

Blocksteinriegel neu interpretiert: Sohlenstabilisierung und Strukturvielfalt zugleich

Vasco Neuhaus, Matthias Mende, Benjamin Leimgruber

Zusammenfassung

Die Töss ist seit dem Ausbau über weite Strecken durch eine erhöhte Geschiebetransportkapazität, ein ausgeprägtes Geschiebedefizit und damit verbundene Tiefenerosionstendenz gekennzeichnet. Eine Aufweitung auf die Regimebreite ist im Projektperimeter Sennschür im Leisental nicht möglich. Zur Sicherstellung der Trinkwassernutzung muss die Sohlenlage daher auf diesem Abschnitt stabilisiert werden. Im Projektperimeter waren die teils hundertjährigen Holzschwellen mittlerweile baufällig und zu ersetzen. Zudem wies der Fluss vor allem wegen des für Holzschwellen typischen horizontalen Einbaus grosse strukturelle Defizite und eine eingeschränkte Längsvernetzung auf.

Als Ersatz für die Holzschwellen wurde ein neuartiges System aus Blocksteinriegeln entwickelt, das neben der reinen Sohlenstabilisierung auch eine gezielte Strukturierung bewirkt. Die induzierten Mesohabitate (z. B. verschiedene Kolktypen, prall- und gleituferrähnliche Strukturen) stellen einen grossen ökologischen Mehrwert dar. Das erzeugte Fließbild wurde mit ingenieurbioökologischen Strukturen akzentuiert. Hierbei wurde insbesondere Wert auf die Bildung eines kompakten, dynamischen Niederwassergerinnes gelegt. Das Praxisbeispiel macht deutlich, dass auch in seitlich eingegengten Fließgewässern Sohlenstabilisierung, Strömungs- und Strukturvielfalt sowie die freie Fischwanderung keinen Widerspruch darstellen müssen.

Résumé

Depuis son expansion, la Töss se caractérise sur de longs tronçons par une capacité de transport de sédiments accrue, un déficit de sédiments prononcé et une tendance à une érosion en profondeur qui en découle. Un élargissement à la largeur de régime n'est pas possible dans le périmètre du projet Sennschür dans le Leisental. Afin de garantir l'utilisation de l'eau potable, le lit du cours d'eau doit donc être stabilisé sur ce tronçon. Dans le périmètre du projet, les seuils en bois, en partie centenaires, étaient désormais vétustes et devaient être remplacés. De plus, le cours d'eau présentait d'importants déficits structurels et une connectivité longitudinale limitée, notamment en raison de l'installation horizontale typique des seuils en bois.

Pour remplacer les seuils en bois, un nouveau système de barres en blocs a été développé, qui, en plus de stabiliser formellement le lit, assure également une structuration ciblée. Les mésohabitats induits (par exemple différents types d'affouillements, des structures semblables à des rives convexes et concaves) représentent une grande valeur ajoutée écologique. Le modèle d'écoulement généré a été accentué par des structures du génie biologique. Un accent particulier a été accordé à la formation d'un lit d'étiage compact et dynamique. L'exemple pratique montre clairement que la stabilisation du lit, du débit et de la structure sont également nécessaires dans les cours d'eau rétrécis latéralement.

1. Kontext

Mit dem historischen Gewässerausbau wurden die Fließgewässer in der Regel begradigt und eingengt. Aufgrund der damit verbundenen Zunahme der Sohlen-

schubspannung, oft in Kombination mit einem Geschiebedefizit, sind zur Erhaltung der Sohlenlage häufig Stabilisierungsmassnahmen notwendig. Ohne diese Massnahmen käme es zu unkontrollierter Tiefenerosion und damit verbundenen Folgeprob-

lemen. Zu nennen sind zum Beispiel die Verarmung der Gewässerstrukturen, das Absinken der Grundwasserstände, die Beeinträchtigung der Trinkwassernutzung, das Austrocknen des Gewässerumfelds, eingeschränkte Quervernetzung, das Unterspülen der Ufer sowie daraus resultierende Seitenerosion. Um die Sohle zu stabilisieren, wurden vielfach Abstürze gebaut und so das Sohlengefälle und damit die Schubspannung zwischen diesen Querbauwerken reduziert. In vielen Fällen führten diese Massnahmen jedoch zu einer zusätzlichen morphologischen und damit ökologischen Verarmung. Zudem schränken die Querbauwerke vielfach die freie Fischwanderung ein oder unterbrechen sie gar vollständig.

Im Rahmen des Gerinneausbaus der Töss wurde das Flussbett mit den für sie charakteristischen Holzschwellen gesichert und der Flusslauf begradigt. Der Ausbau führte im Leisental zu einer starken ökomorphologischen Beeinträchtigung.

