

Starkregen- und Hochwasservorsorge Nalbach

Erläuterungsbericht

Auftraggeber / Bauherr:

Gemeinde Nalbach

Rathausplatz 1
66809 Nalbach
Tel.: 06838/ 9002-0
Fax: 06838/ 9002-700

Auftragnehmer:

BFH-Ingenieure GmbH

Max-Planck-Straße 22, Gebäude 005
54296 Trier
Tel.: +49 (0) 651 14749-0



Projektnummer **20212114-BFH**

	Name	Datum
Erstellt von	M.Eng Alexander Leidinger Tel. +49 (0) 651 14749-0	30.05.2023
Geprüft von	Dr.-Ing. H. Hellebrand	31.05.2023

Modifikationen

Index	Beschreibung	Datum

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINFÜHRUNG	4
2	STARKREGENGEFAHRENKARTEN.....	5
2.1	BESCHREIBUNG	5
2.2	METHODIK/PARAMETER	6
2.3	ALLGEMEINES	9
2.4	DATENGRUNDLAGEN UND AUFBEREITUNG.....	10
2.5	SIMULATION.....	17
2.6	DARSTELLUNG.....	19
3	FAZIT.....	21

Anhang

Im Einzelnen enthält der mitgelieferte Kartensatz folgende Kartentypen für den Lastfall 50 mm und 90 mm Niederschlagshöhe in einer Stunde:

- Wassertiefen und Ausdehnung der Überschwemmung im Projektgebiet im Lage- und Detailplan
- Fließgeschwindigkeiten und Fließrichtung im Lage- und Detailplan
- Verschnitt von Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten für die Risikobewertung
- Hochwassergefährdungskarte für ein HQ_{100}

1 EINFÜHRUNG

In den letzten Jahren war das Saarland verstärkt durch Starkregenereignisse betroffen. Insbesondere in den Jahren 2016 und 2018 kam es in der Region zu schwerwiegenden Folgen, welche aus dem jeweiligen Starkregenereignis auftretenden Sturzfluten resultierten.

Kennzeichnend für Sturzflutereignisse, welche die Vulnerabilität von ganzen Gemeinden lokal aufzeigen, sind meist sehr große Niederschlagsmengen in sehr kurzer Zeit. Diese werden durch kleinräumige Starkregenzellen ausgelöst, die überwiegend in den Sommermonaten auftreten können. Um nur ein konkretes Beispiel an dieser Stelle für ein verheerendes Starkregenereignis zu nennen, dessen Tragweite medial Aufsehen erregte, ist das Ahrtal. So kam es von der Nacht des 14. auf den 15. Juli 2021 in der nördlichen Eifel, zu rund 200 mm Niederschlag. Dies sind 200 Liter Wasser auf jeden einzelnen Quadratmeter. Das entspricht etwa 20 % der üblichen Jahresniederschlagsmenge in Deutschland. Auf politischer als auch gesellschaftlicher Ebene ist das Thema Starkregen, wie man sie im Saarland oder in der Eifel erfahren musste, vermehrt in den Fokus gerückt, sodass das Hochwassermanagement und die Starkregenvorsorge immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Klimaexperten gehen davon aus, dass infolge des Klimawandels in Zukunft die Häufigkeit von Starkregen und deren Intensität zunehmen.

In der Fachwelt wird bereits kontrovers darüber diskutiert, inwieweit sich durch technische Hochwasserschutzmaßnahmen, wie beispielsweise Rückhaltebecken, Poldern, Schutzmauern und Deichen sich ein Schutz gegen Ereignisse dieser Dimension erreichen lässt. Fakt ist, dass sich solche Ereignisse nicht komplett vermeiden lassen und weiterhin ein hohes Restrisiko für die Gesellschaft als auch für deren Hab und Gut bestehen bleibt.

Ziel der Starkregengefahrenkarte soll sein, der Gemeinde ein Werkzeug an die Hand zu geben, mit dessen Hilfe die Bevölkerung hinsichtlich Starkregen und dessen Schadenspotential zu sensibilisieren. Es sollen „Hot-Spots“ identifiziert und Bereiche grafisch aufgezeigt werden, welche einer besonderen Gefährdung ausgesetzt sind. Mit den Karten können ebenfalls Schadensursachen aufgearbeitet und präventive Schutzmaßnahmen entwickelt werden. Wichtig ist hierbei vor allem die Kommunikation sowie Transparenz zwischen den einzelnen Kommunen und den Bürgern. Als Kommunikationsplattform bieten sich fachspezifische Bürgerworkshops an, welche in regelmäßigen, nicht allzu großen Abständen erfolgen sollten. Workshops fördern eine enge Zusammenarbeit, laden zur Diskussion ein und leisten mit Hilfe des Kartenmaterials einen nicht vernachlässigbaren Anteil, der „Hochwasserdemenz“ innerhalb der Bevölkerung entgegenzuwirken.

2 STARKREGENGEGFAHRENKARTEN

2.1 BESCHREIBUNG

Die Gemeinde Nalbach erstreckt sich über ca. 23,0 km² und zählt insgesamt ca. 9.500 Einwohner, die sich auf die vier Ortsteile Nalbach, Piesbach, Körprich und Bilsdorf verteilen.

Um das Bewusstsein der Bevölkerung hinsichtlich der Gefahren von Starkregen zu schärfen, stehen verschiedene methodische Ansätze zur Verfügung. Diese ermöglichen eine Analyse der Überflutungsgefährdung in der Region, wobei unterschiedlich detaillierte und aufwändige Verfahren zum Einsatz kommen (DW,2016; DWA,2013).

In Nalbach wird eine vereinfachte 2D-Überflutungsberechnung verwendet. Hierbei werden einzelne Terme der 2D-tiefengemittelten Strömungsgleichungen, auch bekannt als "Flachwassergleichungen", vernachlässigt, um den Aufwand für die Modellerstellung zu reduzieren und die Simulationszeit zu verkürzen. Die Berücksichtigung der Kanalisation wird nicht vorgenommen, da angenommen wird, dass sie bei solchen Regenereignissen keine signifikante Rolle spielt. Im Gegensatz zur vereinfachten rein topografischen Geländeanalyse ermöglicht die vereinfachte Überflutungsberechnung die Simulation von Wassertiefen, Fließwegen und Fließgeschwindigkeiten für beliebige Niederschlagsszenarien, die auch grafisch dargestellt werden können. Hierzu werden für jede Ortschaft separater Lagepläne sowie entsprechende Detailpläne erstellt, um die Ergebnisse darzustellen. Um weitere überflutungsgefährdete Bereiche aus Überflutungen eines Fließgewässers zu ergänzen, werden die bereits vorhandenen Hochwassergefahrenkarten (HWGK) mit der Starkregengefahrenkarte in einem separaten Kartenblatt kombiniert. Da die Ursache der Überflutung der jeweiligen Hochwasserart unterschiedlich ist, sollten entsprechende Maßnahmen für die jeweilige Hochwasserart mit dem Blick auf das Ganze entwickelt werden.

