

UNIVERSITÄT  
FÜR  
WASSERBAU  
UND  
KANALISATION



Für Zuwendungszwecke  
Fließgewässerentwicklung verwendet

# Maßnahmen zur naturnahen Gewässergestaltung an der Wagenfelder Aue

## Machbarkeitsstudie

**Auftraggeber:**  
Unterhaltungsverband  
Hunte  
Nienburger Straße 44  
49453 Rehden

**Verfasser:**  
INROS LACKNER SE  
Linzer Str. 3  
28359 Bremen

**Planungsleistung:**  
Machbarkeitsstudie

**Datum:**  
29.10.2018

## DOKUMENTKONTROLLBLATT

### Projektdaten

Auftraggeber: Unterhaltungsverband Hunte  
Projektbezeichnung: Machbarkeitsstudie zur naturnahen Gewässergestaltung an  
der Wagenfelder Aue

Dokument: Erläuterungsbericht zur Machbarkeitsstudie

Leistungsphase: Machbarkeitsstudie

Für Zuwendungszwecke  
Fließgewässerentwicklung verwandt

Projekt – Nr.: 2018-0342

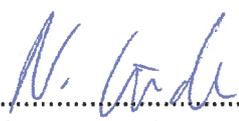
### Dokumentdaten

Verzeichnis:  
P:\2018\2018-0342\Projekt\05\08\01\_Machbarkeitsstudie  
Erstell-Datum: 29.10.2018

Revisions-Nr.: 00

### Bearbeitung und Dokumentprüfung

#### Bearbeitung:

  
.....  
i.V. M.Sc. Niklas Lücke

#### Gesehen

  
.....  
ppa. Dipl.-Ing. Hauke Krebs

Für Zuwendungszwecke  
Fließgewässerentwicklung verwendet

## Inhaltsverzeichnis

<b>DOKUMENTKONTROLLBLATT</b> .....	<b>1</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Grundlagen</b> .....	<b>4</b>
1.1 Untersuchungsgebiet.....	4
1.2 Bestehende Verhältnisse.....	5
1.3 Entwicklungsziele .....	6
1.4 Flurbereinigungsverfahren.....	8
1.5 Hydrologie und Hydraulik .....	9
1.6 Verwendete Unterlagen.....	9
1.7 Termine .....	9
<b>2 Maßnahmenvorschläge</b> .....	<b>10</b>
2.1 Maßnahmen zur Herstellung der ökologischen / faunistischen Durchgängigkeit.....	11
2.1.1 Grundlagen.....	11
2.1.2 Variantenvergleich.....	12
2.1.3 Vorzugsvariante Wagenfelder Aue – Raugerinne Beckenpass.....	12
2.1.4 Vorzugsvariante Seitenzuflüsse – Sohlgleite mit Störsteinen .....	13
2.2 Maßnahmen im Gewässerquerschnitt.....	14
2.2.1 Maßnahmen zur Profilanpassung.....	14
2.2.2 Einbau von Strömunglenker .....	16
2.2.3 Einbau von Totholzelementen .....	18
2.3 Maßnahmen im Gewässerumfeld.....	20
2.3.1 Anlage von Ufergehölze .....	20
2.3.2 Anlage von Gewässerrandstreifen .....	20
2.3.3 Anschluss von Altarmen .....	21
<b>3 Auswahl geeigneter Abschnitte</b> .....	<b>22</b>
3.1 Modulplanung .....	22
3.2 Eignungskriterien.....	23
3.2.1 Maßnahmen zur Herstellung der ökologischen / faunistischen Durchgängigkeit.....	23
3.2.2 Maßnahmen im Gewässerquerschnitt.....	24
3.2.3 Maßnahmen im Gewässerumfeld.....	25
3.3 Abschnittseinteilung.....	28
3.4 Priorisierung .....	29
3.5 Kombinierbarkeit.....	29
<b>4 Hydraulischer Nachweis</b> .....	<b>30</b>
4.1 Numerisches 1D Modell HEC-RAS .....	30
4.2 Datenaufbereitung .....	30
4.3 Modellerstellung .....	30
4.4 Hydraulischer Nachweis.....	31
<b>5 Bewertung der Maßnahmenvorschläge im Hinblick auf die     Gewässerunterhaltung</b> .....	<b>32</b>
<b>Anlagen</b> .....	<b>34</b>
<b>Anlage 01: HEC-RAS Ergebnisse Ist- Zustand</b> .....	<b>35</b>

<b>Anlage 02: HEC-RAS Ergebnisse Plan- Zustand.....</b>	<b>36</b>
<b>Anlage 03: HEC-RAS Ergebnisse Vergleich Plan- / Ist- Zustand .....</b>	<b>37</b>
<b>Anlage 04: Lagepläne .....</b>	<b>38</b>

# 1 Grundlagen

## 1.1 Untersuchungsgebiet

Die Wagenfelder Aue ist ein rechtsseitiger Nebenfluss der Hunte und verläuft im südlichen Bereich des Landkreises Diepholz in Niedersachsen. Mit einer Länge von ca. 26,3 km, einem mittleren Gefälle von 0,39 ‰ und einem Einzugsgebiet von ca. 203 km<sup>2</sup> entspringt sie südlich des Ortskerns Wagenfeld und mündet südöstlich des Ortskerns Barnstorf in die Hunte.

Die Wagenfelder Aue ist ein Gewässer II. Ordnung, liegt im Naturraum der Ems-Hunte-Geest- und Dümmer-Geestniederung und ist dem Gewässertyp „Sandgeprägter Tieflandbach“ (gem. LAWA: Fließgewässertyp 14) zugeordnet.

Im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie wird ein ca. 13,5 km Abschnitt von der Brücke der B214 bis zur Einmündung in die Hunte betrachtet (siehe Abbildung 1).

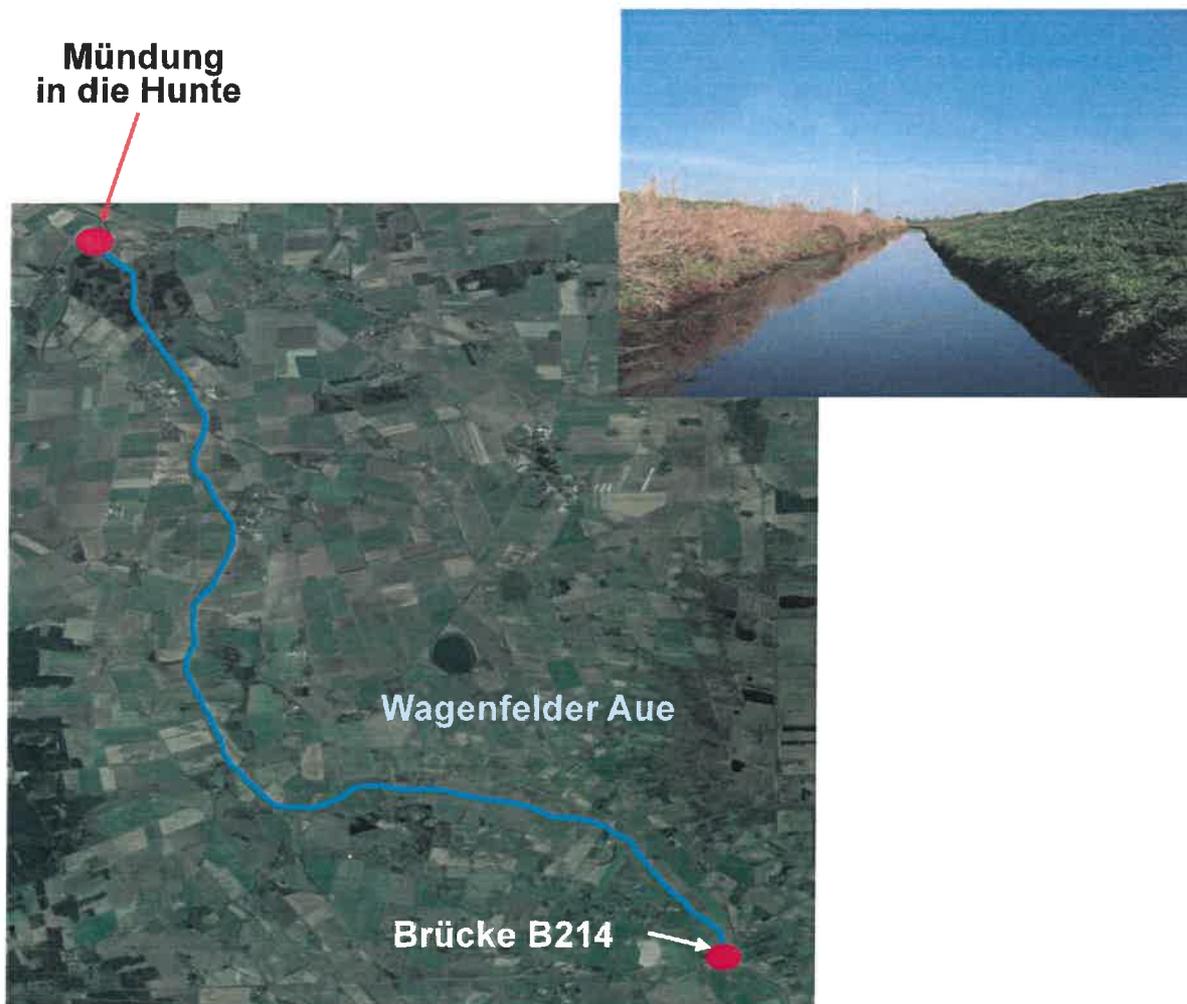


Abbildung 1: Planungsgebiet der Machbarkeitsstudie

## 1.2 Bestehende Verhältnisse

Im Zuge des Gewässerausbaus in den 1920er und 60er Jahren wurde das ursprünglich durch Steilufer, Mäanderschleifen, Kolke und Sandbänke geprägte Gewässer stark ausgebaut und zu einem strukturarmen, monotonen Kanal mit regelmäßigem Trapezprofil verändert. Der Ausbau diente in erster Linie der Entwässerung der umliegenden Flächen zur Verbesserung der landwirtschaftlichen Nutzbarkeit.

Der überbreite Ausbauquerschnitt entspricht einem Trapezprofil mit einer Sohlbreite zwischen 8 und 9 m, einer Böschungsneigung von 1:2,5, einem Sohlgefälle von 0,25 ‰ und einer mittleren Gewässerbreite von 20-24 m bei einer mittleren Einschnittstiefe von ca. 2,9 m. Der Regelquerschnitt weist eine Böschungsfußsicherung durch eine Steinschüttung auf einer Buschmatte mit Randfaschine auf.

Der ursprüngliche Gewässerquerschnitt wurde durch den Ausbau deutlich erweitert und der Gewässerverlauf gleichzeitig stark begradigt (vgl. Abbildung 2).

Dies erzeugte im Planungsgebiet eine Laufverkürzung um ca. 30 %, was zu deutlichen Sohleintiefungen und dem Verlust von Altarmstrukturen führte.

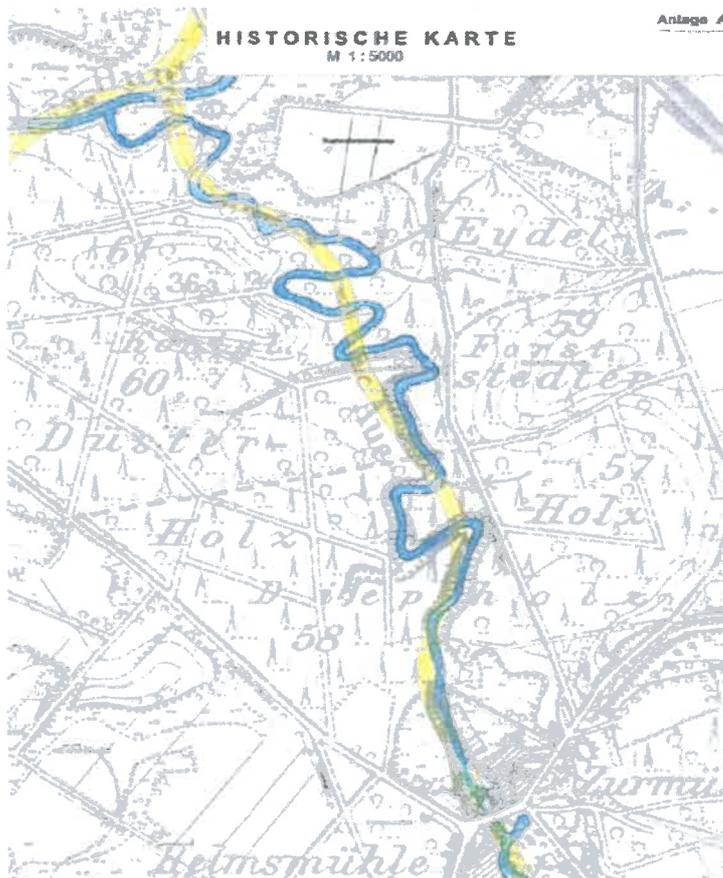


Abbildung 2: Historischer Verlauf (vor den Ausbaumaßnahmen) der Wagenfelder Aue im nördlichen Bereich vor Einmündung in die Hunte

Durch die Sohleintiefungen wurden auch die Verbindungen zu den natürlichen Auenflächen unterbrochen. Als Folge gingen ökologisch sehr wertvolle Bereiche wie Flachwasserzonen/Blänken, Röhrichte und der gewässerbegleitende Uferbewuchs mit naturraumtypischen Gehölzen der Weichholzaue größtenteils verloren.

