

## Untersuchung möglicher Hochwasserschutz- maßnahmen für die Ortslage Haan-Gruiten



Hochwasserereignis 07/2021  
[<https://www.kirchen-gruiten-schoeller.de/hochwasser-13-juli-2021>, Abruf  
01.09.2023]

### Erläuterungsbericht

# Untersuchung möglicher Hochwasserschutzmaßnahmen für die Ortslage Haan-Gruiten

Erläuterungsbericht

**Mitwirkende:**

**Projektleiter:** Norbert Weinert

**Bearbeiter:** Norbert Weinert

**Pläne/Zeichnungen:** Jonatan Fricke

© Eine Vervielfältigung oder Verwendung des Inhaltes in elektronischen oder gedruckten Publikationen aller Bestandteile dieses Berichts (inkl. Anlagen, digitalen Unterlagen, etc.) ist ohne ausdrückliche vorherige Zustimmung des Auftraggebers nicht gestattet.

Z:\Aufg\_22\A-36\_22\Texte\A\_36-22\_BRW-Haan\_Retentionsräume-Düssel-und-Kleine-Düssel\_Erläuterungsbericht\_2024-04-25.docx



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Veranlassung</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>11</b>
2.1	Örtliche Überprüfungen.....	11
2.2	Datengrundlagen .....	11
2.3	Software .....	11
<b>3</b>	<b>Situation</b> .....	<b>12</b>
3.1	Örtlichkeit .....	12
3.2	Gewässersituation in Gruiten-Dorf .....	13
3.3	Hydrologie .....	18
3.4	Gesetzliches Überschwemmungsgebiet / Hochwasserereignis Juli 2021 .....	19
3.5	Schutzgebiete .....	23
<b>4</b>	<b>Hydraulikmodell</b> .....	<b>23</b>
4.1	Modellsystem .....	23
4.2	Ausgangswerte.....	25
4.3	Netzaufbau .....	25
4.4	Kalibrierung und Plausibilisierung .....	42
<b>5</b>	<b>Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM)</b> .....	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>Hochwassersituation Bestand</b> .....	<b>47</b>
6.1	Lastfall HQ <sub>100</sub> .....	47
6.2	Hochwasserabflüsse in Gruiten-Dorf.....	52
6.3	Leistungsfähigkeit.....	53
6.4	Betrachtung verschiedener Aspekte in Bezug auf die Hochwassersituation in Gruiten.....	61
<b>7</b>	<b>Variantenbetrachtung zur Verbesserung des Hochwasserschutzes</b> .....	<b>63</b>
7.1	Rückhaltung durch Hochwasserrückhaltebecken .....	63
7.2	Linienschutzmaßnahmen .....	71
7.3	Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit .....	72
7.4	Objektschutz .....	75
7.5	Nutzung der Grube 7 als Rückhalteraum .....	77
7.6	Verbesserung der Informationsvorsorge/Vorwarnung .....	80
<b>8</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b> .....	<b>83</b>
8.1	Bau- und Unterhaltungskosten .....	83
8.2	Schäden.....	85



8.3	Berechnung der Schadenserwartungswerte.....	86
8.4	Finanzmathematische Aufbereitung der Maßnahmenkosten .....	87
8.5	Kosten-Nutzen-Berechnung .....	88
8.6	Wirtschaftlichkeit bei Umsetzung eines Beckens .....	90
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>91</b>
<b>10</b>	<b>Quellenangabe .....</b>	<b>96</b>

## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1:	Übersicht Untersuchungsgebiet (rot) [ <a href="http://www.elwasweb.de">www.elwasweb.de</a> ; abgerufen am 15.03.2024] .....	13
Abbildung 2:	Gewässersituation Gruiten-Dorf [ <a href="http://www.elwasweb.de">www.elwasweb.de</a> ; abgerufen am 15.03.2024] .....	14
Abbildung 3:	Durchlässe Düssel und Kleine Düssel.....	14
Abbildung 4:	Verlauf der kleinen Düssel parallel zur Pastor-Vömel-Straße oberhalb des Durchlasses .....	15
Abbildung 5:	Kleine Düssel entlang der Pastor-Vömel-Straße .....	15
Abbildung 6:	Düssel oberhalb Durchlass.....	16
Abbildung 7:	Düssel unterhalb Durchlass mit aufgehenden Ufermauern .....	16
Abbildung 8:	Kleine Düssel unterhalb Durchlass .....	17
Abbildung 9:	Zusammenfluss Düssel und Kleine Düssel.....	17
Abbildung 10:	Stationsinformation Pegel Düssel/Gruiten [ <a href="http://www.pegelonline.brw-haan.de">www.pegelonline.brw-haan.de</a> , Abruf 6.9.2023] .....	19
Abbildung 11:	festgesetzte Überschwemmungsgebiete [ <a href="http://www.elwasweb.de">www.elwasweb.de</a> ; abgerufen am 15.03.2024].....	20
Abbildung 12:	Hochwasserereignis 07/2021, Bereich um die Kirche und das Pfarrhaus [ <a href="https://www.kirchen-gruitenschoeller.de/hochwasser-13-juli-2021">https://www.kirchen-gruitenschoeller.de/hochwasser-13-juli-2021</a> , Abruf 01.09.2023]	

	.....	21
Abbildung 13:	Hochwasserereignis 07/2021, Bereich „zur Mühlen“ [Stadt Haan] .....	21
Abbildung 14:	Hochwasserereignis 07/2021, Bereich Heinhauser Weg [Rheinische Post].....	22
Abbildung 15:	Pastor-Vömel-Straße [Rheinische Post].....	22
Abbildung 16:	Schutzgebiete im Bereich der oberen Düssel und der Kleinen Düssel <a href="http://www.elwasweb.de">www.elwasweb.de</a> ; abgerufen am 15.03.2024].....	23
Abbildung 17:	Vorgehensweise für Hydraulikmodelle [3].....	24
Abbildung 18:	Höhentransformation DHHN92 zu DHHN2016, Ausschnitt PDF-Ausgabe [ <a href="http://www.hoetra2016.nrw.de">www.hoetra2016.nrw.de</a> ; Stand 07.09.2023].....	26
Abbildung 19:	originale (rot) und anhand des DGM angepasste (grün) Querprofile, Draufsicht.....	27
Abbildung 20:	originale (schwarz) und anhand des DGM angepasste (blau) Querprofile, Schrägluftansicht.....	28
Abbildung 21:	fertiges Flussnetz.....	28
Abbildung 22:	Eingangsdaten Laser_AS.....	29
Abbildung 23:	Parameter der Programmroutine mesh quality.....	30
Abbildung 24:	Gesamtnetz mit Höhenverhältnissen [NHN (m)] .....	31
Abbildung 25:	Einarbeitung von Einzelpunkten (rot) im Bereich der Durchlässe.....	32
Abbildung 26:	Düssel: 2D-Querschnitt aus Vermessung Düssel .....	33
Abbildung 27:	Kleine Düssel: 2D-Querschnitt aus Vermessung.....	34
Abbildung 28:	1D-Hydraulikmodellprofile im Bereich Pegel Düssel/Gruiten; OW-Vermessungsprofil (rot), OW-Interpolationsprofil (gelb) und UW-Bauwerksprofil	

	(schwarz).....	35
Abbildung 29:	Pegelabbildung im 2D-Modell (türkis: Kontrollquerschnitte; schwarz: Pegelpunkte) .....	36
Abbildung 30:	Verortung der Randbedingungen (orange: NAM, blau: 2D-Modell) .....	37
Abbildung 31:	Materialbelegung im 2D-Modell .....	41
Abbildung 32:	W/Q-Beziehung am Pegel .....	43
Abbildung 33:	Unterteiltes Teilgebiet 75700 .....	44
Abbildung 34:	Fließlogik Erschließungsgebiet Ludgerweg originaler Zustand .....	45
Abbildung 35:	Fließlogik Erschließungsgebiet Ludgerweg aktualisierter Zustand .....	45
Abbildung 36:	Abflussganglinien des NAM Lastfall HQ <sub>100</sub> .....	46
Abbildung 37:	Zuflussganglinien in Gruiten-Dorf (oberhalb Pastor-Vömel-Straße).....	47
Abbildung 38:	Vergleich Überschwemmungsgrenzen HQ <sub>100</sub> Gruiten-Dorf (2D: hellbau; 1D: pink).....	49
Abbildung 39:	Vergleich Überschwemmungsgrenzen HQ <sub>100</sub> Kleine Düssel Km 1,10-2,40 (2D: hellbau; 1D: pink) .....	50
Abbildung 40:	Wasserspiegellängsschnitt HW <sub>100</sub> Düssel in Gruiten-Dorf	51
Abbildung 41:	Wasserspiegellängsschnitt HW <sub>100</sub> Kleine Düssel in Gruiten-Dorf <sup>4</sup> .....	52
Abbildung 42:	Vermessung Einlaufhöhen mit den drei tiefsten Einlaufhöhen und Überschwemmungsfläche HQ <sub>10</sub> .....	54
Abbildung 43:	Wassertiefen in Gruiten-Dorf bei Q <sub>Drossel</sub> = 12 m <sup>3</sup> /s .....	56
Abbildung 44:	erforderliches Rückhaltevolumen Düssel für Schadensfreiheit in Gruiten-Dorf.....	57

Abbildung 45:	erforderliches Rückhaltevolumen Kleine Düssel für Schadensfreiheit in Gruiten-Dorf.....	57
Abbildung 46:	Wassertiefen in Gruiten-Dorf bei $Q_{Drossel} = 17 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	58
Abbildung 47:	erforderliches Rückhaltevolumen Düssel bei Inkaufnahme geringer Einstauhöhen in Gruiten-Dorf.....	60
Abbildung 48:	erforderliches Rückhaltevolumen Kleine Düssel bei Inkaufnahme geringer Einstauhöhen in Gruiten-Dorf....	60
Abbildung 49:	Naturschutz- und FFH-Gebiet „Neandertal“ unterhalb der Ortslage Gruiten-Dorf [ <a href="http://www.elwasweb.nrw.de">www.elwasweb.nrw.de</a> ; abgerufen am 15.03.2024].....	61
Abbildung 50:	Geländere relief im Bereich des Natur- und FFH-Gebietes Neandertal [ <a href="http://www.elwasweb.nrw.de">www.elwasweb.nrw.de</a> ; abgerufen am 15.03.2024].....	62
Abbildung 51:	Schema-Ganglinien für Rückhaltebecken.....	64
Abbildung 52:	potenzielle Standorte für Hochwasserrückhaltebecken ..	66
Abbildung 53:	resultierende Drosselwassermenge ( $13,225 \text{ m}^3/\text{s}$ ) anhand des vorhandenen Rückhaltevolumens ( $89.600 \text{ m}^3$ ) an der Düssel.....	68
Abbildung 54:	resultierende Drosselwassermenge ( $2,08 \text{ m}^3/\text{s}$ ) anhand des vorhandenen Rückhaltevolumens ( $137.600 \text{ m}^3$ ) an der Kleinen Düssel .....	68
Abbildung 55:	Wassertiefen Lastfall $HQ_{100}$ .....	72
Abbildung 56:	Wasserspiegeldifferenzen [m] bei Durchlassergänzung Kleine Düssel (Lastfall ( $17 \text{ m}^3/\text{s}$ )) .....	73
Abbildung 57:	Wasserspiegellängsschnitt im Unterwasser von Gruiten-Dorf.....	74
Abbildung 58:	Aufkragungen (links) und druckwassersichere Eingangstür (rechts).....	76

Abbildung 59:	Rückstausicherungen (links) und selbsttätige Systeme (rechts).....	76
Abbildung 60:	Höhenverhältnisse Grube 7 – Düssel [www.elwasweb.nrw.de; abgerufen am 15.03.2024] ....	78
Abbildung 61:	Abflussleistung DN 2000 bei 20 <sup>0</sup> / <sub>00</sub> [Schneider Bautabellen, 2024] .....	79
Abbildung 62:	Funktion der Schadenswahrscheinlichkeit .....	87

## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1:	Grenzen der Bearbeitungsstrecke.....	12
Tabelle 2:	Eigenschaften Einzugsgebiet in Höhe Gruiten-Dorf .....	18
Tabelle 3:	Parameter Laser_AS, Qualitätsstufe 2 (höhere Qualität)	30
Tabelle 4:	Zuordnung der Ganglinien aus dem NAM und Zuflüsse	38
Tabelle 5:	Rauheitsvergabe.....	40
Tabelle 6:	statistische Hochwasserabflüsse in Gruiten-Dorf (ermittelt über das 2D-Modell).....	53
Tabelle 7:	Einstautiefen in Gruiten-Dorf bei $Q_{Drossel} = 17 \text{ m}^3/\text{s}$ .....	59
Tabelle 8:	Eckdaten der potenziellen Beckenstandorte .....	66
Tabelle 9:	Drosselwassermenge erforderlich/erzielbar .....	69
Tabelle 10:	Kostenrahmen Baukosten HRB (Umsetzung alle Becken)	83
Tabelle 11:	jährliche Unterhaltungskosten für 7 Becken [BRW, 2024]	84
Tabelle 12:	jährliche Unterhaltungskosten auf Basis von [8] .....	84
Tabelle 13:	Schäden in Abhängigkeit der Auftretenswahrscheinlichkeit [BR Düsseldorf, 2024] .....	85
Tabelle 14:	Schadenserwartungswerte Gruiten.....	87
Tabelle 15:	Ergebnis Kosten-Nutzen-Verhältnis (vergrößerte Ansicht in	



Anhang A)..... 89

## Anhang

---

Anhang A Ergebnis Kosten-Nutzen-Verhältnis

## Anlagen

---

Anlage 1	Übersichtslageplan	1 : 10.000
Anlage 2	Lageplan Überschwemmungsflächen	1 : 1.000
Anlage 3.1	Hydraulischer Längsschnitt Düssel	1 : 2.500 / 1:100
Anlage 3.2	Hydraulischer Längsschnitt Kleine Düssel	1 : 2.500 / 1:100

Daten-CD



## 1 Veranlassung

---

Der Ortsteil Gruiten-Dorf der Stadt Haan war im Juli 2021 von den regionalen Hochwasserereignissen im Süden Nordrhein-Westfalens betroffen. Hier fließen die Gewässer Düssel und Kleine Düssel.

Aufgrund der Hochwassergefährdung sollen in einer Machbarkeitsstudie Überlegungen zur Verbesserung der Hochwassersituation angestellt werden. Wenngleich auch Einzellagen im Einzugsgebiet der Gewässer von Hochwasser betroffen sind, soll in dieser Untersuchung ausschließlich auf die Ortslage Gruiten-Dorf abgehoben werden, in der sich die Düssel und die Kleine Düssel vereinen und in der auch in Summe die größten Schäden bei dem Hochwasser 2021 aufgetreten sind. Einzellagen können nicht durch öffentliche Hochwasserschutzmaßnahmen gesichert werden. Hier sind Objektschutzmaßnahmen durch die Eigentümer zielführend.

Um für die Machbarkeitsstudie möglichst aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen, hat sich der BRW entschlossen, das bestehende eindimensionale Hydraulikmodell durch ein zweidimensionales Modell der Düssel und der Kleinen Düssel zu ersetzen. Das vorhandene Niederschlags-Abflussmodell wird betrieben, um die entsprechenden Eingangsdaten in Form von Abflussganglinien liefern zu können. Dabei ist ein geplantes Erschließungsgebiet zu berücksichtigen.

Auf Basis durchgeführter Berechnungen sollen im Anschluss mögliche Maßnahmen aufgezeigt werden. Der Fokus soll dabei zunächst auf dem Thema Rückhaltung / Retentionsräume liegen. Als maßgebender Abflusszustand soll zunächst ein hundertjährliches Hochwasserereignis (HQ<sub>100</sub>) angesetzt werden.

Der BRW und die Stadt Haan haben den Unterzeichner mit den erforderlichen Arbeiten beauftragt, die hiermit vorgelegt werden.

## 2 Grundlagen

---

Die für die Erarbeitung verwendeten Grundlagen werden im Folgenden aufgelistet. Nicht anders gekennzeichnete Angaben beziehen sich auf die 3. Gewässerstationierungskarte NRW, Version e (GSK3e).

### 2.1 Örtliche Überprüfungen

---

1. Vermessung von Einlaufhöhen Gruiten-Dorf [SöWei, 06/2023]
2. Vermessung von Durchlassgeometrien Gruiten-Dorf [SöWei, 06/2023]

### 2.2 Datengrundlagen

---

3. DGM 1x1m (Topografie) [OpendataNRW, 01/2023]
4. Amtliches Topografisch-Kartografisches Informationssystem (Infrastruktur, Gebäude) [Opendata NRW, 01/2023]
5. Amtliches LiegenschaftskatasterInformationssystem (Landnutzung) [Opendata NRW, Stand 01/2023]
6. Niederschlag-Abfluss-Modell (NASIM) „NAM Obere Düssel“ (Düssel, Bereich oberhalb der Stadtgrenze Düsseldorf) [BRW, Stand 2012, übergeben 10/2022, NASIM-Version 4.1.3]
7. 1D-Hydraulikmodell Düssel/Kleine Düssel: „Überschwemmungsgebiete Südliche Düssel/ungeteilte Düssel und Nebengewässer“ [BRW, übergeben 10/2022, Stand 12/2013]
8. Bauwerkskataster [BRW, übergeben 10/2022]

### 2.3 Software

---

1. AutoCAD CIVIL 3D 2018 [Autodesk]
2. ArcGis 10.6 [Esri]
3. QGis 3.18 [QGis Development Team]
4. Jabron 7.1 [Hydrotec]
5. SMS 13.2 [Aquaveo]
6. Hydro-As 2D 5.5 [Nujić]
7. Laser-As 2D 2.0.3 [Nujić]
8. Flussnetzgenerator 2.0 [Nujić]
9. NASIM, Version 4.7.5 [Hydrotec]



### 3 Situation

#### 3.1 Örtlichkeit

Der nördliche Rand des Untersuchungsgebietes liegt im Verwaltungsgebiet der Stadt Wuppertal, welches die Düssel kurzläufig durchquert, bevor sie kurz unterhalb des Wuppertaler Stadtteils Schöller in Wuppertal-Vohwinkel wieder in den Kreis Mettmann fließt (s. Abbildung 1).

Hier passiert sie wenige, einzeln gelegene Höfe, bis sie durch Gruiten-Dorf fließt (s. Abbildung 1). Gruiten-Dorf ist Bestandteil des Stadtteiles Gruiten, der wiederum zur Stadt Haan gehört.

Die Kleine Düssel entspringt in Wuppertal-Vohwinkel und erreicht nach rund 0,8 Fließkilometern den Kreis Mettmann. Ab hier verläuft sie analog zur Düssel durch spärlich besiedeltes Areal, das ländlich dominiert ist. Die Kleine Düssel mündet in Gruiten-Dorf in die Düssel (s. Abbildung 1).

In Tabelle 1 sind die Grenzen des Bearbeitungsstrecken zusammengefasst.

Tabelle 1: Grenzen der Bearbeitungsstrecke

	Düssel		Kleine Düssel	
	von	bis	von	Bis
Ortsbeschreibung	Unterhalb Klärwerk Gruiten	Oberhalb B7	Mündung in Düssel	Quelle
Ortslage	Gruiten-Dorf	Schöller	Gruiten-Dorf	Wibbeltrath
Stadt, Kreis	Haan, Mettmann	Wuppertal	Haan, Mettmann	Wuppertal
Stationierung [km]	23,5	29,25	0	4,5

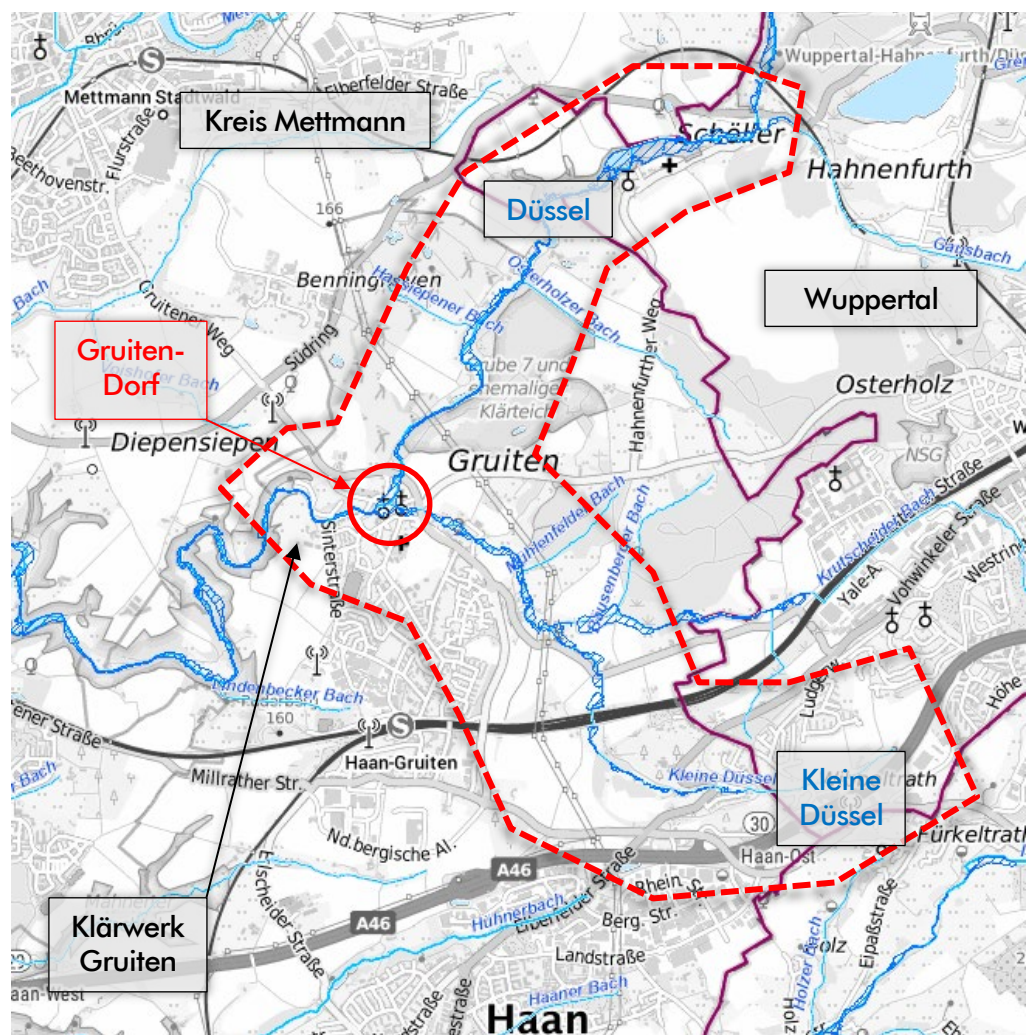


Abbildung 1: Übersicht Untersuchungsgebiet (rot) [www.elwasweb.de; abgerufen am 15.03.2024]

### 3.2 Gewässersituation in Gruitene-Dorf

In Gruitene-Dorf verlaufen die Gewässer Düssel und Kleine Düssel. Beide Gewässer passieren die zentral verlaufende Pastor-Vömel-Straße durch separate Durchlässe. Eine flache Steinschüttung zwischen Düssel und Kleiner Düssel ermöglicht wechselseitige Abschlüge der Gewässer durch die Durchlässe (s. Abbildung 3). Im Hochwasserfall können somit beide Durchlässe beaufschlagt werden.

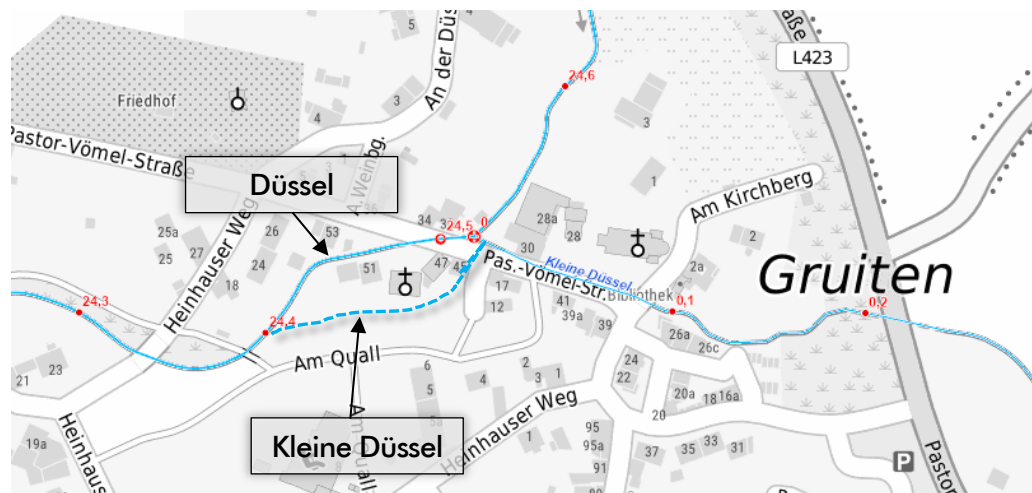


Abbildung 2: Gewässersituation Gruiten-Dorf [www.elwasweb.de; abgerufen am 15.03.2024]



Abbildung 3: Durchlässe Düssel und Kleine Düssel

Die Kleine Düssel verläuft im Oberwasser des Durchlasses parallel zur Pastor-Vömel-Straße (s. Abbildung 4 und Abbildung 5).



Abbildung 4: Verlauf der kleinen Düssel parallel zur Pastor-Vömel-Straße oberhalb des Durchlasses



Abbildung 5: Kleine Düssel entlang der Pastor-Vömel-Straße

Beide Gewässer sind im Bereich der Durchlässe stark befestigt und bebaut. Die allgemein recht steilen Ufer werden von ein- oder beidseitigen Ufermauern und teilweise von Bebauung gebildet (s. Abbildung 6 und Abbildung 7).

Weite Vorländer sind erst unterhalb der Durchlässe vorhanden (s. Abbildung

8). Dort mündet die Kleine Düssel nach ca. 90 m linksseitig in die Düssel (s. Abbildung 9).



Abbildung 6: Düssel oberhalb Durchlass

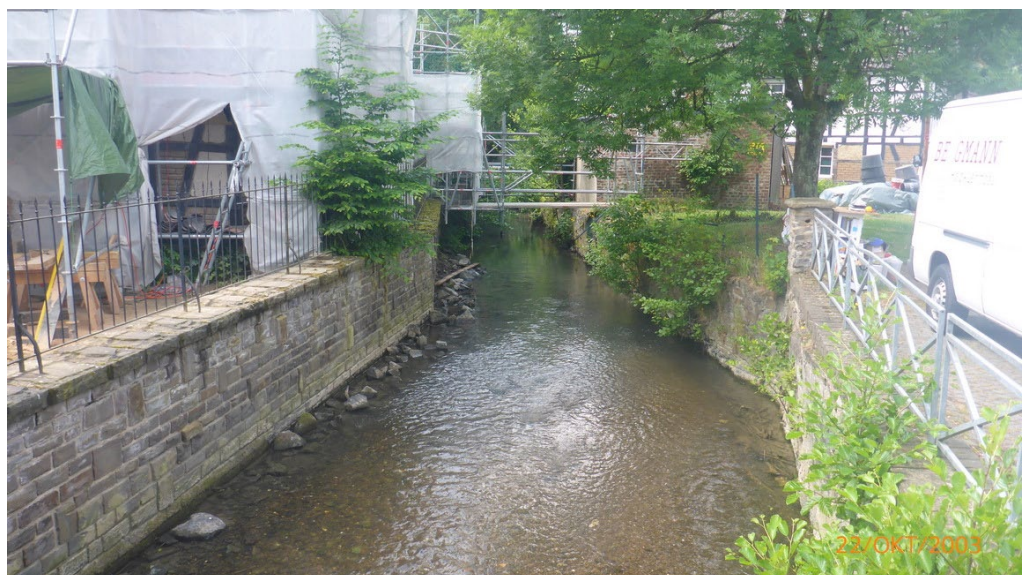


Abbildung 7: Düssel unterhalb Durchlass mit aufgehenden Ufermauern





Abbildung 8: Kleine Düssel unterhalb Durchlass



Abbildung 9: Zusammenfluss Düssel und Kleine Düssel

### 3.3 Hydrologie

Das Einzugsgebiet des ca. 30 km langen Oberlaufs der Düssel, welches bis zur Einmündung der Kleinen Düssel ca. 30 km<sup>2</sup> an Fläche umschließt, unterteilt sich in annähernd ausgewogenem Verhältnis in potenziell natürliche sowie urban geprägte Flächen. Das Höhenrelief liegt mit einem mittleren Sohlgefälle von ~4,27 ‰ im Untersuchungsbereich naturraumtypisch mittel bis hoch. Die Übersichts-Bodenkarte BK 50 des geologischen Dienstes NRW zeigt flächige Vorkommen an Pseudogley-Parabraunerde, welche aufgrund ihres üblicherweise hohen Feinkornanteils eine geringe Versickerungsfähigkeit aufweisen.