Es ist wichtig zu beachten, dass es sich bei den Ergebnissen um ein Modell handelt. Hintergrund einer Simulation ist es, sich bestmöglich an die Realität über verschiedenste Randbedingungen und diverse Parameter anzunähern. Es wird also im Modell ein bereits schon einmal aufgetretenes Starkregenereignis simuliert. Allerdings wird sich dasselbe Ereignis niemals an identischer Stelle, Intensität und gleicher Dauer, wie es schon einmal real aufgetreten ist, ereignen. Dennoch liefern die Ergebnisse der Simulation belastbare Aussagen über das Entstehen und Verhalten von Hochwasser durch Starkregenereignisse.

2.2 METHODIK/PARAMETER

Die Starkregengefahrenkarten in Nalbach werden mit dem Programm FloodAreaHPC von Geomer erstellt, basierend auf einem hydrodynamischen Ansatz. Die durch Starkregen verursachten Gefährdungsbereiche aus der Berechnung des hydrodynamischen 2D – Modells werden mit einem geographischen Informationssystem (ArcGIS) gekoppelt und die Überschwemmungsflächen im Rasterformat ausgegeben.

Grundlagen zur Berechnungsmethode

Betrachtet werden jeweils die 8 Nachbarn einer Rasterzelle. Das Abflussvolumen zu den Nachbarn wird mit Hilfe der Fließformel nach Manning-Strickler errechnet:

$$V = k_{St} * r_{hy}^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}}$$

dabei ist k_{St} der Manning-Strickler Wert (Rauigkeit), r_{hy} der hydraulische Radius und I das Gefälle.

Intern erfolgt die Berechnung eines Iterationsschrittes mit Werten von 1/100 mm, wobei Wassermengen ab 0.02 mm in die Ausgabedatei geschrieben werden. Das Wasser wird am Ende jedes Iterationsschrittes an bis zu zwei Nachbarzellen weitergegeben.

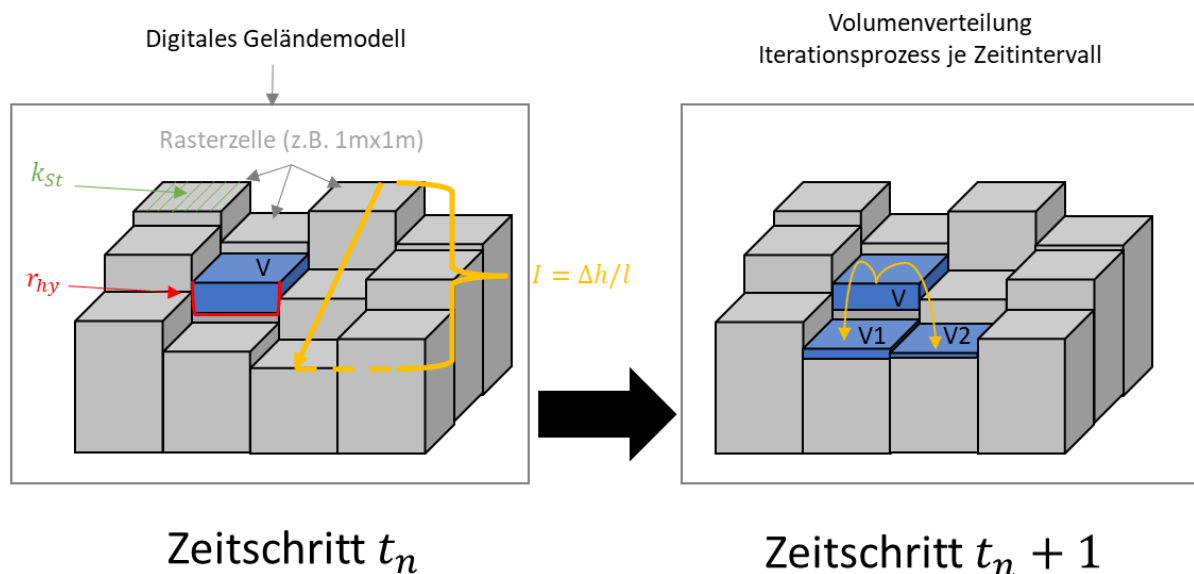


ABBILDUNG 1: GRAFISCHE DARSTELLUNG DES INTERNEN ITERATIONSPROZESSES VON FLOODAREA.

Für die k_{St} -Werte (Rauheit) liegen ausführliche Tabellenwerke vor, was ein deutlicher Vorteil dieser Fließformel gegenüber Vergleichbaren ist. Da die Rauheit linear in die Fließgeschwindigkeit (V) eingeht, ist eine möglichst gute Abschätzung für die Qualität der Simulationsergebnisse entscheidend. (Geomer, Heidelberg)

Die Fließtiefe ergibt sich jeweils aus der Differenz zwischen dem Wasserspiegel und der maximalen Geländehöhe entlang der Fließstrecke im entsprechenden Iterationsintervall:

$$Fließtiefe = Wasserspiegel_a - Max(Geländehöhe_a, Geländehöhe_b)$$

In jedem Iterationsschritt wird die Neigung des Wasserspiegels neu berechnet und die Wasserspiegellinie in Richtung der größten Neigung für die Gefälleangabe in der Manning-Strickler-Formel verwendet. Aus dieser Berechnung lässt sich analog die Fließrichtung des Wassers ableiten.

$$Neigung = \sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2}$$

$$Exposition = 270 - \frac{360}{2\pi} * a \tan 2 \left[\frac{dz}{dy}, \frac{dz}{dx} \right]$$

Bemerkung

Diese Berechnung von Neigung und Exposition kann in Sonderfällen versagen. Im Fall von 1 Pixel breiten linearen Elementen kann die Neigung teilweise quer zum Graben ausgegeben werden, wenn die Grabensohle geringer geneigt ist als die Umgebung. Um solche Modellfehler zu vermeiden, wird das Ergebnis auf Plausibilität überprüft, indem der Höhenwert der jeweiligen Zentralrasterzelle mit der in Neigungsrichtung gelegenen verglichen wird. Weist die Zelle in Neigungsrichtung größere Höhenwerte auf, wird der niedrigste Wert aus der 8-Nachbar-Umgebung gesucht und die Neigung direkt aus der Höhendifferenz abgeleitet.

