

Stadt Gundelsheim

Starkregenrisikomanagement für das Einzugsgebiet von Gundelsheim

gemäß Leitfaden „Kommunales
Starkregenrisikomanagement
in Baden-Württemberg“

Teil 1: Gefährdungsanalyse

Erläuterungsbericht

17.07.2019

BIT | INGENIEURE

Standort Freiburg
Talstraße 1
79102 Freiburg
Tel. +49 761 29657-0
www.bit-ingenieure.de

01GUH17009 - Starkregenrisikomanagement für das Einzugsgebiet von Gundelsheim gemäß Leitfaden
„Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg“

Teil 1: Gefährdungsanalyse - Vorabzug

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines.....	6
1.1	Untersuchungsgebiet.....	6
1.2	Datengrundlagen	7
1.3	Abgrenzung des Starkregenrisikomanagements zu den Hochwassergefahrenkarten	8
2	Hydraulische Gefährdungsanalyse.....	8
2.1	Vorgehensweise.....	8
2.2	Überprüfung und Aufbereitung der Grundlagendaten	10
2.3	Anpassung des hydraulisch relevanten Terrains (HydTerrain)	11
2.4	Modellerstellung.....	12
2.4.1	Ausdünnung der Höhendaten mit LASER_AS-2D	12
2.4.2	Berücksichtigung der Gebäude	14
2.4.3	Berücksichtigung der Verdolungen	14
2.4.4	Berücksichtigung des AWGN-Gewässers Lohgraben	14
2.4.5	Berücksichtigung des Kanalnetzes	14
2.4.6	Zuweisung von Rauigkeitsbeiwerten.....	14
2.4.7	Oberflächenabflusskennwerte (OAK).....	17
2.4.8	Auslaufränder und Kontrollquerschnitte	17
2.4.9	Berechnungsparameter.....	18
3	Berechnungsergebnisse	19
3.1	Überflutungstiefen und Fließgeschwindigkeiten.....	19
3.2	Abfluss und Volumen.....	22
3.3	Aufbereitung der Abgabedateien	28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage (<i>links</i>) und Ausdehnung (<i>rechts, grün</i>) des Gemarkungsgebiet der Stadt Gundelsheim und des Modellgebiet des 2D-Modells (<i>rechts, rot</i>) zur Durchführung der Gefährdungsanalyse.....	6
Abbildung 2: Auf Basis des HydTerrains erstellte Teileinzugsgebiete (<i>rot</i>), AWGN-Gewässern (<i>blau</i>) und „unbegrenzt leistungsfähig“ simulierte Gewässer(HW GK Gewässer und Lohgraben) (<i>magenta</i>) im Gemarkungsgebiet (<i>grün</i>), sowie die beiden Teilbearbeitungsgebiete Ost (<i>grün</i>) und West (<i>orange</i>).....	10
Abbildung 3: Abgabedatenbank des modifizierten HydTerrains	12
Abbildung 4: Gemeindegrenze von Gundelsheim (<i>grün</i>), Modellgrenzen der Bearbeitungsgebiete Nord und Süd (<i>magenta</i> und <i>gelb</i>) sowie der Umfang der Datenlieferung der LUBW (<i>grau</i>).	12
Abbildung 5: 2D-Modelle der Teilbearbeitungsgebiete Ost (<i>oben</i>) und West (<i>unten</i>).....	13
Abbildung 6: Darstellung des Verlaufs des k_{st} -Wertes in Abhängigkeit der Wassertiefe am Beispiel der Landnutzungsklassen „Straßenverkehr“ und „Landwirtschaft“.....	15
Abbildung 7: Materialbelegung im Untersuchungsgebiet auf Grundlage des Datensatzes „ALKIS_Tatsaechliche_Nutzung“, ergänzt durch zusätzliche versiegelte Flurstücke (der Kategorie „Platz“ hinzugefügt) und den ALKIS-Gebäudeflächen.....	16
Abbildung 8: Kontrollquerschnitte im Stadtgebiet Gundelsheim	17
Abbildung 9: Kontrollquerschnitte in den Stadtteilen Tiefenbach, Höchstberg und Bernbrunn.....	18
Abbildung 10: Kontrollquerschnitte in den Stadtteilen Bachenau (<i>links</i>) und Obergriesheim (<i>rechts</i>).....	18
Abbildung 11: Private Schutzmauern entlang der Obergriesheimerstraße in Gundelsheim beim außergewöhnlichen Abflussereignis	20
Abbildung 12: Private Schutzmauer im Stadtteil Bachenau beim seltenen Abflussereignis	21
Abbildung 13: Maximale Fließgeschwindigkeiten (> 2 m/s) am Eingang zum Sportplatz in Stadtteil Obergriesheim.....	22
Abbildung 14: Abflussganglinien der Kontrollquerschnitte im TBG Ost (Stadtteile Obergriesheim, Tiefenbach, Höchstberg und Bernbrunn) für das Szenario „selten, verschlämmt“.....	24
Abbildung 15: Abflussganglinien der Kontrollquerschnitte im TBG Ost (Stadtteile Obergriesheim, Tiefenbach, Höchstberg und Bernbrunn) für das Szenario „außergewöhnlich, verschlämmt“.....	24
Abbildung 16: Abflussganglinien der Kontrollquerschnitte im TBG Ost (Stadtteile Obergriesheim, Tiefenbach, Höchstberg und Bernbrunn) für das Szenario „extrem, verschlämmt“.....	25
Abbildung 17: Gleitendes Mittel der Abflussganglinien der Kontrollquerschnitte im TBG West (Stadtgebiet Gundelsheim und Stadtteil Bachenau) für das Szenario „selten, verschlämmt“.....	25
Abbildung 18: Gleitendes Mittel der Abflussganglinien der Kontrollquerschnitte im TBG West (Stadtgebiet Gundelsheim und Stadtteil Bachenau) für das Szenario „außergewöhnlich, verschlämmt“.....	26
Abbildung 19 Abflussganglinien der Kontrollquerschnitte im TBG West (Stadtgebiet Gundelsheim und Stadtteil Bachenau) für das Szenario „extrem, verschlämmt“.....	26
Abbildung 20: Einzugsgebiete für die Kontrollquerschnitte K_EZG_w_01, K_EZG_w_02 und K_EZG_w_03	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kennwerte der Berechnungsnetze der 2D-Modelle zum SRRM Gundelsheim	13
Tabelle 2: Rauigkeitsbelegung der Landnutzungsklassen nach BasisDLM	15
Tabelle 3: Globale Berechnungsparameter des 2D-Modells.....	19
Tabelle 4: Bilanzierung des Abflussvolumens im Modellgebiet	23
Tabelle 5: Detailbetrachtung der Einzugsgebiete an den Kontrollquerschnitten K_EZG_w_01, K_EZG_w_02 und K_EZG_w_03	28

Anhang

Anhang 1: Ablagestruktur der Abgabedateien

Planverzeichnis

Übersichtskarten	1 : 15.000
Maximale Überflutungstiefen	8125039_Uebersicht_UT_SEL_V_000.pdf 8125039_Uebersicht_UT_AUS_V_000.pdf 8125039_Uebersicht_UT_EXT_V_000.pdf
Maximale Überflutungsausdehnungen	8125039_Uebersicht_UA_V_000.pdf
Materialbelegung für das 2D-Hydraulikmodell	8125039_Uebersicht_MAT_000.pdf
Detaillkarten	1 : 3.500
Überflutungsausdehnungen, verschlämmt	8125039_UA_V_001.pdf ... 8125039_UA_V_014.pdf
Materialbelegung für das 2D-Hydraulikmodell	8125039_MAT_001.pdf ... 8125039_MAT_014.pdf
Detaillkarten für ein seltenes Abflussereignis, verschlämmt	1 : 3.500
Maximale Überflutungstiefen	8125039_UT_SEL_V_001.pdf ... 8125039_UT_SEL_V_014.pdf
Maximale Fließgeschwindigkeiten	8125039_FG_SEL_V_001.pdf ... 8125039_FG_SEL_V_014.pdf
Detaillkarten für ein außergewöhnliches Abflussereignis, verschlämmt	1 : 3.500
Maximale Überflutungstiefen	8125039_UT_AUS_V_001.pdf ...

	8125039_UT_AUS_V_014.pdf
Maximale Fließgeschwindigkeiten	8125039_FG_AUS_V_001.pdf ... 8125039_FG_AUS_V_014.pdf
Detailkarten für ein extremes Abflussereignis, verschlämmt	1 : 3.500
Maximale Überflutungstiefen	8125039_UT_EXT_V_001.pdf ... 8125039_UT_EXT_V_014.pdf
Maximale Fließgeschwindigkeiten	8125039_FG_EXT_V_001.pdf ... 8125039_FG_EXT_V_014.pdf

Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
AKWB	Anlagenkataster Wasserbau in Baden-Württemberg
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster Informationssystem in Baden-Württemberg
AWGN	Amtliches Digitales Wasserwirtschaftliches Gewässernetz in Baden-Württemberg
BasisDLM	Digitales Basis-Landschaftsmodell
BW	Baden-Württemberg
EZG	(oberirdisches) Einzugsgebiet
FG	Fließgeschwindigkeit
FR	Fließrichtung
GIS	Geografisches Informationssystem
HN	hydrodynamisch-numerisch
HQ ₁₀₀	100-jährlicher Abfluss = Abflussmenge eines Gewässers, die im statistischen Mittel einmal alle 100 Jahre erreicht oder überschritten wird
HRB	Hochwasserrückhaltebecken
HWGK	Hochwassergefahrenkarten
HydTerrain	hydraulisch relevantes TERRAIN
k _{st}	Rauheitsbeiwert nach Strickler [$m^{1/3}/s$]
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
OAK	Oberflächenabflusskennwerte
SRGK	Starkregengefahrenkarten
SRRM	Starkregenrisikomanagement
TBG	Teilbearbeitungsgebiet
TEZG	(oberirdisches) Teileinzugsgebiet
UA	Überflutungsausbreitung
UT	Überflutungstiefen
WSP	Wasserspiegellage

1 Allgemeines

Die Stadt Gundelsheim lässt für die Ortslage ein kommunales Starkregenrisikomanagement (SRRM) durchführen. Auf der Grundlage des im Jahr 2016 erschienenen Leitfadens „Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg“ werden die Gemeinden in Baden-Württemberg in der Auftragsvergabe von Gefährdungs- und Risikoanalysen durch das Land gefördert und finanziell unterstützt. Der Leitfaden gibt ein standardisiertes Verfahren vor. Der vorliegende Berichtsteil umfasst den ersten Bearbeitungsschritt des SRRM: Analyse der Überflutungsgefährdung bei Starkregen.

1.1 Untersuchungsgebiet

Die Stadt Gundelsheim liegt am Neckar im Norden des Landkreises Heilbronn im Übergangsbereich des Neckarbeckens zum Odenwald (Abbildung 1: Lage (*links*) und Ausdehnung (*rechts, grün*) des Gemarkungsgebiet der Stadt Gundelsheim und des Modellgebiet des 2D-Modells (*rechts, rot*) zur Durchführung der Gefährdungsanalyse). Sie umfasst neben Gundelsheim selbst die vier Stadtteile Bachenau, Höchstberg, Obergriesheim und Tiefenbach. Im Bearbeitungsgebiet der Gemarkung verlaufen die sechs HWGK-Gewässer Neckar, Tiefenbach, Jagst, Schefflenz, Anbach und Seelbach.

Eine westliche Hälfte des Untersuchungsgebiets entwässert unmittelbar auf dem Gemeindegebiet in den Neckar, während Wasser aus dem östlichen Teilgebiet über die Jagst südlich des Stadtgebietes dem Neckar zufließt. Einige Fließwege führen dabei durch Siedlungsgebiete. Ein zusätzliches Problem stellen die leicht erodierbaren Ackerböden (Lößlehm) dar.

Die Größe des Gemarkungsgebiets liegt bei etwa 38,5 km², das gesamte Modellgebiet umfasst insgesamt ca. 80 km² in zwei Teilbearbeitungsgebieten (TBG).

