

## Projektbericht

# Zweidimensional hydrodynamische Modellierung für einen Abschnitt der Fulda im Vogelsbergkreis



Auftraggeber

**Regierungspräsidium Gießen**

Aachen, August 2019

<b>Zuständige Behörde</b>	Regierungspräsidium Gießen Abteilung IV Umwelt – Dezernat 41.2, Oberirdische Gewässer HW-Schutz Marburger Straße 91 35396 Gießen
<b>Bearbeiter BR</b>	Herr Hilmar Koch, Herr Florian Vielhauer, Herr Jürgen Schneider (HWRMP)
<b>Bearbeitendes Ingenieurbüro</b>	Hydrotec Bachstraße 62 – 64 52066 Aachen
<b>Bearbeiter IB</b>	Herr Rainer Räder (P2015)
<b>Zeitraum</b>	9. August 2017- laufend
<b>Teilprojekt-Kürzel</b>	wird nach landesweitem Standard vergeben und ist eine eindeutige Bezeichnung für ein HWGK/HWRK-Projekt einer Bezirksregierung
<b>Bearbeitete(s) Gewässer</b>	Fulda im Vogelsbergkreis
<b>Status</b>	Endabgabe

Das Titelbild zeigt die Fulda bei Unter-Schwarz (Foto: Hydrotec).

Aachen, August 2019

(Dipl.-Ing. Rainer Räder)

(Dipl.-Geogr. Lisa Friedeheim)

© Hydrotec

Jegliche anderweitige, auch auszugsweise, Verwertung des Berichtes, der Anlagen und ggf. mitgelieferter Projekt-Datenträger außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Auftraggebers unzulässig. Dies gilt insbesondere auch für Vervielfältigungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>Anlagenverzeichnis</b>	<b>5</b>
<b>1 Einführung</b>	<b>6</b>
1.1 Anforderungen und Ziele der EG-HWRM-RL .....	6
<b>2 Grundlagendaten für die Erstellung der Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten</b>	<b>7</b>
2.1 Topographie und Vermessung .....	7
2.1.1 Geländemodell.....	7
2.1.2 Gewässervermessung .....	7
2.1.3 Topographische Karten und Orthofotos .....	7
2.2 Landnutzung .....	7
2.3 Hydrologie.....	8
2.4 Modellerstellung .....	8
2.4.1 Flussnetzerstellung.....	8
2.4.1.1 Attributierung der Querprofile .....	9
2.4.1.2 Erzeugen von Längsstrukturen.....	10
2.4.1.3 Erzeugen von Querlinien .....	13
2.4.2 Vorlandnetzerstellung .....	14
2.4.2.1 Bearbeitung von Straßen und Gräben .....	14
2.4.2.2 Bearbeitung der Gebäude .....	15
2.4.3 Bauwerke.....	16
2.4.3.1 Brücken.....	16
2.4.3.2 Wehre.....	16
2.4.3.3 Durchlässe im Vorland .....	17
2.5 Kalibrierung.....	17
2.6 Überflutungsflächen/-tiefen .....	18
2.6.1 Glättung der Wasseranschlagslinie.....	19
2.6.2 Gebäude im Bereich der Wasserspiegellinie.....	19
2.6.2.1 Freistellen von Brücken .....	20
2.6.3 Anschluss von Dammlagen.....	20
2.6.4 Freistellen einer Kläranlage .....	21
2.6.5 Silolagerstätte mit aufnehmen.....	22
2.6.6 Entfernen von Inseln im Bereich von Brücken.....	22
2.6.7 Inseln und Pfützen .....	22

<b>3</b>	<b>Ergebnisdokumentation</b>	<b>24</b>
3.1	Erstellen des Flurstücksverzeichnisses .....	24
3.2	Erstellen von Querprofildarstellungen.....	24
3.3	Erstellen eines hydraulischen Längsschnitts .....	24
3.4	Erstellen der Kartenwerke nach Vorgabe des HWRMP Fulda .....	24
3.5	Erstellen der Kartenwerke nach RKH-Konvention .....	25
<b>4</b>	<b>Hochwasserdefizite und Maßnahmen</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>Beteiligungsverfahren und Information der Öffentlichkeit</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>29</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Attributiertes Querprofil .....	9
Abbildung 2-2:	Einlaufprofil und kopiertes Auslaufprofil einer Brücke (Pfordter Str.) .....	10
Abbildung 2-3:	Optimierte Lage der Gewässerachse (rot: GewLinie_RHK; blau: optimierte Lage der Achse) .....	10
Abbildung 2-4:	Längsstrukturen auf einem Gewässerabschnitt .....	11
Abbildung 2-5:	Vergleich der Netzgenerierung zwischen attributiertem (unten) und nicht attributiertem (oben) Vermessungsprofil .....	12
Abbildung 2-6:	Querprofil mit Attributen .....	12
Abbildung 2-7:	Gewässerabschnitt mit Hilfsprofilen (grün) .....	13
Abbildung 2-8:	Flussnetzabschnitt und vermessene Querprofile .....	13
Abbildung 2-9:	Gegenüberstellung Vermessung / 2D-Modell .....	14
Abbildung 2-10:	Straßen (gelb) und Gräben (grün) in der Nähe von Pfordt .....	15
Abbildung 2-11:	Gebäudeumgriffe in Queck .....	15
Abbildung 2-12:	Abbildung der Bogenbrücke bei Pfordt .....	16
Abbildung 2-13:	Wehrschwelle bei Hemmen im 2D-Modell mit Vermessungspunkten .....	16
Abbildung 2-14:	Lage und Dimension der Durchlässe im Vorland .....	17
Abbildung 2-15:	Originale (rot) und geglättete (gelb) Anschlaglinie des Wasserspiegels ....	19
Abbildung 2-16:	Gebäude im und am Überflutungsgebiet .....	19
Abbildung 2-17:	Freigestellte Brücke bei Unter-Schwarz .....	20
Abbildung 2-18:	Anschluss einer überströmten Geländestruktur nördlich von Rimbach .....	20
Abbildung 2-19:	Geländestrukturen in Rimbach .....	21
Abbildung 2-20:	Freigestellte Kläranlage nördlich von Rimbach .....	21
Abbildung 2-21:	Silolagerstätte .....	22
Abbildung 2-22:	Umströmte Brücke bei Queck .....	22
Abbildung 3-1:	Verzeichnisstruktur HWRMP .....	25
Abbildung 3-2:	Verzeichnisstruktur RKH .....	25
Abbildung 4-1:	Detailausschnitt Steckbrief am Beispiel von Brennpunkt 5 (Queck) .....	26
Abbildung 4-2:	Zusammenstellung der Maßnahmen am Beispiel von Queck .....	27

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Abflussverteilung der Fulda .....	8
Tabelle 2-2:	$K_{st}$ -Werte der Materialbelegung .....	18

## Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Begehungskarten und Vorbereitung der Vermessung; M 1 : 10.000; 7 Blätter DIN-A3
- Anlage 2: Detailplanung Vermessung; M 1 : 2.000; 36 Blätter DIN-A3
- Anlage 3: Vergleich Querschnitte Vermessung / Modellierung; MdB variiert; MdH 1 : 100; 208 Blätter DIN-A4
- Anlage 4: ÜSG HQ100 Vergleich; M 1 : 5.000, 16 Blätter DIN-A3
- Anlage 5: Sensitivitätsanalyse / Kalibrierung; M 1 : 5.000, 16 Blätter DIN-A3
- Anlage 6: Hydraulischer Längsschnitt; Sensitivitätsanalyse; MdL 1 : 5.000; MdH 1 : 100; 18 Blätter DIN-A4
- Anlage 7: Wassertiefenklassen HQ100; M 1 : 5.000; 16 Blätter DIN-A3
- Anlage 8: ÜSG (Wasserlinie) HQ100; M 1 : 5.000; 16 Blätter DIN-A3
- Anlage 8a: modifizierte ÜSG (Wasserlinie) HQ100; M 1 : 5.000; 16 Blätter DIN-A3
- Anlage 9: Wassertiefenklassen HQ100; modifizierter Blattsschnitt; M 1 : 5.000; 15 Blätter DIN-A3
- Anlage 10: Querprofilardarstellung (vermessener Bereich) HQ10, HQ100, HQextrem; MdL variiert; MdH 1 : 200; 188 Blätter DIN-A4
- Anlage 11: Querprofilardarstellung (verlängerte Querprofile) HQ10, HQ100, HQextrem; MdL variiert; MdH 1 : 200; 188 Blätter DIN-A4
- Anlage 12: Hydraulischer Längsschnitt der Fulda HQ10, HQ100, HQextrem; MdL 1 : 5.000, MdH 1 : 100; 18 Blätter DIN-A3
- Anlage 13 a-c: Flurstücksverzeichnisse HQ10 (a), 24 Blätter A4, HQ100 (b), 26 Blätter DIN-A4 und HQextrem (c), 27 Blätter DIN-A4

# 1 Einführung

Gemäß Artikel 6 der Hochwasserrichtlinie sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten zu erstellen. Diese Karten sind auf der Ebene der Flussgebietseinheiten und im bestgeeigneten Maßstab für Gebiete zu erstellen, bei denen ein potenziell signifikantes Hochwasserrisiko gemäß Art. 5 bzw. Art.13 Abs. 1 Buchstabe a besteht, bzw. für die Gebiete, bei denen die Mitgliedstaaten entscheiden, Hochwasserkarten gemäß Art. 13, Abs. 1, Buchstabe b (Art. 6 Abs. 1) zu erstellen. Die Mitgliedstaaten werden den bestgeeigneten Maßstab für die Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten festlegen, wobei z.B. je nach erfasstem Gebiet oder der Art der Karte unterschiedliche Maßstäbe möglich sind. Der Maßstab, in dem Informationen auf europäischer Ebene über WISE zur Verfügung gestellt werden, ist etwas anderes, und die Visualisierung von Informationen in Bezug auf Hochwasser in WISE (im Maßstab 1:250.000) wird in einer separaten GIS-Leitlinie (CIS-Leitlinie Nr. 22, neuer Anhang 13) entwickelt werden. Den Mitgliedstaaten ist es überlassen, je nach Art des spezifischen Hochwassers unterschiedliche Hochwasserkarten zu erstellen, solange die Bestimmungen der Richtlinie eingehalten werden.