Das folgende Beispiel zeigt Höhenwerte eines exemplarischen Originalhöhenmodells mit einem Graben. Die Neigung des Grabens ist hier geringer als die Neigung des Geländes (Bild unten).

79.0	79.0	79.0	79.0	79.0	79.0
78.0	78.0	78.0	78.0	78.0	78.0
72.9	73.0	73.1	73.2	73.3	73.4
75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0

Nach dem Standardverfahren berechnete Neigungsrichtungen liefern im Bereich des Grabens falsche Werte:

↓	↓	↓	↓	↓	↓
↓	↓	↓	↓	↓	↓
↓	↓	↓	↓	↓	↓
↑	↑	↑	↑	↑	↑
↓	↓	↓	↓	↓	↓

Im Bereich des Grabens korrigierte Neigungsrichtungen:

↓	↓	↓	↓	↓	↓
↓	↓	↓	↓	↓	↓
←	←	←	←	←	←
↑	↑	↑	↑	↑	↑
↓	↓	↓	↓	↓	↓

ABBILDUNG 2: DARSTELLUNG DER MODELLINTERNEN BERECHNUNGSPROZESSES DER NEIGUNG (FLOODAREA-HANDBUCH, GEOMER).

Die errechnete Fließgeschwindigkeit wird mit dem Fließquerschnitt und dem Iterationsintervall multipliziert und ergibt die Austauschmenge für den aktuellen Rechenschritt. Da die Fließformel nach Manning-Strickler nur für Normalabfluss gültig ist (d. h. Reibungsverlust gleich dem Gewinn an Lageenergie) werden außerhalb des Gültigkeitsbereiches (z. B. bei Beschleunigung) teilweise zu hohe Fließgeschwindigkeiten berechnet. Daher werden die errechneten Fließgeschwindigkeiten dahingehend überprüft, ob sie das Grenzkriterium

$$V = \sqrt{g * h}$$

(Ausbreitungsgeschwindigkeit von Störwellen) erfüllen. Zu hohe Geschwindigkeiten werden entsprechend reduziert.

Mit den Volumen werden zugleich die Geschwindigkeitsvektoren übergeben. Diese werden addiert und als Grundgeschwindigkeit für das folgende Iterationsintervall zugrunde gelegt. Zur Bestimmung der jeweiligen Fließgeschwindigkeit wird das arithmetische Mittel aus der aktuellen Geschwindigkeitsberechnung und dem Ergebnis der Vektoraddition gebildet. Durch diese Geschwindigkeitsübertragung werden plötzliche Fließwechsel- bzw. Fließumkehrprozesse minimiert und Trägheitseffekte vereinfachend nachgebildet.

Einschränkungen

Volumenbilanz bei geringen Wassermengen

Es ist zu beachten, dass FloodArea für Wassermengen wie bei Flussüberschwemmungen oder Starkregen ausgelegt ist. Strömungsprozesse beginnen (real und im Modell) erst ab wenigen 1/10 Millimeter. FloodArea rechnet intern mit Werten von 1/100 mm. Wassermengen ab 0.02 mm werden in die Ausgabe geschrieben. Frühere Versionen von FloodArea hatten einen Schwellenwert von 1 mm. Dies bedeutet, dass der Wasserhaushalt nicht für Niederschläge unterhalb des Benetzungsverlustes geeignet ist und Volumenverluste bei geringen Niederschlagsmengen, werden mit größeren Niederschlagsmengen relativ kleiner. Bei normalen Starkregenereignissen beträgt der Volumenverlust maximal 1-2%.

2.3 ALLGEMEINES

Physikalische Rahmenbedingungen wie Temperatur, Windströmung aber auch Windstärke leisten einen signifikanten Beitrag über die Menge des austretenden Niederschlags je Zeitintervall. Lufttemperatur infolge Erderwärmung hat zudem zwei kongruente Folgen:

1. Erhöhte Verdunstung (mehr Wasserdampf, der in die Atmosphäre gelangt)
2. Wasserdampfkapazität der Atmosphäre wird erhöht

Bedeutet, je wärmer die Lufttemperatur, desto mehr Wasser kann sie auch aufnehmen. Starke vertikale Winde, auf Grund von Temperaturdifferenzen befördern die feuchte Luft in höhere, kühlere Zonen. Da kältere Luft weniger Wasserdampf aufnehmen kann als wärmere, kondensiert der in der Luft vorhandene Wasserdampf an kleinen Staubpartikeln oder anderen Teilchen. Es entstehen dabei Tröpfchen, die durch Kollision mit anderen Tröpfchen solange an Masse zunehmen, bis ihr Gewicht die Kraft der Aufwinde übersteigen. Niederschlag ist die Folge. Bei einem Starkniederschlag bilden sich allerdings auf Grund starker vertikaler Windströmungen meist größere Tropfen, die sich plötzlich und kaum berechenbar über ein kleines Gebiet ergießen.

Die Gefahr durch Starkregen und das einhergehende Schadenspotential setzt sich aus mehreren Teilprozessen zusammen. Ein Teilprozess spiegelt dabei das wild abfließende Wasser sowie der Hangabfluss dar. Aus steilen Talwegen, kleineren Bächen oder Gräben entwickeln sich sehr hohe Fließgeschwindigkeiten, welche wiederum in Kombination mit dem Wasser eine sehr große Kraft entfalten. Extreme Trockenheit begünstigt zudem den Effekt von Starkregen. Die Infiltrationsrate des Bodens wird gesenkt, weshalb dieser nicht in der Lage ist, auf die sehr hohe Niederschlagsmenge in sehr kurzer Zeit zu reagieren. Jeder einzelne Tropfen kommt dann zum Abfluss, da sich dieser wie ein gesättigter Boden oder eine versiegelte Fläche verhält. Es werden Erosionsprozesse in Gang gesetzt. Die entstehenden Sturzfluten können Schlamm sowie Geröll mit sich führen, die sich wie unkontrollierbare Geschosse verhalten.

Im Tal eines Einzugsgebiets stellen diverse Objekte ein Fließhindernis dar, weshalb die urbane Sturzflut dort unkontrolliert mit enormer Wucht aufprallt und letztlich hohe Schäden anrichtet. Hinzukommt, dass die Kanalisationen einer Ortschaft für solche Ereignisse aus wirtschaftlichen Gründen nicht ausgelegt sind. Der übliche Bemessungsregen wird daher bereits in Kürze erreicht. Die Folge ist austretendes Wasser aus dem Kanalisationsnetz. Es kommt, je nach Topografie einer Ortschaft, zu flächendeckenden Überflutungen.

