



Fachkonzept Biotopverbund Gewässer und Auen

Hintergrunddokument

Maßnahmenkatalog „Biotopverbund Blaues Band Deutschland“ und
Maßnahmensteckbriefe „Biotopverbund Blaues Band Deutschland“

**Hintergrunddokument
Maßnahmenkatalog
„Biotopverbund Blaues Band Deutschland“
und
Maßnahmensteckbriefe
„Biotopverbund Blaues Band Deutschland“
zum „Fachkonzept Biotopverbund Gewässer und Auen“
im Bundesprogramm „Blaues Band Deutschland“**



Hintergrunddokument Maßnahmenkatalog „Biotopverbund Blaues Band Deutschland“ und Maßnahmensteckbriefe „Biotopverbund Blaues Band Deutschland“ zum „Fachkonzept Biotopverbund Gewässer und Auen“ im Bundesprogramm „Blaues Band Deutschland“

Fachliche Bearbeitung

**Planungsbüro Koenzen
– Wasser und Landschaft**

Fabian Bolik
Dr. Uwe Koenzen
Annette Kurth
Patrick Modrak

Institut biota

Dr. Dr. Dietmar Mehl

**Herausgegeben durch die Fachgruppe Blaues Band auf der Grundlage eines
Forschungs- und Entwicklungsvorhabens des Bundesamts für Naturschutz**

Bundesamt für Naturschutz

Dr. Thomas Ehlert
Mareike Hees
Bernd Neukirchen
Timo Riecker
Dr. Stephanie Ritz

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Dr. Andreas Anlauf
Corinna Krempel
Melanie Lütz
Dr. Pavel Ondruch
Jürgen Schuler

**Bundesanstalt für Immobilienaufgaben
- Sparte Bundesforst**

Markus Dehnert
Dr. Christine Schleupner

**Bundesanstalt für Wasserbau
Generaldirektion Wasserstraßen
und Schifffahrt**

Jürgen Kellermann
Uwe Borges
Helga Buchholz
Dr. Moritz Busse
Juliane Ernst
Kirstin Loquay
Christine Volk

Umweltbundesamt

Dana Shilton
Dr. Matthias Rothe

Maßnahmenkatalog „Biotopverbund Blaues Band Deutschland“ mit Maßnahmensteckbriefen

Der Maßnahmenkatalog „Biotopverbund Blaues Band Deutschland“ umfasst zwölf Maßnahmengruppen mit insgesamt 39 funktionalen und strukturellen Entwicklungsmaßnahmen zur Etablierung eines nationalen Biotopverbunds an Bundeswasserstraßen und deren Auen (Tabelle 1). Die Maßnahmen sind den drei Funktionsräumen „Gewässer“, „Uferzone und Übergangsbereich“ sowie „rezente Aue/Altaue“ zugeordnet.

Die fachlichen Hintergründe und Abgrenzungen des Maßnahmenkatalogs sind ausführlich im Hintergrunddokument „Methodik zur Maßnahmenherleitung“, Kapitel 2.1 erläutert.

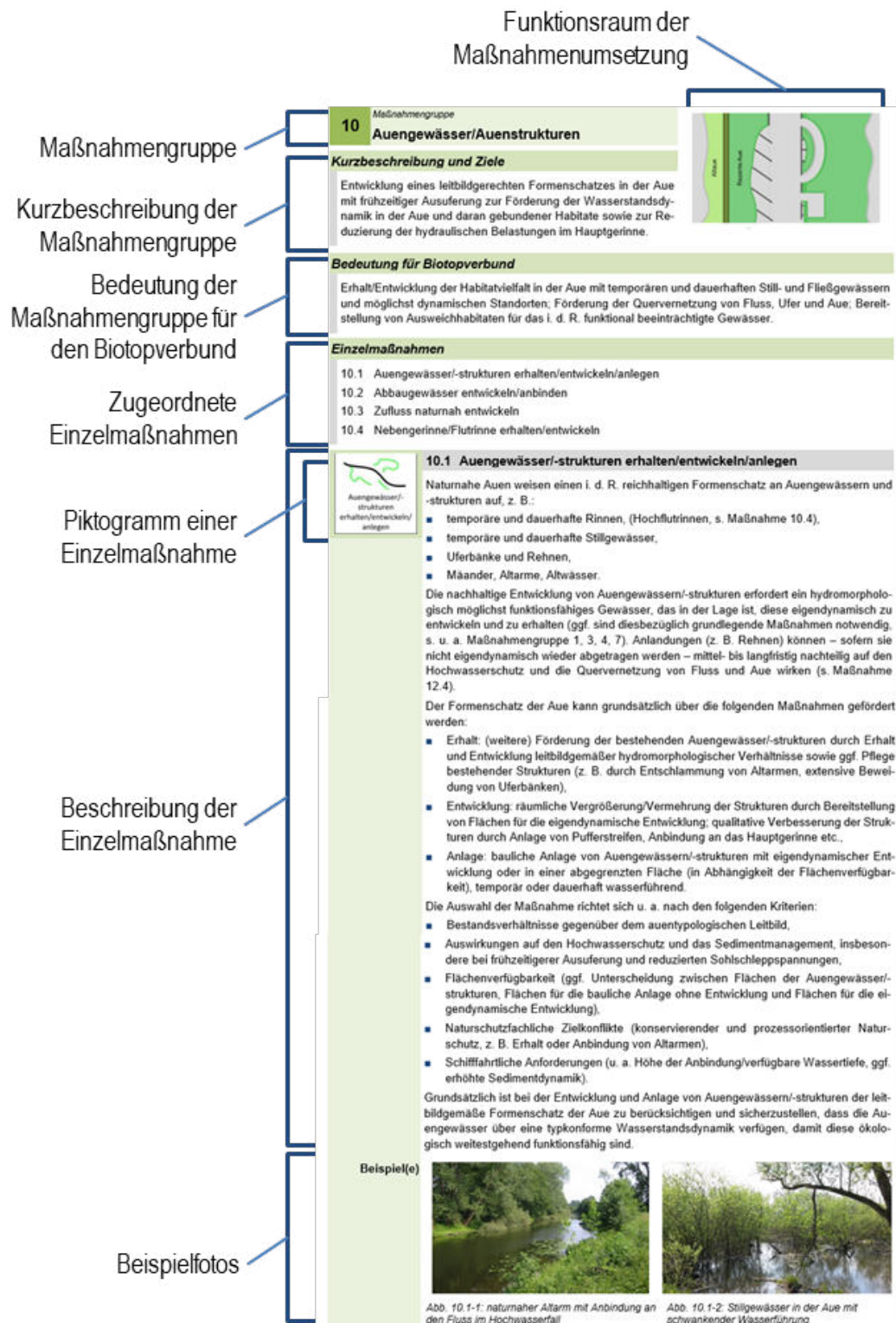
Dem Maßnahmenkatalog liegen folgende Voraussetzungen zugrunde, ohne diese bei den Einzelmaßnahmen jeweils aufzuführen:

- Die Umsetzung sämtlicher Maßnahmen setzt voraus, dass diese mit schifffahrtlichen und wasserwirtschaftlichen Anforderungen (u. a. Leichtigkeit und Sicherheit der Schifffahrt, Gewährleistung des Hochwasserschutzes, Durchführbarkeit der Gewässerunterhaltung) sowie umwelt- und naturschutzfachlichen Anforderungen (u. a. artenschutzrechtliche Belange, Bodenschutz, Lebensraumschutz) vereinbar sind und das Eigentum Dritter nicht nachteilig beeinträchtigt wird bzw. einvernehmliche Lösungen gefunden werden können.
- Schifffahrtliche Anforderungen und die Flächenverfügbarkeit sind als übergeordnete Rahmenbedingung maßgeblich für die Umsetzbarkeit von Maßnahmen zur Gewässer- und Auenentwicklung an Bundeswasserstraßen und frühzeitig zu ermitteln. Veränderte Rahmenbedingungen z. B. temporäre Anpassungen der schifffahrtlichen Verkehrsführung oder Befahrensregeln und die Verlegung von Infrastruktur, können die Umsetzung von Maßnahmen ermöglichen, werden aber nicht bei der Beschreibung der jeweiligen Einzelmaßnahme aufgeführt.
- Die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung ist zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit an Stauanlagen in Bundeswasserstraßen gesetzlich verpflichtet. Einzelmaßnahmen in Bezug auf Querbauwerke beziehen sich auf die mögliche Art der Wiederherstellung der Durchgängigkeit an allen weiteren, nicht von den gesetzlichen Vorgaben erfassten Querbauwerken in einem Bundeswasserstraßenabschnitt und nicht auf die gesetzliche Pflicht als solche.
- Es bestehen rechtliche Vorgaben zur Durchführung der wasserwirtschaftlichen Gewässerunterhaltung. Maßnahmen im Rahmen einer ökologisch verträglichen Gewässerunterhaltung sind nicht explizit als solche aufgeführt.

Tabelle 1: Maßnahmenkatalog „Biotopverbund Blaues Band Deutschland“

	Maßnahmengruppe	Einzelmaßnahme	Seite
Funktionsraum Gewässer	1 Sohlentwicklung	1.1 Naturnahes Sohlniveau wiederherstellen	4
		1.2 Sohlverbau rückbauen	5
		1.3 Sohlverbau/Sohlsicherung naturnah gestalten	5
		1.4 Naturnahe Sohlstrukturen erhalten/entwickeln	6
		1.5 Sohlhabitate durch Sedimentzugabe/ -entnahme schaffen	7
	2 Regulierungsbauwerke	2.1 Regulierungsbauwerke rückbauen	8
		2.2 Regulierungsbauwerke naturnah gestalten/ersetzen	9
	3 Abflussmenge	3.1 Abflussmenge naturnah wiederherstellen	10
	4 Fließverhältnisse	4.1 Fließverhältnisse naturnah wiederherstellen/dynamisieren	11
	5 Querbauwerke	5.1 Querbauwerke rückbauen	12
		5.2 Querbauwerke umbauen	13
Funktionsraum Uferzone und Übergangsbereich	6 Laufentwicklung	6.1 Gewässerlauf naturnah wiederherstellen	14
		6.2 Initialmaßnahmen zur Laufentwicklung durchführen	15
	7 Uferverbau	7.1 Uferverbau vollständig rückbauen	17
		7.2 Uferverbau teilweise rückbauen	18
		7.3 Uferverbau naturnah gestalten	19
	8 Uferentwicklung	8.1 Profil aufweiten	20
		8.2 Naturnahe Uferstrukturen erhalten/entwickeln	21
		8.3 Flachwasserzone erhalten/entwickeln	22
		8.4 Störungsarme Zone schaffen	23
		8.5 Zufluss naturnah anbinden	24
	9 Ufervegetation	9.1 Ufervegetation erhalten/entwickeln/ersetzen	25
		9.2 Neophyten-Management (Ufer)	26
		9.3 Uferstreifen anlegen und entwickeln	27
Funktionsraum Rezente Aue/ Altaue	10 Auengewässer/ Auenstrukturen	10.1 Auengewässer/-strukturen erhalten/entwickeln/anlegen	28
		10.2 Abbaugewässer entwickeln/anbinden	29
		10.3 Zufluss naturnah entwickeln	30
		10.4 Nebengerinne/Flutrinne erhalten/entwickeln	31
	11 Auennutzung	11.1 Auennutzung extensivieren/auenverträgliche Nutzung	33
		11.2 Auennutzung aufgeben	34
		11.3 Auwald erhalten/entwickeln/neu anlegen	35
		11.4 Standorttypisches Offenland (nass bis trocken) erhalten/entwickeln	36
		11.5 Saumstrukturen entwickeln	36
		11.6 Neophyten-Management (Aue)	37
	12 Wasserhaushalt (Aue)	12.1 Polder naturnah fluten	39
		12.2 Deich/Damm zurückbauen/verlegen	40
		12.3 Vorland abtragen/Sekundäraue anlegen	40
		12.4 Naturnahes Überflutungsregime wiederherstellen	41
		12.5 Wiedervernässung (Entwässerungsgräben/Drainagen zurückbauen)	42

Jede Einzelmaßnahme wird durch einen Steckbrief beschrieben. Dieser ist in seinem Aufbau nachfolgend dargestellt. Weiterführende Erläuterungen zu Aufbau und Inhalt des Maßnahmensteckbriefs enthält das Hintergrunddokument „Methodik zur Maßnahmenherleitung“, Kapitel 2.1.3.



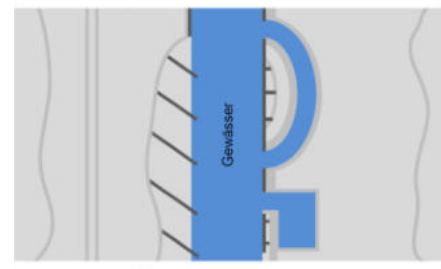
1

Maßnahmengruppe

Sohlentwicklung

Kurzbeschreibung und Ziele

Erhalt und Entwicklung einer am Leitbild orientierten Gewässersohle mit weitgehend typischen Sohlstrukturen/-habitaten, einer naturgemäßen Verteilung von Substratklassen und von sohlnahen Fließgeschwindigkeiten sowie einer Höhenlage, die eine dynamische Vernetzung zwischen Aue und Gewässer unter Berücksichtigung der restriktionsbedingten Einschränkungen gewährleistet.



Bedeutung für Biotopverbund

Erhalt und Entwicklung leitbildnaher Lebensräume auf der Gewässersohle und im Interstitial. Erhalt und Erhöhung des Ausuferungsvermögens zur Förderung leitbildnaher Lebensräume in der Aue. Verbesserung der lateralen Durchgängigkeit zwischen aquatischen und (semi-)terrestrischen Lebensräumen.

Einzelmaßnahmen

- 1.1 Naturnahes Sohlniveau wiederherstellen
- 1.2 Sohlverbau rückbauen
- 1.3 Sohlverbau/Sohlsicherung naturnah gestalten
- 1.4 Naturnahe Sohlstrukturen erhalten/entwickeln
- 1.5 Sohlhabitate durch Sedimentzugabe/-entnahme schaffen



1.1 Naturnahes Sohlniveau wiederherstellen

Die Gewässersohle ausgebauter Fließgewässer ist i. d. R. eingetieft

- durch direkte wasserbauliche Eingriffe (z. B. Sohlvertiefung/Ausbaggerung),
- in Folge strombaulicher Regulierungen (z. B. Begradigungen mit erhöhten Fließgeschwindigkeiten/Schleppspannungen),
- in Folge eines Geschiebedefizits (z. B. Querbauwerke im Oberlauf).

Die Wiederherstellung eines naturnahen Sohlniveaus ist nur möglich, wenn diese mit den Anforderungen der schiffahrtlichen Nutzung sowie des Hochwasserschutzes vereinbar ist. Die Wahl der Maßnahmenausprägung wird auch durch die lokale Flächenverfügbarkeit am Ufer und in der Aue und den Sedimenthaushalt bestimmt.

Bei ungestörtem Sedimenthaushalt:

- Ausbaggern der Sohle reduzieren oder unterlassen (angepasste Gewässerunterhaltung), wenn Möglichkeiten zur Anpassung der verkehrlichen Nutzung bestehen,
- hydraulische Belastungen (Schleppspannung) verringern durch
 - Reduzierung des Sohlgefälles (z. B. Anlage von naturnahen Schwellen, s. Maßnahme 1.3),
 - Anpassung von Regulierungsbauwerken (z. B. Absenkung auf Niedrigwasserniveau, Umbau zu naturverträglicheren Bauweisen, s. Maßnahme 2.2),
 - Optimierung des Ausuferungsvermögens oberhalb der schiffahrtlich relevanten Wasserstände (z. B. durch Profilaufweitungen, s. Maßnahme 8.1;

Anlage/Anbindung von Auengewässern/Rinnen, s. Maßnahmen 10.1/10.4).

Bei gestörtem Sedimenthaushalt (Geschiebedefizit):

- gezielte Zugabe von Sediment zur Erhöhung der Sohle im Rahmen eines Sedimentmanagements (s. Maßnahme 1.5).
- ggfs. in Zusammenhang mit Absenkung der Vorländer, siehe auch 12.3

Handelt es sich um einen erosiven Abschnitt mit kontinuierlicher Eintiefung, wobei hohe Schleppspannungen und/oder ein Geschiebedefizit dauerhaft fortbestehen, ist zu prüfen, ob die Sohle naturnah gesichert werden kann (s. Maßnahme 1.3).



