

Mitteilungsheft Nr. 4/2017, Dezember 2017
Bulletin no 4/2017, décembre 2017
Bollettino n. 4/2017, dicembre 2017
ISSN 1422-0008

Einbauten in kleine Gewässer

***Constructions dans les petits
cours d'eau***

Opere in piccoli corsi d'acqua

**INGENIEURBIOLOGIE
GENIE BIOLOGIQUE
INGEGNERIA NATURALISTICA**

**Mitteilungsblatt für die Mitglieder
des Vereins für Ingenieurbiologie**

Heft Nr. 4/2017, 27. Jahrgang
Erscheint viermal jährlich

Herausgeber:

Verein für Ingenieurbiologie
c/o HSR Hochschule für Technik Rapperswil
ILF-Institut für Landschaft und Freiraum
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel.: +41 (0)55 222 47 90
E-Mail: sekretariat@ingenieurbio.ch

Internet-Adresse:

<http://www.ingenieurbio.ch>

Druck:

Vögeli AG, Langnau i. E.

**Verantwortlicher Redaktor/
Rédacteur responsable:**

Robert Bänziger
Tel.: + 41 44 850 11 81
E-Mail: robert.baenziger@bk-ing.ch

**Redaktionsausschuss/
Comité de rédaction:**

Monika La Poutré
Hubertusstrasse 17, D-86391 Stadtbergen
Tel.: + 49 176 459652238
E-Mail: m.stampfer@gmx.at

Christian Rickli

Eidgenössische Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf
Tel.: + 41 44 739 24 03
Fax: + 41 44 739 22 15
E-Mail: christian.rickli@wsl.ch

Roland Scheibli

Tel.: + 41 43 259 27 64
Fax: + 41 43 259 51 48
E-Mail: roland.scheibli@bd.zh.ch

Lektorat/Lectorat:

Martin Huber
Tel.: + 41 32 671 22 87
Fax: + 41 32 671 22 00

Übersetzungen/Traductions:

Rolf T. Studer, E-Mail: rolf.studer@mail.com

Veranstaltungen:

Verein für Ingenieurbiologie
c/o HSR Hochschule für Technik Rapperswil
ILF-Institut für Landschaft und Freiraum
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel.: +41 55 222 47 90
E-Mail: sekretariat@ingenieurbio.ch

**Weitere Exemplare dieses Heftes
können zum Stückpreis von Fr. 20.-
beim Sekretariat bezogen werden.**

Liebe Leserin, lieber Leser

Bäche sollen genügend hochwassersicher und in einem morphologisch und ökologisch guten Zustand sein. Nur mit einer an sich wünschenswerten eigen-dynamischen Gewässerentwicklung können diese Ziele an den wenigsten Gewässern erreicht werden; Eingriffe sind deshalb notwendig. Die Ingenieurbio-logie bietet einen guten «Werkzeugkasten» für solche Eingriffe. Manchmal sind aber auch härtere Bauweisen, als sie die Ingenieurbio-logie zur Verfügung stellt, notwendig.

In den Beiträgen des vorliegenden Heftes werden ein Set von Baumethoden vorgestellt, welche an kleinen Fliessgewässern angewandt werden können, um deren Qualität und Sicherheit zu verbessern.

Diese Beispiele können Ihnen bei der Planung und dem Bau Ihrer «eigenen» Projekte als Inspiration, im besten Fall als Anleitung dienen.

Andreas Kocher zeigt in seinem Artikel, wie man Gewässer mit Schwellen und Sohlfixationen erosions-sicherer machen kann und zeigt Beispiele für die Gestaltung von Durchlässen und Brücken.

Matthias Mende, Adrian Huber, Silke Schlienger und Fritz Studer zeigen am Beispiel der Kempt in Fehraltorf, was Lenkbuhnen sind, wie sie funktionieren und wie sie eingesetzt werden können. Urs Spychiger, Betriebsleiter, plant, baut und unterhält mit seiner Equipe Einbauten in Bächen und Flüssen. Am Beispiel des Abistbaches im Zürcher Weinland stellt er verschiedene Aufwertungsmassnahmen vor, welche zum Teil sogar mit Hilfe von Schulklassen eingebaut worden sind. Dieses Vorgehen hat nicht nur den Abistbach, sondern auch die Sicht der Bevölkerung auf dieses Gewässer aufgewertet.

Auch oder gerade kleine Gewässer sind wichtig für die Fische. Weshalb das so ist und wie gerade diesen Tieren geholfen werden kann, stellen Arthur Kirchhofer und Martina Breitenstein in ihrem Beitrag dar.

Muss man Gewässersohlen überhaupt abdichten? Diese Frage kann nicht grundsätzlich beantwortet werden. Sven Maurer und Tobias Merz zeigen uns aber die wichtigsten Punkte, die man bei einer solchen Sohlenabdichtung beachten muss und stellen uns ein Beispiel vor.

Ich wünsche Ihnen eine unterhaltsame und inspirierende Lektüre.

Robert Bänziger

Chère lectrice, cher lecteur,

Les ruisseaux doivent être suffisamment résistants aux crues et dans un bon état morphologique et écologique. Ce n'est qu'avec un développement intrinsèque souhaitable des eaux en dynamique propre que ces objectifs peuvent être atteints pour certains cours d'eau; des interventions sont donc nécessaires. Le génie biologique offre une bonne «boîte à outils» pour de telles interventions. Parfois cependant, des méthodes de construction plus dures que celles offertes par le génie biologique sont nécessaires.

Les articles de ce bulletin présentent un ensemble de méthodes de construction qui peuvent être appliquées aux petits

Titelbild:

Spitalerbach, Stadt Zürich

cours d'eau pour améliorer leur qualité et leur sécurité.

Ces exemples peuvent vous aider à planifier et à construire vos propres projets comme source d'inspiration ou, au mieux, comme instruction.

Dans son article, Andreas Kocher montre comment rendre les cours d'eau plus résistants à l'érosion avec des seuils et des fixations du lit, ainsi que des exemples de conception de passage et de ponts.

Matthias Mende, Adrian Huber, Silke Schlienger et Fritz Studer montrent à l'exemple du Kempt à Fehraltorf ce que sont les épis de direction, leur fonctionnement et leur installation.

Urs Spychiger, directeur opérationnelle, planifie, construit et entretient avec son équipe des installations dans les ruisseaux et les rivières. A l'exemple de l'Abistbach dans le Weinland zurichois, il présente diverses mesures de revalorisation, dont certaines ont même été mises en place avec l'aide de classes scolaires. Cette approche a non seulement revalorisé l'Abistbach, mais aussi la perception de la population vis-à-vis du cours d'eau.

De plus, et même spécialement, les petits cours d'eau sont importants pour les poissons. Arthur Kirchhofer et Martina Breitenstein expliquent cette importance et comment les poissons peuvent être aidés.

Est-ce que les lits des cours d'eau doivent-ils vraiment être recouverts ? Cette question ne peut pas être répondue sur

le fond. Cependant, Sven Maurer et Tobias Merz nous montrent les points les plus importants à considérer lors d'un recouvrement d'un lit et nous présentent un exemple.

Je vous souhaite une lecture intéressante et inspirante.

Robert Bänziger

Cara lettrice, caro lettore

I fiumi devono offrire sufficiente protezione dalle inondazioni ed essere in un buono stato ecologico e morfologico. Solo in pochissimi casi un'auspicabile dinamica propria dell'evoluzione dei corsi d'acqua permette diraggiungere questi obiettivi. Ecco perché sono necessari interventi costruttivi. L'ingegneria naturalistica offre una buona «cassetta degli attrezzi» per questo tipo d'interventi, in alcuni casi però è necessario ricorrere a opere di genio civile classiche.

Gli articoli della presente edizione presentano una paletta di tecniche costruttive utilizzabili lungo piccoli corsi d'acqua, in modo da migliorarne la qualità e la sicurezza.

Questi esempi potrebbero servirvi da ispirazione o addirittura da guida per la pianificazione e realizzazione dei vostri progetti.

Nel suo articolo, Andreas Kocher illustra come rendere i corsi d'acqua più sicuri contro l'erosione con briglie e

stabilizzazioni dell'alveo. I suoi esempi mostrano come disporre passaggi e garantire la connettività.

Sull'esempio della Kempt a Fehraltorf, Matthias Mende, Adrian Huber, Silke Schlienger e Fritz Studer spiegano cosa sono i pennelli trasversali, come funzionano e come possono essere impiegati. Insieme alla sua squadra Urs Spychiger, capo servizio, pianifica, costruisce e mantiene opere lungo i corsi d'acqua. Sull'esempio dell'Abistbach, nel Weinland Zurighese, presenta diverse misure di miglioramento le quali, almeno in parte, sono state costruite con l'aiuto di classi scolastiche. Questo modo di fare non ha miglioratosolamente l'Abstibach, ma anche il modo in cui la popolazione vede questo corso d'acqua.

Anche e proprio i piccoli corsi d'acqua sono importanti per i pesci. Il perché e come possiamo aiutare questi animali, è illustrato da Arthur Kirchhofer e Martina Breitenstein nel loro articolo.

Il letto dei fiumi va reso impermeabile? Rispondere definitivamente a questa domanda non è possibile. Sven Maurer e Tobias Merzci spiegano però i punti più importanti da considerare per un'impermeabilizzazione e ne presentano un esempio.

Vi auguro una piacevole lettura.

Robert Bänziger

HOWOLIS

Q - Fascine
Renaturieren mit Schweizer Holz.

Q - Fascine
Renaturer avec du bois suisse.

Q - Fascine
Rinaturazione con legno svizzero.

produziert von | produit par | prodotto da:



Lindner Suisse GmbH | Bleikenstrasse 98 | CH-9630 Wattwil
Phone +41 (0) 71 987 61 51 | Fax +41 (0) 71 987 61 59
holzwolle@lindner.ch | www.lindner.ch

Schwellen und Durchlässe

Andreas Kocher, Bänziger Kocher Ingenieure AG, Dorfstrasse 9, 8155 Niederhasli

Zusammenfassung

Schwellen sind oft verwendete Sicherungsbauwerke bei kleinen Gewässern. Nachfolgend wird eine Anleitung zur Anordnung und Ausbildung von Schwellen und Sohlfixationen gegeben. Unter dem Titel Querungen / Durchlässe werden verschiedene Typen von Querungsbauwerken mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt.

Keywords

Schwellen, Sohlfixationen, Querungen, Durchlässe

Seuils et passages

Résumé

Les seuils sont des ouvrages de protection souvent utilisés le long des petits cours d'eau. L'article suivant offre une instruction pour l'arrangement ainsi que la formation des seuils et des fixations de lit. Sous le titre de traversées / passages, différents types de structures de transversales sont présentés avec leurs avantages et leurs inconvénients.

Mots-clés

Seuil, fixation de lit, passage transversal, passage

Briglie e passaggi

Riassunto

Le briglie sono opere di stabilizzazione spesso usate in piccoli corsi d'acqua. L'articolo illustra un modo di disporre e costruire briglie e metodi di stabilizzazione dell'alveo. Col titolo «Querungen / Durchlässe» vengono presentati diversi tipi di opere trasversali e di passaggio coi loro pregi e difetti.

Parole chiave

Briglie, Stabilizzazione dell'alveo, Connettività longitudinale, sPassaggi

Sohlschwellen

In der Vergangenheit wurden die Gewässer entsprechend der berechneten Schubspannungen durchgehend mit den nötigen Befestigungen versehen, was zu den bekannten geradlinigen und eintönigen Uferbereichen führte. Bei Revitalisierungen oder Ausdolungen wird heute versucht, auf solche Längsverbauten weit möglichst zu verzichten. Ohne gewisse Sicherungsmassnahmen ist in stark besiedelten Gegenden jedoch kaum auszukommen, da im Hochwasserfall Erosion zu erwarten ist und diese aufgrund von nahe liegenden In-

frastrukturbauten (Strassen, Werkleitungen, Gebäuden) oder landwirtschaftlich genutzten Flächen in den meisten Fällen nicht unbegrenzt zugelassen werden kann. Ein gewisses Mass an Sicherung ist deshalb auch bei revitalisierten Gewässern nötig. Mit der Anordnung von im Längsverlauf wiederkehrenden Sohlschwellen lässt sich ein kleines Gewässer bezüglich Seiten- und Tiefenerosion unter Kontrolle halten, während in den Abschnitten zwischen den Sohlschwellen eine gewisse Dynamik zugelassen wird.

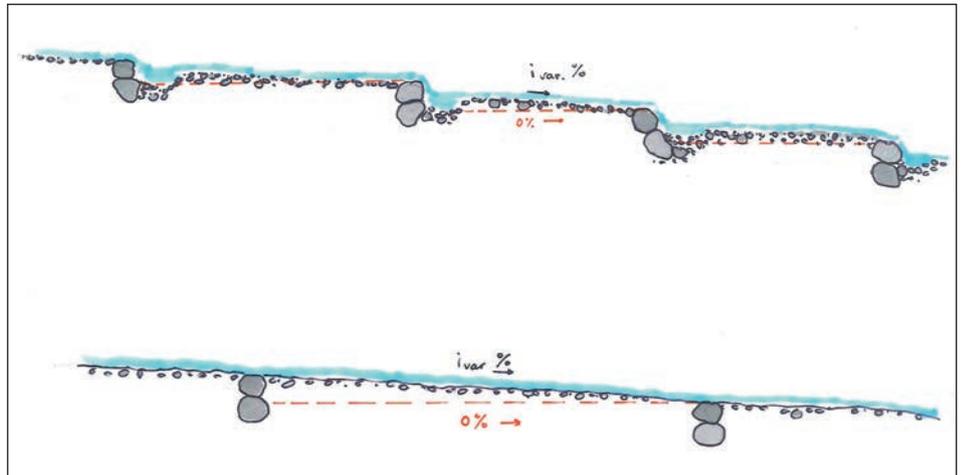


Abbildung 1: Sohlschwellen (oben) resp. Sohlfixationen ohne Absturz (unten) im Längsprofil
Figure 1: Traverses de seuil (en haut) resp. fixation du lit sans chute (en bas) en profil longitudinal

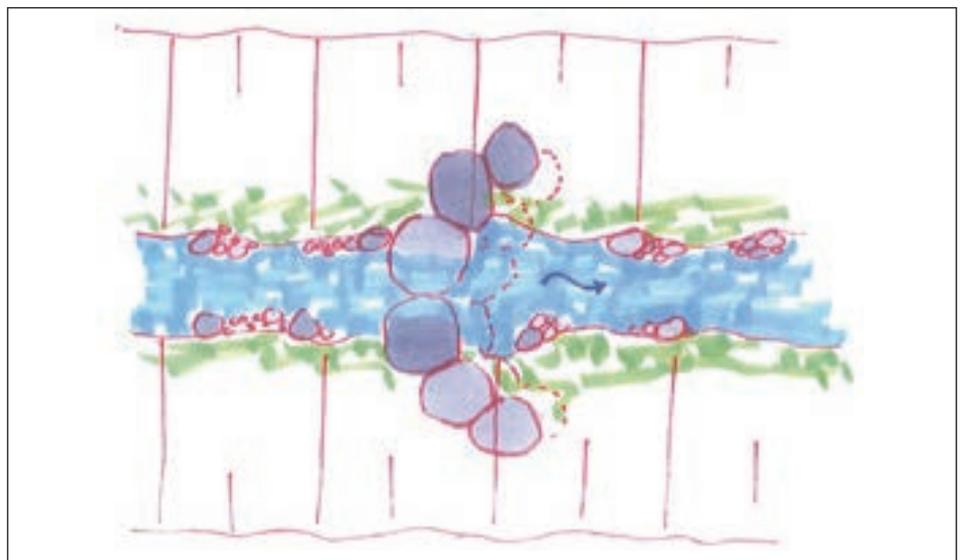


Abbildung 2: Draufsicht Sohlschwelle
Figure 2: Vue depuis le haut du seuil

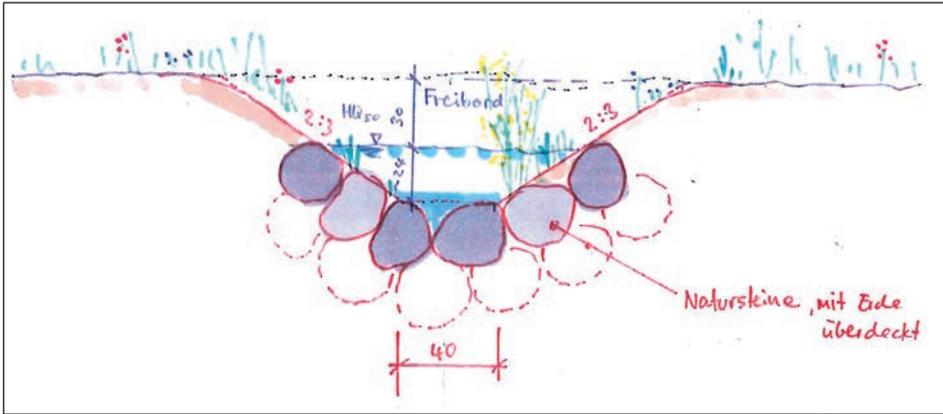


Abbildung 3: Beispiel eines Querschnitts einer Schwelle
 Figure 3: Exemple d'une section transversale d'un seuil

Sohlschwellen sind im Längsverlauf so anzuordnen, dass jeweils die unterliegende Schwelle den Fuss der oberliegenden Schwelle sichert.

