ergebnisse durch Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten bei verschiedenen Starkregenereignissen. Diese Karte eignet sich zur Kommunikation mit Politik und Bürgern, sowie zur Veröffentlichung. Bei dieser Variante werden hauptsächlich Starkregenereignisse berechnet, bei denen aufgrund der Wassermenge der Kanal kaum noch einen Einfluss hat.

Auf Basis eines digitalen und hydraulisch plausibilisierten Geländemodells mit einer Rasterweite von 1 x 1 m werden eine stadtgebietsweite Fließwegakkumulation und Senkenberechnung durchgeführt. Fließweg- und Senkenanalyse sind an kein Niederschlagsereignis gekoppelt und geben eine generelle Gefährdungsabschätzung. Die Fließwege zeigen in der Ergebnisdarstellung, welche Flächen über die jeweiligen Fließwege entwässern.

Das zuvor erstellte und plausibilisierte Geländemodell bildet die Grundlage für die Starkregengefahrenkarten aus einer 2D-Oberflächenberechnung. Da davon ausgegangen wird, dass das Kanalnetz jenseits der seltenen Starkregen nur eine untergeordnete Rolle spielt, wurde dieses bei der Berechnung vernachlässigt. Große Gewässerverrohrungen und Durchlässe deren Verlegung bei Starkregen als unwahrscheinlich gilt, wurden im Geländemodell berücksichtigt.

2. Grundlagendaten

Bei der Bearbeitung wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

- Laserscandaten DGM1
(Land Bayern – Bestellt am 23.04.2020/ Beflogen in 2006,2007,2009 und 2015)
- Laserscandaten DGM5
(Land Bayern – Bestellt am 23.04.2020/ Beflogen in 2006,2007,2009 und 2015)
- CORINE Land Cover 5 ha CLC5
(European Environment Agency (EEA) – Heruntergeladen 06.2020 / Stand 2018)
- Katasterdaten (Stadt Kempten)
- Luftbilder (Stadt Kempten)
- Daten zu Gewässerverrohrungen (Stadt Kempten)

3. Verwendete Software

Zur Datenaufbereitung, zur Modellerstellung und für die topographische Analyse wurden die folgenden Programme verwendet:

Fließwegakkumulation und Senkenberechnung:

- ArcGIS 10.4 (ESRI) → Bearbeitung des DGM
- MaGriCom (Rastermathematik, Ingenieurbüro Reinhard Beck) → topographischen Analyse
- QGIS 3.10 (QGIS) → Aufbereitung der Grundlagendaten und Visualisierung der Ergebnisse

2D-Starkregengefahrenkarten:

- KOSTRA-DWD 2010R Atlas (Deutscher Wetterdienst) → Niederschlagsdaten
- ANUGA/HiPiMs (inkl. eigener Quellcodeoptimierungen) → 2D-Berechnung
- QGIS 3.10 (QGIS) → Aufbereitung der Grundlagendaten und Visualisierung

4. Modellgrundlagen

Der Modellbereich kann nicht anhand von politischen Verwaltungsgrenzen abgegrenzt, sondern muss anhand von oberirdischen Gewässereinzugsgebieten bestimmt werden. Die folgende Abbildung zeigt die Stadtgrenze und die zusätzlich betrachteten Außengebiete für die Abflussakkumulation der Stadt Kempten. Der Modellbereich wurde anhand von topografischen Karten festgelegt.

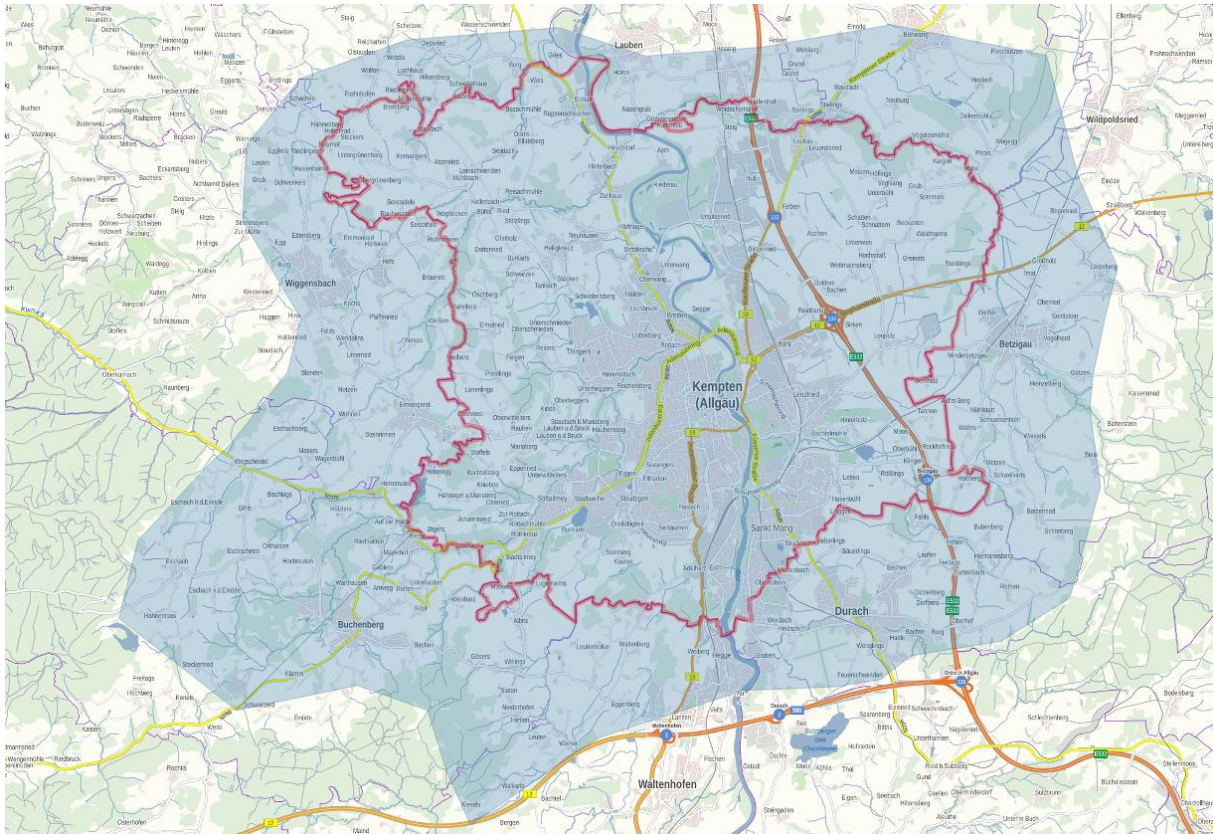


Abbildung 1: Modellgebiet (blau) und Stadtgrenze (rot)

Digitales Geländemodell

Grundlage für die Akkumulation und eine realitätsnahe Starkregengefahrenkarte ist ein plausibilisiertes digitales Geländemodell. Für den Modellaufbau wurden die Laserscandaten vom Land Bayern verwendet. Für das Stadtgebiet wurden dazu die DGM1, für die außerhalb liegende Gebiete das DGM5 von der Stadt Kempten übergeben. Die Daten liegen im Koordinatenreferenzsystem EPSG25832/UTM32 und Höhenbezugssystem GCG2016/DHHN2016 vor und wurden in Kacheln mit einer Kachelgröße von 1 x 1 km² zur Verfügung gestellt. Die Höhengenaugigkeit ist beim DGM1 mit ± 0,2 m, beim DGM5 mit ± 0,3 m angegeben. Die Kempten wurde in 4 Schritten befolgt, sodass die Daten unterschiedlich alt sind. Bebauung und Änderungen an der Topografie, die nach der Befliegung erfolgt sind, können im Geländemodell nicht berücksichtigt werden.