1.2 Sohlverbau rückbauen

Die Gewässersohle ausgebauter Fließgewässer kann flächenhaft (z. B. Pflasterung) oder abschnittsweise (z. B. Sohlschwellen) verbaut bzw. gesichert sein,

- um vergleichmäßigte Fahrwassertiefen und vergrößerte Fahrwasserbreiten zu gewährleisten (Stabilisierung der Fahrrinne zur Beseitigung von Kolken und Bänken),
- um einer fortschreitenden Sohlerosion entgegenzuwirken (z. B. aufgrund von Geschiebedefizit und/oder überhöhten Schleppspannungen).

Eine Rückführung der Sohle auf den unverbauten Zustand mobilisiert das Geschiebe, ermöglicht Sedimentations- und Erosionsprozesse im Abschnitt und führt i. d. R. zu einer Diversifizierung des Längsprofils (Kolke, Bänke). Der vollständige Rückbau des Sohlverbau/ der Sohlsicherung ist nur möglich, sofern die Maßnahmen mit schiffahrtlichen Anforderungen (unregelmäßige Sohlage) vereinbar ist:

- In erosiven Abschnitten ist zu prüfen, ob die Sedimentbilanz ausgeglichen werden kann (z. B. durch Sedimentzugabe im Abschnitt, s. Maßnahme 1.5, oder Beseitigung von Geschieberückhalten im Oberlauf, z. B. Maßnahme 5.1; vgl. Maßnahme 1.1 für weitere Hinweise),
- In ursprünglich (vor Ausbau) akkumulierenden Abschnitten ist zu prüfen, ob die Leistungsfähigkeit des Querprofils auf ein zur Gewährleistung der Anforderungen der Schifffahrt und des Hochwasserschutzes beschränktes Maß reduziert werden kann, sodass keine Sicherung der Sohle mehr erforderlich ist.

Kann der Verbau/die Sicherung der Sohle nicht vollständig zurückgebaut werden, ist zu prüfen, ob der Sohlverbau/die Sohlsicherung naturnah gestaltet werden kann (s. Maßnahme 1.3). Außerdem können die Lebensraumfunktionen der Gewässersohle ggf. in dauerhaft wasserführende Nebengerinne ausgelagert werden (s. Maßnahmen 8.3/8.4 und 10.1/10.4).



1.3 Sohlverbau/Sohlsicherung naturnah gestalten

Die Gewässersohle ausgebauter Fließgewässer kann flächenhaft (z. B. Pflasterung) oder abschnittsweise (z. B. Sohlschwellen) verbaut bzw. gesichert sein,

- um vergleichmäßigte Fahrwassertiefen und vergrößerte Fahrwasserbreiten zu gewährleisten (Stabilisierung der Fahrrinne zur Beseitigung von Kolken und Bänken),
- um einer fortschreitenden Sohlerosion entgegenzuwirken (z. B. aufgrund von Geschiebedefizit und/oder überhöhten Schleppspannungen).

Ist eine Sicherung der Sohle weiterhin notwendig (s. Maßnahme 1.2), kann eine ökologische Optimierung des Verbau/der Sicherung möglich sein, die i. d. R. ökologisch nur zielführend ist, wenn sie

- aus gewässertypischen Sohlsubstraten (bestimmte Korngrößen, Totholz) besteht,

- die Strukturvielfalt der Sohle und den Austausch mit dem Interstitial erhöht.

Die ökologischen Wirkungen sind geringer als bei einer Rückführung der Sohle auf den unverbauten Zustand, weshalb die vollständige Entnahme des Sohlverbau (Maßnahme 1.2) nach Möglichkeit vorgezogen werden sollte.

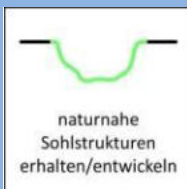
Die Umsetzbarkeit einer naturnahen Gestaltung von Sohlverbau/-sicherung wird durch die Widerstandsfähigkeit der Baumaßnahme gegenüber den auftretenden Schleppspannungen an der Gewässersohle begrenzt. Hierbei ist zu prüfen, ob die hydraulischen Belastungen der Gewässersohle verringert werden können:

- Anpassung von Regulierungsbauwerken (z. B. Absenkung auf Niedrigwasserniveau, Umbau zu naturverträglicheren Bauweisen, s. Maßnahme 2.2),
- Optimierung des Ausuferungsvermögens oberhalb der schiffahrtlich zu gewährleisten Wassertiefen (z. B. durch Profilaufweitungen, s. Maßnahme 8.1; Anlage/Anbindung von Auengewässern/Rinnen, s. Maßnahmen 10.1/10.4).

Beispiel(e)



Abb. 1.3-1: Naturversuch zur Sohl-sicherung durch Zugabe von grobem Geschiebe



1.4 Naturnahe Sohlstrukturen erhalten/entwickeln

Die Sohlstrukturen in einem naturnahen Gewässer variieren fließgewässertypspezifisch, sind jedoch i. d. R. strukturreich in Abhängigkeit des Lauftyps innerhalb eines Abschnitts (z. B. gestreckt, mäandrierend oder verzweigt). Bereits bestehende oder in Ansätzen vorhandene naturnahe Sohlstrukturen (z. B. Sand-/Kiesbänke, Kolke) sind als Laichplätze und Lebensräume wertvoll. Naturnahe Sohlstrukturen können erhalten/entwickelt werden durch:

- die Reduzierung/Verlagerung der Fahrrinne in einen Korridor abseits bestehender naturnaher Sohlstrukturen (Schonung bestehender Strukturen),
- die Reduzierung der Gewässerunterhaltung,
- die gezielte Anlage von Sohlstrukturen durch Sedimentzugabe/-entnahme (s. Maßnahme 1.5),
- die Förderung der Entstehung durch Optimierung von Regulierungsbauwerken (s. Maßnahmen 2.1/2.2).

Im Nachgang zu Entwicklungsmaßnahmen kann es an unbefestigten Ufern zu Erosionsprozessen kommen, die ggf. naturnahe Ufersicherungen (eventuell mit schlafender Sicherung) erfordern (s. Maßnahme 7.3).

Können keine naturnahen Sohlstrukturen entwickelt werden, ist zu prüfen, ob die Lebensraumfunktionen der Gewässersohle in dauerhaft wasserführende Nebengerinne ausgelagert werden können (s. Maßnahmen 8.3/8.4 und 10.1/10.4).



1.5 Sohlhabitate durch Sedimentzugabe/-entnahme schaffen

Die Sohlstrukturen in einem naturnahen Gewässer variieren fließgewässertypspezifisch, sind jedoch i. d. R. strukturreich in Abhängigkeit des Lauftyps innerhalb eines Abschnitts (z. B. gestreckt, mäandrierend oder verzweigt). Sohlhabitate entwickeln sich dabei in Abhängigkeit von Art und Menge des eintreffenden Sediments sowie der (Verteilung der) Fließgeschwindigkeit in einem Abschnitt.

In ausgebauten Fließgewässern kann die Substratdiversität beeinträchtigt sein durch:

- überhöhte Fließgeschwindigkeit (z. B. durch Regulierung des Querprofils) mit einer Verschiebung der Substratverteilung zu (sehr) grobem Sohlsubstrat,
- reduzierte Fließgeschwindigkeit (z. B. durch Stauregulierung oder Ausleitung) mit einer Verschiebung der Substratverteilung zu (sehr) feinem Sohlsubstrat,
- überhöhten Eintrag von Feinsediment aus dem Einzugsgebiet (z. B. durch Oberflächenerosion auf ackerbaulich genutzten Flächen),
- Sedimentdefizit (z. B. durch Rückhalt im oberhalb gelegenen Einzugsgebiet).

Die Schaffung von Sohlhabitaten durch Zugabe oder Entnahme von Sedimenten minimiert Folgen aus diesen funktionalen Beeinträchtigungen, löst diese jedoch nicht (vgl. v. a. Maßnahmengruppen 2, 3, 4, 5, 9, 11) und ist daher regelmäßig (z. B. im Rahmen der Gewässerunterhaltung) zu wiederholen. Für die Sedimentzugabe sind die Hinweise der Maßnahme 1.1 und 1.4 zu beachten.

Sofern Sohlhabitate nicht geschaffen werden können, ist eine Auslagerung der Habitatfunktion in dauerhaft wasserführende Nebengerinne zu prüfen (s. Maßnahmen 8.3/8.4 und 10.1/10.4).

Beispiel(e)



Abb. 1.5-1: Regelmäßige Sedimentzugabe im Rahmen der Unterhaltung

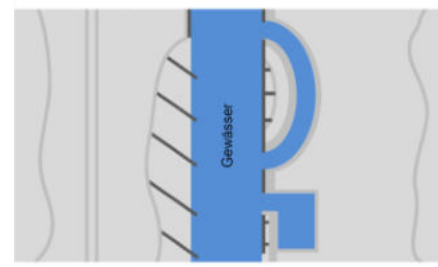
2

Maßnahmengruppe

Regulierungsbauwerke

Kurzbeschreibung und Ziele

Anpassung von Regulierungsbauwerken zur Reduzierung der hydraulischen Belastungen der Gewässersohle und Dynamisierung der strömungsschwachen Bereiche im Ufer- und Übergangsbereich zur Förderung/Entwicklung möglichst leitbildnaher Sohl- und Uferstrukturen sowie Verbesserung der lateralen Durchgängigkeit vom Gewässer in die Aue.

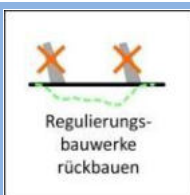


Bedeutung für Biotopverbund

Erhalt und Entwicklung leitbildnaher Lebensräume auf der Gewässersohle und im Uferbereich. Verbesserung der lateralen Durchgängigkeit zwischen aquatischen und (semi-)terrestrischen Lebensräumen.

Einzelmaßnahmen

- 2.1 Regulierungsbauwerke rückbauen
- 2.2 Regulierungsbauwerke naturnah gestalten/ersetzen



2.1 Regulierungsbauwerke rückbauen

Regulierungsbauwerke fungieren strömungslenkend und dienen vorrangig der Konzentration des Stromstrichs, u. a. zur Bereitstellung eines schiffbaren Querschnitts, können jedoch auch Uferschutzfunktion übernehmen. Die Gestaltung der Regulierungsbauwerke führt, je nachdem ob sie um- oder überströmt werden, zu unterschiedlichen Sedimentations- und Erosionsprozessen.

Der vollständige Rückbau von Regulierungsbauwerken geht i. d. R. mit Veränderungen der Fließgeschwindigkeiten/ Schleppspannungen (Reduzierung im Sohlbereich, Erhöhung im Uferbereich) und damit einer lokalen Dynamisierung des Sedimenthaushalts einher. Der vollständige Rückbau ist daher i. d. R. nur möglich, wenn die hydraulischen Veränderungen vereinbar sind mit Anforderungen:

- aus schiffahrtlicher Nutzung und Hochwasserschutz an die Profileistungsfähigkeit,
- an die zulässige Sedimentdynamik im Uferbereich (Erosionsprozesse am Ufer, Sedimentationsprozesse in strömungsgeschützten Bereichen, z. B. an Gleithängen).

Ein Rückbau von Regulierungsbauwerken sollte daher insbesondere geprüft werden:

- bei reduzierten Anforderungen an schiffahrtlich notwendige Wassertiefen,
- bei reduzierten Anforderungen an die Profileistungsfähigkeit, insbesondere für häufigere Abflussereignisse (Erhöhung des Ausuferungsvermögens bei auenökologisch wirksamen Abflüssen),
- in wenig strömungsexponierten Bereichen, wie z. B. an Gleithängen.

Sollte ein vollständiger Rückbau von Regulierungsbauwerken nicht möglich sein, kann ein teilweiser Rückbau, eine Absenkung, ein Umbau oder ein Ersatz zielführend sein (s. Maßnahme 2.2). Sollten Anforderungen an die Ufersicherung bestehen, ist zu prüfen, ob diese naturnah gestaltet werden kann (s. Maßnahme 7.2 f.).

Bei Vorkommen ökologisch wertvoller Bereiche hinter oder im Umfeld von Regulierungsbauwerken (z. B. Bühnenfelder) ist der Rückbau aus ökologischer Sicht abzuwägen (s. Maßnahme 8.3).

Beispiel(e)



Abb. 2.1-1: Rückbau einer Buhne aus Wasserbausteinen



2.2 Regulierungsbauwerke naturnah gestalten/ersetzen

Regulierungsbauwerke fungieren strömungslenkend und dienen vorrangig der Konzentration des Stromstrichs, u. a. zur Bereitstellung eines schiffbaren Querschnitts, können jedoch auch Uferschutzfunktion übernehmen. Die Gestaltung der Regulierungsbauwerke führt, je nachdem ob sie um- oder überströmt werden, zu unterschiedlichen Sedimentations- und Erosionsprozessen. Bei naturnaher Bauweise werden im Bereich der Regulierungsbauwerke Sohl- und Uferstrukturen mit entsprechenden Habitaten geschaffen.

Grundsätzlich ist es möglich, dass Regulierungsbauwerke erhalten werden müssen, bei:

- Anforderungen an die Profileistungsfähigkeit aus schiffahrtlicher Nutzung und Hochwasserschutz,
- Anforderungen an die Standsicherheit der Ufer gegenüber Erosionsprozessen.

Die Nutzung von Regulierungsbauwerken zur Initiierung einer naturnahen Laufentwicklung ist Gegenstand von Maßnahme 6.2.

Die naturnahe Gestaltung oder der Ersatz von Regulierungsbauwerken zielt darauf ab, unter den gegebenen Anforderungen eine möglichst naturnahe Sedimentdynamik zu initiieren. Dies ist ggf. auch vorteilhaft für die Unterhaltungslast (z. B. Verringerung von Räumungen) und im Rahmen der fortlaufenden Gewässerunterhaltung und Bauwerksinstandsetzung auf Umsetzbarkeit zu prüfen. Ein Umbau/Ersatz erfordert eine hinreichende Standfestigkeit/Widerstandsfähigkeit des Bauwerks. Grundsätzlich ist hierbei möglich:

- Umbau des Regulierungsbauwerks durch Verwendung einer alternativen Bauform (z. B. Umbau zu Kerb- oder Knickbuhnen),
- Umbau des Regulierungsbauwerks mit Verwendung von naturnahen Baumaterialien (z. B. Ersatz von Steinbuhnen durch Totholzbuhnen),
- Reduzierung der hydraulischen Wirksamkeit (z. B. Reduzierung der Bauwerkshöhe auf Niedrigwasser-Niveau),
- Ersatz des Bauwerks durch ein funktional gleichartiges, ökologisch verträglicheres Bauwerk (z. B. Ersatz von Buhnen durch Längsbauwerke mit eigendynamischen Uferstrukturprozessen im Strömungsschatten).

Beispiel(e)



Abb. 2.2-1: Abgesenkte Buhne, die bei Abflüssen oberhalb von Niedrigwasser überströmt wird (hier durch bewegte Wasseroberfläche zu erkennen)



Abb. 2.2-2: Totholzbuhne als alternativ technisch-biologisches Regulierungsbauwerk

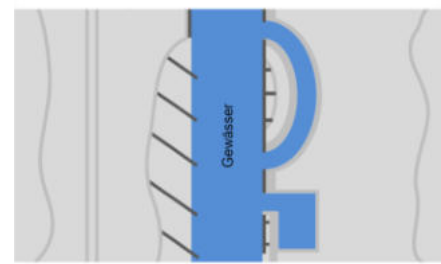
3

Maßnahmengruppe

Abflussmenge

Kurzbeschreibung und Ziele

Entwicklung naturnaher Abflussmengen/-verteilung - insbesondere in Ausleitungsstrecken - zur Förderung einer naturnahen Wassertiefe, eines fließgewässertypspezifischen Abflussregimes (jährliche Abflussmengenverteilung mit Hoch- und Niedrigwasserphasen, Schwankungen der Wasserspiegellagen) und naturgemäßen Ausuferungsvermögens.



Bedeutung für Biotopverbund

Förderung von naturgemäßen Wassertiefenvarianzen sowie Schwankungen der Wasserspiegellagen als Grundlage für fließgewässertypische, wasserstandsabhängige Habitate im Sohl- und Uferbereich. Unterstützung der linearen Durchgängigkeit und lateralen Vernetzung von Gewässer, Ufer und Aue mit möglichst naturgemäßem Ausuferungsvermögen und Anbindung an das Grundwasser. Darüber hinaus verbessert eine naturgemäße Abflussmenge i. d. R. die physikalisch-chemischen Verhältnisse im Abschnitt (z. B. Wassertemperatur, Nährstoffkonzentrationen).