In der Freistrecke durchfließt die Düssel in etwa gleichen Anteilen schmal eingeschnittene Waldareale sowie weite Grünlandflächen. Insgesamt ist von rascher Abflussbildung mit hohem Anteil an Oberflächenabfluss auszugehen. Im Untersuchungsgebiet münden u.a. der Hassiepener Bach (Einzugsgebiet ca. 0,59 km<sup>2</sup>) und der Osterholzer Bach (Einzugsgebiet ca. 1,2 km<sup>2</sup>) in die Düssel, deren Einzugsgebiete beide ländlich geprägt sind (Grünland/Golfplatz).

Die Kleine Düssel wird entlang ihres Weges von den Nebengewässern Krutscheider Bach (Einzugsgebiet ca. 4,92 km<sup>2</sup>) und Mühlenfelder Bach (Einzugsgebiet ca. 0,23 km<sup>2</sup>) gespeist. Unmittelbar oberhalb der Einmündung befindet sich ein Hochwasserrückhaltebecken im Krutscheider Bach, welcher rund die Hälfte des Einzugsgebietes der Kleinen Düssel bildet und im Oberlauf stark urban geprägt ist (Bebauung Wuppertal-Vohwinkel).

In Tabelle 2 sind die wesentlichen Größen der Einzugsgebiete aufgeführt.

Tabelle 2: Eigenschaften Einzugsgebiet in Höhe Gruiten-Dorf

Fließstrecke Düssel [GSK3e]	11,6 km
Einzugsgebiet Düssel [GSK3e]	30,0 km <sup>2</sup>

Fließstrecke Kleine Düssel [GSK3e]	4,7 km
Einzugsgebiet Kleine Düssel [GSK3e]	8,6 km <sup>2</sup>

### 3.3.1 Pegel Düssel

Direkt am Brückenbauwerk der Straße Am Steinbruch, rund 350 m oberhalb Gruitens liegt der vom BRW betriebene Pegel Düssel/Gruiten. Die zugehörige Stationsinformation enthält Abbildung 10.

Stationsnummer	P043
Stationsname	Düssel/Gruiten
Betreiber	BRW
Gewässer	Düssel
Entfernung von der Mündung	24,90 km
Einzugsgebietsgröße	29,29 km <sup>2</sup>
Haupteinzugsgebiet	Düssel
Pegelnullpunkt	118,24m üNNH
Inbetriebnahme	20.02.2001
Gemeinde	Haan
Breitengrad	51,22923
Längengrad	7,00993

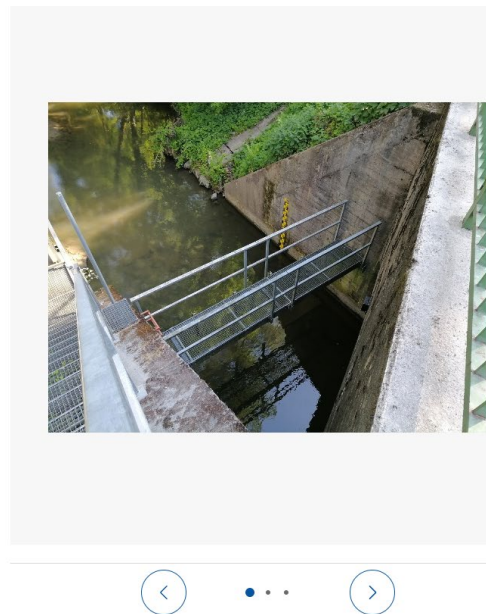


Abbildung 10: Stationsinformation Pegel Düssel/Gruiten [www.pegelonline.brw-haan.de, Abruf 6.9.2023]

Wasserstand und Abfluss sind über das Internet auch für die Öffentlichkeit abrufbar (<https://pegelonline.brw-haan.de>).

## 3.4 Gesetzliches Überschwemmungsgebiet / Hochwasserereignis Juli 2021

Gemäß den aktuellen gesetzlichen Überschwemmungsgebietsausweisungen bei einem hundertjährlichen Ereignis (HQ<sub>100</sub>) ist Gruiten-Dorf stark von

Hochwasser betroffen (s. Abbildung 11).

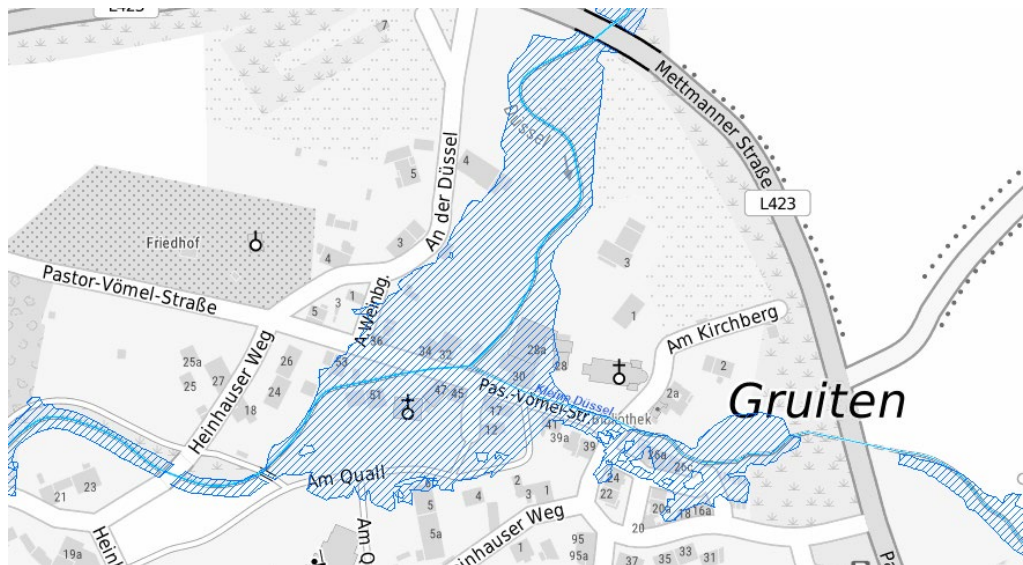


Abbildung 11: festgesetzte Überschwemmungsgebiete [www.elwasweb.de; abgerufen am 15.03.2024]

Diese Betroffenheit hat das überregional aufgetretene Großereignis vom Juli 2021 bestätigt. In dessen Folge kam es in Gruiten-Dorf zu großflächigen Überschwemmungen (s. Abbildung 12 - Abbildung 15). Dieses Ereignis wird nach den vorliegenden Auswertungen des BRW mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von deutlich seltener als 100-jährlich eingeschätzt.



Abbildung 12: Hochwasserereignis 07/2021, Bereich um die Kirche und das Pfarrhaus [<https://www.kirchen-gruiten-schoeller.de/hochwasser-13-juli-2021>, Abruf 01.09.2023]



Abbildung 13: Hochwasserereignis 07/2021, Bereich „zur Mühlen“ [Stadt Haan]



Abbildung 14: Hochwasserereignis 07/2021, Bereich Heinhauser Weg [Rheinische Post]



Abbildung 15: Pastor-Vömel-Straße [Rheinische Post]

### 3.5 Schutzgebiete

Das Einzugsgebiet der oberen Düssel ist geprägt von zahlreichen Schutzgebieten (s. Abbildung 16).

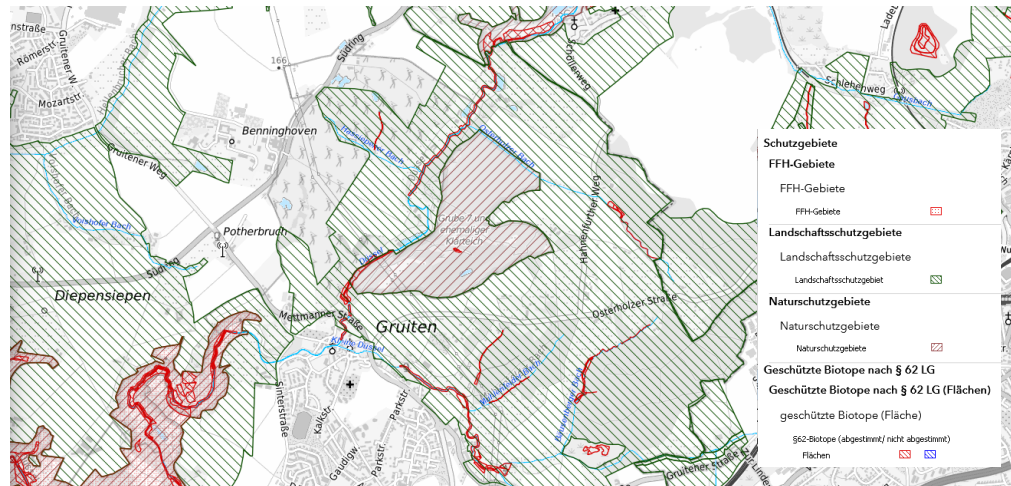


Abbildung 16: Schutzgebiete im Bereich der oberen Düssel und der Kleinen Düssel  
[www.elwasweb.de](http://www.elwasweb.de); abgerufen am 15.03.2024]

## 4 Hydraulikmodell

### 4.1 Modellsystem

Die zweidimensionalen Wasserspiegellagenberechnungen werden mit dem Programmsystem HYDRO\_AS-2D, Version 2018 [Nujic] durchgeführt. Es dient der zweidimensionalen Modellierung von Gewässern und der Erfassung komplexer Strömungsverhältnisse, bei denen eindimensionale Modelle keine zuverlässigen Aussagen mehr treffen können. Das in HYDRO\_AS-2D integrierte Verfahren basiert auf einer numerischen Lösung der tiefengemittelten (2D) Flachwassergleichungen mit der Finite-Volumen-Diskretisierung. Das explizite Zeitschrittverfahren ermöglicht eine zeitgenaue Simulation des Wellenablaufs. Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten können an allen vorhandenen Netzknoten ausgegeben und Abflüsse an definierten Querschnitten ermittelt werden. Für eine detaillierte Beschreibung wird auf die

Modellbeschreibung verwiesen [2].

Die Modellierung umfasst die Arbeitsschritte Erstellung, Simulation und die Überprüfung (s. Abbildung 17). Diese werden nachfolgend beschrieben.

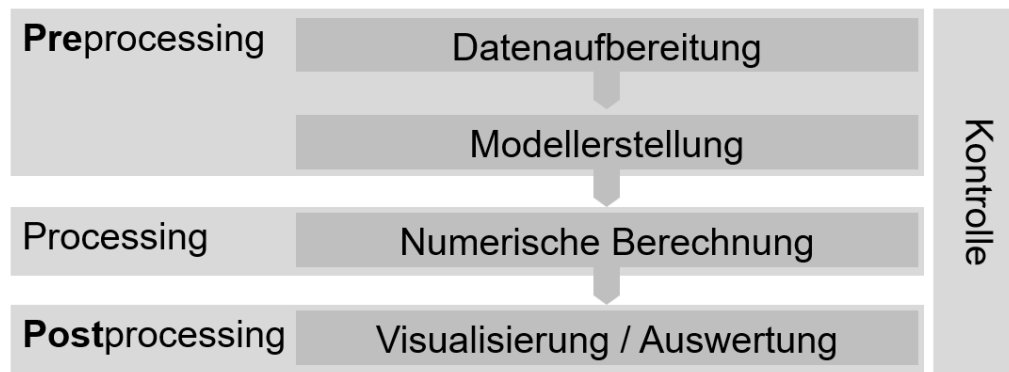


Abbildung 17: Vorgehensweise für Hydraulikmodelle [3]



## 4.2 Ausgangswerte

---

Die für das Berechnungsnetz verwendeten Daten stammen aus den folgenden Quellen:

- Vermessung von Einlaufhöhen für Objekte im Ortskern von Gruiten-Dorf [SöWei, 06/2023]
- Vermessung der Durchlässe an der Pastor-Vömel-Straße [SöWei, 06/2023]
- 1D-Modell der Düssel und Kleinen Düssel [BRW, Stand 12/2023]
- Digitales Geländemodell (DGM1) [OpendataNRW, Abruf 01/2023]

## 4.3 Netzaufbau

---

Der Netzaufbau des 2D-Modells besteht aus der Erstellung je eines Fluss-schlauchnetzes für Düssel und Kleine Düssel sowie eines Vorlandnetzes. Durch das Zusammenfügen dieser Teilnetze entsteht das Berechnungsnetz.

### 4.3.1 Flussschlauch

---

Die Flussschlauchgenerierung der Düssel und Kleinen Düssel erfolgt unter Verwendung der Profile aus dem 1D-Hydraulikmodell. Es gibt einen Abfluss-strang für die Düssel und einen für die Kleinen Düssel, welcher allerdings den Zusammenfluss in Gruiten-Dorf nicht abbildet.

Den ersten Schritt stellt eine Aktualisierung des Höhenbezugs der Profildaten des 1D-Modells dar. Die Originaldaten liegen im Höhenbezugssystem Deut-sches Haupthöhennetz 1992 (DHHN92), Höhenstatus 160 vor und sind auf den aktuell gültigen Referenzstandard DHHN2016, Höhenstatus 170 zu ak-tualisieren. Der lokale Modellunterschied nach Aktualisierung beträgt etwa +0,019 m (s. Abbildung 18).


 Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) Bundesrepublik Deutschland (AdV) <b>Höhentransformation DHHN92 nach DHHN2016</b> Berechnungsdatum: 07.09.2023 <a href="https://www.hoetra2016.nrw.de">https://www.hoetra2016.nrw.de</a>					
Punkt- kennzeichen	Ostwert [m]	Nordwert [m]	Höhe DHHN92 [m]	Modell- unterschied [m]	Höhe DHHN2016 [m]
	32363012	5676035	100	0.019	100.019

Abbildung 18: Höhentransformation DHHN92 zu DHHN2016, Ausschnitt PDF-Ausgabe [[www.hoetra2016.nrw.de](http://www.hoetra2016.nrw.de); Stand 07.09.2023]

Mittels einer Datenbankfunktion wird diese Höhendifferenz auf alle Profilmittel aufgeschlagen und somit die korrekte Höhenzuordnung erreicht.

Des Weiteren wird die Modellstrecke eingegrenzt. Einerseits ist der Fokus mit Blick auf mögliche Retentionsräume auf den Oberlauf gerichtet, andererseits wird eine ausreichende Unterlaufdistanz der Düssel gewählt, um die hydraulische Situation in Gruiten modelltechnisch ausreichend abzubilden.

Die Düssel wird zwischen km 23,47<sup>1</sup> (Mäanderauslauf Klärwerk, rund 900 m unterhalb Gruitens) und km 29,59 (oberhalb des nördlichen Bahndammes) zweidimensional abgebildet. Die Kleine Düssel wird auf ihrer Gesamtstrecke (innerhalb der vorhandenen Daten aus dem 1D-Hydraulikmodell) von km 0 (Mündung in die Düssel in Gruiten-Dorf) bis km 3,80 (oberstes 1D-Profil) abgebildet.

Die Flussschlaucherstellung erfolgt mit der Software Flussnetzgenerator V 2.0 [Nujic]. Für eine detaillierte Beschreibung wird auf die zugehörige Software-dokumentation verwiesen [4]. Das Programm erstellt auf Grundlage einer Verlaufslinie sowie Querprofilen einen dreidimensionalen Flussschlauch in Rechteckstruktur. Die Bauwerksprofile werden ausgespart, da durch freie

<sup>1</sup> Die hier und im Folgenden angegebene Stationierung entspricht nicht der GSK3e, sondern der Stationierung in der Original-Datenbank (km-Wert) des 1D-Hydraulikmodells.

Gewässerprofile zunächst eine hinreichende Abbildung der Anschlussstücke möglich ist. Die Aufbereitung der Bauwerke wird in Kapitel 4.3.3 erläutert.

Die ausgewählten Querprofile werden in folgenden Schritten aufbereitet:

1. Aktualisierung des Gewässerverlaufes anhand des DGM1 (ergibt DGM-Gewässerachse)
2. Kürzung der Profile auf Gewässerbreite (Böschungsoberkante (BOK bis BOK), sodass das Vorland nicht abgebildet ist
3. Kennzeichnen des tiefsten Sohlpunktes im Querprofil
4. Exportierung der Profildaten als GIS-Shape (Linien und Punkte)
5. Korrektur der Profillagen anhand des Verlaufs des tiefsten Punktes durch Verschiebung
6. Korrektur der Ausrichtung / Rotation der Querprofile anhand des lokalen Verlaufes der DGM-Gewässerachse und DGM

Abbildung 19 und Abbildung 20 zeigen die originale und angepasste Lage der Querprofile.

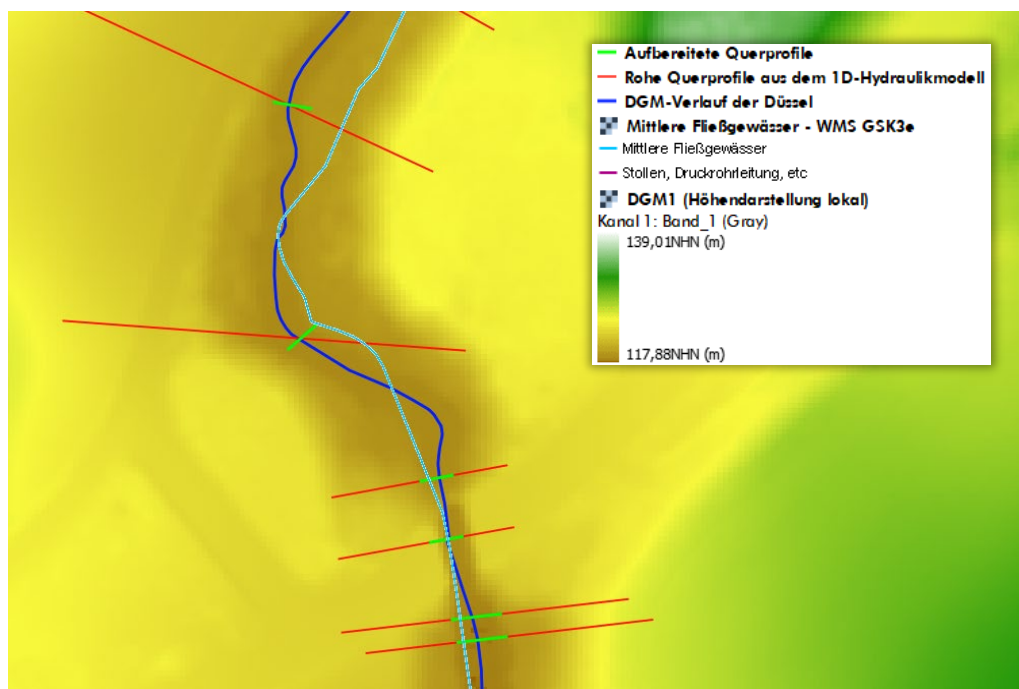


Abbildung 19: originale (rot) und anhand des DGM angepasste (grün) Querprofile, Draufsicht

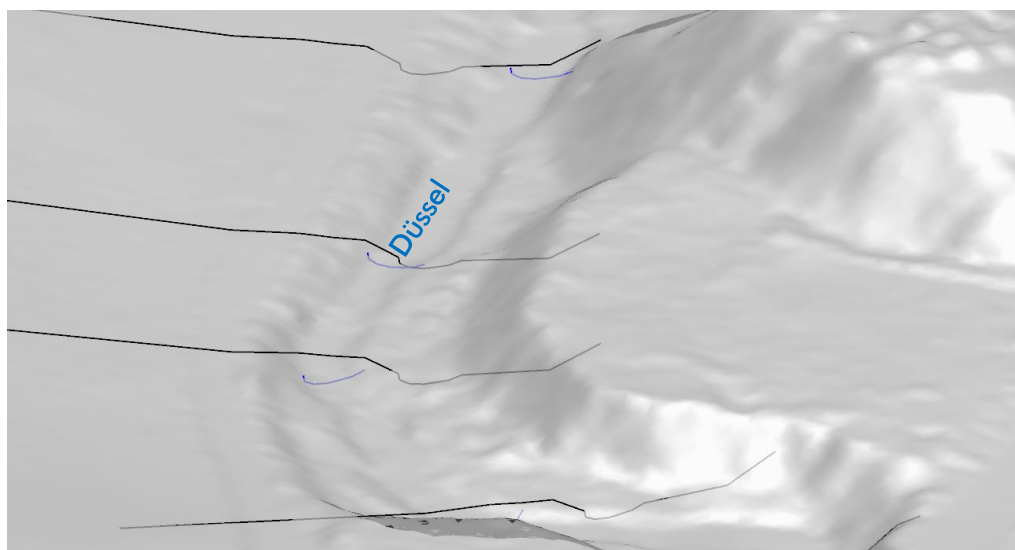


Abbildung 20: originale (schwarz) und anhand des DGM angepasste (blau) Querprofile, Schrägluftansicht

Mit der DGM-Gewässerachse sowie den Querprofilen werden mit dem Flussnetzgenerator die Netze der Düssel und Kleinen Düssel generiert (s. Abbildung 21).

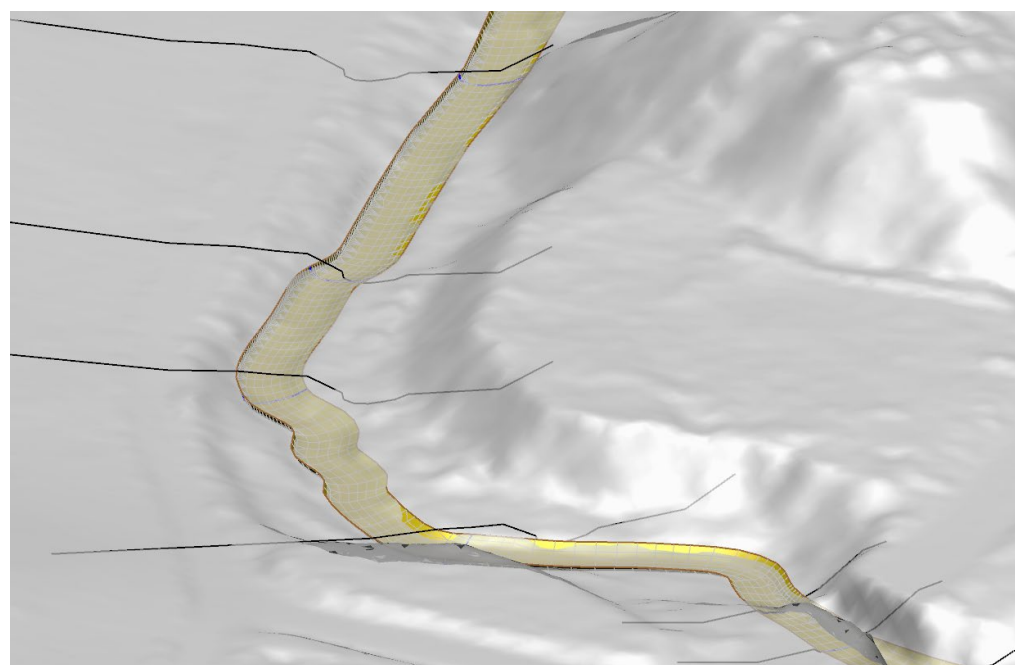


Abbildung 21: fertiges Flussnetz

### 4.3.2 Vorland

Durch die hohe Punktdichte des vorhandenen DGM werden auch kleinere Strukturveränderungen wie z. B. Straßen oder andere Bruchkanten nachgebildet. In Bereichen eines ebenen Geländes ist eine hohe Punktdichte allerdings nicht notwendig. Für die Berechnungen werden solche Bereiche mit der Software Laser-AS\_2D ohne Qualitätsverlust ausgedünnt [5].

Gebäude und Brückenwiderlager werden hierbei ausgeschnitten und stellen somit in der hydraulischen Berechnung inaktive, nicht durchflossene Bereiche dar. Für eine zusätzliche detailliertere Abbildung werden hydraulisch notwendige Bruchkanten lagegenau als Linien aufbereitet (s. Abbildung 22).

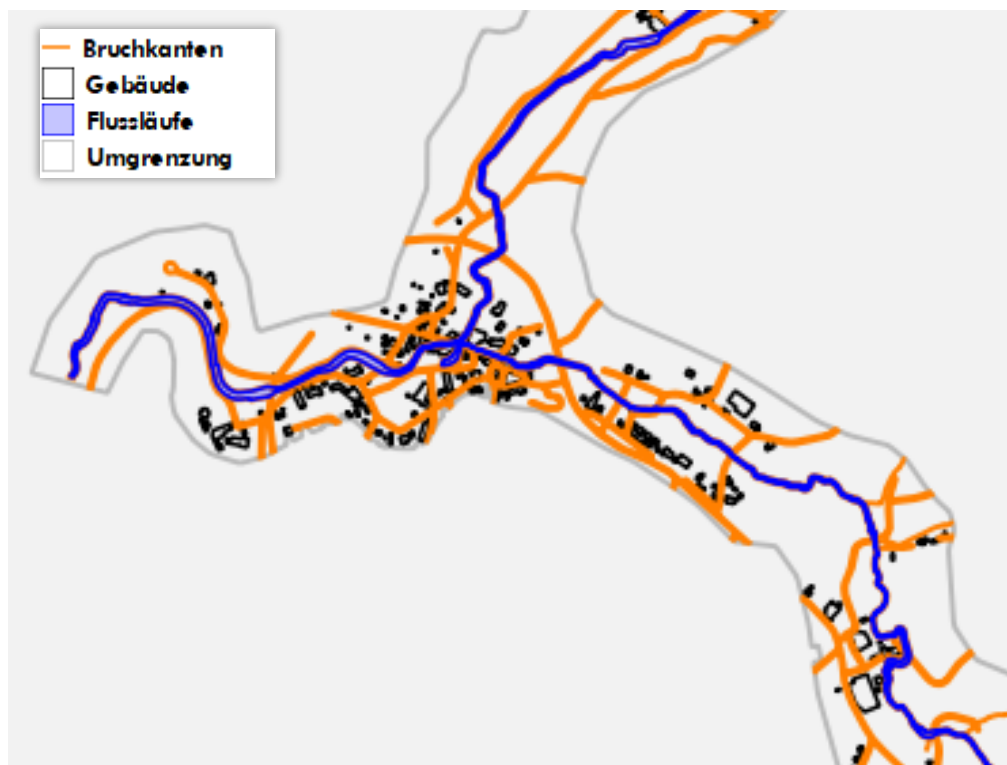


Abbildung 22: Eingangsdaten Laser\_AS

Die verwendeten Parameter für Laser\_AS sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Parameter Laser\_AS, Qualitätsstufe 2 (höhere Qualität)

Parameter	Wert
c (Rastergröße)	1.00
d	0.20
l	0.10
f	0.15
r	6.00
Remove-breaklines	4
L	„0.06 10; 0.06 40; 0.06 80; 0.12 160“
M	„0.02 5“
t	„-q25 -Y -a200“
optimize-nodes-radius	3.00

### 4.3.3 Berechnungsnetz

Die Teilnetze (s. Kapitel 4.3.1 und 4.3.2) werden zu einem vollständigen Berechnungsnetz zusammengefasst.

Das Berechnungsnetz wird einer Qualitätsprüfung mit programminternen Prüfroutinen (mesh quality, Check2dm) unterzogen. Die Qualität bezieht sich hierbei auf die für die Berechnung optimierte Netzgestaltung bzw. auf die fehlerfreie Integration und Definition von Modellelementen (z.B. Bauwerke, Zuläufe). Für die Programmroutine mesh quality werden die im Programmhandbuch (s. [2]) vorgeschlagenen Einstellungen gewählt (s. Abbildung 23).

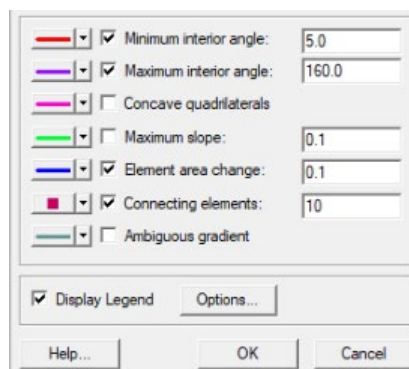


Abbildung 23: Parameter der Programmroutine mesh quality

Das zusammengefügte Berechnungsnetz besteht aus ca. 375.000 Elementen und deckt eine Fläche von ca. 2,14 km<sup>2</sup> ab.

