

Celostna ekoremediacija Kučnice kot trajnostna strategija upravljanja z vodami s ciljem izboljšanja ekološkega stanja

Ganzheitliche Renaturierung der Kutschenitza als nachhaltige Wasserwirtschaftsstrategie zur Verbesserung des ökologischen Zustands

## EKOREMEDIACIJA

### Povzetek stanja tehnike

**Dosežek D.T1.3.1**

---

## RENATURIERUNGSÖKOLOGIE

### Überblick über den Stand der Technik

**Leistung D.T1.3.1**



## EKOREMEDIACIJA – Povzetek stanja tehnike / RENATURIERUNGSÖKOLOGIE – Überblick über den Stand der Technik

### Osnovni podatki o dokumentu / Grundlegende Informationen zum Dokument

Delovni sklop:	<b>Celovit pregled</b>	Delovni sklop T1
Arbeitspaket:	<b>Umfassende Übersicht</b>	Arbeitspaket T1
Aktivnost:	<b>Ekoremediacija</b>	Aktivnost A.T1.3
Aktivität:	<b>Renaturierungsökologie</b>	Aktivität A.T1.3
Dosežek:	<b>Povzetek stanja tehnike</b>	Dosežek D.T1.3.1
Leistung:	<b>Überblick über den Stand der Technik</b>	Leistung D.T1.3.1

Datum / Datum: **December 2021 / Dezember 2021**

Avtorji / Autoren: **Mag. Christina Stolavetz, MA**, Forschung Burgenland GmbH  
**Mag. Marion Rabelhofer**, Forschung Burgenland GmbH  
**Uroš Videmšek**, Inštitut za hidravlične raziskave  
**Dr. Tanja Prešeren**, Inštitut za hidravlične raziskave  
**Mag. Primož Rodič**, Inštitut za hidravlične raziskave  
**Mag. (FH) Monika Millendorfer**, Forschung Burgenland GmbH  
**Thomas Kreamsner, MA**, Forschung Burgenland

V sodelovanju / Mit Unterstützung von: **Natur Aktuell Kaufmann & Tiefenbach OG**

Ilustrirala / Illustriert von: **Polona Gorše**, Inštitut za hidravlične raziskave

## Osnovni podatki o projektu / Grundlegende Informationen zum Projekt

Naslov projekta: **Celostna ekoremediacija Kučnice kot trajnostna strategija upravljanja z vodami s ciljem izboljšanja ekološkega stanja**  
Projektittel: **Ganzheitliche Renaturierung der Kutschenitza als nachhaltige Wasserwirtschaftsstrategie zur Verbesserung des ökologischen Zustands**  
Akronim projekta: **RENATA**  
Kurtztitel des Projekts: **RENATA**



Program: **Program sodelovanja Interreg V-A Slovenija-Avstrija**  
Programm: **Kooperationsprogramm Interreg V-A Slowenien-Österreich**



Vodilni partner /  
Lead Partner: **Inštitut za hidravlične raziskave**  
Hajdrihova 28, Ljubljana  
Slovenija  
[www.hidroinstitut.si](http://www.hidroinstitut.si)  
[hidroinstitut@hidroinstitut.si](mailto:hidroinstitut@hidroinstitut.si)



Projektni partner /  
Projektpartner: **Forschung Burgenland GmbH**  
Campus 1, 7000 Eisenstadt  
Österreich  
[www.forschung-burgenland.at](http://www.forschung-burgenland.at)  
[office@forschung-burgenland.at](mailto:office@forschung-burgenland.at)



Financiranje projekta: **Projekt je sofinanciran iz Evropskega sklada za regionalni razvoj (ESRR).**  
Upravičeni stroški: **411.764,71 €**  
Delež sofinanciranja iz ESRR: **85 %**  
Odobreni prispevek ESRR: **350.000,00 €**  
Prispevek iz nacionalnih javnih sredstev: **61.764,71 €**

Finanzierung des Projekts: **Projekt wird vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert.**  
Zuschussfähigen Kosten: **411.764,71 €**  
EFRE Kofinanzierungsgrad: **85 %**  
Genehmigter EFRE-Beitrag: **350.000,00 €**  
Nationaler öffentlicher Beitrag: **61.764,71 €**

## Inhaltsverzeichnis / Kazalo vsebine

<b>1 RENATURIERUNGSÖKOLOGIE</b>	<b>1</b>
<b>EKOREMEDIACIJA</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Begriffsdefinition</b>	<b>6</b>
<b>Pregled pojmov</b>	<b>6</b>
<b>1.2 Ziele</b>	<b>7</b>
<b>Cilji</b>	<b>7</b>
1.2.1 Verbesserung des ökologischen Zustands	8
Izboljšanje ekološkega stanja	8
1.2.2 Verringerung der Auswirkungen von Überschwemmungen	8
Zmanjšanje učinkov poplavnih voda	8
<b>2 RENATURIERUNG VON FLIEßGEWÄSSERN [STATE OF THE ART INKL. BEST-PRACTICE]</b>	<b>10</b>
<b>EKOREMEDIACIJA TEKOČIH VODA [STANJE TEHNIKE, VKLJUČNO Z NAJBOLJŠO PRAKSO]</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Techniken zur ökologischen Sanierung von Wasserläufen</b>	<b>15</b>
<b>Tehnike ekoremediacij vodotokov</b>	<b>15</b>
2.1.1 Technische Umweltsanierungsmaßnahmen in einem Fließgewässer	17
Tehnični ekoremediacijski ukrepi v strugi vodotoka	17
2.1.2 Technische Umweltsanierungsmaßnahmen an einem Gewässerufer	28
Tehnični ekoremediacijski ukrepi na brežini vodotoka	28
2.1.3 Technische Umweltsanierungsmaßnahmen außerhalb der Flussrinne	43
Tehnični ekoremediacijski ukrepi izven struge	43
<b>2.2 Renaturierung und Biodiversität</b>	<b>53</b>
2.2.1 Arterhaltung und Wiederansiedelung einst heimischer Arten	53
<b>Ekoremediacije in biotska pestrost</b>	<b>53</b>
Ohranjanje vrst in ponovna naselitev nekoč avtohtonih vrst	53
2.2.2 Umgang mit Neobiota	56
Obvladovanje neobiote	56
2.2.3 Neozoa	60
Neozoa	60
2.2.4 Pflegemaßnahmen (Ufervegetation etc)	62
Vzdrževalni ukrepi (obrežna vegetacija itd.)	62
2.2.5 Neuartige Ökosysteme	65
Novi ekosistemi	65
<b>2.3 Renaturierung und Gesellschaft</b>	<b>67</b>

2.3.1	Relevanz der Einbindung .....	67
	<b>Ekoremediacije in družba .....</b>	<b>67</b>
	Pomembnost vključevanja.....	67
2.3.2	Grenzen.....	68
	Omejitve.....	68
2.3.3	Interessen und mögliche Konflikte .....	68
	Interesi in morebitna navzkrižja .....	68
2.3.4	Art, Ablauf der Einbindung .....	70
	Vrsta in proces vključevanja .....	70
<b>2.4</b>	<b>Monitoring einer Renaturierung .....</b>	<b>75</b>
	<b>Monitoring ekoremediacije .....</b>	<b>75</b>
2.4.1	Fünf Kriterien für ökologischen Erfolg .....	76
	Pet meril za ekološki uspeh .....	76
<b>2.5</b>	<b>Renaturierung und climate change .....</b>	<b>78</b>
	<b>Ekoremediacije in klimatske spremembe .....</b>	<b>78</b>
<b>3</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG – LEARNINGS FÜR DIE RENATURIERUNG DER KUTSCHENITZA.....</b>	<b>81</b>
	<b>POVZETEK – UGOTOVITVE ZA EKOREMEDIACIJO KUČNICE.....</b>	<b>81</b>
3.1	Techniken zur ökologischen Sanierung von Wasserläufen.....	81
	Tehnike ekoremediacij vodotokov .....	81
3.2	Renaturierung und Biodiversität .....	83
	Ekoremediacija in biodiverziteta .....	83
3.3	Renaturierung und Gesellschaft.....	85
	Ekoremediacija in družba .....	85
3.4	Monitoring einer Renaturierung .....	86
	Monitoring ekoremediacije .....	86
<b>4</b>	<b>ANLAGE .....</b>	<b>87</b>
	<b>PRILOGA .....</b>	<b>87</b>
4.1	Begriffsdefinitionen.....	87
	Definicije pojmov .....	87
	<b>QUELLEN UND LITERATUR .....</b>	<b>92</b>
	<b>VIRI IN LITERATURA.....</b>	<b>92</b>

## Bildverzeichnis

<i>Bild 1: Kiesstreifen</i> .....	17
<i>Bild 2: Störsteine</i> .....	19
<i>Bild 3: Darstellung der Abmessungen der Steine im Querschnitt des Kanals</i> .....	19
<i>Bild 4: Schwelle</i> .....	22
<i>Bild 5: Beispiele für Strömungsumlenker</i> .....	25
<i>Bild 6: Reisigmatratze</i> .....	29
<i>Bild 7: Geotextilrolle</i> .....	31
<i>Bild 8: Geotextil – "Sandwich"</i> .....	33
<i>Bild 9: Die Vegetation bietet ökologische und ästhetische Vorteile</i> .....	34
<i>Bild 10: Faschinen</i> .....	36
<i>Bild 11: Faschinen Installation</i> .....	37
<i>Bild 12: Zäune</i> .....	39
<i>Bild 13: Mit der Zeit junge Bäume sprießen (1); lebende Zäune (a); träge Zäune (b)</i> .....	40
<i>Bild 14: Mäander-Renaturierung</i> .....	43
<i>Bild 15: Seitenarm</i> .....	45
<i>Bild 16: Geschaffene Feuchtgebiete</i> .....	47
<i>Bild 17: Ökosanierung in einem Entwässerungsgraben</i> .....	50

## Kazalo slik

<i>Slika 1: Prodna brzica</i> .....	17
<i>Slika 2: Groblja</i> .....	19
<i>Slika 3: Prikaz dimenzije kamenja v prečnem prerezu struge</i> .....	19
<i>Slika 4: Prag</i> .....	22
<i>Slika 5: Primeri odbijačev toka</i> .....	25
<i>Slika 6: Vrbov poplet</i> .....	29
<i>Slika 7: Zvitek iz geotekstila</i> .....	31
<i>Slika 8: Geotekstil – »sendvič«</i> .....	33
<i>Slika 9: Razraščena vegetacija nudi ekološke in estetske prednosti</i> .....	34
<i>Slika 10: Fašine</i> .....	36
<i>Slika 11: Postavitev fašin</i> .....	37
<i>Slika 12: Plotovi</i> .....	39
<i>Slika 13: Čez čas poženejo mlada drevesa (1); živi plotovi (a); inertni plotovi (b)</i> .....	40
<i>Slika 14: Restavracija meandrov</i> .....	43
<i>Slika 15: Stranski rokav</i> .....	45
<i>Slika 16: Ustvarjena mokrišča</i> .....	47
<i>Slika 17: Ekoremediacijska ureditev v melioracijskem jarku</i> .....	50

## 1 Renaturierungsökologie

Flüsse mit ihren Auen und Feuchtgebieten stellen überdurchschnittlich viele Ökosystemleistungen zur Verfügung (46: Zerbe 2019). Mit Renaturierungsmaßnahmen ist nicht nur eine Verbesserung des ökologischen Zustands möglich, sondern auch die Bevölkerung kann von den jeweiligen Maßnahmen profitieren. Insgesamt soll der Zusammenhang zwischen menschlichem Wohlergehen und der Situation von Ökosystemen hergestellt werden. Hierbei werden Leistungen im Bereich der Erhaltung und Regulierung von Ökosystemen unterschieden, aber auch Kultur- bzw. Versorgungsleistungen. (24: Kollmann et al. 2019)

Zudem kann ein wesentlicher Beitrag zum Hochwasserschutz beigetragen werden. Bei der Gewässerrenaturierung wird durch die Wiederanbindung von Auen und größeren Flussausweitungen dazu beigetragen, Hochwasserwellen entgegenzuwirken. Da man aufgrund des Klimawandels mit einer größeren Anzahl an Überschwemmungen rechnet, ist dies eine notwendige Vorsorgemaßnahme (29: Mühlmann et al. 2020)

Neben dem Hochwasserschutz kann auch erreicht werden, die natürlichen Gewässer zu restaurieren und Lebensräume wiederherzustellen, teilweise entstehen auch neue Orte für naturnahe Erholung für die allgemeine Bevölkerung. Wenn Maßnahmen zum Hochwasserschutz umgesetzt werden, sollte man daher stets auch Möglichkeiten zur Renaturierung der Gewässer bzw. zur Schaffung von Erholungsorten ausnutzen. Durch den Erholungseffekt wird wesentlich zur Lebensqualität von der Bevölkerung beigetragen. (15: Getzner & Schneider 2019; 29: Mühlmann et al. 2020)

Fließgewässer und ihre Auen haben eine große Lebensraumvielfalt aufgrund deutlicher ökologischer Gradienten im Flussverlauf und im Querprofil, bedingt durch Unterschiede der Wasser- und Sedimentdynamik. Fließgewässer gehören zu den am stärksten veränderten Ökosystemen Mitteleuropas. Bis auf einige Oberläufe und wenige Abschnitte der Mittel- und Unterläufe sind sie in den vergangenen 200 Jahren weitgehend umgestaltet

## Ekoremediacija

Reke s svojimi poplavnimi območji in mokrišči zagotavljajo nadpovprečno veliko ekosistemskih storitev (46: Zerbe 2019). Z revitalizacijskimi ukrepi ni moč le izboljšati ekološkega stanja, temveč lahko ob uporabi ustreznih ukrepov uživa koristi tudi prebivalstvo. Zato je potrebno vzpostaviti in opredeliti željeno povezavo med blaginjo ljudi in stanjem ekosistemov. Pri tem razlikujemo med storitvami na področju ohranjanja in uravnavanja ekosistemov, ter med kulturnimi storitvami oziroma storitvami oskrbe. (24: Kollmann et al. 2019)

Obenem lahko ekoremediacije pomembno prispevajo k varstvu pred poplavami. Ponovna vzpostavitev povezav vodotokov s poplavnimi območji in povrnitev večjega dela površine nazaj vodotokom, pomaga blažiti ali celo preprečevati poplavne dogodke. Ob nadaljevanju trenutnega trenda podnebnih sprememb je pričakovati vedno večje število poplav, zato so ekoremediacije še toliko bolj nujen previdnostni ukrep (29: Mühlmann et al. 2020).

Priložnost izvajanja protipoplavnih ukrepov je vedno mogoče izkoristiti tudi za ekoremediacijo vodnih teles in/ali za vzpostavitev rekreacijskih površin. Skupaj z zaščito pred poplavami je tako mogoče doseči sonaravne ureditve vodnih teles in povrnitve življenjskih prostorov – habitatov. Če je mogoče se sočasno ustvarjajo tudi novi kotički za oddih in rekreacijo v naravi. Rekreacijske možnosti pomembno prispevajo h kakovosti življenja lokalnega prebivalstva in obiskovalcev. (15: Getzner & Schneider 2019; 29: Mühlmann et al. 2020)

Tekoče vode in njihova poplavna območja nudijo izjemno pestrost habitatov, ki so posledica razlik v ekoloških gradientih: dinamika vodnega in sedimentnega toka vzdolž in v prečnem profilu struge vodotoka. Tekoče vode so med najbolj spremenjenimi ekosistemi v Srednji Evropi. Z izjemo nekaterih vodotokov ter nekaj odsekov srednjega in spodnjega toka so bile v zadnjih 200 letih močno preoblikovane. Razvoj upravljanja voda,

worden. Wasserwirtschaftlicher Ausbau, Verschmutzung, Fragmentierung und Zerstörung von Habitaten sowie invasive Neophyten und Neozoen haben die Ökosystemprozesse und Lebensgemeinschaften zum Teil irreversibel beeinflusst (24: Kollmann et al. 2019).

Derzeit steht Österreich vor der Situation, dass ca. 30% der Gewässerläufe massiv morphologisch verändert worden sind. Betrachtet man die anderen mittel- und westeuropäischen Staaten, ist diese Situation durchaus schon dem üblichen Bereich zuzuschreiben. Dieser Umstand hat die Folge eines enormen Verlustes an Biodiversität sowie auch qualitativer und quantitativer Schädigung der aquatischen und gewässergebundenen Flora und Fauna. Als Antwort auf diesen Umstand war die Etablierung der EU-Wasserrahmenrichtlinie, um eine Trendwende im Verfall der aquatischen Ökosysteme zu schaffen (18: Gumpinger et al. 2018).

Zur Erfüllung der EU Wasserrahmenrichtlinie und eine Verbesserung des Hochwasserschutzes werden an vielen Flüssen Mitteleuropas Renaturierungsmaßnahmen durchgeführt. Dadurch werden manche Ökosystemfunktionen wiederhergestellt und einige charakteristische Arten siedeln sich wieder an. Eine weitgehende Renaturierung der ursprünglichen Fluss- und Auendynamik ist aber aus Gründen der veränderten Landnutzung im Bereich der ehemaligen Aue und im Einzugsgebiet meist nicht mehr möglich (umfassende, „echte“ Renaturierung müsste auch das komplette Einzugsgebiet mit einschließen). (24: Kollmann et al. 2019)

Mit natürlichen Technologien, insbesondere der Ökosanierung (ERM), können Kanäle wieder zu Bächen und Flüssen werden. Durch die Revitalisierung des Kanals kann das Wasser im oberen Teil des Wasserlaufs zurückgehalten werden, wodurch Trockenheit vermieden wird. Seitengräben und ungenutztes Land in Wassernähe (Uferbereiche) können zur Wasserrückhaltung genutzt werden, wodurch neue Lebensräume entstehen und die Vielfalt des aquatischen und des ufernahen Ökosystems erhöht wird. Die Rückhaltung dient dem Ausgleich von Wasserfluten, dem Zurückhalten hoher Wellen, der Wasserreinigung und der Vorbeugung von Trockenheit.

onesnaževanje, drobljenje in uničevanje habitatov ter porast invazivnih neofitov in neozojev so delno nepopravljivo vplivali na ekosistemске procese in biotske združbe (24: Kollmann et al. 2019).

Trenutna situacija v Avstriji kaže, da je približno 30 % vodotokov močno morfološko spremenjenih. Če primerjamo še z drugimi srednje- in zahodnoevropskimi državami, ugotovimo, da je takšno stanje precej običajna praksa tudi drugod. Posledično se soočamo z ogromno izgubo biotske raznovrstnosti ter s kvalitativno in kvantitativno škodo na vodni in obvodni flori in favni. V odziv na te okoliščine je bila sprejeta vodna direktiva EU, da bi obrnila trend propadanja vodnih ekosistemov (18: Gumpinger et al. 2018).

Da bi izpolnili EU Direktivo o vodah in izboljšali varstvo pred poplavami, se na številnih rekah v Srednji Evropi že izvajajo ukrepi revitalizacije. Posledično se obnavljajo nekatere funkcije ekosistema in ponovno se naseljujejo nekatere tipične vrste. Vendar obsežna revitalizacija prvotne dinamike vodotokov povodja običajno ni več mogoča zaradi spremenjene rabe prostora nekdanjega poplavnega območja (celovita, "prava" revitalizacija bi morala vključevati tudi celotno povodje). (24: Kollmann et al. 2019)

Z naravnimi tehnologijami, konkretno z ekoremediacijami (ERM), lahko kanali spet postanejo potoki in reke. Z revitalizacijo struge lahko zadržimo vodo v zgornjem delu vodotoka in tako preprečimo sušo. Za zadrževanje vode se lahko uporabijo stranski jarki in obvodna neuporabna zemljišča, kjer se ustvari nov življenjski prostor, poveča se pestrost vodnega in obvodnega ekosistema. Nameni zadrževanja so kompenziranje vodnih viškov, zadrževanje visokega vala, čiščenje vode in preprečevanje suše. Melioracijske jarke lahko s sonaravno ureditvijo uredimo v ekoremediacijske melioracijske jarke, ki zadržujejo in čistijo vodo ter povečujejo biotsko pestrost. Ureditve je omejena na območje jarke in obsega predvsem zasaditev

Sanierungsgräben können auf nachhaltige Weise bewirtschaftet werden, um ökologische Gräben zu schaffen, die Wasser zurückhalten und reinigen und die Artenvielfalt erhöhen. Die Verbesserung beschränkt sich auf den Grabenbereich und besteht hauptsächlich aus der Bepflanzung mit geeigneten Pflanzen, einer verkleinerten Pflanzenkläranlage und einem kleinen Rückhaltebecken. Revitalisierungen von Fließgewässern sind langfristige, praktikable und wirtschaftlich tragfähige Lösungen, um die Auswirkungen von Wetterereignissen zu verhindern.

Der Klimawandel und die falsche Wasserbewirtschaftung haben in der Vergangenheit Dürren verursacht, die die Qualität und Quantität der Ernten beeinträchtigt und die Wasserressourcen und Böden mit Pflanzenschutzmitteln kontaminiert haben. Degradierte und verschmutzte Böden wirken sich negativ auf die Qualität der Ernte und damit auf die menschliche Gesundheit aus und sind kein Garant für nachhaltige Landwirtschaft und Fortschritt.

Neue Technologien zur Umweltsanierung können natürliche Systeme und Prozesse nutzen, um die Umwelt zu schützen und wiederherzustellen, eine nachhaltige Wirtschaft zu gewährleisten, die Qualität der Wasserressourcen und der landwirtschaftlichen Kulturen zu verbessern und Dürren zu verhindern. Die Ernte von Pflanzen auf ERM-Flächen trägt zu Biomasse bei, die als alternative Energiequelle genutzt werden kann. Wir können auch dazu beitragen, unser natürliches Erbe zu erhalten, indem wir die biologische Vielfalt erhöhen und neue Lebensräume durch ERM schaffen.

Die Umweltsanierung stellt einen enormen Mehrwert für die Umwelt dar und bietet eine Reihe von Vorteilen:

- sie ist erschwinglich und umweltfreundlich (nachhaltig in funktionaler und ästhetischer Hinsicht);
- sie ist multifunktional (Wasserrückhalt, Verringerung der Verschmutzung, Wiederherstellung und Schaffung von Ökosystemen und biologischer Vielfalt, CO<sub>2</sub>-Bindung, Sauerstoffproduktion und multifunktionale grüne Biomasse);
- beinhaltet einfache, menschenfreundliche und umweltverträgliche Ansätze;

z. entsprechenden Pflanzen, Umrüstung von Pflanzensystemen, Revitalisierung von Gewässern und Regenwasserzwecken. Revitalisierung von Gewässern ist langfristige, praktikable und wirtschaftlich tragfähige Lösungen, um die Auswirkungen von Wetterereignissen zu verhindern.

Podnebne spremembe in nepravilno upravljanje z vodami so povzročili v preteklosti sušo, ki zmanjšuje kakovost in količino pridelka ter onesnaži vodne vire in tla s fitofarmaceutskimi sredstvi. Degradirana in onesnažena tla negativno vplivajo na kakovost pridelka in tako na zdravje ljudi ter ne zagotavljajo trajnostnega kmetijstva in napredka.

Z novimi ekoremediacijskimi tehnologijami lahko z naravnimi sistemi in procesi zaščitimo in obnovimo okolje ter tako zagotovimo trajnostno gospodarstvo, izboljšamo kakovost vodnih virov in kmetijskih pridelkov ter preprečimo sušo. Žetev rastlin na ERM površinah doprinese k biomasi, ki jo lahko uporabimo kot alternativni vir energije. Pripomoremo lahko tudi k ohranjanju naravne dediščine, saj z ERM povečujemo biotsko pestrost in ustvarjamo nove habitate.

Ekoremediacije dajejo okolju izredno dodano vrednost in ponujajo vrsto prednosti:

- so cenovno ugodne in okolju prijazne (sonaravne v funkcionalnem in estetskem pogledu);
- imajo večnamenske učinke (zadrževanje vode, zmanjšanje onesnaževanja, obnavljanje in ustvarjanje ekosistemov in biološke pestrosti, vezava CO<sub>2</sub>, tvorba kisika in večnamensko uporabne zelene biomase);
- vključujejo preproste, ljudem razumljive in naravovarstveno sprejemljive pristope;
- delujejo kot dodatek obstoječim sistemom za preprečevanje onesnaženja (npr. terciarno čiščenje, zaprtje greznic in usedalnikov);



Fließgewässern. Der Bericht von Wohl et al. (2015) legt nahe, dass die weit verbreitete Unfähigkeit, eine vollständige Flussfunktion und ökologische Gemeinschaften wiederherzustellen, die mit Referenzbedingungen vergleichbar sind, auf zwei primäre Einschränkungen zurückzuführen ist. Die erste ist die Divergenz zwischen den Maßstäben der Veränderung und den Maßstäben der Wiederherstellung. Wiederherstellungsprojekte befassen sich in der Regel nicht mit Veränderungen auf der Ebene des Einzugsgebiets in Bezug auf Wasser-, Sediment-, Nährstoff- und Schadstoffeinträge in die Fließgewässer und mit Veränderungen auf der Ebene des Einzugsgebiets in Bezug auf die longitudinale, laterale und vertikale Konnektivität der Fließgewässer. Sanierungsbemühungen auf der Ebene des Einzugsgebiets sind besonders dann wahrscheinlich unzureichend, wenn der größte Teil des Einzugsgebiets verändert wurde. Aber auch Bemühungen auf der Ebene des Einzugsgebiets, die sich auf eine einzelne Variable wie das Abflussregime konzentrieren, anstatt die gesamte Palette der Variablen zu berücksichtigen, die die Flussökosysteme beeinflussen, sind wahrscheinlich nur von begrenztem Erfolg gekrönt. Das zweite Haupthindernis ist die mitunter beträchtliche Kluft zwischen den Erwartungen der Gesellschaft an Fließgewässer, die vor allem ästhetischer Natur sein können, und dem wissenschaftlichen Verständnis von Fließgewässern als dynamische Systeme, die ein gewisses Maß an Störungen benötigen, und als Ökosysteme mit zahlreichen, weitgehend unsichtbaren Funktionen wie dem hyporheischen Austausch. Diese Diskrepanz kann dazu führen, dass die Gesellschaft eher kosmetische Sanierungsmaßnahmen unterstützt, als dass sie die Bedeutung der Aufrechterhaltung variabler Zuflüsse und Fließgewässerformen, wie sie z. B. bei Überschwemmungen auftreten, anerkennt. Obwohl wir als Wissenschaftler unser grundlegendes Wissen über die Prozesse und die Form von Flüssen weiter ausbauen müssen, legen die durch die Veränderungen im Einzugsgebiet und die gesellschaftlichen Erwartungen auferlegten Zwänge nahe, dass wir den gleichen Schwerpunkt auf Bildung und Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit der Wiederherstellung von Flüssen legen müssen. (45: Wohl et al. 2015)

članku, je splošno razširjena nezmožnost obnovitve celovitega delovanja vodotokov in ekoloških združb, primerljivih z referenčnim stanjem, posledica dveh glavnih ovir. Prva je razhajanje med obsegom sprememb in obsegom obnove. Projekti obnove običajno ne obravnavajo sprememb na ravni porečja v zvezi z vnosom vode, sedimentov, hranil in onesnaževal v vodotoke ter sprememb na ravni porečja v zvezi z vzdolžno, prečno in navpično povezanostjo vodotokov. Prizadevanja za obnovo na ravni omejenega obsega bodo verjetno nezadostna zlasti tam, kjer je bila spremenjena večina porečja, vendar bodo tudi prizadevanja na ravni porečja, ki se osredotočajo na eno spremenljivko, kot je režim toka, namesto da bi upoštevala celoten sklop spremenljivk, ki vplivajo na rečne ekosisteme, verjetno le malo uspešna. Druga glavna omejitev je včasih velik razkorak med pričakovanji družbe glede vodotokov, ki so lahko predvsem estetska, in znanstvenim razumevanjem vodotokov kot dinamičnih sistemov, ki zahtevajo določeno stopnjo motenj, in kot ekosistemov s številnimi večinoma nevidnimi funkcijami, kot je hiporeična izmenjava. Posledica te vrzeli je lahko družbena podpora kozmetičnim obnovitvenim prizadevanjem, ne pa v prepoznavanju pomena ohranjanja spremenljivih vlog in oblik vodotokov, kot na primer tistih, ki so povezani s poplavnimi dogodki. Čeprav moramo kot znanstveniki še naprej razvijati svoje temeljno znanje o rečnih procesih in oblikah, omejitve, ki jih narekujejo spremembe na ravni porečja, in družbena pričakovanja kažejo, da moramo enako velik poudarek nameniti izobraževanju in ozaveščanju v zvezi z obnovo vodotokov. (45: Wohl et al. 2015)

## 1.1 Begriffsdefinition

Die Renaturierungsökologie liefert die wissenschaftlichen Grundlagen zur Umsetzung von Ökosystemrenaturierungen und Revitalisierungen. Auch wenn einige Definitionen der Begriffe „Ökosystemrenaturierung“ bzw. „Renaturierungsökologie“ vorliegen, erschwert die Vielfalt an Konzepten und Begriffen eine klare Fassung und Abgrenzung dieser Wissenschaftsdisziplin (47: Zerbe et al. 2009).

**Renaturierung:** Die Wiederherstellung von Ökosystemstrukturen und -funktionen wird aktiv unterstützt. Renaturierung unterstützt die Entwicklung oder Wiederherstellung eines durch den Menschen mehr oder weniger stark degradierten bis völlig zerstörten naturraumtypischen Ökosystems in Richtung eines natürlichen Zustandes bzw. eines definierten Referenzzustandes. Im Idealfall werden alle charakteristischen Strukturen und Funktionen eines Ökosystems wiederhergestellt. Meist handelt es sich aber um die Förderung der Entwicklung in Richtung eines vorher festgelegten Referenzzustandes. (24: Kollmann et al. 2019)

Unter **Sanierung** versteht man die Handlung oder den Prozess der natürlichen Wiederherstellung oder Verbesserung eines Umweltzustands. **Ökosanierung** (ERM) bedeutet, dies auf ökosystemarer Basis zu tun, d.h. unter Nutzung abiotischer und biotischer Faktoren und ihrer Wechselwirkungen. ERM ist daher die Grundlage für Ökosystemtechnologien. In zunehmendem Maße ist ERM auch eine Möglichkeit, biotische und ökosystemare Werte zu erhalten und zu verbessern und sich an den Klimawandel anzupassen. Das ERM hat den zusätzlichen Vorteil, dass es Teile der Umwelt, die bereits geschädigt sind, wiederbelebt. Das ERM ist daher ein Ansatz zur Erhaltung des Gleichgewichts der Umwelt und zur Steigerung der Selbstreinigungskraft der Umwelt. Ihre präventive und zugleich kurative Rolle macht das ERM zu einem Mechanismus zur Sicherung der Nachhaltigkeit.

Ökosanierung ist die Nutzung von Prozessen, die in der Natur ablaufen, zum vorbeugenden und heilenden Schutz und zur Wiederherstellung der Umwelt. ERM hat drei

## Pregled pojmov

Ekoremediacija je znanstvena disciplina za izvajanje revitalizacije ekosistemov. Čeprav so na voljo nekatere opredelitve pojmov »ekosistemska revitalizacija« in »revitalizacijska ekologija«, je zaradi raznolikosti konceptov in izrazov to znanstveno disciplino težko jasno opredeliti in pomensko razmejiti (47: Zerbe et al. 2009).

**Ekoremediacija:** Aktivno pospeševanje obnove ekosistemskih struktur in funkcij. Ekoremediacija spodbuja razvoj ali obnovo ekosistema z značilnostmi naravnega področja, ki ga je človek bolj ali manj degradiral ali popolnoma uničil, nazaj v naravno ali izbrano referenčno stanje. V optimalnih razmerah se obnovijo vse značilne strukture in funkcije ekosistema. Večinoma pa gre za spodbujanje razvoja v smeri predhodno opredeljenega referenčnega stanja. (24: Kollmann et al. 2019)

Beseda **remediacija** pomeni dejanje ali proces, ko v okolju po naravni poti popravimo ali izboljšamo stanje. **Ekoremediacija** (ERM) pomeni, da to storimo na ekosistemski osnovi, torej z uporabo abiotskih in biotskih dejavnikov in njihovih interakcij. ERM so zato osnova ekosistemskim tehnologijam. Vse bolj pa so ERM tudi priložnost za ohranjanje in povečevanje biotskih in ekosistemskih vrednosti ter za prilagajanje na spremembe podnebja. Dodatna vrednost ERM je, da prinašajo ponovno oživitev že degradiranih delov okolja. ERM so torej pristop za vzdrževanje ravnotežja v okolju in za povečevanje samočistilnih sposobnosti okolja. Zaradi preventivne in istočasno kurativne vloge so ERM mehanizem zagotavljanja trajnosti.

Ekoremediacija je uporaba procesov, ki potekajo v naravi za preventivno in kurativno varovanje in sanacijo okolja. ERM imajo tri temeljne funkcije, to so samočistilna, sposobnost zadrževanja vode in ustvarjanje biotske raznolikosti (in biomase). ERM so sinonim za posnemanje

grundlegende Funktionen, nämlich Selbstreinigung, Wasserrückhalt und Schaffung von Biodiversität (und Biomasse). ERM ist gleichbedeutend mit der Nachahmung der Funktionsweise der Natur, denn ERM nutzt die gleichen Prozesse wie die Natur. ERM ist daher ein Spiegel des Handelns der Natur, bei dem bestimmte Prozesse und Systeme der Natur (Ökosysteme) auf bewusste und kontrollierte Weise genutzt werden, um Natur und Umwelt zu erhalten, zu schützen oder wiederherzustellen (44: Vovk Kože et al. 2011).

## 1.2 Ziele

Renaturierungsökologie versteht sich als ein Teil der Ökologie und kann nur realisiert werden, wenn neben den ökologischen Grundlagen alle sozioökonomischen Aspekte mitgedacht werden. Es sind also zahlreiche wissenschaftliche Disziplinen gefragt um Renaturierungsprojekte planen, durchführen und evaluieren zu können.

Als zentrale Gründe für Renaturierungsmaßnahmen gelten die Wiederherstellung der biologischen Artenvielfalt, deren Lebensräume und Landschaften. Generell sollen Ökosystemrenaturierungen die Entwicklung zu einem naturnäheren Zustand unterstützen. Ausgegangen wird dabei von einem durch den Menschen mehr oder weniger stark degradierten bis zerstörten Ökosystem. (46: Zerbe 2019)

In Anlehnung an Palmer et al. (2005) sollten wir die Wiederherstellung so betrachten, dass ein dynamischer ökologischer Endpunkt erreicht wird, "der am wenigsten degradierte und ökologisch dynamischste Zustand, der im regionalen Kontext möglich ist" (30: Palmer et al. 2005). Das heißt, wir sollten darauf abzielen, einen dynamischen Zustand wiederherzustellen, der durch räumliche und zeitliche Variationen in der biotischen Abundanz und Zusammensetzung gekennzeichnet ist, die diejenigen in Referenzsystemen widerspiegeln, und eine Gerinnegeometrie, die sich als Reaktion auf natürliche Abflussvariabilität verändert. (45: Wohl et al. 2015)

delovanja narave, saj se pri ERM uporabljajo enaki postopki, kot jih uporablja narava. ERM so torej zrcalo delovanja narave, kjer zavestno in kontrolirano določene procese in sisteme iz narave (ekosistemov) uporabimo za preventivno varovanje narave in okolja ali za njegovo sanacijo (44: Vovk Korže et al. 2011).

## Cilji

Ekoremediacija je pomemben ukrep v ekologiji in jo je mogoče v polnosti udejanjati le, ko poleg ekoloških disciplin upoštevamo tudi vse družbeno-ekonomske vidike. Za načrtovanje, izvajanje in vrednotenje projektov ekoremediacije so tako potrebne številne znanstvene discipline.

Ključni razlog za uporabo ekoremediacijskih ukrepov je povrnitev pestrosti bioloških vrst, z obnovo njihovih habitatov in krajine. V splošnem mora ekoremediacijska obnova slediti in omogočiti razvoj čim bolj naravnemu stanju. Izhodišče je ekosistem, ki ga je človek bolj ali manj degradiral ali uničil. (46: Zerbe 2019)

V skladu s Palmerjem in njegovimi sodelavci (2005) bi morali ekoremediacijo obravnavati kot prizadevanje za doseganje dinamičnega ekološkega stanja, »najmanj degradiranega in najbolj ekološko dinamičnega stanja, ki je mogoče glede na regionalne okoliščine« (30: Palmer et al. 2005). To pomeni, da si moramo prizadevati za obnovo dinamičnega stanja, za katerega so značilne prostorske in časovne spremembe biotske pestrosti in sestave, ki odražajo tiste v referenčnih sistemih, ter geometrija struge, ki se spreminja kot odziv na naravno spremenljivost pretoka. (45: Wohl et al. 2015)

### 1.2.1 Verbesserung des ökologischen Zustands

Böden von Ackerflächen und angrenzenden Gewässern, die durch den jahrelangen Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln belastet sind, können durch ökologische Sanierungsmethoden saniert werden. Die **Phytosanierung** kann mit Hilfe von Hyperakkumulatoren - Pflanzen mit hohem Biomassewachstum und hoher Wasseraufnahme (Evapotranspiration) – erfolgen. Die Anlage von **Mehrzweck-Drainagegräben, Feuchtgebieten und Vegetationsstreifen** - eine Methode zum Schutz der Umwelt vor punktueller Verschmutzung durch landwirtschaftliche Tätigkeiten - ist nützlich, um organische (Düngemittel) und anorganische (Pflanzenschutzmittel) Schadstoffe aus den Wasserläufen in solchen Agrarlandschaften zu entfernen.

Die drei Hauptbestandteile Substrat, Mikroben und Pflanzen sind in der Lage Nähr- und Giftstoffe durch Filtration, (aerobe und anaerobe) Zersetzungsprozesse und durch Integration in pflanzliche und tierische Biomasse zu reduzieren. So können durch die richtige Auswahl der Pflanzenarten, ihren ordnungsgemäßen Anbau und die regelmäßige Entfernung des Biomasseanfalls Schadstoffe kontrolliert entfernt werden, wodurch Wasser und Boden von Schadstoffen wie Nitraten und Pestiziden gereinigt werden (44: Vovk Korže et al. 2011).

### 1.2.2 Verringerung der Auswirkungen von Überschwemmungen

Die ökologische Sanierung kann dazu beitragen, den Wasserstand zu regulieren, was für den Hochwasserschutz sehr wichtig ist. Die Anpflanzung von Ufergehölzen entlang von Bächen und Flüssen, die Revitalisierung von Wasserläufen (Wiederherstellung von regulierten Wasserläufen) können dazu beitragen, Wasser zurückzuhalten und so Überschwemmungen im flussabwärts gelegenen Teil des Wasserlaufs zu verhindern.

Natürliche aquatische Ökosysteme haben im Laufe ihrer Ontogenese eine Reihe von Abhilfesystemen entwickelt, die es ihnen ermöglichen, ein dynamisches Gleichgewicht

### Izboljšanje ekološkega stanja

Zaradi dolgoletne uporabe gnojil in fitofarmaceutskih sredstev obremenjena tla obdelovalnih površin in priležna vodna telesa se lahko sanira z uporabo ekoremediacijskih metod. Za odstranjevanje organskih (gnojila) in anorganskih (fitofarmaceutska sredstva) onesnaževal vodotokov takšne kmetijske krajine je uporabna **fitoremediacija** z uporabo hiperakumulatorskih rastlin – rastline z visokim prirastom biomase in visokim privzemom vode (evapotranspiracija); ureditev **večnamenskih melioracijskih jarkov** in **mokrišč** ter z **vegetacijskimi pasovi** – metoda zaščite okolja pred netočkovnim onesnaževanjem, ki je posledica kmetijske dejavnosti.

Trije glavni sestavni deli, substrat, mikrobi in rastline, so sposobni zmanjšati količino hranilnih in strupenih snovi s pomočjo filtracije, (aerobnih in anaerobnih) razgradnih procesov ter s pomočjo vgradnje v rastlinsko in živalsko biomaso. S pravilno izbiro rastlinskih vrst, z njihovim pravilnim gojenjem in rednim odstranjevanjem prirastka biomase se tako lahko kontrolirano odstranjuje onesnaževala in s tem čisti vodo in tla pred onesnažili kot so nitrati in pesticidi (44: Vovk Korže et al. 2011).

### Zmanjšanje učinkov poplavnih voda

S pomočjo ekoremediacij lahko uravnavamo vodne količine, kar je zelo pomembno pri uresničevanju preventivnih protipoplavnih ukrepov. Zasaditev obrežne drevesne vegetacije ob potokih in rekah, revitalizacije vodotokov (obnova reguliranih vodotokov) omogočajo zadrževanje vode in s tem preprečevanje poplav v spodnjem delu vodotoka.

Naravni vodni ekosistemi so v svoji ontogenezi razvili številne remediacijske sisteme, ki jim omogočajo ohranjati dinamično ravnovesje in ublažiti določene ekstremne situacije (npr. poplave, suše). Revitalizacija vodotoka pomeni sanacijo nepravilnih posegov v vodotokih. Z revitalizacijo ali obnovo degradiranih

aufrechtzuerhalten und bestimmte Extremsituationen (z.B. Überschwemmungen, Dürren) abzufedern. Unter Bachrevitalisierung versteht man die Sanierung von unsachgemäß bewirtschafteten Wasserläufen. Die Revitalisierung oder Wiederherstellung geschädigter Fließgewässer kann die Struktur und Funktion des aquatischen Ökosystems durch geeignete wasserwirtschaftliche Maßnahmen wiederherstellen. Zu diesem Zweck wird eine Reihe von Techniken eingesetzt, entweder in der Wasserrinne oder an den Ufern des Gewässers. Auf diese Weise werden Struktur und Funktion von Wasser- und Uferlebensräumen gezielt und zielgerichtet wiederhergestellt oder erhalten. Die Revitalisierung von Fließgewässern hält Wasser zurück, um Trockenheit flussaufwärts und Überschwemmungen flussabwärts zu verhindern, erhöht die Selbstreinigungskraft des Gewässers, erhält die biologische Vielfalt und verbessert den ökologischen Zustand des Gewässers. Gleichzeitig sorgt die Revitalisierung von Fließgewässern auch für eine nachhaltige und wirtschaftliche Bewirtschaftung der Gewässer auf lange Sicht.

Revitalisierungs- und Entschärfungsmaßnahmen an Gewässern ermöglichen:

- Verbesserung der Wasserqualität des Gewässers,
- Wiederherstellung von aquatischen und ufernahen Lebensräumen,
- Wasserrückhalt und Hochwasserschutz,
- natürliche Uferbefestigung und Erosionsschutz,
- Verbesserung des Erscheinungsbildes und der Integration in die Landschaft,
- die Möglichkeit einer erhöhten Wasserentnahme für den menschlichen Bedarf bei gleichzeitiger Gewährleistung eines angemessenen ökologischen Zustands des Wasserlaufs (44: Vovk Korže et al. 2011).

vodotokov se lahko ponovno vzpostavi strukturo in funkcijo vodnega ekosistema z ustreznimi vodnogospodarskimi posegi. Za to se uporabljajo številne tehnike, ki so izvedene v strugi ali na obrežju vodotoka. Na takšne načine ciljano in z določenim namenom obnovimo oziroma ohranimo zgradbo in funkcijo habitatov vodnega in obvodnega biotopa. Z revitalizacijami vodotokov zadržujemo vodo in tako preprečujemo sušo gorvodno in poplave dolvodno, povečamo samočistilno sposobnost vodotoka, ohranjamo biotsko raznovrstnost in izboljšamo ekološko stanje vodotoka. Z revitalizacijami vodotokov hkrati tudi zagotovimo dolgoročno trajnostno in gospodarno upravljanje z vodotokom.

Revitalizacije vodotokov in omilitveni ukrepi omogočajo:

- izboljšanje kvalitete vode v strugi,
- obnovo vodnih in obvodnih habitatov,
- zadrževanje vode in preprečevanje poplav,
- naravno utrditev brežin in preprečevanje erozije,
- izboljššan vizualni izgled in vklapljanje v krajino,
- možnost večjih odjemov vode za človekove potrebe ob hkratnem zagotavljanju ustreznega ekološkega statusa vodotoka (44: Vovk Korže et al. 2011).

## 2 Renaturierung von Fließgewässern [State of the Art inkl. Best-Practice]

Naturnahe Fließgewässer können besonders in Siedlungsgebieten die Wohn- und Lebensqualität steigern und zudem zu physischer und psychischer Gesundheit und Wohlbefinden des Menschen beitragen (46: Zerbe 2019).

Verbesserungen der Gewässerstruktur können durch verschiedene Renaturierungsmaßnahmen erreicht werden. Für die Maßnahmenwahl gibt zunächst das Gewässerleitbild die Richtung vor. Flächennutzung und -verfügbarkeit beschränken den Rahmen des Machbaren. Aus den Defiziten der lokalen Gewässerstruktur werden konkrete Maßnahmen abgeleitet.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten wie – je nach Ausgangslage – ein Fluss in den ursprünglichen Zustand zurückgeführt werden kann.

**Ausgangslage 1: Wenn Hindernisse vorhanden sind**

- Querbauwerke entfernen
- Hindernisse zu durchgängigen Gleiten umbauen
- Fischschutz- und Fischabstiegseinrichtungen errichten
- Durchlässe und Verrohrungen umgestalten
- Zuläufe naturnah anbinden
- Naturnahe Gewässerunterhaltung

**Ausgangslage 2: Wenn der Gewässerlauf nicht verändert werden kann**

- Entwicklung von Ablagerungen und Verkrautung zulassen
- Strukturelemente (z. B. Totholz) einbauen
- Gewässersohle anheben
- Niedrigwasserrinne gestalten
- Natürliche Gewässersohle herstellen
- Technischen Uferverbau austauschen
- Ufer abflachen
- Naturnahe Gewässerunterhaltung

**Ausgangslage 3: Wenn Gewässerprofil und Ufer verändert werden können**

## Ekoremediacija tekočih voda [Stanje tehnike, vključno z najboljšo prakso]

Naravni vodotoki lahko izboljšajo kakovost bivanja in življenja, zlasti v stanovanjskih območjih, ter prispevajo k telesnemu in duševnemu zdravju in dobremu počutju ljudi (46: Zerbe 2019).

Ustroj vodotoka je mogoče izboljšati z različnimi ekoremediacijskimi ukrepi. Prve usmeritve za izbiro primernih ukrepov nam priskrbi model vodotoka. Raba in razpoložljivost zemljišč omejujeta obseg izvedljivih ukrepov. Konkretni ukrepi so odvisni od lokalno ugotovljenih deficitarnih struktur v predmetnem vodotoku.

Vodotok je, glede na izhodiščno stanje, mogoče povrniti v prvotno naravno stanje na različne načine.