Durch die strukturarme Gewässersohle und die stark veränderten Ufer- und Böschungsbereiche wurden viele wichtige Habitate für Fauna und Flora im Gewässer und im Gewässerumfeld zerstört. Die Nutzung der angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen erfolgt größtenteils bis an die Böschungsoberkante.

Durch die Errichtung von vier Sohlabstürzen mit einer Absturzhöhe von ca. 50 cm, wurde zusätzlich die ökologische Durchgängigkeit für wassergebundene Organismen vollständig unterbrochen.

### 1.3 Entwicklungsziele

Durch die im Bearbeitungsgebiet stattfindenden Raumneuordnungsverfahren ist derzeit eine ökologische Neubetrachtung und grundsätzlich die Durchführung von Maßnahmen zur naturnahen Gewässergestaltung an der Wagenfelder Aue möglich.

Das übergeordnete Ziel ist dabei die Verbesserung des Lebensraumes für naturraumtypische wassergebundene Lebensgemeinschaften.

Dieses Ziel soll über die nachfolgenden Teilentwicklungsziele erreicht werden (vgl. Abbildung 3)

#### **Teilentwicklungsziel Gewässermorphologie und Gewässerdynamik:**

- Erreichen der weitgehenden faunistischen Durchgängigkeit
- Entwicklung von vielfältig strukturierten Ufer-, Böschungs- und Sohlbereichen
- Anlegung besonderer Habitate und Strukturen (Kiesbänke, Totholz, u.a.)
- Initiierung und Förderung eigendynamischer Fließgewässerentwicklungsprozesse und natürlicher Sukzession

#### **Teilentwicklungsziel Wasserqualität:**

- Geringe Belastung mit Sedimenten
- Geringe Belastung mit organischen und anorganischen Stoffen

#### **Teilentwicklungsziel Gewässerumfeld:**

- Entwicklung standorttypischer Gehölzbestände für eine ausreichende Beschattung sowie als Nahrungsquelle für Klein- und Kleinstlebewesen im Gewässer und zur Erhöhung der Lebensraumdiversität
- Anlegung ausreichend breiter Gewässerrandstreifen und Sukzessionsflächen zur Verringerung der Nähr-, Schad- und Feststoffeinträge in die Wagenfelder Aue.



**Abbildung 3: Übersicht über die (Teil-) Entwicklungsziele an der Wagenfelder Aue**

Als wichtige Planungsvorgabe für alle im Folgenden betrachteten Maßnahmen gilt, dass immer auch die Interessen des Hochwasserschutzes, der Vorflutsicherung, der angrenzenden Nutzungen (z.B. Land- und Forstwirtschaft), der bestehenden und zukünftigen Eigentumsverhältnisse, der Limitationen durch Siedlungen und Verkehrseinrichtungen, sowie des Landschaftschutzes berücksichtigt werden müssen.

Es gilt somit, die angestrebten Maßnahmen auf eine entsprechend ausbalancierte Umsetzbarkeit / Machbarkeit vor dem Hintergrund der Entwicklungsziele unter Berücksichtigung der Limitationen hin zu prüfen.

## 1.4 Flurbereinigungsverfahren

Angrenzend an das Bearbeitungsgebiet der Machbarkeitsstudie werden zum aktuellen Zeitpunkt die 4 Raumneuordnungsverfahren Düste, Donstorf, Dörpel und Barver Nord bearbeitet. In der folgenden Abbildung 4 sind die Bezirke in einer Übersicht dargestellt. Für eine natürliche und dynamische Gewässerentwicklung sind die an das Gewässer angrenzenden Flurstücke von besonderer Bedeutung. Im Zuge der laufenden Raumneuordnungsverfahren wird nun die ökologische Neubetrachtung der Wagenfelder Aue und die gegebenenfalls Neuzuteilung von benötigten Flächen im Gewässerumfeld ermöglicht.

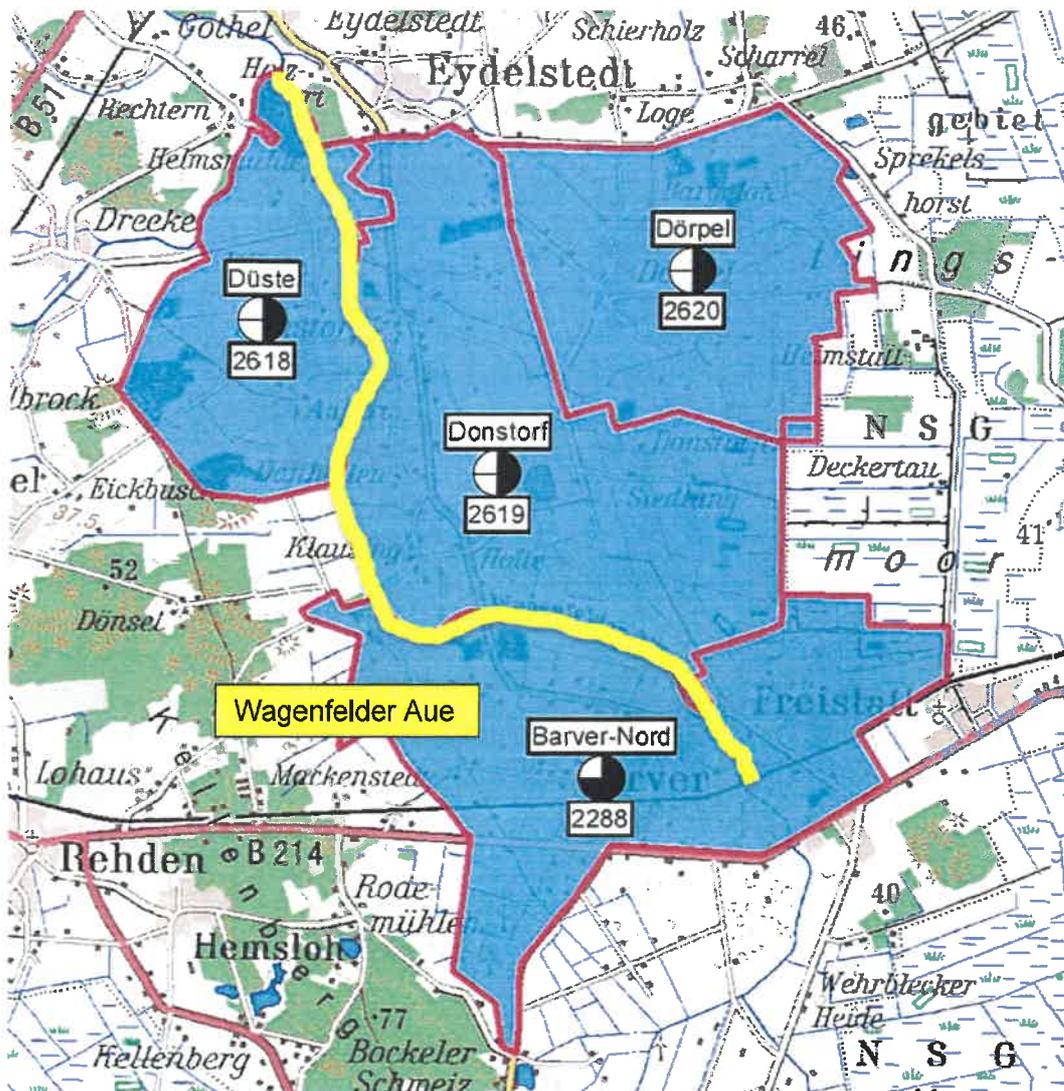


Abbildung 4: Aktuelle Raumneuordnungsverfahren im Bearbeitungsgebiet

## 1.5 Hydrologie und Hydraulik

Für die hydrologischen und hydraulischen Betrachtungen im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie werden die vom NLWKN übermittelten Abflussdaten des nahegelegenen Pegels Düste herangezogen, die aus den Jahren 1973 – 2013 gemittelt wurden.

**Tabelle 1: Bemessungsabflüsse und Wasserstände am Pegel Düste**

	<b>Abfluss [m³/s]</b>	<b>Wassertiefe [m]</b>
MNQ	0,194	0,51
MQ	1,39	0,77
MHQ	12,30	1,58
HHQ	32,40	2,61

## 1.6 Verwendete Unterlagen

- Tischvorlage Ak. Sitzung 02.2015
- Bestandsunterlagen zum Ausbau der Wagenfelder Aue, 1967
- Hydraulische Berechnung HQ 100, Ingenieurbüros Pabsch & Partner, 2004

## 1.7 Termine

**Tabelle 2: Übersicht bisheriger Termine**

<b>Termin</b>	<b>Datum</b>	<b>Teilnehmer</b>
Startgespräch	31.07.18	UHV, NLWKN, IL
Abstimmungstermin mit Amt für regionale Landesentwicklung (ARL)	17.08.18	ARL, IL
Abstimmungstermin Planungsstand	17.09.18	UHV, IL
Abstimmungstermin Planungsstand	15.10.18	UHV, NLWKN, ARL, IL

## 2 Maßnahmenvorschläge

Alle im Folgenden beschriebenen Maßnahmenvorschläge dienen dem übergeordneten Ziel, den Lebensraum für naturraumtypische wassergebundene Lebensgemeinschaften zu verbessern.

In Anlehnung an den *Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer Teil A, Fließgewässer, Morphologie* (NLWKN, 2008) soll dazu die ökologische Durchgängigkeit hergestellt werden und Trittsteine zur Verbesserung des ökologischen Potentials und zur Unterstützung der Biotopvernetzung vor dem Hintergrund der Umsetzung der WRRL entstehen.

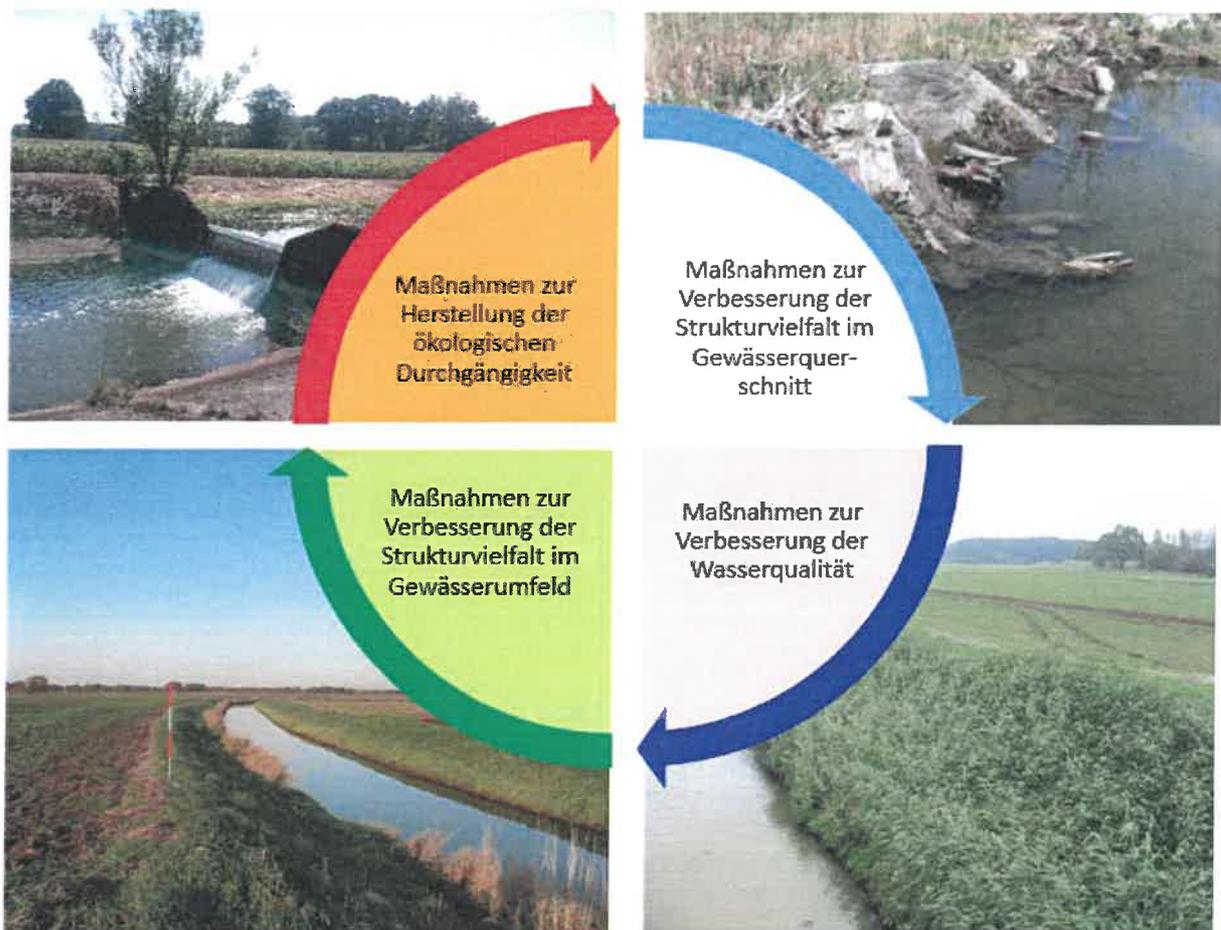


Abbildung 5: Übersicht über die auf die Teilentwicklungsziele abgestimmten Maßnahmenvorschläge

## 2.1 Maßnahmen zur Herstellung der ökologischen / faunistischen Durchgängigkeit

Dieses Teilentwicklungsziel entspricht grundsätzlich der Maßnahmengruppe 9 („Maßnahmen zur Herstellung der linearen Durchgängigkeit“) gemäß *Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer Teil A, Fließgewässer, Morphologie* (NLWKN, 2008). Eine genauere Differenzierung bzgl. der Maßnahmensteckbriefe erfolgt unten.

