



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

## SPREMLJANJE

### Vplivi na podnebne spremembe

**Dosežek D.T2.3.1**

---

## ÜBERWACHUNG

### Auswirkungen auf den Klimawandel

**Leistung D.T2.3.1**



## Vplivi na podnebne spremembe/ Auswirkungen auf den Klimawandel

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

Delovni sklop: <b>Strokovna platforma</b>	Delovni sklop T2
Arbeitspaket: <b>Expertenplattform</b>	Arbeitspaket T2
Aktivnost: <b>Spremljanje</b>	Aktivnost A.T2.3
Aktivität: <b>Überwachung</b>	Aktivität A.T2.3
Dosežek: <b>Vplivi na podnebne spremembe</b>	Dosežek D.T2.3.1
Leistung: <b>Auswirkungen auf den Klimawandel</b>	Leistung D.TT2.3.1

Datum / Datum: **December 2022 / Dezember 2022**

Avtorji / Autoren: **Mag. Marion Rabelhofer, Forschung Burgenland GmbH**  
**Mag. (FH) Monika Millendorfer, Forschung Burgenland GmbH**  
**Mag. Christian Pfeiffer, Forschung Burgenland GmbH**  
**Mag. Christina Stolavetz, Forschung Burgenland GmbH**  
**Natur Aktuell Kaufmann & Tiefenbach OG, Ingenieurbüro für Biologie**

## Osnovni podatki o projektu / Grundlegende Informationen zum Projekt

Naslov projekta: **Celostna ekoremediacija Kučnice kot trajnostna strategija upravljanja z vodami s ciljem izboljšanja ekološkega stanja**

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

Akronim projekta: **RENATA**

Kurztitel 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 vsebin

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>8</b>
	<b>UVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF FLIEßGEWÄSSER</b> .....	<b>9</b>
	<b>VPLIVI PODNEBNIH SPREMEMB NA TEKOČE VODE</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Auswirkungen auf die Dynamik und Qualität von Gewässern</b> .....	<b>9</b>
	<b>Učinki/Vpliv na dinamiko in kakovost vodnih teles</b> .....	<b>9</b>
2.1.1	Abflussregime und Hochwasser.....	9
	Režim pretoka in poplave .....	9
2.1.2	Wasserqualität und -temperatur.....	9
	Kakovost in temperatura vode .....	9
2.1.3	Sedimenttransport.....	11
	Premeščanje plavin .....	11
2.1.4	Grundwasser .....	12
	Podzemna voda .....	12
<b>2.2</b>	<b>Auswirkungen auf die Ökologie/ Biodiversität bei Fließgewässern</b> .....	<b>12</b>
	<b>Vpliv na ekologijo/biodiverzitetu v tekočih vodah</b> .....	<b>12</b>
2.2.1	Temperaturveränderungen und Verschiebung der Verbreitungsgrenzen .....	13
	Temperaturne spremembe in premik meja razširjenosti .....	13
2.2.2	Gebietsfremde Arten .....	16
	Tujerodne vrste.....	16
<b>2.3</b>	<b>Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlergehen von Menschen im Umkreis von Fließgewässern</b> .....	<b>17</b>
	<b>Učinki na zdravje in dobro počutje ljudi v bližini vodotokov</b> .....	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>RENATURIERUNG ALS MÖGLICHKEIT ZUR KLIMAWANDELANPASSUNG</b> .....	<b>19</b>
	<b>RENATURACIJA KOT MOŽNOST PRILAGAJANJA PODNEBNIM SPREMEMBAM</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Rolle eines revitalisierten Gewässers</b> .....	<b>20</b>
	<b>Vloga revitaliziranega vodotoka</b> .....	<b>20</b>
3.1.1	Beschattung durch heimische, standorttypische Gehölze .....	21
	Zasenčenje z avtohtonimi drevesnimi rastlinami, značilnimi za to območje .....	21
<b>3.2</b>	<b>Rolle eines revitalisierten Ökosystems</b> .....	<b>23</b>
	<b>Vloga revitaliziranega ekosistema</b> .....	<b>23</b>
<b>3.3</b>	<b>Rolle einer Renaturierung auf die Gesundheit und das Wohlergehen der Menschen</b> .....	<b>24</b>

	Vloga renaturacije na zdravje in dobro počutje ljudi .....	24
<b>4</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>27</b>
	<b>POVZETEK</b> .....	<b>27</b>
4.1	<b>Gewässer</b> .....	<b>27</b>
	<b>Vode</b> .....	<b>27</b>
4.2	<b>Ökologie</b> .....	<b>27</b>
	<b>Ekologija</b> .....	<b>27</b>
4.3	<b>Gesundheit und Wohlergehen der Menschen</b> .....	<b>30</b>
	<b>Zdravje in dobro počutje ljudi</b> .....	<b>30</b>
	<b>QUELLEN UND LITERATUR</b> .....	<b>32</b>
	<b>VIRI IN LITERATURA</b> .....	<b>32</b>

## Liste der Tabellen

	<i>Tabelle 1: Liste der Auswirkungen des Klimawandels auf Gewässer und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel</i> .....	<i>27</i>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

*Tabelle 2: Auswirkungen des Klimawandels auf die aquatische Ökologie und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel..... 27*

*Tabelle 3: Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden..... 30*

## Seznam tabel

<i>Tabela 1: Seznam vplivov podnebnih sprememb na vodna telesa in ukrepov za prilagajanje podnebnim spremembam. ....</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 2: Vpliv podnebnih sprememb na vodno ekologijo in ukrepi za prilagajanje podnebnim spremembam. ....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 3: Vpliv podnebnih sprememb na zdravje in dobro počutje ljudi in ukrepi za prilagajanje podnebnim spremembam. ....</i>	<i>31</i>



## 1 Einleitung

Der Klimawandel gilt als eine der größten Herausforderungen unserer Zeit und wirkt sich sowohl auf globaler als auch lokaler Ebene aus. Gemäß Klimawandelanpassungs-Strategie Steiermark 2050 werden für die Südoststeiermark im Winterhalbjahr eine Steigerung der Niederschlagsmengen, im Sommerhalbjahr eine leichte Abnahme der Niederschläge prognostiziert. Gleichzeitig steigt die Wahrscheinlichkeit von Starkregenereignissen, wodurch es in weiterer Folge zu einer Zunahme von Hochwässern kommen kann. (Gössinger-Wieser et al. 2015)

Diese Vorhersage wird auch durch die 2019 ermittelten Klimaindizes einer Klimawandelanpassungsregion nahe der Kutschenitza bestätigt, welche ebenfalls eine signifikante Zunahme der Temperatur prognostizieren. Abhängig von den Anstrengungen zum Klimaschutz sind eine vermehrte Anzahl von Hitzetagen, eine frühere Vegetationsperiode, Dürreereignisse und häufigere und intensivere Niederschläge zu erwarten. Niederschläge werden häufiger in Form von Starkregen und weniger in Form von Schneefall zu Boden fallen, wodurch der Niederschlag schwieriger in den Boden versickern kann. Die Häufigkeit von Starkniederschlägen wird bis 2100 auf bis zu 15 Tage im Jahr zunehmen. Zusätzliche Gewitter mit Folgen wie Hagel, Bodenerosion und Windwurf werden prognostiziert. (Eder 2019)

Der Klimawandel hat Auswirkungen auf Fließgewässer und deren Ökosysteme. Insbesondere kleine Gewässer reagieren oft besonders stark auf Extremwetterereignisse. Sie können schnell ein Vielfaches an Wasser führen oder trocknen während längerer Hitzeperioden aus. Verstärkt werden diese Effekte u.a. durch künstliche Quellfassungen, etwa für Bewässerungsteiche, harte Regulierung der Gewässer, die auf einen schnellen Abfluss abzielen und keine Pufferzonen vorsehen sowie das großräumige Fehlen von beschattenden Uferbegleitgehölzen.

Fließgewässerökosysteme erfüllen im Naturhaushalt und für Menschen bereitstellende, regulierende, kulturelle und unterstützende Funktionen (Kollmann et al. 2019). Aus Gründen des Schutzes und der optimalen Nutzung der Wasserläufe wurde die natürliche Dynamik

## Uvod

Podnebne spremembe veljajo za enega največjih izzivov našega časa in vplivajo tako na svetovni kot na lokalni ravni. V skladu s strategijo prilagajanja podnebnim spremembam na Štajerskem do leta 2050 je za jugovzhodno Štajersko napovedano povečanje količine padavin v zimski polovici leta in rahlo zmanjšanje v poletni polovici leta. Hkrati se poveča verjetnost obilnih padavin, ki lahko posledično povzročijo večje poplave. (Gössinger-Wieser et al. 2015).

To napoved potrjujejo tudi podnebni indeksi za leto 2019 v regiji, ki se prilagaja podnebnim spremembam, v bližini Kučnice, ki prav tako napovedujejo znatno zvišanje temperature. Glede na prizadevanja za blažitev podnebnih sprememb lahko pričakujemo večje število vročih dni, zgodnejšo rastno sezono, suše ter pogostejše in intenzivnejše padavine. Padavine bodo pogostejše in padale v obliki močnega dežja in redkeje v obliki snega, zaradi česar se bodo težje infiltrirale v tla. Pogostost obilnih padavin se bo do leta 2100 povečala na 15 dni na leto. Napovedane so dodatne nevihte s posledicami, kot so toča, erozija tal in vetrolom (Eder 2019). Podnebne spremembe vplivajo na tekoče vode in njihove ekosisteme. Zlasti majhna vodna telesa se pogosto še posebej močno odzivajo na ekstremne vremenske pojave. Po eni strani zelo hitro prevedejo povečane količine vode, po drugi strani pa se v daljših obdobjih vročine izsušijo. Ti učinki se med drugim povečujejo zaradi umetnih zajetij, npr. za namakalne potrebe, regulacij vodotokov, ki omogočajo hiter odtok in ne predvidevajo varovalnih območij, ter obsežnega pomanjkanja senčnih obrežnih gozdov. Ekosistemi vodotokov opravljajo oskrbovalno, regulacijsko, kulturno in podporno funkcijo v naravnem ravnovesju in za ljudi (Kollmann et al. 2019). Vendar je bila naravna dinamika tekočih voda v preteklih stoletjih zaradi zaščite in optimalne rabe vodotokov pogosto regulirana in "ukročena". Danes je le še nekaj vodotokov, ki imajo naravno dinamiko vode ter ustrezno vodno floro in favno (Zerbe 2019). Ohranjanje ali obnavljanje raznolikosti funkcij vodotokov je ključna prednost projektov revitalizacije in

von Fließgewässern in den vergangenen Jahrhunderten jedoch oft reguliert und „gebändigt“. Heutzutage gibt es nur wenige Fließgewässer, die eine natürliche Wasserdynamik und eine entsprechende Gewässerflora und -fauna aufweisen (Zerbe 2019).

Das Aufrechterhalten bzw. Wiederherstellen der Diversität der Gewässerfunktionen ist ein zentraler Nutzen, der aus Revitalisierungs- und Renaturierungsprojekten gezogen wird.

## 2 Auswirkungen des Klimawandels auf Fließgewässer

### 2.1 Auswirkungen auf die Dynamik und Qualität von Gewässern

#### 2.1.1 Abflussregime und Hochwasser

Trotz geringer Vorhersagbarkeit zum Verhalten von Fließgewässern aufgrund des Fehlens von standardisierten Bewertungsverfahren der Klimawandelfolgen im Gewässermonitoring (Plass 2020) ist davon auszugehen, dass die Dynamik von Fließgewässern durch den Klimawandel vergrößert wird. Das für Mitteleuropa prognostizierte veränderte Niederschlagsregime wird sich jedenfalls auf das Abflussregime in Fließgewässern auswirken. Neben längeren Perioden mit Trockenwetterabfluss, werden längere Perioden mit hohen Abfluss-Werten im Winter sowie häufigere Hochwasserereignisse durch Starkregenereignisse prognostiziert. (Wulfhorst 2010, Kaiser et al. 2021.)

#### 2.1.2 Wasserqualität und -temperatur

Mindestens 50% der weltweiten Gewässernetze fallen phasenweise trocken bzw. sind nur phasenweise wasserführend. Durch die zunehmende Erwärmung ist zu erwarten, dass auch Flüsse die ursprünglich das ganze Jahr über wasserführend sind über längere Perioden trockenfallen werden. Die Austrocknung von Bächen hat wiederum Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem, inklusive mikrobielle Gemeinschaften in den

renaturacije.

## Vplivi podnebnih sprememb na tekoče vode

### Učinki/Vpliv na dinamiko in kakovost vodnih teles

#### Režim pretoka in poplave

Kljub slabi predvidljivosti obnašanja vodotokov zaradi pomanjkanja standardiziranih postopkov ocenjevanja vplivov podnebnih sprememb pri spremljanju vodotokov (Plass 2020) lahko domnevamo, da se bo dinamika vodotokov zaradi podnebnih sprememb povečala. Spremenjen padavinski režim, ki je predviden za Srednjo Evropo, bo v vsakem primeru vplival na režim odvajanja v tekočih vodah. Poleg daljših obdobj s suhim odtokom so predvidena tudi daljša obdobja z visokimi vrednostmi odtoka pozimi in pogostejše poplave zaradi močnih padavin. (Wulfhorst 2010, Kaiser et al. 2021.)