Die Schwelle selber ist beidseitig genügend weit in die Böschung hoch zu ziehen, damit sie nicht umspült werden kann. Wenn sie etwas weniger steil als die Böschungen hochgezogen wird, ist sie im Gelände weniger sichtbar. Mit einer leichten hufeisenförmigen Anlage gegen die Fließrichtung wird die Strömung gegen innen geleitet, der Kolk somit in der Gerinnemitte konzentriert und gleichzeitig ein Druckbogen er-



Foto 1: Beispiel einer aufgrund von liegendebliebenem Schwemmgut seitlich umspülen, zu wenig in die Böschung eingebundenen Schwelle
 Photo 1: Exemple d'un seuil affouillé latéralement trop peu encastré dans la pente en raison d'un matériel flottant resté sur place.



Foto 2: Beispiel einer Schwelle mit tiefer gesetztem Stein bei der Niederwasserrinne.
 Photo 2: Exemple d'un seuil avec des pierres profondément ancrée dans le lit d'étiage



Foto 3: Schwelle mit einer V-förmigen Lücke zwischen zwei Steinen in einem kleinen Bächlein
 Photo 3: Seuil avec une ouverture en V entre deux pierres dans un petit cours d'eau

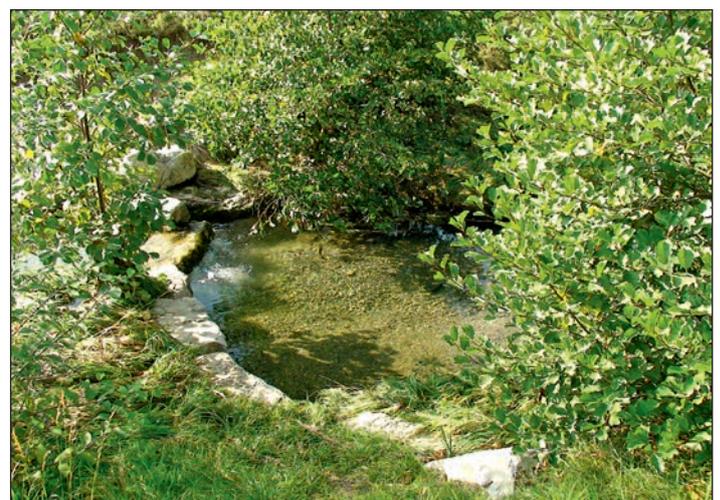


Foto 4: Beispiel einer über die ganze Gewässersohlenbreite gut sichtbaren Schwelle mit beidseitiger Schwarzerle in einem mittelgrossen Bach. Unterhalb der Schwelle hat sich ein kleiner Teich gebildet
 Photo 4: Exemple d'un seuil clairement visible sur toute la largeur du cours d'eau avec un aulne noir de chaque côté dans un ruisseau de taille moyenne. Un petit étang s'est formé en aval du seuil

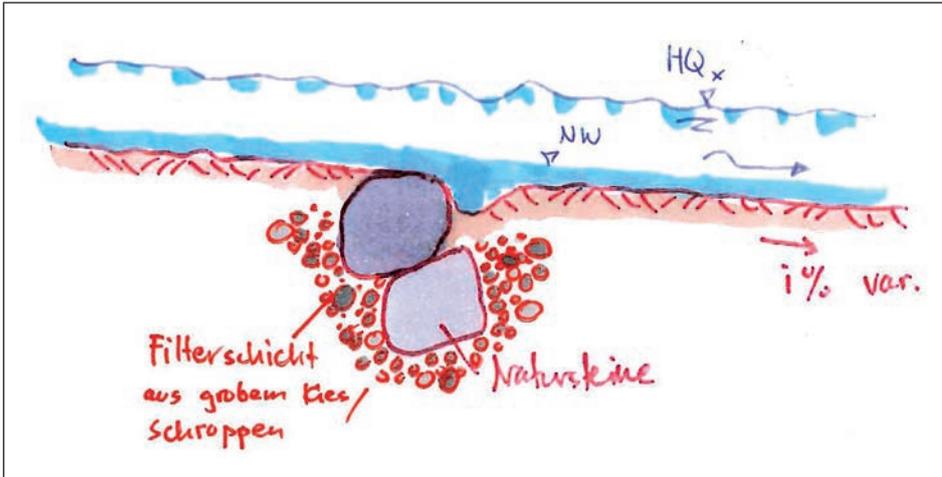


Abbildung 4: Längsschnitt
Figure 4: Coupe longitudinale

zeugt, der die einzelnen Steine gegen herausfallen sichert. Eine zusätzliche Sicherung am Ende des Druckbogens kann mit der Pflanzung eines Baumes (besonders geeignet: Schwarzerle) erreicht werden. Die unterste Steinreihe ist unterhalb des zu erwartenden Kolks zu fundieren.

Für die Niederwasserrinne ist ein Stein abzusenken oder eine Spalte zwischen zwei Steinen offen zu lassen. Diese wird bei breiten Gerinnesohlen bei jeder

Schwelle an anderer Stelle angeordnet. Damit wird eine leichte Pendelbewegung erreicht und die Schwelle wird besser überwindbar.

Die Steingrößen sind einerseits so zu wählen, dass sie durch die Strömung nicht weggespült werden können, andererseits sind auch konstruktive Aspekte massgebend. Mit zu kleinen Steinen kann kein vernünftiger Verbund hergestellt werden. Die Natursteinblöcke sind in eine Filterschicht aus Kies oder

Schrapfen zu verlegen, damit der feinkörnige Untergrund nicht herausgespült werden kann. Unterhalb der Schwelle entsteht ein bei Fischen beliebter Kolk.

Als Material wird von den Fachstellen oft ortstypisches Gestein vorgeschrieben. In Juranähe ist das Jurakalk, der eher plattig vorliegt, andernorts mag es ein formwilder Alpenkalk sein.

Es lohnt sich, wenn die Bauleitung beim Bau der Pilotstrecke über eine oder mehrere Sohlfixationen anwesend ist und den Baggerführer anweist. Es besteht immer eine gewisse Gefahr, dass relativ regelmässige und «schöne» Schwellen entstehen, die bei steileren Gewässern mit kurz aufeinander folgenden Sicherungen rasch eine stufenförmige Gleichmässigkeit annehmen. (Foto 5)

Querungen / Durchlässe

Die Querung von Strassen, Eisenbahnlinien, Zufahrten, Bewirtschaftungsübergängen oder Fusswegen macht es nötig, ein Gewässer für eine gewisse Strecke überdeckt zu führen. Die dafür nötigen Bauten müssen hydraulische und ökologische Anforderungen erfüllen. So



Foto 5: Es entstehen gleichmässige Stufen aus kantigen Steinen
Photo 5: Le résultat est la formation d'étages uniformes faits de pierres angulaires



Foto 5a: Durchlass und anschliessender Abschnitt mit deutlich verbreiteter Sohle gegenüber den ober- und unterhalb liegenden Abschnitten und entsprechend feinkörnigen Ablagerungen
Photo 5a: Passage et section suivante avec un lit sensiblement élargi vis-à-vis des sections supérieures et inférieures ainsi que les dépôts d'alluvions fins correspondants



Foto 6: Stahlsteg
Photo 6: Passerelle en acier



Foto 7: Kleine Betonbrücke
Photo 7: Petit pont en béton

soll in einem Durchlass oder unter einem Steg beim Bemessungsabfluss ein genügendes Freibord verbleiben, die Zulaufseite soll so gestaltet sein, dass Verklausungen vermieden werden und es sollen gegenüber der offen geführten Strecke vergleichbare Schleppspannungen vorkommen, damit weder Auflandung noch Erosion auftreten. Dies bedeutet, dass eine ungefähr gleichbleibende Sohlenbreite wie ausserhalb sowie ein nicht zu grosses Längsgefälle im Durchlass geplant werden soll, da sonst das Sohlsubstrat ausgeschwemmt wird. Sollte sich aufgrund einer hohen Dimensionierungswassermenge und wegen fehlender Höhe ein überbreiter Querschnitt für den Durchlass ergeben, sollte wenigstens für das Mittelwasser ein gleichbleibender Durchflussquer-

schnitt zwischen den Banketten gewählt werden. Ansonsten besteht die Gefahr einer Auflandung resp. im Beispiel an einem Bach mit wenig Geschiebetrieb ein Bereich mit feinem Schlick. (Foto 5a)

Für wasser- und landgebundene Lebewesen ist die Durchwanderbarkeit zu ermöglichen. Hierzu gibt es das Merkblatt «Faunagerechte Bachdurchlässe» der Fachstelle Naturschutz, Amt für Landschaft und Natur der Baudirektion des Kantons Zürich. Es kann unter https://aln.zh.ch/dam/audirektion/aln/fns/fns_div/praxishilfen_merkblatt/Merkblatt_Bachdurchlaesse.pdf.spooler.download.1500471021925.pdf/Merkblatt_Bachdurchlaesse.pdf heruntergeladen werden.

Nachfolgend werden verschiedene Bauwerke vorgestellt, die bei Querungen bei kleinen Gewässern in Betracht gezogen werden können. Jeder Typ hat seine Vorteile, die für die Wahl abgewogen werden sollen.

Brücke / Steg

Die Anordnung einer Brücke oder eines Steges stellt für ein Gewässer meist die kleinste Beeinträchtigung dar, da der Gerinnequerschnitt ohne grosse Änderung durchgezogen werden kann. Bei schmalen Stegen kommt genügend Licht und Regen auf die darunterliegenden Flächen, sodass Vegetation auf den Böschungen aufkommen kann. Brücken und Stege können aus Stahl, Holz, Beton oder anderen Materialien erstellt



Foto 8: Einfacher Holzsteg
Photo 8: Passerelle en bois simple



Foto 9: Beispiel mit einseitigem Bankett. Damit dessen Oberfläche nicht zu glatt ist, wird ein längslaufender Besenstrich empfohlen.
Photo 9: Exemple avec d'un gradin unilatéral. Pour que sa surface ne soit pas trop lisse, un striage longitudinal est recommandé



Foto 10: Einbau des Wellstahlrohrs zu Beginn des Nachmittags im Anschluss an die am Vormittag erfolgten Grabarbeiten
 Photo 10: Installation d'un tube en acier ondulé en début d'après-midi suite aux travaux d'excavation le matin



Foto 11: Vor Feierabend kann die Strasse wieder freigegeben werden
 Photo 11: La rue peut être nettoyée avant la fin de la journée



Foto 12: Fertig gestalteter Auslaufbereich mit Fortsetzung der Bankette
 Photo 12: Zone de sortie terminée avec poursuite du gratin



Foto 13: Wellstahlrohre können mit Verschraubungen für den Verbund der nachträglich einbetonierten Bankette versehen werden
 Photo 13: Les tuyaux en acier ondulé peuvent être munis de raccords à vis pour l'assemblage des gradins coulés en béton



Foto 14: Die Fachstelle Naturschutz (Kt. ZH) empfiehlt, auf den Betonbanketten längs des Wellstahls ein Führungsblech für Amphibien einzubauen
 Photo 14: Le Bureau de protection de la nature (canton ZH) recommande d'installer une plaque de guidage pour les amphibiens sur les bancs de béton le long de l'acier ondulé



Foto 15: Beispiel des Einbaus eines Maulprofils
 Photo 15: Exemple d'installation d'un profil aplati



Foto 16: Maulprofil, nach dem Anwachsen der Vegetation
 Photo 16: Profil aplati, après la croissance de la végétation



Foto 17: Beispiel, bei dem die durchgezogenen Böschungen durch Hochwasser ausgeschwemmt wurden. Dafür besteht eine durchgehend natürliche Sohle
 Photo 17: Exemple dans lequel les remblais sillonnés ont été emportés par les crues. En revanche, il subsiste un lit naturel continu

werden. Oft lassen sich die Brückenplatten von kleineren Stegen vorfertigen und auf die vor Ort erstellten Fundamente setzen, ohne dass Schalungen, Gerüste und dergleichen das Gerinne über längere Zeit versperren. Die Wasserhaltung lässt sich je nach Anlage der Fundamente einfach halten. Brücken und Stege müssen nicht in jedem Fall viel teurer sein als ein Durchlass. Auch ist nicht immer ein Geländer wie beim Hochbau notwendig. Hierzu sei auf die VSS-Norm SN 640'568 «Passive Sicherheit im Strassenraum; Geländer» verwiesen, die im Gegensatz zur SIA 358 «Geländer und Brüstungen» weniger streng ist. Form und Tragwerk einer Brücke sind sorgfältig zu projektieren, die Materialien sind richtig einzusetzen, damit die Dauerhaftigkeit gewährleistet werden kann (besonders bei Holz). Wir empfehlen, für den Bau einer Brücke eine ausgewiesene Fachperson beizuziehen. Der vorliegende Artikel ist keine Anleitung für Brückenbau, vielmehr soll er eine Empfehlung an die Leser sein, beim Variantenstudium nicht von vornherein aufgrund des grösseren Planungsaufwandes den Einsatz einer Brücke oder eines Steges zugunsten eines Durchlasses ausser Betracht zu lassen.

Durchlass aus Betonrohren

Durchlässe aus Betonrohren sind der Klassiker. Allerdings wurden in der Vergangenheit oft zu kleine, verklausungsfähige Rohre verwendet. Um die

Durchgängigkeit zu gewährleisten, sind möglichst beidseitig Bankette anzulegen und Sohlsubstrat mit einigen Störsteinen im Bereich der Niederwasserlinie einzubauen. Wir empfehlen, eher grosszügig ausgelegte Querschnitte einzusetzen und diese dann mind. zu einem Drittel zu verfüllen, damit eine grosszügig breite Sohle entsteht.

Durchlass aus Wellstahl

Durchlässe aus feuerverzinktem Wellstahl sind leicht und lassen sich daher auch bei sehr kleinen Gewässern, bei denen mit kleinen Baggern gearbeitet wird, einfach einbauen. Sofern keine Werkleitungen betroffen sind, ist eine Strassenquerung während einer bis zwei Tagessperrungen versetzt. Ein- und Auslaufbereiche können anschliessend ohne Sperrung gebaut werden.

