



Durchführung einer Gefährdungs- und Risikoanalyse sowie Entwicklung eines Handlungskonzeptes zu starkregenbedingten Überflutungen im Bereich der

Gemeinde Nufringen

**auf Grundlage des Leitfadens „Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg“
(LUBW 2020)**

Erläuterungsbericht

September 2022

WALD + CORBE Consulting GmbH

Hauptsitz

Am Hecklehamm 18
76549 Hügelsheim
Tel. +49 7229 1876-00

www.wald-corbe.de

Niederlassung Stuttgart

Fritz-Reuter-Straße 18
70193 Stuttgart
Tel. +49 711 263464-0

Niederlassung Haslach

Gerbergasse 5
77716 Haslach
Tel. +49 7832 96094-0

Niederlassung Speyer

Bahnhofstraße 51
67346 Speyer
Tel. +49 6232 69939-0

Angaben zur Gesellschaft

Registergericht Mannheim
HRB 211092
USt.-IDNr. DE244600597

Geschäftsführung

Peter Kirsamer
Jörg Koch
Dr. Gregor Kühn

BKW Engineering Network

1 Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg

In den letzten Jahren haben Starkregenereignisse in Baden-Württemberg zu teilweise katastrophalen Schäden geführt. Insbesondere die im Mai und Juni 2016 in ganz Baden-Württemberg aufgetretenen Schadensfälle (Braunsbach, Dallau, Allfeld, Neckargerach, Schollbrunn, Neckarkatzenbach, Stein, Eppingen, Aglasterhausen, Waldkirch, ...) haben dazu beigetragen, dass die Gefährdung durch Starkregen im Land ein mittlerweile stark beachtetes Thema darstellt.

Es ist davon auszugehen, dass durch die Folgen der Klimaänderung zukünftig mit einer weiteren Häufung an Starkregenereignissen zu rechnen ist. Ausgelöst durch die vielen in den letzten Jahren aufgetretenen Schadensfälle sind auf Bundes- (BWK & DWA, Januar 2013) und Landesebene (IBH & WBW, 2013) zahlreiche Leitfäden zum Starkregenrisikomanagement erschienen. Der Wasserwirtschaftsverband Baden-Württemberg (WBW) hat außerdem für Praxisanwender (z. B. Bauämter, Betriebshöfe, ...) einen Leitfaden in Form einer Folienpräsentation erstellt, der sich mit dem Thema Risiko durch Starkregen befasst (WBW, 2016).

Um für die Gefährdungs- und Risikoanalysen von starkregenbedingten Überflutungen ein landesweit einheitliches, qualitätsgesichertes Vorgehen sicherzustellen, wurde im Jahr 2016 der Untersuchungsablauf und -umfang im Leitfaden „Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg“ erstmals von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) festgelegt. Aufbauend auf Erfahrungen wurde dieser 2020 aktualisiert. Die Entwicklung des kommunalen Starkregenrisikomanagementkonzepts vollzieht sich hiernach in drei Stufen: die hydraulische Gefährdungsanalyse (Starkregengefahrenkarten), die Risikoanalyse und das Handlungskonzept.

Das Ziel der hydraulischen Gefährdungsanalyse ist es zunächst, durch Anwendung eines hydrodynamischen zweidimensionalen Simulationsmodells, Starkregengefahrenkarten für drei Szenarien zu erstellen: ein seltenes (SEL), ein außergewöhnliches (AUS) und ein extremes (EXT) Abflussereignis. Die Gefahrenkarten sollen die, bei diesen Szenarien zu erwartenden, Abflussverhältnisse und Überflutungszustände darstellen. Insbesondere sollen sie die in besonderem Maße von Überflutungen betroffenen Bereiche aufzeigen.

Die Risikoanalyse zielt darauf ab, die besonders risikobehafteten, öffentlichen Objekte und Anlagen zu identifizieren sowie die bestehenden Überflutungsrisiken zu bewerten und zu priorisieren. Hierzu sind die Gefahrenkarten gezielt auszuwerten, eine Ermittlung und Bewertung kritischer Objekte sowie Bereiche durchzuführen und Risikosteckbriefe für die Risikoobjekte zu erstellen, welche besonders von Überflutungen betroffen sind. Hierzu sind in der Regel gute Ortskenntnisse erforderlich. Entsprechend müssen die lokalen Fachstellen (Tiefbauamt, Stadtplanungsamt, Feuerwehr, ...) und das Landratsamt konkret mit einbezogen werden. Die Starkregengefahrenkarten sind entsprechend fortzuschreiben.

Das kommunale Handlungskonzept ist gemeinsam mit den verschiedenen kommunalen Akteuren zu entwickeln. Der Entwicklungsprozess ist fachlich und organisatorisch zu begleiten. Das Handlungskonzept ist inhaltlich und redaktionell auszuarbeiten.

2 Gebietsbeschreibung

2.1 Untersuchungsgebiet

Gemäß dem Landesleitfaden (LUBW, 2020) muss das Untersuchungsgebiet der Starkregenuntersuchung das gesamte Einzugsgebiet beinhalten, dessen Oberflächenabfluss das betrachtete Siedlungsgebiet direkt oder indirekt gefährdet. Dafür wurden die Teileinzugsgebiete ermittelt (vgl. Abbildung 2-1).

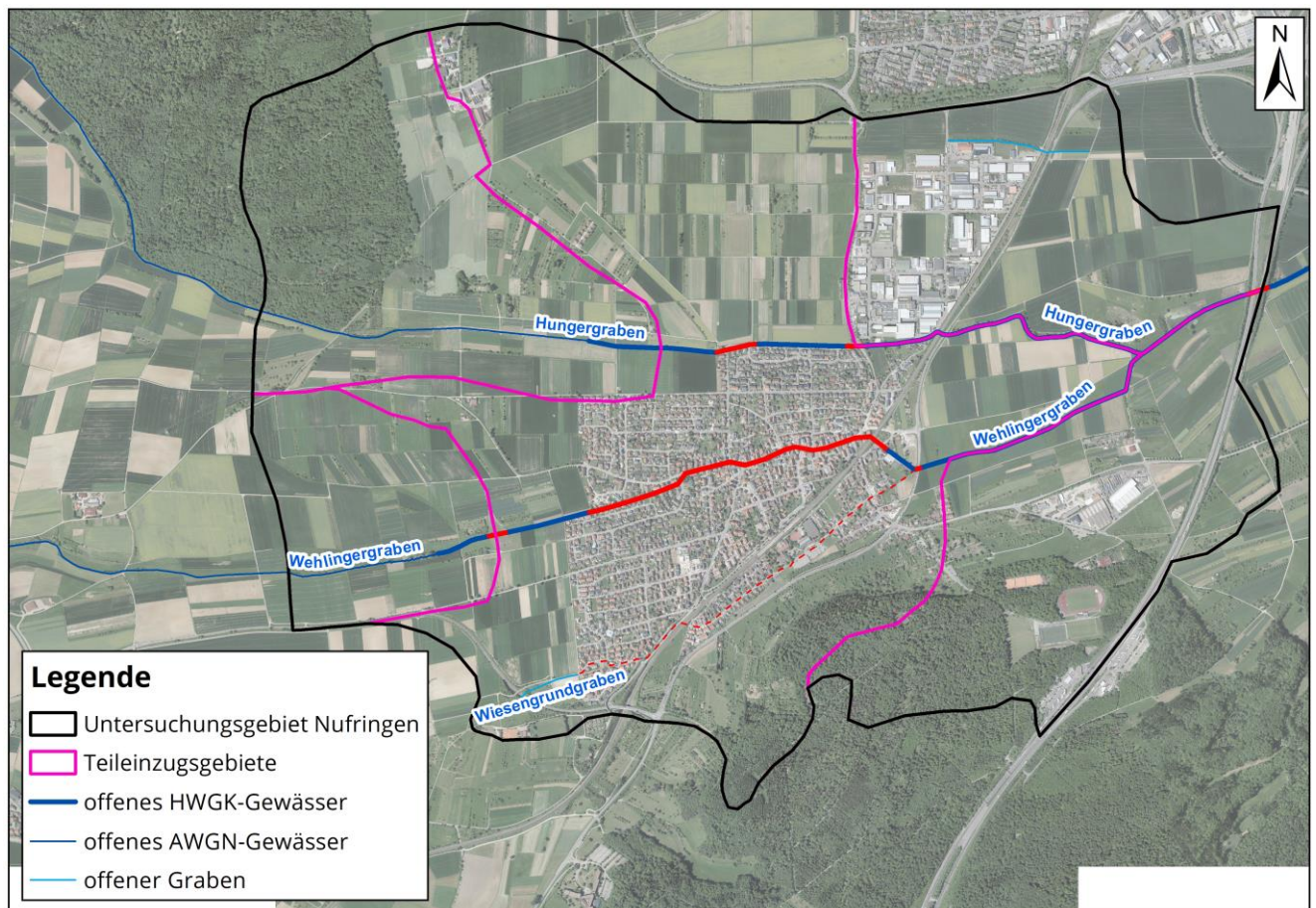


Abbildung 2-1 Untersuchungsgebiet für die Starkregenuntersuchung Nufringen

Das Untersuchungsgebiet setzt sich aus fünf Teileinzugsgebieten zusammen und umfasst eine Fläche von circa 8,1 km². Innerhalb des Untersuchungsgebietes liegen Teilbereiche der Einzugsgebiete der Gewässer Hungergraben und Wehlingergraben, welche beide vor der Ortslage zum HWGK-Gewässer werden. Am Wehlingergraben befindet sich in diesem HWGK-Abschnitt zudem ein Hochwasserrückhaltebecken. Unterhalb des Siedlungsbereiches mündet das Gewässer Wehlingergraben in den Hungergraben.

Am südwestlichen Ortsrand von Nufringen verläuft zudem der Wiesengrundgraben, welcher nicht Bestandteil des AWGN-Gewässernetzes ist. Der Graben verläuft von der B14 über das dazugehörige Regenrückhaltebecken in Richtung Ortsrand. Dort ist er über einen horizontalen Einlauf an den Mischwasserkanal angeschlossen, der in der Folge unter der Straße „Im Wiesengrund“ zum Wehlingergraben verläuft. Am Wehlingergraben befindet sich ein RÜB, über das der Kanal bei großen Niederschlagsereignissen in den Wehlingergraben entlastet.

2.2 Ausgangslage und Beauftragung

Die Gemeinde Nufringen war in den vergangenen Jahren wiederholt von Hochwasserereignissen betroffen, die zu Schäden an Gebäuden und Infrastruktur geführt haben. Hochwasserschäden können nicht nur durch Überlastungen der Gewässer (Hungergraben, Wehlingergraben, ...) auftreten. Auch sogenanntes wild abfließendes Wasser (Hangwasser) kann zu massiven Überflutungen führen (vgl. Kapitel 1). Dies hat sich in der Vergangenheit auch am südwestlichen Ortsrand von Nufringen gezeigt, wo zufließendes Hangwasser aus den angrenzenden Ackerflächen sich zunächst in einem kleinen Entwässerungsgraben, im Folgenden Wiesengrundgraben genannt, sammelt. Weil diese Entwässerungsachse jedoch im weiteren Verlauf nur eine begrenzte Ableitung in den Mischwasserkanal aufweist, kam es in diesem Bereich in den Jahren 1987, 2007 und 2013 zu Überflutungen. Da Starkregenereignisse eine sehr kurze Vorwarnzeit haben und der Bevölkerung in der Regel sehr wenig Zeit bleibt sich auf ein solches Ereignis vorzubereiten, ist es umso wichtiger Vorsorge zu treffen.