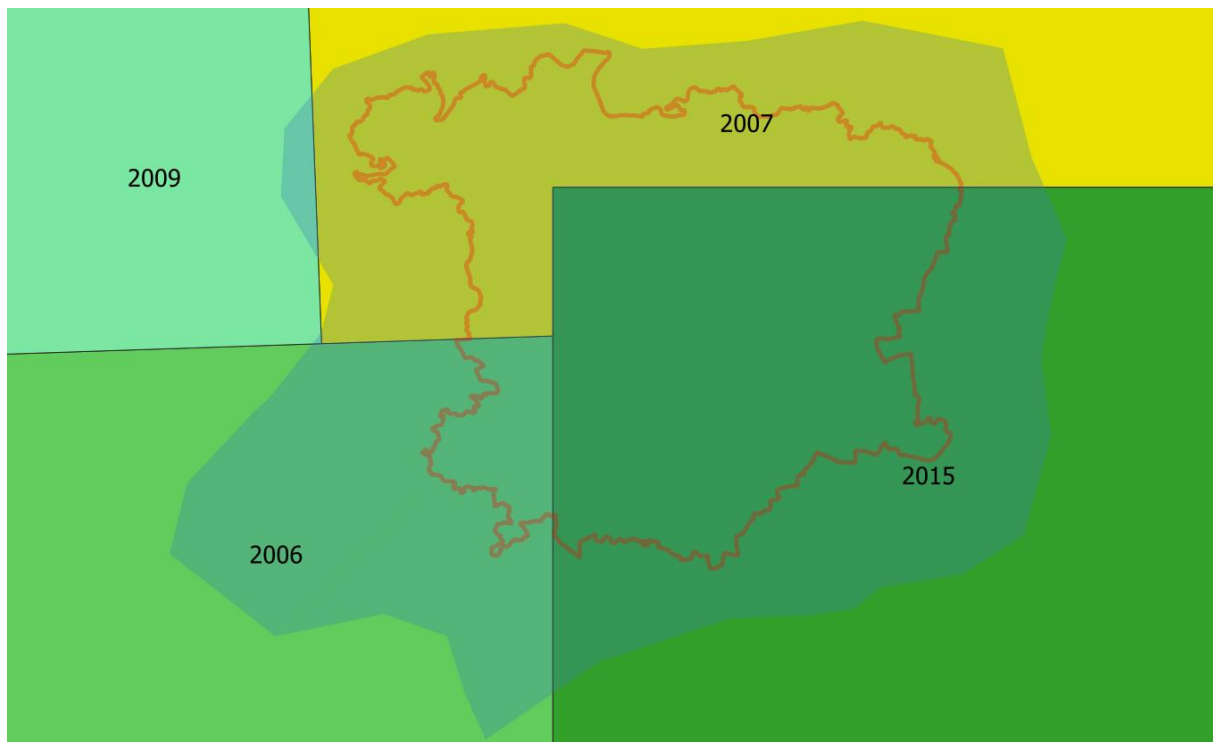


Abbildung 2: Betroffene Fluglose der Laserscanbefliegung

Als Bodenmodell wurden die DGM-Daten verwendet. Aus den übergebenen Gebäudeumringen wurden anhand der Kennungen Gebäudeteile entfernt, die keinen direkten Kontakt mit dem Gelände haben (z.B. auskragende Gebäudeteile), um an diesen Stellen den Abfluss auf der Oberfläche zu simulieren. Für die verbleibenden Gebäudeteile wird das Geländemodell um 8 m erhöht. So sind die Gebäude als nicht durchströmbare Fließhindernisse im Modell enthalten. Die folgenden Abbildungen zeigen das Geländemodell.



Abbildung 3: DGM auf Basis der Laserscandaten vom Land Bayern



Abbildung 4: Höhenmodell inkl. Dachflächen

Das aus den Laserscandaten erstellte Raster-DGM ist eine zuverlässige Abbildung der Geländeoberfläche. An nicht niveaugleichen Straßenkreuzungen, Eisenbahnunter- bzw. -überführungen oder Gewässerdurchlässen ist es jedoch notwendig, das Raster-DGM weiter zu bearbeiten. So wird im späteren Modell gewährleistet, dass sich alle relevanten Fließwege einstellen können. Diesen Polygonen wurde der minimale Wert aus dem DGM zugewiesen. Durch eine Verrechnung der Polygone mit dem Ursprungsmodell ist ein DGM mit Korrekturen (korrigierte Höhen) entstanden.

Das Vorgehen und die Stellen der vorgenommenen Korrekturen sind Kapitel 7 zu entnehmen.

5. Topographische Analyse

5.1 Methodik

Die Berechnung der Abflussakkumulation erfolgt in vier Rechenschritten. Zunächst erfolgt eine Klassifizierung der Rasterzellen in „geneigt“, „Plateau“ und „Spill-Point“. Als Spill-Points werden die Abläufe von einem Plateau oder aus einer Senke bezeichnet. Senken können nun über die Geländeneigung identifiziert werden.

Im zweiten Schritt werden die Senken bis zu ihren Spill-Points aufgefüllt und es wird ein neues DGM generiert, das nur noch geneigte Flächen und Plateaus enthält. Eine Verschneidung der Geländemodelle mit und ohne aufgefüllte Senken gibt Auskunft über die Tiefen und Ausdehnungen der Senken. So kann eine Extrembetrachtung für den Fall einer vollständig gefluteten Senke erfolgen.

Im folgenden Rechenschritt werden die Fließwege bestimmt. Diese Ermittlung erfolgt über das Tool MaGriCom (Ingenieurbüro Beck) mit der MFD8- Methode über eine überproportionale Gewichtung des steilsten Gradienten. Dabei wird die Geländehöhe jeder Zelle mit den Geländehöhen der 8 Nachbarzellen verglichen. Fließwege entstehen in Richtung der tiefer liegenden Zellen, wobei der steilste Gradient stärker gewichtet wird. Diese MFD8-Methode ermöglicht auch eine Aufteilung von Fließwegen.

5.2 Ergebnisse

Die folgende Abbildung zeigt das Ergebnis der Senkenberechnung und der Fließwegakkumulation für die Stadt Kempten. Je dunkler die Fließwege eingefärbt sind, desto größer ist das Einzugsgebiet, was bis zu dieser Stelle auf der Geländeoberfläche entwässert. Gleichzeitig enthält diese Darstellung das Ergebnis der Senkenberechnung. Das Ergebnis der Fließwegakkumulation ist als Plan diesem Erläuterungsbericht beigelegt.

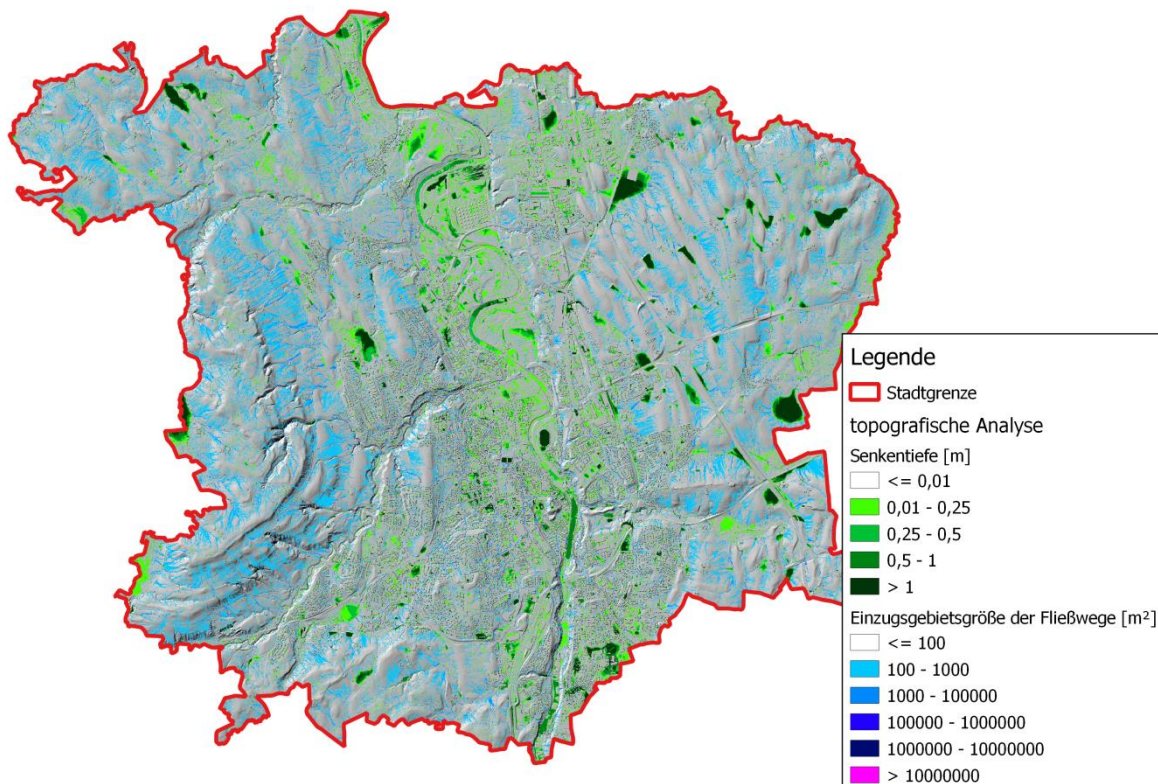


Abbildung 5: Fließwege und Senkenplan

Die folgenden drei Abbildungen zeigen beispielhaft das Ergebnis in drei Zoomstufen. Fließwege, an denen ein kleines Einzugsgebiet angebunden ist, werden in hellen Blautönen dargestellt. Je weiter dem Fließweg gefolgt wird, desto größer wird das dazugehörige Einzugsgebiet. Die Darstellung des Fließweges geht dann von den hellen Blautönen über in dunklere Blautöne bis hin zu einer violetten Darstellung. Die Einfärbung der Senken erfolgt je nach Tiefe. Die Farbskala reicht von grün nach orange.

