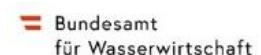




T3.2.1 Best Practices – DE

Zusammenfassung

SEDDON II (AT HU10)





Projekt-Koordination:

Helmut Habersack¹, Sándor Baranya², Károly Gombás³, Jürgen Gruber⁴

**Autoren AT: Sebastian Pessenlehner¹, Marlene Haimann¹, Markus Eder¹, Doris Gangl¹, Angelika Riegler¹
Helmut Habersack¹**

Autoren HU: Sándor Baranya², Szilveszter Dömötör³


Bild Titelseite: IWA/BOKU

Wien, Budapest, Győr Juni 2022

Das Projekt wurde kofinanziert durch den „Europäischer Fonds für regionale Entwicklung“.



BOKU – Wasserbaulabor
Errichtungs- und Betriebs-
Gesellschaft m.b.H.

 Bundesamt
für Wasserwirtschaft



SEDDON II (AT HU10)

Sedimentforschung und -management an der Donau II

A Duna hordalékvizsgálata II

Zusammenfassung

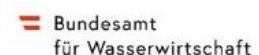
¹ **University of Natural Resources and Life Science, Vienna**
Department of Water, Atmosphere and Environment
Institute of Hydraulic Engineering and River Research (IWA)

² **Budapest University of Technology and Economics BME**

³ **North Transdanubian Water Directorate ÈDUVIZIG**

⁴ **BOKU - Wasserbaulabor Errichtungs- und Betriebs-Gesellschaft m.b.H.**

⁵ **Federal Agency for Water Management, Vienna**
Institute for Hydraulic Engineering and Calibration of Hydrometrical
Current-Meters



Kurzfassung

Der vorliegende Bericht über Best-Practice-Beispiele wurde im Rahmen des Projekts Sedimentforschung und -management an der Donau II (SEDDON II) im Rahmen des EFRE-finanzierten Programms für grenzüberschreitende Zusammenarbeit, Österreich-Ungarn 2014-2020, erstellt.

Die Donau und ihr Umland liegen heute im Spannungsfeld verschiedener Interessen wie Hochwasserschutz, Wasserkraft, Schifffahrt und Ökologie. Aufgrund dieser Tatsache war das ehemals ungezähmte und wilde Flusssystem seit Ende des 19. Jahrhunderts einer Vielzahl von anthropogenen Veränderungen ausgesetzt, die zu vielfältigen hydromorphologischen Problemen führten. Im Zuge des Arbeitspakets 3 (Flussbau) wurde eine Analyse zu aktuellen sedimentbezogenen Problemen in den beiden Projektabschnitten durchgeführt. Ziel dieser Analyse ist es, den hydromorphologischen Zustand der Donau zu verbessern.

Basierend auf den Erkenntnissen versucht dieser Bericht, Best-Practice-Beispiele für bereits umgesetzte strombauliche Maßnahmen im Bereich des Flussbaus aus dem gesamten Donaueinzugsgebiet und darüber hinaus darzustellen. Der Bericht ist in vier Kategorien gegliedert, die die Hauptursache für die Umsetzung von Maßnahmen darstellen, nämlich Hochwasserschutz, Ökologie, Schifffahrt und Wasserkraft.

Es werden Beispiele vorgestellt, die die vielfältigen Probleme, mit denen die verschiedenen Interessengruppen konfrontiert sind, bewältigen und die negativen Auswirkungen menschlicher Belastungen entlang von Flusssystemen kompensieren können. Damit wird ein Beitrag zur Entwicklung und Optimierung flussbaulicher Maßnahmen geleistet. Darüber hinaus bilden die vorgestellten Beispiele die Grundlage für eine Bewertung hinsichtlich ihrer Relevanz und der technischen Anwendbarkeit für die obere und mittlere Donau (österreichisches und ungarisches Projektgebiet) im Rahmen von Aktivität 3.2.2 (Best-Practice-Evaluierungsdokument).

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	1
1 Einführung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
2 Best-Practice-Beispiele	5
2.1 Hochwasserschutz	5
2.1.1 F1 - DuReFlood-Projekt	5
2.1.2 F2 - Laterale Erosionsprozesse stromabwärts des Reservoirs wiederherstellen	7
2.1.3 F3 - Verkleidung öffnen / Abdeckung öffnen	8
2.1.4 F4 - LIFE-Projekt „Natur Wachau“ (2003-2008) / Wiederanbindung Seitengerinne	9
2.1.5 F5 - LIFE+ Projekt „Mostviertel-Wachau“ (2009-2014) / Revitalisierung Seitengerinne	11
2.1.6 F6 - LIFE+ Projekt „Auenwildnis Wachau“ (2015-2020) / Revitalisierung von Seitengerinnen	13
2.1.7 F7 - Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg / Wiederanschluss eines Seitenkanals („Johler Arm“).....	14
2.1.8 F8 – Auenaushub – Pilotprojekt Klöden.....	17
2.1.9 F9 - Entfernung von natürlichen Deichen	18
2.2 Ökologie.....	21
2.2.1 E1 - Einbringen von Sediment stromabwärts des Wehrs	21
2.2.2 E2 - Wiedereinbringen von Sediment stromabwärts des Damms, Entfernung der Ufersicherung.....	22
2.2.3 E3 - Uferrenaturierung Thurnhaufen / Flussbauliches Gesamtprojekt - Pilotprojektphase - LIFE-Projekt.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
2.2.4 E4 - Aufhebung des Uferschutzes	25
2.2.5 E5 - Bühnenkerbe	26
2.2.6 E6 - Änderung der Bühnenausrichtung.....	27
2.3 Navigation.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
2.3.1 N1 - Geschiebemanagement am freien Fließabschnitt des Rheins	29

2.3.2	N2 - Sedimentmanagement in den niederländischen Rheinarmen	30
2.3.3	N3 - Pilotprojekt Witzelsdorf / Alternative Buhnentypen	32
2.3.4	N4 - Pilotprojekt Witzelsdorf / Absenken der Leitwand	34
2.3.5	N5 - Temporäre Kiesinseln	36
2.3.6	N6 – Bau von Leitwänden und Ersatz bestehender Strukturen.....	37
2.3.7	N7 - Bühnenverlängerung	38
2.4	Wasserkraft.....	39
2.4.1	H1 - Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg / Granulometrische Schichtverbesserung	39
2.4.2	H2 - Granulometrische Verbesserung (Studie)	41
2.4.3	H3 - Einbringen von Sediment stromabwärts des Wehrs	43
2.4.4	H4 - Uferböschung / Verbreiterung (Acheringer Schwelle)	44
2.4.5	H5 - Beschickung / Kiesversorgung nach KW Freudenu	46
2.4.6	H6 - Renaturierungsprojekt „Eizendorfer Haufen“ / Wiederanbindung Seitengerinne, Uferwiederherstellung.....	47
3	Zusammenfassung.....	50
	Quellenverzeichnis	51
	Websites.....	51

1 Einleitung

Ein detailliertes Verständnis von sedimentbezogenen Problemen ist für ein erfolgreiches und nachhaltiges Management großer Flüsse unerlässlich. Die obere Donau in Österreich und die mittlere Donau in Ungarn sind mit verschiedenen sedimentbedingten Problemen konfrontiert. Eine Beschreibung der morphologischen Merkmale, des Strömungs- und Sedimentregimes sowie der daraus resultierenden sedimentbezogenen Probleme wurde in den beiden Outputs T3.1.1 (Liste der Probleme) und Output T3.1.2 (Bericht zur Analyse sedimentbezogener Probleme entlang der Projektstrecke der Donau in Österreich und Ungarn) ausgearbeitet und präsentiert.

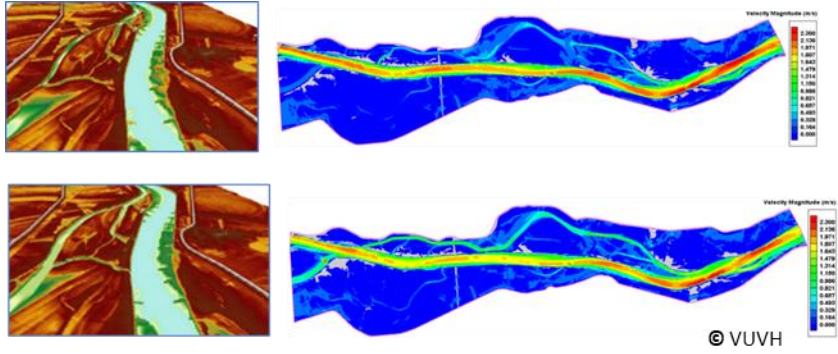
Basierend auf den erarbeiteten Auswirkungen auf Hochwasserschutz, Ökologie, Schifffahrt und Wasserkraft wurde eine Studie erstellt, die aktuelle Lösungsansätze für sedimentbezogene flussbauliche Maßnahmen aufzeigt. In diesem Bericht (Output T3.2.1) wurden Best-Practice-Beispiele aus dem gesamten Donaauraum und darüber hinaus zusammengefasst. In Output T3.2.2 wurden diese Beispiele verglichen, sowie die Relevanz und die technische Anwendbarkeit dieser Beispiele für die Obere und Mittlere Donau (österreichisches und ungarisches Projektgebiet) evaluiert.

2 Best-Practice-Beispiele

2.1 Hochwasserschutz

2.1.1 F1 - DuReFlood-Projekt

DuReFlood-Projekt	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Donau
Land	Slowakei / Ungarn
Hauptursache	Hochwasserschutz
Zusammenhang mit	Schifffahrt
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke
Ziel und Hintergrund	<p>Das DuReFlood-Projekt war ein grenzüberschreitendes Kooperationsprojekt zwischen der Slowakei und Ungarn, das sich auf den Hochwasserschutz und die morphologische Veränderung des regulierten Abschnitts der Donau konzentrierte, der vom Wasserkraftwerk (WKW) Gabčíkovo beeinflusst wird. Die gesamte Projektstrecke liegt zwischen Strom-km 1810 bis 1708. Basierend auf der Bewertung des aktuellen Zustands wurde ein Maßnahmenvorschlag für einen wirksamen Hochwasserschutz und die Wiederherstellung der lateralen Konnektivität zur Verbesserung des ökologischen Zustands erstellt.</p> <p>Aufgrund der Sohlerosion sind Bühnen, die ursprünglich zur Konzentration des Wassers in der Fahrrinne bei geringen Abflüssen vorgesehen waren, derzeit zu hoch. Außerdem werden in den Bühnenfeldern Sedimente abgelagert, die den Flussquerschnitt verkleinern. Die „überhöhte“ Bühnehöhe sowie die Sedimentablagerung verringern tendenziell die Abflusskapazität und können bei Hochwasser zu einem Anstieg des Wasserspiegels führen.</p>
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Bewertung des aktuellen Standes des Hochwasserschutzes in den Donau-Auen zwischen Sap und der Mündung des Flusses Ipeľ - Erarbeitung von Vorschlägen für wirksame Regulierungsmaßnahmen zur Erzielung einer Hochwasserminderung

	<ul style="list-style-type: none"> - Erarbeitung von Vorschlägen für Renaturierungsmaßnahmen (im slowakischen Teil des Flusses/der Au) zur Verbesserung der aktuellen ökologischen Situation
<p>Vorgeschlagene Maßnahmen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Wiederanbindung von Seitenarmen - Reduzierung der Bühnenhöhe: Die vorgeschlagene Bühnenhöhe ist – niedrigster schiffbarer Wasserstand + 1,2 m (Szenario 1) oder - niedrigster schiffbarer Wasserstand + 0,5 m (Szenario 2), - Entholzung von Bühnen - Entfernung von Ablagerungen zwischen den Bühnen - Teilentfernung von Sedimenten aus Seitenarmen sowohl auf der slowakischen als auch auf der ungarischen Seite - Bau eines Umgehungskanals um das Donauknie (rkm 1782–1778) auf ungarischer Seite - Die Wiederverbindung großer Nebenarme im Bereich Medvedov-Kľúčovec und VeľkýLél sollte das Flusssystem und die Au von der Donauregulierung wiederherstellen, die Fließdynamik in wieder anbindenen Nebenarmen erhöhen und die Sedimenttransportkapazität des Flusses verringern.
<p>Bewertung</p>	<p>1D- und 2D-Hydrodynamische Modellierung inkl. Sedimenttransportmodell, lang- und mittelfristige morphologische Entwicklung des untersuchten Donauabschnitts (inkl. Änderungen im Längsprofil, Erosion/Sedimentation), Modellprognose der morphologischen Entwicklung der Donau, abiotisches Monitoring: Bathymetrie, LIDAR-Scanning, hydrologisches Regime, Wasserstandsmessungen (inkl. Hochwasser 2013), Fließgeschwindigkeits- und Abflussmessungen, Bühnenvermessung, Sohlmaterialbeprobung, Korngrößenanalyse, Schwebstoffproben.</p>
<p>Abbildungen/Fotos</p>	 <p>© VUVH</p>
<p>Quellen</p>	<p>http://www.dureflood.eu/eng/ https://www.interreg-danube.eu/approved-projects/danubesediment/outputs <u>DonauSedimentbericht „Sediment Management Measures for the Danube“, Factsheet-Codes in Anlage 2:E_FF_FP_D_GP03</u></p>