2. Situationsanalyse

Die Töss durchfließt bei Winterthur das Leisental. Das Tal weist einen hoch anstehenden, mächtigen Grundwasserleiter auf, der für die Trinkwasserversorgung der Stadt Winterthur von grosser Bedeutung ist. Für das Leisental besteht ein Unterhalts- und Entwicklungskonzept (*Suter & von Känel AG, 1998*), das neben der Förderung der ursprünglichen Fließgewässerdynamik, dem Hochwasserschutz und der Aufwertung der Erholungs- und Naturräume auch die Sicherstellung der Grundwasserqualität zum Ziel hat.

2.1 Ausgangslage und Projektperimeter

Der Projektperimeter ist rund 400m lang (*Bild 1*). Die strategische kantonale Revitalisierungsplanung weist dem Abschnitt eine hohe Priorität zu. Gemäss Unterhalts- und Entwicklungskonzept Leisental ist der laterale Spielraum für eine mögliche Verbreiterung der Töss im Projektperimeter

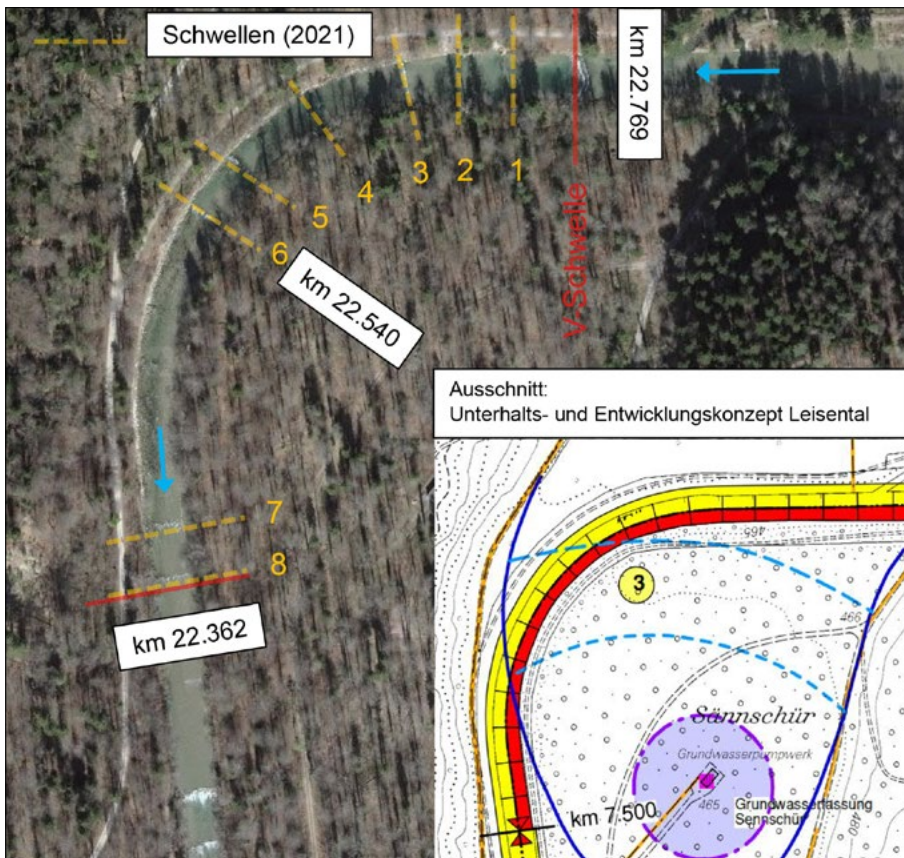


Bild 1: Übersicht Projektperimeter (Orthofoto: SWISSIMAGE, geo.admin.ch, Aufnahme von 2020). Ausschnitt: Unterhalts- und Entwicklungskonzept Leisental (Suter & von Känel AG, 1998).

jedoch sehr eingeschränkt (*Bild 1, Ausschnitt*). Linksseitig besteht zum Schutz der Trinkwasserfassung Sennschür kein Erosionsspielraum (roter Bereich). Rechtsseitig wird ein möglicher Spielraum von 5 m ausgewiesen (gelber Bereich).

Zwischen dem Perimeterbeginn bei km 22.769 und km 22.540 steht eine kiesige Flusssohle an. Diese war durch sechs Holzschwellen gesichert (*Bild 2*).

Von km 22.540 bis zum Perimeterende bei km 22.362 wurden die ursprünglich ebenfalls vorhandenen Holzschwellen während Hochwasserereignissen teilweise zerstört. Am Perimeterende blieben noch zwei auffällige Holzschwellen bestehen. Die Kiesauflage wurde in diesem Abschnitt weitgehend erodiert, die Töss verlief daher mehrheitlich auf dem hier hoch anstehenden Mergelfels.

Einzelne Holzschwellen ober- und unterstrom des Projektperimeters wurden im Zeitraum von 2000 bis 2008 bereits durch V-Schwellen aus Stammhölzern und Blocksteinen ersetzt. Dies gilt auch für die V-Schwelle beim Perimeterbeginn, die eine Fallhöhe von rund 60 cm und einen ca. 2,5 m tiefen Schwellenkolk besitzt.

