



Wildbach- und Lawinerverbau

Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz
Journal of Torrent, Avalanche, Landslide and Rock Fall Engineering

Schutz vor Naturgefahren – Ökologische Aspekte

verein der diplomingenieure
der wildbach und lawinerverbauung
österreichs

ISBN: 978-3-9504159-6-4

82. Jahrgang, Dezember 2018, Heft Nr. 182

Heft 182

Wildbach- und Lawinenverbau

Impressum:

Herausgeber:

Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung
Österreichs, A-6900 Bregenz

Schriftleiter:

HR DI Siegfried Sauer Moser

Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Tirol,
Wilhelm-Greil-Straße 9, 6020 Innsbruck; +43 512 584288-60, +43 6641456506;
schriftleitung@die-wildbach.at; s.sauerm.sz@aon.at

Redaktion: Dipl.-Geogr. Susanne Mehlhorn, Dipl.-Ing. Claudia Sauer Moser

Layout & graphische Gestaltung: Studio Kopfsache – Kommunikation & Design, A-5310 Mondsee

Druck & Versand: Friedrich Druck und Medien GmbH, A-4020 Linz

Titelbild: Rietzerbach Unterlauf, Gemeinde Rietz (WLV Tirol)

Verstärkung – 3. Bell 212/412 – zur optimalen Abdeckung des Bedarfs unserer Kunden



Rettungsflüge • **Film- und Fotoflüge**

Montagen • **Tierbergungen**

Lawinensprengungen • **Hüttenversorgung**

Holztransporte • **Leitungskontrollen**

Feuerbekämpfung • **VIP- und Shuttleflüge**



Heli Austria GmbH
A-5600 St. Johann im Pongau, Heliport
Tel +43 (0)6462 - 4200
Mail fly@heli-austria.at

Heli Tirol GmbH
A-6462 Karres, Tiroler Bundesstraße 1
Tel +43 (0)5412 - 61 421
Mail fly@heli-tirol.at

Inhalt Heft 182

Editorial

Josef Neuner – Zum 80. Geburtstag

Kathrin Blaas, Peter Hecher:
Der Entwicklungsplan für die Fließgewässer Südtirols

Ingo E. Merwald:
Ökologische Kriterien für Wasserschutzbauten in unseren Fließgewässern

Corinna Wallinger, Bettina Thalinger,
Michael Traugott, Christian Moritz, Richard Schwarzenberger:
Neue Nachweismöglichkeiten von Fischarten in Wildbächen mittels eDNA

Gebhard Tschavoll, Mario Lumasegger:
WWF – Flussentwicklungsplan

Alexandra Medl, Rosemarie Stangl:
„Green Walls“ – Ingenieurbiologische Maßnahmen im Rahmen des Konzepts „Nature Based Solutions“

Christina Schmidt, Wolfgang Lanner, Franz Nöhner:
Ingenieurbiologische Sanierungsmaßnahmen flachgründiger Rutschungen an der L704 Sölkpassstraße (Österreich, Steiermark)

Hansjörg Hufnagl, Wolfram Bitterlich, Mathias Hofer, Thomas Lampalzer, Eugen Länger, Elmar Plankensteiner, Reinhard Ribitsch: **Natur und Wildbachverbauung – Die Auseinandersetzung des österreichischen Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung mit Natur, Umwelt und Ökologie**

HAUPTBEITRÄGE zum Schwerpunktthema: Schutz vor Naturgefahren – Ökologische Aspekte



Firschnitzbach/A

Sicher schalen.

Bauen auf schwierigem Terrain. Am Firschnitzbach im Team erfolgreich:

Sicher bauen. Nach bestem

MEVA Schalungs-Systeme, Alzner Baumaschinen und die Wildbach- und

Wissen und Gewässer.

Lawinenverbau, GBL Osttirol. Danke für's Teamwork.

www.meva.at • Tel. 02252 209000 • www.alzner.at • Tel. 06219 8065

... mehr als nur
Schalung



Inhalt Heft 182

HAUPTBEITRÄGE zum Schwerpunktthema: Schutz vor Naturgefahren – Ökologische Aspekte

Wolfram Bitterlich, Ursula Stephan, Markus Moser:
Buhnen als wasserbauliche und ökologische Maßnahme – Modellversuche zur Erarbeitung einer Konstruktionsanleitung für Wildbachunterläufe

Seite 104

Eva Dutzler, Wolfram Bitterlich, Hans Peter Rauch:
Flussmorphologische Bewertung von Buhnen am Beispiel von ausgewählten Wildbächen

Seite 116

Florian Keil, Reinhard Haunschmid, Engelbert Schmied, Hansjörg Hufnagl:
Fischpassierbarkeit verschiedener Bautypen der Wildbach- und Lawinenverbauung in österreichischen Wildbächen (Epi- und Metarhithral)

Seite 128

Clemens Gumpinger, Michael Schauer, Stefan Auer:
Artenschutz im Gebirgsbach – Zum Umgang mit Steinkrebsvorkommen in Gewässern in der Zuständigkeit der Wildbach- und Lawinenverbauung

Seite 142

Wolfgang Honsig-Erlenburg:
Gewässerökologische Grundlagen für Bau- und Instandhaltungsmaßnahmen im Bereich der Wildbach- und Lawinenverbauung

Seite 154

Christof Seymann, Michael Botthof:
Verbauungsprojekte für Wildbäche im Spannungsfeld der Optimierung der Verbauungssysteme nach den Anforderungen aus der ONR 24800ff und der WRRL

Seite 164

Matthias Pichler, Reinhard Ribitsch:
Einsatz von Trübungsmessgeräten

Seite 176

Christian Amberger:
„Die Aliens sind da“ – Invasive Neophyten an Fließgewässern – Management und Übersicht

Seite 184

Hans Peter Rauch, Elmar Plankensteiner:
Ingenieurbiologische Baukurse – eine Reflexion

Seite 194



Erfahren Sie mehr:
www.geobrugg.com/lawinenschutz



SPIDER® Avalanche Lawinenprävention
 DER EFFIZIENTE SCHUTZ
 VOR LAWINEN

Inhalt Heft 182

HAUPTBEITRÄGE zum Schwerpunktthema: Schutz vor Naturgefahren – Ökologische Aspekte

Andreas Drexel, Elmar Plankensteiner, Alban Lunardon, Andreas Steurer:
Wiederherstellung der Gewässerdurchgängigkeit am Beispiel des Schmiedlebaches in Egg/ Vorarlberg

Seite 202

Verena Gfrerer, Harald Haseke:
Wildbachverbauung und Steinkrebsprogramm im Mitterndorfer Biotopverbund – Eine gelungene Kooperation im LIFE Projekt „Ausseerland“

Seite 218

Engelbert Schmied, Elisabeth Stocker:
„Life-Projekte“ – Erfahrungen der Gebietsbauleitung Steiermark Nord

Seite 230

Magdalena Von Der Thannen, Hans Peter Rauch, Ehrenfried Lepuschitz, Thomas Lampalzer: **Erfahrungen mit der Zustandsbewertung von ingenieurbioologischen Maßnahmen**

Seite 240

Ehrenfried Lepuschitz:
Ökologie und der digitale Wildbach- und Lawinenkataster

Seite 252

Monika Pfeifer, Hanspeter Pussnig:
Im Schatten der Lawinenverbauung: Lebensraumverlust für alpine Rauhfußhühner?

Seite 260

Hans Peter Rauch, Magdalena von der Thannen, Hansjörg Hufnagl:
Wie ökologisch ist die Ingenieurbioogie?

Seite 270

Magdalena von der Thannen Und Roman Paratscha, Roman Smutny, Alfred Strauss, Hansjörg Hufnagl, Thomas Lampalzer, Hans Peter Rauch:
Zur Ökobilanz von Schutzbauwerken. Ein Fallbeispiel mit Varianten.

Seite 282

Thomas Lampalzer, Georg Wiesinger, Theresia Oedl-Wieser:
Akteur-Netzwerke im präventiven Schutzwasserbau. Eine explorative Studie anhand von drei Fallbeispiel

Seite 304



AarteLink® – Quantensprung im Naturgefahrenalarm

AarteLink® – das Naturtalent. Naturgefahrenalarm für Steinschlag, Murgang, Lawine und Hochwasser.

Dank Funklösung ist AarteLink® schnell und flexibel einsetzbar und überzeugt durch die enorme Batterielebensdauer und hohe Funkreichweite.

Mehr Informationen auf www.aartelink.ch | www.aartesyS.ch



Inhalt Heft 182

Beiträge zu anderen Themen	Christian A. Heiss: Über den Einfluss unterschiedlicher Prüfanordnungen (schräg vs. vertikal) auf die Beurteilung flexibler Steinschlagschutzsysteme nach ETAG 027	Seite 318
	Michael Schiffer, Markus Ebner: Kesselbach: Neues Schlüsselbauwerk als Basis für nachhaltiges Gesamtschutzkonzept	Seite 336
	Johannes Kammerlander: Geschiebetransport in Wildbächen während hydrologischer Normaljahre	Seite 344
	Nicole Kamp, Franz Langegger, Michael Funder: Naturgefahrenmanagement von alpinen Wildbacheinzugsgebieten: Konzeption, Implementierung und Validierung von pyAlpineRisk	Seite 356
Praxis-Pinnwand	Christian Amberger: Das Gemeindeportal der Wildbach- und Lawinenverbauung – Naturraum und Naturgefahren auf einen Blick	Seite 368
	Christian Amberger: 10 Jahre Ausbildung ÖWAV Gewässerwärter/in – Gewässermeister/in	Seite 369
Aktuelles	• ExtremA 2018: Aktueller Wissensstand zu Extremereignissen alpiner Naturgefahren in Österreich	Seite 370
	• Ein Politikkonzept zwischen realer Praxis und staatlicher Steuerung – Neuerscheinung	Seite 374
Verzeichnis der Inserenten		Seite 376

SIEGFRIED SAUERMOSE

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser,

Schutzwasserbauten haben in der Vergangenheit vielfach zu deutlicher Verarmung des ökologischen Gewässerzustandes geführt. Unterbrechungen des Gewässerkontinuums, Einengungen von Fließstrecken durch lineare Maßnahmen oder die Errichtung von hydraulisch optimalen – glatten – Gerinnen waren an der Tagesordnung, der Schutzgedanke stand deutlich im Vordergrund. Entsprechend war auch der Ruf der für Schutzmaßnahmen zuständigen Organisationen wie Wildbach- und Lawinenverbauung oder Schutzwasserbau.

Dem ist heute – Gott sei Dank – nicht mehr so. Gesellschaftspolitische Entwicklungen haben dazu beigetragen, dass der ökologischen Funktionsfähigkeit von Gewässern ein ebenso hoher Stellenwert eingeräumt werden muss wie dem Schutzgedanken. Dieser Umstand fand auch in den einschlägigen gesetzlichen Bestimmungen, wie dem Wasserrechtsgesetz Niederschlag, in dem die Forderung nach einem zumindest guten ökologischen Zustand klar formuliert wird. Die Verordnung des BMNT über die Festlegung des ökologischen Zustandes für Oberflächenwässer wurde am 29. März 2010 im BGBl Nr. 99/2010 kundgemacht. Paradigmenwechsel somit im Schutzwasserbau? Ist Schutzwasser- und Wildbachverbau unter den neuen ökologischen Forderungen überhaupt noch möglich?

Die vorliegende Ausgabe unseres Fachjournals ist ganz klar dieser Frage gewidmet und diese muss auch mit einem klaren JA beantwortet werden. Aus den vielfältigen Beiträgen geht aber eines klar hervor – Schutzwasserbau und Wildbachverbauung sind deutlich anspruchsvoller geworden und es gibt auch klare Kriterien, die nach wie vor „harte“ Verbauungen erfordern. Bäche mit hohem Energiepotential zum Beispiel. Die diesbezüglichen Grenzen auszuloten ist eine äußerst anspruchsvolle Tätigkeit und eine wichtige Aufgabe der Zukunft. Die hydraulische Funktionsfähigkeit eines Gerinnes steht aber nicht mehr alleine im Vordergrund, die ökologische Funktionsfähigkeit ist zumindest als gleichwertiges öffentliches Interesse anzusehen.

Dieser Umstand macht Planungen und Ausführungen schwieriger, umfassender, ja manchmal auch nicht durchführbar – aber im Wesentlichen gelingt das ausgezeichnet und eine Reihe von Beispielen in diesem Fachjournal sollen davon Zeugnis geben. Im Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung sind die ökologischen Forderungen einer umweltsensibilisierten Öffentlichkeit angekommen. Man fordert Schutz, will aber auf ökologische Funktionsfähigkeit von Gewässern nicht verzichten. Dieser Spagat ist die große Herausforderung für die Fachexperten – entspricht aber dem Gründungsgedanken des Forsttechnischen Dienstes im Jahre 1884. Bereits damals wusste man – mit Technik alleine sind die Probleme langfristig nicht zu lösen.

Wir haben nicht nur Autoren aus dem Dienstzweig eingeladen, dazu ihre Gedanken darzulegen, wir haben uns auch bewusst an Ökologie- und Umweltorganisationen gewandt, um einen umfassenden Blick auf das Thema Ökologie und Wildbachschutz zu werfen.

Wir wünschen Ihnen viel Interesse beim Lesen und Studieren der Beiträge. Wenn sie Anregungen für uns haben, welche Themen besonders interessant wären oder wie man ein Fachjournal noch besser gestalten könnte, so würde es mich freuen von Ihnen zu hören.

DI Siegfried Sauermoser

Schriftleiter

Josef Neuner – Zum 80. Geburtstag



Am 14. Oktober 2018 feierte der ehemalige Sektionsleiter der Sektion Tirol der Wildbach- und Lawinenverbauung seinen achtzigsten Geburtstag.

Sepp Neuner wurde am 14. Okt. 1938 in der Gemeinde Kauerberg im Tiroler Oberland geboren. Nach Absolvierung der Pflichtschule besuchte er das Gymnasium in Landeck und die Universität für Bodenkultur in Wien. Nach Ableistung des Präsenzdienstes trat er am 2. 1. 1963 in den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung ein. Die erste Station seines Dienstes im Bereich der Sektion war die Gebietsbauleitung Oberes Inntal in Imst, es folgten das Untere Inntal und die Gebietsbauleitung Mittleres Inntal, bevor Sepp Neuner der Sektion Tirol zugeteilt wurde. Mit März 1991 wurde er zum Leiter der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal bestellt, die Ernennung zum Sektionsleiter der Sektion Tirol erfolgte am 1. Jänner 1996 als Krönung seiner beruflichen Laufbahn. Mit 31. 12. 2003 ist Sepp Neuner in den wohlverdienten Ruhestand übergetreten. Für seine Leistungen im Dienstzweig wurde ihm im September 1995 das Große Ehrenzeichen für die Verdienste um die Republik Österreich verliehen.

Sepp Neuner war aber nicht nur im Dienstzweig aktiv, er engagierte sich auch im Verein der Diplomingenieure und von 1979 bis zum Jahre 1986 übte er die Funktion des Technischen Referenten aus und war somit während dieser Zeit auch für Inhalt und Gestaltung des Journals Wildbach- und Lawinenverbau zuständig.

Seine besondere Liebe und sein besonderes Engagement galten den Hochlagenaufforstungen, welche er zahlreich in seinem Gebietsbauleitungsbe- reich umsetzen konnte. Gelungene Aufforstungen wie in Haggen oder im Schmirntal zeugen von dieser Tätigkeit. Wir wissen alle, dass der Erfolg in der Hochlagenaufforstung nur mit konsequenter Betreuung gelingt, dass vor allem in der Gebiets- bauleitung Mittleres Inntal mehrere Beispiele von diesem Erfolg zeugen, ist der Arbeit Sepp Neuners zu verdanken. Aber nicht nur im forstlichen, son- dern auch im technischen Bereich hinterließ Neu- ner seine Spuren im Bezirk. Die umfangreiche Verbauung der Ruetz im Stubaital, welche nach dem Hochwasserereignis 1987 notwendig wurde und in kürzester Zeit abgewickelt werden konnte, war dem besonderen Engagement Neuners zu verdanken.

Der Verein der Diplomingenieure für Wildbach- und Lawinenverbauung gratuliert herzlich zum runden Geburtstag und wünscht dem Jubilar noch viele gesunde Jahre im Kreise seiner Familie und noch viele Bergtouren in sei- nen geliebten Bergen.

Siegfried Sauer Moser

KATHRIN BLAAS, PETER HECHER

Der Entwicklungsplan für die Fließgewässer Südtirols

The Development Plan for the Rivers of South Tyrol

Zusammenfassung:

Das Erreichen des guten ökologischen Zustands der Fließgewässer wird von der europäischen Wasserrahmenrichtlinie gefordert; in Südtirol arbeitet die Agentur für Bevölkerungsschutz u.a. an der morphologischen Verbesserung der Flüsse und Bäche, um diese „Lebensadern der Landschaft“ zu revitalisieren. Seit 2011 gibt es dafür den Entwicklungsplan für die Fließgewässer Südtirols (EFS) als Instrument zur Planung und Programmierung von Revitalisierungsmaßnahmen mit einer georeferenzierten Datenbank, die seit 2017 überarbeitet und erweitert wurde.

Stichwörter: Entwicklungsplan, Fischpassierbarkeit, Fließgewässer-Revitalisierung, Hydromorphologie, Instream River Training.

Abstract:

Achieving the good ecological status of rivers is required by the European Water Framework Directive; in South Tyrol, the Civil Protection Agency works on the morphological improvement of rivers and streams, among other things, in order to revitalize these "lifelines of the landscape". Since 2011, there has been a development plan for the watercourses of South Tyrol (EFS, "Entwicklungsplan für die Fließgewässer Südtirols") with a georeferenced database of revitalization measures, which has been revised and expanded since 2017.

Keywords: Development plan, fish passability, river revitalisation, hydromorphology, Instream River Training

Hintergrund

Die Auswirkungen des globalen ökologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wandels in Europa im 20. Jahrhundert haben die Flusssysteme allgemein und die Auen besonders in Mitteleuropa gezogen. So auch in Südtirol, einer autonomen Provinz in Norditalien, die an Österreich und die Schweiz grenzt. Die Ansprüche der Menschen (Hochwasserschutz, Wasserkraftnutzung und nachhaltige Entwicklung des ländlichen Raumes) haben mehr als 55 % der in der Talsohle gelegenen Flusslandschaften vollständig verändert (Provincia Autonoma di Bolzano, 2010). Dabei wurden durch Verbauung der Ufer und Gewässersohlen sowie durch die Errichtung von Querbauwerken die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewässer stark beeinträchtigt.

Der moderne Gewässerschutz ist ein integrierter Gewässerschutz, bei dem die Ansprüche des Menschen mit jenen der Ökologie in Einklang gebracht werden. Der ökologische Zustand von Fließgewässern ist das Ergebnis einer Wechselwirkung zahlreicher physikalischer, chemischer und biologischer Faktoren; zu den physikalischen Faktoren gehört die Fließgewässer-Morphologie.

Die Agentur für Bevölkerungsschutz verfolgt südtirolweit sowohl Ziele des Hochwasserschutzes als auch der ökologischen Verbesserung der Fließgewässer. Dies ist unter anderem auch in den im Jahr 2017 genehmigten Satzungen der Agentur festgeschrieben. Seit 2011 werden Hochwasserschutz- und Verbesserungsmaßnahmen an der Fließgewässer Morphologie mit Hilfe des Entwicklungsplanes für die Fließgewässer Südtirols (EFS; Aschbacher und Hecher, 2013) programmiert und koordiniert. Die gesetzlichen Grundlagen dazu auf EU-Ebene sind die Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (2007/60/EG), die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) und die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (92/43/EWG), in Südtirol

gibt es außerdem noch die „Bestimmungen über die Gewässer“ (Landesgesetz Nr. 8 vom 18. Juni 2002).

Fließgewässer-Revitalisierung: Leitbild und Konzept

Fließgewässer-Revitalisierungsarbeiten sind notwendig, um die natürliche Gewässerfunktionsfähigkeit wiederherzustellen und auch wieder mehr Natur und Leben in unsere (Kultur-)Landschaft zu bringen. Als Leitbild gilt: „die Fließgewässer sind Lebensadern in der Landschaft“ und dementsprechend werden die Fließgewässer und ihr Umland als dynamisches und zusammenhängendes System betrachtet. Getreu diesem Grundsatz wird auch der EFS laufend weiterentwickelt und gewonnene Erkenntnisse während und nach der Realisierung von Maßnahmen fließen in neue Planungsprojekte mit ein.

Insgesamt wird den Fließgewässern durch Aufweitungen wieder mehr Platz gegeben und wo das nicht möglich ist, wird mit Techniken des Instream River Trainings (z.B. Mende 2012) naturnaher Flussbau betrieben.

Einsatz und Aufbau des EFS

Der EFS als internes, Geoinformations(GIS)-basiertes Planungsinstrument der Agentur für Bevölkerungsschutz der Autonomen Provinz Bozen, ermöglicht folgende Tätigkeiten:

- Sammlung und Verknüpfung von Daten (Fließgewässer, Gemeinden, Wasserschutzbauten-Kataster...)
- Leitbildgerechte Erarbeitung von Maßnahmenvorschlägen
- Verwaltung der Maßnahmen: Erfassung und Dokumentation
- Visualisierung der für die Maßnahmenplanung relevanten Daten
- Analysen inhaltlicher, räumlicher und zeitlicher Art

Im EFS werden die Fließgewässer Südtirols aufgrund von Gefälle, Höhenlage und ökologischer (auch fisch-ökologischer) Gemeinsamkeiten in 19 eigenständige Fließgewässersysteme (FGS; Abb. 1) eingeteilt.

Für jedes FGS wurde ein Maßnahmenkatalog ausgearbeitet. Darin enthalten sind folgende Informationen:

- die jeweiligen Haupt-Charakteristiken wie Einzugsgebietsgrößen, Geologie, Morphologie der Talböden, Vegetationsstufen, Gewässerneigungen, Laufformen und Abflussregime der Fließgewässer;
- Defizitanalysen betreffend Hydrologie, Gewässerumland, Naherholungsraum, Lebensraumausstattung, Leit- und Charakterarten, Fischpassierbarkeit;
- Maßnahmenvorschläge zur naturnahen Gewässerentwicklung und ökologischen

Funktionsfähigkeit in steckbriefartiger Form mit allen relevanten Informationen für Planung und Umsetzung.

Die Maßnahmenvorschläge stammen aus fachlichen Workshops mit involvierten Ämtern und Experten, Flussraummanagementplänen, Einzugsgebietsplänen, Konzepten und Vorschlägen aus den Kraftwerksbeiräten der Großkraftwerke (>3,5 MW), dem Beirat für Energiefonds, spezifische Studien (z.B. an Gader, Falschauer, Passer). Jeder der aktuell 500 Maßnahmenvorschläge (Stand August 2018) hat einen Bewertungs-, Abwägungs- und Priorisierungsprozess durchlaufen.

Ein wichtiger Teil des EFS, neben den beschreibenden Maßnahmenkatalogen, ist seine digitale, räumliche Komponente in Form eines GIS-Projektes. Die Maßnahmenvorschläge sind dabei in Form einer georeferenzierten Maßnahmen-Datenbank organisiert und können sowohl

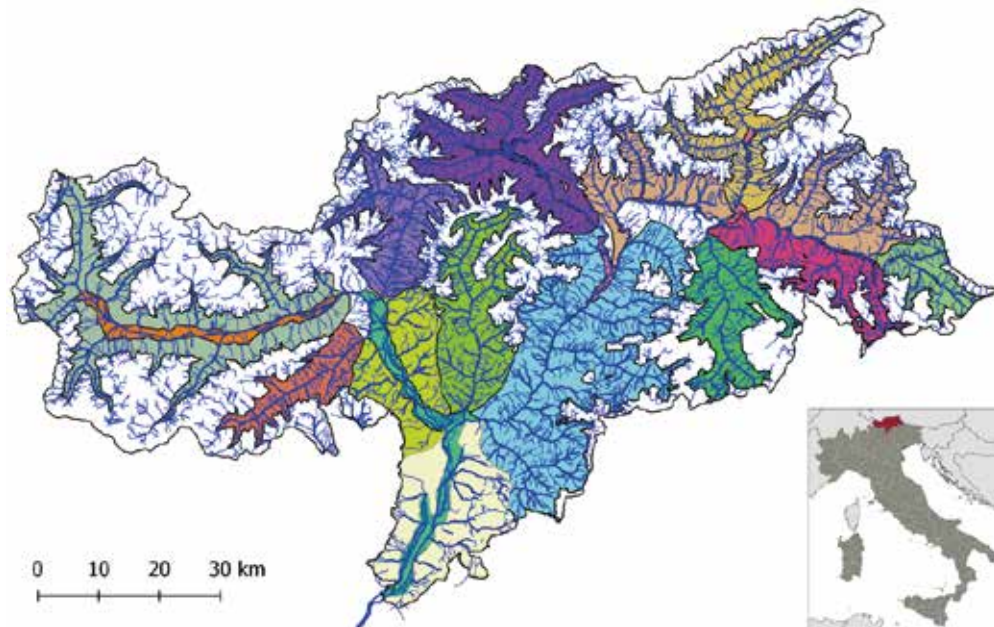


Abb. 1: Die Fließgewässer Südtirols werden in 19 eigenständige Fließgewässersysteme (FGS) eingeteilt; für jedes FGS wurde ein Maßnahmenkatalog ausgearbeitet, welcher u.a. Maßnahmenvorschläge zur Revitalisierung der Fließgewässer enthält.

Fig. 1: The watercourse of South Tyrol is divided into 19 independent river systems (Fließgewässersysteme; FGS); For each FGS a catalog of measures was worked out, which contains i.a. proposals for their revitalization.

graphisch als auch tabellarisch dargestellt und abgefragt werden; Polygone markieren die Lokalität der Maßnahmenvorschläge. Daneben gibt es zahlreiche weitere (Geo)-Informationen zu den Fließgewässern selbst, aber auch zu Gemeinden, Parzellen des Öffentlichen Wassergutes, Biotopen, Wasserschutzbauten, Kraftwerken und vielen anderen mehr.

Seit 2017 wurde der GIS-Part des EFS ausgebaut und ergänzt (Blaas und Hecher, 2018); in Bezug auf die Maßnahmen-Datenbank ist es mit der neuen Version des EFS nun erstmals möglich, zwischen (I) reinen Maßnahmenvorschlägen, (II) projektierten Maßnahmen, (III) in Umsetzung befindenden Projekten und (IV) bereits fertig umgesetzten Projekten zur Fließgewässer-Revitalisierung zu unterscheiden. Neu dazugekommen ist die georeferenzierte Projekte-Datenbank, mit der bereits umgesetzte Projekte auf Basis ihrer Projektnummer detailliert erfasst werden. Dargestellt

als Punkte innerhalb der Maßnahmen-Polygone sind u.a. Informationen zum Typ der Revitalisierung abrufbar. In Übereinstimmung mit rezent wissenschaftlicher Literatur werden folgende neun Typen unterschieden: Flussaufweitung, Auwaldförderung, Strukturverbesserung an Ufer und Gewässer, Neuanlage Gewässer, Herstellung Fließgewässerkontinuum, Geschiebe- und Sedimenteintringung, Strukturen für Naherholung, Studien und Wiederansiedelung von Arten.

Fließgewässer-Revitalisierung in Südtirol – Stand der Dinge

Südtirolweit wurden bis zum 31.08.2018 insgesamt 500 Revitalisierungs-Maßnahmenvorschläge in der Maßnahmen-Datenbank abgespeichert und in den Maßnahmenkatalogen steckbriefartig beschrieben. Davon sind bereits 105 Maßnahmenvorschläge erfolgreich umgesetzt worden (Abb. 2).



Abb. 2: Übersicht über den Status der insgesamt 500 Maßnahmenvorschläge landesweit (Stand 31.08.2018).

Fig. 2: Overview of the status of the total of 500 proposed measures nationwide (as of 31.08.2018).

Es gibt leider keine einfache Formel, um die Entwicklungen der ökologischen Funktionsfähigkeit und den Erfolg der Revitalisierungen von Südtirols Fließgewässern in Zahlen ausdrücken zu können (eine Synthese über die Fluss- und Auenrevitalisierung in Südtirol vor dem Einsatz des EFS ist in Alverá et al., 2012 zu finden). Die Verbesserungen der Gewässermorphologie aber lassen sich quantifizieren, mithilfe der Einträge im Wasserschutzbauten-Katasters der Agentur für Bevölkerungsschutz. Dieses enthält u.a. zahlreiche Details zu den insgesamt rund 28.000 Querbauwerken in Südtirols Flüssen und Bächen, die eine Schutzfunktion für menschliche Siedlungen und Kulturgüter erfüllen und gleichzeitig aber das Gewässerkontinuum unterbrechen.

Von diesen Wasserschutz-Querbauwerken liegen etwa 11.000 in Fischgewässern. Die Agentur für Bevölkerungsschutz arbeitet südtirolweit daran, das Gewässerkontinuum wiederherzustellen und orientiert sich dabei u.a. an der Verbreitung der Marmorierte Forelle (*Salmo marmoratus*). Damit hat die Herstellung des Gewässerkontinuums in den Tallagen-Fischgewässern oberste Priorität und anschließend stehen die Seitenzubringer dieser Flüsse und Bäche auf dem Programm – gemäß der Fischeaufstiegsrichtung von unten nach oben. In dieses „prioritäre Gebiet“ (Abb. 3) fallen 1.105 Wasserschutz-Querbauwerke, davon sind aktuell nur noch 177 nicht fischpassierbar und 146 nur teilweise fischpassierbar (Stand August 2018).

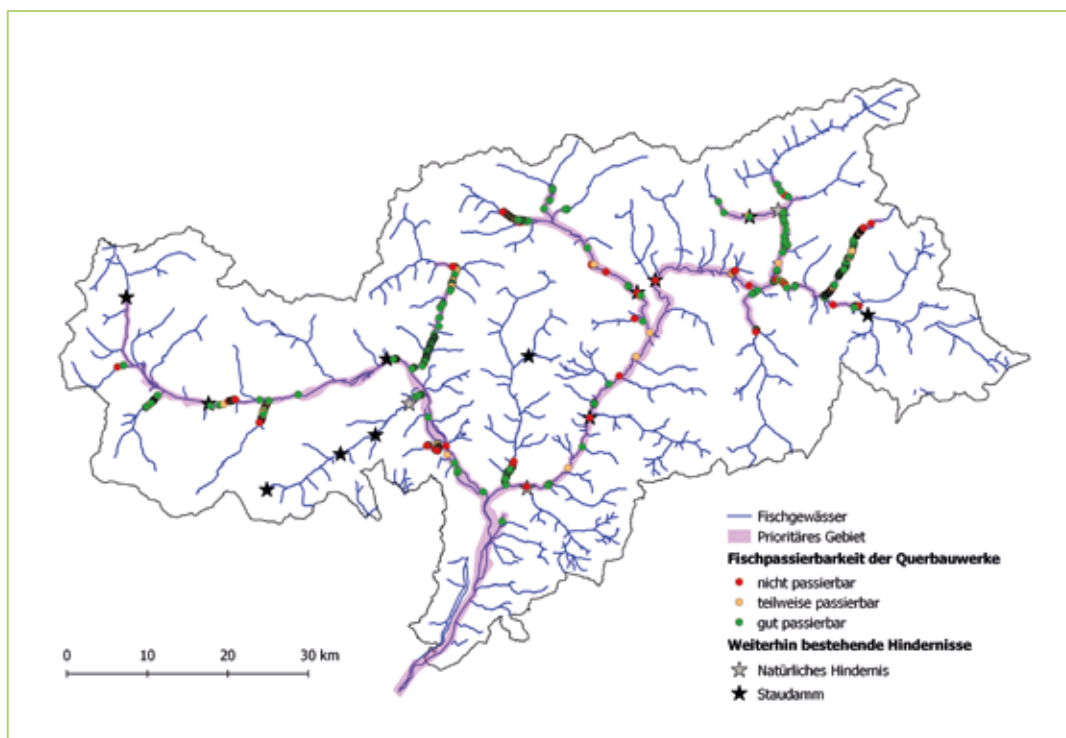


Abb. 3: Fischpassierbarkeit der Wasserschutz-Querbauwerke in den als prioritär ausgewiesenen (Tallagen)-Fischgewässern sowie weiterhin bestehende Hindernisse (Stand August 2018).

Fig. 3: Fish passability of the anti-flood barriers in the priority designated (valley) fishing waters and remaining obstacles (as of August 2018).

Drei beispielhafte Fließgewässer-Revitalisierungsprojekte

Talfer: Wiederherstellung des Fließgewässerkontinuums

Die Talfer (Einzugsgebiet: 429 km²) mündet bei der Landeshauptstadt Bozen in den Eisack, den zweitgrößten Fluss Südtirols. In der Stadtgeschichte trifft man bereits sehr früh auf Schutzmaßnahmen vor Überschwemmungen, welche darin gipfelten, dass der Unterlauf des Flusses in ein schmales, kanalisiertes Flussbett mit monotonen Böschungen, zahlreichen Konsolidierungssperren, geringer struktureller Vielfalt und geringer Diversität der Fließtiefen verwandelt wurde.

Mit einem Budget von rund 2 Millionen Euro wurde der hydromorphologische Zustand der Talfer im 3,7 km langen Abschnitt vor der

Mündung in den Eisack verbessert. Methoden des Instream River Trainings erhöhten die Strukturvielfalt und gaben dem Fluss einen pendelnden Verlauf mit einem Niederwasserprofil. Bei gleichbleibendem Hochwasserschutz konnte das Gewässer als Lebensraum und wertvolles Landschaftselement in der Stadt aufgewertet werden (Hecher, 2016). Obwohl durch die Spitzenstromproduktion des vorgelagerten Wasserkraftwerks weiterhin künstliche Schwall-Sunk-Verhältnisse von bis zu 1:15 an der Tagesordnung stehen, bestätigen die Ergebnisse der Abfischungen die positiven Veränderungen: nach den Revitalisierungsarbeiten konnte die knapp doppelte Fischbiomasse im Vergleich zu vorher festgestellt werden und erstmals stiegen die standorttypischen Äschen (*Thymallus thymallus*) wieder aus dem Eisack in die Talfer auf (Abb. 4).

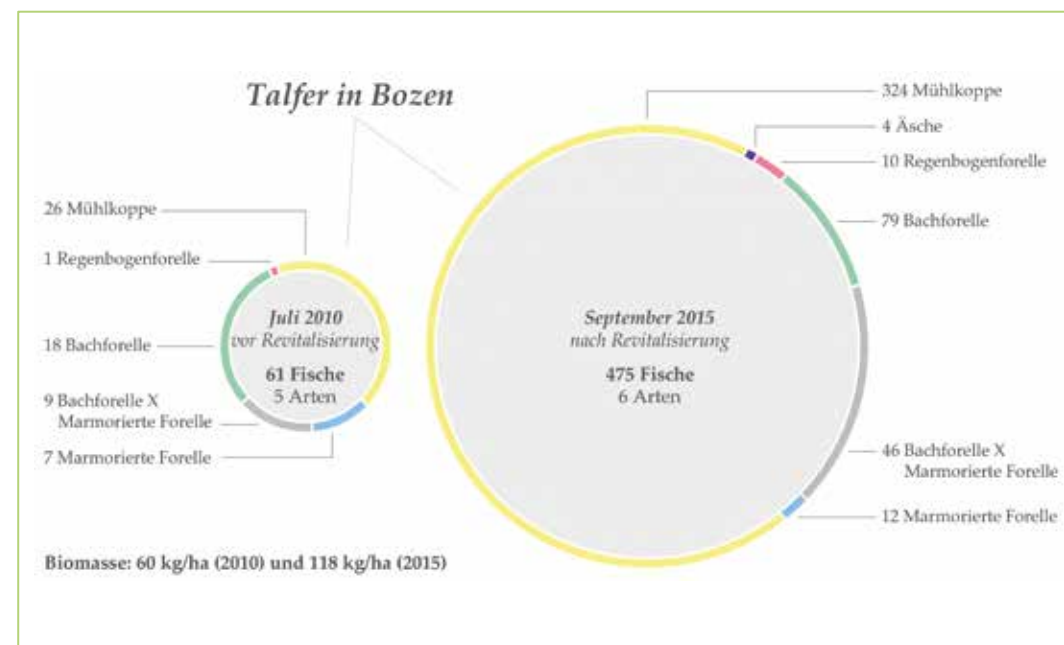


Abb. 4: Ergebnisse der Abfischungen: nach den Revitalisierungsarbeiten wurde die doppelte Fisch-Biomasse nachgewiesen und erstmals stiegen die standorttypischen Äschen wieder aus dem Eisack in die Talfer auf (Daten aus Abfischprotokollen vom Amt für Jagd und Fischerei).

Fig. 4: Results of the fishing: after the revitalization work, the double fish biomass was detected and for the first time the typical grayling resurrected from the Isarco River to the Talvera River (data from the fishing and hunting records).

Mareiter Bach: Großflächige Aufweitung

Die Revitalisierungsmaßnahmen am Mareiter Bach (Einzugsgebiet: 210 km²) zwischen Gasteig und Stange im Sterzinger Becken sind das bisher größte und umfangreichste Gewässer-Revitalisierungs-

Projekt Südtirols und ein Paradebeispiel für die Kombination von modernem Hochwasserschutz mit Aufwertung von Ökologie und Landschaftsbild (Hecher und Vignoli, 2012).

Massive Schotterentnahmen bis Mitte der 70er Jahre verwandelten den ursprünglich weit



Abb. 5: Mareiter Bach vor (links) und acht Jahre nach (rechts) den Revitalisierungsarbeiten, bei denen Hochwasser- und Naturschutzmaßnahmen miteinander in Einklang gebracht werden konnten und zusätzlich das Landschaftsbild aufgewertet wurde.

Fig. 5: Ridanna River before (left) and eight years after (right) the revitalization work, in which flood and nature conservation measures could be reconciled with each other and in addition the landscape was upgraded.

verzweigten Wildbach mit einer Bachbettbreite von bis zu 300 m in ein stark eingetieftes (bis zu 8 m) und eingeengtes (30–40 m Breite) Gewässer. Der Bau mehrerer Serien von Konsolidierungsbauwerken aus Stahlbeton und die steile Abböschung der Ufer konnten das hohe Überflutungsrisiko im Talkessel (ab HQ30!) nicht mindern (letzte größere Ereignisse 1985, 1987 und 1991). Negative ökologische Folgen waren die Unterbrechung des Gewässerkontinuums, die Absenkung des Grundwasserspiegels und der Verlust von 88 % des einstigen Fluss- und Auwaldlebensraumes.

Mit insgesamt 2,8 Mio. Euro konnte im 2,2 km langen Abschnitt das Bachbett auf die doppelte Breite aufgeweitet werden (Abb. 5) und natürliche Hochwasser-Rückhalteflächen und Geschiebeablagerungsflächen geschaffen werden. Zudem wurde das Fließgewässerkontinuum wiederhergestellt und die Bachsohle angehoben

und strukturiert. Feuchtlebensräume in Gewässernähe wurden geschaffen und insgesamt konnten 5,4 ha Fluss- und Auwaldlebensraum wiedergewonnen werden, dessen Besiedelung und Entwicklung beispielhaft für Fließgewässer im Alpenraum dokumentiert wird.

Eisack: Strukturverbesserung und Geschiebemanagement

Der Eisack hat ein Einzugsgebiet von 4.960 km² und ist der zweitgrößte Fluss Südtirols. Das Mehrjahresprogramm „Aufwertung Eisack in Bozen“ umfasst insgesamt 15 Millionen Euro und zielt darauf ab, im 13 km langen Abschnitt Hochwasser- und Naturschutz miteinander in Einklang zu bringen. Im April wurde das bereits vierte Bauleistungsstück abgeschlossen (Abb. 6, Hecher und Blaas, 2018), die Fertigstellung der gesamten Arbeiten ist für das Jahr 2025 geplant.



Abb. 6: Neu strukturierter Eisack am Zusammenfluss mit der Talvera in Bozen.

Fig. 6: Newly structured Isarco River at the confluence with the Talvera River in Bolzano.

Verbauungen und Geschiebemangel führten zur Eintiefung der Flusssohle und mancherorts auch zu Unterspülung von Uferschutzbauten, speziell von Brücken. Die größten Gefahrenbereiche konnten bereits saniert werden, bisher wurden 1,8 km Ufermauer vor Extremereignissen gesichert. Beidseitig eingebrachte Lenkbuhnen, die von den Ufern ausgehend bis über die Flussmitte reichen und bogenförmig gegen die Strömungsrichtung zeigen, erfüllen zwei Aufgaben: sie lenken die Strömung weg von den Ufern, hin zur Flussmitte und zudem sorgen sie für eine natürliche Vielfalt an variierenden Strömungsgeschwindigkeiten und Wassertiefen.

Zum Ausgleich des Schottermangels wurden allein im Rahmen des vierten Bauloses 40.000 m³ Fluss-Schotter in den Eisack eingebracht. Gemeinsam mit Partnern der Freien Universität Bozen – Fakultät für Naturwissenschaften und Technologie – sind Feldbeobachtungen und physikalische Modellstudien zur Geschiebedynamik geplant.

Wichtige Aspekte im Rahmen der Revitalisierungsarbeiten sind auch Landschaftsbild und Naherholungswert. Um den Eisack als wertvollen Wildfluss mitten in der Stadt hervorzuheben, wurden die Schutzbauten mit Bachschotter überdeckt und naturnahe, sanft abfallende Ufer modelliert. An geeigneten Stellen wurden auch Zugänge zum Wasser geschaffen.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Kathrin Blaas, MSc.
Autonome Provinz Bozen – Südtirol
Agentur für Bevölkerungsschutz –
Landeswarnzentrum
Cesare-Battisti-Straße 23, 39100 Bozen
Kathrin.Blaas@provinz.bz.it

Mag. Peter Hecher
Autonome Provinz Bozen – Südtirol
Agentur für Bevölkerungsschutz –
Landeswarnzentrum
Cesare-Battisti-Straße 23, 39100 Bozen
Peter.Hecher@provinz.bz.it

Literatur / References:

ALVERÁ K., ZERBE S., HECHER P., GALLMETZER W. (2012). Fluss- und Auenrenaturierung in Südtirol (Italien). Synthese und Perspektiven. Naturschutz und Landschaftsplanung 44 (6), 165-172.

ASCHBACHER M., HECHER P. (2013). Lebensadern in der Landschaft. Der Entwicklungsplan für die Fließgewässer Südtirols (EFS 30). Broschüre

BLAAS K., HECHER P. (2018). Neue Version des Entwicklungsplanes für die Fließgewässer Südtirols. Posterbeitrag im Rahmen der 10. Tagung „Zoologische und botanische Forschung in Südtirol“, 06.-07.09.2018, Bozen.
HECHER P. (2016). Gewässerökologische Aufwertung der Talfer in Bozen. In: Landesfischereiverband Südtirol (Hrsg.). Die Fischerei in Südtirol (1), 16-17.

HECHER P., BLAAS K. (2018). Aufwertungsarbeiten am Eisack in Bozen schreiten voran. In: Landesfischereiverband Südtirol (Hrsg.). Die Fischerei in Südtirol (2), 10-11.

HECHER P., VIGNOLI G. (2012). Riqualficazione del Rio Mareta: pianificazione e prime fasi d'attuazione. In: "Riqualficazione fluviale e gestione del territorio", 2° convegno italiano sulla riqualficazione fluviale, Bolzano, 6-7 novembre 2012. Bozen University Press, Bolzano.

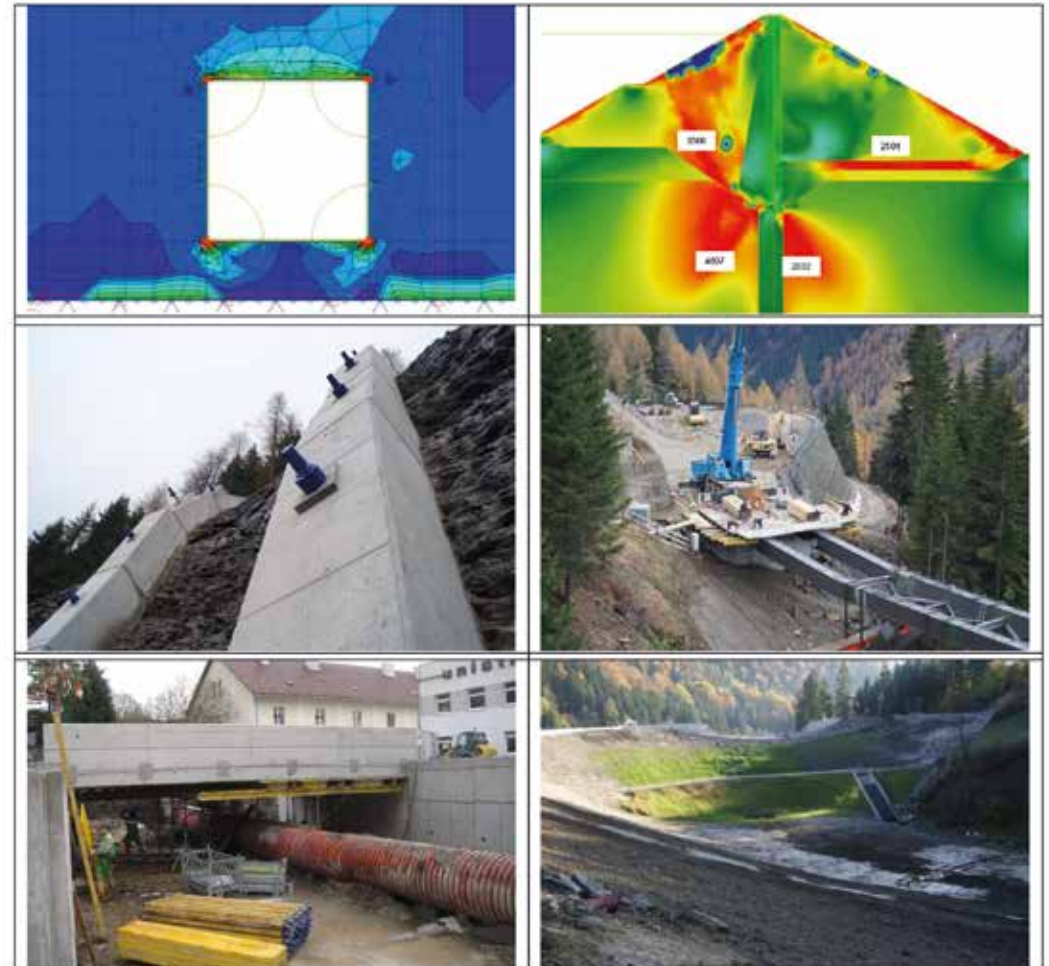
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO (2010). Piano generale di utilizzazione delle acque pubbliche della provincia di Bolzano approvato con delibera della giunta provinciale n. 704 del 26.04.2010, Prima parte – "Situazione esistente".

MENDE M. (2012). Instream River Training – Naturnaher Flussbau mit minimalem Materialeinsatz. In: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (Hrsg.). KW Korrespondenz Wasserwirtschaft (10), 537-543.

alpinfra consulting + engineering gmbh :: Internationale Ingenieurkompetenz

Innovative Lösungen und Baustellenführung im anspruchsvollen alpinen Umfeld

- Statische und dynamische Strukturanalysen für Stahl- und Betonbauwerke
- Geotechnisch, grundbautechnische Sonderlösungen, Injektionstechnik
- Schutzwasserbau, Wildbach- und Lawinenverbauung
- Numerisch-Physikalische Modellierung von Lawinen, Muren und Felsstürzen



alpinfra consulting + engineering gmbh

Marktplatz 5 - 5163 Mattsee

office@alpinfra.com

www.alpinfra.com

+43 - 6217 - 20271

INGO E. MERWALD

Ökologische Kriterien für Wasserschutzbauten in unseren Fließgewässern

Ecological criteria for waterprotection constructions in water courses

Zusammenfassung:

Der Autor behandelt in einer kurzen Übersicht die Ökologie und ihre Stellung in der Biologie, dann wesentlich ausführlicher die Fließgewässerökologie wobei neben den alten linearen Betrachtungsweisen bis zum letzten Stand des Wissens über das 4-dimensionale System alle bekannten und neuen Sichtweisen für die Beurteilung von Fließgewässern dargestellt werden. Abschließend werden die Kriterien für Wasserschutzbauten und die einzelnen Maßnahmen für eine ökologische Ausführung beschrieben und auf Vor- und Nachteile hingewiesen.