2.1.2 F2 – Wiederherstellung lateraler Erosionsprozesse stromabwärts eines Reservoirs

Wiederherstellung lateraler Erosionsprozesse stromabwärts eines Reservoirs	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Jiu
Land	Rumänien
Hauptursache	Hochwasserschutz
Zusammenhang mit	Ökologie
Anwendungsbereich	Flussufer stromabwärts von Dämmen
Ziel und Hintergrund	Wiederherstellung lateraler Erosionsprozesse unterhalb des Stausees Isalnița unter Berücksichtigung des Gefährdungspotentials zur Schaffung eines möglichen Sedimentationsgebietes unterhalb des Stausees durch Manövrieren/Betreiben der hydraulischen Einrichtungen (Staudammschütze, Spülschütze, Absetzbeckenschütze)
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Ufersanierung (Hochwasserschutz) - Verbesserung der Flussmorphologie unterhalb des Reservoirs (Ökologie)
Vorgeschlagene Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Sedimentdurchgängigkeit durch Manövrieren/Betreiben der hydraulischen Einrichtungen (Schieber des Einlaufdamms, Schleusen der Spülbehälter, Schleusen der Absetzbecken)
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> - Vor der Umsetzung: Hydrometrische Station stromaufwärts (Racari-Messstation) des Damms. Regelmäßige Bewertung des Querprofils, der Schwebstofffracht und der Granulometrie. - Nach der Umsetzung: Hydrometrische Station flussabwärts (Podari-Überwachungsstation) des Damms. Regelmäßige Bewertung des Querprofils und der Granulometrie.
Abbildungen/Fotos	
Quellen	Investment approved by Government Decision no. 343/2015, published on Official Journal of Romania no.357/25.05.2015 (regarding the endorsement of the investment objective "Safety of the Isalnița Dam, Dolj County", as well as of its main characteristics and the technical and economic indicators related to it).

	<p>https://www.interreg-danube.eu/approved-projects/danubersediment/outputs</p> <p><u>DanubeSediment report „Sediment Management Measures for the Danube“, factsheet codes in annex 2: E_FF_FP_T_GP05</u></p>
--	--

2.1.3 F3 – Offenes Deckwerk

Offenes Deckwerk	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Wertach
Land	Deutschland
Hauptursache	Hochwasserschutz
Zusammenhang mit	Gewässerökologie (Einbau von Strukturelementen; Rückbau von Böschungen)
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke, Kiesbettfluss
Ziel und Hintergrund	Die Wertach wurde vor 150 Jahren begradigt und verengt, was zu einer erhöhten Fließgeschwindigkeit, Flussbetteintiefungen und Problemen für Hochwasserschutz und Umwelt führte. Das Projekt Wertach vital zielt darauf ab, den begradigten Fluss zu verbreitern und ihm mehr Raum zu geben (km 11,0 – 8,4). Es ist ein integratives Konzept aus Flussentwicklung, Stadtentwicklung, Hochwasserschutz, Morphologie, Ökologie und Bürgerbeteiligung (für Freizeit und Erholung).
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Hochwasserschutz - Verbesserung der Ökologie im Fluss - Flussbettstabilisierung - Verbesserung der sozialen Funktionen des Gewässers
Vorgeschlagene Maßnahmen	Offenes Deckwerk: Große Steine, die größer sind als das vorhandene Sohlenmaterial, werden auf das Flussbett gelegt und bedecken etwa die Hälfte der Fläche. Die Steine erhöhen den Fließwiderstand und schützen das feinere, natürliche Sediment in ihren Zwischenräumen (hiding).
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> - Vor der Umsetzung: Physikalisches Modell der TU München (morphologische Studie) - Während der Umsetzung: qualitatives Monitoring - Nach der Umsetzung: Messung von Querprofilen

	Es ist nachgewiesen, dass nach 15 Jahren eine Sohlstabilisierung vorliegt. Abhängig von den Gegebenheiten vor Ort kann ein offenes Deckwerk ein geeigneter Ansatz zur Sohlenverbesserung sein.
Abbildungen/Fotos	Siehe Webseite
Quellen	https://www.wwadon.bayern.de/hochwasser/hochwasserschutzprojekte/wertachtal/index.htm




2.1.4 F4 - LIFE-Projekt „Natur Wachau“ (2003-2008) / Wiederanbindung von Seitenarmen

LIFE-Projekt „Natur Wachau“ (2003-2008) / Wiederanbindung von Seitenarmen	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Donau
Land	Österreich
Hauptursache	Hochwasserschutz
Zusammenhang mit	Schifffahrt (Wassertiefe bei Niederwasser), Ökologie, Infrastruktur (z. B. Straßen, Stromkabel nahe Seitengerinnen), Wasserkraft/Wasserentnahme (weniger Abfluss im Hauptstrom)
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke, Wiederverbindung der Seitenkanäle
Ziel und Hintergrund	Das Wachau-Projekt (rkm 2033,5 – 2009,0) war das erste realisierte LIFE-Projekt in der Wachau, das den Erhalt gefährdeter Lebensräume in dieser Region zum Ziel hatte. Eine wichtige Maßnahme war unter anderem die Wiederanbindung von Seitenarmen. Die Altarme „Grimsing“, „Aggsbach Dorf“ und „Rührsdorf-Rossatz“ wurden alle wieder an die Donau angeschlossen. Ziel dieser Maßnahme war es, die langfristig nachhaltige Anbindung an die Donau sicherzustellen, die nun erfolgreich umgesetzt wurde.
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung der ökologischen Bedingungen - Dauerhafte Anbindung von Seitenarmen bei niedrigen Durchflussbedingungen - Permanente Rückzugsgebiete, Schutz vor Wellenschlag

	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung des Hochwasserrückhaltes, niedrigerer Wasserstand bei hohem Durchfluss - Sedimenteintrag
<p>Vorgeschlagene Maßnahmen</p>	<p>Die Wiederanbindung von Seitengerinnen führt in erster Linie zu verbesserten ökologischen Bedingungen in diesen Flusssystemen. Durch diese Maßnahme werden neue aquatische Lebensräume und Rückzugsgebiete geschaffen, in denen Organismen vor Welleneinflüssen geschützt sind. Durch die dauerhafte Anbindung an das Hauptgewässer werden Wasserstand, Fließgeschwindigkeit, Schubspannung und Transportkapazität erhöht. Morphodynamische Prozesse werden im Seitenarmsystem verstärkt. Diese Effekte führen tendenziell zu einem höheren Sedimenteintrag aus den Seitengerinnen in das Hauptgerinne. Außerdem wird der Hochwasserrückhalt erhöht, was bei hohen Abflüssen zu niedrigeren Wasserständen im Hauptgerinne führt. Dies bedeutet sowohl Vorteile für Ökologie als auch den Hochwasserschutz.</p>
<p>Bewertung</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Integrativer Planungsprozess, Win-Win-Situation (Verbesserung für Ökologie und Hochwasserschutz), nachhaltige Maßnahmen, Stakeholder-Engagement und -Einbeziehung - Bewertung nach der Umsetzung: Lebensraumüberwachung (Fische)
<p>Abbildungen/Fotos</p>	 <p>Side-channel system Grimsing 2013, Foto: ©viadonau</p>
<p>Quellen</p>	<p>https://www.weltkulturerbe-wachau.at/naturschutz/life-projekte/life-wachau</p> <p>https://info.bmlrt.gv.at/themen/wasser/wasser-eu-international/eu-foerderprogramme/life-natur/life-projekte_abgeschl/wachau.html</p> <p>https://www.viadonau.org/unternehmen/projektdatenbank/aktiv/auenwildnis/renaturierungsprojekte-in-der-wachau</p>


2.1.5 F5 - LIFE+ Projekt „Mostviertel-Wachau“ (2009-2014) / Revitalisierung Seitenarmen

LIFE+ Projekt "Mostviertel-Wachau" (2009-2014) / Revitalisierung von Seitenarmen	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Donau
Land	Österreich
Hauptursache	Hochwasserschutz
Zusammenhang mit	Schifffahrt (Wassertiefe bei Niederwasser), Ökologie, Infrastruktur (z. B. Straßen, Stromkabel nahe Seitengerinne), Wasserkraft/Wasserentnahme (weniger Abfluss im Hauptstrom)
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke, Wiederanbindung von Seitenarmen, Schaffung eines Biotops, Neugestaltung einer Zuflussmündung ("Pielach")
Ziel und Hintergrund	<p>Die Wiederanbindung von Seitengerinnen führt in erster Linie zu verbesserten ökologischen Bedingungen in Flusssystemen. Durch die Maßnahme werden neue aquatische Lebensräume und Rückzugsgebiete geschaffen, in denen Organismen vor Welleneinflüssen geschützt sind.</p> <p>Die flachen Kiesbänke mit hoher Fließgeschwindigkeit dienen vielen Fischarten als Laichhabitate; die Buchten mit gleichmäßigerer Strömung werden hauptsächlich von Jungfischen genutzt. Die tiefen Bereiche und Kolke des Flusses sind wichtige Überwinterungsgebiete. Insgesamt wird jede Lebensphase von Fischen berücksichtigt.</p>
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung der ökologischen Bedingungen - Dauerhafte Anbindung von Seitenarmen bei niedrigen Durchflussbedingungen - Permanente Rückzugsgebiete, Schutz vor Wellenschlag - Erhöhung des Hochwasserrückhalts, niedrigerer Wasserstand im Hauptgerinne bei hohem Abfluss - Sedimenteintrag
Vorgeschlagene Maßnahmen	<p>Unterhalb von Melk wurde das Seitengerinnesystem „Schallemersdorf/Grimsing“ mit einer Gesamtlänge von 4 km sowie ein Seitengerinne bei „Schönbühel“ mit einer Länge von 1,5 km angelegt. Stromaufwärts von „Dürnstein“ wurde das Biotop „Frauengärten“ angelegt. Diese Altarme sind heute ganzjährig mit dem Hauptstrom verbunden und bieten wichtige und wellengeschützte Lebensräume für die Fischarten der Donau. Außerdem wird die „Pielach“-Mündung neu gestaltet und ein</p>

	<p>neues Naturschutzgebiet geschaffen. Durch die dauerhafte Anbindung an Hauptgewässer werden Wasserstand, Fließgeschwindigkeit, Schubspannung und Transportkapazität erhöht. Morphodynamische Prozesse werden im Seitenarmsystem verstärkt. Diese Effekte führen tendenziell zu einem höheren Sedimenteintrag aus den Seitengerinnen in das Hauptgerinne. Außerdem wird der Hochwasserrückhalt erhöht, was bei hohen Abflüssen zu niedrigeren Wasserständen im Hauptgerinne führt. Dies bedeutet sowohl Vorteile für Ökologie als auch den Hochwasserschutz.</p>
<p>Bewertung</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Integrativer Planungsprozess, Win-Win-Situation (Verbesserung für Ökologie und Hochwasserschutz), nachhaltige Maßnahmen, Stakeholder-Engagement und -Einbeziehung - Bewertung nach der Umsetzung: Lebensraumüberwachung (Fische)
<p>Abbildungen/Fotos</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Nebenarm bei Schallemmersdorf, Foto: © Haslinger</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>www.life-mostviertel-wachau.at</p> </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  <p>https://www.life-mostviertel-wachau.at/pages/Schallemmersdorf.htm</p> </div>
<p>Quellen</p>	<p>https://www.life-mostviertel-wachau.at/</p> <p>https://info.bmlrt.gv.at/themen/wasser/wasser-eu-international/eu-foerderprogramme/life-natur/life-projekte_abgeschl/mostviertel.html</p> <p>https://www.viadonau.org/unternehmen/projektdatenbank/aktiv/auenwildnis/renaturierungsprojekte-in-der-wachau</p>