2.2 Gewässercharakteristik

Das mittlere Sohlengefälle beträgt im Pro-

jektmeter 5,9 ‰, die mittlere Sohlenbreite 21 m. Der Abschnitt liegt somit im Übergang von der Forellen- zur Äschenregion.

Die Hydrologie der Töss ist durch langanhaltende, ausgeprägte Niederwasserabflüsse sowie kurze, ausgeprägte Hochwasserspitzen gekennzeichnet. Der langjährige Niederwasserabfluss im Projektperimeter beträgt gemäss den hydrometrischen Messstationen Töss – Wülflingen (Messperiode 1965 – 2018), Winterthur und

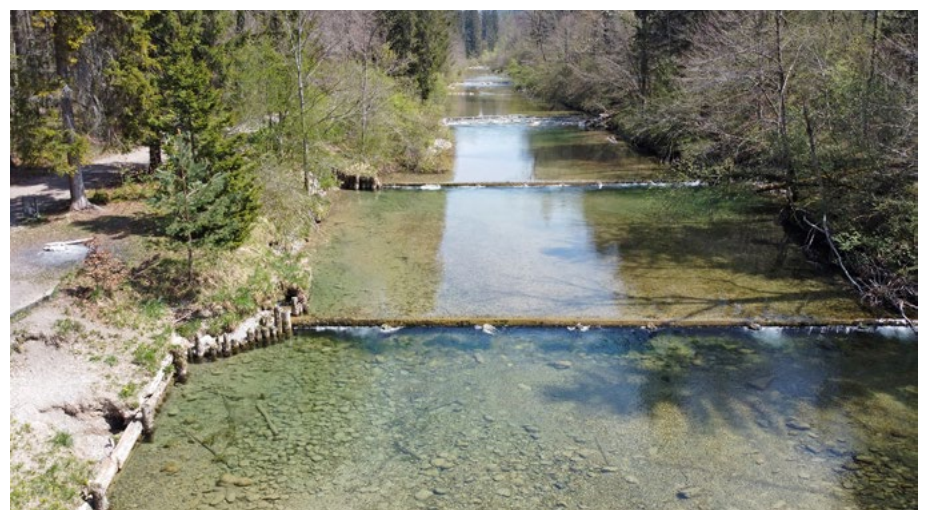


Bild 2: Blick in Gegenflussrichtung im Ausgangszustand im April 2021 auf Schwelle 1 und 2 sowie auf die V-Schwelle beim Perimeterbeginn im Hintergrund, $Q = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (IUB Engineering AG).

Kempt – Winterthur (Messperiode 2001 – 2018) $Q_{347} = 0,79 \text{ m}^3/\text{s}$. Ein hundertjähriges Hochwasser beträgt ca. $HQ_{100} = 180 \text{ m}^3/\text{s}$.

Insbesondere im oberen Projektabschnitt mit kiesiger Sohle bestand aufgrund des generellen Geschiebemangels sowie der durch den Gewässerausbau erhöhten Sohlschubspannungen eine starke Erosionstendenz. Im unteren Projektabschnitt wäre eine weitere Eintiefung des Gerinnes wegen der felsigen Sohle nur langfristig zu erwarten gewesen, doch stellte die erodierte Kiesauflage ein gravierendes ökologisches Defizit dar.

Die Holzschwellen waren horizontal eingebaut, das Holz dadurch ständig überströmt und lange haltbar. Damit verbunden waren jedoch auch eine geringe Überfallhöhe bei Niederwasser und eine entsprechend eingeschränkte Fischgängigkeit. Zudem verursachten die Schwellen sehr monotone Strömungsverhältnisse und eine ausgeprägte Strukturarmut. Insbesondere bei niedrigen Abflüssen zeigte sich eine regelrechte «Seenkaskade», die durch nahezu stehendes Wasser zwischen den Schwellen gekennzeichnet war (*Bild 2*). Die Sohle war verflacht und teilweise durch Feinsedimentauflagen beeinträchtigt. Lediglich unterhalb der Schwellen bildeten sich Kolke, die aber durch den hoch liegenden Kolkschutz nur wenig ausgeprägt waren. Ebenso konnte sich durch den geringen Schwellenabstand von teilweise nur 25 m kein Talweg bzw. Niederwassergerinne entwickeln.

2.3 Projektziele

Gegenüber dem Längsprofil von 1940 hat sich die Sohle bis zum Herbst 2021 um bis zu 50 cm abgetieft. Die Holzschwellen waren lokal unterspült und bau-

fällig. Im Hochwasserfall wurde eine Kettenreaktion mit Versagen mehrerer Schwellen nacheinander und dadurch bedingte rückschreitende Erosion befürchtet. Damit verbunden wären eine grossräumige Sohlenabtiefung um mehr als einen Meter und damit eine direkte Auswirkung auf den Grundwasserstand und die angrenzenden Trinkwasserfassungen. Weiter wäre es zu einem Austrocknen des angrenzenden Walds gekommen.