Stichwörter:

Fließgewässer, Ökologie, Wasserschutzbauten

Abstract:

The author gives a short overview about ecology and her status in biology as well as the river-ecology. He describes the former linear structures and the State of the Art of the 4-dimensional system and furthermore all known new perspectives of criteria for flood protection structures and the certain methods for an ecological implementation.

Keywords:

Watercourses, ecology, flood protection structures

Einleitung

Die Ökologie ist eine Teildisziplin der Biologie, welche die Beziehungen von Organismen untereinander und zu ihrer unbelebten Umwelt erforscht. ERNST HAECKEL gab 1866 der Ökologie ihren heutigen Namen und definierte sie in seinem Buch "Generelle Morphologie der Tiere (1866)" als die gesamte Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Außenwelt. Der Ökologiebegriff wurde später etwa in der 2. Hälfte des 20. Jh. auf die Gesamtweltsituation mit besonderer Berücksichtigung eines schonenden Umganges mit den Umweltressourcen ausgeweitet. Definition nach dem Wirtschaftslexikon-Gabler: Die Ökologie behandelt die Wechselbeziehungen zwischen Lebewesen und der natürlichen Umwelt bzw. den Ökosystemen. Der Begriff Ökologie wird aus den griechischen Wörtern „oikos“ (Haus, Haushalt) und „logos“ (Lehre, Kunde) abgeleitet.

Historische Entwicklung des Wasserbaues

Die ersten wasserbaulichen Maßnahmen in Mitteleuropa begannen im 14. Jh., dann folgte eine ruhigere Periode. Wasserschutzbauten wurden von sogenannten Archen, bei denen sich die Bewohner der Dorfgemeinschaften bei Schadensbehebungen arbeitstechnisch einbringen mussten oder in Eigenregie ausgeführt und erst die große Korrektur des Rheins nach den Plänen von Tulla, die von 1770 bis 1828 dauerte (HÜTTE, 2000), beendete diese Periode. Zu Beginn des 19. Jh. begann dann ein systematischer Ausbau an den großen Flüssen über längere Abschnitte.

Überblick über das Entstehen und die Entwicklung des ökologischen Wasserbaues in Österreich aus historischer Sicht

Da der naturnahe Wasserbau in Europa und speziell auch in Österreich nach dem Bau von Triftanlagen, kleineren Ufersanierungen durch die sog. Archen meist erst immer nach den technischen Regulierungsmaßnahmen der großen Flüsse, bei denen man noch mit Abflusertüchtigungen nach dem Prinzip der schnellen Hochwasserabfuhr die Sicherheit für die Bevölkerung sowie deren Kulturgüter und Sachwerte erreichen wollte, erfolgen konnte, bestanden/bestehen die ersten Maßnahmen darin, ausreichende Rückhalteräume zu schaffen, die tatsächlich notwendigen Uferschutzbauten zu erhalten und gleichzeitig die am meisten das Kontinuum eines Gewässers störenden Hochwasserschutzbauten zu entfernen. Zu diesem Umdenken im Wasserbau kam es einerseits einmal durch die massiven Beschwerden der ausländischen Unterlieger sowie der Feststellung des unbeabsichtigten Absenkens des Grundwasserspiegels, der noch dazu durch die immer größer werdenden Fördermengen der immer intensiver betriebenen Landwirtschaft weiter verstärkt wurde. Andererseits wurde auch die Stimme der Fischerei immer stärker und sie forderte die Berücksichtigung des aquatischen Lebensraumes und seine Berücksichtigung bei Projektierungen und Ausbau. Erst ein Ausspruch von JUNG-WIRTH, in dem er erklärte, dass wir dzt. bereits in Salmonidengewässern Rücksicht auf die dort nicht autochthonen Kormorane, Gänsesäger, Reiher, illegal frei gelassenen Fischotter usw. Rücksicht nehmen müssen/sollten, aber im Gegensatz

dazu der Lebensraum der autochthonen Bachforlelle, die bereits auf der „roten Liste“ stehe, noch immer ignoriert wird, rüttelte manche Verantwortlichen endlich zu einem Umdenken auf.

Die EU-WRRRL aus dem Jahr 2000 und mit ihr die Flora und Fauna Habitats Richtlinie nach der sich die EU-Mitgliedsstaaten verpflichtet hatten, bis zum Jahr 2015 für alle Oberflächengewässer einen „guten Zustand“ zu erreichen, trug auch ihren Teil dazu bei. Aber es wurde nicht so heiß gegessen wie geplant – und wie weit ist der heutige Zustand noch von diesem Ziel entfernt? Leider wurden die Richtlinien meistens sehr einseitig ausgelegt und die Naturschutzbehörden der einzelnen Landesregierungen und in weiterer Folge die Wasserrechtsbehörden benötigten eine wahre Ewigkeit um die Probleme mit den Neobionten und Neophyten endlich einmal ins rechte Lot zu bringen und gegen die Forderungen der verschiedenen Lobbyisten und NGO's aus Kreisen der selbsternannten „Naturschützer“ und die Kraftwerksbetreiber entschieden aufzutreten. Dies war ein langer und beschwerlicher Weg und man könnte es auch als Kampf gegen die Medusa bezeichnen. Dieser Meinungswechsel kam also nicht als plötzliche Wende infolge neuer wissenschaftlicher oder praktischer Erkenntnisse, sondern fand erst in einer längeren Umdenkphase statt und hatte noch gegen viele Vorurteile älterer Wasserbauer, gegen die Uneinsichtigkeit großer Bevölkerungsgruppen, die den Verlust der Schutzfunktion befürchteten, und vor allem gegen starke Lobbyistengruppen zu kämpfen, was aber auch wieder den Vorteil brachte, dass unausgereifte Maßnahmen rechtzeitig erkannt und nicht umgesetzt und dann zum schlechten Standard geworden wären.

Im Laufe der Zeit setzten sich dann doch immer mehr naturnahe Fließgewässergestaltungen durch. Man hatte natürlich meistens mit dem größeren Flächenbedarf Schwierigkeiten, vor allem

für Rückhalteräume, aber bereits einfache ökologische Ufersicherungen wie Spreitlagen benötigen mehr Fläche. Vor allem in Gebirgstälern hatte in Ortsbereichen der sogenannte „Landfraß“ für neue Objekte und vor allem mit den Bodenversiegelungen für die notwendige Infrastruktur ein katastrophales Ausmaß angenommen, sodass für Schutzmaßnahmen nicht nur keine Flächen mehr zur Verfügung standen, sondern der Niederschlag statt zu versickern, nur noch schneller abfloss. Hier konnte dann nur mehr mit Kleinmaßnahmen wie „Ökologischen Grobsteinschlichtungen“, Verhängebauwerken, asymmetrischen oder niedrigeren Abflussektionen mit Niederwasserrinnen (Sauerstoffeintrag), verschiedenen Rampentypen und auch Kombinationen von Sohlstufen und Rampen, beziehungsweise mit seitlichen Kleinsperrungen (Koppe), Fischwanderhilfen und technischen Fischeinständen, Buhnenspornen usw. ökologische Verbesserungen für die Fischpopulation als auch für die aquatische Bodenfauna im kleinen Rahmen erreicht und trotzdem die geforderte Schutzfunktion für die Bewohner erhalten bleiben. Als österreichische Pioniere im ökologischen Schutzwasserbau wären zu erwähnen: KELLER (1938), WALTL (1948), PRÜCKNER (1948 und 1965), SCHIERMBÖCK (Praxisbeispiele), SCHIECHTL (1973), STERN (1990), SCHIECHTL & STERN (1992 und 1994) sowie FLORINETH (1990). Dass sich sogar bereits Allroundgenie LEONARDO da VINCI mit der Sicherung von Dammböschungen durch Weiden befasst hatte, ist für viele Personen ein Novum.

Ökologisches Management an Fließgewässern zum Erreichen oder der Wiederherstellung der ökologischen Funktionsfähigkeit

Für diese Aufgabe sollten die folgenden Methoden als Hilfe beachtet werden!

Dreiteilige Gewässer-(Wildbach)-Klassifikation wurde von mir als einfaches Hilfsmittel für die Wahl von Bautypen geschaffen (MERWALD, 1984 u. 1987/89). Sie teilt Gewässer nach Wasserführung, Geschiebetrieb, Murfähigkeit usw., also nach hydro- und orographischen Kriterien in (überwiegend) hochwasserführende, geschiebeführende und murfähige Gewässer/Wildbäche ein. So fällt es dem Projektanten leichter aus der reichen Palette von Bautypen, die besten für sein Projekt auszuwählen. Vor allem für den Flussbau ist die Auswahl sehr reich und dem Vegetationsbau ist Tür und Tor geöffnet.

Ein wichtiger Meilenstein ist dann die Beachtung der Biozönotischen Gewässereinteilung nach den Fischregionen (ILLIES & BOTOSANEANU, 1963) in Krenal – Rhithal – Potamal mit den Differenzierungen und den jeweiligen Leit- und Begleitfischen, die nicht aus technischen Aufzuchtteichen stammen sollten. Letztere geben entsprechend ihrer Größe und dem Konditionsfaktor wichtige Aussagen über ihre Schwimm- und Sprungleistung sowie über die vermutlich große Eianzahl, ihre guten Gene und somit Hinweise auf eine möglichst große und selbstreproduzierende Vermehrungsrate.

Vor der Kenntnis, dass Fließgewässer als 4-dimensionale Systeme zu beurteilen sind (WARD & STANFORD, 1983) waren alle Klassifizierungen nach linearen Methoden entwickelt worden. Der erste Versuch einer modellhaften ganzheitlichen Betrachtungsweise von Fließgewässerregimen war das River-Continuum-Concept (RCC) von Vonnote et al. (1980). Es beruht darauf, dass die unterschiedlichen Lebensgemeinschaften im Fließgewässerlängsverlauf auf funktioneller Basis, wobei vor allem die Zusammenhänge zwischen morphologisch/hydrologischen Aspekten und den Auf- und Abbauprozessen zwischen den funktionellen Ernährungstypen der aquatischen Benthos-Biozöosen diskutiert

werden. So bezeichnen die Buchstaben P = autochthone Produktion, R = Respiration bzw. Abbau (JUNGWIRTH et al. 2003).

Das River-Continuum-Concept verwendet die österreichischen Flussordnungszahlen von HORTON (1945) und STRAHLER (1957) nur in umgekehrter Reihenfolge, also beginnend mit dem Quellfluss als 1 zum Unterschied von den österreichischen Flussordnungszahlen, wo mit dem Strom, der Donau, mit der Ordnungszahl 1 begonnen wird. So finden sich im sogenannten Krenal die RCC-Flussordnungszahlen 1-3. Da wegen der Uferbeschattung die autochthone Primärproduktion fehlt, finden sich hier als Benthosvertreter die Zerkleinerer (Shredder) und Sammler (Collectors) und daher ergibt das Verhältnis $P/R < 1$. In den Mittelläufen mit Flussordnungszahlen 4-6 nimmt die dichte Ufervegetation ab und somit trifft mehr Sonnenlicht auf die Wasseroberfläche und die Primärproduktion nimmt deutlich zu ($P/R > 1$), es überwiegen daher Weidegänger, Raspler, Kratzer und Detritusfresser. Die auch unter natürlichen Bedingungen tiefen Unterläufe sind häufig getrübt (Flussordnungszahl > 6) und von feinkörnigem, organischem Material geprägt (FPOM), das aus Oberliegerbereichen eingeschwemmt wird, das Faunenbild wird von Detritusfressern wie Filtrierern und Schlammfressern geprägt, daher ($P/R < 1$). Das RCC Modell gilt für anthropogen unbeeinflusste Fließgewässer. Alle Fließgewässer mit Kraftwerken, Abwassereinleitungen, größeren Schutzwasserbauten usw. entsprechen der Abfolge der Ernährungstypen nicht mehr. Es wurde erkannt, dass das beschriebene RCC-Modell auch zu stark auf die Längserstreckung ausgerichtet war und die vertikalen und seitlichen Austauschprozesse nicht berücksichtigt hatte.

Diese wurden nun im WARD & STANFORD-Modell aus 1983 eingefügt und dieses erweiterte System wurde „Extended Serial Discontinuity Concept“ (ESDC) genannt und war auf

drei Ebenen bezogen. Im ESDC erkannte man aber auch, dass das zeitliche Geschehen oder die zeitlichen Abläufe nicht berücksichtigt worden sind, obwohl diese sehr wesentlich sind.

Das „Flood Pulse Concept“ von JUNK et al. (1989), das sich intensiv mit der hohen Instabilität von Mäandern und den Furkationsystemen befasst, beschreibt die Auswirkungen von Hochwasserereignissen und von Hochwasser verursachte Störungen als prägende Elemente für Fluss- und Auensysteme. Die flussmorphologische Dynamik verursacht dauernde Umformungen des Gewässerreliefs und ist somit ein Verursacher für Ein- und Austrag von Nährstoffen als auch von Störungen in den Sukzessionsabläufen, wodurch konkurrenzstarke Arten in ihrer starken Entwicklung eingeschränkt und konkurrenzschwache Arten dagegen wieder gefördert werden. Für die Biozönosen in Oberläufen gelten normale Hochwasser und die Schmelzwasser als natürlich und der Leitfisch dieser Region, die autochthone Bachforelle ist bezüglich ihres Laichverhaltens im Spätherbst und dem Schlüpfen der (Brütlinge im Frühjahr erbgutmäßig hierfür geprägt (UNFER, 2017). Daher ist der gut gemeinte Besatz mit Bachforellen aus Zuchtanstalten, die mit gebietsfremden Stämmen arbeiten hinsichtlich Hebung der Bachforellenpopulation völlig sinnlos, ebenso jener mit älteren Exemplaren aus geeigneten Fischzuchtanstalten als auch mit Regenbogenforellen – sie sind nur leichte Beute für alle Prädatoren und mancher Angler freut sich wieder einmal einen Fisch erbeutet zu haben! Durch derartigen Besatz wird nur der Bestand der Prädatoren gefördert (PINTER, UNFER, 2018)!

Für potamale Biozönosen wirken dagegen hohe Mittelwasserstände oder auch Hochwasser reproduktionsfördernd. Besonders mittelstarke Hochwasser fördern die Habitatvielfalt, die Sukzessionsprozesse und die Biodiversität.

Störungen sind somit typische und erforderliche Prozesse für die Artenvielfalt, zeitliche und räumliche Instabilität dagegen ein Kennzeichen funktionierender Fluss- und Auensysteme (SCHIEMER, 1995).

Die wichtigsten Kriterien der Bautypen für eine ökologische Fließgewässergestaltung

Nach dem Motto von GÖLDI (2000) „so wenig als möglich und so stark als erforderlich“ – sollten Verbauungen ausgeführt werden!“

Kriterium eines naturnahen und funktionsfähigen Niederwasserabflusses

Für den Erhalt einer ausgewogenen und typischen Fließgewässerbiozönose ist während Trockenperioden auf folgende Punkte zu achten:

- Erhalt des Fließgewässerkontinuums gewährleistet die ökologische Funktionsfähigkeit auch bei längeren Niederwasserperioden.
- Herstellen einer Minimaltiefe im Gerinne durch Abflusskonzentration des Niederwassers, damit wird auch während längerer Niederwasserperioden für laichwillige Fische die Laichwanderung ermöglicht. Davon sind vor allem die Bachforellen in Wildbächen betroffen, da ihre Laichwanderung meist in Niederwasserperioden stattfindet oder zumindest beginnt.
- Verbesserung der Sauerstoffsituation in Kolken, da sich dort ein Großteil der Fische, meist Bachforellen sammelt, um auf einen kleinen Wasseranstieg nach einem kurzen Regenschauer zu warten, um die Weiterwanderung fortsetzen zu können (eigene Erfahrungen am Stock-

winklerbach). Der Sauerstoffeintrag über einen konzentrierten Überfall sowie durch das Vermeiden jeglicher Stresssituation für die Fische, die zu unnötigem Sauerstoffverbrauch führt, können ihr Überleben sichern (MERWALD 1984, 1986 und 1994).

Aus diesen Gründen sollte daher das Angeln, das Waten, das Baden, das Waschen und Wasserholen (wilde Campingplätze), das Fahren oder Tragen von Booten während Niederwasserperioden in kleinen Gewässern unterlassen werden.

Dies ist für das Überleben zahlreicher Fische in ihren Zufluchtsstätten unbedingt erforderlich (weniger Stress – weniger Sauerstoffverbrauch – eigene Erfahrungen). Diese oben erwähnten Forderungen werden bereits in manchen Fischerkarten und bei Bootsverleihern vermerkt.

Die Abflusssektionen von Querwerken sind nicht nur auf Hochwasser, sondern auch auf Niederwasser zu dimensionieren (konzentrierter Überfall), sie sind möglichst niedrig auszuführen, sodass sie zumindest von den laichfähigen Fischen der einzelnen Fischarten überwunden werden können und hierfür sind sie noch zusätzlich mit einer ausreichenden und abgerundeten Auskrugung zu versehen.

Staffelstrecken und einzelne Querwerke sind bereits aus technischer Sicht so tief zu fundieren, dass sie nicht unterspült werden können. Aus ökologischer Sicht sollte das Fundament aber so tief reichen, dass es aus dem Grundwasser-Begleitstrom noch Wasser hochstaut, damit dieses während Trockenperioden über das Absturzbauwerk in das Fließgewässer wieder eingespeist wird.

Bei allen ökologischen Verbauungen ist hinsichtlich des Erhalts eines funktionsfähigen Niederwassergerinnes eine sorgfältige Auswahl der geeigneten Verbauungsart und der Bautypen

zu treffen, um das Fließgewässerkontinuum zu erhalten

Bei allen ökologisch verbauten oder naturnahen Gewässern sollte ein Ufergehölzstreifen vorhanden sein. Diese bewachsenen Uferstreifen bilden nicht nur eine gute Abschirmung des Niederwassergerinnes gegen direkte Sonneneinstrahlung und illegalen und gefährlichen Einschwemmungen aus der Landwirtschaft, sondern sie bilden auch ein eigenes Mikroklima aus. Sie sind überdies ideale Wildeinstände, wobei hier Verbiss-, Schäl- oder Fegeschäden meist kaum ins Gewicht fallen, außer es handelt sich um eine Baumschule oder um Obstgärten. Sie bieten bestens geschützte Nistmöglichkeiten für viele Vogelarten. Durch eine intakte Kontaktzone Wasser- Land stellen sie auch einen geeigneten Lebensraum für Amphibien, Reptilien dar und das seitliche Interstitial fördert denn aquatischen Lebensraum zusätzlich.

Kriterium der Wassertemperatur in der Salmonidenregion

Sie ist ein nicht zu unterschätzender Faktor für die Fischpopulation. Es ist zwischen „warmen“ und „kalten“ Gewässern zu unterscheiden. Dies kann am besten durch die Differenzbildung der Monatsmittel von Wasser- und Lufttemperatur nach ECKEL (1960) erfolgen. Handelt es sich um ein warmes Gewässer, dann sind folgende Punkte besonders zu beachten:

Bei Salmonidengewässern mit geringer Wasserführung darf der Abfluss durch Einbauten jeglicher Art nicht verlangsamt werden.

- Langsam durchflossene Flachwasserstrecken sind bei diesen Gewässern umzugestalten, wenn der Abfluss sonnenexponierte Felspartien tangiert oder große Felsbrocken umspült und nicht

beschattet ist wie bei manchen Rückhalteräumen (MERWALD, 1984 u. 1987), da sich die Wassertemperatur dadurch sehr schnell erhöht.

- Ein Niederwassergerinne ist bei gering dotierten Abflüssen wie man sie meist bei Kleinkraftwerken vorfindet unter Vernachlässigung der Breitenvarianz auszubilden, am Prallufer zu führen und das Ufer ist zu bepflanzen, um bei längeren Strecken das Aufheizen zu vermeiden. Fischwanderhilfen sind ebenfalls entsprechend zu behandeln.
- Ein gleichmäßiges Freistellen der Uferpartien eines Gewässers ist wegen des Aufheizens des Wassers unbedingt zu vermeiden. Das Zurückschneiden des Uferbestandes soll horstweise und wechselseitig erfolgen und dabei sollte/könnte bereits das anfallende Schnittmaterial für die nächste Spreitlage oder einen Flechtzaun berücksichtigt werden.
- Das Einleiten von Abwässern ist strengstens zu untersagen, da es zu einer Zunahme der pflanzlichen Produktion des Gewässers führt, die dann während der Nachtstunden und bei mehrtägiger Bewölkung eine Sauerstoffzehrung verursachen kann und überdies pathogene Keime produziert. Letzte Forschungsergebnisse weisen darauf hin, dass manche menschliche Ausscheidungen medizinische Reststoffe wie auch jene von der Antibabypille enthalten und diese die Fruchtbarkeit der Milchneer verringern sollen. Diese medizinischen Reststoffe passieren dzt. noch die üblichen Kläranlagen.
- Sämtliche Quellbäche und Zuflüsse/Zurinne im Nahbereich des Gewässers

sind oberhalb des Absturzbauwerkes einzuleiten, da sie im Winter durch Wärmezufuhr das Vereisen einschränken und während der warmen Jahreszeit durch Abkühlen des Hauptgewässers sowie durch Sauerstoffeintrag für die im Kolk lebenden Fische oft lebensrettend sein können.

- Abflusssektionen von Absturzbauwerken sind mit einem Niederwasserprofil auszugestalten, damit auch bei Kleinstabflüssen durch die Überfallskonzentration ein Sauerstoffeintrag und eine gute Durchmischung des Kolkwassers erfolgt. Überdies können wanderwillige Forellen den konzentrierten Strahl für das Überwinden des Bauwerks nützen, da sie durch ihren torpedoförmigen Körper direkt hochgepresst werden (MERWALD, 1984 u. 1987). Hinweis bzgl. Vereisung auch Abs. oberhalb.

Das Kriterium der Breiten- und Tiefenvarianz (-heterogenität)

Es kann als Abfolge von Gumpen oder Kolken (pools) mit flachen Gewässerstrecken (Furten) angesehen werden. Untersuchungen der Benthos- und der Fischpopulationen zeigten, dass Breiten- und Tiefenvarianz eines Gewässers, gleichgültig ob natürlich oder künstlich hergestellt, einen ausgewogenen, reproduzierenden und ertragreichen Fischbestand zur Folge hätten, wenn nicht die Eingriffe der verschiedenen Prädatoren diesen reduzieren/vernichten würden. Ein reproduzierender Fischbestand benötigt aber auch eine ausreichende und ausgewogene Futterbasis, die er hier durch die zahlreichen Kleinorganismen auch finden würde. Dies ist auch ein Parameter für Naturnähe (MERWALD, 1984 u. 1987).

Die Breitenvarianz (-heterogenität) kann einerseits durch das Vermeiden von Begradigungen, durch das Belassen von natürlichen Gewässerabschnitten und dgl. erhalten bleiben, andererseits bei Verbauungen durch nur einseitigen Uferschutz, meist am Prallufer, durch Buhnen und Sporne, schräge Abflusssektionen usw. erreicht werden. Eigene Erfahrungen zeigten, dass in Wildbächen und Wildflüssen eine natürliche oder künstliche Breitenvarianz im Bereich gestreckter und steiler Gewässerabschnitte wenig stark ausgeprägt gewesen ist und die künstliche nur mit technischen Eingriffen zu erhalten war. Nachdem die Bettverbreiterung zum Beispiel im Weißenbach (Gem. Frankenfels) bezüglich des Mittelwassers versuchsweise für einen kurzen Abschnitt der Natur nachempfunden ausgeführt worden war, wurde die vorgesehene und seitlich leicht ansteigende Aufweitung bei Niederwasser nicht benetzt, jedoch bei jeder stärkeren Wasserführung fast wegerodiert. Erst als mit Wasserbausteinen dieser Abschnitt bachaufwärts abgesichert worden war, konnte diese Gewässeraufweitung in Form einer Berme für Mittelwasserabflüsse erhalten werden. Das Gewässer schuf sich bei Mittelwasser eine etwa immer gleichbleibende Gewässerbite, diese kann aber durch im Wasser liegendes Totholz unterbrochen werden. Nach meinen Erfahrungen ist die Breitenvarianz bei Nieder- und Mittelwasser in alpinen Gewässern von Natur aus noch immer häufiger als bei den Küstenflüssen der südamerikanischen Cordillera wie Rio Biobio, Rio Imperial, Rio Negro usw., da diese einen sehr gestreckten und steilen Lauf haben. Breitenvarianz bildet sich aber häufig durch ins Bachbett gestürzte Baumriesen aus, da diese durch keine öffentliche Dienststelle im Umland beseitigt werden und wird der Uferanriss zu groß, muss der Fundobesitzer selbst handeln.

Die Tiefenvarianz (-heterogenität) wurde

vom Autor im Dexelbach (O.Ö.) untersucht und erbrachte in der Bachforellenregion in zehn Sperrenkolken eine rund siebenfach höhere Fischdichte/ha und eine rund fünfzehnfache höhere Biomasse als in den anschließenden Flachstrecken. In den Kolken gefangene Bachforellen waren durchschnittlich älter und daher auch größer. Die lineare Regression der Fischlängen mit den Maximaltiefen zeigt, dass diese ein wesentlicher Parameter für die Größe der Bachforellen eines Gewässers und daher auch ein Hinweis für eine Gewässerbewertung ist. Aber auch Flachstrecken sind unbedingt notwendig, da sie die Lebensbereiche der Brütlinge und Jungfische sind. Sie weisen meist auch das geeignete Laichsubstrat, die erforderliche Wassertiefe und Strömungsgeschwindigkeit auf, die für das Anlegen von Laichplätzen erforderlich sind. Von baulicher Seite ist für die Wandermöglichkeit zwischen den Kolken und Flachstrecken auch bei Niederwasser zu sorgen. Sperren mit zu seicht ausgesteinten Kolken und daher zu geringem Wasserpolster sowie zu hohem Überfall sind zu vermeiden bzw. in Rampen umzugestalten.

Mit jedem kleinen Absturzbauwerk wird Tiefenvarianz geschaffen, wobei die künstlichen Kolke fast immer tiefer als die natürlichen Gumpen sind und daher auch größere Fische beherbergen und diesen auch einen sichereren Estand bieten –ein altes Wissen der Fischer-, das nach meinen Beobachtungen in der heutigen Zeit bei den Projektanten aber kaum mehr Beachtung findet. Die Tiefenvarianz lässt sich nach praktischen Erfahrungen in Wildbächen zum Unterschied von der Breitenvarianz allein durch Kombination von verschieden hohen Querwerken und Rampen einfach leicht und dauerhaft herstellen. Auch in Wildflüssen lässt sich eine Tiefenvarianz erreichen, ist aber wesentlich aufwendiger und kostenintensiver.



Abb. 1:
Rio Ibañez mit
fantastischem Überblick
über Furkationen und
Mäander oberhalb der
Mündung in den Lago
General Carrera /Lago
Buenos Aire. Foto: Ingo E.
Merwald

Fig. 1:
Rio Ibañez with fantastic
overview of meander above
the river mouth to the
Lago General Carrera/Lago
Buenos Aire Picture: Ingo E.
Merwald



Abb. 2:
Artenspektrum entlang
eines natürlichen
Gewässers (aus ÖWAV)

Fig. 2:
Spectrum of species along
natural river courses
(ÖWAV)

Kriterium der ungehinderten Fischwanderungen

Die gezielte Fischwanderung aus produktiven Gewässern ohne Laichmöglichkeiten – dazu gehören heute leider viele Gewässer, vor allem Stauseen – in die eigentlichen Laichgewässer muss erhalten oder wieder geschaffen werden. Es ist aber der Fischzug nicht nur aus den Vorflutern zu ermöglichen, sondern er muss auch innerhalb des Gewässers selbst möglich sein. Wie ich festgestellt hatte,

wandern markierte Bachforellen in einem Laichgewässer auch von einem geeigneten Laichplatz weg und suchen sich einen neuen. Wie russische Forscher festgestellt haben, werden die Forellen und vermutlich auch andere Fischarten von einem inneren Biorhythmus gesteuert und beginnen mit der Laichwanderung je nach Gewässer über größere gefällsarme Wanderstrecken oder solche mit großen Höhenunterschieden, wodurch die Eihüllen zu reifen beginnen und bei der eigentlichen Laichtätigkeit dann aufplatzen.

Damit die erforderlichen Fischwanderungen erhalten bleiben oder erst geschaffen werden, stehen viele Baumaßnahmen und Bautypen zur Verfügung.

Um technische Voraussetzungen richtig umzusetzen, werden zuerst einige Angaben über das Leistungsvermögen von Salmoniden gemacht.

- Nach BAINBRIDGE (1962) beträgt für eine Regenbogenforelle aus Zucht von 300 mm Länge die Startgeschwindigkeit für die erste Sekunde 3 m/sec. und fällt dann rapid ab.
- Nach BRETT (1964) beträgt die Regenerationszeit für eine Forelle, die sich beim Sprint völlig verausgabt hat, etwa drei Stunden.

Vom Autor wurde in zahlreichen Versuchen das Aufstiegsverhalten von Bachforellen untersucht und dann in drei Aufstiegsarten eingeteilt.

- Bei rein schwimmendem Aufstieg betrug die Fließgeschwindigkeit in einer Künette mit 2,2 % Gefälle von 1,3 m/sec. (Randbereich) bis 2,2 m/sec. (Mitte) und in der bachaufwärts anschließenden Sinoisdalschwelle von 2,7 m/sec bis 3,2 m/sec. in einer Künetten-Sinoisdalschwellen-Kombination. Bach- und Regenbogenforellen mit Längen zwischen 160 und 240 mm hatten ohne Schwierigkeiten und ohne Startkolk die Höhe um 1 m erreicht (Ausbauende), größere Höhe wäre möglich gewesen.
- Bei springend-schwimmenden Aufstieg, welcher der häufigste und effizienteste ist, betrug die überwundene Höhe maximal 1,45 m bei Kolk-tiefen im Anlaufbereich von etwa 0,7 m bis 0,9 m für Exemplare ab 230 mm Länge. Wie die Versuche gezeigt haben, konnten diese Höhen aber nur von Bachforellen mit

guter Kondition (Konditionsfaktor >1) erreicht werden. Dies bedeutet, dass junge und noch nicht laichfähige Forellen sowie ältere Exemplare diese Höhe meist nicht überwinden konnten. Die meisten Exemplare waren markiert und einige während des Aufstieges fotografiert worden. Von Hydrobiologen und Ökologen wird nicht beachtet, dass diese Werte nur für Forellen gelten!

- Beim freien Sprung konnten nur Höhen von maximal 60 cm erreicht werden, was für die Fischwanderung unbedeutend ist, da die Fische dabei meistens rücklings in den Absprungkolk zurückfielen.
- Die Aufwärtswanderung von Äschen wird meist deutlich unterschätzt! Nach dem Katastrophenhochwasser an der Biela (weiße Biela) in Tschechien konnte ich feststellen, dass mehrere Äschen im Bereich einer zerstörten Turbinenzuleitung unter Ausnutzung eines Rastplatzes auf einer Betonfertigteileplatte ebenfalls eine Höhendifferenz von etwa 120 bis 130 cm überwinden konnten, während die Bachforellen die Drettissima wählten, aber mehrere Kapitale dies nicht schaffen konnten, da der Wasserfaden für sie zu seicht war, sodass die Rückenflosse bereits aus dem Wasser herausragte.

Alle weiteren Vorschläge für hohe Aufstiegsmöglichkeiten sind meinem Leitfaden zu entnehmen (1994).

Kriterium des natürlichen Sohlsubstrates

Vom Autor durchgeführte Untersuchungen der aquatischen Fauna brachten noch deutlicher als die Ergebnisse des Fischbestandes zum Ausdruck, dass die Unterschiede im Substrat für Benthosorganismen als auch in weiterer Folge für den

Fischbestand von Bedeutung sind. So fanden sich in instabilen und unstrukturierten Sohlsubstraten wie in Schwemmkegeln und Rückhalteräumen von stark geschiebeführenden Gewässern usw. die niedrigsten Individuenzahlen (Ind.) und Biomassewerte. Im untersuchten Wildbach (Dexelbach), der als nährstoffarm einzustufen ist, wurden im Schwemmkegelbereich nur 1.200 Individuen/m² und Biomassewerte von nur 2g/m² ermittelt. In der oberhalb liegenden Staffelstrecke dagegen 1.320 Ind./m² und 2,5 g/m². In der ausgeprägten und unverbauten Schluchtstrecke wurden 2.900 Ind./m² und eine Biomasse von 4,6 g/m² ermittelt. Im obersten Zubringer, einem kleinen Waldbächlein (Krenal), wurden 6.300 Ind./m² und 6 g/m² Biomasse festgestellt. Von hier wird viel Nährstoff in die Rhithralzone eingeschwemmt (MOOG, MERWALD & JUNGWIRTH, 1981). Als Vergleich dazu werden in Tieflandflüssen 50 bis 100 g/m² ermittelt, in Stauseen werden noch höhere Werte erreicht, in Wildbächen liegen die Biomasse-Werte zwischen 2 bis 10 g/m².

Kriterium der Strömungsvarianz

Bereits EINSELE (1980) hat die Strömungsgeschwindigkeit als beherrschenden Faktor bei der limnologischen Gestaltung der Fließgewässer bezeichnet. Die Strömungsgeschwindigkeit ist in ökologisch gestalteten Fließgewässern nicht gleichförmig über die gesamte Gewässerbreite oder auch über längere Abschnitte nicht gleich, sie variiert sehr stark.

Die Ursachen für die Strömungsvarianz werden bereits durch die Richtungswechsel im Gewässerverlauf mit Prall- und Gleituferrn, die durch den Seitenschurf entstehen, durch die Erodierbarkeit des geologischen Untergrundes, durch die Substratzusammensetzung der Gewässersohle, durch Geschiebeabtrag und Auflandungen, durch Wildholz und Schwemmgut, durch die

Ufervegetation und anthropogene Einflüsse usw. verursacht. Es ist in diesem Zusammenhang auch auf die Erdrotation hinzuweisen, der zufolge kein Wassertropfen auf einer aufgestellten und glatten Fläche senkrecht nach unten fließt, sondern entsprechend der Nord- oder Südhalbkugel rechts oder links dreht. Auch dies wäre ein Initiativanlass. Um eine ausreichende Strömungsvarianz bei einem Gewässerausbau oder Rückbau zu erreichen oder neu herzustellen, können Bühnen, Sporne, verschiedene Querwerkstypen, Stör- oder Fischsteine und kleinräumig auch durch das Verwenden der „Ökologischen Grobsteinschichtung“ nach MERWALD (1984 und 1987) erreicht werden. Der natürlichen Strömungsvarianz sind die im Gewässer lebenden Fische und Benthosorganismen bestens angepasst und sie nutzen diese Kleinbiotope, die durch verschiedene Strömungen entstanden sind ohne sich zu konkurrieren. Sie passen sich auch künstlichen Veränderungen schnell an und erreichen daher auch eine sehr hohe Artenvielfalt.

Kriterium des Laichplatzes und der Laichmöglichkeit

Für den Bestand eines natürlichen und reproduzierenden Fischbestandes in einem Gewässer sind nicht nur laichreife Fische, sondern eine große Zahl von Laichplätzen erforderlich. Die wichtigsten Voraussetzungen für das Anlegen eines Laichplatzes sind das geeignete Laichsubstrat, sauerstoffreiches Wasser, die passenden Strömungsverhältnisse am Laichplatz

($V_m > 0,15$ m/s bis etwa $< 0,30$ m/s) und in den Laichgruben ($V_m > 0,20$ m/s), die geeignete Wassertiefe und eventuell eine geschützte Lage. In den Laichgruben kann bei den Bachforellen durch den Mutterfisch die Fließgeschwindigkeit noch etwas reguliert werden. Weitere instinktmäßige Verhaltensweisen konnten bisher noch nicht geklärt werden. Meine Untersuchungen an zahl-



Abb. 3:
Beispiel für harte
Verbauung – Wienfluss

Fig. 3:
Example for hard
engineering – Vienna river

reichen Laichplätzen ergaben, dass knapp unter 50 % des Gesamtlaihssubstrates auf die Grobkiesfraktion (63 bis 20 mm nach ÖNORM B4412) und etwa 35 % auf die Mittelkiesfraktion (20 bis 6,3 mm) entfielen. Von den übrigen Fraktionen lag keine über 10 %.

Der Vergleich mit dem benachbarten Substrat ergab bei diesem einen deutlichen Überhang der Mittel- und Feinkiesfraktion. Daraus wird die Arbeit des Mutterfisches beim Freischlagen der Laichgruben (Riebe) bestätigt.

Bei einer ökologischen Verbauung ist darauf zu achten, dass die Laichstrecken mit den Rieben unter keinen Umständen verbaut werden dürfen und die Fischwanderung bis dorthin gesichert sein muss. Werden diese Vorschläge befolgt und die Fischerei entnimmt etwa nur den jährlichen Abwuchs, so ist mit keinen Besatzmaßnahmen einzugreifen. Bei allen baulichen Eingriffen ist darauf zu achten, dass bei allen Aushubarbeiten durch abgespültes Feinsediment oder gar durch chemische Substanzen keine Überlagerung der Laichplätze erfolgt, da sonst die Eier verpilzen oder an Sauerstoffmangel absterben.

In den meisten Flussregimen der I. bis III. Ordnung sind viele Laichstrecken durch anthro-

pogene Eingriffe, vor allem Laufstau mit ihren schwankenden Wasserständen, Ausleitungen, Verschlämmungen und dgl. vernichtet worden.

Es obliegt daher dem Wildbachverbauer, dafür zu sorgen, dass der Aufstieg aus den Vorflutern gesichert ist und nicht bereits an jedem Talausgang eines Zubringers ein für Fische nicht passierbares Querwerk oder eine harte Schale vorhanden ist. Das Gewässerkontinuum ist zu gewährleisten!

Kriterium der Abdrift, der Ab- und Aufwärtswanderung

Da Fische vor allem bei Hochwasser häufig abgedriftet werden, aber auch selbständig abwandern, erleiden sie dabei in Wildbächen häufig schwere Verletzungen – auch erschlagene Bachforellen wurden von mir aufgefunden. Deswegen wurde das Abdriften (passive Wanderung) und Abwandern (aktive Wanderung) genauer untersucht. Die Untersuchungen ergaben (MERWALD, 1984), dass markierte Bachforellen über einen Kilometer abgedriftet wurden und dabei zahlreiche Wildbachsperrn und Grundschnellen bis zu einer Höhe von vier Metern und zahlreiche natürliche

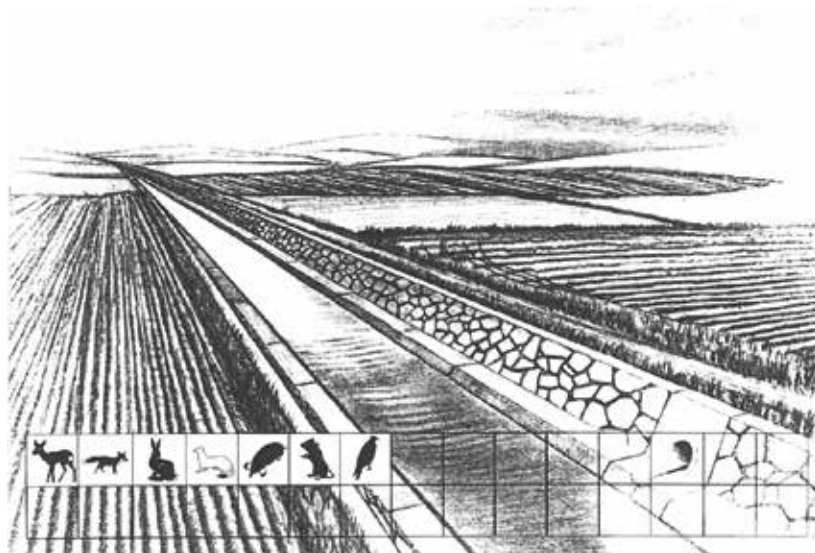


Abb. 4:
Artenspektrum entlang
eines künstlichen
Gewässerlaufes (aus
ÖWAV)

Fig. 4:
Spectrum of species along
artificial river courses
(ÖWAV)

Gefällsbrüche überlebt hatten und dann standortstreu geworden sind.

In verbauten Gewässern werden mehr Fische abgedriftet und verletzt als in unverbauten Gerinnen.

Um Abdrift und Abwanderungsschäden zu vermeiden oder zumindest stark zu reduzieren, sind die folgenden Vorschläge unbedingt zu befolgen.

- Ausbildung tiefer und stabiler Kolke im unmittelbaren Anschluss an Querwerke.
- Vermeiden aller bautechnischen Mängel bei Querwerken an der Luftseite, dazu zählen vorspringende Fundamente, verlorene Spundwände und Piloten, verlorene Schalungen, zu kurze Auskragungen der Abflusssektionen, Wurfsteine und dgl.
- Sohlrampen dürfen nicht bis zum Querwerk herangezogen werden, wenn dies einen Überfall hat
- Im Überfall darf das abfließende Wasser auch bei Niederwasser nicht auf der Querwerksvorderseite aufschlagen (Verletzung der Fische).
- Ein konzentrierter Überfall auch mit NW-

Abfluss ist einem breiten vorzuziehen.

- Schaffen zahlreicher hochwassersicherer Einstände (Ökol. Steinkastenschwelle mit Fischeinstand, Ökologische Grobsteinschlichtung, Doppelstammschwelle vorgeneigt, Beka Stufe, Holzschwelle nach KREBS, Fischeinstand nach HEDE-NIG, Fischeinstand durch lückenhaftes Verlegen der Steinschlichtung, Spreitlagen usw.
- Da viele Fische nach der Abdrift und Abwanderung zur Laichzeit wieder aufsteigen wollen, sollte dies bautechnisch möglich sein, es kommt zur sogenannten fälschlichen Kompensationswanderung, ähnlich der bei den Insekten, nur sind die Imagines geflügelt.

Kriterium des Wasserrückhaltes

Durch die Abkehr von der schnellen Hochwasserabfuhr mit allen ihren schädlichen Folgen, kamen Projekte mit Wasserrückhalt zur Ausführung.

- Beim Rückhalt eines Teils des Katastrophenniederschlags bereits auf der Niederschlagsfläche, also im obersten

Einzugsgebiet, könnten die gewässerabwärts bestehenden Verbauungen einfacher ausgeführt werden oder es würden die bestehenden ausreichen.

- Als Maßnahmen für den Rückhalt des teilweisen Katastrophenniederschlags im obersten Einzugsgebiet können neben einem intakten Waldbestand, Terrassierungen, Aufforstungen, Rückhaltebecken oder besser Kombinationen davon sein.
- Bei geringerem Abfluss aus dem Einzugsgebiet können bei der anschließenden Verbauung bereits naturnahe Baumaterialien verwendet werden.
- Hebung des Grundwasserspiegels.
- Verbesserungen der Trinkwassersituation
- Verbesserung der Niederwasserabflüsse in Trockenperioden
- Verbesserung der Bewässerung für die Landwirtschaft
- Schaffung von Vieh- und Wildtränken und Ruheplätzen im Zuge von Terrassierungen der Einhänge (Big Tower-Basin Colorado).
- Terrassierungen in den Tieflagen mit verschiedenen Ackerfrüchten und Edelhölzern als Überhälter – Agro-Forstwirtschaft- in Südamerika und vor allem in China und Laos usw.

Kriterium der Ufervegetation

Eine natürliche Ufervegetation in Baum- oder Strauchform war ursprünglich bei jedem Wasserlauf unterhalb der alpinen Region vorhanden. Diese wurde aber sehr zum Nachteil der Einwohner beseitigt.

Die Vorteile einer intakten Uferzone können zweifelsfrei für die Biozönose, den Schutzwasserbau und die Landschaftsästhetik festgestellt werden.

Bedeutung der Ufervegetation für die Biozönose:

- Durch den allochthonen Eintrag des Umlandes wird im Krenal und auch noch im Epi- und Metarhithral die überwiegende Startenergie für das aquatische Leben geschaffen.
- In der Forellenregion ist neben dem Falllaubeintrag noch der direkte Futteranfall durch abstürzende oder schwärmende Wasser- oder Landinsekten von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Zahlreiche Fische lauern zur Reifezeit der verschiedenen Früchte unter den überhängenden Zweigen auf die ins Wasser fallenden Früchte, Aitel sind hier große Spezialisten. Durch den Gehölzschirm wird das Habitat für die Insekten stark vergrößert.
- Ufergehölze bieten schlüpfenden oder frisch geschlüpften Insekten ein sicheres Biotop sowie zahlreichen Imagines – die schlecht fliegen – einen Startplatz für den Hochzeitsflug.
- Durch die baum- oder strauchförmige Ufervegetation werden die Temperaturextreme im Jahres- und Tagesgang im Gewässerbereich abgeschwächt.
- Durch das Abschirmen vor der direkten Einstrahlung wird einerseits das Aufheizen des Gewässers und die damit zusammenhängende Abnahme des im Wasser gelösten Sauerstoffs verhindert – andererseits wird die Entwicklung der Insektenlarven usw. wieder eingeschränkt.
- Ein dichter Ufergehölzsaum verhindert bei langsam strömenden Gewässern das Veralgen, gleichzeitig aber auch das Abschwemmen von Jauche und Düngemitteln aus der Landwirtschaft ins Gewässer und in weiterer Folge ein Fischsterben.
- Die Wurzeln der Ufervegetation bewir-

ken ein Ausfiltern bei überdüngten Gewässern und schaffen für Fische gute und auch gelegentlich hochwassersichere Einstände.

- Durch das Vermindern der Abflusssgeschwindigkeit durch Spreitlagen können die Fische bei Hochwasser in diese Uferbereiche ausweichen, werden nicht abgedriftet und haben gute und sichere Einstände.
- Die Vergrößerung des Biotops fördert das Entstehen zahlreicher Kleinhabitate für Insekten, Vögel, Amphibien, Reptilien sowie für Kleinsäuger. Es werden auch Einstände für Reh- oder Rotwild dort geschaffen, wo Schäden durch Verbiss, Fegen, oder Schälen keine Bedeutung haben. Im Fall von Werthölzern wären dann aber teure Zäunungen oder Einzelschutzmaßnahmen erforderlich.
- Durch das plötzliche Auftauchen des Bibers (*Castor polux*) ist hier ein neues Problem entstanden, bei größeren Bäumen, bei Obstbäumen, Pflanzgärten usw. wird das Ausmaß der Schäden dann bereits enorm und es tritt dann die Frage der Kosten und deren Übernahme auf und die wollen dann die Befürworter, der auch so niedlichen Tiere nicht übernehmen.