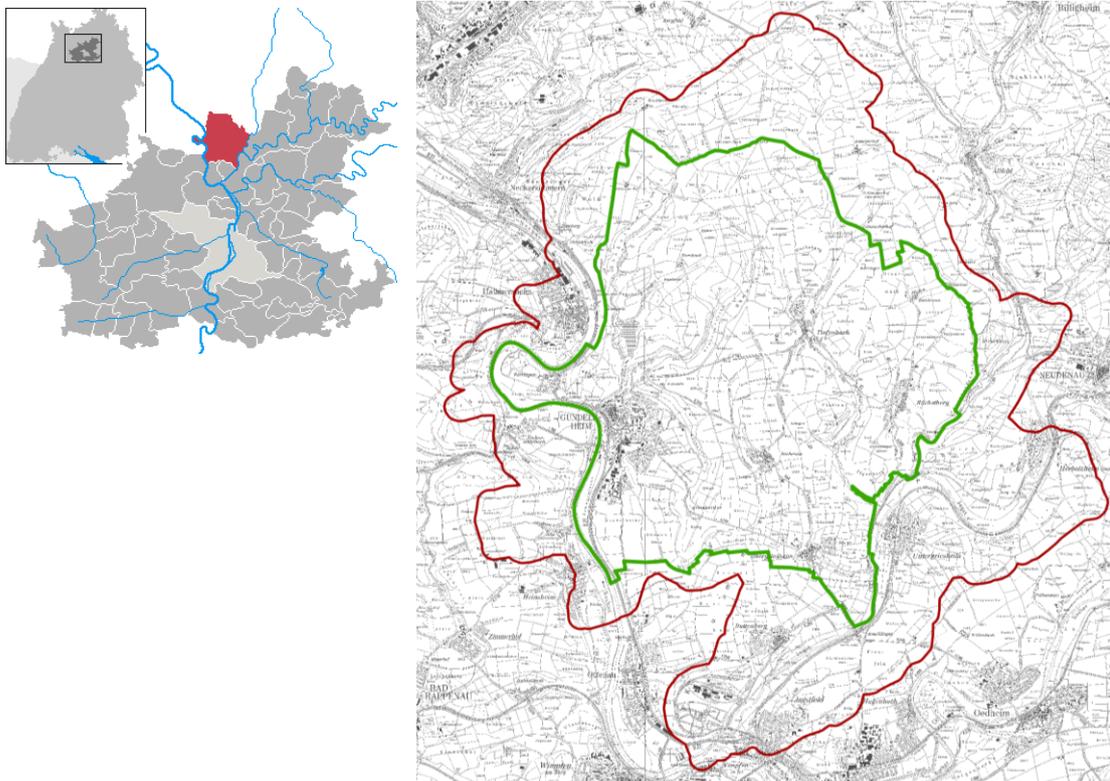


Abbildung 1: Lage (*links*) und Ausdehnung (*rechts, grün*) des Gemarkungsgebiet der Stadt Gundelsheim und des Modellgebiet des 2D-Modells (*rechts, rot*) zur Durchführung der Gefährdungsanalyse

1.2 Datengrundlagen

Von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW **Fehler! Textmarke nicht definiert.**) in Karlsruhe wurden zur Bearbeitung des kommunales Starkregenrisikomanagements der Stadt Gundelsheim die folgenden Datengrundlagen zur Verfügung gestellt:

- Dateneingang.gdb (ESRI Personal Geodatabase)
 - Gebäudepolygone und Flurstücksgrenzen aus dem Amtl. Liegenschaftskataster (ALKIS)
 - Informationen zur Landnutzung aus dem Digitalen Landschaftsmodell (BasisDLM)
 - Gewässerverläufe aus dem Amtlich Wasserwirtschaftlichen Gewässernetz (AWGN)
 - Regelungsbauwerke aus dem Anlagenkataster Wasserbau (AKWB)
 - Blattschnitte von TK25, TK200 und der Orthobilder
- HWGK
 - Ergebnisse aus den Berechnungen der Hochwassergefahrenkarten (HWGK) als GeoTIFF der Überflutungstiefen und der Wasserspiegellagen
- Terrain_Gundelsheim_2018_07_06.gdb
 - Hydraulisch relevantes Terrain
- OAK
 - Oberflächenabflusskennwerte für fünf Szenarien als Geo-TIFF-Dateien in 5min-Zeitschritten (Auflösung 1 m x 1 m)
- Orthobilder
 - Digitale Orthobilder im Untersuchungsgebiet
- TK025
 - Topographische Karte im Maßstab 1 : 25.000 im Untersuchungsgebiet
- TUK200
 - Topographische Karte im Maßstab 1 : 200.000 im Untersuchungsgebiet
- Ergebnisse
 - Vorgegebene Ordner- und Dateistruktur inkl. Datenbanken zur Abgabe der Berechnungsergebnisse
- Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg
 - Inkl. Anhänge und Ergänzungen

Zusätzlich zu diesen Ausgangsdaten wurden von der Stadt Gundelsheim weitere Daten bereitgestellt und in die Bearbeitung integriert:

- Stadtplan mit eingezeichneten Baugebieten ab 2000

1.3 Abgrenzung des Starkregenrisikomanagements zu den Hochwassergefahrenkarten

Bis in das Jahr 2015 hinein wurden für Baden-Württemberg flächendeckend Hochwassergefahrenkarten (HWGK) erstellt. Überflutungsbereiche eines HQ_{100} , also Bereiche, die statistisch einmal in hundert Jahren überflutet werden, sind per Gesetz als „Überschwemmungsgebiete“ festgesetzt. In diesen Bereichen gelten gemäß Bundesrecht besondere Vorschriften für alle Nutzer dieser Flächen (vgl. Leitfaden zum SRRM BW).

Die Gewässer, entlang derer Hochwassergefahrenkarten erstellt wurden („HWGK-Gewässer“) werden bei der Berechnung der hydraulischen Gefährdungsanalyse als voll leistungsfähig eingestuft. Eine Berücksichtigung dieser Gewässer würde daher eine Neu-/Doppelberechnung der Überflutungsgefährdung der HWGK-Gewässer bedeuten, die jedoch auf einem unterschiedlichen Ansatz beruht (vgl. Kapitel 4 im Leitfaden). Aus diesem Grund werden die HWGK-Gewässer modellintern als Modellrand behandelt, an dem der ankommende Oberflächenabfluss ungehindert auslaufen kann.

Eine Darstellung der Überflutungsausbreitungen nach HWGK in den Starkregengefahrenkarten (SRGK) ist nicht sinnvoll. Die Ergebnisse aus der hydraulischen Gefährdungsanalyse werden unabhängig von den HWGK-Berechnungen für das gesamte Untersuchungsgebiet ermittelt und dargestellt – auch in Bereichen, die bereits als Überflutungsbereich eines HQ_{100} gesetzlich festgelegt wurden. Da die Berechnung der Überflutungsausbreitungen eines Starkregenereignisses einem anderen Ansatz folgt, können die Ergebnisse der hydraulischen Gefährdungsanalyse auch in diesen Bereichen für die Kommunen besonders aufschlussreich sein.

2 Hydraulische Gefährdungsanalyse

2.1 Vorgehensweise

Im Rahmen des Starkregenrisikomanagements wird zunächst eine hydraulische Gefährdungsanalyse durchgeführt. Sie beruht auf einer zweidimensionalen, instationären Berechnung von oberflächigen Abfluss- und Überflutungsvorgängen mithilfe eines hydrodynamisch-numerischen Simulationsmodells (2D-HN-Modell). In der hier vorliegenden Untersuchung wurde dazu die Software HYDRO_AS-2D der Firma Nujic/Hydrotec in der Version 5.1.0 verwendet. HYDRO_AS-2D wurde ursprünglich zur Berechnung von Dammbbruchszenarien und Flutwellenausbreitungen entwickelt und eignet sich gut für Strömungs- und Abflusssimulationen bei Hoch- und Niedrigwasser.

Das gesamte Untersuchungsgebiet umfasst rund 80 km². Die Eingabedaten der Oberflächenabflusskennwerte lassen jedoch nur eine sinnvolle Berechnung bis zu einer Einzugsgebietsgröße von rund 5 km² zu. Deshalb und in Hinblick auf Rechenzeit und Handhabung der Datenmengen kann es sinnvoll sein, größere Gebiete in Teileinzugsgebiete zu unterteilen. Dies erfolgt auf der Grundlage des hydraulisch plausiblen Terrains (HydTerrain) entlang der Wasserscheiden. Abschließend können die Ergebnisse je nach Bedarf und Anforderung wieder in einheitliche Datensätze für das Gesamtgebiet zusammengeführt werden.

Das Untersuchungsgebiet der Stadt Gundelsheim wurde in zwei Teilbearbeitungsgebiete unterteilt, die jeweils größer sind als 5 km² (Abbildung 2). Im Untersuchungsgebiet wurden alle vorhandenen HWGK-Gewässer als unbegrenzt leistungsfähig simuliert, weshalb in diesen Bereichen keine Überschätzung des Abflusses stattfindet. Innerhalb des Untersuchungsgebiet sind jedoch drei weitere

AWGN Gewässer vorhanden, deren Einzugsgebietsfläche die vorgegebene Höchstgrenze von 5 km² überschreitet (Abbildung 2). Diese Gebiete wurden im Detail betrachtet. Lediglich das Einzugsgebiet des Lohgrabens mit etwa 10 km² überschreitet die vorgegebene Einzugsfläche deutlich. Hier wird die Überflutungstiefe entlang des unteren Gewässerabschnitts daher überschätzt. In Abstimmung mit der Unteren Wasserbehörde wurde der untere Gewässerabschnitt daher analog zu den HWGK-Gewässern betrachtet und als voll leistungsfähig simuliert. Hierdurch wurde der Modellieraufwand anders als bei einer Variantenberechnung in Grenzen gehalten. Das AWGN-Gewässer wurde von unterstrom her bis zu einer verbleibenden Einzugsgebietsgröße von 5 km² als „unbegrenzt leistungsfähig“ angesetzt d.h. aus dem Modell herausgeschnitten (Abbildung 2).

Da für den Lohgraben keine Bruchkanten zur Verfügung standen, wurde der Verlauf der Tiefenlinie des Gewässers manuell mit Hilfe eines Neigungs-Rasters erstellt. Anschließend wurde die Tiefenlinie mit 1 m gepuffert und als weiteres Modellloch für die Modellerstellung eingefügt.

Des Weiteren lagen für das HWGK-Gewässer Neckar keine Bruchkanten vor, da dieses Gewässer laut der LUBW nicht vermessen, sondern über ein HN-Modell berechnet wurde. Um den westlichen Modellrand, welcher der rechten Uferkante des Gewässers entspricht, genau abzubilden, wurde auch hier mit Orthofotos und Neigungs-Raster eine manuelle Digitalisierung durchgeführt.

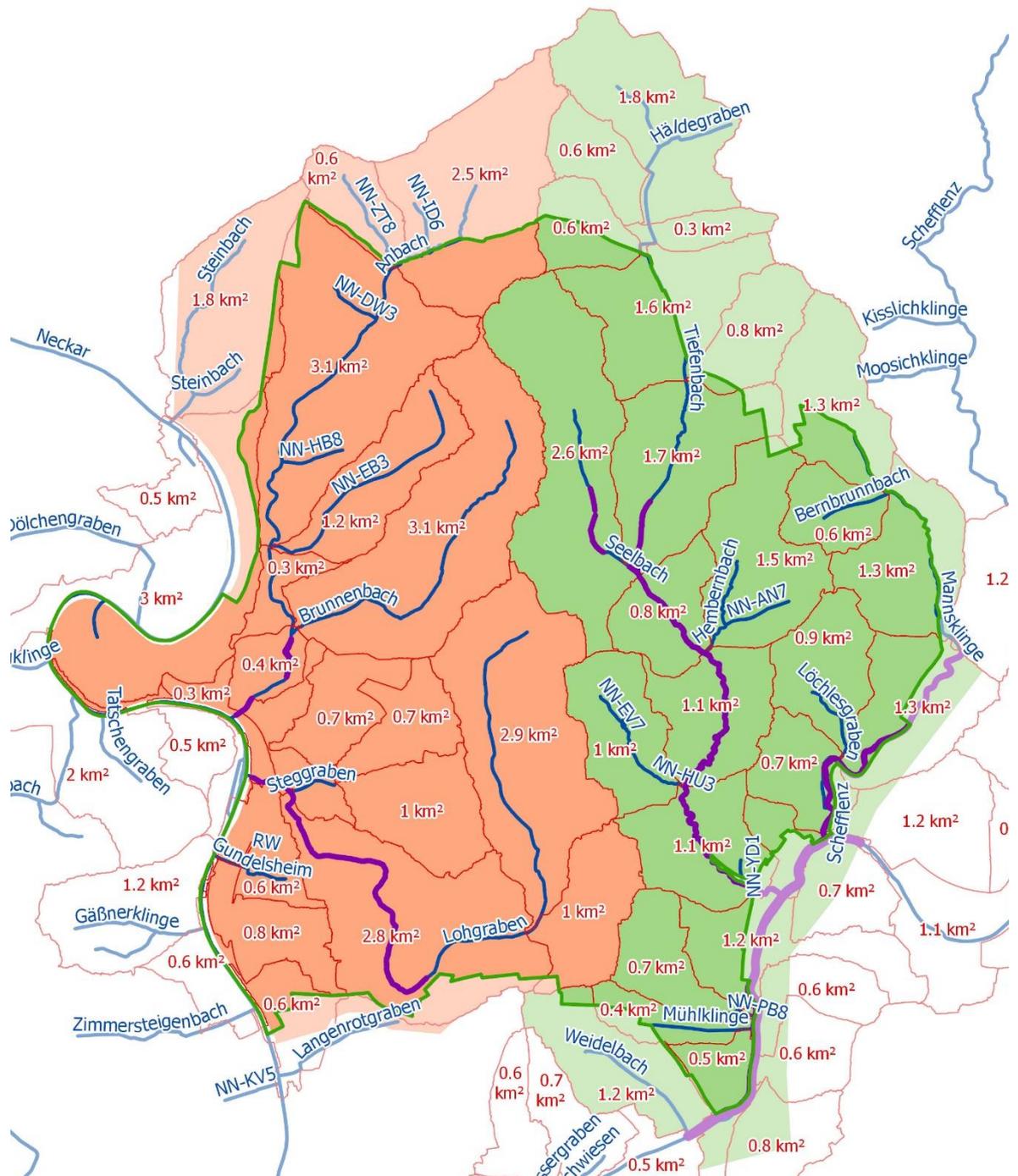


Abbildung 2: Auf Basis des HydTerrains erstellte Teileinzugsgebiete (rot), AWGN-Gewässern (blau) und „unbegrenzt leistungsfähig“ simulierte Gewässer (HWGK Gewässer und Lohgraben) (magenta) im Gemarkungsgebiet (grün), sowie die beiden Teilbearbeitungsgebiete Ost (grün) und West (orange).

2.2 Überprüfung und Aufbereitung der Grundlagendaten

Zunächst wurden die von der LUBW bereitgestellten Grundlagendaten gesichtet und auf Plausibilität geprüft. Auf Basis des zur Verfügung gestellten HydTerrains wurde das gesamte Untersuchungsgebiet analysiert: Fließwege und Senken wurden ermittelt, sinnvolle Einzugsgebietsgrenzen und Teileinzugsgebietsgrenzen innerhalb des Untersuchungsgebiets wurden festgelegt. Nach Abgrenzung des Untersuchungsgebiets und der darin liegenden Teileinzugsgebiete sowie der Ermittlung

der wichtigsten Gefährdungsbereiche erfolgte die detaillierte Aufbereitung der Grundlagendaten für die Modellerstellung.

