



© Hesse, Hochschule Magdeburg-Stendal

## Synergien im Gewässer-, Boden-, Arten- und Klimaschutz am Beispiel von Flussauen

Die Begradigung von Fließgewässern und das Drainieren von Auen führten zu einem Landnutzungswandel von Grünland zu Ackerbau. In der Folge kam es zur klimaschädlichen Mineralisierung der organischen Bodensubstanz, stiegen Oberflächenabfluss und Bodenerosion, und die Fließgewässer kolmatierten und verschlammten, was vor allem für kieslaichende Fische und Makroinvertebraten problematisch ist. Durch einen integrativ-systemischen Ansatz der Wiedervernässung lassen sich gleichzeitig Verbesserungen beim Gewässer-, Boden-, Arten- und Klimaschutz erzielen.

Jürgen Geist und Karl Auerswald

### 1 Strukturelle Veränderungen von Fließgewässern und ihren Auen

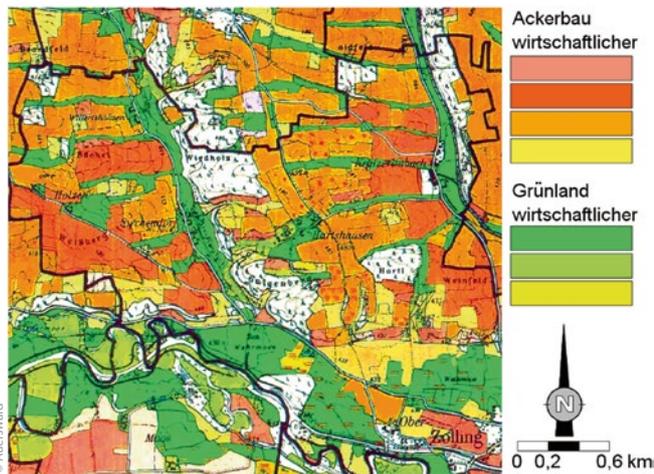
Fließgewässer sind vierdimensional vernetzte Systeme, die longitudinal, lateral, vertikal und zeitlich mit ihrer Umgebung interagieren [1]. Durch strukturelle Eingriffe des Menschen wurde dieser Charakter von Fließgewässern und deren Abflussregime in nahezu allen dicht besiedelten Gebieten weltweit stark verändert [2], was zu einer besonderen Gefährdung und dem starken Rückgang aquatischer Biodiversität führte, der weit drastischer als in vielen terrestrischen Systemen ausfällt [3], [4].

Bemerkenswert ist dabei, dass die Begradigung und der Verbau von Fließgewässern meist aus einem gesellschaftlichen Konsens heraus getragen wurde, um z. B. die Schiffbarkeit von Gewässern oder die hygienischen Bedingungen zu verbessern. Als klassisches Beispiel hierfür ist die Begradigung des Rheins durch Tulla und seine Nachfolger vor etwa 200 Jahren zu nennen. Auch am bayeri-

schen Lech wurde – wie an den meisten Gewässern 1. oder 2. Ordnung – der ursprünglich verzweigte und mäandrierende Flussverlauf durch ein begradigtes Gerinne ersetzt. Aus der Laufverkürzung resultiert eine Veränderung des Erosions-Sedimentationsgleichgewichts, die zu einer bis heute andauernden Eintiefung von ca. 2,5 cm/a führte, die mittlerweile zu mehreren Metern

#### Kompakt

- Die derzeit oftmals sektorale Betrachtung des Schutzes von aquatischen und terrestrischen Systemen ist unzureichend.
- Synergien in Gewässer-, Arten-, Klima- und Bodenschutz sollten besser genutzt werden.
- Ein integrativ-systemischer Ansatz der Auen-Wiedervernässung ist zielführend



**Bild 1:** Bodenschätzungskarte Freising Nord um 1940 mit der Amperaue am südlichen Blattrand und mehreren Nebenflüssen, die ein weit verzweigtes Grünland (grüne Flächen) entlang aller Flussläufe als wirtschaftlich vorzügliche Nutzung ausweist (die Bodenschätzung ist keine Realnutzungskartierung, sondern richtet sich nach dem betriebswirtschaftlich höchsten Nutzen; die verschiedenen Farbschattierungen entsprechen unterschiedlicher Korngrößenzusammensetzung der Böden)

akkumulierte und eine ebenso starke Absenkung des Grundwassers bewirkte. In der Folge kam es im Gewässer selbst als auch in der ehemaligen Flussaue zu einer Vielzahl von Veränderungen [4].