Die Hochwassergefahrenkarten müssen die geografischen Gebiete erfassen, die bei unterschiedlichen Szenarien überflutet werden könnten (Art. 6, Abs. 3), während Hochwasserrisikokarten die potenziellen hochwasserbedingten nachteiligen Auswirkungen der unterschiedlichen Hochwasserszenarien (Art. 6, Abs. 5) aufzeigen müssen. Die Hochwasserkarten sind für folgende Hochwasserszenarien zu erstellen:

- Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit (**HQextrem**)
- Hochwasser mit mittlerer Wahrscheinlichkeit (**HQ100**)
- Hochwasser mit hoher Wahrscheinlichkeit (z.B. **HQ10**)

Die Mitgliedstaaten haben bei der Zuordnung spezifischer Hochwasserwahrscheinlichkeiten zu diesen Szenarien Ermessensspielraum. Für jedes dieser Szenarien müssen die Mitgliedstaaten Angaben zum Ausmaß der Überflutung und der Wassertiefe bzw. dem Wasserstand machen (Art. 6 Abs. 4). Gegebenenfalls können die Mitgliedstaaten auch Angaben zu Fließgeschwindigkeiten oder dem relevanten Wasserabfluss machen. (vgl. EU 2010)

## 1.1 Anforderungen und Ziele der EG-HWRM-RL

Am 26. November 2007 ist die europäische Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie in Kraft getreten (EG-HWRM-RL 2007). Ziel der Richtlinie ist eine Verdeutlichung der Hochwasserrisiken und eine Verbesserung der Hochwasservorsorge und des Risikomanagements. Sie wurde am 31. Juli 2009 durch Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) gleichlautend in bundesdeutsches Recht umgesetzt.

Die Umsetzung der Richtlinie in Deutschland wird begleitet durch einen ständigen Ausschuss der LAWA (Hochwasserschutz und Hydrologie (AH)), der Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten herausgebracht hat (LAWA 2010). Diese Empfehlungen „*enthalten Standards*“ für die Umsetzung „*der Mindestanforderungen der HWRM-RL an Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten mit dem Ziel, weitgehend inhaltlich und, soweit möglich, gestalterisch einheitliche Kartenwerke zu erstellen, die über Ländergrenzen hinweg zusammenpassen*“ (vgl. LAWA 2010, S. 8).

Erklärtes **Ziel der EG-HWRM-RL** ist die Verdeutlichung der Hochwasserrisiken und eine Verbesserung der Hochwasservorsorge und des Risikomanagements

## 2 Grundlagendaten für die Erstellung der Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten

Um HWGK und HWRK erstellen zu können, sind Grundlagendaten notwendig. Diese wurden zum Teil durch Hydrotec erarbeitet, zum Teil durch den Auftraggeber bzw. andere Institutionen bereitgestellt.

In den folgenden Kapiteln werden die erforderlichen Daten, deren Herkunft sowie deren Erhebungsstand kurz erläutert.

### 2.1 Topographie und Vermessung

#### 2.1.1 Geländemodell

Die Laserscan-Daten wurden im Oktober 2017 vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Sie liegen im Ein-Meter-Raster vor.

Auf Basis dieses Raster wurde im GIS ein digitales Geländemodell erstellt. Der aquatische Bereich sowie die bei der Vermessung aufgenommenen Vorlandstrukturen wurden ins Geländemodell übernommen.

#### 2.1.2 Gewässervermessung

Zur Vorbereitung der Vermessung wurde durch den Auftragnehmer am 18. September 2017 eine Gewässerbegehung durchgeführt. Grundlage dieser Begehung waren Begehungskarten, die als Anlage 1 der digitalen Abgabe beigefügt sind. Basierend auf den Erkenntnissen dieser Begehung wurden Karten für die Vermessung erstellt, auf denen die zu vermessen den Querprofile und Längsstrukturen detailliert eingezeichnet wurden (siehe Anlage 2). Die Vermessungskarten wurden dem Auftraggeber zur Kenntnis und Prüfung zur Verfügung gestellt.

Die Gewässervermessung wurde durch den Geo Ingenieur Service Süd GmbH & Co. KG zwischen November 2017 und Januar 2018 durchgeführt. Insgesamt wurden 192 Profile vermessen; davon zehn Bauwerke. Die Daten wurden im Bezugssystem UTM ETRS89 mit dem Höhenstatus DHHN92 aufgenommen.

In enger Abstimmung mit dem HNLUG wurde die Stationierung anhand eigens gelieferter Stationierungsshapes durchgeführt.

#### 2.1.3 Topographische Karten und Orthofotos

Für die Darstellung von topographischen Karten als Hintergrund der Überflutungskarten wurde ein vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie zur Verfügung gestellter wms-Dienst genutzt ([www.geodatenzentrum.de](http://www.geodatenzentrum.de): WebAtlasDE).

Die Orthofotos wurden vom Auftraggeber in Form von 18 einzelnen Tif-Bildern geliefert. Die Bilder wurden im GIS zu einem Rasterkatalog in einer Geodatenbank zusammengefasst.

### 2.2 Landnutzung

Die vorhandene Landnutzung hat maßgeblichen Einfluss auf die Strömungsverhältnisse und wird im hydraulischen Modell entsprechend abgebildet. Im terrestrisch vermessenen Gewässerbereich wurden Rauheits- und auch Bewuchsparameter im Rahmen der Begehung vor Ort festgelegt. Für die Vorlandbereiche wurden Rauheitsparameter und ggfs. Bewuchsparameter abgeleitet aus den Flächen der Landnutzung in das hydraulische Modell integriert.

Die Zuweisung der Rauheiten erfolgte auf Grundlage der Nutzungsdaten aus ATKIS (Dateneingang November 2017), die durch das HNLUG zur Verfügung gestellt wurden. Den ATKIS-



Nutzungen wurden klassifizierte Rauheitsbeiwerte zugewiesen, die sich aus langjähriger Erfahrung bei hydraulischen Berechnungen als passend für die jeweilige Nutzung erwiesen haben. Die verwendeten Rauheitsbeiwerte können der Tabelle 2-2 im Kap. 2.5 entnommen werden.

## 2.3 Hydrologie

Ein hydrologischer Längsschnitt wurde im September 2017 durch das HLNUG für die Jährlichkeiten HQ10, HQ100 und HQextrem zur Verfügung gestellt. Die Zuflüsse sind auf ganze m<sup>3</sup>/s gerundet in Tabelle 2-1 zu sehen.

Tabelle 2-1: Abflussverteilung der Fulda

<b>Abflusslängsschnitt Fulda LK Vogelsberg</b>				
<b>Gebietsbezeichnung Anfang</b>	<b>Gebietsbezeichnung Ende</b>	<b>HQ10 [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>HQ100 [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>HQextrem [m<sup>3</sup>/s]</b>
von unterhalb Mündung der Lüder	bis oberhalb Mündung des Tränkebachs	216	350	455
von unterhalb Mündung des Tränkebachs	bis oberhalb Mündung des Saugrabens	216	351	456
von unterhalb Mündung des Saugrabens	bis oberhalb Mündung des Breitenbachs	217	352	457
von unterhalb Mündung des Breitenbachs	bis oberhalb Mündung des Rombachs	219	352	457
von unterhalb Mündung des Rombachs	bis oberhalb Mündung der Schlitz	225	355	461
von unterhalb Mündung der Schlitz	bis oberhalb Mündung des Haarwiesenbachs	290	496	644
von unterhalb Mündung des Haarwiesenbachs	bis oberhalb Mündung des Wiesbachs	290	496	644
von unterhalb Mündung des Wiesbachs	bis oberhalb Mündung des Weihersbrunnen	292	497	646
von unterhalb Mündung des Weihersbrunnen	bis oberhalb Mündung des Troßbachs	294	497	646
von unterhalb Mündung des Troßbachs	bis oberhalb Mündung des Schwarzbachs	294	497	646
von unterhalb Mündung des Schwarzbachs	bis zum Pegel Unter-Schwarz	297	499	646
vom Pegel Unter-Schwarz	bis oberhalb Mündung des Rodenbachs	297	499	648
von unterhalb Mündung des Rodenbachs	bis oberhalb Mündung der Jossa	297	499	648

## 2.4 Modellerstellung

### 2.4.1 Flussnetzerstellung

Anhand der vermessenen Querprofile, der Lage- und Höheninformationen aus dem geographischen Informationssystem (GIS) sowie aus den Erkenntnissen der Begehung wurde ein hochgenaues Flussnetz erzeugt.

Das Flussnetz wurde mit Rechteckselementen von etwa 2,5 Metern Breite und 7,5 Metern Länge abgebildet.

Das Vorgehen bei der Flussnetzerstellung wird im Folgenden beschrieben.

### 2.4.1.1 Attributierung der Querprofile

Um aus den Querprofilen den Gewässerverlauf zu extrahieren, mussten die Querprofile zunächst attribuiert werden. Jedem Querprofil wurden die Attribute „3“ (linkes Vorland), „5“ (linke Böschung), „6“ (linkes Ufer), „7“ (rechtes Ufer), „8“ (rechte Böschung) und „10“ (rechtes Vorland) zugewiesen (siehe Abbildung 2-1).