Parallel hierzu fand eine Abstimmung mit den örtlichen Behörden statt. Bei einem Startgespräch in Gundelsheim mit Vertretern der Stadt sowie einem weiteren Gespräch mit dem zuständigen Landratsamt wurde unter anderem der Umgang mit den einzelnen Gewässern, Einzugsgebieten größer 5 km² und Neubaugebieten geklärt. Weiterhin wurden Informationen über bisherige und etwaige Gefährdungspotentiale eingeholt. Alle erkennbaren strukturellen Abweichungen im DGM, welche seitens der Stadt Gundelsheim oder des Landratsamtes gemeldet oder welche im Zuge der anschließenden Ortsbegehung erkannt wurden, wurden im Modell angepasst.

Folgende Änderungen wurden vorgenommen:

1. Öffnung aller vorhandenen Bahndurchlässe in Gundelsheim
2. Einbau einer nicht durchgängigen, privaten Mauer entlang der Untergriesheimer Straße in Gundelsheim, sowie einer weiteren Mauer etwas versetzt östlich des Baugrundstücks
3. Einbau einer parallel zum Feldrand verlaufenden Längsstruktur auf dem östlichsten Grundstück der Alemannenstraße
4. Einbau einer senkrecht zum Bruckäckerweg in Bachenau verlaufenden privaten Mauer

Auf den Einbau des seit 2001 bestehenden HRB Seelbach wurde bewusst verzichtet, da unmittelbar unterhalb des Beckens ein HWGK-Gewässer anschließt und tendenziell übertretendes Wasser spätestens dort über den Modellrand hinausfließt.

2.3 Anpassung des hydraulisch relevanten Terrains (HydTerrain)

Eine wesentliche Grundlage für die Modellerstellung liefert das hydraulisch relevante Terrain (HydTerrain) aus der Berechnung der Hochwassergefahrenkarten (HWGK). Für das gesamte Bearbeitungsgebiet Gundelsheim stand das HydTerrain basierend auf den alten Befliegungsdaten (2000-2005) in einer Auflösung von 1 m zur Verfügung. Für einen Teil des Bearbeitungsgebietes lag außerdem das HydTerrain basierend auf den neuen Befliegungsdaten (2016+) vor. Da die Lieferung eines höhentransformierten HydTerrains seitens der LUBW zum Zeitpunkt des Bearbeitungsbeginns nicht möglich war (entsprechend Angaben der LUBW), wurde das gesamte Gebiet zunächst auf Grundlage der alten Befliegungsdaten berechnet. Im weiteren Verlauf wurde die Lieferung der alten Befliegungsdaten im neuen Bezugssystem UTM jedoch möglich. Seitens der BIT Ingenieure wurde die Verknüpfung der Höhendaten und eine erneute Berechnung auf dieser Grundlage geprüft und als fachlich plausibel bewertet. Die Berücksichtigung der neuen Daten für einen Mehraufwand wurde seitens der Stadt jedoch nicht gewünscht, sodass der weitere Einbau aller abgestimmten Modifizierungen auf Grundlage der alten Befliegungsdaten erfolgte. Das modifizierte HydTerrain wurde anschließend in der Abgabedatenbank für die LUBW gespeichert (Abbildung 3).

Die HWGK Bruchkanten im Untersuchungsgebiet wurden auf Grundlage der vorhandenen Bruchkanten sowie eines erstellten Rasters mit Neigungsklassen und mit Hilfe von Orthofotos manuell digitalisiert. Anhand dieser Bruchkanten wurde im Berechnungsmodell ein überströmbarer Modellrand gestaltet, der einen Rückstau aus dem (überlasteten) HWGK-Gewässer verhindert (Annahme maximaler Leistungsfähigkeit; vgl. Kapitel 1.3). Das „Ausschneiden“ des HWGK-Gewässerschlauchs erfolgte allerdings nur modelltechnisch und wurde nicht in die überarbeitete Version des HydTerrain übernommen.

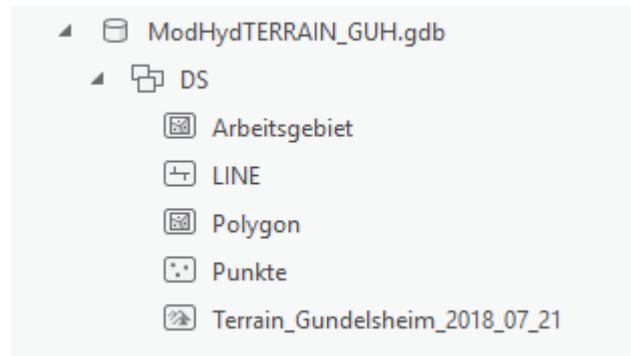


Abbildung 3: Abgabedatenbank des modifizierten HydTerrains

2.4 Modellerstellung

2.4.1 Ausdünnung der Höhendaten mit LASER_AS-2D

Das modifizierte HydTerrain wurde in einen Rasterdatensatz mit der Kantenlänge 1 m umgewandelt. Die Punktdaten aus diesem Raster wurden mithilfe des Programms LASER_AS-2D für die Berechnungen mit HYDRO_AS-2D so ausgedünnt, dass die Punktzahl reduziert wird, gleichzeitig wichtige Geländestrukturen, sogenannte Bruchkanten, jedoch nicht verloren gehen. Zusätzlich zur programminternen Erkennung markanter Strukturen wurden die Gebäudegrundrisse als Bruchkanten integriert. Daraus gingen die Netze für zwei Teilbearbeitungsgebiete (TBG) GUH_ost und GUH_west hervor (Abbildung 4 und Abbildung 5). Genauer Angaben zu den Kennwerten der beiden Teilbearbeitungsgebiete des 2D-Modells sind in Tabelle 1 aufgeführt.

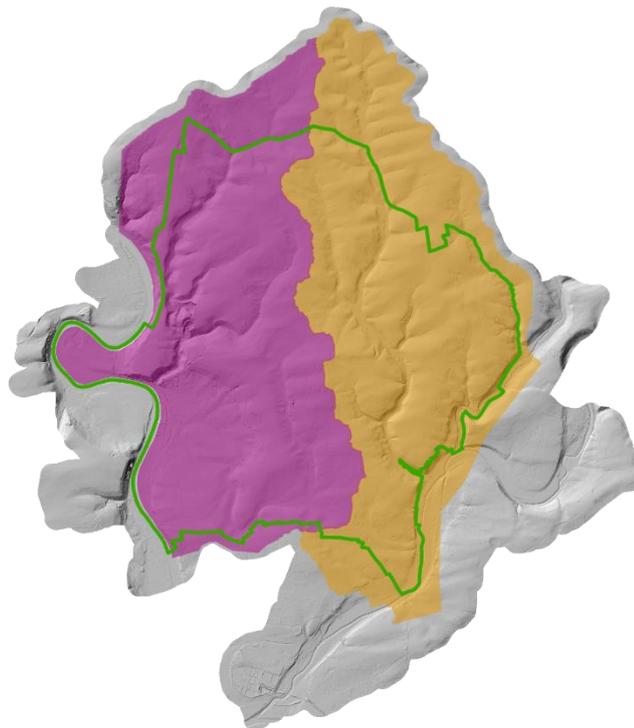


Abbildung 4: Gemeindegrenze von Gundelsheim (grün), Modellgrenzen der Bearbeitungsgebiete Nord und Süd (magenta und gelb) sowie der Umfang der Datenlieferung der LUBW (grau).

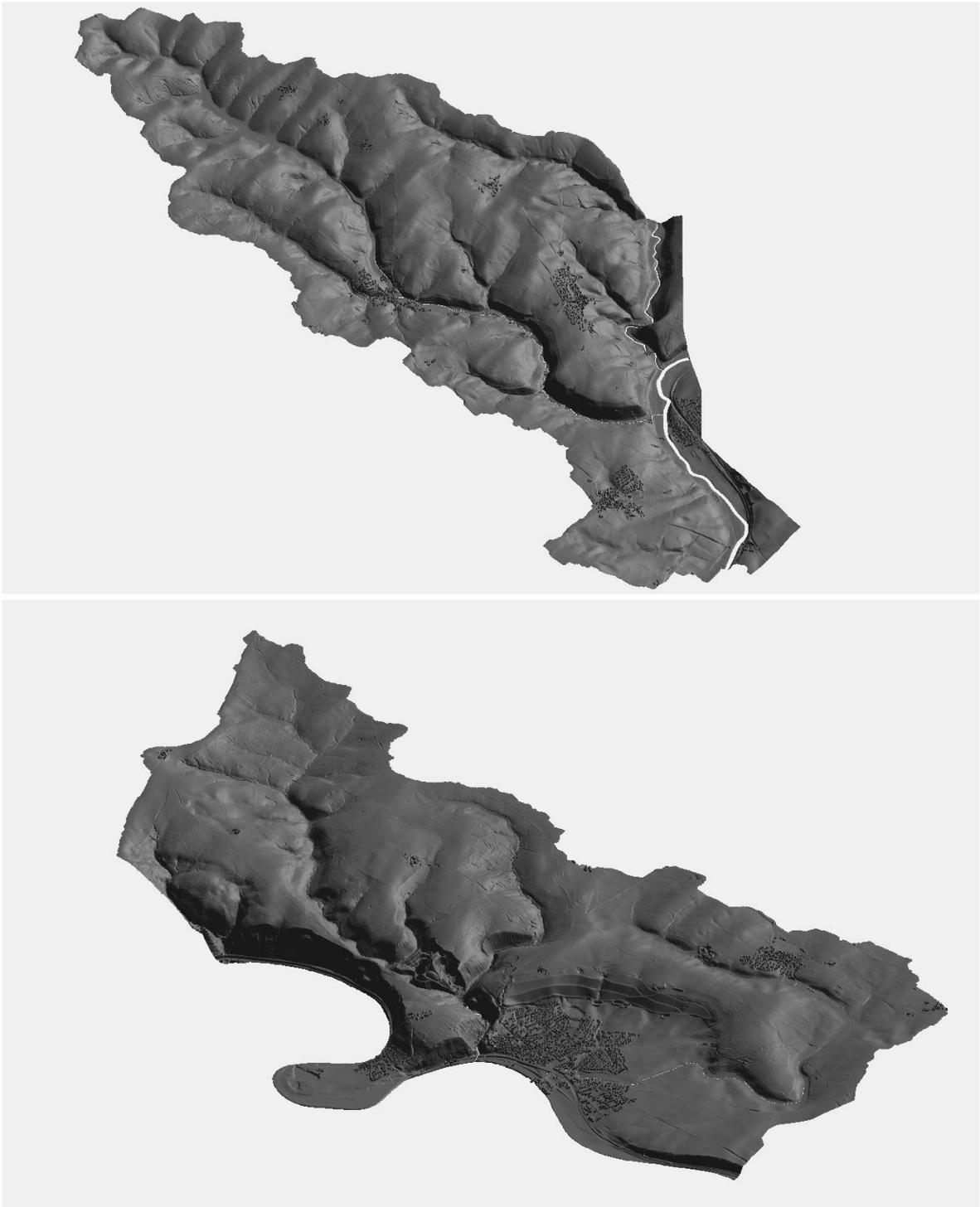


Abbildung 5: 2D-Modelle der Teilbearbeitungsgebiete Ost (*oben*) und West (*unten*)

Tabelle 1: Kennwerte der Berechnungsnetze der 2D-Modelle zum SRRM Gundelsheim

Teileinzugsgebiet	Modellgebietsgröße	Anzahl Knoten	Anzahl Elemente
TBG Ost	27,0 km ²	625628	1241633
TBG West	26,7 km ²	538394	1071612

2.4.2 Berücksichtigung der Gebäude

Um die Strömungsverhältnisse möglichst realistisch abzubilden, müssen Gebäude im Modell berücksichtigt werden. Nur so werden auch Fließwege zwischen diesen Gebäuden hindurch bzw. Barrieren, die sich durch Gebäude ergeben, erfasst. Grundlage für die Berücksichtigung der Gebäude bildete hierbei der ALKIS-Datensatz der LUBW. Dieser wurde für die Verarbeitung generalisiert.

Bereits bei der Modellerstellung mit LASER_AS-2D wurden die Grundrisse der Gebäude in Form von Bruchkanten ohne Höhenbelegung berücksichtigt. Die Höhenzuweisung entlang der Gebäudebruchkanten erfolgte dabei automatisch aus dem Höhenraster des HydTerrains. Im Modell sind keine Modellelemente mit dem Material „Disable“ belegt. Die Umströmung der Gebäude wurde dadurch erreicht, dass die Geländehöhen der Modellknoten innerhalb der Gebäude um sieben Meter angehoben wurden.

2.4.3 Berücksichtigung der Verdolungen

Es wurde die Annahme getroffen, dass alle Verdolungen innerhalb des Bearbeitungsgebiets bei Starkregenereignissen verklausen und somit keinen weiteren Abfluss abführen können. Aus diesem Grund wurden Verdolungen im Geländemodell nicht gesondert berücksichtigt.

2.4.4 Berücksichtigung des AWGN-Gewässers Lohgraben

Wie im Kapitel 2.1 bereits erwähnt, soll das Gewässer Lohgraben zum großen Teil unberücksichtigt bleiben, da sein Einzugsgebiet über 5 km² Fläche aufweist. Im Modell wird das Gewässer somit „ausgestanzt“ und als Modellrand definiert, an dem der ankommende Abfluss ungehindert abfließen kann. Um den betroffenen Gewässerabschnitt ausreichend genau zu erfassen, wurde der Verlauf im Vorfeld mithilfe von Gefälleinformationen kontrolliert und gegebenenfalls abschnittsweise neu digitalisiert.