Zum Vergleich entstehen gewöhnliche Flusshochwasser und deren Überschwemmungen infolge großräumigerer, ausgiebiger und anhaltender Niederschläge. Die daraus resultierenden Überschwemmungen lassen sich meist im Vorfeld auf Grund von Pegelständen und diversen statistischen Auswertungen gut prognostizieren. Anders als bei Starkregen lässt sich somit das Überflutungsausmaß des Hochwassers eines Fließgewässers frühzeitig gut abschätzen. Dadurch ergibt sich mehr Handlungsspielraum, um entsprechende Maßnahmen zu ergreifen, wie beispielsweise die Bevölkerung rechtzeitig zu alarmieren oder zu evakuieren.

2.4 DATENGRUNDLAGEN UND AUFBEREITUNG

Maßgebend für die Erstellung von Starkregen Gefahrenkarten ist die Aufbereitung aller erforderlichen Grundlagendaten (pre-processing). Diese werden üblich wie folgt zugrunde gelegt:

- ➔ Bodendaten (BÜK100 im Shape-Format),
- ➔ Landnutzungsdaten (ATKIS-Basis-DLM im Shape-Format),
- ➔ Gebäudemodelle (LoD1 im Shape-Format – Level of Detail 1)
- ➔ und das Geländemodell mit der Rasterweite von 1 m (DGM1 - 1 m x 1 m im xyz-Format)
- ➔ Gewässernetz in Rasterform (im GeoTiff)
- ➔ Niederschlags-Ganglinie (Hydrograph als Textdatei)

In einigen Bundesländern sind Geländemodelle bzw. die obengenannten Grundlagen Online frei verfügbar, in einigen wiederum nicht. Über ein entsprechendes Amt (z.B. das Landesamt für Vermessung) lassen sich alle simulationsrelevanten Grundlagen, wie z.B. das Geländemodell käuflich erwerben. Für die Qualität des Endresultats ist die Auflösung des digitalen Geländemodells entscheidend. Je höher die Auflösung (1 m x 1 m) des Rasters, desto exakter können Abflussinformationen hinreichend genau dargestellt und interpretiert werden. Sie bieten somit eine gute Näherung, um ein Bild über die, im Projektgebiet vorhandenen Strömungsverhältnisse zuzubekommen. Nachteil einer höheren Auflösung ist der deutlich erhöhte und längere Rechenaufwand.

Begonnen wird in der Regel mit der Erstellung der wichtigsten Datengrundlage, dem digitalen Geländemodell. Die Aufbereitung zu einem rechenfähigen Raster (GeoTiff erfolgt hierfür über spezifische Werkzeuge in einem in einem geografischen Informationssystem (kurz GIS). Das aufbereitete Raster bildet, wie in Abb. 3 sehr gut zu erkennen, die Struktur bzw. die örtlichen topographischen Gegebenheiten der jeweiligen Örtlichkeit ab.

Auf Basis des Geländemodells wird ein Projektgebiet definiert, welches das sogenannte Einzugsgebiet widerspiegelt. Im Einzugsgebiet, im näheren Sinne Niederschlagsgebiet eines Fließgewässers, werden alle Wasserscheiden sowie Hochpunkte erfasst.

Dieses Raster stellt die maximale Kartenausdehnung dar und dient somit als Grundlage für alle folgenden Raster, wie beispielsweise das Rauhigkeits- und Abflussbeiwertester.



ABBILDUNG 3: AUSSCHNITT DES DIGITALEN GELÄNDEMODELLS (DGM) IN NALBACH.

Grundsätzlich wird bei der Aufbereitung der Landnutzungsdaten für die Starkregengefahrenkarte zwischen versiegelten (z.B. Siedlungen, Verkehrsinfrastruktur) und nicht versiegelten Flächen (z.B. Ackerland) unterschieden. Dies ist wichtig, um für die spätere 2D Modellierung ein flächendifferenziertes und zeitlich-variiertes Abflussbeiwerttraster aus versiegelten und nicht versiegelten Flächen zu erzeugen. Für versiegelte Flächen wird abhängig von der Nutzungskategorie (z.B. Straße) ein konstanter Abflussbeiwert zugeordnet. Der Abflussbeiwert nicht versiegelter Flächen ist abhängig von der Bodenart und der Hangneigung, weshalb dieser nicht direkt bestimmt werden kann. In einem ersten Schritt werden diese Flächen einer Abflussbeiwert-Klasse zugewiesen, die der weiteren programminternen Berechnung der Abflussbeiwerte je Zeitschritt dienen.

Nutzung	ABWert Siedlung	ABKlasse Land	Zuord- nung
Durchgängig städtische Bebauung	0.70		1
Nicht durchgängige städtische Bebauung	0.50		1
Straßen	1.00		1
Schiene	0.50		1
Hafen	0.70		1
Sport- und Freizeitflächen	0.30		1
Bergbau und Deponien		30	2
Brachland		30	2
Ackerland		20	2
Reisfelder		40	2
Weinanbau- und Obstanbau		15	2
Getreide		20	2
Agro-Forstwirtschaft		15	2
Wald		10	2
Grünland		15	2
Moore und Marschland		40	2
Strand		10	2
Felsen		40	2
Wasserflächen		40	2
NoDATA		9999	9999

ABBILDUNG 4: BEISPIELDATENSATZ - LANDNUTZUNG (QUELLE: GEOMER GMBH - HYDRORAS-HANDBUCH)

Nachfolgend ein detaillierter Ausschnitt mit der Zuordnung von Rauigkeiten des Untersuchungsgebiets (nach Manning-Strickler k_{st}). Es sind den unterschiedlichen Gebieten abhängig von deren Nutzung Rauigkeitswerte zugewiesen worden. Die Werte können farblich anhand Abbildung 5 nachvollzogen werden.