Aufgrund des eingeschränkten seitlichen Erosionsspielraums ist eine Verbreiterung des Flussraums auf die Regimebreite nicht möglich. Die Sohlensicherung war daher zu ersetzen. Folgende Hauptziele waren zu erreichen:

- Dauerhafte Stabilisierung der Sohlenlage zum Schutz des Grundwasserleiters und der Trinkwasserfassungen sowie zur Verhinderung von rückschreitender Erosion
- Anhebung der Gewässersohle auf das Niveau von 1940

Um zudem die strukturellen Defizite weitestgehend zu beheben, wurden ergänzend zur Sohlenstabilisierung weitere Ziele formuliert:

- Ausbildung eines ausgeprägten Talwegs, um insbesondere auch während der ausgeprägten Niederwasserperioden gute Lebensbedingungen für die aquatische Fauna zu gewährleisten und einer Erwärmung vorzubeugen
- Entwicklung tiefer Kolke, u. a. als Lebensraum für adulte Fische
- Uneingeschränkte aquatische Längsvernetzung
- Entwicklung prall- und gleitruferähnlicher Strukturen (Kolk-Rausche-Folgen)

innerhalb des begradigten Gewässerbetts

- Erhöhung der Totholzmenge im Gerinne
- Entwicklung von Fischunterständen im Ufer- und Sohlenbereich
- Beschattung des Niederwassergerinnes

Um diese Ziele zu erfüllen, wurde zusätzlich zu den sohlenstabilisierenden Massnahmen auch eine ergänzende Gewässerstrukturierung mit Totholzstrukturen und ingenieurbiologischen Massnahmen vorgesehen.

3. Bauweise

3.1 Weiterentwicklung Blocksteinriegel

Aus Kostengründen und der einfachen Baustoffverfügbarkeit wurden Querbauwerke zur Sohlenstabilisierung in der Vergangenheit oft aus Stammholz realisiert. Die mit diesem Schwellentyp verbundenen gewässerökologischen Defizite wurden bereits in *Kapitel 2.2* beschrieben.

Alternative Bautypen aus formwidrigen Blocksteinen bieten zwar etwas mehr Strömungsvielfalt, wurden aber vielfach mit grossen Fallhöhen und analog zu den Holzschwellen meist mit horizontaler Überfallkante und ohne definierten Tiefpunkt eingebaut. Damit ist auch dieser Bautyp oft nur eingeschränkt fischgängig und bewirkt bei Niedrig- und Mittelwasserabfluss ebenfalls einen ausgeprägten Rückstau mit den genannten ökologischen Nachteilen.

Sohlenstabilisierende Querbauwerke wurden, wie auch in der Töss, in der Regel rechtwinklig zu den Ufern eingebaut, um den Materialbedarf zu minimieren. Mit die-

ser Anordnung konzentriert sich die Energiedissipation auf das unmittelbare Bauwerksunterwasser. Die Folge davon sind die typischen Schwellenkolke, die in der Gewässerökologie auch als Sturzkolke bezeichnet werden. Sie können eine beträchtliche Tiefe erreichen und stellen insbesondere in ausgebauten Gewässern sehr wichtige Habitate dar. Zwischen den sohlenstabilisierenden Querbauwerken herrscht jedoch meist ausgeprägte Strukturarmut.

Eine Sohlenstabilisierung aus Blocksteinen hat den grundsätzlichen Vorteil, dass die Blocksteinriegel in ihrer Linienführung sowie auch im Querschnitt weitgehend frei gestaltet werden können. Im englischen Sprachraum haben sich vor allem V-förmige Riegel mit einem Quergefälle von der Uferanbindung zum Tiefpunkt in der Gewässermitte etabliert (z. B. *O'Grady, 2006, Rosgen, 2006*). Durch die V-Form wird der Abfluss unterstrom auf die Gewässermitte konzentriert. Die Ufer werden entlastet und die Kolkbildung gefördert. Zudem wird der Rückstau durch die Querprofilgestaltung minimiert und die Fischwanderung sichergestellt (*Bild 3*). Analog zu rechtwinkligen Querbauwerken ist mit der Kolkbildung bei ausreichend grossem Riegelabstand auch die Bildung einer nachgelagerten Kiesbank («Kolkzunge») verbunden, die u. a. ein wichtiges Laichhabitat für Kieslaicher wie die Forelle darstellt.

Gegenüber rechtwinklig zum Ufer angeordneten horizontalen Querbauwerken bieten die V-Schwellen somit wesentliche ökologische Vorteile. Aufgrund der uferparallelen Abströmung und Abflusskonzentration auf die Gewässermitte sind sie jedoch nicht dazu geeignet, innerhalb des begradigten Flussbetts eine pendelnde («mäandrierende») Strömung und damit prall- und gleitruferähnliche Strukturen zu entwickeln.