### 2.1.1 Grundlagen

Wichtiges Ziel der Maßnahme ist die Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit in der Wagenfelder Aue. Zur Erreichung dieses Ziels sind sämtliche Querbauwerke an der Wagenfelder Aue durchgängig umzugestalten. Hierzu zählen:

- 3 Sohlabstürze in der Wagenfelder Aue
- 1 Sohlabsturz an der Ausleitung zur Hunte
- 3 Sohlabstürze an den Anschlüssen zu den Nebengewässern mit einer ständigen Wasserführung: Sohlabsturz I (Freistätter Moorkanal), Sohlabsturz II (Dickeler Kanal) Sohlabsturz III (Tüske)

Die Sohlabstürze haben eine Absturzhöhe von ca. 50 cm. Die Stauwirkung von bis zu ca. 75 cm wird durch einen Querriegel aus Stahlbeton mit ca. 2 m Breiter Öffnung und manuell einsetzbaren Staubalken gesteuert.



**Abbildung 6: Sohlabschleuse Nr. II in der Wagenfelder Aue**

Als wichtige Randbedingung ist einzubeziehen, dass die Stauwirkung in der Wagenfelder Aue nach der Umgestaltung weiterhin für Unterhaltungsarbeiten gewährleistet werden muss. In den Nebengewässern ist der Erhalt der Stauwirkung nach dem Umbau nicht weiter erforderlich.

### 2.1.2 Variantenvergleich

Wie bereits unter 2.1.1 erläutert ist das Ziel die ökologisch durchgängige Umgestaltung der Sohlabstürze in der Wagenfelder Aue. Um dieses Ziel zu erreichen, eignen sich unterschiedliche Varianten von naturnahen Sohlbauwerken, die im Folgenden dargestellt und bezüglich Ihrer Wirkungsweise bezogen auf o.g. Ziele gegenübergestellt werden sollen. Die Anlagen sind gemäß der jeweiligen Referenzzönose auszulegen.

#### Variante 1: Umgehungsgerinne

- Erhalt des bestehenden Sohlabsturzes
- Umgehungsgerinne als Raugerinne mit Beckenpass
- Aufteilung des Abflusses auf Hauptquerschnitt und Umgehungsgerinne
- Flächenverfügbarkeit im direkten Umfeld des bestehenden Sohlabsturzes erforderlich

#### Variante 2: Sohlgleite

- Abbau der Höhendifferenz über gewässerbreites Raugerinne
- Gefälle von  $< 1:20$
- Uneingeschränkte Durchgängigkeit auf gesamter Gewässerbreite
- Niedrigwasserrinne zur Aufrechterhaltung der Durchgängigkeit bei NQ
- Eignet sich besonders bei geringer Höhendifferenz
- Vorteil: geringere Baukosten, Flächenbedarf und Unterhaltungsaufwand

#### Variante 3: Raugerinne Beckenpass

- Erhalt der Stauwirkung durch Querriegel aus Naturraumtypischem Material
- Abbau der Höhendifferenz über kaskadenförmig angelegte Becken
- Leitströmung entlang der Durchlassöffnungen für aufwärtswandernde Fische
- Strömungsberuhigte Bereiche für Jungfische in den Rückströmzonen der Becken
- Einbindung des bestehenden Bauwerks

### 2.1.3 Vorzugsvariante Wagenfelder Aue – Raugerinne Beckenpass

Als Vorzugsvariante für die Herstellung der Durchgängigkeit in der Wagenfelder Aue wird der Raugerinne Beckenpass vorgeschlagen, da mit dieser Bauweise die Durchgängigkeit für Fische und Makrozoobenthos bei gleichzeitigem Erhalt der Stauwirkung durch den Erhalt der bestehenden Querbauwerke gewährleistet werden kann.

Diese Vorzugsvariante entspricht dem Maßnahmensteckbrief 9.3 gemäß *Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer Teil A, Fließgewässer, Morphologie* (NLWKN, 2008).

Die folgende Skizze zeigt einen ersten Entwurf des Sohlbauwerks:

### Raugerinne Beckenpass

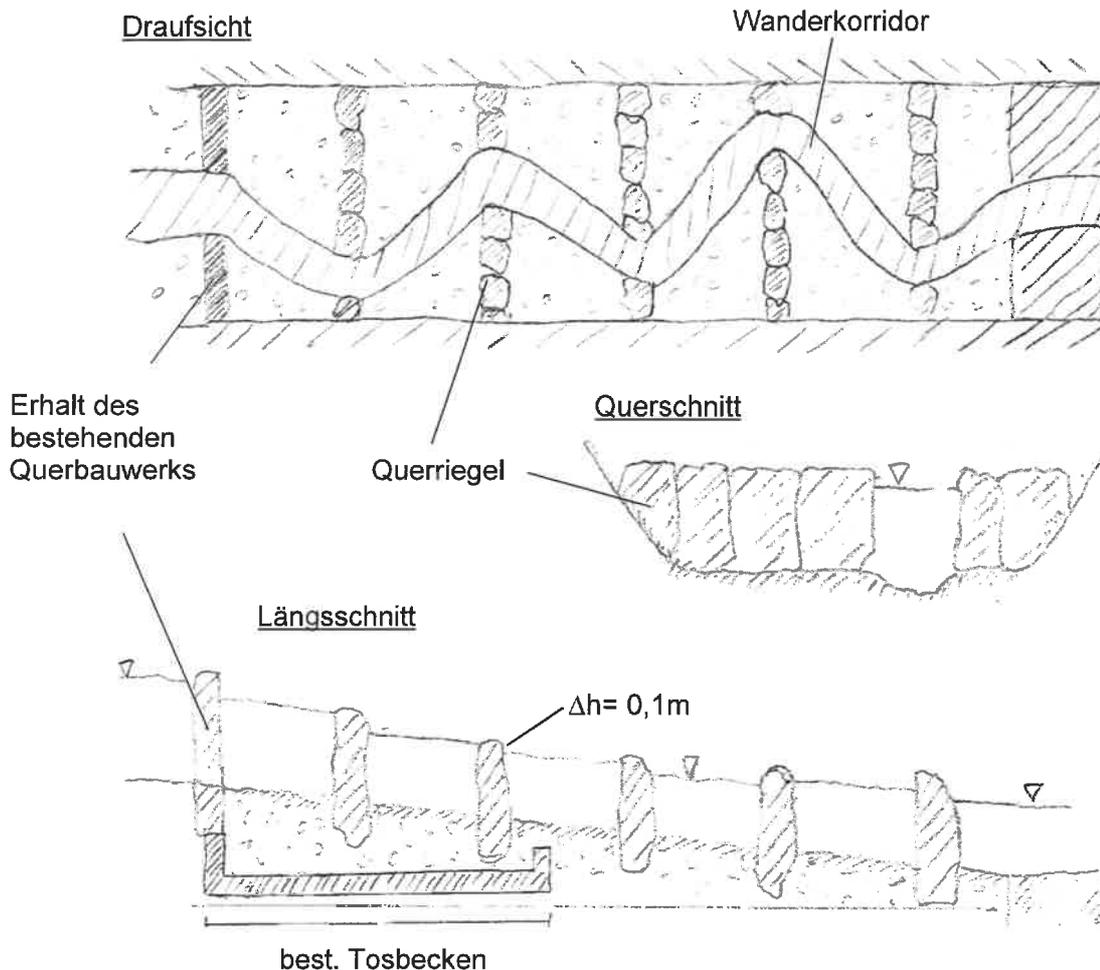


Abbildung 7: Handskizze Raugrinne Beckenpass

Um die Durchwanderbar- und Auffindbarkeit des Beckenpasses auch für bodennah wandernde Fischarten und Makrozoobenthos zu ermöglichen, wird empfohlen, die Sohle besonders im Bereich des bestehenden Betonbauwerks durch das Einbringen einer Kiesschüttung mit einem sohlgleichen Anschluss zu versehen und somit durchgängig zu gestalten.

#### 2.1.4 Vorzugsvariante Seitenzuflüsse – Sohlgleite mit Störsteinen

In den Nebengewässern ist der Erhalt der Stauwirkung nicht erforderlich. Als Vorzugsvariante wird hier der Bau einer Sohlgleite vorgeschlagen.

Diese Vorzugsvariante entspricht dem Maßnahmensteckbrief 9.1 bzw. 9.2 gemäß *Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer Teil A, Fließgewässer, Morphologie* (NLWKN, 2008).

Die folgende Skizze zeigt einen ersten Entwurf des Sohlbauwerks:

### Sohlgleite mit Störsteinen

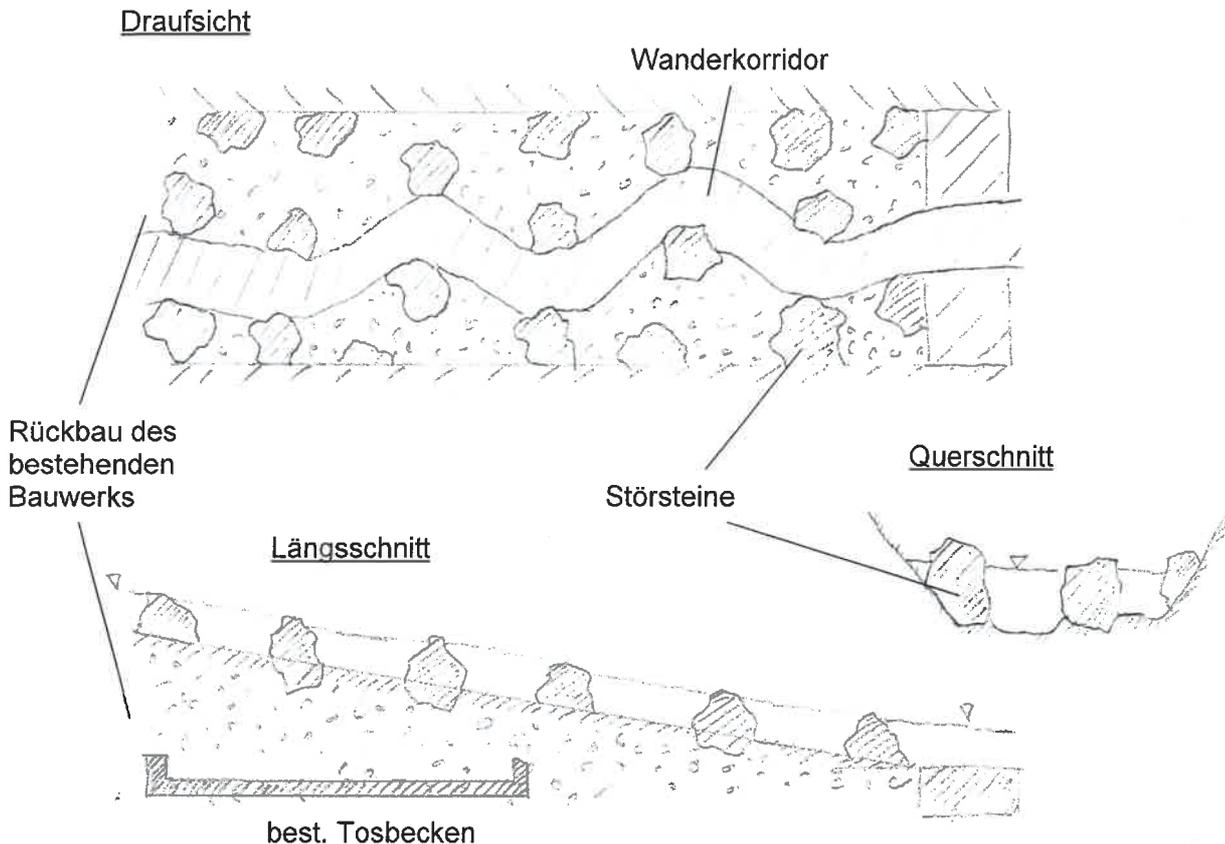


Abbildung 8: Handskizze Sohlgleite mit Störsteinen

## 2.2 Maßnahmen im Gewässerquerschnitt

### 2.2.1 Maßnahmen zur Profilanpassung

Der derzeitige Abflussquerschnitt der Wagenfelder Aue entspricht einem überbreiten Ausbauzustand, in welchem sich bei den vorhandenen Abflüssen i.d.R. ungünstige Fließverhältnisse und Wasserstände einstellen.