Bei Bauwerken waren zur exakten Abbildung weitere Attribute erforderlich. Für Widerlager und Pfeiler wurden die Attribute P1 bis Pn verwendet. Die Konstruktionsunterkante wurde mit dem Attribut „K“ versehen.

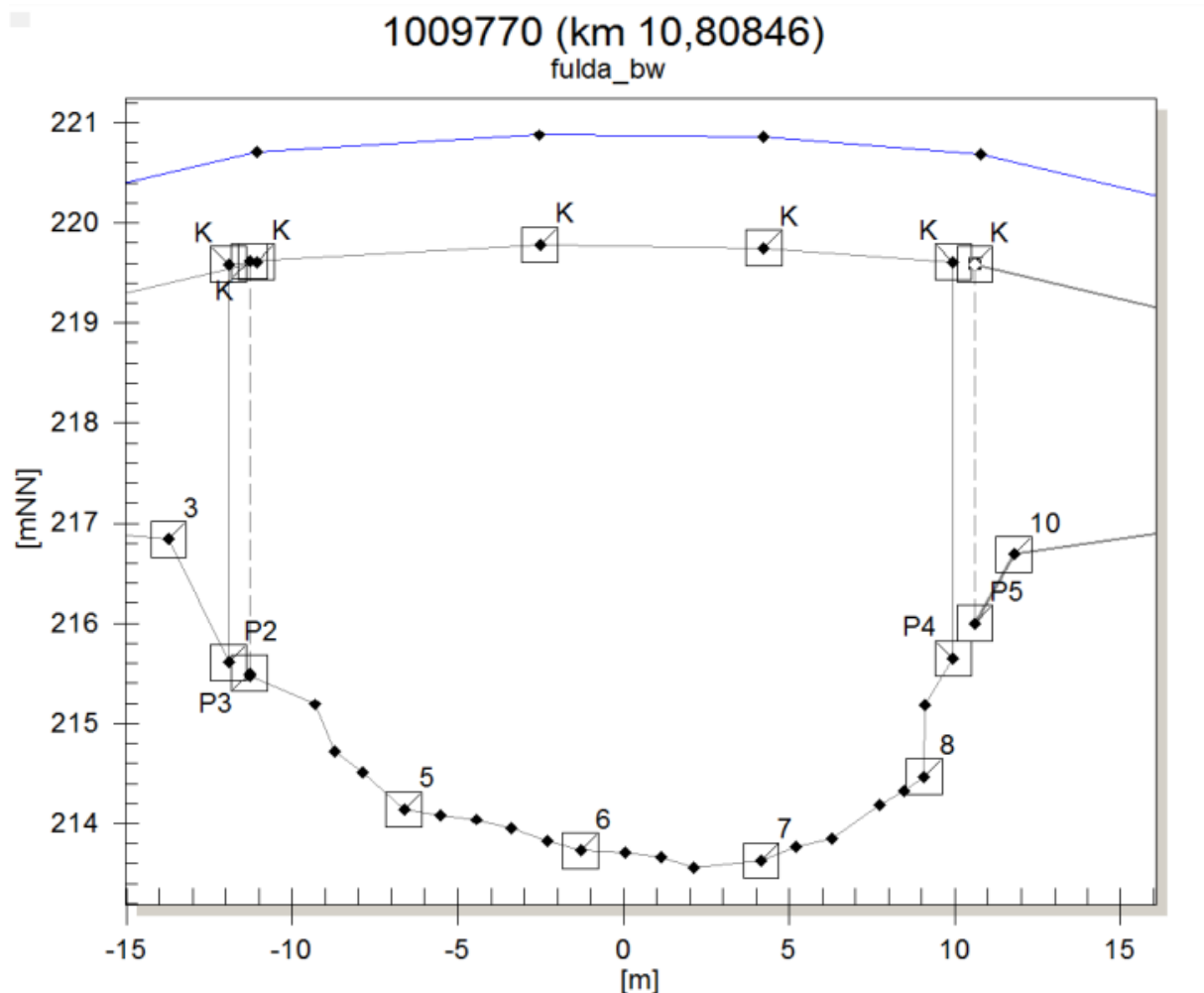


Abbildung 2-1: Attribuiertes Querprofil

Die Bauwerksprofile wurden am Einlauf vermessen. Anhand der Längenangabe und der Gewässerachse wurden die Profile zusätzlich an den Bauwerksauslauf kopiert. Dies war erforderlich, um Pfeiler, Widerlager und Konstruktionsunterkanten lagegenau abbilden zu können. In Abbildung 2-2 sind Einlauf- und kopiertes Auslaufprofil am Beispiel der Brücke an der Pfordter Straße in Pfordt dargestellt. In grün sind die Konstruktionsunterkanten der Brückenbögen erkennbar.



Abbildung 2-2: Einlaufprofil und kopiertes Auslaufprofil einer Brücke (Pfordter Str.)

#### 2.4.1.2 Erzeugen von Längsstrukturen

Als Grundlage für die Erzeugung der Längsstrukturen diente die Gewässerachse der Fulda, die vom HLNUG in Form der Shape-Datei „GewLinie\_RHK“ zur Verfügung gestellt wurde.



Abbildung 2-3: Optimierte Lage der Gewässerachse (rot: GewLinie\_RHK; blau: optimierte Lage der Achse)

Die Lagegenauigkeit und der Verlauf sind für die Längsstrukturen nicht hinreichend genau. Deswegen wurde die Lage unter Berücksichtigung der Vermessungsdaten, des digitalen Geländemodells sowie der Luftbilder des Gewässers korrigiert und in kurvigen Abschnitten mit mehr Stützpunkten ausgerundet. In Abbildung 2-3 ist ein Ausschnitt der Optimierung zu se-

hen. Bei den grünen und roten Punkten handelt es sich um die mit „3“ bzw. „10“ attribuierten Vermessungspunkte. Die lageverbesserte Gewässerachse ist in blau, die GewLinie\_RHK in Rot eingetragen. Der Gewässerabschnitt befindet sich kurz unterhalb der Pfordter Straße in Pfordt.

Die zugewiesenen Attribute wurden mithilfe der Gewässerachse zu Längsstrukturen verbunden. Die Höhen wurden dabei zwischen den Profilen interpoliert. Die so erzeugten Linien spiegeln den Gewässerverlauf gut wider (siehe Abbildung 2-4).

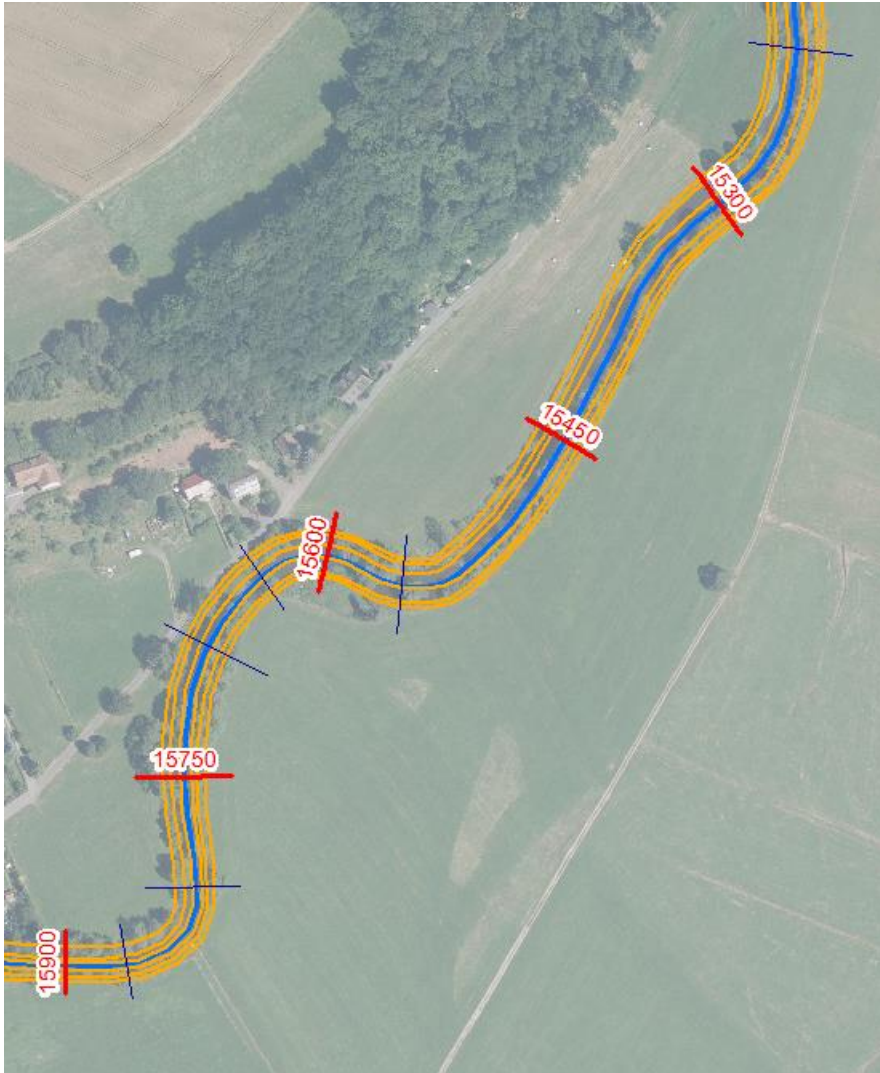


Abbildung 2-4: Längsstrukturen auf einem Gewässerabschnitt

Die erzeugten Längsstrukturen fließen als Elementkanten direkt in den Gewässerschlauch des 2D-Modells ein. Dadurch ist es möglich, eine geringere Elementanzahl über die Gewässersbreite zu verteilen und trotzdem die maßgebenden Kanten zu erfassen.