2.1.6 F6 - LIFE+ Projekt „Auenwildnis Wachau“ (2015-2020) / Revitalisierung von Seitenarmen


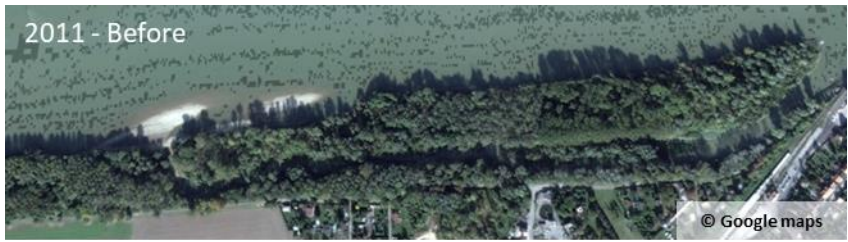
LIFE+ Projekt „Auenwildnis Wachau“ (2015-2020) / Revitalisierung von Seitenarmen	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Donau
Land	Österreich
Hauptursache	Hochwasserschutz
Zusammenhang mit	Schifffahrt (Wassertiefe bei Niederwasser), Ökologie, Infrastruktur (z. B. Straßen, Stromkabel nahe Seitengerinne), Wasserkraft/Wasserentnahme (weniger Abfluss im Hauptstrom)
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke, Revitalisierung bestehender Altarme und Wiederanbindung eines Seitengerinnes
Ziel und Hintergrund	Das Projekt knüpft an zwei frühere LIFE-Projekte in der Region „Wachau“ an und baut auf deren Erkenntnissen auf. Dieses Vorhaben zielt vor allem darauf ab, die ökologischen Bedingungen in den Auen durch Artenschutzmaßnahmen zu verbessern. Diese Maßnahmen schaffen neue aquatische Lebensräume und Rückzugsgebiete, in denen Organismen vor Wellenschlag geschützt sind.
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung der ökologischen Bedingungen - Dauerhafte Anbindung von Seitenarmen bei niedrigen Durchflussbedingungen - Permanente Rückzugsgebiete, Schutz vor Wellenschlag - Erhöhung des Hochwasserrückhalts, niedrigerer Wasserstand im Hauptgerinne bei hohem Abfluss - Sedimenteintrag
Vorgeschlagene Maßnahmen	<p>Die Revitalisierung austretender Altarme und die Anlage eines neuen Seitenarms sind ebenso geplant wie Artenschutzmaßnahmen (Amphibien, Schwarzpappel und Seeadler) und die Schaffung von ca. 50 ha Naturschutzgebiet mit neuen und verbesserten Auwäldern (rkm 2012.5 – 2010.0).</p> <p>Durch die dauerhafte Anbindung an den Hauptstrom werden Wasserstand, Fließgeschwindigkeit, Schubspannung und Transportkapazität erhöht. Morphodynamische Prozesse werden im Seitenarmsystem verstärkt. Außerdem wirkt sich der neu angelegte Seitenarm (bei Schoppestatt) auch positiv auf den Hauptstrom aus. Das wieder verbundene Nebengerinne bewirkt</p>

	tendenziell einen höheren Sedimenteintrag in das Hauptgerinne. Außerdem wird der Hochwasserrückhalt erhöht, was bei hohen Abflüssen zu niedrigeren Wasserständen im Hauptgerinne führt, mit Vorteilen für Ökologie und Hochwasserschutz.
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> - Integrativer Planungsprozess, Win-Win-Situation (Verbesserung für Ökologie und Hochwasserschutz), nachhaltige Maßnahmen, Stakeholder-Engagement und -Einbeziehung - Bewertung nach der Umsetzung: Lebensraumüberwachung (Fische)
Abbildungen/Fotos	 <p>Projektkarte Auenwildnis © viadonau</p>
Quellen	<p>https://www.weltkulturerbe-wachau.at/naturschutz/life-projekte/life-auenwildnis-wachau</p> <p>https://www.viadonau.org/unternehmen/projektdatenbank/aktiv/auenwildnis/renaturierungsprojekte-in-der-wachau</p>

2.1.7 F7 - Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg / Wiederanbindung eines Seitenarms („Johler Arm“)

Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg / Wiederanbindung eines Seitenarms („Johler Arm“)	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Donau
Land	Österreich
Hauptursache	Hochwasserschutz
Zusammenhang mit	Schifffahrt (Wassertiefe bei Niederwasser), Ökologie, Infrastruktur (z. B. Straßen, Stromkabel nahe Seitengerinne), Wasserkraft/Wasserentnahme (weniger Abfluss im Hauptstrom)
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke, Wiederanbindung eines Seitengerinnes

<p>Ziel und Hintergrund</p>	<p>Die Realisierung des Pilotprojektes Bad Deutsch-Altenburg (Strom-km 1885,6 – 1884,3) ermöglichte die Stabilisierung der Gewässersohle in der Versuchsstrecke. Durch die Wiederanbindung des Johler Seitenarms wurde das erste ganzjährig von Wasser durchflossene Seitengerinne im Nationalpark wiederhergestellt. Durch die Renaturierung von Flussufern wurden natürliche Uferbereiche geschaffen. Diese neu geschaffenen Lebensräume wurden sofort von der Tierwelt der Donauauen besiedelt. Die Evaluation des Pilotprojekts wurde wissenschaftlich begleitet und die daraus gewonnenen Erkenntnisse sind eine wesentliche Grundlage für die Gestaltung des „Maßnahmenkatalogs“.</p>
<p>Aufgaben und Ziele</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung der Hochwasserrückhaltekapazität, abgesenkter Wasserstand bei höherem Abfluss - Sedimenteintrag - Reduzierte Schubspannung im Hauptstrom - Dauerhafter Anschluss des Seitenkanalsystems (bei geringem Durchfluss) - Verbesserung der ökologischen Bedingungen (insbesondere an Flussufern und Seitenarmen) - Nachhaltiger Sedimenthaushalt im Seitengerinnesystem - Permanente Rückzugsgebiete, Schutz vor Wellenschlag
<p>Vorgeschlagene Maßnahmen</p>	<p>Durch die Ableitung von Wasser aus der Donau wird die Belastung der Flusssohle im Hauptgerinne reduziert und die Neigung zur Sohlerosion verringert. Auch der Wasserstand bei hohem Durchfluss wird positiv beeinflusst. Bei größeren Abflüssen führen die angeschlossenen Nebengerinne zu geringeren Fließgeschwindigkeiten und Wasserständen im Hauptgerinne. In den Seitengerinnesystemen nehmen morphologische Prozesse zu, die zu einer höheren Habitatvielfalt führen. Durch höhere Schubspannungen wird die Transportkapazität erhöht, was zu einem Sedimenteintrag aus dem Nebengerinne in das Hauptgerinne führt und Vorteile für die Ökologie und in geringerem Maße für das Sedimentregime bringt.</p> <p>Erster Nebenarm im Nationalpark Donau-Auen, der dauerhaft (auch bei Niederwasser) mit dem Hauptstrom verbunden ist.</p> <p>Da im 4. Jahr nach dem Wiederanschluss aufgrund ausgedehnter Seitenerosion im Einlaufabschnitt eine nahe gelegene kleine Straße erosionsgefährdet war, wurde dieser Teil mit ingenieurbioologischen Maßnahmen aus Baumstämmen auf einer Länge von ca. 250m gesichert.</p>

<p>Bewertung</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bewertung vor der Implementierung: Pre-Monitoring (Morphologie, Fließgeschwindigkeit, Abfluss, Schwebstoffe, Substrat, Biotik) - Bewertung nach der Umsetzung: Post-Monitoring (Morphologie, Fließgeschwindigkeit, Abfluss, Schwebstoffe, Substrat, Biotik (insb. Fische))
<p>Abbildungen/Fotos</p>	<div data-bbox="523 546 1374 909">  <p>© viadonau</p> </div> <div data-bbox="523 927 1374 1167">  <p>© Google maps</p> </div> <div data-bbox="523 1184 1374 1424">  <p>© Google maps</p> </div> <div data-bbox="523 1442 1374 1740">  </div>

	<p>Remove fine sediments to open the side branch</p>  <p>Image: viadonau</p> <p>Ecological Engineering to prevent lateral erosion</p>  <p>Image: viadonau</p>
Quellen	<p>http://www.viadonau.org/en/company/project-database/top-aktuell/integrated-river-engineering-project-catalogue-of-measures/</p>

2.1.8 F8 – Vorlandaushub – Pilotprojekt Klöden



Vorlandaushub - Pilotprojekt Klöden	
Einzugsgebiet	Elbe
Fluss	Elbe
Land	Deutschland
Hauptursache	Hochwasserschutz
Zusammenhang mit	Ökologie (Konnektivität von Fluss und Vorland)
Anwendungsbereich	Vorland/Überflutungsfläche
Ziel und Hintergrund	<p>Im Bereich der oberen Mittelelbe ist der Abschnitt von El-Km 121 bis 290 durch eine hohe Sohlerosion gekennzeichnet. Seit 1996 wird in diesem Erosionsabschnitt eine Geschiebezugabe durchgeführt. Die Ziele im Pilotprojekt Köden waren:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erosionsursachen erkennen - Erstellen eines Sohlstabilisierungskonzept - Testen der Anwendbarkeit in einer Pilotstrecke - Monitoring in der Pilotstrecke realisieren und durchführen <p>Die 15 km lange Strecke bei Klöden wurde als erste Pilotmaßnahme ausgewählt, um die Erosion zu stoppen/zu reduzieren. Hier wurde eine Reihe von Maßnahmen diskutiert, zB die teilweise Absenkung der Aue durch Aushub.</p>
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung der definierten Schifffahrtsbedingungen - Stabilisierung des mittleren Sohlenniveaus bei Erhalt und Förderung der morphologischen Dynamik

	<ul style="list-style-type: none"> - Anpassung des Geschiebetransports mit der Folge einer Reduzierung der Sedimentzugabemenge - Berücksichtigung des Einflusses der angewandten Maßnahmen auf das Grundwasser und die Hochwassersicherheit sowie ökologische Anforderungen - Stärkere Strukturierung und Dynamisierung des Flusslaufs und der Au (Berücksichtigung strukturbildender Prozesse, Vernetzung von Fluss und Aue)
<p>Vorgeschlagene Maßnahmen</p>	<p>Sohlenstabilisierung, Dynamisierung des Hochwasserabflusses durch flächige und/oder linienförmige Absenkung des Vorlandes und Aushub natürlicher Deiche einschließlich Reaktivierung von Flutrinnensystemen.</p>
<p>Bewertung</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Physische und 2D-HN-Modelle - 1D Sedimenttransportmodell - Geländemodell und Feldmessungen - Hochauflösendes 3D-HN-Modell der Pilotstrecke - Ökologische Modellierung mit Inform (BfG) - Überwachung
<p>Abbildungen/Fotos</p>	<p>Pilot project Klöden – description of the measure</p> <p>Cross-section expansion at the bend Klöden</p> <p>Height (m)</p> <p>Length (m)</p> <p>Kühne & Busse (2020)</p> <p>Quelle: BAW Karlsruhe</p>
<p>Quellen</p>	<p>Kühne & Busse (2022); Lege (2008); BMVI & BMUB Elbe (2017)</p>

2.1.9 F9 - Entfernung von natürlichen Uferdämmen (Levees)

Entfernung von natürlichen Uferdämmen (Levees)	
<p>Einzugsgebiet</p>	<p>Donau</p>
<p>Fluss</p>	<p>Donau</p>
<p>Land</p>	<p>Deutschland</p>


Hauptursache	Hochwasserschutz
Zusammenhang mit	Schifffahrt, Landwirtschaft
Anwendungsbereich	Geschiebeführenden Alpenfluss mit massiven natürlichen Uferdämmen
Ziel und Hintergrund	<p>Im 18./19. Jahrhundert wurde dieser Donauabschnitt begradigt, Altarme entfernt und Uferbefestigungen eingebaut. Diese Aktivitäten ermöglichten es, das umliegende Land landwirtschaftlich zu nutzen. Die hohe morphologische Dynamik ging verloren. Bei Irnsing wurde ein kleiner Teil typischer Weichholzauenwälder erhalten. Vor 60 Jahren wurde ein Hochwasserschutz errichtet, der das Waldgebiet weiter verminderte. Ein Altarm von 500 m Länge ("Pfannenstiel") blieb erhalten, ist aber nur bei Hochwasserereignissen mit der Donau verbunden.</p> <p>Als Folge der Uferbefestigungen sind die Sedimentdämme am Flussufer in den letzten Jahrzehnten um 2 cm/a gewachsen. Diese Wälle schützen die Aue vor Hochwasserereignissen und reduzieren dadurch die Dynamik der Au weiter.</p> <p>Mit dem Ziel, den Auwald zu revitalisieren, führte die zuständige Behörde intensive Stakeholder-Konsultationen mit den regionalen Naturschutzbehörden, dem örtlichen Fischereiverband und Anwohnern durch. Anstatt den Altarm anzubinden, der den Charakter der Aue insgesamt verändern würde, entschied man sich für eine naturnahe Bebauung durch Rückbau der Uferdämme auf einer Länge von 400 m und Neuanlage der Auenmulden/-senken.</p>
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Das Entfernen der Deiche verbessert den Hochwasserschutz, indem dem Wasser mehr Breite ermöglicht wird (bei durchschnittlichen Hochwasserereignissen). Die Wiederanbindung der Aue (dh die Ermöglichung einer natürlichen hydraulischen Auedynamik) unterstützt den Schutz des Weichholzwaldes und der verbleibenden einheimischen Schwarzpappelpopulation. - Reduzierung der Flussbettersion durch Verringerung der Scherspannung und Sedimentation an den Flussufern - Natürliche morphologische Entwicklung und Sedimenteintrag von den Flussufern
Vorgeschlagene Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Im Jahr 2011 wurden innerhalb von 4 Wochen die Uferdämme (mit einer Höhe von 1-2 Metern) entlang einer 400-Meter-Strecke der Donau entfernt.