Auch wenn alle ökologischen Maßnahmen in einem Projekt verwirklicht wurden, kann bedingt durch das plötzliche und überbordende Auftreten von unterschiedlichen Prädatoren der erwartete Erfolg zunichte gemacht werden.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

ao Univ Prof DI Dr Ingo Merwald
allgemein beeideter und
zertifizierter Sachverständiger
Institut für Alpine Naturgefahren
Universität für Bodenkultur
Rosentalgasse 11/9
1140 Wien
ingomerwald@aon.at

Literatur / References:

- BAINBRIDGE, R., 1962:
Training, speed in trout. *Journal, Experimental Biological*, 39 (4)
- BLESS, R., 1981:
Untersuchungen zum Einfluss von gewässerbaulichen Maßnahmen auf die Fischfauna in Mittelgebirgsbächen, *Natur und Landschaft*, 56 Jhg.,7/8
- ECKEL, O., 1960:
Temperatur der Fließgewässer, *Klimatologie von Österreich. Österreichische Akademie der Wissenschaften*, Springer Verlag.
- FLORINETH, F., 1982:
Erfahrungen mit ingenieurbioologischen Maßnahmen bei Fließgewässern im Gebirge, *Landschaftswasserbau 3*, TU Wien.
- HAECKEL, E., 1866:
Generelle Morphologie der Tiere
- HORTON, R.F., 1945:
Erosional Development of Streams and their Drainage Basin, *Bull. Geol. Soc. Am* 56.
- HÜTTE, M., 2000:
Ökologie und Wasserbau – ökologische Grundlagen von Gewässerverbauung und Wasserkraftnutzung, Parey Buchverlag im Blackwell Wissenschaft-Verlag.
- Illies, J. & BOTOSANEANU, L., 1963:
Problème et méthodes de la classification et de la yonation écologique des eaux courantes considérés surtout du point de vue faunistique. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*.
- JUNK, W.J., Baylay, P.B., & SPARKS, R.E., 1989:
The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110-127.
- JUNGWIRTH, M. et al., 2003:
Angewandte Fischökologie an Fließgewässern, *Facultas UTB*
- KELLER, R., 1938:
Gewässer und Wasserhaushalt des Festlandes: Haude&SpenerscheVlg. Buchhandlung Berlin.
- MERWALD, I. E., 1984:
Untersuchung und Beurteilung von Bauweisen der Wildbachverbauung in ihrer Auswirkung auf die Fischpopulation; *Diss. BOKU*

- MERWALD, I. E., 1986:
Hydrobiologische Kriterien für den Schutzwasserbau, *Österr. Wasserwirtschaft*, Jhg. 38, Springer Verlag Wien-New York, Heft 11/12, Nov./Dez.1986.
- MERWALD, I. E., 1987/88:
Untersuchung und Beurteilung von Bauweisen der Wildbachverbauung in ihrer Auswirkung auf die Fischpopulation, *Mitteilungen der Forstl. Versuchsanstalt*, 1. Band 158/I, 196 S., Österr. Agrarverlag, 2. Band 158/II, 168 S., Österr. Agrarverlag.
- MERWALD, I. E., 1994:
Leitfaden für ökologischen Schutzwasserbau und die Kriterien für ökologische Bewertung von Schutzwasserbauten, *Fischereiverband I, Krems/Donau*, Eigenverlag.
- MERWALD, I. E., MOOG, O., JUNGWIRTH, M., 1985:
Hydrobiologische Charakteristik des Dexelbaches, *Wildbach- und Lawinnenverbau*, 49. Jhg. Okt. 1985, Heft 100.
- MOOG, O., MERWALD, I.E. & JUNGWIRTH, M., 1981:
Der Dexelbach – zur Limnologie eines Flyschwildbaches. *Österreichs Fischerei*, Jhg. 34/1981, Heft 5/6 u. 8/9.
- PINTER, K., WEISS, S., LAUTSCH, E. & UNFER, G., 2018:
Survival and growth of hatchery and wild brown trout (*Salmo trutta*) parr in three Austrian headwater streams. *Ecology of Freshwater Fish*, 27(1), 146-157.
- PRÜCKNER, R., 1965:
Die Technik der Lebendverbauung, Ein Leitfaden der Ingenieurbiologie für Schutzwasserbau, Forstwesen und Landschaftsschutz; *Österr. Agrarverlag*.
- SCHIECHTL, H. M., 1973:
Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau, *Verlag Georg D. W. Callwey, München*.
- SCHIECHTL, H.M. & STERN, R., 1994:
Handbuch für den naturnahen Wasserbau; *Anleitung für einen naturnahen Wasserbau*, Österr. Agrarverlag.
- SCHIEMER, F., 1995:
Struktur und Dynamik als Voraussetzung für eine gesunde Au. *Perspektiven* 6/7: 30 bis 41.
- STERN, R., 1990:
Ingenieurbioologische Sicherungsmaßnahmen an steilen Gerinnen, *Landschaftswasserbau*, TU Wien.
- STRAHLER, A.N., 1957:
Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Am. Geophys. Union. Trans.* 38
- UNFER, G. & PINTER, K., 2017:
Fisheries Management of Stream-Resident Brown Trout: *Biology, Ecology and Management*, First Edition by Javier Lobón-Cervià and Nuri Sanz. *Wiley & Sons*.
- VANNOTE, R.L et al., 1980:
The river continuum concept, *Canadian Journal of Fishweeriesand Aquatic Sciences* 37: 130-137-
- WALT, A., 1948:
Der natürliche Wasserbau an Bächen und Flüssen. *Amt der oberösterreich. Landesregierung, OÖ. Landesverlag Wels*.
- WARD & STANFORD, 1983:
The serial discontinuity concept to floticecosystems. In *Fontaine, T.D. & Bartell S. M., Dynamics of Lotic Ecosystems. Ann. Arbor, Science*. 29-42.

**CORINNA WALLINGER, BETTINA THALINGER,
MICHAEL TRAUOGOTT, CHRISTIAN MORITZ, RICHARD SCHWARZENBERGER**

Neue Nachweismöglichkeiten von Fischarten in Wildbächen mittels eDNA

New methods for detection and identification of fish species in torrents via eDNA

Zusammenfassung:

Umwelt DNA (environmental DNA, eDNA) wird von aquatischen Lebewesen über Zellreste, Schuppen, Schleim und Kot an das sie umgebende Wasser abgegeben. Neueste molekulare Methoden ermöglichen den Nachweis von Fischarten über diese eDNA ohne die Notwendigkeit, die Fische dabei zu fangen. Der eDNA-Ansatz kann zur flächendeckenden Ausweitung von oberen Verbreitungsgrenzen verschiedener Fischarten eingesetzt werden. Damit können z.B. das Artenspektrum in einem größeren Einzugsgebiet erhoben werden und Maßnahmen zur Minimierung der Auswirkungen notwendiger baulicher Eingriffe auf den aktuellen Fischbestand gefunden werden. Der eDNA-Ansatz liefert hier einzigartige Möglichkeiten zur raschen und effektiven Erfolgskontrolle unmittelbar nach Umsetzung von Maßnahmen in einem Gewässersystem.

Stichwörter:

Fischbestandserhebungen, eDNA, effektive Erfolgskontrolle, Verbreitungsgrenzen

Abstract:

Environmental DNA (eDNA) is released by aquatic organisms via cell residues, scales, faeces and mucus into the surrounding water. Recently developed molecular methods allow for the identification of fish species via eDNA circumventing the need to catch them. eDNA analysis represent a rapid and reliable method for comprehensive surveys of distribution boundaries of fish species. As such it can be used for assessing species compositions over larger catchment areas providing a basis for assessing measures to minimize the impact of necessary structural interventions. The eDNA assay offers new possibilities for effective success monitoring after the implementation of a given construction.

Keywords:

Fish-stock survey, eDNA, effective success monitoring, distribution boundary

Einleitung

Fischbestandserhebungen bilden die Grundlage der Zustandsbewertung von Gewässern und sind damit ein wesentlicher Bestandteil von Umweltverträglichkeitsprüfungen für geplante bauliche Maßnahmen. Neben der Erhebung des Vorkommens und der Verbreitung einzelner Fischarten, werden auch ihre Dominanzverhältnisse und die natürliche Reproduktion beurteilt, um daraus z.B. Empfehlungen für Maßnahmen bei der Verbauung von Fließgewässern für die Fischpassierbarkeit und dergleichen abzuleiten. Molekularbiologische Methoden eröffnen hier aktuell ein spannendes Feld neuer Nachweismöglichkeiten mit großem Potential. Sie zeichnen sich insbesondere durch die hohe Sensitivität und Spezifität aus, mit der die Verbreitung von Fischarten bestimmt werden kann. Darüber hinaus liefern sie die Möglichkeit, zahlreiche Proben bzw. Gewässer innerhalb kurzer Zeit mit vergleichsweise geringem Aufwand zu untersuchen. Die Grundlage dieses Ansatzes liefert die Analyse von Umwelt-DNA, im Englischen „environmental DNA“, und daher meist kurz als „eDNA“ bezeichnet (Thomsen et al. 2012a). Dabei handelt es sich um frei in der Umwelt vorliegende Spuren des Erbguts (DNA), welche im Konkreten Fische an das sie umgebende Wasser über Schuppen, Schleim, Gewebereste oder im Kot enthaltene Zellen der Darmschleimhaut abgeben. Diese eDNA-Stücke können mittels Wasserproben entnommen und mit molekularbiologischen Methoden – wie sie beispielsweise auch bei kriminaltechnischen und gerichtsmedizinischen Untersuchungen eingesetzt werden – nachgewiesen und ihr Verursacher, d.h. die jeweilige Fischart in den betreffenden Gewässern, bestimmt werden. Nach demselben Prinzip lassen sich auch andere aquatische Lebewesen wie etwa Arten des Makrozoobenthos, Amphibien oder auch Pflanzen mittels Wasserproben nachweisen.

Seit der Veröffentlichung der ersten wissenschaftlichen Arbeit zum molekularen Nachweis von aquatischen Organismen (Ficetola et al. 2008) wurde die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten zunehmend erkannt und damit einhergehend ist neben dem wissenschaftlichen auch das praktische Interesse an eDNA-Analysen stark gestiegen. Dieser Ansatz birgt ein großes Potential, insbesondere auch für den Nachweis von Fischarten, wobei eine rasante technische Entwicklung und damit einhergehende Optimierungsprozesse zu verzeichnen sind (Thalinger et al. 2018). Nicht zuletzt werden derzeit Standardisierungen der Methode intensiv vorangetrieben. Unter anderem erfolgt dies im Rahmen der europaweiten Initiative eines COST-Projektes, welches die Standardisierung und praktische Etablierung von eDNA-Analysen zum Ziel hat, um eine Vergleichbarkeit zwischen den Untersuchungen gewährleisten zu können (<http://dnaqua.net/>).

Bislang erfolgten Fischbestandsaufnahmen in Fließgewässern meist durch methodisch standardisierte Elektrofischungen, welche von Faktoren wie Leitfähigkeit, Gewässertiefe, Beschaffenheit der Flusssohle, Strömungsgeschwindigkeit, Trübstoffführung und nicht zuletzt auch den dort lebenden Fischarten beeinflusst werden. Hinzu kommt, dass diese Befischungen nur in einem relativ kleinen Zeitfenster außerhalb von Laichzeiten und Winterruhe, sowie bei Niedrigwasser durchgeführt werden können. Abhängig von der Zugänglichkeit und den spezifischen Charakteristika der Gewässer sind derartige Fischbestandserhebungen oft mit einem erheblichen Geräte- und Personalaufwand und dadurch mit großen Kosten verbunden. Die Anzahl der Gewässer, die in dem gegebenen Zeitfenster untersucht werden können, ist daher aus zeitlichen und finanziellen Gründen begrenzt und damit einhergehend die Aussagekraft der Ergebnisse für ein größeres Einzugsgebiet mitunter eingeschränkt.

Molekulare Methoden bergen ein großes Potential

Fischnachweise mittels eDNA haben gegenüber herkömmlichen Methoden zahlreiche Vorteile. So muss bei der Entnahme von Wasserproben nicht auf Laich- und Schonzeiten Rücksicht genommen werden. Darüber hinaus ist diese Methode bei weitem weniger personal- und materialaufwändig als herkömmliche Verfahren, wodurch in einem weitaus geringeren Zeitrahmen wesentlich mehr Beprobungen – mitunter auch an schwerer zugänglichen Gewässern – durchgeführt werden können. Zudem ist die Wahrscheinlichkeit, seltene oder versteckt lebende Fischarten zu erfassen, nachweislich größer als mit klassischen Methoden (Sisgaard et al. 2015). So überzeugte zum Beispiel die eDNA Analyse durch einen geringeren Beprobungsaufwand und eine Kostenreduktion um 67 % im direkten Vergleich zur qualitativen Elektrofischung für den Nachweis von Bachsaiblingen (*Salvelinus fontinalis*) (Evans et al. 2017).

Der eDNA-Ansatz stellt im Bereich des Monitorings von Fischbeständen eine vielversprechende Möglichkeit dar. So kann er zur genauen und flächendeckenden Ausweisung von oberen Verbreitungsgrenzen verschiedener Fischarten (z.B. Koppe, Bachforelle, Bachsaibling) im Längsverlauf von Fließgewässern eingesetzt werden oder bei der Dokumentation ausgewählter Fischpopulationen in einem größeren Einzugsgebiet. Die Methode eignet sich am besten für integrierende, den Oberlauf miteinbeziehende Aussagen. Etwaige Wanderungshindernisse von bedrohten Fischarten wie z.B. der Koppe (*Cottus gobio*) durch Querbauwerke sind dadurch leichter zu lokalisieren und Gegenmaßnahmen können zielgerichteter getroffen werden. Dabei ist neben der Suche nach einzelnen, ausgewählten Fischarten auch die Erfassung des gesamten Arteninventars möglich. Über solch eine umfas-

sende Beobachtung von Bestandsentwicklungen lassen sich in Hinkunft großräumige Verbreitungskarten der Fischbestände erstellen. Damit können z.B. das vorhandene Artenspektrum in einem Einzugsgebiet erhoben und damit Maßnahmen zur Minimierung der Auswirkungen notwendiger baulicher Eingriffe auf den aktuellen Fischbestand besser beurteilt werden. Der eDNA-Ansatz liefert hier einzigartige Möglichkeiten zur raschen und effektiven Erfolgskontrolle nach Umsetzung der baulichen Maßnahmen in einem bestehenden Gewässersystem.

Neben vielen Vorteilen gibt es wie bei jeder Untersuchungsmethode auch Nachteile. So können zwar Artnachweise sehr effektiv durchgeführt, dabei aber keine genaueren Aussagen zur Bestandsdichte oder dem Populationsaufbau getroffen werden (Alters- und Größenklassen). Ebenso ist aktuell eine Beurteilung des fischökologischen Zustandes nach dem in Österreich gültigen Standard (Fish Index Austria; BMLFUW 2015) noch nicht möglich. In einem solchen Zusammenhang erscheint es daher sinnvoll, eDNA-Analysen in Kombination mit herkömmlichen Methoden einzusetzen. So kann man sie zum Beispiel für ein flächendeckendes Screening der Artenzusammensetzungen und darauf aufbauend eine gezielte Vorauswahl von Befischungstrecken heranziehen, auf jene in denen die gesuchten Fischarten tatsächlich vorkommen.

Was ist beim eDNA Ansatz zu berücksichtigen?

Die Menge an ursprünglich abgegebener DNA eines Fisches und somit der eDNA-Gehalt einer bestimmten Art in einem Gewässer ist abhängig von der Größe, der Bestandsdichte und der Aktivität der Tiere. So geben größere Fische aufgrund ihrer größeren Oberfläche mehr DNA an das sie umgebende Wasser ab als kleinere, und Jungtiere – bedingt durch ihren höheren Stoffwechsel – mehr

als Ältere. Darüber hinaus wird die im Wasser enthaltene eDNA-Menge auch von Umweltfaktoren wie z.B. Temperatur, Abfluss und UV-Strahlung bestimmt. Während zum Beispiel biologische Faktoren maßgeblich beeinflussen, wie viel eDNA in das umgebende Wasser abgegeben wird, bestimmen die Umweltfaktoren vorrangig ihre Verteilung sowie die Verweildauer im Wasserkörper. Darüber hinaus ist die frei schwimmende eDNA einer Reihe von Abbauprozessen ausgesetzt. In Fließgewässern spielen hier im Vergleich zu stehenden Gewässern neben UV-Strahlung, pH-Wert oder dem Abbau durch im Wasser lebende Mikroorganismen zusätzliche Aspekte wie Verdünnung und Abtransport durch Strömung und Scherkräften eine Rolle (Lacoursiere-Roussel et al. 2016a, Rees et al. 2014, Thomsen et al. 2012a). Daher finden sich v.a. kurze eDNA-Stücke im Wasser, die sich aus dem Wechselspiel von Freiwerden und Zerlegen der DNA ergeben. Die Menge an eDNA, welche letztendlich in einer Wasserprobe enthalten ist, ist für den erfolgreichen Nachweis einer Fischart entscheidend.

Weitere methodische Aspekte betreffen die Auswahl der Entnahmestelle und die Berücksichtigung des artabhängig genutzten Lebensraumes einer Fischart. Ebenso wird die Nachweisbarkeit von Fischen von der Anzahl der pro Stelle gewonnenen Wasserproben bzw. des Probenvolumens bestimmt. Das gilt es insbesondere bei geringen Bestandsdichten zu beachten (Minamoto et al. 2016, Shaw et al. 2016, Turner et al. 2014). Darüber hinaus können – bedingt durch Ablagerungsprozesse – auch im Sediment größere Mengen an eDNA vorhanden sein, wo eine Konservierung über viele Jahre möglich ist (Turner et al. 2015). Die im Sediment enthaltene eDNA spiegelt jedoch nicht unbedingt die aktuelle Artenzusammensetzung wider. So sind mitunter manche Fischarten, bedingt durch saisonale Veränderungen wie z. B. Laichwanderungen oder

nach harten Verbauungsmaßnahmen, nicht mehr am Ort der Probennahme vorhanden – während ihre eDNA noch über Jahre im Sediment nachweisbar ist. Daher sollte die Beprobung nach Möglichkeit nicht in Abschnitten erfolgen, in denen es vermehrt zur Ablagerung von Sediment kommt (in Senken, Staubereichen oder Pools). Dieser Aspekt spielt jedoch in Gebirgsbächen mit starker Strömung eine eher untergeordnete Rolle. Ebenso ist darauf zu achten, dass es bei der Entnahme zu keinem Eintrag von Sediment in die Wasserprobe kommt (z. B. durch Aufwirbeln des Untergrundes).

Die Isolation der eDNA aus den Wasserproben erfolgt überwiegend durch Filtration (Abb. 1). Dabei empfiehlt es sich, die Wasserproben innerhalb weniger Stunden zu bearbeiten und die Filter in der Folge bis zur weiteren Analyse im Labor einzufrieren, um einem Abbau der eDNA entgegenzuwirken (Thomsen et al. 2012b, Yamanaka et al. 2016). In dem gesamten Ablauf der Probennahme sind sauberes Arbeiten und eine entsprechende Sorgfalt von größter Wichtigkeit, damit die gewonnenen eDNA-Proben nicht durch Fremd-DNA, welche sich an Gerätschaften und Ausrüstung befinden kann, verschmutzt werden. Bei den dafür eingesetzten Filtern, Handschuhen und Schläuchen handelt es sich daher um Einwegmaterial. In einem speziell für molekulare Analysen ausgestatteten Labor wird die eDNA aus der Umweltprobe isoliert und gereinigt. Hier eignen sich insbesondere automatisierte Prozesse, da sie neben einer raschen Bearbeitung auch ein verringertes Kontaminationsrisiko bei der Bearbeitung der Proben in sich bergen (Schiebelhut et al. 2016, Wallinger et al. 2017). Bis zur weiteren Analyse werden diese DNA-Extrakte bei -80 °C gelagert. So hat man die Möglichkeit, nach Jahren auch noch im Nachhinein zu überprüfen, ob eine bestimmte Art zu dem Zeitpunkt der Probenentnahme in dem jeweiligen Gewässer vorhanden war oder nicht.

Allgemein ist bei eDNA-Analysen große Umsicht beim Arbeiten Voraussetzung, damit es nicht zu falsch-negativen oder falsch-positiven Ergebnissen kommt. Im Falle von falsch-negativen Nachweisen kann eine Fischart nicht mittels eDNA nachgewiesen werden, obwohl sie in einem Gewässer vorkommt. Diese fehlenden Nachweise sind meist auf eine mangelhaft durchdachte Probenahme sowie suboptimale Laboranalysen zurückzuführen. Bei falsch-positiven Ergebnissen wird eine Art molekular in einem Gewässer nachgewiesen, obwohl sie in diesem nicht vorhanden ist. Hauptgrund hierfür ist zumeist die Übertragung von Fremd-DNA im Zuge der verschiedenen Analyseschritte oder methodisch bedingte Fehler bei der Sequenzierung (Ficetola et al. 2016). Aus diesem Grund sollten sämtliche Schritte von der Probenahme bis zur Auswertung der Daten nur von geschultem Personal und in eigens dafür ausgestatteten Räumlichkeiten durchgeführt werden (Abb.2) und eine sorgfältige Interpretation der Ergebnisse von eDNA Analysen ist von großer Wichtigkeit.



Abb. 1: Filtration von Wasserproben im Gelände manuell (© Traugott) und parallel mittels elektrischer Pumpe (© Thalinger)

Fig. 1: Outdoor filtration of water samples manually (© Traugott) and coupled with the use of an electric pump (© Thalinger)

Vom DNA Extrakt zum Nachweis von Fischarten

Ausgehend vom DNA-Extrakt erfolgt die Vervielfältigung eines bestimmten Abschnitts der isolierten eDNA, welcher sich zur Unterscheidung der Arten eignet (DNA-Barcode) im Zuge einer Polymerase-Kettenreaktion (PCR). Die Zuordnung der vervielfältigten DNA-Abschnitte zu einer Fischart kann mittels zwei unterschiedlichen Methoden erfolgen (Abb. 3). Bei der diagnostischen PCR wird gezielt nach der DNA einer oder mehrerer bestimmter Fischarten gesucht, von der/denen man wissen möchte, ob diese im Untersuchungsgebiet vorhanden sind (z. B. das Vorkommen der Koppe in einem bestimmten Einzugsgebiet). Dafür werden eigens molekulare Sonden für diese Arten entwickelt. Findet eine Vervielfältigung der artspezifischen DNA in der PCR statt, wird das DNA Fragment in der Gelelektrophorese als Bande sichtbar. Das Vorhandensein oder Fehlen der Bande in einer Probe gibt Auskunft darüber ob die gesuchte Art vorhanden ist oder nicht. Mit dieser Methode kann auch parallel nach mehre-



Abb. 2: DNA Extraktion im Reinraumlabor der AG Angewandte und Trophische Ökologie, Institut für Ökologie, Universität Innsbruck (© Thalinger)

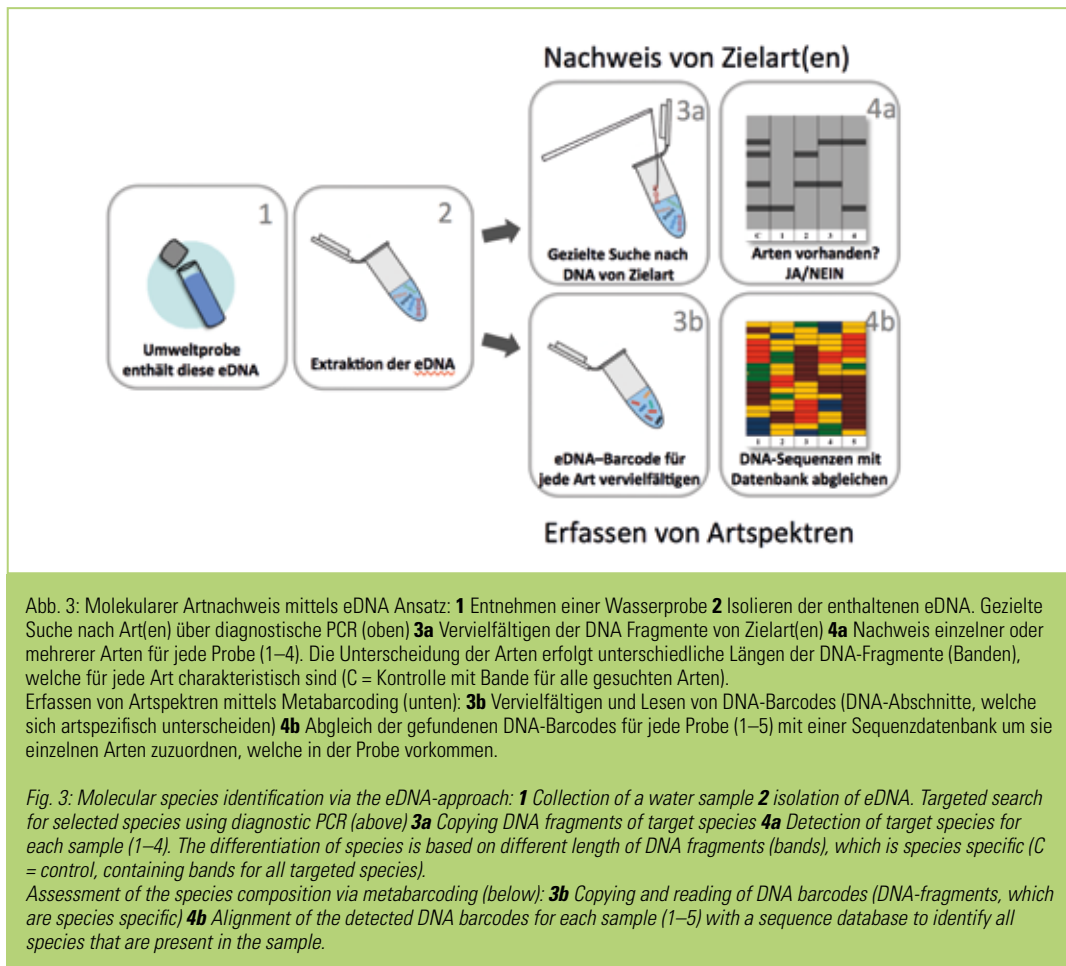
Fig. 2: DNA extraction and PCR in a cleanroom laboratory of the Applied and Trophic Ecology, Institute of Ecology, University of Innsbruck (© Thalinger)



ren Arten gleichzeitig gesucht werden, was zu einer enormen Zeitersparnis führt. Die diagnostische PCR ist vergleichsweise kostengünstig und liefert rasch Ergebnisse, was eine effiziente Untersuchung größerer Probenzahlen auf bestimmte Fischarten erlaubt. Darüber hinaus ist sie sehr sensitiv hinsichtlich der detektierten Arten – es reichen bereits wenige Moleküle für einen Nachweis. Aus diesem Grund wird dieser Ansatz bei eDNA-Analysen vorwiegend für die Ermittlung von Verbreitungsgebieten invasiver oder gefährdeter Fischarten eingesetzt (z. B. Carim et al. 2017; Carim et al. 2016; Sigsgaard et al. 2015).

Hat man jedoch vorab keine Information über die Fischarten, welche möglicherweise in einem Gewässer vorkommen oder möchte man stattdessen einen Überblick über die vorkommenden Spezies erhalten, empfiehlt sich eine andere Methode. Hier wird in einem ersten Schritt ein bestimmtes DNA-Fragment, das bei den verschiedenen Arten unterschiedlich ist, für jede der in der Probe enthaltenen Art vervielfältigt (DNA-Barcode). Diese verschiedenen einzelnen DNA-Barcodes werden gelesen und mit einer Sequenzdatenbank verglichen und können

so den jeweiligen Fischarten zugeordnet werden, von denen sie stammen. Da hier parallel eine Vielzahl von DNA-Barcodes gleichzeitig gelesen werden, wird dieser Ansatz auch als Metabarcoding oder Next Generation Sequencing bezeichnet. Im Idealfall ist es mit dieser Methode möglich, das gesamte Artenspektrum eines Gewässers zu erfassen (Valentini et al. 2016). Im Vergleich zur diagnostischen PCR ist hier jedoch die Sensitivität hinsichtlich seltener Arten nicht immer ausreichend gegeben und stark abhängig von der Sequenziertiefe (Valentini et al. 2016). Das kann dazu führen, dass seltene Fischarten, welche im Untersuchungsgebiet in geringen Dichten vorkommen nicht oder nur unzuverlässig detektiert werden können. Durch den vergleichsweise größeren Laboraufwand und die umfassenderen nachfolgenden bioinformatischen Analysen, die dieser Ansatz mit sich bringt, ist er aktuell nur bedingt für flächendeckende Artbestandserhebungen einsetzbar. Allerdings ist auch in diesem Bereich in den letzten Jahren eine rasante methodische Entwicklung zu verzeichnen und das Potential dieser Technologie bislang bei weitem noch nicht ausgeschöpft.



Quantifizierbarkeit von Fischpopulationen mittels eDNA

Aktuell finden in diesem Zusammenhang umfangreiche Untersuchungen im Rahmen des FFG-Projektes „Detektion und semiquantitative Bestandserhebung alpiner Fischarten mittels eDNA“ (eDNA-AlpFisch) am Institut für Ökologie der Universität Innsbruck in Kooperation mit der ARGE Limnologie GmbH, Innsbruck, statt. Ziel dieses Projekts ist es, den eDNA Ansatz für alpine Fließgewässer von der Probennahme über die molekulare Analyse bis hin zur Auswertung der Daten zu optimieren, um einen zuverlässigen eDNA

Nachweis zum Vorkommen und der Verbreitung einzelner Fischarten gewährleisten zu können. Dabei wurden erstmals Unterschiede zwischen den Leitfischarten von rhithralen Gewässern hinsichtlich des Ausmaßes ihrer Abgabe von eDNA methodisch untersucht. Ebenso wurde der Frage nachgegangen, wie weit eDNA in Fließgewässern flussabwärts transportiert wird, bis sie nicht mehr nachweisbar ist und welchen Einfluss Umweltfaktoren wie pH-Wert, UV-Strahlung und dergleichen darauf haben. Dazu fanden Untersuchungen mittels Aquarienversuchen und Freilandexperimenten statt (Abb. 4).

Darüber hinaus wurde der Zusammenhang zwischen der DNA-Signalstärke und der

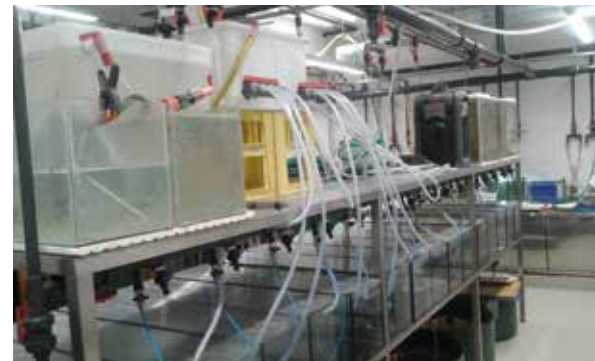


Abb. 4: Aquarienversuche zur Bestimmung artspezifischer Unterschiede in der eDNA-Abgabe und Käfigversuche zur Bestimmung der Ausbreitungstrecke von eDNA am Oberlauf der Melach, Tirol (© Thalinger).

Fig. 4: Aquarium experiments to determine typical differences in eDNA (© Aufschnaiter) and cage tests to identify the distribution range in the upper Melach, Tyrol (© Thalinger).

Fischdichte untersucht bzw. inwiefern der eDNA-Ansatz auch zur Abschätzung der Populationsgrößen von Fischbeständen genutzt werden kann. Bislang waren Untersuchungen, welche auf einen Zusammenhang zwischen der Individuenzahl und der Menge an eDNA hindeuten, auf Aquarienversuche (Lacoursiere-Roussel et al. 2016a, Kylvus et al. 2015) und Mesokosmen (Doi et al. 2015) oder stehende Gewässer beschränkt (Lacoursiere-Roussel et al. 2016b). Durch die besonderen Gegebenheiten in Fließgewässern, insbesondere in jenen in Gebirgen, wie den ständigen Wasseraustausch, kurze Kontaktzeiten, Verdünnungseffekte sowie dem Einwirken von mitunter starken Scherkräften, war nicht von vorne herein davon auszugehen, dass diese Zusammenhänge auch in schnell fließenden Gewässern gefunden werden können. Daher erfolgte im Rahmen des Projektes eDNA-AlpFisch der unmittelbare Vergleich von eDNA-Analysen mit Elektrofischungen. Erste Ergebnisse zeigen für die untersuchten Gebirgsbäche deutliche Zusammenhänge zwischen dem Gehalt an eDNA im Wasserkörper und der Fischdichte: Je mehr Individuen sich im Gewässer befinden, umso stärker ist das Signal für die DNA der jeweiligen Fischart nach der PCR (Kirschner 2018, Thalinger et al. 2018).

Dabei zeigte sich, dass die eDNA-Signalstärke über alle Arten und Probenstellen am stärksten mit der Gesamtlänge der Fische korreliert, welche als Abschätzung für die Körperoberfläche diente, gefolgt von der Individuenzahl und der Biomasse (Thalinger et al. 2018). Der starke Zusammenhang mit der Fischoberfläche deutet darauf hin, dass ein Gutteil der eDNA in rasch fließenden Gewässern über die Körperoberfläche an das Wasser abgegeben wird, sei es durch Scherkräfte, Fortbewegung oder das Abstreifen an Substrat. Diese bislang vorliegenden Resultate liefern erste vielversprechende Hinweise, dass neben dem zuverlässigen Erfassen von Fischarten in Hinkunft auch Abschätzungen der Bestandsdichte erfolgen können.

Mögliche Anwendungen im Bereich der Wildbach- und Lawinenverbauung

Bei schutzwasserbaulichen Maßnahmen im Zuständigkeitsbereich der Wildbach- und Lawinenverbauung kommt es oft zu Beeinträchtigungen der Fischpassierbarkeit, meist durch die Errichtung von Querbauwerken. Adulte Forellen können niedrige Absturzbauwerke zwar springend überwinden. Eine zentrale fischökologische Zielsetzung besteht heute aber darin, die Fisch-

passierbarkeit für die Gesamtpopulation, d.h. auch juvenilen Tiere, bzw. schwimmschwächere Arten zu ermöglichen (siehe beispielsweise auch die Anforderungen für die Errichtung von Fischaufstiegshilfen laut BMLFUW 2012). Besonders empfindlich ist dabei die Koppe (*Cottus gobio*), ein bodenlebender Kleinfisch, für den bereits ein freier Überfall von 10 cm Höhe nicht mehr überwindbar ist.

Maßnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung in größeren Höhenlagen befinden sich zwar oft bereits außerhalb natürlicher Fischlebensräume, jedoch die in den Talböden liegenden Unterläufe können wichtige Fischlebensräume darstellen. Eine Voraussetzung zur Beurteilung der fischökologischen Auswirkungen von Verbauungsmaßnahmen ist daher die Kenntnis der Verbreitung der Fischarten. Vor allem bei geringen Arten- und Individuenzahlen, wie sie für alpine Gewässer im Wirkungsbereich der Wildbach- und Lawinenverbauung charakteristisch sind, kann mit der eDNA Analyse ein Fischvorkommen hochsensitiv dokumentiert werden. Im Rahmen der Freilandversuche des „eDNA-AlpFisch“-Projektes konnte beispielsweise bei einem Abfluss von rund 200 l/s das Vorkommen von nur 200 g Fischbiomasse, welche ca. 3-4 kleine Salmoniden von rund 12-15 cm Länge entspricht, nachgewiesen werden.

Zwar kann bei positiven Nachweisen der genaue Ursprung der eDNA aus dem Bachoberlauf nicht exakt lokalisiert werden (die sichere Nachweisbarkeit von eDNA in Fließgewässern kann nach bisherigen Ergebnissen mit „wenigen Kilometern“ angegeben werden). Doch durch ein entsprechend verdichtetes Netz an Probenstellen ist es möglich, die Herkunft der eDNA weiter einzugrenzen. Umgekehrt ist das Fehlen bzw. ein Negativ-Nachweis ein sicherer Indikator dafür, dass die betreffende Fischart an der Probenstelle und auch oberhalb davon nicht

vorkommt. Die Analyse von eDNA aus Freiwasserproben bietet sich daher für eine flächendeckende Untersuchung der Verbreitungsgrenzen relevanter Fischarten (v.a. Salmoniden, Koppe) im Tätigkeitsbereich der Wildbach- und Lawinenverbauung an. Damit können die Auswirkungen von Maßnahmen, die die Wandermöglichkeiten der Fische beeinträchtigen können, besser beurteilt werden. Darüber hinaus kann die Methode auch für ein effizientes Monitoring nach Umsetzung derartiger Maßnahmen eingesetzt werden. Neben der Dokumentation, ob die Errichtung von Wanderhindernissen im Fischlebensraum zu einem Rückgang beispielsweise der Koppe oberhalb der Maßnahme führt, lassen sich damit aber auch sehr gut mögliche Wiederbesiedelungen bei einem Rückbau bzw. fischpassierbarer Umgestaltung von Querbauwerken nachweisen.

Danksagung

Die vorliegende Untersuchung wurde durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft im Rahmen des Projektes eDNA AlpFisch (FFG 853219) gefördert. Zudem bedanken wir uns bei allen bisher in das Projekt im Rahmen von Bachelor- und Masterarbeiten involvierten Studenten für ihren unermüdlischen Einsatz bei Feldarbeiten und im Labor.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dr. Corinna Wallinger
Sinsoma GmbH
Lannes 6, A 6176 Völs
Corinna.wallinger@sinsoma.com

MMMag. PhD Bettina Thalinger
Universität Innsbruck
Institut für Ökologie
Technikerstraße 25, A 6020 Innsbruck
Bettina.thalinger@uibk.ac.at

Assoc.Prof. Dr. Michael Traugott
Universität Innsbruck
Institut für Ökologie
Technikerstraße 25, A 6020 Innsbruck
Michael.traugott@uibk.ac.at
Sinsoma GmbH
Lannes 6, A 6176 Völs
Michael.traugott@sinsoma.com

Mag. Christian Moritz
ARGE Limnologie GmbH
Hunoldstraße 14, A 6020 Innsbruck
christian.moritz@limnologie.at

Mag. Richard Schwarzenberger
ARGE Limnologie GmbH
Hunoldstraße 14, A 6020 Innsbruck
richard.schwarzenberger@limnologie.at

Literatur / References:

- BMLFUW (2012): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: 102 Seiten
- BMLFUW (2015): Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente. Teil A1 – Fische. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 84 S.
- CARIM K.J., DYSTHE J.C., YOUNG M.K., MCKELVEY K.S., SCHWARTZ M.K. (2017). A noninvasive tool to assess the distribution of pacific lamprey (*Entosphenus tridentatus*) in the Columbia River Basin. *PLoS One*: 12, 7.
- CARIM K.J., DYSTHE J.C.S., YOUNG M.K., MCKELVEY K.S., SCHWARTZ M.K. (2016). An environmental DNA assay for detecting Arctic grayling in the upper Missouri River basin, North America. *Conservation Genetics Resources*: 8, 197–199.
- DOI H.; UCHII K.; TAKAHARA T. et al. (2015). Use of droplet digital PCR for estimation of fish abundance and biomass in environmental DNA surveys. *PLoS ONE* 10: e0122763.
- EVANS N.T., SHIREY P.D., WIERINGA J.G., MAHON A.R., LAMBERTI G.A. (2017). Comparative cost and effort of fish distribution detection via environmental DNA analysis and electrofishing. *Fisheries* 42: 90–99.
- FICETOLA G.F., MIAUD C., POMPANON F., TABERLET P. (2008). Species detection using environmental DNA from water samples. *Biological Letters* 4: 423–425.
- KIRSCHNER D. (2018) Environmental DNA as a monitoring tool for Alpine fish species. Masterarbeit. Universität Innsbruck, 68 pp.
- KLYMUS, K.E., RICHTER, C.A., CHAPMAN, D.C., PAUKERT, C. (2015). Quantification of eDNA shedding rates from invasive bighead carp *Hypophthalmichthys nobilis* and silver carp *Hypophthalmichthys molitrix*. *Biological Conservation* 183: 77-84.
- LACOURSIERE-ROUSSEL A., ROSABAL M., BERNATCHEZ L. (2016a). Estimating fish abundance and biomass from eDNA concentrations: variability among capture methods and environmental conditions. *Molecular Ecology Resources* 16: 1401–1414.
- LACOURSIERE-ROUSSEL A., COTE G., LECLERC V., BERNATCHEZ L. (2016b). Quantifying relative fish abundance with eDNA: a promising tool for fisheries management. *Journal of Applied Ecology* 53: 148-1 157.
- MINAMOTO T., UCHII K., TAKAHARA T., et al. (2017) Nuclear internal transcribed spacer-1 as a sensitive genetic marker for environmental DNA studies in common carp *Cyprinus carpio*. *Molecular Ecology Resources* 17: 324–333.
- REES H.C., MADDISON BC, MIDDLEDITCH D.J., et al. (2014). The detection of aquatic animal species using environmental DNA – a review of eDNA as a survey tool in ecology. *Journal of Applied Ecology* 51: 1450–1459.
- SCHIEBELHUT L.M., ABBOUD S.S., GÓMEZ DAGLIO L.E., SWIFT H.F., DAWSON, M.N. (2016). A comparison of DNA extraction methods for high-throughput DNA analyses. *Molecular Ecology Resources* 17: 721-729.
- SHAW J.L.A., CLARKE L.J., WEDDERBURN S.D., et al. (2016). Comparison of environmental DNA metabarcoding and conventional fish survey methods in a river system. *Biological Conservation* 197: 131–138.
- SIGSGAARD E.E., CARL H., MOLLER P.R., THOMSEN P.F. (2015). Monitoring the near-extinct European weather loach in Denmark based on environmental DNA from water samples. *Biological Conservation* 183: 46–52.
- THALINGER B., TRAUOGOTT M., WANZENBÖCK J., MORITZ C., SCHWARZENBERGER R. (2017). Mit eDNA den Fischen auf der Spur. *Österreichs Fischerei* 70: 175-185.
- THALINGER B., SINT D., ZEISLER C., KIRSCHNER D., SCHWARZENBERGER R., MORITZ C., TRAUOGOTT M. (2018). Quantifizierung von Fischbeständen mittels eDNA in alpinen Fließgewässern. *Wasser Wirtschaft* 2-3: 30-34.
- THOMSEN P.F., KIELGAST J., IVERSEN L.L., et al. (2012a). Monitoring endangered freshwater biodiversity using environmental DNA. *Molecular Ecology* 21: 2565–2573.
- THOMSEN P.F., KIELGAST J., IVERSEN L.L., et al. (2012b). Monitoring endangered freshwater biodiversity using environmental DNA. *Molecular Ecology* 21: 2565–2573.
- TURNER C.R., BARNES M.A., XU C.C.Y., et al. (2014). Particle size distribution and optimal capture of aqueous microbial eDNA. *Methods in Ecology and Evolution* 5: 676–684.
- TURNER C.R., UY K.L., EVERHART R.C. (2015). Fish environmental DNA is more concentrated in aquatic sediments than surface water. *Biological Conservation* 183: 93–102.
- VALENTINI A., TABERLET P., MIAUD C., et al. (2016). Next-generation monitoring of aquatic biodiversity using environmental DNA metabarcoding. *Molecular Ecology* 25: 929–942.
- WALLINGER C., STAUDACHER K., SINT D., THALINGER B., OEHM J., JUEN A., TRAUOGOTT M. (2017) Evaluation of an automated protocol for efficient and reliable DNA extraction of dietary samples. *Methods in Ecology and Evolution*: eec3.3197.
- YAMANAKA H., MINAMOTO T. (2016). The use of environmental DNA of fishes as an efficient method of determining habitat connectivity. *Ecological Indicators* 62: 147–153.

GEBHARD TSCHAVOLL, MARIO LUMASEGGER

WWF – Flussentwicklungsplan

WWF- Austrian Rivers Development Concept

Zusammenfassung:

Der vorliegende Artikel beschreibt Methodik und Ergebnisse einer gemeinsamen Studie des WWF mit dem Büro Revital zum Thema Ökologischer Hochwasserschutz. Ein Vergleich historischer Karten und Luftbilder der Flussräume zeigt, welche Landnutzungskategorien in den letzten 150 Jahren am stärksten abgenommen haben. Aktuell werden in flussnahen Gebieten zwei Hektar pro Tag verbaut. Eine Flüssevision skizziert eine naturverträgliche Entwicklung, in welcher die derzeitige Versiegelungsrate reduziert und mehr Fläche für flusspezifische Habitate erhalten wird. Durch die Verknüpfung von Daten zu Hochwasserrisiko und Ökologie werden österreichweit vierzig Fließgewässerstrecken identifiziert, an denen Handlungsbedarf besteht und wo durch die Kombination aus Hochwasserschutz- und Revitalisierungsmaßnahmen die größten Synergien entstehen können.

Stichwörter:

Flussentwicklungsplan, Flüssevision, Ökologie, Hochwasserschutz, Renaturierung

Abstract:

The article describes the methodology and results of a joint study between WWF Austria and Revital ecological engineering office on the topic of ecological flood protection. A comparison of historical maps and aerial photographs of river basins shows which land use categories have declined the most in the last 150 years. At present, the sealing rate in areas near rivers is two hectares per day. A river vision outlines a nature-compatible development in which the current land consumption is reduced and additional areas are preserved for river-specific habitats. By linking data on flood risk and ecology, forty watercourses are identified throughout Austria where action is needed and where the greatest synergies can arise through the combination of flood protection and restoration measures.

Keywords: Rivers Development Plan, ecology, flood protection, renaturation

Hintergrund

Unsere Flüsse sind in den letzten Jahrhunderten stark in ihren ökologischen Funktionen eingeschränkt worden. Nach Angaben des Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (BMLFUW 2015) weisen aktuell nur noch rund 15 Prozent aller heimischen Fließgewässer einen sehr guten ökologischen Zustand auf. Gleichzeitig häufen sich Hochwasserereignisse in vielen Regionen Österreichs. Die Forderung „den Flüssen jenen Raum in der freien Landschaft geben, den sie für den Abfluss und den Rückhalt von Hochwässern brauchen“ ist mittlerweile offizielles Programm der

österreichischen Hochwasserschutzvorsorge. Die Prämisse ist, dass ein Flusstal, das ausreichend Platz für die Erfüllung der ökologischen Funktionen bereitstellt, auch ein Optimum an positiven Wirkungen erzeugen kann, sei es für den Hochwasserschutz, aber auch die Bewahrung der Artenvielfalt und nicht zuletzt für den steigenden Bedarf der Bevölkerung Natur erleben zu können.