Einzelmaßnahmen

3.1 Abflussmenge naturnah wiederherstellen



3.1 Abflussmenge naturnah wiederherstellen

Der ursprüngliche Flusslauf verfügt über eine reduzierte Abflussmenge, i. d. R. durch Abflussmengenaufteilung an einem Querbauwerk (z. B. zur Gewährleistung der Schiffbarkeit von Kanälen, ggf. mit Wasserkraftnutzung). In der Ausleitungsstrecke herrschen ausgeprägte Niedrigwasserphasen vor; sie wird zudem i. d. R. zur Abführung von Hochwasser genutzt. Zudem kann eine Wasserkraftnutzung zu Störungen der Wasserspiegelschwankungen führen (z. B. geringere Wassertiefen mit schnellem Anstieg bei Turbinenbetrieb).

Insbesondere die i. d. R. deutlich reduzierte Abflussmenge sowie nutzungsbedingt kurzzeitig ggf. extreme Wasserspiegelschwankungen führen zu Einschränkungen von Angebot und lateraler Vernetzung von Habitaten im Sohl- und Uferbereich. Außerdem wirkt eine reduzierte Abflussmenge auf die physikalisch-chemischen Verhältnisse in der Ausleitungsstrecke. Zudem gehen Beeinträchtigungen mit Wirkungen auf das Fließverhalten einher (s. Maßnahme 4.1).

Die naturnahe Wiederherstellung der Abflussmenge umfasst dabei insbesondere:

- Erhöhung der Restwassermenge in der Ausleitungsstrecke z. B. durch angepasste Abflussmengenverteilung, Umbau des Abschlagbauwerks oder Reduzierung des Abflusses im Bypasskanal,
- naturnahe Simulation der Abflussschwankungen in der Ausleitungsstrecke z. B. durch ökologische Wehrsteuerung oder Umbau des Abschlagbauwerks.

Grundvoraussetzung für die Abflussverteilung ist die Berücksichtigung der schiffahrtlichen Anforderungen (und ggf. Wasserkraftnutzung). Zusätzlich zu den o. g. Maßnahmen können strukturfördernde Maßnahmen im Sohl- und Uferbereich (s. Maßnahmengruppen 1 und 8) zielführend sein, um die Ausleitungsstrecke an die verfügbare Abflussmenge anzupassen.

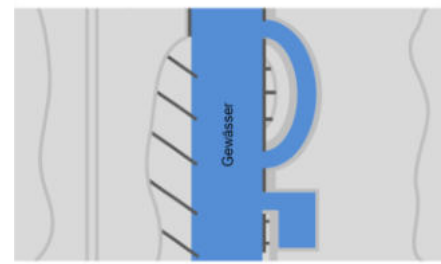
4

Maßnahmengruppe

Fließverhältnisse

Kurzbeschreibung und Ziele

Minimierung von Beeinträchtigungen hydraulischer Verhältnisse (z. B. wegen Gewässerausbau, Stauregulierung) durch Entwicklung einer fließgewässertypspezifischen Verteilung von Fließgeschwindigkeiten innerhalb des Querprofils sowie über die Zeit zur Förderung strukturbildender Prozesse, Bereitstellung typischer Habitate im Sohl- und Uferbereich sowie zur Verbesserung der physikalisch-chemischen Verhältnisse.



Bedeutung für Biotopverbund

Bereitstellung des notwendigen Habitatangebots für eine naturgemäße Artenverteilung in Abhängigkeit der jeweiligen artspezifischen Habitatpräferenzen (Strömungsverteilung mit rheophilen bis stagnophilen Arten; auch physikalisch-chemische Verhältnisse wie z. B. Sauerstoffsättigung) sowie Förderung eigendynamischer, strukturbildender Prozesse im Sohl- und Uferbereich.

Einzelmaßnahmen

4.1 Fließverhältnisse naturnah wiederherstellen/dynamisieren



4.1 Fließverhältnisse naturnah wiederherstellen/dynamisieren

Der Gewässerausbau führt i. d. R. zu einer Veränderung des naturgemäßen Fließverhaltens. Dies kann anlage- und betriebsbedingt begründet sein:

- Laufregulierung (i. d. R. niedrige Strömungsvarianz, hohe Fließgeschwindigkeiten)
- Stauregulierung (i. d. R. niedrige Strömungsvarianz, niedrige Fließgeschwindigkeiten)
- Wasserkraftnutzung (insb. in Ausleitungsstrecken; i. d. R. intensivierte Wasserstandsschwankungen (Schwall/Sunk))

Die Minimierung der hydraulischen Beeinträchtigungen kann dabei durch folgende Maßnahmen unterstützt werden:

- Rück-/Umbau von Querbauwerken (s. Maßnahmengruppe 5),
- Anpassung der Wasserkraftnutzung (insb. im Schwall-Sunk-Betrieb),
- Strukturierung des Querprofils durch Förderung einer frühzeitigen Ausuferung (z. B. Maßnahmen 8.1, 10.1, 10.4, 12.3),
- Förderung naturgemäßer Sohl- und Uferstrukturen (z. B. Maßnahmengruppen 1, 7, 8),
- Strukturelle Aufwertung von Rückstaubereichen, z. B. durch Einbau und Entwicklung von Uferstrukturen (z. B. Totholz, s. Maßnahmengruppe 8),
- Erhöhung der Fließgeschwindigkeiten im Rückstaubereich durch Sohlanhebung und Profileinengung (s. Maßnahmen 1.1, 2.2).

Dabei sind insbesondere Anforderungen an die Nutzbarkeit des Abflusses (z. B. Wasserkraftnutzung) sowie Aspekte der Standsicherheit (Erosionsprozesse im Sohl- und Uferbereich) zu berücksichtigen. In Ausleitungsstrecken ist die Anpassung der Abflussmenge (s. Maßnahme 3.1) zu prüfen.

Sofern die Fließverhältnisse nicht naturnah (wieder-)hergestellt werden können, ist zu prüfen, ob geeignete Habitatverhältnisse aus dem Fahrwasser ausgelagert werden können (s. z. B. Maßnahmen 8.4, 8.5).

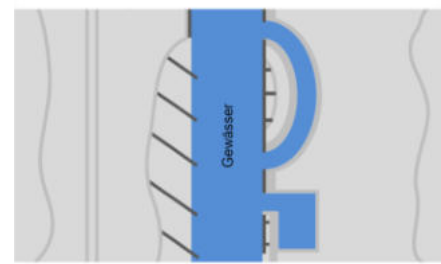
5

Maßnahmengruppe

Querbauwerke

Kurzbeschreibung und Ziele

(Wieder-)Herstellung eines naturgemäßen Wasser- und Sedimenthaushalts sowie Herstellung der flussaufwärts und -abwärts gerichteten Durchgängigkeit für aquatische Organismen.



Bedeutung für Biotopverbund

Aufwertung und Vernetzung von Lebensräumen für aquatische Organismen; Förderung typischer Habitatverhältnisse und strukturbildender Prozesse durch Wiederherstellung einer typischen Abfluss-/ Fließ-/ Sedimentdynamik im Ober- und Unterwasser eines Querbauwerks; Optimierung der Quervernetzung/lateralen Durchgängigkeit.

Einzelmaßnahmen

- 5.1 Querbauwerke rückbauen
- 5.2 Querbauwerke umbauen



5.1 Querbauwerke rückbauen

Querbauwerke dienen u. a. der Regulierung des Wasserhaushalts, insbesondere der Abflussmengenverteilung und der Erhöhung der Wasserspiegellage (z. B. zur Gewährleistung der Schiffbarkeit und zur Wasserkraftnutzung). Außerdem werden sie genutzt, um einer Sohlerosion entgegenzuwirken. Sie umfassen Stauanlagen, aber auch Sohlbauwerke (vgl. Maßnahme 1.3).

Querbauwerke stellen i. d. R. Barrieren für aquatische Organismen (Wanderhindernis) und für das Sediment dar und beeinträchtigen die hydromorphologischen sowie physikalisch-chemischen Verhältnisse im Ober- und Unterwasser des Bauwerks:

- Abflussmenge und -dynamik (s. Maßnahme 3.1),
- Fließgeschwindigkeit, Fließgeschwindigkeitsverteilung (s. Maßnahmen 1.3 und 4.1),
- Gewässerstrukturelle Verhältnisse (Tiefen- und Breitenvarianz),
- Sedimenthaushalt (Sedimentrückhalt, erhöhte Feinsedimentanteile im Stauraum),
- Wassertemperatur und Sauerstoffgehalt.

Der vollständige Rückbau eines Querbauwerks zielt darauf ab, das Gewässer durchgängig für aquatische Organismen und das Sediment zu gestalten und die Abflussverhältnisse naturgemäß wiederherzustellen. Für den vollständigen Rückbau eines Querbauwerks sind u. a. zu berücksichtigen:

- Anforderungen an die verfügbare Wassertiefe bzw. -stände zur Gewährleistung der Schiffbarkeit und zur Wasserkraftnutzung,
- Auswirkungen auf die Hydraulik des Gewässers (i. d. R. erfordert der Rückbau die Entwicklung eines typkonformen Sohlgefälles, z. B. durch Laufverlängerung, s. Maßnahme 6.1),
- Auswirkungen auf Nutzungen im Gewässerumfeld (z. B. Standsicherheit von Bauwerken, Hochwasserschutz, Grundwasserstände),
- Auswirkungen auf Schutzgebiete, die an den beeinträchtigten Sediment-/ Wasserhaushalt angepasst sind (grundsätzlich sollte der Rückbau eines Querbauwerks gegenüber einem Bestandsschutz als nachhaltigere Lösung vorgezogen werden).

Beispiel(e)

Sofern ein vollständiger Rückbau nicht möglich ist, ist ein Umbau zu prüfen (s. Maßnahme 5.2).



Abb. 5.1-1: Schleifung eines Querbauwerkes



5.2 Querbauwerke umbauen

für einleitende Erläuterungen/Hinweise s. Maßnahme 5.1

Sofern Nutzungsanforderungen an die durch das Querbauwerk derzeit zur Verfügung gestellten Funktionen bestehen, die einem vollständigen Rückbau entgegenstehen, ist der teilweise Rückbau oder Umbau des Bauwerks zu prüfen. Folgende Maßnahmen können - je nach Nutzungsansprüchen und örtlichen Rahmenbedingungen - grundsätzlich geeignet sein, die Beeinträchtigungen der Habitatverhältnisse durch ein Querbauwerk zu minimieren:

- Umbau des Querbauwerks zu einer Sohlrampe/-gleite, i. d. R. nur möglich:
 - bei nicht zur Wasserkrafterzeugung genutzten Querbauwerken,
 - bei ausschließlich muskelbetriebenem Schiffsverkehr oder bei Möglichkeit zur Umgehung der Sohlrampe/-gleite für motorisierten Schiffsverkehr, z. B. über einen Schleusenkanal.
- Herstellung der Durchgängigkeit durch eine Fischauf- und -abstiegsanlage:
 - mit Flächenverfügbarkeit: möglichst naturnahe Lösung (Umgehungsgerinne),
 - ohne/eingeschränkte Flächenverfügbarkeit: (halb) technische Lösung (Fischauf/-abstiegsanlage, z. B. Beckenpass, im unmittelbaren Böschungsbereich).

Ergänzend ist zu prüfen, ob die verbleibenden Beeinträchtigungen durch Verbesserung der strukturellen und funktionalen Verhältnisse im Ober- und Unterwasser des Bauwerks minimiert werden können, z. B. durch:

- strukturelle Aufwertung des Rückstaubereichs (s. Maßnahmengruppen 1, 8),
- Dynamisierung des Wasserhaushalts im Oberwasser (s. Maßnahmengruppen 3, 4).

Beispiel(e)



Abb. 5.2-1: Herstellung der Durchgängigkeit durch einen technischen Beckenpass

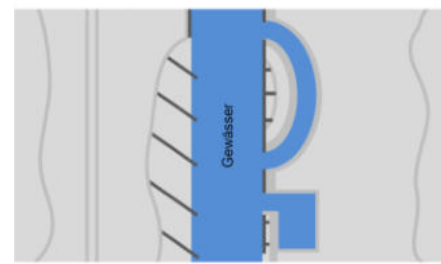
6

Maßnahmengruppe

Laufentwicklung

Kurzbeschreibung und Ziele

(Wieder-)Herstellung einer naturgemäßen Laufentwicklung mit typischer Ausprägung von Windungsgrad, Laufstruktur und Querprofil durch bauliche oder eigendynamische Entwicklung.



Bedeutung für Biotopverbund

Möglichst leitbildgerechte Laufentwicklung mit typischen Sohl- und Uferhabitaten, dynamischem Sediment- und Wasserhaushalt und mehr oder weniger eigendynamischer Strukturentwicklung bis hin zu einer intensiven Quervernetzung von Gewässer- und Auenlebensräumen.

Einzelmaßnahmen

- 6.1 Gewässerlauf naturnah wiederherstellen
- 6.2 Initialmaßnahmen zur Laufentwicklung durchführen



6.1 Gewässerlauf naturnah wiederherstellen

Der natürlicherweise mäandrierende bis gestreckte Gewässerlauf mit Ein- oder Mehrbettgerinne entwickelt sich in Abhängigkeit des Sediment- und Wasserhaushalts sowie der lokalen Topografie, ist jedoch heutzutage (u. a. für die schiffahrtliche Nutzung) i. d. R. mehr oder weniger deutlich begradigt. Dies wirkt nachteilig auf die Habitatvielfalt sowie die Sediment- und Strömungsverhältnisse und den Wasserhaushalt.

Die Wiederherstellung eines naturnahen Gewässerlaufs verfolgt neben rein ökologischen Gesichtspunkten u. a. die folgenden hydraulisch begründeten Ziele:

- Verringerung des Sohlgefälles durch Laufverlängerung, z. B. bei
 - Rückbau eines Querbauwerks (s. Maßnahme 5.1),
 - fortschreitender Sohlerosion (s. Maßnahme 1.4).
- Steigerung der Gewässerretention (Abflussverzögerung), z. B. bei
 - Erhöhung des Ausuferungsvermögens im Bauabschnitt der Maßnahme,
 - Verbesserung des Hochwasserschutzes flussabwärts des Bauabschnitts.

Grundvoraussetzung für die Wiederherstellbarkeit eines naturnahen Gewässerlaufs ist u. a. die Vereinbarkeit mit schiffahrtlichen Anforderungen (z. B. Profiltiefe, Sohlstrukturen, Kurvenradien u. w.). Diesbezüglich ist auch zu prüfen, ob die schiffahrtliche Nutzung aus dem natürlichen Gewässerlauf ausgelagert werden kann (z. B. in Kanälen oder Bypässen; dabei u. a. Berücksichtigung der Maßnahmengruppen 3, 4).

Eine bauliche Herstellung eines naturnahen Gewässerlaufs erfolgt i. d. R. bei:

- Bedarf für eine unmittelbar/kurzfristig wirksame Laufverlängerung (z. B. bei Rückbau eines Querbauwerks),
- Restriktionen im potenziellen Entwicklungskorridor, die einer eigendynamischen Entwicklung entgegenstehen (z. B. Verkehrsinfrastruktur, Versorgungsleitungen u. w.) und eine Vorgabe zur Lage des wiederherzustellenden Gewässerlaufs erfordern (dies kann auch über ein Initialgerinne erfolgen, s. Maßnahme 6.2),
- kritischen topografischen Verhältnissen für eine eigendynamische Laufentwicklung (z. B. wegen ungeeigneter Höhenlage bei Gewässern in Auenrandlage oder Lage

außerhalb der tiefsten Auenbereiche).

Das gewässertypologische Leitbild gibt Hinweise auf den Gewässerlauf im naturgemäßen Zustand. Bei der baulichen Anlage sollte der Gewässerlauf so gewählt werden, dass diesem möglichst der gewässertypische Entwicklungskorridor zur Verfügung steht. Insbesondere in Restriktionslagen ist dies ggf. nur sehr bedingt möglich. Außerdem sind neben den schiffahrtlichen Anforderungen v. a. das aktuelle Auenrelief und die Bodenbeschaffenheit zu berücksichtigen. Ggf. bestehen in diesem Zusammenhang Möglichkeiten zur Inanspruchnahme alter Laufstrukturen (z. B. Altarme, s. Maßnahme 10.1; naturschutzfachliche Zielkonflikte (Erhalt ggü. Prozessschutz) müssen beachtet werden). Wegen des erheblichen baulichen Einsatzes ist der eigendynamischen Entwicklungen Vorrang zu geben, soweit möglich.

