Endbericht Hydraulik

inklusive Vermessung und Qualitätssicherung

VE2204, 2861_20190725

Stand: 10/2019

Gewässer:	Gründlach
Zuständiges Wasserwirtschaftsamt:	WWA Nürnberg
Bearbeitungszeitraum:	03/2018 bis 10/2019

Ermittlung von Hochwassergefahrenflächen und Überschwemmungsgebieten in Bayern

Bearbeitende(s) Büro(s) Hydrauliker / Vermesser:

Dr. Blasy - Dr. Øverland Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG
Moosstraße 3
82279 Eching am Ammersee

Ansprechpartner Projektleitung

Dr.-Ing. Manfred Schindler
hwgk.ve2204@blasy-overland.de
+49-8143-997-176

Ansprechpartner Hydraulik

David Feldmann
hwgk.ve2204@blasy-overland.de
+49-8143-997-100

Ansprechpartner Vermesser

Klaus Münch (Unterauftragnehmer)
klaus.muench@geovogt.de
+49-3744-17930-45

Bearbeitende(s) Büro(s) Qualitätssicherer:

Arcadis Germany GmbH
Könneritzstraße 29
01067 Dresden

Ansprechpartner Projektleitung

Dennis Soldner
dennis.soldner@arcadis.com
+49-176-21222412

Hydrotec
Bachstraße 62-64
52066 Aachen

Dirk Sobolewski
dirk.sobolewski@hydrotec.de
+49-241-94689-23

Ansprechpartner AG:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Ansprechpartner Projektleitung

Martin Deuring
martin.deuring@lfu.bayern.de
+49-821-9071-5084

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis 6

Bilderverzeichnis 7

1 Allgemeines 8

1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung 8

1.2 Abgrenzung und Beschreibung des Projektgebietes 8

2 Datengrundlagen 11

2.1 Abwicklungskonzept QS 11

2.2 Geobasisdaten 11

2.3 Fachdaten 11

2.4 Hydrologische Daten 11

2.5 Daten zur Modellparametrisierung 12

2.6 Vermessungsdaten (Bestandsdaten) 12

2.7 Bestandsmodelle 12

2.8 Sonstiges 12

2.9 Prüfung Grundlagendaten durch Hydrauliker 12

2.10 Prüfung Grundlagendaten durch Qualitätssicherer 12

3 Ortsbegehungen 13

3.1 Gemeinsame Ortsbegehung von QS und WWA 13

3.2 Ortsbegehung Hydrauliker 13

3.3 Ortsbegehung Qualitätssicherer 13

3.4 Ortsbegehung Plausibilisierung vor Ort 14

4 Vermessung 15

4.1 Detailplanung Vermessung 15

4.1.1 Detailplanung Vermessung 15

4.1.2 Prüfung Detailplanung Vermessung durch QS 19

4.2 Datengrundlagen und Anforderungen 19

4.2.1 Beschreibung des Lage- und Höhensystems 19

4.2.2 Messgenauigkeit 19

4.2.3 Anschlüsse an Höhenfestpunkte 19

4.3 Durchführung der Vermessungsarbeiten 19

4.3.1 Umfang der Vermessung 19

4.3.2 Zeitlicher Ablauf der Vermessung 20

4.3.3 Besonderheiten, Hinweise, gewonnene Erkenntnisse 20

4.4 Datenaufbereitung und Datenübergabe 20

4.4.1 Aufbereitung HIPPO-Dateien 20

4.4.2 Import HIS‘3D 20

4.4.3 Fotos und Fotostandorte: Fotodokumentation 21

4.5 Qualitätssicherung 21

4.5.1 Interne Qualitätssicherung Vermesser 21
4.5.2 Begleitung Vermessung durch Hydrauliker 21
4.5.3 Begleitung und Prüfung Vermessung durch Qualitätssicherer 21
4.6 Zusammenfassung Vermessung 21
4.6.1 Zusammenfassung Vermessung durch Vermesser 21
4.6.2 Zusammenfassung Vermessung durch Hydrauliker 22
4.6.3 Zusammenfassung Vermessung durch Qualitätssicherer 22
5 Hydraulik 23
5.1 Verwendete Programme für die Modellierung und Berechnung 23
5.2 Detailplanung Modelle + Berechnungen 23
5.2.1 Abgrenzung Modellumgriff 23
5.2.2 Beschreibung aller Randbedingungen und Modellansätze 23
5.2.3 Beschreibung der Modellierungsarbeiten 26
5.2.4 Prüfung durch Qualitätssicherer 26
5.3 Vorbereitung / Überarbeitung von Bestandsmodellen 27
5.3.1 Beschreibung der Arbeiten an Bestandsmodellen 27
5.3.2 Prüfung durch Qualitätssicherer 28
5.4 Flussschlauchmodell 28
5.4.1 Erstellung Flussschlauch durch Hydrauliker 28
5.4.2 Prüfung Flussschlauch durch Qualitätssicherer 30
5.5 Vereinfachte hydraulische Ermittlung 30
5.6 Erstellung des Vorlandmodells 30
5.6.1 Erstellung des Vorlandmodells 30
5.6.2 Rauheiten 32
5.6.3 Grabenstrukturen 33
5.6.4 Prüfung Vorlandermittlung durch Qualitätssicherer 34
5.7 Zusammenführen von Modellteilen 34
5.8 Bauwerke 34
5.8.1 Brücken 34
5.8.2 Durchlässe 35
5.8.3 Düker 36
5.8.4 Abstürze 36
5.8.5 Wehre 36
5.8.6 Rechen 36
5.8.7 Besonderheiten 36
5.8.8 Prüfung Bauwerke durch Qualitätssicherer 36
5.9 Randbedingungen und ergänzende Einstellungen 36
5.9.1 Zuflussrandbedingungen 36
5.9.2 Auslaufrandbedingung 37
5.9.3 Allgemeine Berechnungsparameter (Global Parameters) 37

5.9.4 Kontrollquerschnitte 37
5.9.5 Pegelpunkte 37
5.9.6 Prüfung Randbedingungen durch Qualitätssicherer 38
5.10 2D Gesamtmodell und Proberechenlauf 38
5.10.1 Proberechenlauf 38
5.10.2 Modellprüfung durch Hydrauliker 38
5.10.3 Berechnungsart 39
5.10.4 Erfolgte Anpassungen 39
5.10.5 Prüfung Proberechenlauf durch Qualitätssicherer 39
5.11 Überprüfung der Modellparametrisierung 40
5.11.1 Sensitivitätsanalyse 40
5.11.2 Kalibrierung anhand einer Fixierung 43
5.11.3 Kalibrierung an Pegeln 43
5.11.4 Kalibrierung mit der Ausdehnung des Überschwemmungsgebietes 48
5.11.5 Plausibilisierung 48
5.11.6 Prüfung Modellparametrisierung durch Qualitätssicherer 48
5.12 Endgültige Rechenläufe aller Jährlichkeiten 49
5.12.1 Durchgeführte Berechnungen 49
5.12.2 Prüfung Endgültige Rechenläufe durch Qualitätssicherer 49
5.13 Rechenläufe in Gebieten mit Hochwasserschutzanlagen (HWSA) 49
5.14 Zusammenfassung Hydraulik 49
5.14.1 Zusammenfassung Hydraulik durch Hydrauliker 49
5.14.2 Zusammenfassung Hydraulik durch Qualitätssicherer 50
6 Anlagenverzeichnis 51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Art und Anzahl von Querprofilen in Modell 2861	16
Tabelle 2:	Art und Länge von Längsstrukturen in Modell 2861	17
Tabelle 3:	Sonderpunkte in Modell 2861	17
Tabelle 4:	Umfang der Vermessung	20
Tabelle 5:	Hydrologischer Längsschnitt der Gründlach gemäß Datei vom Nov. 2018	25
Tabelle 6:	Parameter der Netzkontrolle (Bestandsmodelle)	27
Tabelle 7:	Höhenfestpunkte in der Nähe des neu zu erstellenden Abschnitts der Gründlach	28
Tabelle 8:	Eingangsparameter für Laser_AS-2d	31
Tabelle 9:	Qualitätskriterien der Netzgeometrie	32
Tabelle 10:	Rauheiten im Bereich des neu erstellten Modellbereichs	32
Tabelle 11:	Rauheiten des Bestandsmodells	33
Tabelle 12:	Brücken im Modell der Gründlach	35
Tabelle 13:	Durchlässe im Modell der Gründlach	35
Tabelle 14:	Übersicht der Berechnungsparameter	37
Tabelle 15:	Pegelauswertungen	38
Tabelle 16:	Geänderte Rauheitsbeiwerte am Gründlach (ID 2861)	41

Bilderverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtskarte Vergabeeinheiten 9

Abbildung 2: Untersuchungsgebiet der Gründlach mit dem Modellumgriff (grün). Hintergrund: TK25 10

Abbildung 3: Darstellung: neuer Modellumgriff (grün), gekürzter Bereich des Modellumgriffs des QS (orange) und die berechnete Überschwemmungsfläche des HQ_{extrem} des Testrechenlaufs (blau schraffiert) 23

Abbildung 4: Lage der Zugabestellen K1 bis K8 der für das Modell 2861 übergebenen Ganglinien (AEO = oberirdisches Einzugsgebiet) 24

Abbildung 5: W/Q-Beziehungen am Auslaufrand des Modells der Gründlach 26

Abbildung 6: Gründlach vor Brücke Meil-Weg 29

Abbildung 7: Gründlach unter Brücke Meil-Weg mit Pegelhäuschen Frauenkreuz 30

Abbildung 8: Darstellung der Materialien im oberstromigen Modellbereich: Die schraffierte Fläche zeigt die Bereiche, welche aus dem Bestandsmodell übernommen werden, die gefüllten Flächen den neu modellierten Bereich 31

Abbildung 9: Verwendete Materialien im neu erstellten Modellbereich 33

Abbildung 10: Wasserspiegeldifferenzen beim HQ_{100} zwischen dem Proberechenlauf vor und nach Einbau der neuen Durchlässe 39

Abbildung 11: Längsschnitt der Sensitivitätsanalyse an der Gründlach ID 2861 beim HQ_{100} (Diagramm aus 2861_JJJJMMTT_KALIBL_ LSCHNI.xlsx); Darstellung des gesamten Gewässers 42

Abbildung 12: Bild und Lagekarte zum Pegel „Frauenkreuz“ (Quelle: www.hnd.bayern.de; Lage des Pegels durch Pfeil markiert) 43

Abbildung 13: Lage der an der Brücke modellierten Pegelpunkte; Ausschnitt 2D-Modell 44

Abbildung 14: Querschnitt an der Gründlach auf Höhe des Pegels Frauenkreuz; Darstellung der Sohlhöhen und der Wasserspiegellagen beim HQ_{100}; Blick in Fließrichtung 45

Abbildung 15: Umgriff des Teilmodells an der Gründlach; Darstellung der Meshboundary vor der TK25; Lage des Pegels mit Pfeil markiert 46

Abbildung 16: Ergebnis der Kalibrierung am Pegel Frauenkreuz; Darstellung der Kurve für ETA=0,5 sowie der berechneten Wasserspiegellagen von „Var02“ und „Var03“ sowie „Var01“ und „Var03“ mit der Lage des Pegelpunktes aus PAK13 47

1 Allgemeines

1.1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Gemäß den gesetzlichen Vorgaben zur Umsetzung der EG-Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (EG-HWRM-RL), verankert im Wasserhaushaltsgesetz des Bundes (WHG) sowie im Bayerischen Wassergesetz (BayWG) ermittelt der Freistaat Bayern Hochwassergefahrenflächen bzw. Überschwemmungsgebiete. Diese sind Grundlage zur Fortschreibung der Hochwassergefahren- und -risikokarten.

Die in diesem Bericht beschriebene hydraulische Modellierung erfolgte im zweiten Umsetzungszyklus der EG-HWRM-RL (2015 bis 2021) im Zuge des LfU-Projekts „Fortschreibung der EG-HWRM-RL im zweiten Umsetzungszyklus“.

Alle Arbeitsschritte richten sich fachlich sowie organisatorisch nach der modularen „Leistungsbeschreibung für die Ermittlung von Hochwassergefahrenflächen und Überschwemmungsgebieten in Bayern“ des LfU (Stand 08/2017). Die Ausführung erfolgte in den Bereichen Hydraulik und Vermessung durch externe Dienstleister unter der fachlichen und organisatorischen Koordinierung und Prüfung eines externen Qualitätssicherers. Die bayerischen Wasserwirtschaftsämter waren aufgrund ihrer jeweiligen Ortskenntnisse eng in die Arbeiten eingebunden und waren jeweils für die fachliche Abnahme von Teil- bzw. Endergebnissen verantwortlich.

Bei dem Modell der Gründlach (ID 2861) handelt es sich um ein Bestandsmodell, welches aktualisiert werden sollte. Einzelne Abschnitte wurden dafür neu vermessen. Es sollten Berechnungen für das HQ_5, HQ_{10}, HQ_{20}, HQ_{100} und HQ_{extrem} durchgeführt werden.

Folgende Arbeitsschritte waren vorgesehen:

- Übernahme des Bestandsmodells
- Anpassung der Randbedingungen im 2D-Modell
- Aktualisierung des Modells
- Kalibrierung des Modells anhand von Pegeldaten
- Sensitivitätsanalyse
- Berechnung der Überflutungsflächen für HQ_5, HQ_{10}, HQ_{20}, HQ_{100} und HQ_{extrem}
- Überprüfung der Berechnungsergebnisse
- Überführung der Daten in die Abgabestruktur unter Einhaltung der Dateinamenskonventionen

1.2 Abgrenzung und Beschreibung des Projektgebietes

Das Projektgebiet Mittlerer Main (VE2204) befindet sich im nördlichen Teil Bayerns. Es umfasst Teile der Regierungsbezirke Mittelfranken, Oberfranken, Unterfranken und Oberpfalz. Die Vergabeeinheit weist 29 Modelle auf, davon 16 zu erstellende Neumodelle (ca. 124 km), ggf. mit Abschnitt Bestandsmodell, und 13 zu bearbeitende Bestandsmodelle (ca. 113 km). Abbildung 1 zeigt das Projektgebiet mit Vergabeeinheiten sowie die Zuständigkeit der Wasserwirtschaftsämter (WWA) für die betreffenden Gewässer.

Insgesamt sind in der Vergabeeinheit 2204 sechs Wasserwirtschaftsämter (WWA) beteiligt. Das WWA Hof ist für Wiesent verantwortlich, das WWA Ansbach für den Strahlbach, das WWA Regensburg für die

Schwarzach z. Rednitz und den Maierbach und das WWA Weiden für den Etzelbach. Die restlichen Modellgebiete teilen sich das WWA Nürnberg und Kronach.

Abbildung 1: Übersichtskarte Vergabeeinheiten

Das Untersuchungsgebiet liegt im Freistaat Bayern, Regierungsbezirk Mittelfranken, Landkreis Erlangen-Höchstadt und betrifft insgesamt ca. 11,4 km Gewässerstrecke. Die Gründlach (GKZ 24234) ist ein rechter Zufluss der Regnitz und mündet zwischen Fürth und Erlangen in diese.

Der Untersuchungsabschnitt verläuft von Fkm 0,00 (Mündung in die Regnitz) bis Fkm 11,40 (Pegel Frauenkreuz) der Gründlach (siehe Abbildung 2).

Im Modellgebiet befinden sich die gemeindefreien Gebiete Neunhofer Forst und Kraftshofer Forst sowie die kreisfreie Großstadt Nürnberg und der letzte Abschnitt kurz vor Mündung in die Regnitz liegt im Gebiet der Großstadt Erlangen. Die Gründlach ist im Untersuchungsgebiet ein Gewässer 2. und 3. Ordnung und fällt in den Zuständigkeitsbereich des Wasserwirtschaftsamtes Nürnberg. Das Einzugsgebiet beträgt bei Mündung in die Regnitz 98,6 km². Die Gesamtwasserlänge der Gründlach beträgt 25,6 km (inkl. Simmelberger Gründlach). Der Risikoabschnitt bildet die untersten 11,4 km ab.

Oberstrom existiert kein Modell. Für den Untersuchungsabschnitt der Gründlach liegt ein Bestandsmodell vor, welches ebenfalls aus dem 1. Zyklus der HWRM-RL stammt. Es basiert auf Vermessungsdaten von 2007. Die Berechnung erfolgte 2008, mit sukzessiven Erweiterungen bis 2014. Die HWGF für HQ_5, HQ_{10}, HQ_{20}, HQ_{100} und HQ_{extrem} liegen dem WWA vor, sind dem AN jedoch nicht übergeben worden. Das

Modell der Gründlach erfüllt die aktuellen Vorgaben des LfU nicht gänzlich (Netzknoten im Innern der Gebäudeflächen, ausgestanzte Wehre/ Abstürze). Zudem ist im Bestandsmodell der Abschnitt oberhalb der A3 im 2D-Modell bisher nur über DGM-Daten abgebildet. Daher soll die Gründlach von der A3 bis zum Pegel Frauenkreuz vermessen werden.

Der zu vermessende Gewässerabschnitt von ca. 1,6 km Länge enthält einen stark mäandrierenden Abschnitt im Wald. Zwischen der A3 und der A73 fließt die Gründlach vorwiegend durch Ackerlandschaft, passiert die Ortschaften Neunhof und Boxdorf am nördlichen Rande und durchquert Großgründlach. Zwischen der A73 und der Regnitz sowie im Bereich der Obermühle fließt die Gründlach durch weitgehend lückig bewaldetes Gebiet. Im Bereich des Ackerlandes kleidet ein schmaler Gehölzsaum den Uferbereich. Für den Bereich der Ortschaft liegen keine Fotos vor.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich die Königsmühle und die Obermühle. Diese sind im Bestandsmodell bereits enthalten. Für die Mühlen liegen keine weiteren Daten vor.

Am Anfang des Untersuchungsgebietes hat die Gründlach eine Sohlhöhe von ca. 315,62 m ü. NN, bei Mündung in den Vorfluter ca. 275,81 m ü. NN und hat somit ein durchschnittliches Gefälle von ca. 4,1 Promille.

Im Modellgebiet liegt der Pegel Frauenkreuz. Die Pegelnullpunktshöhe beträgt 313,160 m ü. NN (DHHN12), das Einzugsgebiet am Pegel beträgt 35,05 km².

Laut WWA gibt es eine laufende Hochwasserschutz-Planung des Freistaats Bayern auf Höhe Neunhof. Die Umsetzung ist jedoch unklar und wird daher im Modell nicht berücksichtigt.