Intakte Flussaunen mit ihren periodisch wiederkehrenden Überflutungen wurden klassischerweise vor allem als Grünland genutzt. Historische Bodenschätzungsergebnisse belegen, dass selbst die Finanzverwaltung diese Form der Nutzung in der Talau in der Regel als die wirtschaftlichste bewertete, die der ackerbaulichen Nutzung in nichts nachstand (**Bild 1**). Erst die mit der Begradigung einhergehende Eintiefung von Fließgewässern ermöglichte dann das Drainieren der ehemals grundwassernahen Gewässerauen (**Bild 2**), was vielerlei Folgen hatte. Eine Folge war, dass sich durch die „Trockenlegung“ der Auen die Ertragsfähigkeit des Grünlandes so stark verschlechterte, dass eine Umwandlung von Grünland in Ackerland wirtschaftlich notwendig wurde. Diese Verschlechterung relativ zur Ackernutzung liegt daran, dass die Wiederbeblätterung nach Schnitt, Beweidung oder Seneszenz beim Grünland bereits bei Blattwasserpotenzialen  $-0,2$  MPa eingeschränkt wird und bald ganz zum Erliegen kommt, während bei Ackerkulturen, deren Blattapparat im Sommer bereits voll ausgebildet ist, die Photosynthese erst ab Blattwasserpotenzialen von  $-1,2$  MPa teilweise eingeschränkt wird. Zudem wurzelt Grünland wesentlich flacher als Ackerkulturen, da durch jeden Blattverlust auch das Wurzelsystem - zeitversetzt - neu aufgebaut werden muss [5]. Daher ist eine hohe Wasserverfügbarkeit selbst im Oberboden notwendig (**Bild 3**). Durch die Grundwasserabsenkung hat daher das Grünland beispielsweise in Bayern zwischen 1960 und 2018 um 641 000 ha abgenommen. Bezogen auf die Gesamtlänge des Fließgewässernetzes von rund 100 000 km entspricht dies einem Grünlandstreifen von 32 m Breite auf beiden Seiten aller Fließgewässer.

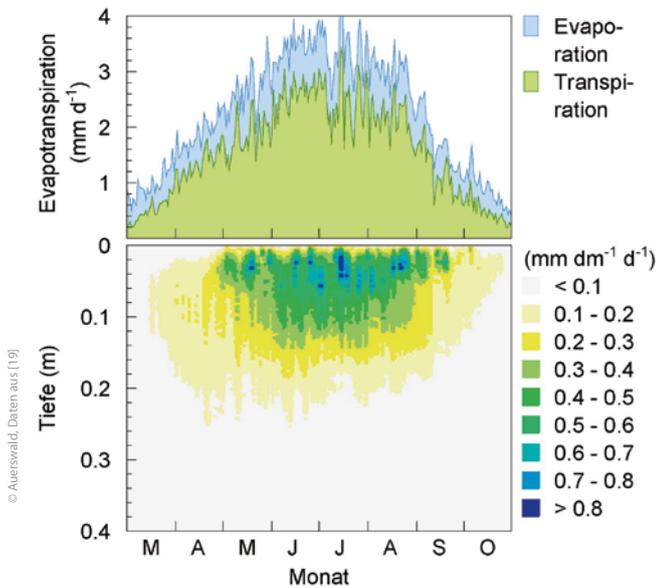


**Bild 2:** Drainagen (Tonröhren in der Bildmitte, rechts) entwässern vielerorts die Böden der Talau und führen damit zu verstärkter Mineralisation organischer Substanz der humusreichen Böden unter Freisetzung des Klimagases  $\text{CO}_2$ ; die für die Drainage notwendige Vorflut ist durch die Tieferlegung der Flüsse geschaffen worden

Gleichzeitig führte die Trockenlegung ehemals nasser Standorte zu einer verstärkten Mineralisation der organischen Substanz in den Böden (**Bild 2**), die zur Freisetzung des Klimagases Kohlenstoffdioxid führte. Durch die Abnahme der organischen Substanz in diesen Böden sank jedoch auch deren Wasserspeicherfähigkeit und damit ihre Resilienz gegenüber klimatischen Extremereignissen. So ist es nicht ungewöhnlich, dass gerade in Tallagen während trockener Sommer, wie zuletzt 2018 und 2019, regelmäßig bewässert werden muss.