#### Kakovost in temperatura vode

Vsaj 50 % svetovnih vodnih omrežij občasno presahne ali pa se voda po njih pretaka le občasno. Zaradi vse večjega segrevanja je pričakovati, da bodo tudi reke, ki so bile prvotno vodnate vse leto, dlje časa presahnile. Takšno, izsuševanje vodotokov vpliva na celoten ekosistem, vključno z mikrobniimi skupnostmi v sedimentih, ki so odgovorne za sprejemanje snovi in imajo tako bistveno vlogo pri samočiščenju vodnih teles. Tekoče vode lahko

Sedimenten, die für die Stoffaufnahme zuständig sind und dadurch eine wesentliche Rolle für die Selbstreinigung in den Gewässern spielen. Fließgewässer können mithilfe ihrer Fähigkeit zur Selbstreinigung aus dem Umland eingetragene Schmutz- und Schadstoffe durch abiotische und biotische Prozesse binden und dadurch großteils aus dem Wasserkreislauf entfernen. Eine Austrocknung sowie Wiedervernässung des Gewässers kann sich jedoch negativ auf diese Selbstreinigungskapazität auswirken. Basierend auf hydrologischen Untersuchungen von mehreren periodisch trockenfallenden sowie ganzjährig wasserführenden Bächen der österreichischen Bundesländer Burgenland, Steiermark und Kärnten, vermuten Weigelhofer & Tritthart (2019), dass eine Abnahme der Durchflüsse starke Schwankungen in den Nährstoffkonzentrationen, wie Nitrat und gelöstem organischem Kohlenstoff, verursachen können. Aufgrund fehlender Verdünnung bei Trockenheit kann es in der Wassersäule zu erhöhten Nährstoff- und Kohlenstoffkonzentrationen kommen. Erhöhte Wassertemperaturen steigern zudem die mikrobiologische Mineralisation von organischem Material, wodurch Nährstoffe aus den Sedimenten freigesetzt werden können. Reduzierte Strömungsgeschwindigkeiten und längere Verweildauern können andererseits aber auch eine verstärkte mikrobielle Aufnahme von Nährstoffen auslösen. Ein Anstieg oder eine Abnahme der Nährstoffkonzentration bei anhaltenden Trockenperioden hängen dabei aber von den physikalischen und biogeochemischen Prozessen ab, die im jeweiligen Gewässer dominieren. (ebd.)

Es ist davon auszugehen, dass die Wassertemperaturen von Fließgewässern durch den Klimawandel durchschnittlich ansteigen (Stein 2019, Melcher et al. 2015). Melcher et al. (2015) beschreiben zudem, dass Fließgewässer mit fehlender Beschattung sich schneller als jene erwärmen, die beschattet werden. Vor allem auch in der Region um die Kutschenitza ist zu erwarten, dass die Wassertemperaturen durch die häufigeren und stärker zu erwartenden Hitzeperioden beeinflusst werden. (ebd.)

s svojo samočistilno sposobnostjo vežejo onesnaževala, ter jih tako v veliki meri odstranijo iz vodnega kroga. Vendar lahko izsuševanje in ponovna polnitev vodotoka negativno vplivata na to samočistilno sposobnost. Weigelhofer & Tritthart (2019) na podlagi hidroloških študij več občasno suh in celoletnih potokov v avstrijskih deželah Gradiščanske, Štajerske in Koroške menita, da lahko zmanjšanje pretoka povzroči močna nihanja koncentracij hranil, kot sta nitrat in raztopljeni organski ogljik. Zaradi pomanjkanja redčenja med sušo se lahko v vodnem stolpcu povečajo koncentracije hranil in ogljika. Višje temperature vode povečujejo tudi mikrobiološko mineralizacijo organskih snovi, kar lahko sprosti hranila iz sedimentov. Manjše hitrosti toka in daljši čas zadrževanja pa lahko povzročijo tudi povečan mikrobni vnos hranil. Vendar je povečanje ali zmanjšanje koncentracije hranil v daljših sušnih obdobjih odvisno od fizikalnih in biogeokemičnih procesov, ki prevladujejo v posameznem vodnem telesu. (ibid.) Predvidevamo lahko, da se bo temperatura vode v tekočih vodah zaradi podnebnih sprememb v povprečju zvišala (Stein 2019, Melcher et al. 2015). Melcher in drugi (2015) prav tako opisujejo, da se tekoče vode, ki niso zasenčene, segrejejo hitreje kot tiste, ki so zasenčene. Predvsem na območju okoli potoka Kučnice je mogoče pričakovati, da bodo na temperaturo vode vplivala pogostejša in močnejša pričakovana vročinska obdobja. (ibid.)

Medtem ko je kakovost vode odvisna od vnosa snovi, kot so mikroonesnaževala, hranila, motnost zaradi trdnih delcev itd., je temperatura vode odvisna tudi od ekomorfološkega stanja vodnega telesa. Pri tem ima bistveno vlogo izpiranje - zamašitev rečne struge z zamašitvijo por v strugi (Speerli et al. 2020). Temperatura vode ima bistveno vlogo za vodne ekosisteme; od temperature vode so odvisne fizikalne lastnosti vode, termodinamika kemijskih in biokemijskih reakcij, rast rastlinskih in živalskih vodnih organizmov ter sestava biocenoze v vodnem telesu (Stein 2019).

Während die Wasserqualität durch den Stoffeintrag, wie Mikroverunreinigungen, Nährstoffe, Trübung durch Feststoffe etc., bestimmt wird, hängt die Wassertemperatur zudem auch vom ökomorphologischen Zustand des Gewässers ab. Hier spielt die Kolmation – die Abdichtung des Flussbettes durch Verstopfung der Sohlenporen – eine wesentliche Rolle (Speerli et al. 2020). Die Wassertemperatur spielt wiederum eine essentielle Rolle für aquatische Ökosysteme; von der Wassertemperatur sind die physikalischen Eigenschaften des Wassers, die Thermodynamik chemischer und biochemischer Reaktionen, das Wachstum pflanzlicher und tierischer aquatischer Organismen sowie die Zusammensetzung der Biozönose im Gewässer abhängig (Stein 2019).

### 2.1.3 Sedimenttransport

Der Klimawandel wirkt sich voraussichtlich auch auf den Sedimenttransport in Gewässern aus. Sedimente teilen sich in die Kategorien Geschiebe und Schwebstoffe. Geschiebe werden durch Seitenzubringer in ein Gewässer eingetragen oder durch Erosion mobilisiert und werden nah an der Sohle eines Fließgewässers transportiert. Schwebstoffe entstehen durch die Zerkleinerung von Geschiebebestandteile im Zuge des Transports oder sind Verwitterungsprodukte, die durch Erosion aus dem Festgestein gelöst werden. Aufgrund ihrer geringen Sinkgeschwindigkeit können sie sich über die gesamte Wassertiefe verteilen und bei starken Strömungen über eine größere Distanz über der Sohle schwebend transportiert werden. Der Sedimenttransport hängt vom Abfluss und dem Gefälle von Gewässern und der Verfügbarkeit von Sedimenten ab. Durch einen erhöhten Abfluss entsteht Erosion an der Sohle, ein geringerer Abfluss führt hingegen zu Anlandungen von Sedimenten. Der Sedimenttransport wirkt sich auf die morphologische Gestalt von Sohle und Ufer aus. Ein regelmäßiger Sedimenttransport fördert zudem die Selbstreinigungsprozesse von Fließgewässern. Bei einem Hochwasser beeinflussen Geometrie, Längsgefälle und die Beschaffenheit der Böschungen und Sohle die Fließtiefe und -geschwindigkeit, die sich auf den Sedimenttransport

### Premešcanje plavin

Podnebne spremembe naj bi vplivale tudi na prenos sedimentov v vodnih telesih. Sedimenti se delijo na sedimente na dnu struge in suspendirane sedimente. Te v vodotok prinašajo stranski vodotoki ali pa zaradi erozije. Suspendirane trdne snovi nastanejo z drobljenjem rečnega proda med transportom ali pa z erozijo trdne kamninske podlage. Zaradi majhne hitrosti potapljanja (usedanja) se lahko razporedijo po celotni globini vode, v primeru močnih tokov pa je mogoč prenos na večjih razdaljah v lebdečem stanju. Prenos sedimentov je odvisen od pretoka in naklona vodnih teles ter razpoložljivosti sedimentov. Povečan odtok (pretok) povzroča erozijo na dnu, medtem ko manjši odtok (pretok) povzroča usedanje sedimentov. Transport sedimentov vpliva na morfološko obliko dna in bregov. Redni premik sedimentov spodbuja tudi samočistilne procese tekočih voda. Med poplavo, geometrija, vzdolžni naklon ter stanje brežin in dna vplivajo na globino in hitrost toka, kar vpliva na transport sedimentov. Glede na lokacijo vodnih teles se lahko zaradi podnebnih sprememb v potoke in reke vnese več sedimentov. V kolikšni meri se lahko prenašajo naprej, je odvisno od stanja vodotoka. (Speerli et al. 2020)

auswirken. Je nach Lage der Gewässer könnten durch den Klimawandel mehr Sedimente in Bäche und Flüsse eingebracht werden. Inwiefern diese weitertransportiert werden können, ist vom Zustand des Gewässers abhängig. (Speerli et al. 2020)

#### 2.1.4 Grundwasser

Sedimentprozesse in Oberflächengewässern wirken sich auch auf das Grundwasser aus. Der Schwebstofftransport hat Einfluss auf die Durchlässigkeit der Sohle, welche sich auf den freien Austausch zwischen Fließgewässer und Grundwasser auswirkt. Größe, Häufigkeit und Art der Verlagerungen beeinflussen die Speisung des Grundwassers mit Fluss- oder Bachwasser. Demnach führen Eintiefungen durch Erosionen in den Gewässern und eine Abdichtung des Flussbettes durch Kolmation durch einen hohen Anteil an Feinsedimenten, welche den Wasseraustausch zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer behindert, zum Absinken des Grundwasserspiegels. Die Folgen des Klimawandels könnten diese Problematik verstärken. (Speerli et al. 2020)

### 2.2 Auswirkungen auf die Ökologie/ Biodiversität bei Fließgewässern

Ein Ökosystem funktioniert, wenn Artenzusammensetzung und Struktur der Lebensgemeinschaft in Ordnung sind. Grundsätzlich kann ein funktionierendes Ökosystem nicht notwendigerweise direkt auf die Biodiversität zurückgeführt werden, doch ist der anhaltende Verlust der Biodiversität in vielen Lebensräumen sowohl ethisch, als auch funktional bedenklich (Zimmer & Helfer 2016). Durch den Artenverlust und die zunehmende Ähnlichkeit räumlich getrennter Artengemeinschaften durch menschliche Aktivitäten (Bewirtschaftung, Regulierung von Gewässern, Einschleppen gebietsfremder Arten, usw.) kommt es zu einer biologischen Homogenisierung, also einem Aussterben bzw. Rückgang von indigenen Arten, meist Spezialisten, und einer Ausbreitung von

#### Podzemna voda

Procesi sedimentacije v površinskih vodah vplivajo tudi na podzemno vodo. Prenos suspendiranih sedimentov vpliva na prepustnost dna, kar vpliva na izmenjavo vode med vodotokom in podtalnico. Velikost, pogostost in vrsta prodnih premikov vplivajo na napajanje podzemne vode iz reke oz. potoka. Zato znižanje gladine vode, ki jo povzroča erozija v vodotokih, in zatesnitev rečne struge z drobnimi sedimenti ovira izmenjavo vode med podzemno in površinsko vodo ter vodi v znižanje gladine podzemnih voda. Posledice podnebnih sprememb bi lahko to težavo še poslabšale (Speerli et al. 2020).

### Vpliv na ekologijo/biodiverzitetu v tekočih vodah

Ekosistem deluje, če sta vrstna sestava in struktura združbe v redu. Delujočega ekosistema načeloma ni nujno neposredno povezati z biotsko raznovrstnostjo, vendar je nenehna izguba biotske raznovrstnosti v številnih habitatih etično in funkcionalno zaskrbljujoča (Zimmer in Helfer 2016). Izguba vrst in vse večja podobnost prostorsko ločenih združb vrst zaradi človekovih dejavnosti (upravljanje, urejanje vodnih teles, vnos tujerodnih vrst itd.) vodi v biološko homogenizacijo, tj. izumiranje ali upadanje števila avtohtonih vrst in širjenje pogosto tujerodnih vrst. Takšne homogene združbe vrst lahko kažejo manjšo odpornost in prilagodljivost na okoljske spremembe, kot so podnebne spremembe (Essl et al. 2013). Podnebne spremembe neposredno in posredno vplivajo na organizme. Različne spremembe

Generalisten (oft nicht indigenen Arten). Solch homogenisierte Artengemeinschaften können eine verringerte Resilienz und Anpassungsfähigkeit gegenüber Umweltveränderungen wie dem Klimawandel aufweisen (Essl et al. 2013).

Der Klimawandel wirkt einerseits direkt, andererseits auch indirekt auf Organismen. Diverse Änderungen von Klimaparametern haben Einfluss u.a. auf den Wasserhaushalt, physiologische Vorgänge, auf die Fitness, die Ausbreitung, Räuber-Beutebeziehungen und die Konkurrenzverhältnisse zwischen Arten. Auf aquatische Organismen mit erhöhtem Sauerstoffbedarf beispielsweise wirkt sich eine Erhöhung der Wassertemperatur in vielen Fällen erst auf indirekte Art und Weise negativ aus. Nicht die Erhöhung der Wassertemperatur selbst, sondern das verringerte Lösungsvermögen von Sauerstoff bei steigenden Wassertemperaturen kann im Extremfall zum Erstickungstod von Organismen führen. Eine Folge vom steigenden CO<sub>2</sub> Gehalt in der Atmosphäre ist, dass sich die Zusammensetzung und Struktur des neu gebildeten Pflanzengewebes ändert, was indirekte Folgen auf die Konsumenten hat. (Essl et al. 2013).

### 2.2.1 Temperaturveränderungen und Verschiebung der Verbreitungsgrenzen

Organismen werden durch eine Erhöhung des thermischen Regimes und veränderte Abflusssituationen zur Anpassung oder Abwanderung gezwungen. Allein eine Erhöhung der Wassertemperatur um 2°C führt zu einer Verschiebung der Artenzusammensetzung. Wassertemperaturen weisen eine starke Korrelation mit aquatischen Lebensgemeinschaften wie der Fisch- und benthischen wirbellosen Fauna auf. (Melcher et al. 2015)

Temperaturempfindliche Arten wie Fische sind stark beeinträchtigt durch langanhaltende Hitzeperioden. Während einer ausgedehnten Hitzeperiode kann die Wassertemperatur markant zunehmen, zudem sinkt die Wassermenge durch Verdunstung. (Schulthess 2021)

podnebnih parametrov med drugim vplivajo na vodno bilanco, fiziološke procese, disperzijo ter konkurenco med vrstami. Za vodne organizme s povečano potrebo po kisiku ima na primer povišanje temperature vode v mnogih primerih le posreden negativen učinek. Ne gre za samo povišanje temperature vode, temveč za zmanjšano sposobnost raztapljanja kisika pri višjih temperaturah vode, kar lahko v skrajnih primerih privede do smrti organizmov zaradi zadušitve. Ena od posledic naraščajoče vsebnosti CO<sub>2</sub> v ozračju je sprememba sestave in strukture novo nastalih rastlinskih tkiv, kar ima posredne posledice za potrošnike. (Essl et al. 2013).