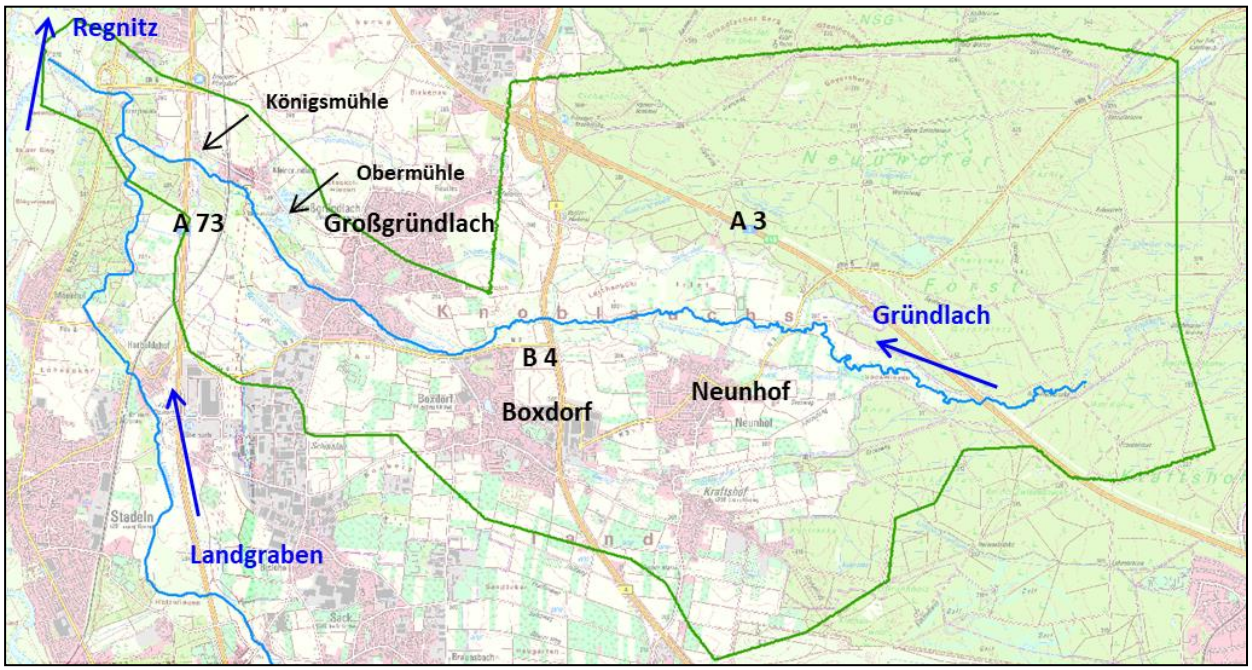

Abbildung 2: Untersuchungsgebiet der Gründlach mit dem Modellumgriff (grün). Hintergrund: TK25

2 Datengrundlagen

2.1 Abwicklungskonzept QS

- Aufgabenstellung für das Modell gemäß Abwicklungskonzept QS:
  Für das Modellgebiet existiert ein Bestandsmodell, das bis zum Pegel Frauenkreuz erweitert werden soll. Zu diesem Zweck sind ergänzende Vermessungsarbeiten im Flussschlauch erforderlich.
- Aufzählung von wesentlichen Abweichungen der Modellierung zum Abwicklungskonzept QS und zur LB-H:
  - *Der Arbeitsauftrag zum Modell ist gegenüber dem Abwicklungskonzept QS unverändert.*
  - *Es liegen keine Abweichungen bzgl. der Modellierung vor.*
- Die geplante Bearbeitungszeit liegt zwischen dem 02.03.2018 und dem 06.03.2019.

2.2 Geobasisdaten

- DGM: Auflösung 1x1 m, DHHN92, Befliegung: Apr. 2013 (westl. Teil)/ April 2015 (östl. Teil)
- ALKIS: Stand: Oktober 2016
- Digitale Orthophotos: Stand: 2017, NW06819.SID, NW06517.SID, NW06715.SID bis NW06719.SID und NW06615.SID bis NW06618.SID, Befliegung vom 19.06.2017
- Topographische Karte: TK25 und TK100, Stand: August 2016

2.3 Fachdaten

Folgende Daten dienten als Grundlage für die Modellierung:

- Gewässer-Shapes: VE2204_ACHSEN_QS, Stand: Dezember 2017; VE2204_FGN25A, Stand: August 2017
- Geplanter Umgriff: VE2204_GEBIET_QS.shp, Stand: Juni 2018
- Gebäudeumrisse: 2861_HAUSUM, Stand: August 2017
- Mustervorlage Materialdatei für SMS 12 (Stand: Juli 2018) und Mustervorlage der Standard-Rauheitsbeiwerte als pdf (Anlage H-2 der Leistungsbeschreibung)
- 2dm-Vorlagendatei für HYDRO_AS-2d 4.4.3, Stand: Juli 2018

2.4 Hydrologische Daten

Folgende Daten dienten als Grundlage für die Modellierung:

- Hydrologischer Gewässerlängsschnitt Gründlach (GKZ 242340000000000) von Pegel Frauenkreuz bis Mündung Regnitz (2861_VE2204_HYLAEN_Gründlach.pdf); Ermittlungsmethode: EGL-X-Modell 2018, HQ_{extrem} über K-S-Verfahren, Gründlach am Pegel Frauenkreuz: Aktualisierte Pegelstatistik (bis 2016), HQ_{extrem} über K-S-Verfahren; Quelle hydrol. Längsschnitt: Abstimmungsbericht EG-HWRM-RL / WWA Nürnberg, Stand: November 2018
- Lastfall-Kombinationen Gründlach - Regnitz (VE2204_2861_LASTFALL_Gründlach.xlsx) vom 26.11.2018
- Ganglinien der verschiedenen Jährlichkeiten (VE2204_2861_GANGLI_Gründlach.xls), Dokument vom 28.11.2018

2.5 Daten zur Modellparametrisierung

- Schlüsselkurve Pegel Frauenkreuz in DHHN12 (Schlüsselkurve_Pegel_Frauenkreuz.pdf, W/Q-Beziehungen_Frauenkreuz-Gründlach.xlsx)

2.6 Vermessungsdaten (Bestandsdaten)

- Auflistung der Durchlässe einschließlich der Brücke über die Gründlach (mit Bauwerksnummern) von der Autobahndirektion Nordbayern, Stand Januar 2013 (2861_Gründlach_Durchlässe_Autobahn_LfU_20180409.docx) – nicht vom HYD verwendet (wurde vom WWA ins Modell im Zuge der Bearbeitung des PAK 13 eingepflegt)
- Vermessungsdaten der Gründlach von 2007 (2861_Gründlach.7z) in DHHN12 – nicht verwendet, da eigene Vermessungen erfolgt sind

2.7 Bestandsmodelle

Es liegt das Bestandsmodell der Gründlach vor, welches aus dem 1. Zyklus der HWRM-RL stammt. Vermessung 2007, Berechnung 2008, sukzessive Erweiterungen bis 2014. Das Höhenbezugssystem ist DHHN12.

2.8 Sonstiges

- Linienthema "Vermessung_Gewaesser.shp": enthält den Gewässerabschnitt, der neu vermessen werden soll. Stand 31.7.2017
- Luftbildplan BAB A3 (Betr.-km 387+500 bis 393+000), Einzugsgebiete Rückhaltebecken vom Okt. 2007 – für die Modellierung nicht relevant (nicht verwendet)
- Lageplan des Autobahnabschnitts bei Neunhof (BLP A3.dwg) vom 19.01.2018 – für die Modellierung nicht relevant (nicht verwendet)
- EK-Plan des Autobahnabschnitts bei Neuhof (EKP A3.dwg) vom 19.01.2018 – für die Modellierung nicht relevant (nicht verwendet)

2.9 Prüfung Grundlagendaten durch Hydrauliker

Die Daten sind vollständig (Stand 24.01.2019).

2.10 Prüfung Grundlagendaten durch Qualitätssicherer

Die Prüfung des Pakets erfolgte anhand der Prüfliste im Prüfprotokoll, siehe Anlage 5.

Die Grundlagendaten wurden für die VE2204 erstmalig am 08.01.2018 vom LfU per PKM bereitgestellt und am 17.02.2018 endgültig abgenommen. Die Grundlagendaten zum Modell wurden innerhalb von zwei Prüfläufen abgenommen, da hydrologische Grundlagendaten fehlten. Diese wurden im weiteren Projektverlauf nachgeliefert.

Nachlieferungen

- Lastfallkombination für die Mündung der Gründlach in die Regnitz (LfU, 26.11.2018)
- Hydrologischer Längsschnitt der Gründlach (LfU, 26.11.2018)
- Ganglinie der Gründlach an den einzelnen Zugabepunkten (LfU, 30.11.2018)

3 Ortsbegehungen

Zu Beginn des Projekts findet beim zuständigen WWA ein Treffen mit dem QS statt. Der gemeinsame Ortstermin beim WWA dient als Grundlage für die Überprüfung und Anpassung des Abwicklungskonzepts LfU, die detaillierte Planung des Modellierungsumfangs durch den QS und die Überprüfung der Vollständigkeit der Grundlagendaten. Schwerpunkte sind dabei die Absprache der jeweiligen Besonderheiten eines Gewässers, der anfallenden Arbeiten an den Bestandsmodellen und der hydraulisch relevanten Längsstrukturen. Zudem soll bereits festgelegt werden, für welche Brücken ein Brückenstatus erstellt werden soll. Abschließend wird auf dem Termin entschieden, ob eine gemeinsame Ortsbegehung von QS und WWA durchzuführen ist.

Im Späteren erfolgt eine Ortsbegehung durch den Hydrauliker. Dabei werden das Gewässer sowie hydraulisch relevante Bereiche im Vorland begangen. Auf einer Arbeitskarte, auf welcher Luftbilder sowie der Umgriff des HQ_{extrem} (auf einen Testrechenlauf basierend) hinterlegt sind, werden Lage und Art von Quer- und Längsprofilen für die Detailplanung Vermessung vermerkt sowie mögliche Besonderheiten für die Vermessung und die hydraulische Modellierung.

Danach werden Besonderheiten, welche für die Vermesser wichtig sind, im Bemerkungsfeld der Shape-Datei erfasst, welche entsprechend der Leistungsbeschreibung erstellt und an den QS übergeben wird.

3.1 Gemeinsame Ortsbegehung von QS und WWA

Eine gemeinsame Ortsbegehung fand nicht statt, jedoch erfolgte beim WWA Nürnberg am 18. und 19.10.2017 eine gemeinsame Durchsicht der vonseiten des QS zuvor an das WWA gerichteten Fragen.

Im Protokoll zu diesem Termin wurden für das Modell der Gründlach (2861) die folgenden wesentlichen Festlegungen dokumentiert (vgl. Anlage 6):

- Aufgrund der möglichen Erschwernisse bei der Vermessung soll der 1,1 km lange Abschnitt vorrangig vor der Vegetationsphase vermessen werden (Frühjahr 2018). Der Vermesser hat dies in seiner Planung zu berücksichtigen.
- Der Gewässerabschnitt an der Gründlach soll vermessen werden, weil eine Überflutung der A3 bei Hochwasser seitens des WWA erwartet wird.
- Am Pegel Frauenkreuz soll eine Modellkalibrierung erfolgen, jedoch nur für den neu vermessenen Abschnitt (1,1 km), da Ansätze bei den Modellrauheiten im Bestandsmodell unbekannt sind.
- Die Abbildung der Brücken im Bestandsmodell ist zu überprüfen und ggf. zu aktualisieren anhand vorliegender Bestandsdaten zu den Bauwerken. Aktualisiert werden muss auf jeden Fall die Brücke der B4 Nürnberg Richtung Erlangen, da an dieser Stelle Überflutungen bei HQ_{100} zu erwarten sind, die Brücke aber nicht nach dem aktuellen Stand der Technik modelliert wurde. Evtl. trifft dies auch auf weitere Brücken zu.

3.2 Ortsbegehung Hydrauliker

- Datum der Durchführung: 13.03.2018
- Anzahl der Fotos: 43

3.3 Ortsbegehung Qualitätssicherer

Der QS hat am 08.11.2017 eine Ortsbegehung durchgeführt und mit 10 Fotos dokumentiert.

3.4 Ortsbegehung Plausibilisierung vor Ort

Entfällt, da keine Plausibilisierung vor Ort erforderlich war.

4 Vermessung

4.1 Detailplanung Vermessung

4.1.1 Detailplanung Vermessung

Zeitlicher Ablauf

Die Detailplanung Vermessung wird im unmittelbaren Anschluss an die Ortsbegehung des Hydrauliker durchgeführt. Der Hydrauliker hat das jeweilige Gewässer begangen und dabei die für die Ermittlung der Überschwemmungsgebiete wesentlichen Elemente am und entlang des Gewässers erfasst. Grundlage zur Erstellung der Detailplanung Vermessung sind die auf Arbeitskarten vom Hydrauliker gemachten Eintragungen, u.a. zu:

- Lage und Art der aufzumessenden Querprofile,
- Verläufen von Längsstrukturen,
- Sonderpunkten und
- flächenhaften Vermessungen.

Zudem werden die Anmerkungen des Qualitätssicherers aus dessen Ortsbesichtigung ebenfalls berücksichtigt. Der zeitliche Ablauf der durchzuführenden Leistungen ist aus der beigefügten und laufend aktualisierten Projektfortschrittsdokumentation zu entnehmen.

Umfang

Der voraussichtliche Umfang der Vermessungsleistungen ist getrennt nach Profilen und Längsstrukturen aus nachfolgenden Tabellen (vgl. Tabelle 1 und Tabelle 2) zu entnehmen. Dabei stellen die aufgeführten Stückzahlen bzw. Längenangaben zunächst die Inhalte der beiden abzugebenden SHAPE-Dateien dar. Zusätzlich sind zum Vergleich der Massenänderungen zwischen dem ursprünglichen Auftrag die Massen des Leistungsverzeichnisses sowie des Abwicklungskonzeptes aufgeführt.

Durch die in Böschungslage verlaufende Autobahn könnten zwei Durchlässe vorhanden sein, die im Rahmen der Ortsbesichtigung nicht zu identifizieren waren (hoher Wasserstand im nordseitigen Graben am Fuß der Böschung). Die Lage und Existenz der Durchlässe kann auf Grundlage der amtlichen Gewässerachsen (FGN25A: GKZ 24234194, GKZ 24234192; siehe Arbeitskarten) vermutet, aber nicht abschließend geklärt werden. Eine Anfrage über die Existenz dieser Bauwerke läuft.

Unabhängig davon sollte der Vermesser die Einlaufpunkte (Sohlpunkt und Durchmesser) der Durchlässe unabhängig von den Inhalten der Arbeitskarten und Aufzählungen dieses Berichtes falls vorhanden mit erfassen.

Tabelle 1: Art und Anzahl von Querprofilen in Modell 2861

Param.-Nr.	Bezeichnung	Anzahl (St.) Detailplanung Verm.	Anzahl (St.) Abwick-lungs-konzept	Anzahl (St.) Leistungs-verzeichnis
6000	Regelprofil	-	20	33
6100	Gewässerprofil	16		
6200	Brückenprofil	3	-	-
	Brückenbauwerk (2Profile)	2 (Brücke BAB nur 1 Profil)	2	1
	Stege (1 Profil)	-	-	-
6300	Durchlass	-	-	-
6400	Verrohrung	-		
6500	Düker	-		
6600	Sohlenbauwerk: Absturz, Sohlen-rampe, Sohlengleite, Sohlenschwelle	-	-	-
6700	Absperrbauwerk: Wehr, Staudamm, Staumauer	-	-	-

Bei den Angaben zu Art und Länge der Längsstrukturen wird zunächst die reine Länge der Geometrien aus der SHAPE-Datei zur Detailplanung Vermessung aufgeführt („SHAPE-Geometrien“). Da hierbei aber nicht berücksichtigt ist, dass z.B. eine Oberkante Mauer in der Detailplanung eine einzelne Linie ist, im tatsächlichen Aufmaß jedoch vier Linien aufzunehmen sind, wird eine Spalte zur „tatsächlichen Aufmaß-länge“ ergänzt.

Unter dem Typ „Sonstige Längsstruktur“ werden in der Detailplanung Vermessung sowohl linienhafte Aufmaße als auch flächenhafte Aufmaße für den Vermesser angezeigt. Die in der Tabelle genannte Länge dieser Geometrie ist daher nicht eindeutig einer linienhaften oder flächenhaften Vermessungsleistung zuzuordnen. Ein zuverlässiger Vergleich z.B. mit der Angabe zur flächenhaften Vermessung im Leistungsverzeichnis kann daher nicht erfolgen und entfällt. In der Summenbildung werden daher die sonstigen Längsstrukturen nicht miteinbezogen.

Ebenfalls nicht berücksichtigt in der Aufzählung sind die tatsächlichen Längen von aufzumessenden Ufermauern, die mit zwei Längsstrukturen aufzumessen sind, in der Detailplanung Vermessung allerdings nicht explizit ausgewiesen werden.

Tabelle 2: Art und Länge von Längsstrukturen in Modell 2861

Param.-Nr.	Bezeichnung	Länge (km) Detailplanung Verm. SHAPE-Geometrien	Länge (km) Detailplanung Verm. Tatsächliche Aufmaßlänge	Länge (km) Abwick-lungs-konzept	Länge (km) Leistungs-verzeichnis
7000	Längsprofil (vermessen)	-	-	6,4	4,4
7100	Uferlinie	3,9	3,9		
7200	Gewässerachse	-	-		
7300	Unterkante Böschung	-	-		
7400	Oberkante Böschung	3,9	3,9		
7500	Unterkante Mauer	-	-		
7600	Oberkante Mauer	-	-		
7700	Unterkante Deich	-	-		
7800	Oberkante Deich	-	-		
	Summe:	7,8	7,8	6,4	4,4
7900	Sonstige Längsstruktur	0,02	0,08		

Zusätzlich zu den Querprofilen und Längsstrukturen ist in den Arbeitskarten der Detailplanung Vermessung die Vermessung von Sonderpunkten (vgl. Tabelle 3) verzeichnet, für die es keine eigene SHAPE-Datei zur Übergabe an den Vermesser gibt. Bei diesen sogenannten Sonderpunkten handelt es sich um die Anforderung an ein Aufmaß von Einzelpunkten, beispielsweise zu einer Sohlhöhe / Breitenangabe bei einem einmündenden Nebengewässer oder einer seitlichen Öffnung zu einem Fischpass. Informationen zu den Sonderpunkten sind in den Arbeitskarten in Form von Beschriftungen enthalten.

Tabelle 3: Sonderpunkte in Modell 2861

Nummer	Lage	Beschreibung Vermessungsauftrag
1	Pegel Frauenkreuz	Am Pegel Frauenkreuz sind die besonderen Anforderungen an ein Aufmaß an einem Pegelstandort zu beachten

Allgemeine Anmerkungen für den Vermesser

- Mauern, Deiche und Wälle sind grundsätzlich mit 4 Linien (2x Unterkante, 2x Oberkante) aufzumessen. In den Unterlagen der Detailplanung Vermessung ist jedoch nur eine Linie enthalten, mit der lediglich die Lage der aufzumessenden Strukturen wiedergegeben wird.
- Die in Tabelle 2 enthaltenen Längenangaben geben nur die Länge der in der Detailplanung Vermessung digitalisierten Geometrien wieder. Die tatsächliche Länge der aufzumessenden Längsstrukturen kann davon abweichen. Beispielsweise ist in der Detailplanung Vermessung die Vermessung einer Mauer mit nur einer Linie enthalten, während die tatsächliche Vermessung vor Ort mehrere Längsstrukturen beinhaltet.
- Brückengeländer sind in der Regel als durchlässig anzunehmen. Somit ist als Konstruktionsoberkante (KOK) die Konstruktionshöhe der seitlichen Brückenkappe aufzunehmen. Die Geländeroberkante selbst ist als weiterer überströmbarer Horizont aufzunehmen. Bei Brücken mit undurchlässigen Brüstungen werden diese direkt als KOK aufgenommen.

