

## Ökologisches Potenzial von technisch-biologischen Ufersicherungen – vegetationskundliche Aspekte

Dipl. Biogeogr. Katja Schilling, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

### 1 Einleitung

#### 1.1 Ufervegetation an naturnahen, großen Fließgewässern – Besiedlungsbestimmende Faktoren

Naturnahe Fließgewässer sind Durchlaufsysteme, in denen sich biologische, chemische und physikalische Milieufaktoren kontinuierlich verändern (Bick, 1989; Schwoerbel & Brendelberger, 2005). Das Längsprofil eines Flusses lässt sich von der Quelle bis zur Mündung in Ober-, Mittel- und Unterlauf gliedern, wobei charakteristische Unterschiede in der Sedimentzusammensetzung, im Nährstoffhaushalt, in der Wassertemperatur, im Gefälle, in der Wassermenge und -tiefe, in der Strömungsgeschwindigkeit und der tierischen und pflanzlichen Besiedlung auftreten (Scholz et al., 2005).

Im Querprofil bewirken die natürliche Laufverlagerung des Gewässers, unterschiedliche Strömungsgradienten und umfangreiche Erosions- und Sedimentationsprozesse die variable Ausbildung von Ufer- und Vorlandbereichen. Aufgrund des Wechsels von Fließgeschwindigkeiten und stark schwankenden Wasserständen weisen die Ufer ausgeprägte Zonierungen auf, in denen typische Pflanzenbestände siedeln, deren Arten an die jeweils vorherrschenden Randbedingungen angepasst sind. Im Querprofil eines naturnahen Fließgewässers lassen sich folgende Zonen voneinander abgrenzen (vgl. Bild 1): der ständig Wasser führende aquatische Bereich, der bei nur schwacher Strömung Wasserpflanzen aufweisen kann, daran anschließend die sog. Wasserwechselzone (amphibischer Bereich), an der die Uferfluren-/Röhrichtzone und die sog. Weichholzzone Teil haben, die letztendlich von der Hartholzzone abgelöst werden (Bittmann, 1965). Die Landzone befindet sich außerhalb der periodisch überschwemmten Aue.

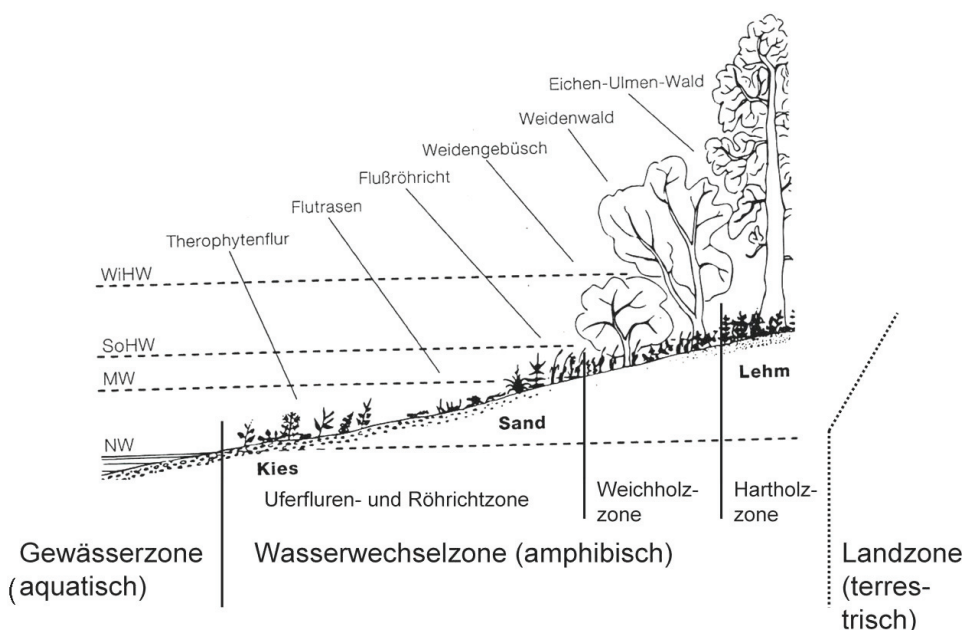


Bild 1: Schema einer idealen Vegetationszonierung an größeren mitteleuropäischen Flüssen.  
Modifiziert nach Wißkichen (1995) in Hütte (2000)

Die Uferzonierung lässt sich anhand der hydrologischen Kenngrößen mittleres Niedrigwasser, Mittelwasser und mittleres Hochwasser charakterisieren, wobei der Zusammenhang zwischen Uferzonierung und hydrologischen Kenngrößen flussabschnittsspezifisch ist (Ellenberg, 1996).