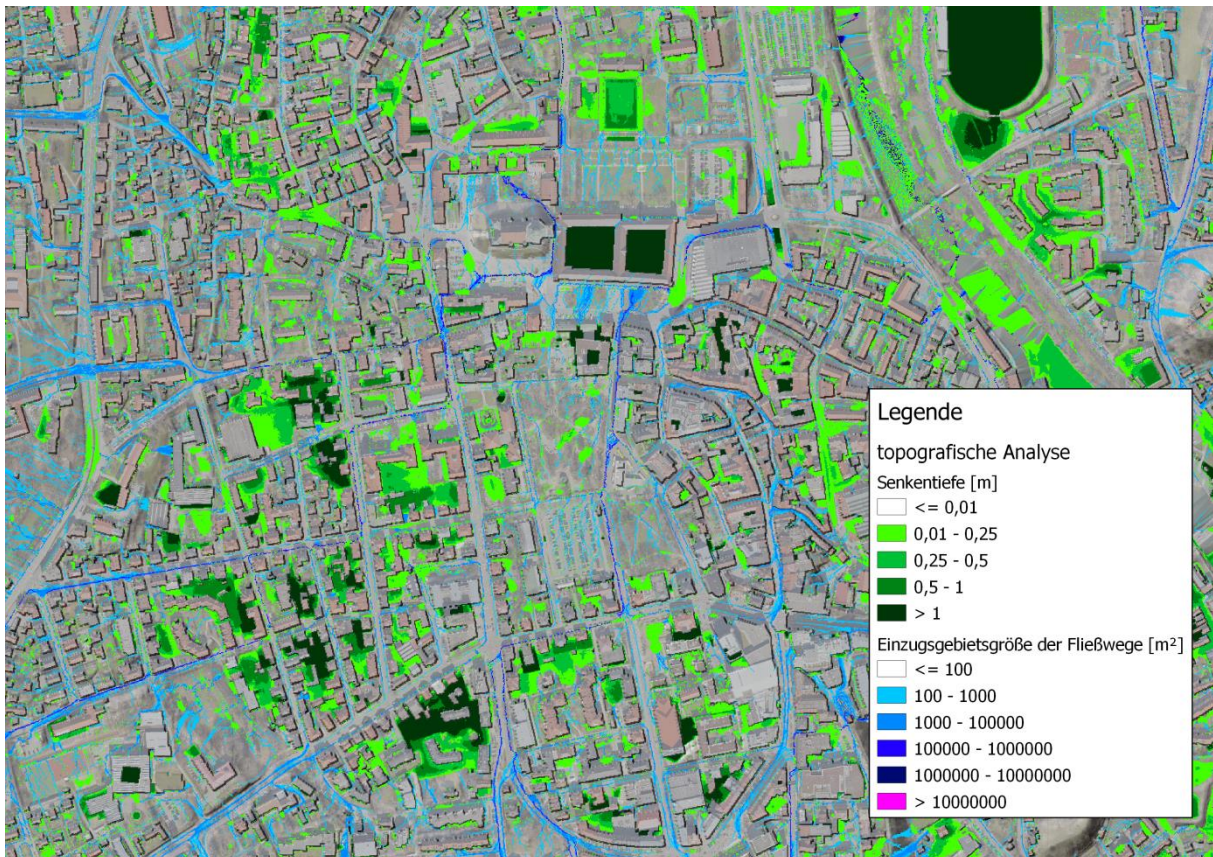


Abbildung 6: Fließwege- und Senkenplan (Zoomstufe 1)

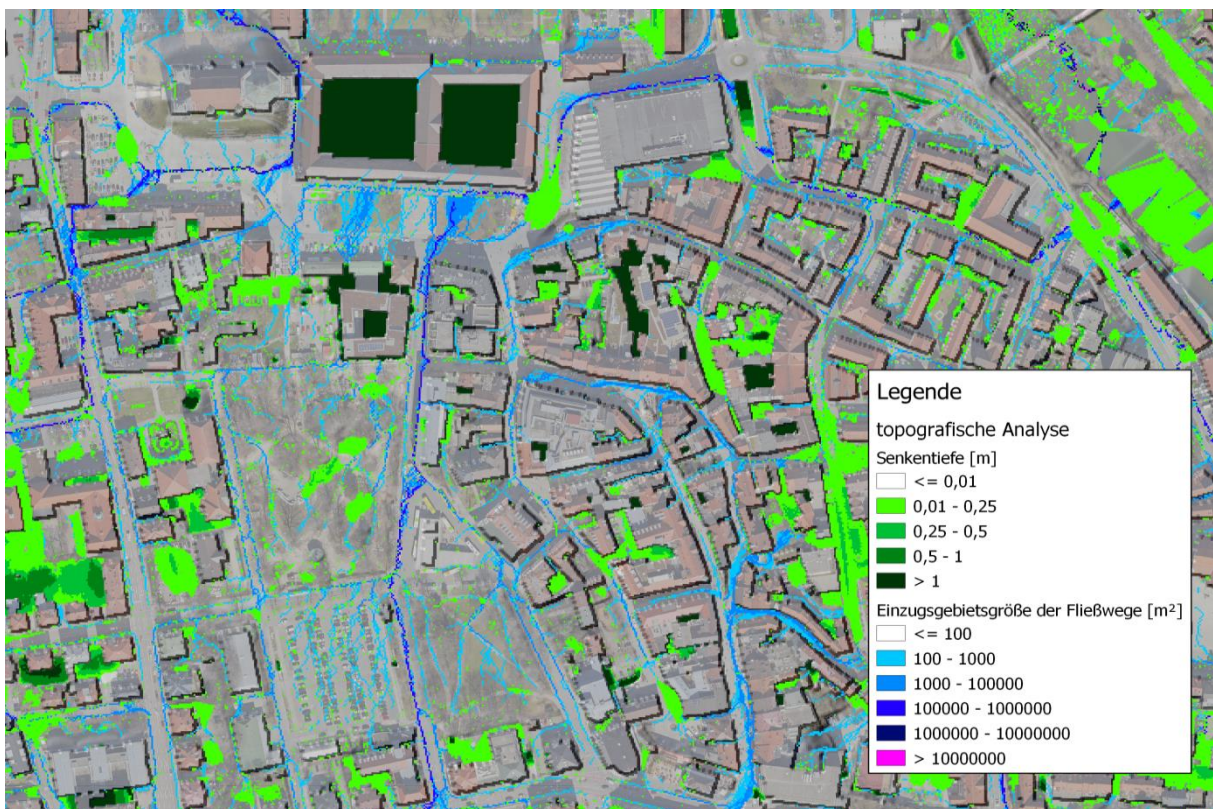


Abbildung 7: Fließwege- und Senkenplan (Zoomstufe 2)



Abbildung 8: Fließwege- und Senkenplan (Zoomstufe 3)

5.3 Hinweise zum Umgang mit den Ergebnissen

Die durchgeführten Untersuchungen sind eine reine Abfrage der Höhenstrukturen der Geländeoberfläche, die durch ein Raster-DGM abgebildet wird. Die Fließwege richten sich nach Höhenunterschieden auf der Oberfläche. Im Bereich von Brücken oder Durchlässen kreuzen sich in der Realität zwei oder mehrere Fließwege auf verschiedenen Ebenen. Für die Ermittlung der Fließwege kann nur ein Raster-DGM herangezogen werden. Das heißt also, dass entweder der Durchlass im Geländemodell eingeschnitten wird, sodass sich ein Fließweg entlang des Durchlasses einstellt (folgende Abbildung, links), oder nicht eingeschnitten wird, sodass ein Fließweg die Verrohrung quert und kein Fließweg durch die Verrohrung führt (folgende Abbildung, rechts). Wenn der Durchlass eingeschnitten ist, fließt der obenliegende Fließweg in den Schlitz. Wenn der Durchlass nicht eingeschnitten ist, wird der Bereich vor dem Damm aufgefüllt. Der Fließweg vor dem Damm verläuft nun auf dem aufgefüllten DGM und gelangt zur Dammkrone. Hinter dem Damm beginnt ein neuer Fließweg, dessen Flächenwerte allerdings wieder sehr klein sind. Während der Projektbearbeitung wurde durch Abstimmung mit dem Auftraggeber und Ortsbegehungen entschieden, welche Betrachtungsweise an den zahlreichen Durchlässen sinnvoller ist (siehe Kap 7).

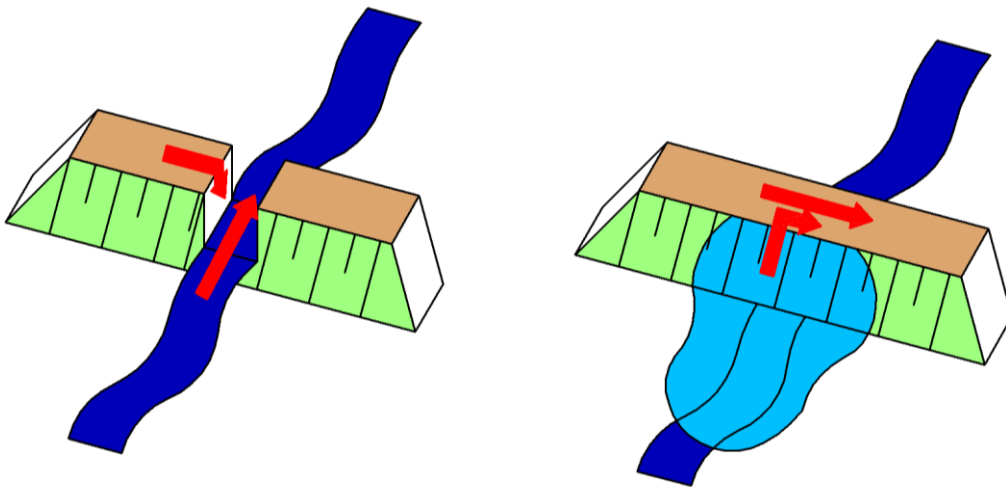


Abbildung 9: Eingeschnittener Durchlass (links) und nicht eingeschnittener Durchlass (rechts)

6. 2D-Berechnung

Anders als bei der topografischen Analyse, wird bei der 2D-Oberflächenberechnung mit tatsächlichen Regenmengen gerechnet. Das Oberflächenmodell wird dabei direkt berechnet. Das Wasser läuft der Topografie folgend ab, sammelt sich in Mulden oder staut sich auf. Ergebnisse sind Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten für jedes Rasterelement.

Bei der Berechnung wird für die Dreieckselemente die vollständige Flachwassergleichung (dynamische Wellenapproximation) mit lokaler Beschleunigung, konvektiver Beschleunigung, Reibungs- und Schwerkraft gelöst, sodass von sehr realistischen Rechenergebnissen ausgegangen werden kann.