2.4.5 Berücksichtigung des Kanalnetzes

Die Jährlichkeiten der im SRRM betrachteten Szenarien liegen weit oberhalb der Bemessungsgrenze der Siedlungsentwässerung, weshalb das Kanalnetz in der Regel keine Rolle spielt und unberücksichtigt bleibt. Lediglich beim seltenen Starkregenereignis kann die Wirkung der Kanalisation abhängig von den lokalen Gegebenheiten bei Bedarf als Quelle oder Senke näherungsweise berücksichtigt werden. Im untersuchten Gebiet gab es hierfür keinen Anlass, weshalb das SRRM ohne Berücksichtigung des Kanalnetzes durchgeführt wurde.

2.4.6 Zuweisung von Rauigkeitsbeiwerten

Als Grundlage für die Zuweisung des Modells mit Rauigkeitswerten dienten die von der LUBW zur Verfügung gestellten ALKIS-Datensätze. Dem Datensatz wurden manuell weitere nicht erfasste versiegelte Flurstücke sowie die ALKIS-Gebäude hinzugefügt. Auf der Grundlage von Erfahrungswerten wurde den jeweiligen Landnutzungsklassen zunächst ein fester Rauigkeitsbeiwert nach Strickler (k_{st}) zugewiesen (Tabelle 2, Abbildung 7 sowie Rauigkeitswertekarte) **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Daraufhin erfolgte die Belegung des Berechnungsnetzes mit Stricklerbeiwerten entsprechend der jeweiligen vorwiegenden Landnutzung. Weitere BasisDLM-Nutzungsarten, die in der Tabelle nicht aufgeführt werden, liegen im Modellgebiet nicht vor.

Für die oberflächlichen Strömungsberechnungen wurde hier die Annahme getroffen, dass die Stricklerbeiwerte ihre Gültigkeit erst ab einer bestimmten Wassertiefe über Gelände erlangen, ab der auch eine Strömung des Oberflächenabflusses erwartet werden kann. Die Belegung des Berechnungsnetzes mit Stricklerbeiwerten erfolgte deshalb nicht konstant, sondern variabel in Abhängigkeit der sich einstellenden Wassertiefe.

Tabelle 2: Rauigkeitsbelegung der Landnutzungsklassen nach BasisDLM

Landnutzung nach BasisDLM	k _{St} -Wert [m ^{1/3} /s] ab einer Wassertiefe von...		
	15 cm	10 cm	5 cm
Bahnverkehr	25	12,5	5
Fläche besonderer funktionaler Prägung	25	12,5	5
Fläche gemischter Nutzung	15	7,5	3
Fließgewässer	30	15	6
Friedhof	12,5	6,25	2,5
Gebäude	45	22,5	9
Gehölz	10	5	2
Industrie- und Gewerbefläche	30	15	6
Landwirtschaft	20	10	4
Platz	40	20	8
Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche	25	12,5	5
Stehendes Gewässer	30	15	6
Straßenverkehr	45	22,5	9
Tagebau/Grube/Steinbruch	25	12,5	5
Unland/Vegetationslose Fläche	20,00	10,00	4,00
Wald	12	6	2,4
Weg	35	17,5	7
Wohnbaufläche	12,5	6,25	2,5

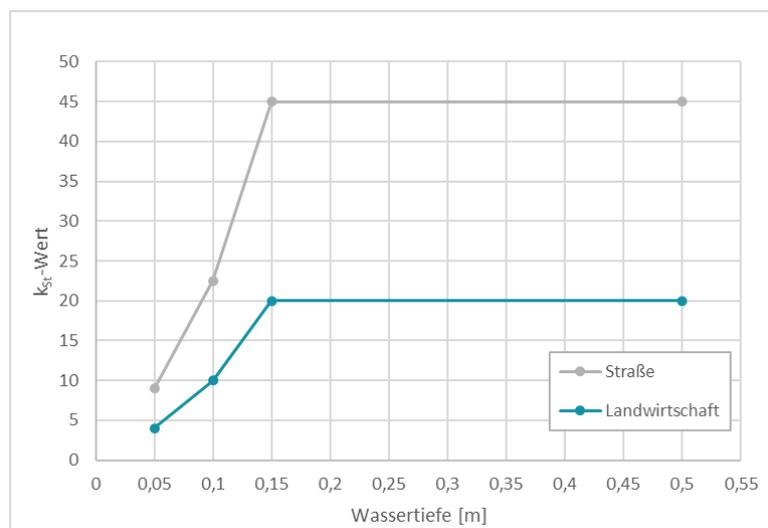
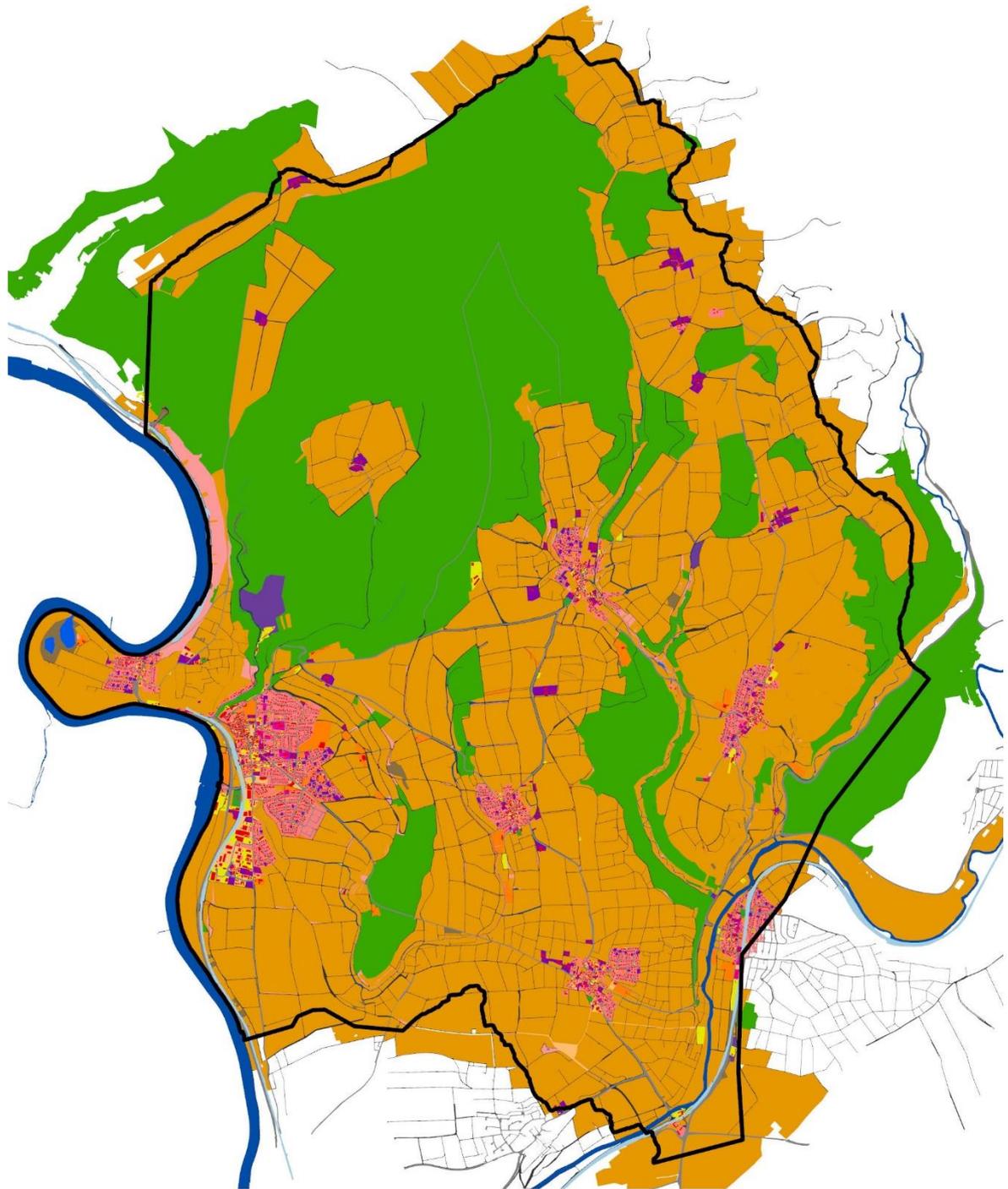


Abbildung 6: Darstellung des Verlaufs des k_{St}-Wertes in Abhängigkeit der Wassertiefe am Beispiel der Landnutzungsklassen „Straßenverkehr“ und „Landwirtschaft“.



Landnutzung

 Bahnverkehr	 Platz
 Fläche besonderer funktionaler Prägung	 Sport-, Freizeit- und Erholungsfläche
 Fläche gemischter Nutzung	 Stehendes Gewässer
 Fließgewässer	 Strassenverkehr
 Friedhof	 Tagebau/Grube/Steinbruch
 Gebäude	 Unland/Vegetationslose Fläche
 Gehölz	 Wald
 Industrie- und Gewerbefläche	 Weg
 Landwirtschaft	 Wohnbaufläche

Abbildung 7: Materialbelegung im Untersuchungsgebiet auf Grundlage des Datensatzes „ALKIS_Tatsächliche_Nutzung“, ergänzt durch zusätzliche versiegelte Flurstücke (der Kategorie „Platz“ hinzugefügt) und den ALKIS-Gebäudeflächen

2.4.7 Oberflächenabflusskennwerte (OAK)

Von der LUBW werden für ganz Baden-Württemberg Kennwerte des Oberflächenabflusses in einem 1 m x 1 m-Raster zur Verfügung gestellt. Das zur Erstellung dieses Datensatzes verwendete Verfahren beruht zum einen auf einer statistischen Analyse von Starkregenereignissen, aus der flächendeckend für Baden-Württemberg Starkregenmengen und Niederschlagsintensitäten abgeleitet wurden. Zum anderen wurden über das Modell RoGeR der Universität Freiburg weitere Parameter wie z.B. die Vorfeuchte des Bodens, die Bodennutzung sowie örtliche Bodeneigenschaften berücksichtigt. Abschließend wurden für einzelne Standorte in Abhängigkeit der Landnutzung Annahmen zu einer möglichen Verschlammung des Bodens getroffen.

Die Oberflächenabflusskennwerte OAK geben somit die räumliche und zeitliche Verteilung des gebildeten Oberflächenabflusses für verschiedene Niederschlags- und Verschlammungsszenarien an und bilden damit die Eingangsdaten für die zweidimensionale hydraulische Simulation.

Im Rahmen der hier vorliegenden Untersuchung wurden sowohl die verschlammten Abflussereignisse „außergewöhnlich, extrem und selten“ als auch die unverschlammten Abflussereignisse „außergewöhnlich und selten“ berechnet. In Absprache mit dem Auftraggeber wurden die unverschlammten Abflussereignisse jedoch nicht ausgewertet.

2.4.8 Auslaufränder und Kontrollquerschnitte

Zur Plausibilisierung der Berechnungsergebnisse fand zum einen eine Quantifizierung des Abflusses an den Auslaufrändern statt, an denen Oberflächenabfluss das Modell verlässt. Zum anderen wurden innerhalb des Berechnungsgebietes Kontrollquerschnitte ins Modell integriert (siehe Abbildung 8 – Abbildung 10), an denen Ganglinien des abfließenden Wassers abgegriffen werden können.