Um das Gewässer in einen naturnahen, ökologisch wertvolleren Zustand zu versetzen, sind deshalb verschiedene Maßnahmen zur Anpassung des Abflussprofils notwendig.

Die in der Projektbeschreibung genannten Maßnahmenvorschläge umfassen dabei eine „Anpassung des Abflussprofils auf einer Lauflänge von ca. 13,5 km durch Massenausgleich im Querprofil“.

Konkret benannt wird dabei, dass die gewünschte Einengung der Gewässersohle auf ca. 5,0 m Breite durch den Einbau einer Feuchtberme umgesetzt werden soll. Diese Feuchtberme soll dabei durch den Einbau einer Faschinenwand und anschließender Hinterfüllung mit Boden (entnommen aus der jeweils anliegenden Böschung) angelegt werden.

Durch die Kombination aus lokaler Einengung im Bereich der Gewässersohle, bei gleichzeitiger Aufweitung im höherliegenden Teil des Abflussprofils können parallel mehrere Ziele der ökologischen Aufwertung erreicht werden:

- Die Veränderung des monotonen Trapezprofils durch die lokale Uferabflachung trägt zu einer naturraumtypischeren Ufergestaltung bei.
- Wenn die Feuchtbermen so angelegt werden, dass sie eine Einengung im Bereich des MNW bewirken, erfolgt eine Anhebung des Wasserstandes bei Niedrigwasserabfluss, so dass in niederschlagsarmen Zeiten eine Mindestwassertiefe und eine Mindestfließgeschwindigkeit aufrechterhalten werden.
- Wenn die Feuchtberme bei MW leicht überströmt wird, entsteht eine zeitweise feuchte, zeitweise trockenfallende Wasserwechselzone, welche eine Vielzahl ökologisch hochwertiger Habitate beinhaltet.
- In Bereichen, in denen die Feuchtbermen aufgrund der zur Verfügung stehenden Flächen eine gewisse Breite erreichen können, kann in Blänken auch bei sinkenden Pegelständen Wasser kleinräumig zurückgehalten werden, so dass lokale Flachwasserzonen entstehen können.
- Durch die regelmäßige Überströmung bei MW entwickeln sich auf diesen Feuchtflächen im Zuge der natürlichen Sukzession ökologisch wertvolle Röhrichtzonen. Gezielte Röhrichtanpflanzungen sind dazu i.d.R. nicht nötig.
- Die Anlegung der Feuchtbermen an der Gleituferseite unterstützen die Prozesse der natürlichen Sukzession.
- Gewässerbegleitende Gehölzpflanzungen im Uferbereich können je nach Standort als Gruppen- oder Reihenbepflanzung angelegt und sich zu standorttypischen Gehölzstrukturen der Weichholzaue entwickeln.
- Der Gehölzsaum dient anschließend der ingenieurb biologischen Sicherung des „Prallhangs“ gegenüber der Feuchtberme am „Gleithang“ und begrenzt somit ggf. auftretende Erosionsprozesse im Wasserwechselbereich zwischen Mittel- und Hochwasser.
- Durch die Entnahme des für die Anlegung der Feuchtberme benötigten Bodens aus der anstehenden Böschung kann die Berme durch Erdmassenausgleich angelegt werden, ohne dass Boden aus anderen Bereichen gewonnen und antransportiert und im Gegenzug kein entnommener Boden abtransportiert werden muss.
- Durch die Kombination aus Einengung und Aufweitung wird eine Hochwasserneutralität gewährleistet und der wasserwirtschaftlichen „Funktion“ des Gewässers entsprochen. Die Flachwasserzonen der Feuchtbermen dienen dabei als Retentionsraum / „Puffer“ bei Hochwasser.
- Durch das Zulassen der natürlichen Entwicklungsprozesse im Bereich der Röhrichtzonen und der abgeflachten Böschungen kann der Unterhaltungsaufwand lokal deutlich reduziert werden.

Die o.g. Maßnahmen zur Verbesserung der Strukturvielfalt im Gewässerquerschnitt entsprechen in erster Linie der Maßnahmengruppe Nr. 3 („Vitalisierungsmaßnahmen im vorhandenen Profil“, Steckbrief 3.2), wenn diese lediglich im vorhandenen Profil durchgeführt werden.

Bei an den Ufern zusätzlich zur Verfügung stehenden Flächen können die Maßnahmen auch der Maßnahmengruppe Nr. 2 („Maßnahmen zur Förderung der eigendynamischen Gewässerentwicklung“, Steckbriefe 2.2 bis 2.5) gemäß *Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer Teil A, Fließgewässer, Morphologie* (NLWKN, 2008) zugeordnet werden.

Der Flächenbedarf am „Gleithang“ zur Anlegung der Feuchtberme entspricht mindestens einer Breite von 5-10 m. Bei darüberhinausgehender Flächenverfügbarkeit könnten die Bereiche der Blänken und Retentionsräume entsprechend erweitert werden, so dass sie in den Maßnahmenbereich Nr. 8 („Maßnahmen zur Auenentwicklung“) gemäß *Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer Teil A, Fließgewässer, Morphologie* (NLWKN, 2008) vergrößert werden können.

### 2.2.2 Einbau von Strömungsenker

Eine wichtige Maßnahme zur naturnahen Umgestaltung der teilweise sehr geradlinigen Gewässerabschnitte der Wagenfelder Aue ist die gezielte Initiierung einer Mäandrierung durch den Einsatz von lokal querschnittsverengenden Leitwerken bzw. Strukturelementen zur Strömungsenkung. Bevorzugt sollen dazu wechselseitig angelegte, inklinante (Stein-) Buhnen genutzt werden.

Durch die Einbringung dieser Elemente im Bereich der Wasserspiegellagen von Niedrig- und Mittelwasser konzentriert sich die Strömung im Bereich der Querschnittseinengung und die Fließgeschwindigkeit wird erhöht. Im Strömungsschatten der Strömungsenker hingegen reduziert sich die Fließgeschwindigkeit was zu Anlandungen und der Bildung von Feinsediment- oder Sandbänken führt.

Durch diese Strömungsdiversität entstehen verschiedene Strömungszonen. Diese dienen als Habitate für unterschiedliche Organismen bzw. unterschiedliche Entwicklungsstadien der Organismen.

Die lokal veränderten Strömungsverhältnisse sorgen gleichzeitig für eine Substratvariabilität in der Gewässersohle und Böschungsabbrüche auf der gegenüberliegenden Seite. Dabei ggf. entstehende Steilhänge bieten optimale Voraussetzungen für die Anlegung von Brutstätten seltener Vogelarten (z.B. Eisvogel), besonders in Kombination mit entsprechend anzulegenden Ansitzwarten.

Die Initiierung von Seiten- und Tiefenerosion durch gezielte Strömungsenkung ermöglicht eine natürlichere Laufentwicklung im Rahmen der zur Verfügung stehenden Flächen.

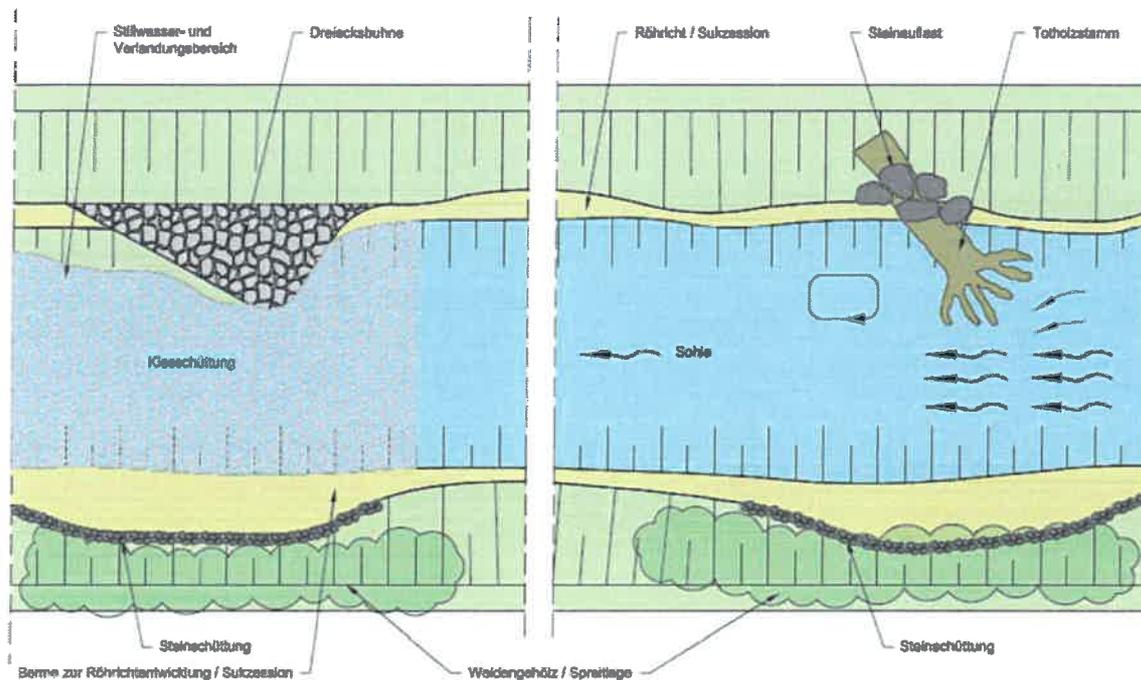
Um zu starke Auskolkungen im Bereich der durch die Einengung zunächst schneller strömenden Abschnitte zu verhindern, wird die Sohle im Bereich der Buhnen durch eine Kiesschüttung gesichert. Auf diese Weise entstehen auch hier neue Habitate wie z.B. Laichhabitate für Kieslaicher.

Die zu erwartenden Uferabbrüche werden durch punktuell eingesetzte ingenieurbioologische Sicherungsmaßnahmen begrenzt.

Geeignete Maßnahmen sind hier z. B. Spreitlagen, Böschungsfußsicherungen durch lokal begrenzte Steinschüttungen und gezielte Gehölzpflanzungen zur Stabilisierung des anstehenden Bodens.

An besonders erosionsgefährdeten Stellen der Böschungen bzw. bei besonders engen Platzverhältnissen des Gewässerrandstreifens oder anstehender Bebauung kann auch eine Magerrasenmischung zur initialen Befestigung eingesät werden, um Abspülungen entgegenzuwirken.

Die Positionierung der Buhnen muss natürlich im Einklang mit angrenzenden Maßnahmen (z.B. Anlegung von Feuchtbermen, s.o.) und erneut unter Berücksichtigung der unter 1.3 genannten bestehenden Limitationen erfolgen.



**Abbildung 9: Beispiel für strömungslenkende Steinbuhnen aus einem ähnlich gelagerten Projekt an der oberen Hunte**

Strömungslenker können grundsätzlich als technische Bauwerke in Form von Steinbuhnen mit einem Mischkornfilter aus Kies und Wasserbausteinen hergestellt werden. Sie werden dann i.d.R. keilförmig profiliert und mit Kies abgedeckt.

Die in den Unterlagen zur Angebotsanfrage konkret genannten Angaben (Buhnen im Abstand von rd. 40 - 70 m, Längsneigung von ca. 1: 15), müssen dann im weiteren Planungsverlauf geprüft werden. Eine Überprüfung der grundsätzlichen hydraulischen Machbarkeit erfolgt unter 4.4.

Alternativ können Strömungslenker auch naturnah gestaltet werden. Eine Möglichkeit ist hier das Einbringen von Rau- oder Sturzbäumen, die aufgrund ihrer Struktur neuen Lebensraum für verschiedene Organismen darstellen und zur Bildung weiterer morphologischer Strukturen führen.

Die o.g. Maßnahmen und deren Auswirkungen auf die Verbesserung der Struktur- und Strömungsvielfalt im Gewässerquerschnitt entsprechen der Maßnahmengruppe Nr. 1 („Bauliche

Maßnahmen zur Bettgestaltung und Laufverlängerung“, Steckbrief 1.2, 1.3), der Maßnahmen-  
gruppe Nr. 2 („Maßnahmen zur Förderung der eigendynamischen Gewässerentwicklung“,  
Steckbriefe 2.2, 2.5) und der Maßnahmengruppe Nr. 3 („Vitalisierungsmaßnahmen im vorhan-  
denen Profil“, Steckbrief 3.1) gemäß *Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer  
Teil A, Fließgewässer, Morphologie* (NLWKN, 2008).

Der Flächenbedarf am Ufer, an dem der Strömungsenker angelegt wird, reduziert sich auf den  
bestehenden Bereich der Böschung, da an dieser Uferseite lediglich die Verankerung des Leit-  
werks erfolgt.

Auf der gegenüberliegenden Seite („Prallhang“) sollte eine Mindestbreite von 2-5 m zur Ent-  
wicklung einer Mäandrierung mit entsprechend benötigter Erosion zur Verfügung stehen.

### 2.2.3 Einbau von Totholzelementen

Totholzelemente haben sowohl eine direkte Funktion als Lebensraum als auch vielfältige  
Wirkungen auf die Strukturvielfalt im Gewässer und sind somit wichtiger Bestandteil für die  
morphologischen Prozesse und die biologische Vielfalt von natürlichen Fließgewässern.