6.1 Modellaufbau

Oberflächendaten

Für die Abflussbildung sind verschiedenen Oberflächenparameter relevant.

Um den Worst-Case-Fall eines Starkregenereignisses auf einen vorgesättigten oder ausgetrockneten Boden abzubilden, wird die Versickerung im Modell vernachlässigt.

Die Abflussgeschwindigkeit ist abhängig von Oberflächenrauheit. Diese wird anhand der übergebenen Katasterdaten vergeben. Für die Außenbereiche und Bereiche in denen keinen Katasterdaten vorlagen, wurden die Landnutzungsdaten (CLC5) verwendet. Flächen mit ähnlicher Oberflächenbeschaffenheit wurden dazu zusammengefasst.

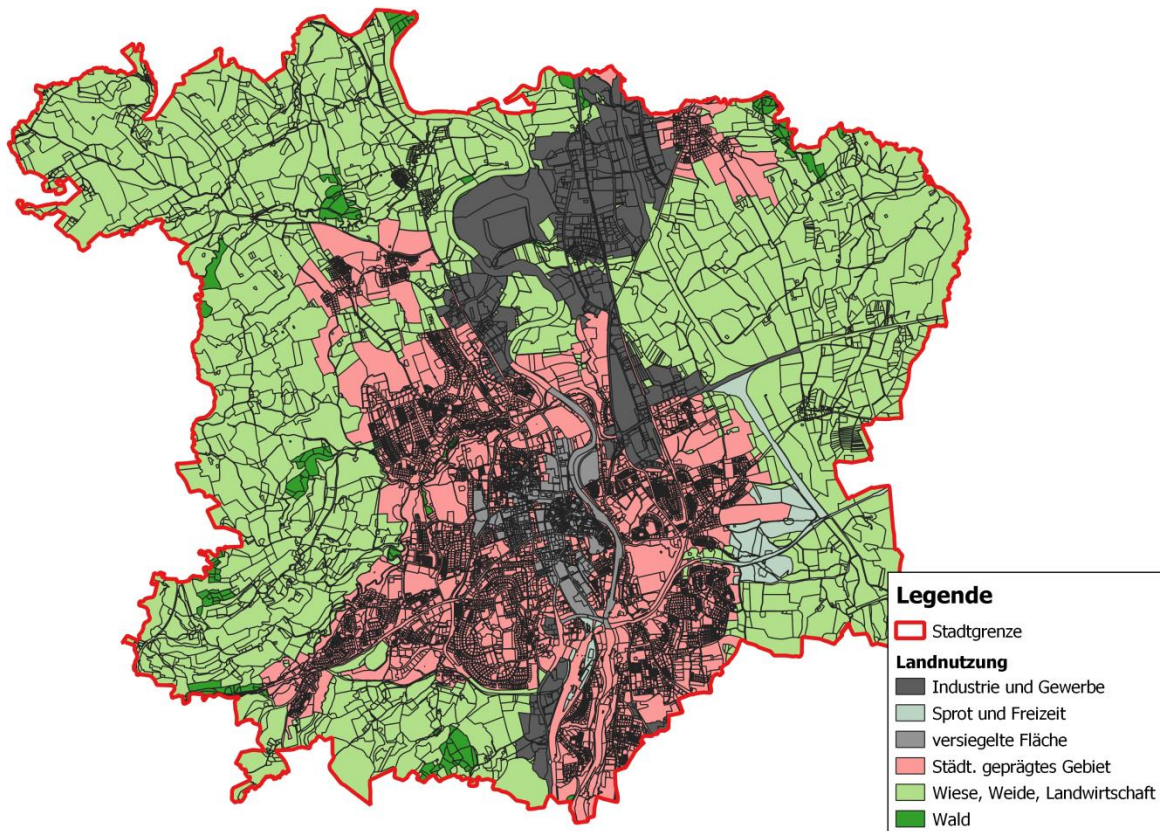


Abbildung 10: Verwendete Landnutzungsdaten (Kataster/Corine-Daten)

Folgende Rauheiten wurden vergeben:

Tabelle 1: Rauheitsbeiwerte

	Landnutzung	Rauheit	
		$K_M [s/m^{1/3}]$	$K_{st} [m^{1/3}/s]$
	Industrie und Gewerbe	0,0159	63
	Sport- und Freizeitflächen	0,0220	
	Versiegelte Flächen	0,0222	45
	Städtisch geprägtes Gebiet	0,0300	33
	Wiese, Weide, landwirtschaftliche Flächen	0,0400	25
	Waldflächen	0,0454	22
	Umland	0,0350	28,5

Niederschlagsdaten

Berechnet werden drei verschiedenen Niederschlagsszenarien mit einer Dauerstufe von $D = 60$ min als Blockregen. Zusätzlich wird eine Stunde Nachlaufzeit mit berechnet.

- Seltener Starkregen: $T_N = 30$ a $\rightarrow 48,4$ mm/h
- Außergewöhnlicher Starkregen: $T_N = 100$ a $\rightarrow 59,0$ mm/h
- Extremer Starkregen: $\rightarrow 90,0$ mm/h

Die Daten für das 100- und das 30-jährliche Starkregenereignis wurden aus dem KOSTRA-DWD 2010 R entnommen (Zelle S38/Z98).

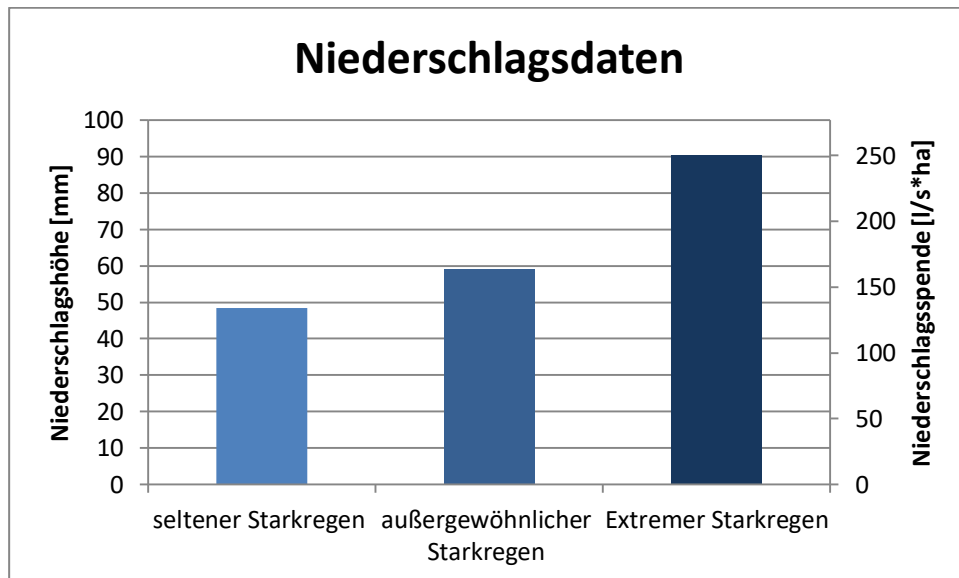


Abbildung 11: verwendete Niederschlagsdaten

6.2 Ergebnisse

In den Ergebnissen sind die höchsten Wasserstände sowie die höchsten Fließgeschwindigkeiten dargestellt, die über die Dauer der Berechnung in jeder Rasterzelle im Modell auftraten. Die dargestellten Wasserstände treten folglich nicht unbedingt zeitgleich auf. Die Ergebnisse dienen der Risikoerstabschätzung im Starkregenfall für das gesamte Stadtgebiet. Für die kleinräumige Maßnahmenplanung wird empfohlen auf detailliertere Modelle unter Berücksichtigung der Kanalisation und relevanter Bruchkanten zurückzugreifen.

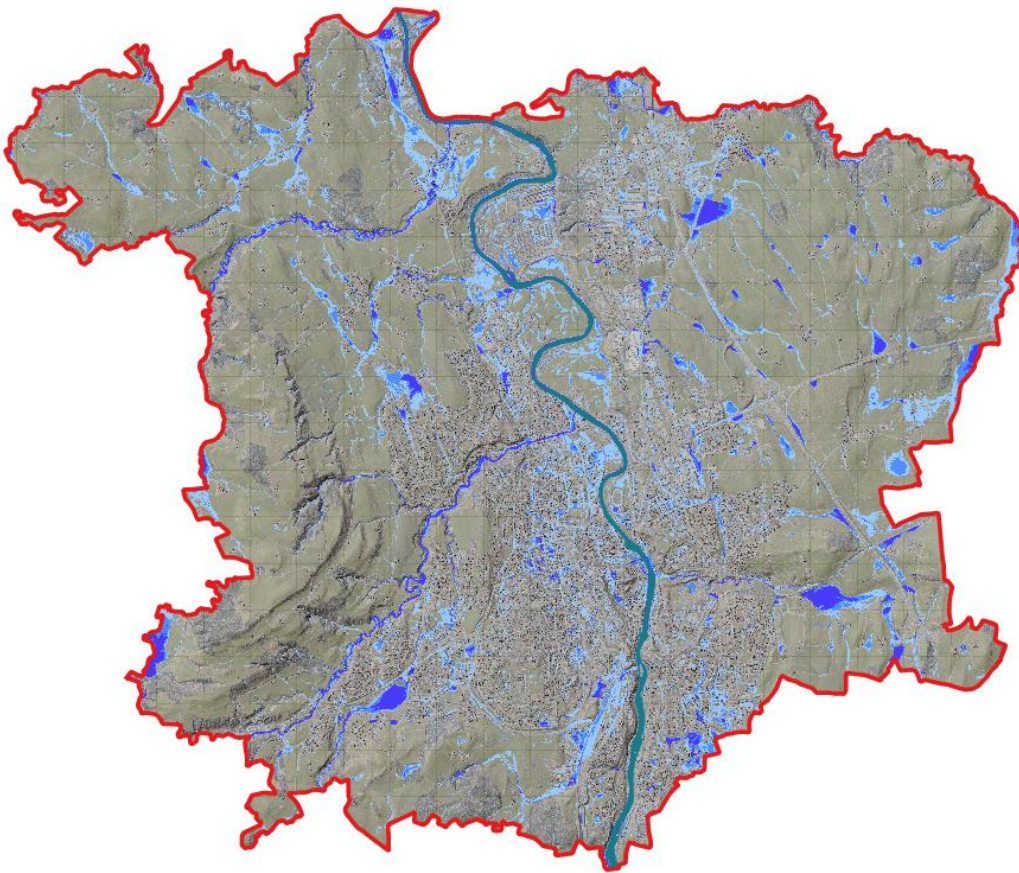
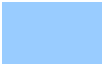