Daher hat die Gemeinde Nufringen das Ingenieurbüro WALD + CORBE für die Durchführung einer Gefährdungs- und Risikoanalyse zu starkregenbedingten Überflutungen beauftragt. Die vorliegende Starkregenuntersuchung wurde gemäß dem Leitfaden der LUBW (LUBW, 2020) und den darin vorgegebenen methodischen Standards durchgeführt (vgl. Kapitel 1).

3 Datengrundlagen

Die im Folgenden aufgeführten Daten bilden die Grundlage der modellgestützten hydraulischen Gefährdungsanalyse zu starkregenbedingten Überflutungen im Bereich der Gemeinde Nufringen. Die Daten wurden von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) bereitgestellt. Ergänzende, ortsspezifische Daten, die später für die Risikoanalyse verwendet wurden, wurden von der Gemeinde zur Verfügung gestellt.

3.1 Topografie (HydTERRAIN/DGM)

Das von der LUBW zur Verfügung gestellte hydraulisch relevante Terrain, das sogenannte HydTERRAIN, bildet die Grundlage für die hydraulischen Berechnungen. Das im November 2020 ausgelieferte Terrain für das Starkregenrisikomanagement Nufringen basiert auf Laserscandaten des Landesamtes für Geoinformation und Landentwicklung (LGL).

Für die Gemeinde Nufringen standen aktuelle Daten aus Laserscanbefliegungen im März 2019 zur Verfügung, welche eine detaillierte Punktdichte von 8 Punkten pro m² aufweisen. Seitdem wurden verschiedene bauliche Veränderungen durchgeführt. Im Zuge mehrerer Ortsbegehungen wurden die hydraulisch relevanten Veränderungen ermittelt (Kapitel 3.10) und im Geländemodell ergänzt. Die vorgenommenen Modifikationen am Geländemodell sind in Kapitel 5.1 zusammengefasst.

3.2 Zusätzliche Vermessungen/Geländeaufnahmen

Im Zuge der Starkregenuntersuchung wurden keine zusätzlichen Vermessungen durch einen Vermessungstrupp durchgeführt. Es wurden jedoch die vorgenommenen Modifikationen am Geländemodell während mehrerer Ortsbegehungen mit einem Zollstock vermessen. Auf dieser Grundlage konnte das Geländemodell in mehreren Bereichen angepasst werden (Kapitel 5.1)

3.3 Angaben zur Ortsentwässerung

3.3.1 Kanalnetz

Bei Starkregenuntersuchungen wird davon ausgegangen, dass das Kanalnetz im Ereignisfall überlastet ist. Nachfolgend wurde das Kanalnetz bei allen drei nachgerechneten Starkregenszenarien daher als nicht abflusswirksam angesetzt (vgl. Kapitel 5.3).

3.3.2 Verdolungen und Durchlässe

Im Untersuchungsgebiet gibt es mehrere Verdolungen und Durchlässe, deren Lage und Berücksichtigung im Modell in Kapitel 5.2 näher beschrieben ist. Die zahlreiche Brückendurchlässe und Verdolungen an den HWGK-Gewässern sind für das Starkregenrisikomanagement nicht relevant, da HWGK-Gewässer als hydraulisch unendlich leistungsfähig angenommen werden (vgl. Kapitel 3.6.1).

3.4 Landnutzung (ALKIS)

Auf Basis des Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystems (ALKIS) wurden die Landnutzungsklassen für das Untersuchungsgebiet bestimmt. Diese dienen als Grundlage für die im Modell verwendeten Rauheitswerte (Kapitel 4.2). In Tabelle 3-1 sind die Landnutzungen mit den zugehörigen Flächenanteilen für das Untersuchungsgebiet angegeben. Es wird deutlich, dass die Landnutzungsklassen Ackerland, Grünland und Wald den größten Flächenanteil aufweisen. Im Bereich der Verkehrswege wurde zwischen asphaltierten Straßen und der Bahnlinie sowie Wegen mit Schotteroberfläche unterschieden.

Tabelle 3-1: Landnutzung im Untersuchungsgebiet Nufringen sortiert nach Flächenanteilen

| Nutzungsklasse | Flächenanteil [%] |
|-----------------------|--------------------------|
| Ackerland | 40,0 |
| Grünland | 20,6 |
| Wald | 12,4 |
| Siedlung | 9,5 |
| Straßen | 5,9 |
| Dachfläche | 4,9 |
| Wege und Bahnlinie | 3,0 |
| Gewerbegebiet | 3,0 |
| Gewässer | 0,7 |
| SUMME | 100,0 |

3.5 Gebäudebestand (ALKIS)

Neben den topografischen Verhältnissen spielt die Bebauung für die hydraulische Simulation der Abflussvorgänge in innerörtlichen Bereichen eine entscheidende Rolle. Diese wurde aus den ALKIS-Daten abgeleitet und in das Modellnetz integriert.

Der Gebäudebestand hat sich in den letzten Jahren durch verschiedene bauliche Maßnahmen verändert, insbesondere in den Bereichen Schillerstraße / Kuppinger Straße und Breite Straße / Bahnhofsstraße. Auf Grundlage von Orthofotos, Informationen aus dem gemeindeeigenen GIS-System und den durchgeführten Ortsbegehungen wurden zahlreiche fertiggestellte Neubauten bzw. fehlende Garagen ergänzt bzw. inzwischen abgerissene Gebäude entfernt. Die hinzugefügten bzw. entfernten Gebäude wurden im Arbeitsthema „Abflussrelevante Strukturen“ (vgl. Kapitel 8) erfasst. Geplante und im Bau befindliche Gebäude wurden im Modell nicht berücksichtigt, da Angaben zu der genauen Lage und Größe zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht bekannt waren.

3.6 Gewässernetz

3.6.1 HWGK-Gewässer

Eine Sonderstellung in der Starkregenmodellierung nehmen die HWGK-Gewässer ein (LUBW, 2020). Gemäß Anhang 1a sollen HWGK-Gewässer im Zuge der Starkregenuntersuchung als unbegrenzt leistungsfähig modelliert werden, um keine zur HWGK konkurrierenden Überflutungskarten zu generieren.

Im Untersuchungsgebiet der Starkregenuntersuchung Nufringen liegen die HWGK-Gewässer Hungergraben und Wehlingergraben. Die Überflutungsgefährdung, die durch Überlastung der Gewässer entsteht, wurde für Nufringen für alle HWGK-Gewässer in den Hochwassergefahrenkarten (Juli 2015) dargestellt und ergänzend dazu in einer Flussgebietsuntersuchung (Oktober 2015) in Teilabschnitten nochmals detaillierter untersucht. Daher werden diese Gewässerabschnitte im 2D-Modell der Starkregenuntersuchung entsprechend den Landesvorgaben als unbegrenzt leistungsfähig angenommen, entlang der HWGK-Abschnitte der Gewässer wird eine Auslauftrandbedingung im Berechnungsmodell definiert. Eine hydraulische Überlastung der HWGK-Gewässer findet daher bei der vorliegenden Starkregenuntersuchung nicht statt.

Im Zuge der Risikoanalyse werden sowohl die Überflutungen aus Flusshochwasser (HWGK bzw. FGU) als auch die Fließwege des Starkregenrisikomanagements in den Starkregenrisikokarten (Detailkarten) dargestellt. Beide Gefährdungen werden bei der Bewertung der Gefährdung bzw. des Risikos einbezogen.

3.6.2 AWGN-Gewässer

Das Amtliche Digitale Wasserwirtschaftliche Gewässernetz (AWGN) berücksichtigt alle Gewässer mit einer Länge größer 500 Meter. Das Untersuchungsgebiet Nufringen wird neben den oben genannten HWGK-Gewässern von keinen weiteren Gewässern des AWGN durchflossen.

3.6.3 Weitere Gräben

Von Bedeutung für die Überflutungsgefährdung von Nufringen sind neben den oben genannten HWGK-Gewässern auch kleinere Entwässerungsgräben. Hierbei ist insbesondere der Wiesengrundgraben am westlichen Ortsrand zu nennen, welcher Außengebietswasser aus den angrenzenden Ackerflächen fasst und einem Einlauf am Ortsrand zuführt.

Dieser ist an den Mischwasserkanal angeschlossen. In diesem Bereich kam es in der Vergangenheit bereits öfter zu Problemen.

Außerdem verlaufen weitere Entwässerungsgräben nördlich des Gewerbegebietes Gründen sowie süd-westlich des Gewerbegebietes Buchen.

Alle im Untersuchungsraum vorkommenden Gräben werden möglichst realistisch im 2D-Modell nachgebildet. Als Basis dient das von der LUBW zur Verfügung gestellte HydTERRAIN. Wird in den Simulationsrechnungen die Leistungsfähigkeit überschritten, so kommt es zu Überlastungen und einem breitflächigen Abfluss über das angrenzende Gelände.

3.7 Vorhandene Schutzeinrichtungen

Nach dem „Leitfaden kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg“, soll die Wirkung von Rückhaltungen, die auf Wiederkehrzeiten ≥ 20 Jahre ausgelegt sind, in den 2D-Simulationsrechnungen nachgebildet werden. Das Hochwasserrückhaltebecken Nufringen am Wehlingergraben befindet sich jedoch in dem Abschnitt des Gewässers, das in der HWGK betrachtet wurde, daher wird in der vorliegenden Starkregenuntersuchung zwar der Zufluss zum Gewässer dargestellt, nicht aber Ausbordungen des Gewässers oder ein Einstau des Beckens (vgl. Punkt 3.6.1)

3.8 Oberflächenabflusskennwerte (OAK)

Die Oberflächenabflusskennwerte (OAK) wurden für ganz Baden-Württemberg nach einem einheitlichen Verfahren von der Universität Freiburg erstellt. Um den Oberflächenabfluss zu ermitteln, der aus einem Starkregenereignis resultiert, werden spezielle Kombinationen aus Niederschlag, Vorfeuchte, Bodeneigenschaften und Bodennutzung betrachtet. Als Starkregenereignisse werden hierfür die Niederschlagshöhen gewählt, welche der Dauerstufe 1 Stunde entsprechen und die sich an den Auftretenswahrscheinlichkeiten von 30 und 100 Jahren sowie einem gewählten extremen Ereignis orientieren. Hieraus ergeben sich die folgenden drei Szenarien (LUBW, 2020):

- Ein seltenes Ereignis, welches durch ein statistisches Niederschlagsereignis (Dauer 1h) mit einer Jährlichkeit von 30 Jahren generiert und anhand definierter Bodenverhältnisse modifiziert wird und zu einem seltenen Oberflächenabflussereignis führt. Bei diesem Abflussszenario sind Anlagen der Stadtentwässerung i. d. R. überlastet und Überflutungen in der Fläche treten auf.
- Ein außergewöhnliches Ereignis, welches durch ein statistisches Niederschlagsereignis (Dauer 1h) mit einer Jährlichkeit von 100 Jahren generiert und anhand definierter Bodenverhältnisse modifiziert wird und zu einem außergewöhnlichen Oberflächenabflussereignis führt. Bei diesem Abflussszenario können weite Bereiche überflutet werden.
- Ein extremes Ereignis, welches durch ein extremes Niederschlagsereignis (128 mm in 1 Stunde) generiert und anhand definierter Bodenverhältnisse modifiziert wird und zu einem extremen Oberflächenabflussereignis führt. Bei diesem Szenario treten großflächige Überflutungen auf.