Im Rahmen des Projekts wurde das Konzept der V-Schwellen im Grundsatz übernommen. Die Blocksteinriegel wurden jedoch so weiterentwickelt, dass sie zusätzlich die Strömung schräg zur Gewässerachse lenken und somit gezielt eine pendelnde Strömung und die damit verbundenen Strukturen (z. B. Krümmungskolke) hervorrufen. Die Weiterentwicklung der Blocksteinriegel zu Strömungslenkern orientiert sich an der Bauweise und Wirkung von Lenkbühnen (*Mende, 2015*). Um die Strömungsvielfalt weiter zu erhöhen, wurden zudem die Riegelform und die Lage der Tiefpunkte von Riegel zu Riegel variiert. Hieraus resultiert unter anderem eine ausgeprägte, ökologisch wertvolle Substratsortierung (z. B. *Bild 9*).



Bild 3: V-förmiger Blocksteinriegel zur Sohlenstabilisierung und Förderung von Kolken im Dorfbach Biberist, $Q = \text{ca. } 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (IUB Engineering AG).

3.2 Riegel Aufbau und -anordnung

Die Strömunglenkung erfolgt einerseits durch den Aufbau mit einer Neigung quer zur Fließrichtung (Querneigung) und dem Tiefpunkt. Durch die Abflusskonzentration am Tiefpunkt resultiert ein Strahl und die Strömung wird gelenkt.

Die Blocksteinriegel wurden mit einer Querneigung zwischen 2 und 4 Prozent und einem klar definierten Tiefpunkt realisiert, an dem ein bis zwei Riegelsteine 30 cm tiefer als die angrenzenden Steine eingebaut wurden (Bild 4). Durch die Querneigung mit Tiefpunkt wird bei allen Abflüssen eine ausreichende Fliesstiefe für die Fischwanderung sichergestellt.

Andererseits wird die Strömung am Riegel etwa rechtwinklig zur strömungsabgewandten Riegelhinterkante abgelenkt. Unter Berücksichtigung dieser Abströmung wurden die Riegelformen so gewählt, dass die Strömung bei Nieder- und Mittelwasser einen pendelnden Verlauf nimmt. Mit dem Einbau von bogen- und V-förmigen Riegeln, durch die sich der Abfluss unterstrom zusätzlich konzentriert, wird zudem die Bildung von Sturzkolken gefördert. Verbunden mit der Bogenform ist auch eine erhöhte Riegelstabilität.

Die Blocksteinriegel wurden aus formwilden Wasserbausteinen mit einer Masse von 5 bis 6 t erstellt. Die Blocksteine wurden hochkant und kraftschlüssig mit einer Filterschicht in die Flusssohle eingebaut. Seitlich wurden die Riegelsteine an den bestehenden Blockwurf angeschlossen und dort mit ingenieurbioökologischen Ufersicherungsmaßnahmen ergänzt. Im unteren Projektperimeter wurden die Riegel in die baggerbare Felssohle gesetzt.

Die Blocksteinriegel wurden i. d. R. seitlich auf je ca. 1/3 der Breite mit unterwasserseitigen Kolkenschutzsteinen gebaut (Bild 4). Die Kolkenschutzsteine wurden gegenüber dem Hauptriegel um ca. 50 cm tiefer eingebaut. So wird auch in den Randbereichen eine gewisse ökologisch gewünschte Kolkbildung erlaubt, ohne das Bauwerk und die Ufer zu gefährden.

Der Riegelabstand wurde von ursprünglich ca. 25 m auf 35 bis 40 m erhöht. Somit steht der Töss zwischen den Riegeln eine grössere Strecke für eine eigendynamische Sohlenentwicklung zur Verfügung. Zudem reduzieren sich so die Anzahl der Riegel und damit die Baukosten. Die Höhendifferenz zwischen aufeinanderfolgenden Riegeln beträgt 21 bis 24 cm, wobei ein Teil der Fallhöhe auf der freien Fließstrecke zwischen den Riegeln abgebaut wird, so dass die Fischwanderung am Riegel nicht beeinträchtigt ist.

3.3 Niederwassergerinne

Die Strömunglenkung durch die Riegel erfolgt so, dass der Talweg und damit das Niederwassergerinne im oberen Abschnitt bis zur Linkskurve tendenziell auf der orografisch linken Seite geführt werden. Somit wird die Beschattung des Gerinnes durch die Uferbestockung am Südufer gerade bei Niederwasser gefördert.

Ab der Linkskurve wird das Niederwassergerinne entsprechend seinem natürlichen Verlauf an das Prallufer geführt. Mit zwei Lenkbuhnen wird das rechte Ufer hydraulisch entlastet sowie gleichzeitig strukturiert und Kiesablagerungen gefördert. Der Talweg verläuft entlang der Buhnenköpfe Richtung Prallufer.