Die Vorgehensweise soll anhand von Abbildung 2-5 verdeutlicht werden. Das vermessene Profil ist in schwarz dargestellt. Das bei der Modellierung generierte Profil ist grün gefärbt. Die Netzknoten sind als grüne Kreise markiert. Im unteren Teil wurden die attribuierten Knoten mit roten Kreisen und zusätzlicher Beschriftung verdeutlicht.

Im oberen Teil wurde die Aufteilung mit äquidistanten Abständen vorgenommen. Die Böschungskanten werden dabei nicht oder nur unzureichend genau getroffen. Im unteren Teil der Abbildung wurden zusätzlich die Längsstrukturen als Zwangselementkanten verwendet. Die Böschungskanten werden genau erfasst. Es sind weniger Elementreihen erforderlich.

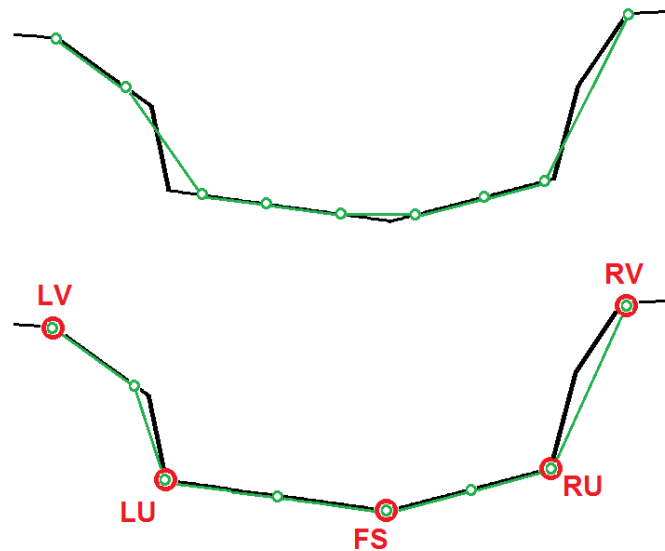


Abbildung 2-5: Vergleich der Netzgenerierung zwischen attributiertem (unten) und nicht attributiertem (oben) Vermessungsprofil

Da senkrechte oder nahezu senkrechte Wände in 2D-Modellen nicht abgebildet werden können, wurden steile Böschungen gegeneinander verschoben. Dabei wurde die Verschiebung auf Böschungsfuß und Böschungsoberkante aufgeteilt. Der minimale Punktabstand an der Fulda wurde auf einen Meter beschränkt.

Der Abstand wurde anhand von Skripten aus dem Abstand zwischen den attributierten Punkten „3“ und „5“ sowie „8“ und „10“ ermittelt (siehe Abbildung 2-6). Bei zu geringem Abstand wurde die Korrektur wie oben beschrieben manuell vorgenommen.

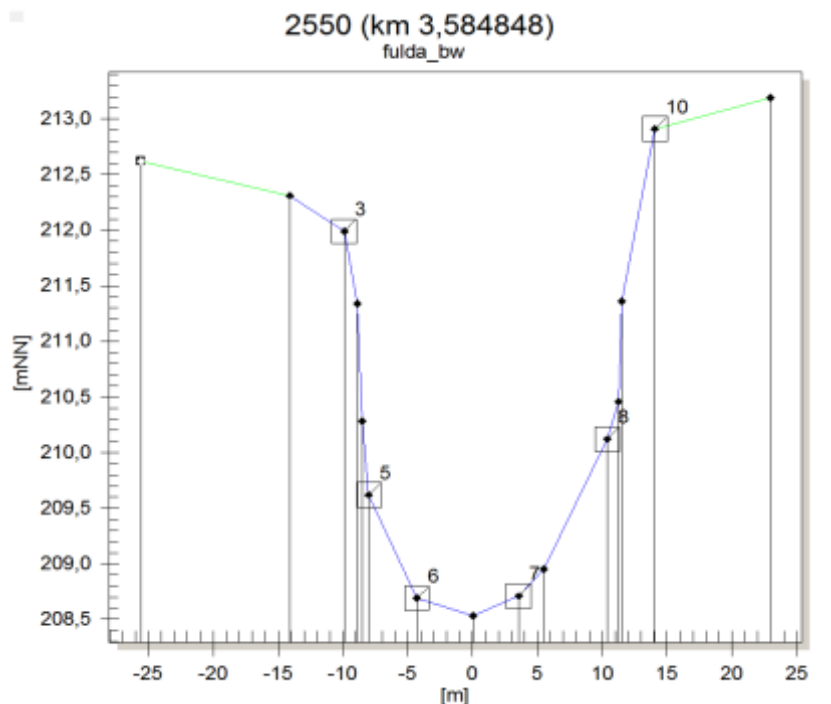


Abbildung 2-6: Querprofil mit Attributen

### 2.4.1.3 Erzeugen von Querlinien

Mithilfe einer Erweiterung in ArcGIS wurden auf Basis der Querprofile und der erzeugten Längslinien Querlinien erzeugt. Um bei stark mäandrierenden Gewässerabschnitten die Elementrichtung senkrecht zum Gewässer beizubehalten, wurden Hilfsprofile eingefügt.

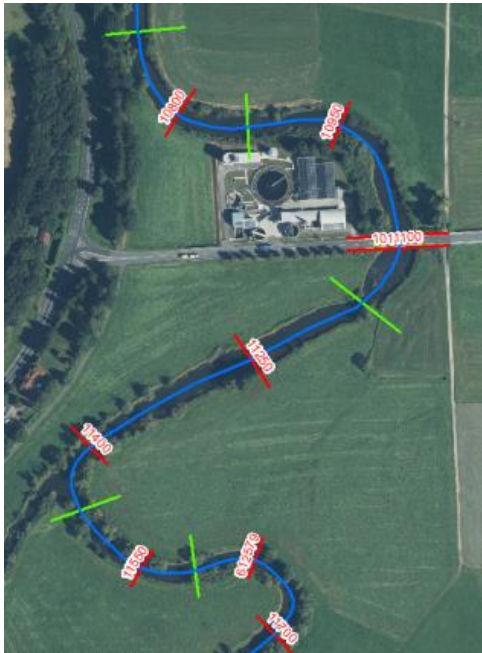


Abbildung 2-7: Gewässerabschnitt mit Hilfsprofilen (grün)

Für die Fulda wurden etwa 80 Hilfsprofile zur Ausrichtung des Flussschlauchs generiert.

Mithilfe einer weiteren ArcGIS-Erweiterung wurden aus den Längslinien, den Hilfsquerlinien und den Querprofilen Flussnetzstrukturen erzeugt. Als Ausgabe des GIS-Werkzeugs erhält man Längslinien für die spätere Höheninterpolation sowie Querlinien für die Generierung der Elemente in SMS. Ein Abschnitt des fertigen Flussnetzes ist in Abbildung 2-8 zu sehen.

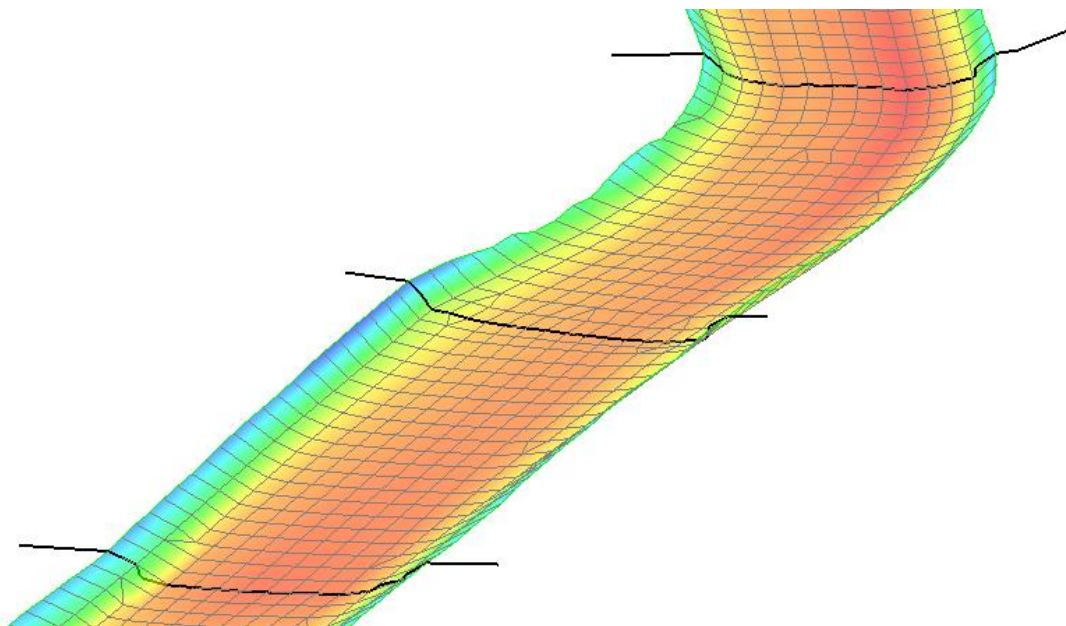


Abbildung 2-8: Flussnetzabschnitt und vermessene Querprofile

Die Qualität des erzeugten Flussschlauchs wurde auf mehreren Ebenen überprüft:

- Vergleich der vermessenen mit den im 2D-Modell generierten Querprofilen
- Visuelle Kontrolle durch einen „3D-Flug“ durch den Fluss (wie in Abbildung 2-8)

Die Ergebnisse der ersten Kontrolle wurden als Anlage 3 der digitalen Abgabe zugefügt. Ein Beispiel dieser Gegenüberstellung ist beispielhaft für Profil 4350 in Abbildung 2-9 dargestellt.