**Izhodiščno stanje 1: Kadar so prisotne ovire**

- Odstranjevanje prečnih objektov
- Vzpostavljanje prehodnosti in zveznosti vodotokov
- Gradnja ribjih stez in skrivališč oz. počivališč
- Preoblikovanje prepustov in cevovodov
- Sonaravno povezovanje vtokov
- Sonaravno vzdrževanje vodotokov

**Izhodiščno stanje 2: Kadar struge vodotoka ni moč spreminjati**

- Dopuščanje razvoja zarasti in naravnega sedimentnega toka
- Nameščanje elementov, ki razgibajo strukturo (npr. mrtev les, drevesa)
- Dvig dna struge
- Vzpostavitev dvojnega dna struge za koncentriranje vode ob nizkih pretokih
- Sonaravno urejanje dna struge
- Nadomeščanje tehničnih struktur za varovanje bregov s sonaravnimi
- Zniževanje naklona brežin
- Vzdrževanje vodotokov po sonaravnih principih

**Izhodiščno stanje 3: Kadar je mogoče spreminjati profil in brežine vodotoka**

- Begradigten Gewässerverlauf neu trassieren
- Uferverbau entfernen
- Strömungslenker einbauen
- Ufer und Gewässernahbereiche abflachen
- Ufer strukturreich gestalten
- Gewässerrandstreifen anlegen
- Eigendynamik in Teilbereichen zulassen
- Naturnahe Gewässerunterhaltung

- Preusmerjanje izravnanih strug
- Odstranjevanje obrežnih zaščitnih struktur
- Nameščanje usmerjevalnikov vodnega toka
- Zniževanje naklona brežin ter izravnava obvodnih območij (sekundarna poplavna območja)
- Oblikovanje strukturno raznolikih brežin
- Ustvarjanje obrežnih varovalnih pasov
- Dopuščanje naravne dinamike vsaj v delih vodotokov
- Vzdrževanje vodotokov po sonaravnih principih

Ausgangslage 4: Wenn weiträumige Entwicklung möglich ist

- Deiche rückverlegen
- Nutzung im Gewässerumfeld extensivieren
- Breiten Gewässerentwicklungskorridor anlegen
- Überflutungsräume sichern und erweitern
- Altarme reaktivieren oder Seitenarme anlegen
- Eigendynamik zulassen bzw. anstoßen
- Naturnahe Gewässerunterhaltung

(33: Umweltbundesamt 2019)

Aus den Ökosystemleistungen von Fließgewässern ergeben sich drei Hauptziele für deren Renaturierung: 1. Die Morphologie und Dynamik des Fließgewässers soll an natürliche Verhältnisse angepasst, 2. die Wasserqualität verbessert und 3. die Vielfalt der Biozöosen erhöht werden. Man unterscheidet weiters zwischen Maßnahmen am Flusseinzugsgebiet und jenen im Flussbett bzw. der Flussauen (46: Zerbe 2019).

Im Folgenden werden **8 goldene Regeln der Flussrenaturierung** beschrieben:

1. Verständnis komplexer Prozesse: Um die Ursachen für die Verschlechterung der Flussgesundheit und den Verlust von Ökosystemleistungen zu verstehen und die effektivsten und effizientesten Wiederherstellungsmaßnahmen zu ermitteln ist es entscheidend, sich ein Verständnis der komplexen physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse zu verschaffen, die für die

Izhodiščno stanje 4: Kadar je mogoče oblikovanje razširitvenih struktur vodotoka

- Umik nasipov od neposredne bližine vodotokov
- Ekstenzivna raba obvodnega prostora
- Oblikovanje širokih obvodnih koridorjev
- Zavarovanje in razširjanje poplavnih območij
- Ponovna vzpostavitev mrtvic in stranskih rokavov ali izvedba obvodnih stranskih strug
- Dopuščanje in spodbujanja naravne dinamike vodotokov
- Vzdrževanje vodotokov po sonaravnih principih

(33: Avstrijska zvezna agencija za okolje 2019)

Uspeh vzdrževanja oz. izboljšanja ekosistemskih storitev tekočih voda je odvisen od uspešnosti ekoremediacij v treh glavnih sklopih: 1. morfologijo in dinamiko tekočih voda je potrebno prilagajati naravnim danostim, 2. potrebno je izboljšati ekološko stanje vodotokov in 3. povečati raznolikost biocenoze. Nadaljnje se razlikuje med ukrepi v porečju in ukrepi v rečni strugi ali v poplavnih ravninah. (46: Zerbe 2019).

V nadaljevanju je predstavljenih **8 zlatih načel ekoremediacije vodotokov**:

1. Razumevanje kompleksnih procesov: Za prepoznavanje vzrokov slabšanja stanja vodotokov in izgubo ekosistemskih storitev je ključnega pomena razumevanje kompleksnih fizikalnih, kemijskih in bioloških procesov, ki so odgovorni za zdravje vodotokov. Le tako lahko prepoznamo in načrtujemo najučinkovitejše in najproduktivnejše obnovitvene ukrepe.
2. Strateško načrtovanje revitalizacije vodotokov mora upoštevati in vključevati vse obstoječe

Gesundheit der Flüsse verantwortlich sind, zu machen.

2. Ein strategischer Plan zur Flussrenaturierung sollte alle bestehenden Strategien, die sich auf den Fluss auswirken oder von ihm beeinflusst werden, erkennen und einbeziehen, um erreichbare Ziele zu ermitteln (z.B. Ziele der städtischen und industriellen Entwicklung, des Hochwasserschutzes und der Wasserversorgung). Die Planung sollte die Prioritäten der verschiedenen Arten von Gemeinschaften widerspiegeln und gleichzeitig eine breite Übereinstimmung mit den strategischen Zielen gewährleisten. Dazu gehört auch die Abwägung von Kompromissen zwischen menschlichen Bedürfnissen und der Umwelt, zwischen verschiedenen Menschen, Sektoren und Standorten sowie zwischen verschiedenen Flussfunktionen. Sanierungsziele und wasserrechtliche Regelungen müssen aufeinander abgestimmt werden, um den langfristigen Erfolg von Sanierungsprojekten zu gewährleisten und Verbesserungen der Flussgesundheit auch in Zukunft zu schützen.
3. Sanierungsmaßnahmen haben nur eine begrenzte Wirkung, wenn die wichtigsten Faktoren, die die Gesundheit der Flüsse beeinflussen, außerhalb des Sanierungsgebiets liegen. Sanierungsmaßnahmen müssen auf die Faktoren reagieren, die die Gesundheit der Flüsse einschränken.
4. Klare, erreichbare und messbare Ziele setzen. Die Ziele (und Zielsetzungen) sollten so weit wie möglich in Form von messbaren Veränderungen der Ökosystemfunktionen, der Bereitstellung von Ökosystemleistungen und, soweit möglich, von sozioökonomischen Faktoren formuliert werden.
5. Flüsse müssen mit Blick auf die Zukunft und nicht nur auf die Vergangenheit saniert werden. Bei der Planung und Umsetzung müssen die wahrscheinlichen Veränderungen der Landschaft im Laufe der Zeit und die Auswirkungen auf das Flusssystem berücksichtigt werden, einschließlich der Veränderungen des Klimas, der

strategije, ki se nanašajo na predmetni vodotok ali na katere povratno vpliva vodotok sam, da se lahko določi dosegljive cilje (npr. urbani in industrijski razvoj, protipoplavna zaščita in oskrba z vodo). Načrtovanje mora odražati prednostne naloge različnih skupnosti in hkrati zagotavljati splošno skladnost s strateškimi cilji. To vključuje usklajevanje kompromisov med potrebami ljudi in okolja, med različnimi posamezniki, sektorji in lokacijami ter med različnimi funkcijami vodotoka. Cilje revitalizacije je potrebno uskladiti z vodno zakonodajo, da se zagotovi dolgoročni uspeh ekoremediacijskih projektov in zaščiti vitalno stanje vodotokov tudi za bodoče rodove.

3. Remediacijski ukrepi imajo omejen učinek, če so glavni dejavniki, ki vplivajo na ekološko stanje vodotoka, zunaj območja remediacije. Ukrepi za obnovo se morajo odzvati na dejavnike, ki ogrožajo zdravje reke.
4. Postavitev jasnih, dosegljivih in merljivih ciljev. Cilje (in naloge) je potrebno oblikovati čim bolj v smislu merljivih sprememb funkcij ekosistemov, zagotavljanja ekosistemskih storitev in, kjer je to mogoče, družbeno-ekonomskih dejavnikov.
5. Vodotoke je potrebno sanirati z mislijo na prihodnost, ne le na preteklost. Pri načrtovanju in izvedbi je potrebno upoštevati verjetne spremembe pokrajine skozi čas in vplive na rečni sistem, vključno s spremembami podnebja, rabe tal, hidrologije, obremenitve z onesnaževali in razvoja znotraj koridorja vodotoka.
6. Strategije za revitalizacijo vodotokov je potrebno načrtovati, izvajati in upravljati tako, da so rezultati dolgoročno obstojni. Ustvariti je potrebno samozadostne ekosisteme, ki bodo v bodoče potrebovali čim manj posegov.
7. Vključevati je potrebno vse zadevne interesne skupine. Najboljši rezultati pri obnovi rek bodo verjetno doseženi s celostnim pristopom, ki upošteva vprašanja zemljišč in vod ter vključuje sodelovanje med institucijami in skupnostmi. Projekti revitalizacije so tudi priložnost za ponovno povezovanje ljudi in rek, kar lahko

Landnutzung, der Hydrologie, der Schadstoffbelastung und der Entwicklung innerhalb des Flusskorridors.

6. Strategien zur Flussrenaturierung sollten so geplant, umgesetzt und verwaltet werden, dass die Ergebnisse auf lange Sicht Bestand haben. Es sollten sich selbst erhaltende Ökosysteme geschaffen werden, die in Zukunft nur noch ein Minimum an Eingriffen erfordern.
7. Alle relevanten Interessensgruppen müssen miteinbezogen werden. Ein integrierter Ansatz, der Land- und Wasserfragen berücksichtigt und eine behörden- und gemeinschaftsübergreifende Zusammenarbeit einschließt, wird wahrscheinlich die besten Ergebnisse bei der Flussrenaturierung erzielen. Restaurierungsprojekte bieten auch die Möglichkeit, Menschen und Flüsse wieder miteinander zu verbinden, was zu Vorteilen führen kann, die über den Projektabschluss hinaus bestehen bleiben.
8. Überwachung, Bewertung, Anpassung und Nachweis der Restaurierungsergebnisse. Die Auswirkungen der Wiederherstellung sollen über einen relevanten Zeitraum hinweg aufgezeigt werden und sie sollte auch noch lange nach dem 'Abschluss' der Wiederherstellungsmaßnahmen fortgesetzt werden. (36: Speed et al. 2016)

Für den Erfolg von Maßnahmen sei eine ganzheitliche Betrachtung der Gewässer von zentraler Bedeutung. So sollte im Fokus künftiger Planungen nicht der Gewässerabschnitt allein, sondern der ganze Wasserkörper sowie sein Einzugsgebiet sein. Weiters sollten Einzugsgebietsanalysen in den Planungsprozess von Revitalisierungsmaßnahmen integriert werden, um eine fachlich fundierte Entscheidung über den Umfang und die räumliche Ausdehnung von Revitalisierungsmaßnahmen treffen zu können. (40: Sundermann et al. 2009)

Der natürlich entstandene Mäanderkanal hält das Wasser zurück, ist selbstreinigend und weist eine hohe Artenvielfalt auf. Andererseits ist die Puffer-, Selbstreinigungs- und Lebensraumkapazität kanalisierter Fließgewässer deutlich reduziert. In kanalisierten

privele do koristi, ki trajajo tudi še po zaključku projekta.

8. Spremljanje, ocenjevanje, prilagajanje in prikaz rezultatov revitalizacije. Učinek revitalizacije je treba dokazati v ustreznem časovnem obdobju in se mora nadaljevati še dolgo po »zaključku« revitalizacijskih dejavnosti. (36: Speed et al. 2016)

Za uspeh ukrepov je bistvenega pomena celovit vpogled v vodna telesa. Zato se pri načrtovanju prihodnje ureditve ne bi smelo osredotočati le na odsek vodnega telesa, temveč na celotno vodno telo in njegovo prispevno površino. Poleg tega bi bilo potrebno v postopek načrtovanja ukrepov za revitalizacijo vključiti analize prispevnih območij, da bi lahko sprejeli tehnično utemeljeno odločitev o obsegu in prostorskih razsežnosti ukrepov za revitalizacijo. (40: Sundermann et al. 2009)

Naravno oblikovana struga z meandri zadržuje vodo, v njej potekajo samočistilni procesi in ima visoko biotsko pestrost. Na drugi strani je v kanaliziranih vodotokih izrazito zmanjšana puferska, samočistilna in habitatna sposobnost. V kanaliziranih vodotokih ob nalivu voda

Wasserläufen fließt das Wasser bei Regen schnell flussabwärts, was zu Überschwemmungen im unteren Teil der Wasserläufe und zu Trockenheit im oberen Teil während der Trockenzeit führen kann, da das Wasser nicht in der Landschaft zurückgehalten werden kann. Auch unsachgemäße Eingriffe in Fließgewässer verursachen erhebliche wirtschaftliche und ökologische Schäden (25: Kroflič & Vrhovšek 2007).

Die integrierte Bewirtschaftung von Wasserressourcen ist ein Prozess, der die koordinierte Entwicklung und Bewirtschaftung von Wasser und verwandten natürlichen Ressourcen in einer Weise ermöglicht, die das wirtschaftliche und soziale Wohlergehen steigert, ohne die Existenz lebenswichtiger Ökosysteme zu bedrohen. Ziel der integrierten Bewirtschaftung von Wasserressourcen ist es, ein Gleichgewicht zwischen der Nutzung der Ressource und dem Schutz und der Erhaltung der Ressource herzustellen, um ihre Funktionen und Eigenschaften zu erhalten (41: Vrhovšek 2003).

Ökologische Sanierungsmethoden dienen dem Schutz, der Wiederherstellung und der Reinigung der Umwelt auf nachhaltige Weise unter Verwendung natürlicher Elemente. Sie erfüllen mindestens drei wichtige Funktionen, die natürliche Ökosysteme haben: Selbstreinigung, Wasserrückhalt und Bereitstellung eines artenreichen Lebensraums. Die ökologische Sanierung hält das Wasser im Flusssystem zurück und verhindert Überschwemmungen. In Trockenperioden wird das auf diese Weise zurückgehaltene Wasser zur Bewässerung oder Anreicherung von Wasserläufen und Grundwasser verwendet. Alle natürlichen und auch nachhaltigen Elemente haben eine hohe Selbstreinigungskraft. Die drei Hauptbestandteile - Substrat, Mikroben und Pflanzen - sind in der Lage, Nährstoffe und toxische Substanzen unter anoxischen oder oxischen Bedingungen und durch den Einbau in pflanzliche und tierische Biomasse zu reduzieren. Durch die Auswahl der richtigen Pflanzenarten, den richtigen Anbau und die regelmäßige Entfernung des Biomasseaufwuchses können wir Schadstoffe auf kontrollierte Weise entfernen und so Wasser und Boden reinigen. Die dritte wichtige Funktion unter dem Gesichtspunkt der Erhaltung des natürlichen Ökosystems ist die biologische Vielfalt des Lebensraums und ist Teil der biologischen Vielfalt. Biodiversität ist die

hitro odteče dolvodno, kar lahko v spodnjem delu vodotokov povzroča poplave, v zgornjem delu pa v sušnem obdobju sušo, saj se voda v pokrajini ne more zadrževati. Z nepravilnimi posegi v vodotoke je tako povzročena tudi velika ekonomska in ekološka škoda (25: Kroflič & Vrhovšek 2007).

Celostno upravljanje z vodnimi viri je proces, ki omogoča usklajen razvoj in ravnanje z vodnimi in z njimi povezanimi naravnimi viri tako, da se gospodarsko in socialno blagostanje povečuje na način, ki ne ogroža obstoja življenjsko pomembnih ekosistemov. Cilj celostnega upravljanja z vodnimi viri je ujeti ravnotežje med rabo virov in zaščito ter varovanjem vira za ohranitev njegovih funkcij in značilnosti (41: Vrhovšek 2003).

Z ekoremediacijskimi metodami se na trajnostni način z naravnimi elementi varuje, obnavlja in čisti okolje. Z njimi zajamemo vsaj tri pomembne funkcije, ki jih imajo naravni ekosistemi: samočistilno funkcijo, zadrževanje vode in zagotavljanje biološko raznoliknega habitata. Z ekoremediacijami zadržujemo vodo v rečnem sistemu in preprečujemo poplave. V sušnem obdobju tako zadržano vodo uporabljamo za zalivanje oziroma bogatenje vodotokov in podtalnice. Vsi naravni in tudi sonaravni elementi imajo veliko samočistilno sposobnost. Trije glavni sestavni deli: substrat, mikrobi in rastline, so sposobni zmanjšati količino hranilnih in strupenih snovi v anoksičnih ali oksičnih razmerah ter s pomočjo vgradnje v rastlinsko in živalsko biomaso. S pravilno izbiro rastlinskih vrst, z njihovim pravilnim gojenjem in rednim odstranjevanjem prirastka biomase lahko tako kontrolirano odstranjujemo onesnaževala in s tem čistimo vodo in tla. Tretja pomembna funkcija s stališča ohranjanja naravnega ekosistema je biološka raznolikost habitata in je del biotske pestrosti. Biotska pestrost je pestrost življenjskih oblik (vrstna pestrost), genov (genska pestrost) ter ekosistemov (ekosistemska pestrost), habitatov in ekoloških procesov. Večja kot je biotska pestrost, večja je stabilnost naravnih sistemov. To je bistvena lastnost biotske pestrosti, saj večja pestrost

Vielfalt der Lebensformen (Artenvielfalt), der Gene (genetische Vielfalt) und der Ökosysteme (Ökosystemvielfalt), der Lebensräume und der ökologischen Prozesse. Je größer die biologische Vielfalt, desto größer die Stabilität der natürlichen Systeme. Dies ist ein wesentliches Merkmal der biologischen Vielfalt, da eine größere Vielfalt die Widerstandsfähigkeit der Ökosysteme erhöht. Diese Komponente der biologischen Vielfalt kann als Ökosystemdienstleistung bezeichnet werden. Eine weitere Komponente sind die biologischen Ressourcen (für die Lebensmittel-, Pharma- und Holzindustrie) und die soziologische Komponente, die für die Freizeitgestaltung sowie für kulturelle und ästhetische Ressourcen sorgt. All dies verleiht dem Schutz, der Wiederherstellung und der Erhaltung von Wasser- und Ufersystemen zusätzliche Bedeutung (9: Carlow & Petts 1994; 23: Hynes 1979; 16: Gordon et al. 1994, 37: Stevenson et al. 1996).

## 2.1 Techniken zur ökologischen Sanierung von Wasserläufen

Bei der Wiederherstellung bestimmter Ökosystemfunktionen und -werte ist es wichtig, die geeignete technische Maßnahme zu wählen, indem man sich an ähnlichen Beispielen aus nahe gelegenen Abschnitten orientiert, die sich noch in einem natürlichen Zustand befinden.

Das Hauptziel der Ökosanierung ist die Schaffung von Ökosystembedingungen für das Leben bestimmter Organismen, Gemeinschaften oder Lebensräume. Das Ziel einer solchen Revitalisierung ist es nicht, einen dauerhaften Zustand der Struktur zu erreichen, sondern Funktionen und Strukturen wiederherzustellen, die sich dann selbst tragen können.

Techniken, die das Gefälle und den Querschnitt des Gerinnes verändern, wie Dämme oder die Wiederherstellung von Mäandern, können die Stabilität des Gerinnes flussaufwärts und flussabwärts beeinträchtigen. Daher sollte zuvor eine hydraulische Studie durchgeführt werden. Techniken, die den Durchflussquerschnitt verringern, sollten einer Hochwassersicherheitsprüfung unterzogen werden.

omogoča večjo prožnost ekosistema. To komponento biološke pestrosti lahko imenujemo ekosistemska storitev. Naslednja njena komponenta so biološki viri (za prehrabno, farmacevtsko, lesno industrijo) ter sociološka komponenta, ki nudi rekreacijske, kulturne in estetske vire. Vse naštetu daje dodaten smisel varovanju, obnavljanju ter ohranjanju vodnih in obvodnih sistemov (9: Carlow & Petts 1994; 23: Hynes 1979; 16: Gordon et al. 1994, 37: Stevenson et al. 1996).

## Tehnike ekoremediacij vodotokov

Ob ponovni vzpostavitvi določenih funkcij in vrednot ekosistema je pomembna izbira primerne tehnike ukrepa – oziraje na podobne primere rešitev iz odsekov v bližini, ki so še v naravnem stanju.

Osnovni namen ekoremediacij je ustvarjanje ekosistemskih pogojev za življenje določenih organizmov, združb ali habitatov. Pri tovrstnih revitalizacijah ni želja doseči neko trajno stanja objekta, temveč zopet vzpostaviti funkcije in strukture, ki se bodo nato same vzdrževale.

Tehnike, ki spreminjajo naklon in prerez struge, kot so jezovi ali restavracije meandrov, lahko vplivajo na stabilnost struge gor in dolvodno. Zato je potrebna predhodna izvedba hidravlične študije. Pri tehnikah, ki zmanjšajo pretočni prerez, je potrebno preveriti poplavno varnost.

Nujna je uporaba naravnih materialov, le v izjemnih pogojih uporabljamo umetne materiale.

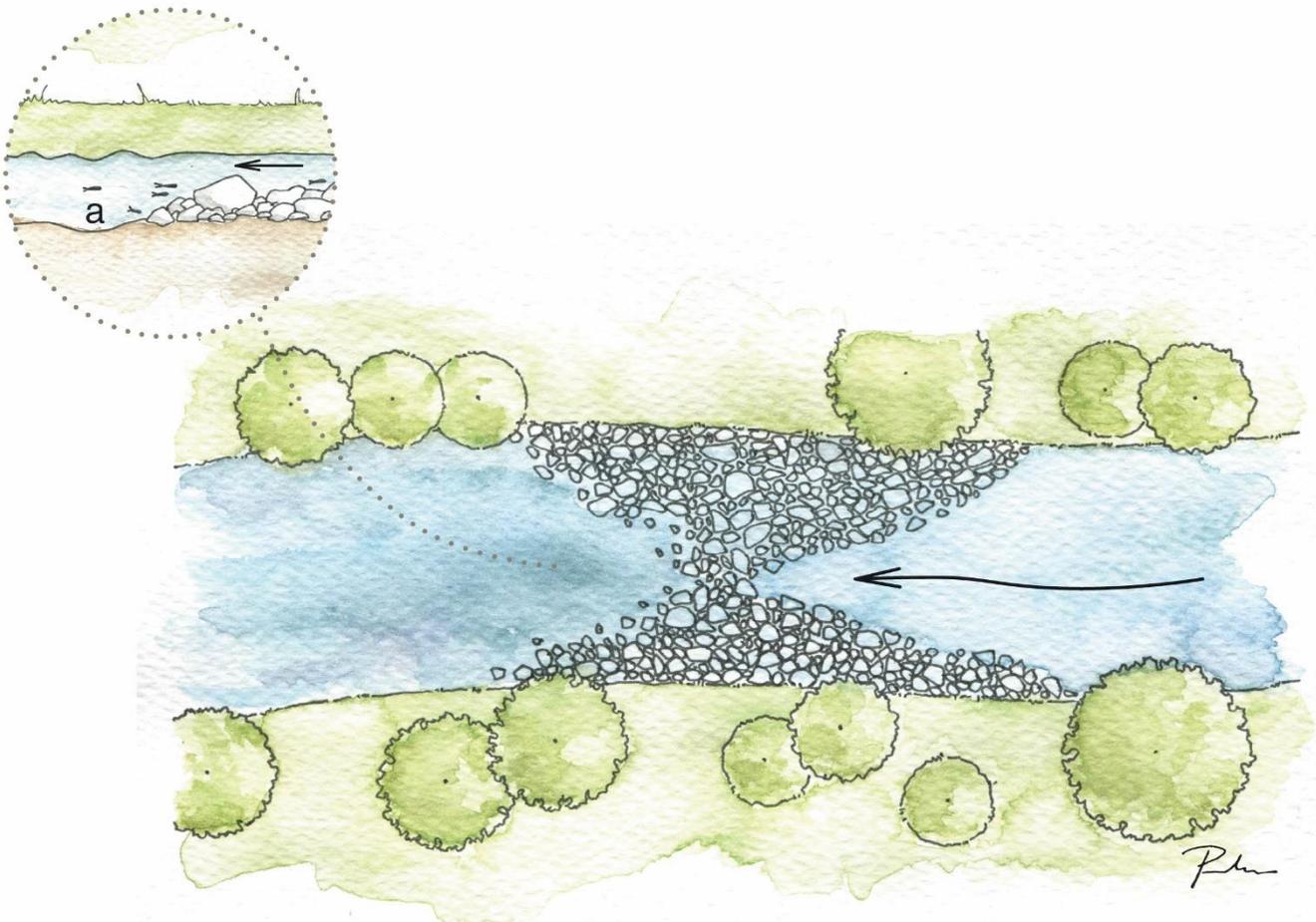
Poglavje je povzeto po knjigi Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov (42: Vrhovšek & Vovk Korže 2008), kjer so tehnike zbrane in dobro predstavljene za razumevanje tudi širše javnosti.

Die Verwendung natürlicher Materialien ist unerlässlich, nur in Ausnahmefällen sollten künstliche Materialien verwendet werden.

Dieses Kapitel ist dem Buch *Ecoremediation of channelized watercourses* (42: Vrhovšek & Vovk Korže 2008) entnommen, in dem die Techniken zusammengestellt und für das Verständnis der Allgemeinheit gut dargestellt sind.

### 2.1.1 Technische Umweltsanierungsmaßnahmen in einem Fließgewässer

### Tehnični ekoremediacijski ukrepi v strugi vodotoka



**Bild 1: Kiesstreifen**

Durch die Verengung des Gerinnes wird der Wasserfluss beschleunigt, es entsteht eine kleine Vertiefung (a) hinter den Kiesstromschnellen und die Lebensbedingungen für Wasserorganismen werden verbessert.

**Slika 1: Prodna brzica**

Zožena struga pospeši vodni tok, za prodno brzico se ustvari manjši poglobljeni del (a), pogoji za življenje vodnih organizmov se izboljšajo.

**Kiesstreifen:** bestehen aus Kies oder Steinen, deren Größe nicht größer ist als die mittlere Wassertiefe und nicht mehr als 30 cm beträgt. Die Höhe der Kiesbarriere an den Stromschnellen darf keine nennenswerte Aufstauung verursachen. Solche Kiesrinnen bieten ein Substrat für einige Wasserlebewesen und Fische zum Laichen. Der Kies wird so platziert, dass sich das Gerinne leicht verengt, der Wasserfluss beschleunigt und an der Stelle der

**Prodna brzica:** je sestavljena iz proda oz. kamenja velikosti, ki naj ni večji od globine srednje vode ter največ 30 cm. Višina prodne pregrade pri brzicah ne povzroči večje zaježitve. Takšne prodne brzice nudijo substrat za življenje nekaterim vodnim organizmom in drstenje rib. Prod je nameščen tako, da se struga nekoliko zoži, tok vode se na mestu same brzice pospeši in skoncentrira, voda se premeša in navzame kisika. Za brzico se ustvari

Stromschnelle selbst konzentriert, das Wasser umgewälzt und mit Sauerstoff angereichert wird. Hinter den Stromschnellen wird ein kleiner vertiefter Abschnitt geschaffen. Der Kies selbst führt dazu, dass sich mehr Substrat für Unterwasserorganismen ansammelt. Die technische Maßnahme ist relativ einfach und kostengünstig.

Sie wird auf einer geraden Strecke und nicht in einer Kurve durchgeführt. Kiesfallen werden vor allem in Bereichen aufgestellt, in denen vor der Entfernung grober Kies vorhanden war. Der Kies sollte so groß sein, dass er bei niedrigem und mittlerem Durchfluss stabil und bei hohem Durchfluss erosiv ist. Die Länge des Kieses sollte ein bis zwei Kanalbreiten betragen. Es ist besser, mehrere aufeinander folgende Stromschnellen zu nehmen als eine größere. Der Kies bewegt sich mit der Zeit den Kanal hinunter und bildet Stromschnellen und Tümpel.

Eine solche Struktur:

- verringert die Wasserenergie und reduziert das Erosionspotenzial,
- bildet eine Kombination aus Tümpeln und Stromschnellen, wodurch die Anzahl der Lebensräume erhöht und das Wasser belüftet wird,
- hebt niedrige Wasserstände an,
- verfestigt die Sohle des Gewässerbettes, verhindert die Verschlammung des Gewässers und erhöht seine Selbstreinigungskraft.

manjši poglobljeni del. Sam prod bo povzročil, da se bo nabralo še več substrata za podvodne organizme. Tehničen ukrep je razmeroma preprost in cenovno ugoden.

Izvede se jo na ravnem delu in ne na ovinku. Prodne brzice se postavlja predvsem na mestih, kjer je pred odstranitvijo bil grobi prod. Gramoz naj bo takšne velikosti, da bo stabilen ob nizkem ter srednjem pretoku in podvržen eroziji ob visokih vodah. Dolžina prodišča naj bo ena do dve širini struge. Primerneje je narediti več zaporednih brzic, kot eno večjo. Prod se s časom premika po strugi ter oblikuje brzice in tolmuje.

Takšen objekt:

- zmanjša vodno energijo in zmanjša potencial za erozijo,
- tvori kombinacijo tolmunov in brzic, kar poveča število habitatov in zrači vodo,
- dvigne nivo nizkih voda,
- utrjuje dno struge in ustavi poglobljanje vodotoka, ter poveča njegove samočistilne sposobnosti.

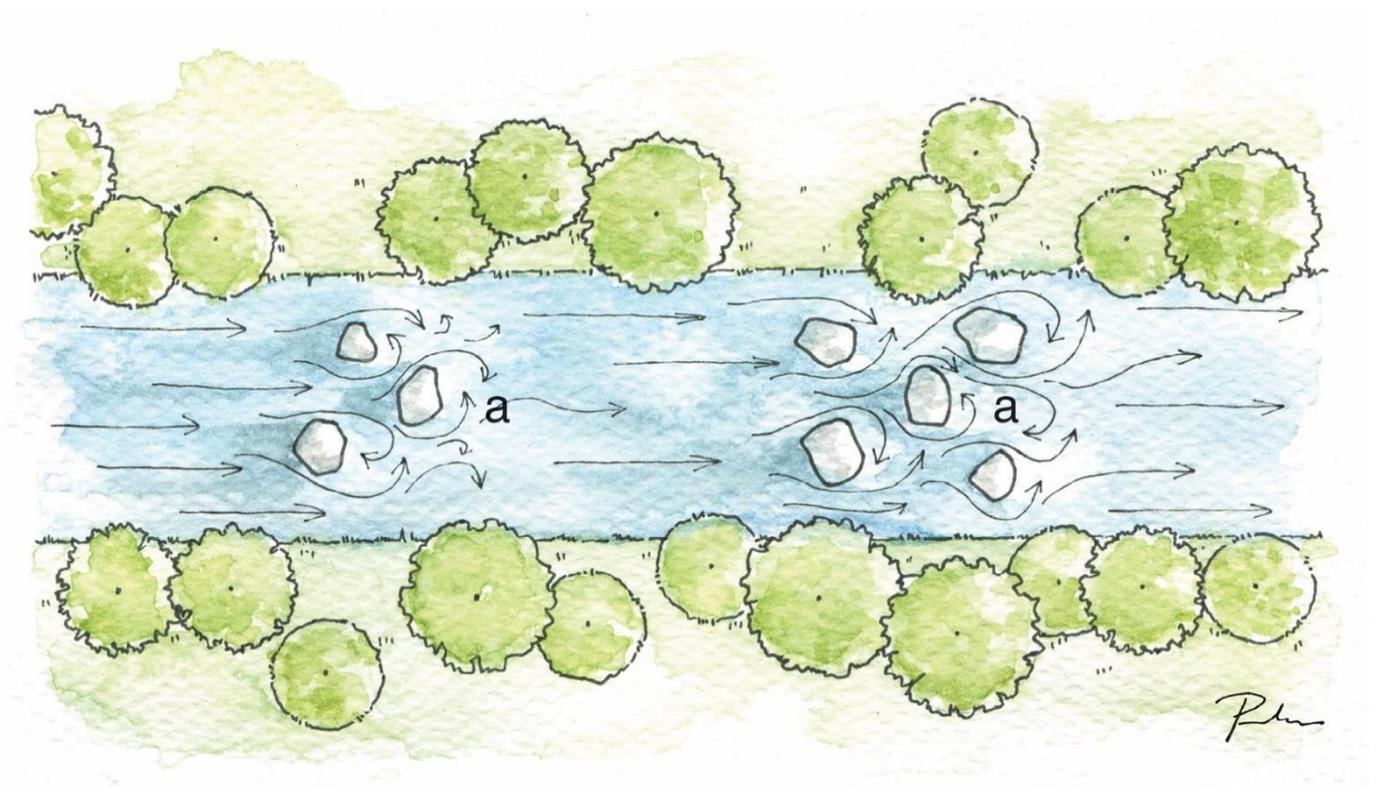


Bild 2: Störsteine

(Installationsbeispiel), hinter den Steinen werden Strudel erzeugt und kleine Tümpel ausgehoben (a)

Slika 2: Groblja

(primer postavitve), za kamni se ustvarijo vrtinci in izdolbejo manjši tolmoni (a)

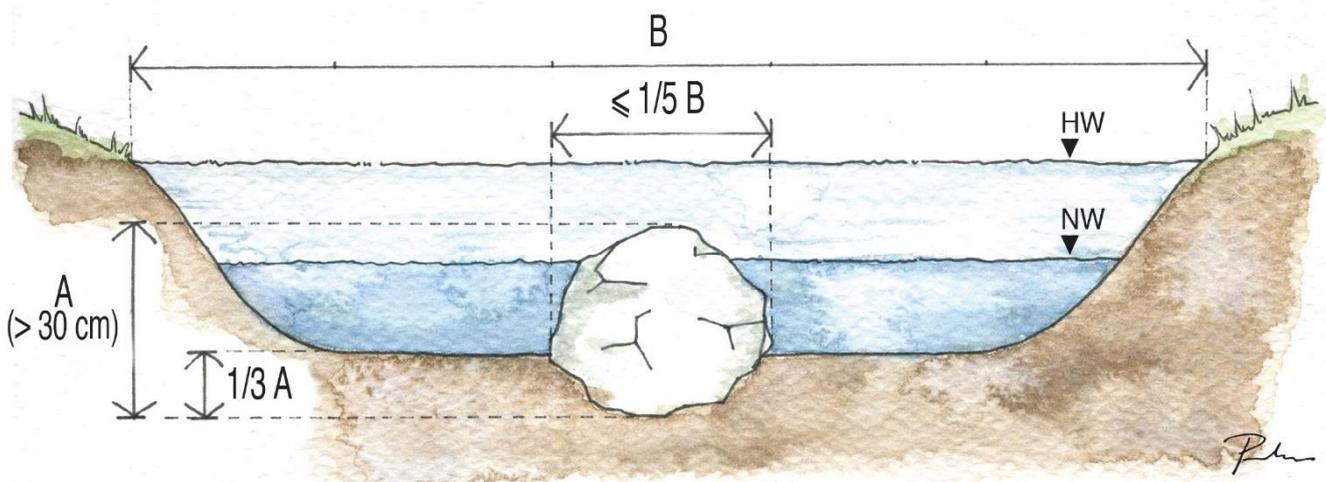


Bild 3: Darstellung der Abmessungen der Steine im Querschnitt des Kanals

Slika 3: Prikaz dimenzije kamnja v prečnem prerezu struge

**Störsteine:** Eine Gruppe größerer Steine (> 30 cm), die die Struktur des Lebensraums verbessert und die mittlere Körnung des Bodens erhöht. Hinter den Steinen werden Strudel erzeugt und kleine Tümpel ausgehoben, die den Fischen bei Niedrigwasser Unterschlupf bieten. Das aufgewirbelte Wasser bietet den Fischen auch Sichtschutz. Die Vorteile sind ähnlich wie bei den Kieselstromschnellen. Die Felsen nutzt die Energie der Wasserströmung und ist daher nützlich, wenn die Erosion des Flussbettes kontrolliert werden soll. Er eignet sich für Fließgewässer mit einer durchschnittlichen Wassergeschwindigkeit von mehr als 0,6 m/s.

Die Positionierung und Größe der Steine ist wichtig. Bei hohem Durchfluss sollte das Wasser über die Steine fließen, um einen Strudel und damit ein Becken zu bilden, während bei niedrigem Durchfluss der Stein über der Oberfläche liegen sollte. Der Stein muss groß genug sein, damit er nicht vom Wasser mitgerissen wird. Er sollte ein Drittel seiner Größe haben und in den Boden eingegraben sein. Hinter breiteren Steinen (> 50 cm), die senkrecht zur Strömung liegen, beginnt sich im mittleren Teil ein feines Substrat abzulagern, das das Bett weiter anreichern kann.

Steine sollten in Bereichen mit größerem Sohlgefälle platziert werden, an Stromschnellen sind breitere Kanäle besser geeignet. Sie eignen sich nicht für Rinnen mit sandigem oder schlammigem Boden, da sie instabil sind und sich die Steine absetzen können. Sie können in Kombination mit einem Strömungsumlenker eingesetzt werden, um eine größere Wirkung zu erzielen. Die maximale Größe der Steine sollte nicht mehr als 1/5 der Breite der Rinne betragen. Bei der Verlegung sollte darauf geachtet werden, dass das Wasser nicht in die Uferböschungen fließt, die dann erodieren könnten. Im Querschnitt sollten die Steinaggregate bei vollem Durchfluss weniger als 10 % des Querschnitts einnehmen.

- In der Regel sind 3 bis 5 Steine in einer Gruppe ausreichend. Wenn keine geeigneten Steine zur Verfügung stehen, können auch Holzmaterialien verwendet werden.

**Tiefenrinne:** ist der vertiefte Teil eines Wasserlaufs und wechselt in einer Folge mit Stromschnellen ab. In einem Tümpel verlangsamt sich der Wasserfluss und führt zu: Ablagerung von Feinpartikeln (mit Schad- und

**Groblja:** je skupina večjih kamnov (> 30 cm), ki izboljšuje habitatno strukturo in povečuje sedimentacijo srednje velikih zrn sedimentov na dnu struge. Za kamni se ustvarijo vrtinci in se izdolbejo manjši tolmun, ki nudijo zavetišče ribam ob nizkih pretokih. Vrtinčasta voda nudi tudi vizualno zavetišče ribam. Koristi so podobne kot pri prodnih brzicah. Groblja porablja energijo vodnega toka, zato je uporabna tam, kjer je želja po kontroli erozije rečnega dna. Primerna je za vodotoke, kjer povprečna hitrost vodnega toka presega 0,6 m/s.

Postavitev in velikost kamenja je pomembna. Ob visokih pretokih se mora voda pretakati preko kamenja, da ustvari vrtinec in s tem tolmun, ob nizkih pretokih pa naj bo kamen nad gladino. Kamen mora biti dovolj velik, da ga voda ne odnese. S tretjino svoje velikosti naj bo zakopan v podlago. Za širšimi kamni (> 50 cm), ki stojijo pravokotno na tok, se v srednjem delu začne odlagati fini substrat, kar lahko dodatno obogati usedline na dnu struge.

Kamni se postavijo na področjih, kjer je večji padec dna, na mestih brzic, primerneje so širše struge. Niso primerni za struge s peščenim ali muljastim dnom zaradi nestabilnosti in verjetnosti posedanja kamnov. Lahko se uporabljajo v kombinaciji z odbijačem toka za doseganje večjega učinka. Največja velikost kamenja naj ne bo večja kot je 1/5 širine struge. Pri postavljanju je potrebno paziti, da se ne usmeri toka vode v brežine, ki bi tako lahko potem erodirale. V prečnem prerezu morajo zasedati skupki kamnov manj kot 10% pri polnem toku.

- Običajno zadostuje 3 do 5 kamnov v gruč. Če ni na voljo primernih kamnov, se lahko uporabijo leseni materiali.

**Tolmun:** je poglobljen del vodnega toka in se izmenično pojavljajo v sekvenci z brzicami. V tolmunu se tok vode upočasni in povzroči: usedanje finih delcev (s polutanti in hranili), nastanek novih habitatov, povečan čas

Nährstoffen), Schaffung neuer Lebensräume, verlängerte Verweildauer des Wassers im Fließgewässer (höhere Trockenwasserstände), verstärkter Kontakt zwischen Wasser und Ufer und damit eine feuchtere Umgebung, Verbesserung des ästhetischen Wertes und der Vielfalt des Fließgewässers.

Kolke bilden sich auf natürliche Weise am Rande von Flussläufen, hinter Stromschnellen und entlang großer Felsen. Um ein dauerhaftes Wasserbecken zu schaffen, ist ein Erosionsbecken erforderlich. Eine an der falschen Stelle geplante Sohlvertiefung würde bald nach der Fertigstellung wieder verlanden, würde aber den Wasserlauf für einige Jahre aufwerten. Wenn die Sohle ausreichend ausgebildet ist (Entfernung größerer Fraktionen), wird das Becken selbst stromabwärts und stromaufwärts der Schwelle, des Gerinnes, an den Stellen, an denen der Bach durch den Puffer eingeengt wird, und an den Außenseiten der Mäander ausgehoben.

zadrževanja vode v vodotoku (bogatejši sušni vodostaji), povečan stik med vodo in brežino in s tem bolj namočena okolica, izboljša se estetska vrednost in raznolikost vodotoka.

Tolmuni naravno nastajajo na zunanji strani rečnih okljukov, za brzicami in ob večjih skalah. Za doseg postavitve trajnega tolmana je potrebna izvedba erozijskega tolmana. Sam izkop tolmana na nepravem mestu bi bil podvržen zasipavanju, nudi pa bi nekajletno popestritev vodotoka. V primeru, da je dno struge ustrezno (odstranitev večjih frakcij), se tolmun sam izdolbe na dolvodni in gorvodni strani pragu, drče, na mestih zožitev toka z odbijačem in na zunanji strani meandrov.

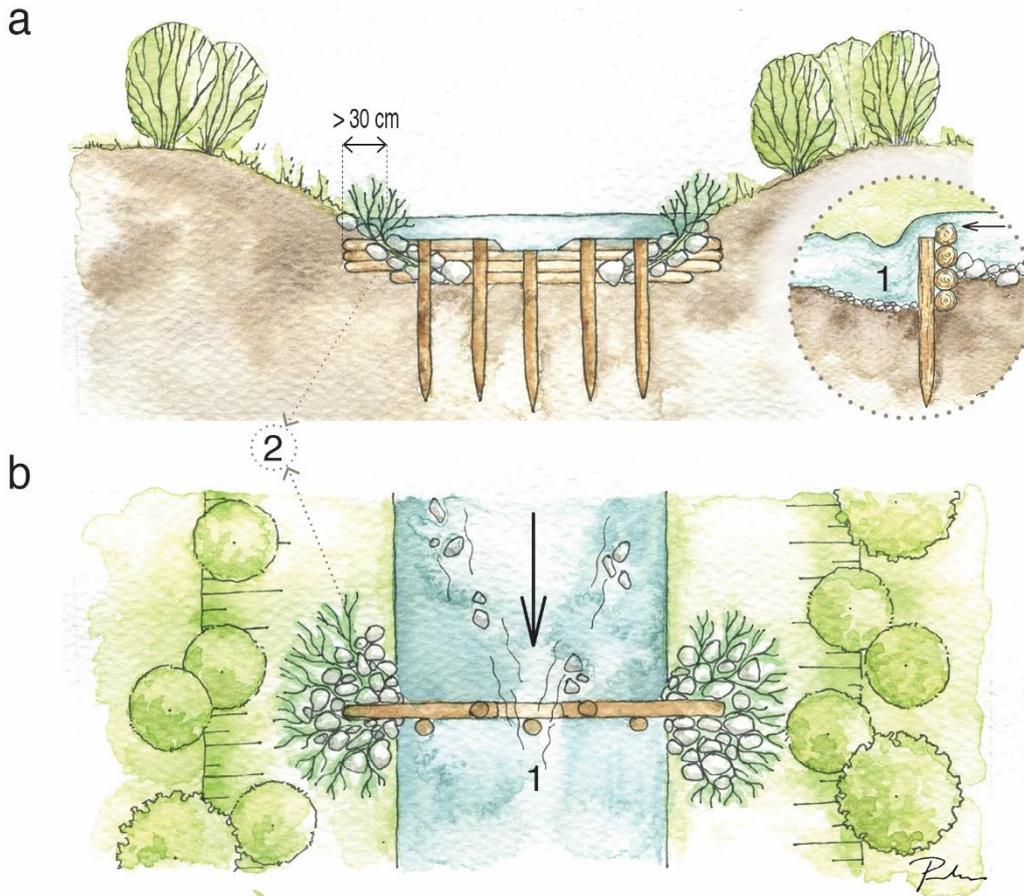


Bild 4: **Schwelle**

im Querschnitt und in der Längsansicht der Rinne (a) und in der Draufsicht (b); Erosionsbecken (1); abgehärtete Ufer und Bepflanzung (2)

Slika 4: **Prag**

v prächnem in vzdolžnem prerezu struge (a) ter v tlorisu (b); tolmun (1); utrjena brežina in zasaditev vegetacije (2)

**Schwelle:** ist ein quer verlaufendes Objekt mit einer Überlaufhöhe von bis zu 10 cm, das bei niedrigem und mittlerem Wasserstand einen lokalen Aufstau verursacht. Bei Hochwasser führt der stromaufwärts gerichtete Aufprall einer richtig bemessenen Schwelle nicht zu einem Anstieg des Wassers, sondern nur zu einem lokalen Schwall. Der Bau von Querbauwerken ist nur für bestimmte Längsgefälle im Wasserlauf relevant. Stromaufwärts der Schwelle kommt es aufgrund der schnelleren Wasserströmung zu einer lokalen Vertiefung von bis zu etwa 10 cm. Unterhalb der Schwelle entsteht in der Regel ein Becken, wenn die Beschaffenheit der

**Prag:** je prečni objekt z višino preliva do nekaj 10 cm, ki povzroči lokalno zajezbo pri nizkih in srednjih vodah. Pri visokih vodah pa vpliv pravilno dimenzioniranega pragu gorvodno ne povzroči dviga vode, le lokalni val. Gradnja prečnih objektov vodnih zgradb pride v poštev šele pri določenih vzdolžnih padcih struge vodotoka. Pred pragom je zaradi hitrejšega vodnega toka lokalno poglobitev do nekaj 10 cm. Pod pragom se praviloma, če to dopušča dno struge, ustvari tolmun. Prag obogati vodo z raztopljenim kisikom.

Nizke pragove se izvede z uporabo lesa, kamna ali kombinacije obeh. Leseni pragovi so lahko iz večjih hloedov, oblic, polovičarjev ali pa z zagatnico. Prag povzroči

Gewässersohle dies zulässt. Die Schwelle reichert das Wasser mit gelöstem Sauerstoff an.

Niedrige Schwellen werden aus Holz, Stein oder einer Kombination aus beidem hergestellt. Holzstürze können aus größeren Stämmen, Stämmen, Halbstämmen oder mit einer Zapfenverbindung hergestellt werden. Die Schwelle einen stromaufwärts gerichteten Wasserrückstau verursachen. Bei der Bemessung der Schwellenhöhe muss das Verhältnis zwischen Wasservolumen und Wasseroberfläche berücksichtigt werden, das die Sedimentationsdynamik und die Energiemenge bestimmt, die der Wasserkörper durch Sonneneinstrahlung, Wassertemperatur, Primärproduktion und Sauerstoffsättigung erhält. Der Uferbereich des Rückstaus muss mit Pflanzen bepflanzt werden, die das stehende Wasser beschatten und so eine übermäßige Erwärmung, Eutrophierung und Makrophytenwachstum verhindern, die den Rückstaubereich vorzeitig füllen würden.

Es ist darauf zu achten, dass die Schwellen wasserdicht sind, da undichte Schwellen bei Niedrigwasser Migrationshindernisse für Fische und andere aquatische Organismen darstellen können. Die Wasserdichtigkeit wird durch feststehende Holzelemente oder durch Filz gewährleistet, der schnell verschlammt und Wasser zurückhält. Das Ufer am Rande der Schwelle sollte ebenfalls vor Erosion geschützt werden. Die Schwelle sollte mindestens 30 cm in das Ufer hineinreichen. Der Boden ist an dieser Stelle durch Uferbefestigungsmaßnahmen (siehe unten) zu verfestigen. Hinter der Schwelle ist ein Becken erforderlich, damit Fische die Schwelle gut durchschwimmen oder überspringen können, und in einem Abstand von 3 m unterhalb der Schwelle müssen größere Fraktionen aus der Gewässersohle entfernt werden. Das Wasser gräbt dann die Vertiefung selbst aus.