### Temperaturne spremembe in premik meja razširjenosti

Organizmi se morajo prilagoditi ali se preseliti zaradi povečanega toplotnega režima in spremenjenih razmer izpustov. Že samo zvišanje temperature vode za 2 °C povzroči spremembo vrstne sestave. Temperatura vode je močno povezana z vodnimi skupnostmi, kot so ribe in favna bentoških nevretenčarjev. (Melcher et al. 2015) Na temperaturno občutljive vrste, kot so ribe, močno vplivajo dolgotrajna obdobja vročine. Med daljšim obdobjem vročine se lahko temperatura vode močno poveča, količina vode pa se zmanjša tudi zaradi izhlapevanja. (Schulthess 2021)

Auch die Sedimentdynamik hat direkte Auswirkungen auf Flora und Fauna. Sedimente tragen zur Entstehung neuer Lebensräume bei und fördern die Biodiversität. Eine Veränderung des Sedimenttransportes wirkt sich auf die Flora und Fauna in den Gewässern aus, und kann positive wie auch negative Aspekte ausbilden. So können Umlagerungen zur Durchlässigkeit von Wasser und Sauerstoff und dadurch zu neuen Lebensräumen führen, erhöhte Schwebstoffbelastungen könnten sich aber negativ auf zahlreiche Populationen auswirken. (Speerli et al. 2020)

Schlechte Nährstoff-, Sauerstoff- und Temperaturverhältnisse können negative Auswirkungen auf die Biozönose eines Baches haben und die Wanderung von Wasserorganismen behindern. Höhere Gewässertemperaturen beeinflussen die Artenzusammensetzung und die Ausbreitung invasiver Arten. (Plass 2020)

Die Wassertemperatur kann auch direkten Einfluss auf aquatische Lebensräume haben. So können Temperaturänderungen dazu führen, dass sich der regulierende Einfluss von tierischem Plankton auf die Vermehrung des Phytoplanktons ändert. In Folge werden Massenvermehrungen des Phytoplanktons (Algenblüte) weniger stark reguliert. (Winder u. Schindler 2004, Morales-Baquero et al. 2006)

Auch erhöht sich bei den meisten Fischen und Wirbellosen mit steigender Temperatur die Stoffwechselrate, was wiederum zu einem erhöhten Sauerstoffbedarf führt. Auch auf Krankheiten kann sich der Klimawandel fördernd und damit negativ auf die Biodiversität auswirken. So liegt beispielsweise die kritische Grenze der proliferativen Nierenkrankheit (PKD), einer bei Bachforellen auftretenden Krankheit, bei 15°C (Elber et al. 2002). Amphibien benötigen Laichgewässer die gezielt aufgesucht werden. Durch vermehrte Austrocknung werden diese Lebensräume fragmentiert. Der aus Afrika eingeschleppte Chytridpilz (*Batrachochytrium dendrobatidis*), der Amphibien befällt und das gefürchtete Amphibiensterben auslöst, wird ebenfalls von einer Temperaturerhöhung profitieren. (Rabitsch & Nehring 2017)

Durch die Veränderung der Temperaturverhältnisse verschieben sich die Verbreitungsgrenzen von Flora und

Dynamika sedimentov neposredno vpliva tudi na rastlinstvo in živalstvo. Sedimenti prispevajo k ustvarjanju novih habitatov in spodbujajo biotsko raznovrstnost. Sprememba v prenosu sedimentov vpliva na floro in favno v vodnih telesih ter ima lahko tako pozitivne kot negativne vidike. Na primer, preureditve lahko vodijo do prepustnosti vode in kisika ter s tem do novih habitatov, vendar lahko povečana obremenitev s suspendiranimi sedimenti negativno vpliva na številne populacije. (Speerli et al. 2020) Slabe hranilne, kisikove in temperaturne razmere lahko negativno vplivajo na biocenozo potoka in ovirajo migracijo vodnih organizmov. Višje temperature vode vplivajo na sestavo vrst in širjenje invazivnih vrst. (Plass 2020)

Temperatura vode lahko neposredno vpliva tudi na vodne habitate. Spremembe temperature lahko na primer povzročijo spremembo regulacijskega vpliva živalskega planktona na razmnoževanje fitoplanktona. Zato je množično razmnoževanje fitoplanktona (cvetenje alg) manj regulirano. (Winder in Schindler 2004, Morales-Baquero et al. 2006). Z naraščajočo temperaturo se poveča tudi hitrost presnove večine rib in nevretenčarjev, zaradi česar se poveča potreba po kisiku. Podnebne spremembe lahko ugodno vplivajo tudi na bolezni in s tem na biotsko raznovrstnost. Na primer, kritična meja proliferativne ledvične bolezni (PKD), bolezni potočne postevi, je 15 °C (Elber et al. 2002). Dvoživke potrebujejo vode za drstenje, ki jih posebej iščejo. Povečano izsuševanje uničuje te habitate. Zvišanje temperature bo koristilo tudi iz Afrike vneseni glivi chytrid (*Batrachochytrium dendrobatidis*), ki napada dvoživke in povzroča strahovito smrtnost dvoživk (Rabitsch & Nehring 2017). Temperaturne spremembe spreminjajo meje razširjenosti rastlinskih in živalskih vrst. Vendar pa je regresivni razvoj območij, zlasti v rastlinskem svetu, pogosto mogoče odkriti šele s precejšnjo zamudo. Študije, ki obravnavajo postopno spreminjanje območja razširjenosti (npr. Metzing 2016), kažejo vse večje širjenje vrst na območja, kjer se prej niso pojavljale. Ob toku potoka se ob temperaturnem gradientu pojavljajo določene ribje biocenoze, tako imenovane ribje regije. V Muri na primer povečanje temperature za 1,6 °C ustreza

Fauna. Regressive Arealentwicklungen lassen sich, besonders in der Pflanzenwelt, jedoch oft erst mit deutlicher Verzögerung erkennen. Studien, die sich mit progressiven Arealveränderungen (z.B. Metzinger 2016) befassen, zeigen eine zunehmende Ausbreitung von Arten in Gebiete, in denen sie vorher nicht vorgekommen sind. Im Längsverlauf eines Baches finden sich bestimmte Fischbiozönosen einhergehend mit dem Temperaturgradienten, sogenannte Fischregionen. In der Mur ist es beispielsweise so, dass eine Temperaturzunahme von 1,6° C einer Fischregion entspricht (Schmutz et al. 2004). Demzufolge verschieben sich die Fischbioregionen im Zuge der Klimaerwärmung flussaufwärts. Es kommt zu einer Potamalisierung der Gewässerzönosen, die natürlich zu einer Reduktion des Lebensraumes Rithral führt.

In den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts hat die Feuerlibelle (*Crocothemis erythraea*), eine mediterrane Großlibellenart, ihr Areal nach Mitteleuropa ausgedehnt. Auch andere Libellenarten zeigen eine Arealweiterungen in bislang zu kühle Regionen. Wanderlibellen, wie die Schabrackenlibelle (*Anax ephippiger*) und die Frühe Heidelibelle (*Sympetrum fonscolombii*), die ihr Hauptverbreitungsgebiet in Afrika haben, werden vermehrt in Europa festgestellt, wo sie sich mittlerweile auch fortpflanzen. (Ott 2010)

Neben Änderungen in den Arealgrenzen kommt es durch den Klimawandel außerdem zu phänologischen Änderungen bei Pflanzen und Tieren. So hängt beispielsweise die Wander- und Laichbereitschaft der meisten Fischarten wesentlich von der Wassertemperatur ab, ebenso die Wachstums- und Entwicklungsgeschwindigkeit der Fischbrut (Hari et al. 2006). Auch ökologische Beziehungen zwischen Arten können durch den Klimawandel beeinflusst werden. Die Eignung bestimmter Pflanzen oder Pflanzenteile als Nahrung für Pflanzenfresser ändert sich im Jahresverlauf. Beginnen herbivore Insekten ihre Aktivität, bedingt durch wärmere Temperaturen, früher, sind die Futterpflanzen eventuell noch nicht ausgetrieben und die Insekten müssen hungern. Würden alle Organismen dieselben inneren Taktgeber nutzen wäre das kein Problem, weil auch die Futterpflanze entsprechend früher austreiben würde –

ribjemu območju (Schmutz et al. 2004). Zato se ribje bioregije zaradi segrevanja podnebja premikajo proti toku.

V osemdesetih letih prejšnjega stoletja je opoldanski škrlatec (*Crocothemis erythraea*), sredozemska vrsta kačjega pastirja, razširil svoj življenjski prostor v Srednjo Evropo. Tudi pri drugih vrstah kačjih pastirjev so opazne širitve območij, ki so bila prej preveč hladna. Selitvene kačje pastirje, kot sta na primer afriški minljivec (*Anax ephippiger*) in malinovordeči kamenjak (*Sympetrum fonscolombii*), katerih glavno območje razširjenosti je v Afriki, vse pogosteje najdemo v Evropi, kjer se zdaj tudi razmnožujejo. (Ott 2010)

Podnebne spremembe poleg sprememb meja življenjskega prostora povzročajo tudi fenološke spremembe pri rastlinah in živalih. Na primer, selitev in pripravljenost na drstenje večine ribjih vrst je močno odvisna od temperature vode, prav tako pa tudi hitrost rasti in razvoja ribjih mladice (Hari et al. 2006). Podnebne spremembe lahko vplivajo tudi na ekološke odnose med vrstami. Primernost nekaterih rastlin ali delov rastlin za hrano rastlinojedcem se med letom spreminja. Če rastlinojede žuželke zaradi višjih temperatur začnejo z aktivnostjo prej, se lahko zgodi, da hranilne rastline še niso vzklike in žuželke stradajo. Če bi vsi organizmi uporabljali enake notranje ure, to ne bi bil problem, saj bi tudi krmna rastlina pognala prej - vendar temu ni tako, saj se ure ali odzivi posameznih vrst razlikujejo. (Essl et al. 2013)

das ist allerdings nicht der Fall, weil sich die Taktgeber bzw. die Reaktion einzelner Arten auf die Taktgeber unterscheiden. (Essl et al. 2013).

### 2.2.2 Gebietsfremde Arten<sup>1</sup>

Der Klimawandel wirkt auf alle Arten in einer Region. Allerdings können gebietsfremde, oft sehr anpassungsfähige und euryöke Arten, meist besser auf geänderte klimatische Bedingungen reagieren. Das Invasionsrisiko durch verschiedene eingeschleppte Arten nimmt unter den verschiedenen Klimawandelszenarien deutlich zu. Das Nutria (*Myocastor coypus*) ist eine wärmeliebende Art, die bisher durch kalte Winter dezimiert wurde. Fallen diese weg, wirkt sich das deutlich auf den Reproduktionserfolg aus. (Essl et al. 2013)

Invasive Neophyten, die sich häufig entlang von Fließgewässern ausbreiten wie Eschenahorn (*Acer negundo*), Goldrute (*Solidago sp.*) oder Japanischer Staudenknöterich (*Fallopia Japonica*), profitieren von einer Klimaerwärmung und können sich noch stärker und weiter ausbreiten. (Nehring 2016)

Nach Wiesner et al. (2010) und Rabitsch et al. (2012) werden an warme Gewässer gebundene Neobiota, wie der räuberisch lebende Sonnenbarsch (*Lipomus gibbosus*) und der zu Massenaufreten neigende Blaubandbärbling (*Pseudorasbora parva*), von der Klimaerwärmung stark profitieren. Auch der Dreistachelige Stichling (*Gasterosteus aculaetus*) dürfte aufgrund seiner extremen Anpassungsfähigkeit auf Änderungen in seiner Umwelt zu den großen Gewinnern des Klimawandels zählen. (Heckwolf et al. 2020)

Der für heimische Krebse einerseits als starker Konkurrent und andererseits als Überträger der tödlichen Krebspest sehr problematische, eingeschleppte amerikanische Signalkrebs (*Pacifastacus leniusculus*) hingegen ist eine Spezies, die kühlere Wassertemperaturen bevorzugt. Dieser invasiven Art wird, genauso wie dem ebenfalls invasiven Kamberkreb

### Tujerodne vrste<sup>2</sup>

Podnebne spremembe vplivajo na vse vrste v regiji. Tujerodne vrste, ki so pogosto zelo prilagodljive, pa se običajno bolje odzivajo na spreminjajoče se podnebne razmere. Nevarnost invazije različnih vnesenih vrst se ob različnih scenarijih podnebnih sprememb znatno poveča. Nutrija (*Myocastor coypus*) je toploljubna vrsta, ki so jo hladne zime doslej zdesetkale. Če teh ne bo, bo to močno vplivalo na uspešnost razmnoževanja. (Essl et al. 2013)

Invazivni neofiti, ki se pogosto širijo ob vodotokih, kot so ameriški javor jesenovec (*Acer negundo*), zlata rozga (*Solidago sp.*) ali japonski dresnik (*Fallopia japonica*), imajo koristi od segrevanja podnebja in se lahko še bolj in bolj širijo (Nehring 2016).

Po podatkih Wiesnerja in drugih (2010) ter Rabitscha in drugih (2012) bodo imele neobioti, vezane na tople vode, kot sta npr. plenilski sončni ostriz (*Lipomus gibbosus*) in psevdorazbora (*Pseudorasbora parva*) veliko koristi od segrevanja podnebja. Zaradi izjemne prilagodljivosti na spremembe v okolju bo med največjimi zmagovalci podnebnih sprememb verjetno tudi *Gasterosteus aculaetus* (Heckwolf et al. 2020).