Flussverbauungen für den Hochwasserschutz werden in den Tälern Österreichs bereits seit vielen Jahrhunderten durchgeführt. Über diesen Zeitraum wurden dem Fluss kontinuierlich Flächen abgerungen und anderen Nutzungen zugeführt, die weniger Wert für die Ökologie aber

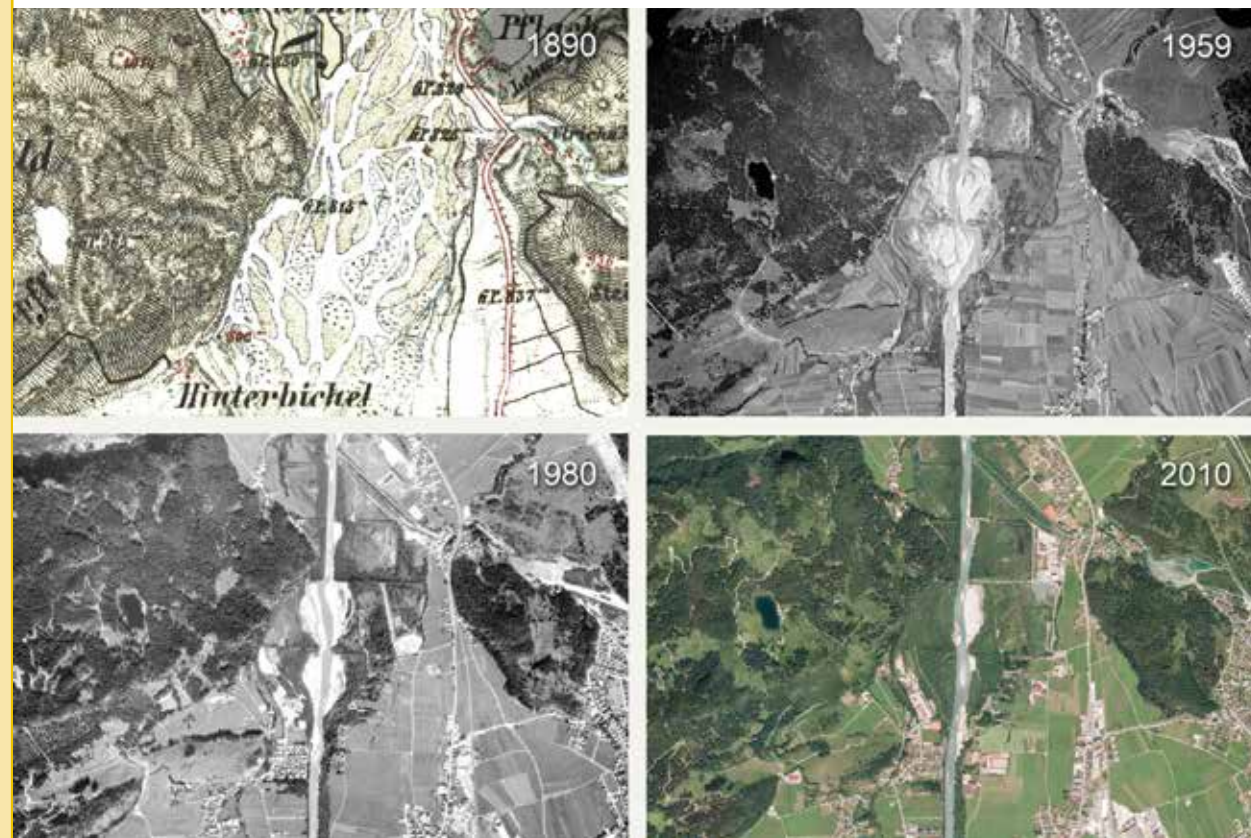


Abb. 1: Veränderungen von Flussräumen in Österreich am Beispiel des Lech bei Pflach (Quelle Karte und Orthofotos: BEV, www.geoland.at)

Fig. 1: Changes in Austrian riverine areas, using the Lech river near Pflach as an example

auch für die Hochwasserretention haben. Dieser Trend ist unbestritten, jedoch lagen bis dato kaum konkrete Zahlen oder Flächenangaben über das Ausmaß dieser Entwicklung vor. Daher wurden in einem ersten Schritt Grundlagen erarbeitet, die für die wichtigsten Flüsse Österreichs die Entwicklungen bzw. den Flächenverbrauch am Fluss und im Umland abbilden. Aus den Erkenntnissen der Vergangenheit lässt sich ein zukünftiger Trend ableiten. Der WWF plädiert hier mit einem integrativen Szenario für einen Interessensausgleich unter einer verstärkten Einbeziehung der Ökologie.

Um für die Zukunft gerüstet zu sein, müssen unsere Gewässer planmäßig erhalten, entwickelt und gefördert werden. Das entspricht den Anforderungen der Hochwasser-, der Wasserrahmen- und auch der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der EU. Hochwassersicherheit sollte in Kombination mit der ökologischen Funktionsfähigkeit von Flüssen hergestellt werden, wie die Einführung des Gewässerentwicklungs- und Risikomanagementkonzepts, kurz GE RM zeigt (BMLFUW 2016b). Mithilfe der fachlichen Grundlagenarbeit von Revital legt der WWF dafür in einem zweiten Schritt einen integrativ

orientierten Flussentwicklungsplan vor, der ökologisch wirksame Handlungsmöglichkeiten im Hochwasserschutz aufzeigt. Er versteht sich nicht als grundlegende Alternative zu den technischen Lösungen, sondern als eine sehr wichtige zweite Säule im Gewässermanagement.

Methodik

1. Schritt: Szenarien für Flussraumentwicklung auf Basis historischer Analysen

Den Untersuchungsrahmen bilden die Flüsse mit einem Einzugsgebiet > 500 km² und einem Abfluss > 5 m³/s. Daraus resultieren 49 Fließgewässer mit einer Gesamtlänge von ca. 4.000 Flusskilometer, für die detaillierte Betrachtungen vorgenommen werden. Die Abgrenzung des Abfluss-Raumes erfolgte näherungsweise durch die Anhebung und Ausspiegelung der Flussachse des Gewässers, wobei die maximale Breite auf 3 km festgelegt wurde. Dies ergibt eine Fläche von knapp 3.400 km² an betrachteten Flussräumen. Mit einem statistischen Auswahlverfahren wurde aus der Gesamtheit der Flussstrecken eine

Auswahl von 80 repräsentativen Referenzstrecken getroffen, aus deren Auswertung wiederum eine Hochrechnung auf die Gesamtheit aller betrachteten Flussräume möglich ist.

Ausgehend von historischen Datengrundlagen des BEV wird ein zeitlicher Verlauf beginnend mit der 3. Landesaufnahme ca. 1870 bis zu Orthofotos, Stand 2010, abgedeckt. Die Veränderungen der Flächennutzung wurde mithilfe von Karten- bzw. Luftbildinterpretation analysiert. Folgende Nutzungstypen werden dabei unterschieden: Fließgewässer, Stillgewässer, Sand- u. Schotterbänke, Wald auf potenziellem Auwaldstandort, extensives Offenland (i.e. Feucht- u. Nasswiesen, Moore, Hutweiden, Brachen), intensive landwirtschaftliche Flächen, Siedlung / Gewerbe, Infrastruktur, Freizeit / Erholung, Wald auf nicht potenziellem Auwaldstandort (außerhalb HQ300), sonstige nicht versiegelte Flächen (z.B. Schotterdeponien, Kiesgruben, Lager- u. Parkplätze, Baustellen).

Das Ergebnis ist eine Flächenbilanz der Nutzungstypen in den Flussräumen Österreichs. Analog zur Auswertung der historischen Entwicklungen werden in einer Trendanalyse Aussagen über die zukünftige Entwicklung in den Flussräumen Österreichs für die Jahre 2040 und 2070 getroffen. Dazu werden 3 Szenarien entworfen:

- **die Fortsetzung des derzeitigen Trends (Szenario I)**, auf Basis einer statistischen Regressionsanalyse werden für jeden einzelnen Nutzungstyp zu erwartende Flächenwerte für die Zeitintervalle 2040 und 2070 abgeleitet. Voraussetzung ist, dass sich die rechtlichen, politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen im Prognosezeitraum nicht gravierend verändern

- **eine integrierte Entwicklung (Szenario II oder WWF-Szenario)**, nimmt Rücksicht auf die Sicherung des Lebensraumes Fluss und die Erhaltung eines „multifunktionalen“ Flusskorridors und geht von einer Eindämmung der Bebauungsrate aus, Leitwerte zum Flächenbedarf stützen sich auf die Erfahrungen aus aktuellen Revitalisierungsprojekten
- **eine ökologische Maximalvariante (Szenario III)**, die sich an einer größtmöglichen Förderung der Biodiversität orientiert und eine weitere Versiegelung nur noch im Rahmen der österreichischen Nachhaltigkeitsstrategie vorsieht

An die Veränderung verschiedener Nutzungstypen ist auch das Vorkommen gefährdeter Arten und Lebensräume gebunden. Daher ist die Flächenbilanz aus den Szenarien auch relevant für die Habitate bestimmter Tier- und Pflanzen-Leitarten, sowie für ausgewählte Lebensraumtypen nach Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie.

2. Schritt: integrierte Flussentwicklungsplanung

Im Wald-Management ist der Waldentwicklungsplan als wichtiges Planungsinstrument etabliert. In dieser Studie wird ein vergleichbares Instrument für Flüsse aufgebaut. Im Fokus stehen die Funktionen die Gewässer im Hinblick auf Hochwasserschutz, Ökologie, Naturschutz und Erholungsnutzung erfüllen sollen. Diese Funktionen decken sich weitgehend mit entsprechenden Normierungen in relevanten EU-Richtlinien (Hochwasser RL, Wasserrahmen RL, Fauna-Flora-Habitat RL). Die Bewertung der Funktionen für jeweils 500 m Abschnitte erfolgte auf Basis vorliegender flächendeckender Datengrundlagen im Schulnotensystem (vgl. Tabelle 1).

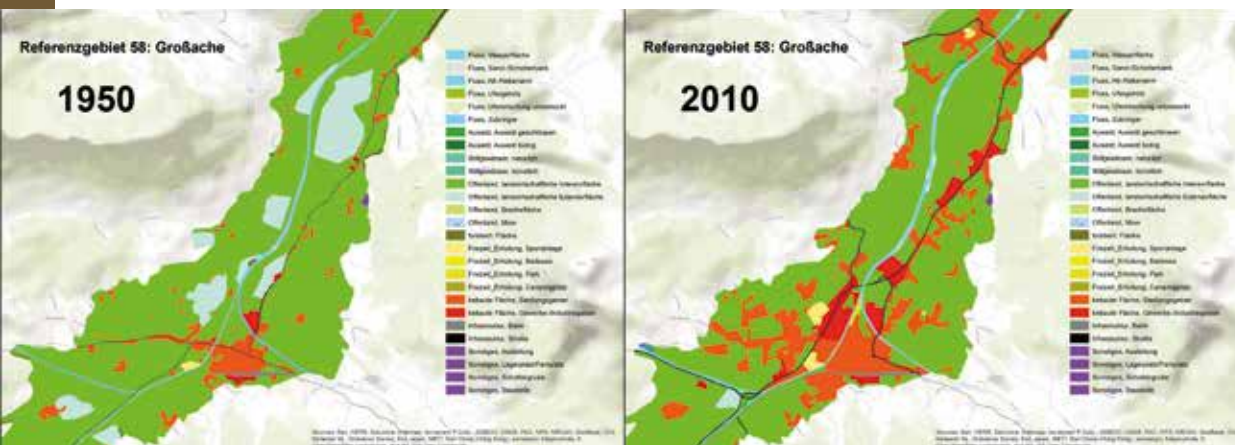


Abb. 2: Veränderung der Landnutzung am Beispiel Großsache, St. Johann Tirol (Quelle: Revital / eigene Bearbeitung)

Fig. 2: Change in land use using the example of Großsache, St. Johann Tirol (Source: Revital / own processing)

Funktion	Quelle	Bewertungskriterien Abstufung 1 – 5
Hochwasserschutz	Hochwasser- risikomanagementplan RMP 2015 (BMLFUW 2015)	Vorhandensein von Strecken mit potenziell signifikantem Hochwasserrisiko (APsFR) im Abschnitt und Stand Umsetzung Hochwasserschutzmaßnahmen
Morphologie	Nationaler Gewässerschutzplan NGP 2015 (BMLFUW 2017)	Natürlichkeit von Ufer- und Sohlstruktur im Flussabschnitt
Flusskontinuum	NGP 2015 (BMLFUW 2017)	Passierbarkeit künstlicher Wanderhindernisse für Fische u. aquatische Organismen im Flussabschnitt
Hydrologie	NGP 2015 (BMLFUW 2017)	Veränderung der Abflusssituation durch Restwasser, Stau oder Schwall im Abschnitt
Auen	Aueninventar (BMLFUW 2011)	Vorhandensein und Größe von Auenobjekten im Abschnitt
Naturerlebnis (Bedarf)*	Statistik Austria 2016, Open Street Map, data.gv.at	Erreichbarkeit nicht-motorisiert, Einwohnerdichte in 5-km Radius des Abschnitts, Schutzstatus

*je besser erreichbar/ höher die Einwohnerdichte im Umkreis, umso größer der Bedarf an Aufwertung für Naherholung und Freizeitznutzung

Tab. 1: Flussfunktionen lt. Flussentwicklungsplan

Tab. 1: River functions according to the Rivers Development Plan



Abb. 3: Die Flussentwicklungszahl ermöglicht eine übersichtliche Darstellung des Ist-Zustands der Flussfunktionen im 500-Meter Abschnitt.

Fig. 3: The river-development-code represents the actual state of the river functions in the 500-meter section

In der Auswertung wurden Flussstrecken ermittelt, die Defizite sowohl in den ökologischen Funktionen als auch dringenden Handlungsbedarf im Hochwasserschutz aufweisen. Um relevante Strecken herauszufiltern, wurden folgende Auswahlkriterien definiert: mehrere Fluss – Funktionen in der Flussstrecke nicht bzw. nur gering erfüllt, regionale Verteilung der Auswahlstrecken über das gesamte Bundesgebiet, ausreichende Länge von 10 bis 20 Flusskilometer, Berücksichtigung der Auswirkung von Zuflüssen, keine Staubereiche von über 1 km. Abschließend erfolgte eine gutachterliche Auswahl und Klassifizierung von jeweils 20 Flussstrecken mit „sehr hoher“ und „hoher“ Priorität, an welchen integrative Maßnahmen für Hoch-

wasserschutz und Ökologie die größten Synergieeffekte haben.

Ergänzend wurden für den gesamten Untersuchungsraum auf Basis von Flächenwidmungs- und Nutzungsdaten unverbaute Freiflächen direkt an den Flüssen abgegrenzt. Diese ermöglichen eine Einschätzung des Renaturierungspotenzials.

Ergebnisse

Historische Entwicklung der Flussräume in Österreich

Aufgeteilt auf vier übergeordnete Nutzungstypen hat sich der gesamte Flussraum von 1870 auf 2010 wie folgt entwickelt

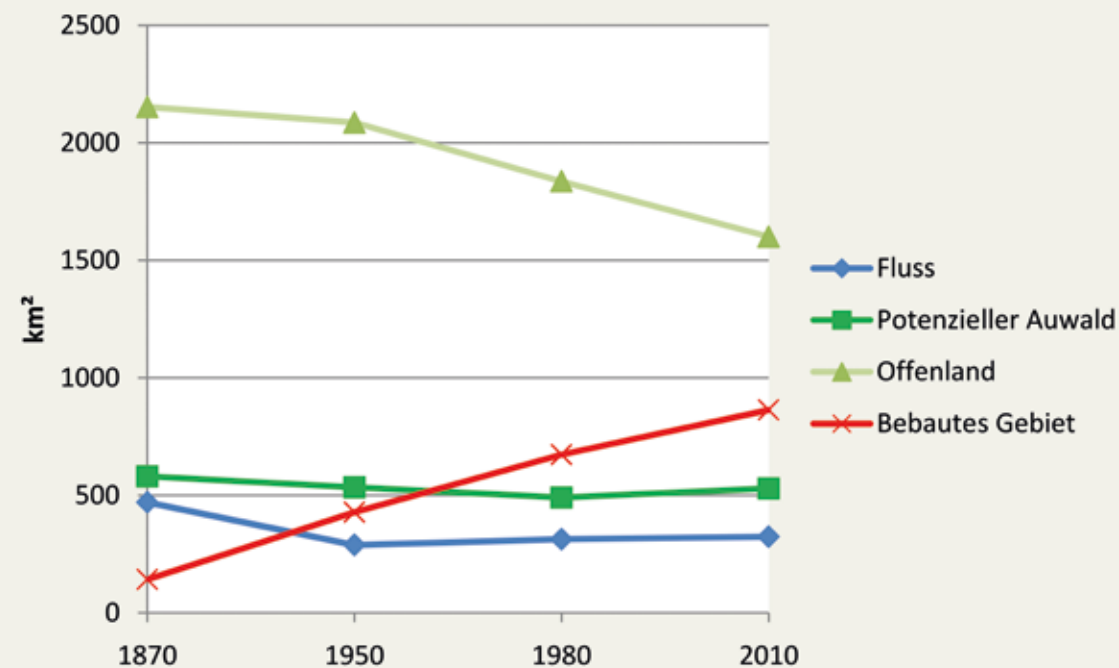


Abb. 4: Entwicklung der Landnutzungstypen in den Flussräumen Österreichs zwischen 1870 und 2010

Fig. 4: Development of land use types in the riverine areas of Austria

Die Flächen der flussspezifischen Lebensräume (Fluss, Flachwasserbereich, Schotterinseln, Schotterbänke) haben sich von 1870 auf 2010 um etwa ein Drittel verringert. Am deutlichsten ist der Verlust zwischen 1870 und 1950, einhergehend mit der Geschichte des Flussbaus nach Ende des 2. Weltkriegs, wo durch Verbauungs- und Regulierungsmaßnahmen im großen Maßstab ein „10. Bundesland“ geschaffen wurde.

Zusammengenommen hat Offenland im selben Zeitraum ein Viertel seiner Fläche verloren. Einschneidend ist aber die Reduktion von extensivem Offenland (Feuchtwiesen, Brachen, Moorflächen) auf beinahe ein Fünftel seines Bestandes von 1870. Intensiv bewirtschaftetes Offenland (Äcker und Grünland) nimmt insgesamt leicht zu, seit den 1950er Jahre ist auch dort eine Trendumkehr und Abnahme zugunsten einer fortschreitenden Verbauung festzustellen.

Waldflächen die sich in der potenziellen Auenzone befinden und überflutet werden können, haben sich um ca. 9 % reduziert. Obwohl durch Maßnahmen an Fließgewässern seit den 1980er Jahren wieder Wald in Ufernähe dazukommt, ist die Entwicklung der Auwälder insgesamt problematisch, da die ökologische Qualität der bestehenden Flächen stark beeinträchtigt ist. Zurückzuführen ist das auf die Abkopplung der bestehenden Wälder von den Gewässern durch Hochwasserschutzdämme, die fortschreitende Eintiefung der Vorfluter und damit des begleitenden Grundwassers und die forstliche Nutzung in größerem Stil.

Bebautes Gebiet (Siedlungs- bzw. Gewerbeflächen, Infrastruktur, Freizeit/Erholung) hat sich seit Beginn des Untersuchungszeitraumes in den Flussräumen verfünffacht. Graduelle Unterschiede gibt es, wenn städtische mit ländlichen (in städtischen Gebieten um das Sechsfache vergrößert) und alpine mit kontinentalen Flussräumen verglichen werden (in den alpinen Flussräumen um das Siebenfache).

Insgesamt ist im Untersuchungszeitraum die 1,7fache Fläche des Bundeslandes Wien verbaut worden. Das bedeutet für die Flussräume eine Verbauungsrate von rund 2 ha/Tag.

Entwicklungstrend und nachhaltige Entwicklungsszenarien

Die zukünftigen Entwicklungen in den Flussräumen wurden für alle Landnutzungskategorien einzeln ausgewertet. Vereinfacht werden aber wiederum nur die Ergebnisse der übergeordneten Kategorien Fluss, Offenland, Bebaute Flächen und Wald auf potenziellen Auenstandorten wiedergegeben.

Flussspezifische Lebensräume nehmen in allen drei Zukunfts-Szenarien zu, wobei die Zunahme im Trend-Szenario (I) erwartungsgemäß am geringsten ausfällt und 2070 nur bei rund 11 km² liegt. Das WWF – Szenario (II) sieht eine Steigerung um 57 km² (+17 %) vor. Verglichen zum Maximal-Szenario mit +186 km² fällt sie vergleichsweise bescheiden aus, für Leitarten wie Äsche, Barbe, Flussuferläufer, oder Lebensraumtypen wie Alpine Gewässer mit Ufer-Tamariske bedeutet die Anwendung des Szenario II dennoch eine Vergrößerung des potenziellen Habitats um 1,4 ha pro betrachteten Flusskilometer.



Abb. 5: Schotterlebensraum mit Ufertamarisken-Bewuchs, FFH-Code 3230, profitiert von gezielten Aufweitungen (Foto C. Ragger)

Fig. 5: Gravel habitats with german tamarisk, FFH-Code 3230, benefit from restoration measures (Photo C. Ragger)

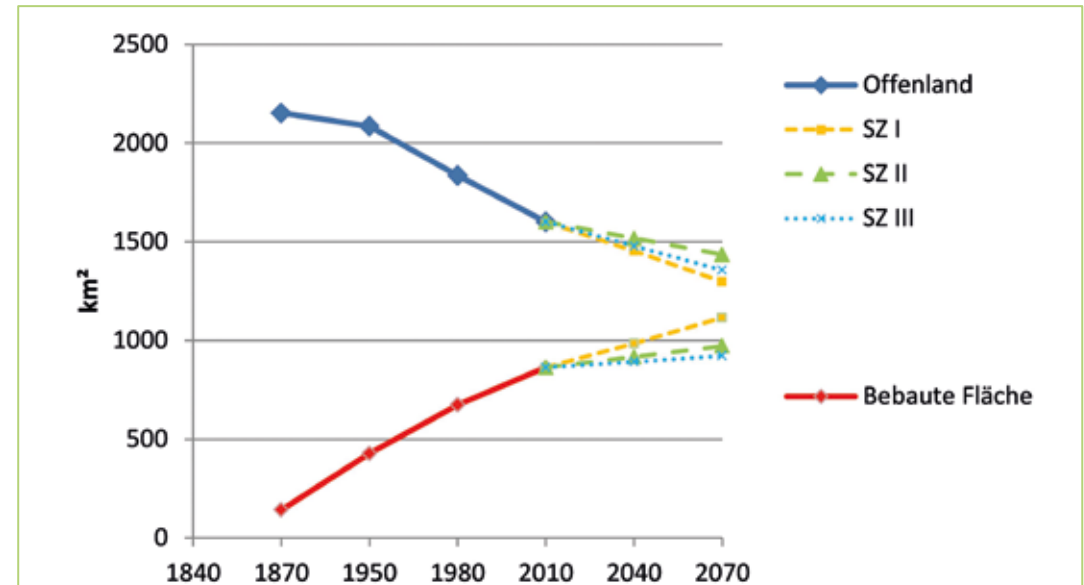


Abb. 6: Entwicklung und Zukunftsprognosen der Landnutzungen für die Kategorien "Offenland" (blau) und "bebaute Fläche" (rot)

Fig. 6: Development and future forecasts of land use for the categories "open land" (blue) and "built area" (red)

Aufgrund fortschreitender intensiver Bautätigkeit nimmt die bebaute Fläche im Flussraum im Trend-Szenario I bis 2070 um 252 km² zu. Dies bedeutet eine Verbauung von 1,15 ha/Tag im Vergleich zum Zielwert von 0,27 ha aus der Nachhaltigkeitsstrategie. Das WWF-Szenario II sieht eine Reduktion dieser Rate auf 0,5 ha/Tag vor, was bis 2070 109 km² mehr an bebauter Fläche ergibt.

Die Offenlandflächen gesamt (extensiv und intensiv bewirtschaftet) reduzieren sich in Szenario I bis 2070 um über 300 km², der Bestand an extensiv bewirtschafteter Fläche innerhalb dieser Kategorie halbiert sich sogar. Die Szenarien II und III gehen von einer Überführung eines Teils der intensiven Offenlandbewirtschaftung in eine extensivere Bewirtschaftung, sowie von einer stark eingeschränkten Bautätigkeit aus. Die Abnahme der Offenlandflächen liegt in Szenario II bei 165 km² und in Szenario III bei 244 km² da die stärkere Ausweitung von flussspezifischen Lebensräumen auf Kosten dieser Landnutzungskategorie geht.

Potenzieller Auwald legt auch bei einer Fortsetzung des aktuellen Trends zu, nicht aber in den Szenarien II u. III, wo es ausschließlich um die Verbesserung der Qualität der bereits bestehenden Auwaldflächen geht.



Abb. 7: Extensiv bewirtschaftete landwirtschaftliche Flächen bieten bevorzugte Habitate für den It. Rote Liste Österreich gefährdeten Wiedehopf (Foto: C. Ragger)

Fig. 7: Extensively farmed agricultural land offers preferred habitats for the hoopoe, an endangered species in the Austrian red list of threatened birds

Flussfunktionen

Auf Basis der verfügbaren Daten können die Flussfunktionen für insgesamt 5.874 Fl km (Flüsse mit Einzugsgebiet > 500 km²) bewertet werden. An 11 % bzw. 640 Flusskilometern besteht unzureichender Hochwasserschutz. Dieser relativ niedrige Handlungsbedarf ergibt sich aus der methodischen Überlegung, dass Strecken mit bereits in Planung oder in Umsetzung befindlichen Hochwasserschutzmaßnahmen aus der Betrachtung ausgenommen wurden. Flussmorphologisch weisen 920 Flusskilometer oder 16 % der untersuchten Gewässer gravierende ökologische Defizite durch die Verbauung von Ufer

und Gewässersohle auf. Unpassierbare Querbauwerke beeinträchtigen 42 % bzw. 2.500 Flusskilometer. Bedingt durch den sehr hohen Ausbaugrad der Wasserkraft an den Gewässern Österreichs weisen 41 % bzw. 1.390 Flusskilometern keinen natürlichen Abfluss durch Restwasser-, Stau- oder Sunk / Schwallwirkungen aus Kraftwerken auf. An 65 % bzw. 3.760 Flusskilometern der untersuchten Strecken fehlen Auen oder Au-Strukturen. Über 2.500 Fluss km, knapp die Hälfte der untersuchten Strecken befinden sich in unmittelbarer Nähe von Ballungszentren und sind zu Fuß bzw. per Fahrrad gut erreichbar, woraus sich ein hoher Handlungsbedarf hinsichtlich einer Aufwertung für Naherholung und Freizeitnutzung ergibt.

Flussfunktionen Auswertung

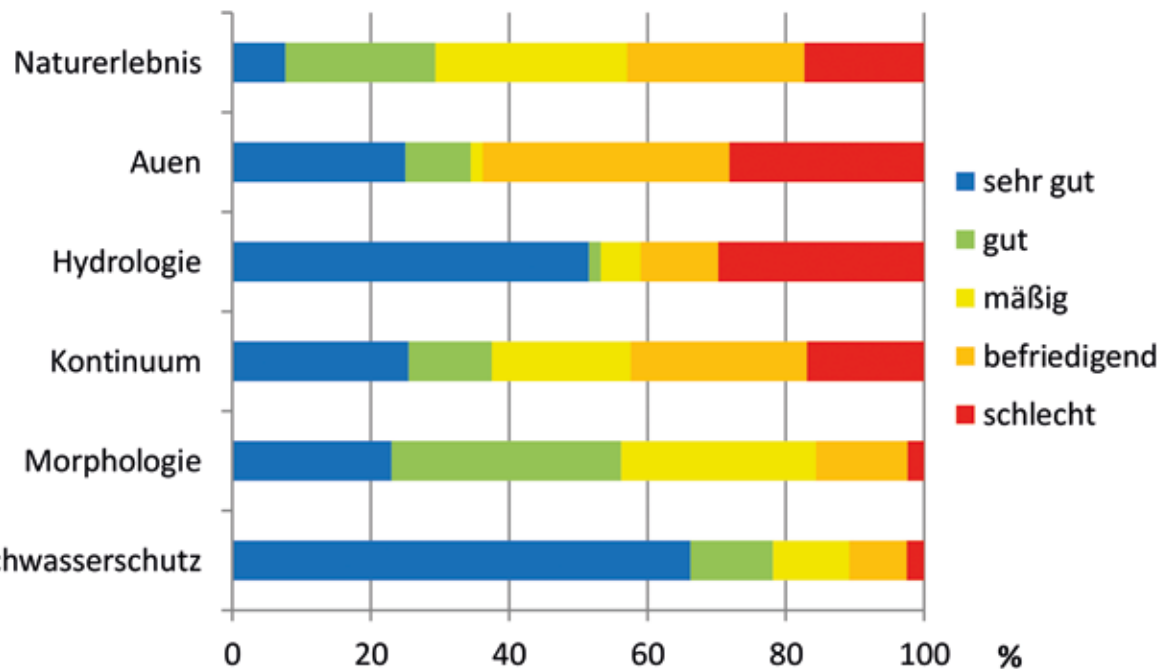


Abb. 8: Auswertung der Flussfunktionen für den gesamten Untersuchungsbereich

Fig. 8: Evaluation of the river functions for the entire investigation area

Prioritäre Flussstrecken für Verbesserungsmaßnahmen

Grundlage für die Auswahl der vorliegenden Flussstrecken bilden die Funktionen Hochwasserschutz, Morphologie, Flusskontinuum, Hydrologie und Auen des Flussentwicklungsplans.

Diese Strecken weisen Defizite sowohl in Ökologie als auch beim Hochwasserschutz auf. Maßnahmen, die eine Verbesserung der Ökologie als auch des Hochwasserschutzes beinhalten, können hier die besten Synergien schaffen. Dazu gehören Uferrückbau und Aufweitungen des Abflussprofils, das Absenken nicht mehr an das Überschwemmungsniveau angebundener Flussau-Bereiche, Wiederanbindung von Altarmen, Rückverlegung von Dämmen oder die Verflachung des Gefälles durch Laufverlängerungen.

Erwünschter Nebeneffekt aller dieser Maßnahmen ist die Entstehung von dynamischen Lebensräumen wie Schotterbänken oder natürlichem Auwald, abwechselnde Tiefenbereiche in den Gewässern, oder die Etablierung von artenreichen Feuchtwiesen auf Retentionsflächen.

Flächenpotenziale für Renaturierungen sind im ländlichen Raum durchgängig vorhanden, variieren aber stark aufgrund der Topografie und Entwicklung der Flusstäler. Beispielsweise machen an der betrachteten Strecke der Möll im Bereich von Obervellach unverbaute flussnahe Flächen über zwei Drittel des gesamten Flussraumes aus, an der Schwarza bei Gloggnitz sind es unter acht Prozent. Im Durchschnitt liegen an den ausgewählten Strecken 27 ha geeignete Flächen pro Flusskilometer.

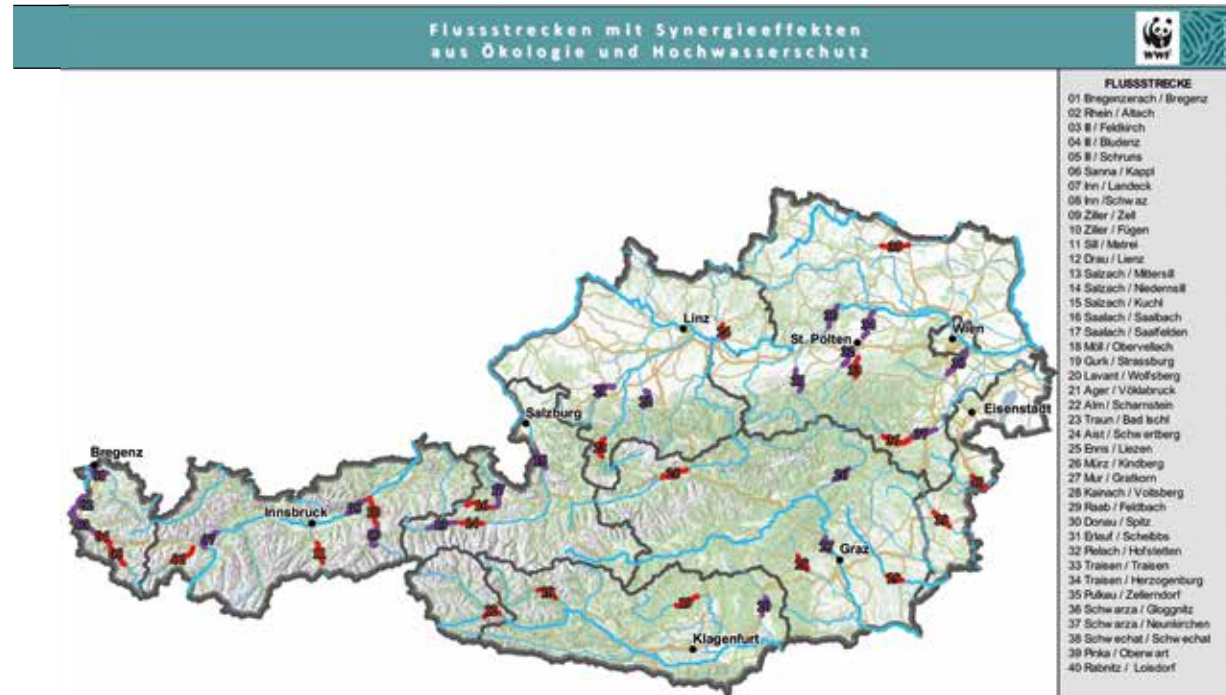


Abb. 9: Ausgewählte Strecken für ökologische Hochwasserschutzmaßnahmen (Quelle: WWF 2018)

Fig. 9: Selected routes for ecological flood protection measures



Abb. 10: vor und nach Flussaufweitung in Kombination mit einer Sohlschwelle an der Drau bei Sachsenburg (Quelle: Amt der Kärntner Landesregierung /S.Tichy)

Fig. 10: Before and after widening river banks in combination with a low weir on the Drau near Sachsenburg (Source: Office of the Carinthian Provincial Government /S.Tichy)

Diskussion der Ergebnisse

Aus den Ergebnissen der Studien können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Es braucht eine tiefgreifende Trendwende im Flächenverbrauch. Die Verbauungsraten im Flussraum liegen mit rund 2,0 ha/Tag weit über einem nachhaltigen Niveau. In Anlehnung an die österreichische Nachhaltigkeitsstrategie wird eine Reduktion auf ein Viertel empfohlen.
- Die großen Defizite in der Erfüllung der wichtigsten Flussfunktionen können nur durch ein wirklich ambitioniertes und langfristiges Maßnahmenprogramm behoben werden. Vorbildprojekte in

allen Bundesländern zeigen, dass die Umsetzung von ökologischen Hochwasserschutzmaßnahmen einen wesentlichen Beitrag dazu leisten kann unsere Flüsse sicherer, lebendiger und attraktiver zu machen.

- Auch im Gewässermanagement braucht es stärker integrierte Planungsinstrumente, um die verschiedenen Ansprüche besser und effizienter zur Deckung zu bringen. Der WWF Flussentwicklungsplan zeigt eine mögliche Herangehensweise auf.
- Weitere detaillierte Informationen, interaktive Karten sowie die gesamten Studien sind unter www.flüssevision.at und www.flussentwicklungsplan.at abrufbar.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Gebhard Tschavoll
WWF Alpenflüsseprogramm
Brixnerstraße 4/9
6020 Innsbruck
gebhard.tschavoll@wwf.at

Mag Mario Lumasegger
Revital Integrative Naturraumplanung
Nussdorf 71
9990 Nussdorf-Debant
m.lumasegger@revital-ib.at

Literatur / References:

BMLFUW (2011).
Aueninventar Österreich, Bericht zur bundesweiten Übersicht der Auenobjekte, Medieninhaber und Hrsg. Bundesministerium für Land-, Forst- Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1010 Wien, 57 S.

BMLFUW (2016a).
Nationaler Hochwasserrisikomanagementplan 2015. Medieninhaber und Hrsg. Bundesministerium für Land-, Forst- Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1010 Wien, 174 S.

BMLFUW (2016b).
Leitfaden Gewässerentwicklung und Risikomanagementkonzepte GE RM. Vorläufige Fassung 2017. Medieninhaber und Hrsg. Bundesministerium für Land-, Forst- Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1010 Wien, 58 S.

BMLFUW (2017).
Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2015. Medieninhaber und Hrsg. Bundesministerium für Land-, Forst- Umwelt und Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1010 Wien, 356 S.

WWF / Revital (2017).
Flüssevision für Österreich. Geschichte und Zukunft der österreichischen Flussräume. Hrsg. WWF Österreich, Ottakringer Str. 114-116, 1160 Wien, 186 S.

WWF (2018).
Flussentwicklungsplan. Ein Modell für Österreich. Hrsg. u. Auftraggeber WWF Österreich, , Ottakringer Str. 114-116, 1160 Wien, 69 S.

websites:

http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/raumordnung/rp_flaechenanspruchnahme/ (12.10.2018)

https://www.bmnt.gv.at/wasser/wasser-oesterreich/fluesse-und-seen/hws_oekologie.html (12.10.2018)

ALEXANDRA MEDL, ROSEMARIE STANGL

‚Green Walls‘ – Ingenieurbiologische Maßnahmen im Rahmen des Konzepts ‚Nature Based Solutions‘

‚Green Walls‘ – Soil-bioengineering measurements as ‚Nature Based Solutions‘

Zusammenfassung:

Die Ingenieurbiologie kann durch die Verwendung regionaler, natürlicher Baustoffe und naturbasierter Materialien, durch die Initiierung sich selbst erhaltender Bestände und der Erfüllung einer Vielzahl von Funktionen (technische, ökologische, sozio-ökonomische, ästhetische) und Ökosystemleistungen als wichtigstes und grundlegendstes Instrument zur Umsetzung des Konzepts der ‚Nature Based Solutions‘ angesehen werden. ‚Green Walls‘ sind ein Beispiel für ein technisch orientiertes ingenieurbiologisches System, welches insbesondere zur Sicherung von Landschafts- und Naturräumen sowie zur Wiederherstellung von verloren gegangenen Ökosystemen wie etwa durch die Installation von Spritzbetonwänden eingesetzt werden kann. Als Nature Based Solution leisten sie bedeutende Beiträge zur Kompensation von Ökosystem- und Biodiversitätsverlusten im Rahmen des Ausbaus von Infrastruktursystemen und der damit zusammenhängenden Flächenversiegelung.

Stichwörter:

Nature Based Solutions, Ingenieurbiologie, Vertikalbegrünung, Green Walls, Klimawandel

Abstract:

By the use of regional and nature based materials, the initiation of self-sustaining vegetation populations and the fulfilment of essential ecosystem functions (technical, ecological, socio-economical and aesthetical), soil and water bioengineering can be considered as basic and most important instrument for the implementation of ‚Nature Based Solutions‘. ‚Green Walls‘, as an example of a technically oriented soil-bioengineering system, are highly suitable for the securing of landscapes and natural environments as well as for the restoration of lost

ecosystems, as eg. after the installation of shotcrete walls. As Nature Based Solution, they significantly contribute to compensation of ecosystem- and biodiversity loss resulting from infrastructure development and related soil sealing.

Keywords:

Nature Based Solution, bioengineering, vertical greening, Green Walls, climate change

Einleitung

Die Welt des 21. Jahrhunderts ist eine urbanisierte Welt, welche sich in konstantem Wachstum befindet. Der Klimawandel ist in aller Munde, weltweit häufen sich die Schlagzeilen über die Zunahme und Folgen von Extremwetterereignissen wie Stürmen, Dürreperioden oder Starkregenfällen. Die fortwährende Versiegelung von Grünflächen führt zu vielfachen Problematiken: In Städten beeinträchtigt die Kombination von häufiger auftretenden Hitzewellen mit den Effekten von urbanen Wärmeinseln die Lebensqualität erheblich. In ländlichen Regionen führt die Klimaerwärmung zur Veränderung von Lebensräumen und Lebensgemeinschaften sowie zur Verschiebung von Vegetationszonen. Zunehmende Flächenversiegelung im ländlichen Raum verschärft nicht nur Biodiversitätsverluste sondern auch die Hochwasserproblematik bedeutend, da bei Ereignisspitzen mehr und konzentrierte Regenwassermengen in die Vorfluter gelangen und häufig die Abflusskapazitäten übersteigen.

Ingenieurbiologische Maßnahmen bilden als Teil des Konzepts der *Nature Based Solutions* nachhaltige Lösungen, den Herausforderungen des Klimawandels durch Schutz- und Anpassungsstrategien langfristig zu begegnen.

Was sind *Nature Based Solutions* (NBS)?

Das Konzept der *Nature Based Solutions* (NBS, deutsche Bedeutung: „naturbasierte Ansätze“) wurde erstmalig in den 2000er Jahren erwähnt und sowohl von IUCN (*International Union for the Conservation of Nature*) als auch der Europäischen Kommission aufgegriffen und unterstützt (Europäische Kommission, 2015; IUCN, 2016). Letztere definiert NBS als von der Natur inspirierte, unterstützte oder kopierte Maßnahmen, welche im Idealfall ressourceneffizient und an die lokalen Bedingungen angepasst sind. Darunter zu verstehen ist das Aufgreifen bereits existierender, natürlicher Lösungen oder auch die Entwicklung und Erforschung neuer innovativer Lösungsansätze. Davon ausgenommen sind Ansätze, die künstlich in die Natur eingreifen, wie beispielsweise genetisch modifizierte Organismen. Im Jahr 2015 wurden von der Europäischen Kommission vier Hauptziele formuliert, welche durch den Einsatz naturbasierter Ansätze erreicht werden können: 1) die Förderung einer nachhaltigen Stadtentwicklung, 2) die Wiederherstellung geschädigter Ökosysteme, 3) die Entwicklung von Klimawandelschutz- und -Anpassungsmaßnahmen sowie 4) die Verbesserung von Risikomanagement und Resilienz (Europäische Kommission, 2015).

Naturbasierte Ansätze können in den vielfältigsten Formen eingesetzt werden (IUCN, 2016):

- Wiederherstellung und nachhaltige Bewirtschaftung von Feuchtgebieten und Flusslandschaften um Fischbestände und Lebensgrundlagen der Fischerei zu erhalten und zu stärken, Hochwasserrisiken einzudämmen und Erholungsräume bereitzustellen.

Beispiel auf internationaler Ebene:

Sicherung des Lebensunterhalts lokaler Fischereibetriebe durch Erhaltung und Wiederherstellung der Mangrovenwälder am Golf von Nicoya (Costa Rica).

- Schutz und Erhaltung von Wäldern zur Gewährleistung von Nahrungsmittel- und Energiesicherheit, Unterstützung lokaler Einkommensmöglichkeiten, Förderung von Klimaschutz und Klimaanpassung sowie Erhaltung der Biodiversität.

Beispiel auf internationaler Ebene:

Erklärung der Erhaltung und Wiederherstellung von Waldlandschaften als nationale Priorität (Rwanda).

- Wiederherstellung von Trockengebieten zur Stärkung von Wassersicherheit, lokaler Lebensgrundlagen und Resilienz gegen die Auswirkungen des Klimawandels.

Beispiel auf internationaler Ebene:

Nachhaltige Wiederherstellung und Bewirtschaftung von Trockengebieten und Weideländern im Einzugsgebiet des Fluss Zarqa zur Beseitigung von Armut und zum Schutz der Biodiversität (Jordanien).

- Förderung grüner Infrastrukturen (z.B. Fassaden- und Dachbegrünungen, Straßenbäume, begrünte Entwässerungskanäle) in urbanen Regionen zur Verbesserung der Luftqualität, Unterstützung der

Abwasseraufbereitung, Reduktion von Oberflächenabflüssen und Wasserverschmutzung sowie einer Verbesserung der Lebensqualität der StadtbewohnerInnen.

Beispiel auf internationaler Ebene:

Entwicklung des ‚Barcelona Green Infrastructure and Biodiversity Plan‘ (Spanien).

- Erhaltung und Verbesserung der natürlichen Küstenlandschaften wie Barriereinseln, Mangrovenwälder oder Austernriffe zum Schutz der Ufergebiete und gefährdeter Gemeinden vor Überflutungen und dem Anstieg des Meeresspiegels.

Beispiel auf internationaler Ebene: Wiederherstellung von Feuchtgebieten und Barriereinseln als Schutzmaßnahme vor Sturmereignissen im nördlichen Golf von Mexiko (USA).

Nature Based Solutions und die Ingenieurbiologie

Unter ingenieurbiologische Bauweisen versteht man ökologisch orientierte, nachhaltige Lösungen welche der Erhaltung und Schaffung natürlicher Lebensgrundlagen dienen, einschließlich der Leistungsfähigkeit von Naturhaushalt und Naturgütern. Als Ersatz oder Ergänzung von technischen Bauwerken übernehmen ingenieurbiologische Bauweisen eine wertvolle Habitatfunktion für Flora und Fauna und tragen durch die Erhaltung von Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft wesentlich zur Erhöhung der Biodiversität bei (Begemann & Schiechl, 1994; EFIB, 2015).

Ingenieurbiologie im inhärenten Sinn entspricht vollumfänglich dem Verständnis von NBS, folgt man den Lehren von Begemann und Schiechl (1986), Gray und Sotir (1990), Florineth (2012), EFIB (2015) und dem Institut für

Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der BOKU Wien. Die Ingenieurbiologie verwendet regionale, natürliche Baustoffe (Pflanzen, Steine, natürliche Substrate etc) und naturbasierte Materialien (Holz, Naturfasern etc), initiieren sich selbst erhaltende Bestände und etablieren natürliche oder von der Natur kopierte oder inspirierte Systeme. Ingenieurbiologische Systeme erfüllen eine Vielzahl von Funktionen (technische, ökologische, sozio-ökonomische, ästhetische (Hacker & Johannsen (2012)) und Ökosystemleistungen (Basisleistungen, Regulierungs- und Versorgungsleistungen sowie kulturelle Leistungen (Ring, 2013). Sie tragen zur Erhöhung der Resilienz sensibler Gebiete und Umwelten (Gewässer, Alpinzonen, Wälder etc.) sowie unserer Lebens(um)welten und Siedlungsräume bei. Die Ingenieurbiologie ist somit das wichtigste und grundlegendste Instrument zur Umsetzung des NBS-Konzeptes, insbesondere zur Sicherung von Landschafts- und Naturräumen aber auch zur Wiederherstellung von verloren gegangenen Ökosystemen.

In Österreich stellt derzeit vor allem der hohe Ressourcenverbrauch durch die Urbanisierung von Naturräumen und die damit verbundene Fragmentierung der Landschaft ein großes Problem dar. Der stetig voranschreitende Ausbau von Infrastruktursystemen führt zu einer zunehmenden Zerstörung von stabilen Naturstrukturen und gleichzeitig zur Isolierung von Lebensräumen. Dies resultiert letztendlich in einem fehlenden genetischen Austausch zwischen den Populationen, was die Gefahr des lokalen Artenaussterbens erheblich erhöht (Schindler et al., 2016). Die Anwendung ingenieurbiologischer Bauweisen stellt eine optimale Möglichkeit dar, diesen Entwicklungen entgegenzuwirken und gleichzeitig Sicherungs- und Schutzfunktionen zu erfüllen.

Beispiel ‚Green Walls‘

Der technische Fortschritt der vergangenen Jahre ermöglicht die Anwendung ingenieurbiologischer Systeme bereits unter besonders extremen Bedingungen. Durch die Entwicklung innovativer technischer Systeme gibt es immer mehr Möglichkeiten, die naturräumlichen Gegebenheiten (Raumknappheit, geologische Bedingungen etc.) zu berücksichtigen und Maßnahmen vermehrt auch an steilen Standorten umzusetzen (Obrietan, 2013). In Hinblick auf den stetig fortschreitenden Ausbau der Infrastruktursysteme – vor allem im alpinen Raum – ist dies insbesondere im Zusammenhang mit Steilböschungen interessant, welche im Zuge der Bauarbeiten immer häufiger umgesetzt werden. Dass derartige Böschungseingriffe zu einer erheblichen Beeinträchtigung des Landschaftsbildes führen, spielt bei den unbedingt notwendigen technischen Maßnahmen zum Zweck der Stabilitätssicherung an Verkehrsinfrastrukturen, v.a. im Straßenbau oftmals eine untergeordnete Rolle. Zunehmend ist jedoch auch die Erhaltung der Landschaftsästhetik und der ökologischen Funktionen von Bedeutung, weshalb an diesen Infrastrukturelementen Begrünungsmaßnahmen erfolgen sollen.