Der Fuß der Uferböschung unterhalb der Niedrigwasserlinie ist dauerhaft überstaut. In diesem sog. aquatischen Bereich setzen sich pflanzliche Lebensgemeinschaften aus kleinen Algen, Pilzen, Wasserflechten und -moosen bzw. Gefäßpflanzen in strömungs-, wind- und wellenschlagsberuhigten Zonen zusammen.

In der Wasserwechselzone unterliegt das Ufer zeitweiligen Überstauungen und Belastungen aus Wellenschlag und Strömung. Daneben sind Höhe, Dauer und Saisonalität der Überstauung, Böschungsneigung und somit die flächige Ausdehnung der Uferböschung, Substrat, Nährstoffgehalt und Lichtgenuss wesentliche Faktoren, die auf das Besiedlungsgeschehen Einfluss nehmen (Patt et al., 2004). Die Wasserwechselzone wird bevorzugt von Flussumfer-Pionierfluren auf periodisch trocken fallenden Kies-, Sand- und Schlammflächen unterhalb der Mittelwasserlinie, darüber von mehrjähriger Flutrasenvegetation sowie an und unterhalb der Mittelwasserlinie von hochwüchsigen Gräsern, Seggen und Stauden (Röhrichtzone) gebildet. Fließgewässer-Röhrichte sind bis zu einem gewissen Grad überstauungstolerant und mit ihrem relativ elastischen Bau an mechanische Uferbelastungen angepasst. Dennoch besitzen sie ihr Besiedlungsoptimum an strömungsberuhigten Ufern.

Die Eigenschaft der elastischen Verformbarkeit besitzen auch Weidengehölze, die an und oberhalb der Mittelwasserlinie siedelnd die Zone der Weichholzaue bilden. Das höchstgelegene und somit nur noch selten bei außergewöhnlichen Hochwassern überflutete Gelände innerhalb des Überschwemmungsbereiches nimmt bei natürlichen Gewässern die sog. Hartholzaue ein, die sich v. a. aus Ulmen, Eschen und Eichen zusammensetzt (Hütte, 2000).

Die hohe Interaktion unterschiedlicher Standortfaktoren (Hydrologie, Geomorphologie, Böden, Vegetation) und das Wechselspiel von Erosion und Sedimentation, Absterben von Pflanzenteilen, Überflutung und Trockenfallen von Uferzonen und vorgelagerten Sand-/Kiesbänken und deren Wiederbesiedlung durch Pioniervegetation schaffen ein unruhiges Relief, das aufgrund des hohen Strukturreichtums ein Mosaik unterschiedlicher Lebensräume auf engstem Raum hervorbringt.

## **1.2 Ufervegetation an technisch gesicherten Ufern – Defizite**

Während die Entwicklung der Lebensräume und Lebensgemeinschaften in einem naturnahen Fließgewässer weitgehend ohne menschliche Einflüsse abläuft und dementsprechend die Ausbildung von Längsgefälle, Querschnitt, Ufer und Aue den natürlichen Gesetzmäßigkeiten unterliegt, sind die Binnenwasserstraßen aufgrund der starken Nutzung, z. B. durch Schifffahrt, angrenzende Landwirtschaft, Siedlung, Industrie und notwendige Hochwasserschutzmaßnahmen (z. B. Eindeichung) in ihrem Verlauf und Niveau oftmals durch technische Bauwerke oder Stauregulierung verändert. Steinpflasterungen, lose bzw. vergossene Steinschüttungen (vgl. Bild 2) und Spundwände (vgl. Bild 3) prägen die Ufer der Binnenwasserstraßen z. T. auf weiten Strecken, um die verkehrswasserbauliche Sicherheit unter Belastungen aus Schifffahrt (Wellenschlag, Strömung, Wasserspiegelabsenk) und natürlicher Flussströmung (Strömungsgeschwindigkeit, Schubspannung) gewährleisten zu können (Fleischer, 2010).