Beispiel(e)



Abb. 6.1-1: Bauliche Gestaltung eines naturnahen Gewässerlaufes



6.2 Initialmaßnahmen zur Laufentwicklung durchführen

für einleitende Erläuterungen/Hinweise s. Maßnahme 6.1

Initialmaßnahmen geben Impulse zur weitgehend eigendynamischen Laufentwicklung in Abhängigkeit des vorherrschenden Wasser- und Sedimenthaushalts sowie der Auentopografie.

Damit Initialmaßnahmen wirken können, bedarf es eines ungesicherten Querprofils, d. h. eines Fehlens von Sohl- (s. Maßnahme 1.2) und Uferverbau (s. Maßnahme 7.1), sowie eines möglichst naturgemäßen Sediment- und Wasserhaushalts (s. Maßnahme 3.1). Zur Initiierung einer Laufentwicklung können u. a. folgende Maßnahmen beitragen:

- Anlage eines Initialgerinnes mit minimaler Vorstrukturierung des Gewässerlaufs, allerdings ohne größere Profilierungen (ggü. Maßnahme 6.1),
- Wiederherstellung eines naturnahen Sohlniveaus (s. Maßnahme 1.1),
- strömungslenkende Maßnahmen zur Förderung der Ufererosion, z. B.
 - Einbau von (naturnahen) Strömungslenkern (z. B. Totholzbuhnen, vgl. Maßnahme 2.2, oder Inseln/Querbänken, vgl. Maßnahme 1.4),
 - Anlage von Geschiebedepots zur Erhöhung der Umlagerungsfähigkeit (vgl. Maßnahme 1.5).

Damit erzeugen Initialmaßnahmen zur Laufentwicklung i. d. R. gleichartige Wirkungen wie Entwicklungsmaßnahmen im Sohl- und Uferbereich (s. Maßnahmen 1.4, 8.1-8.3).

Im Unterschied zur baulichen Herstellung des Gewässerlaufs erfolgt die eigendynamische Entwicklung i. d. R. ausgehend vom derzeitigen Gewässerlauf in einem typspezifischen Entwicklungskorridor. Dies bedingt:

- keine (dauerhaft zu erhaltenden, nicht zu verlegenden) Restriktionen im potenziellen (gewässernahen) Entwicklungskorridor bzw.

- nur kleinräumige Restriktionen, die punktuell (z. B. über schlafende Sicherungen) erhalten werden müssen (z. B. einzelne Bauwerke wie Strommasten o. ä.),
- nicht kleinräumige Restriktionen außerhalb des minimalen Entwicklungskorridors, die flächenhaft (z. B. über schlafende Sicherungen zur Begrenzung der eigendynamischen Entwicklung) erhalten werden müssen (z. B. Hochwasserschutzanlagen, Bebauung, infrastrukturelle Einrichtungen).
- langfristige Entwicklungszeiträume bis zum Erreichen eines stabilen, dynamischen Planzustands¹ (v. a. in Abhängigkeit von Wasser- und Sedimenthaushalt sowie Auen-substrat),
- vergleichsweise geringer baulicher Aufwand (insb. bzgl. Bodenbewegungen) und damit i. d. R. deutlich geringere Baukosten (dafür erhöhter planerischer Aufwand bzgl. Flächenakquise und -bewirtschaftung/-bevorratung),
- erhöhte Sedimentdynamik insbesondere zwischen Initiierung der Laufentwicklung und Erreichen des dynamisch stabilen Planzustands, ggf. mit Austrag flussabwärts, aber auch dauerhaft erhöhte Umlagerung innerhalb des Abschnitts sowie ausreichende Sedimenteinträge in das Projektgebiet.

¹ dynamisch stabiler Planzustand meint einen behördlich genehmigten Zustand, der nicht vollkommen statisch ist, sondern sich in den „genehmigten“ Grenzen eigendynamisch verändern darf.

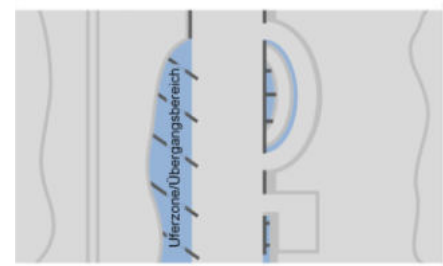
7

Maßnahmengruppe

Uferverbau

Kurzbeschreibung und Ziele

Rückbau bis Extensivierung des Uferverbaus zur Entwicklung typkonformer Uferstrukturen durch möglichst weitreichende morphodynamische Prozesse.

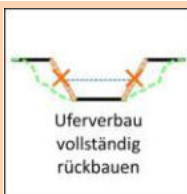


Bedeutung für Biotopverbund

(Wieder-)Herstellung einer naturgemäßen Habitatausstattung und -diversität im Uferbereich; Förderung der longitudinalen Vernetzung von Habitaten entlang der Ufer sowie der Quervernetzung von Gewässer, Ufer und Aue.

Einzelmaßnahmen

- 7.1 Uferverbau vollständig rückbauen
- 7.2 Uferverbau teilweise rückbauen
- 7.3 Uferverbau naturnah gestalten



7.1 Uferverbau vollständig rückbauen

In Abhängigkeit der Strömungsexposition (v. a. Prall- und Gleithang) sowie des Ufersubstrats (Grob- bis Feinmaterial) bilden sich natürlicherweise mehr oder weniger unregelmäßige, unterschiedliche Uferformen aus, die heutzutage i. d. R. verbaut sind, u. a. mit den Zielen:

- Sicherung des Querprofils mit einem definierten Querschnitt (z. B. zur Lagestabilisierung der Fahrwasserverhältnisse),
- Sicherung des Ufers und Gewässerrandes gegenüber Ufererosion (z. B. Bebauung).

In der Folge sind die Ufer heutzutage häufig strukturschwach. Ein vollständiger Rückbau des Uferverbaus geht natürlicherweise i. d. R. mit einer abgeflachten Böschungsneigung (außer an Prallhängen) einher (d. h. geringere Wassertiefe unmittelbar entlang der Uferlinie; Inanspruchnahme von Flächen landseitig der derzeitigen Böschungsoberkante). Ergänzend zum Rückbau können Maßnahmen der Uferabflachung ergriffen werden (s. Maßnahmen 8.1, 8.2, 12.3).

Ein vollständiger Rückbau ist dabei i. d. R. nur möglich unter Berücksichtigung der Nutzungs- und Sicherheitsanforderungen an Gewässer sowie im Ufer- und Übergangsbereich:

- Gewährleistung der Schiffbarkeit mit einer definierten Fahrrinne (es ist ggf. zu prüfen, ob die Lage der Fahrrinne auf Grundlage eines Monitorings der Profilentwicklung im Bedarfsfall angepasst werden kann),
- Bestandssicherung der Nutzungen im potenziellen Entwicklungskorridor des Gewässers bei eigendynamischer Uferentwicklung (es ist zu prüfen, ob etwaige Nutzungen verlegt werden können).

Insbesondere für die Gewährleistung der Schiffbarkeit ist zu prüfen, ob die Funktion des Uferverbaus durch Regulierungsbauwerke übernommen werden kann (s. Maßnahme 2.2), die eine Dynamisierung der Uferbereiche ermöglichen. Die initiierte Uferdynamisierung geht mit der Inanspruchnahme von Flächen einher, d. h.:

- Akquise/Bereitstellung von Flächen im potenziellen Entwicklungskorridor (naturschutzfachlich verträgliche Nutzung bis zur morphodynamischen Inanspruchnahme

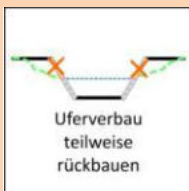
Beispiel(e)

(Ufererosion) möglich),

- ggf. erhöhter Unterhaltungsaufwand zur Gewährleistung der Leichtigkeit der Schifffahrt, insb. hinsichtlich Sediment- und Totholzeintrag sowie der Sichtbarkeit von Schifffahrtszeichen,
- Möglichkeit zur Begrenzung der lateralen Entwicklung (hinreichender Abstand zum Gewässer), z. B. durch schlafende Sicherungen, s. Maßnahme 7.3, oder Gehölzentwicklung, s. Maßnahmen 9.1, 9.3).



Abb. 7.1-1: Abgeflachtes Ufer mit typischer Vegetationszonierung nach Rückbau der Ufersicherung (Steinschüttung)



7.2 Uferverbau teilweise rückbauen

für einleitende Erläuterungen/Hinweise s. Maßnahme 7.1

Ein teilweiser Rückbau von Uferverbau kann zum Einsatz kommen, wenn eine eigendynamische Uferentwicklung nicht vollständig mit den Nutzungsanforderungen an Gewässer und Aue vereinbar ist, aber grundsätzlich Flächen im Ufer- und Übergangsbereich in gewissem Umfang in Anspruch genommen werden können. Mögliche einschränkende Gründe sind u. a.:

- Verlagerung der Fahrrinne bei vollständigem Rückbau mit nachteiligen Wirkungen für die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt,
- zu erhaltende Nutzungen im potenziellen Entwicklungskorridor bei verfügbaren Flächen im unmittelbaren Ufer- und Übergangsbereich,
- erhebliche Erschwernisse bzw. unverhältnismäßig hoher Aufwand der Gewässerunterhaltung (z. B. Ufererosion).

Der teilweise Rückbau des Uferverbau ermöglicht eine Dynamisierung des Uferbereichs oberhalb einer zu definierenden Wasserspiegellage, unterhalb derer der Uferverbau verbleibt und damit die laterale Entwicklungsfähigkeit des Gewässers einschränkt. Dabei gilt:

- Die Uferentwicklung im Bereich des Rückbaus kann eigendynamisch erfolgen oder durch weitere Maßnahmen unterstützt werden (z. B. Maßnahmen 8.1, 12.3),
- Die Uferentwicklung kann durch naturnahe Sicherungsmaßnahmen (z. B. schlafende Sicherungen, Gehölzentwicklung, vgl. Maßnahmen 7.3, 9.1, 9.3) in hinreichendem Abstand begrenzt werden,
- Möglichkeiten zur Extensivierung/ zur ökologischen Aufwertung des zu erhaltenden Uferverbau sind zu prüfen.

Durch den teilweisen Rückbau können naturnahe Uferstrukturen oberhalb einer definierten Wasserspiegellage hergestellt werden. Die gegebenenfalls damit einhergehende Profilaufweitung kann Synergien zum Hochwasserschutz (i. d. R. nur geringfügig bei bis zu bordvollen Abflüssen) sowie zur Sohlsicherung (Reduzierung der Wassertiefe und damit der Sohlschleppspannungen bei höheren Abflüssen) aufweisen.

Beispiel(e)



Abb. 7.2-1: Eigendynamische Entwicklung von Uferstrukturen hinter teilweise rückgebauter Ufersicherung



7.3 Uferverbau naturnah gestalten

für einleitende Erläuterungen/Hinweise s. Maßnahme 7.1 und 7.2

Eine naturnahe Gestaltung des Uferverbau kann ökologische Verbesserungen durch Optimierung des vollständig (vgl. Maßnahme 7.1) oder teilweise zu erhaltenden Uferverbau (vgl. Maßnahme 7.2) hervorrufen:

- strukturelle Aufwertung des Uferbereichs (Erhöhung des Habitatangebots),
- Förderung von ufer- und auentypischen Arten (v. a. bei deren Verwendung als Baustoff, z. B. bei Lebendbauweisen, wie u. a. Weidenspreitlagen),
- Sekundäreffekte insbesondere bei Verwendung von Gehölzen (z. B. Beschattung).

Grundsätzlich kann eine naturnahe Gestaltung durch eine technisch-biologische Ufersicherung umgesetzt werden, z. B.:

- Lebendbauweise: Sicherung mit lebenden Pflanzen(-teilen), die unmittelbar oder mittelfristig wirksam sind (z. B. Weidenspreitlagen/-faschinen, Setzstangen, Uferröhricht, Böschungsansaat (z. B. mit Rohrglanzgras) u. w.),
- kombinierte Bauweise: Sicherung mit lebenden Pflanzen(-teilen) und i. d. R. stabilisierenden, möglichst leitbildtypischen, nicht lebenden Materialien (Totholz, Gestein), so dass diese sofort wirksam sind (z. B. Krainerwände, Geotextilmatten u. w.).

Entscheidungskriterien für die Auswahl der Bauweise sind u. a.:

- Widerstandsfähigkeit der Bauweise gegenüber hydraulischer Belastung,
- Langlebigkeit und Pflegeaufwand zur Gewährleistung der Funktionsfähigkeit,
- ökologische und landschaftsästhetische Gründe (z. B. artspezifische Vorgaben).

Da es sich bei der naturnahen Gestaltung dennoch um einen Verbau des Ufers handelt, sollte diese erst zum Einsatz kommen, sofern ein (teilweiser) Rückbau nicht möglich ist.

Beispiel(e)



Abb. 7.3-1: Einbau von Weidenspreitlagen als Ufersicherung

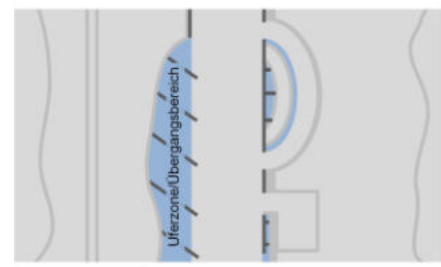
8

Maßnahmengruppe

Uferentwicklung

Kurzbeschreibung und Ziele

Entwicklung des Ufer- und Übergangsbereichs durch Förderung typkonformer Uferstrukturen und Erhöhung der Strukturvielfalt im Wechselwasserbereich außerhalb der Fahrrinne.



Bedeutung für Biotopverbund

(Wieder-)Herstellung einer naturgemäßen Habitatausstattung und -diversität im Uferbereich; Förderung der longitudinalen Vernetzung von Habitaten entlang der Ufer sowie der Quervernetzung von Gewässer, Ufer und Aue; Bereitstellung von störungsarmen Ausweichhabitaten im Uferbereich und Zuflüssen.

Einzelmaßnahmen

- 8.1 Profil aufweiten
- 8.2 Naturnahe Uferstrukturen erhalten/entwickeln
- 8.3 Flachwasserzone erhalten/entwickeln
- 8.4 Störungsarme Zone schaffen
- 8.5 Zufluss naturnah anbinden



8.1 Profil aufweiten

In Abhängigkeit von Sediment- und Wasserhaushalt bildet sich natürlicherweise ein mehr oder weniger unregelmäßiges, i. d. R. flaches Querprofil aus, das heutzutage meist ausbaubedingt verengt und eingetieft ist, um u. a. folgende Ziele zu verfolgen:

- Bereitstellung eines kompakteren Querschnitts, z. B.
 - Gewährleistung einer definierten Wassertiefe (z. B. zur Schifffahrt),
 - Erhöhung der Abflussleistungsfähigkeit (z. B. Hochwasserschutz),
- Landgewinnung (z. B. landwirtschaftliche Nutzung in der Aue).

Der Ausbau geht dabei in unterschiedlicher Intensität mit der Sicherung des Querprofils (Sohl-/Uferverbau, vgl. u. a. Maßnahmen 1.2, 7.1) einher.

In der Folge ist das Querprofil im Ausbauzustand strukturschwach und hydraulisch gegenüber naturgemäßen Verhältnissen stärker beansprucht. Die Aufweitung des Profils verfolgt dementsprechend vorrangig die Ziele:

- strukturelle Entwicklung naturnaher Ufer- und Übergangsbereiche (Vergrößerung der Wechselwasserzone mit typischer Habitatvielfalt, Wasserstands- und Sedimentdynamik),
- Förderung des Ausuferungsvermögens des Gewässers, u. a. mit den Zielen:
 - Reduzierung der hydraulischen Belastungen der Gewässersohle (geringere Wassertiefen bei höheren Abflüssen),
 - Reduzierung der Fließgeschwindigkeiten,
 - Erhöhung der Überflutungsdynamik im Uferbereich, insb. falls die Sohle nicht angehoben werden kann (Gründe z. B. Schifffahrt, Hochwasserschutz).

Die Aufweitung des Profils erfolgt oftmals baulich unter Einsatz geeigneter Maschinen. Eine Profilaufweitung kann dabei eine eigendynamische Laufentwicklung initiieren (s. Maßnahme 6.2). Sie steht funktional im engen Zusammenhang zu Maßnahmen der Sohl- und

Uferentwicklung (s. u. a. Maßnahmen 1.1, 1.4, 7.1, 8.2, 12.3).

Grundvoraussetzung für die Möglichkeit zur Profilaufweitung ist die Verfügbarkeit von Flächen im Ufer- und Übergangsbereich. Grundsätzlich gilt dabei, dass der Wechselwasserbereich (bis ca. 180 Tage bespannt) in typischen Neigungen in möglichst naturgemäßer Breite angelegt werden sollte. Insbesondere bei eingeschränkter Flächenverfügbarkeit kann dies erfordern, die landseitig anschließende Böschung in steilerem Winkel unmittelbar am Rand der verfügbaren Fläche anzulegen. Sofern notwendig, kann die Standsicherheit der Böschung durch naturnahe Sicherungsmaßnahmen erhöht werden (s. Maßnahme 7.3).