Aufgrund der Kombination von unterschiedlichen Modellparametern kann den Ergebnissen aus der Simulation der Oberflächenabflussszenarien keine statistische Auftretenswahrscheinlichkeit oder Jährlichkeit zugeordnet werden.

Zur Erstellung der Starkregengefahrenkarten für die drei Szenarien (selten, außergewöhnlich und extrem) wurden Oberflächenabflusskennwerte (OAK; 5 x 5 m Raster, Ereignisdauer 1 Stunde, zeitliche Auflösung 5 Minuten), die von der LUBW zur Verfügung gestellt wurden, als hydro-meteorologische Belastungsgrößen (Effektivniederschläge) zugrunde gelegt.

Die rasterbezogenen OAK können in HYDRO_AS-2D nicht direkt eingelesen werden. Es erfolgte zunächst eine automatisierte Übertragung der Rasterkennwerte auf die jeweiligen Netzknoten des Dreiecksgitters. Bei der räumlichen Zuordnung der OAK zu den 2D-Netzknoten wurde der Oberflächenabfluss auf allen Netzknoten (auch auf Dachflächen) berücksichtigt. Der auf Dachflächen gefallene Effektivniederschlag fließt dem umliegenden Gelände zu, was sich aus der Annahme überlasteter Regenentwässerungen während eines Starkregenereignisses ergibt.

3.9 Hochwassergefahrenkarte (HWGK)

Bei der Bereitstellung der Daten von der LUBW wurden Überflutungstiefen und Wasserspiegellagen der Hochwassergefahrenkarten (HWGK) für die Ereignisse HQ_{10} , HQ_{50} , HQ_{100} und HQ_{Extrem} mitgeliefert.

Im Anschluss an die Erstellung der Hochwassergefahrenkarten durch das Land Baden-Württemberg Anfang 2015 wurden einige Gewässerabschnitte im Zuge einer Flussgebietsuntersuchung (FGU) im Jahr 2015 einer detaillierteren Betrachtung unterzogen. Mit Eingangsdaten aus einer verbesserten hydrologischen Untersuchung (Berücksichtigung Ortsentwässerung) wurden neue Berechnungen mit einem hydraulischen 1D-Fließgewässermodell durchgeführt und daraus über eine Verschneidung mit dem DGM neue Überflutungskarten generiert. Untersucht wurden im Bereich von Nufringen der Hungergraben und der ab dem Ortsausgang wieder offene Wehlingergraben.

Die im Rahmen der FGU-Nufringen durchgeführten hydraulischen Berechnungen (Berechnungsergebnisse) weichen von den HWGK-Berechnungen ab. Dies liegt an den unterschiedlichen HW-Abflüssen und Datengrundlagen (Querprofilen), die den Berechnungen zugrunde liegen.

In der vorliegenden Starkregenuntersuchung wird zur ganzheitlichen Ermittlung der Überflutungsgefährdung im Rahmen der Risikoanalyse ein Abgleich der Starkregengefahrenkarten und der Hochwassergefahrenkarten vorgenommen (vgl. Kapitel 10.5). In den Starkregenrisikokarten werden daher sowohl die Ergebnisse der Hochwassergefahrenkarten als auch die Ergebnisse der Flussgebietsuntersuchung dargestellt.

3.10 Ortsbegehungen

Zur Plausibilisierung der Fließwege aus den ersten Rechenläufen sowie Aufnahme wichtiger abflussrelevanter Hindernisse und Durchlassstrukturen wurden neuralgische Bereiche des Untersuchungsgebietes durch Ortsbegehungen am 04.12.2019, 29.09.2020 und 15.07.2021 in Augenschein genommen und mit Fotos dokumentiert. Anhand der gesammelten Informationen wurden gezielt abflussrelevante Hindernisse identifiziert und später in das HydTERRAIN eingearbeitet (Kapitel 5.1).

4 Eingesetzte hydraulische Modellsoftware

4.1 Modellsoftware

Für die hydrodynamisch-numerische Modellierung der Überflutung infolge von Starkregenereignissen wurde das Modell HYDRO_AS-2D (HYDROTEC, 2020) mit der Modellversion 5.2.2 verwendet. Dabei wurde bei den Entwurfsrechenläufen das 1 Step Berechnungsmodul verwendet (vereinfachtes Diskretisierungsverfahren; kürzere Rechenzeiten) und bei den abschließenden Rechenläufen das 2 Step Berechnungsmodul (längere Rechenzeiten; wird bei hoch instationären Berechnungen vom Hersteller empfohlen).

HYDRO_AS-2D ist ein hydraulisches, zweidimensionales Strömungsmodell. Der Berechnungsansatz der Software basiert auf den vollwertigen zweidimensionalen Flachwassergleichungen, die mittels Finite-Volumen-Methode diskretisiert werden und liefert somit in Bezug auf die Berechnungsergebnisse eine hohe Genauigkeit. Das Strömungsmodell HYDRO_AS-2D wurde ursprünglich schwerpunktmäßig für die Berechnung von Dammbrochen und zur Flutwellenausbreitung entwickelt, kann jedoch genauso für die allgemeine zweidimensionale Strömungssimulation eingesetzt werden. HYDRO_AS-2D wird in mehreren Bundesländern standardmäßig für die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten verwendet.

Die Geländeoberfläche mit allen Gebietsstrukturen (z. B. Gräben, Dämme, Hangflächen) wird durch ein Berechnungsnetz abgebildet. Prinzipiell kann dieses entweder aus Dreiecks- oder aus Rechteckselementen aufgebaut werden. Zur räumlichen Diskretisierung der Ortslage wurde ein unstrukturiertes Dreiecksnetz eingesetzt. Das Modell für die Starkregenuntersuchung Nufringen besteht aus rund 1,7 Millionen Berechnungsknoten, welche ein Netz mit rund 3,3 Millionen Dreieckselementen aufspannen.

Zur Erstellung des Berechnungsnetzes wurde das auf HYDRO_AS-2D abgestimmte Netzerstellungsprogramm LASER_AS-2D mit der Modellversion 2.0 (HYDROTEC & NUJIĆ, 2017) eingesetzt. Das Programm dient dazu, die zur Verfügung gestellten DGM-Höhendaten im Sinne einer besseren Handhabung und geringerer Rechenzeiten ohne wesentlichen Datenverlust auszudünnen und in ein geeignetes Berechnungsgitter zu überführen. Auch LASER_AS-2D wird in mehreren Bundesländern standardmäßig für die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten eingesetzt. Für die Berechnungen wurde aus dem hydraulisch relevanten Terrain (HydTERRAIN) ein digitales Geländemodell im Rasterformat mit einer Auflösung von 0,5 x 0,5 m abgeleitet (HydDGM). Dieses wurde im Zuge des Preprocessing mit Hilfe der Software LASER_AS-2D aufbereitet.

Auf diese Weise konnte ein für HYDRO_AS-2D geeignetes unstrukturiertes, trianguliertes Berechnungsnetz erzeugt werden, welches die topografischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet abbildet. Bei der Modellerstellung wurden nur geringe Höhenabweichungen vom ursprünglichen HydTERRAIN zugelassen und geringe Knotenabstände gewählt. Auf diese Weise wurde bei der Verarbeitung der Höhendaten sichergestellt, dass im Berechnungsgitter sämtliche wesentliche Geländestrukturen erhalten bleiben und somit gegenüber dem originalen HydTERRAIN keine signifikanten Qualitätseinbußen zu erwarten sind. Zudem konnte auch sichergestellt werden, dass alle abflussrelevanten Bauwerksstrukturen ausreichend detailliert abgebildet werden.

Meteorologische Antriebsgröße der Überflutungssimulation sind Effektivniederschläge, die als Quellterme an den Knoten des Berechnungsnetzes angesetzt werden (Kapitel 3.8). Es handelt sich um Oberflächenabflüsse (für drei Szenarien), die aus einem 1-stündigen Niederschlagsereignis entstehen.

Die hydraulischen Berechnungen wurden zweidimensional und instationär durchgeführt.

4.2 Rauheitsansatz und gewählte Rauheitswerte

Die flächendeckende Zuweisung von Rauheitsbeiwerten erfolgte über die in den ALKIS-Daten für das Untersuchungsgebiet ausgewiesenen Landnutzungen. In einem ersten Bearbeitungsschritt wurden die ALKIS-Nutzungsklassen in 9 Kategorien unterteilt (Abbildung 4-1, Anlage A.2.1). Auf diese Weise konnten den Flächen, abhängig von der vorliegenden Nutzungsklasse, konstante oder wasserstandsabhängige Rauheiten zugewiesen werden. Verwendet wurde der Fließansatz nach Gauckler-Manning-Strickler mit den entsprechenden k_{st} -Beiwerten.

Im Leitfaden (LUBW, 2020) sind für verschiedene Landnutzungen jeweils Bandbreiten für Rauheitsbeiwerte empfohlen.

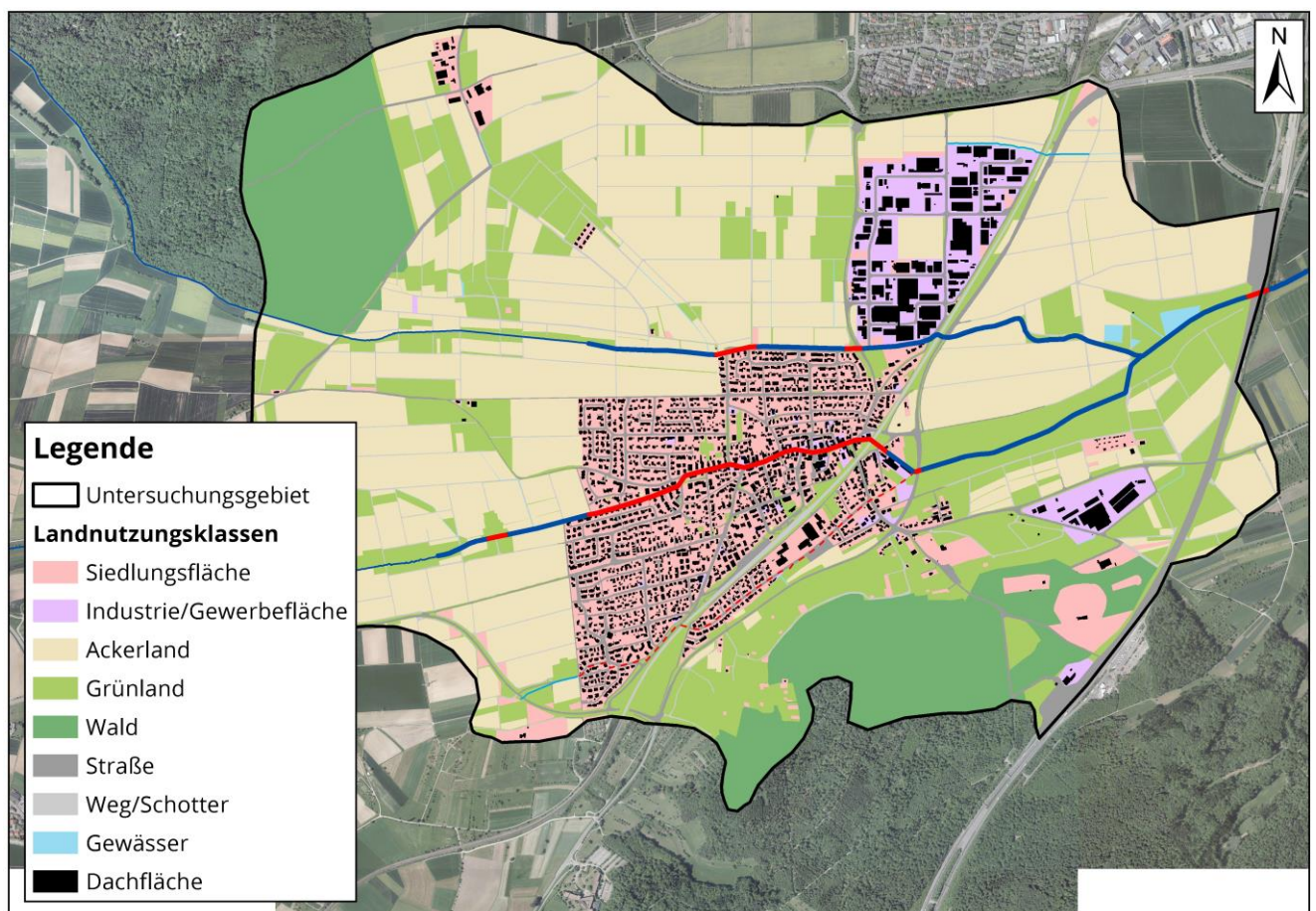


Abbildung 4-1 Räumliche Verteilung der Landnutzung zur Zuordnung von Rauheitswerten für das Untersuchungsgebiet Nufringen