*Bild 2: Mit Schüttsteinen gesichertes Ufer am Rhein, das überwiegend frei von pflanzlichem Bewuchs ist (Foto: Eisenmann, BAW)*



*Bild 3: Mit Spundwand gesichertes Ufer, das keinen pflanzlichen Bewuchs ermöglicht (Foto: Liebenstein, BfG)*

Besiedlungsbestimmende Faktoren naturnaher Fließgewässer wie Strukturvielfalt, Sedimentvarianz und flache unregelmäßige Ufergeometrien fehlen zumeist an den anthropogen veränderten Binnenwasserstraßen, wodurch die Möglichkeit der eigendynamischen Veränderung der Ufer oft nicht mehr gegeben ist. Die Folge ist eine eingeschränkte ökologische Funktionsfähigkeit der Uferzonen und somit eine eingeschränkte Habitatqualität, die zu einem Verlust der natürlichen Uferzonierung und Artenvielfalt führt und führt.

Für die Ausbildung von Wasserpflanzenbeständen ist oftmals die mechanische Belastung an Binnenwasserstraßen zu hoch, weshalb sie dort überwiegend in geschützteren Uferabschnitten anzutreffen sind. Weiterhin erfolgt der Übergang zwischen aquatischer und terrestrischer Zone auf einer sehr schmalen Fläche, da die Ufer meist mit 1:2 - 1:3 geneigten Böschungen ausgebaut sind. Einzelne Vegetationszonen folgen daher sehr dicht aufeinander bzw. fehlen vollständig.

Raum für eine flächige Ausdehnung und für „sanfte“ Übergänge zwischen den einzelnen Vegetationszonen steht an Binnenwasserstraßen also oftmals nicht zur Verfügung. Hinzu kommt, dass die technisch gesicherten Ufer überwiegend ungeeignete Standortbedingungen für pflanzlichen Bewuchs darstellen (vgl. Bild 2 und 3).

## **2 Technisch-biologische Ufersicherungen als Alternative zu herkömmlichen rein technischen Bauwerken**

In den vergangenen Jahren haben ökologische Gesichtspunkte bei Ausbau und Unterhaltung von Binnenwasserstraßen zunehmend an Bedeutung gewonnen.

Neue (europäische) Richtlinien, etwa die Richtlinie 2000/60/EG (Wasserrahmenrichtlinie), und das jeweils in 2009 novellierte Wasserhaushaltsgesetz und Bundesnaturschutzgesetz fordern verstärkt den Schutz, die Verbesserung und die Entwicklung standorttypischer Lebensräume in und am Fließgewässer, die Sicherung ökologischer Funktionen und die Verbesserung der Gewässerstrukturgüte als weitere Ziele neben der

Gewährleistung der verkehrsbezogenen Uferstabilisierung unter hydraulischer Belastung bei Schifffahrt und wurden in aktuellen Erlassen des BMVBS aufgegriffen.

Die Anwendung technisch-biologischer Bauweisen als Alternative zu herkömmlichen rein technischen Bauweisen soll es ermöglichen, ökologische und technische Anforderungen an die Ufersicherung gleichermaßen zu erfüllen. Technisch-biologische Bauweisen sollen lebende Pflanzen und Pflanzenteile alleine oder in Kombination mit unbelebten Baustoffen als Sicherungskomponenten einbeziehen (z. B. Röhrichtballen, Spreitlagen, Setzstangen, Vegetationsmatten, Röhrichtfaschinen) und sich die vielfältigen biomechanischen Eigenschaften lebender Baustoffe zu Nutze machen (Begemann & Schiechl, 1994; Schiechl & Stern, 2002; Meixner et al., 2004).

Beim Einsatz alternativer technisch-biologischer Bauweisen hängt der Erfolg der Ufersicherung, insbesondere hinsichtlich der einzusetzenden Pflanzen, entscheidend von der Kenntnis der örtlichen Standortfaktoren und der auf das Ufer einwirkenden Belastungen ab. Pflanzenwahl und Pflanzenansiedlung sollen sich demnach an der natürlichen Vegetationszonierung eines Fließgewässers orientieren. Zudem müssen die verwendeten Arten und Pflanzengemeinschaften bestimmte Eigenschaften aufweisen, damit sie z. B. Wellenschlag, Strömung oder Wasserspiegelabsenk ertragen und gleichzeitig den geforderten Uferschutz gewährleisten können. Die Verwendung ausschlags- und bewurzelungsfähiger autochthoner Pflanzen und Pflanzenteile trägt hierzu entscheidend bei. Hinweise zur Auswahl geeigneter Pflanzenarten erhält man auch über die pflanzensoziologische Bestandsaufnahme (Ist-Zustandserfassung) der Uferbereiche, die alternativ technisch-biologisch gesichert werden sollen.