Durch den Riegeleinbau und die damit verbundene Sohlenanhebung entwickelt sich auch im unteren Abschnitt auf der felsigen Sohle wieder eine Kiesauflage mit Niederwassergerinne. Damit verbunden ist eine wesentliche ökologische Aufwertung dieses Abschnitts, da das Kieslückensystem einen ausgesprochen artreichen und produktiven Lebensraum darstellt.

3.4 Ergänzende ingenieurbioökologische Strukturmaßnahmen

Ergänzend zur Sohlenstabilisierung mit Blocksteinriegeln und der damit verbundenen Sohlenstrukturierung wurden ingenieurbioökologische Massnahmen (inkl. «reiner» Totholzeinbauten) realisiert. Mit den ergänzenden ingenieurbioökologischen Strukturmaßnahmen werden zwei Ziele ver-

folgt. Erstens wird der Talweg zwischen den Riegeln zusätzlich eingeeignet und somit ein kompaktes Niederwassergerinne mit ausreichender Fliesstiefe und gewässertypischen Fließgeschwindigkeiten gefördert. Zweitens wird generell die Strukturvielfalt erhöht, insbesondere hinsichtlich Unterstände, verschiedener Kolktypen und Totholz.

Die Konzeption der ingenieurbioökologischen Strukturmaßnahmen erfolgte weitgehend wie in Neuhaus & Mende (2021) beschrieben. Neben der Wirksamkeit wurde auch grossen Wert auf ein natürliches Erscheinungsbild gelegt. So wurden beispielsweise Schnittflächen von Stammhölzern konsequent in Sohle und Ufer «versteckt». Auf die Verwendung gewässerfremder Verankerungen (z. B. Stahlseile oder Gewindestangen) wurde vollständig verzichtet.

Es wurden 25 m³ festes Totholz (Wurzelstämme und Stammholz) und 125 m³ loses Astmaterial (Totholz sowie ausschlagfähige Weiden) eingebaut. Diese Menge orientiert sich an der unter anderem in Mende (2018) empfohlenen Menge von 30 m³ grobem Totholz pro 100 m Gewässerlänge.

Ergänzend zum Einbau der ingenieurbioökologischen Strukturmaßnahmen zur Akzentuierung des Niederwassergerinnes wurden auch die Sturzkolke der Riegel sowie der V-Schwelle am oberen Rand des Projektperimeters mit Totholz strukturiert.

4. Entwicklung seit dem Einbau

Der Einbau der Blocksteinriegel erfolgte im Herbst 2021. Es wurden weder das Niederwassergerinne noch Kolke maschinell ausgehoben. Bereits unmittelbar nach dem Einbau der Riegel war im Projektperimeter auch zwischen den Riegeln ein durchgehender Stromstrich zu erkennen. Die Töss wird der Bezeichnung «Fließgewässer» wieder gerecht (Bild 5).

Die ergänzenden ingenieurbioökologischen Strukturmaßnahmen wurden im Frühling 2022, d. h. ein halbes Jahr nach Fertigstellung der Riegel eingebaut. Trotz ausbleiben-

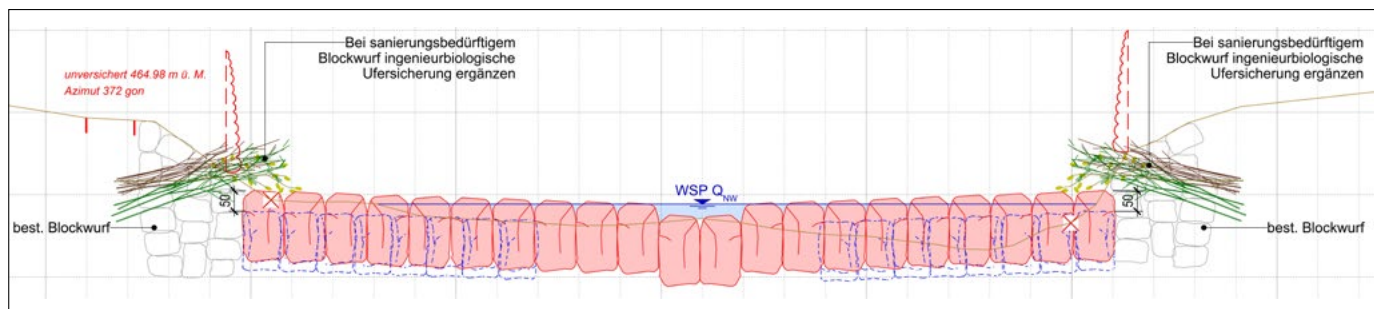


Bild 4: Beispielhaftes Querprofil Riegel Aufbau (IUB Engineering AG).



Bild 5: Blick in Fließrichtung kurz nach der Bauabnahme der Blocksteinriegel im Herbst 2021, $Q = 0,69 \text{ m}^3/\text{s}$ (IUB Engineering AG).



Bild 6: «lebende Insel» mit austreibenden Weidenlagen im Herbst 2022, 6 Monate nach Einbau (IUB Engineering AG).