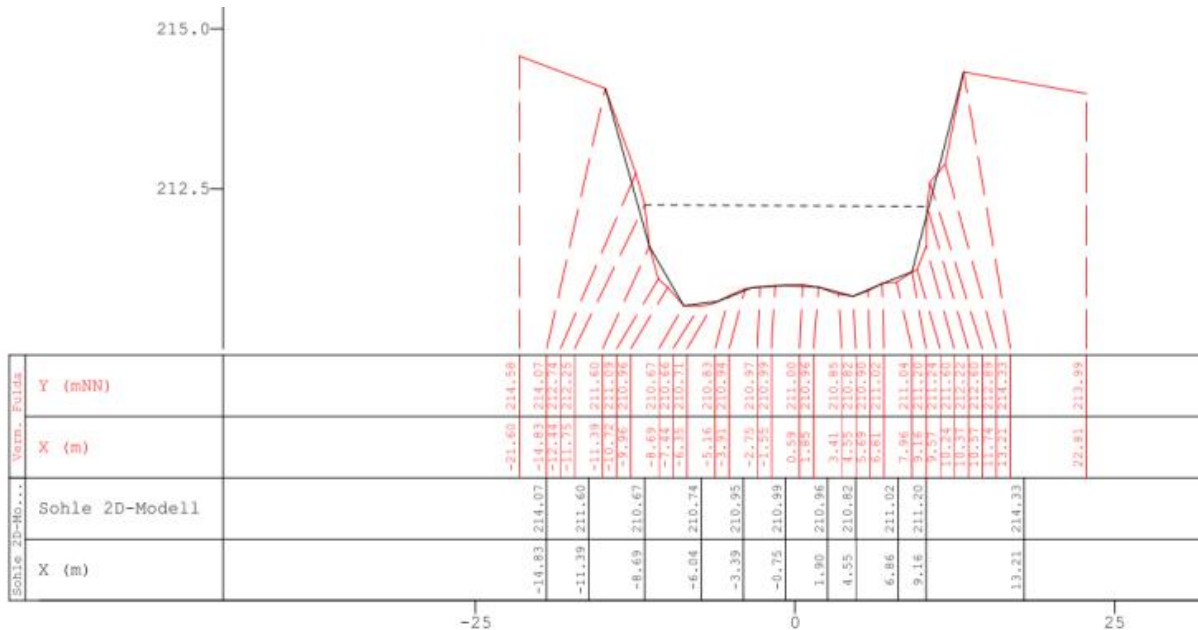


Abbildung 2-9: Gegenüberstellung Vermessung / 2D-Modell

Zur Fertigstellung des Flussnetzes fehlen die Brücken und die Wehre (siehe Kap. 2.4.3).

## 2.4.2 Vorlandnetzerstellung

Das Vorlandnetz wurde mit dem Softwarepaket LASER\_AS-2D erstellt. LASER\_AS-2D wurde entwickelt, um automatisiert hochwertige 2D-Netze zu erstellen, bei denen wesentliche Geländestrukturen und die Qualitätskriterien für 2D-Netze für HYDRO\_AS-2D erhalten bleiben. Neben den Rasterdaten und dem Modellumgriff können optional Bruchkanten sowie der Flussnetzumring vorgegeben werden.

An der Fulda wurden Straßen und Gräben sowie die Gebäudeumgriffe als Eingangsdaten aufbereitet.

### 2.4.2.1 Bearbeitung von Straßen und Gräben

Anhand des digitalen Geländemodells (DGM), der Orthofotos und digitaler Karten wurden Straßen und Gräben digitalisiert und flächenscharf ins 2D-Modell übernommen. Besonderes Augenmerk lag hier auf Straßen, die im DGM als erhaben im Vergleich zum Umland zu erkennen waren. Bei den Gräben und Seitengewässern wurden sehr schmale Gräben nur mit einer Achse vorgegeben. Breitere Gräben wurden mit drei Linien generiert.

Sowohl die Straßen als auch die Gräben gingen mit Höheninformation in die Netzerstellung ein. Die Höhen wurden aus dem DGM entnommen und bei Gräben geglättet, um durchgängige Strukturen zu erhalten.

In Abbildung 2-10 sind die digitalisierten Gräben und Straßen in der Nähe der Ortschaft Pfordt beispielhaft dargestellt.



Abbildung 2-10: Straßen (gelb) und Gräben (grün) in der Nähe von Pfordt

Für die Fulda wurden ca. 40 Kilometer Straßen und ca. 18 Kilometer Gräben digitalisiert.

#### 2.4.2.2 Bearbeitung der Gebäude

Die Gebäudeumgriffe wurden im Februar 2018 seitens des HNLUG als ESRI-Shapes zur Verfügung gestellt. Die Umgriffe mussten vor der Übernahme ins Berechnungsnetz bearbeitet werden. Dabei wurden Strukturen kleiner als 50 Zentimeter geglättet (z. B. Mauervorsprünge), benachbarte Umgriffe zusammengefasst sowie verschiedene Dissolve-, Buffer-, und Generalize-Werkzeuge eingesetzt.

Im Ergebnis erhält man ein Bauwerksshape, das den Anforderungen an Qualitätsnetze entspricht. Für das Untersuchungsgebiet der Fulda wurden insgesamt rund 1.200 Gebäude aufbereitet. Ein Beispiel der aufbereiteten Gebäude ist in Abbildung 2-11 erkennbar.



Abbildung 2-11: Gebäudeumgriffe in Queck



## 2.4.3 Bauwerke

### 2.4.3.1 Brücken

Die Abbildung der Brücken im 2D-Modell wurde bei der Flussnetzerstellung vorbereitet (Attributierung und Kopieren des Einlaufprofils an den Auslauf, siehe Kap. 2.4.1). Zur vollständigen Abbildung mussten die Konstruktionsunterkanten den Netzknoten zugewiesen und die Widerlager und Pfeiler aus dem Netz entfernt werden.

Für die Zuweisung der Konstruktionsunterkanten wurden die mit „K“ attribuierten Punkte exportiert (siehe Kap. 2.4.1.1), und zu Linien verbunden. Daraus wurde im GIS ein TIN (triangular irregular network) erstellt. Dieses TIN wurde mithilfe geeigneter Skripte (Python-Scripting) auf die Netzknoten übertragen.

Das Entfernen der Widerlager und Pfeiler aus dem Netz sowie die Anpassung an die Straßenhöhe erfolgten manuell.

In Abbildung 2-12 ist die Bogenbrücke bei Pfordt im 2D-Modell dargestellt. Man erkennt die aus dem Netz entfernten Widerlager und Pfeiler sowie vier der insgesamt sechs Bögen des Bauwerks.

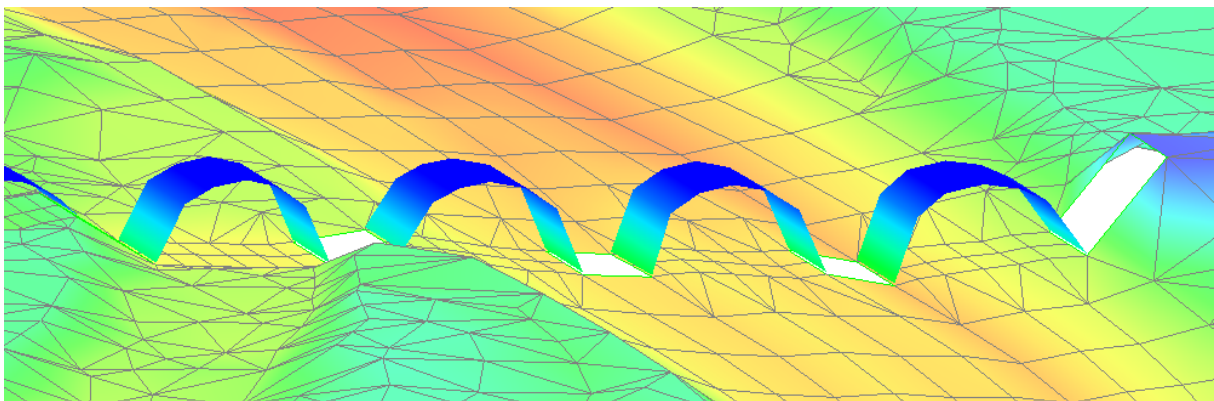


Abbildung 2-12: Abbildung der Bogenbrücke bei Pfordt

### 2.4.3.2 Wehre

An den Wehren wurden in der Regel neben Querprofilen linienhafte Strukturen vermessen. Diese wurden nachträglich ins Berechnungsnetz integriert. In Abbildung 2-13 sind die Wehrschwelle bei Hemmen und die vermessenen Punkte zu sehen.