Der statische Nachweis von Wellstahlrohren wird auf Wunsch von den Lieferanten erbracht. Üblicherweise wird eine Korrosionsreserve einberechnet. Oberhalb des Rohrscheitels ist eine Überdeckung von mindestens 50 cm nötig. Dies ergibt den Nachteil, dass das Gewässer für die Querung meist im Gelände abgesenkt werden muss (ausser das Gewässer quert einen hohen Strassen- oder Eisenbahndamm). Dies bedeutet eine Abtreppe beim Einlauf und eine Flachstrecke beim Auslauf, bis das Gerinne wieder im üblichen Profil im umgebenden Terrain verläuft.

Neben runden Profilen diverser Grössen sind auch gedrungene Maulprofile erhältlich.

Aufgrund des fehlenden Lichts und der ausbleibenden Beregnung sind angeschüttete Böschungen aus Kies oder Erdmaterial in solchen Durchlässen nicht tauglich, da sie durch keinen Bewuchs befestigt sind. Wir empfehlen, die Bankette mit Natursteinen oder Beton auszubilden und die Gerinnesohle ungefähr in der Breite des offenen Gerinnes ausserhalb zu halten, damit die Sohle nicht aufgrund der abnehmenden Schleppspannungen auflandet.

Ortsbetondurchlässe

Je nach Situation mag ein Ortsbetondurchlass angebracht sein. Solche Durchlässe sind gegenüber Rohrdurchlässen allerdings deutlich teurer und aufwendiger. Es gelten dieselben Vorgaben bezüglich Durchgängigkeit wie für die anderen Durchlässe.

Rechteckdurchlässe mit einer Gussrostabdeckung

Durchlässe mit einer Guss- oder Metallrostabdeckung sind eine Alternative für eher städtische Verhältnisse mit wenig Platz. Sie sind teurer als normale Durchlässe, bieten für gewisse Fälle jedoch Vorteile. Wenn wenig Höhe zu Verfügung steht, z.B. aufgrund hochliegender Werkleitungen, sind sie ideal, da sie keine Überdeckung benötigen. Dadurch kann das Gewässer beim Ein- und



Foto 18: Beispiel eines Rechteckdurchlasses mit einseitigem Bankett und Niederwasserrinne mit (eher groben) Störsteinen. Dieser Rechteckdurchlass ist aufgrund der Höhe gut für Unterhaltspersonal zugänglich

Photo 18: Exemple d'un passage rectangulaire avec un gradin sur un seul côté et un lit d'étiage avec des cailloux (plutôt grossiers). En raison de la hauteur, ce passage rectangulaire est bien accessible pour le personnel d'entretien



Foto 20: Das Bankett soll nicht nur durch den Durchlass hindurchgezogen werden, sondern auch beim Ein- und Auslauf eine Anbindung an die Umgebung aufweisen. Das ist hier nicht ideal gelungen

Photo 20: Le gradin ne doit pas seulement être accessible à travers le passage, mais doit également être relié à son environnement à l'entrée et à la sortie. Le cas ici n'est pas idéal



Foto 19: An den groben Störsteinen hängengebliebenes Schwemmgut

Photo 19: Des débris alluviaux collés aux gravats grossiers

Auslaufbereich relativ hoch und erlebbar bleiben. Der Verlauf des Gewässers ist von oben sichtbar und hörbar. In den Durchlass können Licht und Regen einfallen. Für Unterhalts- oder Instandstellungsarbeiten kann der Rost abgehoben werden.



Foto 21: Durchlass mit Gussrost im Siedlungsgebiet

Photo 21: Passage avec une grille dans une zone d'habitation



Foto 22: Blick in den Durchlass. Beim Beispiel wurde allerdings das Bankett nicht mit Beton oder Steinblöcken durchgezogen
 Photo 22: Vue à travers le passage. Dans cet exemple, le gradin n'a pas été installé avec avec des blocs de béton ou des pierres



Foto 23: Nahaufnahme des Rostes
 Photo 23: Gros plan sur la grille

Im gezeigten Beispiel wurde zusammen mit einem Schweizer Bauguss-Anbieter ein Gussrost für eine lichte Breite von 1.50 m und Schwerverkehr ausgelegt. Bei Bedenken bezüglich des Strassenabwassers können die Randbereiche bei den Wassersteinen ohne Löcher ausgeführt oder bergseitig ein Strassensammler angeordnet werden. Im vorliegenden Beispiel wurde die Querung mit einem vertikalen Versatz für die Verkehrsberuhigung kombiniert. Durch die Hochlage gelangt praktisch kein Strassenwasser ins Gewässer.

Kontaktadresse

Andreas Kocher
 Bänziger Kocher Ingenieure AG
 Vermessung, Tiefbau, Gewässer
 Dorfstrasse 9
 8155 Niederhasli
 Tel. +41 44 850 11 81
 E-Mail: Andreas.Kocher@bk-ing.ch
 Internet: www.bk-ing.ch

Begrünungen Hunn
 Mit der Natur als Partner

Begrünungen
 Samenmatten
 Sedummatten

Erosionsschutz und Böschungsbegrünung

Begrünungen Hunn AG
 Pilatusstrasse 14, 5630 Muri
www.begrueenungen-hunn.ch

Verwendung von Lenkbuhnen im naturnahen Gewässerunterhalt am Beispiel der Kempt in Fehraltorf / Kanton Zürich

Matthias Mende, Adrian Huber, Silke Schlienger, Fritz Studer

Zusammenfassung

Der Gewässerunterhalt muss heute neben rein wasserbaulichen Aufgaben vermehrt ökologische Zielsetzungen erfüllen. Hierzu zählt z.B. die Wiederherstellung der Fischgängigkeit oder die Strukturierung von Sohle und Ufer. Am Beispiel einer Unterhaltsmassnahme an der Kempt konnte gezeigt werden, dass Lenkbuhnen, in Kombination mit anderen Massnahmen, auch für kleine Gewässer eine geeignete Bauweise sein können, um diese vielfältigen Aufgaben zu erfüllen.

Entlang der Kempt traten unterhalb von Fehraltorf ZH Vernässungsprobleme auf angrenzenden Kulturlandflächen auf. Grund für die Vernässung waren Auflandungen im Bachbett, die die Wirkung der einmündenden Drainagen beeinträchtigten. Im Rahmen des Gewässerunterhalts wurden die Auflandungen entfernt und ein Lenkbuhnen-system eingebaut. Ziel war es, durch lokale Einengungen der Sohle den Geschiebetrieb auch im Bereich der Auflandungen aufrecht zu halten und so zukünftige Sedimentationen zu verhindern. Ergänzend hierzu wurden sanierungsbedürftige Schwellen durch wechselseitig angeordnete Lenkbuhnen («Lenkbuhnenrampe») ersetzt und weitere Lenkbuhnen zur Strukturierung eingebaut. Im vorliegenden Artikel wird die Planung und Dimensionierung des Buhnen-systems beschrieben und auf die Erfahrungen beim Bau und bei einer späteren Optimierung eingegangen.

Keywords

Lenkbuhnen, Instream River Training, Gewässerunterhalt, Sohlenstrukturierung

Utilisation des épis de direction pour un entretien des cours d'eau proche de la nature à l'exemple de la Kempt à Fehraltorf ZH

Résumé

En plus des fonctions d'aménagement purement hydraulique, l'entretien des cours d'eau doit aujourd'hui de plus en plus répondre à des objectifs écologiques. Cela inclut par exemple la restauration de la libre migration des poissons ou la structuration du lit et des berges. En utilisant l'exemple d'une mesure d'entretien sur la Kempt, il a été démontré que, en combinaison avec d'autres mesures, des micro-épis peuvent également convenir à de plus petits cours d'eau afin de remplir ces diverses tâches.

Le long de la Kempt en aval de Fehraltorf ZH, il y avait des problèmes de saturation du sol par l'eau sur les terres cultivées adjacentes. La raison de l'engorgement était des atterrissements dans le lit du cours d'eau ayant affecté l'effet des drainages entrant. Dans le cadre de l'entretien du cours d'eau, les atterrissements ont été retirés et un système de micro-épis a été mis en place. L'objectif était de maintenir le charriage de fond droit dans la zone d'atterrissement par un rétrécissement local du lit, empêchant ainsi toute sédimentation future. En plus de cela, les traverses nécessitant un réaménagement ont été remplacées par des micro-épis disposés en alternance («rampe micro-épis»), tandis que d'autres micro-épis ont été mis en place pour la structuration. Dans cet article, la planification et le dimensionnement du système des seuils sont décrits et les expériences acquises pendant la construction et lors d'une optimisation ultérieure ont été abordées.

Mots-clés

Micro-épis, Formation River Instream, entretien des cours d'eau, structuration du lit, Instream River Training

Uso di pennelli nella manutenzione di corsi d'acqua rispettosa della natura: l'esempio del fiume Kempt a Fehraltorf ZH

Riassunto

Al giorno d'oggi, oltre ai classici compiti d'ingegneria idraulica, la manutenzione dei corsi d'acqua deve raggiungere sempre più spesso determinati criteri ecologici. Tra questi vi sono per esempio la libera migrazione piscicola o alveo e sponde con strutture. Sulla base di una misura di manutenzione sul fiume Kempt è stato dimostrato che i pennelli per deviare la corrente, in combinazione con altre misure, possono essere un tipo di opera appropriata per raggiungere questi obiettivi anche lungo piccoli corsi d'acqua. Lungo il fiume Kempt, a valle di Fehraltorf ZH, si verificavano problemi di ristagno sulle superfici agricole vicine. Di fatto, i depositi di materiale in alveo compromettevano il funzionamento dei canali di drenaggio che scaricano nel fiume. Durante la manutenzione del fiume è stato rimosso il materiale depositato e costruito un sistema di pennelli. L'obiettivo è di mantenere attivo il trasporto solido di fondo grazie al restringimento locale dell'alveo e di evitare futuri depositi di materiale. Inoltre, le briglie da sostituire sono state sostituite con pennelli disposti in modo alternato («rampa di pennelli») e altri pennelli sono stati aggiunti per aumentare le strutture in alveo. L'articolo descrive la pianificazione e il dimensionamento del sistema di pennelli, l'esperienza acquisita durante la costruzione e l'ottimizzazione avvenuta più tardi.

Parole chiave

Pennelli, *Instream River Training, Manutenzione di corsi d'acqua, Struttura dell'alveo*

1. Einleitung

Die Anforderungen an den Gewässerunterhalt haben in den letzten Jahrzehnten wesentlich zugenommen. Bis in die 1980er Jahre standen die Gewährleistung der Vorflut und der Gerinnestabilität sowie der Hochwasserschutz im Vordergrund. Heute rücken neben diesen Aufgaben vermehrt ökologische Zielsetzungen in den Fokus. Hierzu gehören z.B. die Wiederherstellung der Fischgängigkeit, die Strukturierung von Sohle und Ufer, der Aufbau und die Entwicklung ökologisch wertvoller Ufer- und Gehölzsäume und die Gewährleistung der Geschiebedurchgängigkeit. Die gewählten Lösungen zur Erfüllung dieser Aufgaben sollen, nicht zuletzt aus Kostengründen, möglichst nachhaltig sein. Hierdurch können auch häufige und störende Eingriffe in das Ökosystem Fließgewässer (z.B. Baggerungen) vermieden werden.

Eine wichtige Bauweise zur Erfüllung dieser vielfältigen Aufgaben sind Lenkbuhnen. Lenkbuhnen werden bereits bei Niedrigwasserabfluss vollständig

überströmt und können sowohl zur Gewässerstabilisierung als auch zur Gewässerstrukturierung verwendet werden (Sindelar & Mende 2009), wobei auch eine «reine» Stabilisierung immer mit einer gewissen Strukturierung einhergeht. Werden sie zum Uferschutz eingesetzt (Abb. 1), führen sie zu einer Entlastung der Ufer und erlauben so auch die vermehrte Verwendung naturnaher ingenieurbioologischer Bauweisen anstelle eines harten Uferverbau, wie z.B. Blocksatz (Mende 2014). Zusätzlich erhöhen sie die Strömungs- und damit Strukturvielfalt im Bereich der Gewässersohle. Weitere Anwendungsgebiete sind das Geschiebemanagement (z.B. Vermeidung störender Auflandungen durch lokale Erhöhung der Fließgeschwindigkeit) und der Ersatz von Sohlenschwellen, die die biologische Durchgängigkeit vielfach beeinträchtigen und zu einer monotonen Gewässerstruktur führen.

Im Folgenden werden am Beispiel eines im Sommer 2016 im Rahmen des Gewässerunterhalts realisierten Lenkbuhnensystems an der Kempt in Fehraltorf ZH die verschiedenen Einsatzgebiete von Lenkbuhnen an kleineren Fließgewässern weitergehend erläutert. Es werden Angaben zur Projektierung und Dimensionierung der Buhnen gemacht

und die Erfahrungen beim Bau und bei einer Optimierung des Systems im September 2017 beschrieben.

2. Projektgebiet und Problemstellung

Das Projektgebiet liegt in der Gemeinde Fehraltorf unterhalb der Ortslage und umfasst einen Bachabschnitt von ca. 250 m Länge (GEWISS-km 9.95–9.70). Der Bach ist in diesem Gebiet stark begradigt und monoton (Abb. 2). Die weitgehend ebene Sohle wurde mit zahlreichen Schwellen stabilisiert, die teilweise sanierungsbedürftig sind (Abb. 3). Positiv hervorzuheben ist die sichere Wasserführung der Kempt ($Q_{347} = 67 \text{ l/s}$ und $MQ = 380 \text{ l/s}$ am Pegel Fehraltorf (Periode 1991–2016), der augenscheinlich intakte Geschiebehaushalt mit wenig Kolmation sowie der standortgerechte Gehölzsaum mit ausreichend Beschattung.

Das Bachumfeld ist landwirtschaftlich intensiv genutzt und wird durch Drainagen entwässert, die in die Kempt münden. In den letzten Jahren traten auf einigen Flächen verstärkt Vernässungsprobleme auf (Abb. 4), was auf Auflandungen im Bereich der Brücke bei GEWISS-km 9.805 zurückgeführt wurde (Abb. 5 und Abb. 6). Die Auflandungen erzeugen einen Rückstau in die Drainageleitungen



Abbildung 1: Lenkbuhnen zum Schutz eines Prallufers der Mürz/Steiermark. Die Lenkbuhnen schliessen unmittelbar an den bestehenden Blocksatz am linken Ufer an, der vollständig erhalten werden konnte und seit dem Einbau stabil ist (Blick in Fließrichtung; Mende 2012)

Figure 1: micro-épis pour la protection d'une berge affouillée de la Mürz/Steiermark. Les micro-épis suivent immédiatement l'énrochement existant situé sur la rive gauche, complètement préservé et stable depuis l'installation (vue dans le sens de l'écoulement, Mende 2012)



Abbildung 2: Begradigte und strukturarmer Kempt im Projektgebiet (Blick in Fließrichtung, $Q = 450 \text{ l/s}$)

Figure 2: La Kempt canalisée et pauvre en structures dans la zone du projet (vue dans le sens de l'écoulement, $Q = 450 \text{ l/s}$)



Abbildung 3: Beschädigte Sohlenschwelle (Q = 450 l/s)
 Figure 3: Seuil enterré endommagé (Q = 450 l/s)



Abbildung 4: Vernässungsprobleme auf Kulturlandflächen rechts der Kempt
 Figure 4: Problèmes d'engorgement des terres cultivées sur la droite de la Kempt

und verschlechtern so die Entwässerung des Kulturlands.