Abbildung 12: Starkregengefahrenkarte Kempten ($T_N = 100$ a)

Die Wasserstände sind in den Karten nach folgenden Kategorien eingefärbt, wobei die erste transparent dargestellt ist:

Tabelle 2: Einfärbung der Wasserstände

	< 10 cm
	10 – 50 cm
	50 – 100 cm
	> 100 cm.

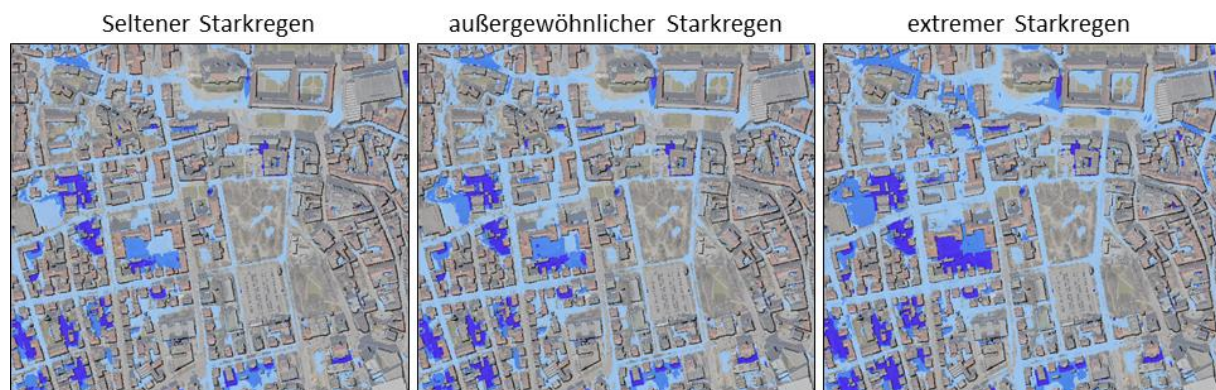





Abbildung 13: errechnete Wasserstände je Lastfall

Die Fließgeschwindigkeiten werden in Übersichtskarten über die Einfärbung der Rasterelemente dargestellt. In Detailansichten können die Fließrichtungen werden über Pfeile, die Geschwindigkeiten über die Pfeilgröße dargestellt. Unterteilt wird in drei Kategorien:

Tabelle 3: Darstellung der Fließgeschwindigkeit

	0,2 -0,5 m/s
	0,5 – 2,0 m/s
	> 2,0 m/s.

Die Plandokumente werden jeweils pro Lastfall erstellt. Die Fließrichtung und Geschwindigkeit (Pfeile) kann nur in Detailkarten dargestellt werden und wird hauptsächlich als GIS-Dokument übergeben.

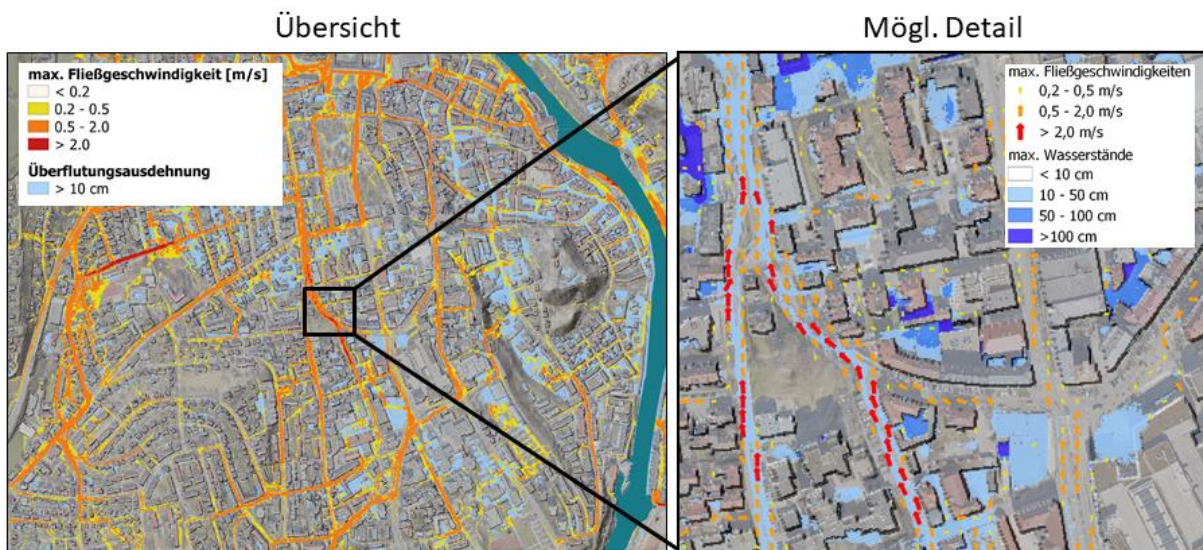


Abbildung 14: Darstellungsmöglichkeiten der Fließgeschwindigkeit ($T_N = 100$ a)

Die Ergebnisse ermöglichen es flächige Hotspots zu bestimmen, aber auch die Gefährdung einzelner Gebäude grob zu bewerten. Mögliche Schutzmaßnahmen und die genauen Strukturen auf den Grundstücken sind im Modell nur auf Basis der Laserscanbefliegung vorhanden. Die Gefährdung muss daher immer auch vor Ort bewertet werden (siehe auch Kap. 8).

7. Plausibilisierung

Um das DGM und die Oberflächenrauheiten zu Plausibilisieren war eine Ortsbegehung angesetzt. Sowohl für die DGM-Plausibilisierung, als auch für die 2D-Berechnung lagen zum Zeitpunkt der Begehung erste Berechnungen vor. Die Ergebnisse wurden in der Örtlichkeit überprüft. Fokus der Begehung war der Umgang mit verrohrten Bachabschnitten. Im Stadtgebiet von Kempten fließen einige Gewässer verrohrt durch das Stadtgebiet in die Iller. Diese Verrohrungen können im Modell als solche nicht berücksichtigt werden. Außerdem lagen für keine fundierte Erkenntnisse über den Zustand und die tatsächliche Leistungsfähigkeit vor. Unter der Annahme, dass die Iller den örtlich begrenzten Starkregenabfluss abführen kann und die großen Verrohrungen das Wasser schadlos ableiten, kann im Modell ein Auslass gesetzt werden.

Im ersten Aufschlag wurden fünf dieser Ausläufe gesetzt, nach der Ortsbegehung wurden vier davon gelöscht und zwei weitere zugefügt. Verrohrungen vor denen kein Auslass gesetzt ist, bilden den Worst-Case eines verlegten Einlaufes ab.

Vernachlässigt:
Geringe
Leistungsfähigkeit
(DN500 und DN700)

Vernachlässigt:
Keine Verrohrung
vorhanden, Hubbach
versickert
(s. 2D-Abflussberechnung
05.2018)

Zugefügt:
Große Verrohrung
(ca. 2 x 1,4 m)

Vernachlässigt:
Einlauf Holzbach
Profil halb
zusedimentiert



Belassen:
Einlauf Bachkanal
Heubach



Zugefügt:
Einlauf Bachkanal
Heubach

Abbildung 15: Verwendete Modellauslässe (grün) und vernachlässigte Verrohrungen (rot)

Kurze Durchlässe oder Brücken über ein Gewässer werden im Geländemodell eingeschnitten, um einen Fließweg innerhalb des Gewässers zu ermöglichen (siehe Kap. 5.3). Nach der Ortsbegehung wurden 3 Einschnitte zugefügt, sodass insgesamt 58 Korrekturen am Modell vorgenommen wurden.