Konkrete Beispiele, die je nach der vorherrschenden Intensität der Randbelastung und den Standortbedingungen eingesetzt werden können, sind der flächige Einsatz von Weidenspreitlagen, der Einbau von vorgefertigten Vegetationsmatten, die Ansaat von Gräser-/Kräutermischungen auf anstehendem Boden oder die punktuelle Sicherung der Böschung mit Setzstangen oder -hölzern, Pflanzenballen usw. Die Auswahl der Pflanzenarten erfolgt, wie bereits beschrieben, angepasst an den Standort und die vorherrschenden Belastungen. Bei der kombinierten Bauweise können zudem Vorteile beider Baustoffe vereint werden, indem tote Materialien lebenden Materialien zusätzlichen Halt geben, bis diese nach einer ausreichenden Entwicklung die Sicherungsfunktion der Böschung vollständig übernehmen können.

Der Erfolg der Ufersicherung und des Pflanzenwachstums kann weiterhin durch den wasserseits vorgelagerten Verbau von überwiegend toten Baustoffen, z. B. Steinwall, Pfahlreihe, Lahnung erhöht werden, da diese Bauweisen z. B. die von Schiffswellen ausgehende Belastung auf den Uferbereich mindern.

Es wird angestrebt, herkömmliche, rein technisch geprägte Ufersicherungen durch alternative, naturnähere Methoden zu ergänzen und somit aufzuwerten oder rein technische Bauwerke sogar vollständig zu ersetzen.

### **3 Ökologisches Potenzial alternativer technisch-biologischer Bauweisen**

#### **3.1 Sicherung der Uferstabilität durch biomechanische Wirkung pflanzlicher Bauweisen**

Bei einer an den Standort und die Belastungssituation angepassten Wahl technisch-biologischer Ufersicherungen wird der biologische Schutz der Uferböschung überwiegend dadurch geleistet, dass Pflanzenwurzeln das anstehende Substrat durchflechten und binden, Zugspannungen aufnehmen, der



Boden durch die Pflanzendecke geschützt und die Abflussrauheit erhöht wird. Die Kraft des Wassers wird dadurch herabgesetzt, Strömungen werden umgelenkt und Erosionserscheinungen gemindert. Zudem besteht die Wirksamkeit des Lebendbaues in der Regeneration und Selbstregulation. Lebendbauweisen gewinnen v. a. in den ersten Jahren ihrer Entwicklung mit der Ausbildung eines weit- und tiefreichenden Wurzelsystems an Stabilität und bleiben bei regelmäßiger Unterhaltung (z. B. Rückschnitt von Weiden) funktionsfähig. Pflanzen sind in der Lage, kleinere Beschädigungen selbstständig auszugleichen, sich veränderten Bedingungen in gewissem Rahmen anzupassen und sich zu ausgedehnteren, wirksameren und stabileren Systemen weiterzuentwickeln.

Die biomechanischen Leistungen hängen jedoch entscheidend von den biomechanischen Eigenschaften der eingesetzten Pflanzen ab. Hierbei sind vor allem die hohe morphologische Elastizität und die Resistenz gegen periodische oder episodische Überflutungen von Röhrichtern, Weiden (vgl. Bild 4) und Schwarzpappeln zu nennen.



*Bild 4: Weide, die ihren Wuchs an den Strömungsverlauf des Restrheins angepasst hat  
(Foto: Sundermeier, BfG)*

Weiden sind für den Einsatz technisch-biologischer Ufersicherungen besonders geeignet, da sie die Fähigkeit besitzen, aus der Rinde abgetrennter Zweige, Äste oder Stämme so genannte Adventivwurzeln und neue Sprosse zu bilden. Weiterhin besitzen sie eine hohe Vitalität, die sich u. a. in ihrer Wuchsenenergie ausdrückt, eine hohe Unempfindlichkeit gegen Schädigungen und ein hohes Regenerationsvermögen (Schiechtl & Stern, 2002; Meixner et al. 2004; Schillinger, 2001). Auch die Fähigkeit, ein weit- und tiefreichendes Wurzelsystem auszubilden, ist eine biomechanische Eigenschaft vieler ufertypischer Pflanzenarten.