Das Ziel des Kantons Zürich war es, das Problem durch möglichst einfache und gleichzeitig dauerhaft wirksame flussbauliche Massnahmen zu lösen, die im Rahmen des Gewässerunterhalts umgesetzt werden können. Massnahmen, die nur eine temporäre Verbesserung bewirken (z.B. Entnahme der Auflandungen mit einem Bagger) wurden von vorne herein nicht in Betracht gezogen.

Im März 2015 wurde die IUB Engineering AG vom Kanton beauftragt, das Auflandungsproblem zunächst zu analysieren und die Ursachen zu bestimmen. Darauf aufbauend sollte dann ein Lenkbahnensystem entwickelt werden, mit dem die Entwicklung von Ablagerun-

gen dauerhaft vermieden werden kann. Ergänzend sollten auch die baufälligen Schwellen rückgebaut und durch uneingeschränkt fischgängige Einbauten ersetzt werden.

3. Problemanalyse

Zur Analyse des Problems standen neben den Beobachtungen vor Ort Vermessungsdaten des Büros Gossweiler Ingenieure AG vom März 2015 zur Verfügung. Zunächst wurde ein Längsprofil (inkl. Wasserspiegel, mittlerer Sohlenlage und Mündungskoten der Drainagerohre) erstellt und dem Verlauf der Veränderung der Sohlenbreite in Längsrichtung gegenübergestellt (Abb. 7). Die Auflandung im Brückenbereich ist im Längsprofil gut zu erkennen,

ebenso wie die hier rückgestauten Mündungen zweier Drainagerohre. Die Gegenüberstellung des Längsprofils und der Sohlenbreite in Längsrichtung verdeutlicht, dass die Auflandungen im Bereich der grössten Sohlenbreite liegen. Das Ausbauprofil im Brückenbereich wurde grösser gewählt als auf den angrenzenden Strecken und hat sich durch Ufererosion unterstrom der Brücke weiter verbreitert. Aus dieser Beobachtung wurde geschlossen, dass die Sedimentationstendenz im Brückenbereich auf die grössere Sohlenbreite und die damit verringerte Fließgeschwindigkeit und Sohlenschubspannung zurückzuführen ist.



Abbildung 5: Auflandungen oberstrom der Brücke bei GEWISS-km 9.790 (Blick in Fliessrichtung, Q = 450 l/s)
 Figure 5: Atterrissement en amont du pont à GEWISS-km 9.790 (vue dans le sens d'écoulement, Q = 450 l/s)



Abbildung 6: Auflandungen unterstrom der Brücke bei GEWISS-km 9.805 (Blick in Fliessrichtung, Q = 450 l/s)
 Figure 6: Atterrissement en aval du pont à GEWISS-km 9.805 (vue dans le sens de l'écoulement, Q = 450 l/s)

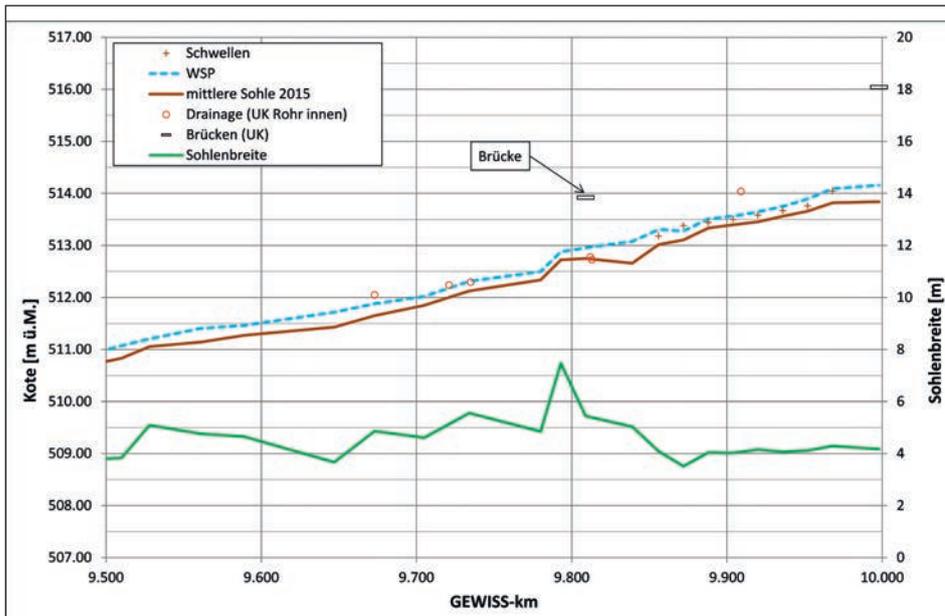


Abbildung 7: Längenprofil der Kempt im Projektgebiet mit Gegenüberstellung der Sohlenbreite im Längsverlauf

Figure 7: Profil en long de la Kempt dans la zone du projet avec une comparaison de la largeur du lit en profil longitudinal

4. Projektiertes Lenkbunnen-system

4.1 Konzept

Zur dauerhaften Lösung des Auflandungsproblems muss die Geschiebetransportkapazität der Kempt im Bereich der Auflandungen erhöht werden, was nur durch eine lokale Erhöhung der Fließgeschwindigkeit zu erreichen ist. Es wurde daher ein Lenkbunnen-system entwickelt, bei dem durch die Abflusskonzentration auf die Gewässermittle mit sogenannten «Strömungstrichtern» ein Talweg mit erhöhter Fließgeschwindigkeit entsteht, durch den ein kontinu-

ierlicher Geschiebetrieb gewährleistet werden kann (Abb. 8). Da Lenkbunnen sehr niedrige Gewässereinbauten sind, muss vor ihrem Einbau zunächst einmalig die Auflandung weggebaggert werden. Andernfalls lägen sie unter der Sohle und wären nicht wirksam. Ergänzend zu den gewählten Massnahmen im Brückenbereich wurde als Ersatz für die sanierungsbedürftigen Schwellen ein System aus in engem Abstand gesetzten, wechselseitig angeordneten Lenkbunnen gewählt (Abb. 8). Das Ziel dieser neu entwickelten «Lenkbunnenrampe» ist es, die Sohle durch eine Verlängerung

des Fließwegs und damit eine Verringerung des effektiven Sohlengefälles zu stabilisieren. Der Vorteil dieses Systems liegt insbesondere darin, dass die Lenkbunnen im Gegensatz zu klassischen Rampenriegeln nicht über die gesamte Gewässerbite verlaufen, womit auch die Durchgängigkeit des Sohlensubstrats uneingeschränkt gegeben ist.

Um den ökologischen Wert des Projekts weiter zu erhöhen, wurde es über den eigentlichen «Problembereich» hinaus auf eine Gesamtlänge von 250 m ausgeweitet. Zusätzlich zu den Massnahmen gegen Auflandungen und dem Ersatz der Schwellen wurden weitere Lenkbunnen in Form von Strömungstrichtern und einseitigen Bunnen vorgesehen, um die Strömungs- und Strukturvielfalt auf einer grösseren Strecke zu erhöhen und gleichzeitig ein leicht gewundenes Niederwassergerinne zu entwickeln.

4.2 Dimensionierung

Im gesamten Projektperimeter wurden ausschliesslich inklinante Lenkbunnen geplant, um die Strömung von den Ufern wegzulenken und Uferschäden zu vermeiden. Form und Länge der Lenkbunnen wurden jeweils leicht variiert, um ein vielfältiges Strömungs- und naturnahes Erscheinungsbild zu entwickeln. Bei der Projektierung der Lenkbunnen wurde ein besonderes Gewicht auf die Höhenlage der Lenkbunnen gelegt. Nur wenn die Bunnen in ihrer Höhenlage gut aufeinander abgestimmt sind, können sie die gewünschte Wirkung erzielen.

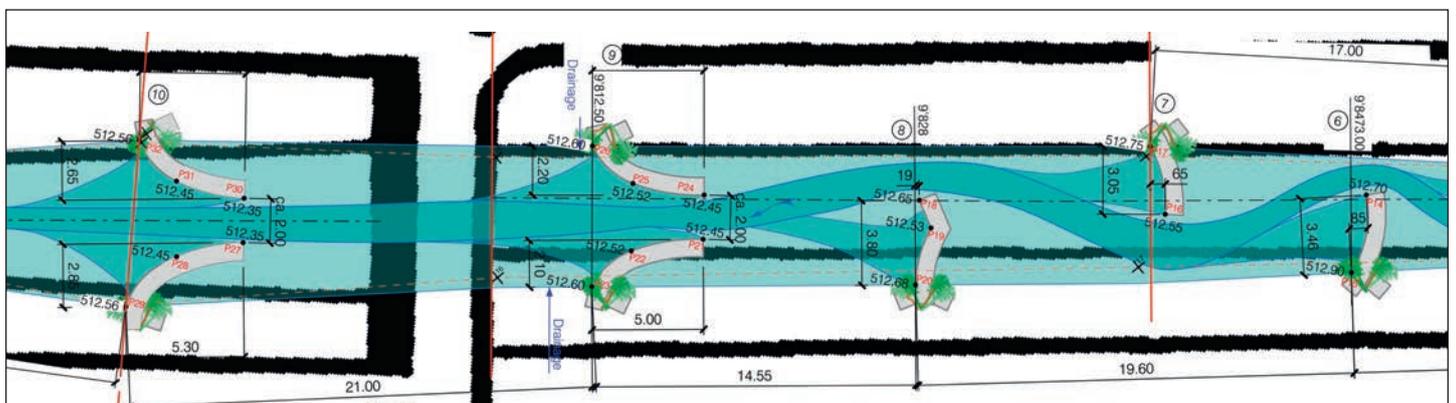


Abbildung 8: Situation des geplanten Lenkbunnen-system (Ausschnitt) mit zwei Strömungstrichtern im Brückenbereich und wechselseitig angeordneten Lenkbunnen («Lenkbunnenrampe») als Ersatz für die sanierungsbedürftigen Schwellen (Fließrichtung von rechts nach links)

Figure 8: Situation du système des micro-épis planifié (détail) avec deux formes entonnoirs pour diriger le courant dans la zone du pont et des micro-épis disposés en laternance («rampe des micro-épis») comme remplacement des seuils nécessitant un assainissement (direction d'écoulement de droite à gauche)

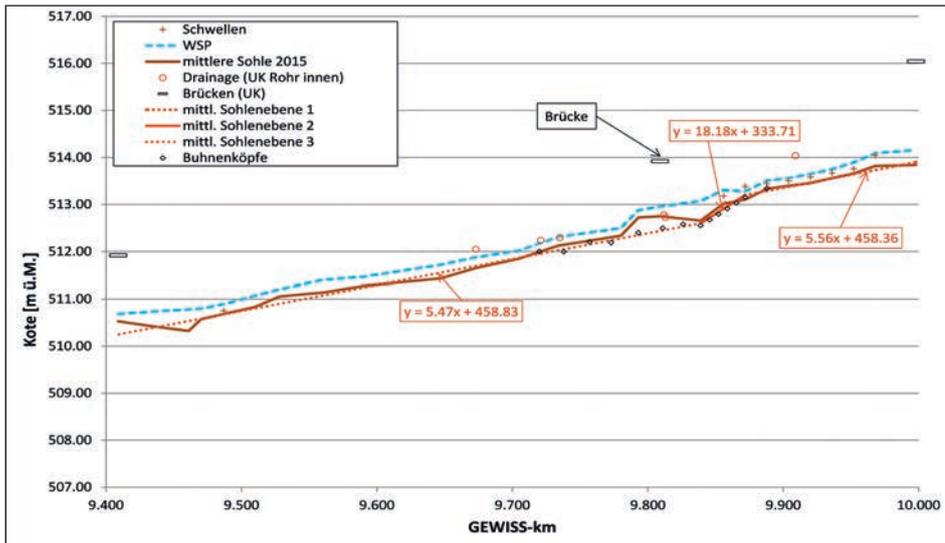


Abbildung 9: Längensprofil der Kempt im Projektgebiet mit mittleren Sohlenebenen inkl. Näherungsfunktionen und Lenkbuhnenköpfen

Figure 9: Profil longitudinal de la Kempt dans la zone du projet avec les niveaux moyens du lit, y compris fonctions d'approximation et têtes des micro-épis

Das Bezugsniveau für die Festlegung der Höhenkoten ist die «mittlere Sohlenebene» (Mende 2014). Die mittlere Sohlenebene ist eine über die Sohlenbreite und die Fliessstrecke gemittelte Sohlenlage. Zur Bestimmung der mittleren Sohlenebene wird zunächst für jedes vorhandene Profil des Projektperimeters die mittlere Sohlenlage berechnet. In einem weiteren Schritt wird dann ein Längensprofil mit der mittleren Sohlenlage erstellt und eine lineare Näherungsfunktion bestimmt, mit der für

jede beliebige Station des Perimeters die lokale Höhenkote auf der mittleren Sohlenebene berechnet werden kann. Zur Berechnung der Höhenlage geplanter Lenkbuhnen wird zunächst mit Hilfe der Näherungsfunktion die Höhenkote der mittleren Sohlenebene am Einbauort berechnet und dann die gewählte Höhe der Buhnen addiert. Durch diese Vorgehensweise kann die Höhenlage der einzelnen Lenkbuhnen optimal aufeinander abgestimmt werden.

Auch für die Kempt wurde die mittlere Sohlenebene bestimmt (Abb. 9). Hier besteht jedoch ein Sonderfall, da das Gefälle am Ende der vorhandenen Sohlenschwellen (ca. GEWISS-km 9.90–9.84, Abb. 7 und 9) deutlich höher ist als ober- und unterstrom. Aus diesem Grund wurde je eine mittlere Sohlenebene für den Bereich oberhalb der Schwellen, den steilen Bereich der Schwellen und den Bereich unterhalb der Schwellen hergeleitet. Zur Stabilisierung der Steilstrecke wurde die bereits oben beschriebene «Lenkbuhnenrampe» projektiert.

Die Höhe der Lenkbuhnen wurde so gewählt, dass sie am Ufer 15 cm über der mittleren Sohlenebene liegen und zur Bachmitte hin linear auf ± 0 cm abfallen. Geht die Buhne über die Bachmitte hinaus, liegt der Kopf unter der mittleren Sohlenebene. Grundsätzlich wird empfohlen, die Lenkbuhnen im Zweifelsfall eher zu tief als zu hoch einzubauen, da sie im Bedarfsfall nachträglich mit geringem Aufwand erhöht werden können. Hierzu muss der Bagger den gesetzten Stein lediglich greifen und leicht anheben, so dass der Flusskies unter ihn rutscht. Ein nachträgliches Tieferlegen der Steine ist hingegen weit aufwändiger. Hierzu müssen die Steine ausgebaut werden, Kies entnommen und die Steine wieder eingebaut werden.