Im Leitfaden (LUBW, 2020) sind für verschiedene Landnutzungen jeweils Bandbreiten für Rauheitsbeiwerte empfohlen.

Tabelle 4-1 zeigt die im Modell angesetzten Rauheitswerte und die Flächenanteile für die verschiedenen Landnutzungsklassen im Modellgebiet.

Für Straßen, Wege, Dachflächen und Fließgewässer wurden konstante Werte angenommen. Im Zuge des Modellbaus wurden Straßenzüge und Wege, die im Regelfall wichtige Fließwege bilden, genau abgegrenzt und mit entsprechend glatten Rauheitswerten versehen.

Bei den Klassen Ackerland, Wald, Grünland, Siedlung und Gewerbegebiet, die zusammen ca. 86 % der Gesamtfläche ausmachen, kamen hingegen von der Überflutungshöhe abhängige Rauheitsverläufe zur Anwendung. Hierbei wird mit zunehmender Wassertiefe ein ansteigender linearer Verlauf der Rauheitsbeiwerte angenommen.

Tabelle 4-1: Wassertiefenabhängige Zuordnung von Rauheitsbeiwerten (k_{st} -Werte) zur Landnutzung mit zugehörigen Flächenanteilen für das Untersuchungsgebiet Nufringen

| Nutzungsklasse | k_{st} -Wert [$m^{1/3}/s$] | Wassertiefe [m] | Flächenanteil [%] |
|--------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|
| Ackerland | 13 | < 0,02 | 40,0 |
| | 20 | ≥ 0,10 | |
| Wald | 3 | < 0,02 | 12,4 |
| | 10 | ≥ 0,10 | |
| Grünland | 8 | < 0,02 | 20,6 |
| | 20 | ≥ 0,10 | |
| Siedlung | 6 | < 0,02 | 9,5 |
| | 16 | ≥ 0,10 | |
| Gewerbegebiet | 15 | < 0,02 | 3,0 |
| | 20 | ≥ 0,10 | |
| Straßen (Asphalt) | 40 | - | 5,9 |
| Wege und Bahn (Schotter) | 30 | - | 3,0 |
| Dachflächen | 50 | - | 4,9 |
| Gewässer | 25 | - | 0,7 |

5 Modellaufbau

5.1 Modifikationen am Geländemodell (Feinabstimmung)

Seit den Laserscanbefliegungen (März 2019) wurden in der Gemeinde Nufringen verschiedene bauliche Veränderungen (Neubauten) realisiert.

Im Zuge mehrerer Ortsbegehungen wurden zudem zahlreiche abflussrelevante Strukturen (Mauern, Unterführungen, u.ä.) identifiziert, die u.a. aufgrund der automatisierten Filterung der Laserscan-Befliegungsdaten im gelieferten HydTERRAIN nicht oder nur lückenhaft erfasst sind.

Die fehlenden abflussrelevanten Hindernisse und Durchlassstrukturen sowie Geländeänderungen wurden entsprechend im ModHydTerrain eingearbeitet. Die Modifikationen am Geländemodell sind in Tabelle 5-1 zusammengefasst und deren Lage in Abbildung 5-1 dargestellt.

Tabelle 5-1 Modifikationen am Geländemodell (HydTERRAIN) im Untersuchungsgebiet Nufringen

| Struktur | Bereich | Datengrundlage | Stand |
|--------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|------------|
| Unterführungen | Am Pfarrgarten | Ortsbegehung | 04.12.2019 |
| | Bahnhofsstraße | Ortsbegehung | 04.12.2019 |
| | Schulstraße | Ortsbegehung | 04.12.2019 |
| | Herrenberger Straße | Ortsbegehung | 04.12.2019 |
| | A81 | Ortsbegehung, DGM | 15.07.2021 |
| Mauern | Im Wiesengrund | Ortsbegehung | 04.12.2019 |
| | Anprallschutz Lärmschutzwand B14 | Ortsbegehung | 04.12.2019 |
| Brücke | Alte Gärtringer Straße | Ortsbegehung, DGM | 15.07.2021 |
| Geländeanpassungen an Bau- gruben | Bahnhofsstraße | Ortsbegehung, DGM | 29.09.2020 |
| | Schulstraße | Ortsbegehung, DGM | 29.09.2020 |

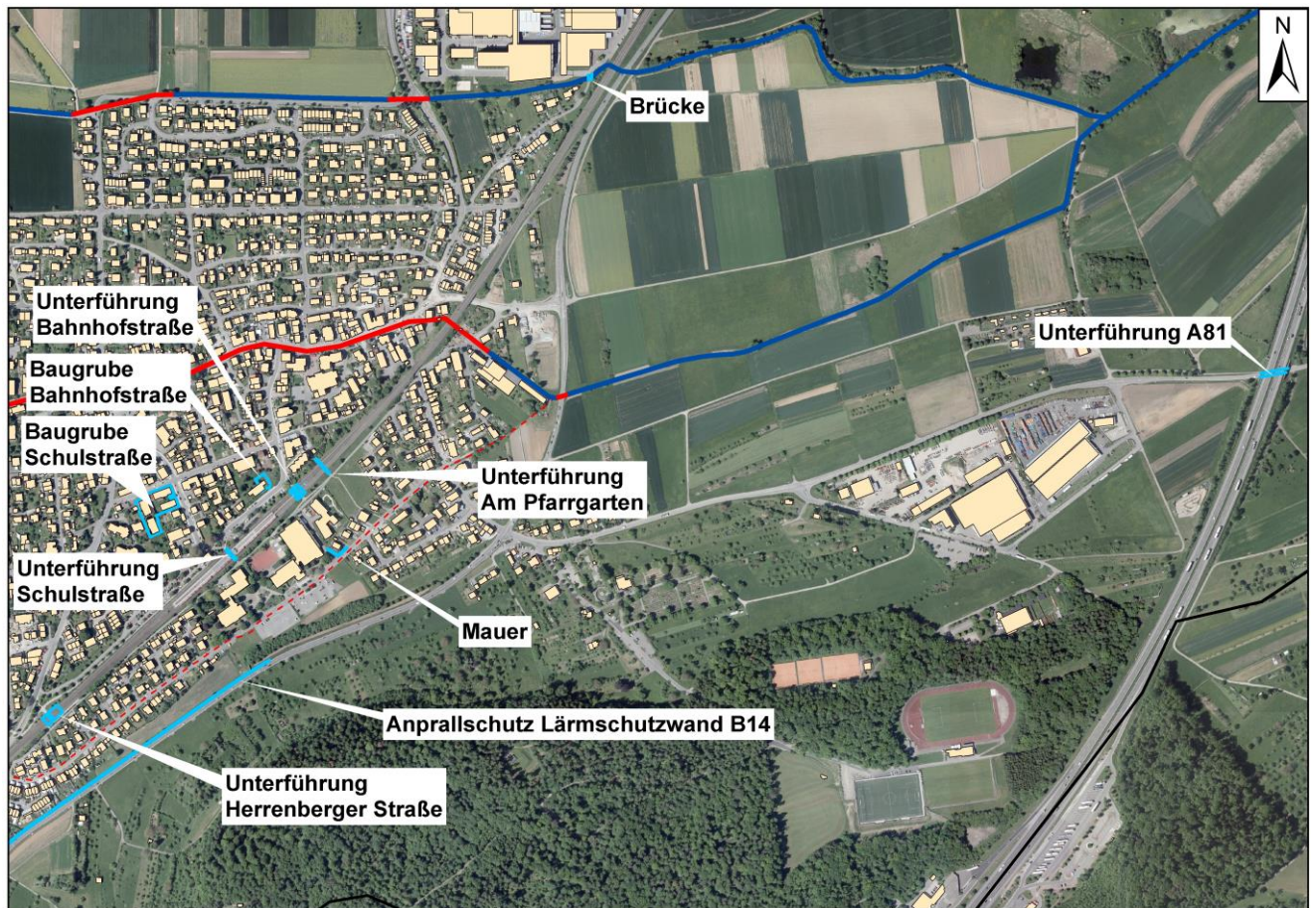


Abbildung 5-1 Übersichtskarte der Modifikationen am Geländemodell in Nufringen

5.1.1 Unterführungen

Im Untersuchungsgebiet in Nufringen gibt es fünf Unterführungen, die im Falle eines Starkregenereignisses wichtige Fließwege darstellen, weshalb das HydTERRAIN an diesen Stellen modifiziert wurde.

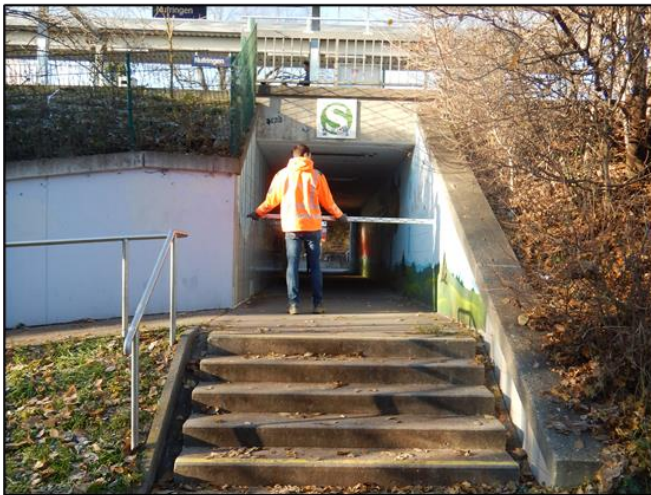


Abbildung 5-2 Unterführungen: Oben links „Am Pfarrgarten“, oben rechts „Bahnhofsstraße“, Mitte links „Schulstraße“, Mitte rechts „Herrenberger Straße“, unten links „A81“

5.1.2 Mauern/Fließhindernisse

Entlang der B14 verläuft eine Lärmschutzwand. Zwischen Straße und Lärmschutzwand befindet sich ein Anprallschutz aus Beton, welcher im Starkregenfall ein Fließhindernis darstellt (Abbildung 5-3). Zwar weist der Anprallschutz kleine Entwässerungsöffnungen auf, allerdings ist, ähnlich wie bei Durchlässen und Verdolungen, davon auszugehen, dass sich diese bei einem Starkregenereignis in kurzer Zeit durch angeschwemmtes Material zusetzen und damit kein Wasser mehr abführen können. Daher wurde der Anprallschutz mittels Bruchkanten in das ModHydTERRAIN eingearbeitet und bei der Modellierung berücksichtigt.