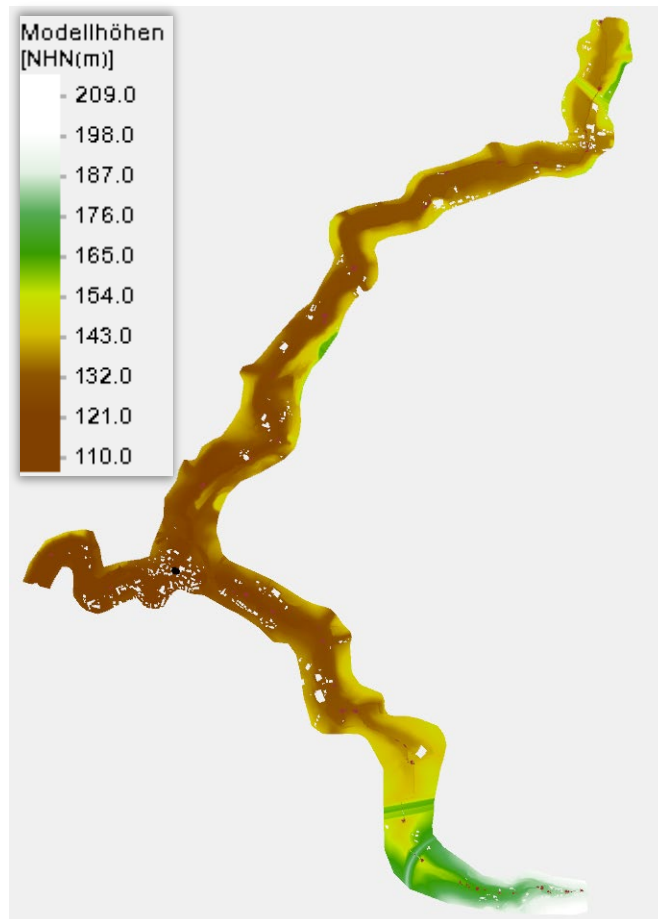


Abbildung 24: Gesamtnetz mit Höhenverhältnissen [NHN (m)]

Im späteren Verlauf der Bearbeitung werden Einzelpunkte im Bereich der Durchlässe in der Pastor-Vömel-Straße in Gruiten eingearbeitet (s. Abbildung 25). Insbesondere die Überströmhöhe der Straße und die Durchlassgeometrien werden hierdurch exakter abgebildet.

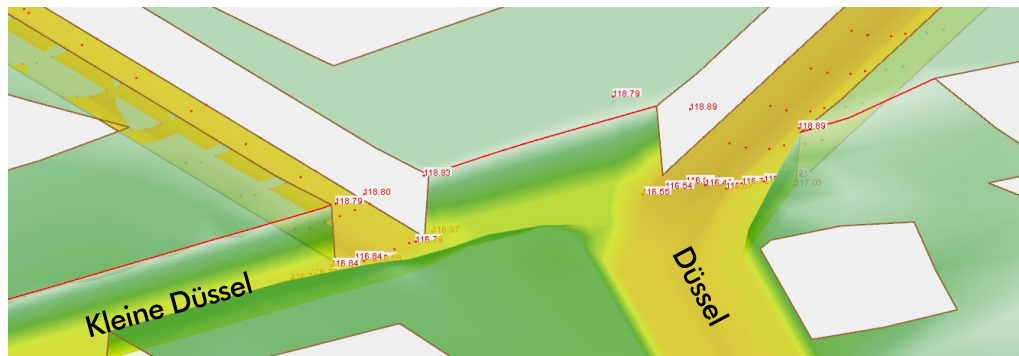


Abbildung 25: Einarbeitung von Einzelpunkten (rot) im Bereich der Durchlässe

#### 4.3.3.1 Querbauwerke

Bei Querbauwerken besteht grundsätzlich die Möglichkeit, ihre Abflussprozesse eindimensional oder zweidimensional abzubilden. Für weitere Informationen wird auf das Benutzerhandbuch [5] verwiesen.

Bei kleinen Durchlässen werden sogenannte 1D-Nodestrings definiert, welche zwischen je einem Netzknoten pro Durchlassportal (Zu- und Auslauf) einen Kreis- oder Rechteckdurchlass simulieren. Die entscheidenden Druckhöhen werden hierbei über die errechneten Wasserstände an den entsprechenden Portalknoten vorgegeben.

Größere Durchlässe und Brückenquerschnitte hingegen sind nach Möglichkeit zweidimensional abzubilden, da so Unregelmäßigkeiten des Fließquerschnittes an jeder Stelle abgebildet und nach den Flachwassergleichungen berücksichtigt werden können. Die Widerlager werden ausgeschnitten oder disable (=nicht abflusswirksam) gesetzt, um eine hydraulisch glatte, senkrechte Wand zu simulieren (beliebig hoch). Der Konstruktionkörper (z.B. die Brückenplatte, mit/ohne Sims...) wird anhand sogenannter Konstruktionsunter- (KUK) und -oberkanten (KOK) in seiner Dicke definiert. Die KUK-Knotenrandbedingungen geben dabei für jeden belegten Knoten die Höhe vor, ab welcher ein Druckabfluss herrscht. Ist damit zu rechnen, dass ein Bauwerk nicht nur durch-, sondern auch überströmt wird, können ebenfalls 1D-Nodestrings definiert werden, welche segmentiert durch die Netzstruktur einen



eindimensionalen Wehrüberfall über das Brückenbauwerk simulieren.

Sohlschwellen, Gleiten und Wehre können über möglichst grundrissechte Anhebung der Sohlknotenhöhen, Anpassung der Sohlrauheiten sowie Verteilung vorgenannter Bauwerksrandbedingungen abgebildet werden.

Die entsprechenden Daten zu den Bauwerken finden sich überwiegend im 1D-Hydraulikmodell. Bei der Aktualisierung fließen allerdings aufgrund besserer Aktualität auch Daten aus dem GIS-Bauwerkskataster des BRW mit ein. Teilweise bestehen hier für die Berechnung relevante Unterschiede in den Dimensionen, von denen nach Vergleich der Werte die plausibleren Annahmen getroffen wurden (bspw. anhand der resultierenden Konstruktionsdicken). Je nach Datenlage sowie Dimensionierung werden beide Möglichkeiten der Bauwerksabbildung im 2D-Modell angewandt.

#### 4.3.3.2 Durchlässe in Gruiten

In Gruiten befinden sich die beiden Durchlässe der Gewässer in der Pastor-Vömel-Straße. Diese werden zweidimensional abgebildet. Die Querschnittsgeometrien gemäß der aktuellen Vermessungsdaten sind in Abbildung 26 und Abbildung 27 dargestellt.

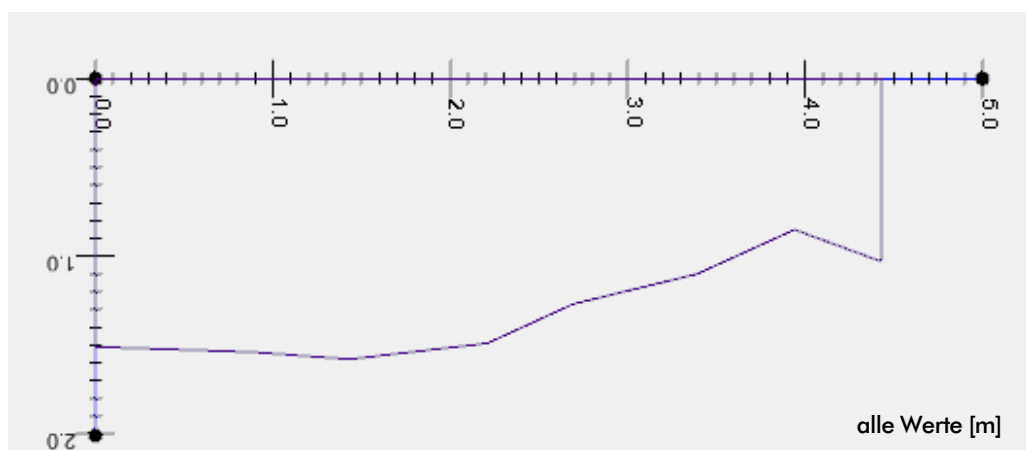


Abbildung 26: Düssel: 2D-Querschnitt aus Vermessung Düssel

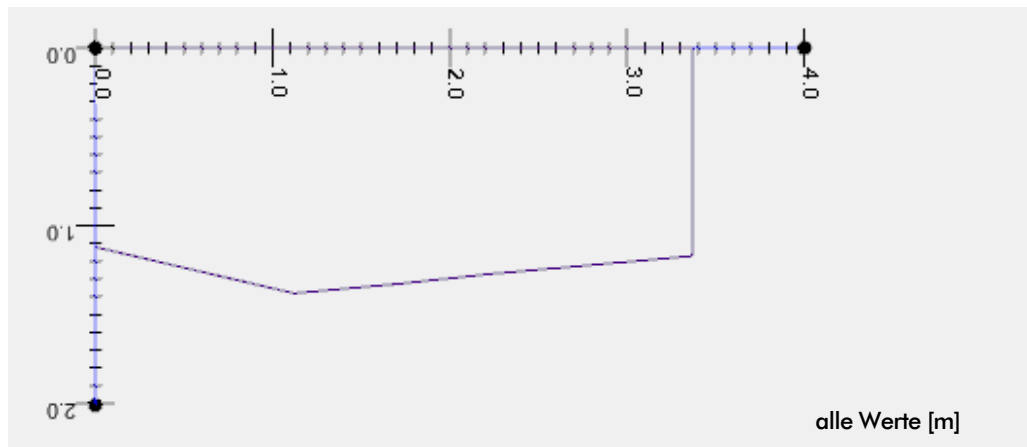


Abbildung 27: Kleine Düssel: 2D-Querschnitt aus Vermessung

#### 4.3.3.3 Pegel

Der Pegel Düssel/Gruiten liegt unmittelbar oberhalb der Brücke in der Straße Am Steinbruch (s. Kapitel 3.3.1). Der Pegel ist in die Flügelemente des Brückenbauwerks eingelassen und hat einen Betriebssteg, dessen ca. 0,5 m voneinander entfernten, unten ca. 0,4 m ausragenden U-Profilträger ab einem Wasserstand von 1,30 m über Pegelnullpunkt (PNP(m)) in den Wasserspiegel reichen. In etwa ab 1,70 PNP(m) wird dann der ca. 0,2 m dick konstruierte Laufsteg eingestaut. Die Sohle setzt sich hier aus Schotter und plattigem Gestein zusammen.

Das Pegelprofil ist im 1D-Modell nicht explizit als solches erwähnt. Das direkte Oberwasserprofil der Brücke ist ein Interpolationsprofil des übernächsten Profils, welches ein Vermessungsprofil ist (gem. Datenquelle sind die Vermessungsdaten des Hydraulikmodells aus den Jahren „[...] (Vermessung) 07/1999 – 06/2000[...]“<sup>2</sup>. In Abbildung 28 sind diese Profile dargestellt. Mit diesen Profilen wird der Pegelbereich im 2D-Modell nachgebildet.

<sup>2</sup> Quelldokument Hydraulikdatenbank: „20221018\_Duessel\_kleine\_Duessel\_mdb\_Quellen.docx“

29595 (km 24,82194) km 29+867

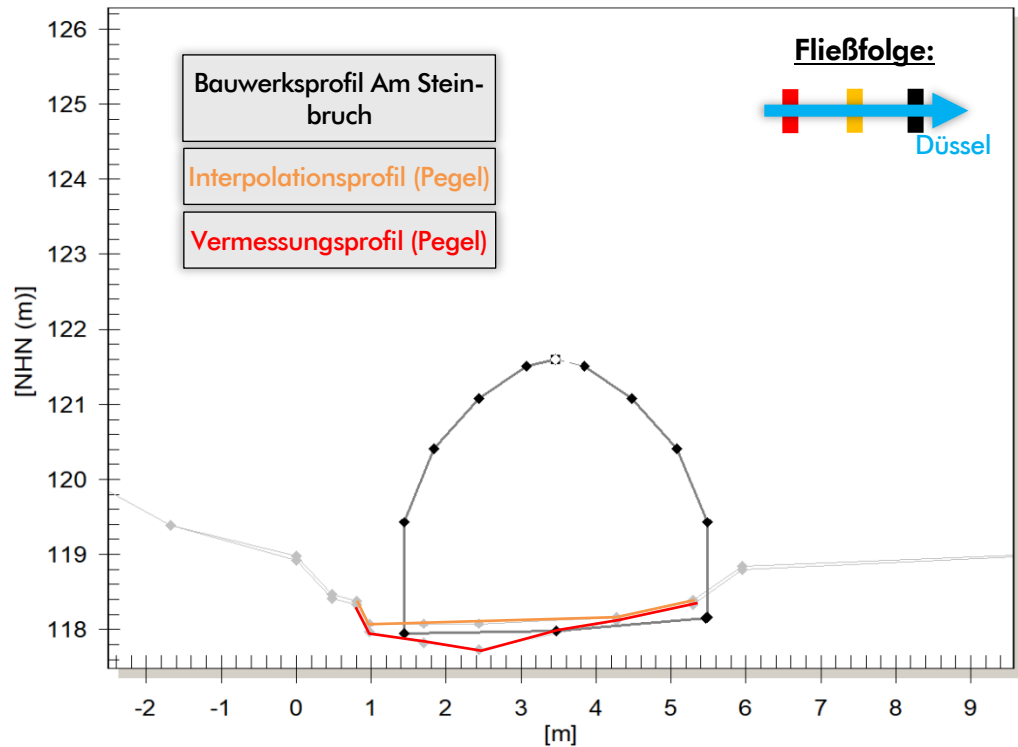


Abbildung 28: 1D-Hydraulikmodellprofile im Bereich Pegel Düssel/Gruiten; OW-Vermessungsprofil (rot), OW-Interpolationsprofil (gelb) und UW-Bauwerksprofil (schwarz)

In Abbildung 29 ist der Pegelbereich im 2D-Modell dargestellt. Aus technischen Gründen ist der als graue Balken dargestellte Betriebssteg des Pegels in der finalen Auswertung nicht berücksichtigt. Für die Auswertung werden ein sogenanntes Kontrollprofil (zur Bestimmung des Durchflusses) und ein Pegelpunkt (zur Dokumentation des Wasserspiegels) im Pegelquerschnitt definiert.

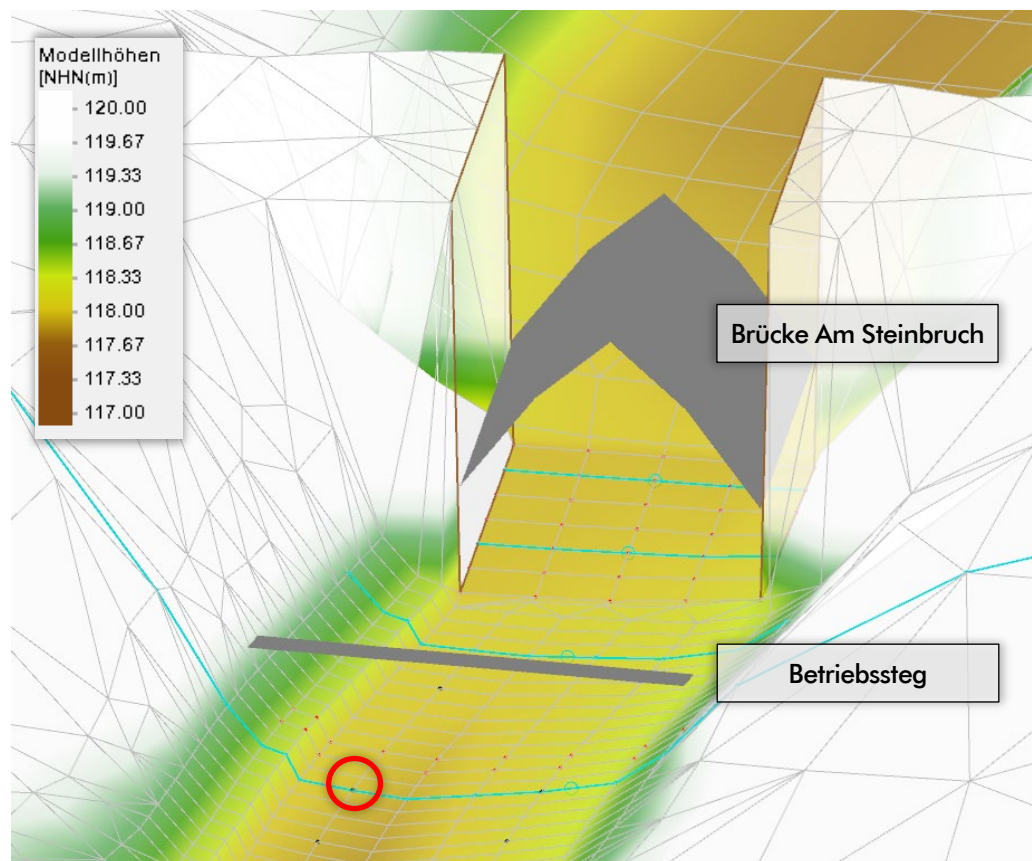


Abbildung 29: Pegelabbildung im 2D-Modell (türkis: Kontrollquerschnitte; schwarz: Pegelpunkte)

#### 4.3.4 Randbedingungen

In Abbildung 30 sind die nachfolgend definierten Randbedingungen verortet:

- ❑ magentafarbene Linien: Netzrand 2D-Hydraulikmodell
- ❑ rote Punkte: Einspeisung Abflüsse aus Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM)
- ❑ schwarze Linien: Teilgebiete Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM)

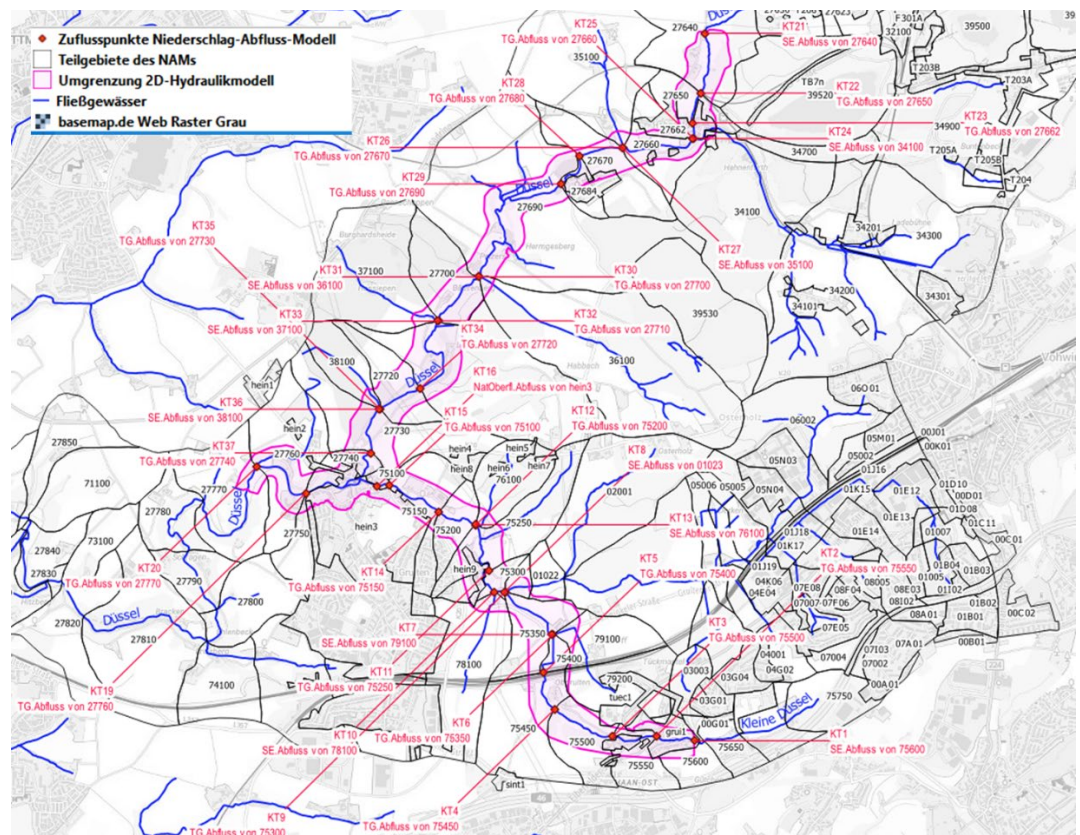


Abbildung 30: Verortung der Randbedingungen (orange: NAM, blau: 2D-Modell)

In Tabelle 4 ist die Zuordnung der Teilgebiete aus dem Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM) zu den Knoten im 2D-Hydraulikmodell sowie der jeweils auftretende Scheitelwert im Lastfall  $HQ_{100}$  dargestellt. Die Ermittlung der Abflüsse wird in Kapitel 5 erläutert.

Tabelle 4: Zuordnung der Ganglinien aus dem NAM und Zuflüsse<sup>3</sup>

Gewässer	Knoten des 2D-Hydraulikmodells	Herkunft Abfluss Bezeichnung im NAM	HQ <sub>10</sub> -Scheitelwert [m <sup>3</sup> /s]	HQ <sub>20</sub> -Scheitelwert [m <sup>3</sup> /s]	HQ <sub>30</sub> -Scheitelwert [m <sup>3</sup> /s]	HQ <sub>50</sub> -Scheitelwert [m <sup>3</sup> /s]	HQ <sub>100</sub> -Scheitelwert [m <sup>3</sup> /s]
Kleine Düssel	KT_1	75600; SE.Abfluss	1,042	1,274	1,412	1,583	1,816
Kleine Düssel	KT_2	75550; TG.Abfluss	0,242	0,301	0,336	0,379	0,439
Kleine Düssel	KT_3	75500; TG.Abfluss	0,225	0,288	0,325	0,372	0,436
Kleine Düssel	KT_4	75450; TG.Abfluss	0,400	0,496	0,552	0,622	0,718
Kleine Düssel	KT_5	75400; TG.Abfluss	0,086	0,107	0,120	0,135	0,156
Kleine Düssel	KT_6	75350; TG.Abfluss	0,248	0,306	0,340	0,382	0,437
Kleine Düssel	KT_7	79100; SE.Abfluss	0,818	0,971	1,062	1,177	1,372
Kleine Düssel	KT_8	01023; SE.Abfluss	1,470	1,643	1,690	2,665	4,896
Kleine Düssel	KT_9	75300; TG.Abfluss	0,115	0,145	0,163	0,186	0,216
Kleine Düssel	KT_10	78100; SE.Abfluss	0,357	0,444	0,497	0,561	0,645
Kleine Düssel	KT_11	75250; TG.Abfluss	0,215	0,289	0,332	0,386	0,459
Kleine Düssel	KT_12	75200; TG.Abfluss	0,163	0,204	0,228	0,258	0,299
Kleine Düssel	KT_13	76100; SE.Abfluss	0,124	0,181	0,215	0,256	0,313
Kleine Düssel	KT_14	75150; TG.Abfluss	0,225	0,286	0,323	0,367	0,428
Kleine Düssel	KT_15	75100; TG.Abfluss	0,052	0,064	0,071	0,080	0,092
Kleine Düssel	KT_16	hein3;NatOberfl.Abfluss	0,233	0,303	0,345	0,396	0,466

<sup>3</sup> Hinweis: Die Modellknoten KT 17 und KT\_18 sind nicht vorhanden, hier besteht eine Lücke in der Nummerierung

Düssel	KT_19	27760; TG.Abfluss	0,337	0,409	0,460	0,522	0,606
Düssel	KT_20	27770; TG.Abfluss	0,269	0,357	0,409	0,473	0,560
Düssel	KT_21	27640; SE.Abfluss	7,102	8,596	9,468	10,53	12,01
Düssel	KT_22	27650; TG.Abfluss	0,127	0,159	0,179	0,202	0,233
Düssel	KT_23	27662; TG.Abfluss	0,090	0,115	0,130	0,148	0,172
Düssel	KT_24	34100; SE.Abfluss	2,908	3,416	3,715	4,080	4,525
Düssel	KT_25	27660; TG.Abfluss	0,134	0,170	0,192	0,218	0,253
Düssel	KT_26	27670; TG.Abfluss	0,155	0,197	0,222	0,253	0,294
Düssel	KT_27	35100; SE.Abfluss	0,459	0,554	0,612	0,681	0,777
Düssel	KT_28	27680; TG.Abfluss	0,066	0,083	0,093	0,106	0,122
Düssel	KT_29	27690; TG.Abfluss	0,590	0,728	0,811	0,913	1,050
Düssel	KT_30	27700; TG.Abfluss	0,164	0,205	0,227	0,255	0,293
Düssel	KT_31	36100; SE.Abfluss	0,439	0,570	0,648	0,744	0,866
Düssel	KT_32	27710; TG.Abfluss	0,328	0,419	0,473	0,536	0,619
Düssel	KT_33	37100; SE.Abfluss	0,333	0,405	0,448	0,501	0,573
Düssel	KT_34	27720; TG.Abfluss	0,151	0,194	0,217	0,245	0,283
Düssel	KT_35	27730; TG.Abfluss	0,238	0,299	0,334	0,377	0,435
Düssel	KT_36	38100; SE.Abfluss	0,110	0,140	0,158	0,180	0,210
Düssel	KT_37	27740; TG.Abfluss	0,065	0,082	0,092	0,104	0,121

Die Simulationszeit wird auf eine Gesamtdauer von 172.800 s (2 d) gesetzt. Dadurch kann eine HQ<sub>100</sub>-Ganglinie komplett durchlaufen (vgl. Abbildung 36). Das Netz ist zu Beginn der Berechnung leer, d.h. ohne Vorfüllung.

#### 4.3.5 Rauheitsansatz

Für eine genaue Wiedergabe der örtlichen Gegebenheiten werden den einzelnen Elementen Rauheiten zugewiesen. Die Rauheiten werden anhand der übergebenen Fotodokumentation, Luftbildern und vorliegenden ATKIS-Daten zugewiesen (s. Abbildung 31).

Die Zuordnung erfolgt als Strickler-Beiwert  $k_{St}$  [ $m^{1/3}/s$ ]. Der  $k_{St}$ -Wert setzt sich aus der Rauheitswirkung von Sohle, Ufer und Bewuchs zusammen und stellt eine Mischrauheit dar. Die Bestimmung des Widerstandbeiwertes erfolgt

über die Manning-Strickler-Formel. Bei den im Modell angewendeten 2D-Flachwassergleichungen wird der hydraulische Radius  $r$  gleich der Wassertiefe  $h$  gesetzt.

In Tabelle 5 sind die angesetzten Rauheiten aufgeführt.