Abbildung 10: Depot formwilder, mehrheitlich annähernd kubischer Blocksteine im Steinbruch

Figure 10: Dépôt en vrac, principalement des blocs cubiques dans la carrière



Abbildung 11: «Lenkbuhnenrampe» zwei Wochen nach Fertigstellung. Die Hinterkante der Lenkbuhnen bildet eine Linie (rot gestrichelt) und die Steine wurden mit in Fliessrichtung um 5 bis 10 cm ansteigender Oberfläche eingebaut (Blick in Fliessrichtung, $Q = 460 \text{ l/s}$)

Figure 11: «Rampe des micro-épis» deux semaines après sa finition. Le bord arrière des micro-épis forme une ligne (en rouge traitillé) et les pierres ont été encastrées dans la direction de l'écoulement 5 à 10 cm dans la surface ascendante (vue dans dans le sens de l'écoulement, $Q = 460 \text{ l/s}$)



Abbildung 12: Uferanbindung einer Lenkbuhne mit Weidenbuschlagen (Fließrichtung von unten rechts nach oben links)

Figure 12: Raccordement à la berge d'un micro-épi avec des lit de plançons (sens de l'écoulement d'en bas à droite à en haut à gauche)



Abbildung 13: Strömungstrichter unterstrom der Brücke (GEWISS-km 9.790), im Bereich der ehemaligen Auflandungen (vgl. Abb. 6) mit Rot gestrichelt dargestellten Bühnhinterkanten (Blick in Fließrichtung, $Q = 240 \text{ l/s}$)

Figure 13: Entonnoir pour diriger le courant sous le pont (GEWISS-km 9.790) dans la région des anciens atterrissements (cf. Figure 6) avec les bords de fuite des épis en rouge traitillé (vue dans le sens de l'écoulement, $Q = 240 \text{ l/s}$)

Bei der Planung der Bühnenlängen wurde das «Drittelprinzip» angewandt, d.h. einseitige Lenkbühnen reichen über $\frac{2}{3}$ der Sohlenbreite, das Drittel der Sohle zwischen Bühnenkopf und Ufer bleibt offen. Bei den Strömungstrichtern, also beidseitig gegenüberliegend angeordneten Lenkbühnen, bleibt das mittlere Drittel der Sohle offen, d.h. die beiden Bühnen nehmen in der Summe ebenfalls $\frac{2}{3}$ der Sohlenbreite ein. Im breiten Bereich der Brücke wurde von diesem Prinzip leicht abgewichen und die Öffnungsbreite in der Mitte der Trichter etwas schmaler als $\frac{1}{3}$ der Sohlenbreite gewählt (vgl. Abb. 13). Die

Öffnungsbreiten wurden so bei allen Lenkbühneneinbauten ähnlich gewählt und sind damit gut aufeinander abgestimmt.

Der Abstand der Lenkbühnen in Fließrichtung wurde in diesem völlig geraden Abschnitt zwischen 15 und 25 m variiert, was etwa 3–5 Sohlenbreiten entspricht. Im Bereich der Auflandungen wurde der Abstand am engsten gewählt, um hier die Entwicklung eines durchlaufenden Talwegs mit erhöhter Fließgeschwindigkeit gewährleisten zu können. In Bereichen, wo die Lenkbühnen ausschliesslich der Strukturierung dienen, wurde ein grösserer Abstand gewählt.

Abweichend hiervon wurden die Lenkbühnen im Abschnitt der «Lenkbühnenrampe», der mit einem Gefälle von 1,8% recht steil ist, in einem Abstand von 8 m und damit wesentlich enger gesetzt. Insgesamt wird an der aus 5 Lenkbühnen bestehenden «Rampe» ein Höhenunterschied von 0.75 m abgebaut, d.h. 15 cm von Bühne zu Bühne.

5. Ausführung

Zu Beginn der Ausführung wurden zunächst die Auflandungen im Brückenbereich bis auf das Niveau der mittleren Sohlenebene abgetragen. Lokal mussten bis zu 50 cm Kies abgetragen wer-



Abbildung 14: Vergleich des Strömungstrichters oberstrom der Brücke (Blick gegen Fließrichtung) bei GEWISS-km 9.805 vor (links, $Q = 460 \text{ l/s}$) und nach der Optimierung im September 2017 (rechts, $Q = 470 \text{ l/s}$)

Figure 14: Comparaison des directions du courant en amont du pont (vue contre le sens d'écoulement) à GEWISS-km 9.805 avant (à gauche, $Q = 460 \text{ l/s}$) et après l'optimisation en septembre 2017 (à droite, $Q = 470 \text{ l/s}$)



den, der der Kempt im Unterlauf wieder zugegeben wurde. Die Kiesentnahme wurde, ebenso wie der anschließende Einbau der Lenkbuhnen, mit dem Schreitbagger des Gewässerunterhalts durchgeführt.

Zum Bau der Lenkbuhnen wurden Blocksteine aus Alpenkalk mit einer Masse zwischen ca. 1,0 und 1,5 t verwendet. Die Buhnen werden riegelartig gebaut, d.h. die Blocksteine werden in einer Linie nebeneinander gesetzt. Auf Kolk-schutzsteine unter dem eigentlichen Lenkbuhnenriegel wurde aufgrund der als gering eingeschätzten Kolk-tendenz in dem geraden Bachabschnitt verzichtet. Um trotz des nur einreihigen Aufbaus eine ausreichende Bauwerksstabilität gewährleisten zu können, wurde eine eingebaute Steinhöhe von mindestens 80 cm vorgegeben. Um diese Vorgabe erfüllen zu können, wurden die Steine meist mit ihrer längeren Seite in die Sohle eingebunden.

Neben der Einbindetiefe ist für eine hohe Bauwerksqualität auch die Stein-form wichtig. Es werden formwilde, aber annähernd kubische Steine benötigt, die gut kraftschlüssig im Verband gesetzt werden können (Abb. 10). Um diese Steinqualität zu bekommen, wurden vorgängig eine Steinbruchbegehung durchgeführt und die Vorgaben mit dem Lieferanten abgesprochen.

Für den Einbau wurde eine Genauigkeit in der Höhe von ± 5 cm und in der Lage von ± 20 cm angestrebt. Die angegebenen Koten und auch die Lage gelten für die Hinterkante der Steine (Luvseite), die weitgehend eine Linie bilden sollte (Abb. 11). Die Steine sind in Fliessrichtung leicht ansteigend einzubauen, um die Bildung von Vorkolken zu verringern.

Um ein Hinterspülen der Buhne am Ufer zu verhindern, wurde sie rund einen halben Meter weit ins Ufer eingebunden. Zusätzlich wurde oberstrom der eigentlichen Lenkbuhne ein Uferschutzstein eingebaut und über den Buhnensteinen eine Weidenbuschlage eingelegt (Abb. 12).

Die Bauzeit für die gesamte Massnahme, d.h. die Kiesentnahme und der Bau von 6 Strömungstrichtern (Abb. 13) und 8 einseitigen Lenkbuhnen betrug

aufgrund zahlreicher Unterbrechungen durch anhaltend hohen Abfluss 5 Wochen, von denen effektiv etwa 1,5 Wochen (140 Mannstunden inkl. Bauleitung) im Gewässer gearbeitet werden konnte. Insgesamt wurden 115 t Blocksteine benötigt.

6. Optimierung

Nach den ersten kleineren Hochwasserabflüssen zeigte sich, dass die Lenkbuhnen im Bereich der entfernten Auflandungen etwas zu tief eingebaut waren und sich bereits erste Sedimentationen andeuteten (Abb. 14 links). Unterhalb der recht steilen «Lenkbuhnenrampe» hatte sich ein langgestreckter flacher Kolk entwickelt, an den eine ebenfalls flache Kiesbank im Bereich der ursprünglichen Auflandungen anschloss. Zur Vereinheitlichung des Gefälles wurden die beiden unteren Buhnen der Rampe und die beiden anschließenden Strömungstrichter (vgl. Abb. 8) Ende September 2017 um 10 bis 20 cm angehoben (Abb. 14 rechts). D.h., der Gefälleknicke unterhalb der Rampe wurde abgeschwächt und das Gefälle im Auflandungsbereich etwas erhöht. Für die Optimierung, die wiederum mit einem Schreitbagger durchgeführt wurde, wurde lediglich ein halber Arbeitstag benötigt.

Die Entwicklung der Sohlenlagen wird nun weiter beobachtet. Im Bedarfsfall liesse sich mit wenig Aufwand eine weitere Optimierung umsetzen. Es wird jedoch nicht davon ausgegangen, dass dies notwendig wird.

7. Schlussbetrachtung

Mit dem Bau des Lenkbuhnen-systems an der Kempt konnte gezeigt werden, dass Lenkbuhnen auch für kleinere Fliessgewässer gut geeignet sind, mit moderatem Aufwand umgesetzt und im Bedarfsfall nachträglich optimiert werden können. Die Strömungs- und Strukturvielfalt in der stark begradigten Kempt konnte durch die Unterhaltmassnahme deutlich verbessert werden. Ergänzend sollte bei zukünftigen Projekten noch vermehrt grobes Totholz (z.B. Wurzelstämme) in Sohle und Ufer eingebaut werden, um zusätzlich u.a. das Angebot an Deckungsstrukturen zu verbessern.

Eine abschliessende Beurteilung, ob mit den umgesetzten Massnahmen das Ablagerungsproblem dauerhaft behoben werden konnte, ist so kurze Zeit nach Einbau der Lenkbuhnen noch nicht möglich. Ebenso kann auch die Eignung der «Lenkbuhnenrampe» als sohlenstabilisierende Massnahme nicht abschliessend beurteilt werden. In dieser neu entwickelten Bauweise wird jedoch ein grosses Potential als naturnaher Ersatz relativ niedriger, nicht fischgängiger Schwellen gesehen, da sie mehrere Vorteile miteinander verbindet: Die Durchgängigkeit des Sohlensubstrat ist gegeben, sie erzeugt bei Niedrig- und Mittelwasser keinen Rückstau und es bildet sich auf ihr ein Niederwassergerinne mit einer strukturreichen Sohle aus.

Literaturverzeichnis

Mende, M. 2012. Instream River Training – Naturnaher Flussbau mit minimalem Materialeinsatz. Korrespondenz Wasserwirtschaft, Jg. 5, Nr. 10, S. 537–543

Mende, M. 2014. Naturnaher Uferschutz mit Lenkbuhnen – Grundlagen, Analytik und Bemessung. LWI-Mitteilungen Heft 162/2015, Dissertation Hrsg. Technische Universität Braunschweig, Leichtweiss-Institut für Wasserbau, Prof. Dr.-Ing. A. Dittrich, ISSN 0343–1223

Sindelar C., Mende M. 2009. Lenkbuhnen zur Strukturierung und Stabilisierung von Fliessgewässern. Wasserwirtschaft, 99. Jg., Heft 1–2, 70–75

Kontaktadresse

Matthias Mende
IUB Engineering AG
Belpstrasse 48
3000 Bern 14
Tel. +41 31 357 12 24
Fax +41 31 357 11 12
E-Mail: matthias.mende@iub-ag.ch
Internet: www.iub-ag.ch

Praktische Beispiele von einem Bachausbau im Rückhaltebecken Fohloch in Marthalen

Urs Spychiger

Zusammenfassung

Der Kanton Zürich unterhält rund 420 km seiner insgesamt 3600 km Gewässer durch einen eigenen Gewässerunterhalt mit ca. 46 Mitarbeitern. Die Hauptziele sind die Gewährleistung der Hochwassersicherheit, die ökologische Aufwertung der Gewässer sowie der Naherholung der Menschen gerecht zu werden. Viele dieser Ziele werden durch den Einsatz naturnaher, ingenieurbioologischer Bauweisen, also von Pflanzenteilen erreicht. Dieser Bericht beschreibt ein paar praktisch angewendete Verbauungen an einem kleineren Bach.

Keywords

ingenieurbioologische Bauweisen, Aufwertung Bachlauf ab Rohplanie, kleinere Bäche

Exemples pratiques d'un aménagement de ruisseau dans le bassin de rétention de Fohloch à Marthalen

Résumé

Le canton de Zurich entretient environ 420 km de ses 3600 km de cours d'eau

grâce à son propre centre d'entretien des cours d'eau qui compte environ 46 employés. Les principaux objectifs sont de répondre aux exigences de la protection contre les crues, de la valorisation écologique des cours d'eau ainsi que la récréation de proximité pour les humains. Bon nombre de ces objectifs sont atteints grâce à l'utilisation de méthodes de construction proche de la nature du génie biologique, c'est-à-dire de parties de végétaux. Cet article décrit quelques constructions pratiques appliquées sur de plus petits ruisseaux.

Mots-clés

Méthode de construction du génie biologique, valorisation de la Rohplanie, petits cours d'eau

Esempi pratici da lavori nella camera di ritenuta Fohloch a Marthalen.

Riassunto

Il Canton Zurigo mantiene circa 420 dei 3600 km totali di corsi d'acqua con circa 46 collaboratori del proprio servizio di manutenzione. Gli obiettivi principali sono: garantire la protezione contro le

piene, miglioramenti ecologici dei corsi d'acqua e mantenere gli spazi ricreativi per la popolazione. Molti di questi obiettivi sono raggiunti grazie all'uso di tecniche costruttive d'ingegneria naturalistica, cioè grazie all'uso di piante o parti di esse. L'articolo descrive la costruzione di un paio di opere lungo un piccolo corso d'acqua.

Parole chiave

Tecniche d'ingegneria naturalistica, Pianificazione di miglioramenti ecologici, Piccoli corsi d'acqua

Im Zuge des Ausbaus des Rückhaltebeckens Fohloch in Marthalen im Jahr 2003 konnte der gerade Bachlauf, dank des Landkaufs für die Retention des Wassers, neu gestaltet werden. Die Rohplanie erstellte der Tiefbauunternehmer. Wie meistens ist der Bachlauf ein wenig zu breit und hat noch keine Strukturen. Unsere Aufgabe war, rasch ab frisch gestaltetem Bach so schnell als möglich etwas mehr ökologische Vielfalt durch Strukturen und Beschattung hinein zu bringen.



Abbildung 1: Abistbach vor Umbau, begrädit
Figure 1: Abistbach avant sa transformation, endigué



Abbildung 2: Abistbach nach Umgestaltung im Rohbau
Figure 2: Abistbach après les travaux de gros oeuvre Abistbach après les travaux de gros oeuvre



Abbildung 3: Wurzelstock mit Stamm, umgekehrt eingebaut
Figure 3: Rhizome avec souche, à l'envers



Abbildung 4: Versetzte Kopfweide, geschnitten
Figure 4: Saule têtard replacé, coupé

Bereits im Vorfeld haben wir bei der Baurodung ein paar Bäume höher abgesägt, damit wir sie später bei der Rohplanie direkt mit dem Tiefbauunternehmer umgekehrt mit den Wurzeln nach oben einbauen konnten. Dies sind ideale Unterschlüpfe für Fische und ökologisch wertvoll. Auf eine Sicherung der Stöcke mit Pfählen, Seilen usw. wurde hier verzichtet, weil der Rechen beim Durchlaufwerk die Stöcke auffangen würde und bei den paar einzelnen keine Verklauungsgefahr und Probleme für das unterliegende Dorf bestand. Ebenfalls vorgängig haben wir ein paar einzelne

Kopfweiden mit Wurzelstock ausgegraben und bei der Rohplanie eingebaut. Diese schlagen sehr schnell aus und beschatten rasch den Bach. Da viele der geplanten Massnahmen von Hand ohne grosse Maschinen ausgeführt werden können, beschlossen wir, die Arbeiten mit einer Oberstufenklasse von Marthalen auszuführen. Umso mehr, als das Ausbauprojekt des Rückhaltebeckens in der Bevölkerung nicht unumstritten war. Die Idee der Aufklärung und das Wecken von Verständnis für den Rückhaltebeckenausbau durch die Schüler bei ihren Eltern war das Ziel.

Wegen der fehlenden Beschattung entschieden wir uns, neben der Bepflanzung von Buschgruppen mit einheimischen Baum- und Straucharten vor allem einzelne Schwarzerlen (*Alnus glutinosa*) direkt in das Ufer möglichst nah ans Wasser zu setzen. Sie wachsen sehr schnell, gehen mit den Wurzeln ins Wasser sowie ins Ufer, geben Stabilität und Strukturen im Flusslauf sowie Beschattung.

Für das Verschmälern des zu breiten Bachlaufes wählten wir Weidenverbauungen aller Art.