	<p>- Entsprechend der natürlichen Formationen in der Au wurden die Zu- und Abflussbereiche (Senken/Gräben) in die Aue auf einer Länge von bis zu 150 m rekonstruiert.</p>
<p>Bewertung</p>	
<p>Abbildungen/Fotos</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Left picture: natural levee at the Danube near Irnsing (Bavaria). Right picture: same bank after removal of the natural levee. (photos: Johann Zeller – left and Ulrich Menacher – right, WWA Landshut).</p>
<p>Quellen</p>	<p>https://www.interreg-danube.eu/approved-projects/danubersediment/outputs</p> <p>DanubeSediment report „Sediment Management Measures for the Danube“, factsheet codes in annex 2: E R H T GP34</p> <p>https://www.wwa-la.bayern.de/fluesse_seen/massnahmen/neustadt_kelheim/index.htm</p> <p>https://www.wwa-la.bayern.de/fluesse_seen/gewaesserportraits/donau/index.htm</p>

2.2 Ökologie

2.2.1 E1 - Einbringen von Sediment stromabwärts eines Wehrs

Einbringen von Sedimenten stromabwärts eines Wehrs	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Isar
Land	Deutschland
Hauptursache	Ökologie (Schaffung neuer Lebensräume unter eines Wehr und Renaturierung des stromab liegenden Flussabschnittes)
Zusammenhang mit	Hochwasserschutz, Wasserkraft
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke (Fluss mit alpinem Charakter, kiesführend; befestigte Ufer)
Ziel und Hintergrund	Erosion stromabwärts des Wehrs verhindern. Das Sediment wurde aus dem Wehrspeicher gebaggert und direkt flussabwärts (km 142,9) wieder eingebracht.
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Ausgleichen des Sedimentdefizits in der Isar - Verhindern von Erosion
Vorgeschlagene Maßnahmen	<p>Ablagerung von Sedimenten als parallele Dämme entlang des Flusses für 1.200 m. Diese Maßnahme wurde auch folgenden Gründen durchgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Wassertiefe war zu gering für eine Sedimentaufnahme - eine selektive Zugabe war aufgrund der erforderlichen Sedimentmassen nicht möglich - Eine Spülung war aufgrund baulicher betrieblicher Maßnahmen nicht möglich.
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> - Nach der Implementierung: Querschnitte wurden in den Jahren 1997, 1999 und 2003 gemessen, die keine signifikanten Änderungen des Profils zeigten. - Effizienz der Maßnahme ist dennoch hoch (und erspart den regelmäßigen Sedimenteintrag)

<p>Abbildungen/Fotos</p>	 <p>© LfU Bavarian Environment Agency)</p> <p>© LfU Bavarian Environment Agency)</p> <p>© LfU Bavarian Environment Agency)</p> <p>© LfU Bavarian Environment Agency)</p> <p>© LfU Bavarian Environment Agency)</p> <p>© LfU Bavarian Environment Agency)</p>
<p>Quellen</p>	<p>https://www.interreg-danube.eu/approved-projects/danubersediment/outputs</p> <p><u>DanubeSediment report „Sediment Management Measures for the Danube“, factsheet codes in annex 2: E R H T GP24,</u></p>


2.2.2 E2 - LIFE-Projekt „BeeSandFish“ / Wiedereinbringung von Sedimenten unterhalb des Damms, Entfernung der Ufersicherung

<p>LIFE-Projekt „BeeSandFish“ / Wiedereinbringung von Sedimenten unterhalb des Damms, Entfernung der Ufersicherung</p>	
<p>Einzugsgebiet</p>	<p>Donau</p>
<p>Fluss</p>	<p>Donau</p>
<p>Land</p>	<p>Slowakei</p>
<p>Hauptursache</p>	<p>Ökologie</p>
<p>Zusammenhang mit</p>	<p>Hochwasserschutz, Wasserkraft, Schifffahrt</p>
<p>Anwendungsbereich</p>	<p>Freie Fließstrecke</p>

Ziel und Hintergrund	Das BeeSandFish-Projekt ist ein LIFE-Projekt mit dem Ziel, die steilen Ufer der Donau für das Nisten von Vögeln wiederherzustellen. Um das Ziel zu erreichen, wurden Maßnahmen zur Entfernung der Ufersicherung vorgeschlagen und mögliche Standorte auf der Grundlage numerischer Modellierungsergebnisse ausgewählt. Zusammen mit der Wiedereinbringung von Sedimenten stromabwärts des Gabčíkovo-Damms kann ein integrierter Effekt zur Stabilisierung des Flussbetts und zur Verringerung der Sedimenttransportkapazität in demselben Flussabschnitt erreicht werden.
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Wiederherstellung der Sedimentdurchgängigkeit - Verringerung der Erosion stromabwärts des Damms - Stabilisierung des Flussbettes - Verbesserung der lateralen Konnektivität
Vorgeschlagene Maßnahmen	Ein integrierter Effekt zur Stabilisierung des Flussbettes und zur Verringerung der Sedimenttransportkapazität stromabwärts des Gabčíkovo-Damms (km 1810 – 1708) kann durch eine Kombination von Maßnahmen erreicht werden: Wiedereinbringung von Sedimenten stromabwärts des Gabčíkovo-Damms, Entfernung des Uferschutzes in ausgewählten Abschnitten und Wiederanbindung von Seitenarmen (Verbesserung der lateralen Konnektivität).
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> - vorher: 1D und 2D hydrodynamische Modellierung inkl. Sedimenttransportmodell, lang- und mittelfristige morphologische Entwicklung des untersuchten Donauabschnitts (inkl. Änderungen im Längsprofil, Erosion/Sedimentation), Modellprognose der morphologischen Entwicklung der Donau, abiotisches Monitoring: Bathymetrie, LIDAR-Scanning, hydrologisches Regime, Wasserstandsmessungen (inkl. Hochwasser 2013), Durchfluss- und Abflussmessungen, Buhnenvermessung, Sohlbeprobung, Korngrößenanalyse, Schwebstoffproben
Abbildungen/Fotos	Siehe Webseite
Quellen	https://broz.sk/en/projekty/beesandfish/

2.2.3 E3 - Uferrückbau Thurnhausen / Flussbauliches Gesamtprojekt - Pilotprojektphase - LIFE-Projekt

Uferrückbau Thurnhausen / Flussbauliches Gesamtprojekt - Pilotprojektphase - LIFE-Projekt	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Donau
Land	Österreich
Hauptursache	Ökologie
Zusammenhang mit	Hochwasserschutz (Verhinderung von Infrastrukturschäden durch Seitenerosion), Schifffahrt (Wassertiefe im Fahrwasser, Fahrwasserbreite)
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke - Kiesbettfluss
Ziel und Hintergrund	Bei diesem Projekt wurden alle künstlichen Elemente zum Schutz des linken Donauufers im Bereich gegenüber der Stadt Hainburg entfernt. Dieses Projekt war die erste Uferrenaturierung an einem Fluss von der Größenordnung der Donau. Mögliche Konflikte mit Hochwasserschutz, Schifffahrt, Siedlungsgebieten und technischer Infrastruktur wurden berücksichtigt.
Aufgaben und Ziele	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hochwasserschutz (Erhöhung des Abflussquerschnitts) 2. Erhöhung des Sedimenteintrags 3. Verringerte Sohlerosion durch Reduzierung der Schubspannung 4. Natürliche morphologische Entwicklung von Uferzonen (Morphodynamik) 5. Nachhaltige Verbesserung der ökologischen Bedingungen (insbesondere an den Ufern) 6. Verbesserung des Landschaftsbildes
Vorgeschlagene Maßnahmen	<p>Entfernung des Uferschutzes:</p> <p>Im gesamten Unterwasserabschnitt des Projektgebietes wurde auf einer Länge von rund 2,8 km die komplette Ufersicherung entfernt. Um den Flusslauf nicht zu verändern, blieb die Ufersicherung im stromauf gelegenen Teil des Projektgebietes auf Höhe des Regulierungsniederwassers erhalten.</p>
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> - Premonitoring (Morphologie, Wasserstand) - Monitoring während der Umsetzung (Seitenerosionsprozesse, Morphologie, Wasserstand)

	- Postmonitoring (Seitenerosionsprozess, Morphologie, Wasserstände, Fließgeschwindigkeit)
Abbildungen/Fotos	 <p>Pilot Project Thurnhaufen – bank armouring before construction work.</p> <p>Pilot Project Thurnhaufen – renaturated river bank after the construction work. The project was awarded the prize for Best Life Nature Project 2007-2008.</p> <p>ICPDR (2010)</p>
Quellen	https://www.viaddonau.org/en/company/project-database/top-aktuell/integrated-river-engineering-project-catalogue-of-measures/



2.2.4 E4 - Uferentsiegelung

Uferentsiegelung	
Einzugsgebiet	Elbe
Fluss	Elbe
Land	Deutschland
Hauptursache	Ökologie
Zusammenhang mit	Schifffahrt
Anwendungsbereich	Flussufer, Freie Fließstrecke
Ziel und Hintergrund	<p>Ökologische Optimierung von Wasserbauwerken:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Schaffung dynamischer, unversiegelter Uferbereiche durch Ermöglichung von Erosions- und Anlandungsprozessen, wie z. B. der Bildung von Steilufern. <p>Diese Maßnahmen sind ein wichtiger Beitrag zur Erreichung des guten ökologischen Zustands und einer dynamischen Flussentwicklung. Flüsse können wieder Lebensräume wie Tümpel, wandernden Innen- und Außenbögen sowie Sand- oder Kiesbänke bilden.</p>
Aufgaben und Ziele	Verbesserung der Fluss- und Uferstruktur:

	<ul style="list-style-type: none"> - Initiierung, Verbesserung und Wiederherstellung morphodynamischer Prozesse im Ufer- und Unterwasserbereich, insbesondere in Bühnenfeldern - Wiederherstellung und Verbesserung geschützter Biotope und Lebensräume besonders geschützter gewässer- und auentypischer Tier- und Pflanzenarten - Erhöhung der Strukturvielfalt - Lebensraumverbesserung für Uferschwalbe und Eisvogel durch Schaffung von Steilufern
Vorgeschlagene Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Entsiegelung nicht mehr benötigter Uferbereiche - Entfernung des Uferschutzes in Bühnenfeldern - Entfernen von Deckwerksabschnitten oder Reduzierung der Deckwerkshöhe nach Bedarf.
Bewertung	
Abbildungen/Fotos	 <p>BMVI & BMUB Elbe (2017)</p>
Quellen	BMVI & BMUB Elbe (2017)


2.2.5 E5 - Kerbbuhnen

Buhnenkerbe	
Einzugsgebiet	Elbe
Fluss	Elbe
Land	Deutschland
Hauptursache	Ökologie
Zusammenhang mit	Schifffahrt
Anwendungsbereich	Hauptgerinne
Ziel und Hintergrund	Anfang der 1990er Jahre hatte die Elbe(zwischen Fluss-km 440 und 445) einige fast vollständig zerstörte Buhnen und viele Buhnen, die massive Schäden in Form von Durchbrüchen aufwiesen. Bei den fast vollständig zerstörten Buhnen kam die Wiederherstellung fast einem Neubau gleich. Daher wurde

	überlegt, die Buhngeometrie so umzugestalten, dass sich eine optimalere Struktur der Ufer und Bühnenfelder für standorttypische Pflanzen und Tiere entwickeln kann. Bei Bühnen mit Durchbrüchen zeigten sich in den Bühnenfeldern vielfältige Strömungsmuster, so dass hier Möglichkeiten zur Erhöhung der Strukturvielfalt gesehen wurden.
Aufgaben und Ziele	<p>Folgende Anforderungen wurden definiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sedimentation in Bühnenfeldern verhindern oder begrenzen - Zunehmende Heterogenität und Dynamik (hohe Variabilität von Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe) - Natürliche Zunahme der Wasseraustauschzone durch lokale Sedimentation oder Uferverlängerung <p>Hydraulischer Wirkungsgrad bezogen auf Ufersicherung und Abfluss in Flussmitte: Er darf nicht wesentlich schlechter sein als bei normalen Bühnen</p>
Vorgeschlagene Maßnahmen	Anpassung und Modifizierung von Bühnen durch Einbau von Kerben im Bühnenrücken oder im Bereich des Uferanschlusses
Bewertung	<p>Premonitoring: numerische und hydraulische Modellierung</p> <p>Postmonitoring: Biologische Monitoring</p>
Abbildungen/Fotos	 
Quellen	Anlauf & Hentschel (2007), Kleinwächter et al. (2017), BMVI & BMUB Elbe (2017)