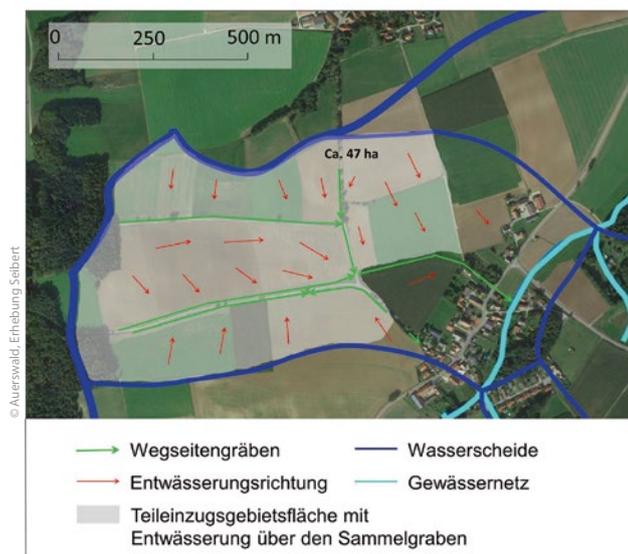
Die Umwandlung von Grünland zu Ackerland geht aber auch oft mit einer Beeinträchtigung des Gewässerlebenslaums einher. Neben dem erhöhten Eintragspotenzial von Nährstoffen und Pestiziden ist vor allem die bei Ackerland höhere Erosionsrate im Vergleich zu Grünland problematisch. In Gewässer eingetragen können sich Feinsedimente im Kieslückensystem des Gewässers, dem sog. Interstitial, ablagern (**Bild 4**) und dort zur Kolmatierung sowie einem verminderten Austausch zwischen dem sauerstoffgesättigten Freiwasser und dem Interstitial führen [6], [7]. Erhöhte Feinsedimenteinträge sind daher vor allem für kieslaichende Fischarten [8], [9] und für gefährdete Muscheln, wie die vom Aussterben bedrohte Flussperlmuschel, von besonderer Gefahr [6].

Auch wenn die heutigen Erosionsraten aus Bodenschutzsicht nicht zu tolerieren sind, sind sie doch nicht ursächlich für die gegenwärtig beobachtete, starke Kolmation der Gewässerböden mit Feinsediment, denn in vergangenen Jahrhunderten waren die Bodenabträge zum Teil erheblich höher, ohne dass Muscheln oder Kieslaicher ausgestorben wären [4]. Dieser starke Feinmaterialeintrag ist vielmehr auf drei moderne Veränderungen zurückzuführen:



**Bild 3:** Wasseraufnahme durch Wurzeln aus unterschiedlichen Bodentiefen (untere Tafel) auf einem grundwasserabgesenkten Standort bei intensiv beweidetem Grünland mit häufigem Blattverlust; tägliche Wasseraufnahme (Transpiration) und Gesamtverdunstung (Evapotranspiration) (obere Tafel); Mittelwerte der Jahre 2005 bis 2012

1. Die Grundwasserabsenkung in den Tallagen erzwang die Ausweitung des Ackerbau bis an die Gewässer. Dies ist allerdings das kleinste Problem, da diese Tallagen nahezu eben sind und daher wenig Abtrag erzeugen.
2. Weitaus problematischer ist, dass gleichzeitig durch den modernen Wege- und Straßenbau ein sekundäres Gewässernetz



