

7 Rechnergebnisse und Abgleich mit abgelaufenen Ereignissen

7.1 Starkregengefahrenkarten

Das zentrale Ergebnis der zweidimensionalen instationären hydraulischen Modellierung sind die Starkregengefahrenkarten (SRGK). Diese zeigen die aus den drei verschiedenen Starkregenszenarien entstehenden flächigen Ausdehnungen und Tiefen der Überflutungen sowie die tiefengemittelten Fließgeschwindigkeiten. Hierbei wird immer der Maximalwert (Überflutungsausdehnung, Überflutungstiefe, Fließgeschwindigkeit) über das Gesamtereignis (eine Stunde Berechnungszeit und eine Stunde Nachlauf) je Szenario dargestellt.

Die Starkregengefahrenkarten sind das Schlüsselement zur Darstellung der Gefährdung und zur Identifikation von Risiken. Sie bilden die Grundlage zur Verortung der zu treffenden Vorsorge- bzw. Schutzmaßnahmen. Sie liefern auch die Grundlage zur Erstellung der Alarm- und Einsatzpläne für den Fall eines Starkregeneignisses.

7.2 Karten- und Datenabgabe

Die Ergebnisse wurden in Starkregengefahrenkarten (Tabelle 7.1, Anlage A.1) und in Animationen (Tabelle 7.1, Anlage C.1) dargestellt.

Tabelle 7.1 Starkregengefahrenkarten und Animationen der hydraulischen Überflutungssimulation zur digitalen und gedruckten Abgabe an die Gemeinde Berg und die LUBW

Starkregengefahrenkarten	Speicherort
Maximale Überflutungstiefe	UT_SEL_V
	UT_AUS_V
	UT_EXT_V
Maximale Überflutungsausdehnung	UA_verschlaemmt
Maximale Fließgeschwindigkeit	FG_SEL_V
	FG_AUS_V
	FG_EXT_V
Landnutzungsklassen SRGK (UA) mit HWGK	Ergaenzende_Karten
Animationen (zeitlicher Verlauf der Überflutungsausdehnung)	ANI_UA_AUS_V
	ANI_UA_EXT_V

Die Starkregengefahrenkarten wurden sowohl als Übersichtskarten für das Gesamtgebiet und für die drei Teileinzugsgebiete als auch in Form von Detailkarten für sechs Detailbereiche des Siedlungskern- und Außenbereichs erstellt. Im Einzelnen wurden unter Berücksichtigung der Vorgaben des Leitfadens folgende Ergebnisdarstellungen für die drei Oberflächenabflusszenarien angefertigt: maximale Überflutungstiefen,

maximale Überflutungsausdehnung und maximale Fließgeschwindigkeiten in Kombination mit der zugehörigen Überflutungsausdehnung und Fließrichtung. Bei der Überflutungsausdehnung wurden die drei Oberflächenabflussszenarien zudem gemeinsam in einer Karte dargestellt.

Die räumliche Verteilung der Landnutzungsklassen zur Zuordnung von Rauheitswerten, die Kontrollquerschnitte, die Risikobereiche für Hangrutschungen sowie die gemeinsamen Darstellungen der Starkregen mit den Hochwassergefahrenkarten wurden in ergänzenden Karten dargestellt und abgegeben (Anlage A.2). Außerdem wurden für das außergewöhnliche und extreme Starkregenszenario Animationen zur Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Überflutungsausdehnung in den drei Teileinzugsgebieten erstellt (Anlage C.1).

Die Ergebnisdaten wurden in digitaler Form an die Gemeinde Berg, an das Landratsamt Ravensburg und an die LUBW übergeben (Tabelle 7.2).

Tabelle 7.2 Abgabedaten an die Gemeinde Berg

Ergebnisdaten	Speicherort	Dateiname	Format
Maximale Überflutungstiefe	UT	UT_SEL_V UT_AUS_V UT_EXT_V	Raster
Maximale Überflutungsausdehnung	Ergebnis.gdb	UA_SEL_V UA_AUS_V UA_EXT_V	Polygon-Shape
Maximaler Wasserspiegel	WSP	WSP_SEL_V WSP_AUS_V WSP_EXT_V	Raster
Maximale Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung mit max. Ausdehnung	Ergebnis.gdb	FG_SEL_V FG_AUS_V FG_EXT_V	Punkt-Shape
Modifiziertes HydTERRAIN	ModHydTERRAIN.gdb	Terrain_Berg	Terrain DS
Risikoobjekte	Ergebnis.gdb	Risikoobjekte	Punkt-Shape
Risikoobjektbilder			JPG
Risikosteckbriefe			PDF
Modellnetz	Modelldaten	Modellnetz_SEL Modellnetz_AUS_EXT Kontrollquerschnitte_Q	2DM-Datei MS-Excel

7.3 Überflutungsausdehnung

Die maximale Ausdehnung der Überflutung zeigt an, welche Objekte und Bereiche betroffen (potenziell gefährdet) und somit in der Risikoanalyse zu betrachten sind.