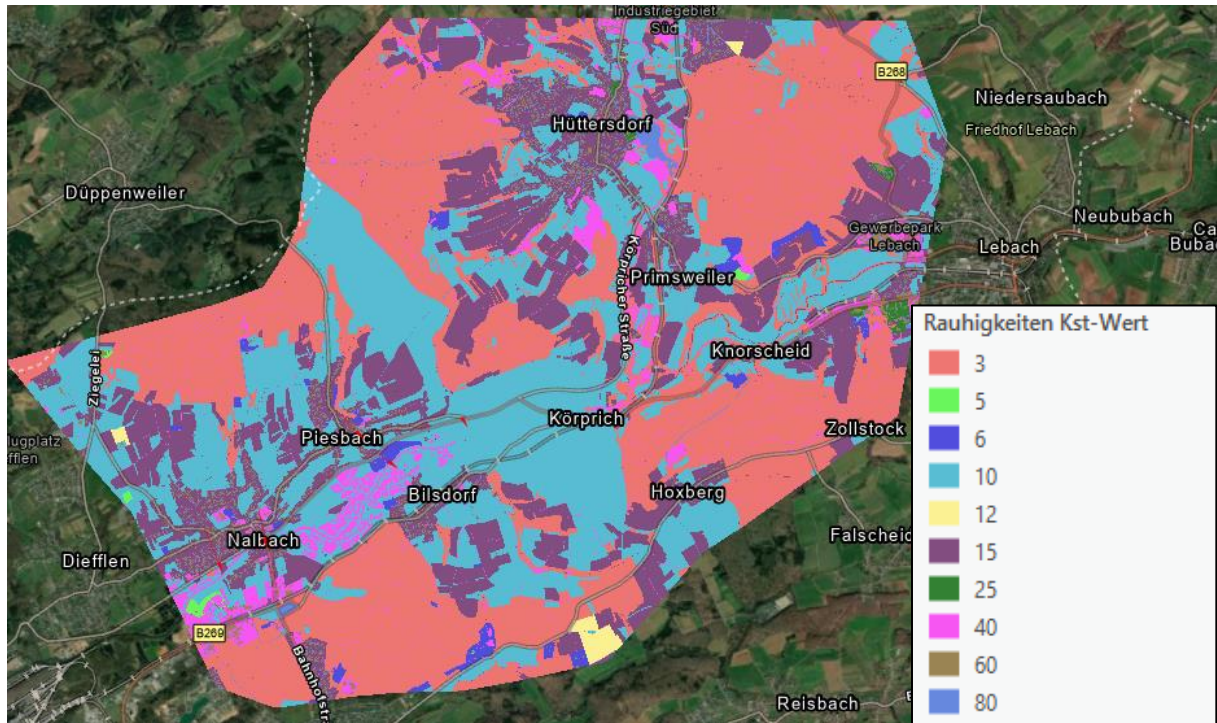


ABBILDUNG 5: FLÄCHENDIFFERENZIERTES RAUHIGKEITSRASTER – NALBACH.

Nachfolgend wird ein detaillierter Ausschnitt des Untersuchungsgebiets gezeigt, in dem eines von zwölf Abflussbeiwertstraster flächendifferenziert dargestellt ist. Die farbliche Darstellung reicht von weiß bis schwarz und zeigt die Abflussbeiwerte in Abhängigkeit von der jeweiligen Flächennutzung. Dabei stellt weiß die geringste Durchlässigkeit dar und repräsentiert beispielsweise Siedlungsgebiete oder undurchlässige Flächen wie Straßen oder Parkplätze. Es kommt in diesen Nutzungskategorien mehr Niederschlag zum Abfluss.

Je dunkler die Farbe wird, desto höher ist die Durchlässigkeit der Flächen und desto kleiner ist der Abflussbeiwert und desto weniger Niederschlag kommt effektiv zum Abfluss. Aus Abbildung 4 lassen sich die die Zuordnung der Werte exemplarisch entnehmen.

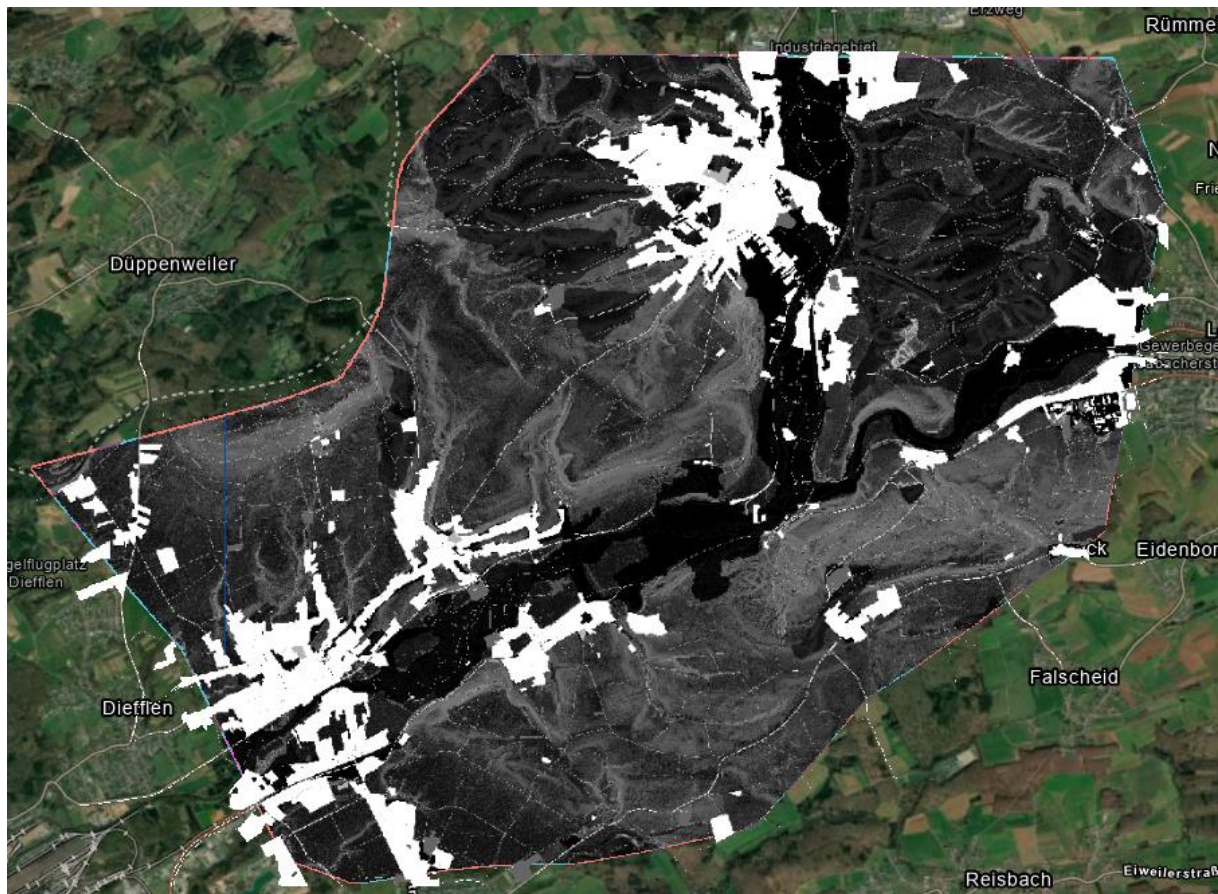


ABBILDUNG 6: FLÄCHENDIFFERENZIERTES ABFLUSSBEIWERTRASTER – NALBACH.