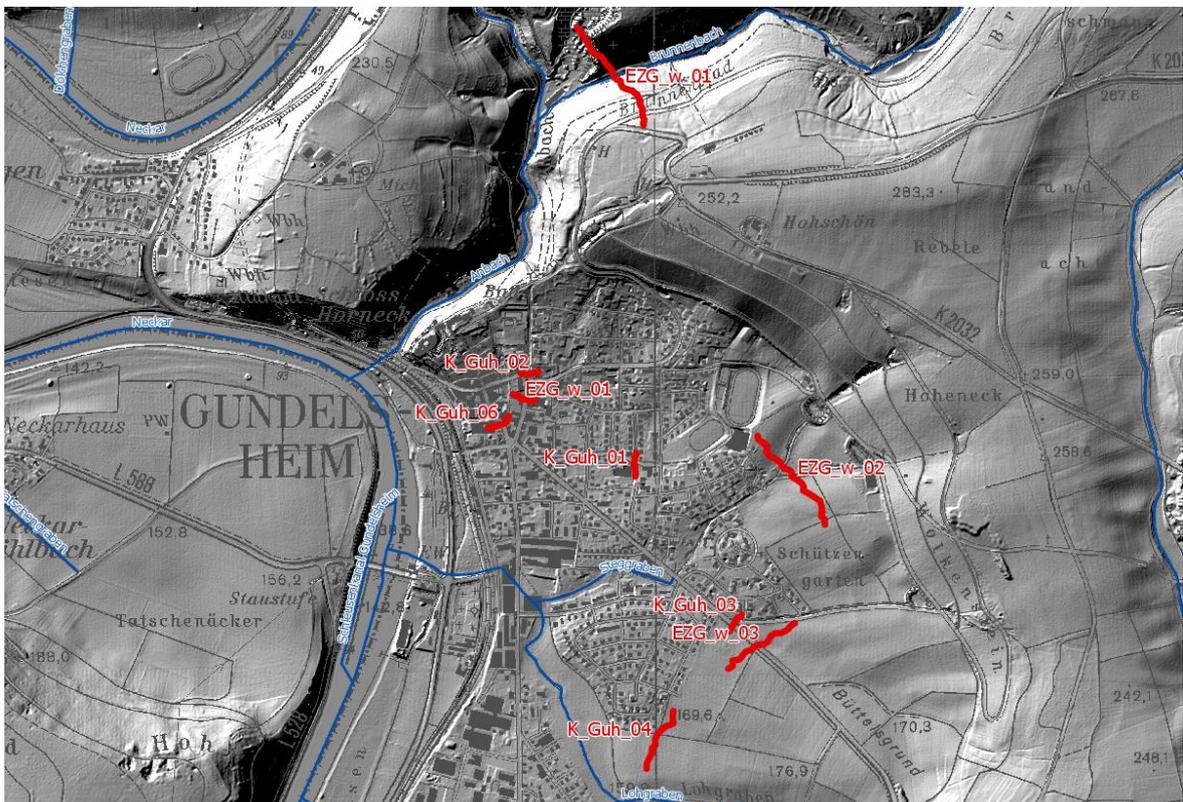


Abbildung 8: Kontrollquerschnitte im Stadtgebiet Gündelsheim

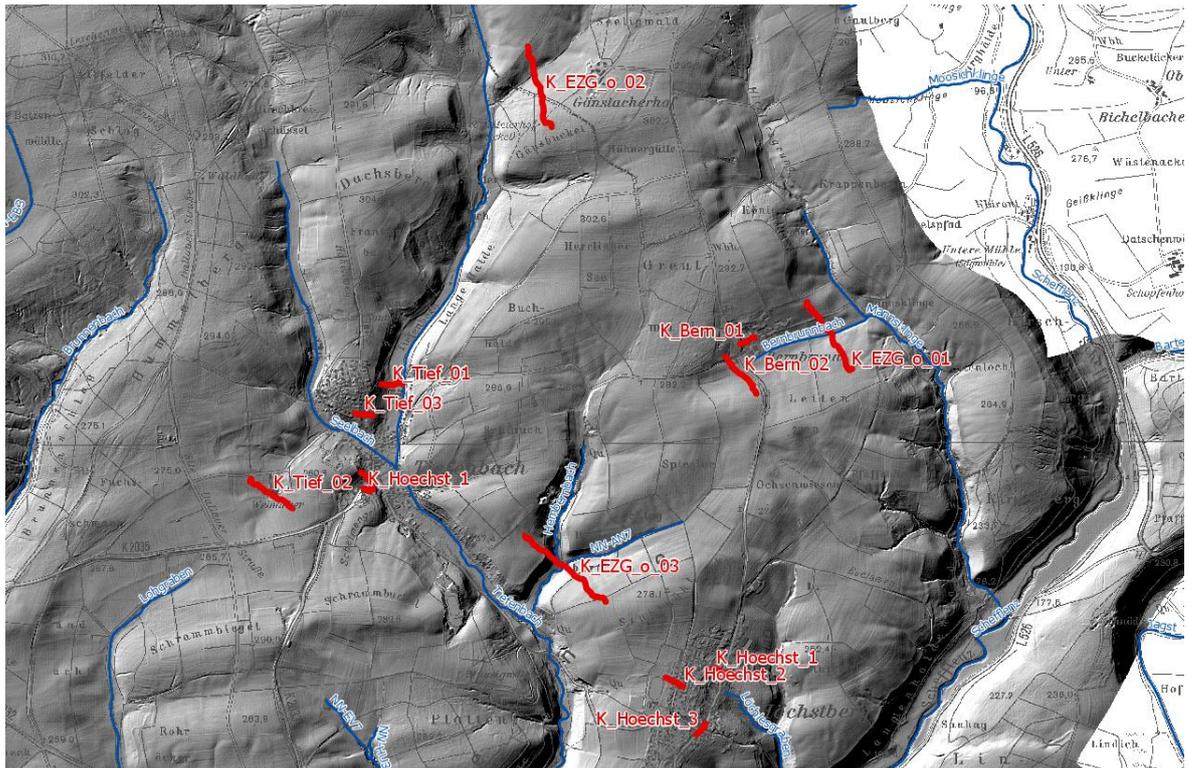


Abbildung 9: Kontrollquerschnitte in den Stadtteilen Tiefenbach, Höchstberg und Bernbrunn

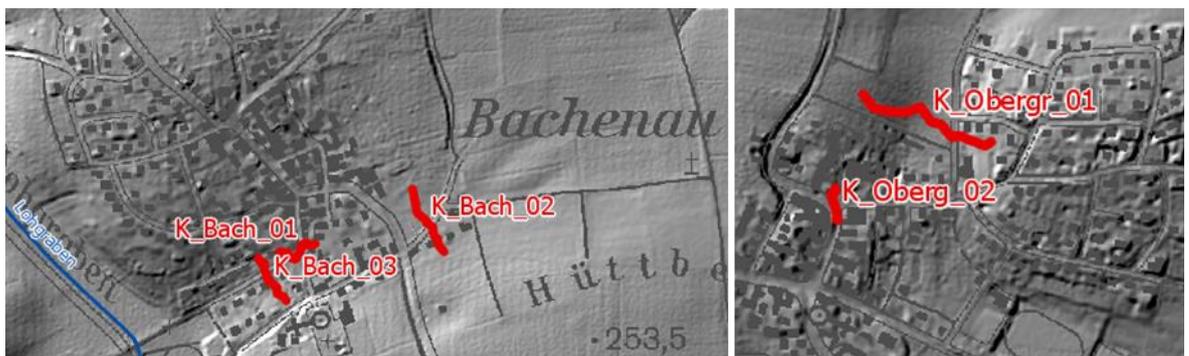


Abbildung 10: Kontrollquerschnitte in den Stadtteilen Bachenau (links) und Obergriesheim (rechts)

Die Auswertung der Kontrollquerschnitte sowie der Auslaufränder erfolgt in Kapitel 3.2.

2.4.9 Berechnungsparameter

Die zweidimensionale, instationäre Berechnung mit dem Programm HYDRO_AS-2D der Firma Nujic/Hydotec in der Version 5.1.0 wurde mit den folgenden globalen Parametern durchgeführt:

Tabelle 3: Globale Berechnungsparameter des 2D-Modells

Globale Berechnungsparameter des 2D-Modells	
Simulationszeit [s]	28.800
Zeitintervall für die Abflussganglinie [s]	60
Zeitintervall für das SMS Programm [s]	60
Hmin [m]	0,001
VELMAX [m/s]	15
CMUVisc	0,6
Amin	0,001
CFL	0,8

3 Berechnungsergebnisse

3.1 Überflutungstiefen und Fließgeschwindigkeiten

Durch die flächige Berechnung findet abhängig vom jeweiligen Szenario im Verlauf von einer Stunde eine flächige Benetzung der Oberfläche statt. Aus der Fläche heraus fließt das Niederschlagswasser entlang von natürlichen oder künstlichen Tiefenlinien ab. Die unterschiedlichen Szenarien (selten – außergewöhnlich – extrem) folgen dabei häufig identischen Fließwegen, allerdings mit unterschiedlicher Flächenausdehnung. Die Darstellung der Überflutungstiefe erfolgt gemäß Leitfaden des Landes Baden-Württemberg ab einer sich einstellenden Höhe von fünf Zentimeter Wasserstand.

Im Süden von Gundelsheim fließt das Wasser zum großen Teil von Osten her zunächst durch die Ortslage und anschließend Richtung Neckar. Ein Teil des Außengebietswassers wird durch drei Becken entlang des Weinbergwegs oberhalb des Stadtgebiets zurückgehalten. Ein großer Teil fließt jedoch bereits beim seltenen Ereignis gebündelt entlang der vorhandenen Gräben den Siedlungen zu. In der Obergriesheimerstraße wurden parallel zum dort verlaufenden Graben in der Vergangenheit zusätzliche Mauern zum Schutz errichtet, welche im Modell mitberücksichtigt wurden. Bereits beim seltenen Ereignis kann anströmendes Wasser jedoch über eine unbebaute Grundstücksfläche in den Siedlungsbereich eindringen. Im Extremfall treten hier Wassertiefen über 1 m und Fließgeschwindigkeiten von mehr als 2 m/s auf.

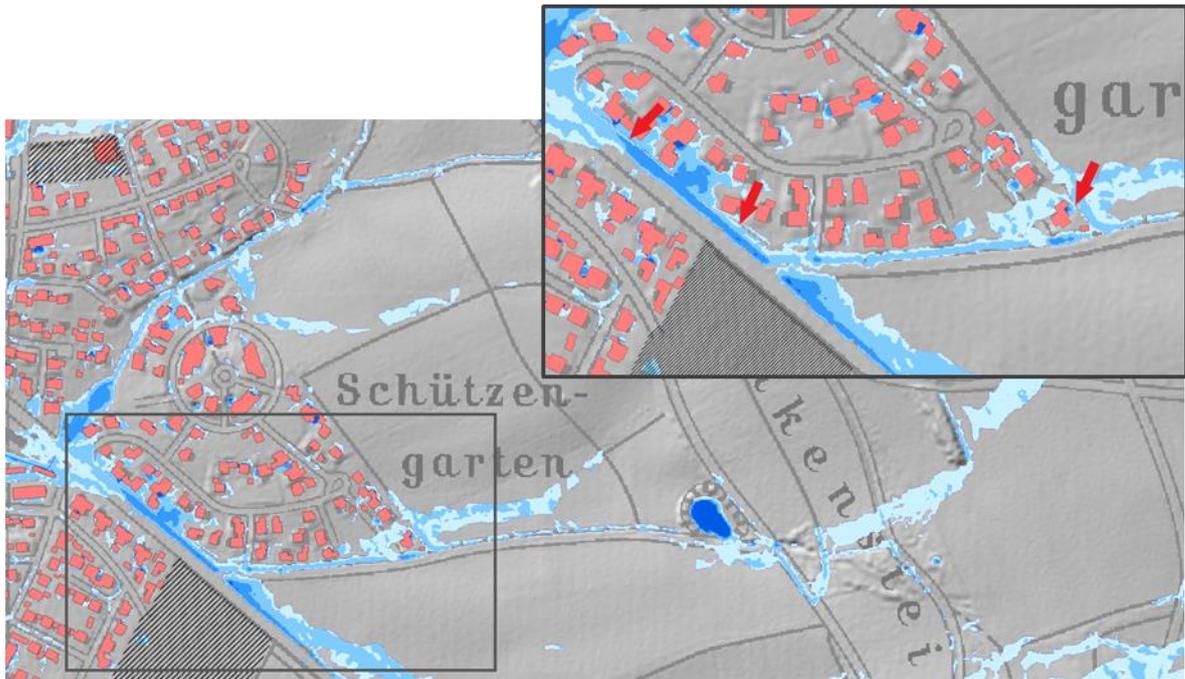


Abbildung 11: Private Schutzmauern entlang der Obergriesheimerstraße in Gundelsheim beim außergewöhnlichen Abflussereignis

Weiterhin bietet der Bereich Ecke Obergriesheimerstraße/Im Schützengarten ein Gefahrenpotenzial, da hier zwei Fließwege aufeinandertreffen und auf der Straße bereits beim seltenen Szenario Überflutungstiefen von bis zu 0,5 m auftreten.

Bei den Szenarien „außergewöhnlich“ und „extrem“ strömt das Wasser von Osten zusätzlich über die landwirtschaftlichen Flächen den Siedlungen zu. In diesem Teil von Gundelsheim wurden ebenfalls schützende Strukturen im Modell berücksichtigt. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass auch diese Strukturen die Überflutungsverhältnisse jedoch nur wenig beeinflussen und weiterhin eine große Abflussmenge in das Siedlungsgebiet strömt.

Im nördlichen Teil von Gundelsheim, nördlich der Oststraße, bilden sich drei Hauptfließwege durch das Siedlungsgebiet. Die Wassermengen stammen von den nördlich angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen sowie aus dem Siedlungsgebiet selbst. Hier verlaufen die Tiefenlinien, denen der Oberflächenabfluss folgt, entlang der Straßen mitten durch die Siedlungsgebiete. Die höchsten Fließgeschwindigkeiten treten dabei in der Tiefenbacherstraße auf. Weitere betroffene Straßen sind die Kolpingstraße und die Oststraße. Die drei Hauptfließwege treffen im Bereich Mühlstraße/Eisenbahnstraße aufeinander und lassen hier hohe Fließgeschwindigkeiten entstehen. Ein hohes Gefahrenpotenzial birgt sich in der anschließenden Unterführung, in der ebenfalls hohe Fließgeschwindigkeiten zu erwarten sind. Der gesamte vom nördlichen Gebiet stammende Abfluss sammelt sich beim außergewöhnlichen Szenario auf der tiefergelegenen Grünfläche östlich der Mosbacherstraße und fließt dort beim Lohgraben zu. Im Extremfall strömt das Wasser jedoch mit Fließgeschwindigkeiten von teilweise über 2 m/s auf Höhe der Unterführung in der Mühlstraße über die Mosbacherstraße und kann in der Unterführung Überflutungstiefen von über 1 m und auf der Mosbacherstraße bis zu 0,5 m erreichen.

Hohe Überflutungstiefen sind auch in der Bahnunterführung für Fußgänger südlich des Bahnhofsgebäudes zu erwarten. Trotz wenig zuströmendem Wasser können beim außergewöhnlichen Szenario hier Wassertiefen von bis zu 1 m auftreten.

Auch im Bereich der Mündung von Steggraben und Lohgraben deuten die Simulationen eine hohe Überflutungsgefährdung an. Da die Geländemodell-Eingangsdaten in diesem Bereich jedoch nicht aktuell ist und sich auch im Bereich der Eisenbahnstraße derzeit die Situation deutlich verändert, sind die Simulationsergebnisse mit großen Unsicherheiten behaftet.

Im Ortsteil Bachenau kommt es bei Starkregen ebenfalls zu Überflutungen der Siedlungsgebiete. Hier fließt Außengebietswasser zunächst im Graben parallel zur Frankenstraße von Norden kommend mit relativ hohen Geschwindigkeiten und wechselt anschließend auf den Bruckäckerweg. Der Oberflächenabfluss breitet sich über die angrenzende landwirtschaftliche Fläche Richtung Westen aus und fließt zwischen bzw. auf der Furtstraße und Pfarrstraße flächig durch das Siedlungsgebiet hindurch. In Hinblick auf die im Rahmen eines Starkregenrisikomanagements zu erfolgenden Risikoanalyse wäre hier zu prüfen, welche Strömungshindernisse zwischen den Häusern existieren. Auch hier zeigt eine in das Modell bereits integrierte private Mauer bereits beim seltenen Szenario kaum Schutzwirkung gegen den entstehenden Abfluss.