Um die maximalen Überflutungsausdehnungen der drei Szenarien besser einordnen und miteinander vergleichen zu können, wurden diese in einer gemeinsamen Karte dargestellt. In den Überflutungsausdehnungskarten sind alle Überflutungsflächen dargestellt bei denen die Überflutungstiefen größer oder gleich 5 cm sind. Die in den Karten dreistufige Skala mit sinkenden Farbintensitäten ermöglicht die Unterscheidbarkeit der drei Szenarien (Abbildung 7.1, links).

Anmerkung: Den Kartendarstellungen der einzelnen Szenarien können die maximal auftretenden Überflutungstiefen entsprechend der nachfolgenden Abbildung für vier Überflutungstiefenklassen entnommen werden. Entsprechend die Fließgeschwindigkeiten für 3 Geschwindigkeitsklassen.

Maximale Überflutungsausdehnung	Maximale Überflutungstiefen [cm]	Maximale Fließgeschwindigkeiten [m/s]
 Seltenes Abflussereignis	 5 - 10	 > 0,2 - 0,5
 Außergewöhnliches Abflussereignis	 10 - 50	 > 0,5 - 2,0
 Extremes Abflussereignis	 50 - 100	 > 2,0
	 > 100	

Abbildung 7.1 Legende für die Darstellung der Überflutungsausdehnung, Überflutungstiefe und der Fließgeschwindigkeit in den Starkregengefahrenkarten

7.4 Überflutungstiefen

Die Überflutungstiefen sind entscheidend für die möglichen Eintrittswege des Wassers in Gebäude (Tabelle 7.3). So stellen Überflutungstiefen bis 10 cm bei nicht ebenerdigen Kellerfenstern oder erhöhten Lichtschächten meist noch keine Gefährdung dar. Bei Überflutungstiefen zwischen 10 und 50 cm kann das Wasser dagegen oft durch Bauwerksöffnungen (Fenster, Eingänge, ...) in die Gebäude eindringen. Allerdings sind bei diesen Überflutungstiefen die statischen Druckkräfte noch gering, so dass durch einfache Abdichtungen (Tür, Fenster, Dammbalken, ...) das Wasser gut abgehalten werden könnte. Bei Überflutungstiefen von 50 bis 100 cm steigt hingegen der statische Druck so stark an, dass die Dichtungen, vor allem bei nach innen zu öffnenden Türen, meist versagen. Bei Überflutungstiefen über 1 m kann das Wasser oft durch zusätzliche Öffnungen (Fenster, ...) in die Gebäude eindringen.

In den Starkregengefahrenkarten werden Überflutungstiefen ab 5 cm dargestellt (Abbildung 7.1, Mitte). Die vierstufige Skala mit steigenden Farbintensitäten ermöglicht die Unterscheidbarkeit der einzelnen Tiefen- bzw. Gefährdungsklassen.

Tabelle 7.3 Potentielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte in Abhängigkeit von unterschiedlichen Überflutungstiefen (LUBW, 2016)

Tiefe [cm]	Pot. Gefahren für Leib und Leben	Pot. Gefahren für Infrastruktur & Objekte
5 - 10	<ul style="list-style-type: none"> • Volllaufende Keller können das Öffnen von Kellertüren gegen den Wasserdruck verhindern. Eingeschlossenen Personen droht das Ertrinken 	<ul style="list-style-type: none"> • Überflutung und Wassereintritt durch ebenerdige Kellerfenster oder ebenerdige Lichtschächte von Kellerfenstern • Wassereintritt in tieferliegende Gebäudeteile, z. B. (Tief-) Garageneinfahrten • Wassereintritt durch ebenerdige Türen mit möglicher Schädigung von Inventar
10 - 50	<ul style="list-style-type: none"> • s. o. • Für (Klein-)Kinder besteht die Gefahr des Ertrinkens bereits bei niedrigen Überflutungstiefen 	<ul style="list-style-type: none"> • Wassereintritt auch durch höher gelegene Kellerfenster möglich
50 - 100	<ul style="list-style-type: none"> • s. o. • für (Klein-)Kinder besteht die Gefahr des Ertrinkens bereits bei niedrigen Überflutungstiefen 	<ul style="list-style-type: none"> • Wassereintritt auch bei erhöhten Eingängen möglich
> 100	<ul style="list-style-type: none"> • Gefahr für Leib und Leben bei statischem Versagen und Bruch von Wänden • Gefahr des Ertrinkens für Kinder und Erwachsene 	<ul style="list-style-type: none"> • Mögliches Versagen von Bauwerksteilen