**Bild 5:** Einzugsgebiet oberhalb von Birnbach (Kreis Regensburg) mit sekundärem Gewässernetz (Wegseitengräben); die zusätzlichen Kurzschlüsse zum Allersdorfer Bach innerhalb der Ortschaft sind nicht dargestellt



**Bild 4:** Kolmation des Kieslückensystems, das eigentlich Lebensraum von kieslaicherden Jungfischen und Makroinvertebraten wäre (Entnahme als Gefrierkern)

netz geschaffen wurde, das terrestrisch-aquatische Kurzschlüsse erzeugt und das weit länger ist als das Fließgewässernetz selbst (**Bild 5**). Im dargestellten Beispiel am Allersdorfer Bach übersteigt das sekundäre Gewässernetz der künstlichen Wegseitengräben die Länge des Bachabschnitts um den Faktor 6. Dieses sekundäre Gewässernetz wird bei Regenereignissen mit Oberflächenabfluss aktiviert (**Bild 6**). Es leitet den Abtrag aus den Hanglagen, wo der Abtrag mindestens um Faktor 10 bis 100 höher ist als in den Tallagen, direkt und ungepuffert in das primäre Fließgewässernetz.



**Bild 6:** Aktivierung des sekundären Fließgewässernetzes bei Oberflächenabfluss (Wegseitengräben eines Feldweges); das in der linken oberen Ecke nach rechts abbiegende helle Band zeigt die Konzentration des Oberflächenabflusses in einer Hangmulde, die ohne dauerhafte, hydraulisch raue Begrünung einen effizienten Anschluss („Bahnung“) der abflussliefernden Fläche an das sekundäre Gewässernetz darstellt



**Bild 7:** Im Trockenjahr 2018 ausgetrockneter Oberlauf eines Fließgewässers in einem drainierten Einzugsgebiet in Nordbayern

Folglich konnten in kürzlich erschienenen Studien Zusammenhänge zwischen Landnutzungseffekten, Feinsedimentdeposition und den Lebensgemeinschaften in Gewässern nachgewiesen werden [10], [11].

3. Die Fließgewässer wurden ihrer „Selbstreinigungskraft“ beraubt, als sie von der Aue abgekoppelt wurden [4]. Während in naturnahen Fließgewässern der größte Teil des bei Starkregen eingetragenen Feinsediments durch die Überflutung der Aue hinter den Uferwällen abgelagert wird, verhindern Flusseintiefung und -eindeichung diese Entlastung.

## 2 Integrativ-systemischer Ansatz als Lösung?

Die geschilderten Zusammenhänge zeigen, dass scheinbar direkt wirkende Schutzmaßnahmen gar nicht wirken können, solange nicht das Gesamtsystem betrachtet wird. Beispielsweise werden Gewässerschutzstreifen entlang des Allersdorfer Baches ebenso wie an den meisten anderen permanenten Fließgewässern den Sedimenteintrag kaum reduzieren, weil der direkt zufließende Anteil des Oberflächenabflusses marginal ist. Er kommt nur aus dem unmittelbaren Talbereich, in dem die Hangneigung gering und daher auch der Bodenabtrag gering ist. Der Abtrag geschieht vor allem entlang des sekundären Gewässernetzes. Randstreifen entlang des sekundären Gewässernetzes und die Wiederbegrünung der Hangmulden,

in denen der Abfluss sich konzentriert, wären daher wichtiger für den Sedimentrückhalt als solche entlang des primären Gewässernetzes - ein Gedanke, der einen systemischen und keinen sektoralen Ansatz verfolgt, bislang in Planungen allerdings kaum berücksichtigt wird. Interessanterweise waren diese Hangmulden oder „Bahnungen“ (siehe konzentrierter Wasserabfluss in Bild 6, bevor er auf den Weg trifft) früher überwiegend durch langes, schmales Grünland vor Eintiefung geschützt und hielten gleichzeitig viel Abfluss und Sediment aus den zuliefernden Hangbereichen zurück (siehe die schmalen ost-west-verlaufenden Grünlandstreifen in Bild 1). Diese schmalen Streifen wurden aufgegeben, weil ab den 1970er-Jahren in diese Bereiche vorwiegend Straßen gelegt wurden, so dass diese Bereiche heute beschleunigend wirken, statt zurückzuhalten. Die wenigen verbliebenen Streifen wurden umgebrochen und ackerbaulich genutzt, da die Tierhaltung wegen des großflächigen Wegfalls des Grünlands aufgegeben worden war. Teilweise wird heute eine Wiederanlage von Grünstreifen in diesen Mulden als sogenannte begrünte Abflussmulde oder „Grassed Waterway“ propagiert [12].