Tabelle 5: Rauheitsvergabe

Kategorie	Bezeichnung	Wert
Fließgerinne	Düssel, Sohle_Dussel	21 m <sup>1/3</sup> /s
	Düssel, Bsg_Dussel	16 m <sup>1/3</sup> /s
	Kleine Düssel, Sohle_KIDussel	25 m <sup>1/3</sup> /s
	Kleine Düssel, Bsg_KIDussel	17 m <sup>1/3</sup> /s
	Ufermauern, Bsg_Waende	40 m <sup>1/3</sup> /s
	Betonschwelle, Sohle_Schwelle	40 m <sup>1/3</sup> /s
	Rauhe Gleite, Sohle_Steinschüttung	12 m <sup>1/3</sup> /s
Vorland	Stehendes Gewässer	30 m <sup>1/3</sup> /s
	Wald	10 m <sup>1/3</sup> /s
	Gehoez	10 m <sup>1/3</sup> /s
	Ackerland	15 m <sup>1/3</sup> /s
	Gruenland	20 m <sup>1/3</sup> /s
	Gewerbegebiet	12 m <sup>1/3</sup> /s
	Sonstige Siedlungsflaeche	12 m <sup>1/3</sup> /s
	Bebauung (Häuser ausgeschnitten)	16 m <sup>1/3</sup> /s
	Siedlungsfreiflaeche	16 m <sup>1/3</sup> /s
	Verkehrsflaeche	40 m <sup>1/3</sup> /s



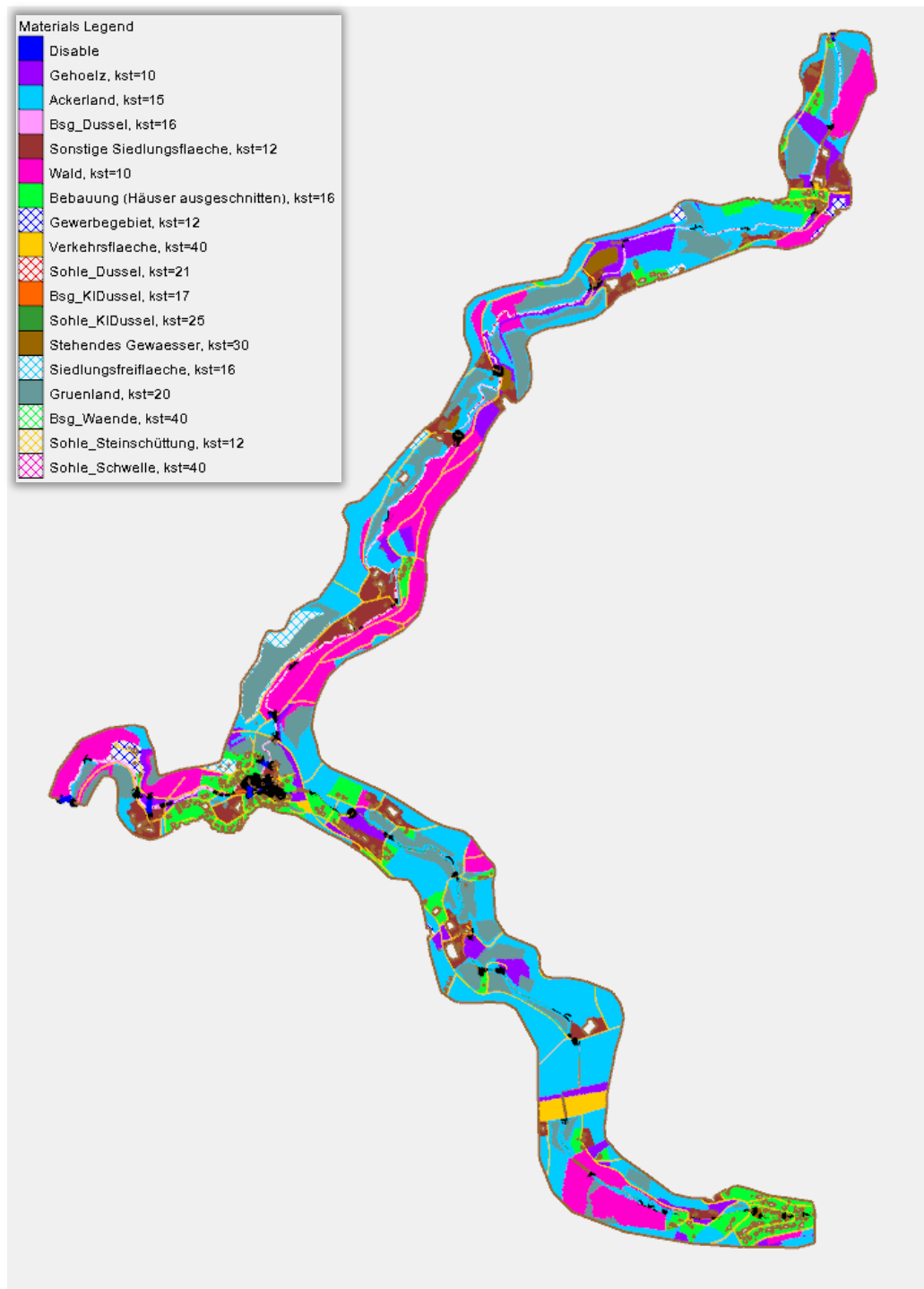


Abbildung 31: Materialbelegung im 2D-Modell

## 4.4 Kalibrierung und Plausibilisierung

Im Modellbereich befindet sich der Pegel Gruiten/Düssel (s. Kapitel 3.3.1). Seitens des BRW wird für diesen die aktuelle W/Q-Beziehung ( $W/Q_{BRW}$ ) tabellarisch bereitgestellt.

Über Abflussstufen mit einer Schrittweite von  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  (mit ausreichender Dauer für lokale Stationarität am Pegel) werden die korrespondierenden 2D-Modellwasserspiegel berechnet. Diese werden am Modell-Pegelpunkt (s. Kapitel 4.4, Abbildung 29) ausgewertet und mit der offiziellen W/Q-Beziehung verglichen (s. Abbildung 32).

Es werden 5 Kalibrierungsläufe durchgeführt:

- Testlauf
- Rauheiten angepasst, konstant
- Rauheiten angepasst, konstant, Pegelgeometrie verfeinert
- Rauheiten angepasst, tiefenabhängig
- Rauheiten angepasst, konstant

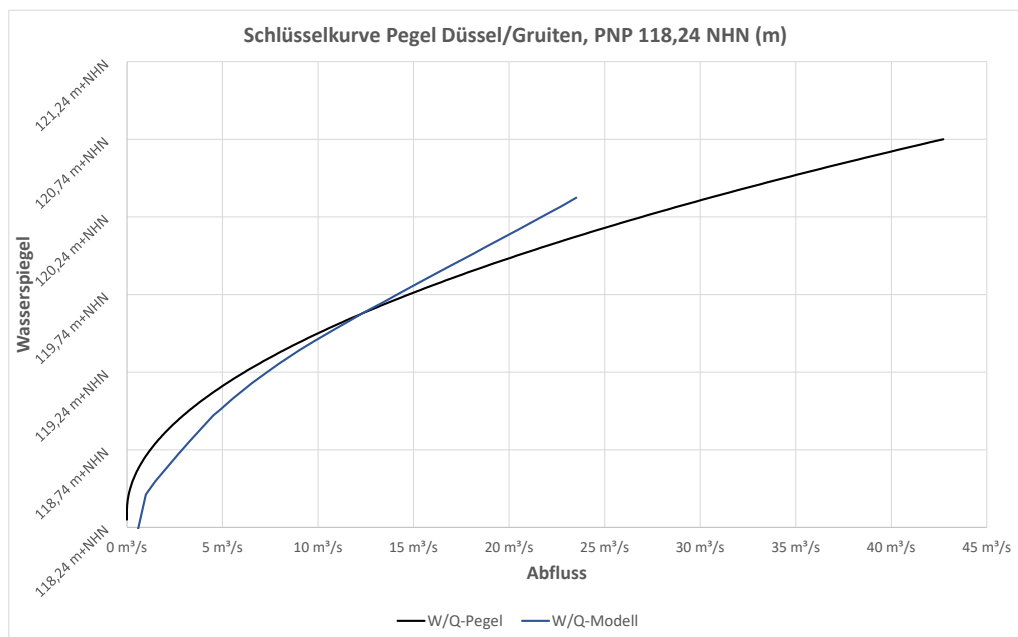


Abbildung 32: W/Q-Beziehung am Pegel

Demnach ist das 2D-Modell im unteren Abflussbereich zu leistungsstark.

Für die Ermittlung von Retentionsräumen an der Düssel sowie einer Einschätzung zur Wirkung dieser sowie lokaler Schutzmaßnahmen in Gruiten-Dorf zeigt die Kalibrierung hinreichend genaue Ergebnisse, da im mittleren bis hohen Abflussbereich eine gute Übereinstimmung vorliegt.

Das Modell ist daher für die gegebene Fragestellung geeignet.

## 5 Niederschlag-Abfluss-Modell (NAM)

---

Um die Abflüsse für die Einsteuerung in das Hydraulikmodell zu bestimmen, wurde das bestehende Niederschlag-Abfluss-Modell *NAM Obere Düssel*, das vom BRW bereitgestellt wurde, verwendet. Das Modell wurde hinsichtlich des geplanten Erschließungsgebietes *Ludgerweg* in Wuppertal Vohwinkel aktualisiert, blieb ansonsten jedoch inhaltlich unverändert. Zum Erschließungsgebiet *Ludgerweg* lag ein wasserrechtlicher Erlaubnis Antrag für die Einleitung von Regenwasser in die Kleine Düssel vor [1].

Die diesbezügliche Aktualisierung des NAM betrifft das Teilgebiet 75700. Dieses Teilgebiet wurde entsprechend der im wasserrechtlichen Antrag beschriebenen Fläche in ein bebautes Teilgebiet (75700bb) und in das weiterhin nicht bebaute Teilgebiet (75700nb) unterteilt (s. Abbildung 33).

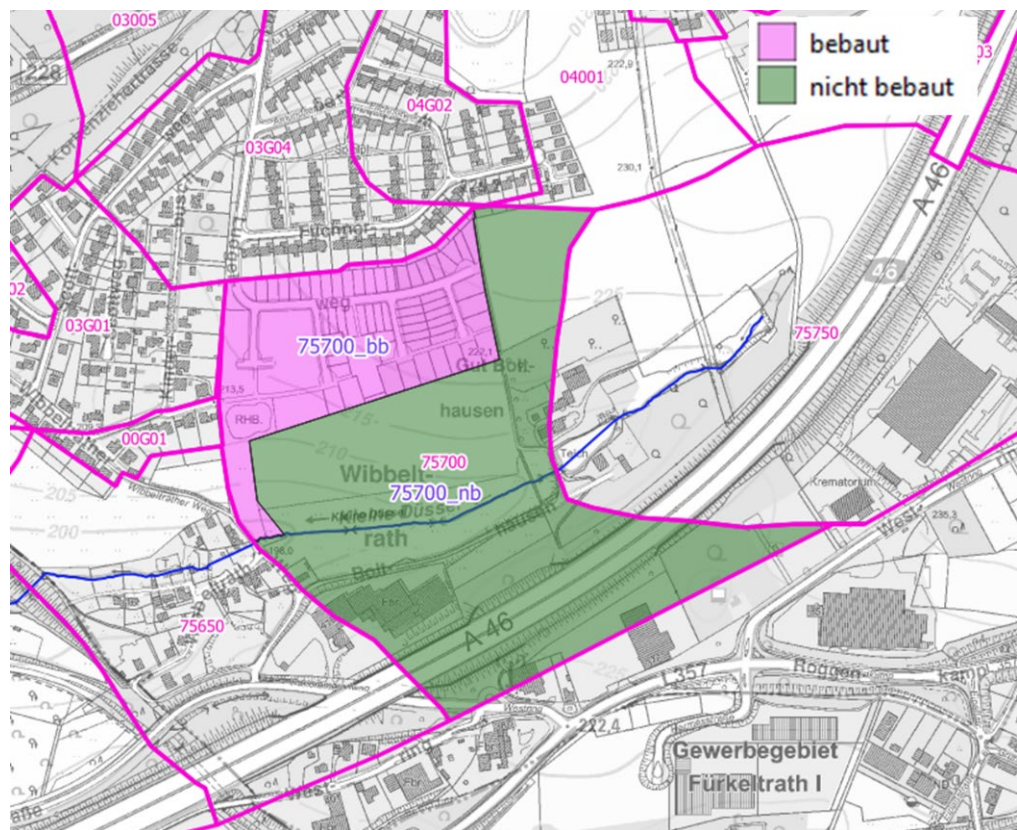


Abbildung 33: Unterteiltes Teilgebiet 75700

Für das bebaute Teilgebiet wurde der prognostizierte Versiegelungsgrad aus dem wasserrechtlichen Antrag angesetzt. Da für die geplante Einleitung aus dem bebauten Teilgebiet ein Regenrückhaltebecken (RRB) geplant ist, wurde im NAM ein Speicherelement (RRB\_Ludgerweg) implementiert, für das die entsprechenden Vorgaben zu Volumen und Drosselabgabe bzw. Überlauf aus dem wasserrechtlichen Antrag gesetzt wurden. Das RRB Ludgerweg ist auf ein 100-jährliches Ereignis bemessen. Die diesbezüglich veränderte Fließlogik im NAM zeigen Abbildung 35 und Abbildung 35.

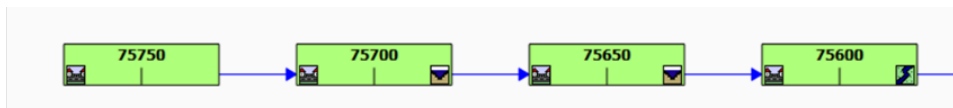


Abbildung 34: Fließlogik Erschließungsgebiet Ludgerweg originaler Zustand

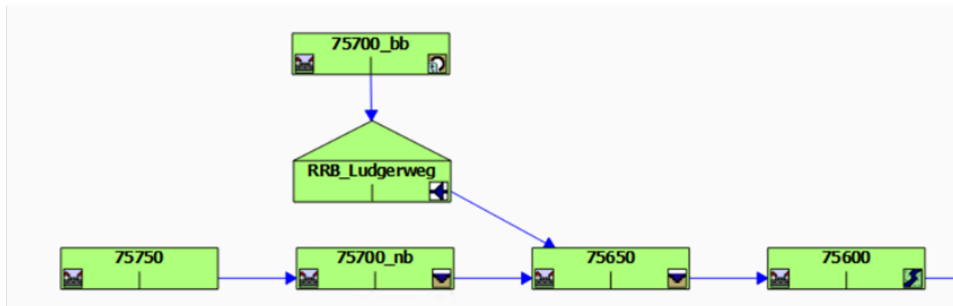


Abbildung 35: Fließlogik Erschließungsgebiet Ludgerweg aktualisierter Zustand

Als weitere Veränderungen des übergebenen NAM wurden einzelne Modellknoten in Form von Dummy-Elementen eingefügt, um die Auswertung der Abflüsse an den für die hiesige Untersuchung relevanten Stellen im Einzugsgebiet und die Bereitstellung von Abflussganglinien für das Hydraulikmodell an den definierten Gebietsauslässen bereitstellen zu können. Abbildung 30 (Seite 37) gibt einen Überblick über die Teilgebiete des NAM und die Gebietsauslässe, an denen Abflussganglinien für die Einsteuerung in das 2D-Hydraulikmodell ausgegeben wurden.

#### 5.1.1.1 Niederschlag

Als Belastungsniederschlag für das Abflussszenario  $HQ_{100}$  wurde im NAM die Niederschlagshöhe verwendet, wie sie in KOSTRA-DWD-2010R für das Untersuchungsgebiet (Kachel Spalte 10, Zeile 53) für ein Wiederkehrintervall von  $T = 100$  Jahren und einer Dauerstufe  $D = 60$  Minuten angegeben ist:  $h_N = 50,9$  mm. Die Dauerstufe von 60 Minuten liefert an den Gebietsauslässen der Teilgebiete oberhalb von Gruiten-Dorf die größten Abflussscheitelwerte.

Als zeitliche Verteilung der Niederschläge wurde für den Modellregen der Typ DVWK vorgegeben.

### 5.1.1.2 Berechnete Abflüsse für HQ<sub>100</sub>

Die Ergebnisausgabe der Berechnung im aufgestellten NAM erfolgt in Form von Abflussganglinien an den Stützstellen der Gebietsauslässe. Die Gebietsauslässe befinden sich an den Schnittpunkten der unterstromigen Außen- grenzen eines Teilgebietes mit dem Gewässer (s. Abbildung 30). Die Gebiets- auslässe sind hinsichtlich ihrer Lagekoordinaten in einer Datei beschrieben, sodass an diesen Stellen die Einsteuerung der Abflussganglinien in das Hydra- ulikmodell erfolgen kann. Die in das 2D-Hydraulikmodell eingesteuerten Ganglinien sind in Abbildung 36 dargestellt. Die Scheitelwerte der an den Modellknoten des 2D-Hydraulikmodells eingesteuerten Abflussganglinien für HQ<sub>100</sub> sind in Tabelle 4 gelistet.

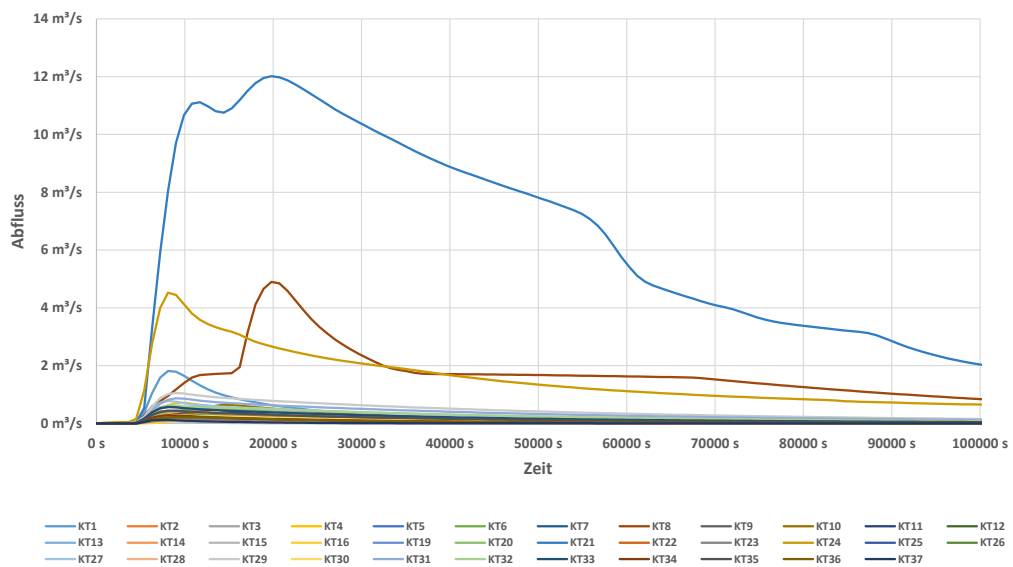


Abbildung 36: Abflussganglinien des NAM Lastfall HQ<sub>100</sub>

### 5.1.1.3 Berechnete Abflüsse für Ermittlung der Schadenshöhen

Für die Ermittlung der Schadenshöhen bei Hochwasserabflüssen mit gerin- geren Jährlichkeiten wurden zusätzlich zum o.g. HQ<sub>100</sub> Abflüsse für HQ<sub>10</sub>,

HQ<sub>20</sub>, HQ<sub>30</sub> und HQ<sub>50</sub> mit dem NAM berechnet und für die Einsteuerung in das 2D-Hydraulikmodell bereitgestellt (s. Kapitel 8.2). Die Scheitelwerte der an den Modellknoten des 2D-Hydraulikmodells eingesteuerten Abflussganglinien für HQ<sub>10</sub>, HQ<sub>20</sub>, HQ<sub>30</sub> und HQ<sub>50</sub> sind in Tabelle 4 aufgeführt.

## 6 Hochwassersituation Bestand

### 6.1 Lastfall HQ<sub>100</sub>

#### 6.1.1 Zuflussganglinien Gruiten

Die hydraulische, instationäre 2D-Berechnung unter Verwendung der Zuflüsse aus dem NAM resultiert in den Abflussganglinien für die Düssel (Scheitel: 17,70 m<sup>3</sup>/s) und Kleine Düssel (Scheitel: 8,92 m<sup>3</sup>/s) am Ortseingang in Gruiten-Dorf (s. Abbildung 37). Der zeitlich korrekte Spitzenabfluss der Kleinen Düssel beträgt 6,34 m<sup>3</sup>/s, für weitere Betrachtungen auf der sicheren Seite liegend wird jedoch der größte Einzelscheitel der Hochwasserwelle (8,92 m<sup>3</sup>/s) betrachtet.

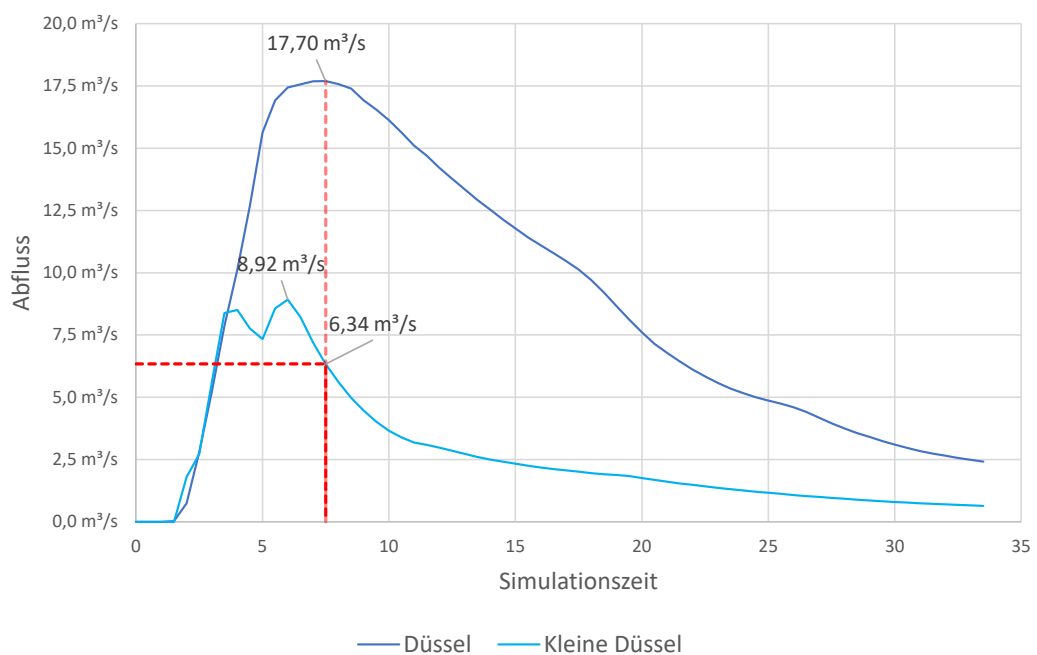


Abbildung 37: Zuflussganglinien in Gruiten-Dorf (oberhalb Pastor-Vömel-Straße)

Ab Ereignisbeginn beträgt die Wellenanstiegszeit in etwa 7 h für die Düssel sowie ca. 3 h für die Kleine Düssel.

### 6.1.2 Überschwemmungsflächen, -tiefen und -geschwindigkeiten

In Abbildung 38 und Abbildung 39 werden exemplarisch die Überschwemmungsflächen aus dem 2D-Modell mit dem vorliegenden gesetzlichen Überschwemmungsgebiet (auf Grundlage des 1D-Modells) verglichen. Die Flächen stellen jeweils den Lastfall HQ<sub>100</sub> dar. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass ein grundsätzlicher Vergleich aufgrund der unterschiedlichen Berechnungsansätze zwischen 1D- und 2D-Modell nicht möglich ist. Zudem sind durch die o.g. Aktualisierung des NAM Änderungen in den zu Grunde liegenden Abflüssen vorhanden. Ein solcher Vergleich zeigt aber Tendenzen und weist ggf. auf Unstimmigkeiten in der Modellierung hin und eignet sich zur Einordnung.

An der Düssel sind die 2D-Flächen i.d.R. größer als die amtlich ausgewiesenen Gebiete (s. beispielhaft Abbildung 38). An der Kleinen Düssel zeigt sich hier ein gemischtes Verhältnis der beiden Flächen zueinander. In einigen Abschnitten ist dort die 2D-Berechnung größer, in anderen Bereichen sind es die Flächen des 1D-Modells (s. beispielhaft Abbildung 39). Grundsätzlich sind die Flächen aber ähnlich in ihren Grenzen. Dies liegt am deutlichen Relief der jeweiligen Aue, wodurch es selbst bei höheren Wasserständen nur zu vergleichsweise gering Änderungen in der Flächenausdehnung kommt.



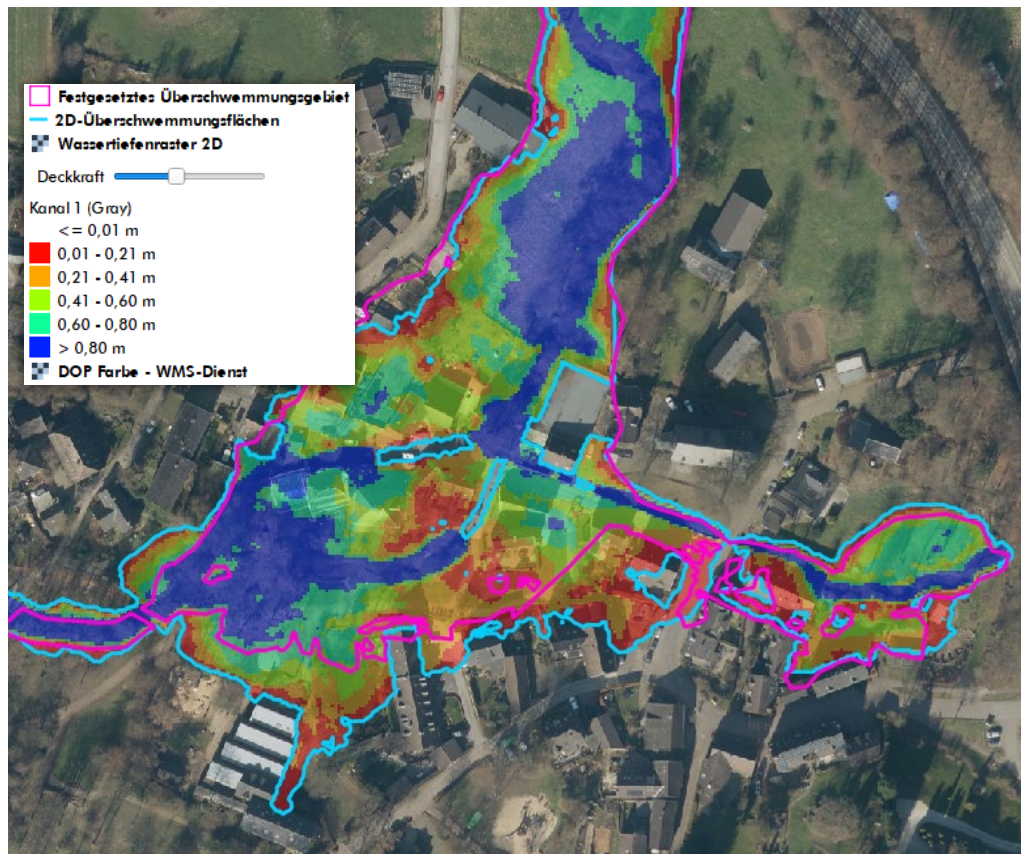


Abbildung 38: Vergleich Überschwemmungsgrenzen HQ<sub>100</sub> Gruiten-Dorf (2D: hellbau; 1D: pink)

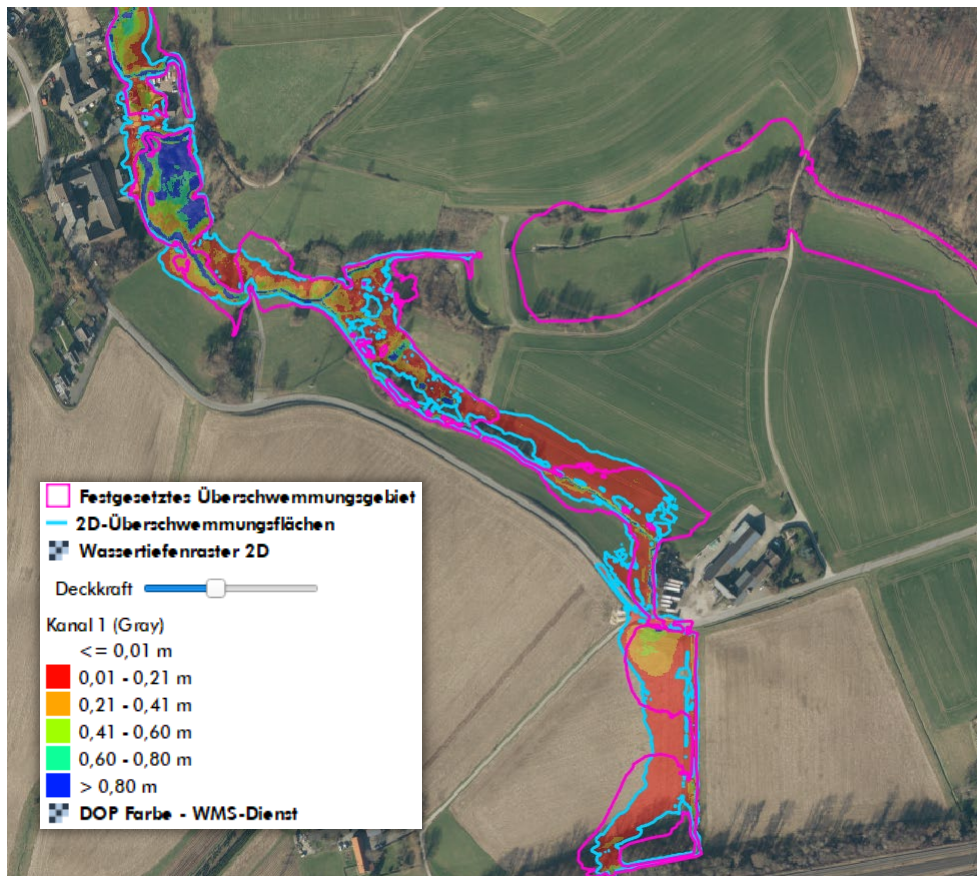


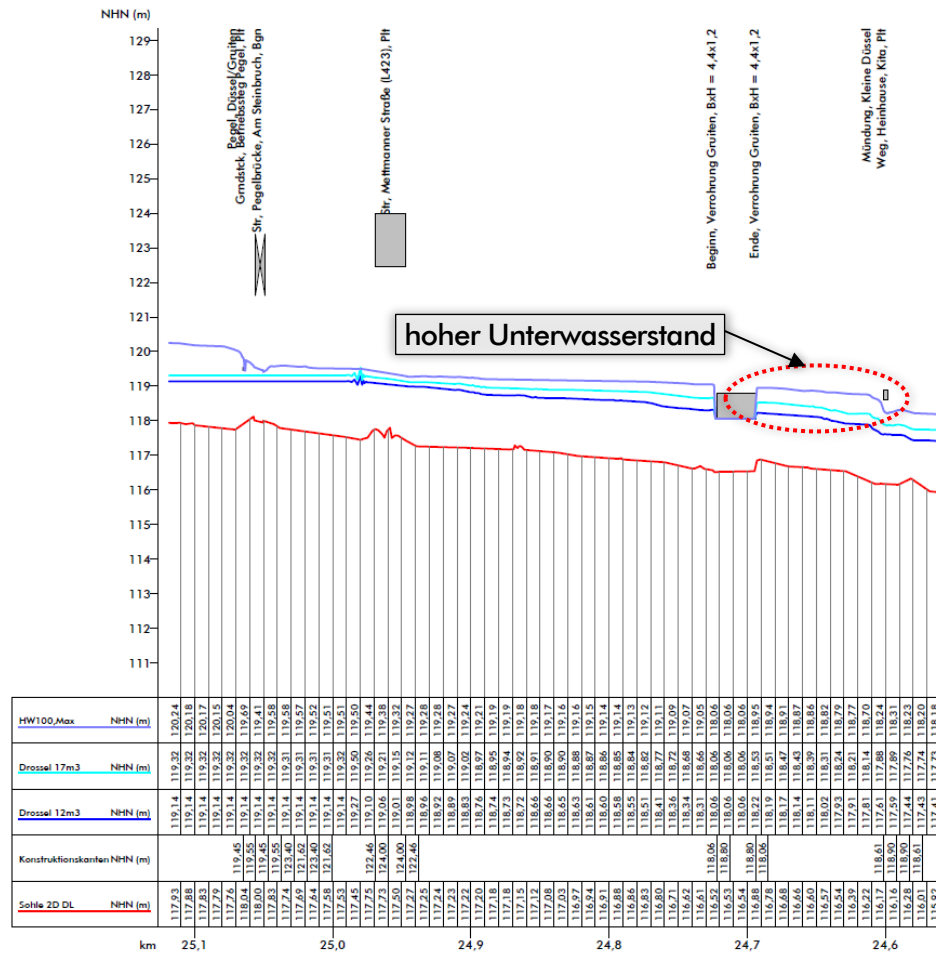
Abbildung 39: Vergleich Überschwemmungsgrenzen HQ<sub>100</sub> Kleine Düssel Km 1,10-2,40 (2D: hellbau; 1D: pink)

In Gruiten-Dorf (s. Abbildung 38) zeigen sich eher größere Flächen bei der aktuellen Berechnung. Die Pastor-Vömel-Straße wird bei einem HQ<sub>100</sub> mit Wassertiefen bis ca. 0,6 m überströmt, was mit Wassertiefen in den Gewässerbettläufen von ca. 2,40 m (Düssel) m und 2,00 m (Kleine Düssel) korrespondiert. Die Fließgeschwindigkeiten im Düsselbett liegen dabei bei maximal 1,25 – 1,5 m/s, wohingegen die Kleine Düssel vergleichsweise schnell mit über 2 m/s hinzuströmt. Die Fließgeschwindigkeiten in den Durchlässen liegen bei maximal um die 1,75 m/s (Düssel) und 1,9 m/s (Kleine Düssel).