Po drugi strani pa je vneseni ameriški signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*), ki je po eni strani zelo problematičen za avtohtone rake, saj je močan tekmeč, po drugi strani pa prenaša smrtonosno račjo kugo, vrsta, ki ima raje nižje temperature vode.

Za to invazivno vrsto in trnavca (*Orconectes limosus*) modeli predvidevajo, da se bo v Evropi zmanjšalo število primernih habitatov. Enako velja za avtohtone vrste

<sup>1</sup> Die hier dargestellten Beispiele beziehen sich vorwiegend auf Arten, die an der Kutschenitza vorkommen.

<sup>2</sup> Tukaj predstavljeni primeri se v glavnem nanašajo na vrste, ki se pojavljajo v potoku Kučnici.

(*Orconectes limosus*), durch Modelle tatsächlich eine Abnahme an geeigneten Arealen in Europa prognostiziert. Doch dasselbe gilt auch für heimische Krebsarten, wie zum Beispiel Stein- und Edelkrebs, deren zukünftige passende und erreichbare Lebensräume um 19% bis 72% als Folge des Klimawandels schrumpfen werden. (Capinha et al. 2013) Auch manche invasiven Pflanzen, wie das Drüsige Springkraut (*Impatiens glandulifera*), werden vom Klimawandel nicht profitieren – diese sind nach heutigem Kenntnisstand aber deutlich in der Minderheit (Nehring 2016). Die Zunahme von neuen Pflanzen aufgrund der Erwärmung der Gewässer könnte auch zu einer Erhöhung von Nahrungsquellen führen, welche die Zunahme von Beständen beeinflussen könnte. (Speerli et al. 2020)

Eine Zunahme von Starkregenereignissen und Hochwässern führt einerseits zu einer Belastung für stagnophile (Stillgewässer liebende) Fischarten wie dem Bitterling (*Rhodeus amarus*). Auf der anderen Seite haben rheophile (strömungsliebende) Fischarten wie Schneider (*Alburnoides bipunctatus*), Gründling (*Gobio obtusirostris*) und Bachschmerle (*Barbatula barbatula*) in den Sommermonaten mit Wasserknappheit, geringerer Sauerstoffsättigung des Wassers und Temperaturen jenseits der für die jeweilige Fischart geltenden Temperaturoptima zu kämpfen.

### 2.3 Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlergehen von Menschen im Umkreis von Fließgewässern

Das Wohlergehen der menschlichen Gesellschaft ist von der Fähigkeit natürlicher und veränderter Ökosysteme wie Fließgewässer, eine breite Palette von Gütern und Dienstleistungen zu produzieren, abhängig (WRI 2005). Die durch den Klimawandel bedingte Umverteilung der Arten wirkt auf verschiedene Weise jedoch auf die Verfügbarkeit und Verteilung von Gütern und Dienstleistungen für das menschliche Wohlergehen. Viele Gesellschaften können aufgrund territorialer Grenzen nicht mehr durch Migration auf Umweltveränderungen reagieren. Zudem wird die Versorgung mit Nahrungsmitteln und anderen

rakov, kot je npr. potočni rak, katerih primerni in dostopni habitati naj bi se zaradi podnebnih sprememb v prihodnosti zmanjšali za 19 % do 72 %. (Capinha et al. 2013)

Nekaterim invazivnim rastlinam, kot je žlezava nedotika (*Impatiens glandulifera*), podnebne spremembe prav tako ne bodo koristile, vendar so te glede na trenutno poznavanje v manjšini (Nehring 2016). Povečanje števila novih rastlin zaradi segrevanja voda bi lahko povzročilo tudi povečanje virov hrane, kar bi lahko vplivalo na povečanje populacij. (Speerli et al. 2020)

Po eni strani je zaradi pogostejših močnih padavin in poplav stres za stagnofilne vrste rib, kot je na primer pezdirk (*Rhodeus amarus*), ki imajo rade stoječe vode. Po drugi strani pa se morajo reofilne vrste rib, kot so pisanka (*Alburnoides bipunctatus*), navadni globoček (*Gobio obtusirostris*) in babica (*Barbatula barbatula*), v poletnih mesecih spopadati s pomanjkanjem vode, manjšo nasičenostjo vode s kisikom in temperaturami, ki presegajo temperaturni optimum za posamezne vrste rib.

### Učinki na zdravje in dobro počutje ljudi v bližini vodotokov

Blaginja človeške družbe je odvisna od sposobnosti naravnih in spremenjenih ekosistemov, kot so potoki, da proizvajajo številne dobrine in storitve (WRI 2005). Vendar prerazporeditev vrst zaradi podnebnih sprememb na različne načine vpliva na razpoložljivost in porazdelitev dobrin in storitev za blaginjo ljudi. Številne družbe se zaradi ozemeljskih meja ne morejo več odzivati na okoljske spremembe z migracijami. Poleg tega se bo močno spremenila oskrba s hrano in drugimi proizvodi (npr. oskrba z ribami). (Pecl et al. 2017) Podnebne spremembe bistveno vplivajo na ekosistemske storitve, povezane z vodo. Chang in Bonnette (2016) opisujeta učinke na podlagi suše v

Produkten eine größere Veränderung (z.B. beim Fischangebot) erfahren. (Pecl et al. 2017)

Der Klimawandel hat substantielle Auswirkungen auf wasserbezogene Ökosystemdienstleistungen. Chang & Bonnette (2016) beschreiben Auswirkungen anhand der Dürreperiode in Kalifornien im Jahr 2015. Dabei führt ein Rückgang der Wasserführung zu einer steigenden Fließgewässertemperatur, die primär sowohl die Trinkwasserversorgung, als auch die Stromerzeugung aus Wasserkraft bedroht. Darunter leidet nicht nur die Gesundheit jener Ökosysteme, die auf Wasser angewiesen sind. Die Auswirkungen des Klimawandels entfalten sich weiters in verschiedene wasserabhängige Wirtschaftszweige, einschließlich der wasserbasierten Freizeitgestaltung.

Oft müssen deshalb Maßnahmen zur Klimawandelanpassung ergriffen werden, wie beispielsweise die Veränderung der Wasserversorgung, das Einführen neuer landwirtschaftlicher Praktiken und Technologien, den Bau von Wassertanks an den Wasserquellen, die Verwendung von Rohren für den Transport von Trinkwasser, die Umleitung von Wasser aus anderen Quellen oder das Graben tieferer Brunnen. (Poudel & Duex 2017)

Die menschliche Gesundheit kann genauso ernsthaft von Veränderungen der Ufervegetation betroffen sein. Hierbei spielen Verbreitung und Virulenz von durch Tiere übertragenen Krankheitserregern tragende Rollen, die bereits für 70 % der neu auftretenden Infektionen verantwortlich sind. Die Wanderung von Stechmücken als Reaktion auf die globale Erwärmung ist in vielen Ländern eine Bedrohung für die Gesundheit durch den prognostizierten Anstieg der Zahl bekannter und potenziell neuer Krankheiten (Pecl et al. 2017). Gebietsfremde Arten unterscheiden sich erheblich in ihren Auswirkungen auf die einheimische biologische Vielfalt, Ökosystemprozesse und auch das menschliche Wohlbefinden (Pysek & Richardson 2006). Beispiele hierfür ist die Verbreitung von Malaria, Wurmerkrankungen oder Denguefieber (WRI 2005). Ferner können Überschwemmungen, verursacht mitunter durch plötzlich eintretende Starkregenereignisse, Besitz und Leben gefährden.

Kaliforniji leta 2015, kjer zmanjšanje pretoka v vodotokih vodi do povišanja njihove temperature, kar ogroža predvsem oskrbo s pitno vodo in proizvodnjo hidroelektrarn. To ne vpliva le na zdravje ekosistemov, ki so odvisni od vode. Učinki podnebnih sprememb se širijo tudi na različne gospodarske sektorje, ki so odvisni od vode, vključno z rekreacijo na vodi. Zato je pogosto treba sprejeti ukrepe za prilagajanje podnebnim spremembam, kot so sprememba oskrbe z vodo, uvajanje novih kmetijskih praks in tehnologij, gradnja rezervoarjev za vodo pri vodnih virih, uporaba cevi za prevoz pitne vode, preusmerjanje vode iz drugih virov ali kopanje globljih vodnjakov. (Poudel in Duex 2017)

Spremembe obrežne vegetacije lahko prav tako resno vplivajo na zdravje ljudi. Pomembno vlogo imata širjenje in virulenca patogenov, ki se prenašajo z živalmi in ki že zdaj povzročajo 70 % novih okužb. Selitev komarjev zaradi globalnega segrevanja ogroža zdravje v številnih državah zaradi predvidenega povečanja števila znanih in potencialno novih bolezni (Pecl et al. 2017). Tujerodne vrste se močno razlikujejo po svojem vplivu na domačo biotsko raznovrstnost, ekosistemske procese in tudi blaginjo ljudi (Pysek in Richardson, 2006). Primeri vključujejo širjenje malarije, črvivih bolezni ali mrzlice denga (WRI 2005). Poleg tega lahko poplave, ki jih včasih povzročijo nenadne močne padavine, ogrozijo premoženje in življenje.

### 3 Renaturierung als Möglichkeit zur Klimawandelanpassung

Neben dem Klimawandel ist eine der Hauptursachen für die Veränderung des Wasserhaushalts der unsachgemäße Eingriff in 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 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 erhebliche wirtschaftliche und ökologische Schäden. Daher ist ein umfassender Ansatz erforderlich, um solche Fehler zu korrigieren und neue zu verhindern. (Vovk Korže et al. 2011)

Naturnahe Fließgewässer und Auen spielen daher eine wichtige Rolle in der Anpassung an den Klimawandel. Der Mehrwert von Renaturierungsmaßnahmen nimmt in seiner Bedeutung im Zusammenhang mit dem globalen Klimawandel zu. So könnten sich ökosystembasierte Technologien, die sich auf natürliche Prozesse zum Schutz und zur Wiederherstellung der Umwelt stützen, eignen, die Auswirkungen des Klimawandels abzumildern. Sie basieren auf der Erkenntnis, dass ungleichmäßig verteilte Niederschläge in der Landschaft zurückgehalten werden müssen. Dies geschieht 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 Plätze bieten neuen Lebensraum für viele Pflanzen und Tiere. Indem Wasser durch ökologische Sanierungssysteme zurückgehalten wird, werden Dürren im oberen Teil von Wasserläufen sowie Überschwemmungen, Erdbeben und Bodenerosion im unteren Teil von Wasserläufen verhindert. Dies wird durch die außergewöhnliche Pufferkapazität der natürlichen und nachhaltigen

### Renaturacija kot možnost prilagajanja podnebnim spremembam

Poleg podnebnih sprememb je eden od glavnih vzrokov za spremembo vodne bilance tudi neustrezno poseganje v vodotoke v preteklosti. Naravno oblikovani vodotoki z meandri zadržujejo vodo, zato so samočistilni in imajo veliko biotsko raznovrstnost. V kanaliziranih vodotokih pa voda ob močnem deževju hitro odteče in ostane onesnažena zaradi manjše raznolikosti vrst. Obilne padavine povzročajo poplave v spodnjem delu vodotokov in sušo v zgornjem delu v sušnem obdobju, saj se voda ne more zadržati v pokrajini. Neustrezni posegi v vodotoke povzročajo veliko gospodarsko in ekološko škodo. Zato je potreben celovit pristop za odpravo takšnih napak in preprečevanje novih. (Vovk Korže et al. 2011)

Naravni vodotoki in poplavna območja imajo zato pomembno vlogo pri prilagajanju podnebnim spremembam. Dodana vrednost renaturacijskih ukrepov postaja vse pomembnejša v povezavi z globalnimi podnebnimi spremembami. Na primer, tehnologije, ki temeljijo na ekosistemu in se opirajo na naravne procese za zaščito in obnovo okolja, bi lahko bile koristne pri blaženju učinkov podnebnih sprememb. Temeljijo na spoznanju, da je treba neenakomerno razporejene padavine zadržati. To dosežemo z ohranjanjem in ustvarjanjem novih habitatov (mokrišča, struge ob potokih, diverzifikacija potokov z revitalizacijo, vegetacijski pasovi na poljih), kjer se voda zadržuje in čisti. Ti kraji so nov življenjski prostor za številne rastline in živali. Z zadrževanjem vode s sistemi ekološke obnove se preprečujejo suše v zgornjem delu vodotokov ter poplave, zemeljski plazovi in erozija tal v spodnjem delu vodotokov. To je mogoče doseči z izjemno varovalno zmogljivostjo naravnih in trajnostnih sistemov. Če se ukrepi renaturacije izvajajo na trajnosten način, lahko torej prispevajo k zmanjšanju vpliva in/ali preprečevanju poplav, zadrževanju vode za preprečevanje suše, preprečevanju naravnih nesreč (npr. zemeljskih plazov itd.), zmanjšanju in preprečevanju nevarnosti za biotsko raznovrstnost in občutljive habitate, pa tudi k povečanju

Systeme erreicht. Bei nachhaltiger Einsetzung können Renaturierungsmaßnahmen daher zur Verringerung der Auswirkungen und/oder Vermeidung von Überschwemmungen, zum Wasserrückhalt zur Verhinderung von Dürreperioden, zur Vermeidung von Naturkatastrophen (z.B. Erdbeben etc.), zur Verringerung und Vorbeugung von Bedrohungen der biologischen Vielfalt und empfindlicher Lebensräume sowie zur Sensibilisierung für die Umwelt, Information und Einbindung der Zivilgesellschaft beitragen. (Vrhovšek & Vovk Korže 2008)

So konnten in einem Renaturierungsprojekt eines Flusses im Jahresvergleich positive Auswirkungen auf den Rückhalt von Treibhausgasen bzw. Kohlenstoffsequestrierung, auf die Hochwasser-, Niedrigwasser-, und Sedimentregulation, sowie auf die Bodenbildung in Auen und auf die Kühlwirkung des Gewässers und der Auenböden nachgewiesen werden. Der Erfolg von Renaturierungsmaßnahmen lässt sich aber oft erst nach einigen Jahren nachweisen. Der ökologische Zustand entwickelt sich mit fortschreitender morphologischer Entwicklung und entsprechender biologischer Wiederbesiedlung. (Mehl et al. 2018)

Bezugnehmend auf die Ökosystemleistungen von Fließgewässern ergeben sich folgende Ziele für deren Renaturierung: Die Morphologie und Dynamik des Fließgewässers sollen an natürliche Verhältnisse angepasst werden, die Wasserqualität soll verbessert werden, und die Vielzahl der Biozönosen soll erhöht werden. (Bross 2012).