Zweitens zeigt die Verknüpfung der geschilderten Herausforderungen im Gewässer-, Boden-, Biodiversitäts- und Klimaschutz, dass durch einen integrativ-systemischen Ansatz Synergien genutzt werden, die bei einer rein sektoralen Betrachtung mit rein technischen Lösungen nicht möglich wären. Eine Wiederanhebung des Grundwasserspiegels, die in manchen, vor allem kleinen Einzugsgebieten durchaus möglich wäre, hätte beispielsweise eine Vielzahl positiver Folgen:

1. eine Grünlandnutzung in der Talau wäre wieder wirtschaftlich;
2. der Humusgehalt der Böden würde wieder aufgebaut und so der Atmosphäre CO<sub>2</sub> entzogen [13];
3. der Sedimenteintrag in die Gewässer ginge zurück;
4. das Interstitial würde wieder durch exfiltrierendes Grundwasser durchspült und dadurch von Feinsediment freigehalten sowie mit Sauerstoff versorgt;
5. die terrestrische und die aquatische Biozönose würde wieder standortstypischer und vielfältiger;
6. die verbesserte Wasserverfügbarkeit würde Trockenzeiten, mit denen auf Grund des Klimawandels verstärkt zu rechnen ist, besser abpuffern (**Bild 7**) und wegen der Erhöhung der Luftfeuchtigkeit sogar den Wasserbedarf der umliegenden Hänge vermindern.

Sektorale Lösungen, wie beispielweise eine Baggerung, um das Interstitial freizuspülen, oder ein Umbruchverbot für Grünland, wirken dagegen höchstens kurzfristig und können nur einen kleinen Teil der Probleme mindern bei gleichzeitig hohen, weil immer wiederkehrenden Kosten.

## 3 Notwendigkeit zur Priorisierung

In einer dicht besiedelten Kulturlandschaft mit einer Vielzahl von zum Teil konkurrierenden Nutzungsansprüchen an Gewässer erscheint eine flächige Umsetzung des „integrativ-systemischen Ansatzes“ schwierig bis unmöglich. Ein flächendeckender Rückbau von Siedlungs- und Industrieflächen in ehemaligen Auebereichen wäre schlichtweg oftmals zu kostspielig, wenn-

gleich Beispiele aus den Niederlanden zeigen, dass dort im Zuge der Bemühungen um einen verbesserten Hochwasser- und Gewässerschutz auch vor Umsiedlungen nicht zurückgeschreckt wird. Eine weitere Ausdehnung von Siedlungs- und Infrastrukturf lächen in Tallagen ist aber unbedingt zu vermeiden, weil sie den künftigen Entscheidungsspielraum, der bereits extrem begrenzt ist, weiter einschränkt und die Minderung jeglicher Schäden enorme Kosten verursachen wird.

Zur Verminderung des Konfliktpotenzials sollte - wie generell für Schutz- und Restaurierungskonzepte vorgeschlagen [14] - stets eine klare Priorisierung und Zieldefinition erfolgen. Höchste Priorität sollte hierbei die Verhinderung weiterer Schädigung des hydrologisch-ökologischen Systems haben, dann kommen Schutz- und Restaurierungsmaßnahmen, die auch zum unmittelbaren Schutz von Menschen und Gütern notwendig sind, und schließlich Maßnahmen, die die Lebensumwelt des Menschen und der Arten erhalten, stabilisieren und - wo notwendig - restaurieren.