2.2.6 E6 - Änderung der Bühnenausrichtung

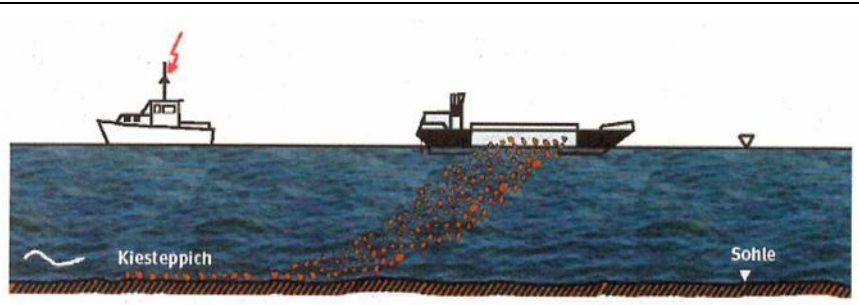
Änderung der Bühnenausrichtung	
Einzugsgebiet	Elbe
Fluss	Elbe
Land	Deutschland
Hauptursache	Ökologie

Zusammenhang mit	Schifffahrt
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke (vorrangig stark zerstörte Buhnenfelder)
Ziel und Hintergrund	Anfang der 1990er Jahre hatte die Elbe (zwischen Fluss-km 440 und 445) einige fast vollständig zerstörte Buhnen und viele Buhnen, die massive Schäden in Form von Durchbrüchen aufwiesen. Bei den fast vollständig zerstörten Buhnen kam die Wiederherstellung fast einem Neubau gleich. Daher wurde überlegt, die Buhngeometrie so umzugestalten, dass sich eine optimalere Struktur der Ufer und Buhnenfelder für standorttypische Pflanzen und Tiere entwickeln kann. Bei Buhnen mit Durchbrüchen zeigten sich in den Buhnenfeldern vielfältige Strömungsmuster, so dass hier Möglichkeiten zur Erhöhung der Strukturvielfalt gesehen wurden.
Aufgaben und Ziele	<p>Folgende Anforderungen wurden definiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sedimentation in Buhnenfeldern verhindern oder begrenzen - Zunehmende Heterogenität und Dynamik (hohe Variabilität von Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe) - Natürliche Zunahme der Wasseraustauschzone durch lokale Sedimentation oder Uferverlängerung <p>Hydraulischer Wirkungsgrad bezogen auf Ufersicherung und Abfluss in Flussmitte: Er darf nicht wesentlich schlechter sein als bei normalen Buhnen</p>
Vorgeschlagene Maßnahmen	Änderung der Buhenausrichtung: von zuvor gegen die Fließrichtung ausgerichtet (inklinant) auf dann in Fließrichtung ausgerichtet (deklinant)
Bewertung	<p>Premonitoring: numerische und hydraulische Modellierung</p> <p>Postmonitoring: Biologische Monitoring</p>
Abbildungen/Fotos	 <p style="text-align: center;">Anlauf & Hentschel (2007) Anlauf & Hentschel (2007)</p>
Quellen	Anlauf & Hentschel (2007), Kleinwächter et al. (2017)

2.3 Schifffahrt

2.3.1 N1 - Geschiebemanagement am freien Fließabschnitt des Rheins

Geschiebemanagement am frei fließenden Rheinabschnitt	
Einzugsgebiet	Rhein
Fluss	Rhein
Land	Deutschland / Frankreich
Hauptursache	Schifffahrt
Zusammenhang mit	Hochwasserschutz, Wasserkraft
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke (km 334,0 - km 865,5)
Ziel und Hintergrund	Der Rhein wurde im Laufe der Zeit durch die menschliche Nutzung stark verändert. Neben der Errichtung von Dämmen entlang der Auen haben vor allem die Flusslaufregulierung, die Niedrig- und Mittelwasserregulierung der Flusssohle sowie der Uferschutz und schließlich die Aufstauung die hydrologischen und morphologischen Verhältnisse stark beeinflusst. Das vorherrschende Geschiebedefizit und die heterogene Geschiebeverteilung führen zu einer über weite Strecken stetig fortschreitenden Sohleintiefung, während andere Bereiche stabil bleiben oder sich in Hebung befinden. Schäden am Ökosystem der Au, Einschränkung der Entladetiefe für die Schifffahrt und Nachteile für die Wasserwirtschaft und die ländliche Kultur sind die Folgen.
Aufgaben und Ziele	Um die oben genannten Nachteile zu vermeiden, wurde eine Strategie zur Stabilisierung der Sohle entwickelt, indem konventionelle Maßnahmen mit Maßnahmen des Geschiebemanagements kombiniert werden. Letztere versucht, die Defizite und Überschüsse im Geschiebehaushalt des Flusses durch gezielte Zuführung und Entnahme von Geschiebe auszugleichen. Diese dynamische Stabilisierung der Gewässersohle wird durch örtliche Steuerungs- und Sohlensicherungsmaßnahmen unterstützt.
Vorgeschlagene Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Kieszugabe: Menge und Korngrößenverteilung werden nach Transportkapazität und Korngrößenverteilung des natürlichen Geschiebes ausgewählt - Optimierung der Bühnenhöhe - Baggern und Wiederverklappen - Geschiebefalle: Breite 160 m; Tiefe: 1,5m - Grobkieszugabe

	- Maßnahmen zur Sohlstabilisierung
Bewertung	Messungen von hydrologischen, hydraulischen, sediment- und morphologischen Parametern zur Kontrolle der Entwicklung der Flusssohle und des Wasserspiegels. Alle zwei Jahre fasst ein Bericht die Ergebnisse des Monitorings zusammen.
Abbildungen/Fotos	 <p>DWA-M 525 (2012).</p>
Quellen	DWA-M 525 (2012).

2.3.2 N2 - Sedimentmanagement in den niederländischen Rheinarmen

Sedimentmanagement in den niederländischen Rheinarmen	
Einzugsgebiet	Rhein
Fluss	Rhein
Land	Niederlande
Hauptursache	Schifffahrt
Zusammenhang mit	Küstenschutz, Ökologie
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke
Ziel und Hintergrund	Aufgrund der Regulierungsmaßnahmen am Niederrhein, unzureichender Sedimentzufuhr aus dem Oberrhein, Aufstauung der Nebenflüsse und der Geschiebesperre im Bereich der Mittelgebirge zwischen Duisburg und Wesel ergibt sich zwischen Strom-km 800 und 860 ein Geschiebedefizit von 250.000 m ³ pro Jahr. Als Folge davon und auch wegen der gesunkenen Wasserstände in den Rheinarmen sanken im 20. Jahrhundert die Wasserstände am Niederrhein und die Flusssohle vertiefte sich. Die Sohlerosion verringerte die Stabilität der Ufer und Uferstrukturen, und die Überdeckung von Kabeln und Pipelines im Fluss wurde verringert. Aufgrund sinkender Wasserstände nimmt die Leistungsfähigkeit von Ein- und Auslaufbauwerken ab.

	<p>Der Grundwasserspiegel sinkt und die Entladetiefe für Schiffe in Flussabschnitten mit stabiler Sohle wird geringer.</p>
<p>Aufgaben und Ziele</p>	<p>Die nachhaltige und wirtschaftliche Bewirtschaftungsstrategie der niederländischen Rheinarne bedeutet im Wesentlichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - die frühzeitige Erkennung der Auswirkungen des Klimawandels auf Hoch- und Niederwasser - Schutz der flussbezogenen Infrastruktur, Schifffahrt und Ökologie durch Stabilisierung der Flusssohle und des Wasserspiegels <p>Die detaillierten Ziele sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erhöhte Durchflusskapazität zur Bewältigung großer Überschwemmungen - Stabilisierung der Flusssahle in Sedimentations- und Erosionsstrecken - Deckung des Trinkwasserbedarfs - Aufrechterhaltung der Schifffahrtsbedingungen trotz des Klimawandels <p>Um jedes dieser Ziele zu erreichen, erscheint eine Kombination aus flussbaulichen Maßnahmen und Sedimentmanagement sinnvoll.</p>
<p>Vorgeschlagene Maßnahmen</p>	<p>Sedimentmanagement:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absenkung des Niederwasserniveaus im Unterlauf der Zubringer - Sedimentzugabe in Erosionsstrecken - Optimierung von Bagger- und Verklappungsstrategien - Einschränkung der Sedimententnahme <p>Bauwerke/Flussregulierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absenken von Buhnen - Erhöhung der Abflusskapazität in der Au - Umleitung von Wasser an Flussgabelungen - Betrieb von Wehren - Einschnürung des Flussbetts bei Niederwasser durch Leitwerke - Einbau teilverfestigter Schichten in schmalen Außenbögen
<p>Bewertung</p>	<p>Überwachung von Wasserstand und Fließgeschwindigkeiten sowie des Verhaltens von Tracermaterial</p> <p>Überwachung der langfristigen Entwicklung von Wasserspiegel und Sohlenhöhe und Zusammensetzung von Sohle, Bagger- und Zugabematerial auf Basis von Multi-Beam-Messungen</p> <p>Anwendung numerischer Modelle hinsichtlich:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - 2D morphologische Prozesse in Flussbögen - Entwicklung der Sohlhöhe und Kornzusammensetzung bei Hochwasserereignissen ermittelt über 50 Jahre - Der Einfluss von Sohlformen auf die Schifffahrtstiefe - Der Einfluss von Erhaltungsmaßnahmen auf die Morphodynamik
Abbildungen/Fotos	
Quellen	DWA-M 525 (2012).

2.3.3 N3 - Pilotprojekt Witzelsdorf / Alternative Buhnentypen

Pilotprojekt Witzelsdorf / Alternative Buhnentypen	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Donau
Land	Österreich
Hauptursache	Schifffahrt
Zusammenhang mit	Hochwasserschutz (keine Änderungen der Hochwasserstände erlaubt), Ökologie (Verbesserung der Bedingungen)
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke - Kiesbettfluss
Ziel und Hintergrund	Der Abschnitt zwischen Stromkilometer 1893,4 und 1891,7 war lange einer der am stärksten verbauten Abschnitte entlang der gesamten Donau. Zusätzlich zu den Ufersicherungsbauwerken, die die Ufer verstärken, befanden sich auf weniger als zwei Kilometern des Ufers ein Längsbauwerk (Leitwerk) und acht Buhnen. Dieser nicht direkt der Strömung ausgesetzte Uferabschnitt bot jedoch ideale Bedingungen für die Ufersanierung und die Erprobung innovativer Buhnen in optimierter Form und Anordnung. Der Bau wurde zwischen November 2007 und Mai 2009 durchgeführt. Eine Optimierung der Buhnen und des Leitwerks wurde im September und Oktober 2015 durchgeführt, um die Baggerarbeiten zu reduzieren / zu stoppen, die nach einer Furtentwicklung erforderlich waren.
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Verringerung der Sohleintiefung (reduzierte Erosion) - Reduzierung von Buhnenfeldeffekten (weniger Sedimentation etc.) - Ufersanierung (Seitenerosion durch höhere Erosionskräfte entlang des Flussufers)

	<ul style="list-style-type: none"> - ErhöhteMorphodynamik an den Ufern - Verbesserung der ökologischen Bedingungen (Verbesserung der aquatischen Lebensraumvielfalt durch ufernahe Strömung)
<p>Vorgeschlagene Maßnahmen</p>	<p>Das Projekt beinhaltet eine Optimierung der eigentlichen Buhnenstrukturen, indem das Buhnenniveau abgesenkt, der Buhnenabstand vergrößert und die Form zu deklinanten Buhnen verändert wird. Als Folge dieser Maßnahme wird die Einschnürung reduziert, was zu geringeren Schubspannungen und Strömungsgeschwindigkeiten im Hauptgerinne führt. Außerdem wird die Sedimenttransportkapazität reduziert, was zu weniger Erosion führt. Entlang der Flussufer und in den Buhnenfeldern treten die gegenteiligen Effekte auf. Fließgeschwindigkeit und Schleppspannungen nehmen zu und führen damit zu einer verstärkten Morphodynamik an den Ufern. Buhnenfeldeffekte (Sedimentation usw.) werden verringert, was die Sedimenttransportkapazität weiter erhöht. Durch unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen im Uferbereich wird die Diversität von Meso- und Mikrohabitaten verbessert.</p> <p>Die Wirkung der rekonstruierten Buhnen wird hauptsächlich durch Länge, Abstand und Höhe der Buhnenanordnung beeinflusst. Nach Abschluss der anfänglichen Rekonstruktion/Modifikation der Buhne trat zu viel Sedimentation auf, was zu einer neuen Furt für die Schifffahrt führte und zu hohem Erhaltungssaufwand (Ausbaggern) führte. Daher wurden in einem zweiten Umbauschritt die Buhnen und die Leitwand erhöht, wobei die Höhe der Bauwerke noch unter dem alten Niveau blieb. Gegenwärtig sind keine Baggerarbeiten erforderlich, und die Sohlhöhen sind höher als vor der ersten Buhnenmodifikation.</p>
<p>Bewertung</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Umformung der bestehenden Buhnen, Reduzierung der Buhnenhöhe, Absenkung der Buhnenwurzel, Entfernung der Ufersicherung - Vor der Umsetzung: Hydrodynamisch-numerische Modellierung, Pre-Monitoring (Strömungsgeschwindigkeit, Sedimenttransport, Morphologie und Seitenerosion) - Während der Umsetzung: Monitoring (Strömungsgeschwindigkeit, Sedimenttransport, Morphologie und Seitenerosion) - Nach der Umsetzung: Postmonitoring (Strömungsgeschwindigkeit, Sedimenttransport, Morphologie und Seitenerosion)