Eine umfassende Profilaufweitung ist nur möglich unter Berücksichtigung der Nutzungsanforderungen an Gewässer sowie Ufer- und Übergangsbereich:

- Gewährleistung der Schiffbarkeit mit einer definierten Fahrrinne (es ist ggf. zu prüfen, ob die Lage der Fahrrinne auf Grundlage eines Monitorings der Profilentwicklung im Bedarfsfall angepasst werden kann),
- Bestandssicherung der Nutzungen im potenziellen Entwicklungskorridor des Gewässers bei eigendynamischer Uferentwicklung (es ist zu prüfen, ob etwaige Nutzungen verlegt werden können).

Unter anderem können folgende Gründe einer umfassenden Profilaufweitung entgegenstehen. In diesen Fällen ist zu prüfen, ob eine Profilaufweitung oberhalb eines definierten Zielwasserstandes durchgeführt werden kann, was die morphodynamischen Prozesse bei häufigen Abflüssen i. d. R. einschränkt:

- Verlagerung der Fahrrinne bei vollständiger Aufweitung mit nachteiligen Wirkungen für die Schiffbarkeit,
- zu erhaltende Nutzungen im potenziellen Entwicklungskorridor, aber verfügbare Flächen im unmittelbaren Ufer- und Übergangsbereich,
- erhebliche Erschwernisse bzw. unverhältnismäßig hoher Aufwand der Gewässerunterhaltung (z. B. Ufererosion).



8.2 Naturnahe Uferstrukturen erhalten/entwickeln

für einleitende Erläuterungen/Hinweise s. Maßnahmen 7.1 und 8.1

Im Unterschied zur Profilaufweitung ändert sich die Breite des Profils bei Maßnahmen zum Erhalt/zur Entwicklung naturnaher Uferstrukturen - ausgehend von der bestehenden Uferlinie - i. d. R. nur geringfügig. Mögliche Gründe sind z. B.:

- Das Querprofil ist weitgehend naturnah dimensioniert und bedarf keiner Aufweitung.
- Es stehen keine/nur kleinräumig Flächen für die Uferentwicklung zur Verfügung oder die Uferentwicklung muss innerhalb der bestehenden Böschungsoberkanten erfolgen.

Die Gestalt naturnaher Uferstrukturen richtet sich neben den hydraulischen Bedingungen im Wesentlichen nach den naturgemäß dominierenden Ufersubstraten (z. B. Kiese, Sand, Totholz) sowie der Strömungsexposition (z. B. Gleit- oder Prallhang).

Der Erhalt/ die Entwicklung naturnaher Uferstrukturen kann dabei u. a. erfolgen durch:

- Initiierung eigendynamischer Uferentwicklungen (insb. durch Erosion; erfordert i. d. R. den (teilweisen) Rückbau von Uferverbau, s. Maßnahmen 7.1, 7.2),
- bauliche Anlage typkonformer Uferstrukturen (z. B. Profilierung der Ufer, Einbau von Totholz u. w.),
- Unterlassung der Gewässerunterhaltung.

Die Entwicklung naturnaher Uferstrukturen ist dabei auch in vergleichsweise restriktiven Bereichen nicht grundsätzlich ausgeschlossen (z. B. in Rückstaubereichen innerhalb des

Beispiel(e)

bestehenden Profils).

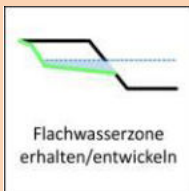
Da die Maßnahmen i. d. R. mit einer Erhöhung der Gerinnerrauheit einhergehen können, sind Wirkungen auf die Leistungsfähigkeit des Gerinnes (sowie Sekundärwirkungen wie eine erhöhte Sedimentdynamik) zu berücksichtigen.



Abb. 8.2-1: Prallhang mit Uferabbrüchen



Abb. 8.2-2: Gleithang mit naturnaher Ufervegetation und breiten Kiesflächen



8.3 Flachwasserzone erhalten/entwickeln

für einleitende Erläuterungen/Hinweise s. Maßnahmen 7.1 und 8.1/8.2

Flachwasserzonen fungieren insb. als Rückzugsgebiete und Kinderstuben, sind in ausgebauten Gewässern (mit engerem und tieferem Querprofil) jedoch i. d. R. nur noch selten vertreten, z. B. in wenig strömungsexponierten Bereichen (u. a. Gleithänge, ausbaubedingte Sekundärhabitate wie verlandete Bühnenfelder).

Die Maßnahme stellt einen Teilaspekt der Uferentwicklung (s. Maßnahme 8.2) dar und ist weitgehend auf das bestehende Profil beschränkt, da Maßnahmen in der Böschung restriktionsbedingt nicht möglich sind (i. d. R. Notwendigkeit zum (teilweisen) Erhalt des Uferverbau), d. h. die Maßnahme beschränkt sich auf den überwiegend aquatischen Uferbereich. Mögliche Maßnahmen für Erhalt/Entwicklung von Flachwasserzonen sind u. a.:

- (kleinräumige) Sohlanhebungen (s. Maßnahme 1.1),
- optimiertes Sedimentmanagement (s. Maßnahme 1.5) bzw. extensivierte, ökologisch verträgliche Gewässerunterhaltung (z. B. Belassen von Anlandungen),
- Förderung von strukturbildenden Prozessen im unmittelbaren Uferbereich (z. B. Einbau von Totholz),
- Umbau von Regulierungsbauwerken (z. B. alternative Bühnenformen, s. Maßnahme 2.2),
- Ersatz von Regulierungsbauwerken (z. B. Verwendung von Längsbauwerken, s. Maßnahme 2.2).

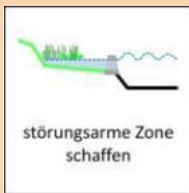
Die Auswahl der Ausgestaltung ist dabei insbesondere abhängig von den im Einzelfall zu prüfenden hydraulischen Auswirkungen, u. a. auf Aspekte der Sedimentdynamik, Fahrrinnenunterhaltung und ggf. reduzierten Abflussleistung.

Sofern die Flachwasserzonen hydraulisch belastet werden (z. B. Wellenschlag, Schwall/Sunk), sind Maßnahmen zur Herstellung von störungsarmen Zonen zu prüfen (s. Maßnahme 8.4).

Beispiel(e)



Abb. 8.3-1: Flachwasserzone hinter schützender Uferlinie aus teilweise rückgebauter Ufersicherung



8.4 Störungsarme Zone schaffen

Ausgebaute Gewässer sind i. d. R. gegenüber naturgemäßen Verhältnissen erhöhten hydraulischen Belastungen von Sohle und Ufer ausgesetzt, z. B.:

- erhöhte Fließgeschwindigkeiten und Schleppspannungen in reguliertem Querprofil,
- Wellenschlag durch Schiffsverkehr,
- überhöhte Wasserspiegelschwankungen bei Wasserkraftnutzung mit Schwall-Sunk-Betrieb.

In der Konsequenz sind störungsarme Zonen im bestehenden Querprofil selten oder fehlen vollständig. Die Entwicklung strömungsarmer Zonen zielt auf die Bereitstellung von Ausweichhabitaten ab und kann u. a. über folgende Maßnahmen erreicht werden:

- typkonforme Entwicklung des Querprofils, z. B. über Profilaufweitung (s. Maßnahme 8.1) oder Uferabflachung (s. Maßnahme 7.1, 8.3, 12.3),
- Einbau von störungsmindernden Strukturen und Hindernissen (i. S. von Wellenbrechern), z. B. Längsbauwerke, Flachwasserzonen hinter der bestehenden Uferlinie, Vegetationsinseln, Sohlstrukturen/Inseln u. w.,
- Anpassung der Lage der Fahrrinne (Abrücken von sensiblen Bereichen),
- Anpassung der Wasserkraftnutzung (Dämpfung der Wasserspiegelschwankungen).

Voraussetzung für die Etablierung strömungsarmer Zonen ist die Kompatibilität mit bestehenden Anforderungen, u.a. der Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt.

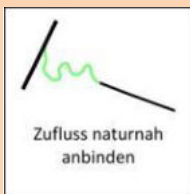
Außerhalb des bestehenden Profils können dauerhaft wasserführende Auengewässer (s. Maßnahmen 10.1-10.4) und Zuflüsse (s. Maßnahme 8.5) störungsarme Rückzugsgebiete/Ausweichhabitate bieten.

Bei sämtlichen Maßnahmen zur Herstellung von störungsarmen Zonen ist zu beachten, dass diese eine dauerhafte Anbindung an das Hauptgerinne besitzen, um eine etwaige Fallenwirkung für aquatische Organismen auszuschließen.

Beispiel(e)



Abb. 8.4-1: Nutzung eines Längsbauwerkes zur Etablierung einer wellenschlaggeschützten Zone



8.5 Zufluss naturnah anbinden

Die naturnahe Anbindung von Zuflüssen zählt zu den Maßnahmen der Uferentwicklung, da hierbei insbesondere die Ziele verfolgt werden:

- Schaffung störungsarmer Zonen (vgl. Maßnahme 8.4),
- Verbesserung der Quervernetzung von Gewässer, Ufer und Aue.

Die strukturelle Entwicklung der Zuflüsse ist Gegenstand der Maßnahme 10.3 und greift grundsätzlich - in Abhängigkeit der Nutzungsanforderungen - auf den gleichen Maßnahmenkatalog zu, der auch für das Hauptgewässer Anwendung findet. Dabei können für den Zufluss gleichartige oder weitreichendere Restriktionen gelten als für das Hauptgewässer. Die Anbindung von Auengewässern ist Gegenstand der Maßnahmen 10.1, 10.2 und 10.4.

Die Möglichkeiten zur naturnahen Anbindung eines Zuflusses richten sich u. a. nach:

- Flächenverfügbarkeit (insb. größere Zuflüsse sind i. d. R. ausgebaut/verbaut, d. h. eingeeengt und vertieft, sodass eine Sohl-/Uferentwicklung Flächen beansprucht),
- Sohlhöhendifferenz zwischen Hauptgewässer und Zufluss (bei deutlich eingetieften Hauptgewässern muss eine Überwindung der Sohlhöhendifferenz erfolgen, z. B. über Sohlgleiten oder Laufverlängerungen des Zuflusses),
- Stauregulierung des Zuflusses (der Rück- oder Umbau eines Querbauwerks ist zu prüfen, vgl. Maßnahmengruppe 5),
- weiteren Nutzungsanforderungen an den Zufluss (z. B. Vorflutansprüche, schiff-fahrtliche Nutzung u. w.),
- Wirkungen auf die hydromorphologischen Verhältnisse im Hauptgewässer (z. B. veränderter Sedimenteintrag, Umlagerungsdynamik im Mündungsbereich u. w.).

Beispiel(e)



Abb. 8.5-1: Naturnah entwickelter Mündungsbereich eines Zuflusses

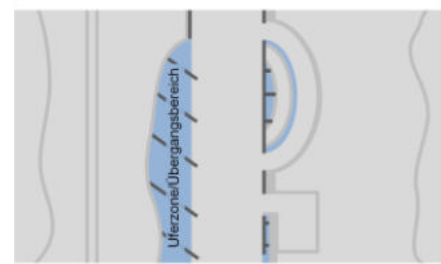
9

Maßnahmengruppe

Ufervegetation

Kurzbeschreibung und Ziele

Entwicklung einer leitbildgerechten Ufervegetation zur strukturellen Aufwertung des Ufer- und Übergangsbereichs und Verbesserung der physikalisch-chemischen Verhältnisse im Gewässer durch Pufferung gegenüber externen Beeinträchtigungen.

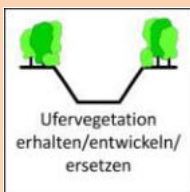


Bedeutung für Biotopverbund

Entwicklung von i. d. R. gehölzdominierten Habitaten im Ufer- und Übergangsbereich in typischer Habitat- und Artenvielfalt; Entwicklung vorwiegend linearer Biotopverbundstrukturen; Verbesserung der Lebensraumbedingungen im unmittelbaren Uferbereich (reduzierter Nährstoff-/Feinmaterialeintrag, Beschattung).

Einzelmaßnahmen

- 9.1 Ufervegetation erhalten/entwickeln/ersetzen
- 9.2 Neophyten-Management (Ufer)
- 9.3 Uferstreifen anlegen und entwickeln



9.1 Ufervegetation erhalten/entwickeln/ersetzen

Natürlicherweise besitzen Fließgewässer in Abhängigkeit der hydro- und morphodynamischen Prozesse (Überflutungshäufigkeit, Bodenart, Grundwasserschwankung u. w.) eine i. d. R. gehölzdominierte Ufervegetation mit mehr oder weniger deutlichen Pionierfluren, Feucht- und Nasswiesen, Hochstauden und Röhrichten. Die hydromorphologischen Verhältnisse und die Ufervegetation beeinflussen sich dabei gegenseitig, d. h. eine nachhaltige Entwicklung der Ufervegetation erfordert die naturgemäße Funktionsfähigkeit des Gewässers (s. insb. Maßnahmen 3.1, 4.1, 7.1).

Eine leitbildkonforme Ufervegetation kann dabei folgende Funktionen ausüben:

- Bereitstellung von ufertypischen Habitaten,
- lineare Strukturen (Gehölzgalerien) als Verbindungselemente im Biotopverbundsystem,
- Förderung typkonformer Uferstrukturen (Substrateintrag, Sedimentrückhalt u. w.),
- Sicherung des Ufers gegenüber Erosion (im Rahmen der Widerstandsfähigkeit, vgl. Maßnahme 7.3),
- Beschattung ufernaher Bereiche (mit zunehmender Gewässergröße abnehmend),
- Pufferung des Gewässers gegenüber Nährstoff-/Feinmaterialeintrag aus der Aue.

Grundsätzlich können drei Ausprägungen der Maßnahme in Abhängigkeit der Bestandsverhältnisse unterschieden werden:

- Erhalt: (weitere) Förderung der bestehenden Ufervegetation durch Erhalt und Entwicklung leitbildgemäßer hydromorphologischer Verhältnisse (sowie ggf. Pflege bestehender Bestände),
- Entwicklung: räumliche Vergrößerung der Bestände durch Bereitstellung von Flächen für Sukzession oder Anpflanzung; qualitative Verbesserung der Bestände durch Reduzierung bis Aufgabe von Eingriffen in den Bestand,
- Ersatz: Entnahme nicht lebensraumtypischer Arten und Austausch durch lebensraumtypische Arten mittels Neupflanzung oder Sukzession (berücksichtigt nicht

Neophytenmanagement, s. Maßnahme 9.2).

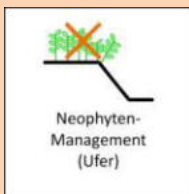
Für die Herstellungs- und Fertigstellungspflege bei Pflanzarbeiten sind die einschlägigen fachlichen Vorgaben zu berücksichtigen.

Die Entwicklung der Ufervegetation (insb. Pflanzungen) kann im Rahmen der Gewässerunterhaltung kontrolliert werden (ggf. mit Anpassung, Nacharbeitung). Anfallendes Totholz stellt einen wichtigen Baustein der Habitate dar und ist je nach Gefährdungspotenzial möglichst zu belassen (ggf. können Sicherungsmaßnahmen für größere Bäume vorgenommen werden).

Beispiel(e)



Abb. 9.1-1: Naturnahe Ufervegetation durch Sukzession auf entfesseltem Ufer im Gleithang



9.2 Neophyten-Management (Ufer)

Neophyten (hier: invasive Arten) können sich massiv im Uferbereich ausbreiten, u. a. mit den Folgen:

- Verdrängung einheimischer Arten (häufig konkurrenzstarke, dichte, verschattende Bestände),
- Destabilisierung der Gewässerufer (i. d. R. geringe Widerstandsfähigkeit, kaum Bodendeckung, flachwurzelnd; dadurch erhöhte Erodierbarkeit der Ufer),
- ggf. gesundheitsgefährdende Wirkungen (z. B. Verbrennungen bei Hautkontakt).