Wichtig war uns, dass sie frisch sind, aus der Region kommen und nicht aus Baumweiden gewonnen wurden. Da wir Anfang April einbauten, ist der Zeitpunkt für das Anwachsen ideal gewesen. Nur ein paar wenige Kilometer entfernt hatten wir Erntebestände an der Thur. Die Weiden konnten somit frisch innert weniger Stunden nach der Ernte verbaut werden.



Abbildung 5: Weidengewinnung mit Schülern an der benachbarten Thur
Figure 5: Abattage de saules avec les élèves sur la Thur voisine

Stecklinge: vor allem auf den Auslenkenseiten, um das zu rasche Ausbrechen des Baches zu verhindern. Die Steckhölzer waren zwischen 3–10 cm dick, 60–80 cm lang und zugespitzt. Vielmals auch seitwärts bei kleinen eingebauten Schwellen zur Sicherung und Beschattung. Weil der Boden ziemlich lehmig und teilweise hart war, wurde mit einem Locheisen vorgebohrt, damit man beim Einschlagen mit einem Kunststoffhammer die Stecklinge nicht zertrümmerte. Wichtig nach dem Einbringen der



Abbildung 6: Faschinenbock mit Spannwägli
Figure 6: Support de fascines avec Spannwägli



Abbildung 7: Faschinen ziegelartig eingebaut
Figure 7: Fascines installées en tuile

Stecklinge ist, diese mit Wasser einzuschwemmen, damit sie guten Bodenkontakt haben und so gut anwachsen und weniger austrocknen.

Faschinen: Mit einem selber konstruierten «Bock» konnten wir die Faschinen vor Ort binden. Wir verwendeten einen 1,5 mm Walzendraht um die Weidenbündel mit Hilfe eines Spannwägli zum Vorspannen und einer Rabitzzange zusammenzuschneiden. Beim Einbau ist darauf zu achten, dass 2/3 der Faschine in den Boden zu liegen kommen. Das gewährleistet einen besseren Anwuchserfolg und eine längere Lebensdauer. Ebenfalls sollten sie leicht unter die Sohle reichen. Falls sie zu wenig hoch ist, ist eine zweite Faschine oben drauf einzubauen. Die Faschine ist zuoberst gegen die Strömung mit dem Ende in das Ufer einzubauen,

dass sie seitwärts nicht hervorschaut und das Wasser sie nicht hintererspülen kann. Pro Faschine (5 Meter Länge) sind mindestens 3 Pfähle einzuschlagen. Wenn die Faschine nicht an die Pfähle gebunden wird, sind diese kreuzweise schräg einzuschlagen, damit sie keinen Auftrieb hat. Die Faschinen sind immer zu hinterfüllen und oder überdecken, damit sie nicht austrocknen. Baut man mehrere Faschinen nacheinander ein, ist darauf zu achten, dass sie wie Dachziegel versetzt eingebracht werden, damit sie nicht ausgespült werden können.

Flechtwerke: Möglichst lange und dünne Weidenruten (1–2 cm) waren hier gefragt. Wir haben sie vor dem Flechten noch ins Wasser eingelegt, damit sie sich besser biegen lassen und weniger brechen. Fichtenpfähle ca. 1 Meter, ge-

spitzt, Durchmesser 6 cm. Wichtig: Weiden immer so einlegen, dass die Äste nicht gegen die Strömung stehen. Die obersten Pfähle haben wir im Joch geschlagen, Weiden darin eingelegt und oben vorgebohrt, um einen Draht darüber zu ziehen. Durch das Nachschlagen der Pfähle danach hat es die Weiden eingeklemmt. Bei Hochwasser schlaufen sie dann weniger aus und die Verbauung wird so nicht ausgespült.

Aus Gründen der Arbeitssicherheit wegen eines Stromschlages im Wasser wurde mit einem grossen Akkubohrer gebohrt.

Kleine Bachschwellen: Um das Längsgefälle ein wenig zu brechen, erstellten wir ein paar kleine Bachschwellen. Dazu verwendeten wir Fichtenpfähle



Abbildung 8: Bohren der Fichtenpfähle für Drahtbindung
Figure 8: Perçage des pieux en sapin pour la fixation des fils



Abbildung 9: Fertig erstelltes und hinterfülltes Weidenflechtwerk
Figure 9: Tapis de branches de saule terminé et rempli



Abbildung 10: Holzschwelle mit seitlichem Erosionsschutz
 Figure 10: Seuil en bois avec protection latérale contre l'érosion



Abbildung 11: Schwelle: Ausbuchtung gegen die Strömung. Mitte etwas abgesenkt, dass Kolk nicht aussen ist seitlicher Uferschutz mit Faschinen
 Figure 11: Seuil cambrement contre le courant. Un peu abaissé au milieu, pour éviter un affouillement extérieur. Protection de rive latérale avec des fascines



Abbildung 12: Provisorischer Fischunterstand bis Vegetation vorhanden
 Figure 12: Abri temporaire pour les poissons jusqu'à ce que la végétation soit disponible



Abbildung 13: Abistbach 1 Monat nach Fertigstellung mit den Schülern
 Figure 13: Abistbach 1 mois après la finalisation avec les élèves

von 1 Meter Länge. Die Schwellenabstürze sollten nicht über 20 cm sein, damit die meisten Fischarten dieses Hindernis passieren können. Die Ausbuchtung der Schwelle ist gegen die Strömung zu richten und in der Mitte einen Niedrigwasserüberfall etwas tiefer auszubilden. So fällt das Wasser bei normalem Abfluss in der Mitte herunter und der Druck auf das seitliche Ufer ist dann etwas kleiner. Die Bachschwellen sollten seitwärts vor Erosion bei Hochwasser geschützt werden. Wir verwendeten hier meistens Weidenfaschinen.

Initialpflanzung/Ansaat: Da der Bach vor dem Ausbau keine ideale Bach-

vegetation hatte, konnten und wollten wir die Bachufersoden hier nicht anlegen. Wir haben eine sogenannte Initialpflanzung ausgeführt. An anderen Bächen aus unserem Unterhaltsgebiet haben wir Schwertlilien, Sumpfdotterblumen, Bachnelkwurz und echtes Mädesüss ausgestochen und entlang der Ufer hineingepflanzt, damit wir durch die natürliche Vermehrung bald eine bessere Bachvegetation erhalten werden.

Die beiden Ufer wurden teils mit Direktbegrünung aus geeigneten Schnittflächen angelegt und mit einer Wildblumenmischung im oberen Teil der Böschungen angesät.

Fischunterstand: Da neben den umgekehrteingebauten Stöcken wenig Deckung für die Fische vorhanden war, haben wir temporäre Fischunterstände seitwärts ins Ufer eingebaut. Diese Bestände aus ein paar Rundhölzern und zwei Holzläden. So konnten sich die Fische anfänglich vor ihren Fressfeinden hier zurückziehen. Natürlich zerfällt dieser Unterstand nach zwei Jahren oder füllt sich mit Dreck. Bis dann wird aber die natürliche Vegetation Unterschlüpfe anbieten.

Zusätzlich haben wir noch vereinzelt mit Kiesschüttungen das Sohlensubstrat des Baches aufgewertet. Heute ist dabei wegen der Neozoen darauf zu achten,



Abbildung 14: Abistbach heute nach 14 Jahren
 Figure 14: Abistbach aujourd'hui, 14 ans après

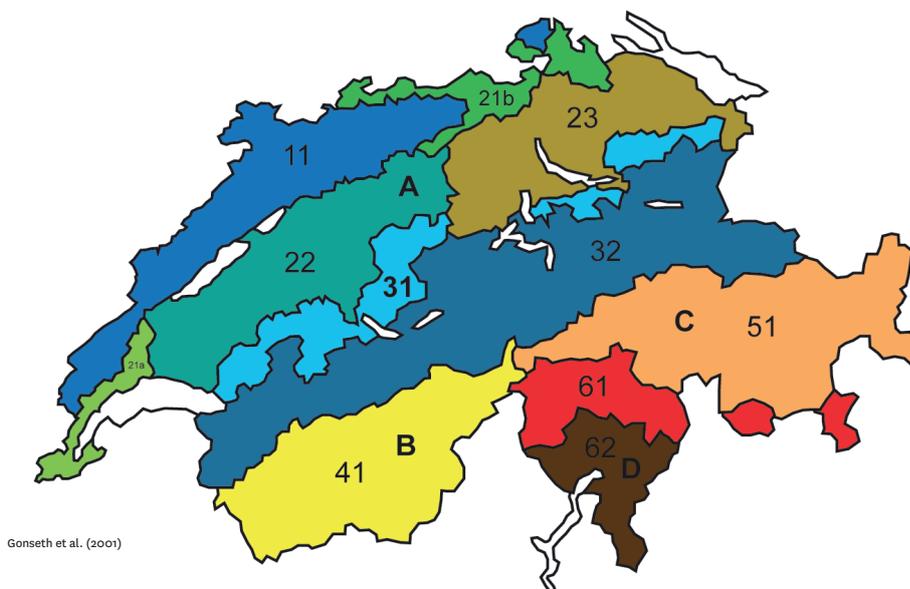
dass das Kies aus dem gleichen Flusssystem kommt.

Fazit: Der Ausbau mit den Schülern hat zwar organisatorisch und bei der Ausführung Mehraufwände ausgelöst. Sieht man aber das Resultat und dass die Schüler abgesehen von einem kleinen Abschlussfest gratis gearbeitet haben, so ist dies absolut vertretbar. Auch wenn man die Zufriedenheit und die Identifikation der Schüler mit «ihrem eigenen» Bach sieht, bei der Abschlussexkursion mit den eingeladenen Eltern und Schulpflege, dann kann ich dies jedem wärmstens empfehlen.

Kontaktadresse

Urs Spychiger
 AWEL Abteilung Wasserbau
 Sektion Gewässerunterhalt
 Betriebsleiter Betrieb Thur/Rhein
 Neugutstrasse 29
 8450 Andelfingen
 052 317 15 16 / 079 331 00 33
 urs.spychiger@bd.zh.ch

**CH-Wildblumensamen.
 Jeder Region ihren Ökotyp.**



Gonseth et al. (2001)



Fischaufstiegshilfen in kleinen und grossen Fließgewässern

Arthur Kirchhofer & Martina Breitenstein

Zusammenfassung

Für die Bewohner von Fließgewässern ist die Möglichkeit, im Gewässer frei auf- und abwärts wandern zu können überlebenswichtig. Ist die freie Durchgängigkeit nicht gewährleistet, können ganze Fischpopulationen aussterben. Bei der Sanierung Wasserkraft nach revidiertem Gewässerschutzgesetz wird deshalb der Fischgängigkeit grösste Bedeutung zugemessen, und zahlreiche Wasserkraftanlagen in grossen Flüssen müssen in den nächsten Jahren saniert werden. Aber auch in kleinen Fließgewässern ist die freie Fischwanderung zur Erhaltung der Populationen zentral. Wie das «Beispiel Natur» zeigt, können Höhenstufen im Gewässer auch ohne Abstürze überwunden werden, so dass die lineare Durchgängigkeit auch in diesen Verbindungsachsen für die Wasserbewohner sichergestellt werden kann.

Keywords

Durchgängigkeit, Fischwanderung, Wasserbewohner

Échelles à poissons dans les petites et grandes rivières

Résumé

Pour les habitants des rivières, la possibilité de se mouvoir librement en aval ou en amont dans l'eau est essentielle à la survie. Si le libre passage libre n'est pas garanti, des populations entières de poissons peuvent disparaître. Lors de l'assainissement des forces hydrauliques en vertu de la Loi révisée sur la protection des eaux, une grande importance est donnée à la migration des poissons et de nombreuses centrales hydroélectriques le long des grands cours d'eau devront être assainies au cours des prochaines années. Mais même dans les petites rivières, la libre migration des poissons est centrale afin

de maintenir les populations. Comme le montre l'exemple de la nature, les hauteurs dans l'eau peuvent être surmontées même sans chutes, de sorte que la continuité linéaire peut aussi être assurée sur ces axes de liaison pour les habitants aquatiques.

Mots-clés

Passage, migration des poissons, habitants aquatiques

Opere di risalita per pesci in piccoli e grandi corsi d'acqua

Riassunto

Per la fauna acquatica è di vitale importanza poter migrare lungo i corsi d'acqua. Se la libera migrazione non è garantita, sono a rischio di estinzione intere popolazioni di pesci. Per questo motivo la revisione della Legge sulla protezione delle acque dà molta importanza alla libera migrazione piscicola. Molte centrali idroelettriche lungo grandi corsi d'acqua dovranno essere risanate nei prossimi anni. Per la sopravvivenza delle popolazioni, la libera migrazione dei

pesci è però fondamentale anche nei piccoli corsi d'acqua. Come dimostra «l'esempio natura», i dislivelli lungo i corsi d'acqua possono essere superati anche senza salti in modo da garantire la connettività longitudinale per la fauna acquatica.

Parole chiave

Migrazione dei pesci, Fauna acquatica

Weshalb wandern unsere Fische?

Die uneingeschränkte Bewegungsfreiheit ist für uns Menschen ein elementares Recht. Dabei wird nicht zwischen zwingend notwendiger, überlebenswichtiger Mobilität und Freizeitmobilität unterschieden. Wir nehmen dieses Recht als selbstverständlich und mögliche Einschränkungen werden mit grossem Aufwand eliminiert. Versetzen wir uns einmal gedanklich in ein aquatisches System und dessen Verbindungsachsen, die Fließgewässer. Der Wasserbewohner stösst auf seinen Wanderungen flussaufwärts dauernd an unüberwindbare Hindernisse. Dabei sind gerade

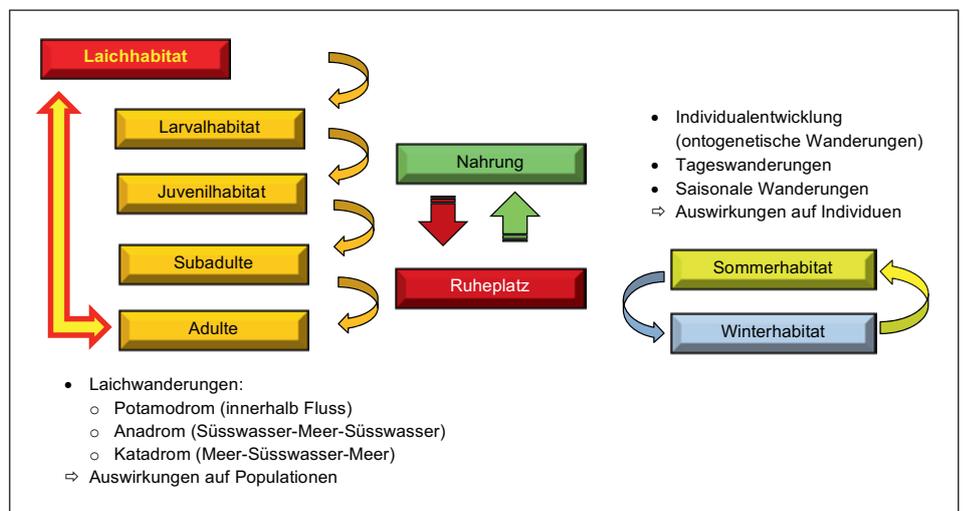


Abbildung 1: Fische MÜSSEN jederzeit frei im Gewässer zirkulieren können, um sich entwickeln und fortpflanzen zu können

Figure 1: Les poissons DOIVENT à tout moment pouvoir circuler librement dans l'eau pour se développer et se reproduire

die Lebewesen dieser linearen Lebensräume zwingend auf freie Mobilität angewiesen. Nehmen wir als Beispiel den Fisch (Abbildung 1):

- Im Laufe der Individualentwicklung von der wenig leistungsfähigen Fischlarve bis zum adulten, geschlechtsreifen Tier muss jeder Fisch zahlreiche Ortswechsel vornehmen, um die für die Ansprüche der jeweiligen Lebensphase optimalen Lebensräume (Habitate) zu finden.
- Im Laufe des Tages sind mehrere Ortsverschiebungen vom geschützten Ruheplatz zum Ort der Nahrungsaufnahme und wieder zurück notwendig, um die Energiereserven aufzufüllen und wachsen zu können.
- Zu unterschiedlichen Jahreszeiten werden unterschiedliche Habitate aufgesucht; die Barbe zum Beispiel verbringt den Winter am liebsten in tiefen, dunklen und ruhigen Kolken, in denen sie ihre Aktivität auf ein Minimum reduziert. Im Sommer dagegen sucht sie ihre Nahrung auf schnell strömenden Kiesbänken und ruht sich im Totholzgewirr in Ufernähe aus.
- Zur Fortpflanzung werden von den meisten Arten längere (mehrere 1000 km) oder kürzere (einige 100 m) Wanderungen auf geeignete Laichplätze unternommen und dort die Fortpflanzungsprodukte deponiert.