Alle berechneten Überschwemmungsflächen in Gruiten-Dorf sind in Anlage 2 dargestellt.

### 6.1.3 Wasserspiegellagen

Abbildung 40 und Abbildung 41 zeigen den Wasserspiegellängsschnitt für den Lastfall HQ<sub>100</sub> der Düssel bzw. der Kleinen Düssel in Gruiten-Dorf.



Auffällig ist jeweils der sich einstellende hohe Wasserstand im Unterwasser der Durchlässe. Hierdurch wird die Leistungsfähigkeit des jeweiligen Durchlasses negativ beeinflusst.

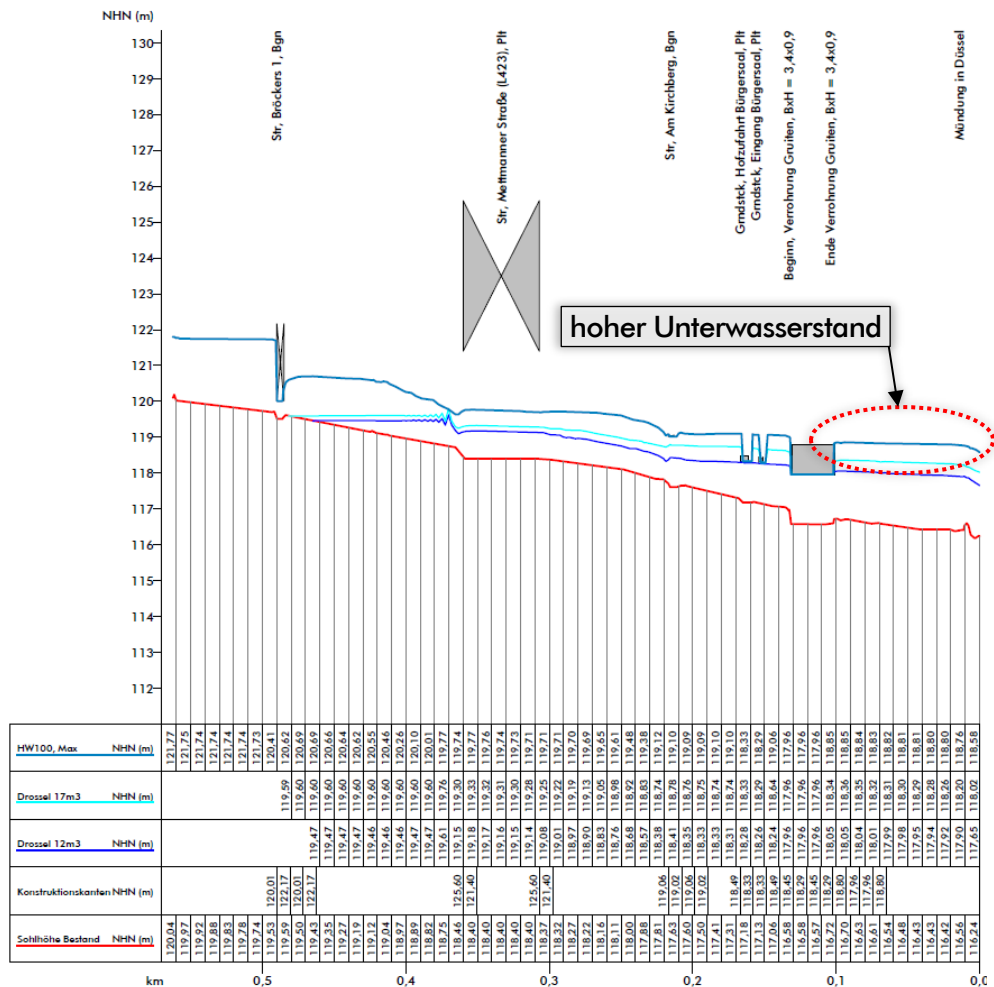


Abbildung 41: Wasserspiegellängsschnitt HW<sub>100</sub> Kleine Düssel in Gruiten-Dorf<sup>4</sup>

## 6.2 Hochwasserabflüsse in Gruiten-Dorf

Für die Berechnung der auftretenden Schäden im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung (s. Kapitel 8.2) sind Abflüsse für häufigere Jährlichkeiten erforderlich. In Tabelle 6 sind die Abflüsse in Gruiten-Dorf für die berechneten Jährlichkeiten dargestellt. Es handelt sich hierbei um die maximal auftretenden Abflüsse der instationären Berechnungen (nicht um eine Summation der

Abflussscheitel).

Tabelle 6: statistische Hochwasserabflüsse in Gruiten-Dorf (ermittelt über das 2D-Modell)

	Düssel [m <sup>3</sup> /s]	Kleine Düssel [m <sup>3</sup> /s]	Summe [m <sup>3</sup> /s]
HQ <sub>10</sub>	10,49	3,38	13,88
HQ <sub>20</sub>	12,55	4,11	16,66
HQ <sub>30</sub>	13,83	4,47	18,30
HQ <sub>50</sub>	15,43	5,45	20,88
HQ <sub>100</sub>	17,70	6,34 <sup>5</sup>	24,04

## 6.3 Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit entspricht dem Abfluss, der schadlos den Ortsdurchgang von Gruiten-Dorf durchfließen kann. Maßgebend sind dabei die kritischsten Bereiche, an denen das Gewässer zuerst über die Ufer tritt und zu Schäden an Objekten führt.

Dazu wird zunächst die maßgebende Einlaufhöhe ermittelt. Anschließend wird die Leistungsfähigkeit durch einen Vergleich der auftretenden Wasserstände mit der maßgebenden Einlaufhöhe bestimmt.

### 6.3.1 Einlaufhöhen

In Gruiten-Dorf werden (zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit; s. Kapitel 6.3) die Einlaufhöhen der in Gewässernähe liegenden Objekte mittels GPS-Vermessung aufgenommen (Lage der ausgemessenen Punkte s. Anlage 2). Dazu wird pro Objektfassadenabschnitt die tiefste (Einlauf-)Höhe ausgewertet (bspw. Fenster und Tür unmittelbar nebeneinander -> nur Tür). In Abbildung 42 sind die vermessenen Höhen und die drei tiefsten Einlaufhöhen

<sup>5</sup> Für die weiteren Betrachtungen wird auf der sicheren Seite liegend der größte Einzelscheitel der Hochwasserwelle (8,92 m<sup>3</sup>/s) betrachtet (s. Kapitel 6.1.1).

1. Fenster mit Einlaufhöhe 117,87 NHN (m)
2. Tür mit Einlaufhöhe: 118,21 NHN (m)
3. Tür mit Einlaufhöhe 118,25 NHN (m)

dargestellt.



Abbildung 42: Vermessung Einlaufhöhen mit den drei tiefsten Einlaufhöhen und Überschwemmungsfläche  $HQ_{10}$

Für die Ermittlung der Leistungsfähigkeit ist die dritt-tiefste Höhe maßgebend, da diese Höhe von einer Ausuferung als erste erreicht wird (s. Abbildung 42). Die anderen Höhen werden erst bei entsprechend höheren (=selteneren) Hochwasserereignissen überflutet.

### 6.3.2 Schadloze Leistungsfähigkeit

Die Ermittlung der Leistungsfähigkeit erfolgt i.d.R. mit Einspeisung von gestaffelten Abflüssen in das 2D-Modell. Da im vorliegenden Fall der Zufluss aus zwei Gewässersystemen (Düffel und Kleine Düffel) erfolgt, ist eine Annahme zu treffen, in welchem Verhältnis der Zufluss erfolgt. Dieses wird

vereinfacht anhand der Scheitelproportionen der  $HQ_{100}$ -Wellen (vgl. Kapitel 6.1.1) in Gruiten-Dorf definiert. Sie ergeben sich zu

- Gesamtzufluss, summiert aus (100%)
  - Düssel-Zufluss (66%)
  - Kleine Düssel-Zufluss (33%).

Es gilt zu beachten, dass sich die Hochwasserwellen auch in Abhängigkeit der Niederschlagsverteilung über dem Einzugsgebiet entwickeln. Ein anderes Verhältnis ist daher in der Realität auch möglich.

Für eine vollständige Schadensfreiheit gemäß der maßgebenden Einlaufhöhe (s. Kapitel 6.1.2) liegt der zulässige Gesamtzufluss bei ungefähr

- $Q_{\text{Drossel,Gewässer,Ges}}$  12,00 m<sup>3</sup>/s
  - $Q_{\text{Drossel,Gewässer,Dü}}$  7,98 m<sup>3</sup>/s
  - $Q_{\text{Drossel,Gewässer,KleiDü}}$  4,02 m<sup>3</sup>/s.

Bei diesem Gesamtzufluss zeigen sich zwar kleine Ausuferungen an der Fassade zur maßgebenden Einlaufhöhe, der Wasserspiegel liegt allerdings ca. 0,02 m tiefer. Weitere kleine Ausuferungen zeigen sich bei diesem Abfluss lokal oberhalb der Durchlässe sowie in der Grünfläche im Oberlauf der Düssel (s. Abbildung 43). Eine Betroffenheit ist dort nicht vorhanden. Die Kleine Düssel bleibt ohne Ausuferungen.

Vergleicht man den Gesamtabflusswert mit den statistischen auftretenden Abflüssen (s. Tabelle 6) ergibt sich eine statistische Jährlichkeit von häufiger als 10 Jahren. Entsprechende (Schadens-)Ereignisse sind mit dieser Häufigkeit in Gruiten-Dorf nicht aufgetreten. Letztendlich handelt es sich um einen Wert, der auf Basis statistischer Regenereignisse (vgl. Kapitel 5.1.1.1) modellhaft ermittelt wird und nicht auf Basis tatsächlich abgelaufener Ereignisse beruht.



Abbildung 43: Wassertiefen in Gruiten-Dorf bei  $Q_{\text{Drossel}} = 12 \text{ m}^3/\text{s}$

Um die jeweiligen „schadlosen“ Abflussmengen an der Düssel bzw. der Kleinen Düssel zu erzielen, werden

- für die Düssel ein Rückhaltevolumen von ca. 325.000 m<sup>3</sup> (s. Abbildung 44) und
- für die kleine Düssel ein Rückhaltevolumen von 71.000 m<sup>3</sup> (s. Abbildung 45)

benötigt. Das Rückhaltevolumen (jeweils die gelbe Fläche in den nachfolgenden Abbildungen) ergibt sich dabei durch Aufsummierung des Abflussvolumens zwischen der tatsächlichen Abflussganglinie und der erforderlichen Drosselwassermenge.



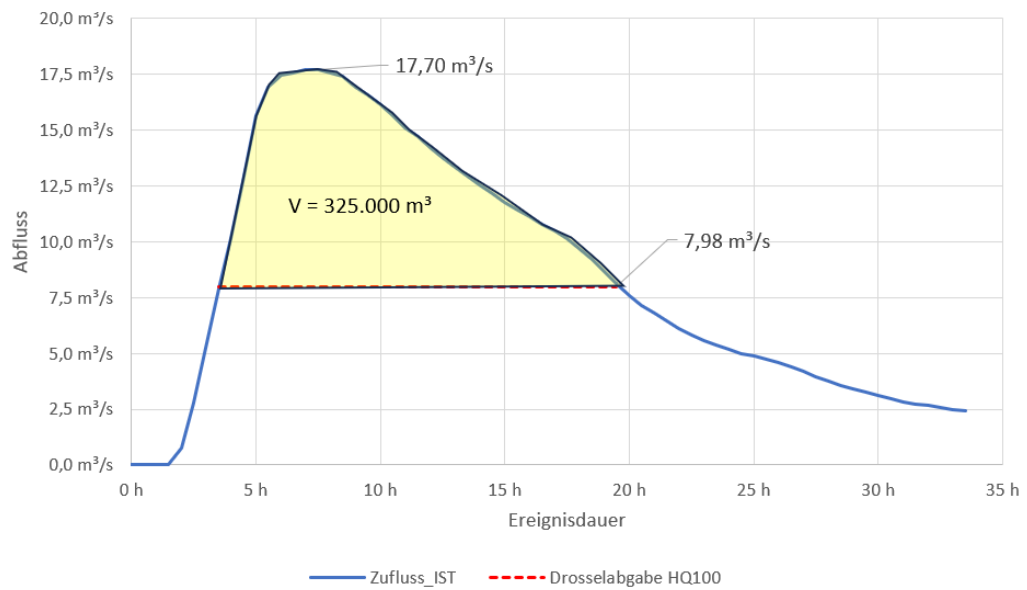


Abbildung 44: erforderliches Rückhaltevolumen Düssel für Schadensfreiheit in Gruiten-Dorf

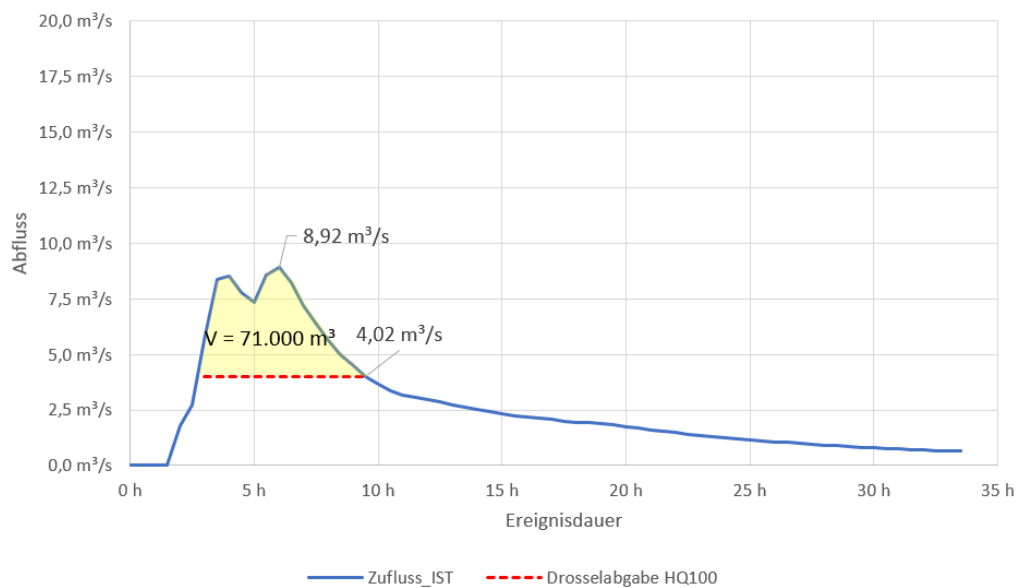


Abbildung 45: erforderliches Rückhaltevolumen Kleine Düssel für Schadensfreiheit in Gruiten-Dorf

### 6.3.3 Leistungsfähigkeit bei Inkaufnahme geringer Einstauhöhen

In Hinblick auf eine realistischere Umsetzung von Rückhaltemöglichkeiten

(=kleinere Becken) für das Bemessungsereignis  $HQ_{100}$  (s. Kapitel 7.1) wird unter Inkaufnahme geringer Einstauhöhen ein höherer Gesamtzufluss „zugelassen“. Den verbleibenden Gefährdungen müsste mit entsprechenden (Objektschutz-)Maßnahmen begegnet werden.

Mit gestaffelten Abflüssen im Verhältnis 2/3 (Düssel) zu 1/3 (Kleine Düssel) (vgl. Kapitel 6.3.2) wird in verschiedenen Rechenläufen ein entsprechender Abflusszustand ermittelt, der den o.g. Anforderungen genügt. Dieser ergibt sich zu:

□ $Q_{Drossel,Gewässer,Ges}$	17,00 m <sup>3</sup> /s
○ $Q_{Drossel,Gewässer,Dü}$	11,30 m <sup>3</sup> /s
○ $Q_{Drossel,Gewässer,KleiDü}$	5,70 m <sup>3</sup> /s.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 46 dargestellt. In Tabelle 7 sind die resultierenden Einstautiefen an den Gebäuden aufgeführt.

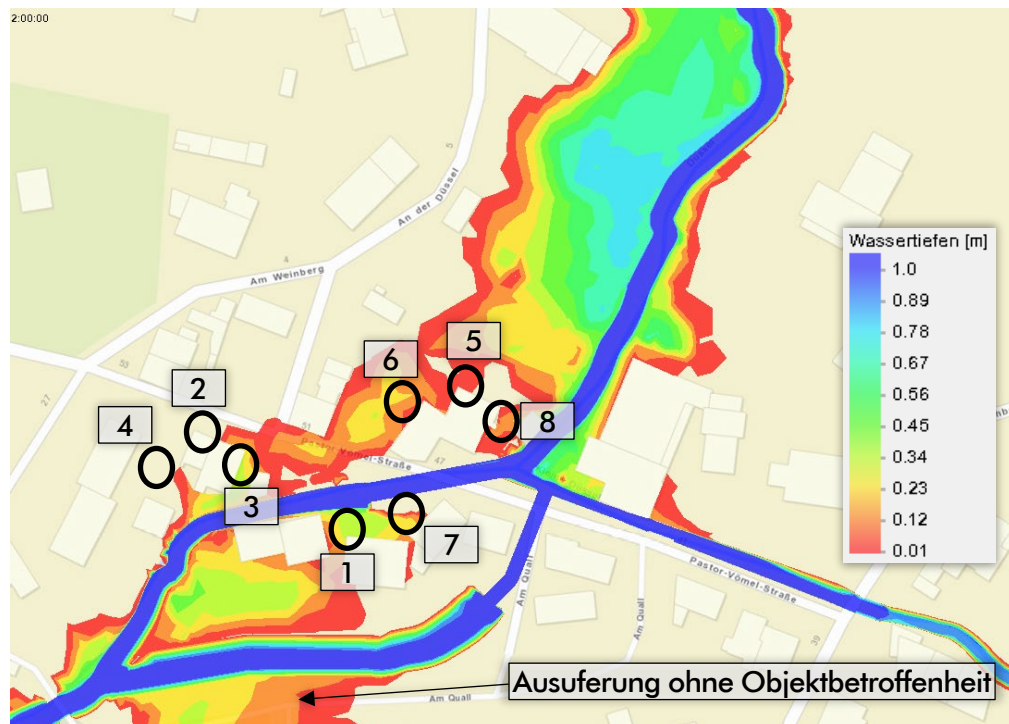


Abbildung 46: Wassertiefen in Gruiten-Dorf bei  $Q_{Drossel} = 17 \text{ m}^3/\text{s}$

Tabelle 7: Einstautiefen in Gruiten-Dorf bei  $Q_{\text{Drossel}} = 17 \text{ m}^3/\text{s}$ 

betreffenes Objekt gemäß Ziffer in Abbildung 46	Einstautiefe [m]
1	0,28
2	0,27
3	0,19
4	0,15
5	0,12
6	0,12
7	0,11
8	0,09

Vergleicht man den Gesamtabflusswert von  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  mit den statistischen auftretenden Abflüssen (s. Tabelle 6) ergibt sich eine statistische Jährlichkeit von ca. 20-25 Jahren.

Um die jeweiligen o.a. „schadlosen“ Abflussmengen zu erzielen, werden

- für die Düssel ein Rückhaltevolumen von ca.  $158.000 \text{ m}^3$  (s. Abbildung 47) und
- für die kleine Düssel ein Rückhaltevolumen von  $36.000 \text{ m}^3$  (s. Abbildung 48)

benötigt.

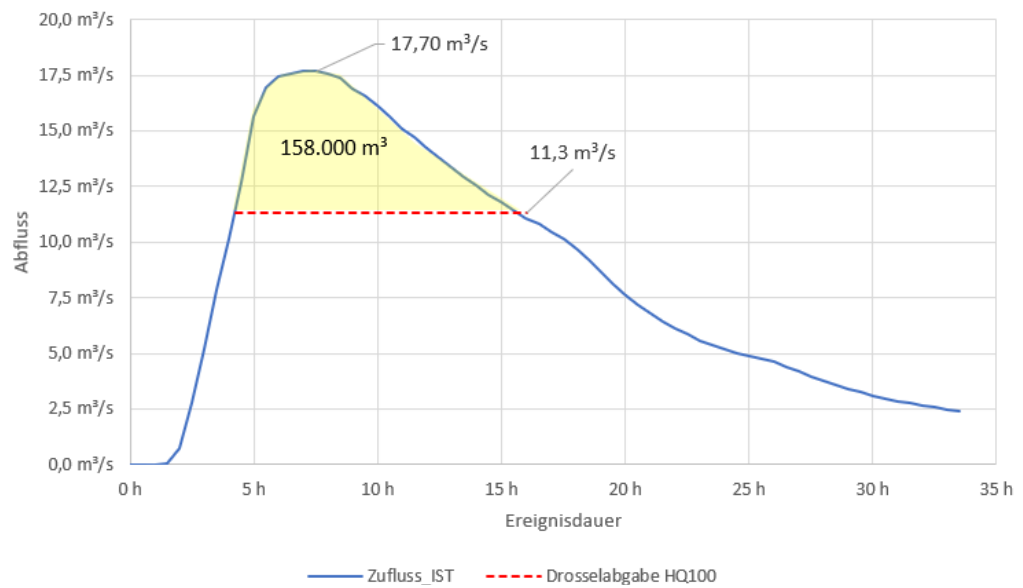


Abbildung 47: erforderliches Rückhaltevolumen Düssel bei Inkaufnahme geringer Einstauhöhen in Gruiten-Dorf

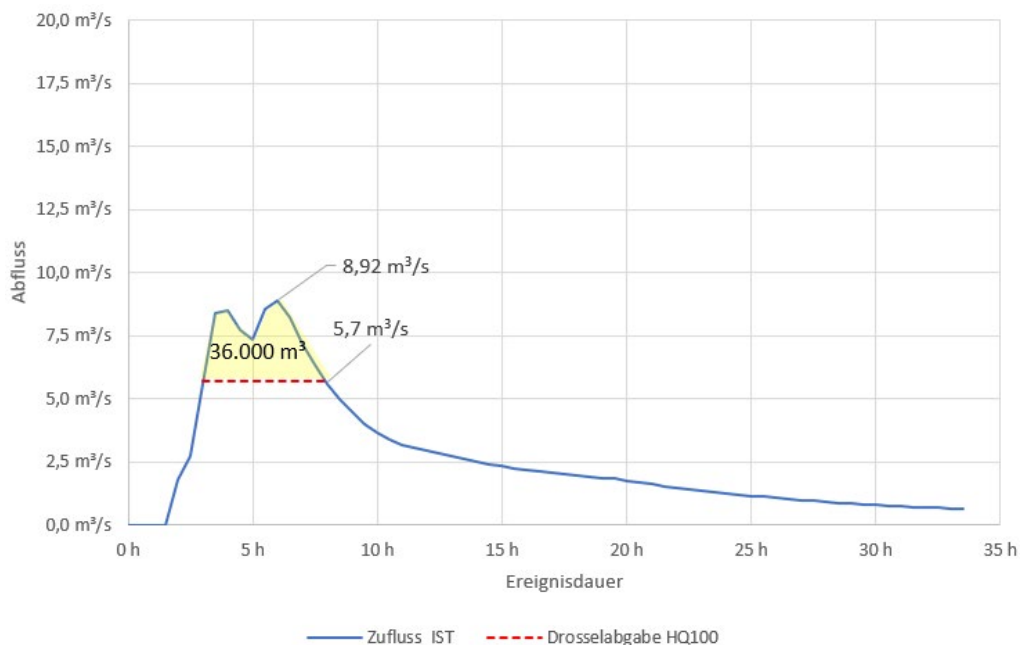


Abbildung 48: erforderliches Rückhaltevolumen Kleine Düssel bei Inkaufnahme geringer Einstauhöhen in Gruiten-Dorf

## 6.4 Betrachtung verschiedener Aspekte in Bezug auf die Hochwassersituation in Gruiten

### 6.4.1 NSG/FFH-Gebiet Neandertal

Unterhalb der Ortslage Gruiten-Dorf befindet sich in einer Entfernung von ca. 350 m das Naturschutzgebiet (NSG) und Flora-Fauna-Habitat (FFH) Neandertal (s. Abbildung 49).