Von den neu entstehenden Lebensräumen und Nahrungsquellen profitieren besonders  
verschiedene Insekten(-larven), Amphibien, Vögel aber auch zahlreiche Fischarten.  
Besonders bei mittlerem Abfluss und Hochwasser bilden sich im Strömungsschatten  
strömungsberuhigte Bereiche aus, die optimalen Schutz für Jungfische vor zu starker  
Strömung bieten.



**Abbildung 10: Beispiel für das Einbringen von Totholz: Wurzelstock**

Im Umfeld des Totholzes bilden sich lokale Kolke aus und im Strömungsschatten der eingebrachten Elemente entstehen strömungsberuhigte Bereiche, wodurch sich im Umfeld der Totholzelemente eine deutlich erhöhte Strömungsvielfalt im Gewässer und eine erhöhte Strukturvielfalt an der Gewässersohle einstellt.

Die Einbringung von Totholz dient somit in erster Linie der Förderung der Eigenentwicklung bzw. des Geschiebegleichgewichts des Gewässers.

Bei Hochwasserereignissen hält Totholz anfallendes organisches Material zurück, was als Nahrung für wirbellose Tiere dient. Totholz bildet auf diese Weise einen wichtigen Funktionsraum als Nahrungs- und Lebensraum für Fische und wirbellose Tiere.

Neben der lokalen Strukturverbesserung können Totholzelemente auch als Strömunglenker eingesetzt werden, wodurch ein Mäandrieren und Laufverlegung initiiert werden kann (vgl. 2.2.2).

Vorrangiges Ziel sollte es sein, Totholz, wo immer möglich, im Gewässer zu belassen und den natürlichen Totholzeintrag zu fördern.

Neben den positiven Auswirkungen für die Gewässer können jedoch durch das Belassen oder den aktiven Einbau von Totholzelementen negative Entwicklungen in Gang gesetzt werden. Nicht gesicherte Totholzstämmen können durch Abschwimmen zu Totholzakкумуляtionen führen, die besonders im Bereich von Durchlässen oder Brücken zu einem Rückstau führen können. Totholzstämmen müssen daher i.d.R. beim Einbau mit einem Steinauflager gesichert werden.

Die hydraulische Leistungsfähigkeit und das zu erhaltende wasserwirtschaftliche Leitbild des Gewässers müssen bei der Einbringung von stark strömungsbeeinflussenden Elementen wie Totholz auf Anzahl und Anordnung der Elemente berücksichtigt werden.

Eine Überprüfung der grundsätzlichen hydraulischen Machbarkeit erfolgt unter 4.4.

Die o.g. Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstruktur- und Strömungsvielfalt entsprechen in erster Linie der Maßnahmengruppe Nr. 5 („Maßnahmen zur Verbesserung der Sohlstrukturen durch den Einbau von Festsubstraten“, Steckbrief 5.2, 5.3).

Aufgrund der o.g. Schnittmenge zu den Maßnahmen zur Strömungslenkung, kann der Einbau von Totholzelementen grundsätzlich auch der Maßnahmengruppe Nr. 1 („Bauliche Maßnahmen zur Bettgestaltung und Laufverlängerung“, Steckbrief 1.2, 1.3), der Maßnahmengruppe Nr. 2 („Maßnahmen zur Förderung der eigendynamischen Gewässerentwicklung“, Steckbriefe 2.2, 2.5) und der Maßnahmengruppe Nr. 3 („Vitalisierungsmaßnahmen im vorhandenen Profil“, Steckbrief 3.1, 3.2) gemäß *Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer Teil A, Fließgewässer, Morphologie* (NLWKN, 2008) zugeordnet werden.

Analog zu den Strömungslenkern beschränkt sich der Flächenbedarf weitestgehend auf das dem Totholzelement gegenüberliegende Ufer, da an dem Ufer, an dem das Totholz eingebracht wird, lediglich die Verankerung in der bestehenden Böschung erfolgt.

Falls am gegenüberliegenden „Prallhang“ tatsächlich eine Erosion zugelassen werden kann / soll, entspricht die Mindestbreite ebenfalls 2-5 m zur Entwicklung einer lokalen Mäandrierung. Falls keine Erosion erfolgen soll / darf, muss zumindest der anzustrebende Gewässerrandstreifen für eine ufersichernde Bepflanzung genutzt werden.

## 2.3 Maßnahmen im Gewässerumfeld

### 2.3.1 Anlage von Ufergehölze

Wie bereits unter 2.2.1 beschrieben, dienen gewässerbegleitende Gehölzpflanzungen im Uferbereich in erster Linie der Etablierung standorttypischer Gehölzstrukturen und den damit verbundenen Zugewinnen in Bezug auf Habitatvielfalt, allgemeiner optischer und landschaftsbestimmender Wirkung, sowie ökologischer Aufwertung.

Die durch den Gehölzsaum entstehende Beschattung des Gewässers reduziert außerdem die als negativ zu bewertende Erwärmung des Wassers bei geringen Fließgeschwindigkeiten im Sommer, sowie das Aufwachsen von dominanten Makrophyten auf der Gewässersohle.

Darüber hinaus, dient der Gehölzsaum der ingenieurbioologischen Sicherung des Prallhangs gegenüber einer am Gleithang positionierten Feuchtberme oder auch als erosionsbegrenzendes Element gegenüber eines Strömungsenkers (Buhne) bzw. Strukturelements (Totholz). Für diese Funktion sollten die Anpflanzungen auf Höhe des Mittelwassers beginnen und in ihrer wechselseitigen Anlegung an den o.g. anderen Strukturmaßnahmen im Gewässerquerschnitt orientiert sein.

Eine dadurch möglicherweise erzeugte Abflussminderung wird durch die Aufweitung des Abflussprofils auf der gegenüberliegenden Seite kompensiert.

Für den Fall einmündender Dränagen im Pflanzbereich müssen diese mit geschlossenen Rohren versehen werden, damit die Wurzeln nicht das Dränrohr verstopfen können.

Die Maßnahmen zur Anlage von Ufergehölzen entsprechen der Maßnahmengruppe Nr. 4 („Maßnahmen zur Gehölzentwicklung“). Bei größerer Flächenverfügbarkeit (s.u.), können die Bereiche der Retentionsräume („Aue“) auf und oberhalb der MW Linie erweitert bepflanzt werden, so dass sie in den Maßnahmengruppe Nr. 8 („Maßnahmen zur Auenentwicklung“) gemäß *Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer Teil A, Fließgewässer, Morphologie* (NLWKN, 2008) fallen.

Der Flächenbedarf ist der Gehölzpflanzungen ist stark variabel. Minimaler Anspruch ist die Bepflanzung der bestehenden Böschung ab Höhe MW. Eine Erweiterung um die Breite des Gewässerrandstreifens von 5-10 m ist wünschens- und empfehlenswert. Eine noch größere Ausdehnung (s.o.) entspricht dann zwar nicht mehr dem Begriff „Ufergehölze“, sondern eher „Auenentwicklung“, ist dadurch aber nicht weniger sinnvoll (vgl. 2.2.1).

### 2.3.2 Anlage von Gewässerrandstreifen

Um dem Teilentwicklungsziel „Verbesserung der Wasserqualität“ gerecht zu werden, ist ein flächenbezogenes Vorgehen bei dem Rückhalt von belastenden Einträgen erforderlich.

Ausreichend breit dimensionierte Gewässerrandstreifen tragen im naturnahen Zustand entscheidend zum Rückhalt und zur Reduktion diffuser Nähr- und Feinstoffeinträge in das Gewässer bei und verbessern somit die Wasserqualität.

Sinnvoll ist dabei, dass die Gewässerrandstreifen nicht nur einer verbreiterten Uferböschung entsprechen, sondern auch mit Mulden versehen werden, in denen das von den Äckern abfließende Wasser temporär zurückgehalten wird.

Dadurch reduziert sich nicht nur die Wahrscheinlichkeit von primärem Nährstoffeintrag (direkte Düngung) und sekundärem Eintrag (Abschwemmungen, Erosion bei HW) von den angrenzenden Äckern, sondern durch eine entsprechende Bepflanzung kann sogar aktive Nährstoffreduktion durch die Umsetzung in Biomasse betrieben werden.

Durch eine extensive Unterhaltung wird die natürliche Sukzession entsprechende Entwicklungsprozesse hervorrufen. An geeigneten Abschnitten kann diese Entwicklung auch durch Initialpflanzungen beschleunigt werden

Im vorliegenden Gewässerabschnitt mit direkt angrenzender intensiver Landwirtschaft, hohen Nährstofffrachten der zufließenden Nebengewässer, sowie zahlreichen direkten Drainageeinführungen spielt dieser Aspekt eine essentielle Rolle im Hinblick auf den Beitrag zur Nährstoffretention.

Neben der Verbesserung der Wasserqualität bietet ein Gewässerrandstreifen auch unmittelbaren Schutz für brütende Vögel und steigert die Biodiversität im Uferbereich.

Zusätzlich ermöglicht die naturnahe Entwicklung eine Aufwertung des Landschaftsbildes, da der Gewässerlauf wieder wahrnehmbar wird.

Die Maßnahmen zur Anlage von Gewässerrandstreifen entsprechen der Maßnahmengruppe Nr. 6 („Maßnahmen zur Verringerung der Feststoffeinträge und -frachten“, Steckbrief 6.1, 6.6). Bei größerer Flächenverfügbarkeit, können die Bereiche der Mulden / Blänken oberhalb der MW Linie erweitert werden, so dass sie in den Maßnahmengruppe Nr. 8 („Maßnahmen zur Auenentwicklung“) gemäß *Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer Teil A, Fließgewässer, Morphologie* (NLWKN, 2008) fallen.

Konkret sollen an geeigneten Abschnitten zur durchgängigen Abgrenzung der Wagenfelder Aue von den anliegenden Nutzflächen beidseitig Gewässerrandstreifen mit einer Breite von 10,0 m angelegt werden.

### 2.3.3 Anschluss von Altarmen

Periodisch mit „Frischwasser“ gespeiste Altarme / Nebenarme, genauso wie periodisch überflutete Auen erfüllen insgesamt sehr wichtige Funktionen im Naturhaushalt jedes Fließgewässers.

Analog zu dem o.g. Gewässerrandstreifen, kann auch der Wiederanschluss von Altarmen / Nebenarmen das Teilentwicklungsziel „Verbesserung der Wasserqualität“ unterstützen. So können Altarme bei geringer Durchströmung als „Nährstofffallen“ durch Ablagerung von Schwebstoffen dienen.

Insbesondere für einen Teil der Fischfauna sind die Altarme zur Erreichung eines guten ökologischen Zustands/ Potentials von großer Bedeutung, beispielsweise als Laich- und Aufwuchsgebiete. Außerdem bilden sie wichtige Nahrungsflächen und Teillebensräume für Limnikolen und Amphibien und sind essentiell für die grundsätzlich angestrebte Biotopvernetzung durch das Gewässer an sich.

Um die vorhandenen Wasserstände zu halten und somit ggf. vorhandene ephemere Stillgewässerbiozönosen erhalten zu können, muss für den Wiederanschluss der richtigen Sohlhöhe eine Vermessung vorliegen. Der Wiederanschluss und die sich dadurch einstellenden Fließverhältnisse und Verbindungen müssen insbesondere auf die Maßnahmen zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit abgestimmt werden.

Die Maßnahmen zum Anschluss von Altarmen entsprechen sowohl der Maßnahmengruppe Nr. 1 („Bauliche Maßnahmen zur Bettgestaltung und Laufverlängerung“, Steckbrief 1.2), als auch der Maßnahmengruppe Nr. 8 („Maßnahmen zur Auenentwicklung“, Steckbrief 8.3) gemäß *Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer Teil A, Fließgewässer, Morphologie* (NLWKN, 2008).

Sofern die Rahmenbedingungen es erlauben, sollte den Fließgewässern ausreichend Raum als Entwicklungskorridor und Retentionsfläche (auch als Pufferfläche bei Hochwasser) bereitgestellt werden. Der Entwicklungskorridor entspricht dabei i.d.R. nicht dem herkömmlichen Gewässerrandstreifen, sondern hat eine der Gewässergröße und dem Gewässertyp entsprechende, ggf. örtlich variable Breite und Lage.

Für die Maßnahmenplanung gilt grundsätzlich: je mehr Fläche dem Gewässer zur Verfügung steht, desto bessere Voraussetzungen sind i. d. R. für den Ablauf eigendynamischer Prozesse gegeben. Diese Eigendynamik wiederum ist ein wesentlicher Faktor für eine große Lebensraumvielfalt und damit für einen guten Erhaltungszustand von Fischen, Wirbellosen und Pflanzen.

Im Bereich der Wagenfelder Aue geht es konkret um den Anschluss der noch vorhandenen Altarmstrukturen im Forstgebiet Düster / Eydelstedter Holz.

### **3 Auswahl geeigneter Abschnitte**

#### **3.1 Modulplanung**

Gemäß Beauftragung soll die Bewertung der in der Voruntersuchung dargestellten Maßnahmen in Form einer Modulbauweise erfolgen, um den örtlichen Situationen entsprechend auch Teilbausteine realisieren zu können. Hintergrund ist die laufende Flurneuordnung im Bearbeitungsgebiet, deren zeitliche Umsetzung und die daraus resultierenden Ergebnisse derzeit noch offen sind.