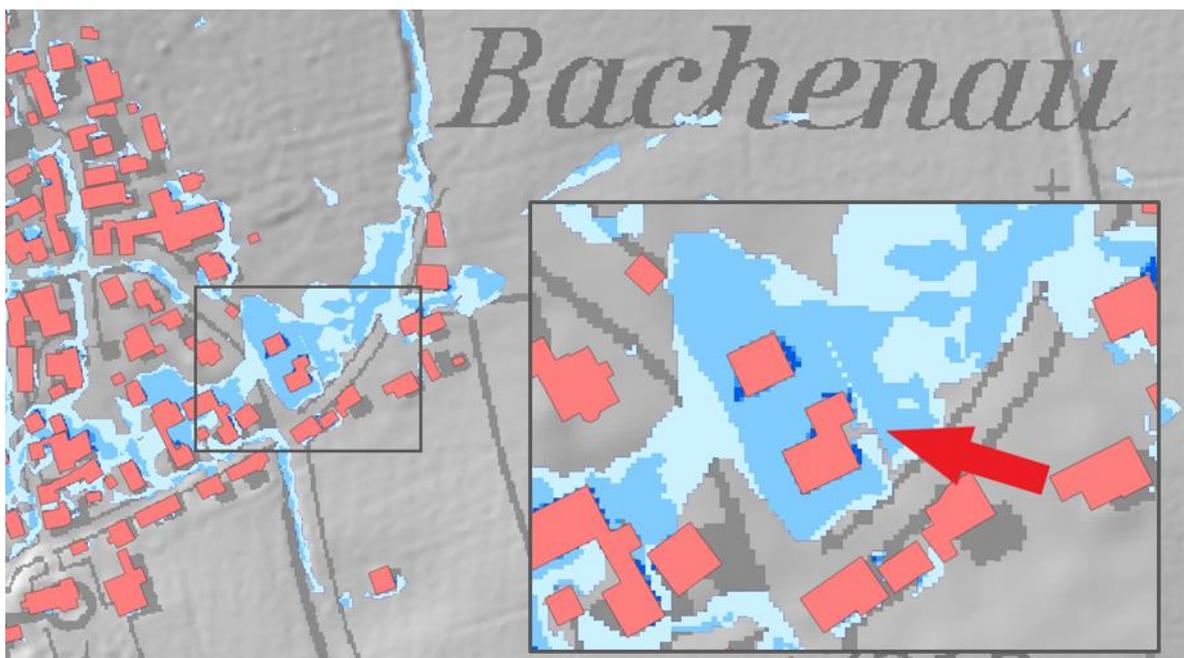


Abbildung 12: Private Schutzmauer im Stadtteil Bachenau beim seltenen Abflussereignis

Durch den Stadtteil Tiefenbach fließen die beiden HWGK-Gewässer Seelbach und Tiefenbach, für die gemäß Leitfaden jeweils die volle Leistungsfähigkeit bei Starkregen angenommen wurde. Trotzdem kommt es im Ortskern insbesondere im Bereich der Dornbacherstraße zu flächigen Überflutungen. Ein zentrales Problem für weite Bereiche des Ortskerns stellt ein Fließweg ausgehend von der Straße, welche zum Hamberger Hof führt, dar. Dort sammelt sich der gesamte Abfluss der beiden westlichen Hangflanken in der Tiefenlinie und trifft anschließend auf die Dornbacherstraße, wo der Seelbach bereits verdolt ist. Dieses Außengebietswasser fließt daher oberflächlich inmitten durch die Siedlung und fließt im Osten wieder dem Seelbach zu. Auch von Südwesten strömt Außengebietswasser in die Siedlung und sammelt sich auf der Gundelsheimerstraße, wo beim außergewöhnlichen Szenario Fließgeschwindigkeiten von über 2 m/s auftreten können. Weiter südlich

strömt das Wasser unkontrolliert zwischen Höchstbergerstraße und dem Tiefenbach durch ein Siedlungsgebiet. Dagegen strömt das Wasser aus den östlichen Außengebieten konzentriert auf den Straßen dem Tiefenbach zu, sodass hier generell weniger Gefährdungspotenzial für einzelne Gebäude besteht.

Im Stadtteil Höchstberg folgen die Hauptfließwege überwiegend den Straßenkörpern (Krautweg, Sonnenstraße, Zum Stahlbühl, Bernbrunnerstraße). Auch hier sind jedoch an mehreren Stellen Ausuferungen in die Bebauung festzustellen.

Im Stadtteil Obergriesheim stammt der größte Teil des Abflusses von den nördlich gelegenen landwirtschaftlichen Flächen, welcher ab Eintritt in die Siedlung vornehmlich der Kapellstraße folgt, jedoch auch stellenweise in die Bebauung austritt. Ein weiterer Fließweg folgt zunächst der Bachebauerstraße und ufert ab der Grabenstraße in das südliche Siedlungsgebiet aus. Der gesamte Abfluss sammelt sich anschließend südlich der Eintrachthalle, wo aufgrund eines verengten Fließweges Fließgeschwindigkeiten über 2 m/s zu erwarten sind, bevor sich das Wasser über das angrenzende Fußballfeld ausbreitet.



Abbildung 13: Maximale Fließgeschwindigkeiten (> 2 m/s) am Eingang zum Sportplatz in Stadtteil Obergriesheim

3.2 Abfluss und Volumen

Zur Plausibilisierung des Abflussverhaltens wurde getrennt für beide Berechnungsgebiete der Niederschlags-Input (Volumen der OAK-Daten) dem über die Auslassränder geflossenen Abfluss gegenübergestellt (Tabelle 4). Das im Rechenlauf zugeführte Volumen des Oberflächenabflusses je Rasterzelle wurde aus den aufsummierten OAK-Werten der Stundensumme ermittelt. Die Menge des abgeflossenen Niederschlags wurde direkt über die Modellränder ausgelesen. Weiterhin wurde das „Restvolumen“, also dasjenige Volumen, das am Ende der Simulation noch auf den Flächen (beispielsweise in Senken) verblieben ist, ermittelt.

Es ist zu beobachten, dass je Berechnungsgebiet und Szenario selbst nach acht Stunden Modelllaufzeit zwischen 5% und knapp 50% des eingebrachten Niederschlagsvolumens das Berechnungsgebiet noch nicht verlassen hat. Dieser Effekt kann zum einen auf langsam abfließendes Restwasser bei geringen Fließtiefen zurückzuführen sein. Eine bedeutendere Rolle dürften jedoch die Geländesenken spielen, aus denen das Niederschlagswasser nicht abfließen kann. Deren Volumen ist zum Vergleich ebenfalls in Tabelle 4 aufgeführt, kann aber lediglich eine grobe Plausibilitätsprüfung darstellen. Je nach räumlicher Verteilung der Senken gelangt mitunter nur ein bestimmter Abflussanteil überhaupt in deren Einzugsgebiet.

Tabelle 4: Bilanzierung des Abflussvolumens im Modellgebiet

Teilbearbeitungsgebiet Ost	SEL_V	AUS_V	EXT_V
Zugeführtes Volumen des Oberflächenabflusses [m ³]	326.343	504.430	2.341.966
Verbleibendes Abflussvolumen im Modellgebiet [m ³]	66.632	79.375	106.289
Verbleibendes Abflussvolumen im Modellgebiet [%]	20	16	5
Berechnetes Abflussvolumen am Gebietsauslass [m ³]	233.744	394.953	2.164.637
Abfluss Modellrand + Restvolumen	300.376	474.328	2.270.926
Abweichung OAK (Summe 60 Minuten) zu Summe aus Abfluss Modellrand + Restvolumen [%]	-8	-6	-3
Fassungsvermögen der Senken im Modellgebiet	86.240		
Teilbearbeitungsgebiet West	SEL_V	AUS_V	EXT_V
Zugeführtes Volumen des Oberflächenabflusses [m ³]	241.659	381.637	2.133.718
Verbleibendes Abflussvolumen im Modellgebiet [m ³]	113.995	148.201	225.784
Verbleibendes Abflussvolumen im Modellgebiet [%]	47	39	11
Differenz aus zugeführtem und verbleibendem Volumen [m ³] (indirekt bestimmter Abfluss dem Gebiet)	112.197	215.179	1.868.325
Berechnetes Abflussvolumen am Gebietsauslass [m ³]	226.192	363.380	2.094.109
Abweichung OAK (Summe 60 Minuten) zu Summe aus Abfluss Modellrand + Restvolumen [%]	-6	-5	-2
Fassungsvermögen der Senken im Modellgebiet	438.807		

Für die Plausibilisierung ist weiterhin das zugeführte Niederschlagsvolumen mit der Summe aus Restvolumen und Abflussvolumen am Gebietsauslass abzugleichen. Hierbei ergibt sich eine Abweichung zwischen maximal 8% beim seltenen Ereignis im östlichen Teilgebiet und 2% beim extremen Ereignis im westlichen Teilgebiet. In Hinblick auf die generell vorhandenen Modellunsicherheiten sind diese Abweichungen als tolerabel zu bewerten.

In Abbildung 14 - Abbildung 19 sind die Abflussganglinien der innerhalb des Berechnungsgebietes angelegten Kontrollquerschnitte dargestellt. Diese wurden neben den Ganglinien der Auslauffränder und den daraus abgeleiteten Volumina zur Plausibilisierung der Berechnungsergebnisse herangezogen.

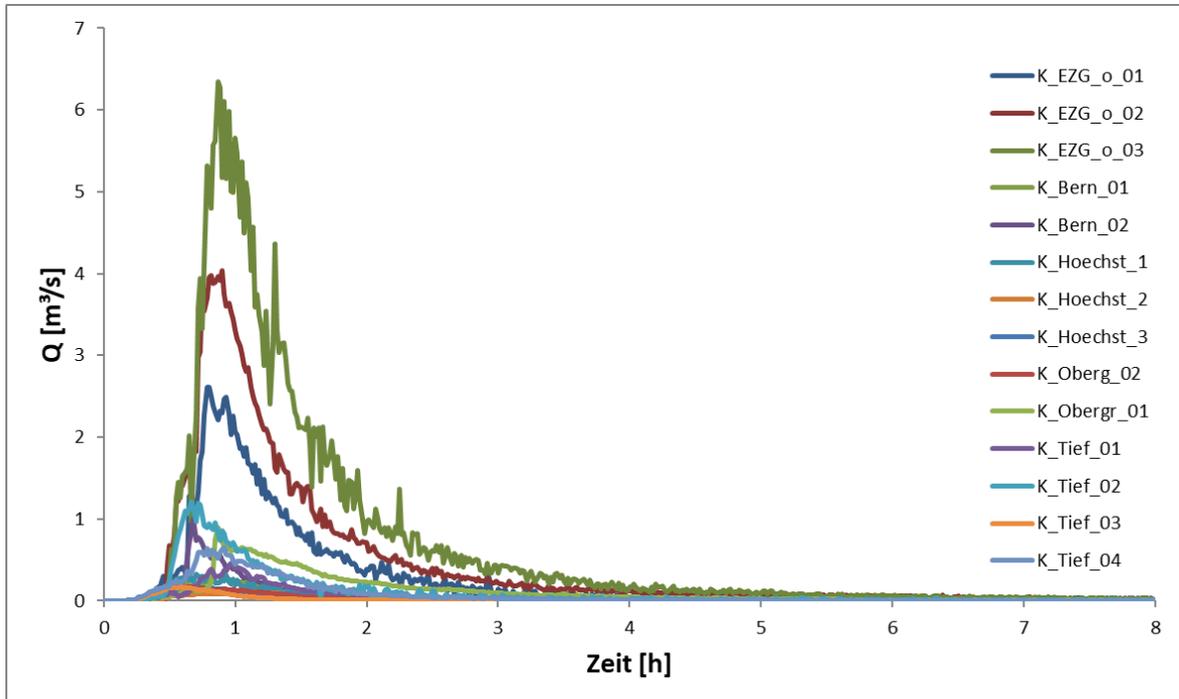


Abbildung 14: Abflussganglinien der Kontrollquerschnitte im TBG Ost (Stadtteile Obergriesheim, Tiefenbach, Höchstberg und Bernbrunn) für das Szenario „selten, verschlämmt“.

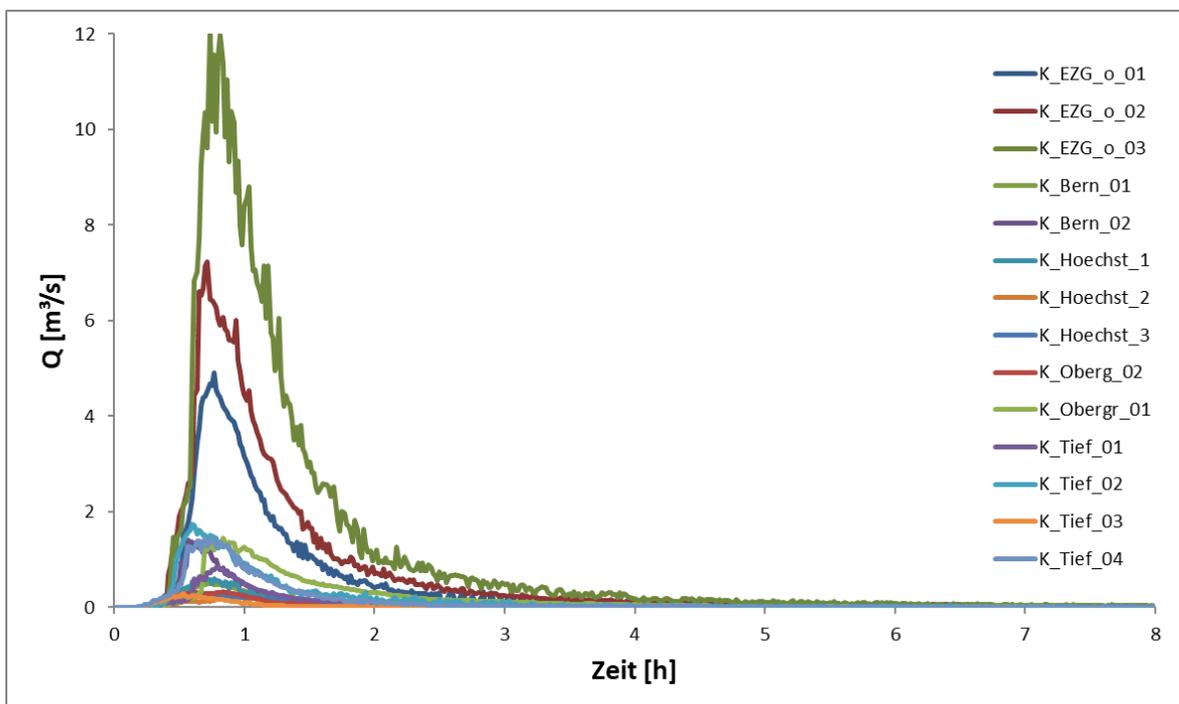


Abbildung 15: Abflussganglinien der Kontrollquerschnitte im TBG Ost (Stadtteile Obergriesheim, Tiefenbach, Höchstberg und Bernbrunn) für das Szenario „außergewöhnlich, verschlämmt“.