Begrünungsmaßnahmen an Steilböschungen in ländlichen Regionen dienen in erster Linie der Erhaltung der Landschaftsästhetik sowie als Gegenmaßnahme zur Landschaftsfragmentierung durch Versiegelung. Die Gewährleistung der Stabilität und Standsicherheit wird oftmals nur rein technisch gelöst. Abhängig von Ausführung und Beschaffenheit der Böschung gewährleistet jedoch das Etablieren von Vegetation an Oberflächen von Erdböschungen einen wesentlichen Beitrag zur Stabilitätssicherung und zum Oberflächenschutz. Sicherungsmaßnahmen an Verkehrsinfrastrukturen werden aktuell vorwiegend in Form von Spritzbe-

tonwänden umgesetzt, auch Felsböschungen sind keine Seltenheit. In Anbetracht der Tatsache, dass bereits herkömmliche Erdböschungen mit Neigungswinkeln bis zu 90° für Pflanzen schwierige Standort- bzw. Umweltbedingungen darstellen (Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit, Temperatur, Strahlung), ist die Begrünung von Extremstandorten, wie den bereits erwähnten Spritzbetonwänden und Felsböschungen ohne Anschluss zu gewachsenem Boden mit besonderen Schwierigkeiten verbunden (Medl, 2018a).

Im Zentrum eines von der BBT-SE (Galleria di Base del Brennero) finanzierten Forschungsprojekts stand die Evaluierung einer ‚Green Wall‘ – einer mittels Vertikalsystem begrünter Spritzbetonwand – hinsichtlich vegetations technischer und mikroklimatischer Parameter. Durch die Etablierung einer nachhaltigen Vegetationsdecke auf dem Begrünungssystem sollte eine ökologische Aufwertung und Wiedereingliederung der Stützkonstruktion in das Landschaftsbild erfolgen.



Abb. 1:
Spritzbetonwand inklusive Begrünungssystem ohne Vegetation am 27.07.2016 (oben) und Spritzbetonwand inklusive Begrünungssystem mit Vegetation am 21.08.2017 (unten).



Fig. 1:
Shotcrete wall including greening systems without vegetation (above) and shotcrete wall including greening systems with vegetation (below)

Die Untersuchungen zeigten, dass eine Begrünung des Extremstandorts ‚Spritzbetonwand‘ durch Einsatz eines 3D-Stahlgittersystems als Trägersystem für das Bodensubstrat gut realisierbar ist. Im Hinblick auf eine optimale Vegetationsentwicklung ist die richtige Auswahl der Materialkomponenten von essentieller Bedeutung. In diesem Zusammenhang spielt der Einsatz eines hochqualitativen Bodensubstrats und die Verwendung netzartiger, zusätzlich stabilisierend wirkender Geotextilien zum Schutz des Saatguts eine zentrale Rolle (Medl et al., 2017a). Werden die Anforderungen erfüllt, sind die Voraussetzungen für die Schaffung einer geschlossenen Vegetationsdecke gegeben und die Wiedereinbindung der Spritzbetonwand in die umliegende Landschaft gewährleistet. An der Spritzbetonwand selbst führt das Begrünungssystem zu positiven Auswirkungen auf das Mikroklima (Erhöhung der Luftfeuchtigkeit um 4,5 %, Verringerung der Albedo (= Reflexionsstrahlung) von 29 % auf 8 %) und damit in weiterer Folge zu einer starken Reduktion der Temperaturschwankungen auf der Betonoberfläche (max. tägliche Schwankungsbreite auf Spritzbetonwand: 17,9 °C, hinter dem Begrünungssystem: 2,9 °C) (Medl et al., 2017b). Eine wesentliche Voraussetzung für den nachhaltigen Erhalt der Vegetation ist ein funktionierendes Bewässerungssystem, insbesondere während länger andauernder Trockenperioden (Medl et al., 2018b).

Aus ingenieurbio logischer Sicht gelten ein erfolgreicher Anwuchs und die nachhaltige Etablierung der Zielvegetation als zentrale Erfolgskriterien für Begrünungsmaßnahmen (Obrietan, 2015) und als Grundvoraussetzung für die Erfüllung verschiedener Funktionen. Hacker & Johannsen (2012) unterscheiden in diesem Zusammenhang nach technischer, ökologischer, ästhetischer und ökonomischer Wirkungsweise (siehe Abb. 2).

- Technische Wirkungsweise: ‚Green Walls‘ führen nachweislich zu einer star-

ken Reduktion von Temperaturschwankungen an Spritzbetonwänden. Es ist daher davon auszugehen, dass die von dem Begrünungssystem ausgehende Dämmwirkung zu einer verlängerten Lebensdauer sowie vermindert notwendigen Instandhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen der zu begrünenden Stützbauwerke führt und sich somit positiv auf deren Haltbarkeit auswirkt. In diesem Zusammenhang zu erwähnen ist außerdem der durch die Installation eines Begrünungssystems zu erreichende Schutz vor Schäden durch Tausalzeiwirkung. Konkrete Untersuchungen dazu gibt es bisher nicht, weitere Forschungsarbeiten in diese Richtung sind wünschenswert. Vertikale Begrünungssysteme haben zudem einen positiven Einfluss auf Wasserrückhalt und Abflussverhalten an Bauwerken. Diese zusätzliche Kapazität der Wasserrückhaltung von Vertikalstrukturen kann das Kanalnetz in Stadtgebieten und in weiterer Folge die Vorfluter insbesondere während Starkregenereignissen entlasten (Pitha et al., 2011). Es wird davon ausgegangen, dass diese Aussagen auch auf die ‚Green Walls‘ zutreffen. Vertiefende Studien zu diesem Thema sind bisher allerdings ausständig, was konkrete Forschungsarbeiten in diese Richtung notwendig macht.

- Ökologische Wirkungsweise: ‚Green Walls‘ haben einen positiven Einfluss auf das Mikroklima vor und hinter dem Begrünungssystem (Medl et al., 2017b). Grünwände gewährleisten eine Erhöhung von Verdunstungs- und Retentionsfläche. Die quantitative (durch flächenmäßige) Verringerung von Grauer Infrastruktur trägt zur Verringerung von

Abstrahlung und damit von Hitzeinseln an Infrastruktureinrichtungen bei. Bodensubstrat und Vegetationsdecke bilden zudem wertvolle Lebensräume für Flora und Fauna, erfüllen damit wichtige Habitat- und Korridorfunktionen. Sie leisten einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung und Erhaltung der Biodiversität.

- Ästhetische Wirkungsweise: Spritzbetonwände sind Stützbauwerke, die technisch bei Infrastruktureinrichtungen notwendig aber nicht besonders ansehnlich sind. ‚Green Walls‘ ermöglichen die Wiederbegrünung derartiger, im Landschaftsbild störend wirkender vegetationsfreier Flächen. Sie können somit als wirkungsvolles Mittel zur landschaftsästhetischen Eingliederung von vertikalen Stützbauwerken in die umgebende Landschaft angesehen werden (Medl et al., 2017a).

- Ökonomische Wirkungsweise: Attraktive Kultur- und Naturlandschaften haben als ‚touristisches Angebot‘ einen hohen Erlebniswert. Nach Kaspar (1986) beruht der Tourismus aus ökonomischer Sichtweise grundsätzlich auf dem Konsum derartiger Landschaftsgüter. Die Problematik dabei ist, dass Infrastrukturelemente wie Verkehrswege und Transportanlagen – welche einem Großteil der Touristen den Landschaftskonsum überhaupt erst ermöglichen – einer Wertminderung gleichkommen, weil sie das ursprüngliche Landschaftsbild verändern oder gar zerstören (Blöchliger, 2002). Durch ihre landschaftsintegrierende Wirkung tragen ‚Green Walls‘ wesentlich zur Erhaltung der ästhetischen Wirkung und somit auch des Werts der Landschaft bei. Die Beiträge der ökologischen Wir-

kung (Erhöhung von Verdunstungsflächen, Regulierung von Temperatur und Abstrahlung an Grauer Infrastruktur etc.) sind auch als Ökosystemleistungen zu werten, die einem ökonomischen oder monetären Wert für die Gesellschaft gleichgesetzt werden können.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass ‚Green Walls‘ durch erfolgreiche Einbettung von Spritzbetonwänden in die umgebende Landschaft als wertvolles Instrument zur Erhaltung und Wiederherstellung der Landschaftsästhetik angesehen werden können (Medl, 2018a). Sie sind ein Beispiel für ein technisch orientiertes ingenieurbiologisches System und gleichzeitig eine *Nature Based Solution*, die bedeutende Beiträge zur Kompensation von Ökosystemverlusten im Rahmen von Infrastrukturentwicklung leisten kann.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI. Dr. Alexandra Medl
Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau
Peter-Jordan-Straße 82
1190 Wien
alexandra.medl@boku.ac.at

Univ.Prof. DI. Dr. Rosemarie Stangl
Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau
Peter-Jordan-Straße 82
1190 Wien
rosemarie.stangl@boku.ac.at

Literatur / References:

- BEGEMANN, W., SCHIECHTL, H.M. (1986). Ingenieurbiologie - Handbuch zum naturnahen Wasser- und Erdbau. Wiesbaden und Berlin: Bauverlag GmbH.
- BEGEMANN, W., SCHIECHTL, H.M. (1994). Ingenieurbiologie. 2. Aufl., Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin.
- BLÖCHLIGER, H. (2002). Der Wert von Kulturlandschaften. In: Langer, G., Weiermair, K., Blöchliger,

H., Corell, G., Hackl, F., Hofreither, M., Neunteufel, M.G., Pruckner, G., Rothenburger, W., Tschurtschenthaler, W., Witte, H., Wöhler, K., Zins, A., Tourismus und Landschaftsbild. Nutzen und Kosten der Landschaftspflege. Tagungsband zum Workshop „Methodik – Umwelt - Tourismus“. LAGO-Eigenverlag, Innsbruck, 131 – 144.

EFIB – Europäische Föderation für Ingenieurbiologie (Hrsg. 2015). Europäische Richtlinie für Ingenieurbiologie. Online: <https://dSPACE.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/14589/1/Richtlinie%20pdf.pdf> [2018-10-01].

FLORINETH, F. (2012). Pflanzen statt Beton. Sichern und Gestalten mit Pflanzen. Berlin, Hannover: Patzer Verlag.

GRAY, D.H., SOTIR, R.B. (1996). Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide for erosion control. New York, Wiley-Blackwell.

HACKER, E., JOHANNSEN, R. (2012). Ingenieurbiologie. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Stuttgart.

IUCN (2016). Nature-based Solutions to address global societal challenges. Gland, Switzerland.

KASPAR, C. (1986). Die Fremdenverkehrslehre im Grundriss. Band 1 von St. Galler Beiträge zum Fremdenverkehr und zur Verkehrswirtschaft: Reihe Fremdenverkehr. 3. Aufl., Haupt, Bern.

MEDL, A., STANGL, R., KIKUTA, S.B., FLORINETH, F. (2017a). Vegetation establishment on ‚Green Walls‘: Integrating shotcrete walls from road construction into the landscape. Urban Forestry & Urban Greening 25, 26 – 35.

MEDL, A., MAYR, S., RAUCH, H.P., WEIHS, P., FLORINETH, F. (2017b). Microclimatic conditions of ‚Green Walls‘, a new restoration technique for steep slopes based on a steel grid construction. Ecological Engineering 101, 39 – 45.

MEDL, A. (2018a). Begründung von Spritzbetonwänden am Standort Steinach am Brenner, Tirol. Dissertation. Universität für Bodenkultur Wien.

MEDL, A., FLORINETH, F., KIKUTA, S.B., MAYR, S. (2018b). Irrigation of ‚Green Walls‘ is necessary to avoid drought stress of grass vegetation (*Phleum pratense* L.). Ecological Engineering 113, 21 – 26.

OBRIJETAN, M. (2013). TB-Protect. Design und Entwicklung technisch-biologischer Erosionsschutzsysteme. Projektbericht, Universität für Bodenkultur Wien.

OBRIJETAN, M. (2015). Untersuchungen zur Effizienz und Gebrauchstauglichkeit von technisch-biologischen Erosionsschutzsystemen. Universität für Bodenkultur Wien, Dissertation.

PITHA, U., SCHARF, B., ENZI, V., OBERARZBACHER, S., HANCVENCL, G., WENK, D., STEINBAUER, G., OBERBICHLER, C., LICHTBLAU, A., ERKER, G., FRICKE, J., HAAS, S., PREISS, J. (2011). Leitfaden Fassadenbegrünung. Magistrat der Stadt Wien.

RING, I. (2013). Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis Workshop III: Wälder. Dritte Veranstaltung der Workshop-Reihe des Bundesamtes für Naturschutz und des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ 24. - 27. September 2012, Internationale Naturschutzakademie Insel Vilm.

SCHINDLER, S., ZULKA, K.P., SONDEREGGER, G., OBERLEITNER, I., PETERSEIL, J., ESSL, F., ELLMAUER, T., ADAM, M., STEJSKAL-TIEFENBACH, M. (2016). Entwicklungen zur biologischen Vielfalt in Österreich. Schutz, Status, Gefährdung. Umweltbundesamt, Wien.

SCHLÜTER, U. (1986). Pflanzen als Baustoff: Ingenieurbiologie in Praxis und Umwelt. Berlin: Patzer Verlag.



Abb. 2: Wirkungsweisen ingenieurbiologischer Bauwerke am Beispiel ‚Green Wall‘; schwarz: im Projekt belegte Aussagen, grau: Hypothesen, die durch weitere Forschung nachgewiesen werden müssen.

Fig. 2: Effectiveness of bioengineering measures using the example ‚Green Wall‘, black: project proved statements, grey: hypotheses, which have to be verified in further research

CHRISTINA SCHMIDT, WOLFGANG LANNER, FRANZ NÖHRER

Ingenieurbiologische Sanierungsmaßnahmen flachgründiger Rutschungen an der L704 Sölkpassstraße (Österreich, Steiermark)

Bioengineerical reconstruction methods of shallow landslides at the L704 Sölkpassstraße (Austria, Styria)

Zusammenfassung:

Infolge der heftigen Starkregenereignisse Anfang August 2017 kam es entlang der L704 Sölkpassstraße in den Bezirken Liezen und Murau (Steiermark) zu zahlreichen Hangrutschungen sowie Murgängen, welche auch zu erheblichen Schäden an der Fahrbahn der L704 führten. Teilweise ergänzend zu massiven konstruktiven Maßnahmen wurde versucht die meist oberflächlichen Rutschungen mittels ingenieurbiologischer Maßnahmen zu sanieren. Vor allem stand im Vordergrund die flachgründig abgerutschten Flächen vor weiterer Oberflächen-erosion zu schützen oder diese zumindest zu verringern. Die Entscheidung fiel auf eine Begrünung der Rutschungsflächen mit Hydro- und Trockensaat, das Verlegen von Kokosnetzen und die Verwendung von Weidensteckhölzern. Eine erste Beurteilung der Entwicklung dieser ingenieurbiologischen Sanierungsmaßnahmen erfolgte im Oktober 2018.

Stichwörter:

Ingenieurbiologie, Sölkpass, Steiermark,
Hangrutschung, Erosionsschutz, Hochlagenbegrünung

Abstract:

Due to the heavy rain events at the beginning of August 2017, there were numerous landslides along the L704 Sölkpassstraße in the districts of Liezen and Murau (Styria), as well as debris flows, which also led to considerable damage to the L704's road surface. Partly in addition to massive constructional measures, attempts were made to rehabilitate the mostly superficial landslides by means of bioengineerical methods. Above all, it was important to protect the

flat, slippery surfaces against further surface erosion or at least to reduce them. The decision was made to green the landslides with hydro and dry seeds, to place slope protection mats and to use dormant cuttings (willow sticks). An initial assessment of the development of these bioengineerical remediation measures took place in October 2018.

Keywords:

*(soil) bioengineering, Sölkpass, Styria, landslide,
erosion control (protection), upper shelf greening*

Einleitung

Die früher als „Lebendverbau“ bezeichnete Ingenieurbiologie kann in vielen Bereichen sowohl im ruralen als auch im urbanen Raum eingesetzt werden. Die Anwendungsbereiche umfassen u. a. Begrünungsmethoden an Wiesen und Weiden, Uferbereichen, Böschungen, Hängen, Schipisten, Steinbrüchen, (ehemalige) Mülldeponien oder schwermetallbelastete Böden, sowie Entwässerung und Sicherung von Hängen und Böschungen, als auch den Sportstättenbau oder Dachbegrünungen und Bauwerksbepflanzungen in Siedlungsgebieten und vieles mehr.

Die Ingenieurbiologie vereint in ihren Maßnahmen lebendes Pflanzenmaterial mit totem Material (z.B. Steine) und Hilfsmitteln (z.B. Kokosnetze) und ist eine möglichst landschaftsschonende Sicherungs- und auch Renaturierungsmaßnahme. Vor allem im Umgang mit lebenden Baustoffen ist entsprechende Sorgfalt nötig. Der besondere Baustoff Pflanze benötigt Zeit und Pflege um seine nachhaltige, ressourcenschonende und sichernde Wirkung entfalten zu können.

Dieser Beitrag gibt einen Einblick in die ingenieurbiologischen Sicherungsmaßnahmen

flachgründiger Rutschungen am Sölkpass (Steiermark), wo ingenieurbiologische Maßnahmen in erster Linie als Erosionsschutz zur Anwendung kamen bzw. kommen.

Projekthintergründe

Heftige Starkregenereignisse am 05. und 06. August 2017 führten entlang der L704 Sölkpassstraße in den Bezirken Liezen und Murau (Steiermark) zu zahlreichen Hangrutschungen sowie Murgängen, welche auch erhebliche Schäden an der Fahrbahn der L704 bedingten.

An mehreren Stellen waren Straßenabschnitte unterspült oder weggeschwemmt worden. Bei ca. km 20,0 wurde die Straße auf mehr als 100 Metern Länge samt Straßenaufbau und darin befindlicher Leitungen, darunter auch eine Druckrohrleitung eines Kleinkraftwerks, weg- bzw. abgerissen (siehe Abbildung 1). Die Stromversorgung von St. Nikolai und Mössna war somit nicht mehr gegeben, worauf diese Orte provisorisch mit Strom versorgt werden mussten. Auch zahlreiche Brücken wurden von den Wassermassen ehemals kleiner Gebirgsbäche, welche innerhalb weniger Minuten auf das Vielfache angewachsen sind, mitgerissen.



Abb. 1: Weggerissene Straße samt Unterbau und Leitungen bei ca. km 20,0; 06.09.2017 (Foto: B. Imre, Geolith Consult).

Fig. 1: Ripped off street including roadbed, lines and pipes at ca. km 20,0; 06/09/2017 (picture: B. Imre, Geolith Consult)

Die Totalsperre der Sölkpassstraße erfolgte aufgrund der massiven Schäden und der erforderlichen Sanierungsmaßnahmen bereits am 07. August 2017. Das südlich der Passhöhe gelegene Katschtal, als auch das nördliche Großsölkthal wurden zum Katastrophengebiet erklärt. Um die Sanierungsmaßnahmen durchführen zu können, wurden stellenweise Notumfahrungsstraßen, beispielsweise auf ehemaligen Forstwegen, errichtet. Pioniere des Österreichischen Bundesheeres, sowie die Kameraden der (Freiwilligen) Feuerwehren standen im Dauereinsatz. Die Schäden wurden zum damaligen Zeitpunkt auf 4,5 Mio. Euro geschätzt. Die L704 konnte erst Mitte

Juli des darauffolgenden Jahres geöffnet werden. Doch auch zu diesem Zeitpunkt waren einige Sanierungsarbeiten abseits der Straße noch nicht gänzlich abgeschlossen.

Annäherung an das Projektgebiet

Das Projektgebiet liegt in den Niederen Tauern, einer östlich an die Hohen Tauern anschließende Großgruppe der Zentralen Ostalpen. Klimatisch gesehen kann dieses Gebiet in die Klimaregionen „Nordseite der Niederen Tauern“ und südlich des Hauptkammes der Niederen Tauern in die „Hochlagen der Inneralpen“ gegliedert werden.

Die Klimaregion der „Nordseite der Niederen Tauern“ besitzt bereits deutlich zentralalpine Klimazüge und zeichnet sich gegenüber den nördlich anschließenden Nordstaugebieten durch eine größerer Klimagunst und höhere Höhengrenzen aus. Die Wirkung des Fremdwetters aus westlicher bis nördlicher Richtung ist in diesem „sekundären Staugebiet“ bereits abgeschwächt und äußert sich durch geringere Niederschlags- und Schneemengen, allerdings kaum in geringeren Niederschlags-häufigkeiten als in den Nordstaugebieten. Der Hauptkamm der Niederen Tauern wirkt häufig als Wetterscheide, wodurch sich ein deutlicher Klimaunterschied zu deren Südflanke ergibt. In den „Hochlagen der Inneralpen“ ist ein ausgeprägt zentralalpines Höhenklima anzutreffen, welches sich durch relativ wenig Niederschlag, auffallende Schneearmut, reichlich Sonnenschein im Winter und, allerdings von der Seehöhe abhängigem, vergleichsweise hohem Temperaturniveau auszeichnet (Stichwort „inneralpine Überwärmung“ aufgrund starker Einstrahlung in hohen Lagen bei geringer Bewölkung). Deshalb liegen die Höhengrenzen hoch, die Waldgrenze beispielsweise meist um etwa 2.000 m ü. A. Die Wetterdurchschnittswerte am Sölkpass bewegen sich im Sommer zwischen 6 °C und 19 °C und im Winter zwischen -13 °C und -4 °C.

Nach Drescher-Schneider et al. (2003) war der Sölkpass bereits in der späten Bronzezeit als Saumpfad über die Niederen Tauern erschlossen. Heutzutage verbindet die L704 Sölkpassstraße, oder auch als Erzherzog-Johann-Straße bezeichnete Panoramastraße, das nördliche Ennstal mit dem südlichen Murtal. Die Passhöhe liegt auf 1.788 m ü. A. Der nördliche Straßenabschnitt liegt im Bezirk Liezen, der südliche im Bezirk Murau (beide in der Steiermark gelegen). Die Gesamtlänge der Sölkpassstraße beläuft sich auf 43,07 km. Vor allem im Abschnitt von etwa

km 21,0 bis km 33,6 kam es im Bereich der Straße zu zahlreichen flachgründigen Rutschungen.

Das Gebiet um den Sölkpass ist Teil verschiedener Schutzgebiete (Europaschutzgebiet (FFH-, sowie Vogelschutzgebiet), Naturschutzgebiet, Landschaftsschutzgebiet, sowie Naturpark), weshalb darauf geachtet wurde, die flachgründigen Schäden entlang der Straße, soweit wie aus technischer Sicht machbar, mittels ingenieurbio-logischer Maßnahmen zu sichern und möglichst landschaftsschonend zu renaturieren. Dies wäre allerdings aufgrund des Katastrophenereignisses aus rechtlicher Sicht nicht nötig gewesen, war uns allerdings ein wichtiges Anliegen.

Die ingenieurbio-logisch sanierten Schadstellen erstrecken sich zumeist über Höhenlagen von etwa 1.450 m ü. A. bis auf etwa 1.900 m ü. A. Lediglich zwei Schadstellen liegen auf 1.165 m ü. A. bis 1.195 m ü. A. Die im nördlichen Großsölkthal gelegenen Schadstellen sind allesamt nordwestlich bis nordöstlich exponiert. Hier können sechs größere und ein paar wenige kleinere Schadstellen gezählt werden. Jene im südlichen Katschtal sind durchwegs südlich bis westlich exponiert. Auf dieser Seite des Sölkpasses sind zehn größere und einige kleinere Schadstellen anzutreffen. Insgesamt wurde eine Fläche von ca. 1,7 ha mit ingenieurbio-logischen Maßnahmen saniert.

In erster Linie galt es die flachgründig abgerutschten Flächen vor weiterer Oberflächen-erosion zu schützen oder diese zumindest zu verringern. Aufgrund der ausgewiesenen Schutzgebiete und einem damit verbundenen Wunsch nach möglichst geringen Eingriffen in die Natur war bzw. ist der Einsatz von schwerem Gerät trotz der katastrophalen Umstände, sowie der Geländegegebenheiten und Erreichbarkeit einiger Rutschungsflächen in diesen rutschungsanfälligen Hängen nicht geeignet. Aus diesen Gründen

war die Maßnahmenauswahl beschränkt und es wurde auf ingenieurbioologische Maßnahmen zurückgegriffen, die gänzlich von Hand erledigt werden können. Die Entscheidung fiel auf eine Begrünung der Rutschungsflächen mit Hydro- und Trockensaat, das Verlegen von Kokosnetzen und die Verwendung von Weidensteckhölzern. Diese ingenieurbioologischen Maßnahmen wurden gegebenenfalls kombiniert eingesetzt und ebenso in Kombination mit geotechnischen Sicherungsmaßnahmen an der L704 Sölkpasstraße, wie Polsterdämme oder Steinstützkörper, verwendet.

Die ingenieurbioologisch sanierten Rutschungsflächen liegen zu ca. 15 % im Bezirk Liezen und zu ca. 85 % im Bezirk Murau. Von gesamt 1,7 ha Sanierungsfläche wurde auf 38,6 % der Fläche Hydrosaat und auf 61,4 % Trockensaatgut aufgebracht, da diese Stellen nicht mehr mit Hydrosaat vom LKW aus erreicht werden konnten. Auf 11,5 % der Gesamtfläche (ca. 1.950 m²) wurden die Ansaatmethoden mit dem Verlegen von Kokosnetzen kombiniert. An 7 der 16 größten Schadstellen wurden, rücksichtnehmend auf die Höhenlage der Schadstelle, gesamt 645 Stück Weidensteckhölzer eingeschlagen, welche teilweise auch in den mit Kokosnetzen abgedeckten Bereichen eingeschlagen wurden.

Ingenieurbioologische Maßnahmen im Projektgebiet

Zur Hang- und Böschungssicherung eingesetzte ingenieurbioologische Maßnahmen basieren auf der Zug- und Druckfestigkeit der Pflanzenwurzeln und auf der Entwässerung des Bodens durch Transpiration. Nimmt die Bodenfeuchtigkeit ab, nimmt die Kohäsion der Bodenpartikel zu, der Reibungswiderstand (innerer Reibungswinkel) wird erhöht, der Porenwasserdruck wird geringer und Gesamtlast des Boden-Wassersystems

nimmt ab, wodurch die Scherfestigkeit und die Standsicherheit von Böschungen und Hängen erhöht werden. Diese Wirkung ist jedoch von der möglichen Wurzeltiefe, welche je nach Art der Gräser und Kräuter oder auch Gehölze und je nach Bodenverhältnissen stark variieren kann, abhängig. Die Wurzeln von Gräsern reichen bei intensiver Durchwurzelung je nach Art bis in die oberen 20–50 cm des Bodens. Kräuter wurzeln noch tiefer. Kutschera und Lichtenegger (2002) sprechen bei Gehölzen je nach Art und Bodenverhältnissen von Wurzeltiefen zwischen 0,5 m und maximal 4,0 m. Zudem vermag eine mit Pflanzen bedeckte Bodenoberfläche die Prallwirkung von Niederschlägen zu vermindern und zu verzögern, fängt Niederschläge auf, lässt sie langsam in den Boden sickern oder abfließen und schützt somit vor Oberflächenerosion. Des Weiteren wirken sich Pflanzen durch deren Wurzelausscheidungen, oder auch die Förderung von Bodenlebewesen positiv auf die Bodenentwässerung und Standsicherheit des Bodens aus.

Allgemeine Anmerkungen zu den verwendeten ingenieurbioologischen Bauweisen und Materialien:

Als Saatgutmischung wurde von der Kärntner Saatbaugenossenschaft reg.Gen.m.b.H. die Mischung „ReNatura® Alpin A1“, eine Spezialbegrünungsmischung für alpine Standorte mit saurem Ausgangsgestein ab 1.700 m ü. A., gewählt. Dieses Saatgut wurde sowohl als Trockensaat, als auch in der Hydrosaat verwendet. Für die Hydrosaat wurden Wasser als Trägerstoff, o.g. Saatgut, Klebemittel und Bodenhilfsstoffe (organischer Dünger) vermengt. Der Vorteil der Verwendung eines organischen Düngers liegt in der längeren Verfügbarkeit der Nährstoffe für die Pflanzen. Die Keimlinge von Gräser-Kräuter-Mischungen ernähren sich in den ersten 1–2 Monaten vom Nähr-

gewebe des Samens, erst danach können sie die Nährstoffe aus dem Boden aufnehmen.

Aus den Ästen der autochthonen Großblattweide (*Salix appendiculata*), teilweise auch deren Hybriden mit der Salweide (*Salix caprea*), doch vor allem der Purpurweide (*Salix purpurea*) wurden ca. 40 cm lange und 2-5 cm starke Weidensteckhölzer an einem etwas tiefer gelegenen Standort auf etwa 1.200 m ü. A. geschnitten. Diese wurden so in den Boden eingeschlagen, dass nur mehr 5 cm bis max. 8 cm aus dem Boden ragten. Die Verwendung von Weidensteckhölzern aus der Salweide (*Salix caprea*) wird nach Hörandel et al. (2012) allerdings nicht als sehr sinnvoll erachtet, da deren Austriebsvermögen bei nur 50 % liegt und dies nur unter idealen Wuchsbedingungen und einem Schnitzeitpunkt direkt nach der Blüte, was in diesem Fall beides nicht gegeben ist. Im Nahbereich der Straße wurden keine Weidensteckhölzer verwendet, um eine spätere Beeinträchtigung des Lichtraumprofils gar nicht erst aufkommen zu lassen.

Als Kokosnetze wurde Gewebe aus 100 % Kokosfaser, 400 g/m² in Rollen à 2,0 m x 50,0 m, verwendet. Diese wurden min. 10 cm überlappend verlegt und mit Holznägeln fixiert. Wichtig bei der Verwendung von organisch abbaubaren Geotextilien ist, dass diese locker und sich dem Gelände anpassend aufgelegt werden. Aus ökologischen Gründen wurden die Kokosnetze mit Holznägeln (2,5 cm x 2,5 cm x 45,0 cm) befestigt. Dazu wurde Robinienholz (*Robinia pseudoacacia*) verwendet, da dieses weniger spröde und langlebiger als beispielsweise jenes von Fichten ist. Nur wo dies unbedingt nötig war, z.B. an den Rändern der Netzflächen, wurden Eisennägel verwendet um die Kokosnetze zu verankern. Die Holznägel wurden im Dreiecksverband (meist 1 x 1 x 1 m) etwa bis zur Hälfte eingeschlagen, da diese somit

auch als Schneefang wirken. Das Einschlagen im Drecksverband ist zudem ratsam um keine neuen Abrisskanten durch Einschlagen der Nägel entlang einer Linie zu initiieren.

Die ingenieurbioologischen Sanierungsmaßnahmen wurden in zwei Bauphasen, die erste im Oktober 2017 und die zweite im Juli 2018, durchgeführt. Wobei im Oktober 2017 nur noch die notwendigsten Schritte, in Abstimmung mit den anderen vor Ort tätigen Gewerken, vor dem Wintereinbruch durchgeführt werden konnten. Im Folgenden werden vier ausgewählte Schadstellen samt Typus der an diesen Stellen getroffenen ingenieurbioologischen Sanierungsmaßnahmen dargestellt und die Gründe für deren Einsatz erläutert.

Schadstelle bei km 20,0:

Hier war in Folge der Starkniederschläge vom 05. und 06. August 2017 ein Teil der Verwitterungsschwarte entlang der Hangflanke abgerutscht. Zudem hatte der Großsölkbach im Bereich des Hangfußes einen umfangreichen Abschnitt erodiert – die Fahrbahn samt Fahrbahnaufbau, sowie sämtliche Leitungen, darunter auch eine Druckrohrleitung, wurden massiv beschädigt.

Am Hangfuß wurde ein Polsterdamm (etwa 95 m lang, 10 Lagen à 60 cm) errichtet. Im darüber liegenden Bereich war bzw. ist hier aus ingenieurbioologischer Sicht vor allem ein Erosionsschutz der Fläche wichtig, welcher durch Begrünungs- und Bepflanzungsmaßnahmen wiederhergestellt werden kann. Der gesamte Rutschungsbereich oberhalb des Polsterdamms wurde mit Kokosnetzen abgedeckt und diese Flächen mittels Hydrosaat begrünt. Im linken und rechten Randbereich, sowie vereinzelt in kleinen Rinnenstrukturen, wurden Weidensteckhölzer eingeschlagen.



Abb. 2:
Schadstelle bei ca. km 20,0
etwa einen Monat nach
den Unwetterereignissen;
06.09.2017
(Foto: C. Schmidt).

Fig. 2:
*Damaged spot at ca.
km 20,0 about one month
after catastrophic event;
06/09/2017
(picture: C. Schmidt).*



Abb. 3:
Schadstelle bei ca. km 20,0
am Ende der zweiten
Bauphase; 24.07.2018
(Foto: C. Schmidt).

Fig. 3:
*Damaged spot at ca.
km 20,0 at the end of
second reconstruction
phase; 24/07/2018 (picture:
C. Schmidt).*

Schadstelle bei km 30,7:

Auslöser dieser Rutschung war ein weiter oben gelegener Wasseraustritt in einer Rinne, welcher talwärts stetig mehr und mehr Geschiebe mit sich führte und in seinem Verlauf zu oberflächlichen Rutschungen (Blaiken) führte. Es konnten zwei Rutschungsabschnitte definiert werden – ein oberer und ein unterer (siehe Abbildung 4) Rutschungsabschnitt. Letzterer reicht bis zur ersten, von der Straße aus zu sehenden Gelände-

kante. Da es sich nur um eine oberflächliche Rutschung handelte, war die grundsätzliche Stabilität des Hanges, v. a. bei der vorhandenen Körnung, durchaus gegeben. Wichtig war bzw. ist auch hier vor allem ein Erosionsschutz der Fläche, welcher durch Begrünungs- und Bepflanzungsmaßnahmen wiederhergestellt werden kann.

An dieser Schadstelle wurden noch im Herbst 2017 der untere Böschungsbereich neben dem Straßenlauf der L704 mittels Schotterdrainagestützrippen (y-förmig; 3 Stk.) saniert, diese



Abb. 4:
Schadstelle bei ca. km 30,7
etwa einen Monat nach
den Unwetterereignissen;
06.09.2017
(Foto: C. Schmidt).

Fig. 4:
*Damaged spot at ca.
km 30,7 about one month
after catastrophic event;
06/09/2017
(picture: C. Schmidt).*



Abb. 5:
Schadstelle bei ca. km 30,7
am Ende der zweiten
Bauphase; 24.07.2018
(Foto: C. Schmidt).

Fig. 5:
*Damaged spot at ca.
km 30,7 at the end of
second reconstruction
phase; 24/07/2018 (picture:
C. Schmidt).*

entsprechend drainagiert und die Hangwässer somit gesammelt und gezielt abgeleitet. Ergänzend dazu wurden im darüber liegenden Bereich und zwischen den Schotterrippen ingenieurbioologische Maßnahmen eingesetzt. Diese Flächen wurden mit Kokosnetzen abgedeckt und mittels Hydrosaat, bzw. weiter oben per Hand durch das Ausbringen von Trockensaatgut, begrünt. Auf ein Einschlagen von Weidensteckhölzern wurde an dieser Schadstelle aufgrund der Höhenlage (ca. 1.790 m ü. A. bis ca. 1.900 m ü. A.) verzichtet.

Schadstelle bei km 32,4:

Hier war ein Teil der Verwitterungsschwarte einer Randmoräne abgerissen und abgerutscht. Da es sich nur um eine oberflächliche Rutschung handelte, die durch die Extremniederschläge ausgelöst wurde, war bzw. ist die grundsätzliche Stabilität des Hanges, v. a. bei der vorhandenen Körnung, durchaus gegeben. Das damals im oberen Rutschungsbereich des Hanges, austretende



Abb. 6:
Schadstelle bei ca. km 32,4
etwa einen Monat nach
den Unwetterereignissen;
06.09.2017 (Foto: C.
Schmidt).

*Fig. 6:
Damaged spot at ca.
km 32,4 about one month
after catastrophic event;
06/09/2017 (picture: C.
Schmidt).*



Abb. 7:
Schadstelle bei ca. km 32,4
am Ende der zweiten
Bauphase; 24.07.2018;
diese Fläche wurde
bereits im Zuge der ersten
Bauphase im Oktober 2017
fertiggestellt (Foto: C.
Schmidt).

*Fig. 7:
Damaged spot at ca.
km 32,4 at the end of
second reconstruction
phase; 24/07/2018 (picture:
C. Schmidt).*

Wasser musste gefasst und gezielt mittels Drainagen ausgeleitet werden. Wichtig war bzw. ist auch hier vor allem ein Erosionsschutz der Fläche, welcher durch Begrünungs- und Bepflanzungsmaßnahmen wiederhergestellt werden kann.

Diese Schadstelle wurde noch im Herbst 2017 mittels Schotterdrainagestützrippen saniert. So konnte die Böschung stabilisiert werden, indem die Reibung im Hang erhöht und die Hangwässer gesammelt und gezielt abgeleitet wurden. Der gesamte Rutschungsbereich wurde

mit Hydrosaat und im oberen Bereich mit Trockensaat begrünt. In den oberen Randbereichen wurden Weidensteckhölzer eingeschlagen.

Schadstelle bei km 33,55:

An dieser Schadstelle kam es zu erheblichen Ablagerungen des vom Aargrabenbach mitgebrachten Gerölls im sich aufweitenden Bereich vor dem Straßenverlauf der L704. Der Durchlass unter der Straße war durch Geschiebe sowie Holz verstopft bzw. verklaut.



Abb. 8:
Schadstelle bei ca.
km 33,55 etwa einen
Monat nach den
Unwetterereignissen;
06.09.2017 (Foto: C.
Schmidt).

*Fig. 8:
Damaged spot at ca.
km 33,55 about one month
after catastrophic event;
06/09/2017 (picture: C.
Schmidt).*

Das Bachbett wurde beräumt und der Durchlass bereinigt. Die Uferböschungen des Aargrabenbaches und der Bereich oberhalb des Durchlasses wurden mit Kokosnetzen abgedeckt und mittels

Hydrosaat begrünt. Zudem wurde der orographisch rechte Uferbereich ab etwa 1 m oberhalb der Mittelwasserlinie mit Weidensteckhölzern versehen.



Abb. 9: Schadstelle bei ca. km 33,55 am Ende der zweiten Bauphase; 24.07.2018; diese Fläche wurde bis auf die Weidensteckhölzer bereits im Zuge der Ersten Bauphase im Oktober 2017 fertiggestellt (Foto: C. Schmidt).

Fig. 9: Damaged spot at ca. km 33,55 at the end of second reconstruction phase; 24/07/2018 (picture: C. Schmidt).

Aktuelle Entwicklung der Ingenieurbiologischen Maßnahmen

Im Zuge der letzten Nachbegehung dieses Jahres am 11. Oktober 2018 wurde der Zustand und Entwicklungsgrad der ingenieurbiologischen Maßnahmen beurteilt.

Für die bemerkenswerte Höhenlage und die damit verbundene kurze Vegetationsperiode, sowie den Nährstoffmangel an diesem Standort, ist der Entwicklungsgrad der Begrünung zufriedenstellend. Auch unter Anbetracht des späten An- bzw. Nachsaatzeitpunktes im Juli dieses Jahres und der bereits kalten Nächte ist das Aufkom-

men und Wachsen der Hydro- und Trockensaat an diesen Standorten als mäßig bis teilweise gut zu bewerten und kann aktuell nicht mehr erwartet werden. Stichprobenhalber wurde an einer Stelle bei km 20,0 eine kleine Grassode entnommen. Die Wurzeln weisen hier bereits eine Entwicklung bis zu 12 cm auf (siehe Abbildung 10).

Bei einer vorangegangenen Begehung Ende August 2018, etwa eineinhalb Monate nach dem Einschlagen der Steckhölzer, wurde beobachtet, dass durchschnittlich etwa 75–80 % der Weidensteckhölzer erfolgreich austreiben konnten. Es ist allerdings häufig zu beobachten, dass nach einem ersten Austrieb einige wenige Steckhölzer zurücktrocknen und somit ein gewisser



Abb. 10: Entwicklung der Gräser-Kräutermischung – stichprobenhafte Entnahme einer Grassode; 11.10.2018 (Foto: C. Schmidt).

Fig. 10: Development of grass-herb mixture – sample taking of a sod; 11/10/2018 (picture: C. Schmidt).

nachträglicher Ausfall verzeichnet werden kann. Aktuell kann festgehalten werden, dass etwa 70 % der Weidensteckhölzer erfolgreich ausgetrieben sind und wohl auch die kommende Winterperiode überstehen werden. Vereinzelt waren die Triebe der Weidensteckhölzer verbissen. Der Anteil des Verbisses beläuft sich allerdings maximal auf 3 % aller Steckhölzer. Zur Beurteilung der Wurzelentwicklung wurde exemplarisch ein Weidensteckholz (Purpurweide, *Salix purpurea*) behutsam ausgegraben. Es können bereits erste

Wurzeln erkannt werden (siehe Abbildung 11). Berücksichtigt man die noch geringe Wurzelmasse, ist es besser, dass das Weidensteckholz nicht zu viele Triebe entwickelt hat um sich selbst ausreichend versorgen zu können. Zudem wäre die Pflanze stärker der Gefahr der Frosttrocknis ausgesetzt, was sich dadurch äußert, dass die Pflanze zwar noch Wasser durch Transpiration verliert, allerdings aus dem gefrorenen Erdreich kein Wasser mehr aufnehmen kann und somit vertrocknet.



Abb. 11:
Wurzelerwicklung eines
Weidensteckholzes
(Purpurweide, *Salix
purpurea*); 11.10.2018 (Foto:
C. Schmidt).

Fig. 11:
Root development of a
dormant cutting (*Salix
purpurea*); 11/10/2018
(picture: C. Schmidt).

Die verlegten Kokosnetze haben zum Teil bereits eine Winterperiode fast gänzlich schadensfrei überstanden, mit Ausnahme einer etwa 1 m² kleinen Stelle, was jedoch in Anbetracht der großen Flächen, die gesichert wurden, vernachlässigt werden kann.

Ausblick

Als weiterer Schritt ist zu Beginn der nächsten Vegetationsperiode im Frühjahr 2019, sobald die

Schadstellen schneefrei sind und der Boden nicht mehr friert, eine Pflegedüngung geplant. Dies wird in diesen Höhenlagen etwa Ende Mai/Anfang Juni möglich bzw. sinnvoll sein. Es wird ein stickstoffbetonter, organischer Volldünger vor allem in flüssiger Form aufgebracht werden, um sowohl den Weidensteckhölzern einen Nährstoffnachschub zur Verfügung zu stellen, doch vor allem, um die Gräser-Kräuterentwicklung zu fördern, wodurch die rasche Entwicklung einer geschlossenen Grasnarbe unterstützt werden soll. Vereinzelt kann

im Zuge dieser Pflegemaßnahme nachgesät und können, wenn möglich, Eisennägel entfernen oder durch Holznägel ersetzt werden.

Auch die Errichtung eines Kulturschutzzaunes um die frisch angelegten und angesäten Flächen kann sinnvoll sein, um die Flächen anfangs vor Viehritten zu schützen.

Generell ist anzumerken, dass die Zeitfenster für Maßnahmen im Projektgebiet aufgrund der kurzen Vegetationsperiode und auch beschränkter Arbeitszeiträume in Abstimmung mit anderen Gewerken stark begrenzt waren, doch das Katastrophenergebnis erforderte eine sofortige Reaktion, unabhängig von der Jahreszeit. Wenn möglich sollten ingenieurbioologische Baumaßnahmen generell zeitlich sinnvoll gelegt werden. Beispielsweise sollten, die Ansaat und Pflanzarbeiten früh im Jahr beginnen, um eine längere Zeitspanne für das Keimen, Aufkommen und Anwachsen zu ermöglichen. Derzeit ist eine ÖNORM zur Hochlagenbegrünung in Arbeit, in welcher verschiedene Gesichtspunkte der Begrünung in solchen Gebieten erfasst und normiert werden.

Abschließend wird noch auf einen zunehmend an Bedeutung gewinnenden Aspekt hingewiesen – das Neophytenmanagement. Es ist unumgänglich in Gebieten wie jenen um den Sölkpass darauf zu achten keine invasiven Neophyten (IAS – invasive alien species) einzubringen. Diese Areale sind aktuell größtenteils noch gänzlich frei von invasiven Arten und dieser Zustand sollte bestmöglich erhalten bleiben. Deshalb ist darauf zu achten, kein ortsfremdes und möglicherweise mit IAS kontaminiertes Erdmaterial zuzuführen. Sind invasive Neophyten bereits vor Ort vorhanden, dann ist bei den Erdarbeiten darauf zu achten, dass das Erdmaterial dieser Standorte nicht noch weiter verbreitet wird.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Christina Schmidt, BSc.

Geolith Consult Hermann und Loizenbauer OG
Walter-Goldschmidt-Gasse 35/5, 8042 Graz
c.schmidt@geolith.at

Ing. Wolfgang Lanner

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Abteilung 16 Verkehr und Landeshochbau
Referat Liegenschaften und technische Dienste
Landschaftsbau
Stempfergasse 7, 8010 Graz

DI Franz Nöhler

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Abteilung 16 Verkehr und Landeshochbau
Fachabteilung Straßenerhaltungsdienst
Referat Bauwerkserhaltung und Geotechnik
Petrifelderstraße 104, 8041 Graz

Literatur / References:

AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG:
GIS-Steiermark – Digitaler Atlas der Steiermark. Online: <http://www.landesentwicklung.steiermark.at/cms/ziel/141979637/DE/>. Stand: 25.09.2018.

DRESCHER-SCHNEIDER R., HEBERT B., MANDL-NEUMANN H., MANDL F. (2003):
Sölkpass – Ein 6000 Jahre alter Saumpfad über die Alpen. ANISA, Verein für alpine Felsbild- und Siedlungsforschung. Haus im Ennstal.

FLORINETH F. (2004):
Pflanzen statt Beton, Handbuch zur Ingenieurbioologie und Vegetationstechnik. Patzer Verlag, Berlin-Hannover.

HÖRANDL E., FLORINETH F., HADACEK F. (2012):
Weiden in Österreich und angrenzenden Gebieten. 2. Auflage. Eigenverlag des Institutes für Ingenieurbioologie und Landschaftsbau, Department für Bautechnik und Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien. Wien.

KUTSCHERA L., LICHTENEGER E. (2002):
Wurzelsatlas von Waldbäumen und Sträuchern. Stocker-Verlag. Graz.

**HANSJÖRG HUFNAGL, WOLFRAM BITTERLICH, MATHIAS HOFER,
THOMAS LAMPALZER, EUGEN LÄNGER, ELMAR PLANKENSTEINER, REINHARD RIBITSCH**

Natur und Wildbachverbauung

Die Auseinandersetzung des österreichischen Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung mit Natur, Umwelt und Ökologie

Nature and torrent control

*Forest Technical Service for Torrent and Avalanche Control in Austria:
The constant challenge of examining and debating on nature, environment
and ecology.*

Zusammenfassung:

Der Artikel gibt Einblick in die Entwicklung des Natur- und Umweltschutzgedankens beim Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung in Österreich. Dabei wird auf historische Zusammenhänge, die Naturschutzgesetzgebung, das sich ändernde gesellschaftliche Umfeld eingegangen und auf einige in diesem Kontext errichtete Hochwasserschutzprojekte hingewiesen. Im Vordergrund steht die Weiterentwicklung der ökologischen Kompetenz im Dienstzweig. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Tätigkeit der ersten Arbeitskreise und des Fachbereiches Ökologie näher eingegangen.

Stichwörter:

Ökologie, Fachbereich, Naturschutz, Pilotprojekte, Organisationsgeschichte

Abstract:

This paper provides an insight into the development of environmental care within the Forest Technical Service for Torrent and Avalanche Control in Austria.

The ecological competence is pointed out regarding to the historical context, the changing social and cultural environment as well as the legislation of nature protection; furthermore historical and ongoing nature-oriented torrent control projects are shown. The constant improvement of ecological competence is paramount.