Um trotzdem eine bewertbare Betrachtung der Machbarkeit erstellen zu können, basiert die Auswahl geeigneter Gewässerabschnitte in erster Linie auf den unten dargestellten Eignungskriterien. Unter Berücksichtigung der derzeit bestehenden Limitationen ist diese Studie so gestaltet, dass im weiteren Projektverlauf auch auf mögliche Flächenzugewinne entsprechend flexibel reagiert werden kann.

Zur Umsetzung dieser „Modulplanung“ wurden zunächst für die unter 2.1 bis 2.3 beschriebenen Maßnahmentypen entsprechende Eignungskriterien erstellt, um anschließend die potentiell für die Umsetzung dieser Maßnahmen geeigneten Gewässerabschnitte zu identifizieren.

Im nächsten Schritt wurden dann die zugeordneten Maßnahmen gemäß einer Einschätzung der Dringlichkeit priorisiert, so dass der angestrebte modulare Ansatz verfolgt und zusätzlich die potentielle Variabilität beschrieben werden kann.

## 3.2 Eignungskriterien

Die im Folgenden dargestellten Eignungskriterien umfassen sowohl die grundsätzlich aus ökologischer / gewässerbiologischer / naturräumlicher / gewässerstruktureller Sicht sinnvolle Verortung der jeweiligen Maßnahmen, als auch die Limitationen durch unmittelbar angrenzende Bauwerke / Verkehrswege / Ortschaften / andere betroffene Anlieger (Landwirtschaft, Firmen, Industrie) sowie technische Kriterien wie die Zugänglichkeit für spätere Unterhaltung. Für den weiteren Planungsverlauf und die genaue Verortung der Maßnahmenabschnitte wurden zusätzlich die im Vorfeld benötigten und auszuwertenden Unterlagen aufgeführt.

### 3.2.1 Maßnahmen zur Herstellung der ökologischen / faunistischen Durchgängigkeit

Für einen Teil der hier betrachteten Maßnahmen ergibt sich die Verortung unmittelbar aus dem Ziel der Maßnahme.

Die Verortung der Maßnahmen zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit ist zwangsläufig an den Ort der **bestehenden Wanderhindernisse** gebunden.

Die Verortung entspricht hier den Sohlabstürzen I bis IV in der Wagenfelder Aue selber, sowie den zusätzlichen drei Sohlabstürzen an den Zuläufen der drei Nebengewässer (siehe 2.1).

Bei den Nebengewässern soll es sich lediglich um größere Zuflüsse handeln, welche eine ständige Wasserführung mit Wasserständen oberhalb des MNW in der Wagenfelder Aue aufweisen.

Die ggf. vorhandenen Räumüberfahrten müssen, falls notwendig, umgestaltet werden (z.B. zu einer Furt).

Bei der Betrachtung der Machbarkeit der o.g. Vorzugsvariante gilt es, den im Uferbereich zur Umsetzung benötigten Platz vor dem Hintergrund der Flächenverfügbarkeit zu prüfen und ggf. entstehende Konflikte mit angrenzenden Bauwerken / Nutzungen zu bewerten.

Zusätzlich muss die Maßnahme mit den im Gewässerabschnitt notwendigen Unterhaltungsmaßnahmen und deren Anforderungen (Zugänglichkeit, Möglichkeit des Aufstaus) abgestimmt werden.

Zur Bewertung der Maßnahmen sind somit folgende Unterlagen / Informationen benötigt:

- Unmittelbar angrenzende Bauwerke / Verkehrswege / Ortschaften / andere betroffene Anlieger (Landwirtschaft, Firmen, Industrie): Luftbilder (Orthofotos)
- Flächenverfügbarkeiten: Verfügbarkeit je nach Stand des jeweiligen Flurbereinigungsverfahrens; Vorhandensein von Gewässerrandstreifen im Besitz des UHVs
- Zugänglichkeit für Unterhaltungsmaßnahmen: Gewässerunterhaltungsplan

### 3.2.2 Maßnahmen im Gewässerquerschnitt

Die Maßnahmen zur **Profilanpassung** und dem Einbau von **Feuchtbermen** sollten wie unter 2.2.1 beschrieben, in „Kurven“ positioniert werden, damit die Feuchtberme am jeweiligen Gleithang angelegt werden kann.

Aufgrund der starken Begradigung des Gewässerlaufs werden die potentiellen Gewässerabschnitte dadurch schon stark eingegrenzt.

Die in Frage kommenden Flächen sollten zusätzlich eine eher geringe Überflutungshäufigkeit aufweisen, da durch die Querschnittseinengung der Wasserspiegel für NW angehoben wird, welches besonders an Abschnitten mit geringer Überflutungshäufigkeit sehr wirkungsvoll ist. Gleichzeitig sollten die Abschnitte eine gewisse Flächenverfügbarkeit (siehe 2.2.1) für potentielle Uferabbrüche oder aber für gewässerbegleitende Gehölzpflanzung als ingenieurbio-logische Ufersicherung am Prallhang aufweisen.

Zusätzliche Flächen sind am Gleithang notwendig für die Abflachung der Ufer oberhalb der Feuchtberme, sowie für die Anlegung eines Gewässerrandstreifens, welcher die natürliche Sukzession auf den Bermenflächen deutlich begünstigen würde.

Auch hier müssen die Unterhaltungspläne der jeweiligen Abschnitte berücksichtigt werden, damit die benötigte Zugänglichkeit für die Gewässerunterhaltung aufrechterhalten wird.

Um die so charakterisierten Flächen zu bestimmen, werden folgende Unterlagen / Informationen benötigt:

- Sinuosität des Gewässerabschnitts: Luftbilder (Orthofotos)
- Unmittelbar angrenzende Bauwerke / Verkehrswege / Ortschaften / andere betroffene Anlieger (Landwirtschaft, Firmen, Industrie): Luftbilder (Orthofotos)
- Überflutungswahrscheinlichkeit: Hochwasserkarten
- Flächenverfügbarkeiten: Verfügbarkeit je nach Stand des jeweiligen Flurbereinigungs-verfahrens; Vorhandensein von Gewässerrandstreifen im Besitz des UHVs
- Zugänglichkeit für Unterhaltungsmaßnahmen: Gewässerunterhaltungsplan

Für den Einbau von **Strömungslenkern (Buhnen)** und **Strukturelementen (Totholz)** sollten bevorzugt gradlinige Gewässerabschnitte ohne Mäandrierung und mit geringer Strukturvielfalt (Strömungsdiversität, Substratvariabilität, Habitatvielfalt, Biodiversität) ausgewählt werden.

Obwohl sich der Einbau der Elemente weitestgehend auf den bestehenden Gewässerquer-schnitt beschränkt, ist eine gewisse Flächenverfügbarkeit (siehe 2.2.2) in den Uferbereichen notwendig, um in den durch die Strömungsänderung betroffenen Bereichen entweder eine Erosion und potentielle Uferabbrüche zuzulassen oder aber erosionsbegrenzende Strukturen wie Gehölzpflanzungen oder andere ingenieurbio-logische Sicherungsmaßnahmen (z.B. Spreitlagen oder Böschungsfußsicherungen durch lokal begrenzte Steinschüttungen) zur Sta-bilisierung des anstehenden Bodens einzusetzen.

Zusätzlich sollten die Bereiche eine hohe Überflutungshäufigkeit und eine bereits vorhandene Strömungsdynamik aufweisen, welche durch den Einbau von Strömungslenkern wieder initial gefördert werden kann.

Im Vorfeld müssen auch hier die Unterhaltungspläne der jeweiligen Abschnitte berücksichtigt werden, damit die benötigte Zugänglichkeit aufrechterhalten wird.

Um die so beschaffenen Flächen zu bestimmen, werden folgende Unterlagen / Informationen benötigt:

- Sinuosität des Gewässerabschnitts: Luftbilder (Orthofotos)
- Unmittelbar angrenzende Bauwerke / Verkehrswege / Ortschaften / andere betroffene Anlieger (Landwirtschaft, Firmen, Industrie): Luftbilder (Orthofotos)
- Überflutungswahrscheinlichkeit: Hochwasserkarten
- Flächenverfügbarkeiten: Verfügbarkeit je nach Stand des jeweiligen Flurbereinigungsverfahrens; Vorhandensein von Gewässerrandstreifen im Besitz des UHVs
- Zugänglichkeit für Unterhaltungsmaßnahmen: Gewässerunterhaltungsplan

### 3.2.3 Maßnahmen im Gewässerumfeld

Um durch die Anlage von **Ufergehölzen** eine möglichst effektive Beschattung des Gewässers zu erreichen, sollten die Pflanzungen entsprechend bevorzugt am Süd / Südwestlichen Ufer des Gewässers erfolgen.

Um mögliche Konflikte mit bestehenden Dränageleitungen zu vermeiden, sollten diese Bereiche vor den Pflanzungen entweder ausgelassen, oder die betroffenen Leitungen rechtzeitig umgelegt oder umgestaltet werden.

Im Vorfeld müssen zusätzlich unbedingt die Unterhaltungspläne der jeweiligen Abschnitte berücksichtigt werden, damit die benötigte Zugänglichkeit für die technischen Geräte aufrechterhalten wird.

Insgesamt sollten bei den Pflanzungen Synergien mit anderen Maßnahmen genutzt werden, wie z.B. die o.g. erosionsbegrenzende Wirkung des Wurzelwerks, oder die Begünstigung einer naturraumtypischen Entwicklung des Uferbewuchses und der natürlichen Sukzession im Bereich von Gewässerrandstreifen.

Genau wie bei der Pflanzung von Ufergehölzen ist bei der Anlage von **Gewässerrandstreifen** die Flächenverfügbarkeit die wichtigste Voraussetzung zur Umsetzung der Maßnahme. Um die Möglichkeit zur Nährstoffretention der Randstreifen möglichst optimal auszunutzen, ist die Positionierung an landwirtschaftlich besonders intensiv genutzten Flächen bzw. erosionsgefährdeten Uferbereichen sinnvoll.

Die positiven Auswirkungen der Gewässerrandstreifen auf Habitatvielfalt und Biodiversität qualifizieren die Maßnahme für eine Positionierung an besonders strukturarmen und monotonen Uferbereichen.

Um die so beschaffenen Flächen für die optimale Positionierung von Ufergehölzen und Gewässerrandstreifen zu identifizieren, werden folgende Unterlagen / Informationen benötigt:

- Ausrichtung (Himmelsrichtung) der Ufer: Luftbilder (Orthofotos)
- Unmittelbar angrenzende Bauwerke / Verkehrswege / Ortschaften / andere betroffene Anlieger (Landwirtschaft, Firmen, Industrie): Luftbilder (Orthofotos)
- Angrenzende Nutzung (→ Nährstoffeintrag): Luftbilder (Orthofotos)
- Strukturarmut / geringe Habitatvielfalt: Luftbilder (Orthofotos), Ortskenntnis/ Einschätzung des UHVs
- Überflutungswahrscheinlichkeit (→ Erosion): Hochwasserkarten

- Flächenverfügbarkeiten: Verfügbarkeit je nach Stand des jeweiligen Flurbereinigungsverfahrens; Vorhandensein von Gewässerrandstreifen im Besitz des UHVs
- Zugänglichkeit für Unterhaltungsmaßnahmen: Gewässerunterhaltungsplan

Die Eignungskriterien für die Maßnahmen zum **Wiederanschluss von Altarmen / Nebenarmen** sind bezogen auf die grundsätzliche Verortung ähnlich klar zu bestimmen, wie die Maßnahmen zur Wiederherstellung der ökol. Durchgängigkeit: es müssen noch ansatzweise erkennbare Altstrukturen der Altarme / Nebenarme vorhanden sein, so dass ein Wiederanschluss überhaupt möglich ist und nicht einer Neumodellierung einer mittlerweile völlig überbauten Mäanderschleife zu entsprechen.

Hinweise auf noch vorhandene und nicht überbaute Altstrukturen geben historische Karten, welche den ursprünglichen Gewässerverlauf zeigen und der Abgleich mit dem heutigen Gewässerlauf (vgl. Abbildung 2). Zusätzlich gibt die Topografie zusätzliche Hinweise auf entsprechende Bereiche.

Im Falle des Untersuchungsgebietes an der Wagenfelder Aue beschränken sich diese Bereiche bereits stark auf die Altstrukturen im Staatsforst Düster bzw. Eydelstedter Holz.

Da der Wiederanschluss von Altarmen / Nebenarmen auch immer mit einer potentiellen Reaktivierung ehemaliger **Auenflächen** einhergeht, ist es bei der Identifizierung geeigneter Flächen lohnenswert, die historisch erhaltenen Bezeichnungen ehemaliger Auenflächen zu berücksichtigen: z.B. „Auwiesen“ westlich von Donstorf und nordwestlich von Klausing.

Alle Maßnahmen zum Wiederanschluss und der Reaktivierung von Altstrukturen sind natürlich vollständig abhängig von der Flächenverfügbarkeit.