Zur ersten Kategorie zählt der Schutz der wenigen verbliebenen intakten Flussauen, da Prozess-Schutz meist auch ökonomisch günstiger als eine Restaurierung ist [15]. Damit wird gleichzeitig eine Vielzahl von Funktionen erhalten, insbesondere kann dadurch die enorme CO<sub>2</sub>-Freisetzung durch Trockenlegung gestoppt werden, Hochwässer werden gepuffert und es

erfolgt ein wesentlicher Beitrag zum Erhalt der Biodiversität. Weitere positive Leistungen können [3], [4] entnommen werden.

Ähnliches gilt, wenn auch von der Wirkung wesentlich kleiner, für Drainagen. Heute kann kein Argument mehr eine Drainage bislang undrainierter Flächen rechtfertigen. Insbesondere das oft vorgebrachte Argument, dass die zu drainierende Fläche doch nur einen kleinen Anteil habe, verfängt nicht, da die Schäden exponentiell ansteigen, je mehr schon verloren gegangen ist. Eine weitere Trockenlegung schädigt daher ungleich stärker als alle vorausgegangen.

In die zweite Kategorie fällt der Umbau des sekundären Gewässernetzes. Da die Fließgeschwindigkeit den Scheitelabfluss bei Hochwässern bestimmt, im Gegensatz zu Regeneigenschaften aber stark beeinflusst werden kann, ist schon aus Gründen des Schutzes von Leib, Leben und Eigentum notwendig, das sekundäre Gewässernetz hydraulisch zu verlangsamen. Statt enger Grabenprofile sind aufgeweitete, verkrautete Mulden mit Grasvorland vorzusehen, um Hochwasserscheitel zu senken. Dies würde gleichzeitig den Stoffeintrag in das primäre Fließgewässernetz stark vermindern. Da damit zu rechnen ist, dass dann viel Sediment in den Gräben liegen bleibt, ist auch ein verbesserter Erosionsschutz in der Fläche, z. B. durch Mulchsaat oder mehrjährigen Kleeergrasanteil in den Fruchtfolgen, notwendig, was Hochwasser und Stoffverlagerung weiter reduzieren würde. Gleichzei-

tig bedeutet dies auch, dass die landwirtschaftlichen Erträge erhöht werden können, da weniger Wasser als Oberflächenabfluss verloren geht und dann in Trockenphasen fehlt.

In die dritte Kategorie fällt eine Vielzahl von Maßnahmen. Dazu zählt die die Wiederanbindung und Restaurierung von Auensystemen in Gebieten mit guten Umsetzungschancen. Am Beispiel der Wiederanbindung der Donauauen zwischen Neuburg und Ingolstadt konnte mit Unterstützung der Bayerischen Wasserwirtschaft und des Bundesamts für Naturschutz ein entsprechendes Konzept mit positiven Wirkungen auf die Biodiversität durch das dort ansässige Aueninstitut initiiert und wissenschaftliche begleitet werden [16]. Die Umsetzung entsprechender Flaggschiff-Projekte kann für andere Restaurierungsmaßnahmen wertvolle Vorbildfunktionen haben.

Auch die Wiederherstellung der longitudinalen Konnektivität innerhalb der Gewässer fällt in diese Kategorie. Sie soll einerseits den Geschiebe- und Sedimenttransport sicherzustellen und andererseits die Durchwanderbarkeit und eine Wiederbesiedelung z. B. mit Fischen zu ermöglichen. Generell haben Maßnahmen des Prozess-Schutzes größere Erfolgchancen als punktuelle Eingriffe, wie die Substratrestaurierung an bestimmten Bereichen im Gewässer, die oftmals nur von kurzer Wirksamkeit ist [17].

Sofern die o. g. Maßnahmen der Kategorien 1 bis 3 nicht auf der Ebene ganzer Einzugsgebiete umgesetzt werden können, so sollte zumindest auf eine Realisierung in Teileinzugsgebieten gedrungen werden. Generell ist insbesondere auf die Integration verschiedener Interessensvertreter aus Umwelt-, Natur-, Gewässer-, Boden-, Arten- und Klimaschutz zusammen mit den örtlichen Beteiligten, v. a. den Landnutzern, erforderlich. Eine frühzeitige Einbindung aller Akteure erhöht die Chancen für eine erfolgreiche Umsetzung, auch wenn sich nicht immer ein von allen Gruppen anerkannter Konsens abzeichnet. In Bayern ist mit der Initiative boden:ständig (www.boden-staendig.eu/) der Rahmen für Sanierungskonzepte