- Ist an einem Gewässer ein Steg, eine einfache Überfahrt, eine Abdeckplatte o.Ä. aufzumessen, wird dies in der Detailplanung Vermessung lediglich anhand eines vollständigen Brückenprofils (6200) gekennzeichnet. Auf die Aufnahme von zwei Brückenprofilen wird verzichtet. An Stegen ist das Brückenprofil am oberstromigen Ende des Bauwerkes aufzumessen. Auf der unterstromigen Seite eines Stegs ist anhand von zwei Einzelpunkten beidseitig die Brückenunterkante aufzumessen. Damit kann die Größe des Stegs sowie der Verlauf der Unterkanten des Bauwerkes erfasst werden.
- Bei seitlichen Zuläufen (Einleitungen) zum Hauptgewässer ist der Vermesser angehalten, eigenständig (ohne weitere Hinweise der Detailplanung Vermessung) alle sichtbaren Einläufe größer DN300 mit Einzelpunkten aufmessen.
- Zusätzlich sollten Einmündungen von kleineren Nebengewässern selbständig mit einem Sonderpunkt (Sohllage, Breite des Gewässers als Anmerkung) aufgenommen werden. Die Längsstruktur der Böschungsoberkante (BOK) ist dabei mit einem Lochpunkt zu versehen. Die vermessenen Punkte der BOK vor und nach dem einmündenden Gewässer sollten ca. 10 cm über dem Wasserspiegel liegen.
- Aus Gründen der Lesbarkeit wird auf die Darstellung von Lochpunkten in den Arbeitskarten zur Detailplanung Vermessung verzichtet. Auf die Notwendigkeit zur Berücksichtigung bzw. Definition von Lochpunkte wird der Vermesser anhand der Anforderungen der Leistungsbeschreibung hingewiesen.
- In kanalisierten Bereichen bzw. in sog. Troggerinnen mit U-förmigem Querschnitt werden die vorhandenen vertikalen Ufermauern als Linienobjekte „Unterkante Mauer“ und „Oberkante Mauer“, respektive Parameternummer 7500 und 7600, vermessen. Diese Abschnitte sind in der Detailplanung Vermessung nicht explizit aufgeführt und werden vom Vermesser vor Ort festgelegt. Die IDs dieser Längsstrukturen sind vom Vermesser eindeutig zu definieren. Der Umfang dieser Längsstrukturen ergibt sich erst im Rahmen der Vermessung und ist in oberstehender Tabelle nicht miterfasst.
- Flächenhafte Vermessungsleitungen sind auf den Arbeitskarten und in der übergebenen Shapedatei „*.LAENGS_LIN.shp“ in Form von linienhaften Geometrien bzw. Umgrenzungen gekennzeichnet. Das Attribut der „VL_ART“ lautet „7900 Flächenhafte Vermessung“. Unter einer flächenhaften Vermessung ist dabei grundsätzlich nicht ein Aufmaß von strikt regelmäßig verteilten Einzelpunkten in Form eines Rasters über das gesamte gekennzeichnete Gebiet zu verstehen. Vielmehr sollen innerhalb des gekennzeichneten Gebiets die hydraulisch relevanten Geländestrukturen (u.a. Abgrabungen, Mulden, Wälle, Aufschüttungen, Gebäudeabrisse und Neubauten, …) anhand von Einzelpunkten in ausreichender Dichte erfasst werden.

Erkenntnisse über das Arbeitsgebiet (z. B. Baumaßnahmen, Begründungen für Vermessungslücken, erschwerter Zugang)

- Die Notwendigkeit für die Vermessung von Durchlässen im Vorland wird u.a. durch die vorab durchgeführte Simulation eines HQ_{extrem} festgestellt. Durch die aufzumessenden Durchlässe soll das vorhandene Gewässernetz im Vorland bzw. die Verknüpfung mit einmündenden Nebengewässern durchgängig abgebildet werden, sodass ein möglicher Rückstau in diese Gewässerabschnitte rechnerisch ermittelt werden kann.

Übergebene Dokumente

An den Vermesser werden über das Abgabepaket die sechs folgenden Dateien übergeben:

- 2861_JJJJMMTT_DTPLAN_VERMES_PROFIL_LIN.shp
- 2861_JJJJMMTT_DTPLAN_VERMES_PROFIL_LIN.dxf

- 2861_JJJJMMTT_DTPLAN_VERMES_LAENGS_LIN.shp
- 2861_JJJJMMTT_DTPLAN_VERMES_LAENGS_LIN.dxf
- 2861_JJJJMMTT_AKDETV.pdf
- 2861_JJJJMMTT_ENDBER_PAK06.docx

Die Arbeitskarten zur Detailplanung Vermessung sind in Anlage 1 enthalten.

4.1.2 Prüfung Detailplanung Vermessung durch QS

Die Prüfung des Pakets erfolgte anhand der Prüfliste im Prüfprotokoll, siehe Anlage 5.

Geringfügige Anpassungen infolge der Prüfleistungen des Qualitätssicherers, wie redaktionelle Berichtskorrekturen und minimale Anpassungen in einzelnen Vermessungsabschnitten, sind in der Prüfliste dokumentiert. Bei der Detailplanung Vermessung wurden diese Anpassungen für dieses Modell innerhalb von zwei Prüfläufen vorgenommen.

Es gab keine Besonderheiten.

4.2 Datengrundlagen und Anforderungen

4.2.1 Beschreibung des Lage- und Höhensystems

- Lagesystem: Gauß-Krüger 4. Streifen
- Höhensystem: DHHN92

4.2.2 Messgenauigkeit

- Die innere Messgenauigkeit ist jene, die mit einer 3“ motorisierten Totalstation erreichbar ist (eingesetztes Gerät: Trimble s6 3“). Diese wird mit einem Punktlagefehler von ±5mm angenommen.
- Die äußere Messgenauigkeit ist abhängig von jener Qualität, die mit einem RTK/GPS (eingesetztes Gerät: Trimble r8-3 mit Axio-Net Korrekturdienst) zur Bestimmung der temporären Festpunkte erreichbar ist. Diese wird mit einem Punktlagefehler von ±3-5cm angenommen.

4.2.3 Anschlüsse an Höhenfestpunkte

- Die Höhengenauigkeit eines RTK/GPS ist um den Faktor 2 schlechter als in der Lage.
- Um diese Unsicherheit zu reduzieren, wurde eine tägliche Kalibrierung des RTK/GPS durch die Kontrollmessung an Höhenfestpunkten und/oder Flusskilometersteinen durchgeführt.
- Die Differenz zwischen dem Messergebnis und der Höhe des Punktes beinhaltet nicht nur die Messgenauigkeit, sondern auch die vorhandene Höhenungenauigkeit der Festpunkte selbst.
- Die so ermittelte Differenz wurde als Korrektur für die GPS-Messungen für die nächsten 4-6h angebracht, da sich erfahrungsgemäß die Satellitenkonstellation danach ändert.

4.3 Durchführung der Vermessungsarbeiten

4.3.1 Umfang der Vermessung

Tabelle 4 zeigt den Umfang der Vermessung.

Tabelle 4: Umfang der Vermessung

Beschreibung	Einheit	Anzahl
Vermessung von Gewässer- und Regelprofilen	Stk	16
Vermessung von Gewässer- und Regelprofilen - Sonderfälle	Stk	
Vermessung von Brücken im Gewässer	Stk	2
Vermessung von Durchlässen, Düker oder Verrohrungen im Gewässer	Stk	
Vermessung von Abstürzen	Stk	
Vermessung von Sohlenrampen, Sohlengleiten und Sohlenschwellen	Stk	
Vermessung von Absperrbauwerken / Wehren	Stk	
Vermessung von Durchleitungsbauwerken außerhalb von Gewässern	Stk	
Vermessung von Uferlinien und Böschungsoberkanten in Zusammenhang mit der Vermessung von Querprofilen	km	8,14
Vermessung von Uferlinien und Böschungsoberkanten ohne Zusammenhang mit der Vermessung von Querprofilen	km	
Vermessung von abflusswirksamen Längsstrukturen als Bruchkanten	km	
Vermessung von Einzelpunkten	Stk	32
Flächenhafte Vermessung	ha	
Vermessung von Einzelpunkten mit besonderen Anforderungen (Pegelnull-punkte)	Stk	4
Aufnahme von Fotos vermessener Objekte	Stk	27

4.3.2 Zeitlicher Ablauf der Vermessung

Die Vermessung fand am 19.04.2018 bis 25.04.2018.

4.3.3 Besonderheiten, Hinweise, gewonnene Erkenntnisse

In Anlehnung an den Bericht zur Detailplanung Vermessung und in Rücksprache mit dem Hydrauliker wurden entlang der Autobahn A3 zwischen dem Rastplatz Weißer Graben und dem Einlaufbauwerk der Gründlach Durchlässe von querenden Gewässer gesucht und gefunden. Die 4 Durchlässe entlang der Gewässer 24234192, 24234194 und 24234196 wurde mit einem Sohlpunkt & Topographie entlang der A3 aufgemessen.

4.4 Datenaufbereitung und Datenübergabe

4.4.1 Aufbereitung HIPPO-Dateien

- Die Berechnung Stationsname bzw. Kilometrierung erfolgt mit dem Modul HIS‘3D-DetName (nähere Erläuterung siehe Anlage V-12 der Leistungsbeschreibung)
- Es waren keine Hektometer-Steine an diesem Gewässer vorhanden.

4.4.2 Import HIS‘3D

Import

- Die Daten wurden am 31.05.2018 & 09.06.2018 importiert.
- Basierend auf den Korrekturen wurde die Gesamtdatei am 14.08.2018 importiert.

Kodierungshinweise

- Die Lochpunkte wurden in Anlehnung an die verschiedenen Beispielen des LfU, auf Basis 31.07.2018, gesetzt.

Folgende Warnungen können ignoriert werden

- „weniger als vier Punkte mit Code 3 oder 4 angegeben“ => akzeptabel, bei schmalem Gewässer
- „Anzahl der Punkte mit Code 7 und 8 unterschiedlich“ => akzeptable, da es nicht zu jedem Punkt in der Unterkante auch einen Punkt in der Oberkante geben muss
- „sind weniger als zwei Punkte mit Code 0 angegeben“ => akzeptabel, da es sich um einen trockenen Graben handelt

4.4.3 Fotos und Fotostandorte: Fotodokumentation

Die Anzahl der Fotos ist in Tabelle 4 unter 4.3.1 aufgeführt.

Die Fotos wurden zusammen mit den Daten (siehe 4.4.2) importiert.

4.5 Qualitätssicherung

4.5.1 Interne Qualitätssicherung Vermesser

- Sichtung der übergebenen Unterlagen
- Überwachung, ob die Höhen der temporären Festpunkte den Genauigkeitsanforderungen entsprechen
- Überprüfung, ob die charakteristischen Querprofil-Punkte in ausreichender Anzahl aufgemessen wurden
- Vergleich der gemessenen Daten mit der übergebenen Detailplanung Vermessung

4.5.2 Begleitung Vermessung durch Hydrauliker

Die Anweisung der zusätzlich zu suchenden und zu vermessenden Durchlässe wurde aus Erkenntnissen der Ortsbegehung telefonisch mit dem Vermesser abgestimmt.

4.5.3 Begleitung und Prüfung Vermessung durch Qualitätssicherer

Die Vermessungsarbeiten erfolgten vom 19.04.2018 bis zum 25.04.2018. Dabei wurden die Gewässerprofile 10 bis 190 vermessen.

Die Prüfung der Vermessung wurde in vier Prüfläufen abgeschlossen. Die hohe Anzahl an Prüfläufen war erforderlich, um Rückfragen des QS zu klären und kleinere Anpassungen zur Erfüllung der formalen Anforderungen an den Vermessungsdatensatz durchzuführen.

4.6 Zusammenfassung Vermessung

4.6.1 Zusammenfassung Vermessung durch Vermesser

Außer den Problemen mit den GKZ gab es keine besonderen Vorkommnisse. Entsprechend den Anmerkungen vom 06.07.2018 wurden die Daten überarbeitet und als Gesamtdatei am 14.08.2018 importiert. Die Lochpunkte basieren jedoch noch auf dem LfU Arbeitspapier vom 31.07.2018.

4.6.2 Zusammenfassung Vermessung durch Hydrauliker

Die vom Vermesser übergeben Daten wurden bereits zur Erstellung des Flussschlauchmodells herangezogen. Die Vermessungsdaten werden im PAK10 im Ordner …\Grundlagen\Vermessung\... in der Form übergeben, in der die Daten vom Vermesser an den Hydrauliker übergeben wurden. Um zusätzliche Verzögerungen zu vermeiden, wurde die Rückmeldung des LfU zur Übergabe der genannten Daten nicht mehr abgewartet.

4.6.3 Zusammenfassung Vermessung durch Qualitätssicherer

Wie in Kapitel 4.3.3 beschrieben, wurden im Rahmen der Vermessung vier weitere für die Modellierung relevante Durchlässe gefunden und in Rücksprache mit dem Hydrauliker erfasst. Darüber hinaus liegen keine wesentlichen Abweichungen zur Detailplanung Vermessung vor.

Die Vermessungsdaten wurden am 16.10.2018 vom WWA Nürnberg abgenommen.

Der Umfang der Vermessungsdaten war ausreichend, um die weiteren Modellarbeiten entsprechend den Anforderungen der LB durchführen zu können.

5 Hydraulik

5.1 Verwendete Programme für die Modellierung und Berechnung

Neu zu erstellende Vorländer werden mit dem Programm LASER_AS-2D Version 2.0.3 (2015) für SMS 12.3.5 generiert. Der Flussschlauch wird mit dem Flussnetzgenerator 2015-12 für SMS 12.3.5 modelliert. Die Berechnung der Abflüsse und der Wasserspiegellagen erfolgt mit dem Programm HYDRO_AS-2D Version 4.4.3 für SMS 12.3.5.

5.2 Detailplanung Modelle + Berechnungen

5.2.1 Abgrenzung Modellumgriff

Als Grundlage dient die vom Landesamt für Umwelt übergebene Datei VE2204_GEBIET_QS mit den darin vorgegebenen Modellgebieten sowie das übergebene Bestandsmodell. Eine Prüfung der Modellränder erfolgt mit einem Testrechenlauf eines HQ_{extrem}. Hierfür werden die Zuläufe aus dem Bestandsmodell übernommen und ein zusätzlicher Zulauf etwa am Beginn des zu modellierenden Flussschlauches mit einem Scheitelabfluss von 6,995 m³/s definiert. In diesem Testrechenlauf stößt die Wasserspiegellage lediglich im Bereich des Vorfluters an die Modellgrenzen. Der oberstromige Modellrand wurde stark gekürzt. Der neue Modellrand beginnt knapp 700 m oberhalb des neu zu vermessenden Flussschlauchs. Die restlichen Modellgrenzen werden aus dem Bestandsmodell übernommen, auch wenn sie weit über das HQ_{extrem} des Proberechenlaufes hinausreichen (siehe Abbildung 3).

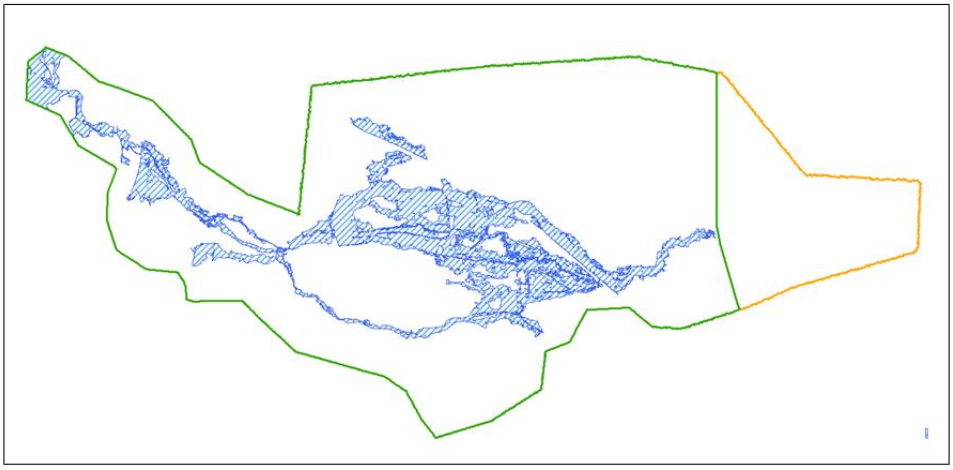

Abbildung 3: Darstellung: neuer Modellumgriff (grün), gekürzter Bereich des Modellumgriffs des QS (orange) und die berechnete Überschwemmungsfläche des HQ_{extrem} des Testrechenlaufs (blau schraffiert)

5.2.2 Beschreibung aller Randbedingungen und Modellansätze

Die Definition von Randbedingungen und Kontrollquerschnitten erfolgt in SMS über Nodestrings. Diese werden in Fließrichtung gesehen von links nach rechts definiert. Als Datengrundlagen zur Berechnung der Wasserspiegellagen dient der vom Landesamt für Umwelt übergebene hydrologische Längsschnitt Nach Abnahme der Detailplanung Modelle + Berechnungen (PAK07) im Mai 2018 wurde ein neuer hydrologischer Längsschnitt im Nov. 2018 übergeben. Dadurch verliert die Planung der Zuflussstellen über die Shapedatei 2861_JJJJMMTT_RANDBE_LIN.shp ihre Gültigkeit. Die Tabelle 5 wurde nachträglich auf Grundlage des neuen hydrologischen Längsschnittes aktualisiert und stellt somit die tatsächlich für die Berechnung verwendeten Werte dar. Sie zeigt die Abflussmengen an den entsprechenden Stützstellen eines nicht vom AG übergebenen NA-Modells, deren Lage Abbildung 4 entnommen werden kann. Die

Abbildung wurde der Ganglinien-Datei entnommen. Die kursiven Werte an den seitlichen Zuflüssen der Gründlach beziehen sich auf das maßgebliche Ereignis der Gründlach.

Die Zugabestellen „Vor Mündung Gewässer“ werden etwa 100 bis 200 Meter oberhalb des einmündenden Gewässers definiert. Eine Ausnahme liegt vor, wenn der Abfluss „vor Mündung Gewässer“ sich seit dem letzten definierten Zufluss um mehr als 15 % erhöht hat. Aufgrund der hohen Abflusswerte an den Stützstellen „Kothbrunngraben vor B4“ und „Gründlach vor Zufluss Bucher Landgraben“ im Verhältnis zum Gesamtabfluss werden hier für den hydrologischen Längsschnitt in Tabelle 5 analog zu dieser Regel die Abflüsse auf acht bzw. zwei Stützstellen aufgeteilt. Die Lage des zusätzlichen Stützpunktes im Modellgebiet erfolgt nach etwa gleichmäßig geteilter Wegstrecke, bzw. wird auf Grundlage von topographischen Karten, Luftbildern und Einschätzungen aus der Ortsbegehung ausgewählt.