Um Verdolungen oder Brückenbauwerke zu erkennen, wird in der Regel eine Vorsimulation durchgeführt. Durch diese Vorsimulation können im Voraus "Hot-Spots" identifiziert werden, an denen sich besonders viel Oberflächenwasser ansammelt, welche auf Fließblockaden hinweisen können. Diese werden dann im Modell genauer untersucht. Anhand dieser Simulation und Betrachtung wird anschließend entschieden, ob das digitale Geländemodell (DGM) an dieser Stelle freigeschnitten wird oder ob Erfahrungswerte zur Modellierung herangezogen werden. Solche Erfahrungswerte können beispielsweise die Dimension und das Gefälle an diesen Stellen betreffen, um sicherzustellen, dass das Wasser kontinuierlich weitergeleitet wird und nicht an einer bestimmten Stelle stagniert.

Verdolungen verlaufen teilweise kanalisiert entlang der Ortschaft, was eine Verifizierung des genauen Verlaufs des Durchlasses erschwert. Im Modell werden daher Vereinfachungen vorgenommen. Diese Vereinfachungen sehen vor, eine lineare Verbindung von einem Punkt A (Wasserentnahme) zu einem Punkt B (Wasserabgabe) zu schaffen. Trotz der Vereinfachungen ist das Modell in der Lage, die Auswirkungen von Starkregenereignissen auf die Abflussstruktur präzise und realitätsnah darzustellen. In Kombination mit der Berücksichtigung von Gebäuden kann die Genauigkeit des Modells erhöht werden und die Auswirkungen von Hochwasserereignissen besser vorhersagen und Maßnahmen zur Prävention ableiten zu können.



ABBILDUNG 7: BEISPIEL DARSTELLUNG LINEARER VERBINDUNGEN IN DER ORTSCHAFT PIESBACH

Nachfolgend wird anhand einer Ortschaft „Nalbach“ beispielhaft grafisch dargestellt, wie Brückenbauwerke und Verdolungen vereinfacht im Modell dargestellt und in der Berechnung Berücksichtigung finden.

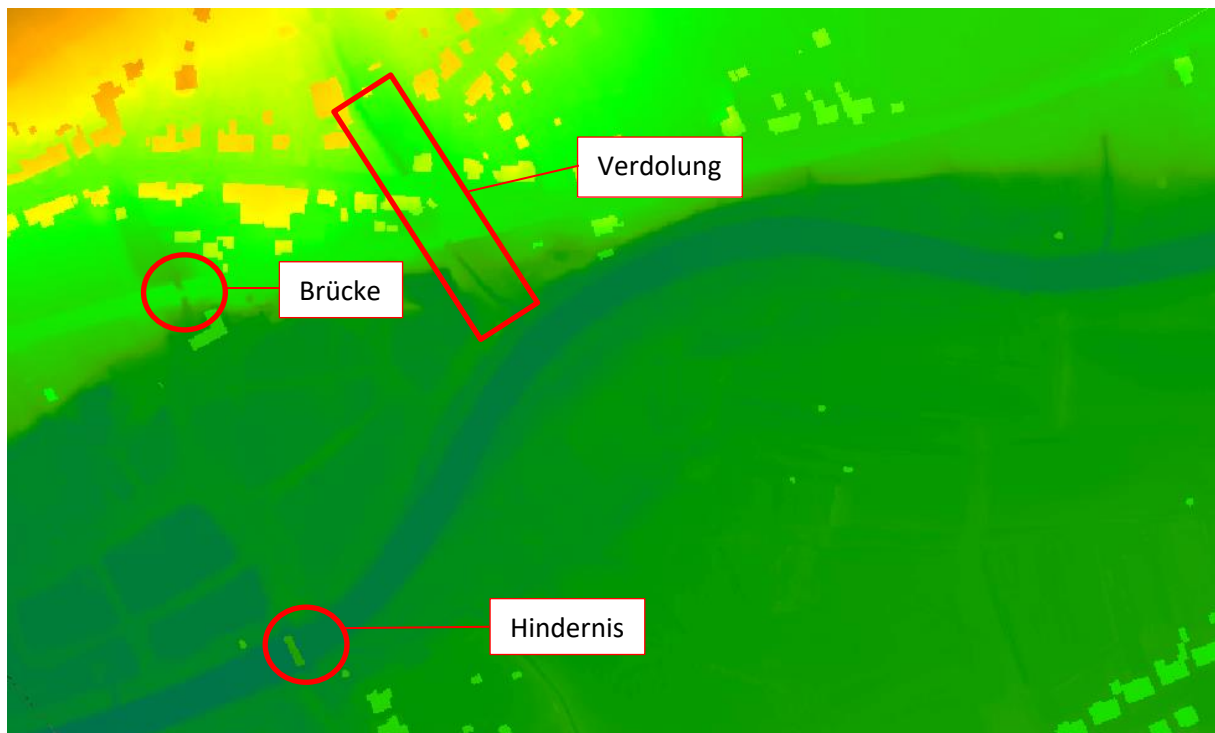


ABBILDUNG 8: BEISPIEL ORTSCHAFT NALBACH – VERDOLUNGEN UND BRÜCKENBAUWERK/HINDERNIS.



ABBILDUNG 9: WIE ZUVOR – LINEARER VERBINDUNG MIT DURCHMESSER ANNAHME UND FREISCHNITT DER BRÜCKE.

2.5 SIMULATION

Für die Starkregengefahrenkarten werden zwei Berechnungen, mit zwei unterschiedlichen Regenintensitäten vorgenommen. Dabei weist Lastfall 1 eine Regenintensität von 50 mm/h und Lastfall 2 eine Intensität von 90 mm/h auf. Die rechenrelevanten Niederschlagsganglinien ergeben sich, indem beide Lastfälle nach dem Euler-Typ-II verteilt werden (Abflussspitze nach 15 min).

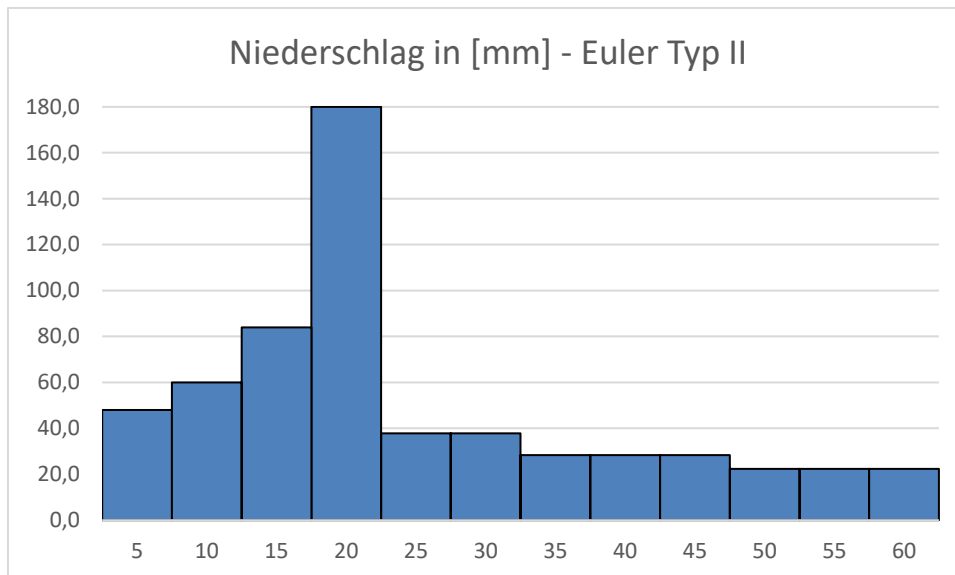


ABBILDUNG 10: NIEDERSCHLAGVERTEILUNG IN MM NACH EULER TYP II.