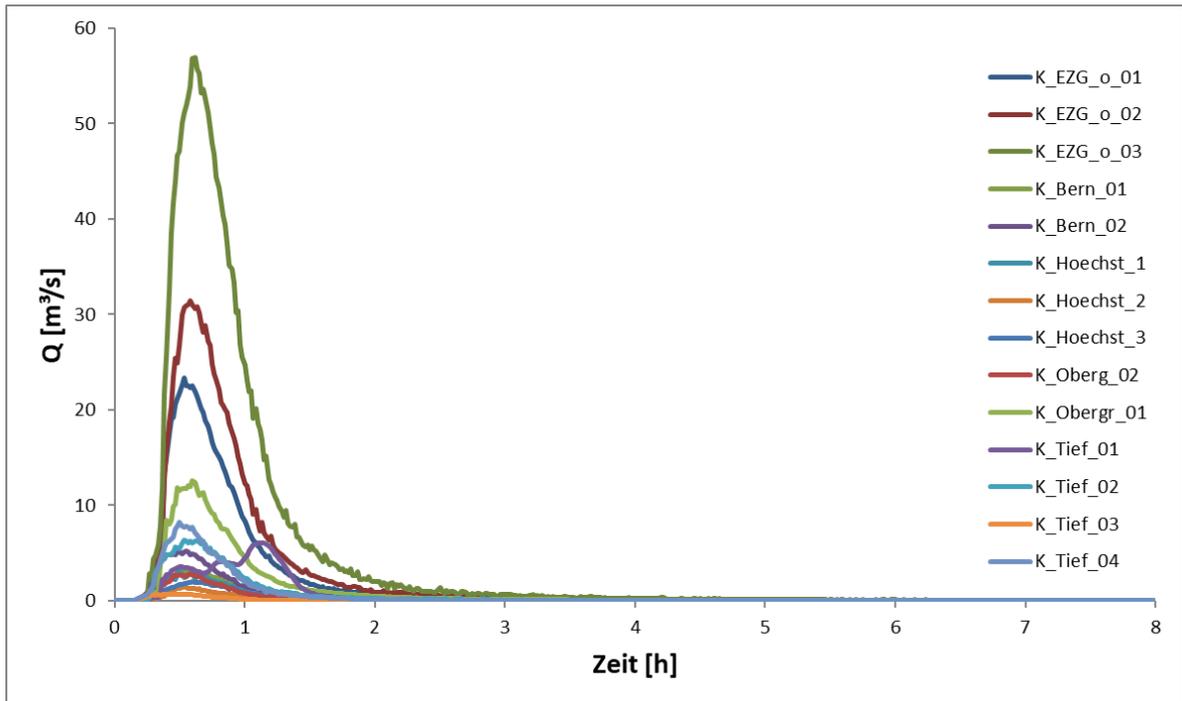


Abbildung 16: Abflussganglinien der Kontrollquerschnitte im TBG Ost (Stadtteile Obergriesheim, Tiefenbach, Höchstberg und Bernbrunn) für das Szenario „extrem, verschlämmt“.

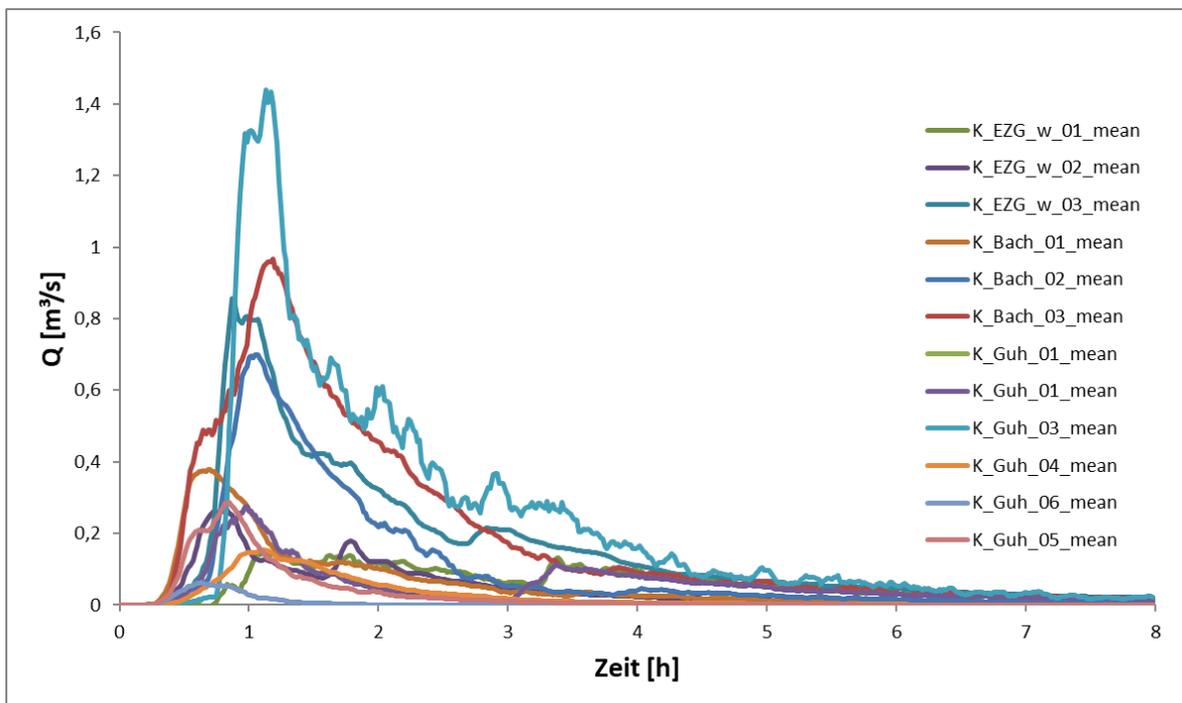


Abbildung 17: Gleitendes Mittel der Abflussganglinien der Kontrollquerschnitte im TBG West (Stadtgebiet Gundelsheim und Stadtteil Bachenau) für das Szenario „selten, verschlämmt“.

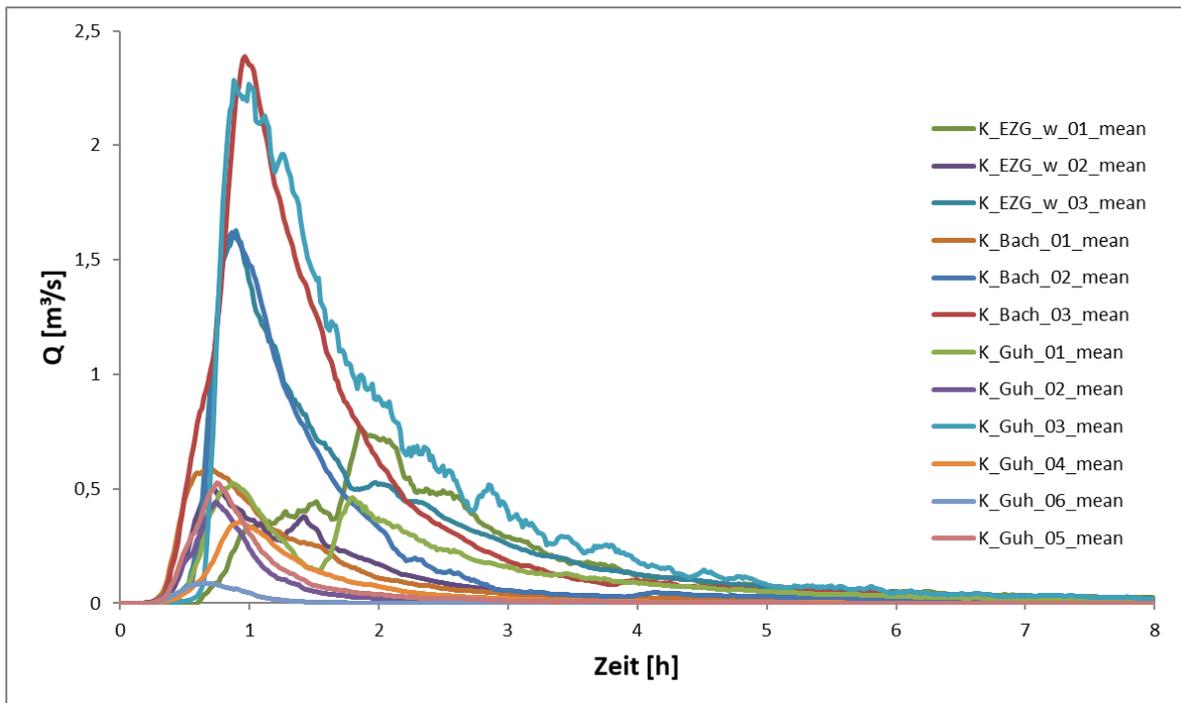


Abbildung 18: Gleitendes Mittel der Abflussganglinien der Kontrollquerschnitte im TBG West (Stadtgebiet Gundelsheim und Stadtteil Bachenau) für das Szenario „außergewöhnlich, verschlämmt“.

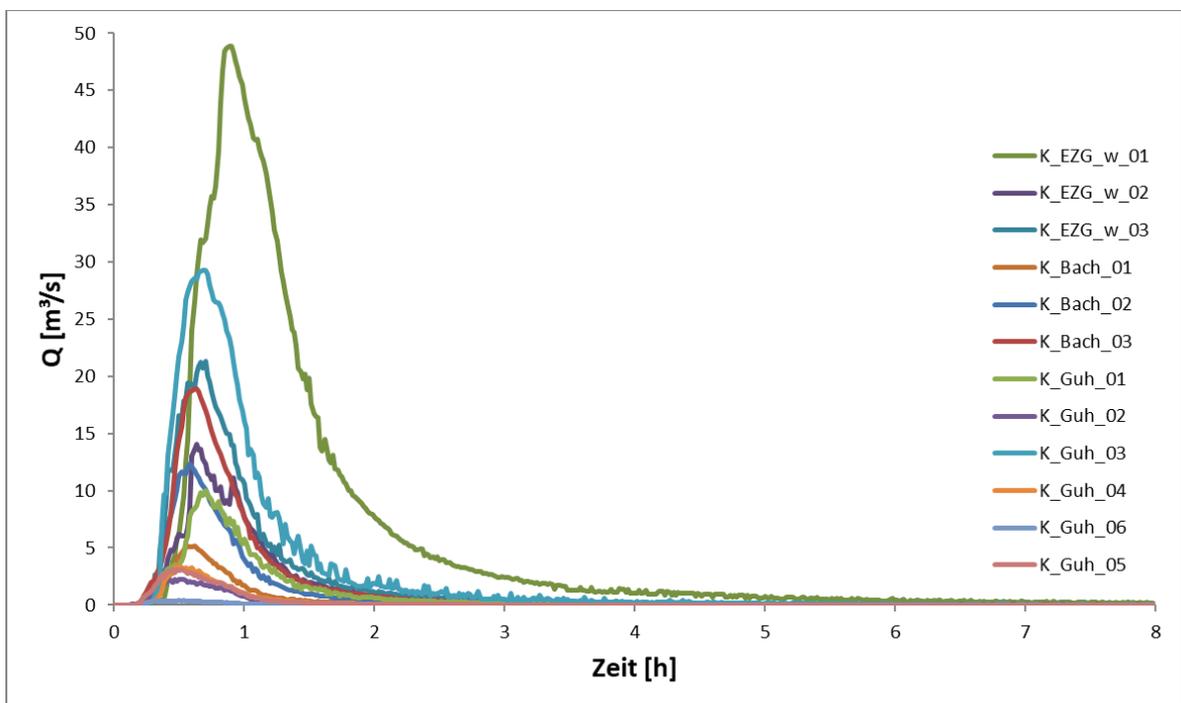


Abbildung 19: Abflussganglinien der Kontrollquerschnitte im TBG West (Stadtgebiet Gundelsheim und Stadtteil Bachenau) für das Szenario „extrem, verschlämmt“.

Die Abflusswerte der Kontrollquerschnitte im TBG West erschienen zunächst relativ gering, daher wurden die Einzugsgebiete der Kontrollquerschnitte K_EZG_w_01, K_EZG_w_02 und K_EZG_w_03 im Detail betrachtet (Abbildung 20 und Tabelle 5). Auch hier ist bei zwei von drei Einzugsgebieten eine relativ geringe Abflusspende zu beobachten. Es wird erneut deutlich, dass der Gebietsrückhalt innerhalb der Teilgebiete der Grund für die hohe Abweichung zwischen Niederschlagsinput und Durchflussmenge am Kontrollquerschnitt ist. Im Vergleich zu den Kontrollquerschnitten K_EZG_w_01 und K_EZG_w_02 ist im EZG 03 eine sehr geringe Abweichung vorhanden. In diesem Gebiet wurde auch ein deutlich geringeres Fassungsvermögen der Senken berechnet.