Die Schwellen gibt es in verschiedenen Formen. Die Lage der Überlaufachse kann rechtwinklig, schräg, parallel (seitlicher Überlauf) oder zusammengesetzt (z. B. V-Schwelle) sein, je nach Wasserführung. Aufgrund der Konzentration der Niedrigwasserströme wird in der Regel ein Teil der Überlaufkrone abgesenkt. Ein solcher Schwellenwert wird auch als Membranschwelle

zajezitev gorvodno. Pri dimenzioniranju zajezitve se mora upoštevati razmerje med volumnom vode in vodno površino, s tem se namreč določi dinamiko usedanja in količino energije, ki jo vodno telo z osončenjem prejme, temperaturo vode, primarno produkcijo in nasičenost s kisikom. Na mestu zajezitve je potrebna zasaditev vegetacije, ki bo senčila stoječo vodo – preprečevala prekomerno segrevanje, evtrofikacijo in razrast makrofitov, ki bi predčasno zapolnila zajezitev.

Potrebno je zagotoviti vodotesnost pragov, saj netesni pragovi lahko povzročijo blokado na ribji poti v času nizkih voda. Vodotesnost se zagotovi s tesno prilegajočimi se lesenimi elementi ali s filcem, ki se kmalu zamulji in zadrži vodo. Prav tako je potrebno zaščititi brežino ob robu pragu pred spodjedanjem. Prag naj se zajeda vsaj 30 cm v samo brežino. Zemljino se na tem mestu utrdi z ukrepi za utrjevanje brežin (opisani v nadaljevanju). Za pragom je obvezen tolmun, ki ribam omogoča zalet pri premagovanju višine praga, zato je na razdalji 3 m pod pragom iz dna korita potrebna odstranitev večjih frakcij. Poglobitev bo voda kasneje izdolbila sama.

Pragovi so različnih oblik. Položaj osi preliva je lahko glede na vodni tok: pravokoten, poševen, vzporeden (bočni preliv), sestavljen (npr. V-prag). Zaradi koncentracije nizkih pretokov imajo običajno del prelivne krone znižan. Takšen prag se imenuje tudi membranski prag. Mesto koncentriranega preliva lahko na delih ravne struge, kjer je več zaporednih pragov, izmenično postavljamo na levi in desni breg, da dobimo vijugajočo matico vodnega toka.

Za pragom se ustvari erozijski tolmun, ki lahko spodjeda sam prag, zato je potrebno načrtovanje ustreznega temeljenja.

bezeichnet. Der Standort eines konzentrierten Überlaufs kann abwechselnd am linken und rechten Ufer eines geraden Gerinnes liegen, wo mehrere aufeinanderfolgende Schwellen eine mäandernde Matrix des Wasserflusses bilden.

Hinter der Schwelle entsteht ein Erosionsbecken, das die Schwelle selbst erodieren kann, weshalb eine angemessene Fundamentplanung erforderlich ist.

Large Woody Debris (LWD): eine in den USA häufig verwendete technische Maßnahme, die als "Large Woody Debris" (LWD) bezeichnet wird. Sie ahmt den natürlichen Zustand von Wasserläufen nach, in die oft Äste und/oder ganze Bäume fallen. Solches Totholz (> 10 cm Durchmesser und 2 m Länge) spielt in Fließgewässern eine wichtige Rolle. Sie bieten Fischen Unterschlupf, sowohl in Form einer geringeren Wassergeschwindigkeit als auch in Form von Schatten, sie sind ein Substrat für viele wirbellose Tiere, und sie stellen Partikel aus organischem Material dar, die zur Primärproduktion des Gewässers beitragen. Größere Holzstücke beeinflussen auch die Flussmorphologie, indem sie Tümpel bilden, Mäander vergrößern und gleichzeitig die Wasserenergie brechen, die Erosion verringern und den Wasserrückhalt erhöhen. Sie bieten auch einen sicheren Platz für Reptilien und Vögel.

Die technische Maßnahme kann für mehrere Zwecke eingesetzt werden: Schaffung von Lebensräumen, Umleitung von Wasserströmen, Erosionsschutz und Uferschutz. Sie können Tümpel schaffen, das Gerinne in flachen Bereichen vertiefen, den Fluss von den Ufern weggleiten und Erosion verhindern, die Ufer festigen und die Anzahl der Rückzugsgebiete im Wasser erhöhen. Bäume mit vielen Ästen und/oder Wurzeln sind für Fische und wirbellose Tiere von größtem Wert. Diese Stücke haben eine große Oberfläche, sind aber schwieriger zu installieren. Sie können ein Problem darstellen, wenn wir mit Hochwasser zu kämpfen haben. Glatte Stämme ohne Seitenäste sind dagegen weniger wertvoll für die Schaffung von Lebensräumen, eignen sich aber besser für die Strömungslenkung und den Uferschutz. Die Technik eignet sich für Fließgewässer mit geringer Sohlkörnung und geringem Gefälle, die nicht mit Ufergehölzen bewachsen sind. Um Überschwemmungen zu vermeiden,

Večji kosi lesa – padla drevesa: pogosto uporabljen tehnični ukrep v ZDA in se imenuje »Large Woody Debris« (LWD). Posnema naravno stanje vodotokov, v katere pogosto padajo veje in/ali cela drevesa. Takšni leseni ostanki (> 10 cm premer in 2 m dolžine) predstavljajo pomembno vlogo v vodotokih. Nudijo zavetje ribam, tako v obliki manjše vodne hitrosti, kot tudi sence, so substrat mnogim nevretenčarjem, ter predstavljajo delce organske snovi, ki prispevajo k primarni produkciji vodotoka. Večji kosi lesa tudi vplivajo na rečno morfologijo, ustvarjajo tolmane, povečujejo meandre, hkrati pa razbijajo vodno energijo, kar zmanjšuje erozijo in poveča zadrževanje vode. Nudijo tudi varen prostor za plazilce in ptice.

Tehnični ukrep se lahko uporablja v več namenov: za ustvarjanje habitatov, usmerjanje vodnega toka, preprečevanje erozije in zaščito brežin. Ustvarjajo lahko tolmane, poglobljajo strugo na plitvih delih, usmerjajo tok stran od brežin in preprečujejo erozijo, utrjujejo brežine, povečujejo število zatočišč v vodi. Največjo vrednost za ribe in nevretenčarje imajo drevesa z veliko vejami in/ali koreninami. Takšni kosi imajo veliko površino, vendar jih je težje namestiti. Lahko predstavljajo problem, če imamo težave z visokimi vodami. Po drugi strani pa imajo gladka debela brez stranskih vej manjšo vrednost, kar se tiče ustvarjanja habitatov, so pa bolj ustrezna za usmerjanje toka in zaščito brežin. Tehniko je smotrno uporabljati v vodotokih z majhno zrnatostjo usedlin na dnu in nizkim padcem, brez obstoječe obrežne drevesne zarasti. Za preprečevanje poplav deblo ne sme presežati več kot 10% prečnega prereza aktivne struge.

sollte der Kanal nicht mehr als 10 % des Querschnitts des aktiven Gerinnes ausmachen.

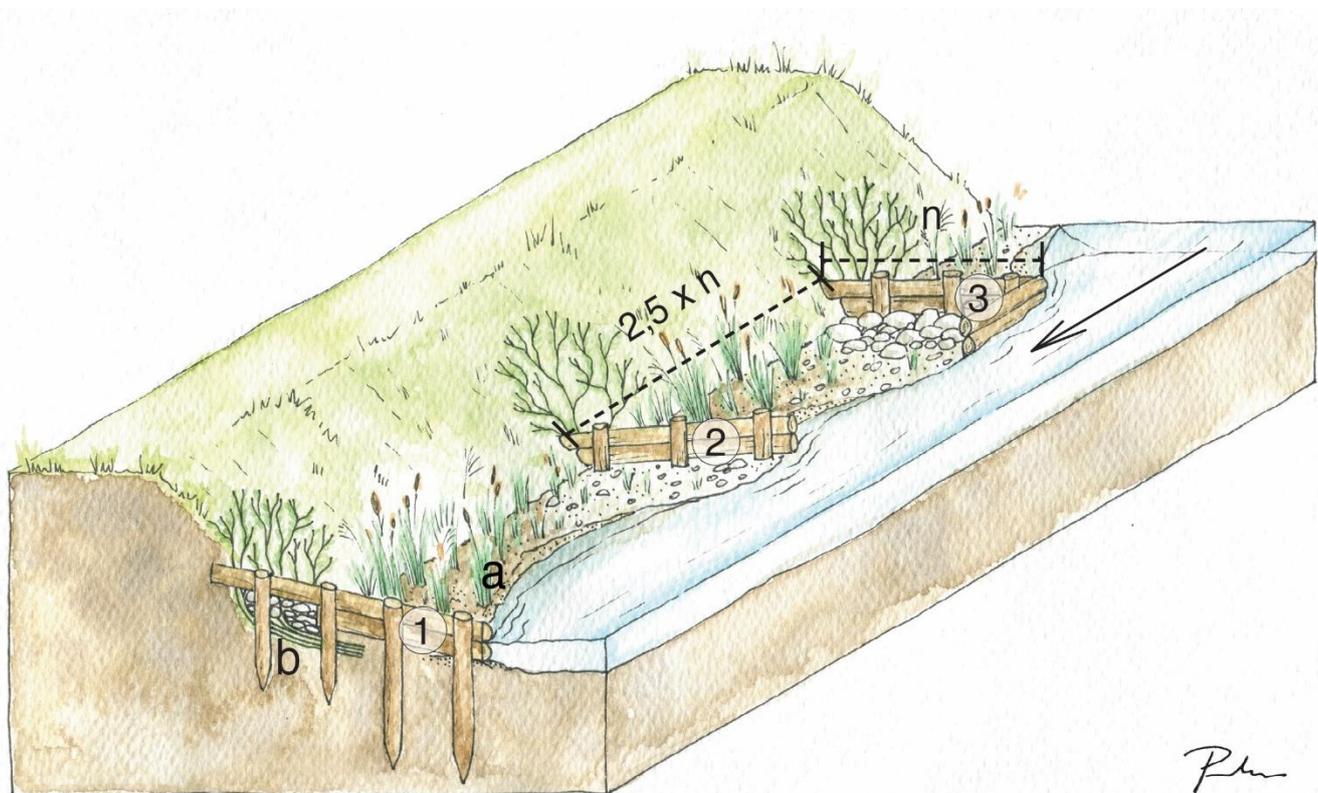


Bild 5: Beispiele für **Strömungsumlenker**

die Puffer können dekliniert (1); oder inkliniert (2); Strömungsumlenker mit Spornkonstruktion(3); Feuchtbiotop (a); Weidenzweige, beschwert mit Schotter (b)

Slika 5: Primeri **odbijačev toka**

deklinantni odbijači (1), inklinantni odbijači (2), odbijači toka z ostrogo (3); mokrotni habitat (a); vrbov poplet obtežen z lomljencem (b)

**Strömungsumlenker:** sind einfache Bauwerke, die den Wasserfluss lenken und konzentrieren. Die Wasserströmung wird beschleunigt, und am Rande des Puffers entsteht ein kleines Becken, es bilden sich Wirbel und die Sauerstoffaufnahme wird erhöht. Durch den Austausch von Sedimentation und Erosion an einem zuvor eintönigen Standort entstehen hinter den Bauwerken unterschiedliche Sohlsubstrate und kleine Feuchtbiopte. Die Selbstreinigungskraft des Gewässers wird erhöht, während die Hochwassersicherheit bei Hochwasser erhalten bleibt. Fließpuffer eignen sich zur Auflockerung des Wasserflusses in begrädigten Kanälen, in denen kein Platz für die Wiederherstellung von Mäandern vorhanden ist. Sie eignen sich für Fließgewässer, bei denen das Bett

**Odbijači toka:** so preproste zgradbe, ki usmerjajo in koncentrirajo vodni tok. Pretok vode se pospeši, na robu odbijača pa se izdolbe manjši tolmun, nastajajo vrtinci, poveča se privzemanje kisika. Zaradi izmenjave sedimentacije in spodjedanja se na prej monotoni lokaciji vzpostavijo različni substrati na dnu, za samimi objekti pa se ustvarijo manjši mokrotni habitati. Poveča se samočistilna sposobnost vodotoka, hkrati pa se obdrži poplavna varnost visokih voda. Odbijači toka so primerni za popestritev vodnega toka na izravnanih strugah, kjer nimamo prostora za restavracijo meandrov. Primerni so na vodotokih, kjer je dno reguliranega korita preširoko in se nabira sediment zaradi (pre)počasi tekoče nizka vode. Odbijači toka so narejeni tako, da imajo vpliv na nizke in

des regulierten Gerinnes zu breit ist und sich aufgrund von (zu) langsam fließendem Niedrigwasser Sedimente ansammeln. Strömungsabweiser sind so konzipiert, dass sie bei niedrigem und mittlerem Wasserstand wirken, während sie bei hohem Wasserstand leicht überfordert werden können. Durch die Anlage wird auch der Niedrigwasserstand leicht angehoben.

Die Puffer sind hydraulisch wirksam, wenn ihre relative Position einen Mindestabstand von etwa der 2,5-fachen Länge des Puffers nicht überschreitet. In einem kleinen Trog würde diese Bedingung eine übermäßige Dichte von Objekten erfordern, weshalb eine Spornkonstruktion vorzuziehen ist. Der Kopf des Stoßfängers wird in Richtung des Wasserstroms verlängert, wodurch die Umlenkung des Wasserstroms noch verstärkt wird. Es können auch doppelseitige Puffer eingesetzt werden, um die Bildung eines Pools in der Mitte der Rinne zu gewährleisten. Bachpuffer können auch nacheinander auf einer Seite des Ufers angelegt werden, wodurch das zu breite Gerinnebett verengt und ein kleineres Feuchtgebiet geschaffen wird. Die Puffer können dekliniert (stromabwärts) oder inkliniert (mit der Spitze stromaufwärts) sein. Unterschiede gibt es bei der Form der flussabwärts gelegenen Düne.

Die Technik kann auch zur Verhinderung von Erosion eingesetzt werden, indem der Fluss von den Ufern weggeleitet und die Geschwindigkeit des Wassers entlang des Ufers verringert wird. Sie kann auch zur Stabilisierung von Mäandern und des Verlaufs des Gerinnes im Allgemeinen (Breite und Form) eingesetzt werden.

Bachpuffer können aus Faschinen (in Form eines Bündels gebundener Äste), Stämmen, Rundhölzern, Pfählen, Pfählen, Weidenzweigen oder Steinen hergestellt werden. In kleineren Gerinnen werden Bachpuffer so angelegt, dass das Gerinnebett auf nicht mehr als 1/3 der vorhandenen Breite verengt wird. Stream Bumper sind relativ einfache und kostengünstige Konstruktionen, die keine schweren Maschinen erfordern. Ein kleiner Aushub des Ufers ist erforderlich und kann von Hand vorgenommen werden. Auf sandigen und lehmigen Böden müssen die Puffer mit Schotter abgestützt werden, um ein Einstürzen zu verhindern. Das Ende des Bauwerks

srednje vode, medtem ko jih visoka voda brez težav preplavi. Objekt tudi nekoliko dvigne vodostaj nizke vode.

Odbijači so hidravlično učinkoviti, če njihov medsebojen položaj ne preseže minimalne razdalje, ki je nekako 2,5-kratnik dolžine odbijača. V majhnem koritu bi ta pogoj zahteval preveliko gostoto objektov, zato je primernejša izvedba odbijačev z ostrogo. Glava odbijača se podaljša v smeri vodnega toka, kar bo preusmeritev vodnega toka še pojačalo. Izvede se lahko tudi obojestranske odbijače, za zagotovitev nastanka tolmuna v sredini struge. Odbijače toka se lahko postavlja tudi zaporedno, na eni strani brežine, s tem zožimo pretirano široko dno struge in ustvarimo manjše mokrišče. Odbijači so lahko deklinantni (v smeri toka) ali inklinantni (konica gleda gorvodno). Razlike se pojavijo v obliki sipine dolvodno.

Tehnični ukrep se lahko uporabi tudi pri preprečevanju erozije s preusmeritvijo toka od brežin in zmanjšanjem hitrosti vode ob obrežju. Uporabi se tudi za stabilizacijo meandrov in poteka struge na sploh (širina in oblika).

Odbijače toka se lahko izvede iz fašin (v obliki snopa vezane veje), debla, okroglic, polovičarjev, pilotov, vrbovega popleta ali kamenja. Na manjših strugah se odbijače toka postavlja tako, da zožijo dno korita na največ 1/3 obstoječe širine. Odbijači so relativno enostavni in cenovno ugodni objekti, ki ne zahtevajo težke mehanizacije. Potreben je manjši izkop brežine, ki se lahko izvede ročno. Na peščenih in meljnatih tleh se odbijače podpre z lomljenjem, da ne pride do porušitve. Konec strukture mora biti oblikovan vzporedno s smerjo vodnega toka, da se prepreči erozija.

sollte parallel zur Fließrichtung des Wassers geformt sein, um Erosion zu vermeiden.

**Kies und Inseln:** Schaffen Rückzugsräume für Tiere und Pflanzen und verbessern die Selbstreinigungskraft des Gewässers, indem sie die Filterwirkung und die Turbulenz des Wasserstroms erhöhen - mehr Sauerstoffaufnahme durch die Luft. Sie bestehen aus Steinblöcken, die mit Substrat und Vegetation gefüllt sind. Die Dämme müssen oberhalb des permanenten Wasserspiegels aufgefüllt werden. Geeignet für gleichförmige Fließgewässer und Fließgewässer mit schlechtem Substrat, z. B. verschlammtem Grund. In diesem Fall, vor allem bei schmalen Kanälen, ist es notwendig, die Ufer zusätzlich gegen Erosion zu schützen. Stromabwärts kann eine Schwelle gesetzt werden, um den Wasserspiegel anzuheben und die Erosion um die Insel zu verringern.

**Pflanzenkläranlagen:** Sie werden in einem Wasserlauf eingesetzt und unterscheiden sich von einer herkömmlichen Kläranlage. Die Besonderheit ist vor allem auf den höheren Durchfluss und die schädliche Wirkung von Hochwasser zurückzuführen. Der Schwerpunkt von flussbegleitenden Kläranlagen liegt auf der Behandlung von Niedrigwasser, das in der Regel am stärksten verschmutzt ist und gleichzeitig die Abflüsse darstellt, die durch die Kläranlage geleitet werden können. Auf diese Weise kann mehr als die Hälfte des Niedrigwassers behandelt werden, wodurch die Verschmutzung erheblich reduziert wird. Die wichtigsten Ziele der Behandlung sind pathogene Mikroorganismen, Nährstoffe und Pestizide. Es ist nicht möglich, Kläranlagen in Wasserläufen zu errichten, die große Mengen an Sedimenten transportieren, da die Kläranlage in diesem Fall schnell verstopfen würde. In solchen Fließgewässern ist es möglich, sie hinter Wehren einzusetzen, die Feinsedimente zurückhalten.

Die geringere Schadstoffkonzentration im Flusswasser (im Vergleich zum Abwasser) und die Notwendigkeit, den Durchfluss durch die Kläranlage zu maximieren, bestimmen die Größe der Kläranlage, die ein hohes hydraulisches Gefälle und eine kurze Verweilzeit haben sollte.

Das Problem des Hochwassers besteht vor allem in der Erosion des Substrats der CSG oder in der Ablagerung von

**Prodišča in otoki:** ustvarjajo zatočišča za živali in rastline in izboljšujejo samočistilne sposobnosti vodotoka zaradi filtriranja skozi objekt ter večje turbolentnosti vodnega toka – večje privzemanje zračnega kisika. Izvedejo se iz kamnitih blokov, napolnjenih s substratom in vegetacijo. Prodišča pa se nasujejo nad nivojem stalne vode. Primerno je za uniformne vodotoke in vodotoke s slabim substratom, npr. z zamuljenim dnom. Pri tem je potrebno, predvsem pri ožjih strugah dodatno zaščititi brežine pred erozijo. Dolvodno se lahko postavi prag, ki dvigne nivo vode in zmanjša erozijo okoli otoka.

**Rastlinske čistilne grede (ČG):** izvedene v vodotoku se razlikujejo od običajne rastlinske čistilne naprave za odpadno vodo. Specifičnost se kaže predvsem zaradi večjega pretoka in škodljivega vpliva visokih voda. Pri postavitvi ČG v vodotoku se osredotoči na čiščenje nizkih pretokov, ki so praviloma najbolj onesnaženi in hkrati predstavljajo pretoke, ki jih je možno spraviti skozi ČG. Tako se lahko več kot polovico nizkih pretokov očisti in s tem močno zmanjša onesnaženje. Cilj čiščenja so predvsem patogeni mikroorganizmi, hranila in pesticidi. ČG ni možno izvesti v vodotokih, ki transportirajo večje količine sedimentov, v takšnem primeru bi se ČG hitro zamašila. Izvedba je na takšnih vodotokih možna za zaježitvami, ki zadržijo fine sedimente.

Manjše koncentracije onesnaženja v rečni vodi (v primerjavi z odpadnimi vodami) in potreba po čim večjem pretoku skozi ČG narekujejo dimenzijo ČG, ki naj ima velik hidravlični padec in kratek zadrževalni čas.

Problem visokih vod je predvsem v eroziji substrata ČG ali nanašanje mulja na površino ČG. Za zaščito pred visokimi vodami se lahko ČG postavi v stransko strugo. Pri tem se zavaruje ČG pred visokimi vodami, bolj natančno se lahko dozira dotok in se ga tudi predhodno očisti z usedalnim tolmunom za odstranitev sedimentov. Izognemo se tudi težavam pri prehodu rib, zaradi ohranitve toka v glavni strugi. V glavni strugi se lahko zaščiti ČG pred erozijo z večjimi frakcijami substrata na površju, zaščitno mrežo ali

Schlamm auf der Oberfläche der CSG. Zum Schutz vor Hochwasser kann die CSG in einem Seitenkanal platziert werden. Dies schützt den CSF vor Hochwasser, ermöglicht eine präzisere Zuflussdosierung und erlaubt auch eine Vorreinigung des CSF mit einem Sedimentabsetzbecken zur Entfernung von Sedimenten. Probleme mit der Fischpassage werden auch dadurch vermieden, dass die Strömung im Hauptkanal gehalten wird. Im Hauptgerinne kann das CSG durch größere Anteile des Substrats an der Oberfläche, durch ein Schutznetz oder durch eine Aufweitung des Gerinnes so weit vor Erosion geschützt werden, dass die Hochwasserschleppkraft das Substrat des CSG nicht mitreißt.

### 2.1.2 Technische Umweltsanierungsmaßnahmen an einem Gewässerufer

Beton- und Steinschüttwände: Obwohl sie zum klassischen "harten" Wasserbau gehören, sind sie von einer Revitalisierung nicht völlig ausgeschlossen. Felsen sind ein natürliches Material und ein Ersatz für Beton in der Kanalregulierung. Der Nachteil entsteht vor allem dann, wenn Steinschläge über lange Strecken gleichmäßig ausgeführt werden, was zu einer eher monotonen Wasserführung und wenig abwechslungsreichen Lebensräumen führt. Sorgfältig konstruierte Skalometer, die präzise gestapelt sind und kleinere Öffnungen haben, sind zwar widerstandsfähiger gegen den Wasserfluss, verhindern aber das anschließende Wachstum der Vegetation.

Betonwände (über 50 cm) und Steinschüttwände (bis zu 70 cm) werden dort eingesetzt, wo Erosion ein Problem darstellt und wo der Platz durch bestimmte Strukturen begrenzt ist. Bei der Revitalisierung sind derartige Eingriffe nur dann sinnvoll, wenn sie an begrüntem Standorten die dreifache Funktion der Ökosanierung (Selbstreinigungsfunktion, Wasserrückhalt und Bereitstellung eines artenreichen Lebensraums) erfüllen sollen. Eine mögliche Alternative ist vor allem die Verwendung von Ramppfählen, die schon in kurzer Zeit einen guten Schutz des Ufers gegen Erosion bieten.

Weiden- oder Erlenstecklinge, d. h. abgeschnittene Äste mit einem ungefähren Durchmesser von 3-6 cm und einer

pa z razširitvijo struge do te mere, da vlečna sila visoke vode ne odnaša substrata ČG.

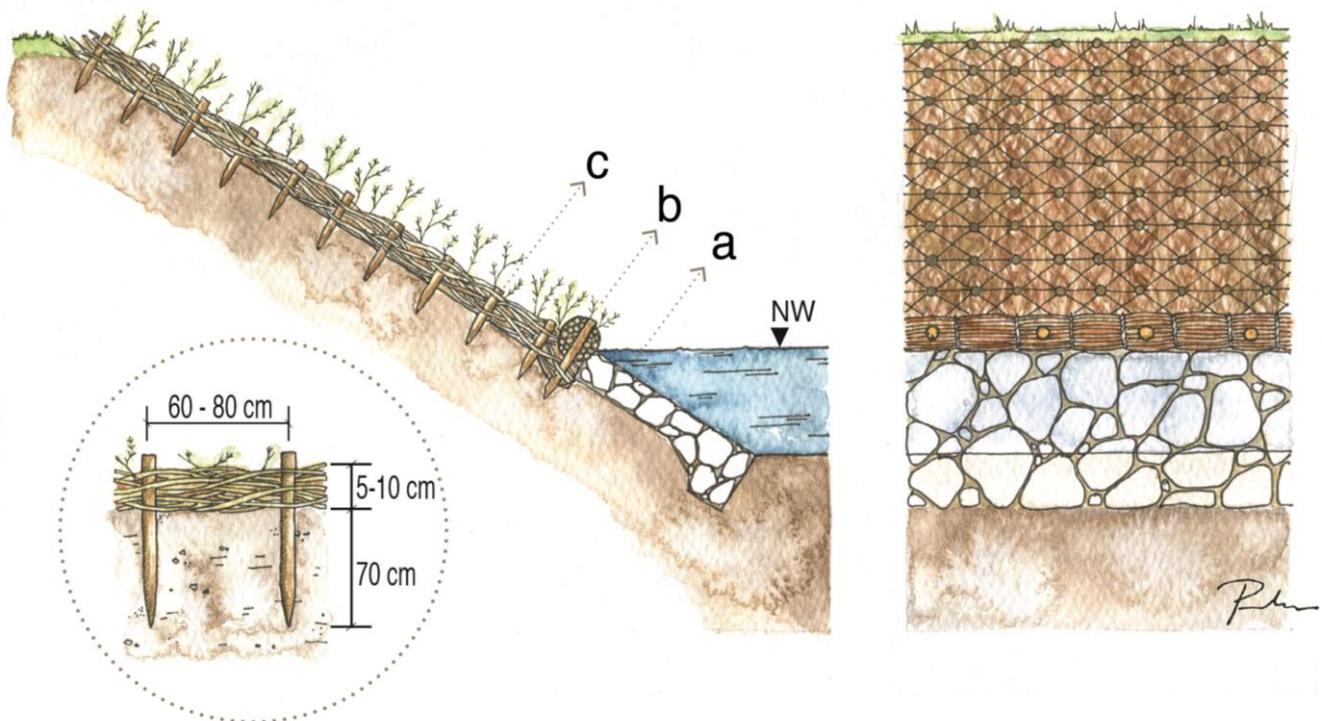
### Tehnični ekoremediacijski ukrepi na brežini vodotoka

Skalomet in kamnomet: čeprav so del klasične »trde« hidrotehnike, niso v revitalizacijah popolnoma izključeni. Kamnomet je pri regulaciji strug nadomestek betona in je naraven material. Slabost se pojavi predvsem takrat, ko so skalometri izvedeni uniformno na daljših odsekih, kar ustvari precej monoton vodni tok in manj pestre habitate. Skrbno izvedeni skalometri, ki so natančno zloženi in imajo manjše odprtine so sicer res bolj odporni na vodni tok a onemogočajo kasnejšo zarast vegetacije.

Skalometri (nad 50 cm) in kamnometri (do 70 cm) se uporabljajo tam, kjer so težave z erozijo in so v prostoru omejitve z določenimi objekti. Pri revitalizacijah so taki posegi smiselni le na lokalnih mestih s predvideno zasaditvijo, če je njihov namen doseči trojno funkcijo ekoremediacij (samočistilna funkcija, zadrževanje vode in zagotavljanje biološko raznolikega habitata). Možna alternativa je predvsem pilotiranje iz živih pilotov, kar kmalu dobro zavaruje brežino pred erozijo.

Med skalomet se lahko mestoma zasadijo potaknjenci vrbe ali jelše, to so odrezane veje okvirnih dimenzij: premer 3-6 cm in dolžine okoli 1 m. Potaknjence se zabije do 2/3 dolžine v zemljo. Za uspešnejšo zasaditev naj bodo odrezani in potaknjeni v istem dnevu. Liste se odstrani. Rez se naredi raje z žago, kot s sekiro, da ne pride do trganja lubja. V primeru, da je zemlja med skalometom zbita, se predhodno naredi luknjo.

Länge von etwa 1 m, können zwischen den Steinen gepflanzt werden. Sie sollten noch am selben Tag geschnitten und veredelt werden, damit die Pflanzung erfolgreicher ist. Die Blätter müssen entfernt werden. Der Schnitt wird mit einer Säge und nicht mit einer Axt ausgeführt, um ein Einreißen der Rinde zu vermeiden. Wenn der Boden zwischen den beiden Skalometern verdichtet ist, muss zuvor ein Loch gegraben werden.



**Bild 6: Reismatratze**

mit Steinen (a) und Faschinen (b) verstärkt am Boden und befestigt mit Seilen und lebenden Pfählen (c)

**Slika 6: Vrbov poplet**

na dnu utrjen s kamenjem (a) in fašinami (b) ter na tla pritrjen z vrvjo in živimi količki (c)

Eine Reismatratze ist eine Schicht aus verflochtenen lebenden Ästen am Ufer, die in der Regel am Boden mit Steinen und Fossilien verstärkt ist. Es handelt sich um einen Oberflächenschutz, der die gesamte Oberfläche bedeckt und eine sofortige Wirkung erzielt. Die Äste werden in der Regel von schnellwachsenden Arten wie Weide, Erle, Hartriegel und Gemeiner Schneeball geschnitten. Das Geflecht wird mit Seilen und lebenden Pfählen und/oder Pfählen am Boden befestigt. Das Unkraut verlangsamt sofort den Wasserfluss entlang der

Vrbov poplet: (Brush Mattress) je plast prepletenih živih vej na brežini, ki je na dnu običajno utrjen s kamenjem in fašinami. Gre za površinsko zaščito, s katero se pokrije celotno površino in doseže takojšnje delovanje. Veje so običajno odrezane iz vrst, ki hitro poganjajo, kot so vrba, jelša, dren, brogovita. Na tla je poplet pritrjen z vrvjo in živimi količki in/ali piloti. Poplet nemudoma upočasni vodni tok ob brežinah in začne nabirati sedimente. Skupaj s poganjajočimi rastlinami in koreninami se razvije močna zaščita pred erozijo. Poplet nudi dodaten habitat pticam,

Ufer und beginnt, Sedimente anzusammeln. Zusammen mit den sprießenden Pflanzen und Wurzeln entsteht ein starker Schutz gegen Erosion. Flechten bieten zusätzlichen Lebensraum für Vögel, Insekten und kleine Säugetiere. Sie dienen auch als Schutz vor Verschmutzung durch andere Quellen, indem Sedimente zurückgehalten werden.

Die technische Maßnahme ist arbeitsintensiv und eignet sich für den Einsatz von lokalen Arbeitskräften oder Freiwilligen. Für eine Fläche von 1 m<sup>2</sup> sind zwischen 30 und 90 Minuten Arbeitszeit erforderlich. Dies umfasst die Ernte, den Transport, die Herstellung und den Einbau. Der Preis hängt also hauptsächlich von den Kosten pro Arbeitsstunde und dem Standort des Materials ab.

Es ist wichtig, dass das Unkrautbekämpfungsmittel an einem Ort platziert wird, der nass, aber nicht überschwemmt ist. Dadurch wird sichergestellt, dass die Zweige mit dem Boden in Kontakt sind und keine Lufteinschlüsse entstehen. Deshalb wird nach der Verlegung eine Schicht Erde darüber verteilt, um die Feuchtigkeit zu halten.

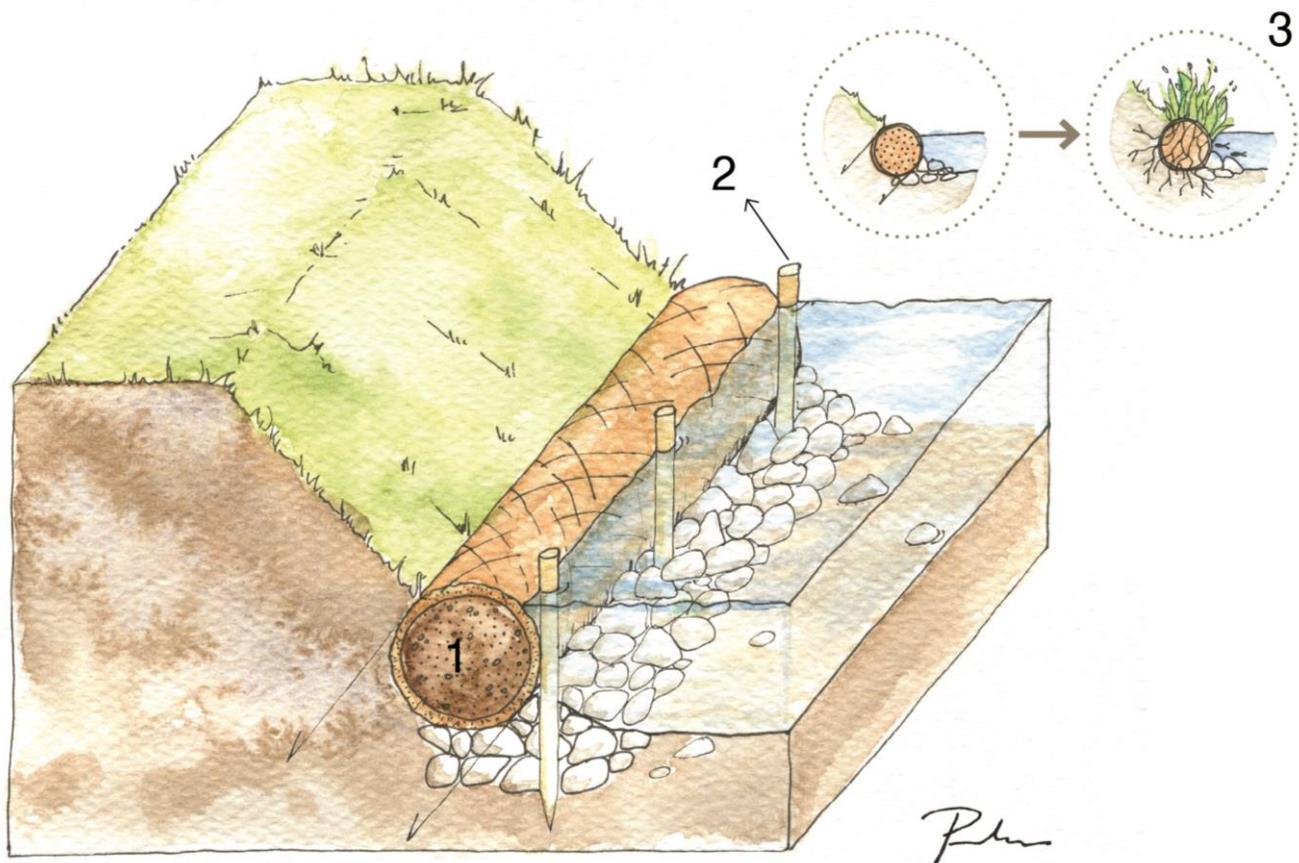
Verwendet werden 2-3 Jahre alte, biegsame Äste mit einer Länge von 1,5-3 m. Die Dicke der Äste am dicken Ende beträgt 1-4 cm. Die einzelnen Stöcke müssen in einem Abstand von 30 cm miteinander verflochten sein. Alle 60-80 cm wird ein Pfahl eingeschlagen. Es wird selten waagrecht verlegt. Die Äste werden in 5-10 cm dicken Schichten mit den dickeren Enden nach unten in einen kleinen Graben in der Nähe des permanenten Wasserspiegels vergraben. Danach wird ein Seil senkrecht zu den Ästen und diagonal von Pflock zu Pflock befestigt.

insektom in malim sesalcem. Služi tudi kot zaščita pred netočkovnim onesnaženjem saj zadrži sedimente.

Tehnični ukrep je delovno intenziven in je primeren za uporabo lokalne delovne sile ali prostovoljcev. Površina velika 1 m<sup>2</sup> zahteva od 30 do 90 minut dela. To vključuje nabiranje, transport, izdelavo in namestitev. Cena je torej odvisna predvsem od cene delovne ure ter lokacije materiala.

Pomembno je, da je poplet postavljen na mestu, ki je namočen a hkrati ni poplavljen. Tako imajo vejice kontakt z zemljino in ni zračnih žepov. Zato se po postavitvi nasuje plast prsti po vrhu, ki pomaga zadrževati vlago.

Uporablja se 2-3 leta stare upogljive veje, dolžine 1,5 do 3 m. Debelina vej na debelejšem koncu je od 1 do 4 cm. Posamezne šibe se morajo prepletati na 30 cm. Na vsakih 60-80 cm se zabije kole. Le redko se polaga v vodoravni smeri. Plasti vej se namesti v debelini od 5 do 10 cm, pri čemer gledajo odrezani debelejši konci navzdol in so zakopani v manjšem jarku blizu stalnega nivoja vode. Za tem se pritrdi vrv pravokotno na veje in diagonalno od količka do količka.



**Bild 7: Geotextilrolle**

1 - Füllmaterial (Erde, Samen, Setzlinge von Feuchtgebietspflanzen); 2 - Befestigung mit Pfählen; 3 – Im Laufe der Zeit entwickelte Pflanzen bilden ein Wurzelgeflecht

**Slika 7: Zvitek iz geotekstila**

1 - polnilo (zemlja, semena, sadike močvirskih rastlin); 2 – pritrditev s piloti; 3 - sčasoma razvite rastline tvorijo koreninski preplet

Geotextilrolle: in der Regel eine Kokosmatte, gefüllt mit Erde, Samen und Setzlingen von Feuchtgebietspflanzen wie Seggen, Schwertlilien und Schilf. Die technische Maßnahme wurde in Deutschland entwickelt und wird auch CGR (Coir Geotextile Roll) genannt. Die Rolle wird hauptsächlich zur Uferbefestigung verwendet, kann aber auch als Abflusspuffer eingesetzt werden. Mit der Zeit verflechten sich die Textilien mit den Wurzeln und bilden eine starke Stütze für die Banken. Die Rolle wird bei konstantem Wasserstand am Ufer platziert. Nützlich für Fische als Schutz und Nahrungsquelle. Es dient auch als Schutz gegen die Verschmutzung aus anderen Quellen, indem es das von den Ufern einfließende Wasser mit Hilfe

Zvitek iz geotekstila: je običajno kokosova preproga napolnjena z zemljo, semeni in sadikami močvirskih rastlin kot so šaši, irisi in trstike. Tehnični ukrep je bil razvit v Nemčiji in se imenuje tudi CGR (Coir Geotextile Roll). Zvitek se uporablja predvsem za utrditev brežine, vendar je lahko uporaben tudi kot odbijač toka. S časom se tekstil preplete s koreninami in tvori močno oporo brežinam. Zvitek se postavlja na brežini ob stalnem nivoju vode. Koristi ribam kot zaščita in vir hrane. Deluje tudi kot zaščita pred netočkovnim onesnaženjem, saj prefiltrira in s pomočjo rastlin očisti dotekajočo vodo iz brežin. Za takšen ukrep se odločimo, ko imamo dokaj stabilno srednjo vodo, saj je pomembno, da je zavitek večino časa

von Pflanzen filtert und reinigt. Diese Maßnahme wird gewählt, wenn das Wasser in der Mitte ziemlich stabil ist, da es wichtig ist, dass die Abdeckung die meiste Zeit durchnässt ist, damit die Pflanzen wachsen können. Es ist für kleine bis mittlere Wasserläufe geeignet. Bei übermäßigem Sedimentabfluss von den Ufern, der die Pflanzen ersticken könnte, ist eine vorherige flussaufwärts gerichtete Uferpflege erforderlich.

Die Pflanzen brauchen zumindest teilweise Sonne, um zu wachsen. Die Installation ist relativ einfach und erfordert keine schweren Maschinen. Die Rollen sind zwischen 3 und 6 m lang und können von zwei bis vier Personen getragen werden, bevor sie nass werden; danach erhöht sich das Gewicht um ein Mehrfaches. Die Rolle wird durch Verankerung oder durch Pfähle gesichert. Die Wartung besteht darin, zu überprüfen, ob die Rolle nicht erodiert ist, und gegebenenfalls entsprechende Reparaturen vorzunehmen. Sobald sich die Pflanzen etabliert haben, wird der Umfang der Inspektion und Wartung reduziert.

namočen, da lahko rastline rastejo. Primeren je za majhne do srednje vodotoke. V primerih prevelikega dotoka sedimentov iz brežin, ki bi lahko zadušil rastline, je potrebna predhodna ureditev gornje brežine.

Za rast rastlin je potrebno vsaj delno osončenje rastišča. Montaža je relativno enostavna in ne zahteva težke mehanizacije. Zvitki so v dolžinah od 3 do 6 m in jih lahko nosijo dve do štiri osebe preden se zmocijo, nakar se teža nekajkrat poveča. Zvitek se pritrdi s sidranjem ali s piloti. Vzdrževanje obsega pregledovanje, da ne pride do spodjedanja zvitka in po potrebi ustrezna sanacija. Ko se rastline enkrat razvijejo, se zmanjša obseg pregledovanja in vzdrževanja.

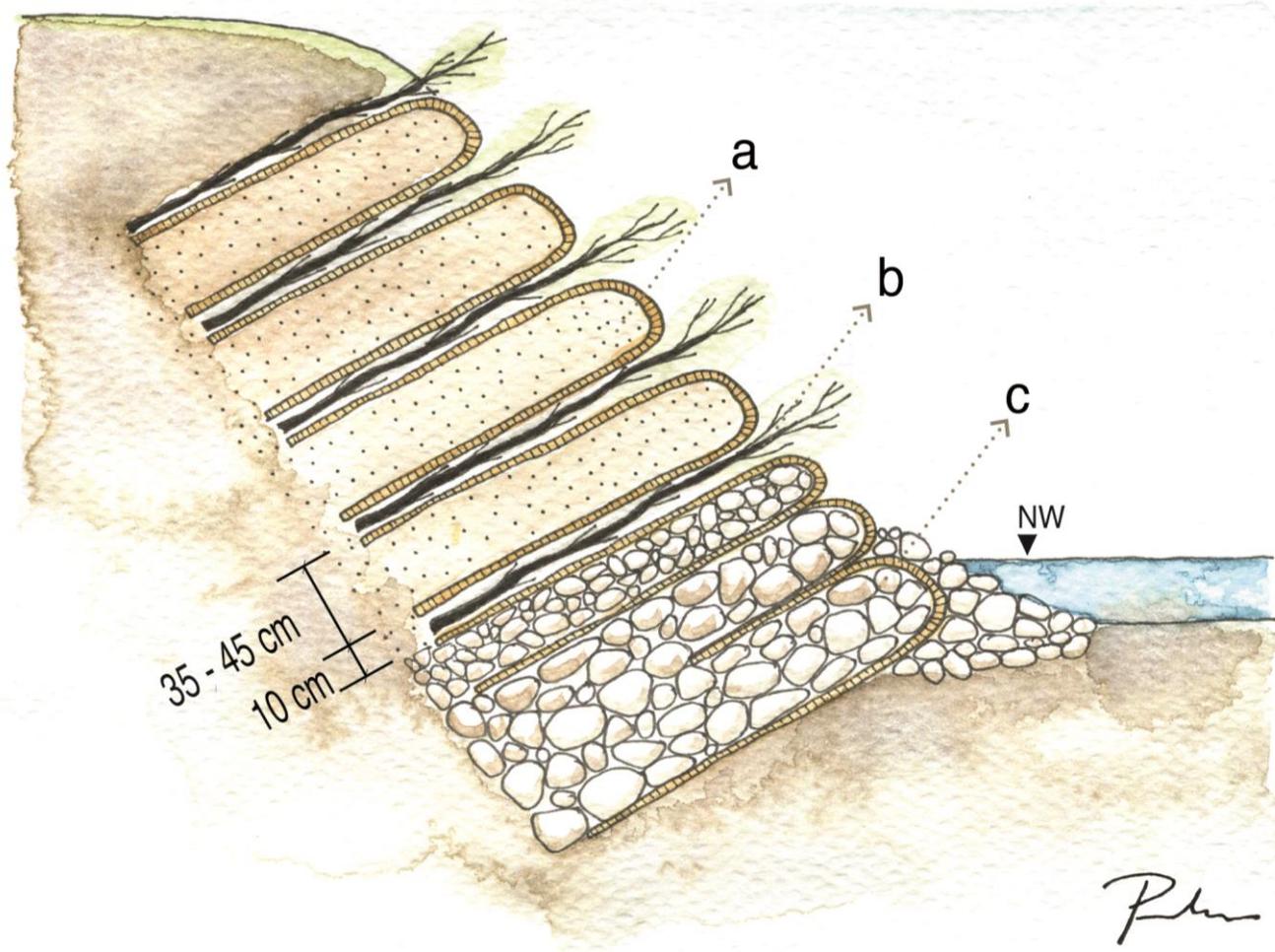


Bild 8: Geotextil – "Sandwich"

a – eine Schicht aus verdichtetem Boden; b – eine Schicht aus Ästen und Erde; c – der Boden ist mit Steinen befestigt

Slika 8: Geotekstil – »sendvič«

a – plast zbite zemlje; b – plast vej in zemlje; c – dno utrjeno s kamenjem

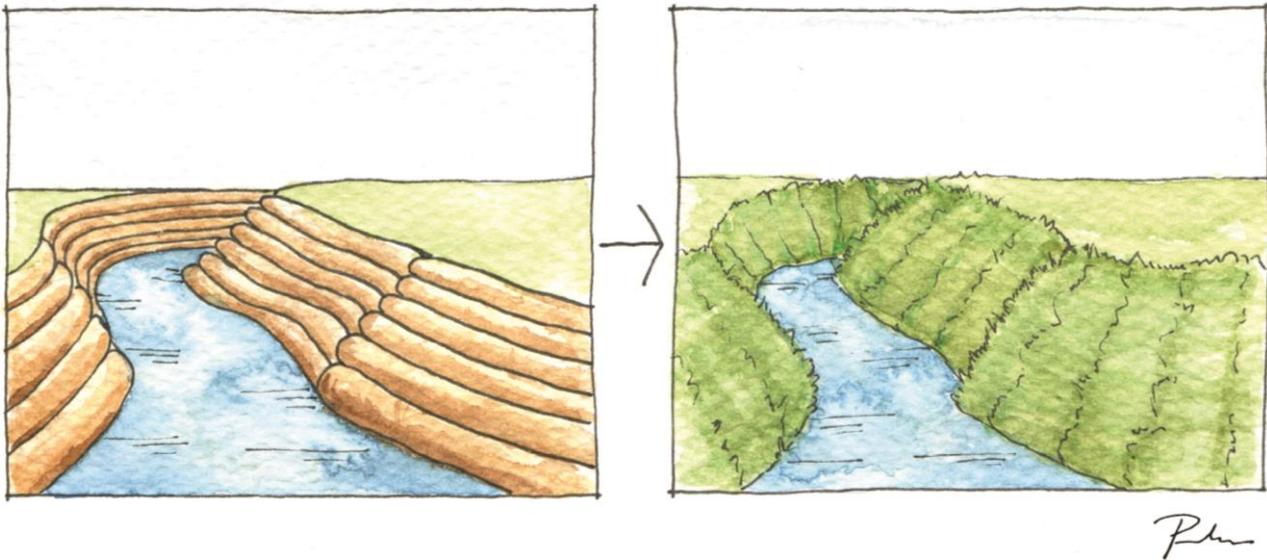


Bild 9: Die Vegetation bietet ökologische und ästhetische Vorteile

Slika 9: Razraščena vegetacija nudi ekološke in estetske prednosti

**Geotextil-"Sandwich":** mit Erde gefüllt und in mehreren Lagen aufgerollt. Es bietet eine starke Uferbefestigung. Zwischen den einzelnen Schichten werden lebende abgeschnittene Äste (Weide, Erle) oder Setzlinge mit Wurzeln platziert. Der Boden wird unterhalb des Niedrigwasserspiegels mit entsprechend großen Steinen befestigt. Außerdem ermöglichen die Steine eine bessere Wasserinfiltration. Die wachsende Vegetation bedeckt einen Teil des Kanals und bietet Schutz und Nahrung für die Fische. Andere Organismen entwickeln sich auf dem felsigen Substrat des Bodens. Die Ästhetik des Wasserlaufs wird verbessert. Die Pflanzen, das Geotextil, das Substrat und die Steine filtern auch punktuelle Oberflächenabflüsse und verbessern so die Wasserqualität.