Im Modell werden die hydraulischen Eigenschaften des Kanalnetzes nicht berücksichtigt, da es sich um ein Worst-Case-Szenario handelt, bei dem angenommen wird, dass das Netz innerhalb weniger Minuten seine Kapazitätsgrenzen erreicht hat und kein weiteres Oberflächenwasser aufnehmen und ableiten kann. Infolgedessen besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit, dass das Wasser an einer anderen Stelle des Netzes unter Druck wieder austritt. Das Modell simuliert jeweils eine Stunde Niederschlag und wählt eine Nachlaufzeit von zwei Stunden, um sicherzustellen, dass die Abflusswelle das gesamte Projektgebiet durchläuft. Dadurch kann das Endergebnis die maximalen Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten während eines Starkregens zeigen.

Vor jeder Simulation wird eine Vorsimulation des Projektgebiets durchgeführt, die eine grobe Berücksichtigung von Rauigkeits- und Abflussbeiwerten beinhaltet. Diese Ergebnisse dienen als Grundlage für Diskussionen und Ortsbegehungen, um kritische Bereiche, Durchlässe, Brückenbauwerke oder andere abflussrelevante Strukturen zu verifizieren.

Die finale Simulation erfordert eine erheblich zeitaufwendigere Vorbereitung, bei der die Rauigkeits- und Abflussbeiwert-Raster des Projektgebiets flächendifferenziert aufbereitet werden. Im Gegensatz zu einem pauschalen Abflussbeiwert führt eine detaillierte Betrachtung der Abflussbeiwerte und Rauigkeiten zu genaueren Ergebnissen. Insgesamt sind vier Simulationsdurchläufe geplant, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse ausreichend präzise sind.

Um sicherzustellen, dass das Modell keine ungewollten Störungen aufweist, werden Brückenbauwerke, die möglicherweise ein Fließgewässer modelltechnisch zum ungewollten Einstau führen könnten, gegebenenfalls aus dem digitalen Geländemodell "herausgeschnitten". Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass die Simulation annähernd, genaue Ergebnisse liefert.

Nach Abschluss der Simulation wird eine GIS-basierte Analyse und Visualisierung (Post-Processing) der vereinfachten 2D-Überflutungssimulation des Projektgebiets durchgeführt. Als Ergebnis werden Karten generiert, die Tiefen, Fließwege, Fließgeschwindigkeiten sowie die Ausdehnung des Überflutungsbereichs bei oder nach einem Starkregenereignis darstellen.

Mithilfe dieser Karten können die Richtung und die möglichen Sammelbereiche des Oberflächenwassers nach einem Ereignis abgeschätzt werden. Insbesondere kritische Bereiche, sogenannte "Hot-Spots", können identifiziert werden. Diese Karten können in Bürgerworkshops genutzt werden, um die Bevölkerung zu sensibilisieren und Schutzmaßnahmen zu entwickeln. Dadurch können mögliche Schäden durch Starkregenereignisse minimiert und die Sicherheit der Gemeinschaft verbessert werden:

- ➔ Kommunen und Bürger auf den Starkregenfall vorbereiten
- ➔ Abflusswege erkennen, freihalten und zur gefahrlosen Ableitung neue schaffen
- ➔ Vorsorgemaßnahmen zum individuellen Schutz/Baulicher Objektschutz, Elementarschadensversicherung/ Verhaltensvorsorge

2.6 DARSTELLUNG

Wie oben beschrieben, werden für jeden einzelnen Pixel, also jeden einzelnen Quadratmeter Wassertiefen alle fünf Minuten rausgeschrieben. Über eine Simulationsdauer von drei Stunden ergibt das 36 Raster. In jedes Raster kann über die Zeit durch die Ganglinie und die damit fortlaufende Abflusswelle unterschiedliche Wassertiefen geschrieben werden. Interessant sind allerdings für eine „Worse-Case“ Darstellung nur jene Pixel, die das Maximum an den jeweiligen Punkten darstellen. Deshalb erfolgt für die Endfassung des Kartenmaterials die Generierung eines Maximum-Rasters für Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten. In diesem werden für jeden einzelnen Pixel aus allen Rastern, jeweils das Maximum rausgeschrieben.