	<ul style="list-style-type: none"> - Integrativer Planungsprozess - Win-Win-Situation (Verbesserung für Ökologie und Schifffahrt) - nachhaltige Maßnahme - Stakeholder-Engagement und Einbeziehung; Überwachung / Bewertung vor, während und nach der Umsetzung
<p>Abbildungen/Fotos</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p>Pilot Project Witzelsdorf – old groyne at river km 1892.53 at low water level +50 cm before the construction work. Because of the bed degradation the groyne was much higher than necessary.</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p>Pilot Project Witzelsdorf – new lowered and downstream faced groyne at river km 1892.53 at low water level +30 cm. Note the new fish by-pass which is also reducing sedimentation in the groyne field.</p>  </div> </div> <p style="text-align: center;">ICPDR (2010)</p>  <p>© viadonau</p>
<p>Quellen</p>	<p>http://www.viadonau.org/en/company/project-database/top-aktuell/integrated-river-engineering-project-catalogue-of-measures/</p>

2.3.4 N4 - Pilotprojekt Witzelsdorf / Absenken der Leitwand


<p>Pilotprojekt Witzelsdorf / Absenken der Leitwand</p>	
<p>Einzugsgebiet</p>	<p>Donau</p>
<p>Fluss</p>	<p>Donau</p>
<p>Land</p>	<p>Österreich</p>
<p>Hauptursache</p>	<p>Schifffahrt</p>
<p>Zusammenhang mit</p>	<p>Hochwasserschutz (keine Änderungen der Hochwasserstände erlaubt)</p>

Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke - Kiesbettfluss
Ziel und Hintergrund	<p>Der Abschnitt zwischen Stromkilometer 1893,4 und 1891,7 war lange einer der am stärksten verbauten Abschnitte entlang der gesamten Donau. Zusätzlich zu den Ufersicherungsbauwerken, die die Ufer verstärken, befanden sich auf weniger als zwei Kilometern des Ufers ein Längsbauwerk (Leitmauer) und acht Buhnen. Dieser nicht direkt der Strömung ausgesetzte Uferabschnitt bot jedoch ideale Voraussetzungen für die Wiederherstellung der Leitmauer. Die Maßnahmen umfassten das Absenken des Längsbauwerks auf ein Niveau von 0,5 m über dem niedrigen Schifffahrts- und Regulierungsniveau (LNRL). Die Bauarbeiten erfolgten zwischen November 2007 und Mai 2009.</p>
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Verringerung der Sohleintiefung (reduzierte Erosion)
Vorgeschlagene Maßnahmen	<p>Das Projekt beinhaltete eine Optimierung der bestehenden Längsstruktur durch Absenkung der Höhe. Als Folge dieser Maßnahme wird die Einschnürungswirkung reduziert, was zu geringeren Schubspannungen und Strömungsgeschwindigkeiten im Hauptgerinne führt. Außerdem wird die Sedimenttransportkapazität reduziert, was zu weniger Erosionsvorgängen führt - Nutzen für das Sedimentregime.</p> <p>Die Wirkung wird hauptsächlich durch die Höhe, Länge und die Position in Bezug auf das Hauptgerinne beeinflusst. Nach Abschluss der anfänglichen Adaptierung trat zu viel Sedimentation auf, was zu einer neuen Furt für die Schifffahrt und zu einem hohen Erhaltungsaufwand (Ausbaggern) führte. Dazu wurde in einem zweiten Umbauschritt das Leitwerk erhöht, wobei die Höhe der Bauwerke noch unter dem alten Niveau gehalten wurde. Gegenwärtig sind keine Baggerarbeiten erforderlich und die Sohlhöhen sind höher als vor dem ersten Umbau.</p>
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> - Vor der Umsetzung: Hydrodynamisch-numerische Modellierung, Pre-Monitoring (Strömungsgeschwindigkeit, Sedimenttransport, Morphologie und Seitenerosion) - Während der Umsetzung: Monitoring (Strömungsgeschwindigkeit, Sedimenttransport, Morphologie und Seitenerosion) - Nach der Umsetzung: Postmonitoring (Strömungsgeschwindigkeit, Sedimenttransport, Morphologie und Seitenerosion) - Integrativer Planungsprozess - Win-Win-Situation (Verbesserung für Ökologie und Schifffahrt)

	<ul style="list-style-type: none"> - nachhaltige Maßnahme - Stakeholder-Engagement und Einbeziehung; Überwachung / Bewertung vor, während und nach der Umsetzung
<p>Abbildungen/Fotos</p>	
<p>Quellen</p>	<p>http://www.viadonau.org/en/company/project-database/top-aktuell/integrated-river-engineering-project-catalogue-of-measures/</p>

2.3.5 N5 - Temporäre Kiesinseln

<p>Temporäre Kiesinseln</p>	
<p>Einzugsgebiet</p>	<p>Elbe</p>
<p>Fluss</p>	<p>Elbe</p>
<p>Land</p>	<p>Deutschland</p>
<p>Hauptursache</p>	<p>Schifffahrt</p>
<p>Zusammenhang mit</p>	<p>Hochwasserschutz, Ökologie</p>
<p>Anwendungsbereich</p>	<p>Freie Fließstrecke</p>
<p>Ziel und Hintergrund</p>	<p>Implementierung wasserbaulicher Strukturen zur Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse und hydraulischen Verhältnisse durch Verbesserung des Strömungs- und Transportverhaltens. Initiierung und Aufrechterhaltung strukturbildender Prozesse.</p> <p>Wiederherstellung und Verbesserung geschützter Biotope und Lebensräume besonders geschützter Tier- und Pflanzenarten; Rast- und Nistplätze sowie Bruthabitate werden durch die Insel geschaffen.</p>
<p>Aufgaben und Ziele</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Optimierung der Niederwasserregulierung - Verbesserung der Gewässer- und Uferstruktur

	- Verbesserung der Flussmorphologie und damit der Lebensräume
Vorgeschlagene Maßnahmen	- Schüttung von temporären Kiesinseln
Bewertung	
Abbildungen/Fotos	
Quellen	BMVI & BMUB Elbe (2017)

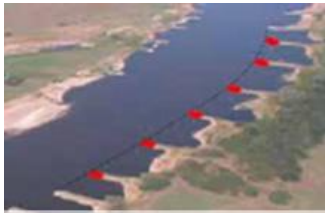
2.3.6 N6 – Parallelwerkserrichtung/Bauwerksersatz

Parallelwerkserrichtung/Bauwerksersatz	
Einzugsgebiet	Elbe
Fluss	Elbe
Land	Deutschland
Hauptursache	Schifffahrt
Zusammenhang mit	Hochwasserschutz, Ökologie
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke
Ziel und Hintergrund	Mit dieser Maßnahme wird der Schutz wertvoller Uferbereiche angestrebt. Das Bauwerk dient der Schaffung, Erhaltung und Entwicklung von Flachwasserzonen. Initiierung, Verbesserung und Wiederherstellung morphologischer Prozesse im Ufer- und Gewässerbereich sind wahrscheinlich. Ziel ist die Wiederherstellung und Verbesserung von geschützten Biotopen und Lebensräumen besonders geschützter Tier- und Pflanzenarten, die typisch für die Auen und Gewässer sind.
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Optimierung der Niederwasserregulierung - Vergleichmäßigung des Geschiebetransportes - Verhinderung von Verschlammung - Reduzierung der Sedimentation in der Fahrrinne

Vorgeschlagene Maßnahmen	Rückbau bestehender Bauwerke / Bauwerksteile (Buhnen, Deckwerk) und Neubau von Parallelbauwerken nach schiffahrtstechnischen Erfordernissen und ökologischen Gesichtspunkten zur Optimierung der Schiffbarkeit, zum Ausgleich des Sedimenttransports und zur Vermeidung baulicher Eingriffe in ökologisch wertvolle Uferbereiche.
Bewertung	
Abbildungen/Fotos	
Quellen	BMVI & BMUB Elbe (2017)

2.3.7 N7 - Buhnenverlängerung

Buhnenverlängerung	
Einzugsgebiet	Elbe
Fluss	Elbe
Land	Deutschland
Hauptursache	Schifffahrt
Zusammenhang mit	Ökologie
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke
Ziel und Hintergrund	Lokale Ablagerungen im Fahrwasser sollen durch Verbesserung der hydraulischen Verhältnisse durch Buhnenverlängerungen zur Verbesserung des Strömungs- und Transportverhaltens reduziert werden. Durch diese Maßnahme kann die Entkoppelung von Au und Häfen, birgt aber zusätzliches Risiko einer stärkeren Sohlerosion. Darüber hinaus gibt es mögliche Konflikte, da eine Homogenisierung des Transportverhaltens die Tiefenvarianz verringern und die morphologische Heterogenität verringern kann.
Aufgaben und Ziele	Optimierung der Niederwasserregulierung zur Minimierung der Sedimentation

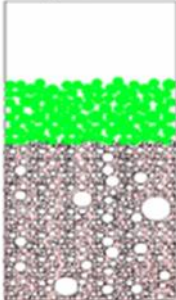
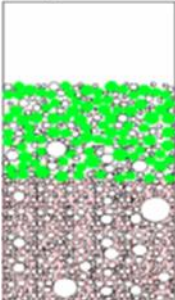
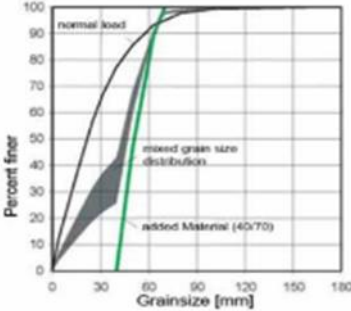
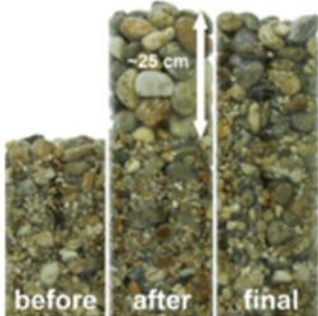
Vorgeschlagene Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Verlängerung der Buhnen zur Anpassung der Fairwaybreite - Kombinieren der Maßnahme ggf. mit dem Einbau einer Kerbe in der Buhnenwurzel, um eine ufernahe Strömung zu ermöglichen und die Inselbildung zu fördern.
Bewertung	
Abbildungen/Fotos	 <p>BMVI & BMUB Elbe (2017)</p>
Quellen	BMVI & BMUB Elbe (2017)

2.4 Wasserkraft

2.4.1 H1 - Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg / Granulometrische Sohlverbesserung

Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg / Granulometrische Sohlverbesserung	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Donau
Land	Österreich
Hauptursache	Wasserkraft
Zusammenhang mit	Ökologie und Grundwasser (Kolmation, reduzierte Habitatverfügbarkeit, wenn Steine zu groß sind und nicht transportiert werden), Schifffahrt (Wassertiefe im Fahrwasser, Auswirkungen auf Schiffsschrauben - Größe des Kiesel und Abstand zwischen Schiffsschraube und Flusssohle), Hochwasserschutz (Deiche - Hochwasserstand soll durch Einbringen des Materials nicht erhöht werden)
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke - Kiesbettfluss
Ziel und Hintergrund	Das Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg (PP BDA) war das sechste Pilotprojekt, das im Nationalpark Donau-Auen durchgeführt wurde. Ziel war die Erprobung flussbaulicher Maßnahmen, die auf der gesamten Donaustrecke zwischen dem Kraftwerk Freudenu