Keywords:

Ecology, nature protection, pilot projects, organisation history

Einleitung

Wildbachprozesse und Massenbewegungen sind physikalische Phänomene, die unter bestimmten Voraussetzungen auftreten, und von Grundgestein, Boden, Vegetation und Wetter abhängig sind. Einen wesentlichen Faktor stellen außerdem die Höhenunterschiede dar, die mehr oder weniger große Reliefenergien freisetzen können. Das Zusammenwirken all dieser Ursachen bewirkt und bestimmt das Ausmaß und den Ablauf der Ereignisse. Inwiefern Ereignisse in einem bestimmten Raum als Schadereignisse wahrgenommen werden, hängt davon ab, ob dieser Raum als Kulturraum definiert ist und welcher Art die davon berührten menschlichen Interessen sind. Die Auswirkungen dieser Schadensereignisse reichen von Belästigungen bis zu Zerstörungen und bis zu Veränderungen des betroffenen Raumes.

Der Forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV) wurde 1884 zum Schutz von Kulturraum und der in ihm lebenden Menschen mit ihren Gütern vor Wildbach- und Lawinenzuständen gegründet. Hierfür ist es erforderlich, dass die Schutzmaßnahmen – technische, waldbauliche und ingenieurbiologische – hohe Wirksamkeit, Stabilität und Lebensdauer aufweisen. In diesem Zusammenhang stattfindende Störungen von Ökosystemen sollen möglichst gering gehalten werden. Langfristig soll ein guter ökologischer Zustand (hohes ökologisches Potential) – etwa eines Gewässers – erreicht werden.

Zum Naturschutzgedanken im politischen und gesellschaftlichen Umfeld

Die *ökologische Wende des späten 20. Jahrhunderts* geht ideengeschichtlich auf jene Umweltbewegung zurück, die in den 1960er Jahren in den USA und in Europa entstand und ist Teil

eines Clusters von sozialen Reformbewegungen, die ihren Hauptanliegen nach nicht neu sind (vgl. Huber 2011: 109-113 und Frank, Fuentes 1990. In: Huber 2011: 111). Umweltverträgliches Handeln existierte auch davor, jedoch ist es nicht zwingend zugleich umweltorientiert. Es ist vielmehr auf die alltägliche Selbstverständlichkeit innerhalb der jeweiligen kulturtechnischen Rahmenbedingungen zurückzuführen. Darauf verweist auch Schäfers (vgl. 2003: 158f.) in seiner Arbeit zum ökologischen Bauen. Die erste Konstituierungsphase der späteren Umweltbewegung in Österreich reicht auf den Heimat-, Denkmal- und Naturschutz um 1900 zurück (vgl. Pils 1994 und Zimmer 1987. In: Schmid, Veichtlbauer 2006: 15). Der Österreichische Naturschutzbund (ÖNB) wird ab 1924 aktiv (vgl. Weisz, Payer 2005: 72. In: Schmid, Veichtlbauer 2006: 16). Das wichtigste Naturschutzziel dieser Phase ist Landschaftskonservierung. In der Nachkriegszeit nehmen Veränderungen der Landschaft sprunghaft zu. Die Naturschutzbewegungen erzielen Erfolge, doch bleibt ihr politischer Einfluss in den 1950er und 1960er Jahren gering. (vgl. a.a.O.: 74-79. In: Schmid, Veichtlbauer 2006: 16f.) Erst in die zweite Konstituierungsphase fallen die eigentlichen Umwelt- und Ökologiebewegungen, die in Österreich frühestens ab den 1960er Jahren zu datieren sind (vgl. a.a.O.: 69-80. In: Schmid, Veichtlbauer 2006: 15f.) und in den 1970er Jahren (vgl. a.a.O.: 74-79. In: Schmid, Veichtlbauer 2006: 16f.) erstarken. Sie befassen sich weniger mit einer zu bewahrenden äußeren Natur, als mit von Menschen verursachten und Menschen schädigenden Umweltveränderungen. (vgl. ebd.) Weltweit in Aufwind gerät die Umweltbewegung zeitgleich mit dem Beginn der Debatte über die Grenzen des Wachstums. Ihren vermutlich wichtigsten Impuls erhält sie durch breite Rezeption des 1972 zu diesem Thema erscheinenden Club-

of-Rome-Reports (vgl. Meadows, Meadows, Zahn u.a. 1972). Die Umweltbewegung in Österreich greift unter anderem das Thema Energieversorgung auf, was wesentlich zu ihrer breiteren politischen Wahrnehmung beiträgt. Um die Zeit der sogenannten ‚Zweiten Internationalen Ölkrise‘ 1980 – bis etwa Mitte der 1980er Jahre – formieren sich in Österreich mehrere Vereinigungen und Institute, die biologisch-ökologische Anliegen unterschiedlicher Ausrichtungen vertreten (vgl. Schmid, Veichtlbauer 2006: 85f.). Politisch etablieren sich Umwelt- und Ökologiebewegungen in Österreich in den 1980er und 90er Jahren (vgl. Weisz, Payer 2005: 69-80. In: Schmid, Veichtlbauer 2006: 15f.), etwa durch die ‚Besetzung‘ eines Stücks Donauauwald bei Hainburg 1984 mit dem Ziel, die unmittelbar bevorstehende Errichtung eines Wasserkraftwerks zu verhindern. Was den österreichischen Naturschutz betrifft, so prosperiert er durch die Umweltbewegung, geht aber nicht in ihr auf. Vielmehr positioniert er sich ab den 1980er Jahren neu: Naturschutz ist nun weniger ästhetisch als ökologisch begründet, seine Argumentation wird naturwissenschaftlich. (vgl. a.a.O.: 74-79. In: Schmid, Veichtlbauer 2006: 16f.)

Mit den semantischen Veränderungen, die der Ökologie-Begriff durchläuft, entsteht eine beträchtliche Kluft zwischen seiner ‚klassischen‘ Bedeutung und seinem alltäglichen Gebrauch. Als Fremdwort in der deutschen Sprache steht Ökologie formell für die Wissenschaft von den Beziehungen der Lebewesen zu ihrer Umwelt, den Wechselbeziehungen zwischen den Lebewesen und ihrer Umwelt sowie für einen ungestörten Haushalt der Natur (vgl. Wermke, Klosa, Kunkel-Razum u. a. Hg. 2001a: 692). In etymologischer Hinsicht entsteht der Begriff Ökologie im 19. Jahrhundert aus dem griechischen Wort οἶκος (dt. oikos) in Verbindung mit -logie. Oikos bedeutet Haus, Haushaltung, auch Heimat. (vgl. a.a.O.:

691) Das Wortbildungselement -logie steht für Lehre, Kunde, Wissenschaft. Es ist abgeleitet vom griechischen Terminus λόγος (dt. logos) für Rede, Wort, auch für Vernunft und wissenschaftliche Untersuchung. (vgl. ders. 2001b: 492) Erstmals lässt sich das Wort Ökologie 1858 im Englischen bei Thoreau (vgl. a.a.O.: 570f.) feststellen, im Deutschen taucht es erstmals 1866 bei Haeckel auf (vgl. ebd.). Zu einer Parole der Umweltbewegung wird der Begriff in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Hier meint er einen angestrebten ungestörten Haushalt der Natur. (vgl. ebd.) In diesem Zusammenhang bedeutet das Adverb ökologisch so viel wie alternativ, grün im politischen Sinne, naturbewusst, umweltbewusst, umweltfreundlich, umweltschonend und umweltverträglich (vgl. Wermke, Kunkel-Razum, Scholze-Stubenrecht (Hg.) 2006: 653). Spätestens in den 1980er Jahren findet ein Ökologie-Begriff Eingang in die Alltagssprache, der auch so viel wie ‚alternativ zur herkömmlichen Praxis‘ bedeutet. Insbesondere gilt das für die Bewertung von Natur, Umwelt, Gesundheit und Ressourcen aus unterschiedlichen Perspektiven, darunter auch aus ethischen und spirituellen. Diese Inhalte laden den Ökologie-Begriff nicht zuletzt als Kampfbegriff auf. An der ‚klassischen‘ naturwissenschaftlichen Begriffsdefinition von Haeckel (Haeckel 1866 Bd. 2: 286) werden unterschiedliche Modifikationen und Präzisierungen vorgenommen, in denen sich wissenschaftliche Ausdifferenzierungen und Erkenntnisfortschritte niederschlagen. Exemplarisch sei hier die 132 Jahre später entstandene Definition von Bick genannt: „Ökologie ist die Wissenschaft vom Stoff- und Energiehaushalt der Biosphäre und ihrer Untereinheiten (zum Beispiel Ökosysteme) sowie von den Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Organismen, zwischen Organismen und den auf sie wirkenden Umweltfaktoren sowie zwischen den einzelnen unbelebten Umweltfaktoren.“ (Bick 1998: 8)

Rechtliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen

Bundesgesetzgebung

Die staatliche forstliche Gesetzgebung reicht bis in die beginnende Neuzeit zurück: Es waren dies die verschiedensten Waldordnungen, die aus Gründen der Schutzwirkungen des Waldes und wegen der notwendigen „volks- und betriebswirtschaftlichen Nachhaltigkeit“, insbesondere der Berg- und Hüttenbetriebe, erlassen wurden.

Die erste gesamtstaatliche Regelung war das Reichsforstgesetz 1852 (Kaiserliches Patent vom 3. Dezember 1852, RGBl. Nr. 250), welches die „flächige Nachhaltigkeit“ forderte (§ 2: „...Kein Waldgrund darf der Holzzucht entzogen werden....“)

Das Bundesgesetz Nr. 440 vom 3. Juli 1975 (FG 1975), mit dem das Forstwesen geregelt und das grundlegend für den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinverbauung ist, wird geprägt von dem sehr ökologischen Begriff der „Nachhaltigkeit“. Diese gesetzliche Vorgabe zeigt sich deutlich in zahlreichen Paragraphen wie z.B. gleich im § 1 Nachhaltigkeit und § 4 Neubewaldung oder im gesamten III. Abschnitt zur Erhaltung des Waldes und der Nachhaltigkeit seiner Wirkungen und war revolutionär für die damalige Zeit. Auch heute noch ist dieser Grundgedanke wegweisend und im Dienstzweig der WLW verankert.

Das erste gesamtstaatliche Wasserrechtsgesetz war das Bundesgesetz, betreffend das Wasserrecht, BGBl. 316/1934, welches die bestehenden Wasserrechts-Landesgesetze ablöste. Dieses wurde im Jahre 1959 als „WRG 59“, BGBl. Nr. 215/1959, neu verlautbart.

Mit der Novelle 1985 des Wasserrechtsgesetzes wurde mit dem § 105 das öffentl. Interesse an der *Erhaltung der ökologischen Funkti-*

onsfähigkeit der Gewässer festgeschrieben. Damit hat in vielerlei Hinsicht die „Ökologisierung“ des Wasserrechts begonnen.

Weitere Akzentuierung erfuhr das Wasserrecht mit der Novelle 1990, in der festgeschrieben wurde, dass ein Teil des zufließenden Wassers zur Erhaltung der ökologischen Funktionsfähigkeit erhalten bleiben muss (Restwassermenge), das öffentliche Wassergut auch der Erhaltung der ökologischen Funktionsfähigkeit der Gewässer dient und dass unter dem „Schutz des Gewässers“ die Erhaltung der natürlichen Beschaffenheit des Gewässers und der für die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewässer maßgeblichen Uferbereiche zu verstehen ist.

„Die Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EU Wasserrahmenrichtlinie – WRRL) ist am 22. Dezember 2002 in Kraft getreten. Sie stellt Qualitätsziele auf und gibt Methoden an, wie diese zu erreichen und gute Wasserqualitäten zu erhalten sind. Oberstes Ziel ist die „Vermeidung einer weiteren Verschlechterung“ (Verschlechterungsverbot) sowie der „Schutz und die Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängigen Landökosysteme“ (Verbesserungsgebot). Bis Ende 2015, 2021 bzw. 2027 müssen schrittweise die Umweltziele der WRRL: der gute Zustand der Oberflächengewässer (guter ökologischer und guter chemischer Zustand) sowie der gute Zustand des Grundwassers (guter chemischer und guter mengenmäßiger Zustand) erreicht sein.

Die WRRL wurde in Österreich mit der WRG-Novelle 2003, BGBl. I Nr. 112/2003, die am 22.12.2003 in Kraft getreten ist, in nationales Recht umgesetzt (https://www.bmnet.gv.at/wasser/wasser-eu-international/eu_wasserrecht/Wasserrahmen-RL.html). Wesentliche Eckpunkte

des Wasserrechtsgesetzes sind demnach die Paragraphen § 55c (Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan) § 55f (Maßnahmenprogramme zur konkreten Umsetzung der festgelegten Umweltziele) oder § 104a (Verschlechterungsverbot).

Die gesetzliche Grundlage für Förderungen des Wasserbaues aus Bundesmitteln ist das Wasserbautenförderungsgesetz 1985 (WBFG) BGBl. Nr. 148/1985. In diesem Gesetz sind jene Maßnahmen aufgelistet, die im Sinne des öffentlichen Interesses stehen, wie z.B. zum Schutz gegen Wasserverheerungen, Lawinen, Muren und Rutschungen. Mit Inkrafttreten der WRRL werden nach § 1 Abs.1.i auch Vorhaben zur Sicherung und Verbesserung des ökologischen Zustandes der Gewässer gefördert. Als ökologischer Zustand gilt nach § 2 Abs. 17 der in § 30a Abs. 3 Z 4 WRG 1959 definierte Zustand.

Zu erwähnen sind noch die Änderungen des Bundesgesetz Nr. 102/2002 über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (AWG). Um schädliche oder nachteilige Einwirkungen auf Mensch, Tier und Pflanze, deren Lebensgrundlagen und deren natürliche Umwelt bestmöglichst zu vermeiden, wurde u.a. auch der Umgang mit Boden- und Erdaushubmaterial sowie die Verwertung und Aufbringung erneut verschärft.

Landesgesetzgebung

Die Naturschutzgesetzgebung der Bundesländer beginnt Mitte der 1970er Jahre. Den Anfang machen Niederösterreich und die Steiermark 1976 sowie ein Jahr später Salzburg. In einer zweiten Etappe folgen in den 1980er Jahren Oberösterreich 1982, Wien 1985 und Kärnten 1986. Der Abschluss fällt in die 1990er Jahre mit dem Burgenland 1990, Tirol 1991 und zuletzt mit Vorarlberg 1997. (Vgl. Schmid, Veichtlbauer 2006: 84-87)

Non Government Organisationen

1963 wird der Umweltverband WWF Österreich als nationale Sektion des World Wide Fund For Nature gegründet. (vgl. Streit 2007). Eines der derzeit sieben Hauptthemen betrifft Flüsse und in weiterer Folge Gewässerschutz (vgl. WWF 2018). In den 1980er Jahren entstehen mehrere kleinere Bewegungen, die regional begrenzte Anliegen vertreten. Als Beispiel dazu sei die Initiative Oberes Kremstal für Mensch und Natur, gegründet 1982 (Schmid, Veichtlbauer 2006: 85), genannt. Zwei weitere große Organisationen: werden ebenfalls in den 1980-er Jahren gegründet: Global 2000, gegründet 1982, und Greenpeace Österreich, gegründet 1983 (vgl. Schmid, Veichtlbauer 2006: 85).

Zur Entwicklung des Naturschutzgedankens innerhalb des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung.

Vorgeschichte und Anfänge ganzheitlicher Sichtweisen bei der Verbauungstätigkeit der WLW in Österreich

Der gesamtstaatliche „Forsttechnische Dienst für Wildbachverbauung“ in Österreich (heute: Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung) wurde im Jahre 1884 nach französischem Vorbild gegründet. Gleichzeitig wurde an der damaligen Hochschule für Bodenkultur in Wien die Lehrkanzel für Wildbachverbauung geschaffen.

Die Maßnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung umfassen drei Maßnahmengruppen:

- a) Technische Verbauungsmaßnahmen in und um die Wildbachgerinne, falls in Massivbauweise (Mauerwerk, Beton, Stahl etc.) als „harte“ Verbauungen bezeichnet,
- b) biologische Verbauungsmaßnahmen an

den Ufern und in den Seiteneinhängen der Wildbäche, die sogenannten „Grün- oder Lebendverbauungen“ und

- c) flächenwirtschaftliche Maßnahmen in den Einzugsgebieten der Wildbäche, insbesondere Aufforstungen.

Auf Grund der in Österreich gegenüber Frankreich unterschiedlichen natürlichen und forstpolitischen Gegebenheiten ergab sich schon in den ersten Jahrzehnten der Tätigkeit der WLW in Österreich eine andere Gewichtung der obigen drei Maßnahmengruppen:

- a) Das Überwiegen der technischen Verbauungsmaßnahmen gegenüber den biologischen wegen des größeren Hochgebirgsanteils in den österreichischen Alpen und
- b) die geringere Aufforstungstätigkeit wegen der Aufforstungspflicht der Grundeigentümer auf Grund des österreichischen Reichsforstgesetzes 1852 mit der behördlichen Forstaufsicht.

Ein weiteres Charakteristikum der Entwicklung der WLW-Tätigkeit in Österreich (Länger 2003) war die allmähliche Ausdehnung dieser Tätigkeit vom Hochgebirge auf das gesamte Berg- und Hügel-land Österreichs. Dies begünstigte einerseits die teilweise kritiklose Übernahme von technischen Verbauungsarten der Hochgebirgs-Wildbäche auf die Wildbäche der tieferen Lagen, andererseits aber auch die Forcierung und Weiterentwicklung der biologischen Verbauungsarten, wie dies auch aus Veröffentlichungen, insbesondere in den Fachlichen Vereinszeitschriften der 1930er Jahre und in weiterer Folge besonders der 1950/60er Jahre, hervorgeht.

Weitere Meilensteine der Entwicklung in Richtung ganzheitlicher Denkweisen waren nach Beendigung des Zweiten Weltkrieges ab den 1950er Jahren die Einleitung und Durchführung der alpinen Hochlagen-Aufforstungen, sowie die Integriermeliorations-Projekte in Tirol. Bei den

letzteren sollte im Zuge der Verwirklichung des WLW-Projektes auch die land-, forst- und almwirtschaftliche Nutzung, sowie Tourismus und Aufschließung auf einen für das Gewässerregime und für die Landschaft optimalen Stand gebracht werden. Als Vorläufer dieser flächenwirtschaftlichen Maßnahmen sind auch die „Almverbesserungen“ der WLW in Kärnten in den Jahren 1901 bis inkl. 1906 anzusehen.

Die Berücksichtigung der Fischerei war schon seit den ersten Anfängen der WLW in Österreich ein Thema, wie die Erlässe des k.k. Ackerbauministeriums bzw. des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft der Jahre 1884, 1893, 1913 und 1932 beweisen. Diese Erlässe befassten sich jedoch nur mit den Ufer-Regulierungen flacherer Gewässer. Sie waren ausschließlich aus volkswirtschaftlichen, sprich fischereiwirtschaftlichen Gründen herausgegeben worden.

Ergänzend ist noch anzumerken, dass sich im Laufe der Zeit der Tätigkeitsumfang der WLW in Österreich erweitert hat, wodurch heute auch die Verbauungen von Lawinen, Rutschungen und Steinschlägen in die Kompetenz der WLW fallen.

Die Ökologie und mit ihr der Natur-, Umwelt- und Landschaftsschutz haben, sowohl im Rahmen der Naturwissenschaften als auch in der Öffentlichkeit, erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts den ihnen gebührenden Platz gefunden. Diese Tatsache kommt in gleicher Weise auch in der Entwicklung der Verbauungstätigkeit der WLW zum Ausdruck.

Entstehung der ersten Arbeitskreise und Bestellung der Sektionsökologen

Mit den ersten Naturschutzgesetzen, spätestens aber mit der Wasserrechtsnovelle 1985 wurde auch der Forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung zunehmend mit der Forderung nach naturnäheren Verbauungen kon-

frontiert und der erste Arbeitskreis „Naturnahe Wildbachverbauung“ vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft eingerichtet. Als Ergebnis wurde im Jahre 1993 ein Konzept für eine „Naturnähere Bachstattgestaltung“ vorgelegt, welches aber nicht weiter verfolgt wurde.

Der größer werdende Stellenwert des Natur- und Umweltschutzes und die Sensibilisierung der Öffentlichkeit führte dazu, dass die amtlichen Naturschutzsachverständigen, aber auch Naturschutzorganisationen, wie der WWF Österreich, immer nachdrücklicher die Berücksichtigung ökologischer Aspekte und die Umsetzung naturnäherer Bachverbauungen einforderten. Dadurch kam es immer wieder zu zeitlichen Verzögerungen bei den behördlichen Genehmigungen und bei der Umsetzung von Hochwasserschutzprojekten.

In dem Schreiben der Naturschutzsachverständigen mehrerer Bundesländer an den Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft vom 9.10.1992 wurde zum ersten Mal die Forderung nach einer Sicherstellung der Einhaltung der wasserrechtlichen Naturschutzvorschriften durch die Bestellung einer externen „ökologischen Bauaufsicht“ erhoben.

Dies war Anlass für die Einrichtung einer vorerst informellen Arbeitsgruppe, in der Vertreter der Wildbach- und Lawinerverbauung und des amtlichen Naturschutzes der Länder vertreten waren, und die Ausrichtung eines ersten gemeinsamen Workshops. Dieser fand unter wissenschaftlicher Beteiligung vom 8.-10.6.1994 unter dem Motto „Wildbachverbauung und Ökologie“ in der Bundesanstalt für Fischereiwirtschaft in Scharfling (O.Ö.) statt. Im Mittelpunkt stand die Verbesserung der Zusammenarbeit der Wildbach- und Lawinerverbauung mit den Vertretern des amtlichen Natur- und Umweltschutzes. Natur- und Umweltschutzbewegungen sowie deren Wirken lagen dabei nicht im Fokus.

Die Ergebnisse dieses Workshops (darunter war auch die Forderung nach einer Aufnahme von Ökologen im Dienstzweig) wurden in einem Sonderheft der Zeitschrift Wildbach- und Lawinerverbau (Nr. 126) veröffentlicht und anschließend der Arbeitskreis „Wildbachverbauung und Ökologie“ eingerichtet. Am 21.2.1995 kam es zur Bestellung eines „Ökobeirates“ mit Vertretern der Wildbach- und Lawinerverbauung (Patek, Hufnagl, Heumader) und Vertretern des amtlichen Natur- und Umweltschutzes (Schreiber, Tirol; Honsig-Erlenburg, Kärnten; Wagenleiner, O.Ö.). Gleichzeitig mit dem Ökobeirat wurden auch Sektionsökologen für alle Sektionen der Wildbach- und Lawinerverbauung bestellt.

Die ersten Pilotprojekte, die neben den technischen Anforderungen eine naturnahe Ausgestaltung der Bachläufe zum Ziel hatten, entstanden in dieser Zeit vielfach aus persönlichem Engagement einiger weniger „Wildbachverbauer“. Die ersten ökologischen Fachplanungen wurden erstellt.

Sie waren fachlich, als auch in Hinblick auf die nachhaltige Implementierung des Naturschutzgedankens im Dienstzweig und für die Zusammenarbeit zwischen dem amtlichen Naturschutz und den Gebietsbauleitungen richtungsweisend. Sie schafften Anerkennung, verstärkten aber gleichzeitig auch die Forderung nach der Berücksichtigung von ökologischen Anforderungen bei allen Schutzprojekten der WLW.

Auch die Non Government Organisationen (NGO), allen voran der WWF Österreich, verhielten sich kritisch gegenüber den technischen Maßnahmen des Forsttechnischen Dienstes. Dies änderte sich auch mit der Arbeit der Sektionsökologen nicht, obwohl das im Jahr 1997 ausgearbeitete Positionspapier wesentlich in die Neuen Technischen Richtlinien der Wildbach- und Lawinerverbauung Eingang gefunden hatte.

Im März 2004 kommt es aus diesem Grund im Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Wien zu einer vom damaligen Leiter des Geschäftsfeldes „Schutz vor Naturgefahren“, Sektionschef Mannsberger, einberufenen gemeinsamen Besprechung zwischen Vertretern von NGO's und dem Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung. Konfliktbereiche sollten offen angesprochen werden und gemeinsame Ziele und Maßnahmen festgelegt werden. In diesem Abstimmungsgespräch war die Sektionsökologie maßgeblich eingebunden und konnten die Vertreter der Wildbach- und Lawinerverbauung der Kritik der NGO's durch die Präsentation von gelungenen Beispielen naturnaher Baumethoden erfolgreich entgegenwirken.

In diesem Umfeld und auf der Grundlage der neuen strategischen Ausrichtung des Dienstzweiges (Strategie 2010) kam es im Feber 2006 zur „Inkraftsetzung“ des Fachschwerpunktes Ökologie und zur Bestätigung bzw. Neubestellung der Sektionsökologen. Eine Geschäftseinteilung wurde ebenfalls festgelegt.

Das ursprüngliche Ziel der Arbeit der Sektionsökologen, die Stärkung der ökologischen Fachkompetenz im Dienstzweig durch die Berücksichtigung der Natur- und Umweltschutzerfordernisse bei der Erstellung und Umsetzung von Verbauungsprojekten, blieb bestehen.

Darüber hinaus sollte durch die eigene ökologische Kompetenz den Forderungen des, aus den unterschiedlichsten Fachgebieten zusammengesetzten und nicht einheitlich agierenden, amtlichen Naturschutzes fachlich entgegenhalten werden. Die von den Naturschutz Sachverständigen für alle Verbauungsprojekte der WLW geforderten ökologischen Bauaufsichten sollten auf Verbauungsprojekte mit einem besonders sensiblen ökologischen Umfeld beschränkt bleiben.

Der auf der Grundlage der Ergebnisse des Workshops „WLW und Ökologie“ (1994)

basierende Aufgabenbereich der Sektionsökologen umfasst insbesondere:

- Koordinierung Ökologischer Fachplanungen
- Ökologische Baubegleitungen
- Ansprechperson für Natur- und Umweltschutzamtssachverständige
- Koordinierung und Durchführung von ökologischen Schulungen, insbesondere für Partieführer und Fachkräfte

Fachbereich Ökologie

Der Fachbereich Ökologie wurde 2010 eingerichtet und ersetzte den Fachschwerpunkt. Der Tätigkeits- und Aufgabenbereich der Sektionsökologen wurde bestätigt und haben die anlässlich des Workshops „WLW und Ökologie“ im Jahre 1994 definiert Aufgaben und Ziele, dem Grunde nach, nach wie vor ihre Gültigkeit.

Mit der Einrichtung des Fachbereiches besteht auch die Möglichkeit, Projekte mit ökologischem Bezug über Jahresarbeitsprogramme zu finanzieren. Dies führte zu einer wesentlichen Erweiterung des Aufgabenbereiches.

Nachstehende ausgewählte Projekte sind derzeit in Arbeit bzw. bereits fertiggestellt (inklusive Literaturhinweise):

- Evaluierung von Fischaufstiegshilfen (Haunschmid, Keil 2016)
- Ökologisch verträglicher Mörtel (Polt et al. 2018)
- Lebenszyklus von Schutzbauwerken (Thannen von der et al. 2017)
- Energieumsatz im Zusammenhang mit Schutzbauwerken (Paratscha et al. 2018)
- Naturnahe Bautypensammlung (Simbeni 2013)
- Einsatz von Trübmessgeräten auf Baustellen (Pichler et al. 2018)

- Akteurnetzwerke in der Hochwasser Prävention (Lampalzer et al. 2018)
- Evaluierung Ingenieurbiologischer Maßnahmen (Thannen von der et al. 2018)
- Positionspapier: Ökologische Bauaufsicht (Ribitsch et al. 2017)
- Bühnen als wasserbautechnische und ökologische Maßnahme (Bitterlich et al. 2018)
- Ökologische Planungsinhalte und ökologisch Kriterien bei Projekten (Arbeitsgruppe Ökologie 1996)
- Bau von Brutnischen für Wasseramsel und Gebirgsstelze (Streitmaier 1996)

Mit der Implementierung des Themas Schutzwald in den Fachbereich wurde das Aufgabengebiet im Jahre 2014 neuerlich erweitert. Daraus hervorgegangen ist das Strategiepapier „Schutzwirksame Wälder“ (Hufnagl et al. 2017) und die Organisation und Austragung der gleichnamigen Session bei der Fachtagung „Stand der Technik im Naturgefahren-Ingenieurwesen“ im Frühjahr 2018 an der Universität für Bodenkultur.

Die seit 2005 jährlich stattfindenden SÖ-Tagungen dienen dem Erfahrungsaustausch, insbesondere auch mit Vertretern des fachlichen Naturschutzes und der Wissenschaft, und unterliegen immer einem aktuellen Thema. Die Tagungsinhalte und Referate sind ab dem Jahr 2005 im Exchange Center der Wildbach- und Lawinerverbauung abrufbar (Stabstellen und Fachbereiche\FB Ökologie\05 Workshops, Veranstaltungen) oder über Anfrage bei den Sektionsökologen erhältlich.

Ingenieurbiologische Schulungen werden seit dem Jahr 1999 in Form von praxisnahen Baukursen für Partieführer, Facharbeiter und Lokalbauführer jährlich angeboten. Diese Kurse wurden bereits in allen Bundesländern (Sektionen) abgehalten. Der bislang letzte dieser Kurse fand 2017 in Vorarlberg statt.

Gegenstand von Beratungen sind auch die insbesondere in den Bundesländern Steiermark, Oberösterreich und Vorarlberg von den Sektionsökologen in zunehmendem Maße durchzuführenden Ökologischen Bauaufsichten. Dabei werden die Sektionsökologen von der Behörde ad personam zur Überprüfung der Einhaltung der naturschutzrelevanten Auflagen in den Wasserrechtsbescheiden bestellt.

Verankerung des Natur- und Umweltschutzgedankens in den Richtlinien der Wildbach- und Lawinerverbauung

Mit der Implementierung der EU Wasserrahmenrichtlinie in nationales Recht (WRG-Novelle 2003, BGBl. I Nr. 82/2003) wurden auch die Technischen Richtlinien (TR) des Dienstzweiges überarbeitet. Die Beachtung des guten Ökologischen Zustandes bzw. des guten ökologischen Potentials bei "künstlichen oder erheblich veränderten" Gewässern (Verschlechterungsverbot) wurden als Zielvorgaben aufgenommen. Neben dem primären Schutz der Menschen und ihres Lebens- und Siedlungsraumes sowie der Kulturgüter vor Naturgefahren im Sinne des WBFG wurden als übergeordnete Ziele auch der Schutz der Gewässer und ihres Umfeldes als natürliche Lebensräume und die Sicherstellung oder Wiederherstellung des guten ökologischen Zustandes (ökologischen Potentials) im Rahmen schutzfunktionaler Aufgaben sowie die Planung von Schutzmaßnahmen nach den Prinzipien der Interdisziplinarität, der ökosystemaren Betrachtung, der Nachhaltigkeit ihrer Wirkung und nach dem Stand der Technik definiert.

Dieses Bekenntnis der Wildbach- und Lawinerverbauung die Maßnahmenplanungen für Schutzkonzepte auch auf ökologische Belange auszurichten bzw. diese ernst zu nehmen, zeigt sich beispielsweise in den Technischen Richtlinien von 2006 (Zl.LE 3.3.5/0004-IV 5/2006) unter

Punkt 7: „Bei der Erstellung von Detailplanungen ist auf die Erfordernisse der Raumplanung, der Flächenwidmung, des Natur-, Umwelt- und Landschaftsschutzes, der Gewässerökologie und –morphologie, der Gesellschaft und der Volkswirtschaft Bedacht zu nehmen“. Neben der Art und der Funktion der Maßnahmen müssen in Projekten die Auswirkung auf Ökologie und Landschaft berücksichtigt werden (Ökologische Grundsätze). In den Technischen Richtlinien von 2015 (Zl.: BMLFUW-LE.3.3.5/0246-III/5/2014) wurde diese ökologische Ausrichtung weitergeführt.

Die Prioritätenreihung von Schutzmaßnahmen bzw. das Ranking eines Projektes richtet sich daher neben den Maßnahmen, die dem überwiegenden Schutz von Personen (Menschenleben) in bestehenden Dauersiedlungsräumen oder Anlagen dienen, auch an Maßnahmen, die als sehr naturnah einzustufen und die in hohem Maß nach ökologischen Grundsätzen ausgerichtet sind.

Für die Durchführung der Maßnahmen gilt gemäß Pkt. 8, dass der Fortschritt der Maßnahmendurchführung die möglichste Schonung des Naturraumes beachten soll und bevorzugt ökologische und naturschonende Baumethoden einzusetzen sind (z.B. natürliche Baustoffe, ökologisch abbaubare Betriebsmittel, dem speziellen Lebensraum angepasste Methodik u. a.).

Aktuelle Verbauungsprojekte und Entwicklungen

Sektion Wien, Niederösterreich und Burgenland

Über den ehemaligen Sektionsökologen Christian Amberger, der im Jahre 2006 anlässlich der Gründung des Fachschwerpunktes bestellt wurde, ist der Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung in Ausschüssen des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes, etwa zu den Arbeitsschwerpunkten Gewässer-

pflege, Neophyten und Ingenieurbiologie eingebunden und beteiligt sich an Publikationen zum Gewässer- und Landschaftsschutz (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband Hg. 2011 und 2014). Amberger wirkt seit 2008 als Referent beim vom Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband veranstalteten Gewässermeisterkurs in Scharfling am Mondsee.

Ein weiterer Akzent besteht in der sektionsinternen Vermittlung von ökologischem Fachwissen. Zu den Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen zählt auch die Durchführung ingenieurbiologischer Baukurse für Arbeitspartien.

2013 übernimmt Thomas Lampalzer die Funktion des Sektionsökologen. Er vertritt einen sozialökologischen Ansatz und sieht einen Arbeitsschwerpunkt in einer noch tiefergehenden Sensibilisierung des Forsttechnischen Dienstes für fachökologische und alltagsökologische Themen – unter breiter Beteiligung entstehen die „Zehn Gebote der Wildbachökologie“ (Aigner, Egger, Lampalzer et al. 2014) – sowie in der Schulung von Arbeitspartien für ingenieurbiologischer Arbeitsweisen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Initiierung von und Beteiligung an angewandten wissenschaftlichen Forschungen, der Aufbereitung und zur Verfügungstellung von Literatur zum Thema Ökologie und der Einbringung ökologischer Themen in den Wildbach- und Lawinenkataster (Lage von Schutzgebieten, Vorkommen von bestimmten Fischgesellschaften, bestehende Fischaufstiegshilfen etc.). Dabei musste allerdings auch die Erfahrung gemacht werden, dass sich etablierte Handlungsmuster als überaus träge und resistent gegenüber Änderungen erweisen. Die Sektion Wien, Niederösterreich und Burgenland wird weiterhin die Stelle eines Sektionsökologen besetzt halten, der eingeschlagene Weg wird weitergegangen werden.

Sektion Oberösterreich

Das derzeit laufende Bühnenprojekt mit Modellversuchen zur Erarbeitung einer Konstruktionsanleitung für Wildbachunterläufe (Bitterlich et al. 2018) wird weiter geführt.

Folgende Projekte mit einer ökologischen Ausrichtung befinden sich entweder in Umsetzung oder im Planungs- bzw. Bewilligungsstadium:

- Gebietsbauleitung OÖ Nord: Projekt Haselgraben, Stadt Linz und Projekt Schaumburggraben, Gemeinden Hartkirchen, Popping und Stroheim.
- Gebietsbauleitung OÖ West: Projekt Aurach, Gemeinde Altmünster; Projekt Gosaubach, Gemeinde Gosau; Projekt Langbathbach, Gemeinde Ebensee; Projekt Grünaubach, Gemeinde Grüna; Projekt Kaltenbach, Gemeinde Bad Ischl; Projekt Pichlbach, Gemeinden Altmünster und Traunkirchen; Projekt Rindbach, Gemeinde Ebensee; Projekt Traunkirch-

ner Mühlbach, Gemeinden Altmünster und Traunkirchen; Projekt Wangauer Ache, Gemeinde Oberwang

- Gebietsbauleitung OÖ Ost: Projekt Mühlbach und Dambach, Gemeinde Garsten

Von Seiten des Sektionsökologen werden weiterhin Ökologische Bauaufsichten bei diversen Projekten durchgeführt.

Sektion Salzburg

Am Zauchenbach in der Gemeinde Altenmarkt im Pongau wurde im Zuge eines Verbauungsprojektes eine glatte Steinschale entfernt. Die neue, fischpassierbare Rampe aus in Beton verlegten Wasserbausteinen überwindet eine Höhendifferenz von etwa 10 m. Die Längsneigung beträgt 10 %, die einzelnen Abstürze sind max. 15 cm hoch.

Die ökologische Funktionsfähigkeit dieses Bauwerks soll demnächst durch einen externen Sachverständigen evaluiert werden.



Abb. 1: Fischpassierbare Rampe am Zauchbach, Höhendifferenz 10 m

Fig. 1: Ramp for fish passage, vertical height 10 m – torrent Zauchbach

Sektion Steiermark

Der Schwerpunkt der Arbeit bei den laufenden Projekten liegt bei der ökologischen Baubegleitung bzw. ökologischen Bauaufsicht:

- Gebietsbauleitung Steiermark Nord: Projekt Stierberggraben, Gemeinde Sölk; Projekt Bauerngraben, Gemeinde Bad Mitterndorf; Projekt Prechtlergraben, Gemeinde Trieben; Projekt Gamsbach-Sulzbach, Gemeinde; Projekt Assachbach; Gemeinde Aich-Gressenberg.
- Gebietsbauleitung Steiermark West: Pro-

jekt Heimfahrtsbach, Gemeinde Knittelfeld; Projekt Schöttlbach, Gemeinde Oberwölz; Projekt Hagenbauerbach, Gemeinde Obdach

- Gebietsbauleitung Steiermark Ost: Projekt Pöneggbach, Gemeinde Kapfenberg; Projekt Oberer Tollingbach, Gemeinde Leoben; Projekt Sulzbach, Gemeinde Wald am Schoberpass

Zusätzlich werden Schulungen durchgeführt, neue Geräte getestet (sh. Bericht Trübbemessung) sowie Beispiele für den ökologischen Bautypenkatalog gesammelt.



Abb. 2: Oberer Tollingbach vor (oben) und nach (unten) dem Ausbau



Fig. 2: Torrent Oberer Tollingbach before and after construction

Sektion Kärnten

Ein Beispiel dafür, dass auch bei Verbauungsprojekten, die in sehr kurzer Zeit geplant und bautechnisch umgesetzt werden müssen, die ökologischen Anforderungen uneingeschränkt berücksichtigt werden, ist die Verbauung am Tronitzerbach in der Gemeinde Afritz. Hier kam es im Jahr 2016 zu einem Katastrophenereignis, das in der Öffentlichkeit die Forderung nach einer sehr schnellen technischen Schutzverbauung laut werden ließ. Trotz dieses Zeitdruckes wurde von



Abb. 3: Sohlsteine zur Strukturierung des Bachlaufes und linksufrige Prallwand kurz nach Fertigstellung, Tronitzerbach

Fig. 3: Bed stones to structure the torrent bed (torrent Tronitzerbach)

Anfang an auch die ökologische Ausgestaltung des neu zu errichtenden Bachlaufes mitberücksichtigt.

Die bereits im Rahmen der Projektierung mit den gewässerökologischen, naturschutzfachlichen und wasserbautechnischen Sachverständigen besprochenen ökologischen Begleitmaßnahmen wurden bei der technischen Projektumsetzung durch die Einbindung einer ökologischen Baubegleitung (bestellt von der Wasserrechtsbehörde auf Vorschlag der Wildbach- und Lawinerverbauung) bestmöglich umgesetzt.

Sektion Vorarlberg

Die Wiederherstellung der Gewässerdurchgängigkeit am Beispiel des Schmiedlebaches in Egg/Vorarlberg wird in einem Artikel in diesem Heft behandelt.

Für die Sanierung von Sohl- bzw. Konsolidierungswerken im natürlichen Fischlebensraum von Wildbächen <10 % Gefälle sind zur Wiederherstellung der Fischpassierbarkeit unterschiedli-



Abb. 4: Pendelrampe statt Absturzbauwerk Steinebach



Fig. 4: Ramps instead of a dam torrent Steinebach

che Rampentypen möglich. Damit können fragmentierte Fischlebensräume wieder vernetzt und die Verfügbarkeit unterschiedlicher Habitate eines Gewässersystems gesteigert werden, was die ökologische Funktionsfähigkeit verbessert.

Am Beispiel des Steinebaches in Dornbirn wird versucht im Zuge der Sanierung/Neubau des Bestandes und der Schaffung eines Geschiebestauraumes die Bachstrecke abschnittsweise ökologisch zu verbessern. Es werden die Bach-

struktur und vor allem die Kontinuumsunterbrechungen angepasst. Die von der Behörde vorgeschriebene ökologische Bauaufsicht wird vom Sektionsökologen durchgeführt.

Die Realisierung der Projekte in der Gebietsbauleitung Bregenz wurde in engem Kontakt mit dem fischereibiologischen Amtssachverständigen des Landes Vorarlberg ausgeführt.

Der gute Kontakt zu den „gewässerökologischen“ Sachverständigen des Landes Vorarlberg widerspiegelt sich auch in dem gemeinsam erarbeiteten „Leitfaden zur ökologisch verträglichen Umsetzung von Instandhaltungs- und Pflegemaßnahmen an Gewässern“. Dieser Leitfaden ist sehr praxisgerecht gestaltet und kann unter folgenden Link heruntergeladen werden:

<https://www.vorarlberg.at/pdf/leitfadenzuroekologischve.pdf>

Zusammenfassung – Ausblick

In den klassischen Wissenschaften greift die Ökologie die Frage nach dem Funktionieren der Natur als großes Ganzes auf (MÜLLER, 1994). Die aktuellen Forschungen stellen aber oftmals nur das Aufzeigen von negativen menschlichen Einflüssen in den Vordergrund ohne das tatsächliche Wirkungsgefüge der biologischen und abiotischen Zusammenhänge wirklich zu erkennen. Dennoch sind wir dem Verständnis der vielfältigen Zusammenhänge im Bachökosystem näher denn je.

Verbauungsmaßnahmen sollten daher nicht einzelnen ökologischen und gesellschaftlichen Aspekten verpflichtet sein, sondern dem Ökosystem als „Ganzes“.

Dies bedeutet einen sehr verantwortungsvollen Umgang mit den natürlichen Ressourcen, aber auch mit dem berechtigten Schutzbedürfnis der durch Naturgefahren gefährdeten Bevölkerung.

Dazu braucht es neben einem ausgeprägten Verständnis für die Zusammenhänge in der Natur, vorallem „Ehrlichkeit“ in der Kommunikation zwischen den verschiedenen Interessensvertretern.

Folgende Punkte sollten daher in Zukunft vermehrt in die öffentliche Diskussion Eingang finden:

- Offenlegung der für das Projekt sprechenden öffentlichen Interessen und der Interessen der Grundeigentümer, Wasserberechtigten und Beteiligten
- Einbeziehung raumordnungsorientierter und flächenwirksamer Maßnahmen
- Entwicklung von Strategien zur Vermeidung bzw. Reduktion von Verbauungsmaßnahmen
- Erhöhung des Bestrebens im Rahmen von Verbauungsprojekten auch ökologische Ausgleichsmaßnahmen durchzuführen und Ersatzbiotope anzulegen, wie dies auch in einigen Naturschutzgesetzen gefordert wird. Dies könnte durchaus auch als eine positive Erweiterung des Aufgabenbereiches der WLV angesehen werden.
- Der Hochwasser-Katastrophenfall muss zum Extremereignis werden, dem das Gewässer nicht „geopfert“ werden darf. Eine ehrliche Risikokommunikation wird dabei als vordringlich angesehen.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dipl.-Ing. Dr. Hansjörg Hufnagl
Wildbach- und Lawinenverbauung
Leiter des Fachbereiches Ökologie,
Sektionsökologe Kärnten
Meister Friedrich-Str. 2
9500 Villach
hansjoerg.hufnagl@die-wildbach.at

Dr. Wolfram Bitterlich
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektionsökologe Oberösterreich
Traunreiterweg 5, 4820 Bad Ischl
wolfram.bitterlich@die-wildbach.at

Ing. Mathias Hofer
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektionsökologe Tirol
Josef Wilbergerstraße 41, 6020 Innsbruck
Mathias.hofer@die-wildbach.at

Dr. Thomas Lampalzer M.A.
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektionsökologe Wien,
Niederösterreich und Burgenland
2700 Wiener Neustadt, Neunkirchner Straße 125
thomas.lampalzer@die-wildbach.at

Dipl.-Ing. Dr. Eugen Längler
Stv.-Leiter i. R. der WLV Sektion Kärnten
Umlandstraße 23/2
9500 Villach

Dipl.-Ing. Elmar Plankensteiner
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektionsökologe Vorarlberg
Rheinstraße 32/4, 6900 Bregenz
elmar.plankensteiner@die-wildbach.at

Dipl.-Ing. Reinhard Ribitsch
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektionsökologe Steiermark
Hofmannsthalstraße 37, 5700 Zell am See
reinhard.ribitsch@die-wildbach.at

Literatur / References:

AIGNER H., EGGER N., LAMPALZER T., SCHWAMBERGER K., VOLLSSINGER S. (2014). Zehn Gebote der Wildbachverbauung. Eine Impulsschrift. Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung Sektion Wien, Niederösterreich und Burgenland. Geschäftsstück 360-1a2014 vom 06.05.2014.

ARBEITSGRUPPE ÖKOLOGIE (1996). Ökologische Planungsinhalte und Kriterien bei Projekten der Wildbachverbauung. In: Wildbach- und Lawinenverbau. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz. 60. Jahrgang, Heft 131: 21-38.

BICK H. (1998). Grundzüge der Ökologie. Stuttgart, Fischer.

BITTERLICH W., STEFAN U., MOSER M. (2018). Bühnen als wasserbauliche und ökologische Maßnahme. In: Wildbach- und Lawinenverbau, Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, Heft 182

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT- UND WASSERWIRTSCHAFT (1984). 100 Jahre Wildbachverbauung in Österreich 1884 – 1984. Kärntner Universitätsdruckerei Klagenfurt.

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT- UND WASSERWIRTSCHAFT, ÖSTERREICHISCHER WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFTSVERBAND (Hg.) (2014). Fließgewässer erhalten und entwickeln. Praxisfibel zur Pflege und Instandhaltung. 2. Vollständig überarbeitete Auflage. Eigenverlag, Wien

FRANK A. G., FUENTES M. (1990). Social Movements in recent World History. In: Huber J. (2011). Allgemeine Umweltsociologie. 2., vollständig überarbeitete Auflage. Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften: 111.

HAECKEL E. (1866). Generelle Morphologie der Organismen. Allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformierte Descendenz-Theorie. Band 2. Berlin: Reimer. Nachdruck 2011. Berlin, De Gruyter.

HAUNSCHMID R. & F. KEIL (2016). Pilotstudie zur Fischpassierbarkeit verschiedener Bautypen der Wildbach- und Lawinenverbauung in österreichischen Wildbächen (Epi- und Metarhithal). Bundesamt für Wasserwirtschaft, Inst. f. Gewässerökologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur.

HEUMADER J. (1994). Naturnahe Bauweisen in Tirol, In: Wildbach- und Lawinenverbau. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz. Schwerpunkt Wildbachverbauung und Ökologie. 58. Jg. Nr. 126: 85-91.

HUBER J. (2011). Allgemeine Umweltsociologie. 2. vollständig überarbeitete Auflage. Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften.

HUFNAGL H. (1994). Wildbachverbauung und Naturschutz. In: Wildbach- und Lawinenverbau. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz. Schwerpunkt Wildbachverbauung und Ökologie. 58. Jg. Nr. 126: 93-99.