### 3.1 Rolle eines revitalisierten Gewässers

Naturnahe Fließgewässer und Auen halten Hochwasser in der Fläche zurück und verzögern den Abfluss. Als Hochwasserschutz gilt die Schaffung bzw. Rückgewinnung von Retentionsräumen als bedeutsame Anpassungsstrategie. Wie sich Gewässer in Niedrigwassersituationen verhalten, hängt von deren Querschnittsform, hydraulischen Rauigkeit, Lauflänge und Krümmungsverhalten ab. Ein mit Niedrigwasser einhergehender Abfall des Wasserstands ist anzustreben, da eine geringere Grundwasserabsenkung auch zu besserer Bodenwasserversorgung und stabileren Erträgen in der Land- und Forstwirtschaft

ökologische ozaveščenosti, obveščeni in vključevanju civilne družbe. (Vrhovšek in Vovk Korže 2008)

Pri projektu obnove reke so bili na primer v primerjavi z letom poprej dokazani pozitivni učinki na zadrževanje toplogrednih plinov ali sekvestracijo ogljika, uravnavanje poplav, nizkih voda in sedimentov, pa tudi na oblikovanje tal na poplavnih območjih ter na hladilni učinek vodotoka in tal na poplavnem območju. Uspešnost ukrepov renaturacije pa je pogosto mogoče dokazati šele po nekaj letih. Ekološko stanje se razvija s postopnim morfološkim razvojem in ustrezno biološko rekolonizacijo. (Mehl et al. 2018)

V zvezi z ekosistemskimi storitvami tekočih voda so za njihovo obnovo določeni naslednji cilji: morfologijo in dinamiko tekočih voda je treba prilagoditi naravnim razmeram, izboljšati kakovost vode in povečati raznolikost biocenoz. (Bross 2012).

### Vloga revitaliziranega vodotoka

Skoraj naravni vodotoki in poplavna območja zadržujejo poplave na območju in upočasnjujejo odtekanje vode. Ustvarjanje ali rekultivacija zadrževalnikov kot zaščita pred poplavami velja za pomembno prilagoditveno strategijo. Obnašanje vodotokov ob nizki vodi je odvisno od oblike njihovega prečnega prereza, hidravlične hrapavosti, dolžine struge in ukrivljenosti. Prizadevati si je treba za znižanje gladine vode, povezano z nizkimi vodami, saj lahko manjše črpanje podzemne vode prispeva tudi k boljši oskrbi tal z vodo in stabilnejšim pridelkom v kmetijstvu in gozdarstvu. Poleg tega imajo vodotoki in mokrotna poplavna območja mikroklimatsko

beitragen kann. Zudem haben Gewässer- und feuchte Auenbereiche mikroklimatisch relevante Kühlfunktionen sowie Dämpfungsfunktionen. Letztere wirken beispielsweise gegen die Verdunstung bei angrenzenden Agrarflächen und verstärken die morgendliche Taubildung zur Versorgung von Pflanzenbeständen. (Mehl et al. 2018)

Bei Renaturierungsvorhaben von Bächen ist darauf zu achten, dass Bäche mehr Raum für stärkere Hochwasserereignisse benötigen sowie bei Basis-Abfluss nicht trockenfallen dürfen. Bäche benötigen ausreichend Tiefe und Breite, um bei Hochwasserereignissen genug Dynamik entwickeln zu können, um das zusätzliche Wasser zu führen und Organismen Flucht vor dem zunehmenden Wasserdruck in das Hyporheal zu ermöglichen. Um den Lebensraum für die biologische Vielfalt zu verbessern sowie die Anpassungsfähigkeit gegenüber dem Klimawandel zu erhöhen, sollten bei zu renaturierenden Bächen eine massive Sohl- und Ufersicherung entfernt und die Bachsohle angehoben werden. Es benötigt eine variable und flache Böschungsneigung, Breitenvariabilität und kleinräumige Laufverzweigung sowie einen Lebendverbau, wie Ufergehölze an der Wasserlinie. (Wulfhorst 2010)

Bei der Revitalisierung von Fließgewässern ist die Niedrigwassersituation zu beachten sowie darauf, dass anfallendes Material weitergeleitet wird und große Anlandungen verhindert werden, um hier auch einen Beitrag gegen Hochwasser zu leisten. (Speerli et al. 2020)

Der Wiederaufbau von trockengefallenen Gewässern ist vom Ausmaß der Austrocknung abhängig. Eine hohe Restfeuchte in den Sedimenten könnte die negative Wirkung von Austrocknung auf mikrobielle Prozesse in den Sedimenten und die Erholungsdauer der Mikroorganismen reduzieren. (Weigelhofer & Tritthart 2019).

### **3.1.1 Beschattung durch heimische, standorttypische Gehölze**

Werden Fließgewässer konsequent und zu einem großen Teil beschattet, kann das Auftreten problematischer Wassertemperaturen reduziert oder

pomembne funkcije hlajenja in oslabitve. Slednje na primer delujejo proti izhlapevanju na sosednjih kmetijskih površinah in povečujejo nastajanje jutranje rose, ki oskrbuje rastlinske sestoje. (Mehl et al. 2018)

Pri projekti obnov potokov je treba upoštevati, da potrebujejo potoki več prostora za močnejše poplave in se ne smejo izsušiti med osnovnim tokom. Potok mora biti dovolj globok in širok, da med poplavami razvije dovolj dinamike, da prenese dodatne količine vode in omogoči organizmom, da se pred naraščajočim vodnim pritiskom umaknejo v hiporeal. Da bi izboljšali življenjski prostor za biotsko raznovrstnost in povečali prilagodljivost na podnebne spremembe, je treba odstraniti trdno obrežno zaščito dna in bregov potokov, jih obnoviti ter dvigniti nivo dna potoka. Potreben je spremenljiv in plitev naklon, spremenljiva širina in majhna razvejanost struge ter živa struktura, kot so obrežna drevesa ob vodni črti. (Wulfhorst 2010)

Pri revitalizaciji vodotokov je treba paziti na stanje nizke vode, na to, da se nabrani material lahko premešča naprej ter da se ne omogoči prehiter odtok vode, kar ugodno vpliva k preprečevanju poplav. (Speerli et al. 2020)

Obnova izsušenih vodnih teles je odvisna od obsega izsušitve. Visoka preostala vlaga v sedimentih bi lahko zmanjšala negativni učinek izsuševanja na mikrobne procese v sedimentih in čas okrevanja mikroorganizmov. (Weigelhofer in Tritthart 2019).

### **Zasenčenje z avtohtonimi drevesnimi rastlinami, značilnimi za to območje**

Če so tekoče vode dosledno zasenčene v večjem obsegu, lahko zmanjšamo ali preprečimo pojav problematičnih temperatur vode. Če so ustrezno zasenčeni pritoki, je to

verhindert werden. Werden Zubringer entsprechend beschattet, profitieren auch größere Fließgewässer davon, bei denen eine Beschattung der gesamten Wasserfläche nicht möglich wäre. Ideal ist eine Bepflanzung möglichst nahe am aktiven Gerinne, wobei der Abfluss bei Hochwasserereignissen garantiert bleiben muss (Elber et al. 2019). So betragen nach Elber et al. (2019) die Temperaturunterschiede zwischen beschatteter und unbeschatteter Fließgewässerabschnitte eines Baches im Sommer bis zu 5° C. Nicht nur, dass die Temperatur im beschatteten Gewässer insbesondere im Sommer signifikant tiefer ist, so nimmt die Wassertemperatur beim Durchfließen beschatteter Abschnitte auch ab; so konnte bei Niedrigabfluss auf einer 400 Meter langen, vollbeschatteten Fließstrecke eine Reduktion der Maximaltemperatur um bis zu vier Grad festgestellt werden (Moosmann et al. 2005).

Ufervegetation kann die Wassertemperatur absinken lassen. Dabei sollte nach einer umfassenden Analyse des gesamten Längsverlauf des Flusses nach Defiziten, der Fluss über längere Strecken statt nur punktwise durch Ufervegetation beschattet werden (Melcher et al 2015). Insbesondere für kleine und mittlere Fließgewässer mit jahreszeitlichen Unterschieden der Gewässerbeschattung wird empfohlen, eine variable, von der Vegetationsperiode abhängige Gewässerbeschattung zu berücksichtigen (Stein 2019). Eine starke Beschattung durch Ufergehölze sowie ein hoher Feinsedimentanteil könnten zudem für die Widerstandsfähigkeit der Selbstreinigungskapazität von Bächen gegenüber Austrocknung förderlich sein (Weigelhofer & Tritthart 2019).

Neben Anpassungen im Hinblick auf die Wassertemperatur sind noch andere Dinge zu beachten damit Revitalisierungsmaßnahmen ein Fließgewässer an den Klimawandel entsprechend anpassen, um so negative Folgen für das Ökosystem zu minimieren. Beispielsweise kann eine vorausschauende, langfristige Hochwasserschutzplanung und der frühzeitige Einbezug des Oberflächenabflusses in die Planung Folgekosten von zu erwartenden Starkniederschlagsereignissen reduzieren. Neben Infrastrukturprojekten tragen auch

koristno tudi za večje vodotoke, kjer zasenčenje celotne vodne površine ne bi bilo mogoče. Idealno je saditi rastje čim bližje aktivnemu koritu, čeprav mora biti zagotovljen ustrezen odtok med poplavami (Elber et al. 2019). Po podatkih Elberja in drugih (2019) so na primer temperaturne razlike med zasenčenimi in nezasenčenimi deli potoka poleti do 5 °C. Ne le, da je temperatura v zasenčenem vodotoku bistveno nižja, zlasti poleti, ampak se temperatura vode zniža tudi pri pretoku skozi zasenčene odseke; na primer, na 400-metrskem popolnoma zasenčenem odseku vodotoka je bilo med nizkim pretokom opaziti znižanje najvišje temperature do štiri stopinje (Moosmann et al. 2005).

Obrežna vegetacija lahko povzroči znižanje temperature vode. Po celoviti analizi celotnega vzdolžnega toka reke glede pomanjkljivosti je treba reko zasenčiti z obrežno vegetacijo na daljših odsekih in ne le na določenih točkah (Melcher et al. 2015). Zlasti pri majhnih in srednje velikih potokih s sezonskimi razlikami v senčenju obrežnega pasu je priporočljivo upoštevati spremenljivo senčenje obrežnega pasu glede na vegetacijsko obdobje (Stein 2019).

Močno zasenčenje z obrežnimi drevesi in velik delež drobnega sedimenta bi lahko prav tako ugodno vplivala na odpornost samočistilne sposobnosti potokov proti izsuševanju (Weigelhofer in Tritthart 2019).

Poleg prilagoditev glede temperature vode je treba upoštevati, da bi se z revitalizacijskimi ukrepi vodotok prilagodil podnebnim spremembam in tako čim bolj zmanjšal negativne posledice za ekosistem. Predvideno dolgoročno načrtovanje varstva pred poplavami in zgodnja vključitev površinskega odtoka v načrtovanje lahko na primer zmanjšata stroške spremljanja pričakovanih obilnih padavin. Poleg infrastrukturnih projektov k varstvu pred poplavami prispeva tudi renaturacija površinskih voda. (Schulthess 2021).

Renaturierungen von Oberflächengewässern zum Hochwasserschutz bei. (Schulthess 2021).

### 3.2 Rolle eines revitalisierten Ökosystems

Um das Fortbestehen der Lebensgemeinschaften in den Fließgewässern im fortschreitenden Klimawandel zu gewährleisten, sind die Wassertemperaturen möglichst tief zu halten und den Wasserlebewesen in kritischen Zeiten kühle Rückzugsorte zu bieten. Damit temperaturempfindlichere Tier- und Pflanzenarten die Möglichkeit haben höheren Temperaturen auszuweichen, ist auch die Vernetzung der Biotope notwendig. Ein wesentlicher Teil von Revitalisierungsmaßnahmen ist, dass Fließgewässer wieder durchgängig gemacht werden, um Fischen und Makrozoobenthos das Wandern zu ermöglichen. Bachforelle oder Äsche sind zum Beispiel dafür bekannt, dass sie bei thermischem Stress kälteres Wasser aufsuchen (Elber et al. 2019).

Eine Aufweitung von Fließgewässern schafft mehr Platz für Wasser und trägt mit wertvollen Nischen zur Förderung der Biodiversität bei. Revitalisierungen stärken die Ökosysteme und tragen zur Verbesserung von deren Resilienz gegenüber Extremen bei, die Anpassungsfähigkeit steigt – eine unabdingbare Eigenschaft für gute Erfolgsaussichten bei der Anpassung an den Klimawandel. Klimaanpassungsmaßnahmen steigern nicht nur die Anpassungsfähigkeit eines Systems, sondern können auch direkte Verbesserungen für einzelne Arten bieten. Gezielte Maßnahmen zur Beschattung der Gewässer sowie die Ausgestaltung von Kolken und Niederwasserrinnen verhindern extreme Wassertemperaturzunahmen und das Austrocknen auch während solcher Wetterbedingungen. Sie vermindern die Auswirkungen des Klimawandels auf Fischpopulationen und Makrozoobenthos, indem kühlere Rückzugsorte und überlebenswichtige Restwassermengen gesichert werden. (Schulthess 2021) Uferbegleitbepflanzungen bilden Wanderkorridore für verschiedene Arten und spielen demzufolge auch für die Erhaltung der Lebensgemeinschaften eine wesentliche Rolle (Melcher et al. 2015). Wasserpflanzen erfüllen

### Vloga revitaliziranega ekosistema

Da bi zagotovili nadaljnji obstoj biocenoze v tekočih vodah ob postopnih podnebnih spremembah, je treba ohranjati čim nižje temperature vode in vodnim organizmom v kritičnih obdobjih zagotoviti hladna zatočišča. Da bi se temperaturno občutljive živalske in rastlinske vrste lahko izognile višjim temperaturam, je treba biotope tudi povezati. Bistveni del revitalizacijskih ukrepov je, da so tekoče vode ponovno prehodne, da se omogoči selitev rib in makrozoobentosa. Znano je na primer, da potočna postrv ali lipan med toplotnim stresom poiščeta hladnejšo vodo (Elber et al. 2019).