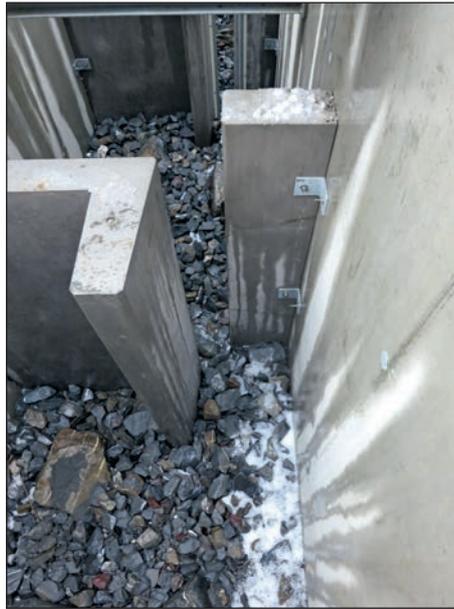


Abbildung 2: Ein Vertikalschlitzpass mit natürlichem Sohlsubstrat ist – sofern am richtigen Ort platziert und korrekt dimensioniert – eine gute technische Lösung, um ein grösseres Hindernis für die Fischwanderung zu überwinden.

Figure 2: Placée au bon endroit et correctement dimensionnée, un passage à fente verticale avec un substrat de fond naturel est une bonne solution technique pour surmonter un obstacle majeur à la migration des poissons.

- Nach dem Schlüpfen aus dem Ei müssen die meisten Fischlarven erstmals eine Ortsveränderung machen und aktiv (schwimmend) oder passiv (mit dem Wasserstrom driftend) ein passendes Larvenhabitat aufsuchen. Der Kreislauf beginnt von neuem.

- Bei Hochwasser werden viele, vor allem junge Fische mit dem reissenden Strom abgeschwemmt (Drift). Fehlen in kanalisiert und eingegengten Gerinnen Ausweichmöglichkeiten und schützende Unterstände, ereilt dieses Schicksal auch grössere Fische. Nach dem Abklingen des Hochwassers machen sich viele Individuen wieder auf den Weg flussaufwärts, um den verlorenen Lebensraum zurückzuerobieren.
- In guten Jahren entwickelt sich aus den Eiern (bis mehreren Tausend pro Weibchen) eine grosse Zahl an Jungfischen. Obschon die Mortalität in den ersten Lebensmonaten sehr hoch ist, müssen viele Jungfische im Sommer oder Herbst einen neuen Lebensraum suchen und wandern deshalb in grossen Schwärmen flussaufwärts oder flussabwärts, die sogenannte Ausbreitungswanderung.

Alle diese Wanderungen können nur unternommen werden, wenn das Gewässer frei ist von unüberwindbaren Hindernissen. Werden die Populationen eines Fließsgewässers eingegengt und können nicht mehr untereinander in Austausch treten (Genaustausch) kann der Bestand einbrechen und die Population verschwinden. Wir nehmen heute an, dass der massive Rückgang der Nase in grossen Teilen der Schweiz – z.B. in der bernischen Aare, in der Saane



Abbildung 3: Ein naturnaher Raugerinne-Beckenpass erlaubt auch optisch ansprechende Lösungen zur Ermöglichung der freien Fischwanderung zu finden, im Bild das Umgehungsgewässer des neuen KW Hagneck BE

Figure 3: Un passage de bassin à lit rugueux proche de la nature permet également des solutions visuellement attrayantes pour permettre la libre migration des poissons, à l'image du cours d'eau de contournement de la nouvelle centrale à Hagneck BE



Abbildung 4: Ein Kiessammler in einem kleinen Aarezfluss verhindert, dass die Fische in ihr potenzielles Laichgewässer aufsteigen und sich fortpflanzen können

Figure 4: Un collecteur de galets dans un petit affluent de l'Aar empêche le poisson de remonter dans ses eaux de frai potentielles et de se reproduire



Abbildung 5: Ein Absturz von 15 cm Höhe kann für Jung- und Kleinfische bereits unüberwindbar sein, wenn zu dessen Überwindung ein Sprung notwendig wird.

Figure 5: Une chute de 15 cm peut déjà être insurmontable pour les jeunes et petits poissons lorsqu'un saut est nécessaire pour le surmonter.

und Broye – unter anderem auch mit der Verhinderung des Austausches zwischen den einzelnen Teilpopulationen zusammenhängt, da die grossräumigen Laichwanderungen wegen Staumauern nicht mehr möglich sind.

Fischwanderung bei Wasserkraftanlagen

Wie die Aufwärtswanderung funktioniert, welche Auslösemechanismen wirken und wie sich der Fisch dabei orientiert, wurde in den vergangenen 150 Jahren sehr intensiv erforscht. Für viele – vor allem wirtschaftlich wichtige – Arten kennen wir inzwischen die massgebenden Mechanismen und können den Fischen den Weg flussaufwärts zeigen und ihnen Fischaufstiegshilfen (FAH) zur Überwindung der Wanderhindernisse anbieten. Vor allem in grossen Flüssen kann heute kein Wehr oder Kraftwerk mehr erneuert werden, ohne dass eine moderne FAH nach den neusten technischen Standards integriert wird. Dabei kommen sowohl technische Bauwerke wie Vertikalschlitzpässe (Abbildung 2), als auch naturnahe Lösungen wie Raugerinnebeckenpässe zum Einsatz (Abbildung 3). Mit der Revision von Gewässerschutz- und Fischereigesetz des Bundes ist die Sanierung unüberwindbarer Hindernisse oder nicht funktionstüchtiger Fischaufstiegshilfen bei der Nutzung der Wasserkraft zwingend vorgeschrieben und wird durch den Stromkonsumenten über die Netzgesellschaft Swissgrid mit 1 Rp. pro verbrauchter Kilowattstunde finanziert. So müssen

gemäss strategischer Planung der Kantone in den kommenden 15 Jahren rund 600 kraftwerksbedingte Hindernisse fischgängig gemacht werden.

Dank zahlreichen Studien zur Leistungsfähigkeit von Fischen verschiedener Arten und Altersklassen wissen wir recht gut, wie technische Hilfen für die Aufwärtswanderung der Fische konstruiert und wo sie platziert werden müssen. Auch über die Ausgestaltung naturnaher Umgehungsgewässer wissen wir recht gut Bescheid.

Ein anderes Problem dagegen ist die Abwärtswanderung der Fische. Diese ist erst seit etwa zwanzig Jahren ins Bewusstsein der fischbiologischen Forschung gerückt und wird inzwischen ebenfalls intensiv untersucht. Wir wissen, dass sie stattfindet und dass die meisten Arten und Grössenklassen auch flussabwärts wandern. Über das wann, wo und wie dagegen tappen wir noch grösstenteils im Dunkeln. Entsprechend wenig können wir über Abstiegshilfen für Fische aussagen. Erste Lösungsansätze sind jedoch in Erprobung und für kleinere Seitenentnahmen an Flüssen scheint sich der Horizontalrechen mit engem Stababstand zu bewähren.



Abbildung 6: Eine «natürliche Blockrampe» ohne Überfall entsteht in einem Bergbach durch das Verkeilen von grobem Sohlmaterial. Da überall ein durchgehender Wasserstrom vorhanden ist, kann diese Höhenstufe von den Fischen problemlos schwimmend überwunden werden

Figure 6: Une « rampe naturelle de blocs » sans déversement est créée dans un ruisseau de montagne par l'enchevêtrement d'un matériel de lit grossier. Comme un flux continu d'eau est disponible partout, ce niveau de hauteur peut facilement être surmonté par les poissons



Abbildung 7: Halbseitige Sohlschwellen aus Holz oder Blöcken lassen den Fischen einen Niederwasserkorridor frei für ihre Wanderungen

Figure 7: Les seuils en bois ou en blocs semi-latéraux permettent aux poissons de dégager un couloir d'eau basse pour leur déplacement



Abbildung 8: Teilweise offene Blockschwellen dienen der Sohlenfixierung und ermöglichen die freie Fischwanderung ohne Absturz
Figure 8: Les traverses de blocs partiellement ouvertes servent à fixer le lit et permettent une migration libre du poisson sans chute



Abbildung 9: Ein ehemaliges Wehr in der Linth wurde abgebrochen und an dessen Stelle wird die Höhenstufe mit einer aufgelösten Blockrampe überwunden. Auch für Klein- und Jungfische ist dieser Abschnitt damit fischgängig
Figure 9: Un ancien déversoir sur la Linth a été démonté et à sa place, le niveau de hauteur a été surmonté par une rampe en blocs dissolus. Cette section permet ainsi le passage même pour les jeunes et petits poissons

Fischwanderung auch in kleinen Gewässern

Kleinere Fließgewässer erfüllen als Zubringer für die grossen Flüsse wichtige Funktionen im Gewässersystem. Vielen Fischarten dienen sie beispielsweise als Reproduktionshabitat und Kinderstuben. Ihre freie Zugänglichkeit aus dem Hauptfluss ist deshalb von grösster Bedeutung für das Funktionieren der Lebensgemeinschaften. In kleineren Fließgewässern sind neben Kleinkraftwerken oft Hochwasserschutz und Wasserbau Ursache für Einschränkungen der für die aquatische Fauna zwingend notwendigen Durchgängigkeit dieser Mobilitätsachsen. Kiessammler oder vor allem Schwellen zur Verhinderung der Tiefenerosion stellen dabei das grösste Problem dar (Abbildung 4). Bis in die 1980er Jahre wurde vom damaligen BUS (Bundesamt für Umweltschutz) empfohlen, Schwellen in Fließgewässern nicht höher als 70 cm zu bauen, da dies die maximale, von Fischen noch überwindbare Höhe sei. Inzwischen wissen wir, dass bereits ein Absturz von 15 cm für Gropfen und Bartgrundeln (Schmerlen) nicht überwunden werden kann (Abbildung 5). Diese Kleinfischarten leben am Gewässergrund und sind nicht sehr sprungstark. Die Groppe hat zudem keine Schwimmblase und kann

sich daher nicht schwebend in der Wassersäule austarieren und fortbewegen. Demzufolge müssen Lösungen gefunden werden, mit denen die Tiefenerosion kleiner und mittlerer Fließgewässer verhindert werden kann, ohne dass die lineare Durchgängigkeit eingeschränkt wird.

Als Beispiel können uns dazu natürliche, nicht verbaute Gewässerabschnitte dienen. Bei genauerem Hinsehen zeigt sich, dass in der Natur – ausser in sehr steilen Bergbächen oder bei der Verkeilung von Schwemmholz – kaum Abstürze und Überfälle vorkommen. Vielmehr werden durch die Kraft des Wassers Blöcke so verschoben und gegeneinander verkeilt, dass praktisch immer eine fließende Welle entsteht (Abbildung 6). Diese erlaubt den Fischen gegen den Strom aufwärts zu schwimmen, ohne dass sie springen müssen. Damit ist eine solche Höhenstufe auch für die Groppe oder junge Forellen überwindbar.

Im naturnahen Wasserbau können diese Strukturen aus der Natur kopiert werden. Mit halbseitigen Schwellen aus Holz oder Blöcken wird die Sohle fixiert und bei Niederwasser bleibt den Fischen ein Wanderkorridor ohne Absturz offen (Abbildung 7). Auch teilweise offene Blockriegel erfüllen denselben Zweck, ohne dass ein unüberwindbares Hin-

dernis entsteht (Abbildung 8). Bei grösseren Höhenstufen erfüllen aufgelöste oder strukturierte Blockrampen diesen Zweck (Abbildung 9). Mit solchen und ähnlichen Massnahmen kann der Wasserbau mithelfen, die wichtigen Verbindungsachsen auch in kleineren Fließgewässern für die aquatische Fauna offen zu halten und so zur Erhaltung der Biodiversität in unseren Gewässern wesentlich beitragen.

Kontaktadresse

Arthur Kirchofer, Martina Breitenstein
 WFN – Wasser Fisch Natur AG
 Brunnmattstr. 15
 3007 Bern
 031 533 50 20
 info@wfn.ch

Abdichtung von Gewässern mit Tondichtungsbahnen

Tobias Merz / Sven Maurer

Zusammenfassung

Für eine erfolgreiche Abdichtung von Fließgewässern mit geosynthetischen Tondichtungsbahnen bedarf es fachgerechter Planung und Einbau. Dadurch kann eine technisch gute und kostengünstige Lösung erreicht werden. Die wichtigsten Punkte werden erläutert und ein Beispiel gezeigt.

Keywords

Abdichtung von Fließgewässern, Geosynthetische Tondichtungsbahnen (GTD), Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekte

Recouvrement des cours d'eau avec un revêtement d'étanchéité en argile

Résumé

Un recouvrement réussie de cours d'eau avec un revêtement à argile géosynthétique nécessite une planification et une installation dans les règles de l'art. Partant de là, une solution techniquement bonne et avantageuse peut être obtenue. Les points les plus importants sont expliqués et un exemple est montré.

Mots-clés

Recouvrement des cours d'eau, revêtement à argile géosynthétique (RAG), projets de protection contre les crues et projets de revitalisation

Impermeabilizzazione di corsi d'acqua con geocompositi bentonitici

Riassunto

Impermeabilizzare l'alveo con membrane geocomposite in bentonite richiede una corretta pianificazione ed esecuzione. In questo modo la soluzio-

ne sarà di buona qualità e il prezzo contenuto. L'articolo presenta gli aspetti più importanti e un esempio.

Parole chiave

Impermeabilizzazione di corsi d'acqua, Geocompositi bentonitici, Progetti di protezione contro le piene e di rivitalizzazione

Einleitung

Im Rahmen von Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekten kommt es häufig zu Anpassungen der horizontalen und/ oder vertikalen Linienführung von Fließgewässern. Werden dabei sickerfähige Bodenschichten angeschnitten oder durchquert, kann der Abfluss im Fließgewässer durch Versickerung je nach Situation stark abnehmen oder gar ganz versiegen. Das Abwarten der natürlichen Kolmatierung der Bach- oder Flusssohle mit Feinsedimenten ist meist zeitlich undenkbar. Daher sind künstliche Abdichtungsmassnahmen gefragt. Neben der konventionellen Lehm- oder Betonabdichtung werden heutzutage auch Tondichtungsbahnen, auch Bentonitmatten genannt, verwendet. Deren korrekter Einsatz sowie eine optimale Einbaumethode sollen im Folgenden erläutert werden.