Im Untersuchungsgebiet Nufringen wurde zudem während der Ortsbegehung eine Grundstücksmauer entlang der Straße „Im Wiesengrund“ aufgenommen (Abbildung 5-4), die im Fall eines Starkregenereignisses ein Fließhindernis darstellt.

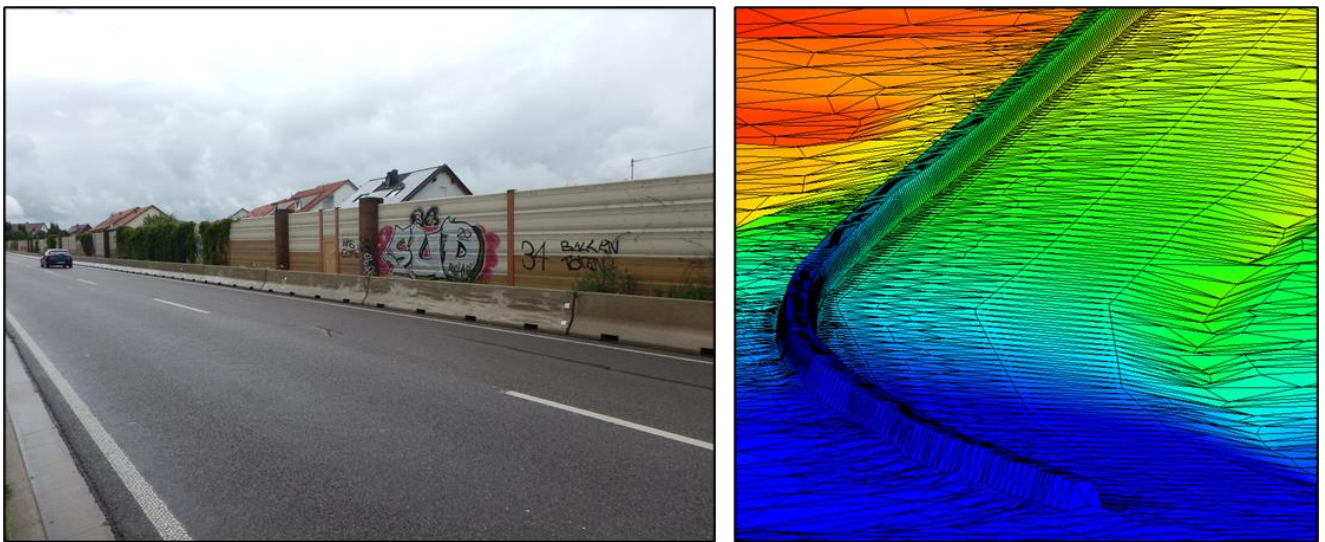


Abbildung 5-3 Anprallschutz an der B14 (links Foto, rechts Modell)



Abbildung 5-4 Mauer „Im Wiesengrund“

5.1.3 Brücke „Alte Gärtringer Straße“

Brücken können, je nach Gefälleverhältnissen vor Ort Fließwege über Gewässer hinweg ermöglichen.

Die Brücke der Alten Gärtringer Straße über das HWGK-Gewässer Hungergraben war im HydTERRAIN nicht korrekt erfasst, sodass das Geländemodell an dieser Stelle modifiziert wurde (vgl. Abbildung 5-5).



Abbildung 5-5 Brücke „Alte Gärtringer Straße“

5.1.4 Geländeanpassungen

In der Ortslage Nufringen gab es zum Zeitpunkt der Befliegung zwei temporäre Baugruben, welche sich bei der Simulation eines Starkregenereignisses mit Wasser füllen, sodass an diesen Stellen große Wassertiefen entstehen. Die Baugruben wurden zwischenzeitlich aufgefüllt. Um realistischere Überflutungstiefen darzustellen, wurden die fehlerhaften Geländetiefpunkte entfernt. Da auf der Fläche der neuen Grundstücke keine ausreichenden Daten zu den neuen Geländehöhen zur Verfügung standen, wurden die Geländehöhen vereinfacht aus den Geländehöhen der umliegenden Flächen interpoliert (vgl. Abbildung 5-6 und Abbildung 5-7). Dies entspricht ggf. nicht den tatsächlichen Geländehöhen auf den neuen Grundstücken, die dargestellten Überflutungstiefen und Fließwege in diesem Bereich können also ggf. von der Realität abweichen.

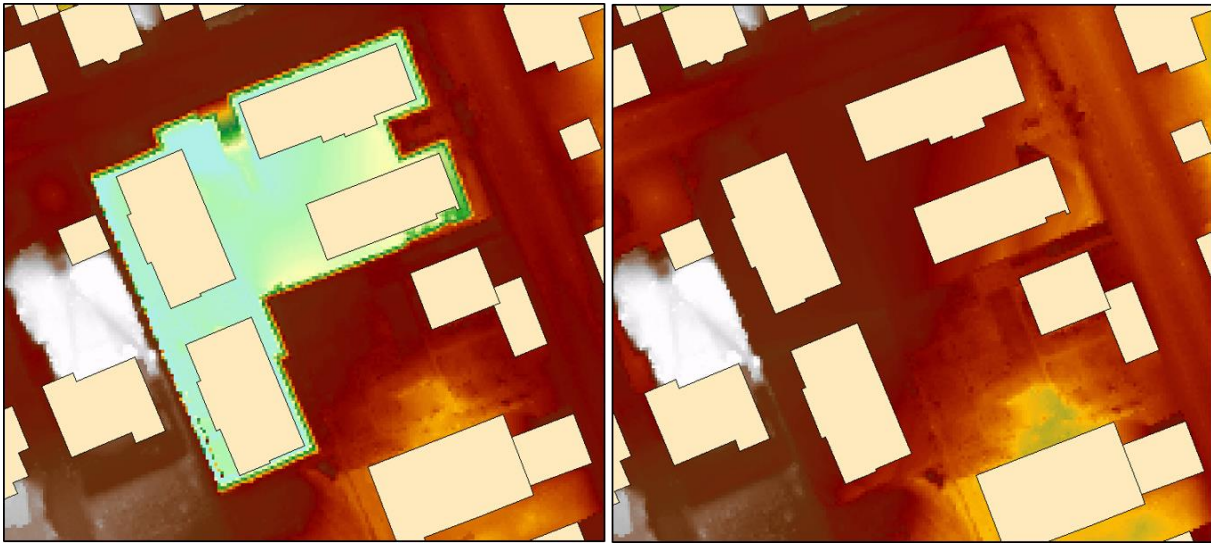


Abbildung 5-6 Baugrube Schulstraße (links: DGM, rechts: modifiziertes DGM mit interpolierten Höhen im Bereich der ehemaligen Baugrube)

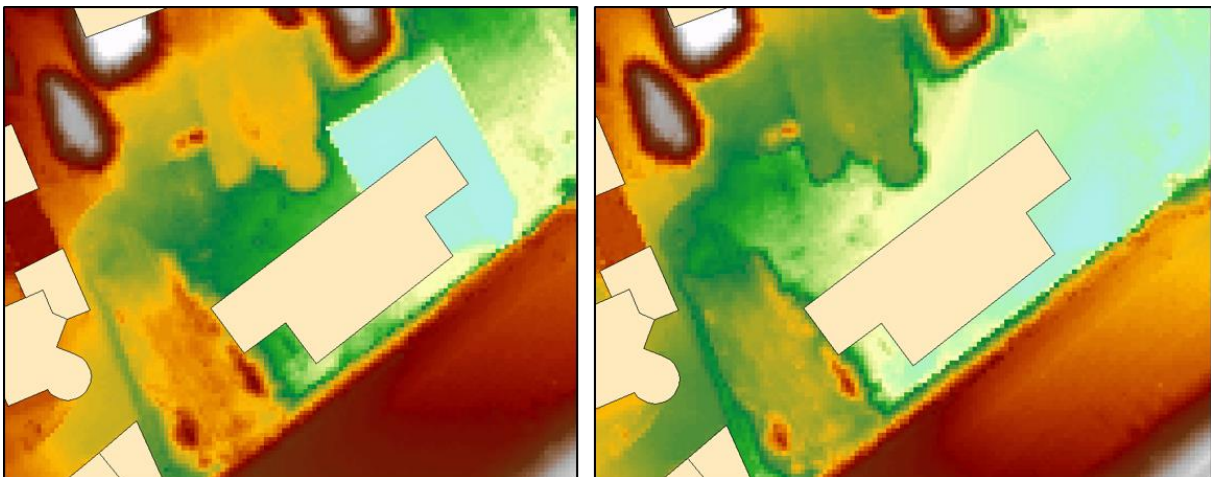


Abbildung 5-7 Baugrube Bahnhofstraße (links: DGM, rechts: modifiziertes DGM mit interpolierten Höhen im Bereich der ehemaligen Baugrube)

5.2 Verklausungsansätze an Verdolungen und Durchlässen

Für die Nachbildung der Abflussverhältnisse während eines Starkregenereignisses spielen Verdolungen und Durchlässe entlang querender Dammbauwerke und Fließhindernisse eine wichtige Rolle.

In HYDRO_AS-2D können Durchlässe direkt im Modell nachgebildet und deren Wirkung einbezogen werden. Da die die HWGK-Gewässer Hungergraben und Wehlingergraben als Modellränder mit Auslauf-Randbedingung definiert sind (unendlich leistungsfähig), ist keine Nachbildung der Verdolungen und Durchlässe erforderlich.

Bei den übrigen Gewässern und Gräben sollten Durchlässe und Verdolungen nach dem Landesleitfaden (LUBW, 2020) mit hinreichender Genauigkeit berücksichtigt werden. Aufgrund der hohen Strömungskräfte, die bei Starkregenereignissen Transportprozesse von unterschiedlichem Schwemm – und Treibgut begünstigen, soll beim außergewöhnlichen und extremen Abflussereignis gemäß Leitfaden in der Regel davon ausgegangen werden, dass Verdolungen verlegt und dadurch hydraulisch nichtmehr wirksam sind. Bei großen Querschnitten oder wenn ein räumlicher Zulaufrechen vorhanden ist, kann von dieser Annahme abgewichen werden.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Lage von Verdolungen im Untersuchungsgebiet. In Abbildung 5-8 sind Verdolungen des Entwässerungsgrabens nördlich des Gewerbegebietes Gründen dargestellt. Im Modell wurden nur Verdolung 1 bis 3 berücksichtigt (vgl. Tabelle 5-2), da der nachfolgende Wegdurchlass einen geringen Durchmesser (DN300) aufweist und überdies bei der Ortsbegehung am 29.09.2020 in schlechtem Zustand war.