### **3.2 Erhalt und Förderung gewässer- und ufertypischer Vegetation**

Unter Verwendung von toten pflanzlichen Baumaterialien, wie z. B. Astwerk und Pfählen oder einer Kombination aus lebenden und toten, z. T. auch technischen Baumaterialien, können in einem mechanisch belasteten Gewässer Maßnahmen zur Ufersicherung durchgeführt werden, die mehrere wertvolle ökologische Funktionen im Lebensraum Gewässer(rand) gleichermaßen erfüllen. Mit Hilfe einer einfachen, wasserseits errichteten Holzpfahlreihe, die ggf. zusätzlich mit Astwerk verflochten ist, kann z. B. eine bewachsene Gewässereinbuchtung vor dem Wellenschlag vorbeifahrender Schiffe oder auch natürlicher Strömungen

geschützt werden. Im landseits hinter der Pfahlreihe gelegenen, geschützten Bereich kann eine vorhandene gewässer- und ufertypische Vegetationsentwicklung erhalten bzw. gleichzeitig gefördert werden, da die von der Wasserstraße ausgehende mechanische Belastung abgeschwächt wird (vgl. Bild 5). Wasserpflanzen der Laichkrautzone, die empfindlich auf mechanische Belastungen, wie Strömung und Wellenschlag reagieren und somit an Binnenwasserstraßen z. T. nur noch in geschützteren Bereichen und Flachwasserzonen auftreten, finden hinter dem Schutz einer Pfahlreihe bessere Standortbedingungen für eine Wiederansiedelung.



*Bild 5: Ein durch Pfahlbauweise geschützter Uferbereich am Neckar flussaufwärts von Neckarsteinach (Foto: Herz, BfG)*

Weitere Beispiele für den Erhalt und die Förderung gewässer- und ufertypischer Vegetation bieten technisch-biologische Bauwerke, wie Totholzbuhnen, -lahnungen oder dem Ufer vorgelagerte Parallelwerke.

### **3.3 Entwicklung gewässer- und ufertypischer Vegetation**

Wie bereits in Kapitel 1.2 ausgeführt, bestehen an technisch gesicherten Ufern der Binnenwasserstraßen häufig Defizite bezüglich des pflanzlichen Bewuchses. Arten naturnaher Gewässerufer fehlen überwiegend und die mit Schüttsteinen gesicherten Ufer sind oft nur mit Gestrüpp und Rankenpflanzen (z. B. Kratzbeere, Zaubrinde, Waldrebe) überwachsen.

Mit dem Einsatz pflanzlicher und auch kombinierter Bauelemente mit angepasster Artenauswahl wird der Bewuchs einer Uferböschung entscheidend aufgewertet. Gleichzeitig festigt und sichert der Bewuchs das Ufer und verbessert die Standortbedingungen für weitere Arten, die sich im Laufe der Zeit natürlicherweise ansiedeln. Ziel ist ein strukturreicher Uferbereich mit unterschiedlichen, standorttypischen Arten aus einer Abfolge von Röhrichtern, Hochstauden sowie Strauch- und Baumbeständen unterschiedlichen Alters. Die Entwicklung hin zu einer gewässer- und ufertypischen Vegetation kann mit dem fachkompetent betreuten Einsatz pflanzlicher Bauweisen und Pflanzenarten somit aktiv gelenkt werden.

Auch un gelenkt kann die Entwicklung einer gewässer- und ufertypischen Vegetation durch den Einsatz von technisch-biologischen Bauweisen gefördert werden. Es sei hierbei auf die beispielhaft angeführten Pfahlreihen, Lahnungen und Totholzbuhnen verwiesen. Mit einem wasserseits bereits vorgelagerten Schutzme-



chanismus, der z. B. die von Schiffswellen ausgehende Belastung auf den Uferbereich mindert, kann ggf. die Mächtigkeit eines Deckwerkes verringert werden, was besiedlungsfördernd wirkt. Diese Wirkung kann wiederum durch das Einbringen von feinerem Substrat (z. B. Kies-/Sand-Gemisch) in das Lückensystem der verbliebenen Steinschüttung erhöht werden. So können sich in einem ersten Sukzessionsstadium Pionierpflanzen etablieren (vgl. Bild 6), die wiederum geeignete Standortbedingungen für die Ansiedlung einer nächsten Sukzessionsfolge schaffen. Mit der Zeit kann sich so ein naturnaher Bewuchs einstellen, der zusätzliche Sicherungsfunktion auf die Böschung ausübt.