HUFNAGL H., PATEK M., WEILGONY P., HUBER T. (1996). Arbeitstreffen der Gewässerökologischen Amtssachverständigen und des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung. In: Wildbach- und Lawinenverbau. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz. 60. Jg. Heft 131: 121-134.

HUFNAGL H. (2000). Neue Herausforderungen für eine natur- und umweltgerechte Wildbachverbauung in Österreich am Beginn des 21. Jahrhunderts. Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien

HUFNAGL H., BITTERLICH W., HOFER M., LAMPALZER T., LINKO F., PLANKENSTEINER E., RIBITSCH R. (2017). Strategie Schutzwirksame Wälder im Aufgabenbereich der Wildbach- und Lawinerverbauung (in Wildbach- und Lawineneinzugsgebieten und in Bereichen, für die eine besondere Art der Bewirtschaftung erforderlich ist), gemäß FG 1975. Entwurf 09/2017. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft Wien. Unveröffentlicht.

HUFNAGL H. (2018). Historie zum Thema Ökologie im Dienstzweig der Wildbach- und Lawinerverbauung, unveröffentlicht

KEIL F., HAUNSCHMID R., SCHMIED E. & HUFNAGL H. (2018). Fischpassierbarkeit verschiedener Bautypen der Wildbach- und Lawinerverbauung in österreichischen Wildbächen (Epi- und Metarhithal). In: Wildbach- und Lawinerverbau. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, Heft Nr. 182

LAMPALZER T., WIESINGER G., OEDL-WIESER T. (2018). Akteur-Netzwerke im präventiven Schutzwasserbau. Eine explorative Studie anhand von drei Fallbeispielen. In: Wildbach- und Lawinerverbau. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz. Nr. 182

LÄNGER EUGEN (2003). Der Forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinerverbauung in Österreich und seine Tätigkeit seit der Gründung im Jahre 1884. Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien.
Meadows Dennis, Meadows Donella H., Zahn E., Milling P. (1972). Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt.

MÜLLER (1994). Ökologie, Lebensgrundlage oder grünes Mäntelchen; In: Wildbach- und Lawinerverbau. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, Schwerpunktheft Wildbachverbauung und Ökologie, 58. Jg. H. 126.

PARATSCHA R., THANNEN VON DER M., SMUTNY R., LAMPALZER T., STRAUSS A., RAUCH H. P. (2018). Screening LCA of torrent control structures in Austria. The International Journal of Life Cycle Assessment, <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1501-5>, 1-13. Download vom 28.08.2018.

PICHLER M., RIBITSCH R. (2018). Einsatz von Trübbemessgeräten. In: Wildbach- und Lawinerverbau. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, Heft Nr. 182

PILS M. (1994). „Berg frei“: 100 Jahre Naturfreunde. Wien. In: Schmid M., Veichtlbauer O. (2006): Vom Naturschutz zur Ökologiebewegung. Umweltgeschichte Österreichs in der Zweiten Republik. Innsbruck, Wien, Bozen Studienverlag: 15.

POLT M., RÜTZLER S. (2018). Ökologisch verträglicher Mörtel für die Böschungssicherung von Wasserschutzbauwerken. Bachelorarbeit. Universität für Bodenkultur Wien. Unveröffentlicht.

RIBITSCH R., BITTERLICH W., PLANKENSTEINER E. (2017): Ökologische Bauaufsicht, Positionspapier des Fachbereiches Ökologie des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung, unveröffentlicht

SCHÄFFERS B. (2006). Architektursoziologie. Grundlagen – Epochen – Themen. 2., durchgesehene Auflage. Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften

SCHMIED E., STOCKER E. (2018): Life Projekte in der Gebietsbauleitung Steiermark Nord. In: Wildbach- und Lawinerverbau. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, Heft Nr. 182

SCHMID M., VEICHTLBAUER O. (2006). Vom Naturschutz zur Ökologiebewegung. Umweltgeschichte Österreichs in der Zweiten Republik. Innsbruck, Wien, Bozen, Studienverlag

SCHMIDT R., AJKOVIC (2004). Rutschung Riefensberg: Die Natur erobert einen Lebensraum zurück. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Heft 11-12

SIMBENI R. (2013): Bautypenkatalog – Ökologie. Überarbeitung des Bautypenkataloges der Arbeitsgruppe 'Planungsgrundsätze WLW Steiermark' der Sektion Steiermark des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung. Arbeitspapier der Sektion Steiermark, Graz

STREIT B. (2007). Was ist Biodiversität? Erforschung, Schutz und Wert biologischer Vielfalt. München, Beck. In: [https://de.wikipedia.org/wiki/WWF_%C3%96sterreich#cite_ref-Streit_\(2007\)_1-0](https://de.wikipedia.org/wiki/WWF_%C3%96sterreich#cite_ref-Streit_(2007)_1-0). Download vom 10.08.2018

STREITMAIER D. (1996). Hinweise zum Bau von Brutnischen für Wasseramsel (*Cinclus cinclus*) und Gebirgsstelze (*Motacilla cinerea*). In: Wildbach- und Lawinerverbau. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz Heft 131

THANNEN VON DER M., HOERBINGER S., PARATSCHA R., SMUTNY R., LAMPALZER T., STRAUSS A., RAUCH H. P. (2017): Development of an environmental life cycle assessment model for soil bioengineering constructions. European Journal of Environmental and Civil Engineering, <https://doi.org/10.1080/19648189.2017.1369460>, 1-15. Download vom 28.08.2018

THANNEN VON DER M., RAUCH HP., LEPUSSCHITZ E., LAMPALZER T. (2018): Erfahrungen mit der Zustandsbewertung von ingenieurbioökologischen Maßnahmen. In: Wildbach- und Lawinerverbau, Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, Heft Nr. 182

VEREIN DER DIPLOMINGENIEURE DER WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG ÖSTERREICHS (Hg.) (1994). Schwerpunktheft Wildbachverbauung und Ökologie anlässlich des gleichnamigen Workshops v. 8.-10.6.1994. Zeitschrift Wildbach- und Lawinerverbau des Vereins der Diplomingenieure. 58. Jg. H. 126

WEISZ H. PAYER H. (2005). Naturschutzziele im Wandel der Zeiten: Historische Entwicklung des Naturschutzes. In: Schmid M., Veichtlbauer O. (2006). Vom Naturschutz zur Ökologiebewegung. Umweltgeschichte Österreichs in der Zweiten Republik. Innsbruck, Wien, Bozen, Studienverlag, 15-17

WERMKE M., KLOSA A., KUNKEL-RAZUM K., SCHOLZE-STUBENRECHT W. (Hg.) (2001a). Duden. Fremdwörterbuch. Band 5. 7., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich, Dudenverlag

WERMKE M., KLOSA A., KUNKEL-RAZUM K., SCHOLZE-STUBENRECHT W. (Hg.) (2001b). Duden. Herkunftswörterbuch. Etymologie der deutschen Sprache. Band 7. 3., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich, Dudenverlag

WERMKE M., KUNKEL-RAZUM K., SCHOLZE-STUBENRECHT W. (Hg.) (2006). Duden. Das Synonymwörterbuch. Ein Wörterbuch sinnverwandter Wörter. Band 8. 4. Auflage. Mannheim, Leipzig, Wien, Zürich, Dudenverlag

WWF: <https://www.wwf.at/de/fluesse/>. Download vom 16.08.2018

ZIMMER J. (1987). Soziales Wandern: Zur proletarischen Naturaneignung. In: Schmid M., Veichtlbauer O. (2006). Vom Naturschutz zur Ökologiebewegung. Umweltgeschichte Österreichs in der Zweiten Republik. Innsbruck, Wien, Bozen, Studienverlag: 15



Das im Jahre 1948 durch Herrn Josef Rüf sen. gegründete Unternehmen wird heute in der zweiten und dritten Generation durch Bruno, Christoph und Josef jun. geleitet.

Unsere höchst motivierten und bestens ausgebildeten Mitarbeiter, unterstützt durch den modernen und technisch auf neuestem Stand aufgestellten Fuhrpark, bieten Leistungen für Kunden in den gesamten Regionen Deutschland, Österreich und Schweiz an.

Unser Leistungsspektrum reicht von Tiefbau und Erdbewegung, Sprengarbeiten, Abbrucharbeiten über Rohstoffgewinnung und Transporte, Baustoffhandel, bis

hin zur Deponierung von Bodenaushubmaterial.

Wir werden zum Partner für Ihr individuelles Projekt, von der Planung bis zur Ausführung unserer Leistungen mit bestem und transparentem Abschluss.

Rüf steht schon seit Generationen für Qualität, Vielseitigkeit, Innovation, Dynamik und Treue!

Mehr über uns: www.ruefbau.com



WOLFRAM BITTERLICH, URSULA STEPHAN, MARKUS MOSER

Buhnen als wasserbauliche und ökologische Maßnahme – Modellversuche zur Erarbeitung einer Konstruktionsanleitung für Wildbachunterläufe

Groynes as hydraulic-engineering and ecological measures – laboratory experiments to develop guidelines for lower torrent stretches

Zusammenfassung:

In Zusammenarbeit zwischen der Wildbach- und Lawinenverbauung (Fachbereiche Ökologie und Wildbachprozesse) und dem Bundesamt für Wasserwirtschaft werden Modellversuche über die Wirkungsweise von Buhnen durchgeführt. Auf der Basis der dabei gewonnenen Erkenntnisse soll eine Konstruktionsanleitung erarbeitet werden, wie Buhnen in fluviatilen Wildbächen mit einem Sohlgefälle zwischen 2 und 7 % errichtet werden müssen, um sowohl einen nachhaltigen Schutz gegen Seitenerosion und Uferanbruch zu erzielen bzw. den Geschiebetransport gezielt lenken zu können, als auch um zu einer ökologischen Strukturverbesserung im Gewässer beizutragen.

Stichwörter: Buhnen, Sedimentmanagement, Ufererosion

Abstract:

Within the scope of the recently developed co-operation between the Austrian Service for Torrent and Avalanche Control (Departments for Ecology and Torrent Processes) and Federal Agency for Water Management (both Ministry for Sustainability and Tourism), laboratory experiments will be conducted focusing on the effects of groynes on a river. Based on the output of these experiments a guideline will be developed on how groynes are to be constructed in torrents sloped between 2 and 7 %, on the one hand, to sustainably protect the river bank against bank erosion and, on the other hand, to intelligently direct and control the bed load transport. In addition, all measures aim at ecological and structural improvement of the river.

Keywords: Groynes, sediment management, bank erosion

Einleitung

Zur Ufersicherung werden in Wildbachunterläufen neben den klassischen Längsverbauungen in Form von Steinsätzen oder Holzkrainereiwänden oftmals auch in den Querschnitt ragende Bauwerke wie z.B.: Abweissporne, Fischbelebungssteine und Buhnen errichtet. Buhnen können in Fließgewässern vielfältige Funktionen übernehmen, die über Gewässereintiefung, Strömunglenkung, Uferschutz bzw. -erosion, Strukturierung und Renaturierung, Re-Mäandrierung bis hin zur Schaffung von Still- und Flachwasserzonen etc. reichen. Sie werden als Regelungs-, Ufersicherungs- und Strukturverbesserungsbauwerke eingesetzt und erfüllen damit sowohl wasserbauliche als auch ökologische Aufgaben.

Problemstellung

Untersuchungen zu Buhnen sind keineswegs rar, zumal sie ein weites Anwendungsfeld aufweisen, doch häufig existieren Untersuchungen nur für Gewässer mit einem Sohlgefälle bis zu 2 % (z.B. Buhnen als Lenkbuhnen – Gefälle bis 1,6 % (Mende 2014) oder Buhnen als Uferschutz – Gefälle bis 1,3 % (IWB 2016)) und fehlen gänzlich für Wildbacheinzugsgebiete. Buhnen werden aber auch in steileren Wildbachgerinnen mit fluviatilen Abflussprozessen > 2 % eingesetzt, wofür jedoch systematische Untersuchungen fehlen. In diesen Fällen ergeben sich für die Ausführung solcher Buhnen zahlreiche Fragestellungen: Für welche Anwendung sollen die Buhnen errichtet werden? (Uferschutz, Strömunglenkung, Strukturelement), Ausführungsform und -höhe? Position der ersten Buhne im Bogenbereich? Anzahl und Länge der Zwischenfelder? In welchem Abstand und Winkel zur Uferböschung wird eine gute Wirkung erzielt?

Ziel

Ziel der Untersuchung wird daher vorrangig die quantitative Erfassung der Wirkungsweise von Buhnen auf Wildbäche im Gefällebereich zwischen 2 und 7 % sein. Im Zuge von physikalischen Modellversuchen werden vorwiegend zum Uferschutz verschiedenste Formen und Abstände untersucht. Mit diesen Versuchen soll die Wirkung verglichen mit dem Ausgangszustand ohne Buhnen hinsichtlich hydraulischen, geschieberelevanten und ökologischen Gesichtspunkten untersucht werden. Eine Empfehlung für die Praxis zur konstruktiven Errichtung und Betrieb derartiger Schutzmaßnahmen ist schließlich das Ziel.

Projekttablauf

Methodik und Vorgehensweise

Da die Aufgabenstellungen im Wasserbau zunehmend komplexer werden und häufig viele und unterschiedliche Anforderungen (Wasserbau, Ökologie, Naturschutz, Wirtschaftlichkeit) berücksichtigt werden müssen, ist es von Vorteil zur Lösungsfindung unterschiedliche Modelle anzusetzen, deren jeweilige Vorteile sich positiv ergänzen. Eine häufig gewählte Vorgangsweise in den letzten Jahren ist die Kombination physikalischer und numerischer Modelle. Physikalische Modelle eignen sich besonders für Fragestellungen, die räumlich begrenzt sind, eine komplexe Geometrie aufweisen und die eine bewegliche Flusssohle berücksichtigen müssen. Die Qualität der Resultate aus physikalischen Modellen ist zumeist sehr hoch. Sie haben allerdings den Nachteil, dass der Aufbau eines physikalischen Modells zeitaufwändig und mit hohem Materialaufwand verbunden ist und dass sich Änderungen der Geometrie nur schwer und in begrenztem Rahmen einarbeiten lassen. Eine Parametervariation, z.B. des Korndurch-

messers des verwendeten Sandes an der Gewässer-
sohle ist daher nur mit sehr hohem Aufwand und
Kosten verbunden. Diese Nachteile vermag ein
numerisches Modell gut zu kompensieren. Zwar
ist auch hier der „Aufbau des Modells“ – in die-
sem Fall die Erstellung eines numerischen Gitters
– mit hohem Zeitaufwand verbunden und bedarf in
komplexeren Fällen einigen Geschicks, Änderun-
gen der Geometrie können jedoch vergleichsweise
einfach eingearbeitet werden. Auch eine Parame-
tervariation von Eingangs- bzw. Modellparametern
ist leicht möglich. Numerische Modelle haben
jedoch den Nachteil, dass sie auf empirischen
Gleichungen basieren, die wiederum Anwen-
dungsgrenzen aufweisen. Ein aus einem physika-
lischen Modell gewonnener Datensatz (Fließtie-
fen, Fließgeschwindigkeit, Geschiebetransport)
kann hierbei die Basis für die Kalibrierung eines
numerischen Modells darstellen und bietet zudem
die Möglichkeit, Genauigkeits- und Anwendungs-
grenzen der numerischen Modellierung auszulo-
ten. Die Kombination der verschiedenen Modelle
ermöglicht das "Lernen" des numerischen Modells
an den Ergebnissen des physikalischen Modellver-
suchs und – im besten Fall – auch die Extrapolation
der Ergebnisse (z.B. Simulation längerer Zeiträume
bzgl. Sohlveränderungen).

Grundlagenerhebung / Festlegung der Eingangsparameter /
Datenbedarf und Vorgehensweise

Versuchsbach Grünaubach

Dieses Wildbacheinzugsgebiet im Gemeindege-
biet von Grünau im Almtal (WLV-WB-102944 bzw.
W-407-073 (OÖ)) wurde aufgrund seines langge-
zogenen Mittellaufes mit einem mittleren Längsge-
fälle zwischen 0–7%, seiner langen Verbauungs-
geschichte mit u.a. zahlreichen verschiedenen
Buhnentypen und seinem fluviatilen Abflusspro-
zess als repräsentatives Wildbacheinzugsgebiet für
die gegenständliche Projektzielsetzung ausgewählt.

Geometrische Kenngrößen zur Modellversuchsstrecke

Zum Aufbau des Modells wurden die Vermes-
sungsdaten aus dem als repräsentativ erachteten
Gewässerabschnitt des Grünaubaches mit reprä-
sentativen Querprofilaufnahmen sowie ein Längs-
schnitt und ein Lageplan verwendet.

Hydrologische Grundlagen

Zur Bestimmung der notwendigen hydraulischen
Kenngrößen (Scheitelabflüsse der Jährlichkeiten
HQ_x, Abflussdauerlinien und Wellenform für die
Untersuchung instationärer Ereignisse) wurden
die Niederschlags- und Abflussdaten von histori-
schen Ereignissen 2013 und 2014 aufbereitet und
das Bemessungsereignis mit den derzeit gängi-
gen Modellniederschlägen nach eHYD (Bemes-
sung mit D = 12 und 24 Std., flächengewichteter
Abminderung nach Blöschl 2009 berechnet. Zur
Plausibilisierung des Niederschlags-Abflussmo-
dells diente der im Jahre 2002 errichtete Pegel
Grünau-Almegg (HZB-Nr.: 105494).

Geschiebe und Steinmaterial – Umsetzung im Grünaubach

Um in einem Modellversuch die natürlichen
Gegebenheiten möglichst genau nachbilden zu
können, müssen Stein- und Korngrößen aus der
Gewässersohle, dem Ufer und den Uferschutz-
bauten bekannt sein. Dies bedingt die Entnahme
von Sohlmaterial aus der Gewässersohle, ev. auch
aus dem Uferbereich, falls sich dieses maßgeb-
lich vom Sohlmaterial unterscheidet, die Durch-
führung von ergänzenden Linienzahlanalysen an
repräsentativen Stellen im Gewässer, die Bestim-
mung der Steingrößen von diversen Baumaß-
nahmen wie Buhnen, Rampen etc. sowie, falls
möglich, auch Aussagen zum Geschiebe aus dem
Einzugsgebiet (Korngrößen + Mengen in Abhän-
gigkeit von den Hochwasserereignissen). In Fehr
(1987) finden sich detaillierte Empfehlungen über

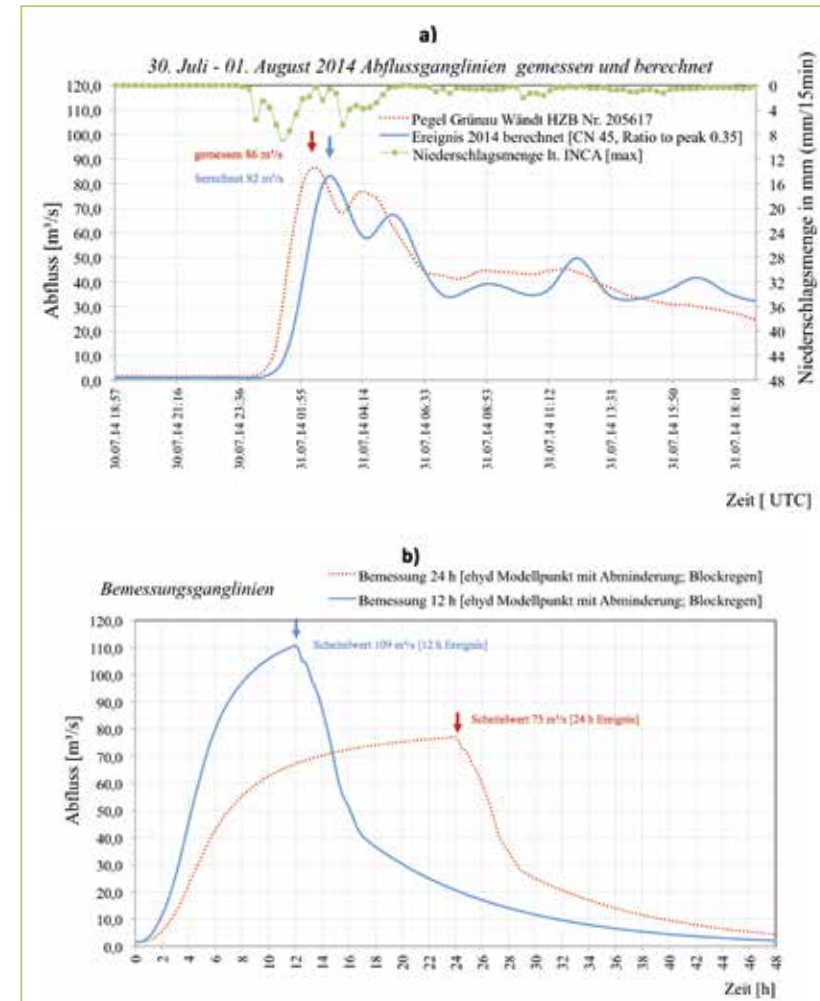


Abb. 1:
a) Vergleich der
Modellergebnisse mit
gemessenen Werten
der Abfluss- und
Niederschlagsstation
Wändt
(Ereignis 31. Juli 2014),
b) Bemessungsganglinien
(12 und 24 h)

Fig. 1:
a) Simulated results
compared to observed data
of measuring station Wändt
(event 31st July 2014),
b) design events (12 and
24 h)

die Durchführung von Geschiebeprobe. Das
beste Ergebnis liefert die Kombination aus einer
Volumengewichtsanalyse der Unterschicht die
das Feinmaterial repräsentieren soll, einer Flä-
chengewichtsanalyse der Deckschicht, die die
Feinkomponenten der Deckschicht repräsentieren
soll, sowie einer Linienzahlanalyse der Deck-
schicht, die die Grobkomponenten der Deck-
schicht repräsentieren soll.

Bei jeder Art von Probenahmen emp-
fiehlt es sich, verschiedene methodische Erforder-
nisse zu beachten:

- Die Lagen der Probenstellen müssen
dokumentiert und in einen Plan ein-

getragen werden (inkl. Fotos mit Maß-
stab – z.B. Vermessungslatte), um gege-
benenfalls nachträgliche Fragen und
Unklarheiten beantworten zu können.

- Probenahmen sind vorzugsweise in Furt-
bereichen (gerader Gewässerabschnitt)
zu entnehmen, wo die Kornsortierung
auch in Querrichtung näherungsweise
gleich ist. In Kurvenbereichen tritt Korn-
sortierung auch in Querrichtung auf, was
die Entnahme einer für die Strecke reprä-
sentativen Probe erschwert.
- Die Orte der Probenahmen sollten über
die Strecke gleichmäßig verteilt sein.

- Geschiebeproben sind nach Möglichkeit im Trockenen zu entnehmen, da bei einer Nassbaggerung viel feinkörniges Material während des Entnahmeverganges aus der Probe ausgewaschen wird.
- Bei den Volumengewichtsanalyse der Unterschicht ist die Deckschicht (entspricht ca. der Dicke des Größtkorns) vor der Probenahme zu entfernen, da sie immer einen temporären Zustand bedingt durch die jeweiligen Abflussverhältnisse repräsentiert.
- Bei einer Volumengewichtsanalyse beträgt die repräsentative Probenmenge in Liter 2,5-mal den Größtkorndurchmesser in mm, die einer Siebung unterzogen werden sollte. Da man bei Wildbächen mit einem Größtkorn von z.B.

500 mm bald an die Grenzen des Machbaren stößt, kann auch eine kleinere Menge gesiebt werden, um die Feianteile des Materials möglichst genau zu erfassen. Die größeren Fraktionen aus der Gesamtprobe müssen in diesem Fall jedoch sowohl mengenmäßig und als auch hinsichtlich ihrer Größe vermessen werden.

Im Einzugsgebiet des Grünaubaches wurden im Bachbereich zwischen hm 24,00 und 24,50 an drei möglichst trockenen Stellen (Rechteck ca. 3x3 m) zuerst Linienzahlanalysen mit einer Fotodokumentation zur Bildauswertung (mittels BASEGRAIN 2.2.0.4.) durchgeführt und anschließend die Deckschicht (ca. 0,5 m) entfernt. Aus dem Sohlssubstrat erfolgte die Entnahme von Volumenproben (jeweils ca. 3 x ca. 800 kg), die in „big-



Abb. 2: Fotodokumentation der Probenahme 1

Fig. 2: Photo documentation sampling 1



bags“ gefüllt zur Siebanlage der Fa. Mittendorfer weitertransportiert wurden. Die Prüfung der Materialproben erfolgte gemäß EN 933-1 (Entnahme von ca. 150 kg Probenmaterial je Probestandort)

durch die Firma VBE (Verein für Baustoffprüfung und -entwicklung). Die größeren Steinfraktionen > 150/250 mm wurden kreuzweise kluppiert und anteilmäßig zur Siebprobe hinzugerechnet.

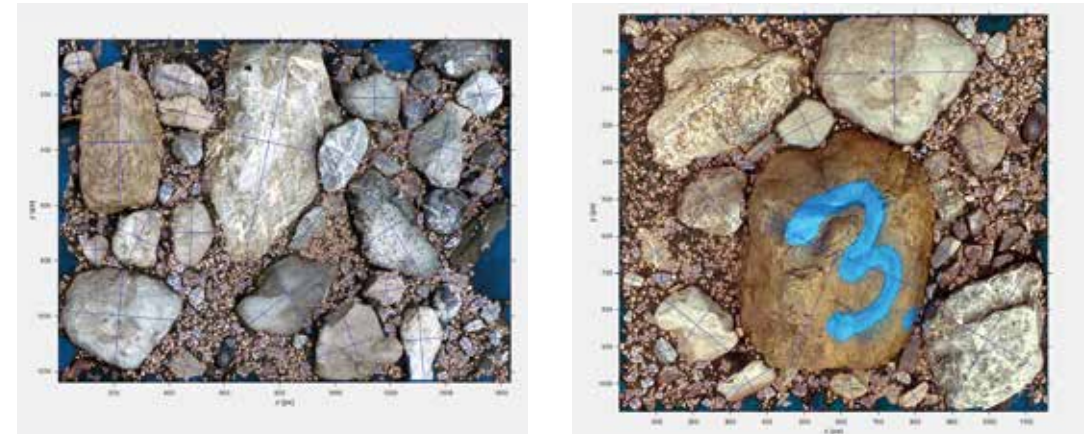


Abb. 3: Auswertung mit BASEGRAIN (Detert et al. 2013)

Fig. 3: Analysis with BASEGRAIN

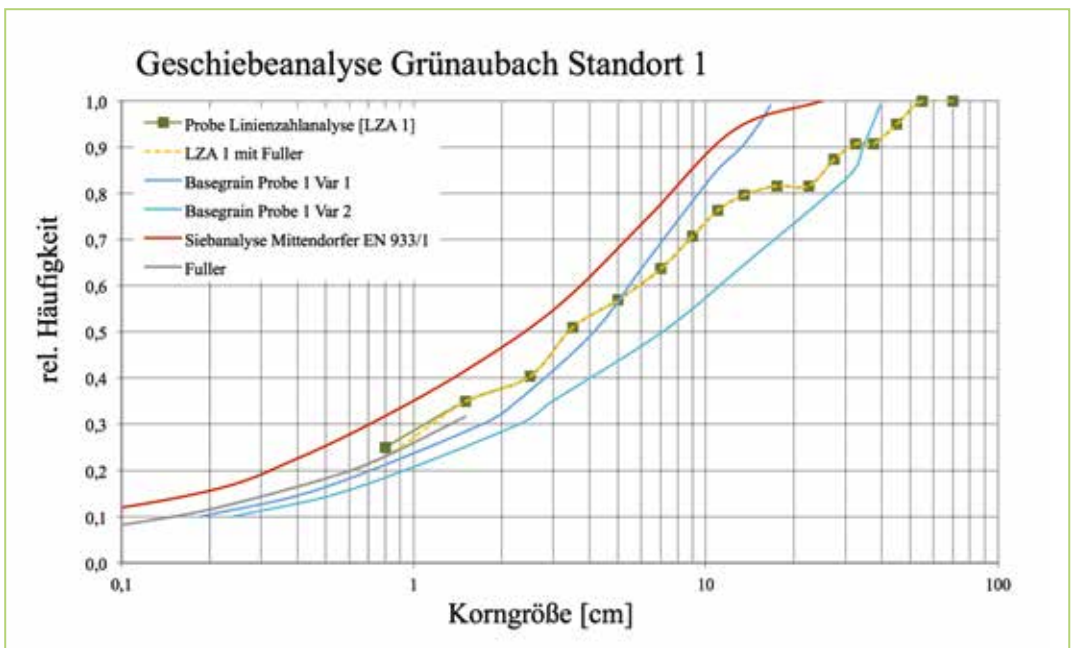


Abb. 4: Ergebnisse der Geschiebeanalysen

Fig. 4: Results grain size analysis

Physikalische Modellversuche

Generelles

Ein physikalischer Modellversuch bietet den Vorteil, Untersuchungen in verkleinertem Maßstab unter genau kontrollierbaren Randbedingungen durchzuführen. Im vorliegenden Fall werden unter Anwendung des Froude'schen Modellgesetzes die geometrischen Randbedingungen wie Gewässergeometrie und Sieblinien des Sohlmaterials und des Geschiebes linear entsprechend einem ausgewählten Maßstabsfaktor verkleinert. Das so dimensionierte physikalische Modell des Gewässerabschnitts wird zur Durchführung der Versuche mit verschiedenen Durchflüssen (z.B. MW-HQ300) von unterschiedlicher Durchflussdauer beaufschlagt. Die jeweilige Durchflussdauer, die in Bezug auf Sohlveränderungen ebenso maßgeblich wie die Durchflussmenge ist, wird aus der Dauerlinie eines Pegels bzw. aus charakteristischen Hochwasserganglinien abgeleitet. Durchflussmenge und Durchflussdauer werden wie auch die geometrischen Randbedingungen mit Hilfe des Maßstabsfaktors in Modellgrößen umgerechnet. Die Messergebnisse der Modelluntersuchungen können mittels Modellgesetz und vorhandener Erfahrung auf Naturgrößen umgerechnet und auf deren Aussagekraft hin interpretiert werden.

Alle Modellversuche werden mit beweglicher Sohle durchgeführt, d.h. die Sohle unterliegt je nach Durchfluss und Durchflussdauer permanenten Veränderungen, die im Modell mit geeigneten Messgeräten erfasst werden (Beispiele für Modellversuche siehe Abbildung 5). Für jedes Durchflussszenario werden im Modell die Sohlhöhen vor und nach dem Abflussereignis und der Wasserspiegel während des Ereignisses vermessen. Aus diesen Messungen können Fließtiefen errechnet werden, die wiederum Rückschlüsse auf die Rauheiten im Gewässer erlauben. Am oberen

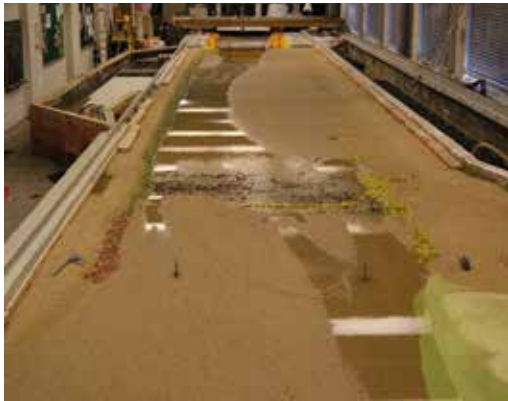


Abb. 5: Modellversuche mit Buhnen als Ufersicherungsmaßnahmen am IWB: (1) Bregenzerach bei Mellau (Gefälle 1-1,3 %) (Foto: IWB 2011), (2) Lutz bei Ludesch (Gefälle 1-1,3 %) (Foto: IWB 2015), (3) Bregenzerach bei Bregenz (Gefälle 0,23 %) (Foto: IWB 2018)

Fig. 5: Laboratory experiments focussing on groynes as measures against bank erosion at the IWB: (1) Bregenzerach near Mellau (bed slope 1-1.3 %) (Photo: IWB 2011), (2) Lutz close to Ludesch (bed slope 1-1.3 %) (Photo: IWB 2015), (3) Bregenzerach near Bregenz (bed slope 0.23 %) (Photo: IWB 2018)

Modellrand wird dem Modell Geschiebe zugegeben, das sowohl in Menge als auch Zusammensetzung genau bekannt ist. Die Erfassung von Geschiebeeintrag, -austrag sowie den Sohlveränderungen erlaubt damit für jede Versuchskonfiguration eine mengenmäßige Bilanzierung und Charakterisierung der Wirkungsweise der jeweiligen Designänderung.

Strategie

Für die Modellversuche wird eine 2-stufige Vorgangsweise gewählt. Im Rahmen der Versuche in Phase I wird der Einfluss der Buhnenparameter auf ein Gewässer unter vereinfachten geometrischen Randbedingungen (gerader Gewässerverlauf) untersucht. Diese geometrische Vereinfachung erlaubt allgemeingültigere Aussagen hinsichtlich der Wirkungsweise einzelner Buhnenparameter wie z.B. Buhnenhöhe, -länge, -abstand, -winkel etc. auf das Gewässer.

Die Versuche in Phase II zielen hingegen auf den Einsatz von Buhnen in einem geschwungenen Gewässerverlauf, und hier liegt der Fokus vermehrt auf der Gewässergeometrie. Im Rahmen dieser zweiten Versuchsphase werden nur noch ausgewählte Buhnenparameter wie z.B. der Buhnenabstand variiert. Für alle Versuche wird hinsichtlich Gewässergeometrie und Hydrologie beispielhaft ein typisches Gewässer des nördlichen Alpenrands (Grünaubach) herangezogen.

Phase 1: Modellversuche unter vereinfachten geometrischen Annahmen

Im ersten Untersuchungsschritt (Phase I) werden unter der vereinfachenden Annahme eines geradlinigen Gewässerverlaufs gewässergeomertische Einflüsse nicht berücksichtigt. Diese Vorgangsweise erlaubt eine Optimierung der Buhnenparameter hinsichtlich ihrer gewünschten Wirkungsweise wie Geschiebelenkung, Ufersicherung oder Schaffung von Laichhabitaten in Buhnenfel-

dern. Die Analyse der Wirkungsweise sieht vor, die Einflüsse unterschiedlicher Buhnenparameter auf Gewässersohle und Ufer zu erfassen. Besonderes Augenmerk gilt hierbei Sohlumlagerungen in den Buhnenfeldern, Kolkformen und -ausdehnung im Bereich der Buhnenköpfe sowie der Gefährdung der Ufer hinsichtlich Erosion.

Die Versuche der Phase I sollen einen Beitrag zur Klärung folgender konkreter Fragestellungen liefern:

- Ermittlung der erforderlichen Steingrößen sowie die Art der Einbindung der Buhnen ins Ufer und Gestaltung des Buhnenkopfes für eine ausreichende Stabilität der Buhnen
- Einfluss der Buhnenparameter Buhnenhöhe, -länge, -abstand, -winkel auf die Gewässersohle (Erfassung von Erosions- und Anlandungsmuster)
- Detaillierte Fotodokumentation vor allem der Buhnenfelder zur Klärung der Frage hinsichtlich der Kornsortierprozesse in Stillwasserzonen der Buhnenfelder
- Punktuelle Geschwindigkeitsmessungen (bei ausreichend großen Fließtiefen) als Datenbasis für die Kalibrierung numerischer Modelle
- Einfluss der Schwall- und Sunkproblematik sowie einer daraus resultierenden deformierten Abflussdauerlinie (fehlende kleine Hochwässer) auf Sortierprozesse in den Buhnenfeldern
- Optimierung der Buhnenform zur Verhinderung der Anlandung von Treibholz

Phase 2: Einfluss einer komplexen Gewässergeometrie – Vollmodell

Die hinsichtlich ihrer Wirkungsweise in Phase I optimierten Buhnen werden in den nachfolgenden Versuchen der Phase II auf ein Gewässer mit kurviger Gewässergeometrie angewendet. Beim

Einsatz von Buhnen in Gewässerkrümmungen ist vor allem die Lage der Buhnen in Bezug auf die Krümmungsgeometrie von Bedeutung, um eine optimierte Geschiebelenkung zu ermöglichen. Einflussgebende Buhnenparameter werden hierbei vor allem die Lage der Buhnen im Verhältnis zur Kurvengeometrie, Buhnenlänge und Buhnenabstand sein.

Die Versuche der Phase II sollen einen Beitrag zur Klärung folgender konkreter Fragestellungen liefern:

- Einfluss der Situierung der Buhnen in Bezug auf die Kurvengeometrie auf die Geschiebelenkung
- Optimierung der Geschiebelenkung durch Variation ausgewählter Parameter; Erkenntnisse aus Phase I liefern hierfür die Basis

Die Versuche sowohl aus Phase I wie auch aus Phase II zielen zudem generell auf eine Optimierung in Richtung eines möglichst kostengünstigen und ressourcenschonenden Materialeinsatzes.

Versuchsaufbau / Durchführung der Versuche / Auswertung der Messergebnisse

Die Versuche sowohl aus Phase I wie auch aus Phase II werden in unterschiedlich breiten Versuchsrinnen am IWB durchgeführt (siehe Abbildung 6). Alle Rinnen sind mit einem Wasserkreislaufsystem verbunden, wodurch die Beschickung der Rinnen mit gezielten Durchflüssen möglich ist. Ebenso sind die Rinnen mit Messwägen versehen, die die Messungen der Sohloberfläche der eingebauten Modelle wie auch des Wasserspiegels in Längs- und/oder Querrichtung ermöglichen. Das Modell wird in die jeweilige Rinne mit einem Maßstabsfaktor geometrisch exakt verkleinert aus Sand und Steinen eingebaut. Sohl- wie auch Ufermaterial entspricht daher im Modell jenem in der Natur. Werden die Modellgesetze im Rahmen der Versuche eingehalten – dies betrifft vor allem

Grenzen in Bezug auf zu große Maßstabsfaktoren – laufen die Veränderungen im Modell analog zu jenen in der Natur ab, wodurch eine Übertragbarkeit der Beobachtungen im Modell auf die Natur gegeben ist.

Jede Versuchsserie wird mit verschiedenen Durchflüssen von Niedrigwasser bis zum Bemessungsabfluss durchgeführt und alle Veränderungen von Sohloberfläche und Wasserspiegel genau gemessen und dokumentiert. Die Messungen der Sohloberfläche im Modell kann als Linienmessung oder aber auch als flächenhafte Messung mit hoher Auflösung durchgeführt werden, wodurch detaillierte Aussagen hinsichtlich der Veränderung an der Sohle durch Variation der jeweiligen Buhnenparameter möglich sind. Die Messung der Wasseroberfläche erfolgt während eines Durchflussszenarios, jene der Sohloberfläche immer im Anschluss an ein Szenario, da für diese Messungen die Sohloberfläche trocken sein muss. Geschwindigkeitsmessungen sind nur bei ausreichend großen Fließtiefen im Modell und damit vor allem beschränkt auf große Durchflüsse möglich.

Messergebnisse von Sohle und Wasserspiegel werden, sofern möglich und erforderlich, punktuell auch durch Geschwindigkeitsmessungen ergänzt. Da die Erfassung der Sohl- und der Wasseroberfläche lediglich Aussagen zur mittleren Fließgeschwindigkeit ermöglicht, liefern ergänzende Geschwindigkeitsmessungen konkretere Ergebnisse zu Orten von speziellem Interesse oder auch die Möglichkeit zu punktuellen Vergleichen mit numerischen Ergebnissen.

Numerische Modelle

Geschiebetransportmodelle in Form von numerischen 1d- oder 2d-Modellen bieten dem Anwender vielfältige Möglichkeiten der Berechnung. Die Bandbreite reicht von einfachen Ansätzen mit



Abb. 6: Versuchsrinnen am IWB: (1) Glasrinne für Schnittmodelle (Breite 1 m) und (2) Versuchsrinne für Vollmodelle (Breite 3 m) (Fotos: IWB 2004)

Fig. 6: Laboratory flumes at the IWB: (1) for cutaway models (width 1 m) and (2) for full models (width 3 m) (Photos: IWB 2004)

einem mittleren Korndurchmesser bis hin zu fraktionsweiser Berechnung des Transportes. Meistens fehlen dem Anwender jedoch wichtige Grundlageninformation, wie die verfügbare Menge an Geschiebematerial und dessen Zusammensetzung (Sieblinie, Korngrößen). Weiters wird meistens von stationären Randbedingungen ausgegangen, die in der Natur selten vorkommen und die Abflussspitzen und –frachten sind je nach Ereignis sehr unterschiedlich. Mithilfe von Modellversuche sind diese Rahmenbedingungen bekannt, viele Grundlageninformationen wie zugegebene Korngrößen und Abflussmengen sind wie der Aufbau der Sohle bekannt. Im Zuge dieser physikalischen Modellversuche wird mit den gängigen Ansätzen für Geschiebetransport eine numerische Geschiebetransportberechnung durchgeführt.

Vorschau auf Ergebnisse

Aus den Ergebnissen dieser systematischen Modellversuche wird eine Praxisempfehlung bzw. ein Leitfaden für die Umsetzung von Buhnen in Gewässern des alpinen bzw. voralpinen Bereichs mit einem Sohlgefälle zwischen 2 und 7 % abgeleitet.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Dr. Wolfram Bitterlich
 Fachbereich Ökologie
 Wildbach- und Lawinenverbauung
 Gebietsbauleitung Oberösterreich West
 Traunreiterweg 5, 4820 Bad Ischl
 wolfram.bitterlich@die-wildbach.at

DI Dr. Ursula Stephan
 Institut für Wasserbau und
 hydrometrische Prüfung
 Bundesamt für Wasserwirtschaft
 Severingasse 7, 1090 Wien
 ursula.stephan@baw.at

DI Markus Moser
 Fachbereich Wildbachprozesse
 Wildbach- und Lawinenverbauung
 Gebietsbauleitung Lungau
 Johann Löcker Str. 3, 5580 Tamsweg
 markus.moser@die-wildbach.at

Literatur / References:

BLÖSCHL, G. (2009)
Ingenieurhydrologie. Vorlesungsskriptum (Vorl. Nr. 223.027). TU Wien

DETERT, M., Weitbrecht, V.(2013):
User guide to gravelometric image analysis by BASEGRAIN. In: Advances
in Science and Research, S. Fukuoka, H. Nakagawa, T. Sumi, H. Zhang
(Eds.). Taylor & Francis Group, London: 1789-1795. <http://www.basement.ethz.ch/download/tools/basegrain.html>

FEHR, R. (1987):
Geschiebeanalysen in Gebirgsflüssen – Umrechnung und Vergleich von
verschiedenen Analyseverfahren. Mitteilungen der Versuchsanstalt für
Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der Eidgenössischen Techni-
schen Hochschule Zürich. VAW Mitteilung Nr. 92

IWB (2016):
Renaturierung der Lutz BA02. Endbericht zum Physikalischen Modellver-
such im Auftrag des Lutzverbands. 99 S.

MENDE, M. (2014):
Naturnaher Uferschutz mit Lenkbuhnen – Grundlagen, Analytik und
Bemessung. Mitteilungen des Leichtweiß-Instituts für Wasserbau. Band 162

Wyssen Avalanche Control Center

WAC.3

Die **innovative** Bedienung
zur vorbeugenden
Lawinenauslösung



WYSSSEN
switzerland

**avalanche
control**

Wyssen Austria GmbH
6020 Innsbruck
+43 664 8822 9015
austria@wyssen.com
www.wyssen.com

EVA DUTZLER, WOLFRAM BITTERLICH, HANS PETER RAUCH

Flussmorphologische Bewertung von Buhnen am Beispiel von ausgewählten Wildbächen

Condition assessment of groynes by means of selected torrents

Zusammenfassung:

Gegenwärtig gewinnen in der Wildbach- und Lawinenverbauung neben schutzwasserbaulichen Zielsetzungen ökologische Aspekte immer mehr an Bedeutung. Buhnen als Uferschutzbauwerke sind aufgrund ihrer strukturgebenden Elemente in vielerlei Hinsicht als naturnahe Verbauungsmaßnahmen geeignet. In der Wildbachpraxis existieren bislang keine Errichtungsstandards für Buhnen und es gibt keine Untersuchungen wie Buhnen die Flussmorphologie beeinflussen. Basierend auf dieser Problemstellung versucht der vorliegende Artikel mittels eines entwickelten Aufnahmebogens die von den Buhnen verursachten flussmorphologischen Wirkungen zu erheben und zu analysieren. 181 Buhnen an fünf ausgewählten Wildbächen wurden aufgenommen und statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass größer dimensionierte Buhnen in Relation zur Flussbreite und zum Bauwerksabstand die größten Auswirkungen auf die für das aquatische Habitat wichtigen flussmorphologischen Prozesse haben.

Stichwörter: Buhne, Schutzbauwerke, Flussmorphologie, Zustandsbewertung, Ingenieurbiologie

Abstract:

Currently, besides flood protection, ecological objectives are playing an increasingly important role in the Torrent and Avalanche Control. Due to their structuring elements, groynes are in many ways suitable for the semi-natural bank protection of rivers. No practical standards for torrents have been established regarding the construction of groynes. Based on this issue this article tries to collect and analyse structural parameters using a specialised record sheet. 181 groynes by means of five selected torrents have been recorded and statistically analysed. It is shown, that larger-sized structures in relation to the river width and the distance between groynes have the greatest impact on the morphological processes that are important for aquatic habitat.

Keywords: Groyne, protection measure, river morphology, condition evaluation, bioengineering

Einleitung

Im Schutzwasserbau werden durch die Implementierung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Form des Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplans (NGP) ökologische Maßnahmen forciert. Gegenwärtig gewinnen auch in der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLW) neben den schutzwasserbaulichen Aspekten auch ökologische Zielsetzungen wie Strukturvielfalt und Gewässerdynamik immer mehr an Bedeutung. Dies bedeutet, dass dem Fluss die Möglichkeit zur Umlagerung, Eintiefung in das Flussbett sowie lokalen Auflandung gegeben wird (FLORINETH, 2012, Eberstaller-Fleischanderl & Eberstaller, 2014, BMLF; ÖWAV, 1992, PATT ET AL., 2009, RAUCH, 2014). Buhnen stellen in Hinblick auf diese Zielsetzungen und schutztechnischen Ansprüche gute Lösungen im Wasserbau und der Wildbachver-

bauung dar, da sie einerseits Ufererosion vorbeugen und andererseits als strukturgebendes Element neue, vielfältige Lebensräume schaffen. Buhnen wurden historisch bzw. werden aktuell aus verschiedensten Beweggründen im Bereich der WLW eingesetzt. Buhnen wurden bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts zur Holzdrift errichtet. Das angeschwemmte Holz wurde dadurch in der Strömungsmitte gehalten und die Transportkraft des fließenden Wassers konnte als Bringungskraft nutzbar gemacht werden. Ein Beispiel für einen regionalspezifischen Bautyp im Almtal in Bezug auf die Holzdrift, welche in diesem Gebiet aufgrund ausgedehnter Wälder intensiv betrieben wurde, ist die so genannte Wurfschlacht. Dabei handelt es sich um rampenartige Querbauwerke, die auf Sohlniveau beginnend zur Fließrichtung hin ansteigend und mit einem Rahmen aus Rundhölzern errichtet wurden (vgl. Abbildung 1).