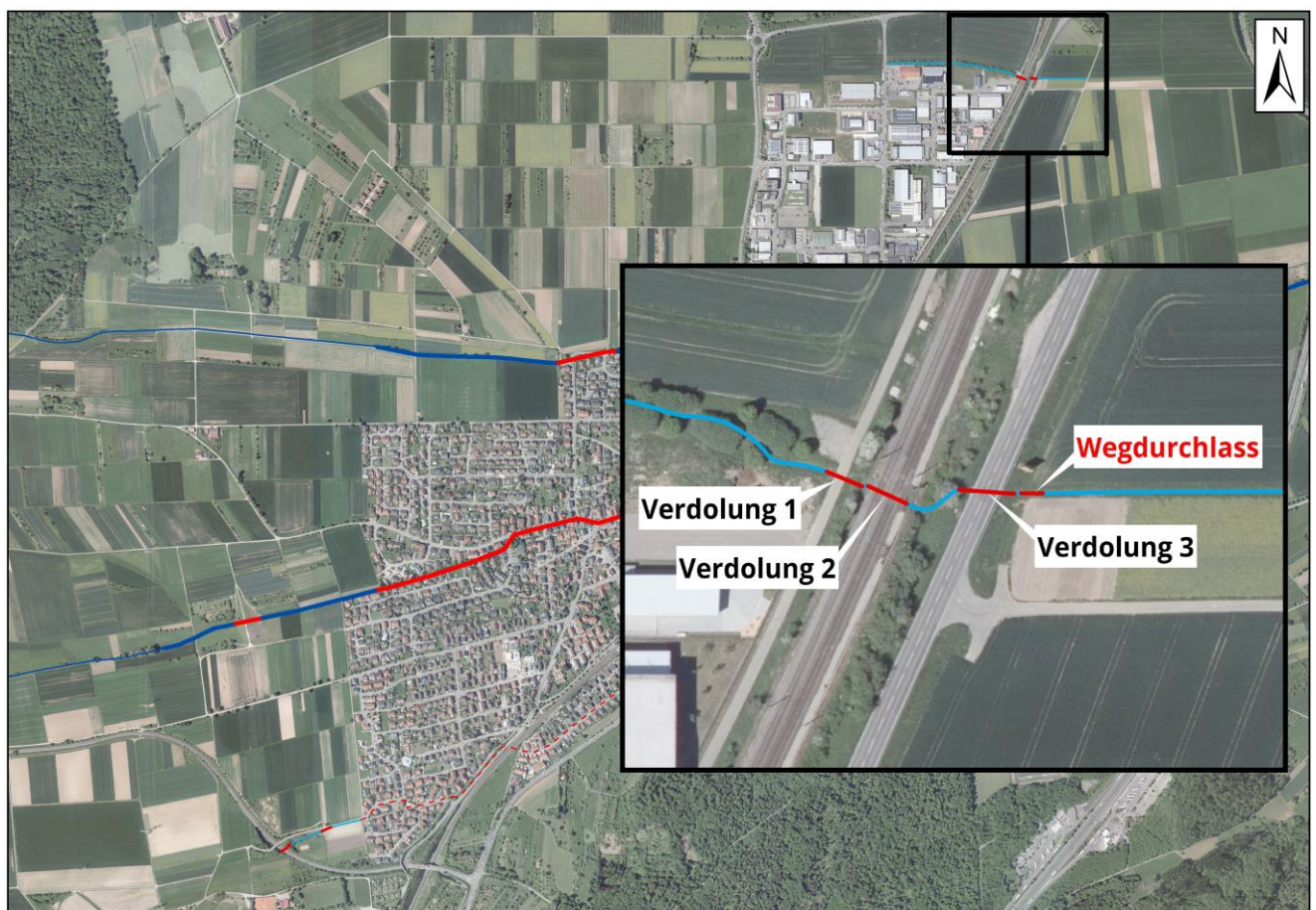


Abbildung 5-8 Übersicht der Verdolungen am Graben nördlich des Gewerbegebietes Gründen

In Abbildung 5-9 sind Verdolungen des Wiesengrundgrabens am südwestlichen Ortsrand dargestellt. Im Modell wurden nur Verdolung 4 - 6 berücksichtigt (vgl. Tabelle 5-2), da der nachfolgende Einlauf in den Mischwasserkanal über ein horizontales Einlaufgitter verfügt, dieses ist im Starkregenfall in hohem Maße verlegungsgefährdet (vgl. Abbildung 5-10)

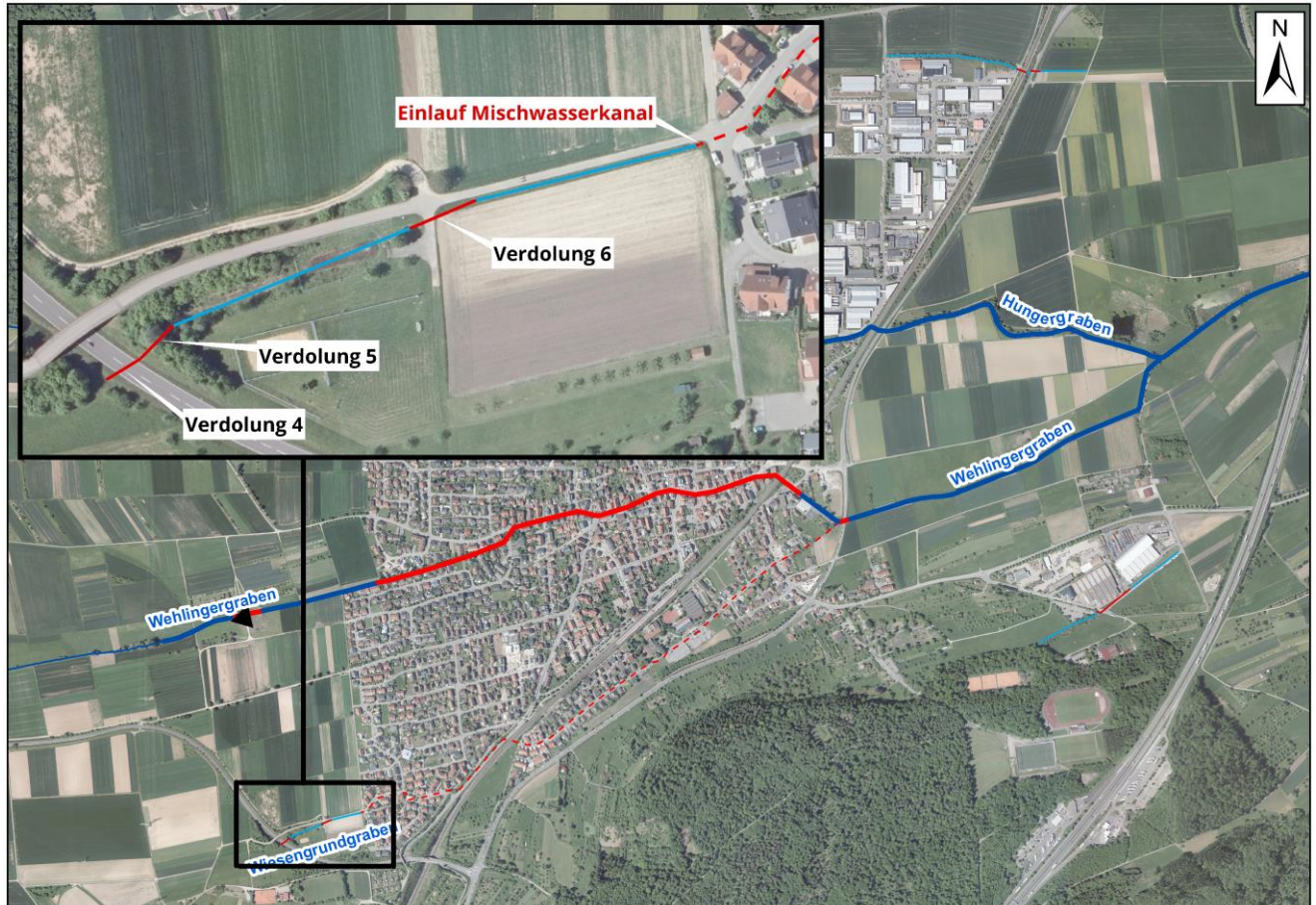


Abbildung 5-9 Übersicht der Verdolungen am Wiesengrundgraben



Abbildung 5-10 Foto des Einlaufes am Wiesengrundgraben

In Tabelle 5-2 sind die Verdolungen im Untersuchungsgebiet zusammengestellt, die für die Berechnungen angesetzt wurden.

Tabelle 5-2 Verdolungen im Untersuchungsgebiet Nufringen mit Angaben zur Länge, Größe und der Berücksichtigung im Modell je Szenario

| Name | Länge | DN / Maße | Szenario |
|-------------|-------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Verdolung 1 | 10 m | 0,90 x 0,65 m | SEL, AUS, EXT |
| Verdolung 2 | 11 m | 1,00 x 0,60 m | SEL, AUS, EXT |
| Verdolung 3 | 15 m | DN400 | SEL, AUS, EXT (da geringe Fließgeschwindigkeiten der Zuflüsse -> wenig angeschwemmtes Material) |
| Verdolung 4 | 13 m | DN500 | SEL |
| Verdolung 5 | 16 m | DN500 | SEL |
| Verdolung 6 | 25 m | DN400 | SEL, AUS, EXT (da geringe Fließgeschwindigkeiten der Zuflüsse -> wenig angeschwemmtes Material) |

5.3 Berücksichtigung der Ortsentwässerung

Allgemein spielt die Ortsentwässerung bei Starkregenereignissen eine untergeordnete Rolle, da Kanalsysteme üblicherweise nur auf zwei- oder dreijährliche (Ortsbereich) bzw. fünfjährliche (Gewerbegebiet) Niederschlagsereignisse ausgelegt sind. Erschwerend kommt dazu, dass das Oberflächenwasser bei einem Starkregenereignis durch Verlegung (Laub, Sediment, Hagel/Eis) teilweise gar nicht erst in die Kanalisation eintreten kann. Daher wurde der Einfluss der Kanalisation auf das Hochwasserabflussgeschehen (Aufnahme von Wasser bzw. Wasseraustritt aus der Kanalisation) bei den betrachteten Szenarien nicht berücksichtigt.

Grundsätzlich können nach dem Landesleitfaden (LUBW, 2020) besonders relevante Bauwerke bzw. Elemente der Ortsentwässerung und des Überflutungsschutzes (z. B. größere Rückhaltebecken, Hauptsammler, bekannte Hauptüberstauungspunkte, Notentlastungen), welche auch bei außergewöhnlichen oder extremen Starkregenereignissen noch Wasser aufnehmen können, in ihrer Wirkung im Modell vereinfacht nachgebildet werden.

Im Falle des Untersuchungsgebietes Nufringen liegen jedoch keine solchen Bauwerke vor, sodass entsprechend keine Elemente der Ortsentwässerung berücksichtigt wurden.

5.4 Modifikationen an den OAK

Die zum Zeitpunkt des abschließenden Rechenlaufes (November 2021) bei der LUBW verfügbaren OAK basieren auf Versiegelungsdaten aus dem Jahr 2008 und Landnutzungsdaten aus dem Jahr 2006. Seit der Grundlagenerhebung der OAK hat sich im Untersuchungsgebiet die Landnutzung/Versiegelung teilweise maßgeblich verändert, sodass die OAK an einigen Stellen angepasst wurden (**Abbildung 5-13**). Bei den Modifikationen an den OAK wurden die „Empfehlungen für die Übertragung von OAK-Werten“ (RP Tübingen, Stand: 10.12.2019) berücksichtigt.