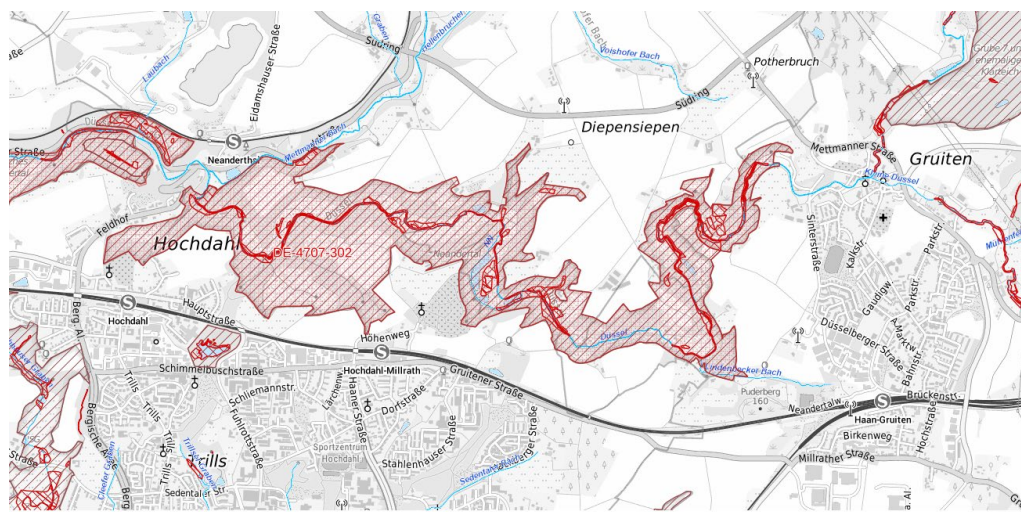


Abbildung 49: Naturschutz- und FFH-Gebiet „Neandertal“ unterhalb der Ortslage Gruiten-Dorf [www.elwasweb.nrw.de; abgerufen am 15.03.2024]

Aus ökologischen Gründen ist es wünschenswert und das Ziel, dass das Gewässer und die Aue in diesem Bereich nicht beeinträchtigt werden. Das Entwicklungsziel des FFH-Gebietes ist entsprechend definiert: „Das Entwicklungsziel ist die Erhaltung und Optimierung eines naturnahen Laubwald-Bachtalkomplexes (...) Darüber hinaus ist eine naturnahe Waldbewirtschaftung (u.a. dynamisches Altholzkonzept) und eine extensive Grünlandnutzung durchzuführen.“

Dies bedeutet, dass u.a. umfallende Gehölze, die in das Gewässer fallen, nicht entfernt werden. Dementsprechend kommt es auch zu erhöhten,

wünschenswerten Totholzeinträgen im Gewässer. Eine Unterhaltung im Sinne einer Entnahme dieser Gehölze erfolgt nur im Einzelfall (z.B. zur Verkehrssicherung). Der Abschnitt der Düssel zwischen der Ortslage Gruiten und dem Klärwerk des BRW wird durch den BRW geräumt.

Eine Auswirkung auf die Hochwassersituation im oberhalb liegenden Ortsteil Gruiten-Dorf entsteht dadurch nicht. Selbst wenn eine örtliche Verkläuserung auftritt, steht durch den breiten (unbebauten) Talraum (ca. 80 m) ausreichend Fließquerschnitt zur Verfügung, durch den das Hochwasser abfließen kann (s. Abbildung 50). Ein Aufstau in Richtung Oberwasser bis zur Bebauung entsteht aus den o. g. Gründen nicht.

Zudem herrscht in diesem Abschnitt ein hohes Gefälle (s. Anlage 4.1), durch den sich ein potenzieller Aufstau nicht sehr weit ins Oberwasser erstreckt.

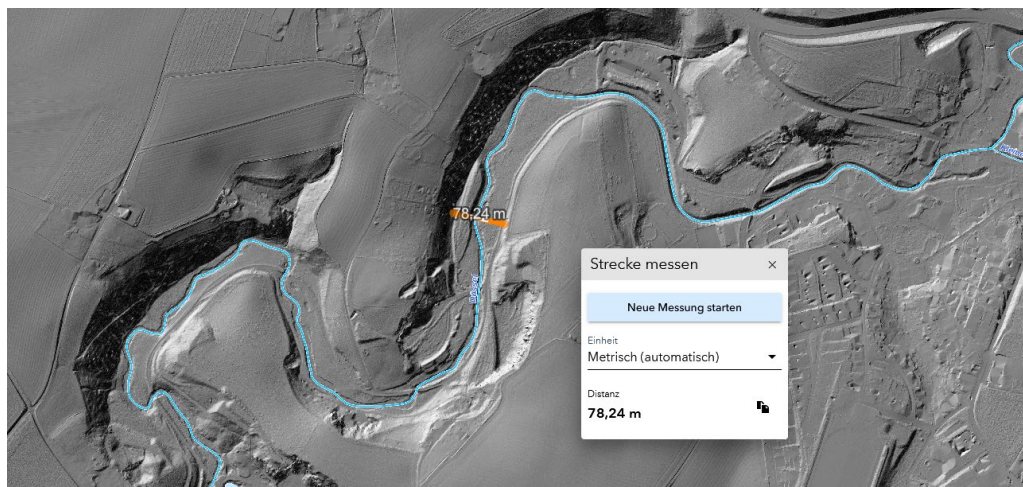


Abbildung 50: Geländere relief im Bereich des Natur- und FFH-Gebietes Neandertal  
[www.elwasweb.nrw.de; abgerufen am 15.03.2024]

#### 6.4.2 Einleitung von Betriebswasser aus einem oberhalb liegenden Kalksteinwerk

In einer Entfernung von ca. 3 km im Oberwasser der Ortslage Gruiten-Dorf liegen die Kalkwerke H. Oetelshofen GmbH & Co. KG. Diese leiten

Betriebswasser in die Düssel ein. Die Einleitungsmenge liegt bei ca. 7 Mio. m<sup>3</sup>/a. Demzufolge erfolgt eine Einleitung von ca. 0,2 m<sup>3</sup>/s. Gemäß der aktuell gültigen Planfeststellung vom 26.03.2013 ist die Einleitung auf Anweisung des BRW im Hochwasserfall zu drosseln oder einzustellen.

Im Vergleich zum auftretenden Abfluss bei einem hundertjährigen Hochwasserabfluss HQ<sub>100</sub> von ca. 12,5 m<sup>3</sup>/s in Höhe der Einleitung ist die Einleitungsmenge gering. Eine signifikante Auswirkung auf die Hochwassersituation hätte die Menge somit selbst dann nicht, wenn keine Anweisung zur Unterbindung der Einleitung erfolgt.

## **7 Variantenbetrachtung zur Verbesserung des Hochwasserschutzes**

---

Das Schutzziel für die nachfolgenden Betrachtungen liegt bei einem hundertjährigen Hochwasserereignis (HQ<sub>100</sub>). Dies entspricht den a.a.R.d.T und stellt den Lastfall dar, der i.d.R. von Seiten des Landes NRW für eine finanzielle Förderung gefordert wird. Im Folgenden werden die alternativen Möglichkeiten zum Hochwasserschutz für Haan-Gruiten erörtert. Auf die Untersuchung der Möglichkeit eine entsprechende Retentionswirkung durch Gewässeraufweitungen zu erreichen wurde dabei verzichtet. In Anbetracht der notwendigen Rückhaltevolumina (Kapitel 6.3.2 und 6.3.3) ist das Ziel eines 100-jährlichen Hochwasserschutzes unmöglich zu erreichen.

### **7.1 Rückhaltung durch Hochwasserrückhaltebecken**

---

Hochwasserrückhaltebecken (HRB) erzeugen eine hohe Schutzwirkung. Sie verringern die Abflüsse einer Hochwasserwelle im Unterwasser des Beckenstandortes. Damit werden einerseits die auftretenden Wasserstände verringert, andererseits aber auch die Vorwarnzeiten erhöht, um z.B. Sofortmaßnahmen (z.B. Sandsackverteidigung) zu ergreifen oder Evakuierungen durchzuführen. Letzteres ist für die Ortslage Gruiten-Dorf bedeutend, da die Anstiegszeiten eines Hochwasserereignisses mit 3 h (Kleine Düssel) bzw. 6 h

(Düssel) schnell (vgl. Kapitel 6.1.1) und die Vorwarnzeit entsprechend gering sind.

Die allgemeine Wirkweise von Rückhaltebecken ist schematisch in Abbildung 51 dargestellt. Hinsichtlich der Betriebsform werden gesteuerte und ungesteuerte Anlagen unterschieden, wobei gesteuerte Anlagen zwar aufwendiger in Planung und Betrieb, dafür allerdings effizienter sind und damit mit kleineren Beckengrößen auskommen. Aufgrund der stetigen, ungesteuerten Beschickung sind für das gleiche Bemessungsereignis ungesteuerte Anlagen i.d.R. größer zu bemessen (qualitativ erkennbar an den schraffierten Flächeninhalten in Abbildung 51). Nachfolgend wird aufgrund der besseren Wirksamkeit von gesteuerten Becken ausgegangen.

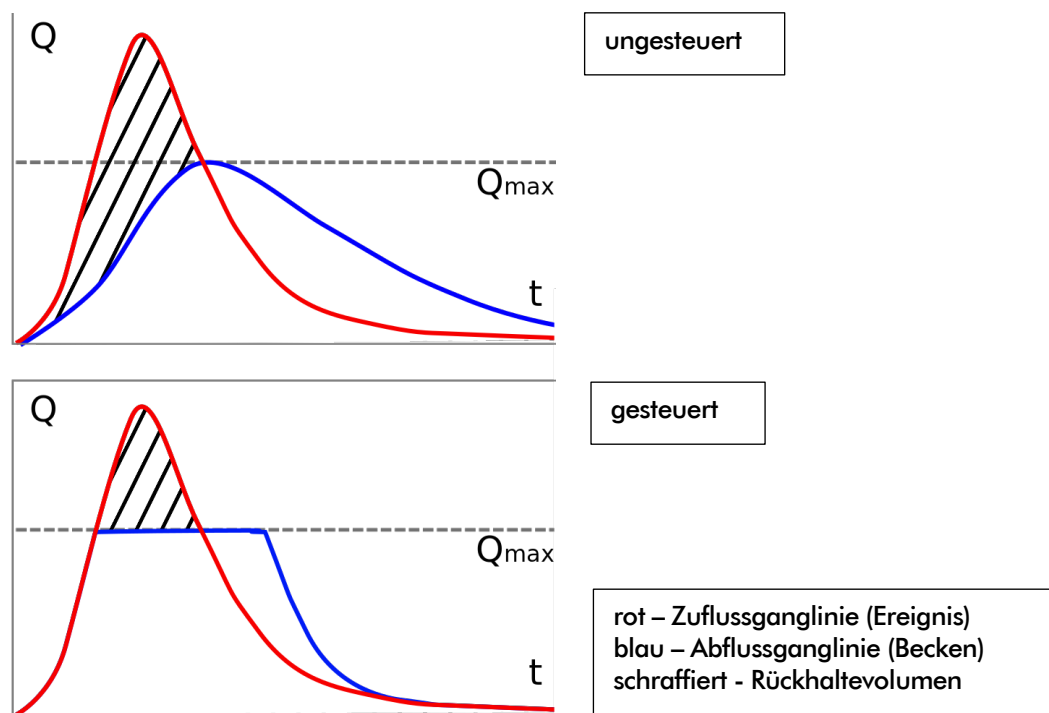


Abbildung 51: Schema-Ganglinien für Rückhaltebecken

### 7.1.1 Mögliche Rückhaltestandorte im Einzugsgebiet der Düssel und der Kleinen Düssel

Mögliche Standorte werden in erster Linie nach ihrer bestehenden Nutzung



sowie topografischen Begebenheiten identifiziert. Weite Talraumpassagen sind in Anbetracht ihres Beckenraumgewinns je Höhenlamelle für die Sperrdämme positiv einzuschätzen, oftmals sind hier allerdings intensive Nutzungen (gekoppelt an das Landschaftsbild und zu erhaltende Sichtachsen) etabliert, denen die somit langen Sperr- und Flankierungsbauwerke entgegenwirken. Schmale Talraumpassagen hingegen bieten oftmals die wirtschaftlichere Möglichkeit des direkten Hanganschlusses mit allgemein kürzerem Absperrbauwerk – zum Preis eines häufig nur geringen Stauvolumens oder teuer gewonnener Extra-Stauhöhe. Vorhandene Dammstrukturen (Bahndämme) kommen i.d.R. nur im Einzelfall in Betracht, da sie nicht auf die Anforderungen als Hochwasserrückhaltebecken ausgelegt sind (Durchlässigkeit, Standsicherheit, Hochwasserentlastung, etc.). Dies ist in weiteren Planungsstufen zu konkretisieren.

Für die Düssel und Kleine Düssel werden mögliche Standorte von Hochwasserrückhaltebecken identifiziert, welche anhand der topografischen und hydrologischen Begebenheiten (=hohe Rückhaltewirkung) gewählt werden. Sie sind in Abbildung 52 und Anlage 1 dargestellt. Die Lage innerhalb von Schutzgebieten (vgl. Kapitel 3.5) wird dabei explizit nicht berücksichtigt, da es im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie zunächst um die grundsätzliche Möglichkeit und wasserwirtschaftliche Wirkung der Becken geht. In weiteren Planungsabschnitten sind diese naturschutzfachlichen Aspekte zwingend und vertieft zu betrachten und können maßgeblichen Einfluss auf die Ausdehnung oder die grundsätzliche Verortung eines Beckens nehmen. Hierbei sind dann auch weitere ökologische Gesichtspunkte (Vermeidung der Beeinträchtigung des natürlichen Abflussverhaltens, Beibehaltung der ökologischen Durchgängigkeit, erwünschte Überschwemmungen der Auen, Sedimenttransport) zu prüfen.

In Tabelle 8 sind die wesentlichen Eckdaten der einzelnen Standorte aufgeführt. Der jeweils maximale Stauvolumengewinn ist die Differenz zwischen den resultierenden Volumina aus Bestand ( $HQ_{100}$ ) und Planung (Vollfüllung). In Anbetracht des frühen Planungsstandes wird ein Sicherheitsfaktor von 0,8

mit den Beckenvolumen multipliziert, welcher in den Angaben aus Tabelle 8 bereits enthalten ist.

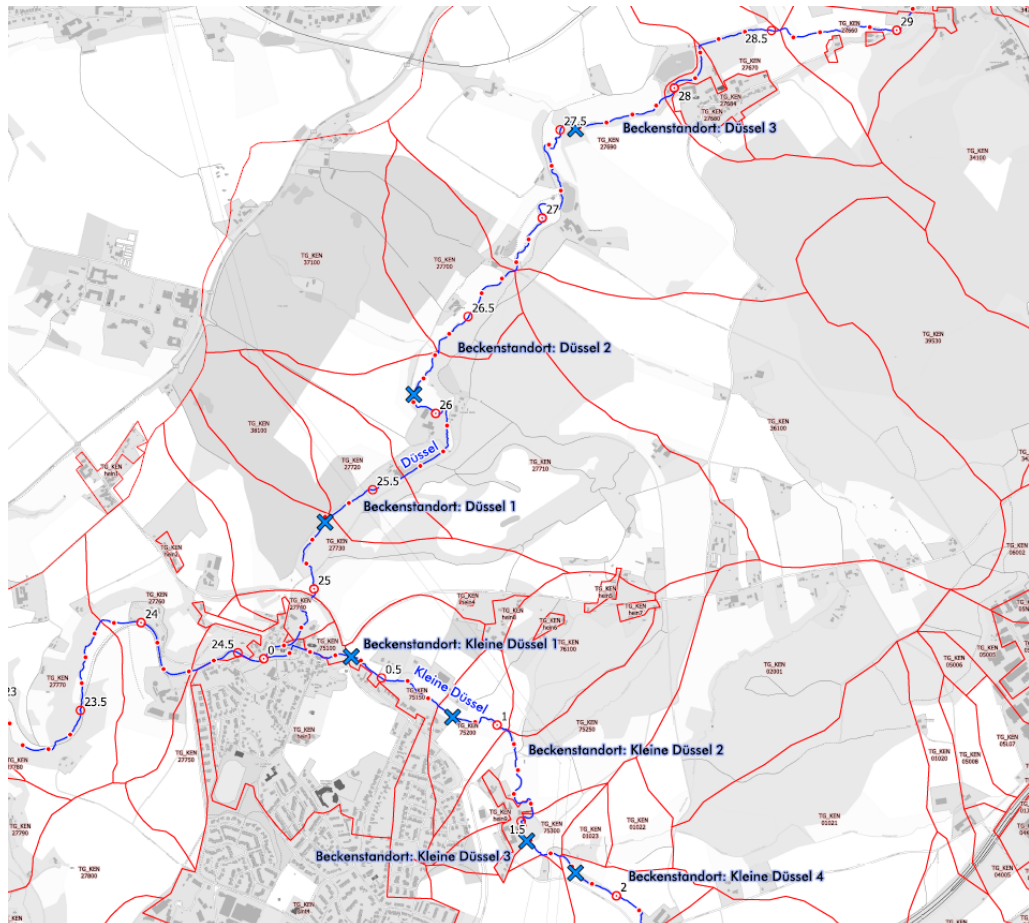


Abbildung 52: potenzielle Standorte für Hochwasserrückhaltebecken

Tabelle 8: Eckdaten der potenziellen Beckenstandorte

Gewässer, Beckenname	Gew-Km der Sperrstelle (GSK3e)	Bauwerksdaten	max. Stauvolumengewinn
Düssel 1	25+065	Stauhöhe: 123,00 NHN (m) Bauwerkshöhe: 4,00 m (Sperrstelle) Stauwurzel: 250 m	32.000 m <sup>3</sup>
Düssel 2	25+915	Stauhöhe: 126,00 NHN (m) Bauwerkshöhe: 2,80 m (Sperrstelle) Stauwurzel: 650 m	15.200 m <sup>3</sup>
Düssel3	27+340	Stauhöhe: 131,00 NHN (m)	42.400 m <sup>3</sup>

Gewässer, Beckenname	Gew-Km der Sperrstelle (GSK3e)	Bauwerksdaten	max. Stauvo- lumengewinn
		Bauwerkshöhe: 3,60 m (Sperrstelle) Stauwurzel: 400 m	
		Summe:	89.600 m <sup>3</sup>
Kleine Düssel 1	0+235	Stauhöhe: 122,25 NHN (m) Bauwerkshöhe: 3,75 m (Sperrstelle) Stauwurzel: 300 m	8.800 m <sup>3</sup>
Kleine Düssel 2	0+695	Stauhöhe: 127,00 NHN (m) Bauwerkshöhe: 5,00 m (Sperrstelle) Stauwurzel: 450 m	37.600 m <sup>3</sup>
Kleine Düssel 3	1+470	Stauhöhe: 133,00 NHN (m) Bauwerkshöhe: 5,00 m (Sperrstelle) Stauwurzel: 200 m	24.800 m <sup>3</sup>
Kleine Düssel 4	1+710	Stauhöhe: 140 NHN (m) Bauwerkshöhe: 7,50 m (Sperrstelle) Stauwurzel: 280 m	66.400 m <sup>3</sup>
		Summe:	137.600 m <sup>3</sup>

### 7.1.2 Drosselabgabe als Abhängigkeit der Beckenvolumen

Die in Kapitel 6.3 beschriebenen Drosselabgaben ergeben sich jeweils für die Leistungsfähigkeit „schadensfrei“ bzw. „bei Inkaufnahme geringer Eins-tauhöhen“. Diese erfordern jeweils entsprechende Rückhalteräume. Nach-folgend wird nun über die tatsächlich vorhandenen Rückhaltevolumina (s. Tabelle 8) geprüft, ob die erforderlichen Drosselwassermengen damit ge-neriert werden können.

An der Düssel ist mit den gegebenen Becken ein maximales Rückhaltevolu-men von 89.600 m<sup>3</sup> möglich (s. Tabelle 8). Die resultierende, maximale Dros-selung ergibt sich zu ca. 13,23 m<sup>3</sup>/s (s. Abbildung 53). Das Rückhaltevolumen ist dabei das Integral zwischen der auftretenden Abflussganglinie und der (resultierenden) Drosselwassermenge (jeweils die gelbe Fläche in den nach-folgenden Abbildungen).

An der Kleinen Düssel ist mit den gegebenen Becken ein maximales

Rückhaltevolumen von 137.600 m<sup>3</sup> möglich (s. Tabelle 8). Die resultierende, maximal mögliche Drosselung ergibt sich zu ca. 2,08 m<sup>3</sup>/s (s. Abbildung 54).

Mit den möglichen maximalen Beckenvolumina ist somit eine maximale Abflussdrosselung in Gruiten-Dorf somit auf 13,23 m<sup>3</sup>/s + 2,08 m<sup>3</sup> = 15,31 m<sup>3</sup>/s möglich.

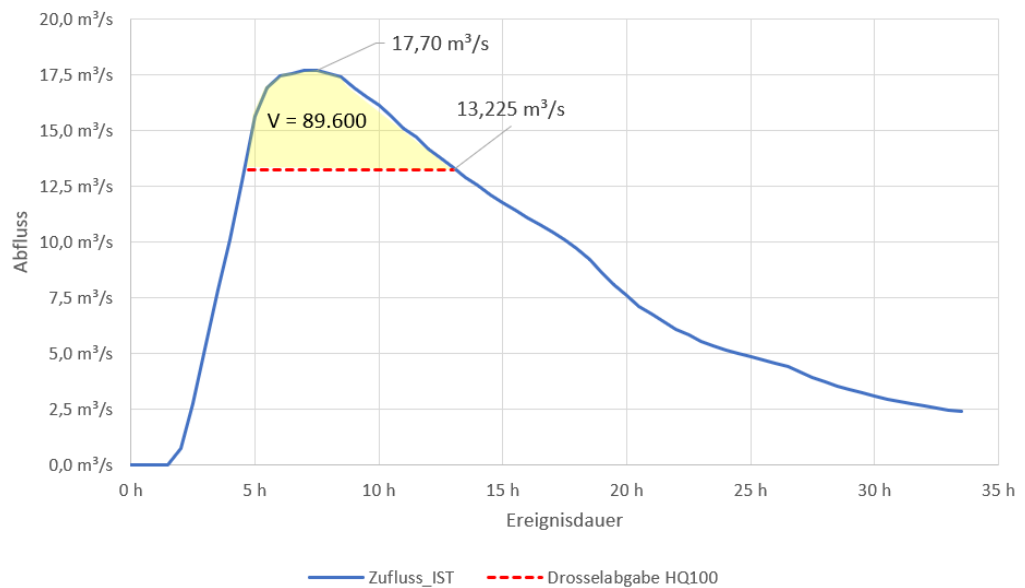


Abbildung 53: resultierende Drosselwassermenge (13,225 m<sup>3</sup>/s) anhand des vorhandenen Rückhaltevolumens (89.600 m<sup>3</sup>) an der Düssel

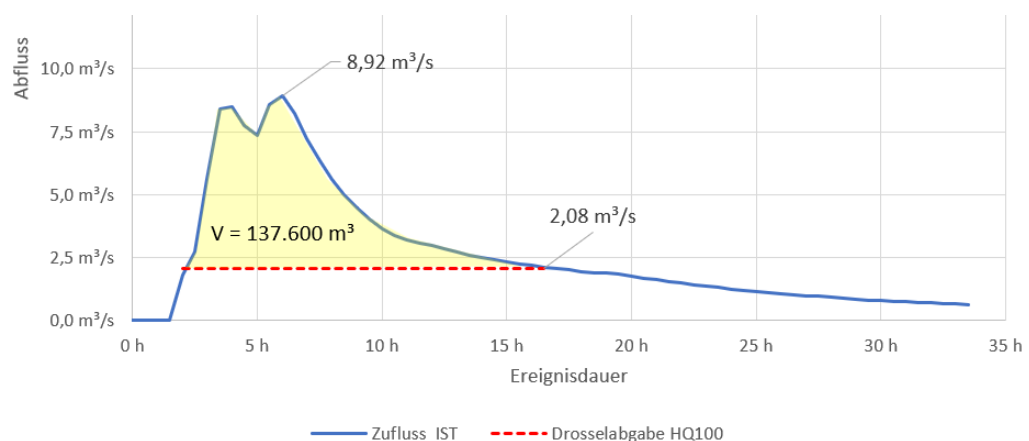


Abbildung 54: resultierende Drosselwassermenge (2,08 m<sup>3</sup>/s) anhand des vorhandenen Rückhaltevolumens (137.600 m<sup>3</sup>) an der Kleinen Düssel

Für die Düssel können weder die für die „schadensfreie Leistungsfähigkeit“ noch die für die „Leistungsfähigkeit bei Inkaufnahme geringer Einstauhöhen“ erforderliche Drosselwassermenge mit den zur Verfügung stehenden Rückhalteräumen erzielt werden; die maximal mögliche Drosselwassermenge an der Düssel von 13,22 m<sup>3</sup>/s liegt ca. 5 m<sup>3</sup>/s bzw. ca. 2 m<sup>3</sup>/s über der jeweilig erforderlichen Drosselwassermenge (s. Tabelle 9). An der Kleinen Düssel können die Drosselwassermengen hingegen jeweils erreicht werden.

Tabelle 9: Drosselwassermenge erforderlich/erzielbar

	erforderlich		maximal erzielbar
	schadlos (vgl. Kapitel 6.3)	bei Inkaufnahme geringer Einstauhöhen (vgl. Kapitel 6.3.3)	Drosselmenge maximal möglich (bei 89.600 m <sup>3</sup> bzw. 137.600 m <sup>3</sup> )
Düssel	7,98 m <sup>3</sup> /s	11,3 m <sup>3</sup> /s	13,22 m <sup>3</sup> /s
Kleine Düssel	4,02 m <sup>3</sup> /s	5,7 m <sup>3</sup> /s	2,08 m <sup>3</sup> /s
Gesamtdrosselwassermenge	12 m <sup>3</sup> /s	17 m <sup>3</sup> /s	15,3 m <sup>3</sup> /s

In Summe ist die Drosselwassermenge von 17 m<sup>3</sup>/s für den Ansatz der „Leistungsfähigkeit bei Inkaufnahme geringer Einstauhöhen“ nur theoretisch möglich – allerdings müsste dann eine andere Abflussverteilung (als die angenommene; s. Kapitel 6.3) zwischen Düssel und Kleiner Düssel im Einzugsgebiet vorliegen, damit das vorhandene größere Rückhaltevolumen im Einzugsgebiet der Kleinen Düssel entsprechend ausgenutzt werden kann.

Die maximal mögliche Drosselung bei der angenommenen Aufteilung zwischen Düssel und Kleiner Düssel liegt bei 15,3 m<sup>3</sup>/s.

Letztendlich stellen die 17 m<sup>3</sup>/s aber nur einen *angenommenen* Gesamtabfluss dar- auch ein Abfluss von 15,3 m<sup>3</sup>/s erfüllt das Kriterium einer „Leistungsfähigkeit bei Inkaufnahme geringer Einstauhöhen“. Die ohnehin erforderlichen zusätzlichen (Objekt-)Schutzmaßnahmen könnten entsprechend niedriger ausfallen.

### 7.1.3 Aspekte bei der Umsetzung von Rückhaltebecken

---

Grundsätzlich ist eine Abflussreduzierung durch Hochwasserrückhaltebecken für das Einzugsgebiet der Düssel und der Kleinen Düssel denkbar. Hochwasserschutz durch Hochwasserrückhaltebecken (HRB) ist eine konzentrierte Maßnahme, in der durch Volumenkontrolle unterhalb liegende Gebiete geschützt werden. Die Abflussspitzen in den hochwassergefährdeten Gebieten werden durch die Rückhaltung gedämpft. Mit zunehmender Entfernung von der Sperrstelle nimmt die Wirkung einer Rückhaltung ab.

Der Einsatz von HRB ist eine hochtechnische Variante. Durch die Speicherung großer Mengen potenzieller Energie stellen Hochwasserrückhaltebecken im Einsatzfall eine besondere Gefahr dar. Da sie naturgemäß oberhalb schützenswerter Siedlungsgebiete liegen, ist diese Gefahr von besonderem Gewicht. Mit den heute anerkannten Regeln der Technik sind die Gefahren beherrschbar. Allerdings ist grundsätzlich ein enormer Aufwand mit einer solchen Maßnahme verbunden. Das betrifft die Errichtung, die laufende Betreuung, die Beobachtung und die Überwachung. Für die gesamte Lebensdauer der Anlagen ist der Erhalt der vollen Betriebssicherheit erforderlich.

Hochwasserrückhaltebecken unterliegen zudem strengen technischen Vorschriften für den Bau, den Betrieb und die Unterhaltung. Für jede Anlage ist ein Mindestmaß an Messeinrichtungen erforderlich; es sind fachlich qualifizierte Betriebsleiter sowie Stauwärter zu bestellen, jährlich sind Sicherheitsberichte anzufertigen und der Betrieb ist ständig zu dokumentieren. Die technischen Einrichtungen sind regelmäßig zu kontrollieren.