Die Entfernung von Neophyten ist i. d. R. kompliziert, sehr aufwändig und häufig nur bedingt erfolgversprechend. Eine chemische Behandlung mit Pflanzenschutzmitteln ist dabei i. d. R. auf Grund der Gewässerrandlage auszuschließen. Die Möglichkeiten des Managements sind dabei im Einzelfall abzuwägen. U. a. kommen dabei zum Einsatz:

- regelmäßiger Schnitt (Mahd bei Stauden, Fällung bei Gehölzen),
- Ausgraben der Wurzeln,
- (i. d. R. tiefgehender) Abtrag/Austausch des Oberbodens (ggf. mit thermischer Behandlung nach Abwägung etwaiger Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen),
- Förderung einheimischer Arten über Pflanzung und Pflegemaßnahmen bis zur Ausbildung hinreichend dichter, verschattender, konkurrenzstarker Bestände.

Beispiel(e)



Abb. 9.2-1: Neophytenmanagement durch Schnitt (Herkulesstauden)



9.3 Uferstreifen anlegen und entwickeln

Der Uferstreifen dient grundsätzlich der Pufferung des Gewässers gegenüber potenziellen Beeinträchtigungen aus der Aue (z. B. Nährstoff- und Feinsedimenteintrag).

Darüber hinaus stellt dieser Uferstreifen Flächen bereit für die leitbildgemäße Entwicklung von:

- Ufervegetation (mit vielfältigen Funktionen für Gewässerstruktur und Biotopverbund, vgl. Maßnahme 9.1),
- Uferstrukturen (initiale oder bauliche Entwicklung, vgl. Maßnahmen 7.1, 7.2, 8.1 u. w.).

Der Uferstreifen sollte insbesondere an den größeren Gewässern eine Breite von mindestens 10 m i. d. R. deutlich überschreiten, ist jedoch gebunden an die Flächenverfügbarkeit im unmittelbaren Gewässerumfeld.

Grundsätzlich sind autotypische Bestände mit Pionierfluren, Feucht- und Nasswiesen, Hochstauden, Röhrichten sowie Weich- und Hartholzwäldern anzustreben; hiervon kann u. a. aus Gründen des Naturschutzes (Erhalt von Offenland) oder des Hochwasserschutzes (Abflusswiderstand) abgewichen werden.

Für die Herstellungs- und Fertigstellungspflege bei Pflanzarbeiten sind die einschlägigen fachlichen Vorgaben zu berücksichtigen.

Die Entwicklung der Ufervegetation (insb. Pflanzungen) kann im Rahmen der Gewässerunterhaltung kontrolliert werden (ggf. mit Anpassung, Nacharbeitung). Anfallendes Totholz stellt einen wichtigen Baustein der Habitate dar und ist je nach Gefährdungspotenzial möglichst zu belassen (ggf. können Sicherungsmaßnahmen für größere Bäume vorgenommen werden). Die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt ist zu gewährleisten.

Beispiel(e)



Abb. 9.3-1: Uferstreifen als Pufferzone zwischen Nutzung und Gewässer

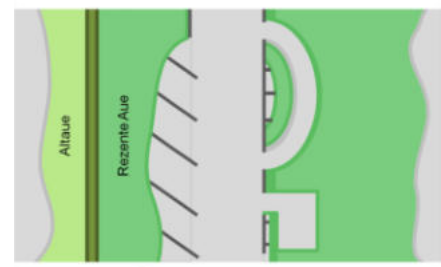
10

Maßnahmengruppe

Auengewässer/Auenstrukturen

Kurzbeschreibung und Ziele

Entwicklung eines leitbildgerechten Formenschatzes in der Aue mit frühzeitiger Ausuferung zur Förderung der Wasserstandsdy-
namik in der Aue und daran gebundener Habitate sowie zur Re-
duzierung der hydraulischen Belastungen im Hauptgerinne.

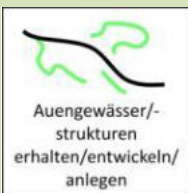


Bedeutung für Biotopverbund

Erhalt/Entwicklung der Habitatvielfalt in der Aue mit temporären und dauerhaften Still- und Fließgewässern
und möglichst dynamischen Standorten; Förderung der Quervernetzung von Fluss, Ufer und Aue; Bereit-
stellung von Ausweichhabitaten für das i. d. R. funktional beeinträchtigte Gewässer.

Einzelmaßnahmen

- 10.1 Auengewässer/-strukturen erhalten/entwickeln/anlegen
- 10.2 Abbaugewässer entwickeln/anbinden
- 10.3 Zufluss naturnah entwickeln
- 10.4 Nebengerinne/Flutrinne erhalten/entwickeln



10.1 Auengewässer/-strukturen erhalten/entwickeln/anlegen

Naturnahe Auen weisen einen i. d. R. reichhaltigen Formenschatz an Auengewässern und -strukturen auf, z. B.:

- temporäre und dauerhafte Rinnen, (Hochflutrinne, s. Maßnahme 10.4),
- temporäre und dauerhafte Stillgewässer,
- Uferbänke und Rehnen,
- Mäander, Altarme, Altwässer.

Die nachhaltige Entwicklung von Auengewässern/-strukturen erfordert ein hydromorphologisch möglichst funktionsfähiges Gewässer, das in der Lage ist, diese eigendynamisch zu entwickeln und zu erhalten (ggf. sind diesbezüglich grundlegende Maßnahmen notwendig, s. u. a. Maßnahmengruppe 1, 3, 4, 7). Anlandungen (z. B. Rehnen) können – sofern sie nicht eigendynamisch wieder abgetragen werden – mittel- bis langfristig nachteilig auf den Hochwasserschutz und die Quervernetzung von Fluss und Aue wirken (s. Maßnahme 12.4).

Der Formenschatz der Aue kann grundsätzlich über die folgenden Maßnahmen gefördert werden:

- Erhalt: (weitere) Förderung der bestehenden Auengewässer/-strukturen durch Erhalt und Entwicklung leitbildgemäßer hydromorphologischer Verhältnisse sowie ggf. Pflege bestehender Strukturen (z. B. durch Entschlammung von Altarmen, extensive Beweidung von Uferbänken),
- Entwicklung: räumliche Vergrößerung/Vermehrung der Strukturen durch Bereitstellung von Flächen für die eigendynamische Entwicklung; qualitative Verbesserung der Strukturen durch Anlage von Pufferstreifen, Anbindung an das Hauptgerinne etc.,
- Anlage: bauliche Anlage von Auengewässern/-strukturen mit eigendynamischer Entwicklung oder in einer abgegrenzten Fläche (in Abhängigkeit der Flächenverfügbarkeit), temporär oder dauerhaft wasserführend.

Die Auswahl der Maßnahme richtet sich u. a. nach den folgenden Kriterien:

- Bestandsverhältnisse gegenüber dem auentypologischen Leitbild,
- Auswirkungen auf den Hochwasserschutz und das Sedimentmanagement, insbesondere bei frühzeitigerer Ausuferung und reduzierten Sohlschleppspannungen,
- Flächenverfügbarkeit (ggf. Unterscheidung zwischen Flächen der Auengewässer/-strukturen, Flächen für die bauliche Anlage ohne Entwicklung und Flächen für die eisdynamische Entwicklung),
- naturschutzfachliche Zielkonflikte (konservierender und prozessorientierter Naturschutz, z. B. Erhalt oder Anbindung von Altarmen),
- schiffahrtliche Anforderungen (u. a. Höhe der Anbindung/verfügbare Wassertiefe, ggf. erhöhte Sedimentdynamik).

Grundsätzlich ist bei der Entwicklung und Anlage von Auengewässern/-strukturen der leitbildgemäße Formenschatz der Aue zu berücksichtigen und sicherzustellen, dass die Auengewässer über eine typkonforme Wasserstandsdynamik verfügen, damit diese ökologisch weitestgehend funktionsfähig sind.

Beispiel(e)



Abb. 10.1-1: Naturnaher Altarm mit Anbindung an den Fluss im Hochwasserfall



Abb. 10.1-2: Stillgewässer in der Aue mit schwankender Wasserführung



10.2 Abbaugewässer entwickeln/anbinden

Abbaugewässer sind (potenzielle) Sekundärhabitats in Folge von Rohstoffgewinnung (v. a. Sande, Kiese) in der Aue. Morphologisch unterscheiden sie sich von Auengewässern mit natürlichem Ursprung durch eine gegenüber dem Gewässer i. d. R. deutlich größere Wassertiefe. Sie sind daher (auch im Betrieb) meist dauerhaft wasserführend.

Funktional kann dies u. a. wie folgt nachteilig wirken:

- dauerhafte Bereitstellung eines vergleichsweise großen Wasservolumens und dadurch nicht naturgemäße Stabilisierung der natürlicherweise hohen Wasserstandsdynamik in der Aue, insbesondere zwischen mittleren Hoch- und Niedrigwasserphasen,
- Sedimentfang durch erhebliche Tiefe und niedrige Fließgeschwindigkeiten im Falle der Flutung bei höheren Abflussereignissen; dadurch ggf. Förderung des Sedimentdefizits im Gewässer.

Abbaugewässer können dennoch Lebensraum und Ausweichhabitats gegenüber dem i. d. R. hydraulisch beeinträchtigten Gewässer bieten, sofern sie ökologisch zielführend gestaltet werden. Hierzu zählen:

- Entwicklung: strukturelle Verbesserung der Abbaugewässer in Anlehnung an die Verhältnisse in auentypischen Gewässern, d. h. insgesamt möglichst geringe Wassertiefe mit Flachwasser- und tieferen Bereichen, flachen Böschungsneigungen, typischer Ufervegetation etc. (vgl. Maßnahmen 8.2, 8.3, 9.1 u. w.),
- Anbindung: dauerhafter oder temporärer Anschluss des Abbaugewässers an das Gewässer; unterstromige oder beidseitige Anbindung mit Herstellung von Verhältnissen

von nicht/wenig fließend bis dauerhaft durchströmt.

Grundsätzlich ist es nicht ausgeschlossen, dass eine Entwicklung und Anbindung (von Teilen des Abbaugewässers) bereits während einer noch laufenden Rohstoffgewinnung vorgenommen werden kann. Diese Möglichkeiten sind jedoch von den im Einzelfall vorherrschenden Randbedingungen (insb. hydraulische Wirkungen auf den laufenden Betrieb) zu prüfen.

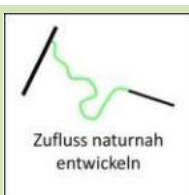
Ferner sollten insbesondere folgende Aspekte bei der Auswahl der Maßnahmen zur ökologischen Verbesserung von Abbaugewässern berücksichtigt werden:

- artspezifische Anforderungen/Habitatpräferenzen bzgl. der morphologischen Gestaltung (Querprofil der Abbaugewässer, Vermeidung von Fallenwirkung durch fehlende Anbindung an das Gewässer),
- naturschutzfachliche Zielkonflikte (z. B. Erhalt naturschutzfachlich wertvoller, stillgewässergeprägter Lebensgemeinschaften)
- Auswirkungen der (insbesondere dauerhaften) Anbindung von Abbaugewässern auf:
 - Verhältnisse im Gewässer; v. a. im Hinblick auf die Gewährleistung der Schiffbarkeit (Wassermengenverteilung, Wassertiefe, Sedimenttransport) und Gewässerunterhaltung,
 - Sedimentdynamik (z. B. Sedimententzug durch Funktion eines Sedimentfangs im Nebenschluss, oder erhöhte Sedimentation im Gewässer durch Sedimenteintreibung aus Abbaugewässer).

Beispiel(e)



Abb. 10.2-1: Naturnah entwickeltes ehemaliges Abbaugebiet in einer Stromaue



10.3 Zufluss naturnah entwickeln

Zuflüsse verbinden die Bundeswasserstraßen mit dem oberhalb gelegenen Einzugsgebiet (Quellgebiete, Reproduktionsgebiete) und können selbst wichtige Habitate bereitstellen. Dabei können diese nutzungsbedingt beeinträchtigt sein (z. B. Hochwasserschutz, Vorflutansprüche, Wasserkraft) oder selbst als Bundeswasserstraße genutzt werden.

Die strukturelle Entwicklung greift grundsätzlich - in Abhängigkeit der Nutzungsanforderungen - auf den gleichen Maßnahmenkatalog zu, der auch für das Hauptgewässer Anwendung findet. Dabei können für den Zufluss gleichartige oder weitreichendere Restriktionen gelten als für die Bundeswasserstraße. Die folgenden Maßnahmen sind an Zuflüssen i. d. R. weitverbreitet und können für die Bundeswasserstraße funktional eine wesentliche Bedeutung besitzen:

- Querbauwerke um- oder rückbauen (s. Maßnahmen 5.1, 5.2),
- Gewässerlauf naturnah wiederherstellen und anbinden (s. Maßnahmen 6.1, 6.2, 8.5),
- Uferverbau vollständig oder teilweise rückbauen und Uferstrukturen entwickeln (s. Maßnahmen 7.1, 7.2, 8.1, 8.2),

■ ufer- und auentypische Vegetation entwickeln (s. Maßnahmen 9.1, 9.3, 11.1, 11.3).
Grundsätzlich sind für die Auswahl der zielführenden Maßnahmen besonders zu berücksichtigen:

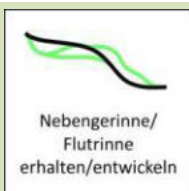
- strukturelle Entwicklung gemäß der fließgewässertypischen Leitbilder (liegen i. d. R. auch für die Zuflüsse vor),
- Nutzungsanforderungen/-ansprüche an den Zufluss (Gewährleistung von Vorflut und Hochwasserschutz; ggf. weitere Nutzungen, z. B. Wasserkraft),
- hydromorphologische Auswirkungen der Renaturierung des Zuflusses auf die Bundeswasserstraße (z. B. veränderter Sedimenteintrag),
- Flächenverfügbarkeit entlang des Zuflusses (Teil der Aue der Bundeswasserstraße).

Dabei bezieht sich die Maßnahme auf die Anteile des Zuflusses innerhalb der Aue der Bundeswasserstraße. Darüber hinaus ist zudem eine möglichst naturnahe Entwicklung der Zuflüsse auch flussaufwärts anzustreben, da diese u. a. auch funktional bedeutend auf den ökologischen Zustand der Bundeswasserstraße wirken können (Ausweichhabitat, Reproduktionsgebiet u. w.).

Beispiel(e)



Abb. 10.3-1: Naturnah entwickelter Zufluss innerhalb der Stromaue der Wasserstraße



10.4 Nebengerinne/Flutrinne erhalten/entwickeln

Ein Gewässer kann insbesondere in Abhängigkeit des Sediment- und Wasserhaushalts sowie der Talbodenbreite natürlicherweise über einzelne bis viele wasserstandsabhängig durchströmte Nebenläufe verfügen:

- Nebengerinne: dauerhaft durchströmt, ober- und unterstromig an das Hauptgerinne angebunden,
- Flutrinne: temporär durchströmt (mit zunehmenden Abflüssen), nicht oder nur einseitig dauerhaft angebunden; bei niedrigeren Abflüssen trocken bis stillgewässerartig.

Die zumindest zeitweilige Durchströmung unterscheidet diese Rinnen von anderen Auen-
gewässern, die i. d. R. Stillgewässern gleichen (s. Maßnahme 10.1).

Nebengerinne/Flutrinnen besitzen u. a. folgende Bedeutungen:

- Reduzierung der hydraulischen Belastungen des Hauptgerinnes durch möglichst frühzeitige Ausuferung und dadurch reduzierte Wassertiefe/Fließgeschwindigkeit,
- Bereitstellung von typischen Auenhabitaten und Ersatzlebensraum/Ausweichhabitaten für typische Sohl- und Uferlebensräume, die im Hauptgerinne nutzungsbedingt nicht/nur bedingt auftreten.

Die nachhaltige Entwicklung von Rinnen erfordert ein hydromorphologisch möglichst funktionsfähiges Gewässer, das in der Lage ist, diese eigendynamisch zu entwickeln und zu erhalten (ggf. sind diesbezüglich grundlegende Maßnahmen notwendig, s. u. a. Maßnahmengruppe 1, 3, 4, 7).