Diese technische Maßnahme ist geeignet, wenn der Platzmangel steilere Ufer erfordert. Sie kann auch terrassenförmig angelegt werden. Der Vorteil dieser Technik ist, dass sie flexibel ist und sich gut für die Landschaftsarchitektur eignet, z. B. für Mäander. Die Kosten sind im Vergleich zu anderen Revitalisierungstechniken höher und entsprechen denen herkömmlicher Wasserbaumaßnahmen. Diese Lösung bietet jedoch viele ökologische Vorteile im Vergleich zu z.B. Beton- oder Steinmauern.

**Geotekstil »sendvič«:** je napolnjen z zemljo in zvit v več plasteh. Nudi močno utrditev brežin. Med posameznimi plastmi se namesti žive odrezane veje (vrbe, jelše) ali pa sadike s koreninami. Dno se pod nivojem nizke vode utrdi s kamenjem ustrezne velikosti. Kamenje omogoča tudi izboljšano pronicanje vode. Vegetacija, ki se razraste, pokrije del struge in nudi zaščito in hrano ribam. Na kamnitem substratu v dnu pa se razvijejo drugi organizmi. Izboljša se estetika vodotoka. Rastline, geotekstil, substrat in kamenje tudi filtrirajo netočkovni površinski dotok in tako izboljšajo kvaliteto vode.

Tehnični ukrep je primeren tam, kjer zaradi pomanjkanja prostora potrebujemo bolj strme brežine. Izvedba je lahko tudi terasasta. Prednost tehnike je, da je fleksibilna in se da dobro oblikovati za potrebe krajinske arhitekture, npr. meandre. Cena je višja v primerjavi z ostalimi revitalizacijskimi tehnikami in je podobna ceni ukrepov klasične hidrotehnike. Vendar ponuja ta rešitev mnoge ekološke prednosti v primerjavi z npr. betonskimi ali kamnitimi zidovi.

Izvedba je primerna tam, kjer je dovolj stabilen nizek tok, ki daje vlago vegetaciji. Ukrep ni primeren v odsekih vodotoka, kjer so pogoste daljše poplave, saj drevesne vrste le teh ne tolerirajo. Uporabimo avtohtono vegetacijo, ki jo odrežemo v bližini. Primerne so vrste, ki hitro poganjajo (npr. vrba, dren, brogovita) debeline 2 do

Er ist dort geeignet, wo ein ausreichend stabiler Niedrigwasserabfluss vorhanden ist, um die Vegetation mit Feuchtigkeit zu versorgen. Die Maßnahme eignet sich nicht für Gewässerabschnitte, in denen es häufig zu lang anhaltenden Überschwemmungen kommt, da die Baumarten solche Überschwemmungen nicht vertragen. Verwenden Sie einheimische Vegetation, die in der Nähe geschnitten wurde. Geeignet sind schnellwüchsige Arten (z. B. Weide, Hartriegel, Brogovita) mit einer Dicke von 2 bis 7 cm und einer Länge von 1,5 m oder mehr. Ordnen Sie die Stecklinge in verschiedenen Arten und Größen an, um einen abwechslungsreichen und stabilen Bestand zu erhalten. Setzen Sie 25 bis 45 Pflanzen pro 1 m<sup>2</sup> (je nach erwarteter Luftfeuchtigkeit - an höheren und südlichen Hängen mehr).

Die Dimensionierung erfordert eine vorherige Kenntnis der Bodeneigenschaften und der Eigenschaften des verwendeten Geotextils. Das Geotextil kann aus natürlichen Materialien (Kokosfasern) oder aus einem synthetischen Netz bestehen, das das Wurzelwachstum ermöglicht. Die Größe und Tiefe des Aushubs ist entsprechend der geomechanischen Analyse der Bodenstörung zu planen. Die Dicke der Schicht aus verdichtetem Boden innerhalb des Geotextils beträgt 35 bis 45 cm, gefolgt von einer etwa 10 cm dicken Schicht aus Ästen und Erde.

Krainerwände: sind eine technische Maßnahme für Orte, an denen andere Techniken nicht ausreichen, um die Ufer vor Erosion zu schützen. Bei dieser Technik werden Schichten aus verfestigtem Boden und Schnittgut mit einer Schicht aus unbehandelten Stämmen und Steinen kombiniert. Die Stämme werden durch Aushöhlen an den Berührungspunkten zusammengefügt. Der Raum zwischen den Stämmen wird mit Steinen gefüllt. Die Kästen durchdringen und filtern das Wasser und dienen gleichzeitig als Drainage. Das Fundament muss verstärkt werden, entweder mit Pfählen oder mit einem mit Drahtkörben verstärkten Steinfundament. Die Lebensdauer einer solchen Struktur beträgt 20 bis 30 Jahre.

Die Hauptvorteile von Holzverschlagen bestehen darin, dass sie tragfähiger sind, bei höheren Wasserkraften und Geschwindigkeiten eingesetzt werden können,

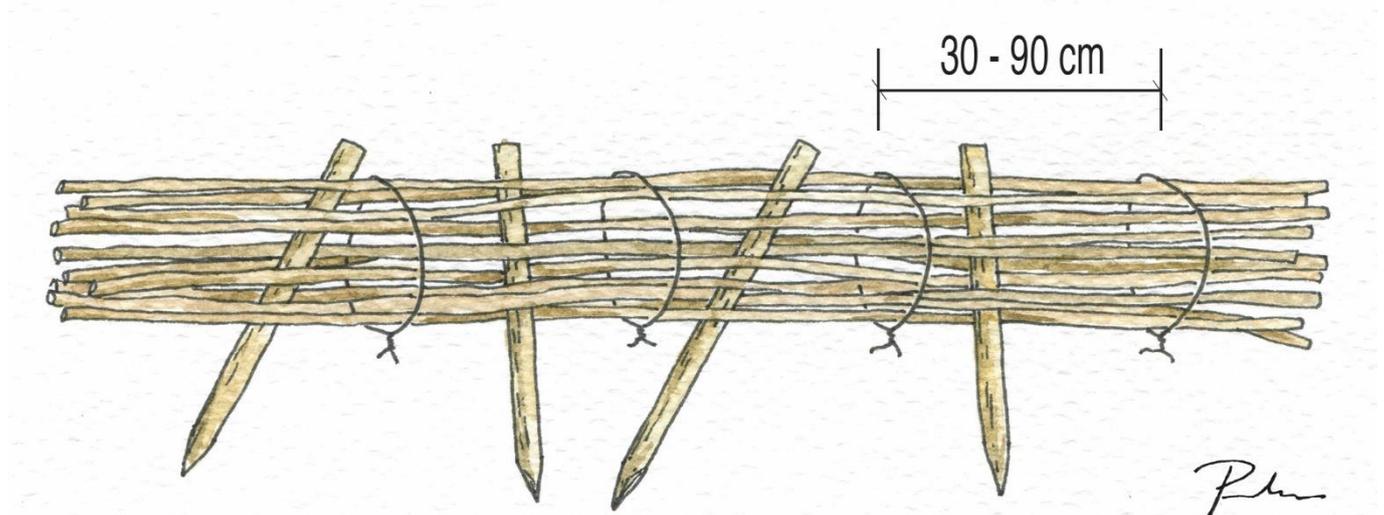
7 cm in der Länge von 1,5 m nach vorne. Potaknjence werden in verschiedenen Arten und Größen angeordnet, um einen stabilen Bestand zu erhalten. Wir legen 25 bis 45 Pflanzen pro 1 m<sup>2</sup> (abhängig von der erwarteten Feuchtigkeit - vor allem an höheren und südlichen Hängen).

Zur Dimensionierung ist es notwendig, vorher das Wissen über die Eigenschaften des Bodens und die Eigenschaften des verwendeten Geotextils zu haben. Geotextil kann aus natürlichen Materialien (Kokosfasern) oder aus einer synthetischen Gitterstruktur bestehen, die das Wurzelwachstum ermöglicht. Die Größe und die Tiefe der Ausschubung wird entsprechend der geomechanischen Analyse der Bodenstörung geplant. Die Dicke der Schicht aus verdichtetem Boden innerhalb des Geotextils beträgt 35 bis 45 cm, gefolgt von einer etwa 10 cm dicken Schicht aus Ästen und Erde.

Lesene Käste: sind eine technische Maßnahme für Orte, an denen andere Techniken nicht ausreichen, um die Ufer vor Erosion zu schützen. Bei dieser Technik werden Schichten aus verfestigtem Boden und Schnittgut mit einer Schicht aus unbehandelten Stämmen und Steinen kombiniert. Die Stämme werden durch Aushöhlen an den Berührungspunkten zusammengefügt. Der Raum zwischen den Stämmen wird mit Steinen gefüllt. Die Kästen durchdringen und filtern das Wasser und dienen gleichzeitig als Drainage. Das Fundament muss verstärkt werden, entweder mit Pfählen oder mit einem mit Drahtkörben verstärkten Steinfundament. Die Lebensdauer einer solchen Struktur beträgt 20 bis 30 Jahre.

Die Vorteile von Holzverschlagen bestehen darin, dass sie tragfähiger sind, bei höheren Wasserkraften und Geschwindigkeiten eingesetzt werden können,

Lebensraum für Fische bieten und leicht zersetzt und wiederverwendet werden können. Zu den Nachteilen gehören höhere Kosten, schwere Maschinen und eine technisch anspruchsvollere Planung und Umsetzung.



*Bild 10: Faschinen*

*Slika 10: Fašine*

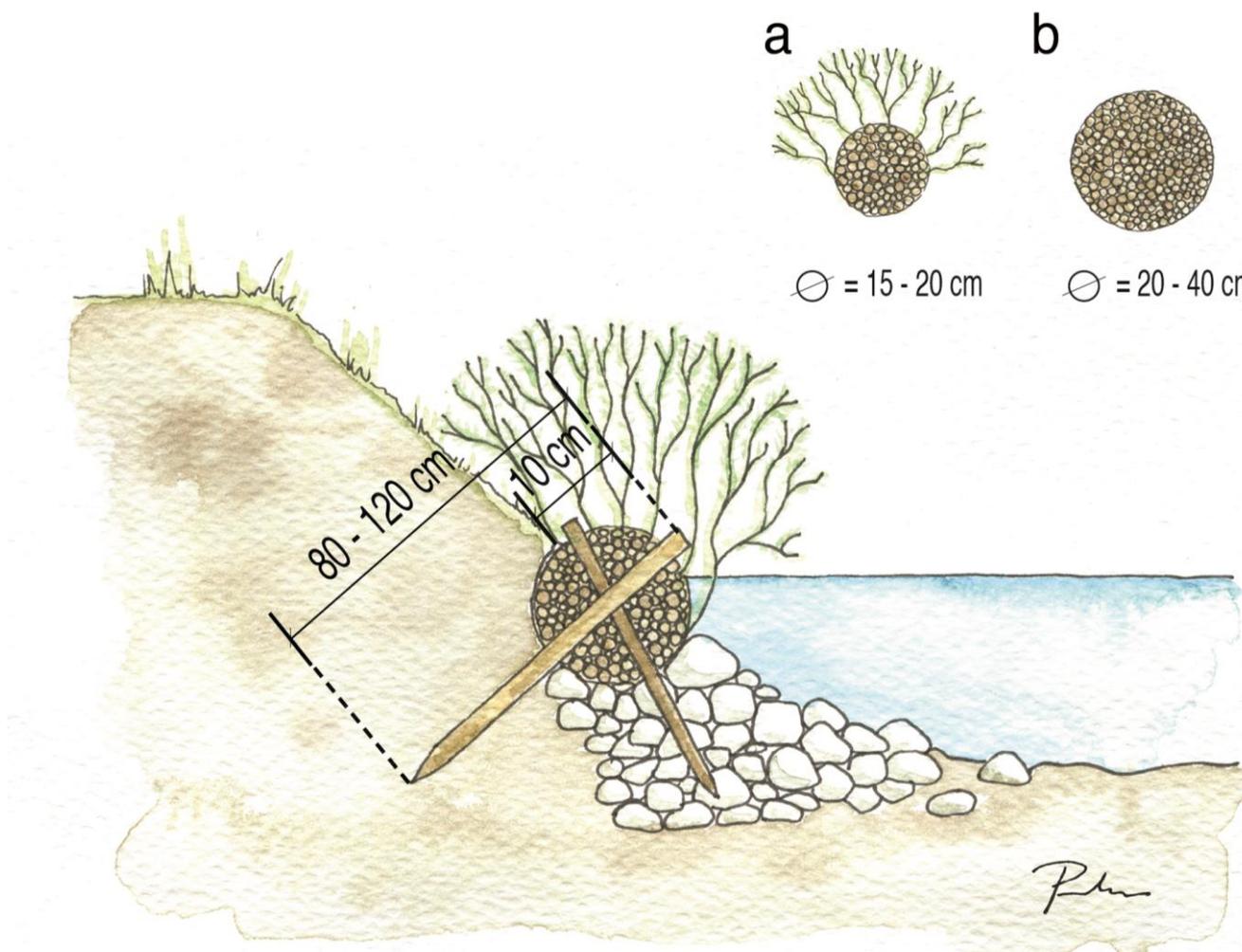


Bild 11: Faschinen Installation  
lebende Faschine (a); träge Faschine (b)

Slika 11: Postavitev fašin  
žive fašine (a); inertne fašine (b)

**Faschinen:** Lebende Faschinen (LF) und träge Faschinen (IF) sind Bündel von Zweigen, die zusammengebunden sind. Es wird erwartet, dass die abgeschnittenen Zweige wachsen und Wurzeln schlagen. Das vertikale Wachstum der Vegetation wird den Boden weiter festigen. Die Faschinen werden zur Befestigung des gesamten Ufers vom Wasserspiegel bis zur Uferoberkante verwendet. IF wird zur Konsolidierung am Boden der Bank verwendet, bis andere Pflanzen gewachsen sind. Kann auch komplett unter Wasser sein. IF sind nicht abstoßend. Sie können

**Faşine:** Žive fašine (ŽF) in inertne fašine (IF) so v obliki snopa zvezane veje. Od ŽF se pričakuje, da bodo odrezane veje rastle in pognale korenine. Z navpično rastjo rastlinja bo ukrep dodatno utrdil tla. Fašine se uporablja za utrditev po celi brežini od nivoja vode do vrha brežine. IF se uporablja za utrditev na dnu brežine, dokler ostale rastline ne zrastejo. Lahko tudi povsem pod vodo. IF ne odganjajo. Uporabijo se lahko tudi kot odbijači toka ali preprosta drenažna cev.

Koristi ŽF in IF so poleg utrditve brežin tudi habitatne, tako za ribe, če so v bližini vode, kot za ostale organizme. ŽF in

auch als Strömungsumlenker oder als einfaches Drainagerohr verwendet werden.

Die Vorteile von LF und IF liegen nicht nur in der Uferstabilisierung, sondern auch in der Verbesserung des Lebensraums, sowohl für Fische, wenn sie sich in der Nähe des Wassers befinden, als auch für andere Organismen. LF und IF verbessern die Wasserqualität durch den Rückhalt von Sedimenten und Nährstoffen aus diffusen Quellen.

Sie werden mit Pfählen in einer Höhe von 80 bis 120 cm (Sand, Schlack) befestigt, je nach Substrat. Wenn sie in der Nähe von Gewässern verlegt werden, müssen die Faszien durch einen Steinsockel vor dem Wasser geschützt werden, um Erosion zu verhindern.

Die Faschinen müssen parallel zur Wasseroberfläche oder in einem Winkel von 45° verlegt werden. Die LF muss so in den ausgehobenen Graben gelegt werden, dass weniger als 10 cm der Blende aus dem Boden herausragen. Der Durchmesser des LF beträgt 15 bis 20 cm, der Durchmesser des IF 20 bis 40 cm. Die Seile werden in einem Abstand von 30 bis 90 cm aneinander gebunden, wobei die Seile mit größerem Durchmesser dichter geknüpft werden. Die für die LF verwendeten Äste sind 0,6 bis 2,5 cm dick und haben eine Mindestlänge von 130 cm. Alle Zweige müssen in die gleiche Richtung weisen. Die Struktur des LF selbst ist eine Mischung aus verschiedenen Arten und Altersgruppen. Bei inerten Verblendungen werden etwas längere und dickere Äste verwendet, wobei die Anordnung der einzelnen Äste nicht wichtig ist.

IF verbessern die Qualität des Wassers, da sie Sedimente und Nährstoffe zurückhalten, die aus nicht-punktuellen Quellen kommen.

Pflanzungen sollten eine Höhe von 80 bis 120 cm (Sand, Schlack) haben, wenn sie in der Nähe von Gewässern verlegt werden, müssen sie durch einen Steinsockel vor dem Wasser geschützt werden, um Erosion zu verhindern.

Faschinen werden parallel zur Wasseroberfläche oder in einem Winkel von 45° verlegt. LF werden so in den ausgehobenen Graben gelegt, dass weniger als 10 cm der Blende aus dem Boden herausragen. Der Durchmesser des LF beträgt 15 bis 20 cm, der Durchmesser des IF 20 bis 40 cm. Die Seile werden in einem Abstand von 30 bis 90 cm aneinander gebunden, wobei die Seile mit größerem Durchmesser dichter geknüpft werden. Die für die LF verwendeten Äste sind 0,6 bis 2,5 cm dick und haben eine Mindestlänge von 130 cm. Alle Zweige müssen in die gleiche Richtung weisen. Die Struktur des LF selbst ist eine Mischung aus verschiedenen Arten und Altersgruppen. Bei inerten Verblendungen werden etwas längere und dickere Äste verwendet, wobei die Anordnung der einzelnen Äste nicht wichtig ist.

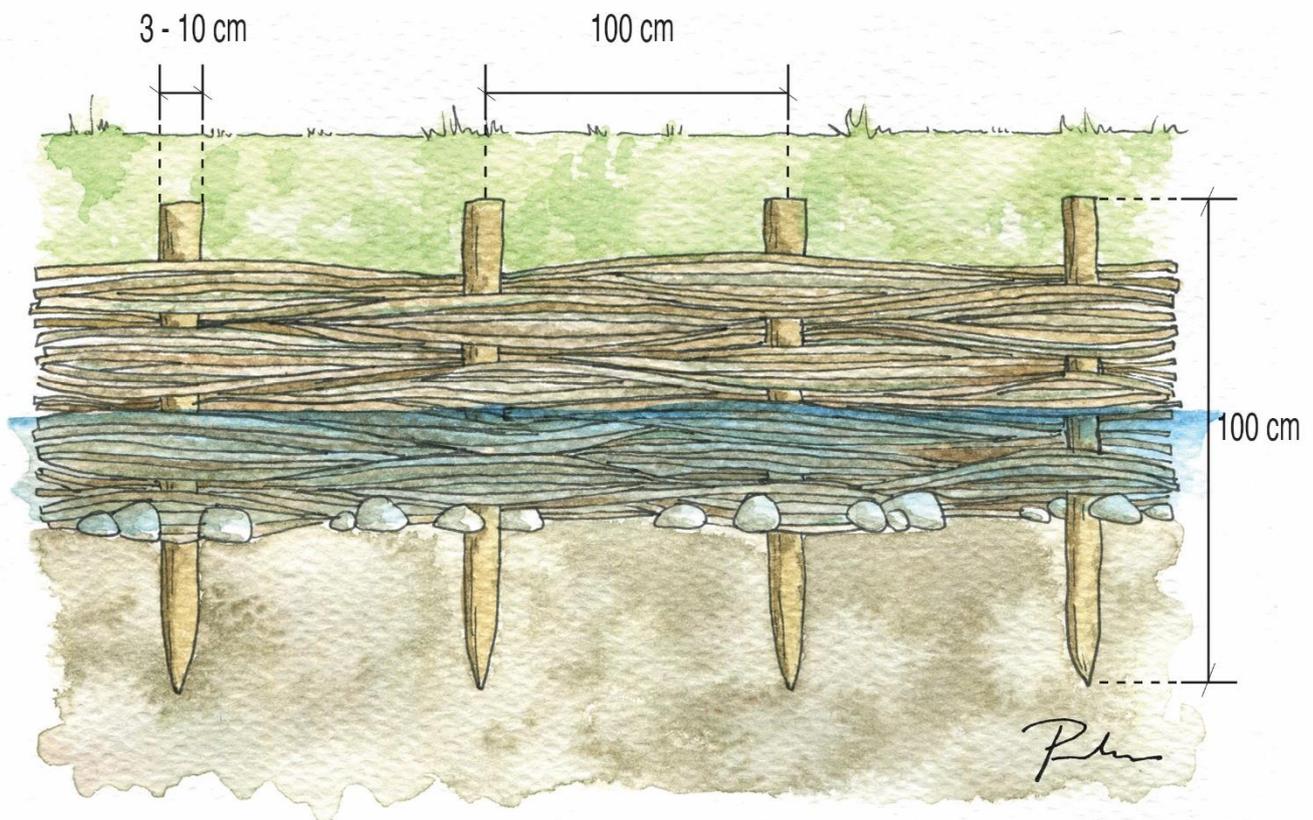


Bild 12: Zäune

Slika 12: Plotovi

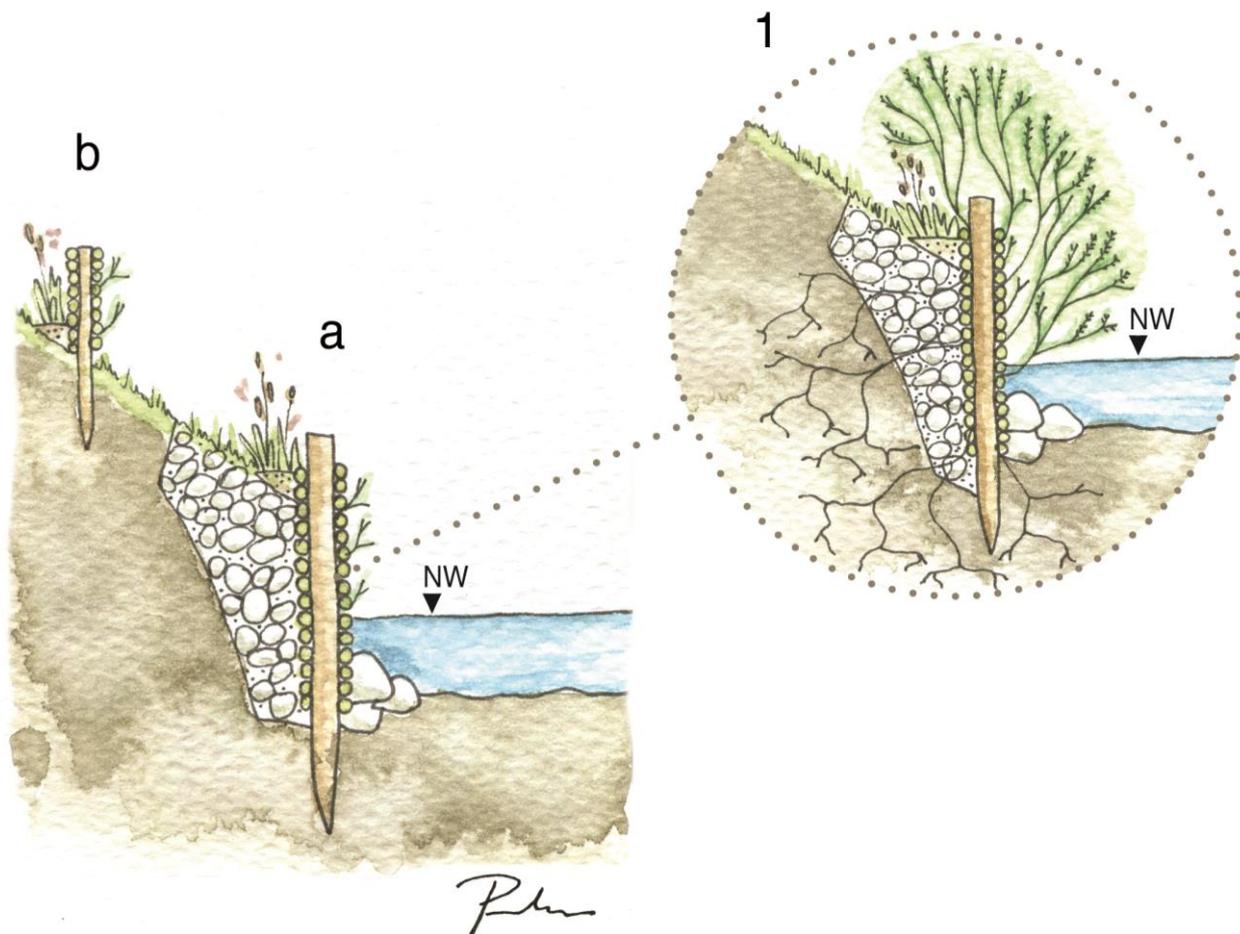


Bild 13: Mit der Zeit junge Bäume sprießen (1); lebende Zäune (a); träge Zäune (b)

Slika 13: Čez čas poženejo mlada drevesa (1); živi plotovi (a); inertni plotovi (b)

**Zäune:** Reisighürden, Weidenhürden sind eine sehr alte Art der Landschaftsgestaltung. Es wird zum Schutz des Ufers, am Wasserkontakt und am Ufer eingesetzt. Bei dieser Methode werden 3 bis 10 cm dicke und etwa 1 m lange Holzpfähle in einem Abstand von etwa 1 m aufgestellt. Dazwischen werden alle 30 cm lebende Pfähle eingeschlagen. Die eingeschlagenen Pfähle werden dann mit flexiblem Weiden- oder Flechtwerk (Weide oder Hasel) umwickelt. Aus dem Weidengeflecht und den Pfählen sprießen junge Bäume, deren Wurzeln die Nachhaltigkeit der Sanierung gewährleisten. Der Zaun kann waagrecht oder diagonal zum zu schützenden Ufer angeordnet werden. Der Zaun wird in der Regel senkrecht als Zaun aufgestellt, kann aber auch als Weidengeflecht am Ufer verlegt werden. Der Einsatz von Zäunen wird als schnelle Maßnahme angesehen. Sie sind für langsam fließende, flache Wasserläufe geeignet.

**Plotovi:** (engl. brushwood hurdle, willow hurdle) so zelo star način urejanja okolice. Uporablja se za zaščito brežin, na stiku z vodo in na brežini. Pri tem načinu se vgrajuje lesene količke debeline 3 do 10 cm in približno 1 m dolžine na razdalji okrog enega metra. Vmes se zabije žive količke na vsakih 30 cm. Zabite količke se nato ovije z upogljivim živim protjem ali šibjem (vrba ali leska). Iz protja in iz količkov poženejo mlada drevesa, ki s svojimi koreninami zagotovijo trajnost sanacije. Plot se lahko razporedi vodoravno ali diagonalno na brežino, ki jo želimo zavarovati. Plot po navadi stoji navpično kot ograja, lahko pa je tudi položen na brežino kot vrbov poplet. Uporaba plotov velja kot hiter ukrep. Primerni so za počasi tekoče ravninske vodotoke.

Plotovi so prvenstveno namenjeni, kot bariera za erozijo in imajo veliko samočistilno funkcijo, saj zadržijo sedimente in druga hranila. Omogočijo, da se zemlja utrdi

Die Flächen sollen in erster Linie eine Erosionsbarriere bilden und haben eine starke Selbstreinigungsfunktion, indem sie Sedimente und andere Nährstoffe zurückhalten. Sie ermöglichen eine Konsolidierung des Bodens und die Wiederherstellung der Ufervegetation. Sie bieten zusätzliche Lebensräume für Wasser- und Uferlebewesen. Das Design ist arbeitsintensiv und eignet sich daher für kürzere Abschnitte, insbesondere wenn das Landschaftsbild wichtig ist. Dennoch sind die Kosten für diese Technik niedriger als die von Beton und Stahl.

Wie andere lebende Pflanzen brauchen sie zumindest teilweise Sonne und einen relativ stabilen Wasserstand, der die Stecklinge durchnässt, aber nicht überschwemmt. Parzellen können sowohl den unteren als auch den oberen Teil des Ufers schützen.

Zäune werden in lebende und träge Zäune unterteilt. Bei lebenden Zäunen ist es wichtig, dass die Uferbefestigung mit dem Boden in Berührung kommt, während inerte Zäune vertikal in der Luft oder unterhalb des permanenten Wasserspiegels angebracht werden und die Erosion regulieren sollen, bis sich die Vegetation etabliert hat.

Buchten und Wasserläufe: dienen in erster Linie der Verbesserung der Lebensraumstruktur des Wasserlaufs. Wenn Fließgewässer reguliert werden, entstehen einheitliche Uferböschungen, was die Vielfalt der Lebensräume verringert. Die Buchten sorgen für eine abwechslungsreiche Uferneigung und damit für eine vielfältige Vegetation. Auf der anderen Seite der Bucht können abschüssige Stellen, Kiesgruben und Untiefen den Zugang zu Wasser für Mensch und Tier ermöglichen. Ein solches Bauwerk trägt auch zur Verringerung des Hochwassers bei und bietet den Fischen bei Hochwasser Unterschlupf, da der Wasserfluss hier langsamer ist.

Im Bereich des Stausees gibt es einen Bereich mit größerer Tiefe - einen Pool - und einen nur wenige Zentimeter hohen Bereich mit stehendem Wasser als künftige Heimat für Jungfische. Um die Bucht herum sollte Ufervegetation gepflanzt werden, um das stehende Wasser zu beschatten.

Wenn die Wasseroberfläche im Teich offen gehalten werden soll (was nicht notwendig ist), sollte der Wasserstrom in den Teich geleitet werden. Dies kann

in ponovno vzpostavi obrežna vegetacija. Nudijo dodatne habitate vodnim in obrežnim organizmom. Izvedba je delovno intenzivna in zato primerna za krajše odseke, predvsem tam kjer je pomemben krajinski izgled. Še vedno pa je cena takšne tehnike nižja od betona in jekla.

Kot ostale žive tehnike potrebujejo plotovi vsaj delno osončenje in relativno stabilen nivo vode, ki bo namočil potaknjence a hkrati jih ne bo poplavljal. Plotovi lahko ščitijo tako dno brežine, kot tudi zgornji del.

Plotove delimo na žive in inertne. Za žive je pomembno, da je šibje v stiku z zemljino, medtem ko so inertni plotovi postavljeni vertikalno v zrak ali pa so pod nivojem stalne vode in so namenjeni urejanju erozije, dokler ne požene rastlinje.

Zalivi in zajede: so prvenstveno namenjene popestritvi habitatne strukture vodotoka. Ob reguliranju vodotokov nastanejo enakomerni nakloni brežin, kar zmanjša raznolikost habitatov. Z zalivi se popestri naklon brežini in tako dobimo raznoliko vegetacijo. Na drugi strani zaliva se lahko s položnimi mesti, prodišči in plitvinami zagotovi dostop človeku in živalim do vode. Takšen objekt tudi prispeva k zmanjševanju poplavne vode in nudi zatočišče za ribe v času visokih voda, saj je tu vodni tok počasnejši.

V območju zajede je prostor z večjo globino – tolmunom, ter prostor mirujoče vode, visoke le nekaj centimetrov kot bodoče bivališče ribjih mladice. Okoli zaliva je primerno zasaditi obrežno vegetacijo, ki bo zasenčila stoječo vodo.

Če želimo obdržati odprto vodno gladino v zajedi (kar ni nujno), se vanjo usmeriti vodni tok. To se lahko doseže z odbijači, gorvodnim pragom ali brzicami. Zajede, daljše od 30 m, se bodo zaradi pomanjkanja turbulentne vode začele zamuljevati.

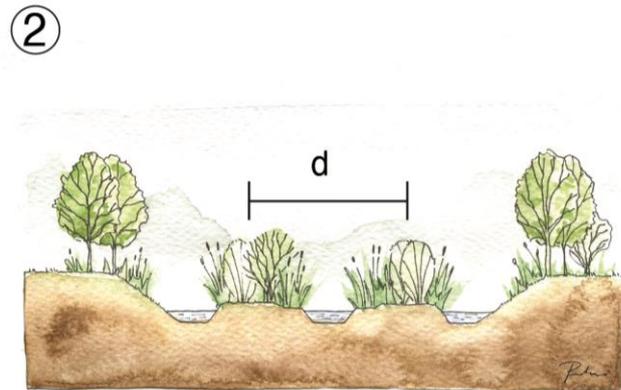
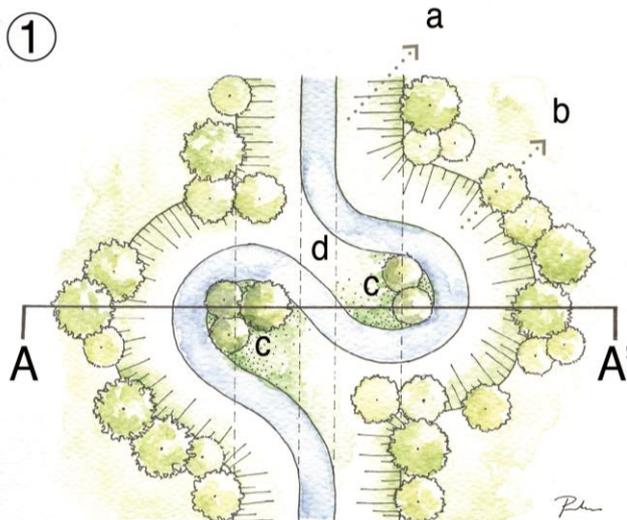
durch Stoßfänger, eine vorgelagerte Schwelle oder Stromschnellen erreicht werden. Aufstauungen, die länger als 30 m sind, verschlammten aufgrund des Mangels an turbulentem Wasser.

Besondere Lebensräume: Jedes neue Projekt zur Revitalisierung von Wasserläufen zielt darauf ab, neue Lebensräume zu schaffen und die biologische Vielfalt insgesamt zu erhöhen. Die Einrichtungen können für die Bedürfnisse einer bestimmten Art gebaut und speziell für diese Art konzipiert werden. Dies sind z. B. Verstecke für Fische, Fischpassagen, Laichgebiete, Durchgänge unter Brücken für Fischotter, Inseln, Nistplätze für Vögel usw. Die genaue Ausgestaltung der Anlage wird von dem artenspezifischen Experten festgelegt. Der Unterschlupf für Fische und andere Lebewesen besteht aus schweren Brettern und Stämmen, die so in das Uferbett eingegraben werden, dass sie unter dem Niveau des ständigen Wasserspiegels liegen. Sie werden an der Außenseite der Umzäunung angebracht, möglicherweise zusammen mit Schwellern und Wehren, um einen bestimmten Wasserstand zu halten. Größere Fragmente (> 8 cm) sind im Versteck zu entfernen.

Posebni habitati: Vsak nov objekt revitalizacije vodotokov je usmerjen k vzpostavljanju novih habitatov in povečevanju splošne biotske pestrosti. Za potrebe določene vrste lahko postavimo objekte, ki so izvedeni specifično zanje. To so npr. skrivališča za ribe, ribje steze – prehodi, drstišča, prehodi pod mostovi za vidre, otoki, gnezdišča za ptice itd. Natančnejšo obliko objekta določi strokovnjak za določeno vrsto. Skrivališče za ribe in druge organizme se izvede iz težkih desk in hlodov, vkopanih v nožiče obrežja tako, da so pod nivojem stalne vode. Postavi se jih na zunanji strani okljuka, lahko tudi skupaj z odbijači in jezovi, ki vzdržujejo določen nivo vode. V skrivališču se odstrani večje frakcije (> 8 cm).

### 2.1.3 Technische Umweltsanierungsmaßnahmen außerhalb der Flussrinne

### Tehnični ekoremediacijski ukrepi izven struge



**Bild 14: Mäander-Renaturierung**

im Grundriss (1) und Querschnitt AA' (2); regulierter Kanal (a); Erstellung von Mäandern (b); Sumpzone (c); Hochwasserüberlauf (d)

**Slika 14: Restavracija meandrov**

v tlorisu (1) in v prečnem prerezu AA' (2); regulirana struga (a); vzpostavitev meandrov (b); močvirnat predel (c); preliv za visoke vode (d)

**Mäander-Renaturierung:** Wo Wasser durch eine Landschaft mit geringem Gefälle fließt, ist die natürlichste Form eines Wasserlaufs ein Mäander. Mäander verlängern den Lauf des Gewässers, verringern das Gefälle, verlangsamen den Wasserfluss, erhöhen die Wassertiefe und das Wasservolumen in der Landschaft und im Grundwasser und vergrößern bzw. verlängern die Uferzone, die einen ökosystemreichen Teil der Landschaft darstellt. Die vergrößerte Oberfläche der Wasser-Boden-Grenzfläche hat eine schwammartige Wirkung; das Wasser fließt langsam aus der Landschaft ab und erhöht den Abfluss im Sommer. Der mäandrierende Wasserstrom hat auch eine geringere Wasserstärke und damit eine geringere Sedimenttransportkraft. Mäander erhöhen die Häufigkeit des Überlaufens von Gerinnen und stellen so den Kontakt zur Aue her. An der Außenseite von Mäandern verändert sich das Gerinne durch Erosion

**Restavracija meandrov:** Kjer teče voda po pokrajini z majhnim naklonom, je najnaravnejša oblika poteka vodotoka meander. Vodotok si z meandri podaljša pot, zmanjša padec, upočasni tok vode, poveča globino in količino vode v pokrajini in podtalnici, poveča oz. podaljša se tudi obrežni pas, ki je ekosistemsko bogat del pokrajine. Povečana površina stika med vodo in prstjo povzroči efekt podoben gobi; voda se počasi izceja iz pokrajine in poveča nizke poletne pretoke. Meandrirajoči vodni tok ima tudi manjšo moč vode in s tem manjšo transportno moč sedimenta. Meandri povečajo pogostost preplavljanja struge in tako vzpostavijo stik s poplavnim svetom. Na zunanji strani zavojev se struga zaradi erozije hitreje spreminja kot na področju brzic. V meandrirajočih vodotokih se pojavijo rotirajoči tok, ki dviguje detritus iz tal navzgor v smeri proti zunanji strani meandra. To ustvari posebne pogoje za bentične organizme in tudi

schneller als im Bereich von Stromschnellen. In mäandrierenden Fließgewässern treten Drehströmungen auf, die Detritus vom Boden nach oben an die Außenseite des Mäanders befördern. Dies schafft besondere Bedingungen für benthische Organismen und erhöht außerdem die Sauerstoffaufnahme aus der Luft im gesamten Wasserkörper.

Die Wiederherstellung von Mäandern ist oft schwierig, weil das Gerinne dort vertieft wird, wo die vorhandenen Mäander begradigt wurden, und weil die Mäanderbildung Raum entlang des Bachlaufs erfordert, der bei der Landgewinnung für landwirtschaftliche, bauliche und andere infrastrukturelle Zwecke (z. B. Straßen) genutzt wird.

Die Wiederherstellung von Mäandern kann die Häufigkeit von Überschwemmungen erhöhen (insbesondere wenn der flussaufwärts gelegene Teil noch reguliert ist). Sind keine Überschwemmungsgebiete vorhanden (Wiese, Baumstamm), können Überschwemmungen vermieden werden, indem ein Gerinne mit einem größeren Querschnitt angelegt wird, als es in der Natur vorkommen würde. Die positiven Merkmale eines mäandrierenden Wasserlaufs in der Ebene bleiben hier erhalten. Die entworfenen Mäander sollten nicht einheitlich sein, sondern in Wellenlänge und Amplitude variieren. Neu angelegte Mäander erfordern in jedem Fall einen Erosionsschutz an der Außenseite der Kurven am Anfang.

Methoden der Mäandergestaltung:

- Wiederherstellung der Mäander genau dort, wo sie vor der Störung waren. Aus alten Fotos, Zeugenaussagen, Vegetationsresten oder Luft-/Satellitenbildern,
- Verwendung empirischer Beziehungen zwischen Wellenlänge und Amplitude und Durchfluss oder Kanalbreite,
- Nutzung vorhandener natürlicher Mäanderstrecken als Vorbild für die Gestaltung von Mäanderrestaurierungen,
- Größensortierung nach Steigung. Die Größe der Mäander wird nach dem erforderlichen Gefälle bestimmt, um ein bestimmtes hydrologisches Regime zu erreichen.

povečuje privzem kisika iz zraka v celotnem vodnem telesu.

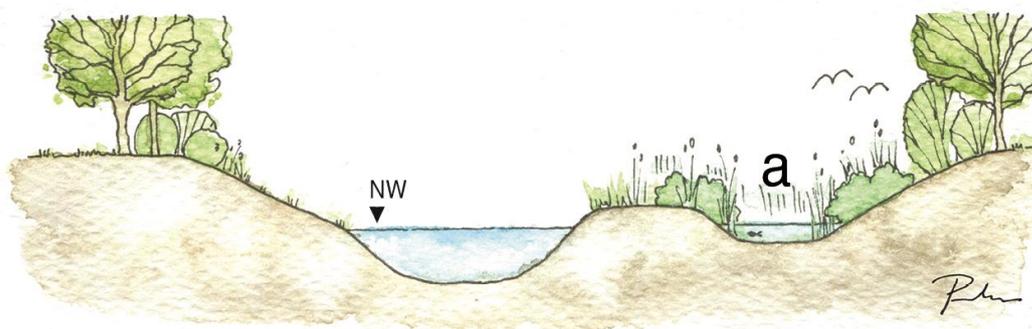
Rekonstrukcija meandrov je večkrat otežena zato, ker je struga na mestu, kjer se je obstoječe meandre poravnalo, poglobljena in ker je za vijuganje potoka potreben prostor ob strugi, ki ob melioracijah preide v rabo kmetijske, gradbene in druge infrastrukturne namene (npr. ceste).

Restavracija meandrov lahko poveča pogostost poplav (še posebej, če je gorvodni del še vedno reguliran). Če ni zagotovljenih površin za poplavljanje (travniki, log) se izognemo poplavam z izvedbo struge s širšim prerezom, kot bi se pojavil v naravi. Pri tem še vedno obdržimo pozitivne lastnosti meandriranja vodotoka po ravnici. Načrtovani meandri naj ne bodo enaki, spreminjajo naj se po valovni dolžini in amplitudi. Pri novo zgrajenih meandrih bo v vsakem primeru v začetku potrebna zaščita pred erozijo na zunanji strani okljukov.

Načini načrtovanja meandrov:

- restavracija meandrov natanko tam, kjer so bili pred motnjo. Iz starih fotografij, pričanj, ostankov vegetacije ali zračnih/satelitskih posnetkov,
- uporaba empiričnih razmerij med valovno dolžino in amplitudo ter pretokom oz. širino kanala,
- uporaba še obstoječih naravnih meandrirajočih odsekov, kot model za načrtovanje restavracije meandrov,
- dimenzioniranje glede na padec. Velikost meandrov se določa glede na zahtevani padec, s katerim želimo doseči določen hidrološki režim.

2



1

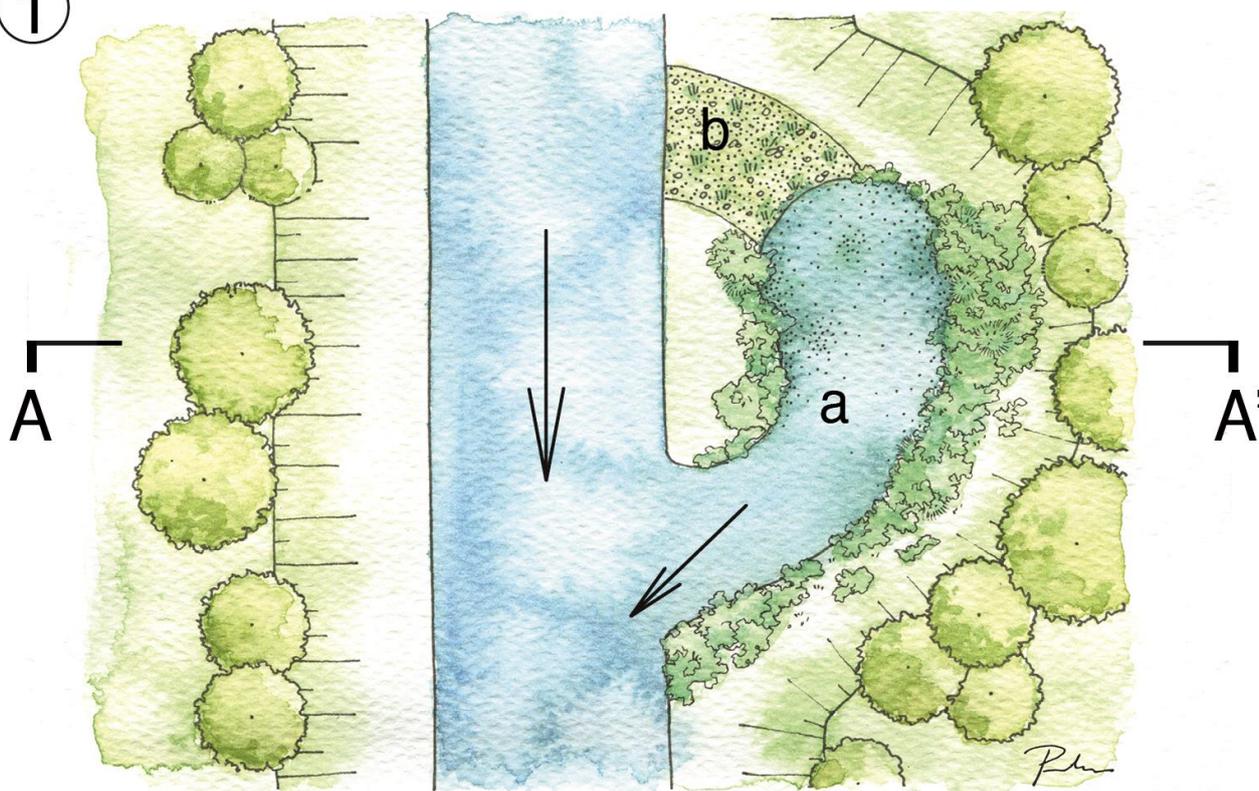


Bild 15: Seitenarm

(a) ist Lebensraum für Randpflanzen, Amphibien, einige Vögel und wirbellose Tiere; eine Kieseinsatz (b) verbessert Wasserqualität; Draufsicht auf die Seitenarm (1) und Seitenarm im Querschnitt AA' (2)

Slika 15: Stranski rokav

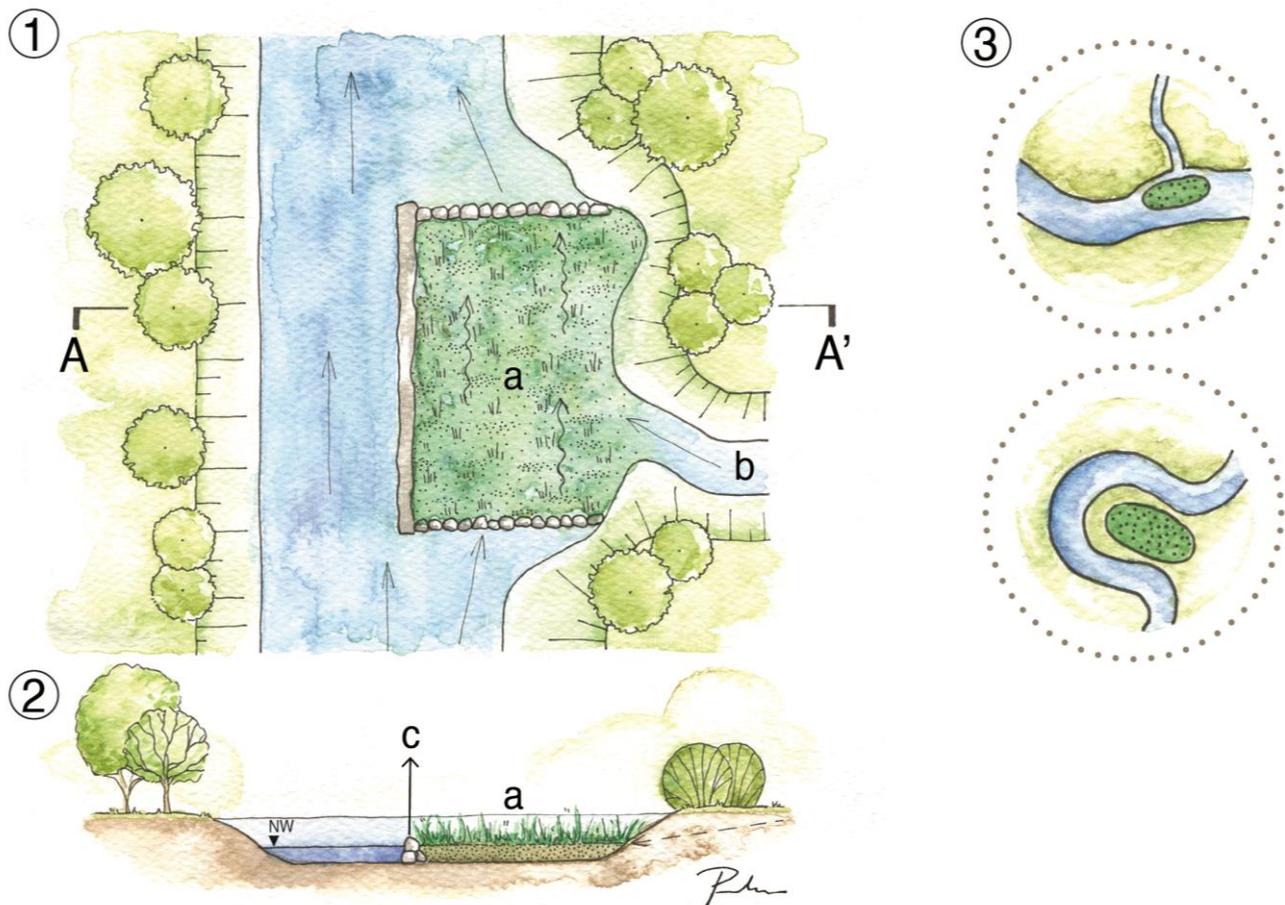
(a) je habitat za obrežne rastline, dvoživke, nekatere ptice in nevretenčarje; prodni vložek (b) izboljša kvaliteto vode; prikaz stranskega rokava v tlorsu (1) in prečnem prerezu AA' (2)

Seitenarm: bildet sich auf natürliche Weise, wenn sich die Mäander verändern. Im Gegensatz zu einem toten Flusslauf (Altarm) hat ein Seitengerinne Kontakt mit Süßwasser. Im Vergleich zu einer Bucht und einem Rückstau benötigt ein Seitenkanal zusätzliche Flächen entlang des Kanals. Dies wirkt sich positiv auf die Lebensraumstruktur, das Selbstreinigungsvermögen und die Dämpfung von Hochwasserwellen aus. Er bietet Fischen bei Hochwasser Unterschlupf, Lebensraum für Randpflanzen, Amphibien, einige Vögel und wirbellose Tiere.