Der BRW als Betreiber zahlreicher Hochwasserrückhaltebecken kennt sich mit dem Betrieb bestens aus und ist fachlich und personell in der Lage, die Becken entsprechend zu betreiben.

Dennoch sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass ein System von mehreren Rückhaltebecken, wie es für die Düssel bzw. die Kleine Düssel

erforderlich wäre (vgl. Kapitel 7.1.2), besonders aufwendig in Betrieb und Unterhaltung wäre. Die Drosselwassermengen für die einzelnen Becken wären sehr gering, wodurch sehr kleine Öffnungen erforderlich werden, die wiederum eine hohe Verlegungsgefahr und entsprechend einen hohen Unterhaltungsaufwand erfordern. Zudem erfordert ein entsprechendes System von Rückhaltebecken eine äußerst hohe Abstimmung der einzelnen Drosselmengen aufeinander, wodurch eine sehr hohe Anforderung an einen Betriebsplan gestellt wird. Dieser gestaltet sich im vorliegenden Fall entsprechend aufwendiger, da hier auch noch zwei Gewässersysteme (Düssel, Kleine Düssel) aufeinander abgestimmt werden müssen. Dazu kommt noch die Berücksichtigung unterschiedlicher zeitlicher und räumlicher Niederschlagsverteilungen zwischen Einzugsgebiet Düssel und Kleiner Düssel.

## 7.2 Linienschutzmaßnahmen

---

Linienschutzmaßnahmen, bestehend aus Deichen, Wänden sowie planmäßigen mobilen Schutzelementen, stellen eine grundlegende Möglichkeit im Hochwasserschutz dar.

In Abbildung 55 sind exemplarisch einzelne Wassertiefen im Lastfall  $HQ_{100}$  auf den die Gewässer begleitenden Straßen angezeigt. Unter Berücksichtigung eines Freibordes von (mindestens) 20 cm sind Hochwasserschutzwände von bis zu 1,20 m erforderlich. Allerdings stellen die dargestellten Wassertiefen den Bestandszustand dar - gerade im Oberwasser der Pastor-Vömel-Straße sind bei einer Unterbindung einer Überströmung dieser Straße deutlich höhere Wasserstände zu erwarten, die entsprechend höhere Schutzwände erforderlich machen.

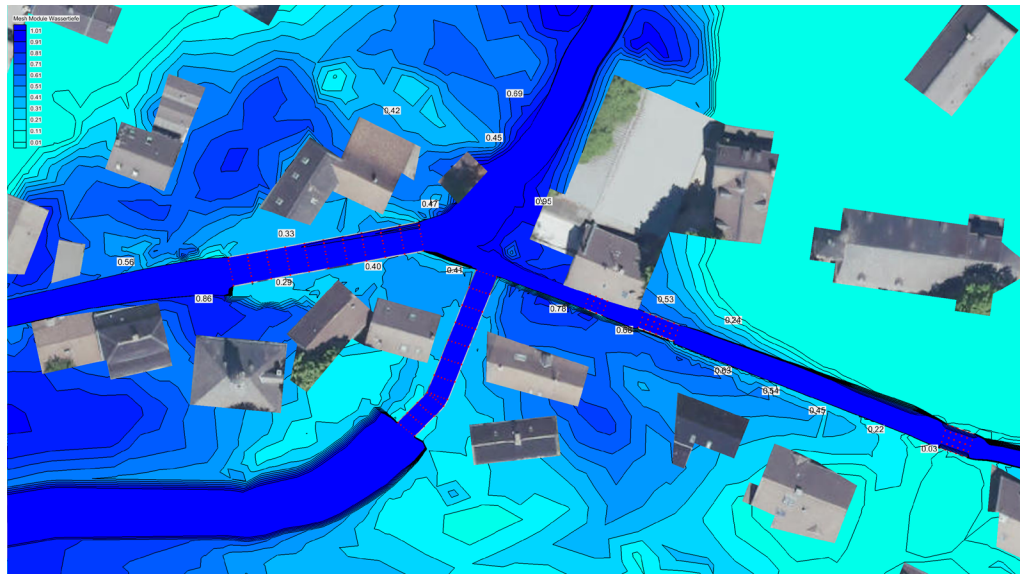


Abbildung 55: Wassertiefen Lastfall  $HQ_{100}$

Zudem wird eine solche Maßnahme insofern schwierig umzusetzen, da bei einem  $HQ_{100}$  große Überschwemmungsflächen auftreten die lange Bauwerke entlang des Gewässers und auch im Rückstaubereich im Unterwasser der Pastor-Vömel-Straße erforderlich machen. Zudem sind immer wieder Gebäudeöffnungen und Hofeinfahrten vorhanden, die zwangsläufig Öffnungen in der Schutzlinie und mithin mobile Verschlusselemente mit den vorhandenen Nachteilen erforderlich machen (vgl. Kapitel 7.4).

Die ästhetischen Eingriffe in das hochwertige, von Fachwerkhäusern geprägte Ambiente der Ortslage Gruiten-Dorf wären darüber hinaus mit solch einer Maßnahme groß und voraussichtlich nicht akzeptabel.

Insofern erscheint eine solche Variante nicht zielführend.

### 7.3 Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit

Die hydraulische Situation in Gruiten-Dorf im Lastfall  $HQ_{100}$  stellt sich so dar, dass die Durchlässe von Unterwasser her eingestaut sind (s. Kapitel 6.1.3). Der Wasserstand ist in Höhe des Zusammenflusses der Düssel mit der



Kleinen Düssel (118,65 NHN+m) jeweils höher als die Unterkante der jeweiligen Durchlässe (118,06 NHN+m (Düssel) bzw. 118,76 NHN+m (Kleine Düssel)). Dies wirkt sich negativ auf die Leistungsfähigkeit der Durchlässe aus. Eine Vergrößerung der bestehenden Durchlässe an Düssel und Kleiner Düssel hat dementsprechend keine große Wirkung. Dies zeigt eine entsprechende modelltechnische Erweiterung der vorhandenen Durchlässe um jeweils 0,5 m in ihrer Gesamtbreite. Des Weiteren wird ein ergänzender Durchlass in der Kleinen Düssel eingebaut, welcher bereits vor dem Zusammenfluss mit der Düssel einen Abflussanteil ableitet. Der ergänzende Rechteck-Durchlass besitzt die Maße B x H:1,75 x 1 [m] und schließt vereinfacht höhenteknisch zunächst direkt an der Sohle der Kleinen Düssel an. Mit dem 2D-Modell werden die Auswirkungen bei einer Gesamt-Drosselabgabe von 17 m<sup>3</sup>/s (s. Kapitel 6.3.3) untersucht. Die Ergebnisse sind als Vergleich der Wasserspiegellagen Bestand und Planung in Abbildung 56 dargestellt.

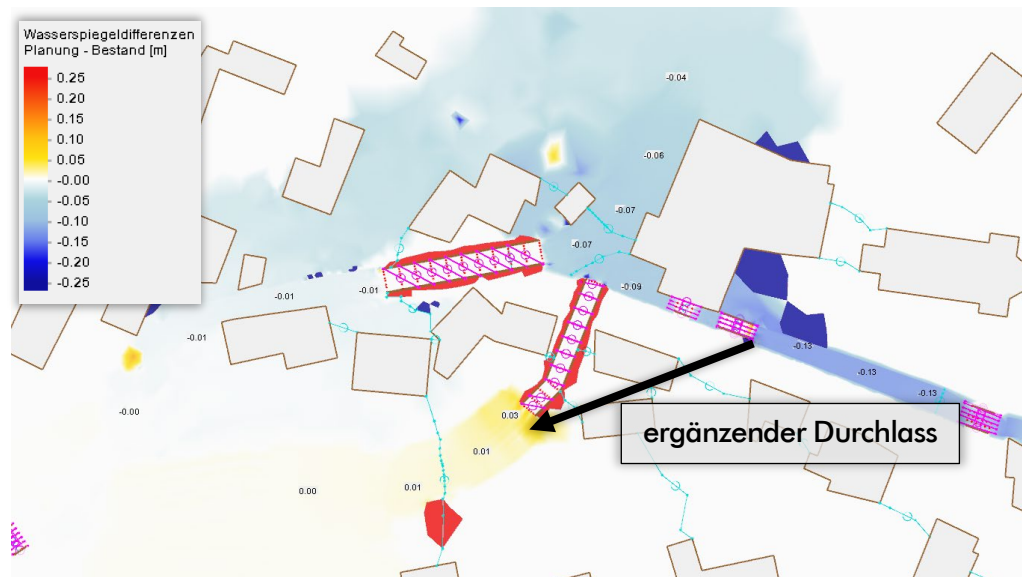


Abbildung 56: Wasserspiegeldifferenzen [m] bei Durchlassergänzung Kleine Düssel (Lastfall (17 m<sup>3</sup>/s))

Die maximale Wasserspiegelabsenkung im Oberwasser beträgt demnach bis zu 0,07 m unmittelbar im Bereich des Zusammenflusses oberhalb der Pastor-Vömel-Straße sowie bis zu 0,13 m unmittelbar am Einlaufportal des

ergänzten Durchlasses. Im Mündungsbereich der Kleinen Düssel unterhalb der Pastor-Vömel-Straße, in welchen auch der ergänzende Durchlass ausleitet, stellen sich geringfügig höhere Wasserstände ein.

Aufgrund der nur geringfügig niedrigeren Überschwemmungstiefen sowie nicht verringerter Überschwemmungsflächen bei hohem Aufwand für die bautechnische Berücksichtigung dieses Zustandes ist diese Variante nicht zielführend.

Eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der hydraulischen Leistungsfähigkeit besteht grundsätzlich in der Absenkung der Wasserspiegel im Unterwasser der Durchlässe bzw. der Ortslage. Allerdings ist unmittelbar unterhalb kein großes Wasserspiegelgefälle vorhanden – dieses liegt erst im Bereich von zwei Sohlversprüngen vor, die aber weiter stromab liegen (s. Abbildung 57).

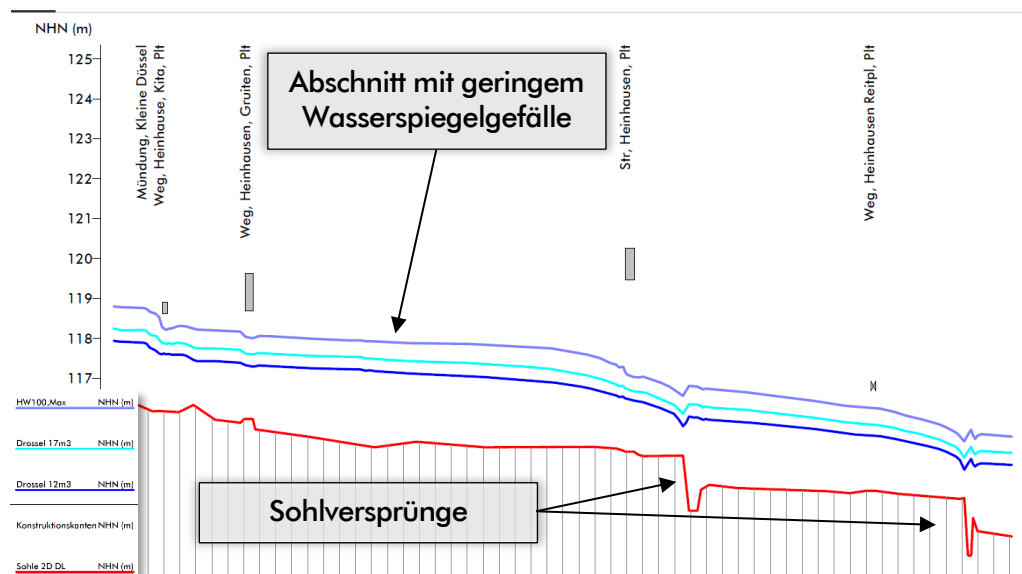


Abbildung 57: Wasserspiegellängsschnitt im Unterwasser von Gruiten-Dorf

## 7.4 Objektschutz

---

Einzelobjektschutz ist dann sinnvoll, wenn Hochwasserschutz auf andere Art und Weise aus bestimmten Gründen (wasserwirtschaftlich, naturschutzfachlich, Kostengründe, Grundstücksverfügbarkeit, etc.) nicht umgesetzt werden kann oder zur Erlangung eines (höheren) Schutzniveaus – wie es für z.B. für die Umsetzung der „Leistungsfähigkeit bei Inkaufnahme geringer Einstauhöhen“ für den Lastfall  $HQ_{100}$  (s. Kapitel 6.3.3 bzw. 7.1.2) – erforderlich ist.

Als Objektschutz gelten technische Vorrichtungen an Einzelgebäuden, welche einen lokalen Wassereintritt direkt am Objekt verhindern. Dabei handelt es sich i.d.R. um individuelle Schutzmaßnahmen, die auf die einzelnen Objekte abgestimmt sind. Dazu zählen druckwassersichere Ausführungen von Türen und Fenstern oder Sicherungssysteme solcher (z.B. Dammbalkensysteme), Erhöhungen von Eingangs- und Fensterschwellen (Aufkragungen) oder die Installation von Rückschlagklappen in Hausablaufleitungen.

Dabei sind dauerhafte Objektschutzmaßnahmen solchen vorzuziehen, die erst im Bedarfsfall eingesetzt werden. Bei letztgenannten besteht die Gefahr, dass z.B. bei Abwesenheit der Bewohner oder der Zuständigen oder bei dem Fehlen von Teilen (z.B. Dammbalken, Dichtungen, Schrauben) kein Schutz vorhanden ist. Ferner erfordern solche (mobilen) Schutzsysteme eine ausreichende Vorwarnzeit für den Aufbau (z.B. Sandsäcke: Transport, Befüllung, Aufladung, Setzen von Dammbalken). Diese ist aufgrund des kleinen Einzugsgebietes mit 3 h bzw. 6 h in der Ortslage Gruiten-Dorf gering (vgl. Kapitel 6.1.1). Eine betriebssichere Möglichkeit stellen automatische Systeme (z.B. Klappschotts) dar, die zwar auch erst im Einsatzfall zum Einsatz kommen, aber selbsttätig den Schutz herstellen. Solche Systeme sind die vergleichsweise teuersten Systeme. Zudem bedürfen sie aufgrund ihrer Technik auch einer gewissen Wartung. Abbildung 58 und Abbildung 59 zeigen beispielhafte Möglichkeiten für passiven Objektschutz sowie automatische Systeme.



Abbildung 58: Aufkragungen (links) und druckwassersichere Eingangstür (rechts)



Abbildung 59: Rückstausicherungen (links) und selbsttätige Systeme (rechts)

Derartige Maßnahmen beeinflussen das sonstige Hochwassergeschehen nicht (keine Verschlechterung für Dritte) und erzeugen praktisch keinen Retentionsraumverlust.

*Anmerkung:*

*Infolge der Überschwemmungen im Juli 2021 haben bereits zahlreiche Eigentümer in Gruiten-Dorf entsprechende Objektschutzmaßnahmen umgesetzt. Dennoch wird diese Möglichkeit an dieser Stelle aufgeführt, da sie eine gute Möglichkeit des Hochwasserschutzes darstellt und eben nicht an allen Objekten entsprechende Maßnahmen umgesetzt sind. Der Umfang der einzelnen umgesetzten Objektschutzmaßnahmen ist zudem nicht bekannt.*

## 7.5 Nutzung der Grube 7 als Rückhalteraum

---

Ungefähr 0,8 km oberhalb der Ortslage Gruiten liegt die sogenannte Grube 7. Es handelt sich um einen ehemaligen Kalksteinbruch. Dieser wurde nach Ende des Abbaus 1997 als Naturschutzgebiet ausgewiesen. Die Festsetzung erfolgt „ insbesondere

- wegen der ausgeprägten Steilwände im klüftigen Kalkgestein,
- zur Erhaltung und Wiederherstellung der typischen wärme- und kalkliebenden Steinbruchflora,
- zur Erhaltung der Vegetation der Felsen sowie der Blockschutt- und Geröllhalden,
- wegen der Trocken- und Magerrasen,
- zur Erhaltung von Lebensstätten und Lebensgemeinschaften seltener und gefährdeter Tier- und Pflanzenarten,
- wegen der Strukturvielfalt,
- wegen des interessanten, geologischen und bodenkundlichen Aufschlusses.“

Die Höhenverhältnisse zwischen der Düssel und der Grube 7 sind in Abbildung 60 dargestellt. Demnach liegt die Grube 7 ca. 4 m unter der Sohle der Düssel. Höhentechnisch wäre somit eine Überleitung von Hochwasserabflüssen in die Grube denkbar. Die Entfernung zwischen Gewässer und Grube liegt an der schmalsten Stelle bei ca. 200 m. Unter Ausnutzung vorhandener Höhenstrukturen (ehemalige Fahrwege) liegt dazwischen ein Höhenrücken mit einer Höhe von ca. 10 m.

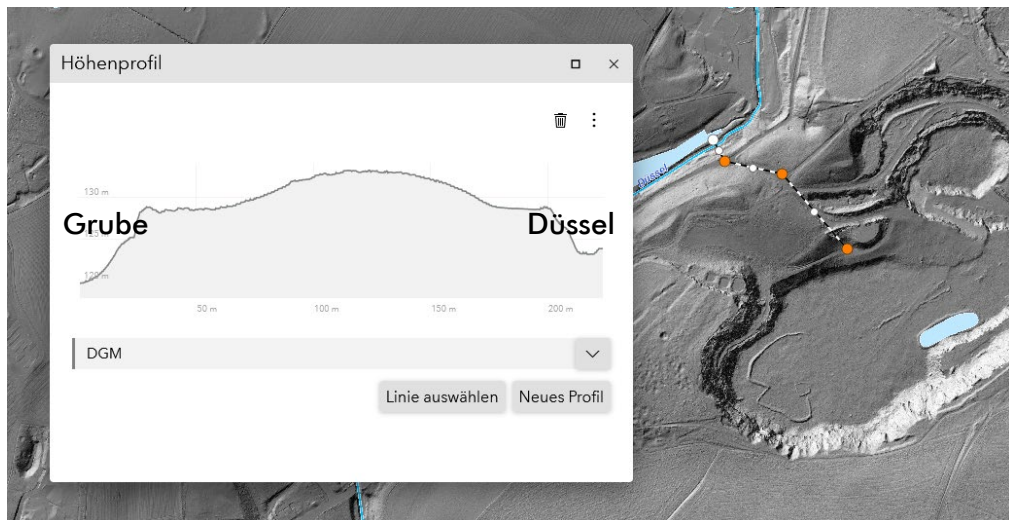


Abbildung 60: Höhenverhältnisse Grube 7 – Düssel [www.elwasweb.nrw.de; abgerufen am 15.03.2024]

Mit einer potenziellen Nutzung der Grube 7 als Rückhalteraum kann nur der Abflussanteil der Düssel reduziert werden - die Kleine Düssel ist über 500 m entfernt, so dass eine Nutzung nicht in Frage kommt.

Sofern keine Rückhaltmaßnahmen an der Kleinen Düssel vorgesehen sind, müsste eine Überleitungsmenge in die Grube etwa eine Größenordnung von ca. 15 m<sup>3</sup>/s betragen (HQ<sub>100</sub> Düssel ca. 18 m<sup>3</sup>/s; HQ<sub>100</sub> Kleine Düssel ca. 9 m<sup>3</sup>/s; Schadensfreiheit ca. 12 m<sup>3</sup>/s).

Aufgrund des hohen Einschnitts in das Gelände – bei einer angenommenen (sehr steilen) Böschungsneigung von 1:1 wäre bereits ein Korridor von 20 m + Sohlbreite erforderlich – ist ein offenes Überleitungsgerinne nicht realistisch, zudem neben den Bodenmengen dann auch deutlich in das Naturschutzgebiet eingegriffen werden müsste. Theoretisch denkbar wäre eine Rohrleitung, die im bergmännischen Vortrieb eingebracht wird. Mit einem Durchmesser von 2 m wäre bei der vorhandenen Sohlneigung von 20<sup>0</sup>/<sub>00</sub> ein Abfluss von 22 m<sup>3</sup>/s möglich (s. Abbildung 61).

**Vollfüllungstabelle für Abwasserleitungen:**Betriebliche Rauheit  $k_b = 0,75$  mm;  $DN$  = Nennweite,  $Q$  = Vollfüllungsleistung,  $v$  = -geschwindigkeit

Gefälle o/oo	DN 600		DN 800		DN 1000		DN 1200		DN 1400		DN 1600		DN 2000		
	$Q$ [l/s]	$v$ [m/s]	$Q$ [l/s]	$v$ [m/s]	$Q$ [l/s]	$v$ [m/s]	$Q$ [l/s]	$v$ [m/s]	$Q$ [l/s]	$v$ [m/s]	$Q$ [l/s]	$v$ [m/s]	$Q$ [l/s]	$v$ [m/s]	
20	50,0	948,9	3,36	2019	4,02	3624	4,61	5841	5,16	8742	5,68	12393	6,16	22195	7,06

Abbildung 61: Abflussleistung DN 2000 bei 20<sup>0</sup>/<sub>00</sub> [Schneider Bautabellen, 2024]

Zu klären wären in einem solchen Fall

- die technische Machbarkeit,
- die Bau- und Unterhaltungskosten,
- die erforderlichen baulichen Maßnahmen im Ein- und Auslaufbereich (Drosselbauwerk für gezielte Überleitung, Energieumwandlung aufgrund sehr hoher Fließgeschwindigkeiten)
- die Auswirkungen während des Baus und bei einer temporären Flutung auf die Flora- und Fauna im Naturschutzgebiet und
- die Möglichkeiten zur Entleerung der Grube.

Dies wäre in einem nächsten Schritt obligatorisch.

Ein Kostenrahmen für ein solches Projekt ist aufgrund der Rahmenbedingungen sehr schwierig. Der BRW hat mit dem Projekt „Stollen Ohligs“ eine vergleichbare Maßnahme derzeit in der Planung. Hier wird der Aufwand für eine vergleichbare Rohrleitung auf 15.000 €/lfdm bei einer Länge von 2.500 m geschätzt. Übertragen auf eine Anbindung der Grube 7 ergeben sich unter Ansatz eines höheren Einheitspreises von 25.000 €/lfdm aufgrund der geringeren Länge (hier 200 m) Gesamtkosten in Höhe von 5.000.000 €.

Aufgrund der hohen Kosten und der o. g. Restriktionen erscheint diese Variante daher nicht zielführend.

## 7.6 Verbesserung der Informationsvorsorge/Vorwarnung

Die Handlungsbereiche bezogen auf hochwasserrelevante Maßnahmen sind grundsätzlich

- a) die Flächenvorsorge,
- b) der natürliche Wasserrückhalt,
- c) der technische Hochwasserschutz sowie
- d) die Hochwasservorsorge.

Der Handlungsbereich c) ist Bestandteil der konkreten Maßnahmen im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie (s. Kapitel 7). Handlungsbereich a) ist hier nicht maßgebend, da es sich um eine bereits vorhandene Siedlung handelt, Handlungsbereich b) scheidet aus, da dadurch keine signifikanten Abfluss- und mithin Wasserspiegelsenkungen erzielt werden können.

Darüber hinaus gibt es noch den wichtigen Punkt d) der Hochwasservorsorge mit den Unterpunkten

- Bauvorsorge
- Risikovorsorge
- Verhaltensvorsorge
- Informationsvorsorge
- Vor- und Nachbereitung der Gefahrenabwehr

Während es sich bei der Bau- und der Risikovorsorge sowie der Vor- und Nachbereitung der Gefahrenabwehr um Handlungen und Aktivitäten handelt, die in „Trockenzeiten“ berücksichtigt bzw. umgesetzt werden müssen, betrifft die Verhaltens- und Informationsvorsorge den tatsächlichen Eintrittsfall.



Eine umfassende Verhaltens- und Informationsvorsorge beinhaltet das Ergreifen und Umsetzen von Maßnahmen im Zeitraum vom Bekanntwerden der Hochwassergefahr bis hin zum kritischen, schadenerzeugenden Wasserstand. Durch diese vorzeitigen Maßnahmen im Zusammenwirken mit der Bauvorsorge sollen Schäden weitestmöglich minimiert werden.

Die Voraussetzung für ein vorausschauendes und planvolles Handeln ist dabei die Informationsvorsorge, womit im Wesentlichen die Hochwasservorhersage gemeint ist. Je früher dabei die Warnung vor kritischen Hochwasserständen in hochwassergefährdeten Gebieten kommt, desto schneller kann die Vorsorge eingeleitet werden. Die Gefährdung durch ein Hochwasser, insbesondere für Menschen und Tiere, sowie die davon verursachten Schäden können so deutlich verringert werden.

Auch die Informationsvorsorge kann wiederum in „Trockenzeiten“ und „Hochwasserzeiten“ unterschieden werden. Zu den Maßnahmen und Handlungen in Trockenzeiten, die gleichzeitig Teil der Verhaltensvorsorge sind, zählen u.a. folgende Punkte:

- die Sichtung der verfügbaren Überschwemmungsflächen zur Planung und Umsetzung von Maßnahmen der Bauvorsorge
- die Verbreitung und Verteilung der Inhalte vorliegender Überschwemmungsgebietsausweisungen an die Bürger
- die Mitteilung vorliegender Informationsquellen (wo z. B. sind Überschwemmungsflächen abrufbar?), z. B. über Internetseiten (bspw. [www.elwasweb.nrw.de](http://www.elwasweb.nrw.de))
- die Aufstellung, Überprüfung und (soweit erforderlich) Übung eines Alarm- und Einsatzplanes für den Hochwasserfall
- Förderung der Bewusstseinsbildung und Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Hochwasserschutz, z.B. öffentlichkeitswirksame Dokumentation der Hochwassergefährdung durch Hochwassermerkmale, Informationsveranstaltungen, etc.

Im Hochwasserfall bedeutet die Informationsvorsorge in erster Linie die Bereitstellung von Informationen über die aktuelle Hochwassersituation/-lage. Konkret sollen dabei für die Krisenleitstellen, die Katastropheneinsatzkräfte und die Bürger folgende Fragen beantwortet werden:

- Wo tritt eine Überschwemmung auf ?
- Wann tritt diese Überschwemmung auf ?
- Wie viel Zeit bleibt für die Umsetzung von Maßnahmen/Evakuierung/Schutz von Gebäuden, etc. ?

Die Frage des Auftretens der Überschwemmung ist durch die vorliegende Untersuchung bekannt. Die zeitliche Entwicklung ist durch das NAM ebenfalls weitgehend bekannt. Aufgrund der Lage im Oberlauf ist eine große Vorwarnzeit nicht vorhanden (s. Kapitel 6.1.1).

In hydrologisch-hydraulisch so gelagerten Situationen können kommunale Frühwarnsysteme die Vorwarnzeit verbessern. Derzeit beschäftigen sich unterschiedliche Forschungsvorhaben mit dieser Aufgabenstellung.

## 8 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Für die Variante Hochwasserrückhaltebecken (s. Kapitel 7.1) wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchgeführt.

Dafür wird mit folgenden Eingangsdaten eine Kosten-Nutzen-Berechnung durchgeführt:

- Bau- und Unterhaltungskosten
- auftretende Schäden bei verschiedenen Überschwemmungsflächen

### 8.1 Bau- und Unterhaltungskosten

In Abstimmung mit dem BRW, werden folgende Kosten angesetzt:

Baukosten (brutto) mit Regeltechnik nach den a.a.R.d.T:

- 50 €/m<sup>3</sup> - und 75 €/m<sup>3</sup> inkl. Grunderwerb

Baukosten (brutto) ohne Regeltechnik (=ungesteuerte Anlagen) und ohne Grunderwerb:

- 30 m<sup>3</sup>/€

Mit einem Ansatz von 50 €/m<sup>3</sup> ergeben sich damit die in Tabelle 10 aufgeführten Kosten:

Tabelle 10: Kostenrahmen Baukosten HRB (Umsetzung alle Becken)

Maßnahme	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Gewählter Kosten- ansatz [€] / m <sup>3</sup>	Kosten [€]
Düssel - Becken 1	32.000	50,0	1.600.000
Düssel - Becken 2	15.200	50,0	760.000

Maßnahme	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Gewählter Kosten- ansatz [€] / m <sup>3</sup>	Kosten [€]
Düssel - Becken 3	42.400	50,0	2.120.000
Kleine Düssel - Becken 1	8.800	50,0	440.000
Kleine Düssel - Becken 2	37.600	50,0	1.880.000
Kleine Düssel - Becken 3	24.800	50,0	1.240.000
Kleine Düssel - Becken 4	66.400	50,0	3.320.000
Gesamtkosten alle Becken			11.360.000

Als Unterhaltungskosten (brutto) können folgende Werte angesetzt werden (Angaben für 7 Becken):

Tabelle 11: jährliche Unterhaltungskosten für 7 Becken [BRW, 2024]

Wartung/Inspektion:	19.000 € (alle 2 Wochen 1 Besuch der Anlage mit 3h Technischer Mitarbeiter (= 26 Wochen pro Jahr))
Fremdunternehmer	70.000 €/a
unvorhergesehenes	10.000 €/a
Summe:	100.000 €/a

Dementsprechend ergibt sich für ein Becken ein Wert von  $\sim 15.000 \text{ €/a}$ .