Širitev vodotokov ustvarja več prostora za vodo in prispeva k spodbujanju biotske raznovrstnosti z dragocenimi nišami. Revitalizacija krepi ekosisteme in prispeva k izboljšanju njihove odpornosti na ekstremne pojave ter povečuje prilagoditveno zmogljivost, ki je nujna za uspešno prilagajanje podnebnim spremembam. Ukrepi za prilagajanje podnebnim spremembam ne povečujejo le prilagoditvene zmogljivosti sistema, temveč lahko tudi neposredno izboljšajo stanje posameznih vrst. Ciljno usmerjeni ukrepi za zasenčenje vodnih teles ter načrtovanje ustrezno oblikovanih korit preprečujejo ekstremno povišanje temperature vode in izsuševanje tudi v takšnih vremenskih razmerah. Z zagotavljanjem hladnejših zatočišč in ustreznih količin vode, ki so bistvene za preživetje, zmanjšujejo vplive podnebnih sprememb na ribje populacije in makrozoobentos. (Schulthess 2021)

Obrežna vegetacija tvori migracijske koridorje za različne vrste in ima zato bistveno vlogo pri ohranjanju biotskih združb (Melcher et al. 2015). Vodne rastline imajo tudi pomembno varovalno funkcijo, saj se prilagajajo fazam visokega ali nizkega pretoka vode. Med poplavami so rastline potisnjene na stran ali odnesene, medtem ko lahko ob nizki vodi in v sušnih obdobjih zadržujejo vodo in preprečujejo izsušitev. V bistvu vodni tok naravno razdelijo na hitrejše in počasnejše predele, ki ustvarjajo

zudem eine wichtige Pufferfunktion indem sie sich an Phasen mit hoher oder niedriger Wasserführung anpassen. Bei Hochwasser werden die Pflanzen auf die Seite gedrängt oder mitgerissen, während sie bei Niedrigwasser und Trockenperioden Wasser zurückhalten und Austrocknung verhindern können. Grundsätzlich führen sie zu einer natürlichen Zonierung eines Fließgewässers in schneller und langsamer fließende Bereiche und erzeugen so Versteckmöglichkeiten sowie verschiedene ökologische Nischen. (Cornacchia et al. 2020).

### 3.3 Rolle einer Renaturierung auf die Gesundheit und das Wohlergehen der Menschen

Flusslandschaften haben sich seit tausenden von Jahren zu Siedlungs-, Infrastruktur- und Produktionsräumen entwickelt. Der Mensch findet dort Fisch als Nahrungsmittel, erhält Trink-, Kühl- und Bewässerungswasser oder kann das Gewässer für Freizeitgestaltung nutzen. Flusslandschaften können einen kulturellen und ästhetischen Wert darstellen oder bieten auch Flächen für den Hochwasserschutz. Durch eine zunehmende Intensivierung der Landnutzung entsteht jedoch eine Kanalisierung, Stauhaltung und andere radikale Veränderungen. Studien zeigen, dass eine Renaturierung von Fließgewässern den gesamtgesellschaftlichen Nutzen erhöht. (Bross 2012)

Ökologisch funktionsfähige und naturnahe Fließgewässer und Auen stellen zahlreiche Funktionen und Leistungen für die Gesellschaft zur Verfügung (Mehl et al. 2018). Zu diesen Ökosystemleistungen zählen Versorgungsleistungen (Bereitstellung von Gütern wie z.B. Trink- und Brauchwasser, Nahrung, Rohstoffe), Regulierungsleistungen (z.B. Selbstreinigung, Abführung von Hochwasser / Hochwasserschutz, Minderung von Naturgefahren, Klimaregulation) und kulturelle Leistungen Landschafts- und (z.B. Gewässerbild, Spiritualität, Inspiration, Freizeit- und Bildungsmöglichkeiten).

Das Konzept der Ökosystemleistungen (ÖSL) bietet dabei eine Möglichkeit, „das Bewusstsein für die Bedeutung von unbeeinträchtigten Flusslandschaften für die Erbringung von Leistungen für den Menschen zu

skrivališča in različne ekološke niše. (Cornacchia et al. 2020).

### Vloga renaturacije na zdravje in dobro počutje ljudi

Obrečne pokrajine se že tisočletja razvijajo v naselja, infrastrukturna in proizvodna območja. Ribe pomenijo hrano, ljudje dobijo vodo za pitje, hlajenje in namakanje ali pa vodno telo uporabljajo za rekreacijo. Obrečne pokrajine lahko predstavljajo kulturno in estetsko vrednost ali pa so namenjene varstvu pred poplavami. Vendar se zaradi vse intenzivnejše rabe tal vse bolj spreminjajo struge, jezovi in druge korenite spremembe. Študije kažejo, da renaturacija vodotokov povečuje koristi za družbo kot celoto. (Bross 2012)

Ekološko funkcionalni in skoraj naravni vodotoki in poplavna območja zagotavljajo številne funkcije in storitve za družbo (Mehl et al. 2018). Te ekosistemske storitve vključujejo oskrbovalne storitve (zagotavljanje dobrin, kot so pitna in servisna voda, hrana, surovine), regulativne storitve (npr. samoočiščevanje, odvajanje poplav/zaščita pred poplavami, blaženje naravnih nevarnosti, uravnavanje podnebja) ter kulturne storitve krajine in (npr. podoba vodnega telesa, duhovnost, navdih, možnosti za rekreacijo in izobraževanje).

V tem kontekstu koncept ekosistemskih storitev (ESL) ponuja način za "ozaveščanje o pomenu neokrnjenih rečnih krajin za zagotavljanje storitev za ljudi in njihovo lažje upoštevanje v procesih odločanja" (Böck 2020). Namen koncepta je prikazati povezavo med različnimi vplivi na ekosistem in razpoložljivostjo njihovih funkcij, s

schärfen und diese in Entscheidungsprozessen leichter zu berücksichtigen“ (Böck 2020). Das Konzept hat zum Ziel, die Verbindung zwischen den unterschiedlichen Einflüssen auf das Ökosystem und der Verfügbarkeit ihrer Funktionen aufzuzeigen und dadurch auch auf die Bereitstellung von Leistungen für den Menschen aufzuzeigen (ebd.).

Revitalisierungsmaßnahmen von Fließgewässern haben auch auf die Resilienz der Anwohner\*innen positive Auswirkungen. Speziell in urbanen Regionen werden hier die Verringerung des Hochwasserrisikos und von Schadstoffkonzentrationen, die Verbesserung der Wasserqualität, die Verbesserung der Ökologie und biologischen Vielfalt durch Schaffung neuer Lebensräume und standortgerechter Vegetation, sowie die Verbesserung der Lebensqualität durch die Schaffung von Naherholungsbereichen für die lokale Bevölkerung genannt. Revitalisierungsmaßnahmen von Fließgewässern leisten zudem einen wertvollen Beitrag zur öffentlichen Gesundheit, zur sozialen Interaktion, zur Landnutzung, Erhöhung der Sicherheit und Anpassung an den Klimawandel. (Branković & Marković 2021)

Besonders relevant stellen sich Fließgewässer für Tourismus, Naherholung und Freizeitnutzung dar. Naturnahe Fließgewässer können die Wohn- und Lebensqualität steigern und tragen zu physischer und psychischer Gesundheit und Wohlbefinden des Menschen bei. So begünstigen gezielte Renaturierungsmaßnahmen für Flussumgebungen das menschliche Wohlbefinden, indem Kühleffekte sowohl für die Flusstemperatur, als auch für die umgebende Lufttemperatur erzielt werden können (Abdi et al. 2020). Die Oberflächenkühlung im Flussgebiet könnte zudem den physiologischen Stress an heißeren und trockeneren Tagen reduzieren und positive Rückkopplungen auf die lokale bis regionale Lufttemperatur haben (Hemes et al. 2018).

Deffner & Haase (2018) untersuchten soziale Auswirkungen von zehn Flussrenaturierungen in Deutschland. Die renaturierten Flussabschnitte werden von mehr als 80 % der Befragten positiv wahrgenommen, die den jeweiligen Abschnitt als

chömer se nakazuje tudi zagotavljanje storitev za ljudi (ibid.).

Ukrepi za revitalizacijo vodotokov pozitivno vplivajo tudi na odpornost lokalnih prebivalcev. Predvsem v urbanih regijah so omenjene zmanjšanje poplavne ogroženosti in koncentracije onesnaževal, izboljšanje kakovosti vode, izboljšanje ekologije in biotske raznovrstnosti z ustvarjanjem novih habitatov in rastišč, primernih za določeno območje, ter izboljšanje kakovosti življenja z ustvarjanjem rekreacijskih območij za lokalno prebivalstvo. Ukrepi za oživitev vodotokov dragoceno prispevajo tudi k javnemu zdravju, družbenim stikom, rabi zemljišč, večji varnosti in prilagajanju podnebnim spremembam. (Branković & Marković 2021)

Tekoče vode so zlasti pomembne za turizem, lokalno rekreacijo in prosti čas. Naravni vodotoki v bližini lahko izboljšajo kakovost bivanja ter prispevajo k telesnemu in duševnemu zdravju in dobremu počutju ljudi. Na primer, ciljno usmerjeni obnovitveni ukrepi za rečna okolja ugodno vplivajo na počutje ljudi, saj dosegajo učinke ohlajanja temperature reke in okoliškega zraka (Abdi et al. 2020). Hlajenje rečne površine bi lahko zmanjšalo tudi fiziološki stres v bolj vročih in suhih dneh ter pozitivno vplivalo na lokalno in regionalno temperaturo zraka (Hemes et al. 2018).

Deffner & Haase (2018) sta preučevala družbene učinke desetih projektov obnove rek v Nemčiji. Renaturizirane odseke reke pozitivno dojema več kot 80 % anketirancev, ki zadevni odsek označujejo kot skoraj naraven in lep. Po njihovem mnenju ukrepi renaturacije zelo koristijo tako ekosistemu kot lokalnim prebivalcem. Renaturalizirane reke se dojemajo kot kraj za rekreacijo - obiskujejo se zaradi opazovanja narave, sprehajanja, kolesarjenja in sprostitve. (Deffner & Haase 2018)

Renaturacija je lahko koristna tudi z vidika - morda za človeka - negativnih posledic parazitov in neofitov. Paraziti, ki lahko preživijo v gostiteljih, ki niso ljudje, kot so potoki, omejujejo nadzor bolezni. Renaturacija lahko to odpravi z obnovitvijo naravnih sovražnikov parazitov v reki. Skolow et al. (2015) navajajo primer tega z naseljevanjem rakov na območjih z visoko stopnjo prenosa bolezni schistosomiasis. Po posegu se je število

naturnah und schön beschreiben. Nach deren Ansicht profitieren sowohl das Ökosystem als auch die Anwohner\*innen in hohem Maße von den Renaturierungsmaßnahmen. Die renaturierten Flüsse werden als Ort der Erholung wahrgenommen – Besuche werden zur Beobachtung der Natur, zum Spaziergehen, Fahrradfahren und Entspannen getätigt. (Deffner & Haase 2018)

Renaturierungen können sich zudem hilfreich in Bezug auf – für den Menschen möglicherweise – negative Folgen von Parasiten und Neophyten haben. Parasiten, die in nicht-menschlichen Wirten – wie Fließgewässern – überleben können, schränken die Bekämpfung von Krankheiten ein. Hier können Renaturierungen durch die Wiederherstellung natürlicher Parasiten-Feinde im Fluss Abhilfe schaffen. Skolow et al. (2015) belegen dies beispielhaft durch die Bevorratung von Flusskrebse in Gebieten mit hoher Übertragungsraten der Wurmerkrankung Schistosomiasis. Nach erfolgter Intervention konnte die Anzahl infizierter Schnecken als Zwischenwirte der Krankheit signifikant reduziert werden. Durch eine Renaturierung wird somit ein wesentlicher Beitrag zur Bekämpfung von Schistosomiasis geleistet. (Skolow et al. 2015)

Neophyten sind Pflanzenarten, die durch den Menschen über biogeografische Grenzen hinweg in fremde Gebiete transportiert wurden. Invasive Neophyten besitzen ein starkes Ausbreitungspotenzial und bilden oft Dominanzbestände. Weil ihre Ausbreitung auf Kosten von einheimischen Arten erfolgen kann, tragen sie weltweit zum Rückgang der biologischen Vielfalt bei (Sala et al. 2000). Außerdem können Neophyten unter anderem gesundheitliche Probleme, wie Allergien, verursachen (Vitousek et al. 1997). Daher sollte den Neophyten bei Revitalisierungsprojekten von Anfang an genügend Aufmerksamkeit geschenkt werden. Studien aus verschiedenen Ländern zeigen zudem, dass Flussrenaturierungen die Ansiedlung von Neophyten verhindern können. Eine gut entwickelte Baumschicht kann der Ausbreitung vieler Neophyten-Arten wirksam entgegenwirken (Haag et al. 2013).

okuženih polžev kot vmesnih gostiteljev bolezni znatno zmanjšalo. Renaturacija tako pomembno prispeva k boju proti shistosomozni. (Skolow et al. 2015)

Neofiti so rastlinske vrste, ki jih je človek prenesel čez biogeografske meje na tuja območja. Invazivni neofiti imajo močno sposobnost širjenja in pogosto tvorijo dominantne sestoje. Ker se lahko širijo na račun avtohtonih vrst, prispevajo k zmanjšanju biotske raznovrstnosti po vsem svetu (Sala et al. 2000). Poleg tega lahko neofiti povzročijo zdravstvene težave, kot so alergije (Vitousek et al. 1997). Zato je treba pri projektih oživiljanja že od samega začetka nameniti dovolj pozornosti neofitom. Študije iz različnih držav tudi kažejo, da lahko obnova rek prepreči naselitev neofitov. Dobro razvita drevesna plast lahko učinkovito prepreči širjenje številnih neofitnih vrst (Haag et al. 2013).