Rinnen können grundsätzlich über die folgenden Maßnahmen gefördert werden:

- Erhalt: (weitere) Förderung der bestehenden Nebengerinne/Flutrinnen durch Erhalt und Entwicklung leitbildgemäßer hydromorphologischer Verhältnisse im Hauptgerinne sowie im Nebengerinne sowie ggf. Pflege bestehender Strukturen (z. B. durch Entschlammung/Räumung),
- Entwicklung: räumliche Vergrößerung/Vermehrung der Strukturen; durch Bereitstellung von Flächen für die eigendynamische Entwicklung, baulich durch die gezielte Anlage von Geländevertiefungen auf ein zu definierendes Höhenniveau; qualitative Verbesserung der Strukturen durch Anlage von Pufferstreifen, Anbindung an das Hauptgerinne, extensive Unterhaltung u. w.,

Die Auswahl der Maßnahme richtet sich u. a. nach den folgenden Kriterien:

- Bestandsverhältnisse gegenüber dem autotypologischen Leitbild,
- Auswirkungen auf den Hochwasserschutz und das Sedimentmanagement, insbesondere bei frühzeitigerer Ausuferung und reduzierten Sohlschleppspannungen,
- Flächenverfügbarkeit (ggf. Unterscheidung Flächen für die bauliche Anlage ohne Entwicklung und Flächen für die eigendynamische Entwicklung),
- naturschutzfachliche Zielkonflikte (konservierender oder prozessorientierter Naturschutz, z. B. Erhalt stillgewässergeprägter oder Entwicklung durchströmter Rinnen),
- schifffahrtliche Anforderungen (u. a. Höhe der Anbindung/verfügbare Wassertiefe, ggf. erhöhte Sedimentdynamik).

Grundsätzlich ist bei der Entwicklung von Rinnen der leitbildgemäße Formenschatz der Aue zu berücksichtigen und sicherzustellen, dass die Rinnen über eine typkonforme Wasserstandsdynamik verfügen, damit diese ökologisch weitestgehend funktionsfähig sind.

Beispiel(e)



Abb. 10.4-1: Naturnahes Nebengerinne der strukturarmen Wasserstraße

11

Maßnahmengruppe

Auennutzung

Kurzbeschreibung und Ziele

Entwicklung einer auenverträglichen Nutzung und leitbildtypischen Auenvegetation durch eine angepasste Bewirtschaftung mit landschafts- und biotoppflegerischen Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen zur Förderung der Standortvielfalt und Reduzierung nachteiliger Auswirkungen der Auennutzung auf das Gewässer.

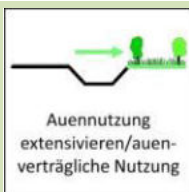


Bedeutung für Biotopverbund

Erhalt/Entwicklung einer leitbildtypischen Habitatausstattung und -vielfalt in der Aue; Förderung insbesondere des terrestrischen Biotopverbunds, auch zu Lebensräumen außerhalb der Auen; Reduzierung nutzungsbedingter Wirkungen auf die Habitatqualität im Gewässer (Nährstoff-/Sedimenteintrag).

Einzelmaßnahmen

- 11.1 Auennutzung extensivieren/Auenverträgliche Nutzung
- 11.2 Auennutzung aufgeben
- 11.3 Auwald erhalten/entwickeln/neu anlegen
- 11.4 Standorttypisches Offenland (nass bis trocken) erhalten/entwickeln
- 11.5 Saumstrukturen entwickeln
- 11.6 Neophyten-Management (Aue)



11.1 Auennutzung extensivieren/auenverträgliche Nutzung

Auen sind heutzutage auf Grund ihrer überwiegend intensiven Nutzung gegenüber den autotypologischen Leitbildern meist vergleichsweise struktur- und artenarm. Nutzungsbedingte Auswirkungen können dabei u. a. auch das Gewässer oder Grundwasser beeinträchtigen (z. B. Nährstoffeinträge).

Lokal können mehr oder weniger große Anteile für Maßnahmen der Auenentwicklung nicht mehr zur Verfügung stehen, da diese i. d. R. irreversible, d. h. dauerhafte und nicht zu verlegende Nutzungen aufweisen (z. B. Bebauung, höherwertige Infrastruktur, nicht wiederanbindbare Bereiche der Altaue u. w.).

In allen übrigen Bereichen, in denen Maßnahmen der Auenentwicklung grundsätzlich technisch umsetzbar wären, ist eine extensive/auenverträgliche Nutzung anzustreben.

Mögliche Maßnahmen sind u. a.:

- Umwandlung von Acker in Grünland oder Auwald (vgl. Maßnahmen 11.3, 11.4),
- Extensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung (z. B. Reduzierung der Zahl der Weidetiere, Umstellung von Beweidung auf Mahd, Verzicht bzw. Reduzierung der Grünlanddüngung u. w.),
- Extensivierung der forstwirtschaftlichen Nutzung (z. B. bodenschonende Rodung, Verzicht auf größere Kahlschläge, Waldumbau),
- Reduzierung von Entwässerungsmaßnahmen (vgl. Maßnahme 12.5),
- Förderung eines kleinteiligen Nutzungsmosaiks und Entwicklung von gliedernden Strukturen (s. Maßnahme 11.5).

Diese können durch Ankauf von Flächen oder durch vertragsnaturschutzfachliche

Regelungen umgesetzt werden.

Beiden Nutzungsformen (extensiv/auenverträglich) ist gemein, dass grundsätzlich die Notwendigkeit einer weiteren land- oder forstwirtschaftlichen Nutzbarkeit der Aue besteht. Dies kann gleichartig (von intensiver zu extensiver Grünlandnutzung) oder in einer gegenüber der bestehenden Nutzung abweichenden Form (von Grünland- zu Auwaldnutzung) erfolgen. Neben betriebswirtschaftlichen Gründen (und damit der Verfügbarkeit von Flächen) sind hierbei u. a. Faktoren des Naturschutzes (z. B. Erhalt von zielartenspezifischen Habitaten) oder Hochwasserschutzes (z. B. Erhalt der Retentionsleistung der Aue) maßgeblich.

Hydromorphologische Maßnahmen (z. B. Maßnahmen 10.1, 10.4, 12.4) sind i. d. R. nur eingeschränkt umsetzbar, sollten jedoch grundsätzlich in Erwägung gezogen werden.

Beispiel(e)



Abb. 11.1-1: Extensives Grünland mit Beweidung Abb. 11.1-2: Extensives Grünland mit Mahd



11.2 Auennutzung aufgeben

für einleitende Erläuterungen/Hinweise s. Maßnahme 11.1

Die Aufgabe der Auennutzung zielt darauf ab, den nutzungsbedingten Einfluss auf die Aue einzustellen und eine eigendynamische Entwicklung der Aue bzgl. strukturbildender Prozesse und der Vegetationsentwicklung (Sukzession) zuzulassen.

Eine Aufgabe der Auennutzung ist grundsätzlich möglich, sofern keine nutzungs- bzw. bewirtschaftungsbedingten Anforderungen an die Gestalt der Auen bestehen (ansonsten s. Maßnahme 11.1), z. B. aus den Bereichen:

- Land- und Forstwirtschaft, z. B. Erhalt der Nutzbarkeit der Aue,
- Hochwasserschutz, z. B. Erhalt der Retentionsleistung, Erhalt der bestehenden Vorflutverhältnisse (Entwässerung),
- Naturschutz, z. B. Erhalt eines zielartenspezifischen Habitattyps (z. B. Offenland).

Die eigendynamische Entwicklung nach Aufgabe der Nutzung muss ggf. kontrolliert werden, um unerwünschten Entwicklungen entgegenzuwirken (z. B. Ausbreitung von Neophyten, s. Maßnahme 11.6).

Um eine möglichst leitbildgemäße Ausbildung der Auenvegetation unterstützen zu können, muss das Gewässer (soweit restriktionsbedingt möglich) weitgehend hydromorphologisch funktionsfähig sein, d. h. strukturbildend eingreifen können und ein naturgemäßes Überflutungsregime zur Verfügung stellen. Es ist zu prüfen, ob diese Zustände - sofern nicht vorhanden - ggf. hergestellt werden können (s. insb. Maßnahmen 1.1, 8.1, 10.1, 10.4, 12.3, 12.4).

Die Umsetzung dieser Maßnahmen ist i. d. R. nur durch Ankauf von Flächen möglich. Sinnvoll kann auch die Ausweisung von Schutzgebieten und Besucherlenkung sein.

Beispiel(e)



Abb. 11.2-1: Naturnahe Aue ohne Nutzung



11.3 Auwald erhalten/entwickeln/neu anlegen

für einleitende Erläuterungen/Hinweise s. Maßnahme 11.1

Auenwälder bilden i. d. R. den natürlicherweise dominierenden Vegetationstyp in den meisten Auen. Insbesondere in Abhängigkeit der vorherrschenden Bodeneigenschaften und des Überflutungsregimes bilden sich z. T. kleinteilig wechselnde Bestände aus, wobei grundsätzlich Hart- und Weichholzauwälder unterschieden werden können.

Auwälder übernehmen wesentliche Habitatfunktionen und tragen maßgeblich zur Vermeidung von Oberflächenerosion, zu Hochwasserretention und Nährstoffrückhalt bei. Sie fungieren zudem als Kohlenstoffsinken.

Grundsätzlich können folgende fördernde Maßnahmen unterschieden werden (die Maßnahmen sind u. a. auch als Extensivierungsmaßnahmen der Auennutzung geeignet, s. Maßnahme 11.1):

- Erhalt: (weitere) Förderung des bestehenden Auwalds durch Erhalt und Entwicklung leitbildgemäßer hydromorphologischer Verhältnisse (sowie ggf. Pflege bestehender Bestände),
- Entwicklung: qualitative Verbesserung der Bestände durch Reduzierung bis Aufgabe von Eingriffen in den Bestand (u. a. Belassen von Totholz); Ersatz/Entnahme nicht lebensraumtypischer Arten und Austausch durch lebensraumtypische Arten mittels Neupflanzung oder Sukzession (berücksichtigt nicht Neophytenmanagement, s. Maßnahme 11.6),
- Neuanlage: räumliche Vergrößerung der Bestände durch Bereitstellung von Flächen für Sukzession oder Anpflanzung.

Insbesondere die Entwicklung und die Neuanlage von Auwald erfordern zumindest ein grundsätzlich funktionsfähiges Überflutungsregime, das ggf. optimiert/wiederhergestellt werden muss (s. u. a. Maßnahmen 12.3, 12.4, 12.5). Im Hinblick auf die Neuanlage sind neben dem Flächenzugriff folgende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

- Hochwasserschutz, z. B. höhere Wasserstände durch Erhöhung der Rauheit,
- Naturschutz, z. B. Verlust von Offenlandstandorten.

Für die Herstellungs- und Fertigstellungspflege bei Pflanzarbeiten sind die einschlägigen fachlichen Vorgaben zu berücksichtigen.

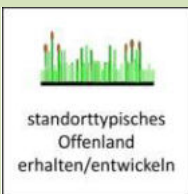
Beispiel(e)



Abb. 11.3-1: Initialpflanzung von Auwald



Abb. 11.3-2: Auwaldentwicklung durch Sukzession



11.4 Standorttypisches Offenland (nass bis trocken) erhalten/entwickeln

für einleitende Erläuterungen/Hinweise s. Maßnahme 11.1

Das standorttypische Offenland umfasst mehrere Vegetationstypen, insbesondere Nass- und Feuchtwiesen, Röhrichte und (Groß-)Seggenriede. Es ist nach den Auenwäldern (s. Maßnahme 11.3) natürlicherweise am weitesten verbreitet und ursprünglich dort anzutreffen, wo die Habitatbedingungen für die Entwicklung von Auwald nicht geeignet sind (z. B. störungsreiche Standorte, sehr feuchte/nasse oder trockene Standorte). Das Offenland entwickelt sich dabei natürlicherweise z. T. kleinräumig in Abhängigkeit des Wasserhaushalts, der hydromorphologischen Störungen und der Nährstoffverhältnisse.

Als „standorttypisch“ wird das Offenland bezeichnet, dessen Vorkommen auf Auen beschränkt oder für diese besonders charakteristisch ist. Nicht auenverträgliches Offenland (z. B. Ackerflächen) kann geeignete Habitate (v. a. für Avifauna) stellen, ist hier jedoch ausgeschlossen. Heutzutage kann das Vorkommen u. a. begründet sein durch:

- extensive landwirtschaftliche Grünlandnutzung,
- naturschutzfachliche Pflege-/Entwicklungsmaßnahmen (Erhalt/Entwicklung von standorttypischem Offenland,
- natürliche Bedingungen (sehr störungsreiche/nasse/trockene/salzhaltige Standorte).

Grundsätzlich können folgende fördernde Maßnahmen unterschieden werden (die Maßnahmen sind u. a. auch als Extensivierungsmaßnahmen der Auennutzung geeignet, s. Maßnahme 11.1):

- Erhalt: (weitere) Förderung des bestehenden Offenlands durch Erhalt und Entwicklung leitbildgemäßer hydromorphologischer Verhältnisse (sowie ggf. Pflege bestehender Bestände); Vermeidung der Ausbreitung von Neophyten im Offenland (s. Maßnahme 11.6),
- Entwicklung: qualitative Verbesserung der Bestände durch Reduzierung bis hin zur vollständigen Aufgabe von Eingriffen in den Bestand (u. a. Verzicht auf Düngung, Reduzierung der Anzahl von Weidetieren, Umstellung von Beweidung auf Mahd u. w.); räumliche Vergrößerung der Bestände durch Umwandlung von z. B. Ackerflächen zu Grünland;

Für die Herstellungs- und Fertigstellungspflege bei der Offenlandentwicklung sind die einschlägigen fachlichen Vorgaben zu berücksichtigen.

Beispiel(e)



Abb. 11.4-1: Standorttypisches Offenland (Wiesenknopf-Silgenwiesen) einer Stromaue



11.5 Saumstrukturen entwickeln

Saumstrukturen sind lineare Strukturen in der Aue mit krautiger (z. B. Hochstaudenflur) bis gehölzdominierter Vegetation (z. B. Hecken). In intensiv genutzten Landschaften sind Saumstrukturen i. d. R. selten. Sie besitzen für den Biotopverbund u. a. folgende Bedeutung:

- Gliederung der Aue in ein kleinteilig wechselndes Nutzungsmosaik,
- Verbindung von Habitaten als lineares Verbundelement,
- Pufferung von anderen Biotopen gegenüber schädlichen Einflüssen, z. B. Uferstreifen (s. Maßnahme 9.3),
- Lebensraum (Brutplatz, Nahrungsaufnahme, Rückzugsort).

Die Entwicklung von Saumstrukturen umfasst den Erhalt, die qualitative Verbesserung (z. B. durch extensivierte Nutzung, vgl. u. a. Maßnahmen 9.2, 9.3, 11.2) und die Neuanlage von Saumstrukturen.

Eine Neuanlage kann entlang bestehender Nutzungen oder gliedernd innerhalb großflächig einheitlich genutzter Flächen erfolgen, z. B. durch:

- Anpflanzung von Gehölzen (Baumreihen, Hecken u. w.),
- Anlage von Blühstreifen,
- Nutzungsaufgabe.

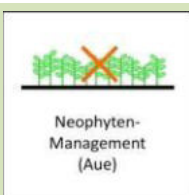
Grundsätzlich ist zu prüfen, inwiefern im Zusammenhang mit der Entwicklung von Saumstrukturen weitere Nutzungen extensiviert bzw. auenverträglich umgestaltet werden können (s. Maßnahme 11.1).

Für die Herstellungs- und Fertigstellungspflege bei Pflanzarbeiten sind die einschlägigen fachlichen Vorgaben zu berücksichtigen.

Beispiel(e)



Abb. 11.5-1: Saumstruktur mit Übergang zum Grünland



11.6 Neophyten-Management (Aue)

Neophyten (hier: invasive Arten) können sich massiv in der Aue ausbreiten, u. a. mit den Folgen:

- Verdrängung einheimischer Arten (häufig konkurrenzstarke, dichte, verschattende Bestände),
- ggf. gesundheitsgefährdende Wirkungen (z. B. Verbrennungen bei Hautkontakt).

Häufig geht die Ausbreitung von Neophyten in der Aue vom Gewässerufer aus (s. Maßnahme 9.2).

Die Entfernung von Neophyten ist i. d. R. kompliziert, sehr aufwändig und häufig nur bedingt erfolgversprechend. Eine chemische Behandlung mit Pflanzenschutzmitteln ist dabei i. d. R. auf Grund der Gewässernähe auszuschließen. Die Möglichkeiten des Managements sind dabei im Einzelfall abzuwägen. U. a. kommen dabei zum Einsatz:

- regelmäßiger Schnitt (Mahd bei Stauden, Fällung bei Gehölzen),
- Ausgraben von Wurzeln,
- (i. d. R. tiefgehender) Abtrag/Austausch des Oberbodens (ggf. mit thermischer Behandlung nach Abwägung etwaiger Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen),
- Förderung einheimischer Arten über Pflanzung und Pflegemaßnahmen bis zur Ausbildung hinreichend dichter, verschattender, konkurrenzstarker Bestände.