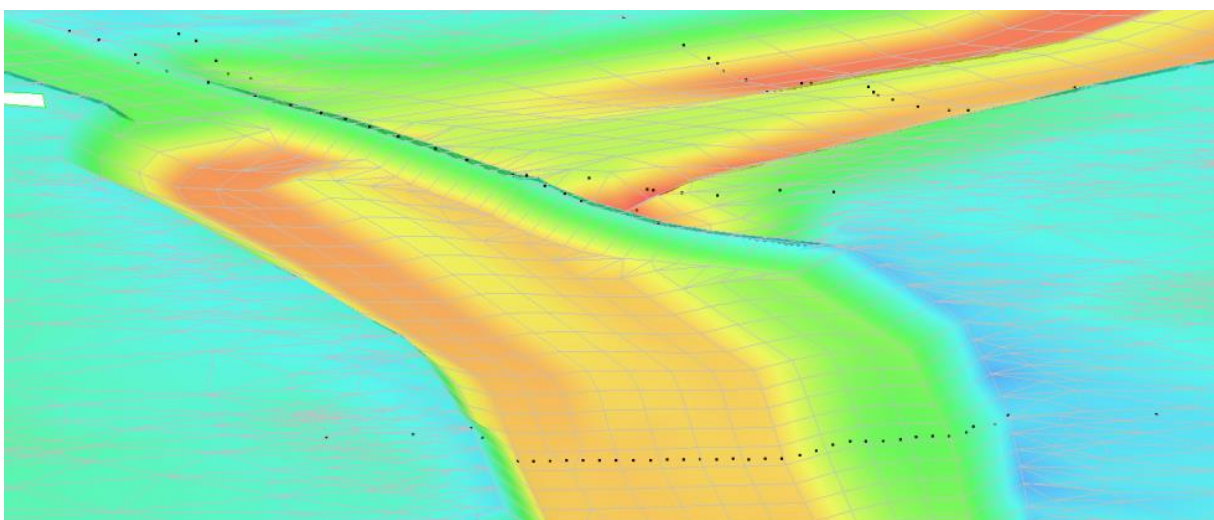


Abbildung 2-13: Wehrschwelle bei Hemmen im 2D-Modell mit Vermessungspunkten

### 2.4.3.3 Durchlässe im Vorland

Bei einer Begehung durch den Auftraggeber wurden mehrere hochwasserrelevante Durchlässe im Vorland gefunden. Die Größe der Durchlässe wurde mittels einfacher Messung aufgenommen und an den AN übermittelt. Die Durchlässe wurden in das hydraulische 2D-Modell übernommen.

In Abbildung 2-14 sind die nachträglich ins Modell implementierten Durchlässe in grün dargestellt. Die Dimension der Durchlässe wurde vom Auftraggeber übernommen.



Abbildung 2-14: Lage und Dimension der Durchlässe im Vorland

Südlich des Troßbachs befinden sich zwei Rohre DN300, die eine Straße queren. Dieser Durchlass wurde aus modellspezifischen Gründen auf einen einzigen flächengleichen Durchlass umgerechnet.

## 2.5 Kalibrierung

Im Untersuchungsgebiet befindet sich der Pegel Unter-Schwarz in der Nähe der gleichnamigen Ortschaft. Dieser Pegel ist laut Auskunft des Auftraggebers für die Kalibrierung des Modells nicht geeignet.

Die Kalibrierung des Modells erfolgte anhand einer Sensitivitätsuntersuchung. Die Materialbelegung des Flusses und der Flussböschung wurde innerhalb physikalisch sinnvoller Grenzen variiert. Für das HQ100 wurden drei Berechnungen durchgeführt: HQ100, HQ100 glatt und HQ100 rau.

Die Materialparameter für alle Materialbereiche können Tabelle 2-2 entnommen werden. Variiert wurde lediglich die Rauheit im Gewässer.

Tabelle 2-2:  $K_{st}$ -Werte der Materialbelegung

Mat-Name	k <sub>st</sub> -Werte [ m <sup>1/3</sup> /s ]		
	rau	mittel	glatt
Fluss	25	30	35
Strasse	50	50	50
Mischwald	10	10	10
Siedlung	12	12	12
Laubwald	10	10	10
Nadelwald	10	10	10
Gruenland	25	25	25
Gewaesser	30	30	30
Acker	15	15	15
Verkehr	50	50	50
Sonstiges	27	27	27
Mauer	35	35	35
Rasengittersteine	15	15	15
BoeschungFluss	15	18	25

Die resultierenden Überflutungsflächen der Berechnungen wurden mit den Überflutungsflächen des Hochwasserereignisses von 1995 abgeglichen, das als hundertjährliches Ereignis eingestuft wurde. Die Flächen sind in Anlage 5 maßstäblich dargestellt. Zusätzlich wurde ein hydraulischer Längsschnitt mit den Wasserspiegellagen der drei Berechnungen in Anlage 6 erzeugt.

Man erkennt, dass das Modell nicht sensitiv auf die Variation der Rauheit reagiert. Das liegt zum einen an der geringen Sohlneigung der Fulda, zum anderen am festgelegten Wasserspiegel am Auslaufrand des Modells, der als untere Randbedingung definiert wurde.

Es wurde mit dem Auftraggeber abgestimmt, dass die mittlere Rauheit für die weiteren Berechnungen genutzt werden soll.

## 2.6 Überflutungsflächen/-tiefen

Die Ermittlung der Überflutungsflächen/-tiefen für jedes Hochwasserszenario erfolgte auf Grundlage der Ergebnisse der Wasserspiegellagenberechnung der hydraulischen 2D-Berechnung. Ermittelt wurden zunächst die Überflutungsgebiete ohne technischen Hochwasserschutz. Die Ermittlung wurde mithilfe geeigneter GIS-Werkzeuge durchgeführt. Als Ergebnis erhält man ein Raster (GRID) der Wasserspiegeltiefen, basierend auf dem zugrundeliegenden 1 x 1 – Meter Raster sowie die Anschlaglinie des Wassers ans Gelände.

Bei der Prüfung wurde festgestellt, dass in und um die Ortschaft Rimbach Durchlässe nicht im Modell enthalten sind. Der Auftraggeber nahm die Dimension der Durchlässe bei einer Begehung auf und übermittelte sie am 28. Mai 2018 an Hydrotec. Die Durchlässe wurden in das 2D-Modell integriert. Die HQ100-Berechnung wurde erneut durchgeführt und ausgewertet.

Das Ergebnis der Berechnung für das HQ100 wurde dem Auftraggeber im Juni 2018 auf Karten als Wassertiefendarstellung zur Verfügung gestellt (siehe Anlage 7).

Auf Basis der neu erzeugten Überflutungsflächen wurde vereinbart, dass die in den folgenden Unterkapiteln beschriebenen manuellen Bearbeitungsschritte erforderlich waren.

### 2.6.1 Glättung der Wasseranschlagslinie

Die Anschlaglinie des Wassers ans Gelände folgt dem zugrunde liegenden DGM-Raster und ist dementsprechend eckig. Sie wurde über geeignete Verfahren in ArcGIS automatisiert geglättet. In Abbildung 2-15 ist das Ergebnis der Glättung beispielhaft dargestellt. Die originale Anschlaglinie ist rot und die geglättete Linie gelb dargestellt.



Abbildung 2-15: Originale (rot) und geglättete (gelb) Anschlaglinie des Wasserspiegels

### 2.6.2 Gebäude im Bereich der Wasserspiegellinie

Bei Gebäuden, an die das Wasser heranreicht, wurde die ÜSG-Linie an der Gebäudebegrenzung entlang geführt (nicht durch das Gebäude gelegt; Quelle: RP Gießen; siehe Abbildung 2-16).

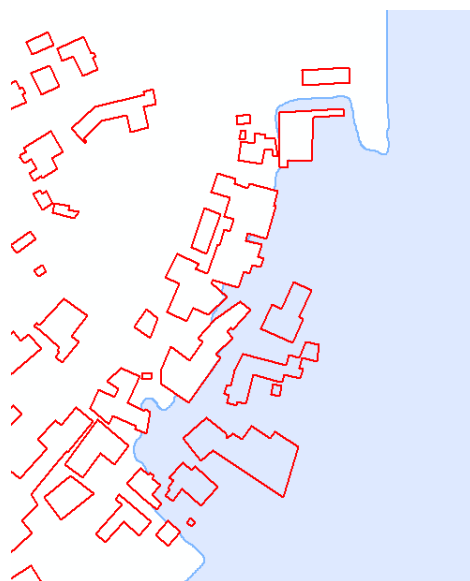


Abbildung 2-16: Gebäude im und am Überflutungsgebiet

### 2.6.2.1 Freistellen von Brücken

Nicht überströmte Brücken wurden aus den Überflutungsflächen entfernt (Die Einfärbung ergibt sich bei der Verschneidung von Wasserspiegel und Geländemodell. Im Geländemodell ist nicht die Straßenoberkante sondern die Gewässersohle erfasst). In Abbildung 2-17 erkennt man die Überflutungssituation an der Brücke bei Unter-Schwarz (als Beispiel für die Freistellung. Es wurden weitere Brücken freigestellt). Die frei gestellte Fläche ist blau hinterlegt, die ursprüngliche Wasseranschlagslinie ist als rote Linie zu sehen.



Abbildung 2-17: Freigestellte Brücke bei Unter-Schwarz

### 2.6.3 Anschluss von Dammlagen

Es wurde vereinbart, dass bei nur zum Teil überströmten Geländestrukturen die gesamte Struktur mit ins Überflutungsgebiet übernommen werden sollte. Dies betrifft z. B. die in Abbildung 2-18 dargestellte Struktur nördlich von Rimbach. Die Wasserspiegellage der originalen Überflutungsfläche wurde in Rot dargestellt.



Abbildung 2-18: Anschluss einer überströmten Geländestruktur nördlich von Rimbach

Auch in der Ortschaft Rimbach wurden Lücken, die durch höher gelegene Strukturen entstehen, ins Überflutungsgebiet übernommen (siehe Abbildung 2-19).



Abbildung 2-19: Geländestructuren in Rimbach

#### 2.6.4 Freistellen einer Kläranlage

Die Kläranlage nördlich von Rimbach, die bei einem HQ100 zum Teil überflutet wird, wurde ebenfalls freigestellt (siehe Abbildung 2-20).