- Bei einem Seitenarm kann eine Versickerung des Sickerwassers durch den Kieseinsatz erfolgen, was die Wasserqualität verbessert. So entsteht eine Art Reinigungsbett, das in einem ruhigen Tümpel endet und Lebensraum für viele Arten bietet. Um zu verhindern, dass der Seitenarm vollläuft, wird ein Kiesbett mit leicht abgesenktem Gelände angelegt, das das Hochwasser in den Seitenarm leitet und das Sediment wegspült.

Stranski rokav: nastane v naravi ob spreminjanju meandrov. Za razliko od mrtvega rečnega rokava (mrtvice) ima stranski rokav stik s svežo vodo. Stranski rokav zahteva v primerjavi z zalivom in zajedo, dodatno zemljišče ob strugi. Takšen ukrep pozitivno vpliva na habitatno strukturo, samočistilne sposobnosti in na zmanjševanje poplavnih valov. Nudi zatočišče za ribe v času visokih voda, je habitat za obrobne rastline, dvoživke, nekatere ptice in nevretenčarje.

- Pri stranskem rokavu se lahko izvede dotok pronicajoče vode skozi prodni vložek, kar izboljša kvaliteto vode. Tako dobimo neke vrste čistilno gredo, ki se zaključí z mirnim tolmunom, kar nudi habitat mnogim vrstam. Da se prepreči zapolnjevanje stranskega rokava, se izvede prodni vložek z nekoliko spuščnim terenom, kar usmeri visoke vode v stranski rokav in odplavi usedline.



**Bild 16: Geschaffene Feuchtgebiete**

im Grundriss (1) und Querschnitt AA' (2); das Feuchtgebiet hat bei mittlerem Wasserstand knapp unter der Oberfläche (a); Wassereinlauf (b); Schutz vor direktem Wasserfluss (c); mögliche Standorte von Feuchtgebieten (3)

**Slika 16: Ustvarjena mokrišča**

v tlorisu (1) in v prečnem prerezu AA' (2); mokrišče ima ob srednjem pretoku vodo tik pod površjem (a); dotok vode (b); zaščita pred neposrednim vodnim tokom (c); možne lokacije mokrišč (3)

**Geschaffene Feuchtgebiete:** können entlang eines Wasserlaufs liegen, wenn es der Platz erlaubt. Insbesondere ist es sinnvoll, Feuchtgebiete an einem Wassereinlauf anzulegen, sei es ein Entwässerungskanal, ein kleiner Bach oder die Ableitung von Wasser von Straßen und anderen städtischen Gebieten. Ein Feuchtgebiet ist ein flaches Niederungsgebiet, in dem das Grundwasser bei mittlerem Wasserstand knapp unter der Oberfläche steht. Damit ein Feuchtgebiet Wasser wirksam filtern kann, sollte es aus einem Substrat mit größeren Fraktionen (> 8 cm) bestehen. Ein solches Bauwerk dient als kleine Pflanzenkläranlage, bietet eine

**Ustvarjena mokrišča:** se lahko umešča ob strugi, v kolikor to dopušča prostor. Predvsem je primerno, če se postavlja mokrišča ob dotoku vode, naj bo to melioracijski kanal, manjši potok ali drenaža iz cest in ostalih urbanih površin. Mokrišče je raven nižinski del, ki ima ob srednjem pretoku talno vodo tik pod površjem. Če želimo, da mokrišče učinkovito filtrira vodo, naj bo sestavljen iz substrata večjih frakcij (> 8 cm). Tak objekt služi kot manjša rastlinska čistilna naprava, nudi različne habitate, hidrološko pa deluje kot vodni rezervoar v času suše in manjši razbremenilnik poplavnega vala ob visokih vodah. Ker je substrat mokrišča lahko podvržen eroziji, ga je

Vielzahl von Lebensräumen und fungiert hydrologisch als Wasserreservoir in Zeiten der Trockenheit und als kleiner Flutwellenentlaster in Zeiten des Hochwassers. Da das Substrat des Feuchtgebiets erosionsanfällig ist, müssen die Ränder vor direktem Wasserfluss geschützt werden. Feuchtgebiete können auch außerhalb des Gerinnes liegen, d.h. im Weg des Hochwassers, z.B. an der Innenseite von Mäandern.

Altarme: sind ein äußerst artenreicher Lebensraum. Sie beherbergen viele gefährdete Arten von Wasserpflanzen, Amphibien, Fischen, Reptilien und Vögeln. Die Altarme waren ursprünglich Teil eines Flussbettes, das dann den Lauf des Wassers veränderte. Das Ausbaggern von Kanälen zu Regulierungszwecken bedroht Lebensräume wie Altarme und Sümpfe. Die damit einhergehende Absenkung des Grundwasserspiegels und das Ausbleiben regelmäßiger Überschwemmungen führen zu einer Austrocknung dieser Lebensräume. Revitalisierungen müssen daher zunächst den Wasserspiegel anheben und dann für eine regelmäßige Überflutung der ausgewiesenen Gebiete sorgen. In Fällen, in denen der Fluss flussaufwärts reguliert wird (z. B. Wasserkraftwerke), so dass er nicht überschwemmt wird, kann es möglich sein, den Altarm über Rohre an den Fluss anzuschließen.

Auch künstliche Stillgewässer, d. h. Tümpel außerhalb des Gerinnebereichs, können angelegt werden. In beiden Fällen, ob natürlich oder vom Menschen geschaffen, muss das Gewässer mit dem Kanal in Form eines Korridors mit natürlicher Vegetation, in der Regel einem Wald oder einer Feuchtwiese, in Verbindung stehen. Das Stillgewässer dient auch als Hochwasserreservoir, in dem die Flutwellen kanalisiert werden können. Ähnlich der Funktion eines Stillgewässers sind Wassertröge eine Form der Wasserspeicherung für Feuer- und Viehtränken, doch können solche Bauwerke vom Wasserlauf getrennt sein.

Fische bevorzugen größere, dauerhafte Wasserbecken – Altwasser. Kleinere und intermittierende Tümpel sind weniger geeignet, um Fische zu beherbergen. Dies ist vor allem auf schwankende Extremwerte zurückzuführen. Erwachsene Amphibien können zwar über Land wandern, ziehen es aber vor, sich in kleineren Tümpeln niederzulassen. Das Nahrungsangebot ist größer, da es

potrebno ob robovih zaščititi pred neposrednim vodnim tokom. Lokacija mokrišč se lahko nahaja tudi izven struge, to je na poti poplavnih voda, npr. na notranji strani meandrov.

Mrtvice: so biotsko izredno pester habitat. V njih domujejo mnoge ogrožene vrste vodnih rastlin, dvoživk, rib, plazilcev in ptičev. Mrtvice so bile prvotno del struge, ki je nato spremenila tok vode. Poglobljanje strug zaradi regulacij ogroža habitate kot so mrtvice in močvirja. Spremljajoči nižji vodostaji talne vode in pomanjkanje rednih poplav izsušujejo omenjene biotope. Pri revitalizacijah je tako najprej potrebno poskrbeti za dvig vode in nato še za redna poplavljanja na za to določenih mestih. V primerih, ko je reka gorvodno tako regulirana (npr. hidroelektrarne), da ne poplavlja, se lahko poveže mrtvice z reko preko cevi.

Izvede se lahko tudi umetne mrtvice, ki so nekakšni tolmeni izven območja struge. Globina vode v mrtvici naj bo vsaj 1 m. V obeh primeri ali je to naravno ali umetno narejeno vodno telo, potrebuje stik s strugo v obliki koridorja iz naravne vegetacije, običajno je to gozd ali mokrotni travnik. Mrtvica služi tudi kot zadrževalnik visokih voda, vanjo se lahko usmeri viške poplavnih valov. Podobno funkcijo mrtvice imajo tudi kali, ki so neke vrste zadrževalniki za vodo v požarne namene in namene napajanja živine, vendar so takšni objekti lahko dislocirani od vodotoka.

Ribam najbolj ustrezajo večji in stalni tolmeni – mrtvice. Manjši in občasni tolmeni imajo manj možnosti, da bi se v njih naselile ribe. Predvsem zaradi nihanja ekstremov. Medtem ko lahko odrasle dvoživke potujejo po kopnem, se zato raje naselijo v manjših tolmunih. Tam je več hrane zaradi odsotne kompeticije ribjih predatorjev. Dobro je, da se pri izgradnji zadosti potrebam obeh skupin.

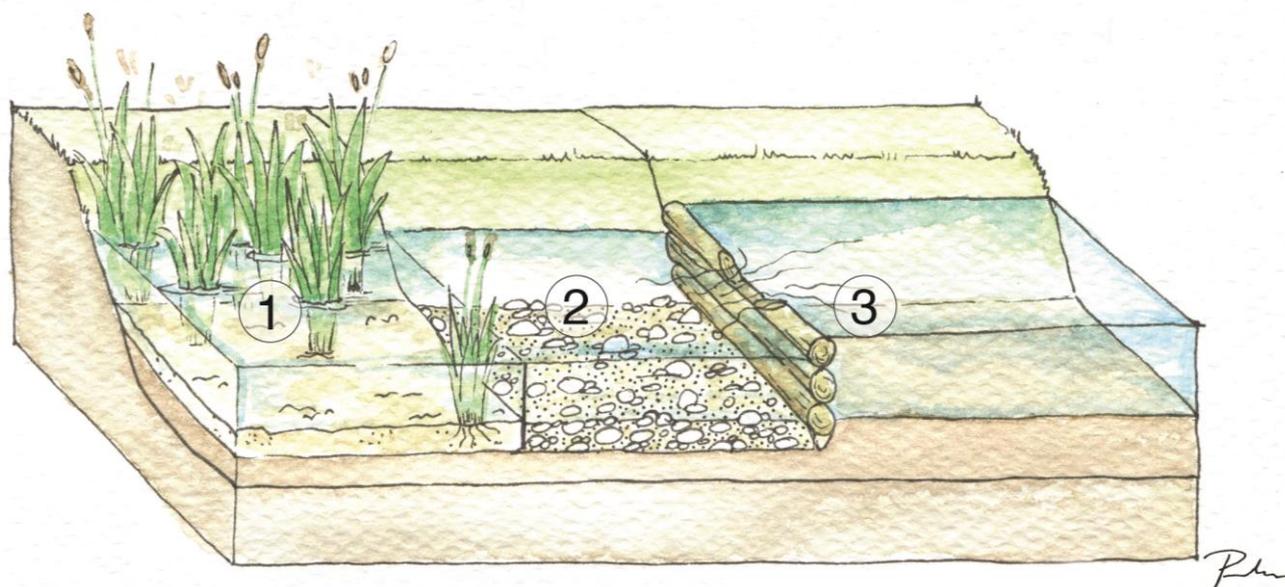
keine Konkurrenz durch Fischräuber gibt. Es ist gut, dass die Bedürfnisse beider Gruppen bei der Konstruktion berücksichtigt werden.

Bypass: ist eine Umleitung eines Teils des Wasserstroms aus dem kanalisiertem Hauptkanal. Die Umgehungsstraße kann durch den vorhandenen Wald geführt werden und ist eine Sofortmaßnahme zur Beschattung und zum Schutz des Kanals. Diese Technik hat auch den Vorteil, dass andere Maßnahmen (z.B. Klärbecken, Wehre), die die Wasserrückhaltezeit erhöhen, möglich sind, da das Hauptgerinne als Hochwasserdämpfer zur Verfügung steht. Diese Maßnahme kann den Wasserrückhalt deutlich erhöhen und Überschwemmungen verringern, neue Lebensräume schaffen und die Selbstreinigungskraft erhöhen.

Ein trockenes Nebengerinne kann eingerichtet werden, wenn bei Niedrigwasser nur das Hauptgerinne fließt. Das andere ist ein nasses Nebengerinne, bei dem stets ein bestimmter Wasserstand aufrechterhalten wird, entweder im Hauptgerinne oder im Nebengerinne. Diese Maßnahme wird gewählt, wenn die Kapazität eines Wasserlaufs nicht ausreicht, um Hochwasser abzuführen, wenn Strukturen (Gebäude) entlang des Wasserlaufs eine Aufweitung des Wasserlaufs verhindern oder wenn das Flussbett aufgrund von Erosion bei Hochwasser instabil ist. Ein Seitenkanal kann auch zur Anreicherung eines anderen Wasserlaufs eingesetzt werden.

Stranska struga (by-pass): je preusmeritev dela vodnega toka iz glavne kanalizirane struge. Stransko strugo se lahko spelje v obliki meandrov skozi obstoječi gozd in imamo takojšen ukrep za osenčitev in zaščito struge. Ravno tako je prednost te tehnike, da si lahko dovolimo ostale ukrepe (npr. čistilne grede, pragove), ki povečajo čas zadrževanja vode, saj je glavni kanal na voljo kot razbremenilnik poplavnih voda. S tem ukrepom se lahko bistveno poveča zadrževanje vode in zmanjša poplave, ustvari nove habitate in poveča samočistilne sposobnosti.

Izvede se lahko suho stransko strugo, kjer je v času nizkih voda, tekoča voda le v glavni strugi. Drugi način je mokra stranska struga, kjer se stalno vzdržuje določen nivo vode, ali v glavni ali pa v stranski strugi. Za ta ukrep se odločimo kadar imamo vodotok s premajhno kapaciteto odvajanja visokih voda, imamo strukture (zgradbe) ob vodotoku, ki onemogočajo razširitve vodotoka ali pa imamo nestabilno rečno strugo zaradi erozije ob prevelikih pretokih. Stransko strugo se lahko izvede tudi za bogatenje z vodo kakšnega drugega vodotoka.



**Bild 17: Ökosanierung in einem Entwässerungsgraben**

trägt zu einer erhöhten Wasserrückhaltung und -reinigungskapazität, einer größeren Artenvielfalt und einem besseren ästhetischen Erscheinungsbild der Agrarlandschaft bei. Ökologischen Sanierungselementen: Pflanzen (1), einen Kiesfilter (2), kleine Schwellen (3).

**Slika 17: Ekoremediacijska ureditev v melioracijskem jarku**

prispeva k večjemu zadrževanju in čiščenju vode, višji vrstni pestrosti ter boljšemu estetskemu izgledu kmetijske krajine. Ekoremediacijski elementi: rastline (1), prodni filter (2), manjši pragovi (3)

#### Ökosanierung in einem Entwässerungsgraben:

Entwässerungsgräben ermöglichen die Entwässerung landwirtschaftlicher Flächen in Gebieten mit hohem Grundwasserspiegel. Traditionelle Entwässerungsgräben sind kahle Rinnen, in die das Wasser von landwirtschaftlichen Flächen fließt, die in der Regel mit Pestiziden und Düngemitteln belastet sind. Solche Gräben haben keine Wasserrückhalte- und -reinigungskapazität und weisen eine sehr geringe Artenvielfalt auf. Pestizide und Düngerrückstände können von hier aus direkt in Wasserläufe und das Grundwasser gelangen, was schwerwiegende Umweltprobleme verursacht und die Gesundheit von Mensch und Tier beeinträchtigt.

Die ökologische Sanierung von Entwässerungsgräben kann diese Probleme beseitigen oder zumindest abmildern. Der bestehende Graben wird überarbeitet, und es werden ökologische Sanierungselemente hinzugefügt, um das Selbstreinigungsvermögen, die Wasserrückhaltung und die Artenvielfalt zu erhöhen. Bei

#### Ekoremediacijska ureditev v melioracijskem jarku:

Melioracijski jarki omogočajo osuševanje kmetijske zemlje v predelih, kjer je talna voda visoka. Klasični melioracijski jarki so goli kanali, v katere se steka voda iz kmetijskega zemljišča, običajno onesnažena s pesticidi in gnojili. Taki jarki nimajo sposobnosti zadrževanja in čiščenja vode, prav tako imajo zelo nizko vrstno pestrost. Pesticidi in ostanki gnojil od tu lahko neposredno prehajajo v vodotoke in podtalnico ter povzročajo resne okoljske probleme in vplivajo na zdravje ljudi in živali.

Z ekoremediacijsko ureditvijo melioracijskih jarkov se lahko omenjene težave odpravi ali vsaj omili. Obstoječ jarek se predela, dodajo se ekoremediacijski elementi, ki povečajo samočistilno sposobnost, zadrževanje vode ter pripomorejo k večji vrstni pestrosti. Uporabljeni ekoremediacijski elementi so predvsem manjši pragovi, prodni filter in rastline.

Tako oblikovan melioracijski jarek ščiti podtalnico in vodotoke pred kmetijskim onesnaženjem, zmanjšuje

den verwendeten ökologischen Sanierungselementen handelt es sich hauptsächlich um kleine Schwellen, einen Kiesfilter und Pflanzen.

Ein so angelegter Entwässerungsgraben schützt das Grundwasser und die Wasserläufe vor Verschmutzung durch die Landwirtschaft und mindert die Auswirkungen von Trockenheit und Wind. Das im Graben zurückgehaltene Wasser kann zur Bewässerung verwendet werden. Durch diese Funktionen trägt der Entwässerungsgraben indirekt auch zur Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge, zum Schutz der Gesundheit und zum ästhetischen Erscheinungsbild der Agrarlandschaft bei.

Vegetationsgürtel und -korridore: sind bereits Teil des umfassenderen Konzepts der Umweltsanierung, das im Wassereinzugsgebiet angewendet werden kann. Vegetationsgürtel entlang eines Wasserlaufs dienen als Übergang zwischen aquatischen und terrestrischen Ökosystemen. Sie sind für die ökologische Gesundheit des Gewässers unerlässlich. Sie schützen vor Verunreinigungen aus diffusen Quellen, werten den Wasserlauf auf, sind eine Detritusquelle, schützen die Ufer vor Erosion und bieten Lebensraum für viele Arten. Vegetationsgürtel haben in der Regel eine größere positive Wirkung auf kleinere Fließgewässer im Oberlauf als auf größere Fließgewässer im Unterlauf. Kleinere Fließgewässer reagieren empfindlicher auf seitliche Oberflächenzuflüsse, da sie ein geringeres Verhältnis zwischen Wasserkörper und Ufer aufweisen.

Viel lässt sich erreichen, wenn man mit den Grundstückseigentümern vereinbart, einen Streifen (ca. 10 m) entlang des revitalisierten Gewässers zu belassen, der nicht gepflügt oder gedüngt, sondern nur als Mähwiese genutzt wird. Dies ist eine Win-Win-Situation: Die Wiese belastet das Fließgewässer im Vergleich zur Ackernutzung nicht, und andererseits sind Überschwemmungen für die Wiese kein Problem, während sie bei anderen Pflanzen wirtschaftliche Schäden verursachen können.

Zone 1: beginnt am Ufer und ist der Bereich, der zur Stabilisierung und als Lebensraum benötigt wird. Die Hauptfunktionen sind Schatten, Geröll und große Holzstücke. Außerdem schützt es teilweise vor

vplive suš in vetra. Vodo, ki se v njem zadržuje, lahko uporabimo za namakanje. Zaradi teh funkcij melioracijski jarek indirektno vpliva tudi na povečanje kmetijskega pridelka, pripomore k varovanju zdravja in estetskemu izgledu kmetijske pokrajine.

Vegetacijski pasovi in koridorji: so že del širšega pojma ekoremediacij, ki se lahko uporabljajo na področju prispevne površine. Pas vegetacije ob vodotoku služi kot prehod med vodnimi in kopenskimi ekosistemi. Je bistvenega pomena za ekološko zdravje vodnega telesa. Nudi zaščito pred netočkovnim onesnaženjem vodotoka, osenčuje vodotok, je vir detritusa, varuje brežine pred erozijo in nudi prostor mnogim vrstam. Praviloma imajo vegetacijski pasovi večji pozitivni vpliv na manjše vodotoke v gornjem delu toka, kot na večje vodotoke v nižinah. Manjši vodotoki so namreč bolj občutljivi na bočni površinski dotok, saj imajo manjše razmerje med vodnim telesom in obrežjem.

Veliko se lahko doseže že z dogovorom z lastniki zemljišč, da ob revitaliziranem vodotoku pustijo pas (nekaj 10 m), ki ga ne orjejo in gnojijo, temveč uporabljajo le kot košni travnik. Tako imamo obojestransko korist: travnik v primerjavi z orno rabo tal ne obremenjuje vodotoka, po drugi strani pa poplave ne predstavljajo težav za travnike, medtem ko lahko na ostalih poljščinah povzročijo ekonomsko škodo.

Cona 1: se začne na robu vode in je površina potrebna za stabilizacijo ter habitat. Primarne funkcije so senca, detritus in večji leseni kosi. Delno tudi ščiti pred poplavami in izboljšuje kvaliteto vode. Vegetacija naj bo raznolika, pas je širok od 5 do 8 m.

Cona 2: se razteza od 3 metrov do 100 metrov – odvisno od tipa vodotoka, prsti in topografije. Namen te površine je, da se ustvari gozd z avtohtono vegetacijo, ki odstranjuje sedimente in hranila ter druga onesnažila. Ta

Überschwemmungen und verbessert die Wasserqualität. Die Vegetation sollte vielfältig sein, mit einer Streifenbreite von 5 bis 8 m.

Zone 2: reicht von 3 m bis 100 m - je nach Art des Wasserlaufs, des Bodens und der Topografie. In diesem Gebiet soll ein Wald mit einheimischer Vegetation entstehen, der Sedimente, Nährstoffe und andere Schadstoffe bindet. Diese Zone trägt auch zur Lebensraumvielfalt bei und kann zu Erholungszwecken genutzt werden. Die Schaffung einer weiteren Zone wird mit der Begründung abgelehnt, dass sie einen Verlust an produktivem Land bedeutet. Diese Fläche kann daher für Rodungen, Nuss- und Beerenanbau genutzt werden. Gelegentliches Abholzen regt das Wachstum junger Bäume an, wodurch die Nährstoffaufnahme aus dem Boden erhöht wird.

Zone 3: umfasst Flächen mit Gras und anderer krautiger Vegetation und hat eine Breite von 4 m, wenn sie in Verbindung mit den Zonen 1 und 2 betrieben wird, und bis zu 10 m, wenn sie allein eingerichtet wird. Die Hauptwirkung dieser Zone besteht darin, den Abfluss zu verlangsamen und das Wasser aus diffusen Verschmutzungsquellen zu filtern und zu reinigen. Ein solcher Gürtel bietet auch Lebensraum für einige seltene Vögel.

cona prispeva tudi k habitatni pestrosti in se lahko uporablja za namene rekreacije. Vzpostavitvi širšega pasu nasprotuje dejstvo, da predstavlja to izgubo produktivne zemlje. To področje lahko torej izkoriščamo za prebiralno sečnjo, gojenje oreškov in jagodičevja. Občasna sečnja bo spodbudila rast mladih dreves, kar poveča srkanje hranilnih snovi iz tal.

Cona 3: vključuje površine s travo in ostalimi zelmi in obsega širino 4 m, če deluje skupaj s cono 1 in 2, ter širino do 10 m, če je postavljena samostojno. Največji učinki tega pasu so upočasnjevanje odtoka in filtriranje ter čiščenje vode iz netočkovnih virov onesnaženja. Takšen pas nudi tudi življenjski prostor nekaterim redkim pticam.

## 2.2 Renaturierung und Biodiversität

### 2.2.1 Arterhaltung und Wiederansiedelung einst heimischer Arten

Der rasche Landnutzungswandel, Habitatfragmentierung, Eutrophierung, invasive Neophyten und der Klimawandel führen zu einer laufenden Abnahme der Biodiversität und stellen Natur- und Umweltschutz vor große Herausforderungen, die mit den bisherigen Schutzkonzepten allein nicht zu bewältigen sind. Ohne bedeutende Anstrengungen wird es zu einem weiteren Artenschwund, zu Bodenverlusten und zu einer Verschlechterung des Zustands der Gewässer kommen. Die Renaturierungsökologie könnte in den kommenden Jahrzehnten eine Schlüsselrolle bei der Bewältigung dieser Herausforderungen einnehmen. Dies erfordert allerdings eine effektive Unterstützung durch geeignete politische Rahmenbedingungen, wirksamere Methoden der Renaturierung sowie eine enge Zusammenarbeit der beteiligten Interessensgruppen (24: Kollmann et al. 2019). Degradation von Ökosystemen aufgrund von Störungen und Belastungen kann dazu führen, dass charakteristische Arten aussterben, Nahrungsnetze unterbrochen, eingeschleppte invasive Arten sich vermehrt ausbreiten und dass manche Ökosystemfunktionen nicht mehr oder nur noch unvollständig ablaufen. Der vor allem im Zusammenhang mit Gewässern verwendete Begriff der Revitalisierung beinhaltet die Wiederherstellung bestimmter Ökosystemstrukturen als Voraussetzung für die Ansiedelung (den Erhalt bzw. Förderung) standorttypischer Arten oder Lebensgemeinschaften. Beispiele wären das gezielte Einbringen von Totholz als Versteckmöglichkeit für Fische oder das Einrichten von Steilwänden als Brutplatz für den Eisvogel (*Alcedo atthis*). Bei Renaturierungen müssen allerdings nicht nur ökologische Grundlagen berücksichtigt werden, auch gesellschaftliche Werte und Anforderungen. Renaturierungen sind damit nicht allein an eine Fachdisziplin gebunden. In heutigen Zeiten geht es außerdem auch um die Klimaanpassung und die Förderung der Klimaresilienz von Ökosystemen. Bei sehr starker Degradation oder kompletter Transformation historischer Landschaften ist es notwendig, die

## Ekoremediacije in biotska pestrost

### Ohranjanje vrst in ponovna naselitev nekoč avtohtonih vrst

Hitre spremembe rabe tal, drobljenje habitatov, evtrofikacija, invazivni neofiti in podnebne spremembe povzročajo nenehno upadanje biotske raznovrstnosti in predstavljajo velik izziv za ohranjanje narave in varstvo okolja, ki ga ni mogoče rešiti samo s sedanjimi naravovarstvenimi pristopi. Brez znatnih prizadevanj se bo nadaljevalo izginjanje vrst, propadanje tal in propadanje vodnih teles. Ekoremediacije bi lahko imele ključno vlogo pri reševanju teh izzivov v prihodnjih desetletjih. Vendar je za to potrebna učinkovita podpora z ustreznimi političnimi okvirji, učinkovitejšimi metodami revitalizacije in tesnim sodelovanjem z deležniki (24: Kollmann et al. 2019). Degradacija ekosistemov zaradi motenj in pritiskov lahko privede do izumrtja značilnih vrst, motenj v prehranjevalnih verigah, intenzivnejšega širjenja invazivnih vrst ter nedelovanja ali slabšega delovanja nekaterih ekosistemskih funkcij. Izraz ekoremediacija oz. revitalizacija, ki se večinoma uporablja v povezavi z vodnimi telesi, vključuje obnovo določenih ekosistemskih struktur kot predpogoj za naselitev (ohranjanje ali spodbujanje) vrst ali biotskih združb, značilnih za to območje. Primera sta tarčno umeščanje odmrlega lesa za skrivališča za ribe ter oblikovanje strmih sten primernih za gnezdišča za vodomca (*Alcedo atthis*). Vendar pri revitalizaciji ni treba upoštevati le ekoloških načel, temveč tudi družbene vrednote in zahteve. Revitalizacija torej ni vezana le na tehnično področje. V današnjem svetu gre tudi za prilagajanje podnebnim spremembam in spodbujanje odpornosti ekosistemov na podnebne spremembe. V primeru izrazite degradacije ali popolnega preoblikovanja zgodovinskih krajin je treba upoštevati spremenjene pogoje in njihovo nepovratnost, da se lahko opredelijo realistični cilji. (24: Kollmann et al. 2019)

Ob načrtovanju revitalizacijskih ukrepov je pomembno, da se ne zanemari potreb posebnih ali zavarovanih vrst ali združb vrst, katerih obstoj bi izvedba lahko celo ogrozila. Na primer: pri povezovanju stoječih voda s tekočimi je treba pretehtati, ali bi izvedba uničila pomembna drstišča

veränderten Bedingungen und deren Irreversibilität zu berücksichtigen um realistische Ziele zu definieren. (24: Kollmann et al. 2019)

Nicht zu vernachlässigen sind jene besonderen oder geschützten Arten bzw. Artengemeinschaften die durch die, oft nicht unwesentlichen, Eingriffe bei Renaturierungs- und Revitalisierungsmaßnahmen gefährdet werden könnten. So ist bei der Anbindung von stehenden Altarmen zum Beispiel zu beachten, ob dadurch wichtige Laichgewässer für Amphibien zerstört werden würden. Vor dieser Problematik stehen gut durchdachte und geplante Renaturierungsprojekte regelmäßig. Abhängig von den im Vorfeld untersuchten Indikatorengruppen fallen die Anforderungen an Renaturierungen bzw. Revitalisierungen unterschiedlich aus (Beispiel: 2: Bloch et al. 2010). Weiters muss bei Maßnahmen immer das geltende Naturschutzgesetz berücksichtigt werden, etwa im Zusammenhang mit der Störung von geschützten Arten zum Beispiel während der Fortpflanzungs- und Aufzuchtzeit oder bei der möglichen Zerstörung von Ruhestätten (Steiermärkisches Naturschutzgesetz 2017). Bei geschützten Arten die im behandelten Gewässer trotz des degradierten Zustandes einen guten Bestand aufweisen, sollte daher unbedingt darauf geachtet werden, dass die Bedingungen für die Arten nach den Maßnahmen mindestens gleich gut bzw. besser sind. Bei manchen Arten, wie zum Beispiel Großmuscheln, die fast nicht mobil sind und bei baulichen Eingriffen oft massiv beeinträchtigt werden (durch Verschütten, Ausbaggern, Verstopfen des Interstitialraumes durch mobilisiertes Sediment wodurch Jungmuscheln abgetötet werden könnten, Mobilisierung größerer Mengen von Faulschlamm die Lebewesen flussabwärts der Baustelle gefährden können) sollte neben einer ohnehin empfohlenen ökologischen Bauaufsicht bereits bei der Planung ein Absammeln und Zwischenhalten, sowie ein anschließendes fachgerechtes Wiedereinsetzen der Individuen unbedingt vorgesehen werden (Beispiel: 13: Fischer et al. 2019). Manche Pflanzen wie Wasserschwertlilie (*Iris pseudacorus*) oder Rohrkolbengewächse (*Typhaceae*) können vor baulichen Maßnahmen fachgerecht ausgegraben und während den Baumaßnahmen sicher gelagert werden, um sie anschließend wieder passend einzupflanzen. Auch das

za dvoživke. Dobro premišljeni in načrtovani projekti revitalizacije se redno soočajo s tovrstnimi izzivi. Zahtevani pogoji za ekoremediacijo ali revitalizacijo pa so odvisni od predhodno preučenih kazalnikov indikatorskih skupin in se lahko med sabo razlikujejo oz. izključujejo (primer: 2: Bloch et al. 2010). Poleg tega je pri ukrepih vedno potrebno upoštevati veljavno naravovarstveno zakonodajo, na primer v zvezi z vznemirjanjem zaščitene vrst v času razmnoževanja in vzreje mladičev, ali morebitnim uničenjem počivališč (avstrijsko štajerski regijski zakon o varstvu narave 2017). Pri zaščitene vrstah, katerih populacija je v obravnavanem vodnem telesu kljub njegovemu poslabšanemu stanju dobra, je zato treba zagotoviti, da bodo pogoji za te vrste po izvedbi ukrepov vsaj tako dobri ali boljši. Pri nekaterih vrstah, kot so sladkovodne školjke, ki so skoraj nepremične in jih gradbeni posegi pogosto močno prizadenejo (zasipavanje, poglobljanje, zamašitev intersticijskih prostorov z naplavljenim sedimentom, ki lahko uniči mlade školjke, velike količine naplavljenega mulja, ki lahko ogrozi organizme v dolvodnem delu mesta posega), je potrebno poleg ekološkega nadzora gradnje, ki je priporočljiv v vsakem primeru, že v fazi načrtovanja predvideti odvzem in začasno zadržati ter kasneje strokovno ponovno naseliti te osebke (primer: 13: Fischer et al. 2019). Nekateri rastline, kot so vodna perunika (*Iris pseudacorus*) ali rogoz (*Typhaceae*), je mogoče pred gradbenimi ukrepi strokovno izkopati in jih med gradnjo varno shraniti, da jih je mogoče po končani gradnji ustrezno presaditi. V vsakem primeru je priporočljivo iz avtohtone zeliščne obrežne vegetacije (neposredno pred gradbenimi ukrepi) ali na primernih območjih v bližini (brez vmesnega skladiščenja) izrezati travno rušo v obliki »opeke« (dimenzij vsaj 25 x 25 cm in debeline vsaj 7 cm) jih varno shraniti in jih pozneje ponovno nasaditi (zamadno, vendar zelo učinkovito) (Opis: 39: Stowasser et al. 2005). Tovrsten ukrep je smiselni tudi z vidika hitre obnove vegetacije in stabilizacije brežin ter preprečevanja širjenja neofitov.

flächige Ausstechen von Soden oder Rasenziegel (mindestens 25 x 25 cm und mindestens 7 cm Dicke) vom autochthonen krautigen Uferbewuchs (unmittelbar vor den Baumaßnahmen) bzw. von passenden Flächen der Umgebung (ohne Zwischenlagerung), deren sichere Lagerung und anschließende Wiedereinbringung ist auf jeden Fall anzudenken (zwar aufwändig aber sehr nützlich) (Beschreibung: 39: Stowasser et al. 2005). Dies ist auch im Hinblick auf eine schnelle Begrünung und Böschungssicherung, sowie das Hintanhalten von Neophytenaufkommen sinnvoll.

### Wiederansiedelung von Arten

Arten wie Pflanzen die sich durch Windverdriftung der Samen gut ausbreiten und in erreichbarer Umgebung wachsen sowie Tierarten die mobil sind und sich aktiv ausbreiten können (Libellen, Käfer, Vögel usw.) werden sich wieder ansiedeln sobald passende Lebensbedingungen vorhanden sind. Die Schnelligkeit mit der unterschiedliche Arten auf Revitalisierungs- und Renaturierungsmaßnahmen reagieren sind unterschiedlich. Uferbewohner (zum Beispiel manche Laufkäferarten und Pflanzen, grundsätzlich Pionierarten) reagieren relativ schnell auf neue dynamische Uferzonen. Die Arten nahmen bei untersuchten Renaturierungen um 10-164% zu - z.B. Laufkäfer (*Carabidae*). Einträge aus dem Einzugsgebiet verhindern allerdings oft Verbesserungen für aquatische Lebewesen (Fische, Makroinvertebraten und Makrophyten). Sie reagieren nicht nur langsamer, sondern auch deutlich schwächer auf die Maßnahmen. Es wird vermutet, dass dies unter anderem an weiterhin bestehenden Stressoren wie Nährstoff- und Sedimenteintrag aus dem Einzugsgebiet liegt. Grundsätzlich beeinflussen die Landnutzungsverhältnisse im Einzugsgebiet die Artenzusammensetzung maßgeblich: Je geringer der Anteil an Ackerflächen ist, desto deutlicher ist eine Zunahme der Diversität festzustellen (38: Stöckl-Bauer K. 2020).

Wenig mobile bzw. ausbreitungsfähige Arten wie Großmuscheln oder andere Mollusken, manche Pflanzen bzw. Pflanzen- und Tierarten (z.B. Fischarten) die im ganzen Gebiet verschwunden sind und es daher keine oder kaum Chancen zur natürlichen Wiederbesiedelung (in absehbarer Zeit) gibt, könnten teilweise im Zuge von

### Ponovna naselitev vrst

Rastlinske vrste, ki svoja semena hitro razširjajo z vetrom (vetrocvetke) in rastejo v ugodnih razmerah, ter živalske vrste, ki so mobilne in zmožne aktivne migracije (kačji pastirji, hrošči, ptice itd.), se ponovno naselijo takoj, ko so na voljo primerni življenjski pogoji. Hitrost, s katero se različne vrste odzovejo na revitalizacijske in ekoremediacijske ukrepe, je različna. Obrežne vrste (npr. nekatere vrste hroščev in rastlin, v glavnem pionirske vrste) se razmeroma hitro odzovejo na novo naseljiva dinamična obrežna območja. Število vrst se je v preučevanih ekoremediacijskih projektih povečalo za 10-164 %, npr. število krešičev (*Carabidae*). Vendar pa vnosi iz povodja pogosto ovirajo izboljšave za vodne organizme (ribe, nevretenčarje in makrofite). Na ukrepe se ne odzivajo le počasneje, ampak tudi občutno slabše. Predvideva se, da je to med drugim posledica stalnih stresnih dejavnikov, kot sta vnos hranil in sedimentni transport iz prispevnega območja. Na vrstno sestavo pomembno vplivajo pogoji rabe tal v porečju: manjši kot je delež obdelovalnih površin, bolj očitno je opaziti povečanje diverzitete (38: Stöckl-Bauer K. 2020).

Vrste, ki so manj mobilne ali sposobne širjenja, kot so sladkovodne školjke in drugi mehkužci, ter nekatere rastline ali pa rastlinske in živalske vrste (npr. vrste rib), ki so izginile na celotnem območju in imajo zato (v bližnji prihodnosti) malo ali nič možnosti za naravno ponovno naselitev, se lahko delno ponovno doselijo med izvajanjem projektov. Nujno je opraviti natančno predhodno raziskavo stanja, ki vključuje tudi vplivno območje in pritiske, ki so prisotni na njem, ter se uskladiti z uradnimi organi za varstvo narave. Tveganje, da

Projekten wieder angesiedelt werden. Wesentlich ist hier eine genaue Voruntersuchung der Bedingungen, die auch das Einzugsgebiet und die daher stammenden Belastungen miteinbeziehen und eine Abstimmung mit dem behördlichen Naturschutz. Das Risiko, dass die wieder angesiedelten Individuen (aufgrund der Einträge z.B. aus der Landwirtschaft) keine stabilen Populationen bilden können, und so durch die Umsiedelung für den Artenschutz komplett verloren gehen, muss sich mit der Möglichkeit eines realistischen Erfolges die Waage halten (hier muss auch der Grad der Gefährdung und die Individuendichte der Herkunftspopulation für die Wiederbesiedelung betrachtet werden um Kosten/Nutzen entsprechend abzuschätzen).

Eine wesentliche Grundlage für die Planungen von Renaturierungs- und Revitalisierungsmaßnahmen aus naturschutzfachlicher Sicht sind die Erhebungen verschiedener Indikatorarten, auf deren Grundlage man Handlungsempfehlungen erstellen kann. Zum Beispiel ob ein stehender Altarm wieder angebunden werden sollte oder besser nicht (um die dort vorkommenden geschützten Arten zu erhalten) bzw. dass ein Ersatzhabitat eingeplant wird, das in Zukunft etwa als passendes Laichgewässer für Amphibien dienen kann. Oder inwieweit in die Gewässerstruktur eingegriffen werden sollte (z.B. eher punktwise oder über längere Strecken).

### 2.2.2 Umgang mit Neobiota

Als Neobiota werden gebietsfremde bzw. nicht-einheimische Arten bezeichnet. Zusammengefasst werden unter diesem Begriff Arten die, absichtlich oder unabsichtlich, vom Menschen in ein Gebiet verbracht wurden, das sie aus eigener Kraft nicht erreichen könnten. Eine Veränderung der ökologischen Rahmenbedingungen, wie etwa dem Klimawandel, die das Einwandern von Arten aus benachbarten Gebieten ermöglicht genügt alleine nicht, um eine Art als gebietsfremd zu klassifizieren. Zum Beispiel die Ausbreitung von mediterranen Arten in Österreich wie Wespenspinne (*Argiope bruennichi*) oder Gottesanbeterin (*Mantis religiosa*) - diese Arten profitieren vom Klimawandel, sind aber keine Neobiota.

ponovno naseljeni osebki ne bodo mogli oblikovati stabilnih populacij (zaradi vnosov npr. iz kmetijstva) in bodo tako s preselitvijo popolnoma izgubljeni za ohranjanje vrste, je treba uravnotežiti z možnostjo realnega uspeha (pri preselitvi je treba upoštevati tudi stopnjo ogroženosti in gostoto osebkov v izvorni populaciji, da se ustrezno ocenijo stroški/koristi).

Pomembna podlaga za načrtovanje ukrepov revitalizacije z vidika varstva narave so raziskave različnih indikatorskih vrst, na podlagi katerih je mogoče pripraviti priporočila za ukrepanje. Npr. ali naj se stoječo vodo mrtvice ponovno poveže ali ne (da se ohranijo tamkajšnje zaščitene vrste) ali pa naj se načrtujejo nadomestni habitati, ki bodo v prihodnje služil kot primerno drstišče za dvoživke. Ali v kolikšni meri je treba posegati v strukturo vodotoka (na določenih točkah ali na daljših razdaljah).

### Obvladovanje neobiote

Neobiota so tujerodne oz. neavtohtone vrste. Ta izraz zajema vrste, ki jih je človek namerno ali nenamerno vnesel na območje, ki ga same ne bi mogle doseči. Sprememba ekološkega stanja, kot so podnebne spremembe, ki omogočajo selitev vrst s sosednjih območij, sama po sebi ne zadostuje za uvrstitev vrste med tujerodne. Na primer širjenje sredozemskih vrst v Avstriji, kot sta osji pajek (*Argiope bruennichi*) ali bogomolka (*Mantis religiosa*) - te vrste imajo koristi od podnebnih sprememb, vendar niso neobiota. K premagovanju ovir za širjenje mora odločilno pripomoči človeški dejavnik, kot na primer pri pižmovki (*Ondatra zibethicus*) in žlezavi nedotiki (*Impatiens glandulifera*). Izraz neobiota se večinoma uporablja le za tiste vrste, ki so bile prinesene

Es muss ein menschlicher Beitrag zur Überwindung der Ausbreitungsbarriere erkennbar sein wie es beispielsweise bei Bisamratte (*Ondatra zibethicus*) und Drüsigem Springkraut (*Impatiens glandulifera*) der Fall ist. Meist wird der Begriff Neobiota eingeschränkt indem man ihn nur auf jene Arten anwendet, die nach 1492 eingebracht wurden. Arten die der Mensch davor eingeschleppt bzw. angesiedelt hat werden unter dem Begriff Archäobiota zusammengefasst. International hat sich die Bezeichnung Alien Species kurz „Aliens“ durchgesetzt (32: Rabitsch & Essl 2011). Manche dieser Arten sind invasiv, sie zeigen also sehr starke Ausbreitungstendenzen und verdrängen heimische Arten wie etwa das oft entlang von Fließgewässern vorkommende Drüsige Springkraut oder der Signalkrebs (*Pacifastacus leniusculus*). Dieser ist nicht nur konkurrenzstärker als heimische Krebsarten, er verbreitet auch einen für heimische Arten tödlichen Pilz (*Aphanomyces astaci*), als „Krebspest“ bekannt, gegen den er selber weitgehend resistent ist. Bei manchen eingeschleppten Arten ist noch nicht ganz klar, wie bzw. in welchem Umfang sich diese auf die heimischen Arten auswirken.

### Neophyten

Die Phytodiversität von Flusslandschaften wird durch die Regulierung von Fließgewässern, Aufforstung mit standortfremden Gehölzarten und Intensivierung der forstlichen Nutzung bedroht. Ziel der Renaturierung von Flusslandschaften ist die Wiederherstellung der Diversität, indem wichtige ökologische Funktionen für heimische Arten wiederhergestellt werden. Die Wiederherstellung natürlicher Dynamiken stärkt heimische Arten und senkt die Etablierungschance invasiver Neophyten.

Im Zuge von Renaturierungsvorhaben kommt es allerdings zu verschiedenen Störungen, verursacht durch zum Beispiel Erdbewegungen, Rodungen, intensive Nutzung von Forststraßen oder Flächenverlust durch Maschinenlagerplätze, und zu temporären Ruderalstandorten, welche die Etablierung von invasiven Neophyten begünstigen können. Neophyten bevorzugen Kahlschlagflächen zur Besiedelung und können die Verdrängung heimischer Arten, die

po letu 1492. Vrste, ki jih je človek že prej vnesel ali naseljeval, so opredeljene pod izrazom arheobiota. Na mednarodni ravni se je uveljavil izraz »Alien Species« ali na kratko »Aliens« (32: Rabitsch & Essl 2011). Nekatere od teh vrst so invazivne, kar pomeni, da se zelo hitro razširjajo in s tem izpodrivajo avtohtone vrste, na primer žlezava nedotika in signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*), ki ju pogosto najdemo ob vodotokih. Slednji ni le bolj konkurenčen od avtohtonih vrst rakov, ampak tudi širi glivo (*Aphanomyces astaci*), ki je pogubna za avtohtone vrste in je znana kot »račja kuga«, sam pa je nanjo precej odporen. Za nekatere vnesene vrste še ni povsem jasno, kako in v kolikšni meri vplivajo na avtohtone vrste.