Jürgen Geist and Karl Auerswald

**Integrating conservation of water bodies, soil, species and climate protection in river floodplains**

Anthropogenic alterations of streams and rivers have often resulted in channel straightening, deepening and decoupling of fluvial systems from their former floodplains. Draining of these areas has created arable land and a loss of grassland areas and wetland species, simultaneously increasing problems of erosion with fine sediment washed into streams. This can impair the reproduction of gravel-dependent species such as gravel-spawning fishes and macroinvertebrates inhabiting the interstitial zone. Clogging can also turn aerobic stream beds into anaerobic ones with increased release of the global greenhouse gas methane. In addition, mineralization of organic matter from de-wetted soils releases carbon dioxide into the atmosphere also contributing to global change. We suggest that an "integrative systems approach" to the management of stream systems and their floodplains must include measures of increasing longitudinal connectivity and re-wetting of former floodplain areas in parallel with switching their use from arable land into grassland. Such an "integrative systems approach" can simultaneously help improve habitat quality for endangered aquatic species and aid biodiversity conservation targets, help soil conservation by reducing erosion rates, and contribute to limit global warming by conserving organic matter in wet soils.

geschaffen, der alle Interessensvertreter einbezieht. Die Erfolge einer großflächigen Umsetzung von Maßnahmen der Erosionsminderung und der Förderung des Sedimentrückhalts im Einzugsgebiet lassen sich besonders in China zeigen, wo es gelang, die Sedimentfracht selbst des Gelben Flusses durch dezentrale Maßnahmen auf ein Zehntel zu senken [18].

**Autoren**

**Prof. Dr. Jürgen Geist**

Lehrstuhl für Aquatische Systembiologie  
Technische Universität München  
Mühlenweg 18-22  
85354 Freising [geist@wzw.tum.de](mailto:geist@wzw.tum.de)

**Prof. Dr. Karl Auerswald**

Lehrstuhl für Grünlandlehre  
Technische Universität München  
Alte Akademie 12  
85354 Freising  
[auerswald@wzw.tum.de](mailto:auerswald@wzw.tum.de)

**Literatur (Auswahl)**

- [3] Geist, J.: Integrative freshwater ecology and biodiversity conservation. In: *Ecological Indicators* (2011), Nr. 11, S. 1 507-1 516.
- [4] Auerswald, K.; Moyle, P.; Seibert, S. P.; Geist, J.: HESS Opinions: Socio-economic and ecological trade-offs of flood management - benefits of a transdisciplinary approach. In: *Hydrology and Earth System Sciences* 23 (2019), S. 1 035-1 044.
- [7] Auerswald, K.; Geist, J.: Extent and cause of siltation in a headwater stream bed: catchment soil erosion is less important than internal stream processes. In: *Land Degradation and Management* 29 (2018), S. 737-748.
- [15] Geist, J.; Hawkins, S. J.: Habitat recovery and restoration in aquatic ecosystems: Current progress and future challenges. In: *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 26 (2016), S. 942-962.

Hinweis: Die gesamte umfangreiche Literaturliste steht im Archiv zur Ausgabe 011/2019 der WasserWirtschaft unter [www.springerprofessional.de/archive/journal/35147](http://www.springerprofessional.de/archive/journal/35147) zum Download bereit.



**Landnutzungswandel**



Berkner, A.: Das Leipziger Neuseenland zwischen Bergbausanierung, Wasserwirtschaft und Regionalentwicklung. In: *WasserWirtschaft*, Ausgabe 5/2019. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2019. [www.springerprofessional.de/link/16693010](http://www.springerprofessional.de/link/16693010)

Haidvogel, G.; et al.: Historische Landnutzung und Siedlungsentwicklung in Flussauen und Hochwasserschutz: Das Beispiel der Traisen und St. Pöltens 1870–2000. In: *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, Ausgabe 5-6/2018. Wien: Springer, 2018. [www.springerprofessional.de/link/15518132](http://www.springerprofessional.de/link/15518132)