Beispiel(e)



Abb. 11.6-1: Neophytenmanagement durch Schnitt (Herkulesstauden)

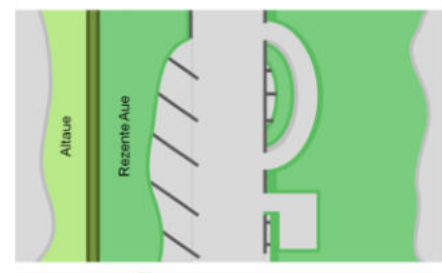
12

Maßnahmengruppe

Wasserhaushalt (Aue)

Kurzbeschreibung und Ziele

Etablierung eines naturnahen Abfluss- und Überschwemmungsregimes sowie naturnaher Grundwasserverhältnisse in der Aue zur Förderung wassergebundener Standortverhältnisse in der Aue, tlw. mit Reduzierung der hydraulischen Belastungen im Gewässer



Bedeutung für Biotopverbund

Erhalt/Entwicklung vielfältiger, auentypischer Standortbedingungen in der Aue mit typischer Anzahl und Diversität wassergebundener Lebensräume in der Aue; Verbesserung der Quervernetzung von Fluss, Ufer und Aue.

Einzelmaßnahmen

- 12.1 Polder naturnah fluten
- 12.2 Deich/Damm zurückbauen/verlegen
- 12.3 Vorland abtragen/Sekundäraue anlegen
- 12.4 Naturnahes Überflutungsregime wiederherstellen
- 12.5 Wiedervernässung (Entwässerungsgräben/Drainagen zurückbauen)



12.1 Polder naturnah fluten

Polder sind ausgedeichte Bereiche der ehemaligen rezenten Aue, die bei Hochwasser mit relevantem Schadenspotenzial (z. B. HQ₁₀₀) gesteuert oder ungesteuert geflutet werden und damit dem Rückhalt von Hochwasserabflüssen dienen.

Außerhalb von Hochwasserereignissen werden sie i. d. R. landwirtschaftlich, ggf. forstwirtschaftlich genutzt. Durch die Abkopplung vom natürlichen Überflutungsregime, bei dem die gesamte Aue i. d. R. mindestens jährlich komplett überflutet wird, bestehen in derart genutzten Poldern meist keine auentypischen Standortbedingungen mehr.

Eine naturnahe Flutung dieser Polder zielt darauf ab, auenökologisch relevante Überflutungen (i. d. R. mehrmals jährlich, z. T. langanhaltend) in den Poldern hervorzurufen, die der Förderung auentypischer Standortverhältnisse dienen. Auf dieser Grundlage kann die Entwicklung auentypischer Lebensräume in den Poldern initiiert werden (vgl. u. a. Maßnahmen 11.1, 11.3, 11.4).

Die Umsetzbarkeit von naturnahen Flutungen von Poldern richtet sich u. a. nach:

- Flächenverfügbarkeit im Polder, d. h. die Vereinbarkeit der Flächennutzung mit regelmäßigen Flutungen (ggf. Prüfung auf Nutzungsänderung, vgl. Maßnahmen 11.1, 11.2),
- weitgehend tykonformem Ausuferungsvermögen des Gewässers, ggf. wiederherstellbar (s. u. a. Maßnahmen 1.1, 3.1), z. B. durch tieferliegenden Anschluss des Polders an das Gewässer über Geländemodellierungen),
- Vereinbarkeit einer frühzeitigen Ausuferung mit den wasserwirtschaftlichen Anforderungen an das Gewässer (z. B. Gewährleistung der Schiffbarkeit, Wasserkraftnutzung u. w.),
- technischer Umsetzbarkeit von Flutung und Entleerung des Polders.

Beispiel(e)



Abb. 12.1-1: Geflutete Polderflächen



Deich/Damm
zurückbauen/
verlegen

12.2 Deich/Damm zurückbauen/verlegen

Deiche und Dämme trennen die Aue vom Überflutungsregime des Gewässers und ermöglichen eine landseitige, hochwasserfreie Nutzung in Abhängigkeit ihrer jeweiligen Schutzwirkung. Grundsätzlich können Sommer- und Winterdeiche unterschieden werden. Sommerdeiche schützen i. d. R. landwirtschaftliche Nutzungen vor jährlichen bis häufigen Hochwässern (i. d. R. HQ₅ bis HQ₃₀), wohingegen Winterdeiche genutzt werden, um z. B. Siedlungen vor seltenen Hochwässern (i. d. R. bis HQ₁₀₀) zu schützen.

Die Anlage von Deichen führt in erster Linie zu einer Verkleinerung der regelmäßig bis selten überfluteten Fläche in der Aue. In Konsequenz werden die natürlicherweise autotypischen Standortbedingungen erheblich beeinträchtigt bis vollständig unterbunden.

Der Rückbau bzw. die Verlegung von Deichen/Dämmen dient der Wiederherstellung eines möglichst naturgemäßen Überflutungsregimes. Hierbei sind verschiedene Maßnahmen grundsätzlich denkbar:

- vollständiger Rückbau (nur möglich bei hochwasserverträglicher Nutzung im Deichhinterland sowie ohne Gefährdung von Infrastruktur),
- Schlitzung (verringertes baulicher Aufwand ggü. dem vollständigen Rückbau, trotzdem weitgehend durchgängig für das Hochwasser),
- Absenkung oder Errichtung eines (steuerbaren) Durchlasses (Ermöglichung einer frühzeitigeren Überflutung des Deichhinterlandes, vgl. Maßnahme 12.1),
- Rückverlegung (Rückbau und landwärts neue Anlage zum Schutz fortbestehender Nutzungen im verbleibenden Deichhinterland).

Neben der Flächenverfügbarkeit im Deichhinterland sind für die Auswahl der Maßnahme u. a. zu berücksichtigen:

- Wirkungen der Maßnahme auf den Hochwasserabfluss/Wasserspiegellagen ober- und unterhalb der Baumaßnahme,
- Ausuferungsvermögen des Gewässers, damit möglichst autotypische Standortverhältnisse erzeugt werden können (ggf. in Verbindung mit weiteren fördernden Maßnahmen 1.1, 3.1, 12.3, 12.4).



Vorland abtragen/
Sekundäraue anlegen

12.3 Vorland abtragen/Sekundäraue anlegen

Gewässer sind i. d. R. ausbaubedingt gegenüber naturgemäßen Verhältnissen deutlich eingetieft:

- u. a. durch direkte bauliche Eingriffe in das Querprofil, z. B. Regulierung des Querschnitts (s. Maßnahmen 2.1, 7.1),
- u. a. durch indirekte Folgen des Gewässerausbaus z. B. durch erhöhte hydraulische Belastungen der Sohle (Sohlerosion) oder Beeinträchtigungen des Sedimenthaushalts

(Geschiebedefizit).

In der Folge besitzt das Querprofil ein i. d. R. erheblich beeinträchtigtes Ausuferungsvermögen, sodass die Aue nicht mehr naturgemäß häufig und langanhaltend überflutet wird.

Der Abtrag des Vorlandes bzw. die Anlage einer Sekundäraue kann zum Einsatz kommen, um ein naturnahes Ausuferungsvermögen wiederherzustellen, wenn eine eingetiefte Sohle nicht auf ein naturgemäßes Niveau wiederangehoben werden kann. Mögliche Gründe sind u. a.:

- Anforderungen an die verfügbare Wassertiefe, z. B. zur Gewährleistung der Schiffbarkeit,
- nachteilige Auswirkungen auf den Hochwasserschutz:
 - in der Aue im Maßnahmenbereich durch Gefährdung bestehender Nutzungen durch frühzeitigere Ausuferung,
 - oberhalb der Maßnahme durch Reduzierung der Leistungsfähigkeit des Querprofils mit etwaigen Rückstauerscheinungen.

Durch die Absenkungen des Geländes können naturnahe Ausuferungen erzeugt werden. Die Umsetzung der Maßnahme erfolgt i. d. R. baulich. Eigendynamische Entwicklungen erfordern zumindest Initialmaßnahmen zur selbstständigen Profilaufweitung (vgl. Maßnahme 8.1), sind jedoch langwierig und i. d. R. nicht anzustreben.

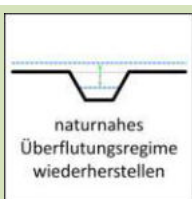
Die Maßnahme nimmt i. d. R. deutlich breitere Flächen in Anspruch als Maßnahmen zur reinen Ufergestaltung (vgl. Maßnahmen 8.1, 8.2). im und flussaufwärts des Maßnahmenbereichs

Wesentliche Bedeutung bei der Planung der Maßnahme besitzt die zielführende Ausgestaltung der Höhenlagen in der tiefer gelegten Aue:

- Die Sekundäraue sollte frühzeitig und häufig überflutet werden. Die Überflutungshäufigkeiten und -dauer richtet sich dabei nach den naturgemäßen Verhältnissen; Überflutungen von 180 Tagen im Jahr sind nicht unrealistisch;
- Sofern Anforderungen, z. B. an die verfügbare Wassertiefe im Gewässer, bestehen, ist es möglich, Ausuferungen durch Geländemodellierungen erst ab einem nutzungsverträglichen Wasserstand einzuleiten.
- Der Eingriff in den Auenboden kann insbesondere im Randbereich der tiefer gelegten Bereiche Folgen für den lokalen Grundwasserspiegel besitzen.

Ohne eine naturnahe Überflutung können die auenökologischen Ziele nur bedingt bis nicht erreicht werden.

Das abgesenkte Vorland/ die Sekundäraue kann in der Folge der eigendynamischen Entwicklung (Sukzession) überlassen werden oder über Pflanzmaßnahmen (s. Maßnahmen 11.3, 11.4) gestaltet werden. Grundsätzlich können diese Flächen auch extensiv bewirtschaftet werden, was jedoch auf Grund des auenökologischen Entwicklungspotenzials eher nachrangige Bedeutung besitzen sollte. Insbesondere in rückstaugeprägten Bereichen ist zu überprüfen, ob es in den tiefer gelegten Abschnitten durch eine Strömungsberuhigung zu Verlandungen kommt. Diese sind entsprechend zu räumen, um die hergestellte Funktion zu erhalten.



12.4 Naturnahes Überflutungsregime wiederherstellen

für einleitende Erläuterungen/Hinweise s. Maßnahme 12.3

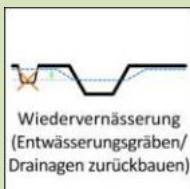
Die Wiederherstellung eines naturnahen Überflutungsregimes dient der Förderung der wassergebundenen Standortbedingungen in der Aue und kann über verschiedene

Maßnahmen umgesetzt werden:

- Erhöhung des Ausuferungsvermögens durch gewässerstrukturelle Maßnahmen, z. B.:
 - Verkleinerung des Querprofils, z. B. durch Sohlanhebung (s. Maßnahme 1.1),
 - Reduzierung der Leistungsfähigkeit des Gerinnes, z. B. durch reduzierte Gewässerunterhaltung mit Belassen von strukturbildenden Prozessen im Sohl- und Uferbereich (s. u. a. Maßnahmen 1.4, 8.2) oder Entwicklung der Ufervegetation (s. Maßnahme 9.1),
 - Wiederherstellung von naturgemäßer Abflussmenge und typischem Abflussregime (s. Maßnahme 3.1),
 - gezielte Ausleitung, z. B. durch Einbau von Querriegeln (nur, wenn diese nicht zu einer strukturellen Beeinträchtigung des Gewässers führen, z. B. bzgl. Durchgängigkeit).
 - Entfernen von Hindernissen für die Ausuferung (z. B. Uferbänke, Rehen).
- Erhöhung des Ausuferungsvermögens durch auenstrukturelle Maßnahmen, z. B.:
 - Abflachung des Uferbereichs/ Anlage von Sekundärauen (s. Maßnahme 12.3),
 - Anlage von Nebengerinnen/ Flutrinnen (s. Maßnahme 10.4),
 - kontrollierte Flutungen, z. B. in Poldern (s. Maßnahme 12.1),
- Vergrößerung der überflutbaren Fläche, z. B. durch Deichrückbau (s. Maßnahme 12.2).

Die Auswahl der zielführenden Maßnahmen ist im Einzelfall zu prüfen. Grundsätzlich müssen Anforderungen an die Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt, des Hochwasserschutzes sowie etwaiger wasserwirtschaftlicher Nutzungen (u. a. Wasserkraftnutzung) berücksichtigt werden.

Die Wiederherstellung eines naturnahen Überflutungsregime schränkt darüber hinaus die Nutzbarkeit der Aue ein und erfordert i. d. R. eine Nutzungsextensivierung oder -aufgabe (s. Maßnahmen 11.1, 11.2).



12.5 Wiedervernässung (Entwässerungsgräben/Drainagen zurückbauen)

Die Entwässerung der Aue dient i. d. R. der Herstellung landwirtschaftlich nutzbarer Flächen (und der Verbesserung der Erzeugungsbedingungen) auf natürlicherweise feuchten bis nassen Standorten.

Grundsätzlich werden über den Einsatz von Drainagen und Entwässerungsgräben (und ggf. den Ausbau von Auengewässern, Rinnen, Zuflüssen) vorrangig folgende Teilziele verfolgt:

- Entwässerung feuchter bis nasser Böden,
- beschleunigte Abfuhr von Hochwässern/Überflutungen.

Die Wiedervernässung verfolgt das Ziel möglichst naturgemäßer Überflutungsdauern, oberflächennahe Grundwasserspiegel und Bodenverhältnisse zu fördern, die die Grundlage für die Entwicklung autotypischer Lebensräume bilden.

Dies kann über folgende Maßnahmen erfolgen:

- Entfernung von Drainagen,
- Rückbau von Entwässerungsgräben, ggf. mit Einbau von Staueinrichtungen (Durchgängigkeit beachten),
- Renaturierung von Auengewässern, Rinnen, Zuflüssen (s. Maßnahmengruppe 10).

Diese Maßnahmen können im Rahmen der Extensivierung/Aufgabe der Auennutzung relevant sein (s. Maßnahme 11.1, 11.2).

Im Rahmen einer Wiedervernässung sind u. a. folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Reduzierung der Nutzungsintensität der Aue, i. d. R. Nutzungsextensivierung oder Nutzungsaufgabe notwendig,
- Erhöhung der Grundwasserstände, ggf. mit Folgen für neuere baulichen Anlagen in der Aue,
- Gewährleistung der ggf. zu erhaltenden Vorflutansprüche.

Bildnachweis

Abb. 1.3-1	Planungsbüro Koenzen
Abb. 1.5-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 2.1-1	Thomas Ehler
Abb. 2.2-1	Planungsbüro Koenzen
Abb. 2.2-2	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 5.1-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 5.2-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 6.1-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 7.1-1	Planungsbüro Koenzen
Abb. 7.2-1	Planungsbüro Koenzen
Abb. 7.3-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 8.2-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 8.2-2	Planungsbüro Koenzen
Abb. 8.3-1	Planungsbüro Koenzen
Abb. 8.4-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 8.5-1	Planungsbüro Koenzen
Abb. 9.1-1	Planungsbüro Koenzen
Abb. 9.2-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 9.3-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 10.1-1	Planungsbüro Koenzen
Abb. 10.1-2	Planungsbüro Koenzen
Abb. 10.2-1	Planungsbüro Koenzen
Abb. 10.3-1	Planungsbüro Koenzen
Abb. 10.4-1	Planungsbüro Koenzen
Abb. 11.1-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 11.1-2	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 11.2-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 11.3-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 11.3-2	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 11.4-1	Planungsbüro Koenzen
Abb. 11.5-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 11.6-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Abb. 12.1-1	Bundesanstalt für Gewässerkunde

Impressum

Fachliche Bearbeitung

Planungsbüro Koenzen, Wasser und Landschaft
Schulstraße 37
40721 Hilden
info@planungsbuero-koenzen.de
www.planungsbuero-koenzen.de

biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH
Nebelring 15
18246 Bützow
dietmar.mehl@institut-biota.de
www.institut-biota.de

Fachliche Betreuung

Bundesamt für Naturschutz
Dr. Thomas Ehlert
Bernd Neukirchen
Fachgebiet II 2.4 „Gewässerökosysteme, Wasserhaushalt, Blaues Band“
Konstantinstr. 110
53179 Bonn

Herausgeber

Bundesamt für Naturschutz, www.bfn.de
Bundesanstalt für Gewässerkunde, www.bafg.de
Bundesanstalt für Immobilienaufgaben, www.bundesimmobilien.de
Bundesanstalt für Wasserbau, www.baw.de
Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, www.gdws.wsv.bund.de
Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt.de

Stand

August 2020

Bildnachweis

Soweit nicht anderweitig angegeben, liegen die Bildrechte bei den Autoren