### Neofiti

Fitodiverzitetu obrečnih pokrajin ogrožajo regulacije vodotokov, pogozdovanje z neavtohtonimi drevesnimi vrstami in intenziviranje gozdarske rabe. Cilj ekoremediacije obrečnih pokrajin je ponovna vzpostavitev habitatne pestrosti z obnovo pomembnih ekoloških funkcij za avtohtone vrste. Obnovitev naravne dinamike krepi avtohtone vrste in zmanjšuje možnost pojavljanja in širjenja invazivnih neofitov.

Pri projektih revitalizacij prihaja do različnih motenj, zaradi npr. zemeljskih del, sečnje, intenzivne uporabe gozdnih cest ali izgube zemljišč za skladiščenje strojev in začasnih ruderalnih rastišč, kar lahko spodbuja naselitev invazivnih neofitov. Neofiti imajo za naselitev raje čiste površine, a ko so enkrat prisotni lahko s širitvijo povzročijo izpodrivanje avtohtonih vrst, spremembo razvoja vegetacije in osiromašenje raznolikosti avtohtonih habitatov. To je potrdila tudi študija, izvedena v okviru projekta Life+ Traisen, katerega cilj je bil revitalizacija močno reguliranega območja Traisen v spodnji Avstriji -

Veränderung der Vegetationsentwicklung sowie die Verarmung der Diversität heimischer Lebensräume zu Folge haben. Dies zeigte auch eine Untersuchung im Rahmen des Life+ Traisen-Projekts, welches die Renaturierung der stark regulierten Traisen in Niederösterreich zum Ziel hatte - die Untersuchung der Vegetationsentwicklung von 2011 bis 2014 zeigte einen Anstieg des Neophytenvorkommens in der Krautschicht (0 bis 1 m), welches den kontinuierlichen Diversitätsverlust mitverursachte.

Erfolgreiche, gut durchdachte Revitalisierungsmaßnahmen beziehen auch die Umgebung des Gewässers sowie ein passendes Managementkonzept mit ein. Wesentlich dabei, u.a. in Hinblick auf Artenvielfalt und Klimawandel, ist das Neophytenmanagement. Jegliche bauliche Eingriffe - auch Renaturierungen - haben eine Vorübergehende Störung der Vegetation zur Folge. In solchen Situationen können sich Neophyten explosionsartig vermehren und Dominanzbestände bilden, die schwer bis gar nicht mehr zu beseitigen sind. Daher umfasst eine nachhaltige Revitalisierung auch ein passendes Bepflanzungskonzept und anschließende Pflegemaßnahmen um standorttypische, heimische Pflanzen und damit die natürliche Biodiversität zu fördern und problematischen Neophyten wenig Chance zu geben.

Neben dem Pflanzen und der Aussaat heimischer, standorttypischer Vegetation ist das Ausstechen von Rasen- und Röhrichsoden (natürlich ohne invasive Neophyten), die nach den Baumaßnahmen wieder aufgebracht bzw. eingesetzt werden, eine zumindest bei kleineren Flächen umsetzbare Methode die heimischen, autochtonen Arten einen Startvorteil gibt, die blanke Erde bedeckt und das Zuwuchern durch Neophyten aus der vorhandenen Samenbank in der Erde hintan hält.

Empfohlene Maßnahmen zur Renaturierung von Aulandschaften:

- Evaluierung der Situation im Projektgebiet und projektbegleitendes Neophytenmonitoring
- Untersuchung des Diasporenvorkommens; der mit invasiven Neophytensamen kontaminierte Mutterboden sollte nicht wieder aufgetragen

študija razvoja vegetacije med letoma 2011 in 2014 je pokazala povečanje pojavljanja neofitov v zeliščni plasti (0 do 1 m), kar je prispevalo k stalnemu zmanjšanju diverzitete.

Uspešni in dobro premišljeni ukrepi ekoremediacije vključujejo tudi okolico vodotoka in ustrezen koncept upravljanja. Pri tem je upravljanje z neofiti ključnega pomena, med drugim v zvezi z biotsko raznovrstnostjo in podnebnimi spremembami. Vsi strukturni posegi - vključno z revitalizacijo - povzročijo vsaj začasno motnjo v vegetacijskem pokrovu. V takšnih okoliščinah se lahko neofiti eksplozivno razmnožujejo in tvorijo dominantne populacije, ki jih je težko ali nemogoče odpraviti. Zato trajnostna revitalizacija vključuje tudi ustrezen koncept zasaditve in poznejše ukrepe za vzdrževanje, ki spodbujajo za območje značilne avtohtone rastlinske vrste in s tem naravno biotsko raznovrstnost, problematičnim neofitom pa ne dajejo veliko možnosti.

Metoda, ki jo je mogoče izvajati vsaj na manjših površinah, je poleg sajenja in setve avtohtone, za rastišče značilne vegetacije tudi izkopavanje sadik travne ruše in sadik vodnih rastlin (seveda brez invazivnih neofitov), ki se jih po gradbenih delih ponovno zasedi. S tem omogočimo prednost domorodnim, avtohtonim vrstam, da prekrijejo gola tla in preprečijo zaraščanje z neofiti iz obstoječe semenske zaloge prisotne v tleh.

Priporočeni ukrepi za revitalizacijo poplavnih ravníc:

- Vrednotenje razmer na projektnej območju in spremljanje neofitov.
- Spremljanje pojavnosti diaspor; vrhni sloj tal, okužen z invazivnimi semeni neofitov se ne sme ponovno uporabiti, da se prepreči nadaljnje širjenje invazivnih diaspor.
- Obnova vegetacije nižinskega sveta

werden, um die Verbreitung invasiver Diasporen zu unterbinden.

- Begrünung von Umlandabsenkungen
- Längere Überstauungen sind für viele invasive Neophyten limitierende Faktoren; die Erschaffung natürlicher Hochwasserdynamiken durch Flussrenaturierungen gilt als relevanter Faktor für die Flora der Auwälder (26: Lapin et al. 2015)

Für einen sachgerechten Umgang mit nichteinheimischen Arten werden in Bezug zu einer Ökosystemrenaturierung zudem die Analyse und Bewertung von möglichen Zielkonflikten, eine Prüfung der Bekämpfungsperspektive und die Entscheidungsfindung sowie Akzeptanz bezüglich einer Bekämpfung als wesentliche Schritte vorgeschlagen. Die Analyse und Bewertung von Zielkonflikten befassen sich mit möglichen Konflikten, die nichteinheimische Arten bei der Renaturierung in Hinblick auf abiotische und biotische Ressourcen, Kosten und Akzeptanz verursachen könnten. Die Prüfung der Bekämpfungsperspektive behandelt die Auswirkungen des Zurückdrängens bzw. Bekämpfens, aber auch der möglichen Einbindung von nichteinheimischen Arten. Dies erfolgt auf Basis der ökologischen Untersuchungen, einer Kosten-Nutzen-Analyse und der Analyse der tatsächlichen Wiederherstellbarkeit. Auf Basis dieser vorangegangenen Analysen wird entschieden, ob eine Bekämpfung der nichteinheimischen Arten vollzogen wird oder nicht. (46: Zerbe 2019)

#### Managementmaßnahmen Neophyten im Zuge von Renaturierungs- und Revitalisierungseingriffen

Das Land Steiermark hat auf der Seite [www.neobiota.steiermark.at](http://www.neobiota.steiermark.at) unter Managementmaßnahmen Empfehlungen zu Bekämpfungsmethoden von Neophyten (erprobte best practise Maßnahmen) angeführt. Weiters finden sich auf der Seite Steckbriefe zu invasiven Arten mit spezifischen Bekämpfungsempfehlungen zur jeweiligen Spezies. Grundsätzlich wurde die Erfahrung gemacht, dass Faktoren wie Art, Standort, Bestandsgröße, Entwicklungsstadium und Begleitvegetation berücksichtigt werden sollten. Die Praxis hat gezeigt, dass ein und dieselbe Methode für eine bestimmte invasive Art

- Za številne invazivne neofite so daljši poplavni dogodki omejitveni dejavnik; vzpostavitev naravne poplavne dinamike vodotokov velja za pomembnejši dejavnik pri revitalizaciji obrežne flore (26: Lapin et al. 2015)

Za ustrezno upravljanje s tujerodnimi vrstami se kot bistveni koraki v zvezi z ekoremediacijo predlagajo tudi analiza in ocena možnih nasprotij ciljev, preučitev vidika obvladovanja ter sprejemanje odločitev in odobranje glede zatiranja. Analiza in ocena navzkrižij ciljev naslavljata možna nasprotja, ki bi jih tujerodne vrste lahko povzročile pri revitalizaciji z vidika abiotskih in biotskih virov, stroškov in odobranja. Preučitev vidika obvladovanja obravnava učinke zatiranja ali spopadanja, pa tudi možnosti vključevanja tujerodnih vrst. To se izvaja na podlagi ekoloških študij, analize stroškov in koristi ter analize dejanske obnovljivosti. Na podlagi teh predhodnih analiz se sprejme odločitev, ali se je treba spoprijeti s tujerodnimi vrstami ali ne. (46: Zerbe 2019)

#### Upravljavski ukrepi za področje neofitov tekom revitalizacij

Avstrijska Štajerska je na svoji spletni strani [www.neobiota.steiermark.at](http://www.neobiota.steiermark.at) v rubriki Ukrepi za upravljanje navedla priporočila o metodah nadzora neofitov (preizkušeni ukrepi najboljše prakse). Poleg tega stran vsebuje opise invazivnih vrst s posebnimi priporočili za nadzor posameznih vrst. Glede na izkušnje je bilo ugotovljeno, da je potrebno upoštevati dejavnike, kot so vrsta, lokacija, velikost sestoja, faza razvoja in spremljajoča vegetacija. Praksa je pokazala, da je lahko ista metoda za določeno invazivno vrsto, ki je bila učinkovita na enem mestu, bolj ali manj neuspešna na

die an einem Standort Wirkung gezeigt hat, an anderen Standorten mehr oder weniger erfolglos verlaufen kann. Selbst erprobte, erfolgversprechende Maßnahmen erzielen nicht in jedem Fall den gewünschten Effekt. ([neobiota.steiermark.at](http://neobiota.steiermark.at))

Nach baulichen Eingriffen sind regelmäßige Kontrollen und Managementmaßnahmen unumgänglich - zumindest bis die heimischen Pflanzen gut und flächendeckend angewachsen sind. Und selbst wenn es die Möglichkeit gibt das Substrat mit der enthaltenen Diasporensamenbank zu entsorgen sollte in Gebieten mit hohem Neophytenaufkommen (zum Beispiel in den umliegenden Ruderalflächen entlang von Ackerflächen und Wegen) ein engmaschiges Neophyten Monitoring und gegebenenfalls rechtzeitige Bekämpfungsmaßnahmen vorgesehen werden. Erfahrungen haben gezeigt, dass selbst ruderal Neophyten (Beispiel *Ambrosia artemisiifolia*) bei umfangreichen Erdarbeiten die kahle Erde teilweise bis zur Gewässerkante überwuchern können (Beispiel Rückhaltebecken bei Zelting).

### 2.2.3 Neozoa

Das Wiederherstellen natürlicher Artengefüge ist eine Aufgabe der Renaturierungsökologie. Gewässer zählen zu den von Aliens oft stark betroffenen Ökosystemen. In der Südoststeiermark inzwischen weit verbreitet ist zum Beispiel die EU-gelistete Art des Blaubandbärblings (*Pseudorasbora parva*). Ebenfalls in vielen Fließgewässern verbreitet ist der invasive amerikanische Signalkrebs (*Pacifastacus leniusculus*).

Im Jahr 2012 wurden im Oberlauf der Kutschenitzta von Tiefenbach O. & Tiefenbach A. zahlreiche Edelkrebse (*Astacus astacus*) als Beifänge im Zuge einer Fischökologischen Untersuchung im Auftrag des Naturschutzbund Steiermark festgestellt (Fangmethode: Kescher). Im Untersuchungsbereich bei Sicheldorf konnten keine Edelkrebse mehr beobachtet werden. Da hier auch keine lebenden Großmuscheln, sondern nur Totschalen festgestellt wurden (Im Zuge desselben Projektes wurde auch die Großmuschelfauna untersucht) wurde als möglicher Grund eine Belastung der Wasserqualität durch zeitweilige Einleitungen angeführt.

anderen Standorten. Tudi preizkušeni in obetavni ukrepi ne dosežejo vedno želenega učinka. ([neobiota.steiermark.at](http://neobiota.steiermark.at))

Po gradbenih posegih so redni nadzori in ukrepi upravljanja neizogibni - vsaj dokler se domorodne rastline dobro ne razrastejo in pokrijejo celotnega območja. In tudi, če obstaja možnost odstranitve substrata z vsebovano semensko zalogo neofitov, na območjih z veliko pojavnostjo neofitov (na primer na okoliških ruderalnih območjih ob kmetijskih zemljiščih in poteh) je potrebno zagotoviti spremljanje neofitov in po potrebi pravočasne ukrepe za njihovo zatiranje. Izkušnje so pokazale, da lahko tudi ruderalni neofiti (npr. *Ambrosia artemisiifolia*) med obsežnimi zemeljskimi deli (npr. zadrževalni bazen pri Zeltingu) delno zarastejo gola tla do vodnega roba.

### Neozoa

Obnovitev naravnih združb je naloga revitalizacijske ekologije. Vodna telesa so med ekosistemi, na katere tujerodne vrste pogosto močno vplivajo. Na jugovzhodu avstrijske Štajerske je na primer zdaj razširjena psevdorazbora (*Pseudorasbora parva*), ki je uvrščena na EU seznam invazivnih vrst. V številnih tekočih vodah je razširjen tudi invazivni ameriški signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*).

Leta 2012 sta Tiefenbach O. & Tiefenbach A. v zgornjem toku Kučnice med ekološko raziskavo rib, ki jo je naročilo Štajersko združenje za varstvo narave (izlovna metoda: lovilna mreža - kečer), kot prilov našla številne rake jelševce (*Astacus astacus*). Na raziskovalnem območju v bližini Sicheldorfa ni bilo opaženih več jelševcev. Ker tudi tu niso našli živih sladkovodnih školjk, temveč le lupine (v okviru istega projekta je bila preučena tudi favna sladkovodnih školjk), so kot možen razlog navedli onesnaženje kakovosti vode zaradi občasnih izpustov. Leta 2012 v Sicheldorfu niso našli signalnih rakov, sicer pa ti niso bili del raziskave, temveč so bili raki le sproti

Signalkrebse wurden 2012 bei Sieldorf keine festgestellt, allerdings waren die Krebse nicht Teil der Untersuchung, sondern wurden mitdokumentiert. Im Zuge ihrer Untersuchungen stellten Tiefenbach & Tiefenbach den Blaubandbärbling (*Pseudorasbora parva*) und den Sonnenbarsch (*Lepomis gibbosus*) als EU gelistete, invasive Arten fest, sowie den ebenfalls nicht heimischen Dreistacheligen Stichling (*Gasterosteus aculeatus*).

Im Jahr 2019 wurden von Zavrtnik S. & Gregorc T. im Zuge von Krebsfangaktionen (Monitoring und Bekämpfung von Signalkrebsen) des Lutra Instituts im Auftrag vom Naturpark Goričko (Fangmethode: Krebsreusen und Abgehen der Untersuchungspunkte mit Taschenlampen) nur bei einem ihrer Untersuchungspunkte auf der Höhe von Zelting Edelkrebse nachgewiesen. Bei Sieldorf wurden ausschließlich Signalkrebse gefangen. Oberhalb von Zelting wurden vom Lutra Institut weder Signalkrebse noch Edelkrebse nachgewiesen.

#### Managementempfehlungen

Das gezielte Bekämpfen von invasiven Fischarten wie Sonnenbarsch oder Blaubandbärbling in der Kutschenitza ist nicht möglich bzw. sinnvoll. Hier spielt die gezielte Aufklärungsarbeit bei der Bevölkerung eine wichtige Rolle - schließlich sind viele eingeschleppte Tierarten auf bewußten Besatz (Sonnenbarsch) oder das unachtsame „Entsorgen“ von Aquarienbewohnern (Dreistacheliger Stichling) zurückzuführen, während der Blaubandbärbling in vielen Fällen wohl auf Ausleitungen von Fischeichen zurückzuführen ist.

Der Signalkrebs ist konkurrenzstärker als heimische Krebsarten unter anderem durch die höhere Reproduktionsrate. Weiters ist er Überträger der Krebspest und kann durch Prädation und Lebensraumkonkurrenz direkte negative Auswirkungen auf heimische Arten haben (Fischeier, Jungfische, Wirbellose) ([www.neobiota.steiermark.at](http://www.neobiota.steiermark.at)). Da der Signalkrebs noch nicht die gesamte Kutschenitza besiedelt sind gezielte Bekämpfungsmaßnahmen zum Verhindern der weiteren Ausbreitung bachaufwärts zum Schutz des Makrozoobenthos (wertvolle

belehen). Tiefenbach & Tiefenbach sta med preiskavami potrdila prisotnost pseudorazbore (*Pseudorasbora parva*) in sončnega ostriža (*Lepomis gibbosus*) – oba iz EU seznama invazivnih vrst, prav tako pa tudi tujerodnega zeta (*Gasterosteus aculeatus*).

V letu 2019 sta Zavrtnik S. & Gregorc T. v okviru akcij lovljenja rakov (monitoring in zatiranje signalnih rakov) Inštituta Lutra po naročilu Krajinskega parka Goričko (izlovna metoda: pasti za rake in hoja po kontrolnih točkah z baterijskimi svetilkami) rake jelševce zaznala le na eni od popisnih točk v predelu Zeltinga. V Sieldorfu so bili ujeti le signalni raki. Nad Zeltingom Inštitut Lutra ni zaznal ne signalnih rakov, ne jelševcev.

#### Priporočila za upravljanje

Načrtno zatiranje invazivnih ribjih vrst, kot sta sončni ostriž in pseudorazbora v Kučnici ni mogoče niti smiselno. Pomembnejšo vlogo bi odigralo načrtno in ciljno izobraževanje prebivalstva - navsezadnje je mnoge prinesene vrste mogoče pripisati namernemu naseljevanju (sončni ostriž) ali lahkomišelnemu »odstranjevanju« akvarijskih vrst (zet) v naravo, medtem ko je pseudorazbora v mnogih primerih verjetno mogoče pripisati pobegom iz ribogojnic.

Signalni rak je konkurenčnejši od avtohtonih vrst rakov, tudi zaradi hitrejšega razmnoževanja. Poleg tega je prenašalec račje kuge in ima lahko neposredne negativne učinke na domorodne vrste (ribje ikre, ribje mladice, nevretenčarje) zaradi plenjenja in konkurence pri izbiri habitatov ([www.neobiota.steiermark.at](http://www.neobiota.steiermark.at)). Ker signalni rak še ni koloniziral celotne Kučnice, so priporočljivi ciljno naravnani ukrepi za preprečevanje njegovega nadaljnega širjenja po toku gorvodno, da se zaščitijo makrozoobentos (dragocena nahajališča sladkovodnih školjk itd.) in morebiti še prisotnih domorodnih rakov jelševcev.

Großmuschelvorkommen u.a.) und eventuell noch vorhandener Edelkrebse zu empfehlen.

#### 2.2.4 Pflegemaßnahmen (Ufervegetation etc)

Im Zuge von Gewässerinstandhaltungsmaßnahmen werden in Ö die Uferbereiche (öffentliches Gut) von Fließgewässern gemäht. Im Falle der Kutschenitzta geschieht das 2 Mal im Jahr mit einem Messermähwerk zwischen Uferkante und Gehölzstreifen. Auch der Gehölzstreifen wird gepflegt, die abgeschnittenen Äste meist zwischen den Ghölzen so gelagert, dass das Material bei Hochwasserereignissen nicht mitgeschwemmt wird.

Bei den Grabenlandbächen der Südoststeiermark werden, abhängig von Zugänglichkeit und Notwendigkeit (Durchfluss), regelmäßig entlang von Gewässerabschnitten die Anlandungen entfernt (Bagger).

Auch das richtige Management der submersen Makrophyten spielt eine Rolle. Durch Revitalisierung wird Lebensraum auch für Wasserpflanzen geschaffen und im Zuge von Gewässerpflegemaßnahmen sollten submerse Pflanzen nur dort entfernt werden, wo es aus Hochwasserschutzgründen unumgänglich ist (zum Beispiel nur auf einer Seite des Gewässers).

##### Pflegemaßnahmen an Fließgewässern

Die Instandhaltung technischer Einrichtungen wird durch die Gewässerunterhaltung in Form von Pflegemaßnahmen gesichert. Zu den Aufgaben der Gewässerunterhaltung zählen die Beseitigung von Abflussstörungen, wie das Freihalten des Gewässerbettes, Ufersicherungsarbeiten, sowie Pflanzen- und Gehölzpflege (31: Patt et al. 2018). Für die Aufrechterhaltung des gesetzlich bestimmten Zustandes eines Gewässers (z.B. durch einen wasserrechtlichen Konsens), müssen Maßnahmen für die Gewässerinstandhaltung getroffen werden (21: Hornich et al. 2014).

##### Räumungsarbeiten

Unter Räumungsarbeiten versteht man die Entfernung von Geschiebeanlandungen aus dem Fluss-/ Bachbett um eine optimale Abflussleistung des Gewässers zu

#### Vzdrževalni ukrepi (obrežna vegetacija itd.)

Pri vzdrževanju vodotokov se v Avstriji pokosijo brežine (javno dobro) tekočih voda. V primeru Kučnice se to opravi dvakrat letno med bregom in obrežnim gozdičkom oz. grmovjem s strižno kosilnico. Tudi gozdovi obrežnih pasov so vzdrževani, kjer se obrezane veje običajno pospravi med drevesa tako, da jih ob poplavah ne odplakne.

Na potokih v Grabenlandbächenu jugovzhodne Avstrijske štajerske se glede na dostopnost in potrebo (pretok) na odsekih vodotokov redno odstranjujejo naplavine (bager).

Pomembno vlogo igra tudi pravilno upravljanje s submerznimi makrofiti. Z revitalizacijo se ustvarja tudi habitat za vodne rastline, pri vzdrževalnih ukrepih na vodotokih pa se podvodne rastline odstranjuje le, če je to neizogibno zaradi varstva pred poplavami (na primer samo na eni strani vodotoka).

##### Vzdrževalni ukrepi na tekočih vodah

Skrb in vzdrževanje tehničnih objektov se zagotavlja z upravljanjem vodotokov v obliki vzdrževalnih del. Naloge vzdrževanja vodotokov vključujejo odpravljanje motenj pretoka, kot so vzdrževanje proste struge vodotoka, varovanje bregov ter skrb za rastline in drevnino (31: Patt et al. 2018). Za ohranitev zakonsko določenega statusa vodnega telesa (npr. s soglasjem na podlagi zakona o vodah) je treba sprejeti ukrepe za vzdrževanje vodnega telesa (21: Hornich et al. 2014).

##### Vzdrževalna dela

Pod vzdrževalnimi deli se razume odstranjevanje sedimentov iz struge reke/potoka, da se zagotovi optimalna odtočna zmogljivost vodotoka. Odstranjevanje

gewährleisten. Bei der Entfernung von Anlandungen werden einerseits wertvolle Gewässerstrukturen zerstört, andererseits werden mit den Anlandungen auch Tiere- und Pflanzen eliminiert, was den Lebensraum maßgeblich beeinträchtigt (7: Burkart 2016). Außerdem besteht die Gefahr, dass durch die Räumungsarbeiten gewässerabwärts gelegene Kiesbereiche von Schwebstoffen bedeckt, bzw. das Interstitial des Kieslückenraumes verstopft wird, was sich unter anderem negativ auf kieslaichende Fischarten und Flussmuscheln auswirkt (31: Patt et al. 2018).

Bei Räumungsarbeiten sollen 3 wesentliche Punkte bedacht werden:

- Räumungsrichtung in Fließrichtung
- Möglichst kurze Transportwege im Gewässer
- Totholz sollte wenn möglich im Gewässer belassen werden

#### Gehölzpflege

Die Pflegearbeiten von Ufergehölzen sollen so erfolgen, dass ein stufiger, baum- und strauchartenreicher Gehölzsaum entsteht, bzw. erhalten wird. Eine regelmäßige Pflegemaßnahme ist die Kontrolle und Pflege neu gepflanzter Bäume und Sträucher (31: Patt et al. 2018). Darüber hinaus wird im Zuge wiederkehrender Pflegemaßnahmen die Hochwasserdurchgängigkeit, bzw. das Durchflussvermögen durch Gehölzrückschnitt, das auf Stock setzen und Entasten bzw. Fällen von sturzgefährdeten Bäumen aufrechterhalten (12: Eberstaller- Fleischanderl et al. 2008).

#### Management von Totholz

In natürlichen Gewässern ist Totholz ein wesentlicher Bestandteil, der die Gewässermorphologie maßgeblich beeinflusst und die Organismendiversität erhöht (31: Patt et al. 2018). Um Verklausungen, sowie Verstopfungen an Brücken, Durchlässen und ähnlichen Bauwerken vorzubeugen wird Totholz gezielt aus den Gewässern entnommen (22: Hütte 2000). Allerdings hat Totholz eine Vielzahl ökologisch wertvoller Eigenschaften. Es dient als Lebensraum und Nahrung für aquatische Organismen und schafft als Strukturelement durch die veränderten Strömungsverhältnisse weitere Habitate im Gewässer. Durch die Erhöhung der Strömungsdiversität, den

sedimenten uničuje dragocene vodne strukture, ter bistveno poslabšuje življenjski prostor za živali in rastline (7: Burkart 2016). Poleg tega obstaja nevarnost, da se pri vzdrževalnih delih v omočenem delu zaradi kaljenja vode v strugi dolvodno prodišča prekrijejo s suspendiranimi snovmi kar blokira oz. ovira kroženje snovi v intersticielnih prostorih, kar med drugim negativno vpliva na vrste rib, ki se razmnožujejo na prodišču in sladkovodne školjke (31: Patt et al. 2018).

Pri vzdrževalnih delih je potrebno upoštevati tri glavne napotke:

- Vzdrževalna dela naj se izvaja v smeri vodnega toka
- Najkrajše možne transportne poti v vodotoku
- Če je le mogoče se odmrli les pušča v vodotoku

#### Vzdrževanje drevnine

Vzdrževanje obrežnih gozdov je potrebno izvajati tako, da se ustvari ali ohranja stopničast gozdni rob, bogat z drevesnimi in grmovnimi vrstami. Redni vzdrževalni ukrep je spremljanje in skrb za novo posajena drevesa in grmovnice (31: Patt et al. 2018). Poleg tega se v okviru ponavljajočih se vzdrževalnih ukrepov z obrezovanjem dreves in grmovja ter s sekanjem dreves, ki jim grozi nevarnost padca, ohranjata poplavna varnost in pretočnost (12: Eberstaller- Fleischanderl et al. 2008).

#### Gospodarjenje z mrtvim lesom

V naravnih vodotokih je odmrli les pomembna prvina, ki vpliva na morfologijo vodotoka in spodbuja diverzitetu organizmov (31: Patt et al. 2018). Odmrli les se namerno odstranjuje iz vodotokov, da se preprečuje zamašitev mostov, prepustov in podobnih objektov (22: Hütte, 2000). Toda odmrli les ima številne ekološko koristne lastnosti. Služi kot habitat in hrana za vodne organizme, kot strukturni element pa zaradi spremenjenih pretočnih razmer v vodotoku ustvarja dodatne habitate. Mrtvi les je lahko zelo pomemben element v strugi vodotoka, saj povečuje raznolikost toka, zadrževanje sedimentov in s

Sedimentrückhalt und die damit verbundene Stabilität des Gewässerbettes gegen Tiefenerosion, kann Totholz im Gewässerbett ein sehr wichtiges Element darstellen (14: Gerhard & Reich 2001).

Wenn keine akute Gefahr der Beeinträchtigung des Durchflusses besteht, sollte Totholz im Fließgewässer belassen werden. Größere Baumteile können fest verankert werden, sodass sie nicht abgeschwemmt werden und Verklausungen verursachen. Eine Möglichkeit des Totholzmanagements ist auch das Errichten von Totholzfängern oberhalb von Ortsstrecken (22: Hütte 2000 und 12: Eberstaller- Fleischhanderl et al. 2008).

#### Pflegemaßnahmen Wiesen

Die Mahd von Böschungen erfolgt in der Regel in einer räumlich und zeitlich abgestuften Reihenfolge.

So können Entwicklungsphasen (wie Blühaspekte) und der Abfluss aufeinander abgestimmt werden. Unterschiedliche räumliche Mahdformen sind die Abschnittsmahd, bei der abschnittsweise ein gesamter Querschnitt gemäht wird, die Streifenmahd, bei der gewässerparallele Streifen gemäht werden und die Seitenmahd, bei der die Mahd zeitlich gestaffelt an Luft- und Wasserseite vorgenommen wird. Zeitliche Differenzierungen werden in Mahdzyklen unterschieden. Bei einer Mahd weniger als einmal pro Jahr wird die Entwicklung von Trockenrasen und Hochstauden gefördert. Wenn der Böschungsrasen einmal pro Jahr gemäht wird, sollte das nach der Blüte bzw. am Ende der Vegetationsperiode geschehen. Bei Mahdzyklen mit Mahden mehr als einmal pro Jahr, werden die Vorgänge an die landwirtschaftliche Nutzung mit zwei bis dreimal pro Jahr angepasst (34: Schramm 2019).

Um das Ausmaß der Wirkungen der Mahd auf die terrestrische Fauna zu verringern, werden Teilbereiche (Altgrasstreifen bzw. Brachen) beim Mähen ausgelassen und auf Zeiten, Witterung und Tageszeit der Mahd geachtet. Auch können tierschonende Befahrmuster, die Wahl des Mähgerätes wie z.B. ein Balkenmäher und eine größere Schnitthöhe (mind. 15 cm), das Überleben von Populationen sichern. Weitere Vorteile gegenüber der terrestrischen Tierwelt bringen eine Reduzierung der jährlichen Schnitte und Arbeitsschritte, sowie die

tem povezano stabilnost dna vodotoka pred globinsko erozijo (14: Gerhard in Reich 2001).

Če ni akutne nevarnosti za zmanjšanje pretoka, je potrebno odmrlo drevje puščati v vodotoku. Večje dele dreves lahko trdno zasidramo, da jih ne odplavi in ne povzročijo zamašitev dolvodno. Alternativna možnost za ravnanje z odmrlim lesom je postavitve lovilcev odmrlega lesa na ustreznih odsekih (22: Hütte 2000 in 12: Eberstaller- Fleischhanderl et al. 2008).

#### Vzdrževanje travišč

Praviloma se brežine kosijo v prostorskem in časovnem vrstnem redu.

Na ta način je mogoče eno z drugim uskladiti razvojne faze (npr. cvetenje) in otekanje vode. Različne zvrsti prostorske košnje so sekcijska košnja, pri kateri se kosi celoten prečni prerez po odsekih; pasovna košnja, pri kateri se kosijo pasovi vzporedni z vodotokom; in bočna košnja, pri kateri se kosi izmenično na nad- in podvodni strani. Cikli košnje se lahko razlikujejo, glede na izbrano časovno obdobje izvedbe. Košnja manj kot enkrat na leto spodbuja razvoj suhega travinja in visokega grmičevja. Kadar se travnike na brežinah kosi enkrat na leto, je potrebno košnjo opraviti po cvetenju ali ob koncu rastne sezone. Kadar se kosi večkrat letno se postopke prilagodi kmetijski rabi z dvema ali tremi košnjami na leto (34: Schramm 2019).

Da bi omilili vpliv košenja na kopensko favno, se pri košnji pusti manjše dele površin (stare travne pasove ali zaraščajoče površine), pri čemer je potrebno paziti na čas, vreme in del dneva za izvedbo košnje. Prav tako lahko izvajamo živalim prijazno košnjo z izbiro opreme, kot je strižna kosilnica in višjo višino košnje (vsaj 15 cm nad tlemi) ter s tem ohranjamo njihove populacije. Druge prednosti za kopenske divje živali so zmanjšanje števila letnih košenj in delovnih opravil ter zakasnitev prve košnje. Pokošeni material je potrebno odstraniti iz profila visokih voda, vendar ga lahko pustimo en do dva dni, da

Verzögerung der ersten Mahd. Das Mähgut sollte aus dem Hochwasserabflussprofil entfernt werden, kann aber aus Gründen der Gewichtsreduzierung und zur Fluchtmöglichkeit von Kleintieren ein bis zwei Tage liegen bleiben (34: Schramm 2019).

### 2.2.5 Neuartige Ökosysteme

Die Naturschutzforschung und Renaturierungsökologie setzen sich derzeit intensiv mit der Problematik der Neozoa und Neophyten auseinander. Die naturschutzfachliche Qualität der natürlichen und halbnatürlichen Ökosysteme Mitteleuropas kann aufgrund menschlicher Eingriffe viele Zwischenstufen durchlaufen: von schleichenden Veränderungen der Standortfaktoren und dem Verschwinden bestimmter Arten bis hin zur weitgehenden Umwandlung in „neuartige Ökosysteme“, die es in dieser Form zuvor nicht gegeben hat. Durch irreversible Standortveränderungen und die Ansiedelung von invasiven Fremdarten (Aliens) sind in den vergangenen Jahrzehnten neuartige Ökosysteme entstanden. Bei diesen Ökosystemen ist die Wiederherstellung von Vegetationstypen der Naturlandschaft oder der historischen Kulturlandschaft sehr aufwändig oder unmöglich - die Renaturierungsschwelle ist überschritten. Der naturschutzfachliche Wert dieser neuartigen Ökosysteme wird kontrovers diskutiert und ist im Einzelfall meist ungeklärt. Geeignete Pflege- und Renaturierungsmaßnahmen müssen noch entwickelt werden z.B. bezüglich Bodensanierung oder zur Steigerung bestimmter Ökosystemdienstleistungen. Auch in Bezug auf invasive Neobiota gibt es gegensätzliche Meinungen: Manche Experten fordern eine konsequente Ausrottung um Schäden an heimischen Arten und Ökosystemen zu vermeiden, andere appellieren an ein geduldiges Abwarten, wie sich diese Arten in die Nahrungsnetze einfügen werden und damit mit der Zeit ihre Ausbreitungsdynamik verlieren könnten. (24: Kollmann et al. 2019)

In der Regel orientieren sich Renaturierungsziele an Referenzökosystemen mit Artenkombinationen und Ökosystemprozessen, die aus der Vergangenheit bekannt sind. Verändern sich biotische und abiotische

se posuši in s tem zmanjša njegova teža ter da omogočimo pobeg majhnim živalim (34: Schramm 2019).

### Novi ekosistemi

Raziskave na področju varstva narave in ekoremediacije se trenutno intenzivno ukvarjajo s problematiko neozojev in neofitov. Naravovarstvena stroka spremlja kakovost naravnih in sonaravnih ekosistemov v Srednji Evropi, ki zaradi človeških posegov prehajajo različne vmesne stopnje: od postopnih sprememb habitatnih razmer in izginotja nekaterih vrst do obsežnih preobrazb v »nove ekosisteme«, ki prej niso obstajali v takšni obliki. Zaradi tovrstnih nepovratnih sprememb okoljskih razmer in priseljevanja invazivnih tujerodnih vrst so se v zadnjih desetletjih izoblikovale nove oblike ekosistemov. V takšnih ekosistemih je obnova vegetacijskih tipov naravne krajine ali zgodovinske kulturne krajine zelo draga ali nemogoča - prag izvedljivosti revitalizacije je presežen. Znotraj naravovarstvene stroke potekajo večinoma še nerešene in kontroverzne razprave o vlogi teh novih ekosistemov. Še vedno moramo razvijati ustrezne ukrepe za vzdrževanje in revitalizacijo, kot npr. za sanacijo tal ali krepitev določenih ekosistemskih storitev. Čeprav obstajajo nasprotujoča si mnenja o invazivni neobioti: nekateri strokovnjaki pozivajo k doslednemu izkoreninjanju, da se prepreči nadaljnja škoda za avtohtone vrste in ekosisteme, drugi pozivajo k potrpežljivemu čakanju in spremljanju, kako se bodo te vrste vključile v prehranjevalne mreže in tako sčasoma morda izgubile svoj disperzijski potencial. (24: Kollmann et al. 2019)

Cilji revitalizacije se praviloma določajo na podlagi referenčnih ekosistemov s kombinacijami vrst in ekosistemskih procesov, ki so znani iz preteklosti. Kadar se biotske in abiotične lastnosti zaradi človekovega vpliva le malo spreminjajo, se lahko ekosistem sploh ne odzove ali pa se po določenem času z mehanizmi samoobnove vrne v prvotno stanje (kadar sistem niha znotraj meja adaptacije). V primeru obsežnejših posegov, ko se prag odpornosti ekosistema preseže, nastanejo hibridni

Eigenschaften durch menschlichen Einfluss nur in geringem Umfang, so reagiert das System entweder gar nicht oder kehrt nach einiger Zeit durch eine Arte Selbstreparatur zum Ausgangszustand zurück (System bewegt sich innerhalb einer Fluktuationsschwelle). Bei noch stärkeren Eingriffen entstehen Hybridökosysteme, die jenseits der Resilienzschwelle des Ökosystems liegen. In diesem Fall sind aktive Maßnahmen einer Renaturierung notwendig, um wieder den historisch belegten Zustand zu erreichen - die meisten Renaturierungsprojekte betreffen solche Systeme mit Wiedervernässung, Entbuschung oder Beweidung (jedoch ist auch hier keineswegs klar, ob der historische Zustand jeweils wieder erreicht werden kann). Entfernt sich das degradierte Ökosystem über eine weitere Schwelle weg vom Referenzzustand - zum Beispiel durch irreversible Veränderung der Standortverhältnisse oder durch Entstehung von Artenkombinationen, die im gegebenen Naturraum zuvor nicht existiert haben, ist eine Renaturierung aufgrund zu hoher ökologischer, aber auch praktischer, finanzieller und kultureller Beschränkungen nichtmehr oder nur noch teilweise machbar - eine Transformation des Ökosystems über eine „Renaturierungsschwelle“ hat statt gefunden. Bei drastischen, irreversiblen Veränderungen muss man den Übergang zu eben einem neuartigen Ökosystem akzeptieren, dessen Eigenschaften und Naturschutzwert oft noch nicht ausreichend bekannt sind. Sind die abiotischen und/oder biotischen Veränderungen nur mäßig stark, kann unter entsprechendem Aufwand zumindest ein Teil der ursprünglichen Eigenschaften des Systems wiederhergestellt werden (24: Kollmann et al. 2019). Im Einzelfall ist oft schwierig zu klären, unter welchen Bedingungen eine Orientierung an historischen Ökosystemtypen nicht mehr sinnvoll ist und welche Voraussetzungen bei der Entwicklung alternativer Entwicklungsziele und geeigneter Referenzzustände zu betrachten sind (20: Hermann et al. 2013). Solche Entscheidungen sind besonders sorgfältig zu treffen, weil sie als Präzedenzfälle wirken können, die manchen Gegnern des Naturschutzes aufgrund kostengünstigerer Lösungen entgegenkommen und bei politischen Entscheidungsprozessen zur Finanzierung von Renaturierungsvorhaben bevorzugt werden könnten, was

ökosystemi. V tem primeru so potrebni aktivni ukrepi revitalizacije, da se ponovno vzpostavi zgodovinsko dokumentirano stanje. Večina revitalizacijskih projektov se pri takšnih sistemih izvaja s ponovnim mokrenjem, odstranjevanjem grmičevja ali pašo (vendar tudi tu nikakor ni jasno, ali je v vsakem primeru mogoče ponovno doseči zgodovinsko stanje). Če se degradacija ekosistema nadaljuje in se še naprej oddaljuje od referenčnega stanja, ter preide »prag samo obnovitvenih sposobnosti«, npr. zaradi nepovratnih sprememb življenjskih razmer ali zaradi pojava združb vrst, ki prej na danem naravnem območju niso obstajale, revitalizacija ni več izvedljiva ali je izvedljiva le delno, zaradi prevelikih ekoloških, pa tudi praktičnih, finančnih in kulturnih omejitev, takrat pride do preoblikovanja ekosistema. V primeru drastičnih in nepovratnih sprememb se je treba sprijazniti s preходом na novo vrsto ekosistema, katerega značilnosti in ohranitvena vrednost pogosto še niso dovolj znane. Če je obseg abiotičnih in/ali biotičnih sprememb zmeren, je mogoče z ustreznimi prizadevanji obnoviti vsaj nekatere prvotne lastnosti sistema (24: Kollmann et al. 2019). V določenih primerih je pogosto težko ugotoviti, pod katerimi okoliščinami zasledovanje zgodovinskih tipov ekosistemov ni več smiselno in katere predpostavke je treba upoštevati pri oblikovanju alternativnih razvojnih ciljev in ustreznih referenčnih stanj (20: Hermann et al. 2013). Takšne odločitve je treba sprejemati še posebej skrbno, saj lahko delujejo kot *precédensi*, ki lahko zaradi stroškovno učinkovitejših rešitev ustrezajo nekaterim nasprotnikom ohranjanja narave in so lahko v postopkih političnega odločanja v prednosti pri financiranju projektov revitalizacije, kar bi dolgoročno oslabilo prizadevanja za dosledno ohranjanje narave (24: Kollmann et al. 2019). Tudi v ekosistemih, ki jih ni več mogoče povrniti v "idealno referenčno stanje", je mnogo mogoče doseči z usmerjenimi revitalizacijskimi ukrepi za ohranjanje vrst in povečanje biotske raznovrstnosti.

langfristig die Bemühungen um einen konsequenten Naturschutz schwächen würde (24: Kollmann et al. 2019). Tatsächlich kann auch in Ökosystemen die nicht mehr in einen „idealen Referenzzustand“ zurückgeführt werden können durch gezielte Revitalisierungsmaßnahmen viel für den Erhalt von Arten und die Erhöhung der Biodiversität erreicht werden.

## 2.3 Renaturierung und Gesellschaft

### 2.3.1 Relevanz der Einbindung

Eine erfolgreiche Renaturierung erfordert auf der einen Seite einen interdisziplinären naturwissenschaftlichen Ansatz und auf der anderen Seite auch das transdisziplinäre Verständnis, Motivation und Akzeptanz aller Interessensgruppen. Besonders in der Projektplanung soll die Analyse der Interessen, die Bedürfnisse und die Ziele aktiver Beteiligter sowie sonstiger Interessent\*innen ein essentieller Bestandteil der Projektplanung sein (24: Kollmann et al. 2019).

Eine Renaturierung besteht aus mehreren Schritten in denen viele unterschiedliche Interessensgruppen beteiligt sind:

1. Bestandsaufnahme (Botaniker\*innen, Zoolog\*innen, Hydrolog\*innen...)
2. Planung (Landschaftsplaner\*innen, Grundbesitzer\*innen...)
3. Ausführung (Garten- und Landschaftsbau, Land- und Forstwirtschaft\*innen...)
4. Monitoring und Pflege (Landschaftspflegeverbände, Land- und Forstwirtschaft\*innen, Naturschutzverbände...)

Eine erfolgreiche Renaturierung erfordert demnach eine Analyse der Interessen, Bedürfnisse und der Motivation aller Interessensgruppen. Dazu zählen sowohl aktiv Beteiligte als auch sonstige interessierte Personen. Die Basis dafür ist die Identifizierung aller Stakeholder (24: Kollmann et al. 2019). Durch die Stakeholderanalyse – bzw. auch über eine soziale Netzwerkanalyse – können bereits Informationen und Daten genutzt werden. Für zusätzliche Perspektiven und Interessen der Stakeholder

## Ekoremediacije in družba

### Pomembnost vključevanja

Za uspešno ekoremediacijo je po eni strani potreben interdisciplinarni znanstveni pristop, po drugi strani pa transdisciplinarno razumevanje, motivacija in sprejemanje vseh zainteresiranih strani. Zlasti pri načrtovanju projektov bi morala biti analiza interesov, potreb in ciljev aktivnih deležnikov in drugih zainteresiranih strani bistven del načrtovanja projekta (24: Kollmann et al. 2019).

Ekoremediacija je sestavljena iz več korakov, v katere je vključenih veliko različnih interesnih skupin:

1. popis (botaniki, zoologi, hidrologi...)
2. načrtovanje (krajinski načrtovalci, lastniki zemljišč...)
3. izvedba (vrtnarjenje in urejanje okolice, kmetje in gozdarji...)
4. monitoring in upravljanje (združenja za upravljanje krajine, kmetje in gozdarji, naravovarstvena združenja ...)

Za uspešno ekoremediacijo je zato potrebna analiza interesov, potreb in motivacije vseh zainteresiranih strani. To vključuje aktivne udeležence in druge zainteresirane osebe. Osnova za to je identifikacija vseh deležnikov (24: Kollmann et al. 2019). Z analizo interesnih skupin - ali tudi z analizo socialnih omrežij - je že mogoče pridobiti informacije in podatke. Za dodatne perspektive in interese deležnikov so koristne tudi fokusne skupine in intervjuji (35: Schröter et al. 2021).

bieten sich auch Fokusgruppen und Interviews an (35: Schröter et al. 2021).

Ein grundsätzlicher Unterschied besteht zwischen Akteur\*innen (z.B. Wissenschaftler\*innen, Behördenvertreter\*innen, Unternehmer\*innen, Landbesitzer\*innen und Ehrenamtliche) und Betroffenen (z.B. Eigentümer\*innen, Pächter\*innen, Anwohner\*innen, Besucher\*innen). Beide Gruppen sind während und nach der Renaturierung durch geeignete Kommunikationswege miteinzubeziehen. Für eine gelungene Kommunikation ist es wichtig, die Motivation der beteiligten Interessensgruppen zu kennen (24: Kollmann et al. 2019).

### 2.3.2 Grenzen

Nationale Grenzen - eine Herausforderung für die zwischenstaatliche Zusammenarbeit und Mitentscheidung.

Physischer Raum, der einem Wasserlauf für andere Zwecke entzogen wurde. Die Herausforderung der Landgewinnung entlang eines Wasserlaufs zum Zwecke der nachhaltigen Umsetzung von mäandrierenden Kanälen, Feuchtgebieten und Vegetationspuffern.

### 2.3.3 Interessen und mögliche Konflikte

Oft ist der Planungsprozess kleiner und großer Renaturierungsprojekte sehr unterschiedlich und auch abhängig von der Verfahrensart. Solche Prozesse können entweder im Rahmen einer Planänderung, einer Planfeststellung, einer Plangenehmigung oder auch im Rahmen einer Gewässerunterhaltung ausgeführt werden. Hat sich die Genehmigungsbehörde für eine Verfahrensart entschieden, erschließen sich folgende Phasen:

- Technische Ausführungsplanung
- Ausschreibung des Bauvorhabens
- Auftragsvergabe
- Bauausführung
- Technische Bauaufsicht
- Ökologische Baubegleitung
- Abnahme durch den Maßnahmenträger

Obstaja bistvena razlika med zainteresiranimi stranmi (npr. znanstveniki, predstavniki oblasti, podjetniki, lastniki zemljišč in prostovoljci) in deležniki (npr. lastniki, najemniki, prebivalci, obiskovalci). Obe skupini morata biti vključeni med revitalizacijo in po njej prek ustreznih komunikacijskih kanalov. Za uspešno komunikacijo je pomembno poznati motivacijo vključenih deležnikov (24: Kollmann et al. 2019).

### Omejitve

Državna meja – izziv na področju meddržavnega sodelovanja in soodločanja.

Fizični prostor, ki je bil vodotoku odvzet za namene druge rabe. Izziv ponovne pridobitve zemljišč ob vodotoku za namene sonaravne izvedbe meandrirajoče struge, mokrišč in varovalnih vegetacijskih pasov.