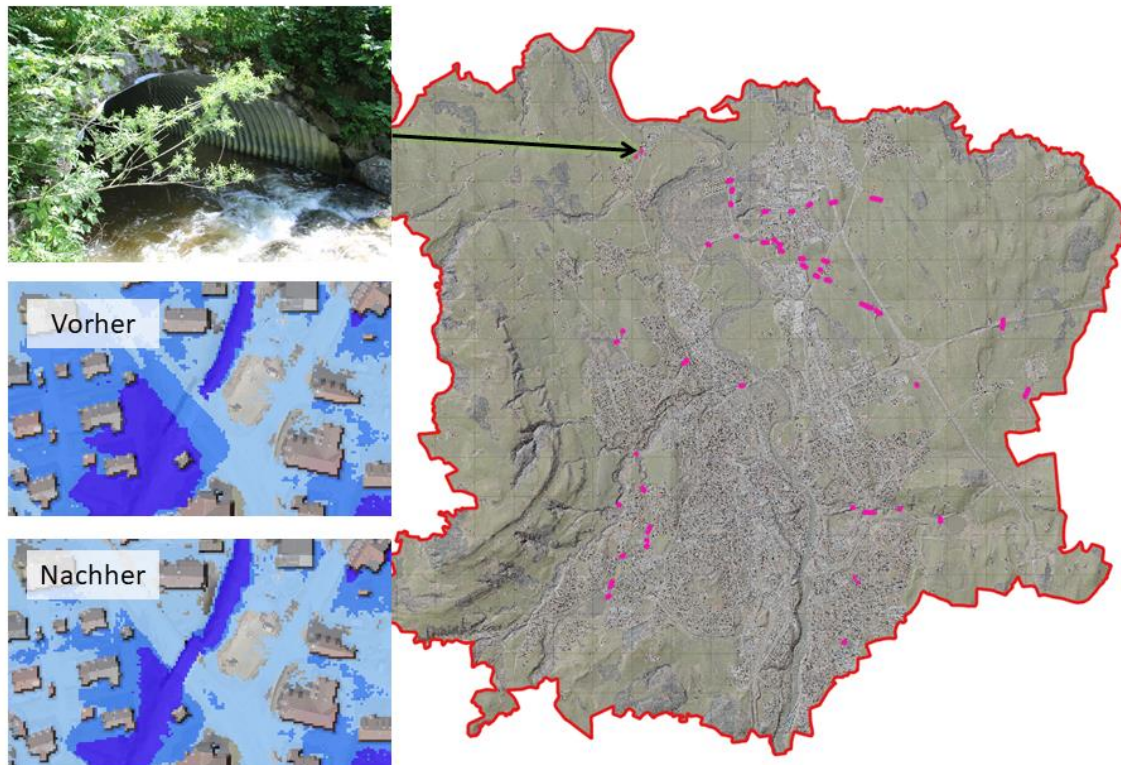


Abbildung 16: Einschnitte im Modell (pink)

Das Oberflächenmodell bildet den Stand der Laserscanbefliegung ab. Gebäude die nach der Befliegung gebaut wurden, können nicht abgebildet werden.

Bei Abstimmungstermin und der Begehung fiel jedoch ein Baugebiet innerhalb einer berechneten Überflutungsfläche auf. Um die Gefährdung für das Gebäude bei Starkregen darzustellen, wurde der Umring im Modell nachgepflegt. Da zur genauen Höhenplanung der Hofflächen keine Daten vorlagen, wurden diese nicht angepasst. Eine Studie, die im Zuge des Bauungsplans erstellt wurde, stellt fest, dass der Hubbach südlich des Baugebietes in einem Teich endet. Ein Ablauf ist nicht vorhanden. Das Wasser versickert in den Untergrund. In der Starkregengefahrenkarte wird diese Versickerung nicht berücksichtigt. Wie auch in der Studie festgestellt, überfluten die anliegenden Felder bei Starkregen. Ob die Bebauung bereits einen Schutz vor Starkregen vorsieht, oder wie das Gebäude vor Überflutung geschützt werden kann, ist vor Ort zu klären.

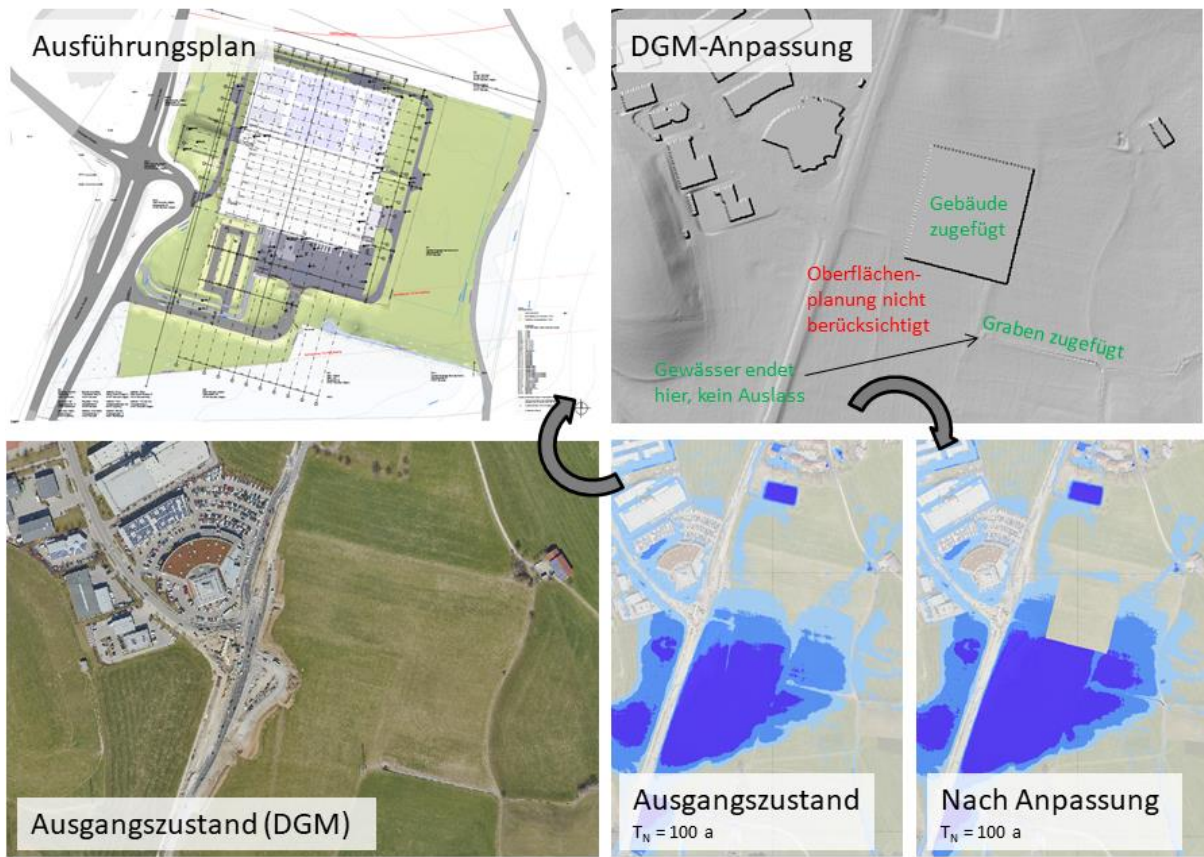


Abbildung 17: Modellanpassung Ceratizit-Bebauung

8. Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse zeigen Überflutungsschwerpunkte bei Starkregen im Stadtgebiet Kempten. Einige davon wurden bei der Ortsbegehung besichtigt. Die nachfolgenden Bilder zeigen beispielhaft Überflutungspunkte im Kempten. Die Liste ist nicht abschließend.

Typisch für den Innenstadtbereich in Kempten sind die tiefer liegenden Innen- und Hinterhöfe. Diese werden nur über die Kanalisation entwässert. Im Starkregenfall sammelt sich das Wasser dort. Die Kanalisation ist in den Berechnungen nicht berücksichtigt.



Abbildung 18: Überflutungsschwerpunkte Innenstadt

Besonderes Augenmerk bei der Analyse von Überflutungsschwerpunkten ist auf öffentliche und vulnerable Einrichtungen, wie z.B. Kindergärten, Krankenhäuser oder Altenheime. Beispielhaft dafür werden hier die Kindergärten in der Straße Freudental dargestellt. Auch hier liegt die Bebauung niedriger als die Straße.