Abbildung 2-20: Freigestellte Kläranlage nördlich von Rimbach

### 2.6.5 Silolagerstätte mit aufnehmen

Bei einer Silolagerstätte in Rimbach ergab sich eine nicht überströmte Insel. Diese wurde mit ins Überflutungsgebiet übernommen (siehe Abbildung 2-21).



Abbildung 2-21: Silolagerstätte

### 2.6.6 Entfernen von Inseln im Bereich von Brücken

Bei umströmten, aber nicht überströmten Brücken wurde der komplette Bauwerksbereich zum Überflutungsgebiet hinzugenommen. In Abbildung 2-22 sind die Widerlager der Brücke bei Queck als rot markierte Inseln erkennbar. Diese Inseln wurden entfernt.



Abbildung 2-22: Umströmte Brücke bei Queck

### 2.6.7 Inseln und Pfützen

Bei Inseln und Pfützen wurde nach Vorgabe des AG wie folgt vorgegangen:

- Flächen bis 100 m<sup>2</sup> wurden grundsätzlich entfernt.
- Bei Flächen zwischen 100 und 200 m<sup>2</sup> wurden die Werte der ursprünglichen Rasterzellen mit negativen Überflutungshöhen (also Erhebungen) gemittelt. Lag die mittlere Unterflu-

tungshöhe (Insel) /Überflutungshöhe (Pfütze) unter 10 cm, wurden diese Flächen ebenfalls entfernt.

- Bei Flächen zwischen 200 und 500 m<sup>2</sup> wurde wie in der Klasse davor verfahren, wenn die mittlere Überflutungshöhe unter 3 cm lag.

Die Änderungen wurden in die Karten eingepflegt. Während des Abstimmungsprozesses wurden die Anlagen 8, 8a und 9 erzeugt. In den Anlagen 8 und 8a wurde auf Wunsch des Auftraggebers die Anschlaglinie für das HQ100 mit hinterlegten Orthofotos dargestellt. Anlage 9 zeigt das abschließend bearbeitete Überflutungsgebiet als flächige transparente Darstellung mit modifiziertem Blattschnitt.



## **3 Ergebnisdokumentation**

### **3.1 Erstellen des Flurstücksverzeichnisses**

Anhand der Ergebnisse der Berechnungen wurde ein Verzeichnis der betroffenen Grundstücke erstellt. Es wurde auf Basis einer Verschneidung der Überflutungsflächen mit den Flurstücken im geografischen Informationssystem (GIS) für alle berechneten Ereignisse erzeugt und liegt der Abgabe bei (siehe Anlage 13 a bis c).

### **3.2 Erstellen von Querprofildarstellungen**

Die Querprofildarstellung erfolgte auf Grundlage der vermessenen Querprofile und der berechneten Wasserspiegellagen. Da die Profilvermessung nicht den gesamten Talbereich abdeckt, zeigen die Schnitte der Anlage 10 lediglich den vermessenen Abschnitt des Gewässers mit den Wasserspiegellagen für HQ10, HQ100 und HQextrem.

Um den gesamten Querschnitt mit den Anschlagpunkten der Wasserspiegel ans Gelände zeigen zu können, wurden die Profile anhand des digitalen Geländemodells verlängert. Dafür wurde eine Erweiterung für ArcGIS genutzt. Die verlängerten Profilsuren wurden in den digitalen Abgabedaten als Anlage 11 gespeichert.

### **3.3 Erstellen eines hydraulischen Längsschnitts**

Zur Erstellung des Längsschnitts wurde die Software JabPlot genutzt, die von Hydrotec für die Erstellung von Schnitten anhand der Ergebnisse von 2D-Modellierungen entwickelt wurde. Der Längsschnitt zeigt das Untersuchungsgebiet im Vogelsbergkreis zwischen Flusskilometer 143 und 166 und ist den digitalen Anlagen als Anlage 12 beigelegt.

Dargestellt wurden neben der Gewässersohle die Wasserspiegellagen für die Jährlichkeiten HQ10, HQ100 und HQextrem. Zusätzlich wurden jeweils 20 Meter rechts und links der Gewässerachse die Vorlandhöhen im 2D-Modell abgelesen und ebenfalls im Längsschnitt dargestellt. Zur besseren Orientierung wurden die Bauwerke beschriftet. Der Maßstab der Länge beträgt 1 : 5.000, der Maßstab der Höhe 1 : 100.

### **3.4 Erstellen der Kartenwerke nach Vorgabe des HWRMP Fulda**

Zur Erstellung der Ergebnisdaten nach HWRMP-Konvention wurden verschiedene Daten und Dokumente vom HNLUG bereitgestellt. Die übergebenen Daten sind sehr umfangreich und umfassen eine FileGeoDataBase (GDB) mit definierter Datenstruktur zur Übergabe der GIS-Inhalte des HWRMP, zwei weitere GDBs mit Zusatzdaten zum HWRMP, zwei MXD-Projektdateien mit dem vorgegebenen Layout der Gefahren- und Risikokarten, verschiedene Beispieldaten und beschreibende Dokumente zur Erstellung des HWRMP-Projektes nach Konvention, eine Access-Datenbank der Maßnahmen mit ebenfalls umfangreichen Vorgaben und eine stark gegliederte Verzeichnisstruktur zwischen dem GIS-Projekt und der Datenstrukturen der Maßnahmen mit Verlinkung der Maßnahmen-Steckbriefe.

Die Daten wurden nach den Vorgaben erstellt und werden in der vorgegebenen Verzeichnisstruktur übergeben (siehe Abbildung 3-1).

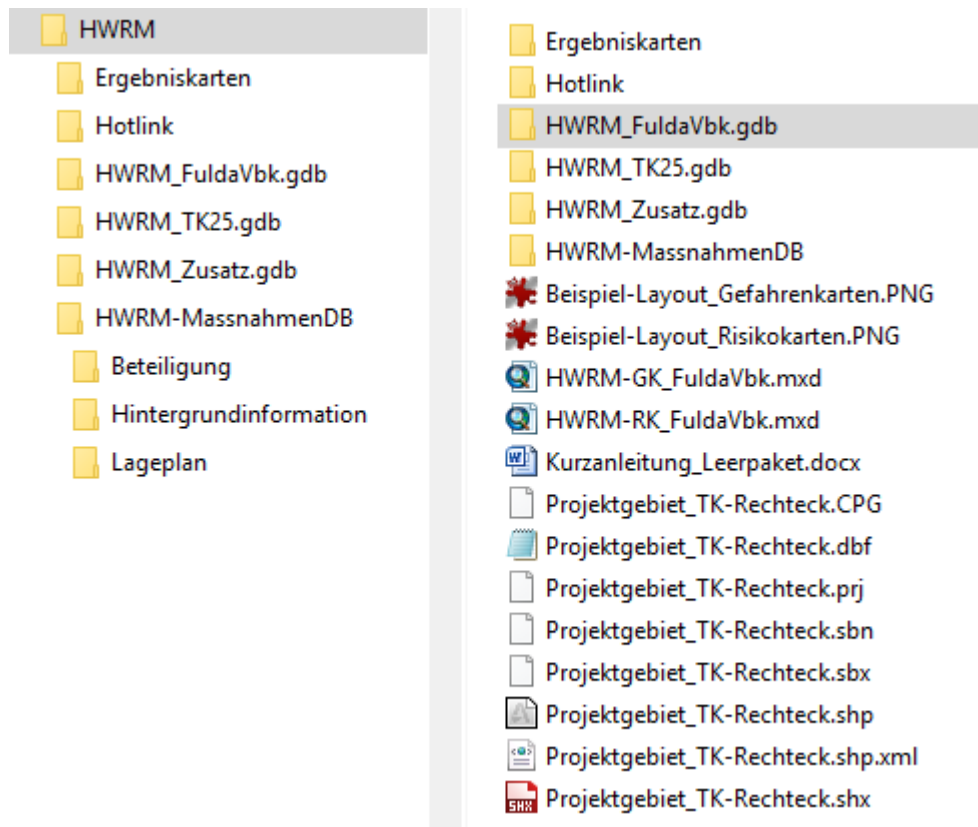


Abbildung 3-1: Verzeichnisstruktur HWRMP

### 3.5 Erstellen der Kartenwerke nach RKH-Konvention

Ähnlich wie beim HWRMP wurden auch zur Erstellung der Daten nach RKH-Konvention verschiedene Daten und Dokumente bereitgestellt. Auch hier erfolgte eine Aufbereitung der Daten nach Vorgabe. Die 42.gdb wurden entsprechend der vorgegebenen Datenstruktur mit den ermittelten Ergebnisdaten gefüllt, die Zusatz-GDB mit den aufbereiteten ATKIS-Daten zur Erstellung der Hintergrundkarte des RKH im Maßstab 1 : 5.000 erarbeitet und die 2D-Modelldaten in der 2DMOD-GDB bereitgestellt. Die mxd-Dateien mit dem RKH-Kartenlayout für Detail- und Übersichtskarte wurden an das Projektgebiet der Fulda – Vogelsbergkreis angepasst und die pdf-Dateien des Kartenwerks RKH für die Fulda erstellt (siehe Abbildung 3-2).

Die übergebenen Daten waren zu Projektbeginn noch im Entwurfsstatus. Für die Abgabe wurden im Laufe der Bearbeitung zwischen dem HNLUG, dem RP Gießen und Hydrotec Vereinbarungen getroffen.