**Bild 6:** Feineres Substrat im Lückensystem einer Steinschüttung erhöht das Besiedlungspotenzial, wie diese beiden Fotos der Arten Wilde Sumpfkresse (*Rorippa sylvestris*) und Weiden-Alant (*Inula cf. salicina*.) verdeutlichen (Fotos: Schilling, BfG)

Der wesentliche Vorteil des Einsatzes alternativer technisch-biologischer Bauweisen liegt in seiner ökologischen Funktion. Aus vegetationskundlicher Sicht sind dabei die Stichpunkte: „Sichern“, „Erhalten“, „Fördern“ und „Entwickeln“ von pflanzlichem Bewuchs entscheidend. Gerade unter Berücksichtigung vegetationskundlicher Aspekte lässt sich die Wirkkette ökologischer Funktionen weiterführen. Ein naturnaher Bewuchs am Gewässer, aber auch der flexible Einsatz verschiedenster Materialien, wie Totholz, Flechtwerke, Steine kleinerer Korngrößen usw. erhöhen die Strukturvielfalt und somit die Habitatqualität der Ufer, was wiederum typische Lebensräume, Laich- und Rückzugsgebiete für aquatische und (semi)terrestrische Tiere schafft (Kleinwächter, 2010). Durch Gehölze, Röhrichte und Kräuter erfolgt ein Ausgleich von Temperatur- und Feuchtextremen in der bodennahen Luftschicht und zudem entsteht ein Eintrag an organischem Material (Laub, Holz, Blütenteile, Pollen usw.), das eine vielfältige Ernährungsbasis für Detritusfresser (Tiere, die sich von zerkleinerter organischer Substanz ernähren) darstellt. Weiterhin wird das Selbstreinigungsvermögen des Gewässers erhöht, indem Pflanzenwurzeln Schad- und Schwebstoffe aus dem Wasser filtern und festlegen (Lange & Lecher, 1993; Schiechl & Stern, 2002; Bittmann, 1965).

Durch das Entfernen von technischen Ufersicherungen wird die Bodenflora und -fauna aktiviert und leistet wiederum ihren Beitrag zu einem biologisch hochwertigeren Standort.

#### **4 Beobachtung und Überwachung der Entwicklung technisch-biologisch gesicherter Ufer (Monitoring)**

Für die Anwendung alternativer technisch-biologischer Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen liegen derzeit noch keine allgemeingültigen Regelwerke vor (Fleischer, 2010). Insbesondere der Einsatz pflanzlicher Baustoffe erfordert ein hohes Maß an Vorplanung und Kenntnis der relevanten, beschriebenen Aspekte

(Standort, Pflanzenarten, Zonierung, Randbedingungen usw.). Da jeder Gewässerabschnitt eine eigene Charakteristik aufweist und pflanzliche Artvorkommen an naturräumliche Gegebenheiten gebunden sind, ist es gerade im Hinblick auf lebende Sicherungsvarianten unumgänglich, Bestandserhebungen und Untersuchungen vor der Ausführungsplanung vorzunehmen. Die Ist-Zustandserfassung liefert Auskunft über Standortpotenzial und Artvorkommen. Weiterhin kann die naturschutzfachliche Wertigkeit des bestehenden Bewuchses angesprochen werden.

Das Monitoring beinhaltet neben der Ist-Zustandserfassung auch vegetationskundliche Wiederholungskartierungen, die in festgelegten Zeitintervallen (z. B. nach 1, 3, 6 und 10 Jahren) nach der Bauausführung durchgeführt werden sollten. Nur so kann die pflanzliche Entwicklung der alternativ gesicherten Ufer über die Jahre überwacht und dokumentiert werden. Der Verlauf der pflanzlichen Entwicklung liefert Auskunft über die Eignung der eingesetzten Arten, Artenverbundsysteme und Ansiedlungsweisen unter den gegebenen Randbedingungen und den Unterhaltungsbedarf, insbesondere von Gehölzen. Mit Hilfe weiterer fachübergreifender Untersuchungsergebnisse aus dem Monitoring können zudem Aussagen über Erosionsschutzfunktion und die naturschutzfachliche Wertigkeit der neu geschaffenen Lebensräume getroffen werden.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

Bisher gewonnene Ergebnisse aus der Anwendung technisch-biologischer Ufersicherungen zeigen, dass diese unter den zu beachtenden Randbedingungen bei Aus- und Neubau sowie der Unterhaltung eine ökologisch verträglichere Alternative zu rein technischen Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen bieten. Durch den Einsatz lebender und toter Materialien können Defizite an Binnenwasserstraßen, wie Strukturarmut, Monotonie, einheitlicher, z. T. standortfremder Bewuchs usw., erheblich vermindert werden.