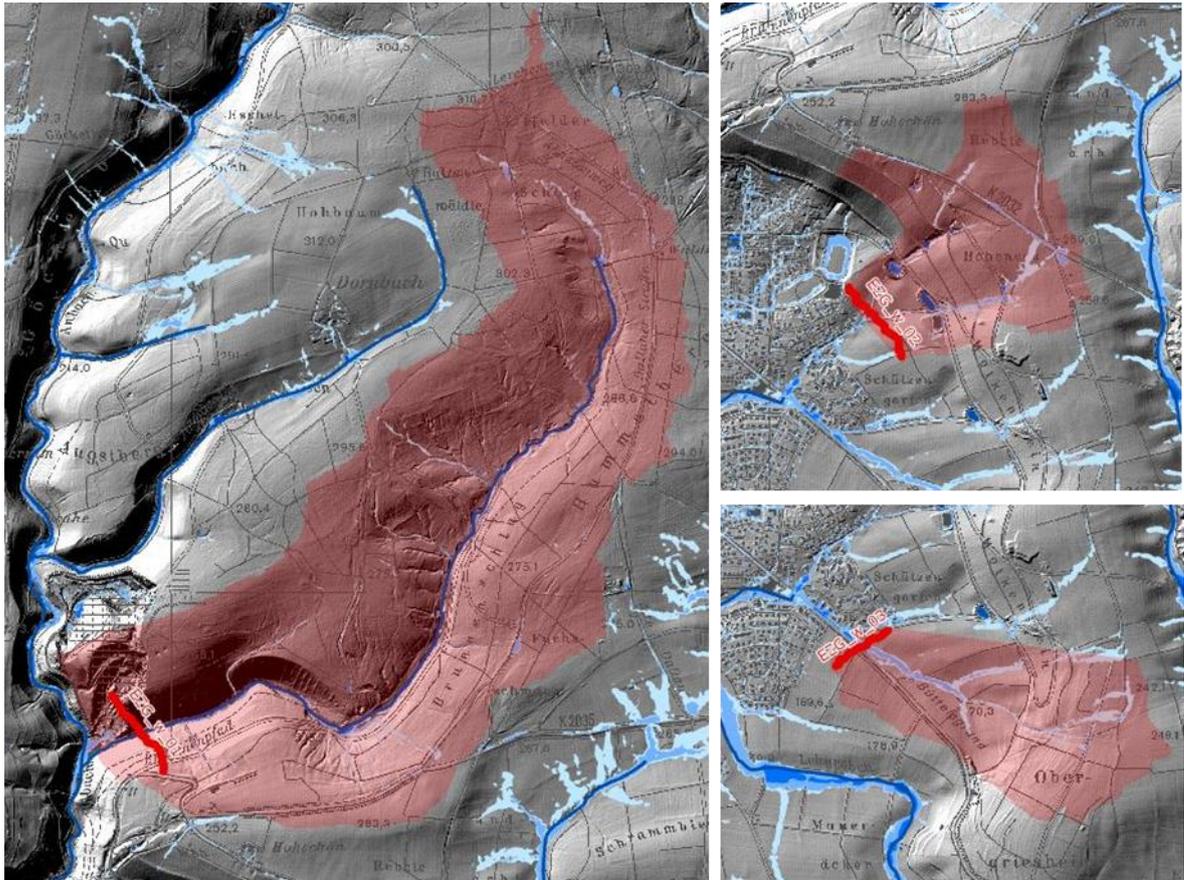


Abbildung 20: Einzugsgebiete für die Kontrollquerschnitte K_EZG_w_01, K_EZG_w_02 und K_EZG_w_03

Insgesamt erscheinen die mit dem 2D-Modell berechneten Abflussganglinien im Modellgebiet und an den Gebietsauslässen der Teileinzugsgebiete plausibel, sowohl in ihrer Höhe als auch in ihrem Verlauf.

Tabelle 5: Detailbetrachtung der Einzugsgebiete an den Kontrollquerschnitten K_EZG_w_01, K_EZG_w_02 und K_EZG_w_03

Kontrollquerschnitte TBG West	K_EZG_w_01	K_EZG_w_02	K_EZG_w_03
EZG Größe [km ²]	3,2	0,6	0,6
Fassungsvermögen der Senken [m ³]	17360	15345	233
Szenario	„selten, verschlämmt“		
OAK Gesamtabflussvolumen [m ³]	9407	6785	4613
Durchflussvolumen Kontrollquerschnitt [m ³]	1709	1331	4576
Abweichung Kontrolle [%]	81,8	80,4	0,8
Abflussscheitel [m ³ /s]	0,2	0,3	1,0
Abflussspende [m ³ /(s*km ²)]	0,1	0,5	1,7
Szenario	„außergewöhnlich, verschlämmt“		
OAK Gesamtabflussvolumen [m ³]	18113	11436	7308
Durchflussvolumen Kontrollquerschnitt [m ³]	5146	2402	7558
Abweichung Kontrolle [%]	71,6	79,0	-3,4
Abflussscheitel [m ³ /s]	0,9	0,6	1,8
Abflussspende [m ³ /(s*km ²)]	0,3	1,0	3,0
Szenario	„extrem, verschlämmt“		
OAK Gesamtabflussvolumen [m ³]	196442	55542	47944
Durchflussvolumen Kontrollquerschnitt [m ³]	169515	53740	53740
Abweichung Kontrolle [%]	13,7	3,2	-12,1
Abflussscheitel [m ³ /s]	48,9	14,1	21,3
Abflussspende [m ³ /(s*km ²)]	15,5	24,3	36,7

3.3 Aufbereitung der Abgabedateien

Die Anschlaglinie der Überflutungsausbreitung (UA) entspricht hier der Grenze des Erreichens von 5 cm Überflutungstiefe (UT), die aus dem Verschneiden der Wasserspiegellagen (WSP) mit den Höhendaten aus dem 2D-Modell ermittelt wurde. Nach ingenieurhydrologischer Abschätzung ergibt sich aus der Überflutungstiefenermittlung mit den Höhen des 2D-Modells trotz erfolgter Ausdünnung eine ausreichend hohe Genauigkeit, um besonders gefährdete Bereiche im Untersuchungsgebiet auszuweisen und darstellen zu können.

Entsprechend der Vorgabe im Leitfaden wurde anschließend die endgültige Überflutungstiefe UT aus der Differenz der Wasserspiegellagen und der Höhen des modifizierten HydTerrains ermittelt. Aufgrund der wesentlich höheren Auflösung des HydTerrains kommt es auch zu negativen Überflutungstiefen. Des Weiteren werden Fließwege in flachen Gebieten z.T. unterbrochen. Aus Gründen der Darstellung wurden deshalb im Rahmen der hier vorliegenden Untersuchung alle UT-Werte kleiner 5 cm innerhalb der festgelegten UA einheitlich mit 5 cm aufgefüllt.

Um die Überprüfung der Ergebnisse zu erleichtern, werden hier zwei GeoTIFF-Dateien der Überflutungstiefen abgegeben – zum einen entsprechend Leitfaden die Überflutungstiefen in Metern, gerundet auf Zentimeter, innerhalb der Anschlaglinien der Überflutungsausbreitung (UT_AUS_V.tif). Negative UT sowie Überflutungstiefen kleiner 5 cm wurden auf 5 cm gesetzt. Außerdem werden als

zusätzliche Information alle Überflutungstiefen ab 1 mm in Millimeter als Integer-Rasterdatensatz abgegeben (UT_AUS_V_1mm.tif). In diesem Datensatz sind auch Wassertiefen in Bereichen enthalten, die außerhalb der festgelegten UA liegen.

Des Weiteren wurden entsprechend der Vorgaben im Leitfaden die berechneten Wasserspiegellagen (WSP) sowie die sich einstellenden Fließgeschwindigkeiten (FG) und Fließrichtungen (FR) innerhalb der Anschlaglinien der Überflutungsausbreitung als Rasterdatensätze im GeoTIFF-Format aufbereitet.

Die Auswertungen der Berechnungen sind gemäß Aufgabenstellung in den Abgabedateien enthalten sowie in den Starkregengefahrenkarten dargestellt. Eine detaillierte Liste aller Abgabedateien in ihrer Ordnerstruktur ist in Anhang 1 zu finden.

Aufgestellt (M. Sc. Lena Nowotny)

Freiburg, 17.10.2019



BIT Ingenieure AG

Talstraße 1

79102 Freiburg

Tel.: +49 761 29657-0

freiburg@bit-ingenieure.de

Anhang 1: Ablagestruktur der Abgabedateien

Abgabestruktur	Ergebnisse/..	Datenart
Ergebnisdaten		
<small>(FC = FeatureClass)</small>		
Fließgeschwindigkeit [m/s]	../FG/FG_SEL_V/FG_SEL_V.tif	GeoTIFF
	../FG/FG_AUS_V/FG_AUS_V.tif	GeoTIFF
	../FG/FG_EXT_V/FG_EXT_V.tif	GeoTIFF
Fließrichtung [Grad]	../FR/FR_SEL_V/FR_SEL_V.tif	GeoTIFF
	../FR/FR_AUS_V/FR_AUS_V.tif	GeoTIFF
	../FR/FR_EXT_V/FR_EXT_V.tif	GeoTIFF
Überflutungstiefen [m]	../UT/UT_SEL_V/UT_SEL_V.tif	GeoTIFF
	../UT/UT_AUS_V/UT_AUS_V.tif	GeoTIFF
	../UT/UT_EXT_V/UT_EXT_V.tif	GeoTIFF
Wasserspiegellagen [m]	../WSP/WSP_SEL_V/WSP_SEL_V.tif	GeoTIFF
	../WSP/WSP_AUS_V/WSP_AUS_V.tif	GeoTIFF
	../WSP/WSP_EXT_V/WSP_EXT_V.tif	GeoTIFF
Ergebnis.gdb		
Überflutungsausdehnung	../Ergebnis.gdb/UA_SEL_V	FC Polygon
	../Ergebnis.gdb/UA_AUS_V	FC Polygon
	../Ergebnis.gdb/UA_EXT_V	FC Polygon
Kontrollquerschnitte	../Ergebnis.gdb/Kontrollquerschnitte	FC Polyline
Landnutzung, bereinigte Gebäude	../Ergebnis.gdb/Landnutzung_Gebaeude	FC Polygon
Modelldaten		
ModHydTERRAIN.gdb		
Arbeitsgebiet	../ModHydTERRAIN.gdb/DS/Arbeitsgebiet	FC Polygon
Modifizierte Bruchkanten	../ModHydTERRAIN.gdb/DS/LINE	FC PolylineZ
Modifizierte Geländepunkte	../ModHydTERRAIN.gdb/DS/Punkte	FC PointZ
Modifiziertes HydTerrain	../ModHydTERRAIN.gdb/DS/Terrain_Gundelsheim_2018_07_21	TERRAIN
Dammoberkanten	../ModHydTERRAIN.gdb/Polygone	FC PolygonZ
2D-Modell		
2dm-Dateien	../Modelldaten/TBG_ost/gundelsheim_tbg_ost.2dm	2dm-Datei
	../Modelldaten/TBG_west/gundelsheim_tbg_west.2dm	2dm-Datei
Source-in-Dateien	../Modelldaten/TBG_ost/sources-in_tbg_ost_sel_v.dat	dat-Datei
	../Modelldaten/TBG_ost/sources-in_tbg_ost_aus_v.dat	dat-Datei
	../Modelldaten/TBG_ost/sources-in_tbg_ost_ext_v.dat	dat-Datei
	../Modelldaten/TBG_west/sources-in_tbg_west_sel_v.dat	dat-Datei
	../Modelldaten/TBG_west/sources-in_tbg_west_aus_v.dat	dat-Datei
	../Modelldaten/TBG_west/sources-in_tbg_west_ext_v.dat	dat-Datei
Kartendarstellung (Übersicht / Detail):		
Übersichtskarte Überflutungsausdehnung	../Karten/UA_verschlaemmt/8125039_Uebersicht_UA_V_000.pdf	PDF
Übersichtskarten Überflutungstiefen	../Karten/UT_SEL_V/8125039_Uebersicht_UT_SEL_V_000.pdf	PDF
	../Karten/UT_AUS_V/8125039_Uebersicht_UT_AUS_V_000.pdf	PDF
	../Karten/UT_EXT_V/8125039_Uebersicht_UT_EXT_V_000.pdf	PDF
Übersichtskarte Material	../Karten/Material/8125039_Uebersichtskarte_MAT_000.pdf	PDF
Überflutungsausdehnungskarten	../Karten/UA_verschlaemmt/8125039_UA_V_###.pdf	PDF
Überflutungstiefenkarten	../Karten/UT_SEL_V/8125039_UT_SEL_V_###.pdf	PDF
	../Karten/UT_AUS_V/8125039_UT_AUS_V_###.pdf	PDF
	../Karten/UT_EXT_V/8125039_UT_EXT_V_###.pdf	PDF
Fließgeschwindigkeitskarten	../Karten/FG_SEL_V/8125039_FG_SEL_V_###.pdf	PDF
	../Karten/FG_AUS_V/8125039_FG_AUS_V_###.pdf	PDF
	../Karten/FG_EXT_V/8125039_FG_EXT_V_###.pdf	PDF
Materialkarten	../Karten/Material/8125039_MAT_###.pdf	PDF
Überflutungsausdehnungsanimation	../Karten/ANI_UA_AUS_V/ANI_UA_AUS_V_###.mp4	mp4
	../Karten/ANI_UA_EXT_V/ANI_UA_EXT_V_###.mp4	mp4