## 4 Zusammenfassung

Die nachfolgenden Tabellen stellen eine Übersicht zu möglichen Auswirkungen des Klimawandels und Maßnahmen zur Klimawandelanpassung im Rahmen einer Renaturierung zu den drei diskutierten Themenfeldern dar:

### 4.1 Gewässer

Tabelle 1: Liste der Auswirkungen des Klimawandels auf Gewässer und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel.

Auswirkungen des Klimawandels auf Gewässer	Maßnahmen zur Klimawandelanpassung
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gefahr der Austrocknung – diese kann sich negativ auf die Selbstreinigungskapazität auswirken, Trockenperioden beeinflussen Nährstoffkonzentration</li> <li>– Anstieg der Wassertemperatur</li> <li>– Höhere Dynamik im Abflussregime</li> <li>– durch Starkregenereignisse verursachte Hochwasser</li> <li>– Veränderungen im Sedimenttransport Gefahr des Absinkens des Grundwasserspiegels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Beschattung durch Ufergehölze kann Selbstreinigungskapazität erhöhen</li> <li>– Beschattung reduziert/verhindert problematische Wassertemperaturen</li> <li>– Hochwasserschutz durch Schaffung bzw. Rückgewinnung von Retentionsräumen</li> <li>– Breitenvariabilität und kleinräumige Laufverzweigung</li> </ul>

Tabela 1: Seznam vplivov podnebnih sprememb na vodna telesa in ukrepov za prilagajanje podnebnim spremembam.

Vpliv podnebnih sprememb na vodna telesa	Ukrepi za prilagajanje podnebnim spremembam
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Nevarnost izsušitve - to lahko negativno vpliva na sposobnost samočiščenja, sušna obdobja pa vplivajo na koncentracijo hranil</li> <li>– Povečanje temperature vode</li> <li>– Višja dinamika v pretočnem režimu</li> <li>– Poplave zaradi obilnih padavin</li> <li>– Spremembe v prenosu sedimentov Tveganje znižanja ravni podtalnice</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zasenčenje z obrežnimi drevesi lahko poveča samočistilno sposobnost</li> <li>– Senčenje zmanjšuje/preprečuje problematične temperature vode</li> <li>– Zaščita pred poplavami z vzpostavitvijo ali rekultivacijo zadrževalnikov</li> <li>– Variabilnost širine in razvejanost v majhnem obsegu</li> </ul>

### 4.2 Ökologie

### Ökologija

Tabelle 2: Auswirkungen des Klimawandels auf die aquatische Ökologie und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel.

Auswirkungen des Klimawandels auf die Gewässerökologie	Maßnahmen zur Klimawandelanpassung
<p><i>Direkte Auswirkungen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Biologische Homogenisierung durch Artenverlust und Einschleppen gebietsfremder, euryöke Arten → geringere Resilienz gegenüber Veränderungen</li> <li>– Massenvermehrung des Phytoplanktons</li> <li>– Austrocknung von Laichgewässern</li> <li>– Erhöhung der Stoffwechselrate bei Fischen und Wirbellosen was zu einer Erhöhung des Sauerstoffbedarfs führt</li> <li>– Empfindlichkeit gegenüber Krankheiten kann steigen</li> <li>– Eingeschleppte Krankheitserreger wie der Chytridpilz profitieren von höheren Temperaturen</li> <li>– Verschiebung der Verbreitungsgrenzen, Verschiebung der Aktivitätszeiten, Brutzeiten, Eiablage, Austrieb</li> </ul>	<p>Klimaanpassungsmaßnahmen durch Revitalisierung steigern nicht nur die Anpassungsfähigkeit eines Systems, sondern können auch direkte Verbesserungen für einzelne, zum Beispiel temperaturempfindliche, Arten bieten.</p> <p><i>Zentrale Maßnahmen um Fließgewässerökosysteme ansteigende Temperaturen anzupassen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausreichende Beschattung durch heimische, standorttypische Gehölze. So werden zu hohe Wassertemperaturen reduziert oder ganz verhindert. Von gut beschatteten Zubringern profitieren auch die größeren Gewässer. Differenzen zwischen beschatteten und unbeschatteten Gewässerabschnitten können bis zu 5°C betragen.</li> <li>– Vernetzen von Lebensräumen. Damit temperaturempfindliche Arten die Möglichkeit zum Ausweichen haben, ist die Vernetzung von Biotopen notwendig.</li> </ul>
<p><i>Indirekte Auswirkungen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Temperaturerhöhung von Gewässern führt zu einem geringeren Sauerstofflösungsvermögen - Arten mit erhöhtem Sauerstoffbedarf können so bei steigenden Wassertemperaturen ersticken (die direkte Auswirkung der Erhöhung der Stoffwechselrate trägt zu dieser indirekten Folge bei)</li> <li>– Steigender CO<sub>2</sub> Gehalt der Atmosphäre führt zu einer Änderung von Struktur und Zusammensetzung von neu aufgebautem Pflanzengewebe (direkte Auswirkung) - indirekt wirkt sich das auf die Pflanzenfresser aus.</li> <li>– Verfrühter Austrieb einer Wirtspflanze (direkte Folge) kann zu negativen Folgen (indirekte Auswirkung) für Insekten führen die auf diese Pflanze als Nahrungsquelle angewiesen sind.</li> </ul>	<p><i>Rolle weiterer Maßnahmen als Teil der Klimawandelanpassung:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Vorausschauende Hochwasserschutzplanung um den erwarteten Starkregenereignissen zu trotzen</li> <li>– Aufweitungen bieten mehr Platz für (Hoch)Wasser und erzeugen wertvolle Nischen zur Förderung der Biodiversität.</li> <li>– Ausgestaltung von Kolken und Niederwasserrinnen wirken extremen Wassertemperaturzunahmen entgegen und bieten Schutz vor Austrocknung</li> <li>– Neophytenmanagement als Teil vom generellen Gewässermanagement und auch als Teil von Revitalisierungsmaßnahmen. Jegliche bauliche Eingriffe, auch Revitalisierung</li> </ul>
<p><i>Auswirkung auf invasive, gebietsfremde Arten:</i> Invasive Neobiota sind euryöke, anpassungsfähige Arten, die meist von einer Erwärmung der</p>	

<p>Durchschnittstemperaturen profitieren - als Folge steigt das Invasionsrisiko.</p> <p>Beispiele für Neobiota die profitieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Goldruten (<i>Solidago sp.</i>)</li> <li>– Eschenahorn (<i>Acer negundo</i>)</li> <li>– Japanischer Staudenknöterich (<i>Fallopia japonicus</i>)</li> <li>– Nutria (<i>Myocastor coypus</i>)</li> <li>– Sonnenbarsch (<i>Lipomus gibbosus</i>)</li> <li>– Blaubandbärbling (<i>Pseudorasbora parva</i>)</li> <li>– Chytridpilz (<i>Batrachochytrium dendrobatidis</i>)</li> </ul> <p>Beispiele für Neobiota die nach heutigen Modellen nicht profitieren werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Drüsiges Springkraut (<i>Impatiens glandulifera</i>)</li> <li>– Signalkrebs (<i>Pacifastacus leniusculus</i>)</li> </ul>	<p>und Renaturierung, bergen die Gefahr der explosionsartigen Vermehrung von Neophyten.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Förderung der heimischen, standorttypischen Flora</li> <li>– Richtiger Umgang mit heimischen submersen Makrophyten. Sie spielen eine wichtige Rolle als Puffer. Sie erzeugen eine Zonierung des Gewässers in strömungsstärkere und strömungsärmere Bereiche. Erzeugen Nischen und fördern so die Biodiversität. Bei Niedrigwasser und Trockenperioden halten sie Wasser zurück und wirken der Austrocknung entgegen.</li> <li>– Passende Uferbegleitbepflanzung erzeugt Wanderkorridore und trägt zur Biotopvernetzung bei.</li> </ul>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabela 2: Vpliv podnebnih sprememb na vodno ekologijo in ukrepi za prilagajanje podnebnim spremembam.

Vpliv podnebnih sprememb na vodno ekologijo	Ukrepi za prilagajanje podnebnim spremembam
<p><i>Neposredni vplivi:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Biološka homogenizacija zaradi izgube vrst in vnosa tujerodnih, evricidnih vrst → Manjša odpornost na spremembe</li> <li>– Množično širjenje fitoplanktona</li> <li>– Presihanje drstitvenih voda</li> <li>– Povečanje hitrost presnove rib in nevretenčarjev, zaradi česar se poveča potreba po kisiku</li> <li>– Poveča se lahko dovzetnost za bolezni</li> <li>– Vneseni patogeni, kot je gliva chytrid, imajo koristi od višjih temperatur</li> <li>– Premik meja razširjenosti, premik časa aktivnosti, časa razmnoževanja, izleganja jajčec, brstenja</li> </ul>	<p>Ukrepi za prilagajanje podnebnim spremembam z revitalizacijo ne povečujejo le prilagoditvene zmogljivosti sistema, temveč lahko nudijo tudi neposredne izboljšave za posamezne, na primer za temperaturo občutljive vrste.</p> <p><i>Ključni ukrepi za prilagoditev ekosistemov vodotokov na naraščajoče temperature:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zadostna zasenčenost z avtohtonimi drevesnimi rastlinami, značilnimi za to območje. To zmanjša ali popolnoma prepreči previsoke temperature vode. Večjim vodnim telesom koristijo tudi dobro zasenčeni pritoki. Razlike med zasenčenimi in nezasenčenimi deli vodnih teles lahko znašajo do 5 °C.</li> <li>– Mreženje habitatov. Za zagotovitev možnosti pobega vrst, občutljivih na temperaturo, je potrebno povezovanje biotopov v mreže.</li> </ul>
<p><i>Posredni učinki:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Povečanje temperature vodnih teles povzroči manjšo sposobnost raztapljanja kisika - vrste s povečano potrebo po kisiku se tako lahko ob povečanju temperature vode zadušijo (k tej posredni</li> </ul>	

<p>posledici prispeva neposredni učinek povečanja hitrosti presnove).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Naraščajoča raven CO<sub>2</sub> v ozračju povzroči spremembo strukture in sestave novonastalih rastlinskih tkiv (neposredni učinek) - posredni učinek na rastlinojede.</li> <li>– Zgodnje pojavljanje gostiteljske rastline (neposredni učinek) ima lahko negativne posledice (posredni učinek) za žuželke, ki so odvisne od te rastline kot vira hrane.</li> </ul>	<p><i>Vloga nadaljnjih ukrepov v okviru prilagajanja podnebnim spremembam:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Predhodno načrtovanje zaščite pred poplavami za obvladovanje pričakovanih močnih padavin</li> <li>– Širitve zagotavljajo več prostora za (visoko) vodo in ustvarjajo dragocene niše za spodbujanje biotske raznovrstnosti.</li> <li>– Oblikovanje melišč in kanalov za nizko vodo preprečuje ekstremno povišanje temperature vode in zagotavlja zaščito pred izsušitvijo.</li> <li>– Upravljanje neofitov kot del splošnega upravljanja vodotokov in tudi kot del revitalizacijskih ukrepov. Vsak strukturni poseg, vključno z revitalizacijo in renaturacijo, je povezan s tveganjem eksplozivnega širjenja neofitov.</li> <li>– Spodbujanje avtohtone, za območje značilne flore</li> <li>– Pravilno ravnanje z avtohtonimi potopljenimi makrofiti. Imajo pomembno vlogo blažilnika. Z njimi se vodno telo razdeli na območja z večjim in manjšim pretokom. Ustvarjajo niše in s tem spodbujajo biotsko raznovrstnost. V sušnih obdobjih in ob pomanjkanju vode zadržujejo vodo in preprečujejo izsuševanje.</li> <li>– Ustrezne obrežne zasaditve ustvarjajo migracijske koridorje in prispevajo k povezanosti biotopov.</li> </ul>
<p><i>Vpliv na invazivne tujerodne vrste:</i></p> <p>Invazivne tujerodne vrste so evrične, prilagodljive vrste, ki jim običajno koristi segrevanje povprečnih temperatur - zaradi tega se poveča tveganje za invazijo.</p> <p>Primeri neobiotov, ki koristijo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zlata rozga (<i>Solidago sp.</i>)</li> <li>– Amerikanski javor (<i>Acer negundo</i>)</li> <li>– Japonski dresnik (<i>Fallopia japonicus</i>)</li> <li>– Nutrija (<i>Myocastor coypus</i>)</li> <li>– Sončni ostrž (<i>Lipomus gibbosus</i>)</li> <li>– Pseudrazbora (<i>Pseudoraspora parva</i>)</li> <li>– Chytidna gliva (<i>Batrachochytrium dendrobatidis</i>)</li> </ul> <p>Primeri neobiotov, ki v skladu s sedanjimi modeli ne bodo imeli koristi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Žlezava nedotika (<i>Impatiens glandulifera</i>)</li> <li>– Signalni rak (<i>Pacifastacus leniusculus</i>)</li> </ul>	

### 4.3 Gesundheit und Wohlergehen der Menschen Zdravje in dobro počutje ljudi

Tabelle 3: Auswirkungen des Klimawandels auf die menschliche Gesundheit und das Wohlbefinden und Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel.