### Interesi in morebitna navzkrižja

Postopek načrtovanja majhnih in velikih projektov ekoremediacije se pogosto zelo razlikuje in je odvisen tudi od tipa postopka. Takšni procesi se lahko izvajajo v okviru spreminjanja načrta, pridobivanju gradbenega dovoljenja, odobritve načrta ali tudi v okviru vzdrževanja vodotokov. Ko se regulatorni organ odloči za vrsto postopka, se začnejo naslednje faze:

- tehnično izvedbeno načrtovanje
- javni razpis za gradbeni projekt
- oddaja naročila
- izvedba gradbenih del
- tehnični nadzor gradnje
- ekološko gradbeno svetovanje
- odobritev s strani izvajalca

Za vse udeležence, kot so organi, združenja, društva, kmetijska gospodarstva in prebivalci, velja, da so vključeni

Für alle Beteiligten wie Behörden, Verbände, Vereine, Landwirtschaft und Bevölkerung gilt also, dass alle am Projekt zur Fließgewässerrenaturierung beteiligt sind. Man kann davon ausgehen, dass sowohl ihre Zuständigkeiten, Interessen und Ansprüche unterschiedlich sind und es zu Konflikten kommen kann. Daher ist eine frühzeitige Kooperation und Partizipation wichtig, um eine Akzeptanz und Planungssicherheit zu gewährleisten. (27: Lamberty et al. 2021)

Akteure von Naturschutz- und Renaturierungsprojekten können allgemein in folgende Gruppen eingeteilt werden:

- Landbesitzer\*innen bzw. Landnutzer\*innen
- Wissenschaftler\*innen
- Unternehmen bzw. Firmen
- Behörden, Verwaltungen bzw. Ministerien
- Naturschutzvereine bzw. -verbände, nichtstaatliche Organisationen (NGOs), Stiftungen
- Geldgeber\*innen bzw. Sponsor\*innen
- Versicherungsgesellschaften

In den letzten Jahrzehnten wurde die Renaturierung von Ökosystemen weltweit immer mehr zu einer Herausforderung. Die Renaturierungsökologie an sich wird aber nicht nur als Teildisziplin der Ökologie bzw. Landschaftsökologie gesehen, sondern man ist sich auch darüber im Klaren, dass die Ökosystemrenaturierung auch im sozioökonomischen Kontext eingebettet ist. Bei der Wiederherstellung eines funktionsfähigen Ökosystems sind also nicht nur der Einsatz aufwendiger Maßnahmen und Kostenkalkulationen notwendig, sondern auch die Integration von betroffenen Akteur\*innen und Entscheidungsträger\*innen. Ziel ist es, die Renaturierungsökologie transdisziplinär zu gestalten, d.h. für Lösungen komplexer Umweltprobleme die Denkweisen und Methoden aus den Human- bzw. Sozialwissenschaften heranzuziehen (46: Zerbe 2019).

Durchaus aber kann auch mangelnde oder fehlende Akzeptanz der Akteur\*innen bzw. der betroffenen Bevölkerung den Renaturierungserfolg verzögern oder sogar zu einem Misserfolg führen. Oft werden fehlende finanzielle oder auch personelle Ressourcen und das Fehlen von verfügbaren Flächen als Gründe für das Scheitern der Ziele genannt. Hierbei wird häufig die

v projekt revitalizacije vodotoka. Domnevamo lahko, da so njihove odgovornosti, interesi in zahteve različni in da lahko pride do sporov. Zato je pomembno zgodnje sodelovanje in udeležba, da se zagotovita sprejemljivost in zanesljivost načrtovanja. (27: Lamberty et al. 2021)

V splošnem lahko zainteresirane strani v projektih ohranjanja narave in revitalizacije razdelimo v naslednje skupine:

- lastniki ali uporabniki zemljišč
- znanstveniki
- družbe ali podjetja
- organi, uprave in ministrstva
- naravovarstvena združenja, nevladne organizacije (NVO), fundacije
- donatorji ali sponzorji
- zavarovalnice

V zadnjih desetletjih postaja ekoremediacija vse večji izziv po vsem svetu. Vendar pa ekoremediacija sama po sebi ne velja le za poddisciplino ekologije ali krajinske ekologije, temveč se prepozna njeno vpetost tudi v družbeno-ekonomskem kontekstu. Obnovitev delujočega ekosistema zato ne zahteva le uporabe zapletenih ukrepov in izračunov stroškov, temveč tudi vključevanje zadevnih deležnikov in nosilcev odločanja. Cilj je, da ekoremediacija postane transdisciplinarna, tj. da se pri reševanju kompleksnih okoljskih problemov uporabi tudi razmišljanje in metode iz humanističnih in družbenih ved (46: Zerbe 2019).

Vendar lahko tudi pomanjkanje podpore s strani akterjev ali zadevnega prebivalstva upočasnijo uspeh revitalizacije ali celo privede do neuspeha. Kot razlog za neuspeh pri doseganju ciljev se pogosto navajajo pomanjkanje finančnih ali človeških virov in pomanjkanje razpoložljivih zemljišč. Kot razlog se pogosto navaja pomanjkanje sodelovanja zainteresiranih strani. Razlogi proti revitalizacijskim projektom so lahko zelo različni, pogosto gre za splošno nezaupanje do naravnih procesov ali sprememb dejanskega stanja. Drugi razlogi so nedostopnost območij ohranjanja narave ali revitalizacije,

mangelnde Einbindung der Interessensvertretung als Grund genannt. Die Gründe gegen ein Renaturierungsprojekt können sehr unterschiedlich sein, oft ist es ein genereller Vorbehalt gegenüber natürlichen Prozessen oder auch die Veränderung des Ist-Zustands. Weiters spielt auch mangelnde Begehbarkeit von Naturschutz- bzw. Renaturierungsflächen, der Verlust von Nutzflächen oder eine mangelnde Wertschätzung gegenüber den „Leistungen“ der vorherigen Generation eine Rolle. An diesem Punkt ist es meist auch nicht von „Bedeutung“, dass diese Eingriffe das Nutzungssystem degradiert haben (46: Zerbe 2019).

### 2.3.4 Art, Ablauf der Einbindung

Unter Beteiligung aller betroffenen Akteur\*innen sollte eine kooperative Projektentwicklung und -umsetzung mit einer frühzeitigen und offenen Kommunikation angestrebt werden (40: Sundermann et al. 2009).

Für eine erfolgreiche Renaturierung ist eine multidimensionale Beurteilung der Gesamtsituation notwendig. Die gesellschaftlichen Herausforderungen müssen in erster Linie verstanden werden. Die Beurteilung beinhaltet die Berücksichtigung räumlicher und zeitlicher Dynamiken sowie gesellschaftliche, gesetzliche und ökologische Aspekte. Wichtig ist, dass die Beteiligten auch die gesetzlichen Rahmenbedingungen verstehen. Es muss festgestellt werden, ob die rechtlichen und politischen Zielsetzungen auf unterschiedlicher Ebene zusammenpassen oder sich gegenseitig behindern und daher eine Bewältigung der gesellschaftlichen Herausforderungen durch eine Renaturierung fördern oder entgegenwirken.

Um die gesetzlichen Aspekte umfangreich zu erfassen, bietet sich die systematische Analyse von Planungsdokumenten, Strategiepapieren und Gesetzestexten an. Besonders vorsichtig sollte man mit Vorgängen sein, die zu einer schnellen und nicht rückgängig machenden Veränderung des Ökosystems führen könnten. Die geplanten, naturbasierten Lösungen sollen den Veränderungen standhalten und auch entgegenwirken.

izguba uporabnih zemljišč ali pomanjkanje spoštovanja do »dosežkov« prejšnje generacije. Na tej točki običajno niti ni »pomembno«, da so ravno ti posegi degradirali celoten sistem (46: Zerbe 2019).

### Vrsta in proces vključevanja

Prizadevati si je potrebno za sodelovalni razvoj in izvajanje projekta z zgodnjim in odprtim komuniciranjem, pri katerem sodelujejo vsi zadevni akterji (40: Sundermann et al. 2009).

Za uspešno revitalizacijo je potrebna multidimenzionalna ocena celotnega stanja. Najprej je treba razumeti družbene izzive. Ocena vključuje upoštevanje prostorske in časovne dinamike ter socialnih, pravnih in okoljskih vidikov. Pomembno je, da zainteresirane strani razumejo tudi pravni okvir. Ugotoviti je treba, ali se pravni in politični cilji na različnih ravneh ujemajo ali ovirajo ter tako spodbujajo ali preprečujejo reševanje družbenih izzivov z revitalizacijo.

Za celovito obravnavo pravnih vidikov se priporoča sistematična analiza dokumentov o načrtovanju, strateških dokumentov in pravnih besedil. Posebno pozornost je potrebno nameniti procesom, ki bi lahko povzročili hitre in nepovratne spremembe v ekosistemu. Načrtovane rešitve, ki temeljijo na naravnih zakonitostih, morajo biti odporne na spremembe in jim tudi kljubovati.

Priporočljivo je analizirati tudi odnos med človekom in okoljem, saj je ta pri vsakem projektu drugačen in se pogosto izraža v povpraševanju po ekosistemskih storitvah ter tudi v čustveni navezanosti akterjev na domačo pokrajino (35: Schröter et al. 2021).

Skratka, koraki in načela za načrtovanje rešitev, ki temeljijo na naravnih zakonitostih in jih lahko združimo tudi v kronološkem zaporedju, so:

Weiters wird auch empfohlen, die Mensch-Umwelt-Beziehung zu analysieren, da sich diese in jedem Projekt anders darstellt und sich oft in der Nachfrage nach Ökosystemleistungen und auch in der emotionalen Bindung der Akteur\*innen zur eigenen Landschaft ausdrückt (35: Schröter et al. 2021).

Zusammengefasst können die Schritte und Prinzipien für die Planung naturbasierter Lösungen anhand dieser Punkte, welche auch in zeitlicher Abfolge miteinander kombiniert werden können, wie folgt lauten:

#### Planungsschritte:

1. Projektrahmen gemeinsam definieren
  - Klärung des Bezugsrahmens, der übergreifenden gesellschaftlichen Herausforderungen, Ziele und Prozesse des Planungsvorhabens

##### *Methoden*

- Stakeholderanalyse
- soziale Netzwerkanalyse
- Entwicklung von Partizipationsmöglichkeiten

2. Gesellschaftliche Herausforderungen verstehen
  - Spezifische Herausforderungen im Projekt identifizieren und verstehen

##### *Methoden*

- Nutzen der Informationen und Daten, die bei der Stakeholderanalyse oder ggf. bei einer sozialen Netzwerkanalyse gewonnen wurden
- Fokusgruppen
- Interviews
- Systematische Analyse von Planungsdokumenten, Strategiepapier und Gesetzestexten
- Analyse der Mensch-Umwelt-Beziehung

3. Visionen und Szenarien entwickeln
  - Naturbasierte Lösungen identifizieren und in den Landschaftskontext integrieren

##### *Methoden*

- Partizipative Szenarienentwicklung
- Geo Design
- Solution Scanning für Entscheidungsfindung

#### Koraki načrtovanja:

1. skupno definiranje projektnega okvira
  - razjasnitev referenčnih okvirjev, splošnih družbenih izzivov, ciljev in procesov projekta načrtovanja

##### *Metode*

- analiza deležnikov
- analiza družbenih omrežij
- razvoj možnosti za sodelovanje

2. razumeti družbene izzive
  - prepoznavanje in razumevanje specifičnih izzivov v projektu

##### *Metode*

- uporaba informacij in podatkov, pridobljenih z analizo interesnih skupin ali analizo socialnih omrežij, če je to primerno
- fokusne skupine
- intervjuji
- sistematična analiza dokumentov o načrtovanju, političnih dokumentov in pravnih besedil
- analiza odnosa med človekom in okoljem

3. razvoj vizij in scenarijev
  - prepoznavanje sonaravnih rešitev in njihovo vključevanje v krajinski kontekst

##### *Metode*

- sodelovalno oblikovanje scenarijev
- Geo Design
- iskanje rešitev za sprejemanje odločitev

- Kartierung geeigneter Gebiete für die Realisierung naturbasierter Lösungen
  - „extended peer review“ – kritische Begutachtung von wissenschaftlichen Ergebnissen seitens Expert\*innen aus Wissenschaft und Praxis
  - Verhaltensökonomische Experimente
4. Mögliche Auswirkungen abschätzen
- Kosten/ Nutzen abschätzen, bei Bedarf naturbasierte Lösungen neu bewerten
- Methoden*
- Qualitative und quantitative Bewertungsmethoden
5. Umsetzungsstrategien entwickeln
- Gestaltung passender Governance- und Geschäftsmodelle für die Umsetzung naturbasierter Lösungen
- Methoden*
- Kombination von Studien zu Erfolgsfaktoren und Hemmnissen aus bestehenden Fallbeispielen
  - Durchführung von Design-Thinking-Workshops zur gemeinsamen Entwicklung erfolgreicher Modelle
  - Soziale Netzwerkanalysen
  - Testung, Verbesserung und Dokumentation von Governance- und Geschäftsmodellen
  - Netzwerkaufbau zum Austausch und gemeinsamen Lernen
6. Umsetzen und beobachten
- Realisierung naturbasierter Lösungen und kritische Überwachung ihrer Wirksamkeit
- Methoden*
- Räumliche Erhebung und Bewertung von Ökosystemleistungen (z. B. Überprüfung der räumlichen Erhebung und Bewertung von Ökosystemleistungen im Laufe der Zeit)
  - Partizipative GIS-Umfragen (Nachverfolgung der Mensch-Umwelt-Beziehung)
- kartiranje primernih območij za izvajanje sonaravnih rešitev
  - »extended peer review« - kritična ocena znanstvenih rezultatov s strani strokovnjakov iz znanosti in prakse
  - vedenjsko ekonomski eksperimenti
4. ocena možnih vplivov
- presoja stroškov/koristi, ocena sonaravnih rešitev
- Metode*
- kvalitativne in kvantitativne metode vrednotenja
5. oblikovanje izvedbenih strategij
- oblikovanje ustreznih upravljavskih in poslovnih modelov za izvajanje sonaravnih rešitev
- Metode*
- združevanje študij o faktorjih uspeha in omejitvah iz obstoječih študij primerov
  - izvajanje oblikovalskih in miselnih delavnic za skupen razvoj uspešnih modelov
  - analiza družbenih omrežij
  - testiranje, izboljševanje in dokumentiranje upravljanja in poslovnih modelov
  - gradnja mreže za izmenjavo in skupno učenje
6. izvajanje in spremljanje
- uresničevanje sonaravnih rešitev in kritično spremljanje njihove učinkovitosti
- Metode*
- prostorsko ocenjevanje in vrednotenje ekosistemskih storitev (npr. pregled prostorskega ocenjevanja in vrednotenja ekosistemskih storitev skozi čas)
  - participativne GIS raziskave (spremljanje odnosa med človekom in okoljem)

Za proces načrtovanja sonaravnih rešitev so predlagana tudi naslednja načela:

1. Transdisciplinarnost

Für den Planungsprozess naturbasierter Lösungen werden auch folgende Prinzipien vorgeschlagen:

#### 1. Transdisziplinarität

Hierbei handelt es sich um die Einbeziehung von wissenschaftlichen Erkenntnissen als auch von nicht wissenschaftlicher Praxisexpertise in der Bearbeitung gesellschaftlicher Herausforderungen. Wissensträger\*innen in Form relevanter Akteur\*innen sollen – unter Berücksichtigung aller Interessensgruppen – systematisch in die Konzeption und die Umsetzung der Planung für den Planungsprozess naturbasierter Lösungen miteingebunden werden.

#### 2. Gerechtigkeit

Für Planungsschritte, in denen Stakeholder einbezogen werden, ist es besonders relevant, auf Gerechtigkeit zu achten. Es soll im Planungsprozess garantiert werden, dass alle relevanten Akteur\*innen beteiligt werden und deren Rechte, Werte und Interessen anerkannt werden. Die Kosten und Nutzen müssen gerecht verteilt werden und es muss auf die bestehenden politischen, wirtschaftlichen und sozialen Rahmenbedingungen Rücksicht genommen werden. Transparenz und Beteiligung sind somit nicht nur garantiert, sondern auch der Beitrag zu einer naturbasierten Lösung und die Schaffungen einer nachhaltigeren Gesellschaft.

#### 3. Integration

Die Integration steht dafür, dass unterschiedliche Ansätze und Methoden im Planungsprozess eingebunden und kombiniert, als auch auf verschiedene räumliche und zeitliche Skalen Rücksicht genommen wird. Es werden sowohl ökosystembasierte Ansätze als auch technische, ökonomische und andere soziale (Bewertungs-) Methoden berücksichtigt.

#### 4. Ortsbezogenheit

Das Prinzip der Ortsbezogenheit ist im Normalfall an einem bestimmten Ort gebunden. Daher verlangt hier die Planung von naturbasierten Lösungen die Rücksichtnahme des sozioräumlichen Kontexts und die Anpassung an lokale Umgebungsbedingungen und deren Herausforderungen, um die Entwicklungsziele zu erreichen. Wird die lokale Umgebung nicht miteinbezogen, kann es zu Fehlanpassungen führen und ungewollte Auswirkungen können der Fall sein.

Gre za vključevanje znanstvenega znanja in neznanstvenega praktičnega strokovnega znanja v obravnavo družbenih izzivov. Nosilce znanja v podobi zadevnih akterjev je treba sistematično vključevati v proces načrtovanja in izvajanja sonaravnih rešitev, pri čemer je potrebno upoštevati vse interesne skupine.

#### 2. Enakopravnost

Pri korakih načrtovanja, v katere so vključene zainteresirane strani, je treba posebno pozornost nameniti enakopravnosti. Postopek načrtovanja mora zagotoviti, da so vključeni vsi pomembni akterji ter da so priznane njihove pravice, vrednote in interesi. Stroški in koristi morajo biti pravično porazdeljeni, upoštevati pa je treba tudi obstoječe politične, gospodarske in družbene razmere. S tem nista zagotovljena le preglednost in sodelovanje, temveč tudi prispevek k sonaravni rešitvi in oblikovanju bolj trajnostne družbe.

#### 3. Integracija

Integracija pomeni, da se v procesu načrtovanja vključujejo in združujejo različni pristopi in metode ter da se upoštevajo različni prostorski in časovni obsegi. Upoštevani so tako ekosistemski pristopi kot tudi tehnične, ekonomske in druge družbene (ocenjevalne) metode.

#### 4. Prostorsko umeščanje

Način umeščenosti v prostor je običajno vezan na konkretno lokacijo. Zato je pri načrtovanju sonaravnih rešitev treba upoštevati družbeno-prostorski kontekst ter se prilagoditi lokalnim okoljskim razmeram in njihovim izzivom, da bi dosegli razvojne cilje. Neupoštevanje lokalnega okolja lahko privede do neustrezne izvedbe in neželenih posledic.

#### 5. Opiranje na dokaze

Pomembno je, da sonaravne rešitve v obvodnih območjih temeljijo na obstoječih dejstvih (dokazih). Pomembno je vključiti izkušnje in opažanja iz znanosti in prakse. Pri tem so združene in ovrednotene obstoječe presojevalne študije, nato pa so pristopi in ugotovitve vključeni v razvoj novih konceptov načrtovanja sonaravnih rešitev. (35: Schröter et al. 2021)

## 5. Evidenzbasierung

Wichtig für naturbasierte Lösungen in Flusslandschaften ist es, sich an vorhandene Fakten (Evidenzen) zu orientieren. Wichtig ist, Erfahrungen und Beobachtungen der Wissenschaft und Praxis miteinzubeziehen. Hierbei werden bestehende Bewertungsstudien miteinander kombiniert und evaluiert, danach werden die Ansätze und Erkenntnisse in die Entwicklung neuer Planungskonzepte für naturbasierte Lösungen integriert. (35: Schröter et al. 2021)

Wie man erkennen kann, ist das Planen, Umsetzen und Kontrollieren von Renaturierungen ein komplexes Unterfangen. Wichtig ist es in jedem Fall, klare Renaturierungsziele zu formulieren, die verschiedenen Interessen der Beteiligten zu berücksichtigen und die vorgegebenen Gesetzesvorgaben zu berücksichtigen. Voraussetzung für eine positive, naturnahe Gewässerentwicklung ist ein gut strukturiertes Planungsmanagement mit ausgewogenen Lösungswegen und einer effizienten Maßnahmenumsetzung. Da jeder Gewässerabschnitt von den vor- und nachgelagerten Abschnitten abhängt mit denen er verbunden ist, muss der daher auch der lokale Zustand großräumig analysiert und miteinbezogen werden. Hier lohnt sich auch ein Blick auf das Einzugsgebiet des Gewässers und die Beschäftigung mit dem jeweiligen Gewässertyp (27: Lamberty et al. 2021).

Kot je razvidno, je načrtovanje, izvajanje in nadzor revitalizacije zapleten podvig. V vsakem primeru je pomembno oblikovati jasne cilje revitalizacije, upoštevati različne interese deležnikov in upoštevati dane pravne zahteve. Predpogoj za pozitiven, naravi prijazen razvoj vodotokov je dobro strukturirano načrtovalsko upravljanje z usklajenimi rešitvami in učinkovitim izvajanjem ukrepov. Ker je vsak odsek vodotoka odvisen od zgornjega in spodnjega toka, s katerim je povezan, je treba lokalne razmere analizirati in vključiti tudi v širšem merilu. Pri tem si je potrebno ogledati tudi povodje vodnega telesa in obravnavati ustrezen tip vodnega telesa (27: Lamberty et al. 2021).

## 2.4 Monitoring einer Renaturierung

Messbare Revitalisierungsziele sollten bereits vor Projektbeginn festgelegt werden. Im Rahmen eines (längerfristigen) Monitorings soll die Zielerreichung überprüft werden und Maßnahmen möglicherweise angepasst werden. (40: Sundermann et al. 2009)

Es ist schwierig aus den vielen kleinen bis großen Einzelprojekten zur Renaturierung von Bächen und Flüssen in Mitteleuropa zu lernen und übertragbare Schlüsse zu ziehen weil es häufig an einem umfassenden Monitoring der abiotischen und biotischen Veränderungen nach den Eingriffen zur Gewässerrenaturierung und einer Erfolgskontrolle der Renaturierung mangelt (46: Zerbe 2019).

Der erste Schritt von einem erfolgreichen Monitoringprozess ist das Setzen von passenden Zielen. Hier wird der optimale Zustand des zu revitalisierenden Gebiets als Zielwert herangezogen. Ein standardisiertes System für eine Zieldefinition wurde dabei von der Society for Ecological Restoration definiert. Das System definiert konkret 9 Renaturierungsziele, die an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst werden müssen, da sie recht allgemein gehalten sind.

*Erfolgreiche Flussrenaturierungen sollten im Monitoring folgende Merkmale erfüllen:*

- „Sie zeigen eine deutliche Reaktion auf Stress und Störung,
- sind empfindlich gegenüber anthropogenen Veränderungen,
- reagieren früh,
- sind einfach zu messen,
- haben eine geringe Variabilität in ihrer Reaktion,
- integrieren verschiedene ökologische Prozesse,
- und führen zu klaren Aussagen über eine mögliche Anpassung der Renaturierungsmaßnahmen.“

(24: Kollmann et al. 2019)

## Monitoring ekoremediacije

Pred začetkom projekta je potrebno zastaviti merljive cilje revitalizacije. V okviru (dolgoročnega) monitoringa je potrebno preverjati doseganje ciljev in po potrebi prilagoditi ukrepe. (40: Sundermann et al. 2009)

Iz sicer številnih posameznih malih in velikih projektov revitalizacije potokov in rek v Srednji Evropi se je težko učiti in potegniti prenosljive zaključke, saj pogosto manjkajo celovito spremljanje abiotičkih in biotičkih sprememb po revitalizacijskih posegih in spremljanje uspešnosti revitalizacije (46: Zerbe 2019).

Prvi korak za uspešen proces monitoringa je določitev ustreznih ciljev. Pri tem se kot ciljna vrednost uporabi optimalno stanje območja, ki ga je potrebno revitalizirati. Društvo za ekološko obnovo (Society for Ecological Restoration) je v ta namen pripravilo standardiziran sistem za opredelitev ciljev. Sistem navaja 9 konkretnih ciljev revitalizacije, ki jih je potrebno prilagoditi danim okoliščinam, saj so ti precej splošni.

*Uspešne rečne ekoremediacije morajo z monitoringi izpolnjevati naslednje značilnosti:*

- »izrazit odziv na stres in motnje,
- občutljivost na antropogene spremembe,
- zgodnji odziv,
- enostavna merljivost,
- odziv z majhno variabilnostjo,
- vključujejo različne ekološke procese,
- in vodijo do jasnih mnenj o morebitnih prilagoditvah ukrepov revitalizacije.«

(24: Kollmann et al. 2019)

### 2.4.1 Fünf Kriterien für ökologischen Erfolg

Vorgeschlagen von (30:) Palmer et al. in Journal of Applied Ecology 2005 (42, 208-217):

#### 1. Leitbild des dynamischen Zustands

Das Leitbild sollte nicht nur den durchschnittlichen Zustand oder einen bestimmten festen Wert der wichtigsten Systemvariablen (Hydrologie, Chemie, Geomorphologie, physischer Lebensraum und Biologie) berücksichtigen, sondern auch die Bandbreite dieser Variablen und die Wahrscheinlichkeit, dass sie nicht statisch sind. Es sollte explizit die vom Menschen verursachten Veränderungen des Systems berücksichtigen, einschließlich der Veränderungen im Bereich der Schlüsselvariablen. Idealerweise sollte dieser Plan sowohl lokale als auch auf das Einzugsgebiet bezogene Stressfaktoren berücksichtigen und abwägen, inwieweit die lokale Sanierungsmaßnahme zur Wiederherstellung auf Ebene des Einzugsgebiets beitragen kann.

Indikatoren: Vorhandensein eines Gestaltungsplans oder einer Beschreibung der gewünschten Ziele, die sich nicht an einem einzigen, festen und unveränderlichen Endpunkt orientieren (z. B. statisches Gerinne, zeitlich unveränderliche Wasserqualität).

#### 2. Die Ökosysteme werden verbessert

Geeignete Indikatoren für die ökologische Funktionsfähigkeit oder den Gesundheitszustand von Ökosystemen sollten auf der Grundlage der relevanten Systemattribute und der Arten von Stressoren ausgewählt werden, die zu einer Beeinträchtigung der ökologischen Bedingungen führen. Die erwartete Verbesserungsrate hängt vom Grad der Beeinträchtigung, dem Ausmaß, in dem die Wiederherstellung die Hauptstressoren reduziert, und der Empfindlichkeit der ausgewählten Indikatoren gegenüber Veränderungen der Stressoren ab. Die Veränderung kann relativ zu einem Referenzstandort erfolgen.

Indikatoren: Verbesserung der Wasserqualität; Einführung eines natürlichen Abflussregimes; Erhöhung der Lebensfähigkeit der Populationen von Zielarten; Erhöhung des Anteils einheimischer im Vergleich zu nicht

### Pet meril za ekološki uspeh

Predlaganih s strani (30:) Palmerja in sodelavcev, Journal of Applied Ecology 2005 (42, 208-217):

#### 1. Vodilna podoba dinamičnega stanja

Vodilna podoba ne bi smela upoštevati le povprečnega stanja ali neke fiksne vrednosti ključnih sistemskih spremenljivk (hidrologija, kemija, geomorfologija, fizični habitat in biologija), temveč bi morala upoštevati tudi razpon teh spremenljivk in verjetnost, da ne bodo statične. Načrtno mora upoštevati spremembe sistema, ki jih povzroča človek, vključno s spremembami razpona ključnih spremenljivk. V idealnem primeru mora ta načrt upoštevati tako lokalne stresorje kot tudi stresne dejavnike na ravni prispevnega območja in upoštevati, koliko lahko lokalna obnova prispeva k obnovi na ravni celotnega prispevnega območja.

Kazalniki: prisotnost načrta zasnove ali opis zelenih ciljev, ki niso usmerjeni v eno samo, fiksno in nespremenljivo končno stanje (npr. statičen kanal, časovno nespremenljiva kakovost vode).

#### 2. Izboljšanje ekosistemov

Ustrezne kazalnike ekološke celovitosti ali zdravja ekosistemov je treba izbrati na podlagi ustreznih lastnosti sistema in vrst stresorjev, ki povzročajo poslabšanje ekoloških razmer. Pričakovana uspešnost izboljšanja bo variirala glede na stopnjo, do katere bo obnova zmanjša ključne stresne dejavnike in občutljivost izbranih kazalnikov na spremembe obsega stresnih dejavnikov. Sprememba je lahko relativna glede na referenčno območje.

Kazalniki: izboljšana kakovost vode; vzpostavljen naravni pretočni režim; povečanje vitalnosti populacij ciljnih vrst; povečan odstotek domorodnih na račun zmanjšanja odstotka tujerodnih vrst; razmah obrežne vegetacije; povečana stopnja ekosistemskih funkcij; izboljššan indeks biološke ocene; izboljšanje omejitvenih dejavnikov za določeno vrsto ali življenjsko fazo (npr. zmanjšanje odstotka preperelin v drstiščih ali zmanjšanje temperature vodotoka).

#### 3. Povečanje odpornosti

einheimischen Arten; Erhöhung der Ausdehnung der Ufervegetation; Erhöhung der Ökosystemfunktionen; Verbesserung des Bioassessment-Indexes; Verbesserung der limitierenden Faktoren für eine bestimmte Art oder ein bestimmtes Lebensstadium (z. B. Verringerung des Anteils an Feinstaub in Laichbetten oder Senkung der Wassertemperatur).

### 3. Die Widerstandsfähigkeit wird erhöht

Das System sollte nur minimale laufende Eingriffe erfordern und in der Lage sein, sich von natürlichen Störungen wie Überschwemmungen und Bränden sowie von weiteren menschlichen Eingriffen zu erholen.

Indikatoren: nur wenige Eingriffe zur Erhaltung des Standorts erforderlich; der Umfang der erforderlichen Reparaturarbeiten ist gering; Dokumentation, dass die ökologischen Indikatoren im Laufe der Zeit in einem Bereich bleiben, der den Referenzbedingungen entspricht.

### 4. Keine dauerhaften Schäden

Die Überwachung ausgewählter Ökosystemindikatoren vor und nach dem Projekt sollte zeigen, dass die Auswirkungen der Sanierungsmaßnahme keine irreversiblen Schäden an den ökologischen Eigenschaften des Systems verursacht haben.

Indikatoren: wenig einheimische Vegetation wurde während der Durchführung entfernt oder beschädigt; die entfernte Vegetation wurde ersetzt und zeigt Anzeichen von Lebensfähigkeit (z. B. Wachstum von Sämlingen); geringe Ablagerung von Feinsedimenten aufgrund des Durchführungsprozesses.

### 5. Ökologische Bewertung ist abgeschlossen

Die ökologischen Ziele des Projekts sollten klar definiert sein, und es sollte der Nachweis erbracht werden, dass nach der Wiederherstellung Informationen oder Daten zu den interessierenden Ökosystemvariablen gesammelt wurden. Das Niveau der Bewertung kann von einfachen Vorher-Nachher-Vergleichen bis hin zu detaillierten statistischen Analysen reichen (z. B. Vorher-Nachher-Vergleiche, Vergleiche zwischen Behandlung und Kontrolle oder beide Arten von Vergleichen), doch sollten die Ergebnisse analysiert und veröffentlicht werden.

Sistem naj zahteva minimalne stalne posege in je sposoben okrevati po naravnih motnjah, kot so poplave in požari, ter okrevati po nadaljnjih človekovih posegih.

Kazalniki: za vzdrževanje območja je potrebnih malo posegov; obseg potrebnih popravil je majhen; dokumentiranje, da ekološki kazalniki sčasoma ostanejo v razponu, ki je skladen z referenčnimi pogoji.

### 4. Brez trajne škode

Spremljanje izbranih ekosistemskih kazalnikov pred in po projektu mora izkazovati, da vplivi obnovitvenega posega niso povzročili nepopravljive škode ekološkim lastnostim sistema.

Kazalniki: malo avtohtone vegetacije, ki je bila odstranjena ali poškodovana med izvajanjem; odstranjena vegetacija je bila nadomeščena in kaže znake vitalnosti (npr. rast sadik); malo odloženih finih sedimentov tekom izvajanja postopka.

### 5. Končana ekološka presoja

Ekološki cilji projekta morajo biti jasno opredeljeni, na voljo pa morajo biti dokazila, da so bile po obnovi zbrane informacije ali podatki o merodajnih spremenljivkah ekosistema. Raven ocene je lahko različna, od preprostih primerjav pred in po izvedbi do strogih statistično zasnovanih analiz (npr. z uporabo primerjav pred in po, primerjavo tretiranega in kontrolnega območja ali obeh vrst primerjav), vendar je potrebno rezultate analizirati in diseminirati.

Kazalniki: razpoložljiva dokumentacija o predhodnem stanju in po obravnavi.

Indikatoren: Vorhandene Dokumentation der Vorbedingungen und der Nachbewertung.

## 2.5 Renaturierung und climate change

Der Klimawandel ist ein globaler Wandel, der sich auch auf lokaler Ebene auswirkt: Höhere Lufttemperaturen, geringere Niederschläge, längere Vegetationsperioden, weniger Schneetage und ein niedrigerer Grundwasserspiegel sind eine Tatsache in unserer lokalen Umwelt. Expert\*innen sagen voraus, dass die Temperaturen in der Atmosphäre weiter ansteigen und die Niederschläge in unserem geografischen Gebiet weiter abnehmen werden.

Österreich und Slowenien haben sich mit der Unterzeichnung des Kyoto-Protokolls zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen verpflichtet. Um diese Verpflichtungen zu erfüllen, müssen Maßnahmen in den Bereichen Energieeinsparung, Energieeffizienz, erneuerbare Energien und nachhaltige Mobilität ergriffen werden. Gleichzeitig müssen Aktivitäten wie Land- und Forstwirtschaft, Tourismus, Wasserversorgung und Erhaltung der biologischen Vielfalt beginnen, sich an die Auswirkungen des Klimawandels anzupassen. Insbesondere ist es wichtig, die Öffentlichkeit über die Auswirkungen des Klimawandels, Anpassungs- und Abschwächungsmaßnahmen zu informieren und zu sensibilisieren, da jeder Einzelne zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen beitragen kann (42: Vrhovšek & Vovk Korže 2008).

Ökologische Sanierungslösungen können auch zur Anpassung an den Klimawandel und zur Abschwächung seiner Folgen eingesetzt werden. Wenn sie richtig eingesetzt werden, können sie zu Folgendem beitragen:

1. Verringerung der Auswirkungen und/oder Vermeidung von Überschwemmungen,
2. Wasserrückhaltung zur Verhinderung von Dürreperioden,
3. Vermeidung von Naturkatastrophen wie Erdbeben usw.,
4. Verringerung und Vorbeugung von Bedrohungen der biologischen Vielfalt und empfindlicher Lebensräume, Sensibilisierung für die Umwelt,

## Ekoremediacije in klimatske spremembe

Podnebne spremembe so globalne spremembe, katerih posledice se kažejo tudi na lokalnem nivoju. Podatki o povišanju temperatur zraka, znižanju količin padavin, daljšanju rastne dobe, krajšanju števila dni s snežno odejo in nižanju nivojev podtalnice, so dejstvo tudi v našem lokalnem okolju. Strokovnjaki napovedujejo, da se bodo temperature ozračja še poviševale, količine padavin pa se bodo v našem geografskem območju še zniževale.

Avstrija in Slovenija sta se s podpisom Kjotskega protokola zavezali k zniževanju emisij toplogrednih plinov. Za uresničevanje teh obveznosti je potrebno izvajati ukrepe na področju varčevanja z energijo, učinkovite rabe energije, rabe obnovljivih virov energije in trajnostne mobilnosti. Hkrati je potrebno začeti prilagajati dejavnosti, kot so kmetijstvo, gozdarstvo, turizem, vodo oskrba in ohranjanje biotske raznovrstnosti posledicam podnebnih sprememb. Predvsem je pomembno informiranje in osveščanje javnosti o posledicah podnebnih sprememb, prilagajanju dejavnosti in o ukrepih za zmanjševanje podnebnih sprememb, saj lahko vsak posameznik prispeva k zmanjševanju emisij toplogrednih plinov (42: Vrhovšek & Vovk Korže 2008).

Ekoremediacijske rešitve ponujajo možnosti uporabe tudi pri prilagajanju klimatskim spremembam in zmanjševanju njihovega učinka. Ob pravilni implementaciji omogočajo:

1. zmanjševanje učinkov in/ali **preprečevanje poplav**,
2. **zadrževanje vode** za preprečevanje suš,
3. **preprečevanje naravnih nesreč** kot so plazovi, usadi, drsenje tal itd.,
4. **zmanjševanje in preprečevanje ogroženosti biotske pestrosti** in občutljivih habitatov, **dvig okoljske ozaveščenosti, informiranosti in delovanja s širšo civilno družbo** – obravnavati globalno – delovati lokalno

Information und Einbindung der Zivilgesellschaft im weiteren Sinne - global angehen - lokal handeln

Ökosystembasierte Technologien, die sich auf natürliche Prozesse zum Schutz und zur Wiederherstellung der Umwelt stützen, sind geeignet, die Auswirkungen des Klimawandels abzumildern. Sie basieren auf der Erkenntnis, dass ungleichmäßig verteilte Niederschläge in der Landschaft zurückgehalten werden müssen, und zwar durch den Erhalt und die Schaffung neuer Lebensräume (Feuchtgebiete, Bachnebenrinnen, Bachdiversifizierung durch Revitalisierung, Vegetationsstreifen auf Feldern), in denen das Wasser zurückgehalten und gereinigt wird. Diese Lebensräume bieten neuen Lebensraum für viele Pflanzen und Tiere. Indem Wasser durch ökologische Sanierungssysteme zurückgehalten wird, werden Dürren im oberen Teil von Wasserläufen, Überschwemmungen, Erdbeben und Bodenerosion im unteren Teil von Wasserläufen verhindert. Dies wird durch die außergewöhnliche Pufferkapazität der natürlichen und nachhaltigen Systeme erreicht.

Das Wissen um die Abmilderung der Auswirkungen des Klimawandels und die Erhaltung der biologischen Vielfalt ist gut entwickelt:

1. Revitalisierung von Fließgewässern: Abschwächung von Naturkatastrophen, Schaffung neuer Lebensräume, Wiederherstellung der Selbstreinigungskraft von Ökosystemen, Aufnahme von CO<sub>2</sub>,
2. Vegetationsstreifen entlang von Feldern, Wasserquellen: haben ein außergewöhnliches Puffer- und Selbstreinigungsvermögen, nehmen CO<sub>2</sub> auf,
3. Schutz von Feuchtgebieten durch ökologische Sanierungsmethoden: hohe Selbstreinigungskraft, Schutz gefährdeter Lebensräume, Grundwasserneubildung, Vorbeugung gegen Überschwemmungen, Dürreperioden, Verhinderung der Ausbreitung von Bränden,
4. multifunktionaler Schutz von stehenden Gewässern (Seen, Sümpfe, Teiche, Moore):

Za blaženje vplivov podnebnih sprememb so primerne ekosistemske tehnologije, ki temeljijo na naravnih procesih za varovanje in obnovo okolja. Temeljijo na znanju, da je potrebno neenakomerno razporejene padavine zadržati v pokrajini, konkretno z ohranjanjem in ustvarjanjem novih habitatov, (mokrišč, stranskih rokavov vodotokov, razgibanje vodotokov z revitalizacijami, vegetacijskimi pasovi na poljih), v katerih se voda zadrži in očisti. Ti habitati predstavljajo nov življenjski prostor številnim rastlinam in živalim. Z zadrževanjem vode z ekoremediacijskimi sistemi preprečujemo suše v zgornjem delu vodotokov ter poplave, plazove, erozijo prsti v spodnjem delu vodotokov. To je doseženo z izjemnimi puferskimi sposobnostmi naravnih in sonaravnih sistemov.

Znanje za zmanjšanje vplivov podnebnih sprememb in ohranjanje biotske raznovrstnosti je razvito:

1. **revitalizacije vodotokov:** blažijo naravne katastrofe, ustvarjajo nove habitate, vračajo samočistilne sposobnosti ekosistemom, privzemajo CO<sub>2</sub>,
2. **vegetacijski pasovi ob poljih, vodnih virih:** imajo izjemne puferske in samočistilne sposobnosti, privzemajo CO<sub>2</sub>,
3. **zaščita mokrišč z ekoremediacijskimi metodami:** visoka samočistilna sposobnost, varovanje ogroženih habitatov, bogatenje podtalnice, preprečevanje poplav, suš, prepreka za širjenje požarov,
4. **večnamenska zaščita stoječih vodnih teles** (jezera, mlake, lokve, močvirja): ohranjanje specifičnih habitatov, vpliv na vodno bilanco.

Z uravnavanjem posledic podnebnih sprememb moramo začeti takoj. Tudi v preteklosti so bila nihanja podnebnih parametrov, ker pa je bil človek takrat bolj povezan z naravo kot je danes, se jim je uspešno prilagajal. Poleg podnebnih sprememb so ključni vzrok za spremenjene razmere v vodni bilanci nepravilni posegi v vodotoke v preteklosti. Naravno oblikovana struga z meandri zadržuje vodo, v njej potekajo samočistilni procesi in ima

Erhaltung bestimmter Lebensräume,  
Auswirkungen auf den Wasserhaushalt.

Wir müssen jetzt damit beginnen, die Auswirkungen des Klimawandels zu bekämpfen. In der Vergangenheit gab es Schwankungen der Klimaparameter, aber da die Menschen damals stärker mit der Natur verbunden waren als heute, haben sie sich erfolgreich angepasst. Neben dem Klimawandel ist eine der Hauptursachen für die Veränderung des Wasserhaushalts der unsachgemäße Eingriff in die Wasserläufe in der Vergangenheit. Natürlich geformte Fließgewässer mit Mäandern halten das Wasser zurück, sind selbstreinigend und weisen eine hohe Artenvielfalt auf. In kanalisierten Fließgewässern hingegen fließt das Wasser bei starken Regenfällen schnell ab und bleibt aufgrund der geringeren Artenvielfalt verschmutzt. Starke Regenfälle führen daher zu Überschwemmungen im unteren Teil der Wasserläufe und zu Trockenheit im oberen Teil während der Trockenzeit, da das Wasser nicht in der Landschaft zurückgehalten werden kann. Unsachgemäße Eingriffe in Fließgewässer verursachen daher erhebliche wirtschaftliche und ökologische Schäden. Daher ist ein umfassender Ansatz erforderlich, um solche Fehler zu korrigieren und neue zu verhindern (44: Vovk Korže et al. 2011).

visoko biotsko pestrost. V kanaliziranih vodotokih pa voda ob nalivu hitro odteče in zaradi znižane biotske pestrosti ostane onesnažena. Obilne padavine tako v spodnjem delu vodotokov povzročijo poplave, v zgornjem delu pa v sušnem obdobju sušo, saj se voda v pokrajini ne more zadrževati. Z nepravilnimi posegi v vodotoke je tako povzročena velika ekonomska in ekološka škoda. Zato je potrebno celovito pristopiti k popraviljanju tovrstnih napak in preprečevanju novih (44: Vovk Korže et al. 2011).

### 3 Zusammenfassung – Learnings für die Renaturierung der Kutschenitza

#### 3.1 Techniken zur ökologischen Sanierung von Wasserläufen

Auf der Grundlage einer umfassenden Betrachtung des Einzugsgebiets und seines Überschwemmungsgebietes sollten potenzielle Standorte für die folgenden ERM-Maßnahmen im Fließgewässer ermittelt werden:

- Seitenarme zum Ausgleich von Hochwasser, zum Zurückhalten von hohen Wellen, zum Absetzen von Partikeln und zum Zurückhalten von Gift- und Nährstoffen. Gleichzeitig wirkt es sich positiv auf die Lebensraumstruktur, das Selbstreinigungsvermögen und die Verringerung von Hochwasserwellen aus. Auf diese Weise werden in Trockenperioden niedrige Abflüsse angereichert und ein ökologisch akzeptabler Abfluss im Wasserlauf aufrechterhalten, während die Entnahme von großen Wassermengen ermöglicht wird;
- Mäandrieren: Das Mäandrieren eines Fließgewässers verlängert seinen Weg, verringert das Gefälle, verlangsamt den Wasserfluss, erhöht die Wassertiefe und die Wassermenge in der Landschaft und im Grundwasser. Auch die an Ökosystemen sehr reiche Uferzone wird verlängert. Mäander erhöhen die Häufigkeit des Überlaufens des Gerinnes und stellen so den Kontakt zur Aue an sorgfältig ausgewählten Stellen im Vorfeld her, wo Hochwasserschäden gering oder aus Naturschutzsicht wünschenswert sind (Erhalt von Feuchtwiesen);
- Makrophyten in Buchten, Einläufen und im Bach dienen dazu, das Wasser zu halten und zu beschatten, eine Überhitzung zu verhindern, die Sedimentation zu fördern und die Fließgeschwindigkeit zu drosseln.

ERM-Maßnahmen an den Ufern eines Fließgewässers, die zur Regulierung des Hochwasserspiegels beitragen und so Überschwemmungen verhindern:

### Povzetek – Ugotovitve za ekoremediacijo Kučnice

#### Tehnike ekoremediacij vodotokov

Na podlagi celovite obravnave porečja vodotoka in njegovega poplavnega režima je potrebno identificirati potencialna mesta za umeščanje sledečih ERM ukrepov v strugi vodotoka:

- stranski rokavi za kompenziranje vodnih viškov, zadrževanje visokega vala, usedanje delcev in zadrževanje strupenih ter hranilnih snovi. Hkrati pozitivno vpliva na habitatno strukturo, samočistilne sposobnosti in na zmanjševanje poplavnih valov. Tako v sušnih obdobjih bogatimo nizke pretoke ter ohranjamo ekološko sprejemljiv pretok v vodotoku in omogočimo odvzem viškov vode za uporabnike;
- meandriranje struge: vodotok si z meandri podaljša pot, zmanjša padec, upočasni tok vode, poveča globino vode in količino vode v pokrajini ter podtalnici. Podaljša se tudi obrežni pas, ki je ekosistemsko zelo bogat. Meandri povečajo pogostost preplavljanja struge in tako vzpostavijo stik s poplavnim delom na v naprej skrbno izbranih mestih, kjer je škoda poplavljanja minimalna oziroma z naravovarstvenega vidika zaželena (ohranjanje mokrotnih travnikov);
- makrofiti v zalivih, zajedah ter v strugi zadržujejo in senčijo vodo, preprečujejo pregrevanje, pospešujejo sedimentacijo ter umirjajo hitrost toka.

ERM ukrepi na obrežju vodotoka, ki prispevajo k uravnavanju vodnih viškov in s tem preprečujejo poplavljanje:

- Vegetationsstreifen: erhöhen die Wasserspeicherung, fangen den Oberflächenabfluss auf und verlängern die Verweilzeit (kleine Hochwasserspitzen);
- Pflanzenkläranlagen sind ein hydrologisch wichtiger Hochwasserwellen-Dämpfer und natürliche Kläranlagen. (44: Vovk Korže et al. 2011)

Um einen besseren ökologischen Zustand der Kutschenitza zu erreichen, werden die Maßnahmen zur Umweltsanierung natürlich in einem breiten Konsens mit den Fachleuten und Interessengruppen des Gebiets ausgewählt. Die oben angeführten allgemeinen Maßnahmen zur Verbesserung von Fließgewässern in landwirtschaftlichen Gebieten sind für die Kutschenitza sicherlich sinnvoll und wünschenswert, setzen aber meist den Ankauf von zusätzlichem Gelände voraus, das vor der (Neu-)Regulierung in den 1980er Jahren Teil des natürlichen Verlaufs des damals noch mäandrierenden Baches war. Es ist illusorisch, eine vollständige Rückkehr zum früheren natürlichen Zustand zu erwarten, da der durch die Verordnung erworbene Raum für andere Zwecke (Gebäude, Infrastruktur) umgewandelt wurde oder die derzeitigen Nutzer des Raums einer solchen Änderung der Nutzung (und des Eigentums) des Raums nicht zustimmen würden. Daher ist die Durchführung anderer Maßnahmen gefordert, wie z. B.: Tümpel, Schwellen, große Holzstücke, Bachpuffer, Weidenwehre, Geotextilien, Holzkisten, Faschinen, Zäune und ERM der Entwässerungsgräben. Die oben genannten ERM-Maßnahmen benötigen weniger Platz und können mit Holz umgesetzt werden, da Stein und Kies in der Kutschenitza (natürlich) nicht vorkommen. Sie können den historischen natürlichen Mäanderverlauf auf einer größeren Fläche zumindest teilweise räumlich nachbilden.