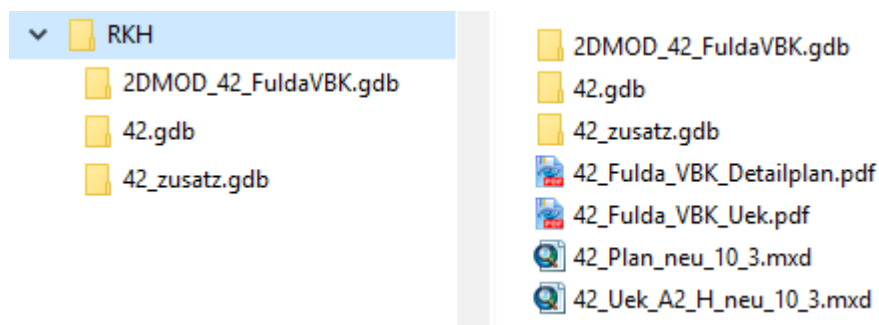


Abbildung 3-2: Verzeichnisstruktur RKH

## 4 Hochwasserdefizite und Maßnahmen

Die Maßnahmen sollen Gefährdungen von Gebäuden und Infrastruktur durch Überflutungen verhindern. Im Rahmen der Voruntersuchung werden die Maßnahmen ohne Wirkungsnachweis und Kosten-Nutzen-Analyse konzipiert. Für jeden betroffenen Brennpunkt wurde geprüft, welche Maßnahmen in Frage kommen und im jeweiligen Fall ökonomisch sinnvoll erscheinen. Die Auswertung erfolgt auf Basis der ermittelten Überflutungsflächen. Maßgebend war das HQ100.

Die Fulda fließt im Vogelsbergkreis im Allgemeinen durch breite Auen. Im Bereich der Ortschaften befinden sich Engstellen (Defizite), sodass insbesondere Bebauung an den Ortsrändern von Überflutungen betroffen werden kann.

Im Untersuchungsgebiet kamen zumeist die Maßnahmentypen Verwallung, Schutzmauern, Objektschutz oder Rückstausicherung zum Einsatz. Wenn ausreichend Raum zur Verfügung stand, wurde eine Verwallung gewählt, bei schwierigen Platzverhältnissen eher Schutzmauern. Falls nur einzelne Gebäude betroffen waren, wurde der Objektschutz bevorzugt.

Die Maßnahmen wurden entsprechend der Vorgaben detailliert in die Maßnahmendatenbank eingetragen. Mit der Funktionalität der Datenbank wurden die Steckbriefe erstellt. Die pdf-Dateien befinden sich im Verzeichnis „...\\HWRM\Hotlink\Maßnahmenplanung\Steckbriefe“.

Zu jedem Maßnahmenbrennpunkt wurde eine Detailkarte erstellt. Der Ablageort ist durch die Access-Datenbank fest vorgegeben. Die Ausschnitte liegen im Verzeichnis

„...\\HWRM\HWRM-MassnahmenDB\Hintergrundinformation\lokal“.

In den folgenden Abbildungen werden ein Detailausschnitt und ein Ausschnitt aus der Datenbank beispielhaft dargestellt.

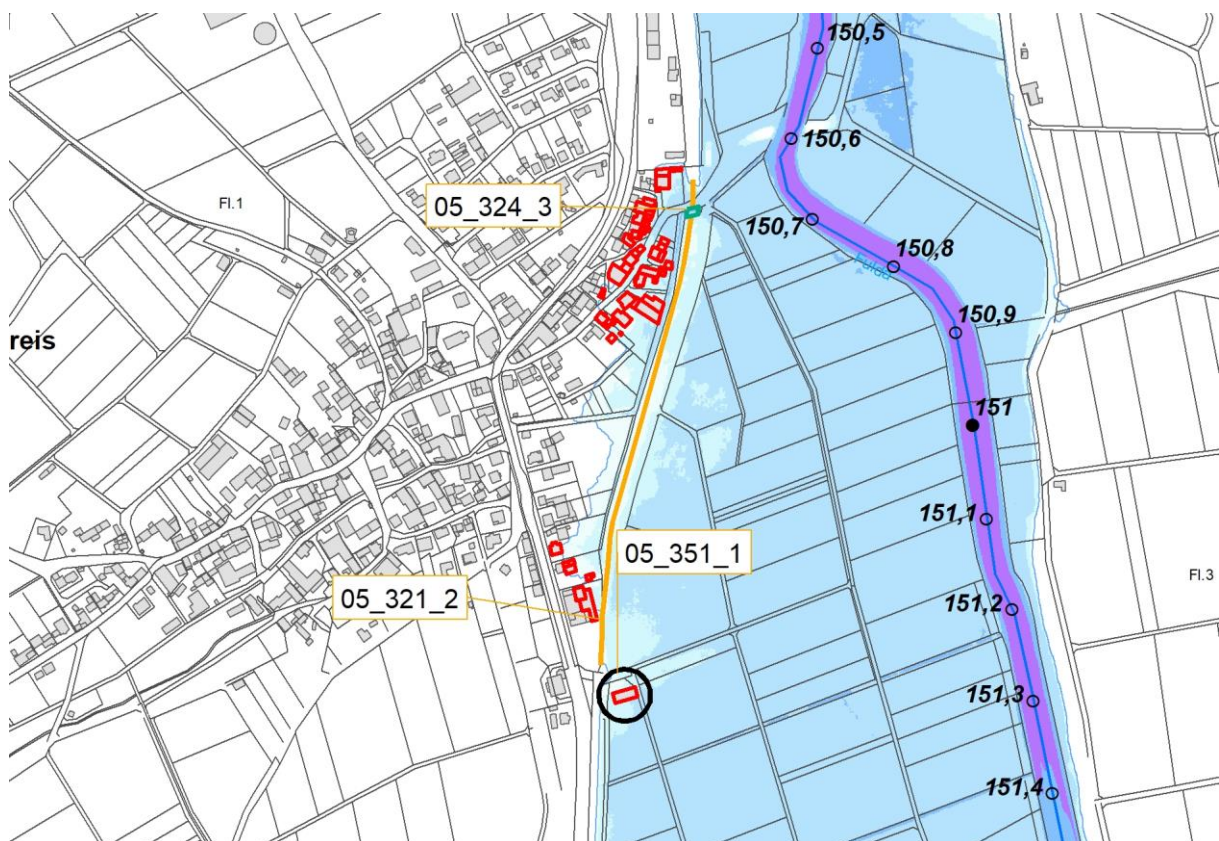


Abbildung 4-1: Detailausschnitt Steckbrief am Beispiel von Brennpunkt 5 (Queck)

**HESSEN** Datenbank Maßnahmenplanung HWRMP Hessen - lokale Planungsebene  
 HWRM-Plan Fulda - Vogelsbergkreis Gehe zu Brennpunkt:

**Nr. HW-Brennpunkt:** 5 **Bezeichnung:** Queck **von Station [km]:** 150,60 **bis [km]:** 151,23 **Länge [km]:** 0,63

**Hauptgewässer:** Fulda **Gemeinde:** Schütz **Gewässererkennung:** 42 **Gemeindenummer:** 535015 **Lageplan Deckblatt:** Lageplan\5-BP\_05\_Queck.jpg

Übersicht | allgemeine Hinweise | Flächenvorsorge | natürlicher Wasserrückhalt | technischer Hochwasserschutz 1 | technischer Hochwasserschutz 2 | Hochwasservorsorge | Zusammenfassung

**Zusammenstellung der lokal verorteten Maßnahmen für den aktuellen HW-Brennpunkt**

ID	Code	Kurzbeschreibung	Quelle	Klasse	Planungszustand	Wirkungsanalyse			Aufwand und Vorteil	
						Wirkung auf HW-Risiko	Wirkung auf HW-Abfluss	Wirkung auf Schutzgüter	Aufwand	Vorteil
5_321_2	321	Erhöhung Verwallung	Vorschlag im Rahmen des					vgl. SUP		
5_324_3	324	Durchlass sichern	Vorschlag im Rahmen des					vgl. SUP		
5_351_1	351	Objektschutz von einzelnen Gebäuden und Bauwerken	Vorschlag im Rahmen des					vgl. SUP		

Abbildung 4-2: Zusammenstellung der Maßnahmen am Beispiel von Queck

## **5 Beteiligungsverfahren und Information der Öffentlichkeit**

Das Beteiligungsverfahren wurde zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch nicht eröffnet.

## 6 Literatur

- AG Zentrale Datenhaltung HWRM-RL (2011): Vorgaben für die einheitliche Abgabe von ArcGIS-Projekten im Rahmen von Dienstleistungsaufträgen beauftragter Ingenieurbüros zur EG-HWRM-RL, Version 1.1, Stand: 24.08.2011.
- EG-HWRM-RL (2007): Richtlinie 2007/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken.
- EU (2010): Berichtsformulare für Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten (8. Entwurf) vom 11.11.2010.
- IVU-Richtlinie (2010): Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24.11.2010 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung.
- LAWA (2010): Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten, beschlossen auf der 139. LAWA-VV am 25./26. März 2010 in Dresden, Dresden.
- ÜGFest VwV (2011): Verwaltungsvorschrift über die Festsetzung von Überschwemmungsgebieten in der Fassung vom 22.08.2011
- WHG (1996): Wasserhaushaltsgesetz, Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes, vom 31. Juli 2009, zuletzt geändert durch Art. 2 Absatz 67 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044).
- WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. L 327 vom 22.12.2000, S. 1).
- WRRL (2007): Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken.

### Verwendete EDV-Programmsysteme

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| ArcGIS, Version 10.3       | - ESRI, Redlands (CA), USA   |
| Jabron, Version 7.1        | - Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen                           |
| JabPlot, Version 3.1       | - Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen                           |
| HYDRO_AS-2D, Version 4.4.7 | - Dr. M. Nujić, Rosenheim / Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen |
| SMS, Version 12.3.5        | - AQUAVEO, Provo (Utah), USA   |