Die vorhandenen Gebäude wurden anhand von ALKIS-Daten, Ortsbegehungen und Planunterlagen berücksichtigt und entsprechen dem Stand von November 2021.

Veränderungen fanden in erster Linie im Bereich des Industriegebiets im Norden der Gemeinde Nufringen statt. Innerhalb der Ortslage entstanden durch Nachverdichtung zusätzliche versiegelte Flächen, die in der Summe nicht zu vernachlässigen sind und daher ebenfalls modifiziert wurden.

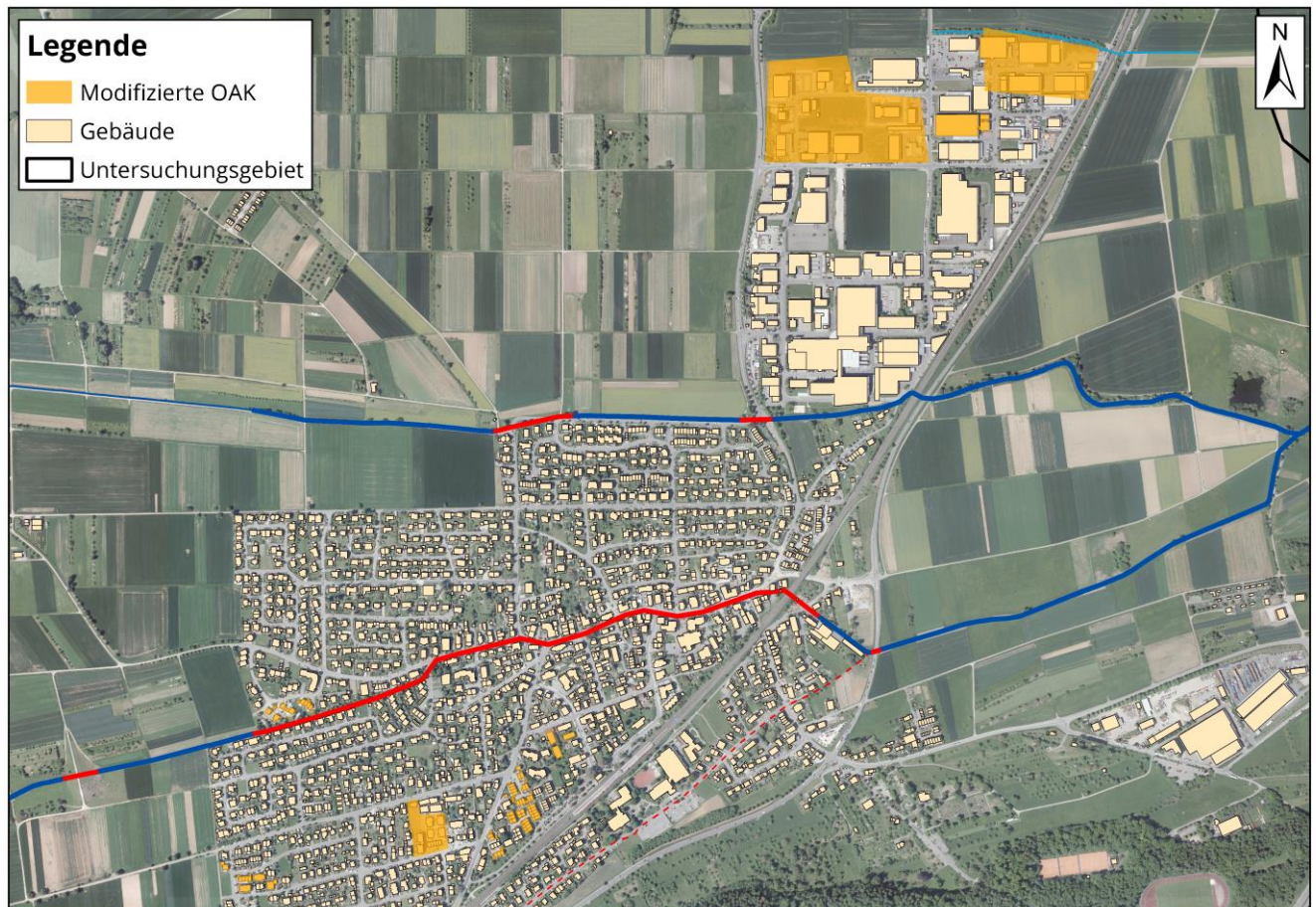


Abbildung 5-13 Modifikationen an den OAK in Nufringen

5.5 Berücksichtigung von Dachflächen

Es ist davon auszugehen, dass die Regenrinnen und Dachfallrohre bei Starkregen meist überlastet sind. Aus den (versiegelten) Dachflächen können der Umgebung entsprechend hohe Wassermengen zufließen. Gemäß Landesvorgabe sollte nur beim seltenen Ereignis oder in Ausnahmefällen (z. B. bei Retentionsdächern) auf die Überregung von Dachflächen in der Simulation verzichtet werden, da insbesondere in dichter Besiedlung sonst ein großes Volumendefizit entstehen könnte (RP Tübingen, Stand: 23.05.2019, Einführung 01.07.2019).

Bei der Starkregenuntersuchung für die Gemeinde Nufringen wurde versucht den Zufluss aus den Dachflächen möglichst realistisch nachzubilden. Für die Berechnungen mittels HYDRO_AS-2D wurde der aktualisierte ALKIS Gebäudebestand (vgl. Kapitel 3.5) mit einem festen Höhenbetrag von 5 m über der vorliegenden Geländeoberfläche nach oben gesetzt und ins hydraulische Modell eingearbeitet. So können auch die Dachflächen mit eigenen Oberflächenabflusskennwerten beaufschlagt werden. Das auf den Dachflächen gefallene Wasser fließt dann in den Berechnungen dem umliegenden Gelände zu.

5.6 Gebietsaufteilung und Berücksichtigung von Gewässern

Gewitterzellen treten in der Regel sehr lokal auf und weisen oft nur eine Fläche von wenigen Quadratkilometern auf. Für die Simulation der Starkregenüberflutung auf Grundlage der OAK gilt daher, dass die berechnete Fläche im Einzugsgebiet nicht größer als 5 km² sein sollte (LUBW, 2020). Ist das betrachtete Einzugsgebiet größer als 5 km², sollte durch eine Aufteilung in mehrere Teileinzugsgebiete sichergestellt werden, dass der Abfluss nicht überschätzt wird.

Das vorliegende Untersuchungsgebiet in Nufringen weist eine Einzugsgebietsfläche von insgesamt 8,1 km² auf (vgl. Kapitel 2.1). Zunächst erfolgt eine Einteilung in fünf hydrologische Teileinzugsgebiete (Abbildung 5-14). Diese Teileinzugsgebiete sind zwischen 0,62 und 3,75 km² groß, sodass keine getrennte Simulation notwendig war.

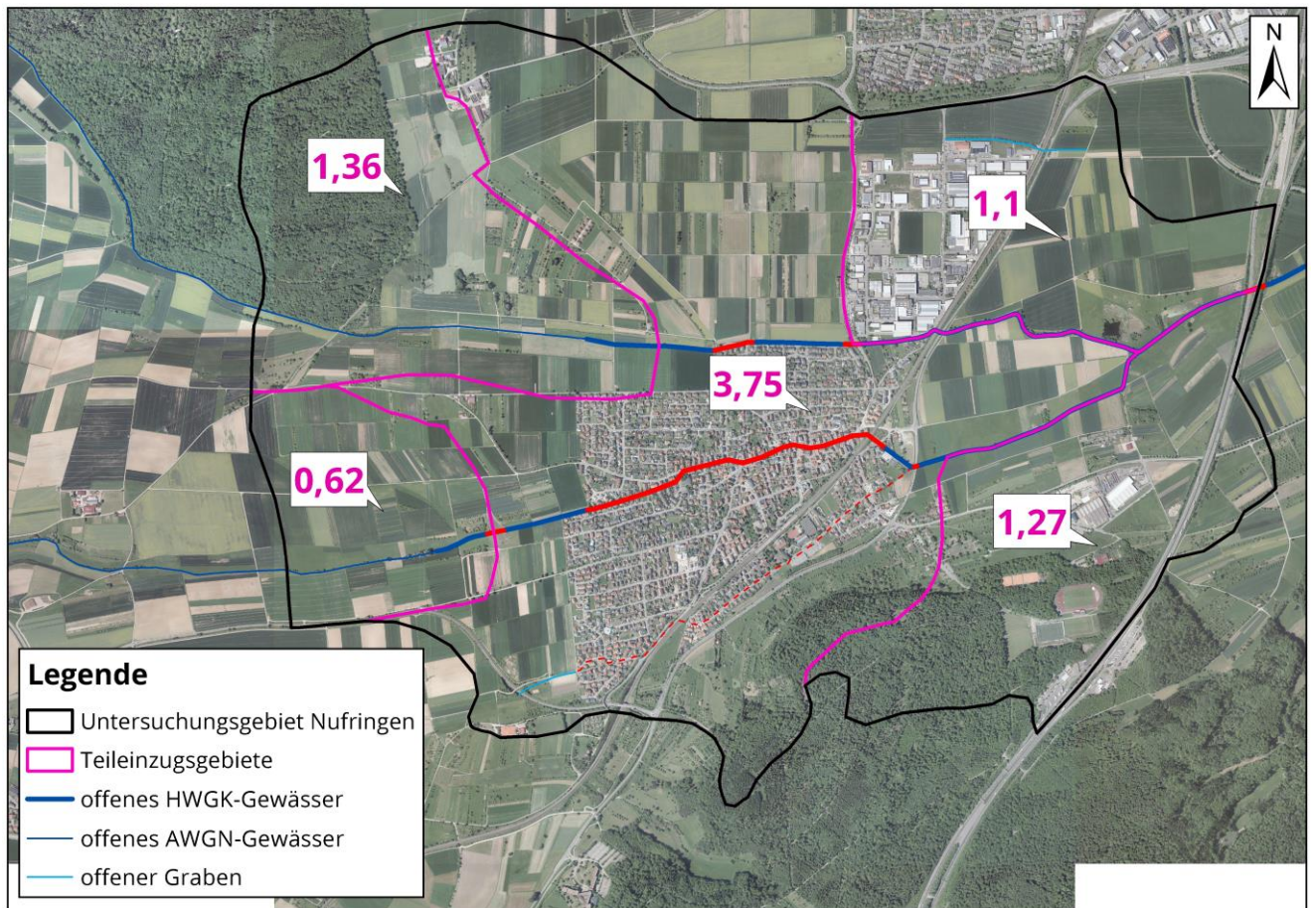


Abbildung 5-14 Fläche der hydrologischen Teileinzugsgebiete des Untersuchungsgebietes in Nufringen

6 Rechenläufe

Die hydraulischen Berechnungen mittels HYDRO_AS-2D erfolgten auf Grundlage der Oberflächenabflusskennwerte. Nach der Empfehlung des Leitfadens wurde für die drei Lastfälle eines seltenen, eines außergewöhnlichen und eines extremen Abflussereignisses stets die hydrologische Annahme verschlammter Böden getroffen. Die Simulationszeit der drei Starkregenereignisse für das Untersuchungsgebiet Nufringen beträgt insgesamt zwei Stunden (eine Stunde Berechnungszeit und eine Stunde Nachlauf).