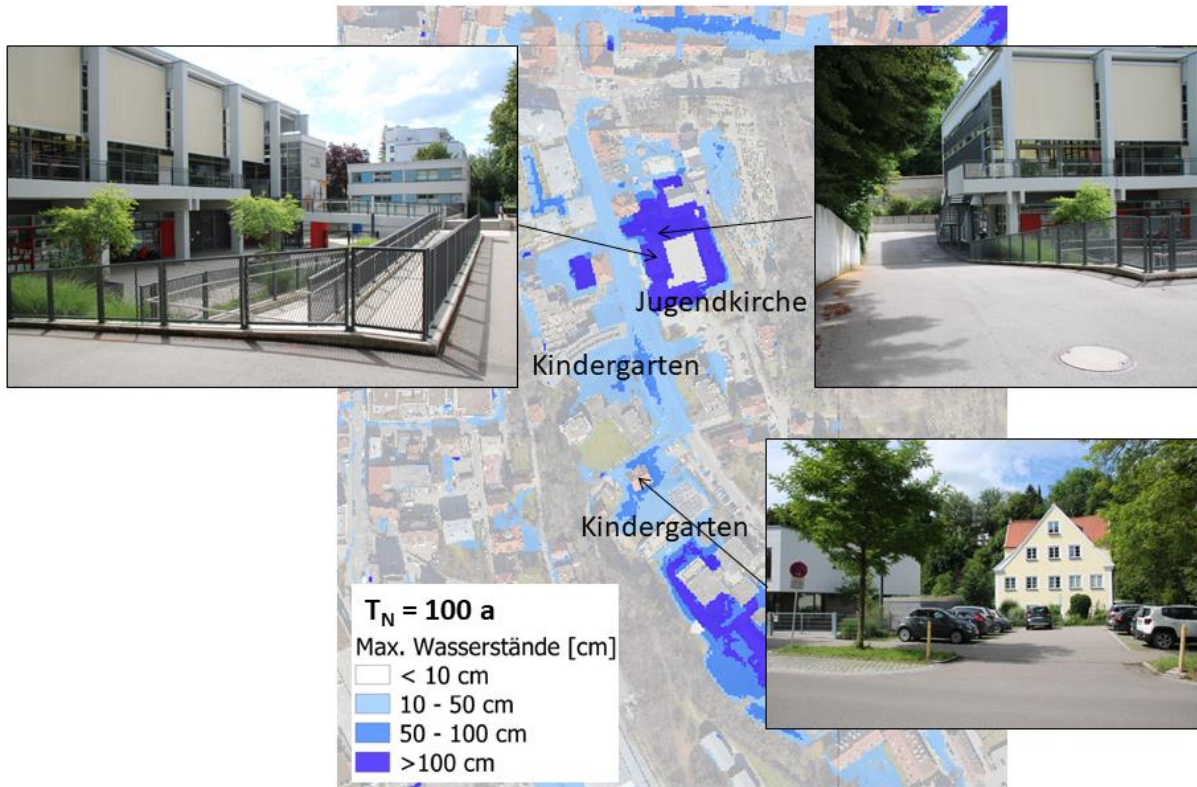


Abbildung 19: Überflutungsschwerpunkte Freudental

Auch an der Kaufbreuer Straße auf Höhe des Holzbaches liegt die Bebauung in einer Senke. Außerdem fließt der Holzbach hier in eine Verrohrung, die sich in der Begehung als gering leistungsfähig herausgestellt hat. Daher wurde diese im Modell vernachlässigt.



Abbildung 20: Überflutungsschwerpunkt Kaufbreuer Straße/Holzbach

In der Max-Schaidhauf-Straße und dem Gelände von 3D kommt es zu Überflutungen. Anwohner bestätigten die Überflutung der angrenzenden Felder bei Starkregen. Der Heubach fließt vor der Max-Schaidhauf-Straße in eine leistungsfähige Verrohrung. Im Modell wurde hier ein Auslass gesetzt.

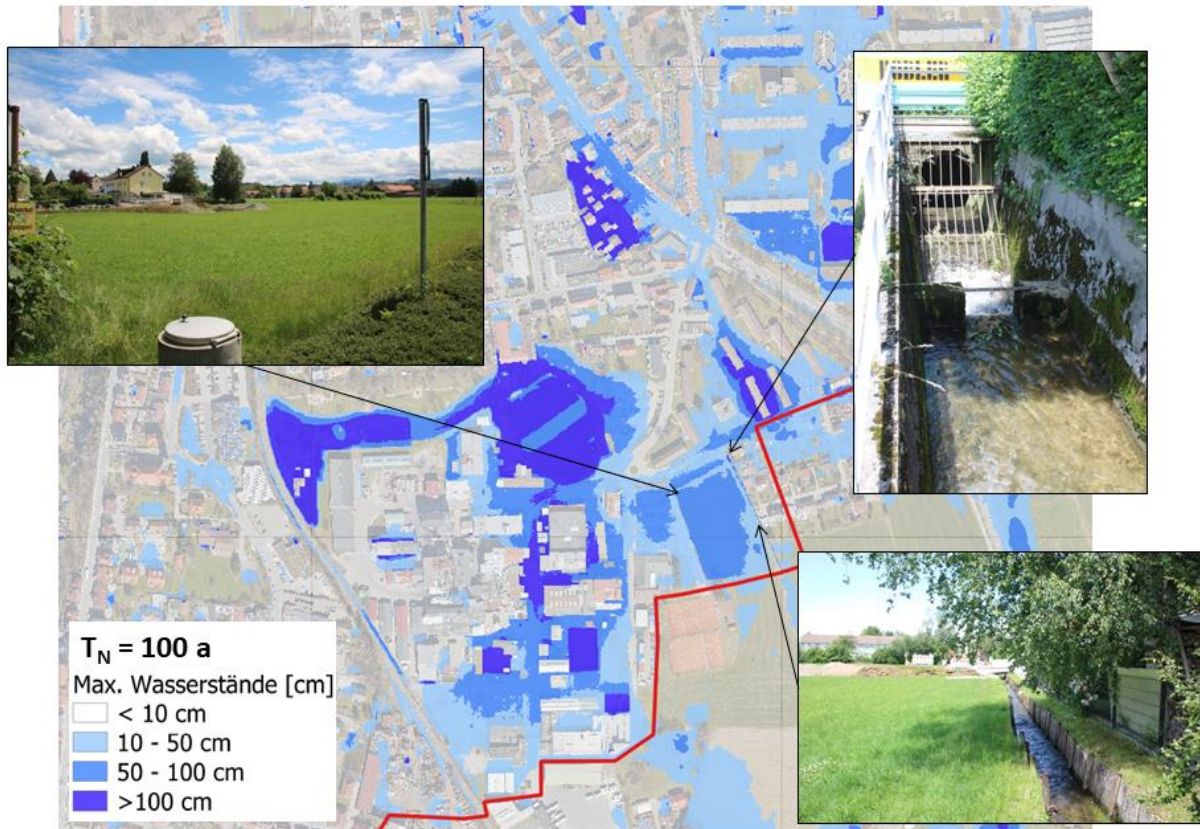


Abbildung 21: Überflutungsschwerpunkte Max-Schaidhauf-Straße

Der Bahnhof von Kempten liegt in einer Senke. Die Starkregengefahrenkarten weisen hier eine Überflutungsfläche aus. Bekannt sind hier keine Überflutungen. Die Parkplatzentwässerung gilt als sehr leistungsfähig, wurde in den Berechnungen aber nicht berücksichtigt.

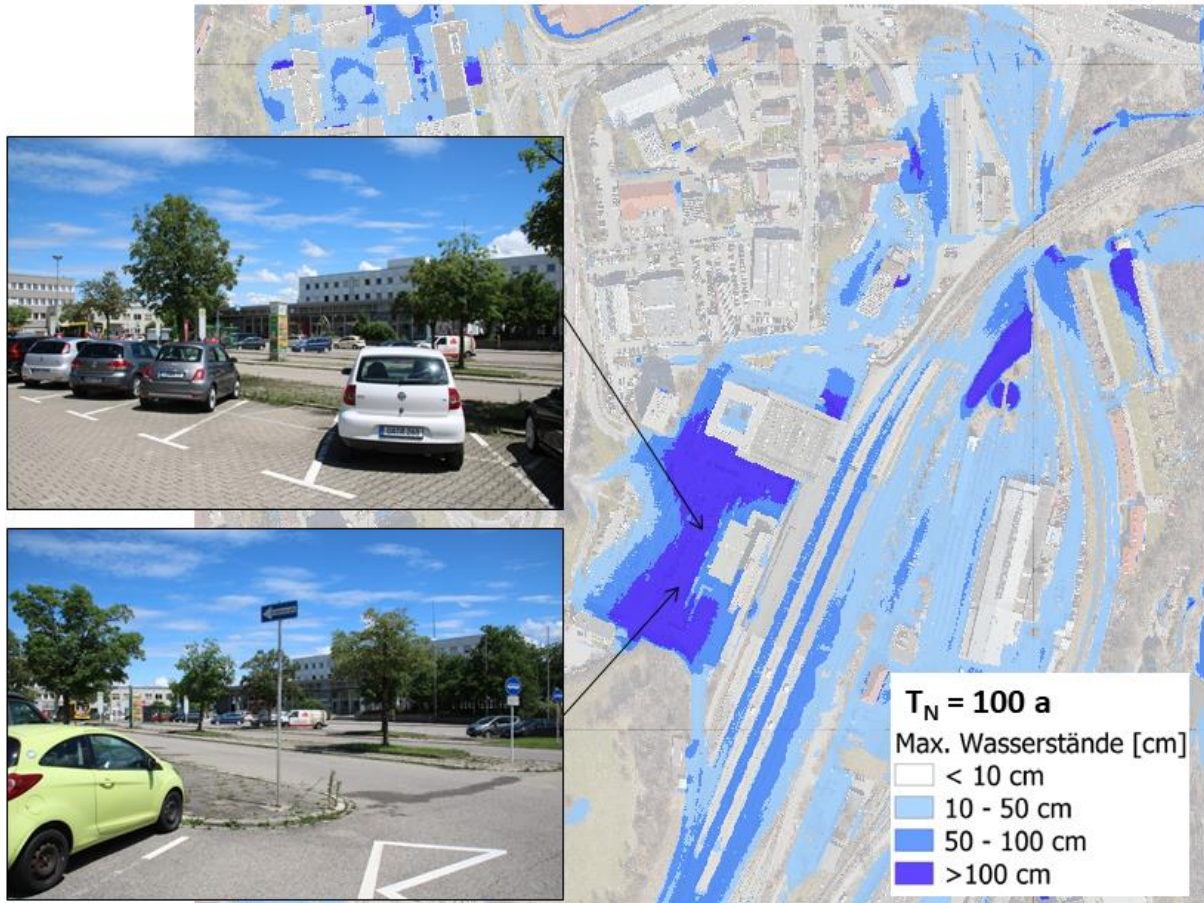


Abbildung 22: Überflutungsschwerpunkt Bahnhof

9. Berücksichtigung in der Bauleitplanung

Nach Artikel 2 Abs. 1 der Richtlinie 2007/60/EG (Hochwassermanagement-Richtlinie, HWRM-RL) des Europäischen Parlaments und des Rates gelten sowohl Überschwemmungen, die aus ausufernden Flüssen entstehen, als auch Überschwemmungen ausgelöst durch Starkregen als Hochwasser. Als Hochwasser gelten nach §72 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) Überschwemmungen von Landesteilen, welche nur temporär von Wasser bedeckt sind. Anders als bei fluvialen Hochwasser, gelten pluviale Überschwemmungen nicht als Überschwemmungsgebiete nach §78 WHG. Für festgesetzte Überschwemmungsgebieten aus fluvialen Hochwässern gilt zunächst ein grundsätzliches Bauverbot, Ausnahmen sind möglich. Rein rechtlich gilt dieses also für Überschwemmungen aus Starkregen bisher nicht.