Gemäß der Fachanweisung „Orientierungswerte für laufende Kosten und durchschnittliche Nutzungsdauern von baulichen Hochwasserschutzanlagen“ [NLWKN, 2021] liegen die Jahreskosten bei Becken mit einem Speichervolumen bis 50.000 m<sup>3</sup> von 0,31 €/m<sup>3</sup>. Demnach ergeben sich etwas niedrigere Werte (s. Tabelle 12). Für die Berechnung werden diese Werte angesetzt.

Tabelle 12: jährliche Unterhaltungskosten auf Basis von [8]

Beckengröße [m <sup>3</sup> ]	Jährliche Unterhaltungskosten [€]
32.000	9.920

15.200	4.712
42.400	13.144
8.800	2.728
37.600	11.656
24.800	7.688
66.400	20.584
Summe	70.432

## 8.2 Schäden

Für die Jährlichkeiten  $HQ_{10}$ ,  $HQ_{20}$ ,  $HQ_{30}$ ,  $HQ_{50}$  und  $HQ_{100}$  werden über das Hydraulikmodell die jeweiligen Überschwemmungsflächen – und wassertiefen ermittelt. Diese bilden die Eingangsdaten für die Berechnung der resultierenden Schäden, die durch die Bezirksregierung Düsseldorf ermittelt und zur Verfügung gestellt wurden. Basis der Berechnung bildet dabei die BEAM (Basic European Assets Map; deutschlandweite Vermögenswertkartierung). Das BEAM-Verfahren wurde für die bundesweit einheitlichen Ermittlung von Schadenshöhen (=Hochwasserrisiken) im Sinne der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie entwickelt und findet erstmals im laufenden Zyklus (2022 - 2027) Anwendung. Für eine genauere Beschreibung wird auf den Ergebnisbericht verwiesen (s. [7]).

Den Berechnungen liegen standardisierte, von der Nutzungsart abhängige Schadenswerte zugrunde. Durch den standardisierten Ansatz kann nicht ausgeschlossen werden, dass durch Einzelobjekte von besonderem Wert die Schadenshöhen in Realität deutlich größer ausfallen.

Tabelle 13: Schäden in Abhängigkeit der Auftretenswahrscheinlichkeit  
[BR Düsseldorf, 2024]

Jährlichkeit	Kosten [€]
$HQ_{10}$	398.000
$HQ_{20}$	514.000
$HQ_{30}$	606.000
$HQ_{50}$	727.000

HQ <sub>100</sub>	1.000.000
-------------------	-----------

### 8.3 Berechnung der Schadenserwartungswerte

Der Schadenserwartungswert ergibt sich aus dem Integral der Funktion der Schadenswahrscheinlichkeit (s. Abbildung 62; rote Fläche unter der Kurve) und gibt an, welchen Betrag man jährlich zurücklegen muss, um die entstehenden Gesamtschäden innerhalb eines Bezugszeitraumes ausgleichen zu können. Dieser entspricht dem Schutzgrad der Maßnahmen (hier HQ<sub>100</sub>; Bezugszeitraum = 100 Jahre).

Die Schadenswahrscheinlichkeit ist hierbei die Beziehung zwischen der Auftretenswahrscheinlichkeit eines Hochwassers (HQ<sub>100</sub>:  $1/a=1/100=0,01$ ) und dem dazugehörigen Schaden (s. Kapitel 8.2).

Im folgenden Diagramm ist der Schadenserwartungswert (rote Fläche) dargestellt. Er wird über die Trapezformel berechnet.

Für die Schadenserwartung mit Umsetzung einer Hochwasserschutzmaßnahme ist der Schaden für Ereignisse, bei der die Maßnahme wirkt, gleich null.

Im vorliegenden Fall wird davon ausgegangen, dass die umgesetzten Hochwasserschutzmaßnahmen ein HQ<sub>100</sub> zurückhalten können und dementsprechend für häufigere Ereignisse keine Schäden auftreten.

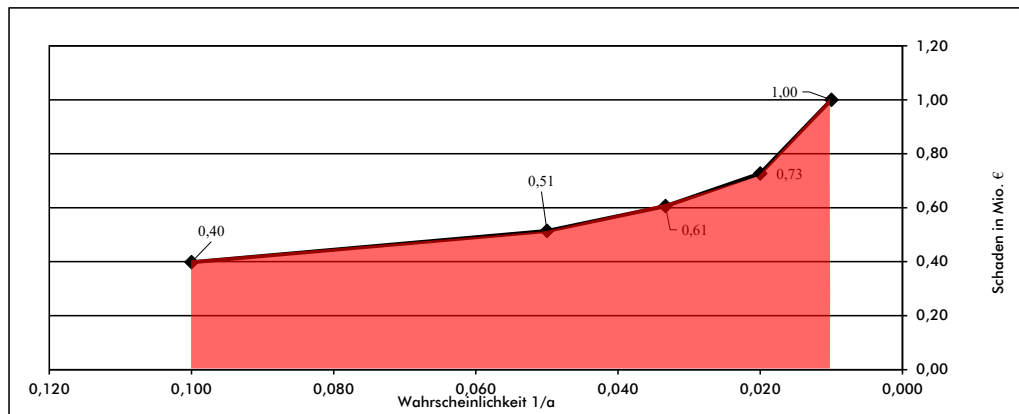


Abbildung 62: Funktion der Schadenswahrscheinlichkeit

Tabelle 14: Schadenserwartungswerte Gruiten

Wiederkehrzeit HQ <sub>x</sub>	Eintrittswahrscheinlichkeit 1/a	Differenz der Eintrittswahrscheinlichkeit	Schaden je Ereignis	Mittelwert des Schadens zwischen den Jährlichkeiten	Schadenserwartung pro Jahr in € (Differenz * Mittelwert)
10	0,100	0,050	398.000	456.000	22.800
20	0,050	0,017	514.000	560.000	9.333
30	0,033	0,013	606.000	666.500	8.887
50	0,020	0,010	727.000	863.500	8.635
100	0,010	0,009	1.000.000		
Schadenserwartung pro Jahr:					49.655

## 8.4 Finanzmathematische Aufbereitung der Maßnahmenkosten

Die Maßnahmenkosten bestehen neben den reinen Investitionskosten und den Unterhaltungskosten (s. Kapitel 8.1) aus den Abschreibungskosten.

Letztere müssen für die Kosten-Nutzen-Berechnung finanzmathematisch aufbereitet werden. Dabei wird ein Bezugszeitraum zu Grunde gelegt, der dem Schutzgrad der Maßnahmen entspricht (hier HQ<sub>100</sub>; Bezugszeitraum = 100 Jahre).

Folgende Annahmen werden getroffen:

- Unterhaltungskosten: 1 %/a der Maßnahmenkosten
- Realzinssatz: 3 %
- Zinszeitraum: 100 Jahre
- Kapitalwiedergewinnungsfaktor: 0,03165
- Diskontierungsfaktor: 31,5989

Die „Leitlinie zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen“ der LAWA [6] empfiehlt einen langjährigen Realzinssatz von  $i_{\text{Real}} = 3 \% \text{ p.a.}$ ; er berechnet sich zu  $i_{\text{Real}} = [(1 + i_{\text{Nominal}})/(1 + i_{\text{Inflation}})] - 1$ .

## 8.5 Kosten-Nutzen-Berechnung

---

In Anlehnung an die Leitlinien der LAWA [6] werden die auf den Bezugszeitpunkt umgerechneten Maßnahmenkosten auf zwei Arten bestimmt:

- Die Maßnahmenkosten werden als Projektkostenbarwerte (PKB) dem durch diese Maßnahmen vermeidbaren Gesamtschaden (Objektschäden) gegenübergestellt.
- Die Maßnahmenkosten werden als jährliche Kosten (JK) den verhinderten jährlichen Schadenserwartungen (s. Kapitel 8.3) gegenübergestellt.

Die Ergebnisse beider Verfahren werden für das Schutzziel (i. d. R. HQ<sub>100</sub>) als Kosten-Nutzen-Verhältnis (KNV) dargestellt. Liegt ein Kosten-Nutzen-Verhältnis unter 1, so sind die Investitionen für die Durchführung der Hochwasserschutzmaßnahmen für den betrachteten Zeitraum (hier 100 Jahre) wirtschaftlich rentabel. Eine Handlungsempfehlung wird i.d.R. erst ab einem



Kostennutzenverhältnis von 0,9 gegeben.

In Tabelle 15 sind die Ergebnisse der Berechnung für eine Umsetzung aller Becken dargestellt.

Folgende Werte gehen in die Ermittlung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses ein:

- Schadenserwartungswert (siehe Kapitel 8.3)
- Investitionskosten (s. Kapitel 8.1)
- Jährliche Unterhaltungskosten (s. Kapitel 8.1)
- Projektkostenbarwert:  

$$PKB = \text{Investitionskosten} + (\text{jährliche Unterhaltungskosten} * \text{Diskontierungsfaktor})$$
- Jahreskosten  

$$JK = \text{jährlichen Unterhaltungskosten} + (\text{Investitionskosten} * \text{Kapitalwiedergewinnungsfaktor})$$
- Kosten-Nutzen-Verhältnis Methode Projektkostenbarwert:  

$$\text{Projektkostenbarwerte} / \text{Schadensminderung HQ}_{100}$$
- Kosten-Nutzen-Verhältnis Methode Jahreskosten:  

$$\text{Jahreskosten} / \text{Minderung des Schadenserwartungswertes}$$

Beide Verfahren zeigen ein deutlich negatives Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Tabelle 15: Ergebnis Kosten-Nutzen-Verhältnis (vergrößerte Ansicht in Anhang A)

Bestand									
			Schaden HQ <sub>Extrem</sub>	Schaden HQ <sub>100</sub>	Schaden HQ <sub>50</sub>	Schaden HQ <sub>20</sub>	Schaden HQ <sub>10</sub>	Schaden HQ <sub>10</sub>	Schadenserwartung*
			€	€	€	€	€	€	€/a
Summe (gerundet)			0	1.000.000	727.000	606.000	514.000	398.000	50.000

Planung									
			Schaden HQ <sub>Extrem</sub>	Schaden HQ <sub>100</sub>	Schaden HQ <sub>50</sub>	Schaden HQ <sub>20</sub>	Schaden HQ <sub>10</sub>	Schaden HQ <sub>10</sub>	Schadenserwartung*
			€	€	€	€	€	€	€/a
Summe (gerundet)			0	0	0	0	0	0	0

Schadensminderung									
			Schadens-minderung HQ <sub>Extrem</sub>	Schadens-minderung HQ <sub>100</sub>	Schadens-minderung HQ <sub>50</sub>	Schadens-minderung HQ <sub>20</sub>	Schadens-minderung HQ <sub>20</sub>	Schadens-minderung HQ <sub>10</sub>	Minderung der Schadenserwartung
			€	€	€	€	€	€	€/a
Summe (gerundet)			0	1.000.000	727.000	606.000	514.000	398.000	50.000

**Kosten-Nutzen-Verhältnis [KNV]**

Investitionskosten [€]=	11.360.000
laufende Kosten**[€/a]=	70.432

Verfahren Projektkostenbarwert [PKB]:			
KNV =	$\frac{\text{Projektkostenbarwert [PKB]**[€]}}{\text{Schadensminderung HQ}_{100} [\text{€}]}$	→	$\frac{11.360.000 + (70.432 \cdot 31,6)}{1.000.000}$
			13,59

Verfahren Jahreskosten [JK]:			
KNV =	$\frac{\text{Jahreskosten [JK]**[€/a]}}{\text{Minderung der Schadenserwartung [€/a]}}$	→	$\frac{70.432 + (11.360.000 \cdot 0,03165)}{50.000}$
			8,60

Maßnahme wirtschaftlich (Wert unter 1) =   
 Maßnahme nicht wirtschaftlich (Wert über 1) =

\*Schadenserwartung = Summe der Differenz der Eintrittswahrscheinlichkeit \* Differenz der Schadenswahrscheinlichkeit je Jährlichkeit  
 \*\*laufende Kosten = 0,31 €/m³  
 \*\*\*PKB = Projektkostenbarwert (Investitionskosten + diskontierte laufende jährliche Kosten (Diskontierungsfaktor = 31,6))  
 \*\*\*\*JK = Jahreskosten (laufende jährliche Kosten + über Bezugsjahre verteilte Investitionskosten (Kapitalwiedergewinnungsfaktor = 0,03165))

## 8.6 Wirtschaftlichkeit bei Umsetzung eines Beckens

Grundsätzlich ist es denkbar, auch nur ein Hochwasserrückhaltebecken umzusetzen. Für diese Möglichkeit soll eine Aussage zur Wirtschaftlichkeit gemacht werden.

Ein mögliches Hochwasserrückhaltebecken an der Düssel oder der Kleinen Düssel kann ein Rückhaltevolumen entsprechend der in Tabelle 8 aufgeführten Volumina haben. Grundsätzlich ermöglichen solche Beckengrößen nur eine geringe Drosselwirkung. Daraus folgt eine entsprechend geringe Wirkung auf die Hochwasserwelle und mithin eine geringe Wirkung auf den resultierenden Schaden. Insofern fällt auch die Schadensminderung gering aus. Demgegenüber stehen die Bau- und Unterhaltungskosten eines Beckens (vgl. Tabelle 10 bzw. Tabelle 12).

Der Vergleich der Baukosten mit den auftretenden Schäden zeigt, dass bei fünf Becken alleine der Bau teurer ist als der auftretende (Einzel-)Schaden im Lastfall HQ<sub>100</sub>. I.d.R. ergibt sich ein positives Kosten-Nutzen-Verhältnis für den Zielzustand HQ<sub>100</sub> nur dann, wenn die Baukosten deutlich unter dem Einzelschaden eines HQ<sub>100</sub> liegen. Insofern ist davon auszugehen, dass die Umsetzung eines Hochwasserrückhaltebeckens im vorliegenden Fall kein positives Kosten-Nutzen-Verhältnis haben wird. Legt man als Maßstab ein



niedrigeres Hochwasserereignis an – also will man mit einem Becken die Wirkung bei einem kleineren Hochwasserereignis verbessern - wird das Verhältnis vermutlich noch schlechter ausfallen, da die Baukosten annähernd gleich hoch bleiben, während der verhinderte Schaden aufgrund der geringeren Gesamtschäden des kleineren Ereignisses geringer ausfallen wird.

## 9 Zusammenfassung

---

Der Ortsteil Gruiten-Dorf der Stadt Haan war im Juli 2021 von den regionalen Hochwasserereignissen im Süden Nordrhein-Westfalens betroffen. Hier fließen die Gewässer Düssel und Kleine Düssel.

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie sollen Überlegungen zur Verbesserung der Hochwassersituation angestellt werden. Dazu wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Aufstellung und Kalibrierung eines zweidimensionalen Hydraulikmodells für die Düssel und die Kleine Düssel auf Basis der Querprofildaten des vorliegenden eindimensionalen Modells für insgesamt ca. 10 km
- Aktualisierung des vorliegenden Niederschlag-Abflussmodells zur Ermittlung von Abflussganglinien (Düssel: 20, Kleine Düssel: 15) für verschiedene Jährlichkeiten als Randbedingung zur Einsteuerung in das 2D-Modell
- Ermittlung von vorhandenen Einlaufhöhen an potenziell betroffenen Wohnobjekten in Gruiten-Dorf durch terrestrische Vermessung

Folgende Ergebnisse können für den Bestand festgehalten werden:

- Die „schadlose Leistungsfähigkeit“ liegt bei einem Gesamtzfluss von Düssel und Kleiner Düssel bei ca. 12 m<sup>3</sup>/s. Dies entspricht einer

statistischen (nicht tatsächlichen) Auftretenswahrscheinlichkeit von < 10 Jahren.

- Die „Leistungsfähigkeit bei Inkaufnahme geringer Einstauhöhen“ liegt bei einem Gesamtabfluss von ca. 17 m<sup>3</sup>/s. Dies entspricht einer statistischen (nicht tatsächlichen) Auftretenswahrscheinlichkeit von ca. 20-25 Jahren.
- Das Naturschutzgebiet (NSG) und Flora-Fauna-Habitat (FFH) Neandertal im Unterwasser der Ortslage Gruiten mit seinen betrieblichen Belangen wie das Belassen von Totholz im Gewässer hat keine Auswirkungen auf die Hochwassersituation in Gruiten-Dorf, da ausreichend Abflussquerschnitt im Falle einer lokalen Einschränkung des Fließquerschnittes zur Verfügung steht, so dass kein signifikanter Aufstau entsteht.
- Die Kalkwerke H. Oetelshofen GmbH & Co. KG ca. 3 km im Oberwasser von Haan-Gruiten leiten Betriebswasser in die Düssel ein. Gemäß Planfeststellungsbeschluss ist diese Einleitung im Hochwasserfall auf Anweisung des BRW zu stoppen. Selbst wenn eine Einleitung erfolgen würde, ist die Einleitungsmenge (ca. 0,2 m<sup>3</sup>/s) im Vergleich zum auftretenden Hochwasserabfluss (12,5 m<sup>3</sup>/s) so gering, dass es nicht zu einer signifikanten Änderung der Hochwassersituation kommen würde.

Zur Verbesserung der Hochwassersituation wurden verschiedene Varianten mit folgenden Ergebnissen betrachtet:

- Hochwasserrückhaltung:

Im Einzugsgebiet von Düssel und Kleiner Düssel wurden sieben potenziell mögliche Beckenstandorte ermittelt. Die Standorte wurden dabei aufgrund ihrer topografischen und hydrologischen

Begebenheiten im Sinne von großen Volumina (=hohe Rückhaltewirkung) ausgesucht; weitere Aspekte (z.B. naturschutzfachliche Aspekte, Flächenverfügbarkeit) wurden explizit nicht berücksichtigt und müssen Gegenstand weiterer Betrachtungen sein.

Die "schadlose Leistungsfähigkeit" für die Ortslage Gruiten-Dorf kann mit den Becken nicht erreicht werden. Die maximal mögliche Drosselwassermenge liegt an der Düssel bei 13,22 m<sup>3</sup>/s. Für eine schadlose Leistungsfähigkeit müsste eine Drosselwassermenge von ca. 8 m<sup>3</sup>/s erzielt werden. Die maximal mögliche Drosselwassermenge liegt an der Kleinen Düssel bei 2,08 m<sup>3</sup>/s. Die für eine schadlose Leistungsfähigkeit notwendige Drosselung auf ca. 4 m<sup>3</sup>/s kann damit erzielt werden.

Bei Umsetzung aller ermittelten Beckenstandorte kann der Gesamtabfluss auf 15,3 m<sup>3</sup>/s gedrosselt werden. Die „Leistungsfähigkeit bei Inkaufnahme geringer Einstauhöhen“ mit einem Gesamtabfluss von ca. 17 m<sup>3</sup>/s kann somit erreicht werden. Letztendlich stellen die 17 m<sup>3</sup>/s aber nur einen *angenommen* Gesamtabfluss dar- auch der Abfluss von 15,3 m<sup>3</sup>/s erfüllt das Kriterium einer "Leistungsfähigkeit bei Inkaufnahme geringer Einstauhöhe". Die ohnehin erforderlichen Schutzmaßnahmen könnten entsprechend niedriger ausfallen.

Nach den vorgenommenen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (Kapitel 8.1) sind hierfür allerdings erhebliche Investitionen von deutlich mehr als 10 Mio. € erforderlich. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis ist deutlich negativ.

- Linienschutzmaßnahmen

Die Umsetzung von Linienschutzmaßnahmen (Hochwasserschutzwänden) erscheint aufgrund der erforderlichen großen Höhen und Längen nicht zielführend. Zudem besteht das Erfordernis zur

Schließung von Öffnungen im Linienschutz durch mobile Elemente an den Stellen, an denen der Zugang zu Objekten und Grundstücken erforderlich ist. Ästhetischen Aspekte durch den negativen Eingriff ins Ortsbild sprechen ebenfalls gegen eine solche Variante.

- Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit

Die Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit etwa durch eine Aufweitung oder durch einen zusätzlichen Durchlass sind nicht zielführend, da im Hochwasserfall der Unterwasserstand sowohl im Bereich der Düssel als auch der Kleinen Düssel sehr hoch sind. Dadurch ist die Wirkung solcher Maßnahmen gering. Zudem sind solche Maßnahmen baulich aufwendig und entsprechend kostenintensiv.

- Objektschutz

Die Umsetzung von individuellem Einzelobjektschutz zur Vermeidung von lokalem Wassereintritt – wie er bereits von einigen Anwohnern durchgeführt wurde – stellt eine wirkungsvolle Möglichkeit des Hochwasserschutzes dar. Dazu zählen druckwassersichere Ausführungen von Türen und Fenstern oder Sicherungssysteme solcher (z.B. Damm-balkensystemen), Erhöhungen von Eingangs- und Fensterschwellen (Aufkragungen) oder die Installation von Rückschlagklappen in Hausablaufleitungen.

Dauerhafte Objektschutzmaßnahmen sind mobilen, erst im Ereignisfall zu installierenden Maßnahmen vorzuziehen, da sie einen dauerhaften und somit betriebssichereren Schutz ermöglichen. Eine kostenintensive, ebenfalls gangbare Möglichkeit stellen automatische Schutzsysteme (z.B. Klappschotts) dar.

- Nutzung der Grube 7 als Rückhalteraum

Theoretisch ist es denkbar, den ca. 0,8 km oberhalb der Ortslage Gruiten-Dorf liegenden ehemaligen Kalksteinbruch „Grube 7“ als Hochwasserrückhalteraum zu nutzen. Die Höhenverhältnisse lassen eine Nutzung zu. Dazu müsste eine Rohrleitung mit einem Durchmesser von ca. 2 m auf einer Länge von ca. 200 m durch den anstehenden Höhenrücken hergestellt werden. Hierbei ist mit Kosten von ca. 5.000.000 Mio. € zu rechnen. Neben den ungeklärten Fragen zur technischen Machbarkeit, den Bau- und Unterhaltungskosten, den erforderlichen baulichen Maßnahmen im Ein- und Auslaufbereich sowie den Auswirkungen während des Baus und bei einer temporären Flutung auf die Flora- und Fauna im Naturschutzgebiet erscheinen alleine die Kosten als Ausschlusskriterium für diese Variante.

Letztendlich zeigt die Machbarkeitsstudie, dass keine der betrachteten Schutzmaßnahmen ideal ist, um den Hochwasserschutz der Ortslage Haan-Gruiten zu verbessern. Nach aktuellem Kenntnisstand ist individueller Objektschutz für die betroffenen Objekte am besten geeignet.

Auch bei Umsetzung ausreichender Maßnahmen zur Realisierung eines 100-jährlichen Hochwasserschutzes wäre ein Extremereignis wie im Juli 2021 weiterhin nicht beherrschbar. Es würde voraussichtlich zu erheblichen Überschwemmungen und damit einhergehenden Schäden in der Ortslage Haan-Gruiten führen.

Bearbeitet:

Minden, 25.04.2024

Norbert Weinert



## 10 Quellenangabe

- [1] STADT WUPPERTAL [10/2020]: ERSCHLIEßUNGSGEBIET LUDGERWEG IN WUPPERTAL VOHWINKEL ERLAUBNISANTRAG NACH §§ 8, 9 UND 10 WHG FÜR DIE EINLEITUNG DES REGENWASSERS IN DIE KLEINE DÜSSEL
- [2] NUJIC, DR.-ING. MARINKO [2018]: HYDRO-AS\_2D - EIN ZWEIDIMENSIONALES STRÖMUNGSMODELL FÜR DIE WASSERWIRTSCHAFTLICHE PRAXIS
- [3] DWA [2015]: MERKBLATT DWA-M 543-1 BIS 3: GEODATEN IN DER FLIEßGEWÄSSERMODELLIERUNG – ENTWURF
- [4] NUJIC, DR.-ING. MARINKO / HYDROTEC INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR WASSER UND UMWELT MBH [2015]: BENUTZERHANDBUCH FLUSSNETZGENERATOR
- [5] NUJIC, DR.-ING. MARINKO / HYDROTEC INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR WASSER UND UMWELT MBH [2018]: BENUTZERHANDBUCH LASER\_AS-2D
- [6] LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER [2012]: LEITLINIE ZUR DURCHFÜHRUNG DYNAMISCHER KOSTENVERGLEICHSRECHNUNGEN
- [7] MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT MECKLENBURG-VORPOMMERN [2020]: BEWERTUNG DES HOCHWASSERRISIKOS AUF DER GRUNDLAGE VON SCHADENSPOTENZIALEN - ANWENDUNG VON SCHADENSFUNKTIONEN IN REPRÄSENTATIVEN BEISPIELSREGIONEN - IM RAHMEN DES LÄNDERFINANZIERUNGSPROGRAMMS „WASSER, BODEN UND ABFALL“
- [8] NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ [2021]: FACHANWEISUNG „ORIENTIERUNGSWERTE FÜR LAUFENDE KOSTEN UND DURCHSCHNITTLICHE NUTZUNGSDAUERN VON BAULICHEN HOCHWASSERSCHUTZANLAGEN“



## Anhang

### Anhang A - Ergebnis Kosten-Nutzen-Verhältnis



Anhang A - Ergebnis Kosten-Nutzen-Verhältnis

Bestand									
			Schaden HQ <sub>Extrem</sub>	Schaden HQ <sub>100</sub>	Schaden HQ <sub>50</sub>	Schaden HQ <sub>30</sub>	Schaden HQ <sub>20</sub>	Schaden HQ <sub>10</sub>	Schadenserwartung*
			€	€	€	€	€	€	€/a
Summe (gerundet)			0	1.000.000	727.000	606.000	514.000	398.000	50.000

Planung									
			Schaden HQ <sub>Extrem</sub>	Schaden HQ <sub>100</sub>	Schaden HQ <sub>50</sub>	Schaden HQ <sub>30</sub>	Schaden HQ <sub>20</sub>	Schaden HQ <sub>10</sub>	Schadenserwartung*
			€	€	€	€	€	€	€/a
Summe (gerundet)			0	0	0	0	0	0	0

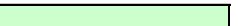

Schadensminderung									
			Schadens-minderung HQ <sub>Extrem</sub>	Schadens-minderung HQ <sub>100</sub>	Schadens-minderung HQ <sub>50</sub>	Schadens-minderung HQ <sub>30</sub>	Schadens-minderung HQ <sub>20</sub>	Schadens-minderung HQ <sub>10</sub>	Minderung der Schadenserwartung
			€	€	€	€	€	€	€/a
Summe (gerundet)			0	1.000.000	727.000	606.000	514.000	398.000	50.000

Kosten-Nutzen-Verhältnis [KNV]

Investitionskosten [€]=	11.360.000
laufende Kosten**[€/a]=	70.432

Verfahren Projektkostenbarwert [PKB]:				
KNV=	$\frac{\text{Projektkostenbarwert [PKB]***[€]}}{\text{Schadensminderung HQ}_{100} \text{ [€]}}$	→	$\frac{11360000 + (70432 * 31,6)}{1.000.000}$	→ 13,59

Verfahren Jahreskosten [JK]:				
KNV=	$\frac{\text{Jahreskosten [JK]***[€/a]}}{\text{Minderung der Schadenserwartung [€/a]}}$	→	$\frac{=70.432 + (11.360.000*0,03165)}{50.000}$	→ 8,60

Maßnahme wirtschaftlich (Wert unter 1) =   
 Maßnahme nicht wirtschaftlich (Wert über 1) = 

\*Schadenserwartung = Summe der Differenz der Eintrittswahrscheinlichkeit \* Differenz der Schadenswahrscheinlichkeit je Jährlichkeit

\*\*laufende Kosten = 0,31 €/m³

\*\*\*PKB = Projektkostenbarwert (Investitionskosten + diskontierte laufende jährliche Kosten [Diskontierungsfaktor = 31,6])

\*\*\*\*JK = Jahreskosten (laufende jährliche Kosten + über Bezugsjahre verteilte Investitionskosten [Kapitalwiedergewinnungsfaktor = 0,03165])