	<p>und der österreichischen Landesgrenze umgesetzt werden sollen. In dem drei Kilometer langen Projektabschnitt (Flusskilometer 1887,5 - 1884,5) wurden erstmals alle geplanten Maßnahmen vor Ort und zeitgleich umgesetzt, darunter auch die granulometrische Sohlverbesserung zur Stabilisierung der Flusssohle. Das Verhalten des zugegebenen Materials wurde während und nach der Implementierung überwacht.</p>
<p>Aufgaben und Ziele</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nachhaltige Sohlstabilisierung (Stopp der Sohlerosion) - Reduzierung der Erhaltungsarbeiten (weniger Furtbaggerungen) - Erhöhung des Niederwasserstandes - Dynamisches Gleichgewicht
<p>Vorgeschlagene Maßnahmen</p>	<p>120.000 m³ grober Kies (40/70, 40/90 und 32/120 mm) wurden in die Fahrrinne des 2,5 km langen Flussabschnitts eingebracht. Durch Zugabe von größerem Material innerhalb der natürlichen Korngrößenverteilung wird der mittlere Korndurchmesser vergrößert. Die Erhöhung der kritischen Schubspannungen führt zu einer geringeren Sedimenttransportkapazität. Diese Maßnahme führt zu einer nachhaltigen Stabilisierung der Flusssohle (Stopp der Sohlerosion). Außerdem werden Erhaltungsarbeiten, wie z. B. Furtbaggerungen, reduziert. Ziel war ein dynamisches Gleichgewicht im Hinblick auf flussmorphologische Prozesse mit reduzierter Sohlerosion - Vorteile für das Sedimentregime.</p>
<p>Bewertung</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Vor der Umsetzung: Hydrodynamisch-numerische Modellierung (inkl. Sedimenttransport), physikalische Modellversuche, abiotisches Monitoring: Sedimenttransport, Korngrößenzusammensetzung (Volumenproben, Freeze cores, Freeze panels), Schubspannung, Bewegungsbeginn per Radiotracer, Unterwasserbilder des Flussbettes, Grundwassermonitoring, Kolmation, Bathymetrie; Biotisches Monitoring: Fische und aquatische Makroinvertebraten - Während der Durchführung: Abiotisch: Sedimenttransportmessungen, Freeze core- und volumetrische Probenahme, Radio-Tracer, Bathymetrie - Nach der Umsetzung: Hydrodynamisch-numerische Modellierung (inkl. Sedimenttransport), abiotisches Monitoring: Sedimenttransport, Korngrößenzusammensetzung (Volumenproben, Freeze cores, Freeze panels), Schubspannung, Bewegungsbeginn per Radiotracer, Unterwasserbilder der Flusssohle, Grundwassermonitoring, Bathymetrie; Biotisches Monitoring: Fische und aquatische Makroinvertebraten

<p>Abbildungen/Fotos</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Stage I</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Stage II</p>  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p style="text-align: center;">viadonau & IREP Planning Consortium (2009) in ICPDR (2010)</p> <div style="text-align: center;">  <p>© viadonau</p> </div>
<p>Quellen</p>	<p>https://www.viadonau.org/en/company/project-database/top-aktuell/integrated-river-engineering-project-massnahmenkatalog/</p>

2.4.2 H2 - Granulometrische Sohlverbesserung (Studie)


Granulometrische Sohlverbesserung (Studie)	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Donau
Land	Deutschland
Hauptursache	Wasserkraft
Zusammenhang mit	Schifffahrt
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke - Kiesbettfluss
Ziel und Hintergrund	Unterhalb des Wasserkraftwerks Straubing (km 2308,8 – 2307,8) gelegen, ist diese freie Fließstrecke erosionsgefährdet. Zur Anhebung der Wasserstände und zur Sicherstellung der Schifffahrt bei Niederwasser wird in diesem Donauabschnitt regelmäßig Sediment zugegeben. Zur Senkung der Zugabekosten

	<p>wurde 2009 eine Pilotstudie „Sedimentmanagementkonzept für die Donau“ gestartet mit dem Ziel zu analysieren, welche Kiesgrößen optimal sind, um einen nachhaltigen Sedimenthaushalt herzustellen. Die Studie analysierte Korngrößen zwischen 4 - 63 mm, um negative Auswirkungen auf Schiffspropeller zu vermeiden.</p>
<p>Aufgaben und Ziele</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nachhaltige Sohlstabilisierung (Stopp derSohlerosion) - Wartungsaufwand reduzieren (weniger füttern) - Erhöhung des Niederwasserstandes - Dynamisches Gleichgewicht
<p>Vorgeschlagene Maßnahmen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Auf einem Kilometer wurden in zwei Abschnitten (je 500 m) getestet, in denen jeweils 5250 m³ Grobkies zugegeben wurden. Der Kies wurde auf einem 70 m breiten Abschnitt des Flussbetts, das innerhalb des Fahrwassers liegt, platziert. Die Schichtdicke sollte nicht größer als 0,15 m (+/- 0,1 m) sein, um Schäden an Schiffsschrauben zu vermeiden. - Der 1. Abschnitt erhielt größere Körnungen (16/32 mm und 31,5/63 mm; jeweils 50 %), um die Stabilisierung der Flusssohle zu ermöglichen. - Der 2. Abschnitt erhielt kleinere Körnungen, um die naturnahe Körnung nachzuahmen (15,9-20,9 mm) - Korngrößen unter 4 mm sind nicht effizient, da sie zu leicht erodieren und Korngrößen über 63 mm können Schiffspropellern Probleme bereiten. <p>Aufgrund einer (geringen) Restdynamik im Sedimenttransport können die Ergebnisse der ersten Fallstudie (größeres Material) als positiv für die Ökologie (Lebensraum) bewertet werden, die eine natürliche Dynamik der Flusssohle erfordern.</p> <p>Die Kosten für die Feldstudie waren aufgrund der Verwendung von speziellem Markierungsmaterial sehr hoch, die Verwendung von normalem Geschiebmaterial wäre viel kostengünstiger.</p>
<p>Bewertung</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Während der Umsetzung: Über drei Jahre wurden die beiden Strecken durch Querprofilanalysen, Tracer-Methode mit regelmäßigen Stichprobenentnahmen entlang der Profile, Freeze cores und Freeze panels zur Analyse der Flussbettschichtung sowie Messungen von Abfluss, Geschwindigkeit, Sedimenttransportraten/-geschwindigkeiten und Flussbettstabilität durchgeführt. - Die Ergebnisse des ersten Abschnitts zeigten, dass das hinzugefügte Material zu einer Verringerung der Sohldynamik führte, d.h. die Erosion wurde verringert, insbesondere im Bereich stromaufwärts des Untersuchungsgebiets. Da die

	<p>Flusssohle nicht vollständig stabilisiert ist und noch geringe Sedimenttransporte stattfanden, ist langfristig mit einer weiteren Kieszugabe auf dieser Strecke zu rechnen. Die Korngröße hatte keine negativen Auswirkungen auf Schiffspropeller.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Im zweiten Abschnitt (kleinere Körnung) war das Material zu klein/leicht und wurde erodiert. - Das Flussbett war stabiler als erwartet und laut BAW wird das Monitoring in den nächsten ein bis zwei Jahren fortgesetzt (empfohlen auf zweijähriger Basis). - WIN-WIN: Für die im ersten Untersuchungsgebiet getesteten Korngrößen zeigt das Flussbett eine langfristige Stabilität (während noch ein geringer Sedimenttransport stattfindet); Die Kiesgröße ist klein genug, um Schiffsschrauben nicht zu beeinträchtigen.
Abbildungen/Fotos	
Quellen	<p>https://www.interreg-danube.eu/approved-projects/danubesediment/outputs</p> <p><u>DanubeSediment report „Sediment Management Measures for the Danube“, factsheet codes in annex 2: E FF N/H D GP23</u></p>


2.4.3 H3 - Einbringen von Sediment stromabwärts eines Wehrs

Einbringen von Sedimenten stromabwärts eines Wehrs	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Isar
Land	Deutschland
Hauptursache	Wasserkraft
Zusammenhang mit	Ökologie
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke (alpiner, schotterführender Fluss)
Ziel und Hintergrund	Der Sylvensteindamm wurde zum Hochwasserschutz von Städten entlang der Isar (bis München) errichtet. Sediment wird in Hilfsdämmen vor dem Sylvensteindamm abgelagert. Aufgrund starker Erosion im Isarunterlauf wird zeitweise Geschiebe aus den Nebendämmen ausgebaggert und unterhalb des Damms in die Isar eingeleitet. Ab 2017 wird jährlich Geschiebe ausgebaggert und zugegeben.

Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Stabilisierung von Flusssohle und des Grundwasserspiegels - Durch die Anhebung der Flusssohle wird die ökologische Anbindung an Seitengerinne / Auen verbessert
Vorgeschlagene Maßnahmen	<p>Natürliche Entwicklung (Verbesserung) der Flusstruktur</p> <p>Bis 2017 wurden 3000 m³/a umgelagert; seit 2017 waren jährliche Mengen von 20.000 m³ geplant. 2018 wurde aufgrund von Dürre und fehlender Transportkapazität kein Geschiebe umgelagert.</p> <p>Grund war eine Wasserrechtsänderung, die das Umlagern von Geschiebe als „Erhaltungsmaßnahme für Stauseen“ ermöglicht. Bisher musste jede Umlagerung von den zuständigen Behörden genehmigt werden.</p>
Bewertung	<ul style="list-style-type: none"> - Vor der Umsetzung: Querprofilmessungen - Während der Umsetzung: Mit Vertretern aus Fischerei und Naturschutz wurden Zugabestellen festgelegt - Nach der Umsetzung: Querprofilmessungen; Ergebnisse aus WRRL-Erhebungen (ökologischer Zustand)
Abbildungen/Fotos	 <p>(© WWA Weilheim)</p>
Quellen	<p>https://www.interreg-danube.eu/approved-projects/danubesediment/outputs</p> <p>DanubeSediment report „Sediment Management Measures for the Danube“, factsheet codes in annex 2: E R H T GP25</p>

2.4.4 H4 – Entfernung der Uferverbauung / Verbreiterung (Acheringer Schwelle)

Entfernung der Uferverbauung / Verbreiterung (Acheringer Schwelle)	
Einzugsgebiet	Donau

Fluss	Isar
Land	Deutschland
Hauptursache	Wasserkraft
Zusammenhang mit	Hochwasserschutz, Ökologie, Lebensraumvielfalt (Strukturverbesserung)
Anwendungsbereich	Geschiebeführender Alpenfluss mit massiven Uferverbauungen
Ziel und Hintergrund	Seit den 1920er Jahren wurde die ursprünglich mäandrierende und verzweigte Isar begradigt und verbaut. In der Folge vertiefte sich die Sohle um etwa 5-6 Meter mit lokalen Sohlendurchbrüchen und Auskolkungen bis zu 7 Meter. Der Grundwasserspiegel in der Au sank drastisch. Da an der „Acheringer Schwelle“ ein großer Hotspot auftrat, wurden Uferverbauungen entfernt, wodurch sich der Fluss verbreiterte und eine natürliche Geschiebequelle erschloss, was das Defizit reduzierte.
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - Stabilisierung des Flussbettes - Erhöhung des Sohlwiderstandes - Erhöhung des Wasser- und Grundwasserspiegels
Vorgeschlagene Maßnahmen	Abtragung von Böschungen (Blockschüttungen) auf der rechten Flusseite (km 117-119 bei Freising). Als strömungslenkende Elemente dienten die ausgebauten Steinschüttungen. Eine sehr gute Maßnahme zur Vermeidung von Flussbetteintiefungen
Bewertung	
Abbildungen/Fotos	 <p style="text-align: center;">Bank erosion at Achering (© WWA Munich)</p>

Quellen	https://www.wwa-m.bayern.de/fluesse_seen/massnahmen/gek_mittlere_isar/ufer_achering_freising/index.htm
----------------	---

2.4.5 H5 - Geschiebezugabe stromab des KW Freudenau

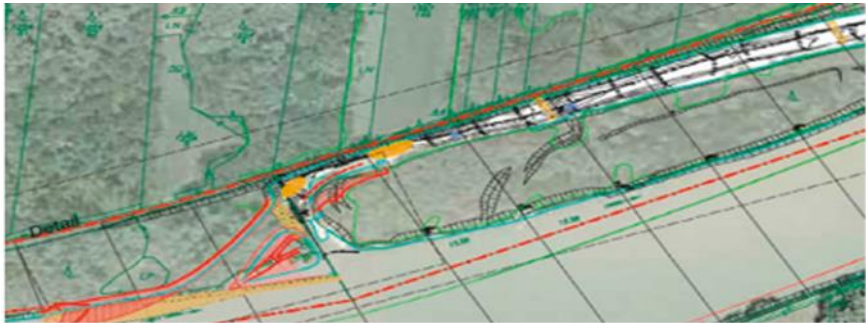

Geschiebezugabe stromab des KW Freudenau	
Einzugsgebiet	Donau
Fluss	Donau
Land	Österreich
Hauptursache	Wasserkraft
Zusammenhang mit	Schifffahrt, Hochwasserschutz, Ökologie
Anwendungsbereich	Freie Fließstrecke - unterhalb KW Freudenau (Strom-km 1921,0 - 1910,0)
Ziel und Hintergrund	Durch das KW Freudenau ist die Sedimentkontinuität unterbrochen. Aufgrund des Sedimentdefizits unterhalb des Kraftwerks ist eine Eintiefung der Flusssohle zu beobachten. Um das Flussbett zu stabilisieren und weitere Erosionsprozesse zu verhindern, muss der Wasserkraftwerksbetreiber VHP der Donau unterhalb des WKW Freudenau ca. 235.000 m ³ /a Material zugeben.
Aufgaben und Ziele	<ul style="list-style-type: none"> - 1. Sohlenniveau stabilisieren (reduzierte Erosion) - 2. Sedimentversorgung / Kontinuität
Vorgeschlagene Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Geschiebezugabe - Durch diese Maßnahme wird ein stabileres Sohlenniveau erreicht. Grobkies wird eingebracht, um diesen Effekt zu verstärken. Vorrangiges Ziel ist es, das mittlere Sohlenniveau in der Erhaltungsstrecke auf dem Niveau von 1995 (letzte Sohlvermessung vor der Teilverfüllung des WKW Freudenau) zu halten - Vorteile für das Sedimentregime (Kontinuität).
Bewertung	Bathymetrische Überwachung (vor, während, nach der Implementierung)