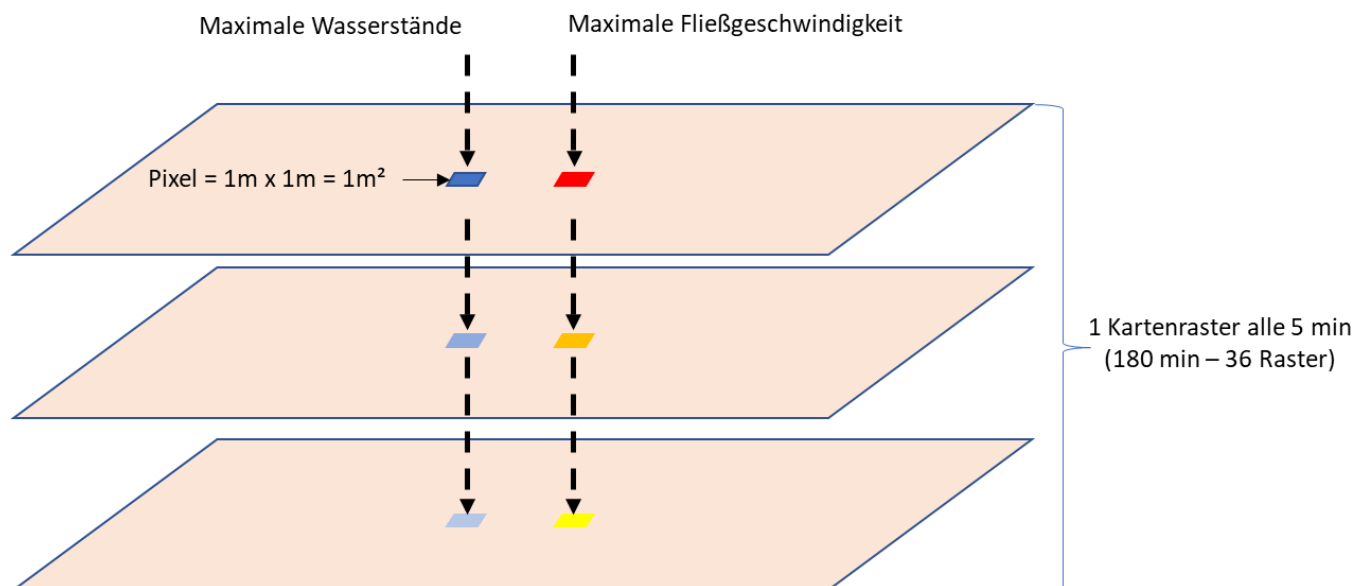


ABBILDUNG 11: DARSTELLUNG DER AUSSCHREIBPROZEDUR NACH LAYERN.

Zur Interpretation des Starkregenabflusses wird folgende Farbskalierung vorgesehen. Helle Blautöne stellen jene Überflutungsbereiche im Kartenmaterial dar, welche geringe Wassertiefen aufweisen. Dunklere Blautöne stellen besonders tief überschwemmte Bereiche dar. Um den übermäßigen geringeren Flächenabflussanteil zu reduzieren, welcher meist in den Hanglagen ersichtlich ist, werden Wassertiefen erst ab $\geq 0,05$ m in der Karte angezeigt.

Analog dazu zeigen die Karten mit den Fließgeschwindigkeiten auch die maximalen Fließgeschwindigkeiten mit der dazugehörigen Fließrichtung. Die Fließgeschwindigkeiten werden wie die Überflutungstiefen dargestellt. Anders ist hier die Farbskalierung. Gelbe Fließwegflächen stellen langsamere, orangene moderate und rote schnelle Fließgeschwindigkeiten dar. Fließgeschwindigkeiten kleiner $0,20$ m/s wurden analog zu den Wassertiefen herausgefiltert.

In der vereinfachten 2D-Überflutungsberechnung finden abflussrelevante Strukturen wie Gebäude, Mauern, Brückenbauwerke auf Basis gelieferter LoD1-Datensätze Berücksichtigung. Bedeutet, die Gebäude stellen ein Fließhindernis dar. Das kann dazu führen, dass sich anders als bei anderen Modellansätzen abweichende Fließwege und -tiefen ergeben können. Zudem kann sich nun an Objekten, wie Gebäuden das Oberflächenwasser anstauen. Deshalb kann in eine separate Betrachtung des Überflutungsrisikos Aufschluss darüber geben, ob und in welchem Maße bestimmte Bereiche von Starkregenereignissen betroffen sind. Hierzu wird eine spezielle Karte erstellt, die das zu erwartende Risiko grafisch darstellt.

In der sogenannten Risikoanalyse wird ein Zusammenhang zwischen Überflutungstiefe und Fließgeschwindigkeit hergestellt, um das Risiko für verschiedene Objekte zu bewerten. Mithilfe des in Abbildung 9 dargestellten Verschnitts können diese Objekte farblich in drei Stufen klassifiziert werden: gelb (mäßiges Risiko), orange (hohes Risiko) und rot (sehr hohes Risiko). Auf diese Weise können Bereiche identifiziert werden, in denen ein erhöhtes Risiko für Gefahren und Schäden besteht. Die Darstellung des Gefährdungsrisikos erfolgt mit dem Gedanken, dass alle Gebäude von Starkregen betroffen sein können und somit als potenzielle Risikoobjekte zu betrachten sind. Dies bedeutet, dass keine Differenzierung zwischen verschiedenen Gebäudetypen wie Wohnobjekten, öffentlichen Gebäuden, Schulen und Krankenhäusern erfolgt.

Gefährdung				
	Fließgeschwindigkeit			
Überflutungstiefen	< 0,20 m/s	0,20 - 0,50 m/s	0,50 - 2,00 m/s	> 2,00 m/s
0,05 - 0,30 m	mäßig	mäßig	hoch	sehr hoch
0,30 - 0,50 m	hoch	hoch	sehr hoch	sehr hoch
0,50 - 1,00 m	hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch
> 1,00 m	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch

ABBILDUNG 12: RISIKOMATRIX (VERSCHNITT AUS Wassertiefe und Fließgeschwindigkeiten).



ABBILDUNG 13: BEISPIEL DARSTELLUNG DER GEFÄHRDETEN OBJEKTE ANHAND DER RISIKOMATRIX.

3 FAZIT

Durch die Erstellung von Karten und Simulationsmodellen können die Ergebnisse sehr zielgerichtet und effizient zum Kampf gegen die „Hochwasser Demenz“ eingesetzt werden. Hier sind viele Kommunikationswege denkbar, weshalb im Folgenden nur andeutungsweise die Wesentlichen aufgezeigt werden. Es ist besonders wichtig, dass die Sensibilisierung regelmäßig und in angemessenen Abständen erfolgt.

- Veröffentlichung von Kartenausügen im amtlichen Nachrichtenblatt
- Radiohinweise
- Publikationen auf der Webseite der Gemeinde
- Hinweise in Reden von Amtsträgern (Bürgermeisterinnen / Bürgermeister)
- Aufstellen von Hinweistafeln an Hot-Spots

Hochwasser gab es immer und wir es immer geben. Einen 100-prozentigen Schutz wird es auch in Zukunft nicht geben, dies ist eine Tatsache! Wir können uns also nicht gegen jedes Hochwasser schützen, aber wir können und müssen das Bewusstsein in der Bevölkerung für solche Katastrophen schärfen. Hier leisten Starkregengefahrenkarten einen signifikanten Beitrag beim Kampf gegen die Hochwasser-Demenz. Nicht zuletzt deshalb sollte und muss die Erstellung von Starkregengefahrenkarten und Flash-Flood-Simulationen flächendeckend vorangetrieben werden! *(Prof. Dr. T.Kreiter/M.Eng. A.Leidinger – LSC Journal)*

Eine Gefahr bürgt zudem hochwasserresiliente Brücken, durch die das im Fluss entstehende Hochwasser verstärken.

Um einen wirkungsvollen Hochwasserschutz zu erzielen, müssen natürliche und technische Hochwasserrückhalteräume kombiniert werden, sodass mehr Raum für den Fluss, Objektschutz und Eigenversorgung, weniger hochwasserresiliente Brücken

Aufgestellt

Trier den 30.05.2023



M.Eng. Alexander Leidinger

Projektleiter