Die Zulaufrandbedingung am oberen Modellrand soll entsprechend der sich einstellenden Breite des Überschwemmungsgebiets beim HQ_{100} definiert werden. In Abstimmung mit QS und LfU werden die Zulaufnodestrings (vorrangig vom Hauptgewässer) nicht grundsätzlich analog der LB über die gesamte Breite bekannter oberstromiger Überschwemmungsgebiete angesetzt, sondern beschränken sich auf die Breite des Hauptgewässers, vorhandener HWSA oder markanter Geländestrukturen, da sonst Fehler auftreten könnten.

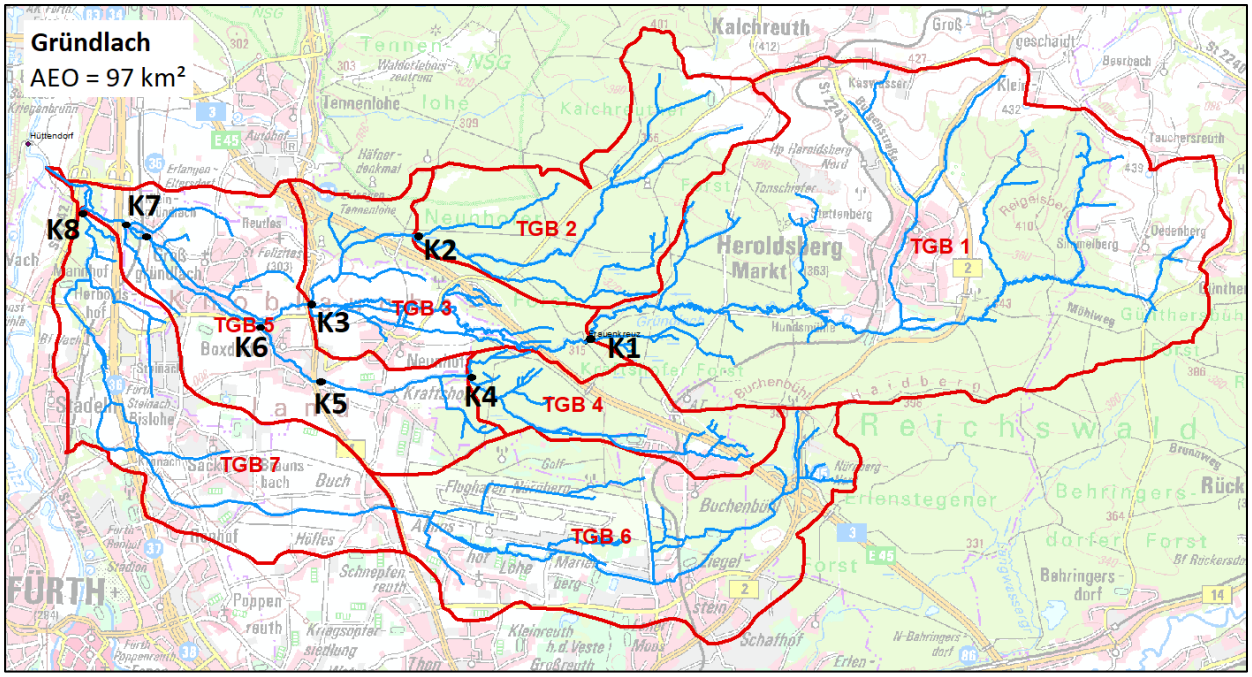

Abbildung 4: Lage der Zugabestellen K1 bis K8 der für das Modell 2861 übergebenen Ganglinien (AEO = oberirdisches Einzugsgebiet)

Tabelle 5: Hydrologischer Längsschnitt der Gründlach gemäß Datei vom Nov. 2018

Fließgewässerquerschnitt	HQ_5 [m³/s]	HQ_{10} [m³/s]	HQ_{20} [m³/s]	HQ_{100} [m³/s]	HQ_{extrem} [m³/s]
Gründlach am Pegel Frauenkreuz (K1)	8,0	9,4	10,9	14,3	22,0
Nonnengraben nach Zufluss Sperlesgraben (K2)	*2,2*	*2,6*	*3,0*	*3,9*	*6,0*
Gründlach nach Zufluss Nonnengraben (K3)	11,3	13,1	15,1	19,7	30,0
Kothbrunngraben nach Zufluss GKZ 2423446 (K4)	*1,2*	*1,4*	*1,6*	*2,1*	*3,3*
*Kothbrunngraben vor Bundesstraße B4 (K5)**	*2,5*	*2,9*	*3,3*	*4,4*	*6,8*
Kothbrunngraben vor Mündung in Gründlach (K6)	*2,9*	*3,4*	*3,8*	*5,1*	*7,9*
Gründlach vor Zufluss Bucher Landgraben (K7)**	14,0	16,1	18,6	24,3	37,0
Gründlach nach Zufluss Bucher Landgraben (K8)	19,8	22,9	26,5	34,7	54,0

* Aufteilung der Abflusswerte auf 8 Stützstellen
**Aufteilung der Abflusswerte auf 2 Stützstellen

Im Falle der Gründlach erfolgt die Zugabe des Pegels Frauenkreuz am Modellrand, bzw. mit ausreichendem Abstand zum Modellrand. Die Zugabe für die Endrechenläufe erfolgt gemäß dem Bestandsmodell instationär. Die Proberechenläufe werden zur besseren Überprüfung der Berechnungsergebnisse ebenfalls instationär durchgeführt.

Als Auslaufrandbedingung werden die zwei W/Q-Beziehungen aus dem Bestandsmodell übernommen (siehe Abbildung 5), da neuere Daten nicht übergeben wurden. Die übergebene Lastfallkombination für die Regnitz ist für das Modell nicht relevant, da nur ein sehr kleiner Ausschnitt (ca. 160 m Flusslänge) der Regnitz im Bestandsmodell mit einer Wasserstands-Abfluss-Beziehung abgebildet ist. Eine Erweiterung mit dem Vorflutermodell ist laut Leistungsbeschreibung nicht vorgesehen ist. Somit kann die bestehende Auslaufrandbedingung verwendet werden.

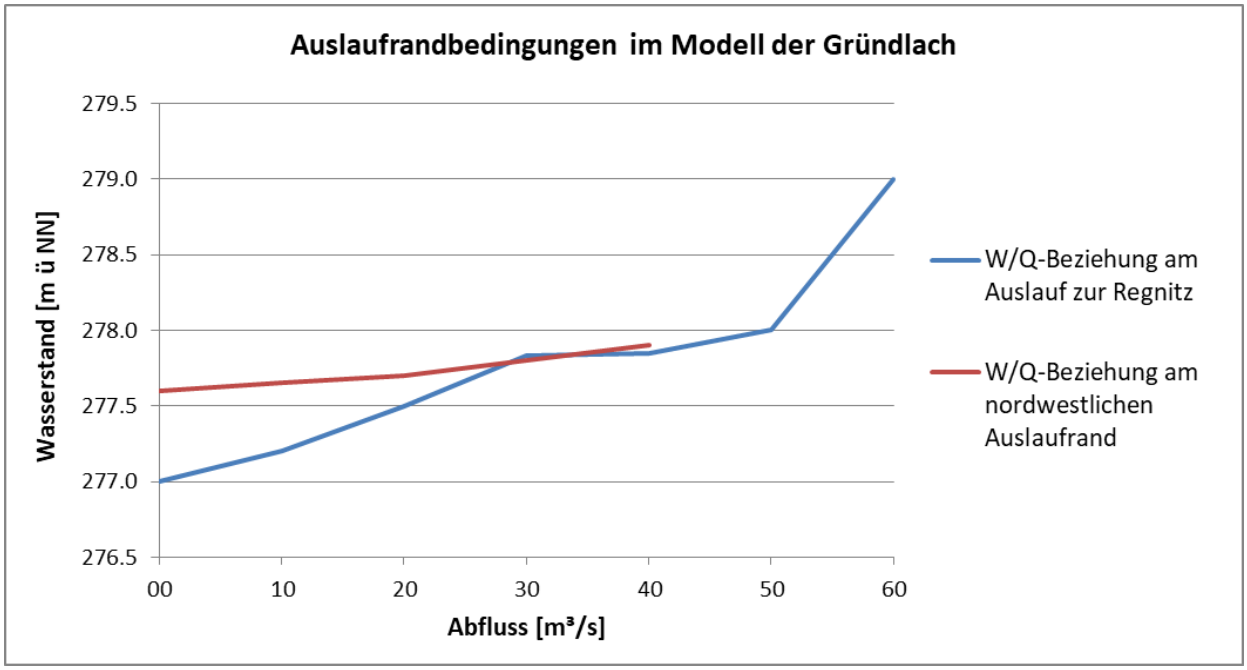

Abbildung 5: W/Q-Beziehungen am Auslaufrand des Modells der Gründlach

Eine Kalibrierung der Rauheiten wird anhand der vom WWA zur Verfügung gestellten Referenzdaten zum Pegel Frauenkreuz durchgeführt.

Es liegen keine wasserrechtlichen Bescheide oder Bauwerkspläne für das Modell vor.

5.2.3 Beschreibung der Modellierungsarbeiten

Für das Modell der Gründlach wird ein rund 1,9 km langer Abschnitt des Flussschlauches, beginnend an der Autobahnbrücke der A 3 nach stromaufwärts, neu modelliert. In diesem Bereich befinden sich zwei Brücken und ein Pegel. In Abhängigkeit der während der Ortsbegehung durch den Hydrauliker dokumentierten Sohl- und Uferbeschaffenheit, den dabei aufgenommenen Fotos sowie den Orthophotos werden anschließend Rauheiten für die einzelnen Abschnitte des Flussschlauchs vergeben.

5.2.4 Prüfung durch Qualitätssicherer

Die Prüfung des Pakets erfolgte anhand der Prüfliste im Prüfprotokoll, siehe Anlage 5. Das Paket wurde vom WWA Nürnberg abgenommen.

Geringfügige Anpassungen infolge der Prüfleistungen des Qualitätssicherers, wie redaktionelle Berichtskorrekturen und minimale Korrekturen im Shape der Randbedingungen und Brückenpunkte sind in der Prüfliste dokumentiert. Bei der Überarbeitung der Detailplanung Modelle + Berechnungen wurden diese Anpassungen innerhalb von drei Prüfläufen vorgenommen.

Zur Einhaltung der 15%-Regel war die Ergänzung von Stützstellen erforderlich. Im weiteren Verlauf des Projektes wurde festgelegt, dass die Einhaltung der 15%-Regel bei instationären Berechnungen nicht erforderlich ist. Da die Arbeiten am Modell der Gründlach zu diesem Zeitpunkt jedoch schon sehr weit fortgeschritten waren, wurde die im Rahmen der Detailplanung Modelle + Berechnungen geplante Vorgehensweise beibehalten.

5.3 Vorbereitung / Überarbeitung von Bestandsmodellen

5.3.1 Beschreibung der Arbeiten an Bestandsmodellen

Zuerst erfolgt ein Upgrade des Bestandsmodells auf die HYDRO_AS-2D Version 4.4.3. Anschließend wird das Bestandsmodell gemäß den aktuellen Vorgaben aufbereitet. In einem ersten Schritt wird kontrolliert, ob Gebäude über Löcher modelliert sind. Dies ist hier nicht der Fall. Des Weiteren werden inaktive Knoten innerhalb von Gebäuden gelöscht. Beim Löschen der Knoten am Modellrand kommt es dabei zu geringfügigen Änderungen des Modellumgriffs.

Anschließend wird die Qualität der Netzgeometrie verbessert und an die Vorgaben angepasst. Dabei wird kontrolliert, ob die maximale Anzahl von 15 Elementen, die an einem Knoten angrenzen, eingehalten wird. Auch darf das Größenverhältnis von benachbarten Elementen nicht 1:100 unterschreiten, da sonst ein Programmabbruch erfolgt. Es dürfen keine singulären oder unverbundenen Knoten vorkommen. Elemente dürfen sich nicht überlappen. Lücken im Modell sind nicht erlaubt. Es darf keine unverbundenen Netzteile geben, außer diese sind über Nodestrings miteinander verbunden. Die Anzahl der Elemente und Knoten muss mit der maximalen ID der Elemente und Knoten übereinstimmen. Zur Kontrolle wird eine Prüfung mit dem Tool Check2DM.exe durchgeführt. Die für die Kontrolle verwendeten Parameter können der Tabelle 6 entnommen werden. Aufgrund des Löschens inaktiver Knoten entstanden drei singuläre Knoten, die entfernt werden. Sonstige Fehler können nicht gefunden werden.

Tabelle 6: Parameter der Netzkontrolle (Bestandsmodelle)

Wert	Parameter
15	max. Anzahl Nachbarknoten
0,01	kritisches Flächenverhältnis Nachbarelemente
0,2 m	Vorhaltehöhe Wehrüberfall nach Du Buat
Vorhanden?	Auslauf nicht am Gitterrand

Die Abbildung der Brücken im Bestandsmodell wird im gesamten Modell geprüft. Insbesondere die Brücke der B4 Nürnberg Richtung Erlangen entspricht nicht der aktuellen Vorgehensweise der Brückenmodellierung. Hier werden die Konstruktionsunterkanten-Werte (KUK), die vor der Autobahnbrücke im Modell definiert waren, auf die gesamte Länge der Brücke verlängert. Die Überfallhöhe wird entsprechend der Höhe der Straße im Modell definiert. Zudem werden Widerlager in Verlängerung der bereits definierten Widerlager vor der Straße auf disable gesetzt.

Im nächsten Schritt werden die Randbedingungen überprüft. Grundsätzlich gilt, dass jeder Nodestring eine Randbedingung beinhalten muss. Nodestrings ohne Randbedingung oder mit mehreren Randbedingungen sind nicht erlaubt. Nodestrings, die aus nur einem Knoten bestehen, sind fehlerhaft. Nodestrings mit der Randbedingung Durchlass oder Wehrüberfall dürfen sogar nur zwei Knoten verbinden. Insbesondere Zuläufe, Ausläufe und Kontrollquerschnitte sollten nicht entlang von Disabled-Elementen verlaufen. Im Bereich von Wehren oder Brücken sollen die zugehörigen Nodestrings die Disable-Bereiche überspannen. In diesem Zuge wird ebenfalls überprüft, ob Wehrüberfälle, die die Überströmung einer Brücke darstellen, nicht an Knoten mit definierter KUK beginnen. Zulauf-, Auslauf- und Kontrollquerschnitt-Nodestrings müssen entgegen der Fließrichtung ausgerichtet sein, sodass in der Datei „Q_strg.dat“ positive Ergebnisse erzeugt werden. Auch hier können keine Fehler gefunden werden.

Des Weiteren werden Kontrollquerschnitte, Zuläufe und zwei Pegelpunkte an den Ausläufen definiert. Dabei wird von der Detailplanung abgewichen. Nähere Erläuterungen befinden sich in den Kapiteln 5.9.1, 5.9.2 und 5.9.4. Es werden alle alten Zuläufe des Bestandsmodells entfernt. Die Netzknoten und die Nodestrings werden neu nummeriert.

5.3.2 Prüfung durch Qualitätssicherer

Die Prüfung des Pakets erfolgte anhand der Prüfliste im Prüfprotokoll, siehe Anlage 5.

Geringfügige Anpassungen infolge der Prüfleistungen des Qualitätssicherers, wie redaktionelle Berichtskorrekturen und minimale Modellanpassungen, sind in der Prüfliste dokumentiert. Bei der Überarbeitung des Gesamtmodells wurden diese Anpassungen innerhalb von fünf Prüfläufen vorgenommen, wobei im Bestandsmodell lediglich eine Brücke angepasst wurde.

Wesentliche Abweichungen zur LB-H und zur Detailplanung Modelle + Berechnungen liegen nicht vor. Die Arbeiten am Bestandsmodell wurden nach Vorgabe der LB-H vom HYD umgesetzt.

5.4 Flussschlauchmodell

5.4.1 Erstellung Flussschlauch durch Hydrauliker

Zur Modellierung des Flussschlauchs werden die Programme AutoCAD 2017, SMS 12.3.5 sowie der Flussschlauchgenerator verwendet. Die Aufbereitung der Vermessungsdaten erfolgt mit Software des Ingenieurbüros Dr. Blasy Dr. Øverland.

Die Modellierung erfolgt auf Basis der vermessenen Flussquerprofile und Längsstrukturen (Uferlinien oder Böschungsoberkanten) unter Zuhilfenahme von Fotos (insbesondere an Stellen mit Bauwerken).

Die Übergabe der Vermessungsdaten erfolgte im Höhensystem DHHN92, da das Modell der Gründlach als Pilotmodell vor der Abnahme der Vermessung erstellt worden ist. Das Bestandsmodell der Gründlach hingegen liegt im älteren Höhensystem DHHN12 vor. Deshalb werden die Vermessungsdaten mit einem Durchschnittswert der nächstgelegenen Höhenfestpunkte in DHHN12 umgerechnet. In Tabelle 7 sind die verwendeten Höhenfestpunkte zur Berechnung des Höhenversatzes aufgeführt.

Tabelle 7: Höhenfestpunkte in der Nähe des neu zu erstellenden Abschnitts der Gründlach

Punktnummer	**Höhe DHHN12** [m ü NN]	**Höhe DHHN92** [m ü NHN]	**Differenz** [m]
6432 9 00112	314,794	314,764	0,030
6432 9 01089	303,843	303,815	0,028
6432 9 01092	305,734	305,705	0,029

Aus diesen Werten lässt sich eine mittlere Abweichung von 0,029 m ableiten. Dementsprechend werden die Laserscan- und Vermessungsdaten um 0,029 m erhöht.

Für die Elementproportionen an der Gründlach wird eine Breite zwischen 0,5 – 1,0 m und eine Länge von 1,5 – 3,0 m gewählt. Die Größe der Elemente variiert mit der Breite des Bachs. Insgesamt werden vergleichsweise kleine Elemente verwendet, um an schmalen Stellen die geforderte Mindestanzahl von drei Elementen in der Flusssohle zu erreichen.

Zunächst werden die Hippo-Vermessungsdaten für die Modellierung aufbereitet. Die Lage der Vermessungspunkte der einzelnen Querprofile wird so bearbeitet, dass alle in einer Flucht liegen. In der verwendeten Software geschieht dies automatisiert mittels einer Regressionsanalyse und einer anschließenden Anpassung der Lage an die resultierende Regressionsgerade. Um die Lage der Vermessungspunkte in der Gewässersohle möglichst wenig zu verändern, gehen diese mit einer höheren Gewichtung in die Regressionsanalyse ein. Die Lagekorrektur ist notwendig, um ein möglichst regelmäßiges Netz erzeugen zu können. Nach diesem Schritt wird anhand des digitalen Geländemodells überprüft, ob der Verlauf des Flussschlauchs durch die Längsstrukturen ausreichend detailliert dargestellt wird. Ist dies nicht der Fall werden beispielweise in engen Kurven des Gewässers zusätzliche Punkte erzeugt, um einen runderen Verlauf der Kanten zu erhalten. Die Höhen für diese Punkte werden durch lineare Interpolation generiert. Anschließend werden die Punkte auf der Böschungsoberkante und der Uferlinie auf die bereits genannten Abstände umverteilt. Dabei wird versucht, vermessene Punkte nicht zu verändern, solange dies nicht zur Erzeugung von zu kleinen Elementen oder zu Geometriefehlern führt. Nun kann das Berechnungsnetz erzeugt werden. Die Sohle des Gewässers wird durchgehend mit Vierecksselementen abgebildet. Die Böschung wird nur in Bereichen, die eine hohe Genauigkeit der zu berechnenden Strömungsverhältnisse erfordern, mit Vierecken dargestellt. Abseits von Siedlungen oder hydraulisch wirksamen Bauwerken kann die Böschung mit einer Dreiecksvermaschung modelliert werden.