Um geeignete Flächen für die Durchführung der o.g. Maßnahmen zu bestimmen, werden folgende Unterlagen / Informationen benötigt:

- Limitationen durch unmittelbar angrenzende Bauwerke / Verkehrswege / Ortschaften / andere betroffene Anlieger (Landwirtschaft, Firmen, Industrie): Luftbilder (Orthofotos)
- Überflutungswahrscheinlichkeit (→ Erosion, Ausspülen / Remobilisation von festgelegten Nährstoffen): Hochwasserkarten
- Flächenverfügbarkeiten: Verfügbarkeit je nach Stand des jeweiligen Flurbereinigungsverfahrens; Vorhandensein von Gewässerrandstreifen im Besitz des UHVs
- Zugänglichkeit für Unterhaltungsmaßnahmen: Gewässerunterhaltungsplan

Die u.s. Abbildung 11 fasst die oben aufgeführten Maßnahmengruppen, Eignungskriterien und auszuwertenden Unterlagen zusammen.

**Herstellung der ökol. Durchgängigkeit**

- Flächenverfügbarkeit Uferbereich → Raumneuordnungsverfahren
- Unmittelbar angrenzende Bauwerke / Ortschaften / andere Anlieger → Orthofotos
- Zugänglichkeit für Unterhaltung → Gewässerunterhaltungsplan

**Profilanpassung und Anlegen von Bermen**

- Geringe Überflutungshäufigkeit → HW Karten
- Flächenverfügbarkeit für Uferabbrüche → Raumneuordnungsverfahren
- Unmittelbar angrenzende Bauwerke / Ortschaften / andere Anlieger → Orthofotos
- Zugänglichkeit für Unterhaltung → Gewässerunterhaltungsplan

**Einbau von Strömungselementen und Strukturelementen**

- Geradlinige Gewässerabschnitte → Orthofotos
- Hohe Überflutungshäufigkeit und Strömungsdynamik → HW Karten
- Flächenverfügbarkeit für Uferabbrüche → Raumneuordnungsverfahren
- Unmittelbar angrenzende Bauwerke / Ortschaften / andere Anlieger → Orthofotos
- Zugänglichkeit für Unterhaltung → Gewässerunterhaltungsplan

**Maßnahmen im Gewässerumfeld**

- Himmelsrichtung der Ufer (Beschattung) → Orthofotos
- Überflutungshäufigkeit (Erosion, Abschwemmung) → HW Karten
- Topografie möglicher Altarme → TIN/ Orthofotos
- Bezeichnungen (ehemalige Auwiesen) → D/GK
- Gewässerrandstreifen verfügbar → Flurbereinigungsverfahren
- Unmittelbar angrenzende Bauwerke / Ortschaften / andere Anlieger → Orthofotos
- Angrenzende Nutzung (Potentielle Nährstoffretention) → Orthofotos
- Zugänglichkeit für Unterhaltung → Gewässerunterhaltungsplan
- Synergien mit anderen Maßnahmen

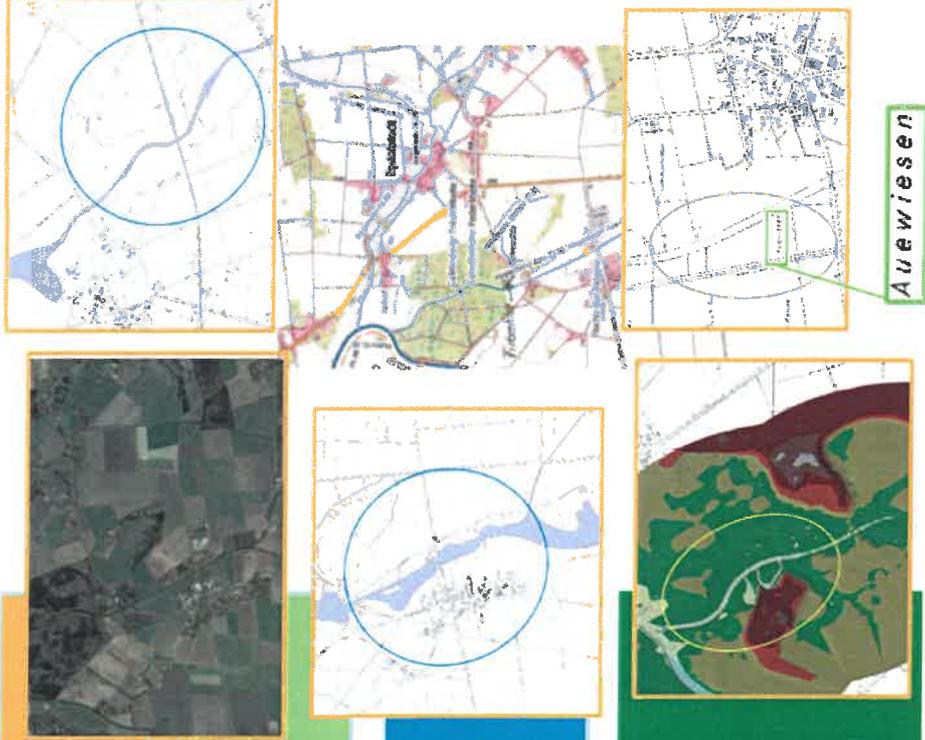


Abbildung 11 Zusammenfassung aller Eignungskriterien und benötigten Unterlagen für die jeweilige Maßnahmengruppe

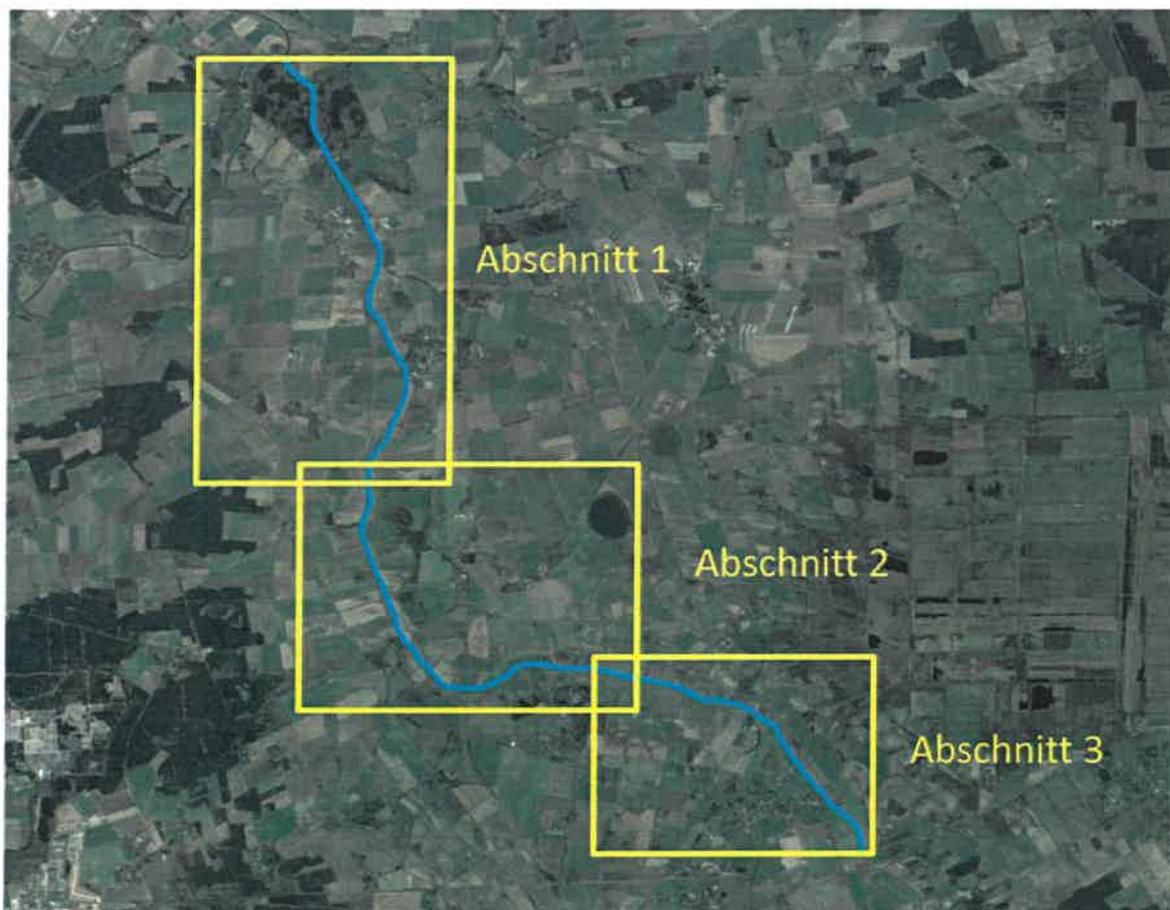
### 3.3 Abschnittseinteilung

Um das Bearbeitungsgebiet strukturierter analysieren zu können, wurde es zunächst in drei Bearbeitungsabschnitte eingeteilt (siehe Abbildung 12).

Unter Berücksichtigung aller derzeit zur Verfügung stehenden Informationen, sowie den Erkenntnissen aus den bisherigen Besprechungen, wurden die in den Lageplänen 1 bis 3 (s. Anlage [2]) dargestellten Modulabschnitte definiert.

Diese Abschnitte umfassen jeweils einen bestimmten Abschnitt der Wagenfelder Aue mit unterschiedlichen Ausbautypen und kennzeichnen Unterbrechungen des Ausbaus aufgrund von Bebauungen o.Ä..

Aufgrund der derzeit noch unklaren Flächenverfügbarkeiten, welche sich durch die laufenden Flurbereinigungsverfahren erst im weiteren Projektverlauf ergeben werden, entspricht die in den Lageplänen dargestellte Abschnittseinteilung einer derzeit noch einer optimalen, „hypothetischen“ Verortung. Die exakte Abgrenzung der Maßnahmenabschnitte in Längs- und Querrichtung, sowie deren Kombination untereinander, kann deshalb erst im weiteren Planungsverlauf erfolgen.



**Abbildung 12: Einteilung des Untersuchungsgebiets in Bearbeitungsabschnitte**

### 3.4 Priorisierung

Die o.g. Eignungskriterien und die darauf basierende erste Abschnittseinteilung kann vor dem Hintergrund der modularen Planung auch mit einer Priorisierung versehen werden.

Diese Priorisierung erfolgt an dieser Stelle, dem Gesamtziel des Projektes („Ökologische Verbesserung der Gewässerstruktur als Lebensraum für gewässergebundene, standorttypische Arten“) folgend, in erster Linie unter Berücksichtigung der ökologischen, gewässerbiologischen, naturräumlichen und gewässerstrukturellen Faktoren.

Klar definierte Limitationen durch unmittelbar angrenzende Bauwerke, Verkehrswege, Ortschaften und andere betroffene Anlieger (Landwirtschaft, Firmen, Industrie), sowie die Belange des Hochwasserschutzes wurden ebenfalls bereits berücksichtigt.

Andere Kriterien, wie die genaue bautechnische Umsetzbarkeit, der Kostenrahmen, sowie die Zugänglichkeit für spätere Unterhaltungsmaßnahmen können in dieser Projektphase noch nicht berücksichtigt werden, da diese sehr stark abhängig sind von den jeweilig lokal vorliegenden Gegebenheiten und somit erst im weiteren Planungsverlauf ermittelt werden können.

Unabhängig von den Ergebnissen des weiteren Projektverlaufs ist nach derzeitiger Einschätzung folgende Priorisierung der hier erarbeiteten Maßnahmen vorzunehmen:

1. Maßnahmen zur Herstellung der ökol. Durchgängigkeit
2. Maßnahmen im Gewässerumfeld + Maßnahmen im Gewässerquerschnitt
  - a. Anlage von Gewässerrandstreifen/ Ufergehölzen + Profilanpassung (Anhebung NW- Spiegel und Anlage von Feuchtberme)
  - b. Anschluss von Altarmen + Auenentwicklung
3. Einbau von Strömungslenkern und Strukturelementen

### 3.5 Kombinierbarkeit

Viele der in Kapitel 2 beschriebenen Maßnahmenvorschläge sind frei miteinander kombinierbar bzw. gehen durch eine räumlich stärkere (breitere / längere) oder schwächere (schmalere / kürzere) Ausgestaltung funktional sowieso ineinander über.

Dies verdeutlichen auch die unter 2.2 und 2.3 vorgenommen, sich häufig überschneidenden Zuordnungen zu den Maßnahmengruppen gemäß *Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer Teil A, Fließgewässer, Morphologie* (NLWKN, 2008).

Die Sinnhaftigkeit bzw. Umsetzbarkeit der Kombinationen kann jeweils nur vor dem Hintergrund der Betrachtung und Abwägung aller unter 3.2 genannten Eignungskriterien und Limitationen bewertet und final im Rahmen der späteren Entwurfsplanung ermittelt werden.

Grundsätzlich ist jedoch anzumerken, dass die Ausweisung und Gestaltung eines beidseitigen, möglichst breiten Gewässerrandstreifens aus ökologischer Sicht immer sinnvoll ist, da dieser Zustand schlichtweg einem natürlichen Gewässerlauf am nächsten kommt und mit allen anderen o.g. Maßnahmengruppen (vorbehaltlich der o.g. Limitationen) grundsätzlich kombinierbar ist.

## 4 Hydraulischer Nachweis

### 4.1 Numerisches 1D Modell HEC-RAS

Ziel der vorliegenden Planung ist neben der ökologischen Verbesserung der Gewässerstruktur als Lebensraum für gewässergebundene, standorttypische Arten auch die Gewährleistung der Hochwasserneutralität.