Nichts desto trotz sollen bekannte Überschwemmungsbereiche aus Starkregen in der Bauleitplanung dringen berücksichtigt werden. In Anlehnung an die festgesetzten Überschwemmungsgebiete aus fluvialen Hochwasser, empfehlen wir die Ergebnisse des Lastfall $T_N = 100$ a hierfür zu berücksichtigen, aufgrund der getroffenen Annahmen und damit möglichen Überschätzung der Überflutungstiefen jedoch mindestens den Lastfall $T_N = 30$ a.

Um Schäden zu vermeiden, sollte auch in ermittelten Überschwemmungsbereichen aus Starkregen möglichst auf eine Bebauung verzichtet werden. Wird dennoch gebaut ist eine hochwasserangepasste Bauweise zwingend zu beachten. Das beinhaltet z.B. die Baumaterialien, den Verzicht auf Untergeschosse oder eine Anpassung der Topografie. Immer ist auch auf die Auswirkung der Bebauung auf die Ober- und Unterlieger zu achten. Aufgrund des plötzlichen Auftretens und der geringen Vorwarnzeit bei Starkregen, sind mobile Systeme nicht zu empfehlen. Es werden daher möglichst statische Maßnahmen empfohlen, die dauerhaft Schutz bieten. Weitere Hinweise zum hochwasserangepassten Bauen und Objektschutzmaßnahmen bei Starkregen finden Sie zum Beispiel hier:

- **BMI (2018):** *Hochwasserschutzfibel – Objektschutz und bauliche Vorsorge*, 8. Auflage, Berlin: Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI), 2018
- **BBSR (2019):** *Leitfaden Starkregen – Objektschutz und bauliche Vorsorge*, 2 Auflage, Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), 2019.

10. Ausblick/Zusammenfassung

Für das Stadtgebiet von Kempten wurden eine Fließwege- und Senkenanalyse, sowie eine 2D-Oberflächenberechnung durchgeführt. Beides erlaubt eine detaillierte Einschätzung der Starkregengefahr im Stadtgebiet.

Die Fließwege- und Senkenanalyse basiert auf einem feinen Geländemodell (1 x 1 m Raster) und liefert damit sehr genaue Ergebnisse zu möglichen Fließwegen und Senkenfüllungen bis Starkregen.

Als Ergänzung zu diesen Erkenntnissen wurde eine 2D-Oberflächenberechnung durchgeführt. Hierbei wird das Geländemodell direkt berechnet und liefert zu bestimmten Starkregenereignissen zu erwartende Wasserstände im Stadtgebiet. Erstellt wurde diese Starkregengefahrenkarte für einen seltenen, einen außergewöhnlichen und einen extremen Starkregen. Da das Kanalnetz bei solchen Ereignissen eine untergeordnete Rolle spielt, wurde es in den Berechnungen vernachlässigt.

Im Stadtgebiet wurden Geländetiefpunkte identifiziert, in denen es bei den untersuchten Ereignissen zu einer Überflutung kommt, deren Ausprägung mit zunehmender Eintrittswahrscheinlichkeit abnimmt.

Die Ergebnisse wurden in QGIS aufbereitet und visualisiert und werden sowohl als Plan, als auch digital übergeben.

Für ein umfangreiches Starkregenkonzept ständen im nächsten Schritt eine auf den Berechnungsergebnissen basierende Risikoanalyse und ein Handlungskonzept an. Die hier vorliegenden Berechnungsergebnisse können aber bereits jetzt für einige der ausstehenden Punkte verwendet werden, wie z. B. der Informationsvorsorge (u. a. durch Veröffentlichung der Karten) oder der kommunalen Flächenvorsorge (u. a. Berücksichtigung der Ergebnisse in der Bauleitplanung).

Aufgestellt:

Wuppertal im August 2020/MHE/ASC/3558



Ingenieurbüro Reinhard Beck GmbH & Co. KG

Kempten im August 2020

i. A.

Stadt Kempten

01
Aktenvermerk



AKTENVERMERK Nr. 1 **zur Besprechung vom 20.02.2020**

Stadt Kempten (Allgäu)

MHE/CBU/3558/24.02.2020

Teilnehmer:

Herr Bareth	Stadt Kempten (Allgäu)
Herr Volkwein	Stadt Kempten (Allgäu)
Herr Fehr	Stadt Kempten (Allgäu)
Herr Beck	Ingenieurbüro Reinhard Beck
Frau Hellmig	Ingenieurbüro Reinhard Beck

Starkregengefahrenkarten Stadt Kempten

Nr.	Text	Thema wer/wann
1.1	Der Termin diente zur Vorstellung des Vorgehens bei der Projektbearbeitung und zum Austausch der benötigten Grundlagendaten.	Veranlassung
1.2	Die Vorgehensweise zur Erstellung der Starkregengefahrenkarten wurden vom Ingenieurbüro Reinhard Beck vorgestellt und beinhaltet folgende Bearbeitungsschritte: <ul style="list-style-type: none">- Datenübergabe- Plausibilisierung des digitalen Höhenmodells- Erstellen einer Fließwege- und Senkenanalyse (Voranalyse)- Erstellung von Starkregengefahrenkarten für drei Szenarien (2D-Berechnung)- Übergabe der Ergebnisse (Pläne und GIS-Formate)	Vorgehen

Nr.	Text	Thema wer/wann
1.3	<p>Für die Erstellung der Karten benötigt das Ingenieurbüro Reinhard Beck ein möglichst hoch aufgelöstes digitales Geländemodell (DGM). Dieses sollte bereits bearbeitet und frei von Bewuchs, Verkehr und Bebauung sein. Das vorhandene Mash-Modell der Stadt Kempten ist für diese Betrachtung daher nicht geeignet. Das Land Bayern stellt DGM-Daten im 1 x 1 m-Raster zur Verfügung.</p> <p>Über Gebäudeumringe werden Gebäude als undurchströmbare Hindernisse im Modell berücksichtigt. Über Informationen zur Landnutzung, werden abflussrelevante Parameter wie Rauheit und Versickerung vergeben.</p> <p>Starkregen bzw. Starkregenabfluss macht vor Gemeindegrenzen nicht halt. Um realitätsnahe Ergebnisse zu erzeugen, muss das topografische Einzugsgebiet Kemptens sinnvoll angesteckt und mit betrachte werden. Der Fokus liegt dabei auf den bei Starkregen schnell und heftig anspringenden, kleinen Gewässern. Für die Berücksichtigung großer Bachverrohrungen müssen sinnvolle Annahmen getroffen werden.</p>	Datengrundlage
1.4	<p>Für die Erstellung der Starkregengefahrenkarten werden folgende Daten benötigt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - DGM1 für Kempten und das hydraulische Einzugsgebiet (Land NRW, Stand 2006/2007 bzw. 2015) - Bei aktuelleren Daten DGMs zu diesen Bereichen (z.B. Baugebiete etc.) - Gebäudeumringe - Landnutzungsdaten (möglichst Flächendeckend, inkl. priv. bef. Flächen aus der Gebührenkalkulation) - Informationen zur Lage und Dimension vorhandener Bachverrohrungen - Hochwasserpolygone der Hochwassergefahrenkarte der Iller zur Überlagerung <p>Sollten die Daten für unsere Zwecke nachgearbeitet werden müssen, stellen wir dieses im nachgewiesenen Aufwand in Rechnung.</p>	Datenübergabe
1.5	<p>Das Ingenieurbüro Reinhard Beck übergibt einen Vorschlag für das zu betrachtende Einzugsgebiet. Dieses wird mit der Stadt Kempten abgestimmt und ggf. angepasst.</p> <p>Für das abgestimmte Einzugsgebiet werden die unter 1.4 gelisteten Daten von der Stadt Kempten übergeben (bei unvollständigen Daten, vor allem in den Außengebieten, müssen sinnvolle Annahmen getroffen werden).</p> <p>Nach erfolgter Datenübergabe wird das IBBeck unverzüglich mit der Bearbeitung beginnen und die Plausibilisierung des Netzes durchgeführt.</p>	Weiteres Vorgehen



Der Aktenvermerk gilt als von allen Beteiligten anerkannt und genehmigt, falls nicht innerhalb von 14 Tagen nach Erhalt schriftliche Einwendungen gegen den Inhalt des Textes beim Verfasser vorgetragen werden.

Mit freundlichen Grüßen

Ingenieurbüro Reinhard Beck

GmbH & Co. KG

Verteiler:

Herr Bareth Stadt Kempten (Allgäu)

Herr Volkwein Stadt Kempten (Allgäu)

Herr Fehr Stadt Kempten (Allgäu)

02

Animationen