Bild 7: Blick in Fließrichtung im Herbst 2022, 6 Monate nach Einbau der ergänzenden ingenieurbioologischen Massnahmen, $Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (IUB Engineering AG).

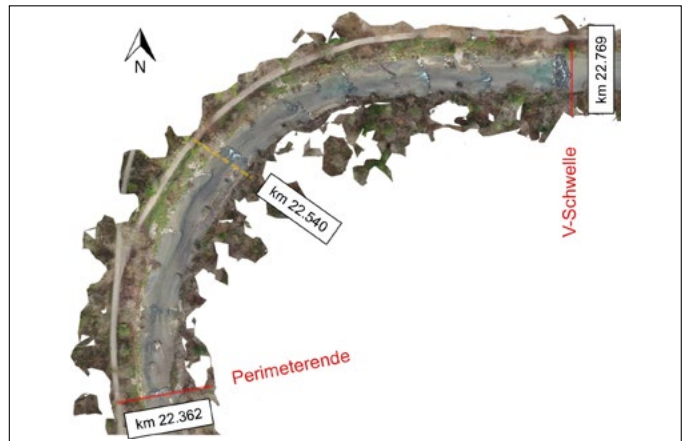


Bild 8: Orthofoto des Perimeters nach Umsetzung der Massnahmen mit pendelndem Talweg in dunkler Färbung, Drohnenaufnahme Dezember 2022, $Q = 0,96 \text{ m}^3/\text{s}$ (IUB Engineering AG).

der Winterhochwasser war die Sohlenentwicklung bereits erkennbar. Die Strukturen konnten daher ideal am Rand des Niederwassergerinnes (Bild 9) und auch in den Kolkbereichen angeordnet werden.

Im Herbst 2022 waren die lebenden Strukturen trotz des zurückliegenden Hitzesommers bereits stark begrünt und die eingebauten Weiden um rund einen Meter ausgetrieben (Bild 6). Wie sich zeigte, wirk-

ten fast alle Strukturen in unterschiedlichem Ausmass als Geschwemmselfänger, wodurch sich ihre Wirkung weiter verstärkte.

Trotz bis dahin ausbleibender grösserer Hochwasser hatten sich bis zum Herbst 2022 auch die Sturzkolke an den Riegeln bereits deutlich ausgebildet (Bild 7). Eigene Messungen zeigen Kolkstiefen von bis zu 1,50m. Neben den Sturzkolken haben sich vielfältige weitere Kolktypen gebildet, so z.B. Vorkolke an den Köpfen der «lebenden Inseln», die in Kombination mit den freigespülten Wurzelstämmen ideale Fischunterstände bilden (Bild 6).

Die Ausbildung des pendelnden Niederwassergerinnes lässt sich vor allem aus der Vogelperspektive gut erkennen (Bild 7, Bild 8).

Gut zu sehen sind auch ausgeprägte Substratsortierungseffekte. Sie treten trotz des generellen Geschiebemangels auf. Größere Fraktionen sind vor allem im Niederwassergerinne zu finden, feinere Fraktionen an den «Gleitufern» des pendelnden Niederwassergerinnes (Bild 9).

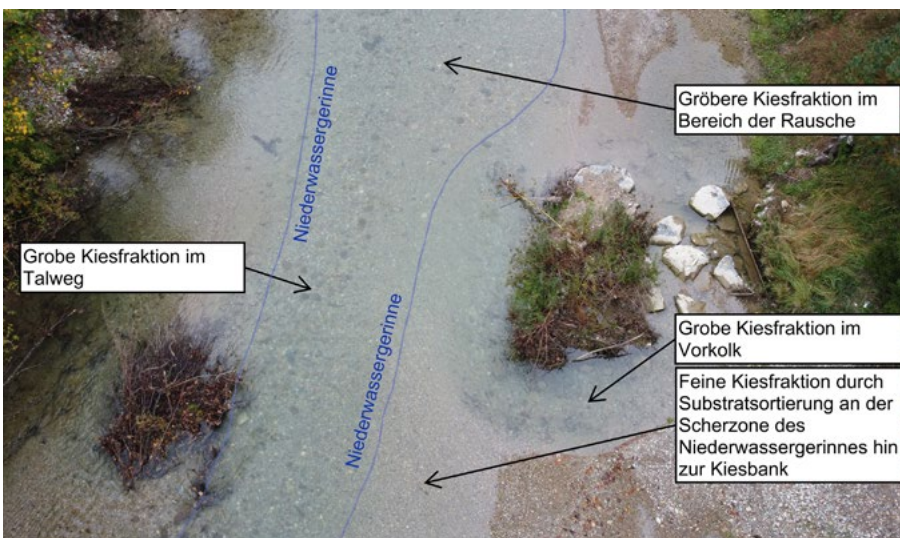


Bild 9: Deutlich erkennbare Substratsortierung bereits im Herbst 2022, 6 Monate nach Einbau der ergänzenden ingenieurbioologischen Massnahmen, $Q = 1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ (IUB Engineering AG).