Material und Methoden

Geosynthetische Tondichtungsbahnen (GTD) sind Verbundprodukte. Sie setzen sich zusammen aus einem mineralischen (Bentonit) und einem polymeren (Geotextil) Bestandteil. Der dichtende Bentonit befindet sich zwischen einem Träger- und einem Deckgeotextil, welche zur Aufnahme von Schubkräften untereinander vernäht oder vernadelt sind. Es sind diverse Oberflächenausführungen für unterschiedliche Anwendungen (zusätzlicher Wurzelschutz, etc.) erhältlich. Der Vorteil gegenüber rein mineralischen

Abdichtungen (z.B. Lehm) ist, dass die Schichtstärke einer Tondichtungsbahn deutlich kleiner ausfällt und somit auch der Einbauaufwand geringer ist. Jedoch reicht eine Tondichtungsbahn alleine nicht aus für eine funktionierende Abdichtung eines Gewässers. Die Dichtungsbahn ist immer nur ein Teil einer Abdichtung. Sie muss in Kombination mit einer geeigneten und genügend starken Überschüttung eingebaut werden. Nur dadurch wird die gewünschte Dichtigkeit erreicht. Böschungswinkel dürfen für den Einbau und die spätere Dichtigkeit der Tondichtungsbahnen nicht zu steil projektiert werden. Bei der Projektierung von Abdichtungen mit Tondichtungsbahnen müssen für eine erfolgreiche und nachhaltige Ausführung unter anderem folgende Punkte berücksichtigt werden [1]:

- Dichtigkeitsanforderungen (hoch/erhöht)
- Geometrie des abzudichtenden Bauwerks
- Zugänglichkeit des Bauwerks (Verlegung)
- Anschlüsse, etwa an Schachtbauwerke, Zu- und Abläufe
- Böschungswinkel (max. 1:1,75 mit entsprechender Oberflächenbeschaffenheit des umhüllenden Geotextils)
- Beschaffenheit Planum/Planie (eben und ohne scharfkantige Steine)
- Überdeckung (Art und Stärke des Schüttmaterials)
- Feuchtigkeitshaushalt (Trocken-, Nasszyklus, kein häufiges Austrocknen)
- Frosteindringtiefe
- Begrünung, Bepflanzung (Wurzeltiefe)
- Auslegen der Bahnen aufgrund Eigengewicht nur maschinell möglich
- Verlegen der Matten stromaufwärts
- Verlegen unter nassen Bedingungen nur eingeschränkt möglich
- Vor Regen muss eine ausreichende Überdeckung gewährleistet sein

- Besondere Belastungen (schnelle Wasserstandsschwankungen, Wellenschlag, mechanische Beanspruchungen im Betriebszustand)

Bei den oben aufgeführten Punkten sollte einer ausreichenden Überlappung (min. 20 cm) und Überdeckung sicherlich die grösste Aufmerksamkeit zukommen. Grundsätzlich sollten die Dichtungsbahnen mit min. 30 bis 60 cm Schüttmaterial überdeckt werden. Dadurch wird eine Austrocknung der Bentonitmatten vermieden, meist ist damit die Frosttiefe überwunden und eine starke Durchwurzelung wird verhindert. Weiter dient eine grosse Schichtstärke auch dem Schutz vor mechanischer Beanspruchung. Jedoch müssen beispielsweise Unterhaltmassnahmen in der Projektierung berücksichtigt und später mit der nötigen Vorsicht durchgeführt werden.

**Ausführungsbeispiel
Schüepbach bei Andelfingen
(öff. Gewässer Nr. 2.0)**

Der Oberlauf des Schüepbachs (Abschnitt Henggart bis Humlikon, hier Seltenbach) wurde im Zusammenhang mit dem Ausbau der Nationalstrasse A4 ausgedolt und revitalisiert. Im Rahmen des Hochwasserschutzprojektes Thur wurden beim Schüepbach aufgrund des grösseren Rückstaus aus der Thur die Ufer beidseitig erhöht und die Linienführung des Schüepbachs in die Altläufe der Thur verlegt. Diese sind als Vertiefungen anhand von gebogenen Prallhängen oder anhand der Vegetation (Schilf) erkennbar gewesen [2]. Das Projekt für den Ausbau des Schüepbachs vom 17.09.1999 legt im Abschnitt des Prallhangs eine Ausbaumassmenge von 6 m³/s fest. Nach einem Variantenstudium wurde der Bach neu an den Fuss des Prallhangs gelegt. Historisch betrachtet versickerte der Bach über Jahrhunderte in der Ebene neben dem Prallhang, im Gebiet Weier.

Damit Vernässungen beidseitig des neuen Bachlaufes verhindert werden konnten, entschied man, den Schüepbach mit Bentonitmatten abzudichten. Für solche Massnahmen muss grundsätzlich zuerst die Humusschicht abgetragen und die Rohmodellierung des Bachbettes

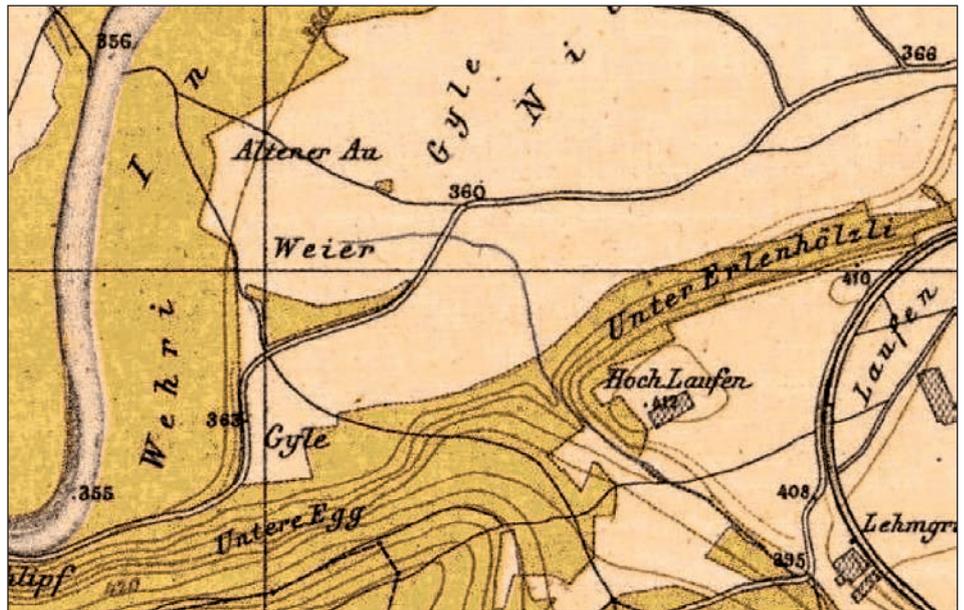


Bild 1: Wildkarte von ca. 1850, der Schüepbach versickert im Gebiet Weier
Photo 1: Carte historique dans les années 1850, le Schüepbach s'infiltré dans la région de Weier



Bild 2: Eingebaute Bentonitmatte (schwarz), hier in einer Strassenabwasserbehandlungsanlage (SABA). Darüber Filterschichten
Photo 2: Tapis de bentonite intégré (noir), ici dans une station d'épuration des eaux usées (SABA). Au-dessus des couches de filtre

durchgeführt werden. Bei der anschließenden Bearbeitung des Planums muss darauf geachtet werden, dass scharfkantige Objekte, wie beispielsweise Steine, entfernt werden. Diese würden sonst eventuell ein Durchstanzen der Bentonitmatten und somit eine Undichtigkeit zur Folge haben. Danach werden die Bentonitmatten maschinell im Dachziegelprinzip, resp. entgegen der zukünftigen Fliessrichtung ausgerollt. Die Bentonitmatten müssen an beiden Ufern

über den zukünftigen Wasserspiegel ragen. Zudem werden die Ränder der Bentonitmatten teilweise gesichert, um ein Abgleiten zu verhindern. Anschliessend wird teilweise, je nach Beanspruchung, eine Schutzmatte über die Abdichtung verlegt. Zuletzt erfolgt die Überdeckung mit Schüttmaterial. Idealerweise sollte die Überdeckung eine Abstufung der Körnung aufweisen.



Bild 3: Schüepbach nach Abschluss der Bauarbeiten
 Photo 3: Le Schüepbach après l'achèvement des travaux de construction



Bild 4: aktueller Zustand des Schüepbachs, Oktober 2017
 Photo 4: Etat actuel du Schüepbach en octobre 2017

Ingenieurbioologische Massnahmen müssen mit grosser Vorsicht geplant werden. Wenn die Überdeckung der Dichtungsbahnen zu gering ist, kann sich u.U. der Wurzelraum zu wenig stark ausbilden und eine spätere Standfestigkeit der Bestockung ist gefährdet. Auch für die Verankerung von Einbauten wie Faschinen ist die notwendige Tiefe im Voraus einzuplanen.

Schlussfolgerung

Das damals gewählte System hat sich bis heute bewährt. Bei Eingriffen wie Unterhaltmassnahmen ist dem Systemaufbau besondere Beachtung zu schenken.

Projektbeteiligte

Bauherrschaft:
 AWEL, Kt. Zürich
 Gemeinde Andelfingen

Projektteam:
 Bachmann, Stegemann + Partner AG
 Landstrasse 51
 8450 Andelfingen

Atelier Stern & Partner
 Tobeleggweg 19
 8049 Zürich

Ausführung:
 wsb AG
 Im Hard 8
 8197 Rafz

Literaturverzeichnis

- [1.] Wehrli, E. 2013, Geosynthetische Tondichtungsbahnen, Schoellkopf AG, Rümlang
- [2.] maps.zh.ch, Geologisches Inventar Kt. ZH



Mitgliederversammlung / Assemblée générale / Assemblée generale

**3. Rhonekorrektur - Ein Jahrhundertprojekt:
Besichtigung des Gewässermodells im Aussenversuchslabor der EPFL-Martigny
Der Vorstand freut sich, viele Teilnehmer in Martigny begrüßen zu können**

**3^e correction de Rhône - Un projet du siècle:
Visite du modèle physique dans le laboratoire d'expérimentation hydraulique EPFL-Martigny
Le comité se réjouit de vous accueillir nombreux à Martigny**

**3. correzione del Rodano – Un progetto del secolo:
Visita del modello nel laboratorio di sperimentazione idraulica EPFL-Martigny
Il comitato vi aspetta numerosi a Martigny**



Datum/Date/Data: 02.05.2018

Ort/Lieu/Luogo: 1920 Martigny

Anmeldung/ Inscription / Iscrizione:
HSR Hochschule für Technik Rapperswil
ILF-Institut für Landschaft und Freiraum
Sekretariat Verein für Ingenieurbiologie
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel 055 / 222 47 90
E-Mail sekretariat@ingenieurbiologie.ch



**INGENIEURBIOLOGIE
GÉNIE BIOLOGIQUE
INGEGNERIA NATURALISTICA
INSCHENIERA BIOLOGICA
www.ingenieurbiologie.ch**

**IHR
VORTEIL:**

**SIFOR®
natürlicher
Erosionsschutz
aus Jute und Kokos**

**Direktimport
aus dem Ursprungsland**



**Kurzfristige Lieferung dank
grossem Lagerbestand!**

**Fragen Sie uns an -
wir beraten Sie gerne!**



Relianz AG
Packende Ideen

Stationsstrasse 43 · 8906 Bonstetten
Tel. +41 44 701 82 82 · Fax +41 44 701 82 99
www.geonatex.ch · reliant@relianz.ch

Nr.1

Hydrosaat
St. Ursen
Tel. 026 322 45 25
www.hydrosaat.ch

- **Ansaat**
von Strassen- und Bahnböschungen, Felspartien, Skipisten, Kies- und Schotterhalden und nichthumusierte Flächen
- **Dachbegrünungen**
mit Xeroflor®-Sedummatte für Dächer, Böschungen, Garten- und Rasenabschlüsse, Verkehrsinseln, Trottoirs
- **Ecotex®-Erosionsschutz**
mit Geotextilien, natürlich und biologisch abbaubar
- **Ingenieurbiologische Bauweisen**
Stützkonstruktionen zur Stabilisierung von Uferzonen und Böschungen



Editorial	2
Fachbeiträge	
Schwellen und Durchlässe	4
Verwendung von Lenkbuhnen im naturnahen Gewässerunterhalt am Beispiel der Kempt in Fehraltorf / Kanton Zürich	12
Praktische Beispiele von einem Bachausbau im Rückhaltebecken Fohloch in Marthalen	19
Fischaufstiegshilfen in kleinen und grossen Fliessgewässern	24
Abdichtung von Gewässern mit Tondichtungsbahnen	28



**INGENIEURBIOLOGIE
GÉNIE BIOLOGIQUE
INGEGNERIA NATURALISTICA
INSCHENIERA BIOLOGICA**

**Verein für Ingenieurbio-logie
Association pour le génie biologique**

Verein für Ingenieurbio-logie
c/o HSR Hochschule für Technik Rapperswil
ILF-Institut für Landschaft und Freiraum
Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil
Tel.: +41 (0)55 222 47 90
E-Mail: sekretariat@ingenieurbio-logie.ch



**Europäische Föderation für Ingenieurbio-logie
Federazione Europea per l'Ingegneria Naturalistica
European Federation for Soil Bioengineering
Fédération Européenne pour le Génie Biologique
Federación Europea de Ingeniería del Paisaje**

Dipl.-Ing. Rolf Studer
Verein für Ingenieurbio-logie in der Schweiz
Route du Coteau 63, CH-1752 Villars-sur-Glâne
Tel.: +41 26 401 02 45
Mail: rolfaugust.studer@gmail.com
http://www.ingenieurbio-logie.ch

Inserate

Inseratentarif für Mitteilungsblatt / Tarif d'insertion dans le bulletin

Der vorliegende Tarif ist gültig für eine Ausgabennummer.

Le présent tarif comprend l'insertion pour une parution.

1 Seite	Fr. 750.–	2/3 Seite	Fr. 550.–	1/2 Seite	Fr. 400.–
1/3 Seite	Fr. 300.–	1/4 Seite	Fr. 250.–	1/8 Seite	Fr. 150.–
Separate Werbebeilage beim Versand:	1 A4-Seite		Fr. 1000.–		
	jede weitere A4-Seite		Fr. 300.–		

Inseratenannahme: Roland Scheibli, Baudirektion Kanton Zürich, ALN, Abteilung Landwirtschaft, Walcheplatz 2, Postfach, 8090 Zürich, Tel.: +41 43 259 27 64, Fax: +41 43 259 51 48, E-Mail: roland.scheibli@bd.zh.ch

Link auf der Internetseite des Vereins / Liaison internet sur la page web de l'association: Fr. 750.– pro Jahr / par an

Oder bei Inseraten im Mitteilungsblatt im Wert von mindestens Fr. 750.– pro Jahr

Contre publication d'encarts publicitaires dans le journal Génie Biologique pour Fr. 750.– par an au moins

Kommende Hefte / Carnets à venir

Heft:	Redaktionsschluss:	Thema:	erscheint:	Redaktion:
Nr. 1/2018	28. Februar 2018	Exkursionsführer Rhoneknie	1. Mai 2018	Roland Scheibli
Nr. 2/2018	30. April 2018	Totholz	30. Juli 2018	Christian Rickli
Nr. 3/2018	15. Juli 2018	Seeuferrevitalisierung	15. Oktober 2018	Monika La Pourtré
Nr. 4/2018	30. September 2018	Geschiebe in kleinen Gewässern	31. Dezember 2018	Robert Bänziger

Fachbeiträge sind gemäss den redaktionellen Richtlinien zu verfassen und bis zum Redaktionsschluss an den zuständigen Heftredaktor einzureichen.