Im letzten Schritt der Flussschlauchmodellierung werden die Höhen mit dem Flussschlauchgenerator erzeugt und auf das Berechnungsnetz interpoliert. Die Höhen der Sohle und der Böschung werden dabei getrennt voneinander erzeugt, um die Genauigkeit zu erhöhen.

Die Beschaffenheit der Flusssohle der Gründlach ist im zu modellierenden Abschnitt sehr homogen. Deshalb kann ein einheitlicher Stricklerwert für die Sohle festgelegt werden (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 6: Gründlach vor Brücke Meil-Weg

Dementsprechend wird ein k_{st}-Wert von 33 $m^{1/3}/s$ festgelegt, da es sich um eine offene und unbewachsene, lehmige Sohle handelt. Eine Ausnahme stellt der Bereich der Brücke des Meil-Wegs über die

Gründlach dar. Hier ist das Flussbett betoniert, dementsprechend wird ein Stricklerwert von 40 $m^{1/3}/s$ verwendet (vgl. Abbildung 7).

Abbildung 7: Gründlach unter Brücke Meil-Weg mit Pegelhäuschen Frauenkreuz

Da der Abstand zwischen den Uferlinien in der Regel größer als zwei Meter ist, wird der Böschung ein eigener Stricklerwert zugewiesen. Im modellierten Bereich ist die Böschung mit Gestrüpp und Bäumen bewachsen. Folglich beträgt der k_{st}-Wert 12 $m^{1/3}/s$, mit Ausnahme des befestigten Abschnitts unter dem Meil-Weg.

5.4.2 Prüfung Flussschlauch durch Qualitätssicherer

Die Prüfung des Pakets erfolgte anhand der Prüfliste im Prüfprotokoll, siehe Anlage 5.

Geringfügige Anpassungen infolge der Prüfleistungen des Qualitätssicherers, wie redaktionelle Berichtskorrekturen und minimale Korrekturen am Flussschlauch im Bereich von Vermessungsprofilen, sind in der Prüfliste dokumentiert. Die Anpassung des Flussschlauches wurde innerhalb von drei Prüfläufen vorgenommen. Es waren in geringem Maße Netzkorrekturen zur besseren Abbildung der Vermessungsdaten im Modell erforderlich.

Die Arbeiten am Flussschlauch wurden nach Vorgabe der LB-H vom HYD umgesetzt. Wesentliche Abweichungen zur LB-H und zur Detailplanung Modelle + Berechnungen liegen nicht vor.

5.5 Vereinfachte hydraulische Ermittlung

Entfällt: Eine vereinfachte hydraulische Ermittlung findet gemäß Arbeitsauftrag nicht statt.

5.6 Erstellung des Vorlandmodells

5.6.1 Erstellung des Vorlandmodells

Für den Bereich um den neu zu erstellenden Flussschlauchs herum wird ein neues Vorlandnetz erzeugt, um eine bessere Integration des Flussschlauchs in das Modell zu ermöglichen. Die Abbildung 8 macht den neu modellierten Abschnitt deutlich.

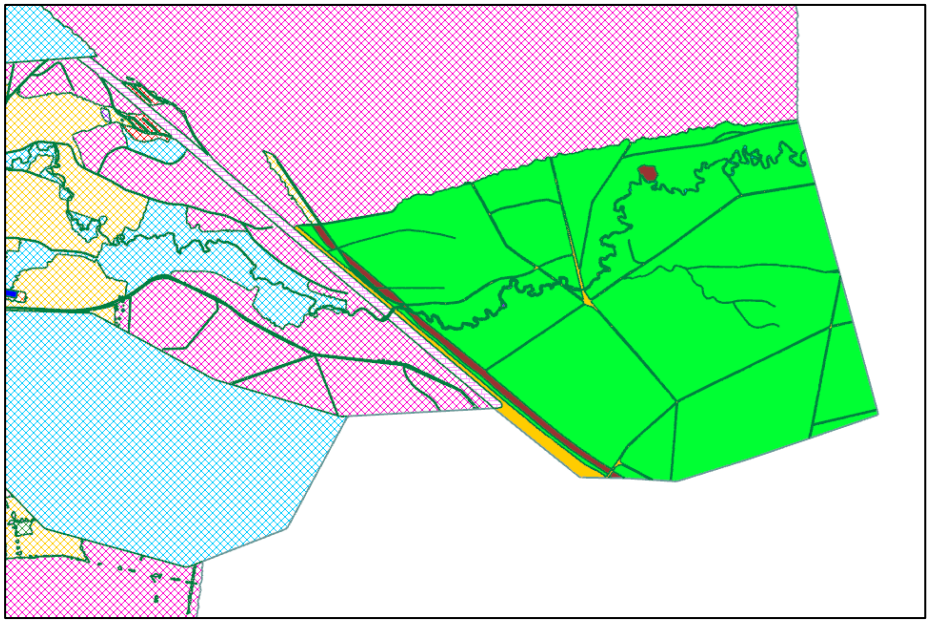

Abbildung 8: Darstellung der Materialien im oberstromigen Modellbereich: Die schraffierte Fläche zeigt die Bereiche, welche aus dem Bestandsmodell übernommen werden, die gefüllten Flächen den neu modellierten Bereich

Das Vorland wird mit dem Programm Laser_AS-2d Version 2.0.3 erzeugt. Die nachstehende Tabelle 8 zeigt die Modellparameter zur Erstellung des Vorlandmodells.

Tabelle 8: Eingangsparameter für Laser_AS-2d

Bezeichnung	Parameter
DGM Qualität (Punktabstand in m)	1
Höhentoleranz dz	0,1 m
Höhentoleranz (untere Grenze)	0,05 m
Filterungsgrad	0,15
Punktabstand für redistribute	6,0 m
Bruchkanten mit angegebener Länge entfernen	3,0 m
Radius zur Optimierung der Knotenlagen	2,0 m
Punktabstand Umgrenzung	5,0 m
Punktabstand Bruchkanten	4 m
Umverteilung von Eingangsbruchkanten	0 m
Punktabstand Gebäude	-
Umverteilung von Löchern/Gebäuden in m	-

Grundlage für die Netzerzeugung ist das vom AG übergebene DGM1. Zusätzlich werden die ALKIS-Daten als weiche Bruchkanten ohne Höhenwerte verwendet. Die Bruchkanten werden mit Hilfe von Aufbereitungsprogrammen für die Eingabe in Laser_AS-2d vorbereitet. Dabei wird die Qualität der Bruchkanten geprüft. Beispielsweise dürfen diese sich nicht überschneiden. Ebenso sind spitze Winkel und zu kleine Punktabstände nicht erlaubt. Anschließend werden die Punkte auf den Bruchkanten automatisiert nach

einem festen Punktabstand umverteilt. Allerdings bleiben Knickpunkte auf den Linien erhalten, um Abweichungen in der Lage von den ursprünglichen Linien zu vermeiden.

Das erzeugte Netz wird entsprechend der Vorgaben der Netzqualität geprüft und entsprechend überarbeitet. Folgende Kriterien werden angewendet (vgl. Tabelle 9):

Tabelle 9: Qualitätskriterien der Netzgeometrie

Qualitätskriterien Netzgeometrie	Wert
Minimaler Knotenabstand	0,11 m
Innerer Winkel eines Elements	> 5° und < 160°
Maximale Anzahl an einen Punkt angrenzender Elemente	10
Größenverhältnis von benachbarten Elementen	1 : 20
Vorhaltehöhe Wehrüberfall nach Du_Buat	0,2 m
Handhabbare Modellgröße:	Mittlere Punktdichte < 40.000 pro km²

5.6.2 Rauheiten

Alle Netzelemente sind mit einem entsprechenden Strickler-Wert (kSt-Wert) belegt. Die flächenhafte Belegung der neu erstellten Bereiche mit Rauheiten erfolgt auf Grundlage von ALKIS-Daten zur Landnutzung. In Tabelle 10 sind die verwendeten Rauheiten mit den zugehörigen Strickler-Werten im neu erstellten Modellbereich aufgeführt. Im Bereich des Bestandsmodells werden die Rauheiten unverändert übernommen (siehe Tabelle 11).

Tabelle 10: Rauheiten im Bereich des neu erstellten Modellbereichs

ID	Material (Landnutzung)	Rauheitsbeiwerte k_{st} [$m^{1/3}/s$]
2	Sohle01_FKM 11-85 bis 11-26	30
3	Sohle03_FKM 11-25 bis 10-29	30
4	Bewachsene Boeschung Gestruepp	9
5	Sohle02_FKM 11-26 bis 11-25	40
6	Befestigtes Ufer	40
10	Fließgewässer	25
41	Straße Weg	40
51	Grünland	20
54	Wald	10

In Abbildung 9 ist die räumliche Verteilung der Rauheiten dargestellt. Die rosa eingefärbten Bereiche kennzeichnen das Bestandsmodell.

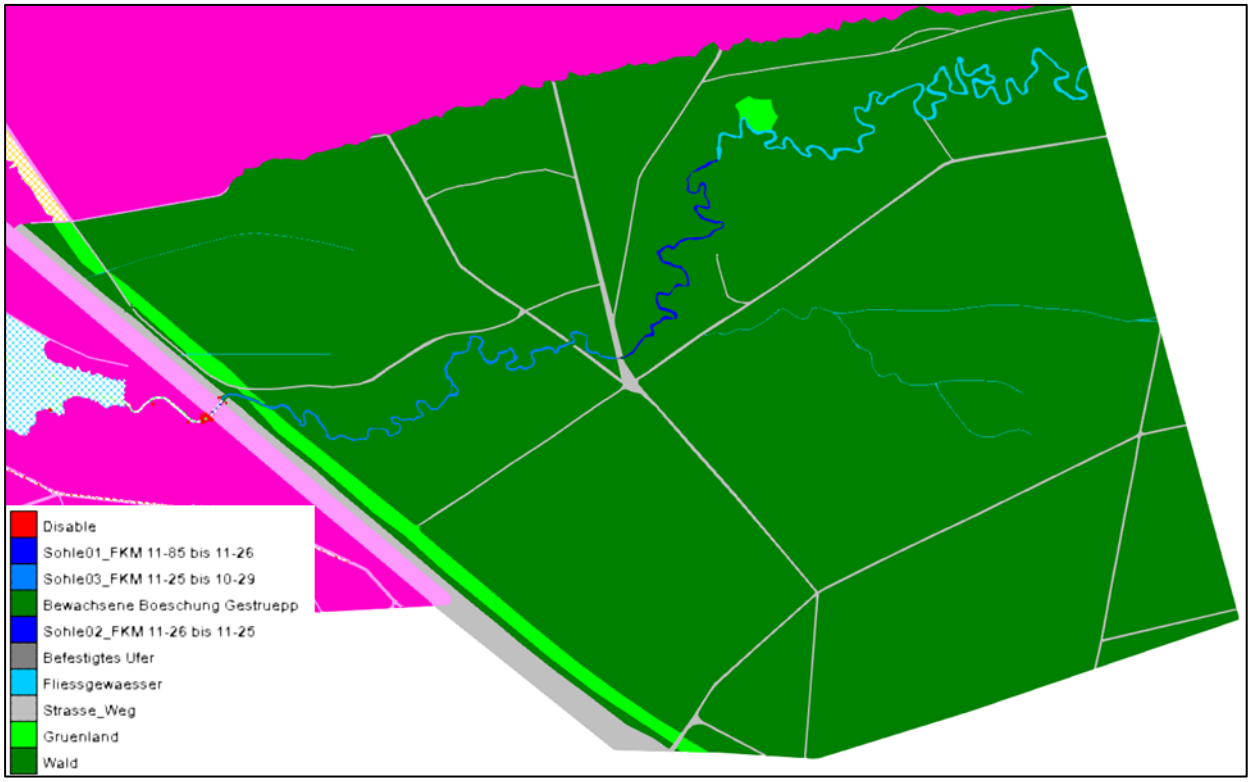

Abbildung 9: Verwendete Materialien im neu erstellten Modellbereich

Tabelle 11: Rauheiten des Bestandsmodells

ID	Material (Landnutzung)	Rauheitsbeiwerte k_{st} [$m^{1/3}/s$]
109	Material 9	10
110	Material 10	10
111	Material 11	10
112	Material 12	12
113	Material 13	12
114	Material 14	14
116	Material 16	16
120	Material 20	20
125	Material 25	25
127	Material 27	25
130	Material 30	30
140	Material 40	40
141	Material 41	40
201	Material 101	28
210	Material 110	30

5.6.3 Grabenstrukturen

Im Zuge der Vermessung werden Durchlässe in der Nähe der A3 gefunden. Diese münden in ein Grabensystem, welches parallel der Autobahn in nordwestlicher Richtung verläuft, bis dieses über einen

weiteren Durchlass auf Höhe des Autobahnrastplatzes „Weißer Graben“ unter der Autobahn hindurch geführt wird. Auf Grundlage der Vermessung wird ein zusätzlicher Durchlass unter dem Feldweg, der parallel zur Autobahn verläuft, modelliert.

5.6.4 Prüfung Vorlandermittlung durch Qualitätssicherer

Die Prüfung des Pakets erfolgte anhand der Prüfliste im Prüfprotokoll, siehe Anlage 5.

Geringfügige Anpassungen infolge der Prüfleistungen des Qualitätssicherers, wie redaktionelle Berichtskorrekturen und minimale Korrekturen im Vorland, sind in der Prüfliste dokumentiert. Bei der Überarbeitung des Gesamtmodells wurden diese Anpassungen innerhalb von fünf Prüfläufen vorgenommen. Am Vorland mussten jedoch lediglich kleinere Korrekturen durchgeführt werden. In geringem Maße haben punktuelle Anpassungen zur Verbesserung der Netzqualität stattgefunden. Im letzten Prüflauf wurde lediglich ein einziger Knoten in einem Disable-Element beanstandet. Es wurde die Absprache getroffen, dass dies vor der Berechnung der endgültigen Rechenläufe korrigiert werden kann.

Wesentliche Abweichungen zur LB-H und zur Detailplanung Modelle + Berechnungen liegen nicht vor. Die Vorlandermittlung wurde nach Vorgabe der LB-H vom HYD umgesetzt.

5.7 Zusammenführen von Modellteilen

Um einen nahtlosen Übergang der beiden Modellteile zu ermöglichen, werden für den Neumodellabschnitt an der Schnittstelle die Höhen aus dem Bestandsmodell übernommen. Der Rand wurde so gewählt, dass Überflutungen im Vorland, die vom neu modellierten Abschnitt des Flussschlauchs der Gründlach ausgehen, vollständig im aktualisierten Modellbereich stattfinden.

Vor dem Zusammenführen der beiden Modellteile wird zu den IDs der Materialien des Bestandsmodells der Wert 100 addiert, um zu vermeiden, dass Material-IDs doppelt vorkommen.

Am Übergang des neu modellierten Flussschlauchs in das Bestandsmodells fließt die Gründlach durch eine Unterführung unter der A3. Da im Zuge der neuen Vermessung die Einlaufsituation detaillierter aufgenommen worden ist, wird die Geometrie der Brücke aktualisiert. Zusätzlich werden Widerlager mit undurchströmbaren Elementen modelliert.

5.8 Bauwerke

Im neu modellierten Bereich werden eine Brücke und ein Durchlass neu modelliert (nähere Beschreibung Kapitel 5.8.1und 5.8.2). Alle im Modell bestehenden Bauwerke, mit Ausnahme der Brücke über die B4, werden unverändert übernommen.

5.8.1 Brücken

Energieverluste durch Einschnürung und Aufweitung an Brücken und andere zweidimensionale Effekte werden bei der hydraulischen Berechnung bereits durch die zweidimensionale Modellierung berücksichtigt. Die Elemente, die den Widerlagern entsprechen, werden auf nicht durchströmbar (disable) gesetzt. Der maximal mögliche Wasserspiegel unter einer Brücke wird durch Definition eines KUK-Wertes begrenzt. Dieser ist definiert durch die terrestrisch vermessene Lage und Höhe der KUK-Punkte des Bauwerks innerhalb der lichten Weite. Sehr hohe, bei HQ_{extrem} nicht eingestaute Brücken (z. B. Autobahnbrücken) ohne vermessene KUK sind offen, d. h. ohne abflusswirksame Konstruktionsunterkante, modelliert.

Bei erhöhten Abflüssen kann Wasser über die Brückenoberkante strömen. Diese Überströmung wird als Wehrüberfall nach Du Buat mit einem Abflusskoeffizienten von 0,55 modelliert. Die für den Abfluss über die Brücke maßgebende Oberkante wird in Abhängigkeit von der Art des Geländers modelliert. Wenn eine Brücke ein stabiles Geländer hat, wird die Oberkante des Geländers als für eine Überströmbarkeit maßgebend angesehen. Wenn das Geländer nicht massiv erscheint wird die Brückenoberkante als für den Abfluss über die Brücke maßgebend betrachtet. Die Höhe des Wehrüberfall-Nodestrings muss dabei mindestens 20 cm über der Geländehöhe liegen.

Im Modell der Gründlach wird die in Tabelle 12 aufgelistete Brücke neu modelliert.

Tabelle 12: Brücken im Modell der Gründlach

Flusskilometer	**Lichte Weite** [m]	**Brücken-unterkante** [m ü. NN]	**Brückenstatus (HQ_{100})**	**Überströmbarer Horizont** [m ü. NN]
11,25	3,46	316,00	eingestaut	Fahrbahndecke: 316,40

Die im Modell bestehenden Brücken bleiben unverändert. Ausnahmen sind die Brücke der B4 und der A3. Die Korrekturmaßnahmen der Brücke an der B4 sind im Kapitel 5.3.1 näher erläutert. An der Brücke unter der A3, an der Schnittstelle zum neu modellierten Flussabschnitt, werden die lichte Weite, die Länge der Brücke und die KUK-Werte am Einlauf entsprechend den Vermessungsdaten der Brücke und des Flussschlauches angepasst.

In der Detailplanung wurde ein Brückenstatus abgegeben, da es sich um eines der ersten bearbeiteten Modelle handelte. Nach der Abnahme der Detailplanung wurde beschlossen, einen Brückenstatus nur für Neumodelle zu erstellen, daher wird in der Endabgabe der Gründlach kein Brückenstatus übergeben.