6.1 Entwurfsrechenlauf

Nach dem Modellaufbau wurde ein erster Rechenlauf (1 Step Berechnungsmodul) durchgeführt. Ziel war es hierbei die Hauptfließwege zu lokalisieren und erste Gefährdungsbereiche aufgezeigt zu bekommen. Auf dieser Grundlage wurde die erste Ortsbegehung durchgeführt.

6.2 Abschließende Rechenläufe

Nach dem ersten Rechenlauf wurden das HydTERRAIN und die OAK modifiziert, Verdolungen und Durchlässe angesetzt sowie der Gebäudebestand aktualisiert (vgl. Kapitel 3.5 und Kapitel 5), sodass ein neues Modellnetz aufgebaut und ein neuer Rechenlauf (2 Step Berechnungsmodul) gestartet werden konnte.

7 Rechenergebnisse und Abgleich mit abgelaufenen Ereignissen

Das zentrale Ergebnis der zweidimensionalen instationären hydraulischen Modellierung sind die Starkregengefahrenkarten (SRGK). Diese zeigen die aus den verschiedenen Starkregenszenarien entstehenden flächigen Ausdehnungen und Tiefen der Überflutungen sowie die tiefengemittelten Fließgeschwindigkeiten für jedes der drei Szenarien auf. Hierbei wird jeweils der Maximalwert über das Gesamtereignis (eine Stunde Beregnungszeit 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 Vorsorgemaßnahmen und Erstellung der Alarm- und Einsatzpläne für den Fall eines Starkregenereignisses.

7.1 Überflutungsausdehnung

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

Um die maximalen Überflutungsausdehnungen der drei Szenarien besser vergleichen zu können, wurden diese in einer gemeinsamen Karte dargestellt. In den Überflutungsausdehnungskarten sind alle Überflutungsflächen dargestellt, bei denen die Überflutungstiefe größer oder gleich 5 cm sind.

Die in den Karten verwendete dreistufige Skala mit sinkenden Farbtintensitäten ermöglicht die Unterscheidbarkeit der drei Szenarien (Abbildung 7-1).

Anmerkung: Den nachfolgend beschriebenen Kartendarstellungen der einzelnen Szenarien können die maximal auftretenden Wassertiefen entsprechend der nachfolgenden Abbildung für vier Wassertiefenklassen 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

7.2 Überflutungstiefen

Die Überflutungstiefen sind entscheidend für die möglichen Eintrittswege des Wassers in Gebäude. Überflutungstiefen bis 10 cm stellen bei nicht ebenerdigen Kellerfenstern oder erhöhten Lichtschächten meist keine Gefährdung dar. Bei Überflutungstiefen zwischen 10 und 50 cm kann das Wasser durch Bauwerksöffnungen in 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 kann. Bei Überflutungstiefen von 50 bis 100 cm steigt der statische Druck so an, dass die Dichtungen, vor allem bei nach innen zu öffnenden Türen, versagen. Bei Überflutungstiefen über 1 m kann das Wasser oft durch zusätzliche Öffnungen in Gebäude eindringen (Tabelle 7-1)

In den Starkregengefahrenkarten werden Überflutungstiefen ab 5 cm dargestellt (Abbildung 7-1). Die vierstufige Skala mit steigenden Farbintensitäten ermöglicht die Unterscheidbarkeit der einzelnen Tiefen- bzw. Gefährdungsklassen.

Tabelle 7-1 Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Überflutungstiefen (LUBW, 2020)

| 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 |

7.3 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 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 7-2).

Zur Darstellung der relevanten Fließgeschwindigkeit wurde die Einteilung in drei Klassen in Form von farbigen Pfeilen gewählt (vgl. Abbildung 7-1).

*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: $v * h \geq 0,5$.*

Tabelle 7-2 Potenzielle Gefahren für Leib und Leben sowie Infrastruktur und Objekte bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten (LUBW, 2020)

| 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 Abflusses | <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 Abgleich mit abgelaufenen Ereignissen

In der Gemeinde Nufringen liegen keine Fotos von vergangenen Starkregenereignissen vor, die zur Plausibilisierung der berechneten Fließwege aus dem Außengebiet geeignet wären. Es kam allerdings in mehreren Bereichen der Ortslage in der Vergangenheit zu Überflutungen. In einer Fragebogenaktion im Jahr 2013 wurden Grundstücksbesitzer vom Büro Auwärter + Rebmann zu bereits aufgetretenen Überflutungen bei Starkregenereignissen im Jahr 2007 und 2013 befragt. Daraus gingen insbesondere die in Abbildung 7-3 dargestellten Problembereiche hervor. Anhand dieser Informationen und weiteren Erfahrungswerten konnte in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Nufringen eine Plausibilisierung der Starkregengefahrenkarten durchgeführt werden.

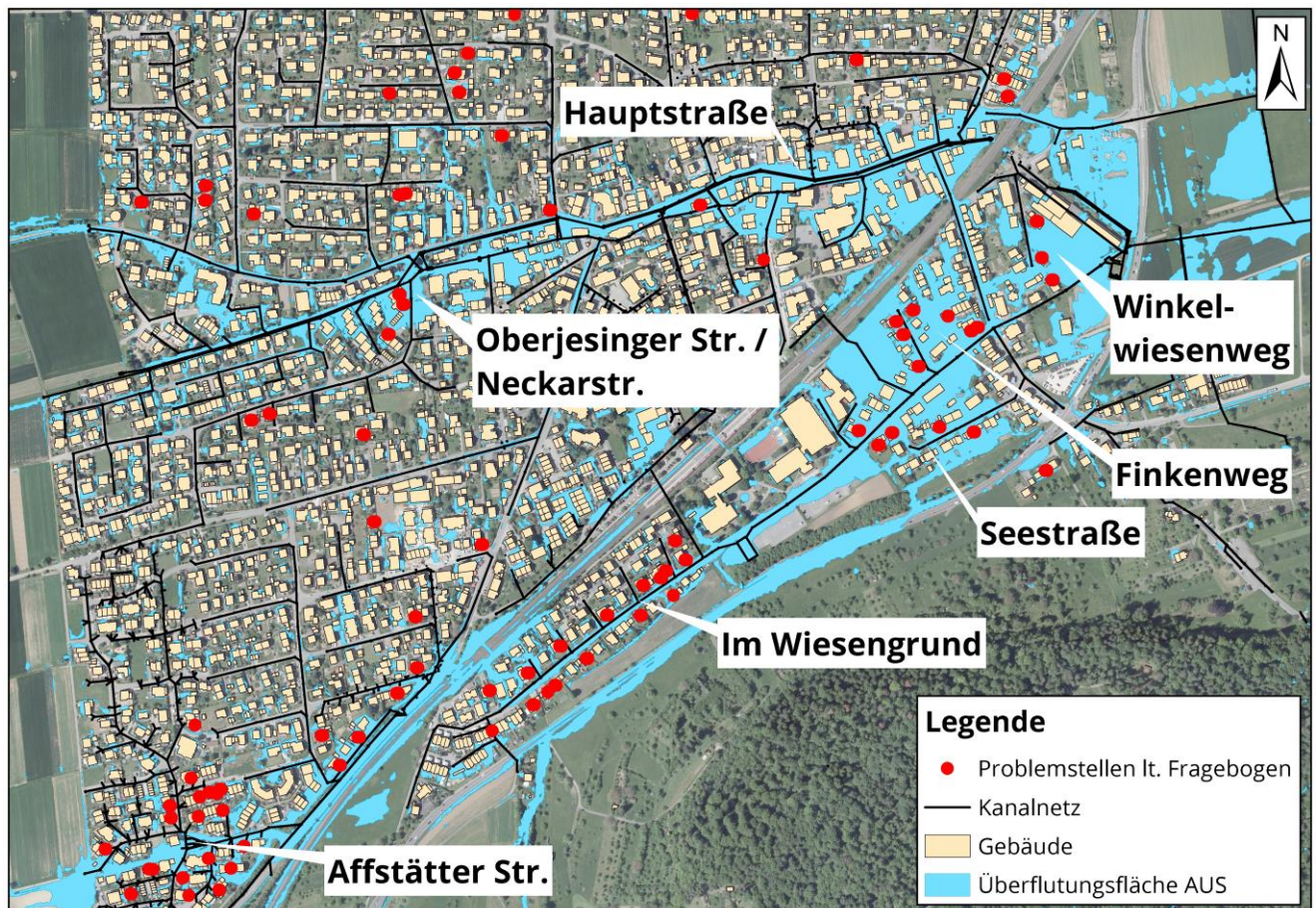


Abbildung 7-3 Problembereiche gemäß Erfahrungen der Gemeinde und Fragebogenaktion 2013

8 Kartendarstellungen

Die Ergebnisse wurden in Starkregengefahrenkarten und Animationen dargestellt (Tabelle 8-1, Anlagen A.1, A.2 und C.1). Erläuterungen zur Darstellung der Überflutungsausdehnung, der Überflutungstiefen und der Fließgeschwindigkeiten befinden sich in Kapitel 7.1 bis 7.3.

Tabelle 8-1 Starkregengefahrenkarten und Animationen der hydraulischen Überflutungssimulation zur digitalen bzw. gedruckten Abgabe an die Gemeinde Nufringen 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 |
| Rauheitswerte/Landnutzungen | Rauheiten |
| Kontrollquerschnitte | Ergaenzende_Karten |
| Animationen (zeitlicher Verlauf der Überflutungstiefe) | ANI_UT_SEL_V |
| | ANI_UT_AUS_V |
| | ANI_UT_EXT_V |

Im Einzelnen wurden unter Berücksichtigung der Vorgaben des Leitfadens folgende Ergebnisdarstellungen für die drei Oberflächenabflussszenarien angefertigt (als Übersichts- bzw. Detailkarten): maximale Überflutungstiefen, maximale Überflutungsausdehnung und maximale Fließgeschwindigkeiten in Kombination mit der zugehörigen Überflutungsausdehnung und Fließrichtung. Bei der Überflutungsausdehnung wurden die drei Oberflächenabflussszenarien gemeinsam in einer Karte dargestellt. Als freiwillige Zusatzleistung, die nach Leitfaden nicht gefordert ist, wurden zudem Detailkarten erstellt, die die maximale Fließgeschwindigkeiten in Kombination mit den zugehörigen maximalen Überflutungstiefen darstellen.

Die räumliche Verteilung der Landnutzungsklassen zur Zuordnung von Rauheitswerten wurde in Anlage A.2.1 dargestellt. Die Kontrollquerschnitte wurden ergänzend in Anlage A.2.2 dargestellt. Außerdem wurden für alle drei Starkregenszenarien Animationen zur Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Überflutungstiefe erstellt (Anlage C.1).

9 Ergebnisse der Gefährdungsanalyse

Im Zuge der hydraulischen Gefährdungsanalyse wurde für die Gemeinde Nufringen ein hydrodynamisch-numerisches Überflutungsmodell aufgebaut und angepasst, mit dessen Hilfe Starkregen Gefahrenkarten erstellt wurden. Die Vorgehensweise, sowie die erstellten Abgabekarten (digital/gedruckt) werden in den Kapiteln 1 bis 8 erläutert.

Darauf aufbauend wird, in enger Abstimmung mit der Gemeinde Nufringen sowie dem Landratsamt Böblingen, eine Risikoanalyse durchgeführt sowie ein Handlungskonzept erstellt.