<p>Abbildungen/Fotos</p>	 <p>https://vreund.verbund.at/de-at/artikel/2012/04/23/bagger-donau-schiff</p>
<p>Quellen</p>	<p>BMNT (2018)</p>

2.4.6 H6 - Renaturierungsprojekt „Eizendorfer Haufen“ / Seitenarm-Wiederanbindung, Uferrückbau

<p>Renaturierungsprojekt „Eizendorfer Haufen“ / Seitenarm-Wiederanbindung, Uferrückbau</p>	
<p>Einzugsgebiet</p>	<p>Donau</p>
<p>Fluss</p>	<p>Donau</p>
<p>Land</p>	<p>Österreich</p>
<p>Hauptursache</p>	<p>Wasserkraft</p>
<p>Zusammenhang mit</p>	<p>Schifffahrt (Wassertiefe bei Niederwasser), Infrastruktur (z. B. Straßen, Stromkabel in der Nähe von Seitenarmen), Ökologie, Hochwasserschutz (erhöhter Hochwasserrückhalt)</p>
<p>Anwendungsbereich</p>	<p>Überflutungsflächen, Flussufer, Rückstaubereich - Kiesbettfluss</p>
<p>Ziel und Hintergrund</p>	<p>Als Betreiber der Donaukraftwerke in Oberösterreich hat die VHP das Renaturierungsprojekt „Eizendorfer Haufen“ im Rückstaubereich Ybbs-Persenbeug in der Gemeinde Saxen (OÖ) abgeschlossen. Der „Eizendorfer Haufen“, auch „Reischelau“ genannt, liegt am linken Donauufer (Nähe Ardagger Markt Strom-km 2087,2 – 2086,2). Dabei handelt es sich um einen fast völlig stillgelegten Bereich, der typisch für die Landschaft am linken Donauufer ist und durch den Bau eines Regulierungsbauwerks zu Beginn des 20. Jahrhunderts stark in Mitleidenschaft gezogen wurde. Durch Kiesablagerungen entstand Plateau, das sich im Laufe der Jahre von der Donau trennte. Im Rahmen eines</p>

	<p>speziellen Renaturierungsprojekts wurde dieser verlandete Seitenarm wieder mit der Donau verbunden. Durch gezielt gestaltete neue, vielfältige Uferstrukturen sollen Fisch- und Vogelarten der Donau wieder einen zusätzlichen Lebensraum erhalten. Landschaftstypisch sind die Landschaftselemente der ursprünglichen Insel- und Landfläche entlang der Donau. Er ist durch den Anschluss an die Donau neu entstanden und erstreckt sich insgesamt über 1,7 km und ist 200 m breit. Das neu geschaffene Naturgebiet soll künftig wieder Kormoranen als Winterquartier und verschiedenen Vogelarten als Brutstätte dienen. Außerdem findet man verschiedene Arten von Auen, deren Vegetation besonders schützenswert ist.</p>
<p>Aufgaben und Ziele</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nachhaltige Verbesserung der ökologischen Bedingungen (dauerhafte Rückzugshabitate für Fische und andere Tiere, Schutz vor Welleneinwirkung, ...) - Verbesserter Sedimenthaushalt - Steigerung der Hochwasserretention, niedrigerer Wasserstand im Hauptgerinne bei hohem Abfluss
<p>Vorgeschlagene Maßnahmen</p>	<p>Wiederanbindung Seitengerinne, Ufersanierung:</p> <p>Die Wiederanbindung des Seitengerinnes führt in erster Linie zu verbesserten ökologischen Bedingungen im Flusssystem. Durch die Maßnahme werden neue aquatische Lebensräume und Rückzugsgebiete geschaffen, in denen Organismen vor Welleneinflüssen geschützt sind. Durch die dauerhafte Anbindung an den Hauptstrom werden Wasserstand, Fließgeschwindigkeit, Schubspannung und Transportkapazität erhöht. Sowohl im Nebengerinne als auch im Hauptgerinne werden durch den Uferrückbau morphodynamische Prozesse verstärkt. Dies beeinflusst den Sedimenthaushalt im Hauptgerinne durch erhöhten Sedimenteintrag aus dem Nebengerinne und den Ufern. Außerdem wird der Hochwasserrückhalt erhöht, was bei hohen Abflüssen zu niedrigeren Wasserständen im Hauptgerinne führt. Das kommt in erster Linie der Ökologie zugute, in geringerem Maße dem Sedimenthaushalt und dem Hochwasserschutz.</p>
<p>Bewertung</p>	

<p>Abbildungen/Fotos</p>	 <p>Overview of the planned measures for ecological improvement (Österreichs E-Wirtschaft, 2021)</p>  <p>Overview of the planned measures for ecological improvement (Österreichs E-Wirtschaft, 2021)</p>
<p>Quellen</p>	<p><u>Österreichs E-Wirtschaft (2021)</u></p>

3 Zusammenfassung

In diesem Bericht wurden verschiedene relevante Flussbauprojekte aufgelistet und beschrieben. Die Projekte wurden nach ihren Hauptursachen in 4 Kategorien - Hochwasserschutz, Ökologie, Schifffahrt und Wasserkraft - dargestellt. Abbildung 1 enthält ein Netzdiagramm der erfassten Flussbauprojekte im Donaeinzugsgebiet und darüber hinaus, das deren Eignung für die Projektabschnitte in AT und HU zeigt. In Output T3.2.2 (Evaluierungsdokument) wurden diese Beispiele hinsichtlich ihrer Eignung für die Obere und Mittlere Donau (österreichische und ungarische Projektabschnitte) verglichen.

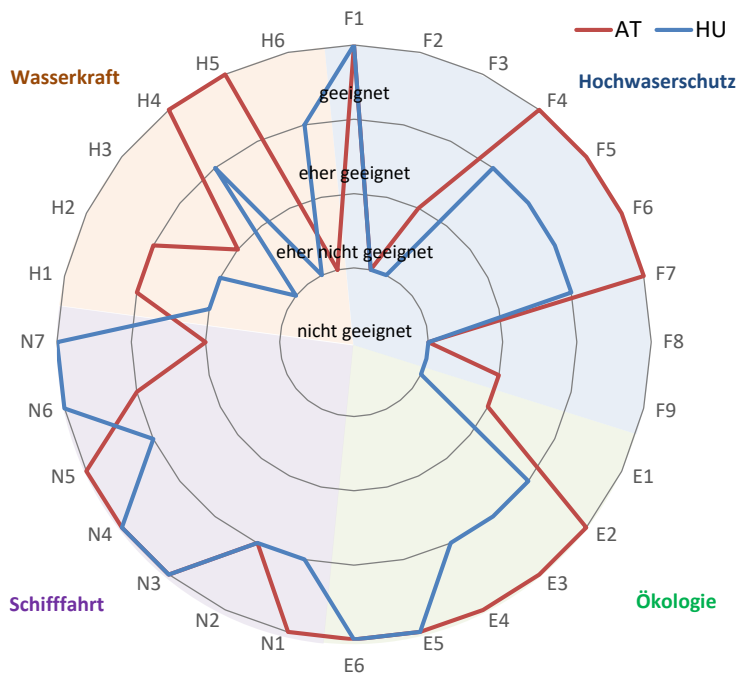


Abbildung 1: Netzdiagramm der erfassten Flussbauprojekte im Donaeinzugsgebiet und darüber hinaus mit Angabe der Eignung für die Projektabschnitte in AT & HU

Die in diesem Bericht zusammengestellten sedimentbezogenen flussbaulichen Projekte bilden eine wichtige Grundlage für einen nachhaltigen flussbaulichen Ansatz an der oberen und mittleren Donau, repräsentiert durch die beiden Seddon°II Projektstrecken in Österreich und Ungarn. Auf der Grundlage dieses Berichts sollen technische Maßnahmen, die die vielfältigen Probleme bewältigen können, verbessert und optimiert werden. Dies soll dazu beitragen die negativen Auswirkungen menschlicher Belastungen entlang von Flusssystemen, mit denen die verschiedenen Interessengruppen konfrontiert sind, kompensieren können.

Quellenverzeichnis

- Anlauf A., B. Hentschel B. (2007).** Wirkungen verschiedener Bühnenformen auf die Lebensräume in Bühnenfeldern der Elbe. Presentation. BMVBS-Symposium 11.09.2007.
- DWA-M 525 (2012).** Sedimentmanagement in Fließgewässern – Grundlagen, Methoden, Fallbeispiele. Regelwerk - Merkblatt. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, Deutschland.
- BMVI & BMUB (2017).** Strategisches Konzept für die Entwicklung der deutschen Binnenelbe und ihrer Auen, Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB).
- BMNT (2018).** Sohlentwicklung in der freien Fließstrecke unterstrom Kraftwerk Freudenaus. Endbericht. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, Abteilung I/2 und Abteilung I/5. Wien. [in German].
- DanubeSediment (2019).** Sediment Management Measures for the Danube. Project Report of the Interreg Danube Transnational Project DanubeSediment co-funded by the European Commission, Bucarest.
- ICPDR (2010).** Manual on Good Practices in Sustainable Waterway Planning. Deliverable D5.8 of the project PLATINA co-funded by the European Commission (TREN/FP7/TR/218362).
- Investment approved by Government Decision no. 343 (2015).** published on Official Journal of Romania no.357/25.05.2015 (regarding the endorsement of the investment objective "Safety of the Isalnița Dam, Dolj County", as well as of its main characteristics and the technical and economic indicators related to it).
- Kleinwächter M., Schröder U., Rödiger S., Hentschel B., Anlauf A. (Hg.) (2017).** Alternative Bühnenformen in der Elbe - hydraulische und ökologische Wirkungen. Kapitel 3: Bühnen an der Elbe und ihre Umgestaltung. Stuttgart: Schweizerbart.
- Kühne E., Busse W. (2020).** Pilotmaßnahme Klöden. Presentation. 12. Geo-Fachtag Sachsen – Anhalt, 20. Februar 2020 in Bernburg.
- Lege T. (2008).** Reduzierung der Erosion in der Elbe bei Klöden durch kombinierte Maßnahmen. Presentation. BAW Karlsruhe, 16. Oktober 2008.
- Österreichs E-Wirtschaft (2021).** Einzugsgebiet Donau - Maßnahmen im EZG Donau (Österreichs Energie/Wasserkraft).

Websites

<http://www.dureflood.eu/eng/>

<https://www.wwa-don.bayern.de/hochwasser/hochwasserschutzprojekte/wertachvital/index.htm>

<https://www.weltkulturerbe-wachau.at/naturschutz/life-projekte/life-wachau>

https://info.bmlrt.gv.at/themen/wasser/wasser-eu-international/eu-foerderprogramme/life-natur/life-projekte_abgeschl/wachau.html

<https://www.viadonau.org/unternehmen/projektdatenbank/aktiv/auenwildnis/renaturierungsprojekte-in-der-wachau>

<https://www.life-mostviertel-wachau.at/>

https://info.bmlrt.gv.at/themen/wasser/wasser-eu-international/eu-foerderprogramme/life-natur/life-projekte_abgeschl/mostviertel.html

<https://www.weltkulturerbe-wachau.at/naturschutz/life-projekte/life-auenwildnis-wachau>

<http://www.viadonau.org/en/company/project-database/top-aktuell/integrated-river-engineering-project-catalogue-of-measures/>

<https://www.interreg-danube.eu/approved-projects/danubesediment/outputs>

https://www.wwa-la.bayern.de/fluesse_seen/massnahmen/neustadt_kelheim/index.htm

https://www.wwa-la.bayern.de/fluesse_seen/gewaesserportraits/donau/index.htm

<https://vreund.verbund.at/de-at/artikel/2012/04/23/bagger-donau-schiff>

https://www.wwa-m.bayern.de/fluesse_seen/massnahmen/gek_mittlere_isar/ufer_achering_freising/index.htm