Langfristiges Ziel sollte es deshalb sein, im Rahmen von Ausbau und Unterhaltung der Binnenwasserstraßen vermehrt technisch-biologische Ufersicherungen gegenüber rein technischen Ufersicherungen anzuwenden um somit gesetzlichen Anforderungen – Schutz der Ufer sowie Erhaltung und Schaffung von Lebensraum für Pflanzen und Tiere – entsprechend Rechnung zu tragen. Ziel muss es weiterhin sein, neu gestaltete Ufer durch ein Monitoring zu begleiten, um neue und weitere Erkenntnisse zur technischen und ökologischen Wirkungsweise dieser Sicherungsmaßnahmen unter gegebenen Randbedingungen an Binnenwasserstraßen zu gewinnen. Längerfristig sollen alternative Sicherungsmaßnahmen eine erfolgreiche Schutzwirkung der Gewässer gewährleisten, während sie sich gleichzeitig möglichst lückenlos in die Ökologie des Gewässers und des Gewässerrandstreifens einbinden lassen und zum Erhalt, der Förderung und Entwicklung gewässertypischer Lebensräume, auch im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie, beitragen.

## **Literatur**

- Begemann, W. & H. Schiechl (1994): Ingenieurbiologie: Handbuch zum ökologischen Wasser- und Erdbau. 2. Aufl., Bauverlag, Wiesbaden.
- Bick, H. (1989): Ökologie: Grundlagen, terrestrische und aquatische Ökosysteme, angewandte Aspekte. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Bittmann, E. (1965): Der biologische Wasserbau an den Bundeswasserstraßen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.



- Ellenberg, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer Sicht, 5. Aufl., Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Fleischer, P. (2010): Alternative technisch-biologische Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen - Gemeinsamer Forschungsschwerpunkt für BfG und BAW. In diesem Band.
- Hütte, M. (2000): Ökologie und Wasserbau. Ökologische Grundlagen von Gewässerverbauung und Wasserkraftnutzung, Parey Buchverlag, Berlin.
- Kleinwächter, M. (2010): Ökologisches Potenzial von technisch-biologischen Ufersicherungen – faunistische Aspekte. In diesem Band.
- Lange, G. & K. Lecher (1993): Gewässerregelung, Gewässerpflege. Naturnaher Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern, 3. Aufl., Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Meixner, H., Rauch, H.-P., Florineth, F. (2004): Projekt „Neuer Wienfluss“. Messungen an der ingenieurbio- logischen Versuchsstrecke. Endbericht 1998-2003. Universität für Bodenkultur, Department für Bau- technik und Naturgefahren, Institut für Ingenieurbio- logie und Landschaftsbau (Hrsg.), Wien
- Patt, H., Jürging, P. & W. Kraus (2004): Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern. Springer Verlag, Berlin.
- Schiechtl, H. & R. Stern (2002): Naturnaher Wasserbau: Anleitung für ingenieurbio- logische Bauweisen. Ernst & Sohn, Berlin.
- Schillinger, H. (2001): Ingenieurbio- logische Ufersicherungen an Bundeswasserstraßen – Methoden, Versuche, Ideen und ein Konzept für die Untere Havel-Wasserstraße zwischen Ketzin und Brandenburg (UHW-km 32,610-54,250). Vertieferarbeit. Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe und Institut für Hydromechanik Universität Karlsruhe.
- Scholz, M., Stab, S., Dziock, F. & K. Henle (Hrsg.) (2005): Lebensräume der Elbe und ihrer Auen. Weißensee Verlag, Berlin.
- Schwoerbel, J. & H. Brendelberger (2005): Einführung in die Limnologie. 9. Aufl., Spektrum Akademischer Verlag, München.
- Wißkirchen, R. (1995): Verbreitung und Ökologie von Flusssufer-Pioniergesellschaften (*Chenopodium rubri*) im mittleren und westlichen Europa. Dissertationes Botanicae, Berlin.