5.8.2 Durchlässe

Im neu modellierten Abschnitt wird ein Durchlass berücksichtigt, der einen Graben unter dem parallel zur Autobahn verlaufenden Feldweg leitet. Die für den Durchlass verwendeten Einstellungen können Tabelle 13 entnommen werden.

Tabelle 13: Durchlässe im Modell der Gründlach

Flusskilometer/ bzw. Vorland li/ re	**Durchmesser** [mm]	**2 D/ 1 D-Modellierung**	**Anzahl Nodestrings**	**Abflusskoeffizient**
Vorland rechts	400	1D	1	0,79

Dieser Durchlass ist nicht in der Detailplanung Modelle + Berechnungen aufgeführt, da er erst im Zuge der Vermessung entdeckt worden ist.

Der Abflusskoeffizient wird nach der Fließformel von Prandtl-Colebrook berechnet. Als Variablen gehen die Länge des Rohrs, der hydraulische Radius bei Vollfüllung sowie der Höhenunterschied von Ein- und Auslauf in die Berechnung ein. Die Rauheit des Rohrs wird über die Rohrreibungszahl λ zur Berechnung des Druckabfalls mit einem Wert von 0,025 berücksichtigt. Zusätzlich wird für den Energieverlust ζ_e am Rohreinlauf der Wert 0,5 angenommen.

5.8.3 Düker
Es sind keine Düker im neu erstellten Modellgebiet vorhanden.

5.8.4 Abstürze
Es sind keine Abstürze im neu erstellten Modellgebiet vorhanden.

5.8.5 Wehre
Es sind keine Wehre im neu erstellten Modellgebiet vorhanden.

5.8.6 Rechen
Es sind keine Rechen im neu erstellten Modellgebiet vorhanden.

5.8.7 Besonderheiten
Es sind keine Besonderheiten im neu erstellten Modellgebiet vorhanden.

5.8.8 Prüfung Bauwerke durch Qualitätssicherer
Die Prüfung des Pakets erfolgte anhand der Prüfliste im Prüfprotokoll, siehe Anlage 5.

Geringfügige Anpassungen infolge der Prüfleistungen des Qualitätssicherers, wie redaktionelle Berichtskorrekturen und minimale Korrekturen an den Bauwerken im Flussschlauch, sind in der Prüfliste dokumentiert. Bei der Überarbeitung des Gesamtmodells wurden diese Anpassungen innerhalb von fünf Prüfläufen vorgenommen. Es waren jedoch mit Ausnahme der Überarbeitung einer Brücke im Bereich des Bestandsmodells keine Anpassungen an den Bauwerken erforderlich.

Wesentliche Abweichungen zur LB-H und zur Detailplanung Modelle + Berechnungen liegen nicht vor. Die Abbildung der Bauwerke wurde nach Vorgabe der LB-H vom HYD umgesetzt.

5.9 Randbedingungen und ergänzende Einstellungen

5.9.1 Zuflussrandbedingungen
Die Zuflussrandbedingungen werden wie in der Detailplanung beschrieben definiert (siehe Kapitel 5.2.2). Die Aufteilung der Zuflussstellen erfolgt auf Grundlage eines aktualisierten hydrologischen Längsschnittes vom Nov. 2018, welcher nachträglich das Kapitel der Detailplanung übernommen wurde, und nicht auf Basis der abgenommenen Detailplanung. Die Zuflussstellen im Kapitel 5.2.2 und im Modell unterscheiden sich demnach von denen in der Shapedatei 2861_JJJMMTT_RANDBE_LIN.shp. Die Zuflusswerte im Modell weichen jedoch von den Werten der Tabelle 5 in Kapitel 5.2.2 ab, da diese Tabelle auf Basis des hydrologischen Längsschnittes erstellt wurde, die Modellierung hingegen auf Basis der Ganglinien.

Bei der instationären Berechnung der Proberechenläufe erfolgte entsprechend der Detailplanung eine Aufteilung der Ganglinien gemäß der 15% Regel an den Stützstellen „Kothbrunngraben vor Bundesstraße B4 (K5)“ und „Gründlach vor Zufluss Bucher Landgraben (K7)“. Erst nach der bestandenen Prüfung der Proberechenläufe mit dieser Aufteilung wurde vom LfU festgelegt, dass Ganglinien, die auf einem NA-Modell basieren, nicht aufgeteilt werden müssen. Da die Auswertung der Berechnungsergebnisse zu diesem Zeitpunkt bereits erfolgt war, wird die Aufteilung der Stützstellen für alle Endrechenläufe übernommen.

Die Definition der Zuflussrandbedingung erfolgt für die aktuelle Hydro_AS-2D Version ohne die Vorgabe einer Nodestringrichtung. Der Zufluss wird automatisch senkrecht zum definierten Nodestring eingeleitet.

5.9.2 Auslaufrandbedingung

Die Auslaufrandbedingungen werden wie in der Detailplanung beschrieben definiert (siehe Kapitel 5.2.2). Die Auslaufrandbedingungen des Bestandsmodells werden demnach unverändert übernommen.

5.9.3 Allgemeine Berechnungsparameter (Global Parameters)

Die Berechnungsparameter werden unter Berücksichtigung der Vorgaben des Bayerischen Landesamts für Umwelt definiert. Für A_{min} wird ein Wert von 0,08 m² berechnet. Damit wird erreicht, dass maximal 1 % der Gesamtmodellfläche der Kontrollvolumina der Netzknoten kleiner als der A_{min}-Wert ist. Zusätzlich wird überprüft, ob der Amin-Wert größer ist als das kleinste Kontrollvolumen an einer Randbedingung. Die im Modell verwendeten Berechnungsparameter können der Tabelle 14 entnommen werden.

Tabelle 14: Übersicht der Berechnungsparameter

Berechnungsparameter	Wert
Berechnungsdauer [s]	223.200*
Zeitintervall Ausschreibung der Daten in SMS [s]	3.600
Zeitabstände Q_Strg [s]	1.800
A_{min} [m²]	0,08
H_{min} (minimale Wassertiefe) [m]	0,01
VELMAX (maximale erlaubte Fließgeschwindigkeit) [m/s]	15
CMUVISC (Viskositätskoeffizient)	0,6
CFL (Faktor für die interne Zeitschrittweite)	1,0

* Bei HQ_{100}: 266.400 s

5.9.4 Kontrollquerschnitte

Die Kontrollquerschnitte werden vor und nach jedem Zufluss sowie an den Pegelpunkten definiert. Die Lage der Kontrollquerschnitte richtet sich nach den in Kapitel 5.9.1 beschriebenen Zuflussstellen der im Nov.2018 überreichten Ganglinien. Somit weichen die gesetzten Kontrollquerschnitte in Lage und Anzahl von der Detailplanung ab. Sie werden über die gesamte Breite der Überschwemmungsfläche des HQ_{extrem} aus dem ersten Testrechenlauf definiert.

5.9.5 Pegelpunkte

Im Modell sind, wie in der Detailplanung Modelle + Berechnungen festgelegt, drei Pegelpunkte definiert. Davon liegt einer am Pegel Frauenkreuz im neu modellierten Abschnitt der Gründlach. Die übrigen sind zur Kontrolle des Wasserspiegels vor den Auslaufrandbedingungen definiert. In der Tabelle 15 können die Wasserspiegellagen an den Pegelpunkten abgelesen werden. Die sehr geringen/nicht vorhandenen Abweichungen am nordwestlichen Auslaufrand lassen sich durch die an dieser Stelle definierte W/Q Beziehung erklären (siehe Abbildung 5).

Tabelle 15: Pegelauswertungen

HQ (T)	WSP_{max} Frauenkreuz Messstellen-Nr.: 24235208 [m ü. NN]	WSP_{max} Auslauf zur Regnitz [m ü. NN]	WSP_{max} nordwestlicher Auslaufrand [m ü. NN]
HQ_5	315,90	277,60	277,90
HQ_{10}	316,00	277,69	277,90
HQ_{20}	316,15	277,88	277,90
HQ_{100}	316,24	278,13	277,92
HQ_{extrem}	316,36	278,30	277,98

5.9.6 Prüfung Randbedingungen durch Qualitätssicherer

Die Prüfung des Pakets erfolgte anhand der Prüfliste im Prüfprotokoll, siehe Anlage 5.

Geringfügige Anpassungen infolge der Prüfleistungen des Qualitätssicherers, wie redaktionelle Berichtskorrekturen und minimale Anpassungen der Randbedingungen, sind in der Prüfliste dokumentiert. Bei der Überarbeitung des Gesamtmodells wurden diese Anpassungen innerhalb von fünf Prüfläufen vorgenommen. Es hat eine Optimierung der Kontrollquerschnitte stattgefunden.

Wesentliche Abweichungen zur LB-H und zur Detailplanung Modelle + Berechnungen liegen nicht vor. Die Zuflüsse wurden auf Basis des aktualisierten hydrologischen Längsschnittes modelliert.

Die Randbedingungen und Parameter wurden nach Vorgabe der Hydrologie und der LB-H gesetzt.

5.10 2D Gesamtmodell und Proberechenlauf

5.10.1 Proberechenlauf

Für die Proberechenläufe werden das HQ_{100} und das HQ_{extrem} berechnet.

5.10.2 Modellprüfung durch Hydrauliker

Mit Ausnahme des unteren Modellrandes kommt es beim HQ_{extrem} zu keinen Anstoßbereichen der Überschwemmungsfläche am Modellrand. Da in den Anstoßbereichen bereits zwei Auslaufrandbedingungen (W/Q-Beziehungen) gesetzt sind, kann auf eine Erweiterung in dem Bereich verzichtet werden. Der geplante Umgriff kann somit beibehalten werden.

Die Berechnungen zeigen, dass es zu Abweichungen des bislang festgesetzten Überschwemmungsgebiets kommt. Da die Brücke unter der A3 überlastet ist, strömt das Wasser entlang der Autobahn Richtung Nordwesten. Ein Durchlass am Rastplatz „Weißer Garten“ leitet einen Teil des Wassers unter der Autobahn hindurch. Das übrige Wasser staut sich an der Straßenbrücke unterhalb des Rastplatzes und überströmt schließlich die Autobahn. Da dieser Bereich des Bestandsmodells nur auf Grundlage von Laserscandaten abgebildet wurde, ist davon auszugehen, dass die Situation an dieser Stelle nur ungenau wiedergegeben wird.

In Folge dieser Beobachtung baut das WWA in den Proberechenlauf zwei Durchlässe an der A3 in das Modell. Nach der Anpassung des Modells kommt es weiterhin zum Aufstau oberhalb der A3 sowie zum

Überströmen. Die Wasserspiegeldifferenzen zwischen dem ursprünglichen Modell und dem angepassten betragen beim HQ_{100} lediglich 2 cm (siehe Abbildung 10).

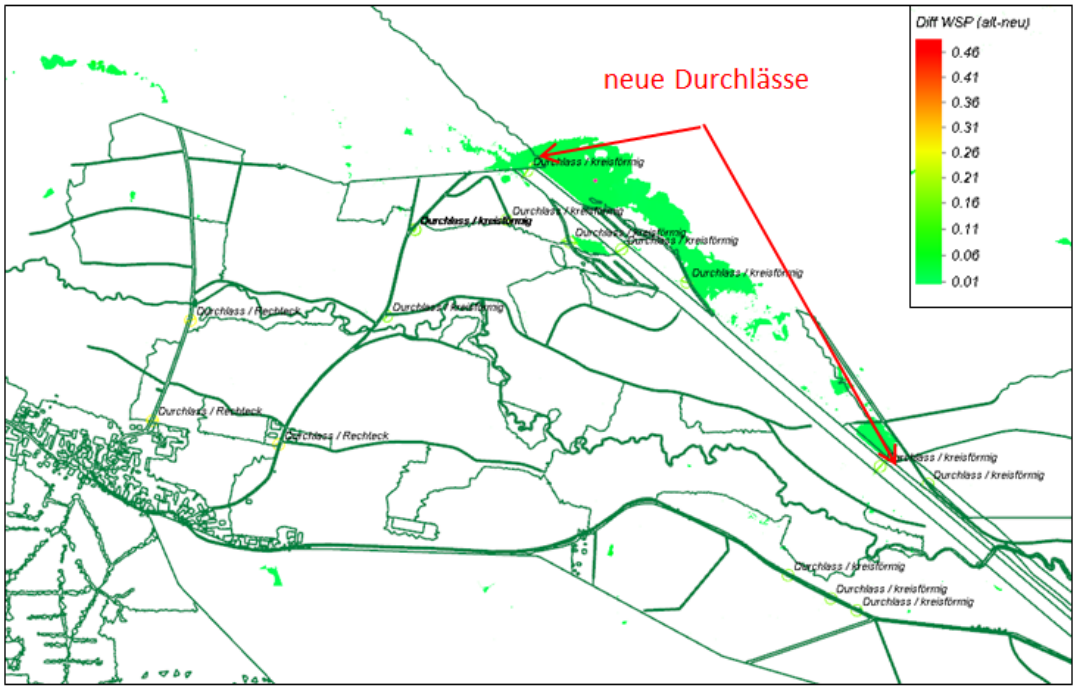

Abbildung 10: Wasserspiegeldifferenzen beim HQ_{100} zwischen dem Proberechenlauf vor und nach Einbau der neuen Durchlässe

5.10.3 Berechnungsart

Die Berechnung erfolgt instationär, da bereits für das Bestandsmodell instationäre Ganglinien verwendet worden sind. Die instationäre Berechnung liefert plausible Ergebnisse.

5.10.4 Erfolgte Anpassungen

Die Einarbeitung von Durchlässen an der A3 auf Basis der Datei 2861_Gründlach_Durchlässe_Autobahn_LfU_20180409.docx erfolgt durch das WWA im Zuge der Bearbeitung des PAK 13 der Proberechenläufe. Die Proberechenläufe werden erneut durchgeführt. Alle weiteren Berechnungen (Kalibrierung und Endrechenläufe) erfolgen auf Basis der endgültigen, überarbeiteten Proberechenläufe.

5.10.5 Prüfung Proberechenlauf durch Qualitätssicherer

Die Prüfung des Pakets erfolgte anhand der Prüfliste im Prüfprotokoll, siehe Anlage 5.

Geringfügige Anpassungen infolge der Prüfleistungen des Qualitätssicherers, wie redaktionelle Berichtskorrekturen und minimale Modellanpassungen, sind in der Prüfliste dokumentiert. Bei der Überarbeitung des Gesamtmodells wurden die in den vorherigen Kapiteln genannten Anpassungen innerhalb von fünf Prüfläufen vorgenommen. Im letzten Prüflauf wurde lediglich ein einziger Knoten in einem Disable-Element beanstandet. Es wurde die Absprache getroffen, dass dies vor der Berechnung der endgültigen Rechenläufe korrigiert werden kann.

Die hohe Anzahl an Prüfläufen ist darauf zurückzuführen, dass bei den ersten beiden Abgaben irrtümlicherweise veraltete Modelldatensätze zur Verfügung gestellt wurden. Eine umfangreiche Prüfung der Modelle und der Ergebnisse hat dementsprechend erst im dritten Prüflauf stattgefunden. Zudem wurde eine Parallelprüfung durch das LfU durchgeführt, durch die im Laufe des Prüfprozesses weiterer Anpassungsbedarf hinzugekommen ist.

Die Proberechenläufe wurden nach Vorgabe der LB-H vom HYD durchgeführt. Die instationäre Berechnung liefert plausible Ergebnisse.

Wesentliche Abweichungen zur LB-H und zur Detailplanung Modelle + Berechnungen liegen nicht vor.

5.11 Überprüfung der Modellparametrisierung

An der Gründlach werden eine Kalibrierung und eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt.

5.11.1 Sensitivitätsanalyse

Die Sensitivitätsanalyse wird nach der Kalibrierung durchgeführt. An der Gründlach erfolgt eine Sensitivitätsanalyse für den Bemessungsabfluss HQ_{100} unter Verwendung der Rauheiten von „Var03“ (vgl. Kapitel 5.11.3).

Die Rauheiten des Flussschlauches und des Vorlandes werden um +15 % und -15 % variiert. Die geänderten Rauheitsbeiwerte sind aus Tabelle 16 zu entnehmen. Mit den geänderten Rauheiten werden Wasserspiegellagenberechnungen durchgeführt. Nach Berechnungsende werden in SMS entlang der Flussachse die Höhenwerte der Gewässersohle und der jeweiligen Wasserspiegellagen ermittelt und in Tabellenform in die Exceldatei 2861_JJJJMMTT_KALIBL_ LSCHNI.xlsx zur Darstellung des Längsschnittes übergeben.

Die Flussachse zur Erstellung des Längsschnittes wird digitalisiert. Dabei wird der Verlauf der Gewässersohle im hydraulischen Modell nachvollzogen. Beginn und Ende der Digitalisierung geht mit Beginn und Ende der Gewässerachse aus dem FGN-Datensatz (Gewässerkulisse) einher.

Der Verlauf der beiden Achsen weicht jedoch voneinander ab, da die Digitalisierung einen genaueren Erfassungsmaßstab einhält als die FGN-Achse. Um eine Zuordnung der neuen Stationierung (Digitalisierung) zur Gewässerkulisse (bestehende Stationierung) herzustellen, wird die Stationierung der digitalisierten Achse mit einem Faktor versehen. Der Faktor gibt dabei das Verhältnis der Länge aus der Gewässerkulisse und der Länge der Digitalisierung wieder. Dieses Vorgehen ist in der Exceldatei 2861_JJJJMMTT_KALIBL_ LSCHNI.xlsx dokumentiert.

Sollte die Stationierung aus der Gewässerkulisse nicht bei dem Wert „0“ beginnen, wird der jeweilige Startwert der Stationierung auch für die digitalisierte Flussachse übergeben.

Die Brückenunterkanten werden im Längsschnitt anhand der Werte der Datei „hydro_as-2d_kuk.dat“ aus dem 2D-Modell im Längsschnitt aufgetragen. Die Oberkanten werden aus dem 2D-Modell an den Widerlagern abgelesen.

Tabelle 16: Geänderte Rauheitsbeiwerte am Gründlach (ID 2861)

ID	Name	Rauheit Referenzzustand HQ_{100}	Rauheit +15%	Rauheit -15%
		k_{st} [$m^{1/3}/s$]	k_{st} [$m^{1/3}/s$]	k_{st} [$m^{1/3}/s$]
2	Sohle01_FKM 11-85 bis 11-26	30,00	34,50	25,50
3	Sohle03_FKM 11-25 bis 10-29	30,00	34,50	25,50
4	Bewachsene Boeschung Gestruepp	9,00	10,35	7,65
5	Sohle02_FKM 11-26 bis 11-25	40,00	46,00	34,00
6	Befestigtes Ufer	40,00	46,00	34,00
10	Fließgewässer	25,00	28,75	21,25
41	Straße Weg	40,00	46,00	34,00
51	Grünland	20,00	23,00	17,00
54	Wald	18,00	20,70	15,30
109	Material 9	10,00	11,50	8,50
110	Material 10	10,00	11,50	8,50
111	Material 11	10,00	11,50	8,50
112	Material 12	12,00	13,80	10,20
113	Material 13	12,00	13,80	10,20
114	Material 14	14,00	16,10	11,90
116	Material 16	16,00	18,40	13,60
117	Material 17	10,00	11,50	8,50
120	Material 20	20,00	23,00	17,00
125	Material 25	25,00	28,75	21,25
127	Material 27	25,00	28,75	21,25
130	Material 30	30,00	34,50	25,50
140	Material 40	40,00	46,00	34,00
141	Material 41	40,00	46,00	34,00
201	Material 101	28,00	32,20	23,80
210	Material 110	30,00	34,50	25,50

Die Darstellung des Längsschnittes enthält im Wesentlichen den Verlauf der Gewässersohle und der Wasserspiegellagen. Diese Werte sind auf der primären Y-Achse aufgetragen. Die sekundäre Y-Achse stellt die Abweichungsbeträge der Wasserspiegellagen mit erhöhter bzw. verringerter Rauheit dar. Die X-Achse gibt die Stationierung entlang des Gewässers wieder. Abbildung 11 zeigt den gesamten Verlauf des Gewässers. Die Höhen der KUKs und KOKs sowie die geografischen Bezeichnungen der Brücken, Stege, etc. sind darin enthalten.