Bislang noch nicht erreicht wurde die Wiederanhebung der Sohlenlage auf das Niveau von 1940. Aufgrund bisher ausgebliebener Hochwasserereignisse war dies jedoch auch nicht zu erwarten. Die Tendenz zur Sohlenanhebung ist stellenweise aber bereits gut zu erkennen. So hat sich insbesondere im unteren, bislang auf Fels verlaufendem Abschnitt, über weitere Teile wieder eine leichte Kiesauflage gebildet.

Voraussichtlich werden im ganzen Projektperimeter rund eine bis maximal zwei Jahresfrachten Geschiebe (ca. 1500 m³ pro Jahr) zurückgehalten. Daraus dürfte ein kurzfristiges Geschiebedefizit im unterstrom liegenden Abschnitt bis ca. zur mittleren Au resultieren. Ufer und Sohle der Töss sind in diesem Abschnitt ausreichend stark befestigt. Ein kurzfristig verstärktes Geschiebedefizit wird hier daher als unkritisch eingeschätzt.

5. Fazit und Ausblick

Mit dem entwickelten Riegelsystem in Kombination mit den ergänzenden ingenieur-

biologischen Massnahmen konnte eine ideale Lösung zur Sohlenstabilisierung mit gleichzeitiger gewässerökologischer Aufwertung entwickelt und kostengünstig umgesetzt werden. Trotz fehlender Möglichkeit zur Gerinneverbreiterung wurden die vielfältig gesetzten Ziele bereits kurz nach Einbau fast vollständig erreicht.

Das Resultat zeigt bereits jetzt, dass Sohlenstabilisierung und morphologische Diversität mit vielfältigen, tiefen Kolken bei gleichzeitiger aquatischer Längsvernetzung nicht im Widerspruch stehen. Wie sich der Abschnitt nach einem Hochwasserereignis präsentiert, bleibt abzuwarten.

Durch den Aufbau der Riegel aus Blocksteinen ist auch die Langlebigkeit des Systems gewährleistet, d.h. die definierten Ziele werden auch dauerhaft erreicht. Die ingenieurbiologischen Strukturen mit lebenden Gehölzen werden sich mit der Zeit weiterentwickeln. Die reinen Totholzstrukturen sind aufgrund von Abrasion und natürlicher Zersetzung im Rahmen des Gewässerunterhalts voraussichtlich nach 10 bis 20 Jahren zu ersetzen oder zu ergänzen.

Die Wirksamkeit der umgesetzten Massnahmen wird durch ein Monitoring überprüft. Der Ist-Zustand der vorhandenen morphologischen Strukturen wurde auf 1 km Länge inkl. Abschnitt unterstrom erfasst. Zusätzlich wurden im Projektperimeter auch die aquatischen Habitate erhoben. Für den Zustand nach Umsetzung der Massnahmen werden in ein bis zwei Jahren mithilfe von Drohnenaufnahmen Habitatflächenanalysen durchgeführt. Als biologischer Indikator werden die Fische und ihre Strukturbindung durch Abfischung erfasst. Erste Monitoringresultate, welche die morphologische Diversifizierung voraussichtlich auch quantitativ belegen werden, sind in ca. zwei Jahren zu erwarten.

Quellen:

Mende, M. (2015): Naturnaher Uferschutz mit Lenkbuhnen – Grundlagen, Analytik und Bemessung. LWI-Mitteilungen Heft 162/2015, Dissertation, Hrsg. Technische Universität Braunschweig, Leichtweiss-Institut für Wasserbau, ISSN 0343-1223.
Mende, M. (2018): Totholz mengen in Fliessgewässern. *Ingenieurbiologie*, Nr. 2, S. 14–20.
Neuhaus, V.; Mende, M. (2021): Engineered Large Wood Structures in Stream Restoration Projects in Switzerland: Practice-Based Experiences. *Water* 2021, 13, 2520. <https://doi.org/10.3390/w13182520>

O'Grady, M. (2006): Channels and Challenges: The Enhancement of Salmonid Rivers. The Central Fisheries Board, 142 S.

Rösgen, D. (2006): Cross-Vane, W-Weir, and J-Hook Vane Structures, Wildland Hydrology, Inc., 32 S., Updated 2006.

Suter & von Känel AG (1998): Unterhalts- und Entwicklungskonzept Töss im Leisental, 26 S., im Auftrag der Baudirektion Kanton Zürich, AWEL, Abteilung Wasserbau.

Autoren:

Vasco Neuhaus, IUB Engineering AG, vasco.neuhaus@iub-ag.ch
Matthias Mende, IUB Engineering AG, matthias.mende@iub-ag.ch
Benjamin Leimgruber, AWEL Kt. ZH, benjamin.leimgruber@bd.zh.ch