7.5 Fließgeschwindigkeiten und -richtungen

Die Darstellung von Fließgeschwindigkeit und Fließrichtung ist eine wichtige Information, da die Wirkung der dynamischen Strömungskräfte auf Gebäude und auch auf Menschen mit steigender Geschwindigkeit stark zunimmt. Bei Fließgeschwindigkeiten von 0 bis 0,2 m/s spielen die dynamischen Strömungskräfte kaum eine Rolle. Bei Geschwindigkeiten von 0,5 bis 2 m/s stellt das Durchqueren von Abflusswegen bereits eine große Gefahr für Leib und Leben dar. Bei Fließgeschwindigkeiten über 2 m/s können Gebäude durch Unterspülung oder Bruch von Wänden geschädigt werden. Weiterhin können Türen aufgedrückt werden und, bei entsprechenden Wasserhöhen, auch Fenster und Wände durch mitgeführtes Geschiebe eingedrückt werden (Tabelle 7.4).

Zur Darstellung der relevanten Fließgeschwindigkeit wurde die Einteilung in drei Klassen in Form von farbigen Pfeilen gewählt (Abbildung 7.1, rechts).

*Anmerkung: Eine Abschätzung, ab wann ein Durchqueren für Fußgänger in Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit (v) und Wassertiefe (h) nicht mehr möglich ist, liefert folgende Gleichung: $v * h = 0,5$.*

Tabelle 7.4 Potentielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte in Abhängigkeit von unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten (LUBW, 2016)

Geschw. [m/s]	Pot. Gefahren für Leib und Leben	Pot. Gefahren für Infrastruktur & Objekte
> 0,2 - 0,5	<ul style="list-style-type: none"> Gefahr für ältere, bewegungseingeschränkte Bürger oder Kinder beim Queren des Abflussweges 	<ul style="list-style-type: none"> Versagen von Türdichtungen durch erhöhten Druck
> 0,5 - 2	<ul style="list-style-type: none"> Gefahr für Leib und Leben beim Versuch, sich durch den Abflussstrom zu bewegen 	<ul style="list-style-type: none"> Möglicher Bruch von Wänden durch Kombination von hohen statischen und dynamischen Druckkräften
> 2	<ul style="list-style-type: none"> Gefahr für Leib und Leben bei Versagen von Bauwerksteilen Gefahr durch mitgeführte, größere Feststoffe (z. B. Container, Auto, Baumstamm etc.) Versagen von Bauelementen in Folge von Unterspülung 	<ul style="list-style-type: none"> Mögliches Versagen von Bauwerksteilen durch hohe dynamische Druckkräfte Mögliches Versagen von Bauwerksteilen durch mitgeführte Feststoffe Beschädigung der Bausubstanz durch Unterspülung

7.6 Kontrollquerschnitte

Nach dem Entwurfsrechenlauf (vgl. Abschnitt 6.1) wurden entlang der Hauptfließwege Kontrollquerschnitte gesetzt (Abbildung 7.2 bis 7.4, Anlage A.2.2). Die dadurch erfassten Abflussgrößen können für spätere Bemessungsfragen als Orientierungswerte herangezogen werden. Dabei dürfen die Berechnungen von Abflussszenarien auf Grundlage der Oberflächenabflusskennwerte außerhalb des Anwendungsbereichs der Überflutungsanalyse bei Starkregen jedoch nicht ohne weitere ingenieurmäßige Berechnungen für Bemessungen wasserwirtschaftlicher Anlagen oder gutachterliche Tätigkeiten genutzt werden. Die Kontrollquerschnitte in den drei Teileinzugsgebieten des Untersuchungsgebiets Berg sind in Abbildung 7.2 bis Abbildung 7.4 jeweils zusammen mit den Überflutungstiefen des außergewöhnlichen Abflussszenarios dargestellt.