Auswirkungen des Klimawandels auf die Gesundheit und das Wohlergehen der Menschen	Maßnahmen zur Klimawandelanpassung
Gefährdung von Besitz und Leben durch Extremwetterereignisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bewusstseinsbildung</li> <li>– Wiederherstellung natürlicher Parasiten-Feinde</li> </ul>

<p>Ausbreitung von Parasiten und allergieauslösenden Neophyten</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Beseitigung von allergieauslösenden Neophyten (Eindämmung z.B. durch eine gut entwickelte Baumschicht)</li> </ul>
<p>Reduzierung und Gefährdung der Ökosystemleistungen, wie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Versorgungsleistungen (Rohstoffe, Trink- und Brauchwasser,...)</li> <li>– Regulierungsleistungen (Klimaregulation,...)</li> <li>– kulturelle Leistungen (Freizeitmöglichkeiten,...)</li> </ul>	<p><i>Renaturierungsmaßnahmen haben u.a. positive Auswirkungen auf:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Steigerung der Wohn- und Lebensqualität</li> <li>– Kühleffekte (z.B. durch Oberflächenkühlung)</li> <li>– Linderung Hitzestress</li> <li>– Verbesserung des Naherholungs- und Freizeit- bzw. Tourismusangebots</li> <li>– Steigerung der Resilienz</li> </ul>

Tabela 3: Vpliv podnebnih sprememb na zdravje in dobro počutje ljudi in ukrepi za prilagajanje podnebnim spremembam.

<b>Vpliv podnebnih sprememb na zdravje in dobro počutje ljudi</b>	<b>Ukrepi za prilagajanje podnebnim spremembam</b>
<p>Tveganje za premoženje in življenje zaradi ekstremnih vremenskih pojavov</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ozaveščanje</li> <li>– Obnovitev naravnih sovražnikov</li> </ul>
<p>Širjenje parazitov in alergeni neofitov</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Odstranitev alergenih neofitov</li> </ul>
<p>Zmanjšanje in ogrožanje ekosistemskih storitev, kot so</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Komunalne storitve (surovine, pitna in tehnološka voda...)</li> <li>– Regulativne storitve (podnebni predpisi, ...)</li> <li>– Kulturni dosežki (možnosti za rekreacijo,...)</li> </ul>	<p>(zadrževanje, npr. z dobro razvito drevesno plastjo)</p> <p><i>Ukrepi za renaturacijo imajo med drugim pozitivne učinke na:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Izboljšanje kakovosti bivanja in življenja</li> <li>– Učinki hlajenja (npr. s površinskim hlajenjem)</li> <li>– Blažitev vročinskega stresa</li> <li>– Izboljšanje lokalnih rekreacijskih in prostočasnih/turističnih zmogljivosti</li> <li>– Povečanje odpornosti</li> </ul>

## Quellen und Literatur

### Viri in literatura

1. Abdi, R., Endreny, T., Nowak, D. (2020). A model to integrate urban river thermal cooling in river restoration. *Journal of Environmental Management* 258, doi: 10.1016/j.jenvman.2019.110023.
2. Böck, K. (2020). Ökosystemleistungen in Flusslandschaften. In # PLACEHOLDER\_PARENT\_METADATA\_VALUE# (Vol. 252, pp. 51-72). TU, Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement. <https://doi.org/10.2298/FUACE211203015D>
3. Branković, M. D., Marković, M. (2021). Revitalizing small urban streams as an instrument of urban planning in creating resilient cities. In: *Architecture and Civil Engineering* Vol. 19, No 2, 2021, pp. 193-205.
4. Bross, F. (2012). Die Renaturierung von Fließgewässern. url: <http://fabianbross.de/renaturierung> (22.12.2022)
5. Capinha, C., Larson, E.R., Tricario, E., Olden, J.D. et al. (2013): Effects of climate change, invasive species, and disease on the distribution of native European crayfishes. *Conserv. Biol.* 27: 731-740.

6. Chang, H. & Bonnette, M.R. (2016). Climate change and water-related ecosystem services: impacts of drought in California, USA. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2:12, e01254, DOI: 10.1002/ehs2.1254
7. Cornacchia, L., Wharton, G., Davies, G., Grabowski, R.C., Temmerman, S., van der Wal, D., Bouma, T.J., van de Koppel, J. (2020). Self-organization of river vegetation leads to emergent buffering of river flows and water levels. *Proc. R. Soc. B* 287: 20201147. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2020.1147>
8. Deffner, J., Haase, P. (2018). The societal relevance of river restoration. *Ecology and Society* 23(4), 35. <https://doi.org/10.5751/ES-10530-230435>.
9. Eder, M. (2019). Anpassungskonzept der Klimawandelanpassungsregion – KLAR! Netzwerk Südost Gemeindeverbund GmbH.
10. Elber, F., Stäheli, T., & Camenzind, M. (2019). Revitalisierung von Fließgewässern in Zeiten des Klimawandels. *Aquaviva* 61. Jahrgang, S. 26-31.
11. Essl, F., Rabitsch, W. (2013). Biodiversität und Klimawandel. Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. Springer Spektrum Verlag. S.32- 301.
12. Gössinger-Wieser, A., Prutsch, A., & Balas, M. (2015). Klimawandelanpassung- Strategie Steiermark 2050. (Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Hrsg.). Graz: Amt der Steiermärkischen Landesregierung.
13. Haag, S., Nobis, M.P., Krüsi, B.O. (2013). Profitieren invasive Neophyten von Flussrevitalisierungen? *NuL* 45(12), 357-364.
14. Hari, R. E., Livingstone, D. M., Siber, R., Burckhardt Holm, P., Güttinger, H. (2006). Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Glob Change Biol* 12: 10-26.
15. Heckwolf, M. J., Meyer, B. S., Häsler, R., Höppner, M. P., Eizaguirre, C., Reusch, T. B. H. (2020). Two different epigenetic information channels in wild three-spined sticklebacks are involved in salinity adaptation. *Science Advances* 2020, 6.
16. Hemes, K. S., Eichelmann, E., Chamberlain, S. D., Knox, S. H., Oikawa, P. Y., Sturtevant, C., et al. (2018). A unique combination of aerodynamic and surface properties contribute to surface cooling in restored wetlands of the Sacramento-San Joaquin Delta, California. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 123, 2072–2090. <https://doi.org/10.1029/2018JG004494>.
17. Kaiser, M., Günnemann, S., Disse, M. (2021). Spatiotemporal analysis of heavy rain-induced flood occurrences in Germany using a novel event database approach, *Journal of Hydrology*, Volume 595, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.125985>.
18. Kollmann J., Kirmer A., Tischew S., Hölzel N., Kiehl K. (2019). Renaturierungsökologie; Springer Spektrum, Springer-verlag GmbH; <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54913-1>.
19. Mehl, D., Hoffmann, T. G., Iwanowski, J., Lüdecke, K., Thiele, V. (2018). 25 Jahre Fließgewässerrenaturierung an der mecklenburgischen Nebel: Auswirkungen auf den ökologischen Zustand und auf regulative Ökosystemleistungen. In: *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, 62. 2018, H.1. DOI: 10.5675/HyWa\_2018,1\_1
20. Melcher, A., Kalny, G., Dossi, F., Formayer, H., Graf, W., Leitner, P., Pletterbauer, F., Schaufler, K., Trimmel, H., Weihs, Ph., Rauch H. P. (2015). Guidelines for River Restoration as Mitigation Strategies Against Climate Change. University of Natural Resources and Life Sciences Vienna.
21. Metzger, D. (2016). Ausbreitung von Pflanzen infolge des Klimawandels. In: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, R. Müller & E. Racher (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Die Biodiversität*. pp. 152-157. Online: [https://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/pdf/de/biodiversitaet/warnsignal\\_klima-die\\_biodiversitaet-kapitel-3\\_9.pdf](https://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/pdf/de/biodiversitaet/warnsignal_klima-die_biodiversitaet-kapitel-3_9.pdf), doi:10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.25.
22. Moosmann, L., Schmid, M., Wüest, A. (2005). Einfluss der Beschattung auf das Temperaturregime der Orbe. *EAWAG Kastanienbaum*. 27 S.

23. Morales-Baquero, R., Carrillo, P., Barea-Arco, J., Perez-Martinez, C., Villar-Argaiz, M. (2006). Climate-driven changes on phytoplankton-zooplankton coupling and nutrient availability in high mountain lakes of Southern Europe. *Freshw Biol* 51: 989-998.
24. Nehring, S. (2016). Invasive Arten profitieren vom Klimawandel. In: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, R. Müller & E. Rachor (Hrsg.). *Warnsignal Klima: Die Biodiversität*. pp. 164-169. Online: [https://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/pdf/de/biodiversitaet/warnsignal\\_klima-die\\_biodiversitaet-kapitel-3\\_11.pdf](https://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/pdf/de/biodiversitaet/warnsignal_klima-die_biodiversitaet-kapitel-3_11.pdf), doi:10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.27.
25. Ott, J. (2010). Dragonflies and climatic change – recent trends in Germany and Europe. *BioRisk* 5: 253-286.
26. Pecl, G.T. et al. (2017). Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science* 355, eaai9214, 10.1126/science.aai9214.
27. Plass, L. (2020). Auswirkung von Entwicklungsmaßnahmen an Gewässern auf die Resilienz gegen den Klimawandel am Beispiel des Vogelschutzgebietes Hörre. Bachelorarbeit. Technische Hochschule Mittelhessen.
28. Poudel, D.D., Duex, T.W. (2017). Vanishing Springs in Nepalese Mountains: Assessment of Water Sources, Farmers' Perceptions, and Climate Change Adaptation. *Mountain Research and Development* 37(1), 35-46, 10.1659/MRD-JOURNAL-D-16-00039.1.
29. Pysek, P., Richardson, D.M. (2006). The biography of naturalization in alien plants. *Journal of Biogeography* 33, 2040–2050, doi: 10.1111/j.1365-2699.2006.01578.
30. Rabitsch, W., Milasowszky, N., Nehring, S., Wiesner, C., Wollte, C., Essl, F. (2012). The times are a changing: temporal shifts in patterns of fish invasions in Central European freshwaters. *J Fish Biol* doi: 10.1111/j.1095-8649.2012.03457.
31. Rabitsch, W., Nehring, S. (Hrsg.) (2017). Naturschutzfachliche Invasivitätsbewertungen für in Deutschland wild lebende gebietsfremde aquatische Pilze, Niedere Pflanzen und Wirbellose Tiere. – BfN-Skripten 458: 220 S.
32. Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H. (2000). Biodiversity – global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287, 1770-1774.
33. Schmutz, S., Matulla, C., Melcher, A., Gerersdorfer, T., Haas, P., Formayer, H. (2004). Beurteilung der Auswirkungen möglicher Klimaänderungen auf die Fischfauna anhand ausgewählter Fließgewässer. Endbericht im Auftrag des BMLFUW, Wien.
34. Schulthess, J. (2021). Erster Klimaspaziergang: Gewässer im Klimawandel - Fische, Hochwasserschutz und Renaturierung. <https://sh.ch/CMS/Webseite/Kanton-Schaffhausen/Beh-rde/Verwaltung/Departement-des-Innern/Interkantonaales-Labor/Klima-9084757-DE.html>.
35. Skolow, S.H. et al. (2015). Reduced transmission of human schistosomiasis after restoration of a native river prawn that preys on the snail intermediate host. *PNAS* 112(31), 9650-9655, doi: [10.1073/pnas.1502651112](https://doi.org/10.1073/pnas.1502651112).
36. Speerli J., Bachmann A.-K., Bieler S., Schumacher A., Gysin S. (2020). Auswirkungen des Klimawandels auf den Sedimenttransport. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), Bern.
37. Stein, K. (2019). Langzeitsimulation der Wassertemperatur von Fließgewässern mit Berücksichtigung der Beschattungsdynamik durch Ufergehölze. Dissertation.
38. Vitousek, P.M., D'Antonio, C.M., Loope, L.L., Rejmánek, M., Westbrooks, R. (1997). Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology* 21 (1), 1-16.
39. Vovk Korže, A., Vrhovšek, D., Kokot Krajnc, M., Križan, J., Hriberšek, N. (2011). Oblikovanje meril za izbiro pilotnih območij za uporabo ERM za uravnavanje podnebnih sprememb, Poročilo o rezultatih raziskave, Maribor, oktober 2011, Mednarodni center za ekoremediacijo – Filozofska fakulteta UM.

40. Vrhovšek, D., Vovk Korže, A. (2008). A. Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov. Ljubljana: LIMNOS, Mednarodni center za ekoremediacije, Filozofska fakulteta Univerze v Mariboru.
41. Weigelhofer, G., Tritthart, M. (2019). Austrocknung von Bächen – eine Gefahr für die Wasserqualität? In: Österr Wasser- und Abfallw 2019 · 71: 385–391. <https://doi.org/10.1007/s00506-019-0580-2>.
42. Wiesner, C., Wolter, C., Rabitsch, W., Nehring, S. (2010). Gebietsfremde Fische in Deutschland und Österreich und mögliche Auswirkungen des Klimawandels. BfN-Skripten 279: 1-192.
43. Winder, M., Schindler, D. E. (2004). Climate change uncouples trophic interactions in an aquatic ecosystem. Ecol 85: 2100-2106.
44. WRI - World Resources Institute (2005). Ecosystem and Human Well-Being - Opportunities and Challenges for Business and Industry. <http://hdl.handle.net/20.500.11822/8780>.
45. Wulfhorst, J. (2010). Erhöht die Renaturierung von Bächen die Vielfalt der Lebensräume? Bäche in Kassel als Fallbeispiele vor dem Hintergrund prognostizierter Veränderungen des Abfluss-Regimes durch den Klimawandel. In: Korn, H., Schliep, R., Stadler, J. (2010): Biodiversität und Klima – Vernetzung der Akteure in Deutschland VII – Ergebnisse und Dokumentation des 7. Workshops. BfN – Skripten 282 .
46. Zerbe, S. (2019). Renaturierung von Ökosystemen im Spannungsfeld von Mensch und Umwelt. Ein interdisziplinäres Fachbuch.
47. Zimmer, M., Helfer, V. (2016). Biodiversität, Ökosystemprozesse und Ökosystemleistungen. In: Lozán, J. L., Breckle, S.-W., Müller, R. & Rachor, E. (Hrsg.). Warnsignal Klima: Die Biodiversität. pp. 297-302. url: [https://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/pdf/de/biodiversitaet/warnsignal\\_klima-die\\_biodiversitaet-kapitel-5\\_1.pdf](https://www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de/wp-content/uploads/pdf/de/biodiversitaet/warnsignal_klima-die_biodiversitaet-kapitel-5_1.pdf) , doi:10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.48.