Es gibt einige ERM-Maßnahmen, für deren Umsetzung Kies und/oder Steine erforderlich sind. Letztere sind bereits im Wasserlauf vorhanden, da es bei der Regulierung zur Konsolidierung des befeuchteten Teils des Kanals verwendet wurde. Wenn die Vorteile die Nachteile überwiegen, könnten also auch die folgenden ERM-Maßnahmen punktuell und mit Bedacht eingesetzt werden: Kiesstromschnellen, Steinschüttungen,

- vegetacijski pasovi: povečajo shrambo vode, ulovijo površinski tok in podaljšajo retencijski čas (manjše visokovodne konice);
- grajena mokrišča so hidrološko manjši razbremenilnik poplavnega vala ob visokih vodah in naravne čistilne naprave. (44: Vovk Korže et al. 2011)

Za doseganje boljsega ekološkega stanja Kučnice bodo seveda izbrani ekoremediacijski ukrepi širšega konsenza stroke in deležnikov prostora. Zgoraj naštetih splošnih ukrepi za izboljšanje vodotokov na kmetijskih območjih so za Kučnico vsekakor primerni in zaželeni, a so po večini pogojeni s pridobitvijo dodatnega obvodnega prostora, ki je sicer pred (pre)ureditvijo v 80ih bil del naravnega poteka takrat še meandrirajočega potoka. Iluzorno je pričakovati popolno povrnitev v prejšnje naravno stanje, saj je z regulacijo pridobljen prostor prešel v druge rabe (objekti, infrastruktura) ali se sedanji uporabniki prostora s tovrstnimi spremembami rabe (in lastništva) prostora ne bi strinjali. Zato je pričakovana implementacija še drugih ukrepov, kot so npr.: tolmeni, pragovi, večji kosi lesa, odbijači toka, vrbovi popleti, geotekstil, lesene kašte, fašine, plotovi in ERM ureditve prispevnih melioracijskih jarkov. Naštetih ERM ukrepi potrebujejo manj prostora in se lahko izvedejo z lesom, saj kamen in prod nista (naravno) prisotna v Kučnici. Z njimi se lahko vsaj delno približamo in prostorsko zgoščeno posnemamo zgodovinsko naravno meandriranje na večjem območju.

In še so na voljo nekateri ERM ukrepi, ki pa sicer za izvedbo potrebujejo prod in/ali kamen. Slednji je v vodotoku že prisoten, saj je bil ob regulaciji uporabljen za utrjevanje omočenega dela struge. Tako bi mestoma in premišljeno, kjer plusi odtehtajo minuse, lahko bili uporabljeni tudi slednji ERM ukrepi: prodna brzica, groblja, prodišča in otoki, rastlinske čistilne grede, ter skalometi in kamnometi.

Kiesbänke und -inseln, bepflanzte Beete sowie Felsbrocken und Steinwürfe.

### 3.2 Renaturierung und Biodiversität

Besondere oder geschützten Arten bzw. Artengemeinschaften könnten bei Eingriffen im Zuge von Renaturierungs- und Revitalisierungsmaßnahmen gefährdet werden. Neben der Berücksichtigung des geltenden Naturschutzgesetzes muss deshalb bei geschützten Arten die im behandelten Gewässer trotz des degradierten Zustandes einen guten Bestand aufweisen, unbedingt darauf geachtet werden, dass die Bedingungen für die Arten nach den Maßnahmen mindestens gleich gut bzw. besser sind.

Sobald passende Lebensbedingungen vorhanden sind, können sich Arten wie Pflanzen die sich durch Windverdriftung der Samen gut ausbreiten und in erreichbarer Umgebung wachsen sowie Tierarten die mobil sind und sich aktiv ausbreiten können (Libellen, Käfer, Vögel usw.) wieder ansiedeln. Die Schnelligkeit mit der unterschiedliche Arten auf Revitalisierungs- und Renaturierungsmaßnahmen reagieren, variiert. Grundsätzlich gilt, dass je geringer der Anteil an Ackerflächen ist, desto deutlicher eine Zunahme der Diversität festzustellen ist. Wenig mobile bzw. ausbreitungsfähige Arten wie Großmuscheln oder andere Mollusken, manche Pflanzen bzw. Pflanzen- und Tierarten (z.B. Fischarten) die im ganzen Gebiet verschwunden sind und es daher keine oder kaum Chancen zur natürlichen Wiederbesiedelung (in absehbarer Zeit) gibt, könnten teilweise im Zuge von Projekten wieder angesiedelt werden. Wesentlich ist hier eine genaue Voruntersuchung der Bedingungen, die auch das Einzugsgebiet und die daher stammenden Belastungen miteinbeziehen und eine Abstimmung mit dem behördlichen Naturschutz.

Handlungsempfehlungen für Renaturierungs- und Revitalisierungsmaßnahmen sollten aus naturschutzfachlicher Sicht auf Erhebungen verschiedener Indikatorarten basieren. Ein Ziel der Renaturierung der Kutschenitza sollte auch die Wiederherstellung der **Phytodiversität** sein, indem wichtige ökologische Funktionen für heimische Arten

### Ekoremediacija in biodiverzitetu

Izvedbe posegov ukrepov ekoremediacije in revitalizacije bi lahko ogrožale posebne in zavarovane vrste oziroma njihove združbe. Zato je poleg upoštevanja veljavne naravovarstvene zakonodaje potrebno zagotoviti, da ostanejo pogoji za zavarovane vrste, četudi so njihove populacije v dobrem ekološkem stanju v obravnavanem vodnem telesu, kljub njihovem trenutnemu poslabšanju, po izvedbi ukrepov vsaj enako dobri ali boljši.

Ob vzpostavitvi primernih življenjskih pogojev se takoj prične proces ponovne naselitve organizmov. Pri rastlinah so prve tiste, ki že rastejo v neposredni bližini in njihova semena razširja veter. Pri živalih pa tiste, ki so mobilne in aktivno širijo svoje habitate (kačji pastirji, hrošči, ptice itd.). Hitrost, s katero se različne vrste odzovejo na ukrepe revitalizacije in ekoremediacije, je različna. Praviloma velja, da manjši kot je delež obdelovalnih površin, bolj očitno je povečanje raznovrstnosti. Vrste, ki so manj mobilne ali sposobne širjenja, kot so sladkovodne školjke in drugi mehkužci, ter nekatere rastline ali pa rastlinske in živalske vrste (npr. nekatere vrste rib), ki so izginile na celotnem območju in imajo zato (v bližnji prihodnosti) malo ali nič možnosti za naravno ponovno naselitev, se lahko delno ponovno doselijo med izvajanjem projektov. Nujno je opraviti natančno predhodno raziskavo stanja, ki vključuje tudi vplivno območje in pritiske, ki so prisotni na njem, ter se uskladiti z uradnimi organi za varstvo narave.

Priporočila za ukrepe ekoremediacije in revitalizacije morajo z vidika varstva narave temeljiti na raziskavah različnih indikatorskih vrst. Eden od ciljev ekoremediacije Kučnice bi moral biti tudi obnova **fitodiverzitetu** z obnovo pomembnih ekoloških funkcij za domorodne vrste. Obnovitev naravne dinamike krepi avtohtone vrste in zmanjšuje možnost širjenja invazivnih neofitov.

V ustrezen koncept upravljanja je potrebno vključiti tudi okolico vodnega telesa. Trajnostna revitalizacija vključuje ustrezen načrt zasaditve in poznejše ukrepe za vzdrževanje, ki spodbujajo za območje značilne domorodne rastline in s tem naravno biotsko

wiederhergestellt werden. Die Wiederherstellung natürlicher Dynamiken stärkt heimische Arten und senkt die Etablierungschance invasiver Neophyten.

Die Umgebung des Gewässers sowie ein passendes Managementkonzept muss einbezogen werden. Eine nachhaltige Revitalisierung umfasst ein passendes Bepflanzungskonzept und anschließende Pflegemaßnahmen um standorttypische, heimische Pflanzen und damit die natürliche Biodiversität zu fördern und problematischen Neophyten wenig Chance zu geben.

Für einen sachgerechten Umgang mit nichteinheimischen Arten werden in Bezug zu einer Ökosystemrenaturierung zudem die Analyse und Bewertung von möglichen Zielkonflikten, eine Prüfung der Bekämpfungsperspektive und die Entscheidungsfindung sowie Akzeptanz bezüglich einer Bekämpfung als wesentliche Schritte vorgeschlagen.

Die Instandhaltung technischer Einrichtungen wird durch die Gewässerunterhaltung in Form von **Pflegemaßnahmen** gesichert. Zu den Aufgaben der Gewässerunterhaltung zählen die Beseitigung von Abflussstörungen, wie das Freihalten des Gewässerbettes, Ufersicherungsarbeiten, sowie Pflanzen- und Gehölzpflege.

Bei **Räumungsarbeiten** (Entfernung von Geschiebeanlandungen aus dem Fluss-/ Bachbett um eine optimale Abflussleistung des Gewässers zu gewährleisten) sollen 3 wesentliche Punkte bedacht werden:

- Räumungsrichtung in Fließrichtung
- Möglichst kurze Transportwege im Gewässer
- Totholz sollte, wenn möglich im Gewässer belassen werden

In natürlichen Gewässern ist **Totholz** ein wesentlicher Bestandteil, der die Gewässermorphologie maßgeblich beeinflusst und die Organismendiversität erhöht. Wenn keine akute Gefahr der Beeinträchtigung des Durchflusses besteht sollte Totholz deshalb im Fließgewässer belassen werden. Größere Baumteile können fest verankert werden, sodass sie nicht abgeschwemmt werden und Verklausungen verursachen.

raznovrstnost, problematičnim neofitom pa onemogočajo razvoj.

Za ustrezno upravljanje s tujerodnimi vrstami se kot bistveni koraki v zvezi z ekoremediacijo predlagajo tudi analiza in ocena možnih nasprotij ciljev, preučitev vidika obvladovanja ter sprejemanje odločitev in odobravanje glede zatiranja.

**Skrb in vzdrževanje** tehničnih objektov se zagotavlja z upravljanjem vodotokov v obliki vzdrževalnih del. Naloge vzdrževanja vodotokov vključujejo odpravljanje motenj pretoka, kot so vzdrževanje proste struge vodotoka, varovanje bregov ter skrb za rastline in drevnino.

Pri **vzdrževalnih delih** (odstranjevanje sedimentov iz dna struge reke / potoka, za zagotavljanje optimalne odtočne zmogljivosti vodotoka) je potrebno upoštevati tri glavne napotke:

- Vzdrževalna dela naj se izvaja v smeri vodnega toka
- Najkrajše možne transportne poti v vodotoku
- Če je le mogoče se odmrli les pušča v vodotoku

V naravnih vodotokih je odmrli les pomembna prvina, ki vpliva na morfologijo vodotoka in spodbuja diverzitetno organizmov. Če ni akutne nevarnosti za zmanjšanje pretoka, je zato potrebno odmrlo drevje puščati v vodotoku. Večje dele dreves lahko trdno zasidramo, da jih ne odplavi in ne povzročijo zamašitev dolvodno.

Pri **vzdrževanju travišč** je potrebno upoštevati, da se košnja brežin praviloma izvaja v prostorskem in časovnem zaporedju (zvrst košnje in cikli košnje). Na ta način je

Bei den **Pflegemaßnahmen von Wiesen** ist zu beachten, dass die Mahd von Böschungen in der Regel in einer räumlich und zeitlich abgestuften Reihenfolge erfolgen soll (Mahdformen und Mahdzyklen). So können Entwicklungsphasen (wie Blühaspekte) und der Abfluss aufeinander abgestimmt werden.

Um das Ausmaß der Wirkungen der Mahd auf die terrestrische Fauna zu verringern, werden Teilbereiche (Altgrasstreifen bzw. Brachen) beim Mähen ausgelassen und auf Zeiten, Witterung und Tageszeit der Mahd geachtet.

### 3.3 Renaturierung und Gesellschaft

Für eine erfolgreiche Renaturierung ist eine multidimensionale Beurteilung der Gesamtsituation notwendig, besonders auch der **gesellschaftlichen Herausforderungen**. Neben einem interdisziplinären naturwissenschaftlichen Ansatz ist für eine erfolgreiche Renaturierung auch ein transdisziplinäres Verständnis von **Motivation und Akzeptanz aller Interessensgruppen** erforderlich. Die unterschiedlichen Interessensgruppen sollten bereits in der Planung miteinbezogen werden.

Zuständigkeiten, Interessen und Ansprüche können unterschiedlich sein. Mangelnde oder fehlende Akzeptanz der Akteur\*innen bzw. der betroffenen Bevölkerung können den Renaturierungserfolg verzögern oder sogar zu einem Misserfolg führen. Um eine Akzeptanz und Planungssicherheit zu gewährleisten sind ist deshalb eine frühzeitige Kooperation und Partizipation wichtig.

Um die gesetzlichen Aspekte umfangreich zu erfassen und zu beurteilen ob die rechtlichen und politischen Zielsetzungen auf unterschiedlicher Ebene zusammenpassen oder sich gegenseitig behindern, bietet sich die systematische Analyse von Planungsdokumenten, Strategiepapieren und Gesetzestexten an.

Das Planen, Umsetzen und Kontrollieren von Renaturierungen ist ein komplexes Unterfangen und erfordert deshalb klare Renaturierungsziele zu formulieren, die verschiedenen Interessen der Beteiligten zu berücksichtigen und die vorgegebenen Gesetzesvorgaben zu berücksichtigen. Voraussetzung für eine positive, naturnahe Gewässerentwicklung ist ein gut

mögliche eno z drugim uskladiti razvojne faze (npr. cvetenje) in odtekanje vode.

Da bi omilili vpliv košenja na kopensko favno, se pri košnji pusti manjše dele površin (stare travne pasove ali zaraščajoče površine), pri čemer je potrebno paziti na čas, vreme in del dneva za izvedbo košnje.

### Ekoremediacija in družba

Za uspešno revitalizacijo je potrebna multidimenzionalna ocena celotnega stanja, zlasti tudi **družbenih izzivov**. Poleg interdisciplinarnega naravoslovnega pristopa je za uspešno ekoremediacijo potrebno tudi transdisciplinarno razumevanje **motivov in usklajevanje vseh interesnih skupin**, ki pa morajo biti vključene že v fazi načrtovanja.

Odgovornosti, interesi in zahteve so lahko različne. Če deležniki tega ne sprejmejo, se lahko izvedba ekoremediacije zavleče ali celo konča z neuspehom. Za zagotovitev podpore in zanesljivega načrtovanja sta zato pomembna zgodnja vpletenost in medsebojno sodelovanje.

Za celovito razumevanje pravnih vidikov in oceno, ali se pravni in politični cilji na različnih ravneh ujemajo ali ovirajo, je koristna sistematična analiza dokumentov o načrtovanju, strateških dokumentov in pravnih besedil.

Načrtovanje, izvajanje in nadzor revitalizacije je zapleten podvig, zato je potrebno oblikovati jasne cilje revitalizacije, upoštevati različne interese deležnikov in upoštevati dane pravne zahteve. Predpogoj za pozitiven, naravi prijazen razvoj vodotokov je dobro strukturirano načrtovalsko upravljanje z usklajenimi rešitvami in učinkovitim izvajanjem ukrepov. Ker je vsak odsek vodotoka odvisen od zgornjega in spodnjega toka, s katerim je povezan, je treba lokalne razmere analizirati in vključiti tudi v širšem merilu.

strukturiertes Planungsmanagement mit ausgewogenen Lösungswegen und einer effizienten Maßnahmenumsetzung. Da jeder Gewässerabschnitt von den vor- und nachgelagerten Abschnitten abhängt mit denen er verbunden ist, muss der daher auch der lokale Zustand großräumig analysiert und miteinbezogen werden.

### 3.4 Monitoring einer Renaturierung

Erst wenn die Suche nach einem dynamischen ökologischen Zustand nach dem Prinzip "der am wenigsten degradierte und ökologisch dynamischste Zustand, der unter den regionalen Gegebenheiten möglich ist" (30: Palmer et al. 2005) abgeschlossen ist, können die Parameter für die Überwachung des Erfolgs der ökologischen Sanierung endgültig festgelegt werden. Zu den Indikatoren können daher gehören: Bestandsaufnahmen der von Fauna und Flora bedeckten Arten und des Verhältnisses zwischen einheimischen und nicht einheimischen Arten (bei aquatischen Organismen eventuell unter Verwendung von eDNA-Proben), Überwachung der Wasserstände zur Bestimmung der Rückhaltekapazitäten, Erfassung der Schadstoffkonzentrationen in mehreren Abschnitten des Fließgewässers und der Zuflüsse zur Bestimmung der Selbstreinigungskapazitäten. Anhand von Kriterien, die im Laufe der Zeit überwacht werden, lassen sich Veränderungen des Status erkennen. Eine Überwachung über einen längeren Zeitraum (z. B. 10 Jahre) ist vorzuziehen, da der Sukzessionsprozess im Allgemeinen langsam verläuft und sich die Auswirkungen erst in der Endphase bemerkbar machen (z. B. bei der Vegetation: Bäume und Sträucher müssen wachsen und ausreifen, um Früchte zu tragen oder ein Wurzelsystem zu entwickeln, um Erosion zu verhindern; oder bei den Tieren: übergeordnete Beutetierarten kehren von selbst zurück oder es ist erst sinnvoll, sie einzuführen, wenn sich die Populationen, die ihnen Nahrung bieten, stabilisiert haben).

### Monitoring ekoremediacije

Po končanem iskanju dinamičnega ekološkega stanja po principu »najmanj degradiranega in najbolj ekološko dinamičnega stanja, ki je mogoče glede na regionalne okoliščine« (30: Palmer et al. 2005), se bo šele dokončno lahko definiralo parametre za spremljanje uspešnosti ekoremediacije. Med pokazatelje tako lahko sodijo: popisi krovnih vrst favne in flore ter razmerje med domorodnimi in tujerodnimi vrstami (za vodne organizme morda z metodo eDNK [»environmental DNA«] vzorčenja), spremljanje vodostajev za ugotavljanje retencijskih kapacitet, beleženje koncentracij polutantov na več odsekih vodotoka in pritokov za določanje samočistilnih sposobnosti. Kriteriji spremljani skozi čas bodo lahko pokazali spremembe stanja. Zaželeno je monitoringe izvajati daljše obdobje (npr. 10 let) saj je proces sukcesije praviloma počasen in se bodo efekti pokazali šele ob razvoju končne faze (npr. pri vegetaciji: drevesa in grmovnice morajo zrasti in dozoreti do plodonsnosti ali razrasti koreninski sistem za preprečevanje erozije; oz. pri živalih: krovne predatorske vrste se vrnejo same ali jih je smiselno doseljevati, šele ko se stabilizirajo populacije, ki jim predstavljajo hrano).

## 4 Anlage

### 4.1 Begriffsdefinitionen

Da im Sprachgebrauch unterschiedliche Definitionen für die Entwicklung und Wiederherstellung degradierter Ökosysteme genutzt und selbst in der Literatur nicht immer einheitlich verwendet werden (24: Kollmann et al. 2019), kann es zu Missverständnissen kommen. Um diese zu vermeiden wird folgend kurz auf die wesentlichen Begriffe und deren Definition eingegangen:

**Ökologie:** Die Lehre von den Wechselbeziehungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt (8: Campbell 1997), also der Wechselbeziehung zwischen biotischen und abiotischen Faktoren.

**Ökosystem:** Ein biotisches System, das alle Organismen in einem bestimmten Gebiet sowie die abiotischen Faktoren, mit denen sie in Wechselbeziehung stehen, umfasst. (8: Campbell 1997)

System von Wechselwirkungen verschiedener Organismen, wobei ein Stoff- und Energieaustausch im Kreislauf erfolgt. (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Degradiertes Ökosystem:** In einem degradierten Ökosystem sind Strukturen und Funktionen des ursprünglichen Ökosystems durch anthropogene Einflüsse mehr oder weniger stark beeinträchtigt. Degradation kann dazu führen, dass charakteristische Arten aussterben, Nahrungsnetze gestört, nicht-heimische invasive Arten einwandern und dass bestimmte Ökosystemfunktionen nicht mehr oder nur noch eingeschränkt bzw. unvollständig ablaufen können. Im Extremfall führt die Degradation zur vollständigen Zerstörung und damit zum Verlust des ursprünglichen Ökosystems. (24: Kollmann et al. 2019)

**Natürliche Regeneration bzw. passive Renaturierung:** Ein degradiertes Ökosystem kann sich durch natürliche Sukzession wieder erholen. (24: Kollmann et al. 2019)

**Ökosanierung (Ecoremediation ERM):** Die Ökosanierung umfasst Methoden zum Schutz oder zur Wiederherstellung der Umwelt mit Hilfe natürlicher Prozesse in Ökosystemen. Die Einrichtung von ERM-Systemen bietet nachhaltige

## Priloga

### Definicije pojmov

V jezikovni rabi se uporabljajo različne opredelitve za razvoj in obnovo degradiranih ekosistemov, ki se tudi v literaturi ne uporabljajo vedno dosledno (24: Kollmann et al. 2019), zato lahko pride do nesporazumov. Da bi se temu izognili, so v nadaljevanju na kratko opisani bistveni pojmi in njihove opredelitve:

**Ekologija:** preučevanje interakcij med organizmi in njihovim okoljem (8: Campbell 1997), tj. interakcije med biotskimi in abiotskimi dejavniki.

**Ekosistem:** biotski sistem, ki vključuje vse organizme na določenem območju in abiotske dejavnike s katerimi so v interakciji. (8: Campbell 1997)

Sistem, v katerem so med seboj povezani različni organizmi in njihovo okolje in v katerem se ciklično izmenjujejo snovi in energija. (ISO/6107) (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Degradirani ekosistem:** V degradiranem ekosistemu so strukture in funkcije prvotnega ekosistema zaradi antropogenih vplivov v večji ali manjši meri prizadete. Degradacija lahko privede do izumrtja značilnih vrst, motenj v prehranjevalnih verigah, vdora tujerodnih invazivnih vrst in dejstva, da nekaterih funkcij ekosistema ni več mogoče opravljati ali pa jih je mogoče opravljati le v omejenem ali nepopolnem obsegu. V skrajnih primerih degradacija vodi do popolnega uničenja in s tem do izgube prvotnega ekosistema. (24: Kollmann et al. 2019)

**Naravna regeneracija ali pasivna revitalizacija:** Degradiran ekosistem si lahko opomore z naravno sukcesijo. (24: Kollmann et al. 2019)

**Ekoremediacija (ERM):** Ekoremediacija vključuje metode za zaščito ali obnovo okolja z uporabo naravnih procesov v ekosistemih. Vzpostavitev sistemov ERM zagotavlja trajnostne rešitve okoljskega upravljanja, ki prispevajo k ohranjanju biotske raznovrstnosti in zmanjševanju

Umweltmanagementlösungen, die zur Erhaltung der biologischen Vielfalt und zur Verringerung der Umweltverschmutzung beitragen, die Wasser- und Bodenqualität verbessern und in geschützten und sensiblen Gebieten angewendet werden können. Die Funktionen von ERM beruhen auf Wasser-, Ufer- und Feuchtgebietsökosystemen und zeichnen sich durch ein hohes Rückhaltevermögen, den Schutz vor Überschwemmungen und die Verringerung spezifischer physikalischer, chemischer und toxischer Verschmutzungen aus. Ein weiteres Ziel des ERM-Konzepts ist die Förderung der Idee, verschiedene Arten von "grünen Technologien" zu vereinen, die auf den Selbstreinigungsmechanismen der Natur beruhen und durch die neuesten wissenschaftlichen Entwicklungen ergänzt werden, um nachhaltige Lösungen zu finden, die sich nicht auf die passive Rolle der Natur stützen, sondern die Natur beim Aufbau nachhaltiger Modelle durch ein Verständnis der Beziehungen zwischen Mensch und Umwelt berücksichtigen. (5: Bulc & Slak 2009)

**Ökosystemdienstleistung:** Alle Auswirkungen eines ökologischen Systems die dem Menschen nützlich sind. Hier kommen unter anderem die Regulierung Klimatischer Faktoren, Erhaltung bzw. Förderung des Grundwasserspiegels, Erholungsfaktor die eine intakte Natur bietet und damit der Nutzen für Naherholung und Tourismus, Bestäubung, Retentionswirkung bei Hochwasser, u.a. (46: Zerbe 2019)

**Revitalisierung:** Der Begriff der Revitalisierung wird meist im Zusammenhang mit Gewässern oder Mooren verwendet. Bezieht sich auf die Wiederherstellung bestimmter Ökosystemstrukturen als Voraussetzung für die Ansiedelung standorttypischer Arten oder Lebensgemeinschaften (24: Kollmann et al. 2019). Hier kommen unter anderem ingenieurbioologische Maßnahmen zum Tragen.

**Primärproduktion:** Primärproduktion: In der Ökologie der Prozess der Vermehrung von Biomasse durch die Gewinnung von anorganischen Stoffen und Energie aus der Umwelt. Der größte Teil der Primärproduktion der Erde ist auf den Prozess der Photosynthese in Organismen zurückzuführen, die als **Primärproduzenten** (oder

onesnaževanja, izboljšujejo kakovost vode in tal ter se lahko uporabljajo na zaščiteneh in občutljivih območjih. Funkcije ERM temeljijo na vodnih, obrežnih in mokriščnih ekosistemih, za katere so značilni visoka zadrževalna zmogljivost, zaščita pred poplavami ter zmanjšanje specifičnega fizikalnega, kemičnega in toksičnega onesnaževanja. Drugi cilj koncepta ERM je spodbujati zamisel o združevanju različnih vrst »zelenih tehnologij«, ki temeljijo na samočistilnih sposobnostih narave in jih dopolnjujejo najnovejša znanstvena dognanja, da bi lahko našli trajnostne rešitve, ki se ne zanašajo na pasivno vlogo narave, temveč jo upoštevajo pri oblikovanju trajnostnih modelov na podlagi razumevanja odnosa med človekom in okoljem. (5: Bulc in Slak 2009)

**Ekosistemska storitev:** Vsi učinki ekosistema, ki so koristni za ljudi. Med njimi so med drugim uravnavanje podnebni vplivov, vzdrževanje ali dvigovanje ravni podtalnice, sprostitveni učinek neokrnjene narave in s tem koristi za lokalno rekreacijo in turizem, oprasčevanje, zadrževalni učinek ob visokih vodah itd. (46: Zerbe 2019).

**Revitalizacija:** Izraz revitalizacija se večinoma uporablja v povezavi z vodnimi telesi ali močvirji. Gre za obnovo določenih ekosistemskih struktur, ki so predpogoj za vzpostavitev vrst ali biotskih združb, značilnih za določeno območje (24: Kollmann et al. 2019). Tu med drugim pridejo v poštev inženirsko-biološki ukrepi.

**Primarna produkcija:** je v ekologiji proces večanja biomase s predelavo anorganskih snovi in energije iz okolja. Za večino primarne produkcije na Zemlji je odgovoren proces fotosinteze v organizmih imenovanih **primarni producenti** (ali avtotrofi): cianobakterije, alge in rastline. (Wikipedija)

Autotrophie) bezeichnet werden: Cyanobakterien, Algen und Pflanzen. (Wikipedia)

**Eutrophierung:** (aus dem Griechischen eutrophos - "wohlgenährt") ist der Prozess der Zunahme der Biomasse in Gewässern als Folge erhöhter Konzentrationen anorganischer Nährstoffe (z. B. Nitrate und Phosphate) in einem Ökosystem. Das Phänomen tritt am deutlichsten in stehenden oder langsam fließenden Gewässern (Seen, Teiche, Küstengewässer, langsam fließende Bäche) auf, wo diese Stoffe am ehesten stagnieren. Durch die höhere Nährstoffbelastung können sich Algen und Cyanobakterien, rasch vermehren und die Oberfläche des Gewässers überwuchern. Dieses Phänomen wird als Wasserblüte bezeichnet. Auch in dieser Algenmasse kommt es zu einem Massensterben, und die bakterielle Zersetzung des abgestorbenen organischen Materials führt zu einem intensiven Verbrauch von Sauerstoff. Dadurch sinkt die Sauerstoffkonzentration in den Gewässern, so dass andere Organismen (Insekten, Fische usw.) nicht mehr überleben können. Ihr Tod beschleunigt die Eutrophierung weiter.

Eutrophierung gilt als Verschmutzung, da sie in der Regel eine künstliche Veränderung des natürlichen Stoffkreislaufs darstellt. Die Eutrophierung wird in den meisten Fällen durch die Einleitung von Abwässern und gedüngten landwirtschaftlichen Flächen in die natürliche Umwelt verursacht. Besonders auffällig ist sie in dicht besiedelten Gebieten und in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft. In einigen Fällen ist die Eutrophierung das Ergebnis des natürlichen Prozesses der Überwucherung und Sukzession (Wikipedia).

#### **Eutrophierung; Anreicherung:**

(1) Nährstoffanreicherung im Wasser, insbesondere Stickstoff- und Phosphorverbindungen, die das Wachstum von Algen und höheren Formen pflanzlichen Lebens beschleunigen.

(2) Verstärkte Trophie im Gewässer, die durch gesteigerte Verfügbarkeit und Ausnutzung von Nährstoffen bewirkt wird. (DIN 4049) (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Makrophyt (oder Hydrophyt):** eine Pflanze, die als freischwimmende Pflanze dauerhaft im Wasser lebt,

**Eutrofikacija:** (iz grške besede eutrophos - »dobro prehranjen«) je proces večanja količine biomase v vodi kot posledica povečane koncentracije anorganskih hranil (npr. nitratov in fosfatov) v ekosistemu. Fenomen je najočitnejši v stoječih ali počasi tekočih vodnih telesih (jezerih, ribnikih, obalnih morjih, počasnih potokih), kjer je te snovi največkrat zastajajo. Večja količina hranilnih snovi omogoči hitro razmnoževanje alg, ter cianobakterij, ki prerastejo površino vodnega telesa. Ta pojav imenujemo cvetenje voda. Ta množica alg tudi množično odmira in ob bakterijski razgradnji odmrlega organskega materiala se intenzivno porablja kisik. To povzroči znižanje koncentracije kisika v vodnem telesu, ki postane nezadostna za preživetje drugih organizmov (žuželk, rib ipd.). Njihovo odmiranje še pospeši evτροφikacijo.

Eutrofikacijo smatramo za onesnaženost, saj gre navadno za umetno spremembo naravnega kroženja snovi. Največkrat je evτροφikacija posledica vnašanja odpadne vode iz kanalizacije in gnojnih kmetijskih površin v naravno okolje. Posebej je opazna v gosto poseljenih območjih in območjih z intenzivnim kmetijstvom. V nekaterih primerih pa je evτροφikacija posledica naravnega procesa zaraščanja in sukcesije. (Wikipedija)

**Eutrofikacija sin. bogatenje s hranili:** Bogatenje vode s hranili, zlasti z zmesmi dušika in fosforja, ki spodbujajo rast alg in višje razvitih rastlin. (ISO/6107) (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Makrofit (ali hidrofit):** rastlina, ki trajno živi v vodi kot prostoplavajoča, ukoreninjena ali pritrjena na različne

verwurzelt oder an verschiedenen Substraten befestigt ist. Wasserpflanzen (Beispiele: Wasserlinse, Wasserlinse, Hornkraut). (Wikipedia)

**Makrophyten:** Große, als Individuen erkennbare Wasserpflanzen. (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Benthos:** ist die Gesamtheit der pflanzlichen und tierischen Organismen und Mikroorganismen, die ständig oder vorübergehend in oder auf der Oberfläche des Gewässerbodens (Flüsse, Meere, Seen, Ozeane) leben. (Wikipedia)

**Hydrologisches Regime:** Variationen im Zustand und in den Merkmalen eines Gewässers, die sich in bezug auf Zeit und Raum regelmäßig wiederholen und die bestimmte Phasen, z.B. jahreszeitliche, durchlaufen. (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Hydraulik:** Teil der Hydromechanik, der sich mit dem Fließen von Wasser (oder anderen Flüssigkeiten) in Leitungen und offenen Gerinnen befaßt. (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Sediment:** Durch Wasser, Wind oder Eis von einem Entstehungsort bis zur Ablagerung transportiertes Material. In Wasserläufen werden das in Suspension befindliche Material und das Geschiebe als Sediment bezeichnet. (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Detritus:**

- (1) Im biologischen Zusammenhang: organische Feststoffteilchen.
- (2) In Zusammenhang mit Abwasser: grobkörniges Material, dichter als Wasser, das jedoch durch fließendes Wasser transportiert wird.
- (3) In der Geologie/Sedimentologie: Mineral- und Gesteinspartikel, die aus dem Gesteinszerfall (in situ oder beim Transport) resultieren. (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Melioration:** Zur Regulierung und Kontrolle der Bodenfeuchtigkeit werden physikalische Eingriffe gesetzt. Das sind in den meisten Fällen das Ausheben von Entwässerungsgräben auf sumpfigen oder halbversumpften Böden, um überschüssiges Wasser abzuleiten und dadurch neue landwirtschaftliche Flächen zu schaffen (Agrarsanierung). Unter Urbarmachung

podlage. Vodne rastline (primeri: račja zel, lokvanj, rogoz). (Wikipedija)

**Makrofiti:** Velike vodne rastline. (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Bentos:** je skupnost rastlinskih in živalskih organizmov ter mikroorganizmov, ki stalno ali začasno živijo v ali na površini dna voda (reke, morja, jezera, oceani). (Wikipedija)

**Hidrološki režim:** spremembe stanja in lastnosti vodnega telesa, ki se redno ponavljajo v času in prostoru in potekajo v fazah, npr. sezonsko. (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Hidravlika:** Področje mehanike tekočin, ki se ukvarja s tokom vode (ali drugih tekočin) pod tlakom ali s prosto gladino. (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Plavine** sin. **rečni sediment:** Material, ki ga nosi voda od mesta nastanka do odlagališča. V vodotokih se rečni sediment (plavine) prenaša v lebdečem stanju v obliki kalnosti (lebdeče plavine) ali z rinjenjem v obliki prodonosnosti (rinjene plavine). (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Detrit:**

- (1) V biološkem pomenu: delci organske snovi. (ISO/6107)
- (2) V zvezi s čiščenjem odpadk: grob, od vode gostejši drobir, katerega lahko tekoča voda premešča. (ISO/6107) (28: Mikoš, M. et al. 2002)

**Melioracija:** fizično poseganje v naravno okolje z namenom uravnavanja in nadziranja mokrote tal. Največkrat gre za ustvarjanje novih kmetijsko-pridelovalnih površin z izkopom sistema izsuševalnih jarkov na močvirnatih ali polmočvirnatih tleh, ki odvajajo odvečno vodo. V tem primeru, ko se melioracija uporablja za kmetijske namene, govorimo o agromelioraciji.

versteht man die Trockenlegung oder Bewässerung von Böden, die für die Landwirtschaft ungeeignet sind. (Wikipedia)

**Umweltüberwachung:** Kontinuierliche oder regelmäßige, standardisierte Messung und Beobachtung der Umwelt, genutzt zur Warnung oder Kontrolle. (28: Mikoš, M. et al. 2002)

Melioracija je izsuševanje ali namakanje tal za kmetijstvo slabših tal. (Wikipedija)

**Okoljski monitoring** sin. **redno okoljsko opazovanje:** Nepretrgano ali pogosto standardizirano merjenje in opazovanje okolja, pogosto zaradi opozorila in nadzora. (28: Mikoš, M. et al. 2002)

## Quellen und Literatur

### Viri in literatura

- 1 Albert Christian, Burkhard Benjamin, Daube Sabrina, Dietrich Katharina, Engels Barbara, Frommer Jakob, Götzl Martin, Gret-Regamey Adrienne, Job-Hoben Beate, Keller Roger, Marzelli Stefan, Moning Christoph, Müller Felix, Rabe Sven-Erik, Ring Irene, Schwaiger Elisabeth, Schweppe-Kraft Burkhard, & Wüstemann Henry. (2015). Empfehlungen zur Entwicklung bundesweiter Indikatoren zur Erfassung von Ökosystemleistungen.
- 2 Bloch A., Graf W., Huber T., Lahnsteiner R., Lazowsky W., Leitner P., O. Moog, V. Moser, I. Novak, A. Oberhofer, K. Pall, P. Pfister, H. Schultz, A. Schwingshandl, N. Teufelbauer, A. Waringer-Löschenkohl, M. Weichselbaumer, E. Winhuhn, T. Zuna-Kratky (2010): Zusammenfassende ökologische Bewertung der flussbaulichen Maßnahmen an der March; Umweltbundesamt GmbH
- 3 Brux H., Rode M., Rosenthal G., Wiegleb G., Zerbe S., 2001. Was ist Renaturierungsökologie? (Aus: Tagungsband "Renaturierungsökologie"; Burg, 2001)
- 4 Buijs, A. E. (2009). Public support for river restoration. A mixed-method study into local residents' support for and framing of river management and ecological restoration in the Dutch floodplains. *Journal of Environmental Management*, 90(8), 2680–2689. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.02.006>
- 5 Bulc, T. G., & Slak, A. S. (2009). Ecoremediations – a new concept in multifunctional ecosystem technologies for environmental protection. *Desalination*, 246(1–3), 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.039>
- 6 Bulc, T. G., Istenic, D., & Šajn-Slak A. (2012). *Ecosystem Technologies and Ecoremediation for Water Protection, Treatment and Reuse, Studies on Water Management Issues*, Dr.Muthukrishnavellaisamy Kumarasamy (Ed.), ISBN: 978-953-307-961-5, InTech
- 7 Burkart, B. (2016): *Naturschonende Gewässerunterhaltung*. In PATT 2016: Fließgewässer- und Auenentwicklung, Grundlagen und Erfahrungen, 2. Auflage, Springer- Verlag Berlin Heidelberg
- 8 Campbell N. A. (1997): *Spektrum Lehrbuch: Biologie*; Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg
- 9 Carlow, P., Petts G. E. (editor), 1994. *The Rivers Handbook: Hydrological and Ecological Principles*. Oxford, Blackwell Scientific Publ.
- 10 DEARBORN, D. C., & KARK, S. (2010). Motivations for Conserving Urban Biodiversity. *Conservation Biology*, 24(2), 432–440. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01328.x>
- 11 Dudgeon, D. et. al. (2005); *Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges*; *Biol. Rev.* 81, (2006) pp. 163-182; <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- 12 Eberstaller-Fleischanderl, D., Eberstaller, J., Schramayr, G., Fischer, H., Kraus, E. (2008): *Ufervegetationspflege unter Berücksichtigung schutzwasserwirtschaftlicher und ökologischer Anforderungen*. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT), Wien
- 13 Fischer A., Pichler-Scheder Ch., Schauer M., Gumpinger C. (2019): *Bergung, Hälterung und Monitoring der Großmuscheln im Rahmen des LIFE+ Projektes „Untere March-Auen“*
- 14 Gerhard, M., Reich, M. (2001): *Totholz in Fließgewässern, Empfehlungen zur Gewässerentwicklung*. Gemeinnützige Fortbildungsgesellschaft für Wasserwirtschaft und Landschaftsentwicklung (GFG), WBW Fortbildungsgesellschaft für Gewässerentwicklung, Satz & Druck Werum GmbH, Mainz- Hechtsheim

- 15 Getzner Michael, & Schneider Antonia. (2019). Bewertung der Ökosystemleistungen des integrativen Hochwasserschutzes.
- 16 Gordon, N. D., McMahon T. A., Finlayson B. L., 1994. Stream Hydrology: An Introduction for Ecologists. John Wiley & Sons.
- 17 Griessler, T., Istenic, D., & Sajn-Slak, A. (2012). Ecosystem Technologies and Ecoremediation for Water Protection, Treatment and Reuse. In Studies on Water Management Issues. InTech.  
<https://doi.org/10.5772/25093>
- 18 Gumpinger, C., Höfler, S. & Pichler-Scheder, C. (2018): Ökologische Aufwertungsmaßnahmen in oberösterreichischen Gewässern - Planung, Umsetzung, Erfolge, Probleme; Büro Blattfisch, im Auftrag des Amtes der OÖ Landesregierung Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft Abteilung Wasserwirtschaft;
- 19 Haase Peter, Sundermann Andrea, Antons Claudia, Heigl Elisabeth, Hering Daniel, Jedicke Eckhard, Lorenz Armin, & Sundermann Andrea. (2009). Evaluation von Fließgewässer-Revitalisierungsprojekten als Modell für ein bundesweites Verfahren zur Umsetzung effizienten Fließgewässerschutzes.
- 20 HERMANN JM, KIEHL, K., KIRMER, A., TISCHEW, S., & KOLLMANN, J. (2013). Renaturierungsökologie im Spannungsfeld zwischen Naturschutz und neuartigen Ökosystemen. Natur und Landschaft, 88(4).
- 21 Hornich, R., Amberger, C., Baumann, N., Florineth, F., Friesenecker, R., Fuchs-Hanusch, D., Goldschmid, U., Honsowitz, H., Karl, S., Kauch, E. P., Mader, J., Poglitsch, H., Rubey, W., Stiefelmeyer, H., Ullmann, M., Gaul, A. (2014): Fließgewässer erhalten und entwickeln, Praxisfibel zur Pflege und Instandhaltung, 2. vollständig überarbeitete Auflage. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien
- 22 Hütte, M. (2000): Ökologie und Wasserbau, ökologische Grundlagen von Gewässerverbauung und Wasserkraftnutzung. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin
- 23 Hynes, H. B. N., 1979. The Ecology of Running Waters. Liverpool University Press.
- 24 Kollmann, J., Kirmer, A., Tischew, S., Hölzel, N., & Kiehl, K. (2019). Renaturierungsökologie. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1>
- 25 Kroflič B., Vrhovšek, D. Ekološka in ekonomska upravičenost rastlinskih čistilnih naprav na območjih razpršene poselitve. Geografski obzornik, 2007, letnik 54, številka 3-4, str. 13-16.
- 26 Lapin, K., Bernhardt, K.-G., Lichtenwöhner, P., & Roithmayr, S. (2015). Welchen Einfluss haben invasive Pflanzenarten auf die Phytodiversität von renaturierten Flusslandschaften? Gesunde Pflanzen, 67(2), 75–82.  
<https://doi.org/10.1007/s10343-015-0338-0>
- 27 Lamberty G., Zumbroich T., Wagner F., Kemper M. (2021): Renaturierung von Fließgewässern: ein Blick in die Praxis, Abschlussbericht; Im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin;
- 28 Matjaž MIKOŠ, Andrej KRANJC, Branivoj MATIČIČ, Jakob MÜLLER, Jože RAKOVEC, Miljenko ROŠ, Mitja BRILLY, Hidrološko izrazje – Terminology in Hydrology, Acta hydrotechnica 20/32 (2002), 3-324, Ljubljana.  
[https://actahydrotechnica.fgg.uni-lj.si/paper/a32\\_1.pdf](https://actahydrotechnica.fgg.uni-lj.si/paper/a32_1.pdf)
- 29 Mühlmann Helena, Ofenböck Gisela, & Steinbacher Katharina. (2020). Mehr Natur für unsere Flüsse Gewässerökologische Erfolge in Österreich . Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus.
- 30 PALMER, M., BERNHARDT, E., ALLAN, J.D., LAKE, P., ALEXANDER, G., BROOKS, S., CARR, J., CLAYTON, S., DAHM, C.N., FOLLSTAD SHAH, J., GALAT, D.L., LOSS, S.G., GOODWIN, P., HART, D., HASSETT, B., JENKINSON, R., KONDOLF, G., LAVE, R., MEYER, J., O'DONNELL, T., PAGANO, L. and SUDDUTH, E. (2005), Standards for

- ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*, 42: 208-217.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01004.x>
- 31 Patt, H., Jürging, P., Kraus, W. (2018): *Naturnaher Wasserbau, Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern*, 5. Auflage, Springer Vieweg, Wiesbaden.
  - 32 RABITSCH W. & ESSL F. 2011: Aliens unter uns? Wer sind sie wirklich? Sind sie Gewinner des Klimawandels? aus „Aliens Neobiota und Klimawandel - Eine verhängnisvolle Affäre?“ pp.11-17 eine Publikation anlässlich der Ausstellung „Aliens-Pflanzen und Tiere auf Wanderschaft
  - 33 Renaturierungsmaßnahmen zur Verbesserung des Gewässerzustandes. (2019). Umweltbundesamt.
  - 34 Schramm, L. (2019): *Gewässerpflegekonzepte für Grabenlandbäche in der Steiermark am Beispiel Schwarzaubach- Masterarbeit zur Erlangung des akademischen Titels Diplomingenieurin, Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement- in Zusammenarbeit mit dem Land Steiermark Abteilung 14 - Wasserwirtschaft, Ressourcen und Nachhaltigkeit*
  - 35 Schröter, B., Brillinger, M., Gottwald, S., Guerrero, P., Henze, J., Ott, E., Schmidt, S., & Albert, C. (2021). Planung naturbasierter Lösungen in Flusslandschaften. oekom verlag. <https://doi.org/10.14512/9783962388485>
  - 36 Speed Robert, Li Yuanyuan, Tickner David, Huang Houjian, Naiman Robert, Cao Jianting, Lei, Yu, Sayers, Zhao, & Yu. (2016). *River restoration. A strategic approach to planning and management*. UNESCO.
  - 37 Stevenson, R. J., Bothwell M. L., Lowe R. L., 1996. *Algal Ecology Freshwater Bentic Ecosystems*. Academic press.
  - 38 Stöckl-Bauer K., (2020): Wer profitiert wann von Gewässerrenaturierungen?; *Anliegen Natur* 42(1) pp. 183-186
  - 39 Stowasser A., Gerstgraser C., Männel R., Prugger H., Tynior R., et. al. (2005): *Ufersicherung - Strukturverbesserung, Anwendung ingenieurbiologischer Bauweisen im Wasserbau Handbuch (1)*; Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
  - 40 Sundermann, A., C. Antons, E. Heigl, D. Hering, E. Jedicke, A. Lorenz & P. Haase (2009): *Evaluation von Fließgewässer-Revitalisierungsprojekten als Modell für ein bundesweites Verfahren zur Umsetzung effizienten Fließgewässerschutzes*.
  - 41 Vrhovšek, D. Dragonja – ekoremediacijska pot, poskusni projekt sonaravnega upravljanja z vodami na primeru celovite zaščite reke Dragonje. Ljubljana: LIMNOS, Global Water Partnership, 2003.
  - 42 Vrhovšek D., Vovk Korže, A. Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov. Ljubljana: LIMNOS, Mednarodni center za ekoremediacije, Filozofska fakulteta Univerze v Mariboru, 2008.
  - 43 Vovk Korže A., Vrhovšek D. Ekoremediacije kot priložnost za inovativni regionalni razvoj
  - 44 Vovk Korže A., Vrhovšek D., Kokot Krajnc M., Križan J., Hriberšek N., Oblikovanje meril za izbiro pilotnih območij za uporabo ERM za uravnavanje podnebni sprememb, Poročilo o rezultatih raziskave, Maribor, oktober 2011, Mednarodni center za ekoremediacije – Filozofska fakulteta UM
  - 45 Wohl, E., S. N. Lane, and A. C. Wilcox (2015), The science and practice of river restoration, *Water Resour. Res.*, 51, 5974–5997, doi:10.1002/2014WR016874.  
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2014WR016874>
  - 46 Zerbe, S. (2019). *Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58650-1>

- 47 Zerbe S., Wiegand G. und Rosenthal G., 2009. Einführung in die Renaturierungsökologie. Aus: Zerbe S., Wiegand G. (eds) Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. Spektrum Akademischer Verlag, 2009;  
[https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2161-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2161-6_1)