Um die Hochwasserneutralität der geplanten Maßnahmen aufzeigen zu können, wurde das eindimensionale Strömungsmodell HEC-RAS 5.0 verwendet. Die hydromechanische Grundgleichung für stationäre Betrachtung bildet die Bernoulli-Gleichung.

### 4.2 Datenaufbereitung

Für die Geländetopographie wurden Querprofile aus der Überschwemmungsberechnung des Ingenieurbüros Pabsch & Partner aus dem Jahr 2004 verwendet. Die Geländedaten aus der damals durchgeführten Modellierung der HQ 100 Überflutungsflächen wurden exportiert und neu aufbereitet. Das Modell beginnt bei auf Höhe der Bundesstraße B214 etwa bei km 13+800 und endet unterhalb des Sohlabsturz IV bei der Einmündung zur Hunte. Insgesamt bildet das Modell also eine Gewässerstrecke von ca. 14 km ab.

Die für die Geländetopographie verwendeten Querprofile bestehen aus orthogonal zu der Gewässerachse angeordneten Höhenpunkten, deren Lage jeweils durch x, y und z-Koordinate definiert sind. Die Querprofile wurden in einem Abstand von ca. 200m aufgenommen. Da in den Bereichen um die Wehre größerer Höhenunterschiede in der Sohle vorliegen, wurden die Querprofile hier in einem engeren Abstand von ca. 50 m vermessen.

Für die Aufbereitung der Daten, wurden die Vermessungsdaten, die nicht eindeutig zu Querprofilen zugeordnet werden konnten, oder als Datengrundlage ungenau oder falsch erschienen, bereinigt und für den Import in HEC-RAS formatiert.

### 4.3 Modellerstellung

Nach Aufbereitung der Vermessungsdaten wurde die Geometrie des IST-Zustandes in HEC-RAS modelliert. Insgesamt wurden 185 Querprofile eingelesen. In den Bereichen um die Wehre haben die Querprofile einen mittleren Abstand von 50 m. Um eine gleichmäßige Verteilung der Querprofile mit möglichst geringem Abstand zu generieren, verfügt HEC-RAS über das Tool „XS interpolation“. Mit diesem Tool können Zwischenprofile zwischen zwei Querprofilen oder in einem gesamten Flussabschnitt erzeugt werden. Als Abstandskriterium wurde ein maximaler Abstand von 100m gewählt. Neben den Querprofilen wurden ebenfalls die vier Sohlabstürze modelliert. Diese wurden über das Tool ‚inline structure‘ in das Modell eingefügt.

Für die Rauheit wurden folgende kst-Werte gewählt:

- Fließgewässer (Sohle mit Böschung)       $k_{st} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- Vorland (Grünland)                       $k_{st} = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

Die Folgende Abbildung 13 zeigt das HEC-RAS Modell der Wagenfelder Aue mit den interpolierten Zwischenprofilen.

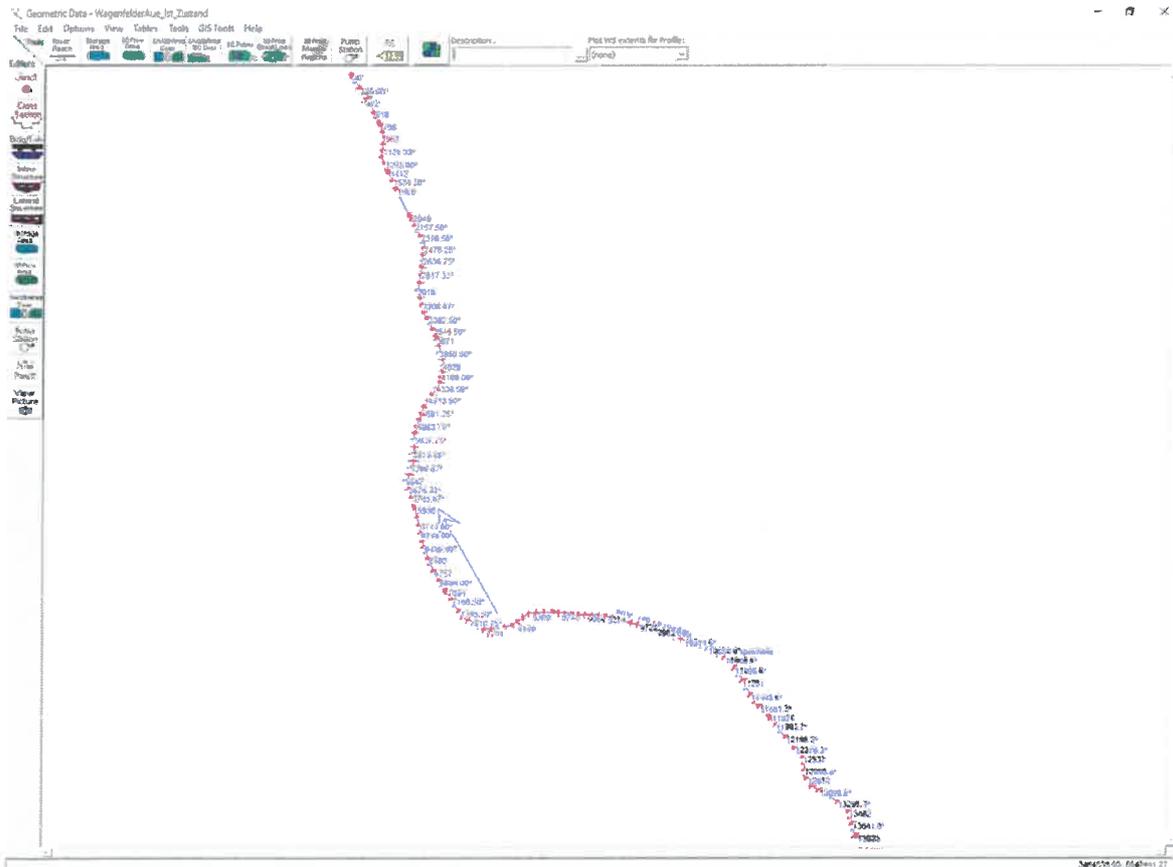


Abbildung 13: HEC\_RAS Modell Wagenfelder Aue

#### 4.4 Hydraulischer Nachweis

Die Berechnungen wurden zunächst für den IST-Zustand mit den drei Bemessungsabflüsse MNQ, MQ und MHQ durchgeführt. Für den hydraulischen Nachweis wurde dann der Plan-Zustand modelliert, wofür die Querprofile aus dem Ist-Zustand gemäß der Maßnahmenplanung angepasst wurden. Hydraulisch nicht relevante Zwischenprofile wurden in diesem Schritt bereinigt.

Der Maßnahmentyp Profilanpassung wurde im Modell durch das Einengen des Querschnitts unterhalb der Mittelwasserlinie um etwa 5m bei gleichzeitiger Aufweitung des Querschnitts oberhalb der Mittelwasserlinie um etwa 5-10m abgebildet.

Das Einbringen von Strukturelementen wie Totholz oder Strömunglenker hat ebenfalls direkten Einfluss auf den Gewässerquerschnitt. Im Modell wurde dieser Maßnahmentyp mit der Einengung des Querschnitts unterhalb der Mittelwasserlinie um etwa 2-5 m dargestellt. Die

Mäandrierung am gegenüberliegenden Ufer wurde durch eine Verbreiterung des Querschnitts des gegenüberliegenden Ufers ebenfalls um etwa 2-5m abgebildet.

Nach der Anpassung der Querschnitte wurde die Modellierung nun nochmals für den Plan-Zustand mit den Bemessungsabflüssen MHQ, MQ und MNQ durchgeführt. Um die Auswirkungen der Maßnahmen aufzuzeigen, wurden die Ergebnisse der Wasserspiegellagenberechnung für den Ist- und Plan-Zustand für MNQ, MQ und MHQ gegenübergestellt.

Die Ergebnisse der HEC-RAS Modellierung sind in der Anlage [1] dargestellt. Auf den Längsschnitten wird deutlich, dass die Wasserspiegellagen nach dem Ausbau für alle drei Bemessungsabflüsse gleich bleibt oder sogar etwas absinkt. Die Hochwasserneutralität ist somit nachgewiesen.

## **5 Bewertung der Maßnahmenvorschläge im Hinblick auf die Gewässerunterhaltung**

Alle der unter Kapitel 2 beschriebenen Maßnahmen stellen eine Veränderung des derzeitigen Gewässerzustands bzw. des unmittelbaren Gewässerumfelds dar und haben somit mittelbare oder unmittelbare Auswirkungen auf die im jeweiligen Gewässerabschnitt durchzuführenden Gewässerunterhaltungsmaßnahmen.

Da die grundsätzliche Zielsetzung des Projekts eine naturnahe Gewässergestaltung darstellt, sollte auch in Hinblick auf den Umfang der Unterhaltungsmaßnahmen von einer Reduzierung ausgegangen werden.

Für alle im Gewässerquerschnitt (Profilanpassung, Strömungslenkung, Totholzelemente) und im Gewässerumfeld (Ufergehölze, Gewässerrandstreifen, Altarme) verorteten Maßnahmen, ist eine reduzierte / angepasste Unterhaltung von Vorteil, da sie die natürliche Sukzession begünstigt. Die dadurch initiierten / beschleunigten, eigendynamischen Entwicklungsprozesse im und am Gewässer sind ausdrücklich erwünscht und entscheiden maßgeblich über die ökologische Wirksamkeit der Maßnahmen.

Ggf. notwendige ingenieurbiologische Ufersicherungen an Prallhängen profitieren außerdem von einer sich natürlich entwickelnden Vegetation durch ein kräftigeres Wurzelgeflecht. Gleiches gilt für die Stabilisierung von eingebrachten Strömungslenkern und Strukturelementen durch einen natürlichen Bewuchs

Durch eine reduzierte Unterhaltung im Gewässerprofil und auf den Uferböschungen ist die Entwicklung spezieller Habitatstrukturen überhaupt erst möglich bzw. es entstehen Trittsteinhabitats, welche eine große Bedeutung für die Biotopvernetzung im Umfeld der Wagenfelder Aue, deren Seitenzuläufe und der Einmündung in die Hunte hat.

Bei den Maßnahmen zur Anlage von Ufergehölzen ist nicht nur eine reduzierte Unterhaltung der dann bepflanzten Uferbereiche möglich, sondern die gezielte Bepflanzung von Süd- / Süd-

west- Ufern und die damit erzielte Beschattung des Gewässers sorgt selber durch den verringerten Aufwuchs von Makrophyten auf der Gewässersohle für einen reduzierten Unterhaltungsaufwand.

Konkrete Reduzierungen des Unterhaltungsaufwandes sind z.B. im Bereich der Profilanpassungen zu erwarten, da durch die Querschnittseinengung ein geringerer Gewässerquerschnitt gekrautet werden muss bzw. lediglich die Niedrigwasserrinne durch eine Schneisenkrautung unterhalten werden muss. Die oberhalb der NW-Rinne liegende Feuchtberme wird bewusst der natürlichen Sukzession überlassen und bildet durch die Aufweitung trotz Aufwuchses einen ausreichenden Puffer für die Hochwasserabführung.

In Bereichen, in denen aufgrund enger Bebauung oder aus anderen Gründen keinerlei Maßnahmen außerhalb des Gewässerprofils möglich sind, kann auch schon durch eine angepasste Unterhaltung in Form einer lediglich wechselseitig durchgeführten Mahd ein ökologischer Zugewinn durch sich entwickelnde Röhrichtzonen erreicht werden.

Einzige Ausnahme der unter Kapitel 2 beschriebenen Maßnahmen bzgl. einer Reduzierung des Unterhaltungsaufwands sind die Maßnahmen zur Herstellung der ökol. Durchgängigkeit.

Die als Vorzugsvarianten identifizierten Raugerinne-Beckenpässe für die vier Wanderhindernisse in der Wagenfelder Aue benötigen eine regelmäßige Funktionskontrolle und Reinigung der Becken, damit insbesondere die Durchlässe in den Querriegeln nicht durch Verklausungen blockiert und somit die Durchwanderbarkeit für auf- und absteigende Organismen unterbrochen wird.

Da die Staufunktion der Wehre durch die vorgeschlagene Bauweise erhalten bleibt und für die Mäharbeiten zusätzlich ein Krautfang temporär eingesetzt wird, kann zumindest der Reinigungsaufwand während der Mahd minimiert werden, indem das Mähgut noch vor Eintritt in den Beckenpass entnommen werden kann.

Die als Vorzugsvariante für die 3 Wanderhindernisse in den Seitenzuläufen identifizierten Sohlgleiten mit Störsteinen bedürfen ebenfalls einer regelmäßigen Kontrolle und Reinigung. Für die Gewährleistung der Durchwanderbarkeit wird empfohlen, besonders die Niedrigwasserrinne regelmäßig zu kontrollieren und Hindernisse die sich zwischen den Störsteinen verkeilt oder abgelagert haben aus der Rinne zu entfernen.

\*\*\*\*\*

## Anlagen

- [1] HEC-RAS Ergebnisse
- [2] Lagepläne