Bei der Skalierung der primären und sekundären Y-Achse stand der einheitliche Verlauf der horizontalen Gitternetzlinien beider Skalen im Vordergrund.

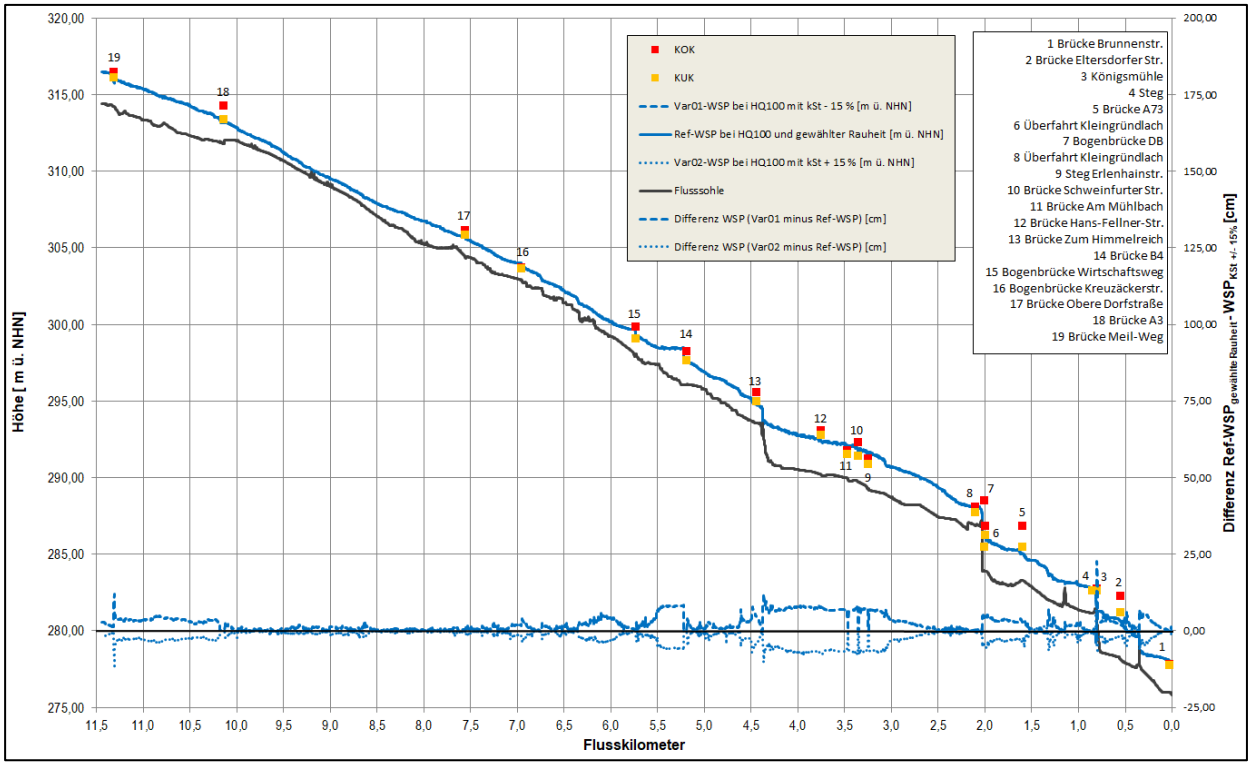

Abbildung 11: Längsschnitt der Sensitivitätsanalyse an der Gründlach ID 2861 beim HQ_{100} (Diagramm aus 2861_JJJJMMTT_KALIBL_ LSCHNI.xlsx); Darstellung des gesamten Gewässers

Entlang des Gewässers lässt sich grundsätzlich feststellen, dass die geänderten Rauheiten zu gleichmäßigen Abweichungen der Wasserspiegellagen gegenüber der Ausgangsberechnung führen. Im Mittel liegt dabei die Abweichung der

- „raueren“ Berechnung bei ca. + 2 cm, die der
- „glatteren“ Berechnung bei ca. – 2 cm.

Größere Abweichungsbeträge der Wasserspiegellagen als der Schwankungsbereich von plus / minus 10 cm lassen sich grundsätzlich unmittelbar ober- und unterstrom von Brücken feststellen oder gehen mit einer deutlichen Änderung im Sohlgefälle einher. Maßgebliche Unterschiede entlang des Gewässers treten auch im Bereich von stark eingeengten Fließquerschnitten auf, beispielsweise oberstrom von quer zur Fließrichtung verlaufenden Straßendämmen.

Im Einzelnen treten folgende Abweichungen größer plus 10 cm auf:

- Fkm 0,80: Wasserspiegelschwankungen unter KUKs des Überbaus an der Königsmühle
- Fkm 4,40: Bereich stärkerer Wellenbildung unterstrom Absturz
- Fkm 11,30: Bereich unterstrom Brücke Meil-Weg: stärkere Wellenbildung nach Querschnittswechsel

Im Einzelnen treten folgende Abweichungen kleiner minus 10 cm auf:

- Fkm 4,40: Bereich stärkerer Wellenbildung unterstrom Absturz
- Fkm 11,30: Bereich unterstrom Brücke Meil-Weg: stärkere Wellenbildung nach Querschnittswechsel

Nicht vom Längsschnitt erfasst werden die unterschiedlichen Ausdehnungen der sich ergebenden Überschwemmungsgebiete. Hierbei stellen sich am Rand der Überschwemmungsflächen mitunter deutliche Abweichungen der Wasserspiegellagen und folglich auch Abweichungen der Überschwemmungsgebietsflächen ein. Unter Berücksichtigung der Rauheiten „-15%“ lässt sich als wesentlicher Unterschied in der Ausbreitung der Überschwemmungsgebiete eine Vergrößerung des Überschwemmungsgebietes bzw. ein zusätzlicher Fließweg im linken Vorland der Gründlach im Bereich der Ortschaft Großgründlach festhalten. Diese Vergrößerung führt auch zu zusätzlich betroffenen Wohngebäuden.

Für die nachfolgenden Berechnungen werden weiterhin die Rauheitsbeiwerte von „Var03“ verwendet (vgl. Kapitel 5.11.3).

5.11.2 Kalibrierung anhand einer Fixierung

Entfällt, da keine Daten zur Kalibrierung anhand einer Fixierung vorliegen.

5.11.3 Kalibrierung an Pegeln

An der Gründlach erfolgt eine Kalibrierung des Modells anhand des Pegels „Frauenkreuz“ (vgl. Abbildung 12). Der Pegel hat die Messstellennummer 24235208 und ist mit einer Datenfernübertragung ausgestattet.

Abbildung 12: Bild und Lagekarte zum Pegel „Frauenkreuz“ (Quelle: www.hnd.bayern.de; Lage des Pegels durch Pfeil markiert)

Der Pegel liegt unmittelbar oberstrom einer Brücke. Im 2D-Modell des PAK13 wurde ein Pegelpunkt ca. 3 m oberstrom der Brücke definiert. Im Zuge der Auswertungen zum PAK15 wird der Pegelpunkt verschoben bzw. ein zusätzlicher Pegelpunkt ergänzt, sodass dieser nun ca. 1 m oberstrom der Brücke liegt und damit besser der tatsächlichen Lage entspricht (vgl. Abbildung 13).

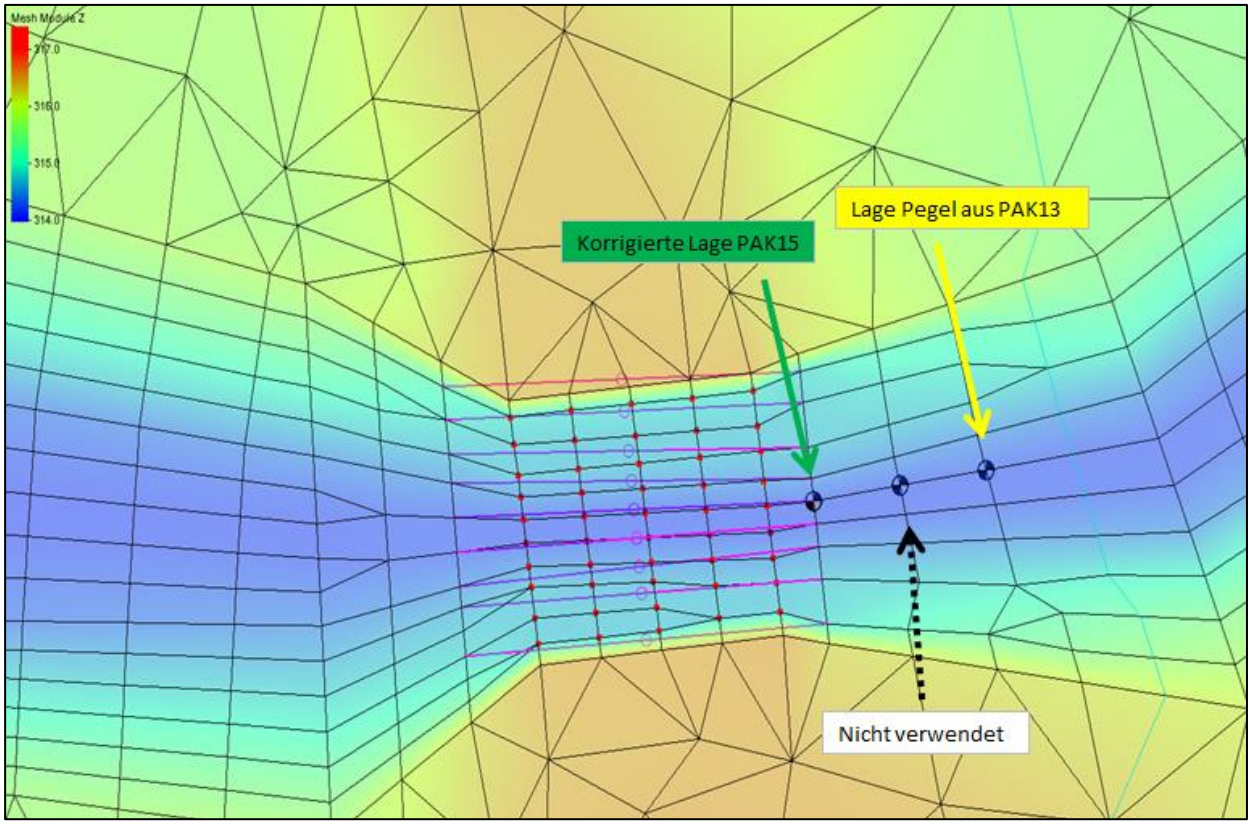

Abbildung 13: Lage der an der Brücke modellierten Pegelpunkte; Ausschnitt 2D-Modell

Der Brückenkörper stellt eine Einengung des Gewässerquerschnittes dar (vgl. Abbildung 13). Damit stellen sich im Zustrombereich der Brücke durch die erhöhten Fließgeschwindigkeiten grundsätzlich Absenkungen der Wasserspiegellagen ein.

Die konstruktiven Unterkanten der Brücken liegen bei ca. 316,00 m ü. NN, die Fahrbahnoberkante der Brücke (Kronenhöhe der modellierten Wehrüberfälle) liegt bei ca. 316,40 m ü. NN.

Zur nachfolgenden Beschreibung zur Leistungsfähigkeit sei zur Veranschaulichung auf Abbildung 14 verwiesen. Die Leistungsfähigkeit der Gründlach oberstrom der Brücke ist relativ gering, sodass sich erste Ausuferungen ins rechte Vorland bereits ab Abflussmengen größer 2,5 m^3/s ergeben (< HQ_5). Bis zu einem Abflusswert von ca. 12,5 m^3/s (< HQ_{100}) staut sich das rechte Vorland oberhalb der in Dammlage verlaufenden Zufahrtstraße („Meil-Weg“) ein. Ab dem HQ_{100} (14,3 m^3/s) wird diese Straße überströmt. Ein beginnender Einstau der konstruktiven Unterkanten lässt sich ab ca. 22 m^3/s beobachten (ca. HQ_{extrem}). Damit werden mit steigender Abflussmenge die Wasserspiegellagen grundsätzlich zunehmend von den Strömungsprozessen im Vorland beeinflusst. Das Gewässer der Gründlach selbst hat daher gleichzeitig zunehmend weniger Einfluss auf die vorherrschenden Wasserspiegellagen am Pegel.

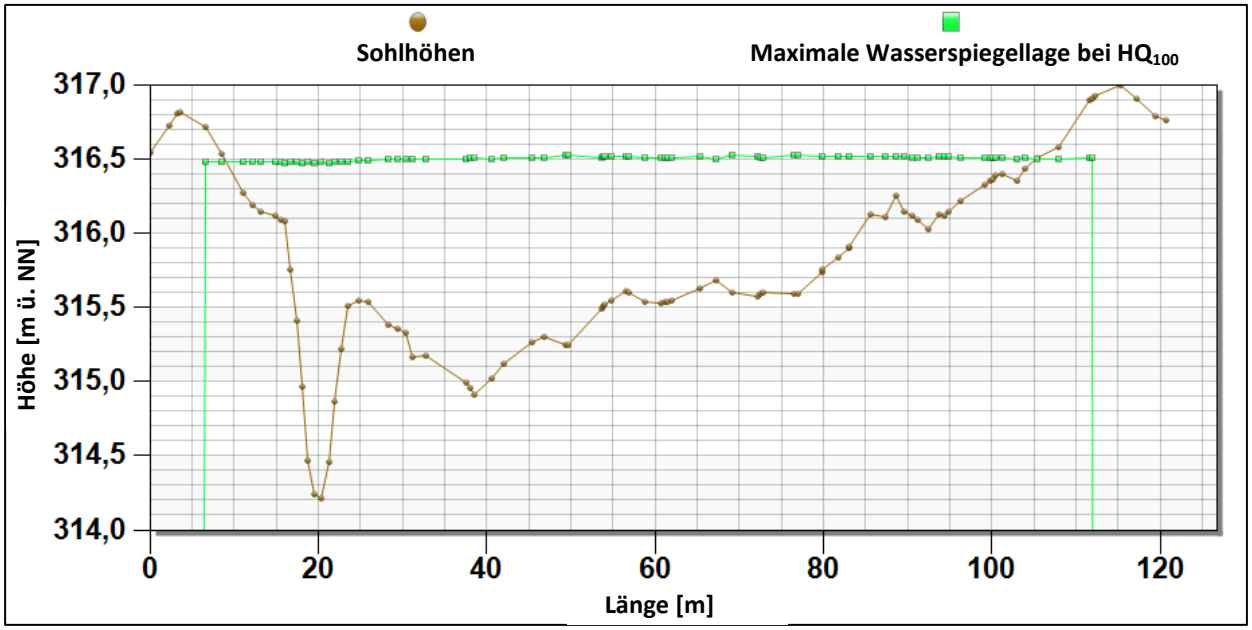

Abbildung 14: Querschnitt an der Gründlach auf Höhe des Pegels Frauenkreuz; Darstellung der Sohlhöhen und der Wasserspiegellagen beim HQ_{100}; Blick in Fließrichtung

Für den Pegel Frauenkreuz ist eine Schlüsselkurve verfügbar. Messdaten sind keine vorhanden.

Für die Kalibrierung wird vor Durchführung der Wasserspiegellagenberechnung das Modell mit Stand des PAK13 zugeschnitten und ein Teilmodell erstellt. Das Teilmodell behält die oberstromige Modellgrenze und endet unterstrom der in Dammlage verlaufenden Autobahn (siehe Abbildung 15). Für den Wasserspiegel am Pegel sind die Durchlässe durch die Autobahn maßgebend. Diese Bauwerke sind im Teilmodell weiterhin enthalten. Als Auslaufrand wird entlang der unterstromgien Modellgrenze ein Energieliniengefälle definiert.

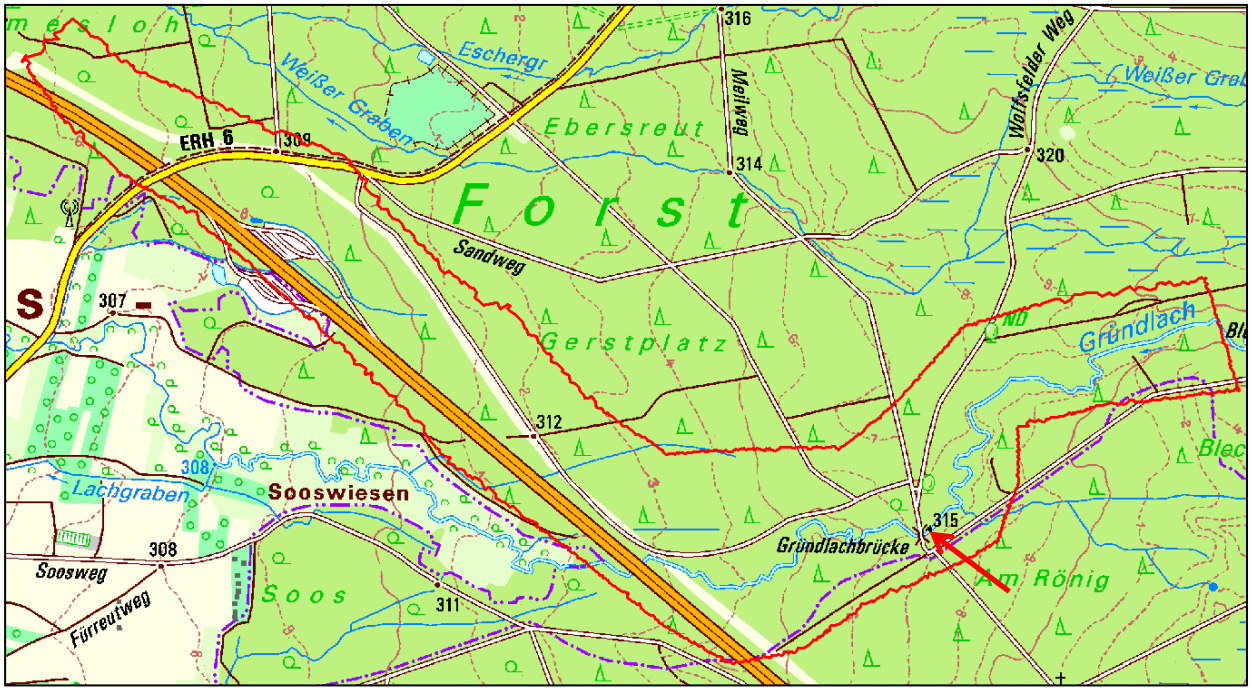

Abbildung 15: Umgriff des Teilmodells an der Gründlach; Darstellung der Meshboundary vor der TK25; Lage des Pegels mit Pfeil markiert

Die für die Wasserspiegellagenberechnung der Kalibrierung notwendigen Abflussmengen werden als quasi-stationäre, treppenförmige Ganglinie definiert. Dabei werden die Abflussmengen von HQ_5, HQ_{10}, HQ_{20}, HQ_{100} und HQ_{extrem} abgebildet sowie ergänzende Stützstellen definiert. Die genannten Abflussmengen werden jeweils solange dem Modell zugegeben, bis stationäre Verhältnisse am Pegel vorherrschen. Erst dann wird der Abfluss zur nächsten „Stufe“ gesteigert. Die Kontrolle über das Erreichen von stationären Verhältnissen erfolgte über die Ergebnisdateien „Q_strg.dat“ und „Pegel.dat“. Die einzelnen Abflussmengen sind in der Datei „2861_JJJJMMTT_KALIBL_LSCHNI.xlsx“ unter dem Reiter „WSP_berechnet“ verzeichnet bzw. aus der Abbildung 16 ersichtlich.

Die Werte der übergebenen Schlüsselkurve werden ebenfalls in genannte Datei überführt (Reiter „Pegeldaten“). Die zum jeweiligen Wasserstand zugehörigen Abflussmengen werden dabei für ETA = 0,5 gewählt (vgl. Abbildung 16).

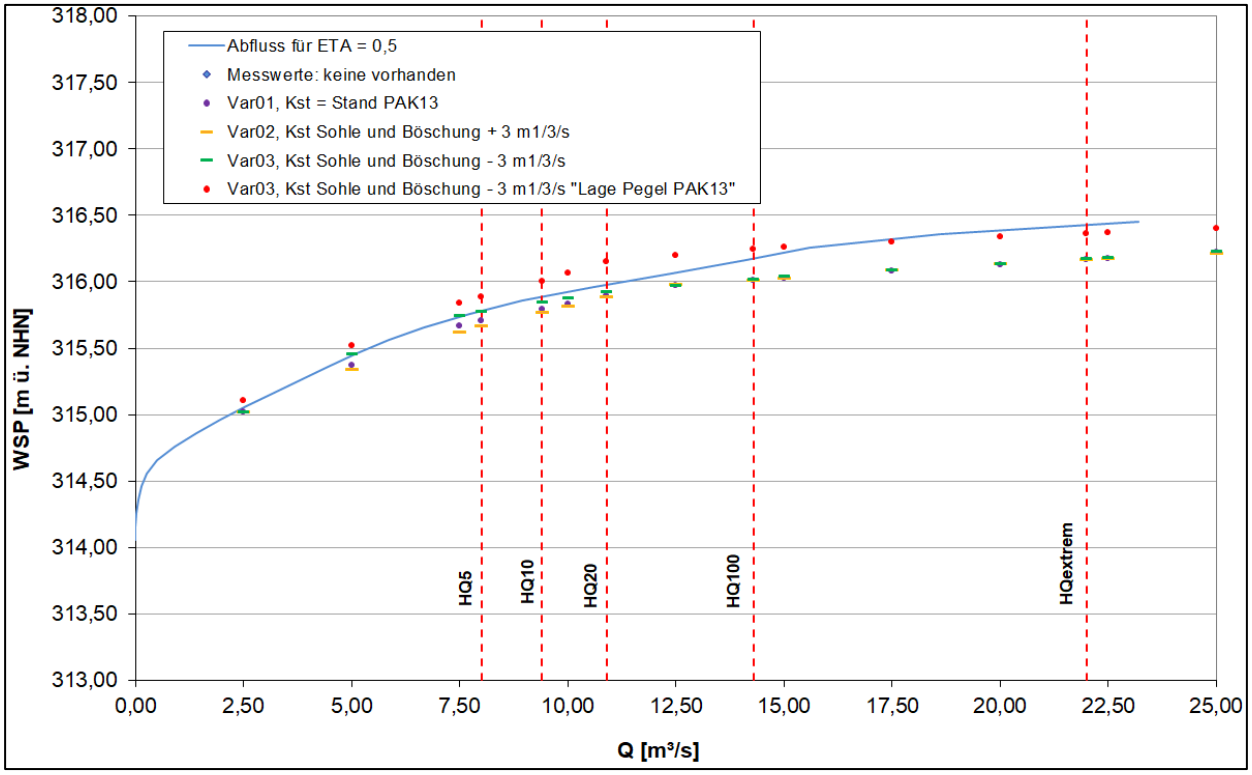

Abbildung 16: Ergebnis der Kalibrierung am Pegel Frauenkreuz; Darstellung der Kurve für ETA=0,5 sowie der berechneten Wasserspiegellagen von „Var02“ und „Var03“ sowie „Var01“ und „Var03“ mit der Lage des Pegelpunktes aus PAK13

Die Gegenüberstellung der berechneten Wasserspiegellagen mit den Daten der Schlüsselkurve ist aus Abbildung 16 ersichtlich. Dabei gibt die Datenreihe „Var01“ die unveränderte Rauheitsbelegung des Modells mit Stand des PAK13 wieder.

Da die in berechneten Wasserspiegellagen von „Var01“ im Bereich der Abflussmengen von HQ_{05} bis HQ_{100} eine Tendenz zu niedrigeren Beträgen als die ETA-Kurve aufweisen, wird eine Variante („Var03) berechnet. Darin werden die Sohle und die Böschung „rauer“ definiert.

Im Einzelnen erfolgten in „Var03“ Änderungen an folgenden Materialien:

- "2 Sohle01_FKM 11-85 bis 11-26": von kst 33 m1/3/s auf 30 m1/3/s
- "3 Sohle03_FKM 11-25 bis 10-29": von kst 33 m1/3/s auf 30 m1/3/s
- "4 Bewachsene Boeschung Gestruepp": von kst 12 $m^{1/3}/s$ auf 9 $m^{1/3}/s$

Als Ergänzung werden auch die Wasserspiegellagen einer Variante mit glatteren Rauheiten mit dargestellt. Diese sind in „Var02“ wiedergegeben. Die Änderungen der an den Materialien lauten wie folgt:

- "2 Sohle01_FKM 11-85 bis 11-26": von kst 33 m1/3/s auf 36 m1/3/s
- "3 Sohle03_FKM 11-25 bis 10-29": von kst 33 m1/3/s auf 36 m1/3/s
- "4 Bewachsene Boeschung Gestruepp": von kst 12 $m^{1/3}/s$ auf 15 $m^{1/3}/s$

Durch die in „Var03“ veränderten Rauheitsbeiwerte der Böschung und Sohle kann in der Gesamtschau eine sehr gute Abbildung der ETA-Kurve für die Abflussmengen zwischen HQ_{05} und HQ_{20} erreicht werden (vgl. Abbildung 16 Kurve Var03 mit grünen Markern im Vergleich zur ETA-Kurve). Auf Abflussmen-

gen größer HQ_{20} haben die vorgenommen Änderungen an den Rauheiten zunehmend keinen Einfluss mehr, da dort stetig größer werdende Abflussanteile über das rechte Vorländer abgeführt werden und die Veränderung von Rauheiten am Gewässer sich kaum noch auf die Wasserspiegellagen am Pegel auswirken.

Das Ergebnis der Kalibrierung zeigt, dass ab ca. HQ_{20} die ETA-Kurve steiler ansteigt, während die am Pegel aus dem 2D-Modell ermittelten Wasserspiegellagen flacher verlaufen. Hinsichtlich der bereits beschriebenen Gesichtspunkte (Beschleunigung der Fließgeschwindigkeit, zunehmender Abflussanteil über das Vorland, zunehmender Einfluss der konstruktiven Unterkanten) erscheint der aus dem 2D-Modell ermittelte Verlauf der Wasserspiegellagen aus „Var03“ plausibler. Grundsätzlich stellt sich daher bei Betrachtung der Kalibrierungsergebnisse (vgl. Abbildung 16) die Frage, in wie weit die in der Schlüsselkurve enthaltene ETA-Kurve ab ca. HQ_{20} die tatsächlichen Strömungsprozesse am Pegel abbildet.

Es wird vorgeschlagen, für die Sensitivitätsuntersuchung und die weiterführenden Wasserspiegellagenberechnungen die Stricklerwerte von „Var03“ zu verwenden.

5.11.4 Kalibrierung mit der Ausdehnung des Überschwemmungsgebietes

Entfällt, da kein Überschwemmungsgebiet vorhanden ist.

5.11.5 Plausibilisierung

Entfällt, da keine Daten zur Plausibilisierung vorliegen.

5.11.6 Prüfung Modellparametrisierung durch Qualitätssicherer

Die Prüfung des Pakets erfolgte anhand der Prüfliste im Prüfprotokoll, siehe Anlage 5.

Geringfügige Anpassungen infolge der Prüfleistungen des Qualitätssicherers, wie redaktionelle Berichtskorrekturen und minimale Anpassungen des Längsschnitts zur Sensitivitätsanalyse, sind in der Prüfliste dokumentiert. Die Anpassungen für dieses Modell wurden innerhalb von fünf Prüfläufen vorgenommen. Es hat eine Parallelprüfung durch das LfU stattgefunden.

Die hohe Anzahl an Prüfläufen ist darauf zurückzuführen, dass zunächst die Kalibrierung durchgeführt und geprüft und erst nach der Abnahme der Kalibrierung die Sensitivitätsanalyse durchgeführt und geprüft wurde. Dies hat den Vorteil, dass die Sensitivitätsanalyse bei Anpassung der Kalibrierung nicht wiederholt werden muss und so unnötiger Rechenaufwand vermieden werden kann.

Zur Optimierung des Kalibrierergebnisses wurde nach der ersten Abgabe der Pegelpunkt, an dem die Wasserspiegellage ausgelesen wurde, näher an den Pegel verlegt. Zudem hat ein zusätzlicher Kalibrierungsrechenlauf mit einer raueren Sohle stattgefunden. Bei der Sensitivitätsanalyse waren keine Anpassungen am Modell erforderlich, es hat lediglich eine Überarbeitung der Darstellung im Bericht stattgefunden.

Die Modellparametrisierung wurde nach Vorgabe der LB-H vom HYD umgesetzt.

Laut Rückmeldung des LfU basiert die Schlüsselkurve bis HQ_{20} auf Messwerten, weshalb insbesondere dieser Bereich zu treffen ist. Dies deckt sich mit dem Ergebnis der Kalibrierung. Die angesetzten Rauheiten werden als plausibel angesehen.

Wesentliche Abweichungen zur LB-H und zur Detailplanung Modelle + Berechnungen liegen nicht vor.

5.12 Endgültige Rechenläufe aller Jährlichkeiten

5.12.1 Durchgeführte Berechnungen

Die Berechnungen werden für die Jährlichkeiten HQ_5, HQ_{10}, HQ_{20}, HQ_{100} und HQ_{extrem} instationär durchgeführt. Für das HQ_{100} wird die Berechnung der Kalibrierung Version 3 übernommen. Das HQ_{extrem} sowie die HQ_5, HQ_{10}, HQ_{20} werden auf Grundlage dieser HQ_{100}-Version erstellt. Die Berechnungszeit wird dabei auf 223.200 s verkürzt.

Der Kontrollquerschnitt Q3B weist rund 21 % weniger Abfluss auf, als an den drei Zugabestellen oberhalb zugegeben wurde. Der Kontrollquerschnitt befindet sich unterhalb der B4, die das Wasser oberhalb aufstaut.

5.12.2 Prüfung Endgültige Rechenläufe durch Qualitätssicherer

Die Prüfung des Pakets erfolgte anhand der Prüfliste im Prüfprotokoll, siehe Anlage 5. Die endgültigen Rechenläufe wurden vom WWA abgenommen.

Geringfügige Anpassungen infolge der Prüfleistungen des Qualitätssicherers, wie redaktionelle Berichtskorrekturen, sind in der Prüfliste dokumentiert. Bei den endgültigen Rechenläufen wurden diese Anpassungen für dieses Modell innerhalb von zwei Prüfläufen vorgenommen. Es hat eine Neuberechnung aller Rechenläufe stattgefunden, da ein kleiner Fehler, der eigentlich vor der Abgabe der endgültigen Rechenläufe behoben werden sollte, noch vorhanden war.

Die endgültigen Rechenläufe wurden nach Vorgabe der LB-H vom HYD durchgeführt.

Wesentliche Abweichungen zur LB-H und zur Detailplanung Modelle + Berechnungen liegen nicht vor

5.13 Rechenläufe in Gebieten mit Hochwasserschutzanlagen (HWSA)

Entfällt: Es befinden sich keine Hochwasserschutzanlagen im Untersuchungsgebiet.

5.14 Zusammenfassung Hydraulik

5.14.1 Zusammenfassung Hydraulik durch Hydrauliker

Bei dem Modell der Gründlach (ID 2861) handelt es sich um ein Bestandsmodell im Höhensystem DHHN12, welches gemäß den aktuellen Vorgaben an die HYDRO_AS-2D Version und die Netzqualität überarbeitet wird. Zudem wird ein rund 1,9 km langer Abschnitt des Flussschlauches, beginnend an der Autobahnbrücke der A 3 nach stromaufwärts, neu modelliert. Im neu modellierten Bereich werden eine Brücke und ein Durchlass neu modelliert. Für den Bereich um den neu zu erstellenden Flussschlauch herum wird ein neues Vorlandnetz erzeugt, um eine bessere Integration des Flussschlauchs in das Modell zu ermöglichen.

Die Definition der Zuflussstellen erfolgt auf Grundlage eines aktualisierten hydrologischen Längsschnittes vom November 2018, welcher erst nach der Detailplanung übergeben wurde. Bei der instationären Berechnung der Proberechenläufe erfolgte entsprechend der Detailplanung eine Aufteilung der Ganglinien gemäß der 15% Regel an den Stützstellen „Kothbrunngraben vor Bundesstraße B4 (K5)“ und „Gründlach vor Zufluss Bucher Landgraben (K7)“. Erst nach der bestandenen Prüfung der Proberechenläufe mit dieser Aufteilung wurde vom LfU festgelegt, dass Ganglinien, die auf einem NA-Modell basieren, nicht aufgeteilt werden müssen. Da die Auswertung der Berechnungsergebnisse zu diesem Zeitpunkt bereits erfolgt war, wird die Aufteilung der Stützstellen für alle Endrechenläufe übernommen.

Die Proberechenläufe zeigen, dass es zu Abweichungen des bislang festgesetzten Überschwemmungsgebiets kommt. Da die Brücke unter der A3 überlastet ist, strömt das Wasser entlang der Autobahn Richtung Nordwesten. Ein Durchlass am Rastplatz „Weißer Garten“ leitet einen Teil des Wassers unter der Autobahn hindurch. Das übrige Wasser staut sich an der Straßenbrücke unterhalb des Rastplatzes und überströmt schließlich die Autobahn. Das WWA Nürnberg baut daraufhin in das Modell zwei weitere Durchlässe ein. Die Situation bleibt jedoch unverändert. Es kommt beim HQ_{100} lediglich in einigen Bereichen zu Wasserspiegelsenkungen von 2 cm. Die angepassten Proberechenläufe sind die Basis für die weiteren Berechnungen.

Es erfolgt eine Kalibrierung anhand der Schlüsselkurve vom Pegel Frauenkreuz (Messstellennummer 24235208). Bei der Kalibrierung stellt sich die Var3 als die Beste heraus. In dieser Variante werden die folgenden Materialien geändert:

- "2 Sohle01_FKM 11-85 bis 11-26": von kst 33 m1/3/s auf 30 m1/3/s
- "3 Sohle03_FKM 11-25 bis 10-29": von kst 33 m1/3/s auf 30 m1/3/s
- "4 Bewachsene Boeschung Gestruepp": von kst 12 $m^{1/3}/s$ auf 9 $m^{1/3}/s$

Im Anschluss erfolgt eine Sensitivitätsanalyse mit der Var3 aus der Kalibrierung. Hier gibt es keine weiteren Besonderheiten.

Es werden Berechnungen für die Jährlichkeiten HQ_5, HQ_{10}, HQ_{20}, HQ_{100} und HQ_{extrem} instationär durchgeführt. Als Basismodell für die Berechnungen dient das HQ_{100} der Var3 der Kalibrierung. Die Aufteilung der Zuflussnodestrings nach der 15%-Regel wird entsprechend den Proberechenläufen beibehalten. Das HQ_{extrem} sowie die HQ_5, HQ_{10} und HQ_{20} werden auf Grundlage dieser modifizierten HQ_{100}-Version erstellt. Die Berechnungszeit wird dabei auf 223.200 s verkürzt. Die Berechnungen liefern plausible Ergebnisse. Der Kontrollquerschnitt Q3B weist rund 21 % weniger Abfluss auf, als an den drei Zugabestellen oberhalb zugegeben wurde. Der Kontrollquerschnitt befindet sich unterhalb der B4, die das Wasser oberhalb aufstaut.

Ein Brückenstatus wird entgegen der Detailplanung nicht abgegeben, da es sich um ein Bestandsmodell handelt. Die Absprache hierfür erfolgte nach Abnahme der Detailplanung.

5.14.2 Zusammenfassung Hydraulik durch Qualitätssicherer

Abweichungen zur Detailplanung Modelle + Berechnungen wurden in den vorangegangenen Kapiteln dokumentiert. Der neu erstellte Teil des Modells wurde nach dem aktuellen Stand der Technik generiert. Das Bestandsmodell liefert ebenfalls belastbare Ergebnisse.

Während der Erstellung der finalen Ergebnisshapes fiel auf, dass das 2D-Modell bei Knoten-ID 62631 ein Loch enthält, sodass die Endergebnisse zunächst auch ein Loch in diesem Bereich enthielten. Für das Auswertetool wurde anschließend vom QS ein 2D-Modell für jede Jährlichkeit erzeugt, in dem das Loch durch disable-Elemente gefüllt wurde. Die Ergebnisse enthalten somit kein Loch, sondern korrekte Werte an der besagten Stelle. Von einer Neuberechnung wurde abgesehen, da die Anpassung nicht zu einer Änderung der Ergebnisse geführt hätte. Die korrigierten Ergebnisshapes wurden am 07.08.2019 durch das WWA Nürnberg abgenommen. Die zur Erstellung der finalen Ergebnisshapes erzeugten Modelle wurden im Ordner „Zuinfo“ abgelegt.

6 Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Arbeitskarten Detailplanung Vermessung inkl. Übersichtskarte

Anlage 2: Vermessungstagebuch

Anlage 3: Protokoll Ortsbegehung Hydrauliker – nicht vorhanden

Anlage 4: Protokoll Plausibilisierung vor Ort > modellweise – nicht vorhanden

Anlage 5: Prüfprotokolle

Anlage 6: Protokoll „Gemeinsame Ortsbegehung von QS und WWA“