Abb. 1: 3D Modell einer Wurfschlacht

Fig. 1: 3D model of a Wurfschlacht

Als flussbauliches Mittel dienen sie in größeren Gewässern dem Erhalt von Navigationskanälen für die Schifffahrt. In kleineren, nicht schiffbaren Gewässern und Wildbächen steht der Schutz vor Ufererosion im Vordergrund. Im Vergleich zu anderen Längsverbauungsmaßnahmen – wie beispielsweise Blockwurf und Steinschlichtungen – liegt der Vorteil von Buhnen in flussmorphologischen Auswirkungen und der positiven Beeinflussung der lokalen ökologischen Gegebenheiten. Dazu zählen unter anderem die Veränderung der Strömungsmuster in den einzelnen Buhnenfeldern, die An- und Ablagerungen von Sedimenten sowie die Ausbildung von Tiefwasserbereichen (SUKHODOLOV ET AL., 2002, 2014, 2016). Im Jahr 2016 wurde von der Wildbach- und Lawinerverbauung, GBL Oberösterreich West gemeinsam mit dem Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (BOKU) ein Projekt initiiert mit dem Ziel die Verwendung von Buhnen als wasserbautechnische und ökologische Maßnahme in Wildbacheinzugsgebieten zu optimieren. Buhnen verursachen einen Lenkeffekt der Strömung, wodurch einerseits bei Hochwasserabflüssen die angrenzenden Ufer geschützt werden, und andererseits durch eine Strömungsdifferenzierung bei Niederwassersituationen ökologische Effekte erzielt werden. Das Projekt beruht auf mehreren Modulen. Dieser Artikel beschäftigt sich mit dem Modul 1, Zustandsbewertung von Buhnen am Beispiel von ausgewählten Wildbächen im Gebiet der Gebietsbauleitung Oberösterreich West (RAUCH ET AL., Endbericht). Die Arbeiten wurden im Rahmen einer am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau betreuten Masterarbeit durchgeführt. Der folgende Artikel beschäftigt sich mit der folgenden Forschungsfrage:

Welche Auswirkung haben Buhnen auf die Flussmorphologie eines Gewässers?

Klassifizierung von Buhnen

Buhnen sind dammartige Querbauwerke, die in den Flussquerschnitt ragen (vgl. Abbildung 2), die Strömung von kritischen Zonen ablenken, Ufererosion verhindern und einen günstigen Strömungskanal in Bezug auf Hochwasserschutz, eventuelle Schifffahrt, Ufersanierung oder Strukturierung des Gewässers bewirken (ERCAN & YOUNIS, 2009; NACHTNEBEL ET AL., 2008; PRZEDWOJSKI ET AL., 1995; SAVIĆ ET AL., 2013). Buhnen dienen jedoch nicht zur kontinuierlichen Regulierung des Flusslaufes, sondern schaffen an den Uferlinien Strukturen, welche zu unregelmäßigen Fließmustern in der Strömung sowie einem Anstieg des Wasserspiegels führen (JANY & GEITZ, 2013; PRZEDWOJSKI ET AL., 1995). Zudem trennen sie die Streichlinie und die Uferlinie voneinander. In diesen Zwischenräumen verhindern die Konstruktionen starke Strömungen, reduzieren die Fließgeschwindigkeit und bewirken somit eine Geschiebeanlandung sowie die Bildung von Sandbänken und neuen Uferlinien (PRZEDWOJSKI ET AL., 1995). In den Zirkulationszonen zwischen den einzelnen Bauwerken eines Buhnenfeldes bilden sich durch Ablagerung und beruhigten Strömungsmustern zudem neue Lebensräume, die vor allem für Klein- und Jungfische ideale Laich- und Aufwuchsorte sind und Alternativen zu verlorenen Habitats bieten (EICK & THIEL, 2013). Im optimalen Fall können Buhnen abgestimmt auf den Gewässertyp und der Abflussmenge zur Ufersicherung, Geschieberegulierung und Gewässerstrukturierung verwendet werden, sofern das komplexe hydraulische und sedimentologische Wirkungsgefüge bekannt ist.

Buhnen können in Bezug auf die Bauweise (Bautyp und Bauwerksgeometrie), das Erscheinungsbild und die Auswirkungen auf das Abflussgeschehen starke Unterschiede aufweisen und nach verschiedenen Kriterien klassifiziert werden (vgl. Tabelle 1).



Abb. 2: Buhne und ihre Auswirkungen auf die Flussmorphologie

Fig. 2: Groyne and its effects on the river morphology

Klassifizierung	Beschreibung
Einbauwinkel	Je nach Bedarf und gewünschter Wirkung kann eine Buhne in unterschiedlichen Winkeln (zur Fließrichtung) errichtet werden: deklinant, rechtwinklig und inklinant.
Durchströmbarkeit	Durchströmbare Buhnen (Pfähle, Bambus, Holz) verlangsamen den Strom, während undurchströmbare (solide) Buhnen (Beton, Stein, Schotter, Gabionen) den Strom stärker ablenken.
Überströmung	Nicht überströmte Buhnen bilden ausgeprägte Wirbel im Buhnenfeld aus, die durch den Austausch mit der Hauptströmung in Bewegung gehalten werden, bei überströmten Bauwerken ist dieses Zirkulationsmuster nicht zu beobachten.
Grundriss	Buhnenköpfe können auf unterschiedliche Arten ausgeführt werden. Die verschiedenen Erscheinungsformen von Buhnen im Grundriss (L-förmig, T-förmig, Hockey-Schläger, Verkehrter Hockey-Schläge) dienen der Verstärkung des Buhnenkopfes, der vermehrten Anlandung von Geschiebe, der Verringerung des Risikos von Kolkbildung, der Maximierung des Uferschutzes oder der Steigerung des Effekts der Kanalisierung für die Schifffahrt.
Bautyp	Steinbuhne; Steinsporn, Steinkastenbuhne, Flechtwerksbuhne, Wurzelstockbuhne, Raubaumbuhne, Krainerwandbuhne, Faschinenbuhne

Tab. 1: Buhnenklassifizierung

Tab. 1: Classification of groynes

Methodik

Die methodische Bearbeitung fand mittels eines für die Feldaufnahmen entwickelten Aufnahmebogens von Buhnen sowie einer anschließenden statistischen Analyse der erhobenen Daten statt. Die Hauptabschnitte dieses neu konzipierten Aufnahmeblattes beinhalten die Geometrie des Bauwerks, die Abmessungen des Buhnenfeldes sowie des Flussabschnittes, Materialien der Buhnen und die Auswirkungen auf die Flussmorphologie.

Aufnahmebogen

Mithilfe dieses Aufnahmeblattes (vgl. Tabelle 2) wurde der Einfluss bestimmter Buhnentypen und Ausführungsformen auf ausgewählte Parameter der Flussmorphologie untersucht.

Die Sedimentstruktur gibt einen wichtigen Hinweis auf die Sedimentdiversität und somit auch der Diversität der Lebensräume im Umfeld

der Buhne. Die Einteilung der einzelnen Korngrößenklassen erfolgte nach der LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2010).

Ufererosionen – und vor allem die Verortung dieser Erosionen – lassen auf die Funktionserfüllung der Buhnen schließen. Treten beispielsweise Erosionen zwischen zwei Buhnen auf, könnte dies auf einen zu großen Bauwerksabstand hinweisen. Geringe Ufererosionen beschreiben dabei einen Abtrag von oberflächlichem Lockermaterial, mittlere Erosionen betreffen bereits gröberes Material und kleinere Abbrüche der Böschungsoberkante beziehungsweise Uferunterschneidungen. Starke Ufererosionen hingegen sind großflächige Abbrüche der Böschung, welche die gesamte Stabilität des Ufers sowie die Ufervegetation beeinträchtigen.

Oft sind Buhnen der Grund für Eintiefungen im Flussbett entlang der Streichlinie, da sie die Strömung in eine bestimmte Richtung lenken.

Flussmorphologische Wirkungen					
Sedimentstruktur	<input type="checkbox"/> < 0,063 mm	<input type="checkbox"/> 0,063–2 mm	<input type="checkbox"/> 0,2–2 cm	<input type="checkbox"/> 2–6,3 cm	
	<input type="checkbox"/> 6,3–20 cm	<input type="checkbox"/> 20–40 cm	<input type="checkbox"/> > 40 cm		
Ufererosion	Rechtes Ufer	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mittel	<input type="checkbox"/> stark
	Linkes Ufer	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mittel	<input type="checkbox"/> stark
Eintiefungen	Rechts	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> flach	<input type="checkbox"/> mittel	<input type="checkbox"/> tief ____ in cm
	Flussmitte	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> flach	<input type="checkbox"/> mittel	<input type="checkbox"/> tief ____ in cm
	Links	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> flach	<input type="checkbox"/> mittel	<input type="checkbox"/> tief ____ in cm
Verlandung					
Verlandungsstelle	<input type="checkbox"/> Flussaufwärts		<input type="checkbox"/> Flussabwärts		
Länge L_V		Breite B_V		Fläche A_V	

Tab. 2: Aufnahmebogen – Flussmorphologische Wirkungen

Tab. 2: Record sheet – morphological effects

Dies kann in weiterer Folge zu Schäden an den Bauwerken (Unterspülung, Kippen, etc.) führen. Hierfür wird einerseits die Lage dieser Eintiefung erhoben und andererseits die Tiefe gemessen und in Relation zur generellen Flusstiefe gesetzt. Flache Eintiefungen beschreiben Stellen, die das Zweifache der Flusstiefe betragen, mittlere Eintiefungen messen das Zwei- bis Dreifache und tiefe Eintiefungen sind über dreimal tiefer als die durchschnittliche Flusstiefe.

Verlandungen sind vor allem bei Buhnen, die als ökologisches Strukturelement dienen sollen, ein wichtiger Prozess, da sie der natürlichen Sukzession unterworfen sind und neue vielfältige Biotopstrukturen schaffen. Der Aufnahmebogen erfasst in Bezug auf Verlandungen deren Verortung (flussabwärts oder flussaufwärts des Bauwerks), die Abmessungen und die Fläche der Verlandung AV.

Untersuchungsbiote

Die fünf ausgewählten Untersuchungsgebiete verteilen sich auf das Gebiet des äußeren Salzkammerguts (vgl. Abbildung 3) und sind teilweise durch eine lange Verbauungsgeschichte geprägt:

- Grünaubach
- Schindlbach (Quellfluss des Grünaubachs)
- Rettenbach
- Wangauer Ache
- Weißenbach

Geologisch gesehen hat das Gebiet des Salzkammergutes Anteil an drei unterschiedlichen Landschaftstypen: dem flachen Alpenvorland in der Molassezone, an den Mittelgebirgen der Flyschzone sowie den nördlichen Kalkalpen (SCHADLER, 1959). Aufgrund der differierenden Lage der Untersuchungsgebiete herrschen unterschiedliche geologische Gegebenheiten vor. Die



Abb. 3: Übersicht über die Untersuchungsgebiete

Fig. 3: Overview of the study areas

Untersuchungsgebiete Grünaubach und Schindlbach liegen in einem Ausläufer der Flyschzone, der Rettenbach liegt in den nördlichen Kalkalpen, deren Schichten überwiegend aus Kalken und Dolomiten der mittleren Trias aufgebaut sind (Bacher et al., 2007). Im Bereich des Weißenbachs und der Wangauer Ache dominieren hingegen quartäre Ablagerungen. In Bezug auf das Klima ist das Salzkammergut in der Zone der atlantischen Klimaprovinz situiert. Dies bedingt geringere Temperaturamplituden im Jahresverlauf.



Zudem führt die Stauung am Alpennordrand zu hohen Niederschlagsraten.

Ergebnisse

Insgesamt wurden während den Feldarbeiten 2016 181 Bauwerke und deren Parameter erfasst. Dabei wurden folgende Bautypen (vgl. Abbildung 4) kartiert: Steinbuhnen (31), Steinspore (109), Betonbuhnen (6), Stammbuhnen (6) und Wurf-schlachten (29).



Abb. 4: Bauformen: a) Steinbuhne, b) Steinsporn, c) Betonbuhne, d) Stammbuhne und e) Wurf-schlacht

Fig. 4: Designs: a) stone groyne, b) stone spur, c) concrete groyne, d) log groyne and e) Wurf-schlacht

Kolkbildung

Die Kolkbildung entlang des Bauwerks kann auf die Dimensionierung der Buhne zurückgeführt werden (vgl. Abbildung 5). Größere Buhnen (vor allem in Relation zur Flussbreite) stellen ein größeres Hindernis für die Strömung dar, dies führt zu stärkeren Turbulenzen und vermehrter Kolkbildung. Abbildung 6 setzt die Verortung und Häufigkeit eines Kolkes mit dem Verhältnis von Flussbreite zu Bauwerkslänge (F_B/L_B) in Beziehung. Zur Vereinfachung der Darstellung wurden die Verhältniswerte in fünf einzelne Klassen zusammen-

gefasst. Dabei ist bis auf einen Ausreißer der Klasse 1,83–2,61 deutlich zu erkennen, dass kürzere Bauwerke im Verhältnis zur Flussbreite geringere Tendenzen zur Kolkbildung aufweisen. Für die niedrigste Klasse $< 1,83$ wurden demnach in 58,8 % der Fälle ein Kolk erfasst, während es für die höchste Klasse $> 4,66$ nur noch 32,6 % waren. Die Verortung hingegen hängt auf Basis dieser Auswertung nicht von dem Verhältnis F_B/L_B ab, da kein logisches Muster in der Verteilung der Kolkverortungen auf die einzelnen Klassen erkennbar ist.

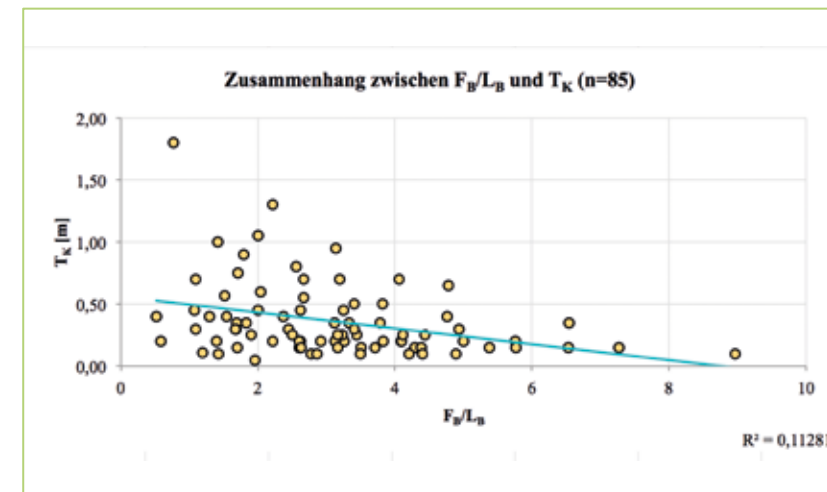


Abb. 5: Zusammenhang zwischen Verhältnis von Flussbreite F_B zu Buhnenlänge L_B und Kolk-tiefe T_K

Fig. 5: Relation between the ratio of river width F_B to groyne length L_B and scour depth T_K

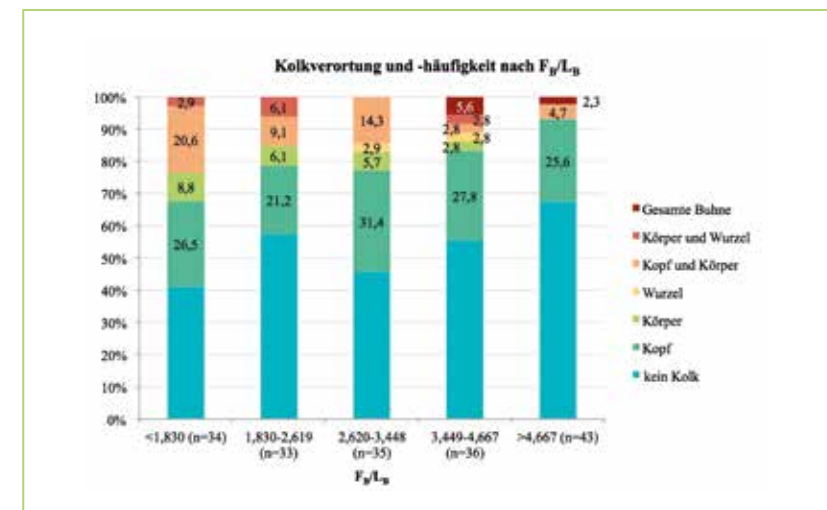


Abb. 6: Kolkverortung und -häufigkeit nach Verhältnis Flussbreite F_B zu Buhnenlänge L_B

Fig. 6: Localization and frequency of scouring by ratio of river width F_B to groyne length L_B

Sedimentstruktur

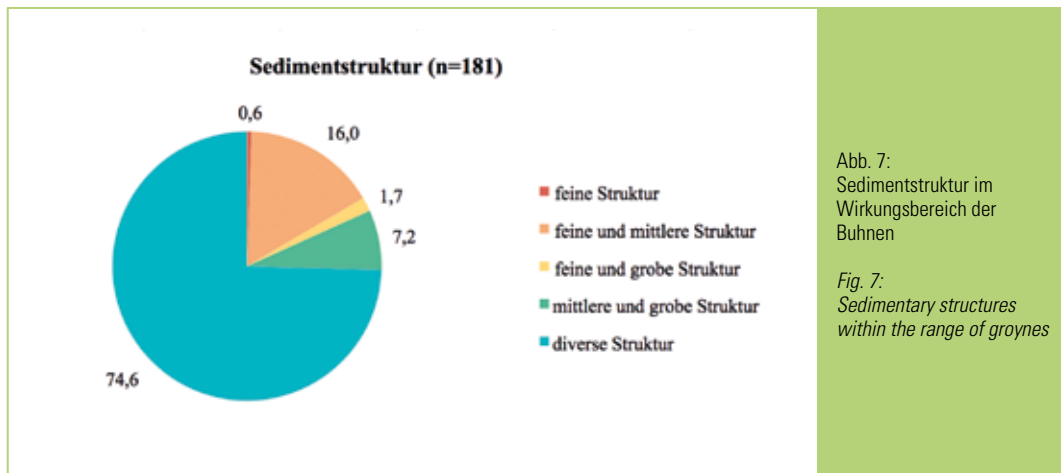
Während die Flusssohle in schnell fließenden Wildbächen meistens durch grobes Material (> 20 cm) gebildet wird, kann es im Strömungsbereich um Buhnen häufig zu zusätzlicher Anlagerung von Feinmaterial kommen. Für diese Analysen wurden die unterschiedlichen, in den Untersuchungsgebieten vorgefundenen Sedimentstrukturen in Klassen unterteilt. Aufschluss über die Korngrößen in den einzelnen Klassen gibt Tabelle 3.

Feinmaterial	< 0,063 mm bis 2 cm
Mittleres Material	2 cm bis 20 cm
Grobes Material	20 cm bis > 40 cm

Tab. 3: Korngrößenverteilung der Sedimentstruktur-Klassen

Tab. 3: Grain size distribution of sedimentary structure classes

Im Wirkungsbereich der Bauwerke kann eine diverse Sedimentstruktur festgestellt werden, das bedeutet Sedimente mit vielen unterschiedlichen Korngrößen (vgl. Abbildung 7): Rund drei Viertel

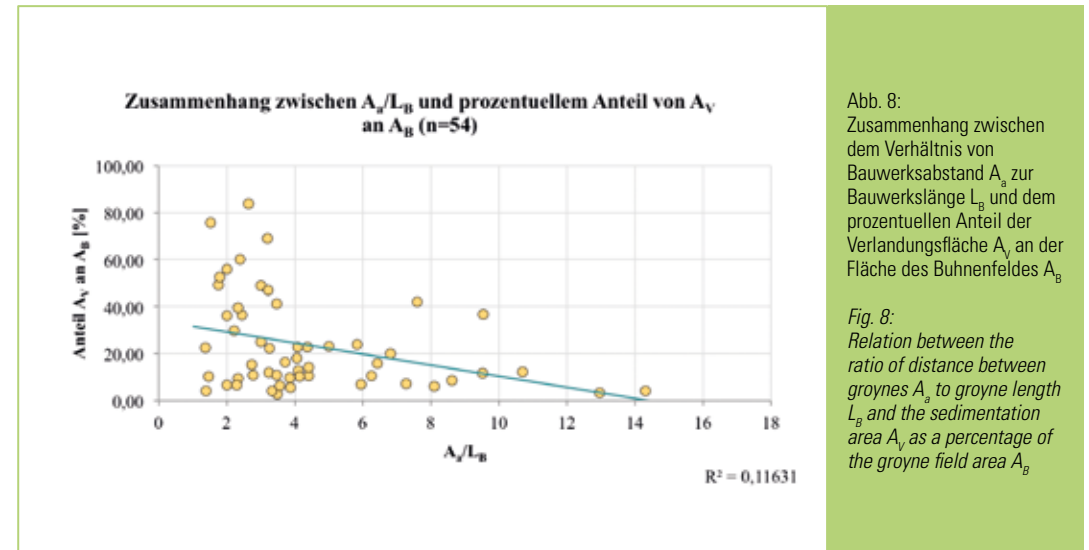


der erhobenen Standorte (74,6 %) weisen eine diverse Sedimentstruktur – das bedeutet Material von < 0,063 mm bis > 40 cm auf.

Verlandungen

Insgesamt wurde an 75 (31,07 %) der 181 untersuchten Bauwerke eine Verlandungsfläche vorgefunden, davon befanden sich rund 90 % im Unterwasser der Buhne.

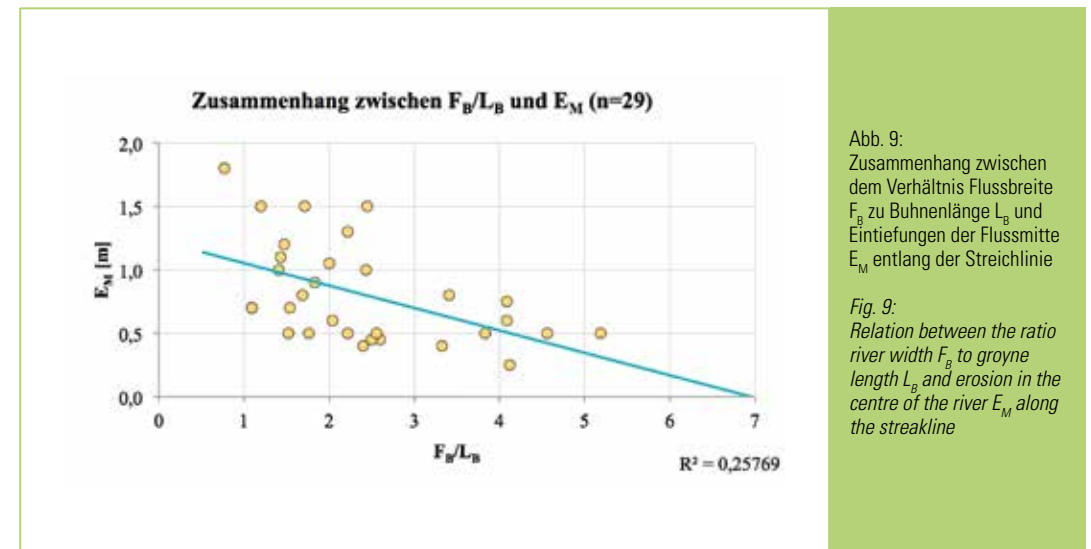
Abbildung 8 stellt den prozentuellen Anteil der Verlandungsfläche AV an der Fläche des Buhnenfeldes AB in Abhängigkeit zum Verhältnis Bauwerksabstand Aa zu Bauwerkslänge LB dar. Anhand dieser Darstellung ist zu erkennen, dass ein negativer, linearer Zusammenhang besteht. Längere Buhnen in Verbindung mit geringem Bauwerksabstand führen zu geringen Fließgeschwindigkeiten, geringerem Geschiebe- und Wasseraustausch und vermehrten Sedimentablagerungen. Im Gegensatz dazu ist bei kürzeren Bauwerken und großen Bauwerksabständen der Vermischungsbereich zwischen Retentionszone und Hauptströmung größer, es findet mehr Austausch zwischen den beiden Strömungen statt. Dies verursacht eine geringere Verlandungstendenz.



Flussbetteintiefungen

In Bezug auf Eintiefungen des Flussbettes entlang der Streichlinie stellt das Verhältnis von Flussbreite F_B zu Bauwerkslänge L_B einen wichtigen Parameter dar. Wird der Fließquerschnitt stark eingeeengt, steigt die Fließgeschwindigkeit und die Sohle wird erodiert – es entstehen Eintiefungen entlang der Köpfe eines Buhnenfeldes. Ist das

Bauwerk kürzer als ein Viertel der Flussbreite, sinkt die Tendenz zu Eintiefungen des Flussbettes stetig (vgl. Abbildung 9). Die Verhältniszahlen können in diesem Fall sehr kleine Werte ergeben (< 1), da die Bauwerkslänge auch jenen Teil mit einbezieht, der in der Uferböschung verankert ist. Aus diesem Grund kann die Buhnenlänge größer sein als die Flussbreite und diese niedrigen Verhältniswerte bedingen.



Ufererosionen

Obwohl in der Literatur bezüglich der Ufererosion starke Unterschiede basierend auf der Bauwerksausrichtung erwähnt werden, kann dies mittels der erfassten Parameter nicht bestätigt werden. Jedoch ist ein signifikanter Einfluss des Verhältnisses von Flussbreite F_B zu Bauwerkslänge L_B auf Erosionen des der Buhne gegenüberliegenden Ufers zu erkennen (vgl. Abbildung 10). Vor allem wenn die Bauwerke halb bis ein Fünftel so lang sind wie der Fluss breit (Verhältniszahl 2 – 5), kommt es dort aufgrund der starken Ablenkung der Strömung zu Erosionen. Kurze Buhnen haben nur wenig Einfluss auf das gegenüberliegende Ufer, nur rund 19 % der Fälle der Verhältnisklassen 5 – 6 und > 6 weisen Erosionen auf.

Schlussfolgerungen

An insgesamt 181 Buhnen wurden mittels eines Aufnahmebogens flussmorphologische Parameter erhoben. Folgende Hauptaussagen können basie-

rend auf den Ergebnissen der Felderhebung und deren Interpretationen formuliert werden:

- In Relation zur Flussbreite, größer dimensionierte Bauwerke neigen aufgrund der Einengung des Fließquerschnitts zum einen verstärkt zu Kolkbildungen entlang einer einzelnen Buhne, zum anderen entstehen durch Bauwerke, die länger als ein Viertel der Flussbreite sind, zusätzlich Eintiefungen des Flussbettes entlang der Streichlinie des gesamten Buhnenfeldes.
- Alle untersuchten Ausprägungen von Buhnen bedingen in ihrem Nah- und Wirkungsbereich eine diverse Sedimentstruktur.
- Größere Buhndimensionierungen in Relation zum Bauwerksabstand bedingen größere Verlandungsflächen.
- Die Tendenz zu Ufererosion am gegenüberliegenden Ufer kann verringert werden, indem die Buhne kürzer als ein Fünftel der Flussbreite errichtet wird.

Die Ergebnisse der Untersuchung unterstützen die

Annahme, dass Buhnen einen breiten Handlungsspielraum für ökologischen Flussbau bieten. Sie vereinen wirksamen Uferschutz und ökologische Aufwertung an Flussläufen, die aus verschiedenen Gründen keinen natürlichen Verlauf aufweisen. Vielfalt und Strukturbildung können durch den Einsatz von Buhnen forciert werden. Zudem wird klar, dass kleine Veränderungen des Designs von wasserbaulichen Strukturen große Auswirkungen auf die Flussmorphologie haben können. Diese Ergebnisse sind die Basis für einen physikalischen Modellversuch, bei dem verschiedenste Buhnenvarianten erstellt und getestet werden. In einem weiteren Schritt ist geplant, verschiedene Bauweisen in einem Feldversuch zu testen. Es ist wichtig, dass man Handlungsanleitungen erarbeitet, damit beim Bau von Buhnen neben den schutztechnischen Aspekten auch gezielt flussmorphologische Prozesse berücksichtigt werden können. Damit leisten Buhnen einen wichtigen ökologischen Beitrag zur Verbesserung des aquatischen Habitats.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Eva Dutzler
Universität für Bodenkultur Wien
Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien
eva@dutzler.at

Priv. Doz. DI Dr. Hans Peter Rauch
Universität für Bodenkultur Wien
Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien
hp.rauch@boku.ac.at

DI Dr. Wolfram Bitterlich
Wildbach- und Lawinerverbauung
Gebietsbauleitung Oberösterreich West,
Fachbereich Ökologie
Traunreiterweg 5, 4820 Bad Ischl
wolfram.bitterlich@die-wildbach.at

Literatur / References:

- BACHER, L.; BERGHALD, U.; FORTE, M. et al. (2007): Raumeinheit Salzkammergut-Talungen. In: Amt der Oö. Landesregierung, Abteilung für Naturschutz: Natur und Landschaft / Leitbilder für Oberösterreich. Linz.
- BMLF; ÖWAV (1992): Schutzwasserbau, Gewässerbetreuung, Ökologie. Grundlagen für wasserbauliche Maßnahmen an Fließgewässern. Wien.
- EBERSTALLER-FLEISCHANDERL, D.; EBERSTALLER, J. (2014): Flussbau und Ökologie – Flussbauliche Maßnahmen zur Erreichung des gewässerökologischen Zielzustandes, Wien.
- EICK, D.; THIEL, R. (2013): Key environmental variables affecting the ichthyofaunal composition of groyne fields in the middle Elbe River, Germany. *Limnologia – Ecology and Management of Inland Waters* 43 (4), S. 297–307.
- ERCAN, A.; YOUNIS, B. (2009): Prediction of Bank Erosion in a Reach of the Sacramento River and Mitigation with Groynes. *Water Resources Management* 23 (15), S. 3121–3147.
- FLORINETH, F. (2012): Pflanzen statt Beton. Sichern und gestalten mit Pflanzen. 2. Aufl. Berlin u.a.: Patzer.
- JANY, A.; GEITZ, P. (2013): Ingenieurbiologische Bauweisen an Fließgewässern Teil 3. Arbeitsblätter für die Baustelle, Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (2010): Gewässerstrukturkartierung in Baden-Württemberg – Feinverfahren, Karlsruhe.
- NACHTNEBEL, H.; MÜLLER, B.; NEUHOLD, C. et al. (2008): Wasserwirtschaftliche Entwicklung in Überflutungsgebieten, Wien.
- PATT, H.; JÜRGING, P.; KRAUS, W. (2009): Naturnaher Wasserbau. Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern. 3., bearbeitete und aktualisierte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- RAUCH, H. P. (2014): Die ingenieurbiologische Bautechnik und ihre spezifischen technischen und ökologischen Wirkungen; S. 306; Universität für Bodenkultur Wien; Habilitation im Fach Ingenieurbiologie
- RAUCH, H. P., DUTZLER, E., BITTERLICH, W., (2016): Zustandsbewertung von Buhnen, am Beispiel von ausgewählten Wildbächen im Gebiet der WLW OÖ-West. Endbericht, S34.
- SAVIĆ, R.; ONDRAŠEK, G.; BEZDAN, A. (2013): Fluvial deposition in groyne fields of the middle course of the danube river. *Tehnički vjesnik* 20 (6), S. 797–983.
- SCHADLER, J. (1959): Zur Geologie der Salzkammergutseen. *Österreichs Fischerei* 12 (5-6), S. 36–54.
- SUKHODOLOV, A. (2014): Hydrodynamics of groyne fields in a straight river reach – Insight from field experiments. *Journal of Hydraulic Research* 52 (1), S. 105–120.
- SUKHODOLOV, A.; SUKHODOLOVA, T.; KRICK, J. (2016): Effects of vegetation on turbulent flow structure in groyne fields. *Journal of Hydraulic Research* 55 (1), S. 1–15.
- SUKHODOLOV, A.; UIJTTEWAAL, W.; ENGELHARDT, C. (2002): On the correspondence between morphological and hydrodynamical patterns of groyne fields. *Earth Surface Processes and Landforms* (27), S. 289–305.

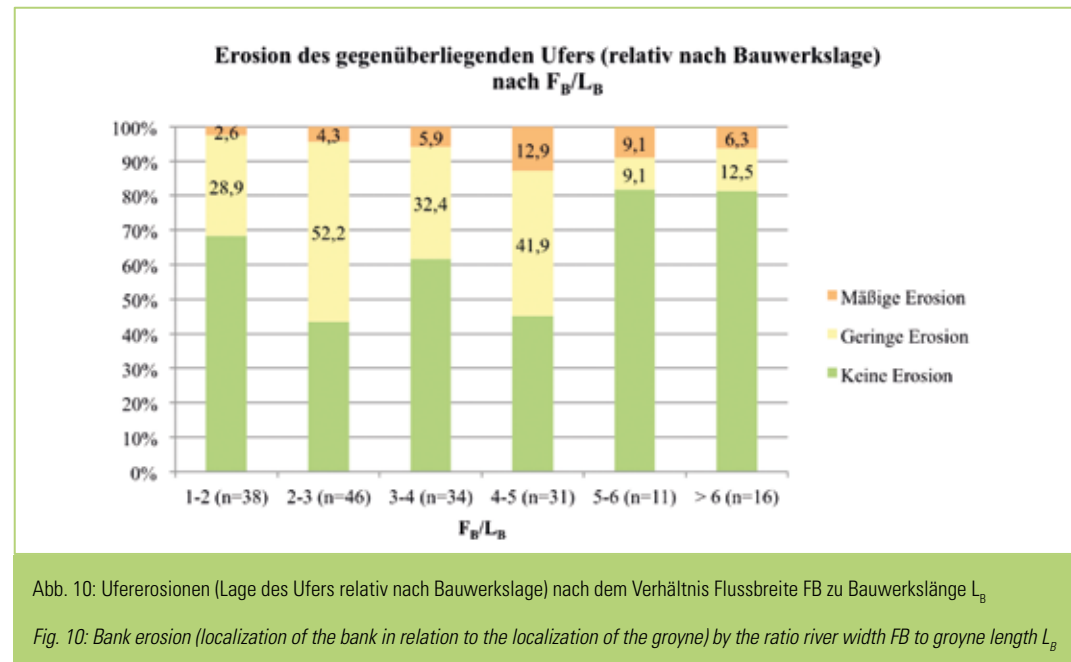


Abb. 10: Ufererosionen (Lage des Ufers relativ nach Bauwerkslage) nach dem Verhältnis Flussbreite F_B zu Bauwerkslänge L_B

Fig. 10: Bank erosion (localization of the bank in relation to the localization of the groyne) by the ratio river width F_B to groyne length L_B

FLORIAN KEIL, REINHARD HAUNSCHMID, ENGELBERT SCHMIED, HANSJÖRG HUFNAGL

Fischpassierbarkeit verschiedener Bautypen der Wildbach- und Lawinenverbauung in österreichischen Wildbächen (Epi- und Metarhithral)

Fish passage of different protective structures in Austrian mountain torrents (Upper and Lower trout zone)

Zusammenfassung:

Ein Kooperationsprojekt zwischen dem Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) und dem Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Gewässerökologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur (BAW-IGF), konnte aufzeigen, dass die Empfehlungen des Leitfadens zum Bau von Fischaufstiegshilfen auch in Wildbächen ein adäquates Hilfsmittel zur fischpassierbaren Bauweise von Bauwerken darstellen. Bei den untersuchten Bauwerken konnten in vielen Fällen Abweichungen von den empfohlenen Werten festgestellt werden. Das biotische Monitoring von ausgewählten Bauwerken zeigte, dass trotz teils starker Abweichungen vom Leitfaden oftmals Wanderungen einzelner Arten und Größenklassen möglich sind, allerdings fordert der Leitfaden eine Passierbarkeit aller Leit- und typischen Begleitfischarten sowie deren Altersstadien ab 1+. Somit wird aus Sicht der Autoren die Einhaltung der Leitfaden-Werte für zukünftige Bauwerke im Wirkungsbereich der WLV empfohlen.

Stichwörter: Fische, Wildbäche, Durchgängigkeit

Abstract:

The results of the cooperation project between the WLV and the BAW-IGF showed that the recommendations of the guideline for the construction of fish passages represent an adequate base for the construction of fish-manageable obstacles also in mountain torrents. Deviations from the recommended values were found in many cases in the examined constructions. The biotic monitoring of selected obstacles showed, that – despite some strong deviations – migration of individual species and size classes is often possible, but the guideline postulates the passage of type-specific fish association and all age stages starting from 1+. Thus, from the authors' point of view, compliance with the guideline values for future structures within the scope of the WLV is recommended.

Keywords: Fish, torrent, passage

Einleitung

Fische führen Wanderungen in Gewässersystemen zur optimalen Nutzung der ihnen zur Verfügung stehenden Ressourcen hinsichtlich Ernährung, Wachstum, Fortpflanzung, Schutz, etc. durch. Diese Migrationen der aquatischen Fischfauna werden seit jeher beobachtet und versucht, bei Projekten in und am Wasser so wenig wie möglich zu beeinträchtigen. Diese Rücksichtnahme auf Fischmigrationen trifft natürlich auch auf kleine Gewässer und Wildbäche zu. Die Durchgängigkeit stellt eine Voraussetzung für den Erhalt stabiler Fischpopulationen dar und ist daher eine prioritäre Maßnahme für die Erreichung bzw. Erhaltung des guten ökologischen Zustands bzw. des guten ökologischen Potentials in österreichischen Fließgewässern, wie er von der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) und dem nationalen Wasserrechtsgesetz (WRG 1959) bis spätestens 2027 gefordert wird.

Der Schutz vor Naturgefahren fordert wiederum Maßnahmen, welche den Schutz von Personen im Einzugsgebiet von Wildbächen gewährleisten. Die dauernde und nachhaltige

Erfüllung des Schutzes vor Naturgefahren in einem räumlich und qualitativ maximal erzielbaren Rahmen ist dabei oberste Priorität der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV). Dementsprechend gibt es eine Vielzahl an Querbauwerken im Aufgabenbereich der WLV, welche nicht oder nur eingeschränkt fischpassierbar sind. Dabei hat man gerade bei der WLV bereits früh die Wichtigkeit einer Fischpassierbarkeit erkannt und auch vor der Veröffentlichung des „Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen (FAH)“ (BMLFUW, 2012) bereits versucht, diese bestmöglich bei gleichzeitiger Wahrung der prioritären Schutzfunktion der Bauwerke umzusetzen.

Die gemeinsame Pilotstudie der WLV, Fachbereich Ökologie, mit dem Bundesamt für Wasserwirtschaft – Institut für Gewässerökologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur (BAW-IGF) hatte zum Ziel, verschiedene Bauwerkstypen der WLV auf ihre ökologische Wertigkeit und Funktionsfähigkeit hinsichtlich der Fischpassierbarkeit zu überprüfen. Das Hauptaugenmerk dieser Studie lag dabei auf Beckenpässen, Abrampungen/Kaskaden und Geschieberetentionswerken in der Forellenregion (Epi- und Metarhithral), welche

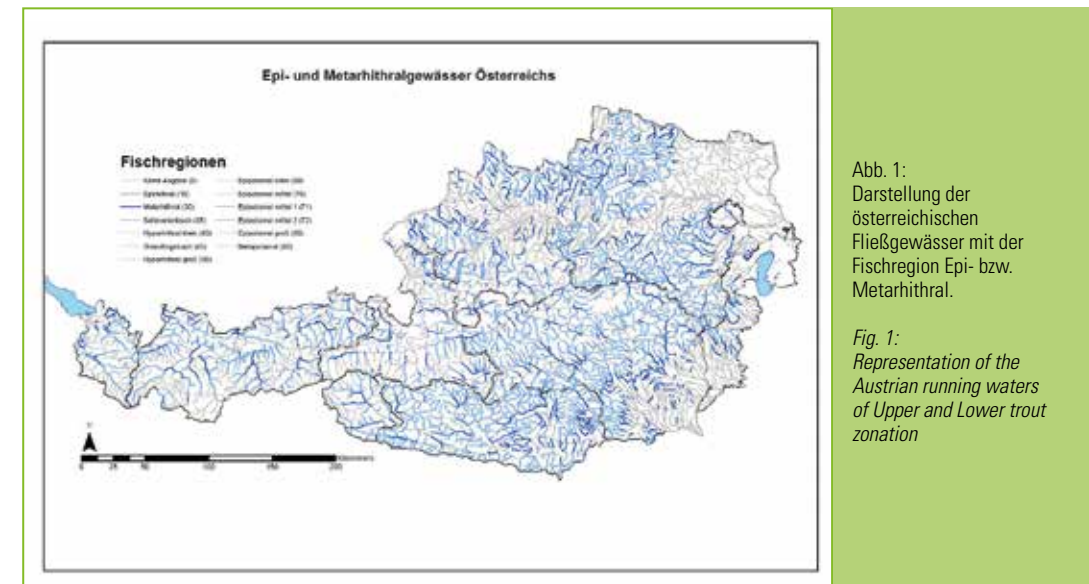


Abb. 1: Darstellung der österreichischen Fließgewässer mit der Fischregion Epi- bzw. Metarhithral.

Fig. 1: Representation of the Austrian running waters of Upper and Lower trout zonation

mit einem Anteil von ~70 % der Gesamtlänge österreichischer Gewässer den größten Teil der Fischregionen umfasst (siehe Abbildung 1). Die Zielerreichung gemäß WRRL und WRG rückt hier spätestens im dritten Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (2021) in den engeren Fokus der wasserwirtschaftlichen Planungsorgane.

Methodik

In den Jahren 2012–2015 wurden ausgewählte WLV-Bauwerke in ganz Österreich biotisch und/oder abiotisch hinsichtlich wichtiger Parameter für die Fischpassierbarkeit untersucht. Eine Gesamtübersicht über die beprobten Bauwerke findet sich in Tabelle 1.

Gewässer	FKm	Fischregion	Fischbioregion	Beprobung	Land	Bauwerkstyp
Alpbach	k.A.	k.A.	Unvergletscherte Zentralalpen	a	T	Abrampung
Billbach	3,9	Epirhithral	Kalkvoralpen und nördl. Kalkhochalpen	a	Stmk.	Beckenpass
Dobeinbach	kA	k.A.	Inneralpine Beckenlandschaft	a & b	Ktn.	Beckenpass
Eifersbach	0,5	k.A.	Unvergletscherte Zentralalpen	a	T	Abrampung
Fischbach	2,8	Epirhithral	Kalkvoralpen und nördl. Kalkhochalpen	a	Sbg.	Abrampung
Frutz	7,25	Metarhithral	Flysch, Helvetikum und Alpenvorland in VBG	a	Vbg.	Abrampung
Gemmersdorferbach	7,3	Metarhithral	Inneralpine Beckenlandschaft	a & b	Ktn.	Beckenpass
Globasnitzbach	12,5	Epirhithral	Südalpen	a	Ktn.	Beckenpass
Hammerbach	2,4	Epirhithral	Kalkvoralpen und nördl. Kalkhochalpen	a	NÖ	Abrampung
Haselbach	19,1	Epirhithral	Granit und Gneisgebiet	a & b	OÖ	aufgelöste Rampe
Laudach	17,5	Epirhithral	Bayer. Österreichisches Alpenvorland und Flysch	a & b	OÖ	Abrampung
Navisbach	0,5	Epirhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	a	T	Abrampung
Nöringbach	0,2	Epirhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	a	Ktn.	Beckenpass
Obermühlbach	7	Epirhithral	Unvergletscherte Zentralalpen	a & b	Ktn.	Sperrbauwerk
Salzabach	15,7	Epirhithral	Kalkvoralpen und nördl. Kalkhochalpen	a & b	Stmk.	Abrampung
Schernbach	4,8	k.A.	Bayer. Österreichisches Alpenvorland und Flysch	a	Sbg.	Beckenpass
Schullertobel	k.A.	k.A.	Flysch, Helvetikum und Alpenvorland in VBG	a	Vbg.	Abrampung
Steinbach	7,2	Epirhithral	Bayer. Österreichisches Alpenvorland und Flysch	a & b	OÖ	Beckenpass
Wangauer Ache	1,6	Metarhithral	Bayer. Österreichisches Alpenvorland und Flysch	a	OÖ	Beckenpass

Tab. 1: Untersuchungsgewässer bzw. -bauwerke; Beprobung: a... abiotisch, b... biotisch

Tab. 1: Examined mountain torrents and obstacles; sampling: a... abiotic, b... biotic

Erhebung biotische & abiotische Parameter

Bei der biotischen Beprobung der Gewässer wurden diese elektrisch mittels standardisierter Fischbestandsaufnahme nach dem „Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente Teil A1- Fische“ befischt (Haunschmid et al., 2010). Die Fischbestandserhebung erfolgte (meist) unterhalb und oberhalb des ausgewählten WLV-Bauwerks. Die gefangenen Fische wurden vermessen, gewogen, auf Artniveau bestimmt, markiert (Alcianblau bei größeren bzw. Elastomer bei kleineren



Abb. 2: Abiotische Parameter der einzelnen Wanderkorridore (links) sowie der Becken (rechts).

Fig. 2: Abiotic parameters of migration corridors (left) and pools (right).

Individuen, je nach Aussatzort unterschiedliche Codierungen) und anschließend wieder unterhalb bzw. in einzelnen Becken des entsprechenden Bauwerks zurückgesetzt.

Nach einigen Tagen wurde an der Untersuchungsstrecke erneut ober-, unter- sowie innerhalb des Bauwerks befischt. Die gefangenen Fische wurden neuerlich auf Artniveau bestimmt sowie Länge und Gewicht protokolliert. Bei der Wiederbefischung wurde zusätzlich die Codierung (sofern vorhanden) sowie der Wiederfangort aufgenommen. Dadurch ist eine eindeutige Aussage darüber möglich, wo der Fisch ausgesetzt worden ist und wohin er gewandert ist. Mögliche Unschärfen ergeben sich dadurch, dass nicht nachweisbar ist, ob Fische nicht bereits weiter

flussauf gewandert sind und sich wieder zurücktreiben haben lassen. Diese Unschärfe wird jedoch als gering eingeschätzt und hier nicht weiter berücksichtigt.

Das jeweilige Bauwerk wurde vor Ort vermessen (abiotische Parameter), um später eine Passierbarkeit auf wichtige Kenngrößen rückführen zu können (siehe Abbildung 2). Um die Stichprobe zu vergrößern wurden im weiteren Projektverlauf zusätzlich Bauwerke bzw. Gewässer abiotisch beprobt.

Ivlev's Selektivitätsindex

Um zu überprüfen, ob die einzelnen Sohlstufen der einzelnen Bauwerke selektiv auf gewisse Fisch-Größenklassen wirken, wurde das Selektivitätsindex nach Ivlev (1961, nach Strauss, 1979) herangezogen und jeweils für 10 cm-Größenklassen berechnet. Ivlev's Selektivitätsindex wird in der Literatur oft verwendet, um Fraßverhalten von Fischen oder anderen aquatischen Organismen mit der Verfügbarkeit von potentiellen Futterressourcen im natürlichen Habitat eines Prädatoren zu vergleichen. Das Ziel des Index ist es, ein Maß an Selektivität einer bestimmten Futterart des Prädatoren darzustellen.

In der hier vorliegenden Studie wurde der Index erstmalig zur Bewertung von Fischpassagen an Bauwerken verwendet. In einem Gewässersystem könnte man ein Bauwerk (z.B. eine Fischaufstiegshilfe) ebenso als „Jäger“ nach Fischen definieren, welcher – aufgrund baulicher, hydraulischer und anderer abiotischer Eigenschaften – einen selektiven Enghals darstellt.

Der Zusammenhang ist definiert als

$$E = \frac{r_i - p_i}{r_i + p_i} \quad \text{Gl. (1)}$$

wobei E das Selektivitätsmaß ist, r_i die relative Abundanz der Beutefische in der FAH (im Verhältnis zum Gesamtinhalt der FAH) und p_i ist die relative Abundanz derselben Beutefische in der Umwelt, also im Unterwasser (bzw. des darunterliegenden Beckens). Der Index hat eine mögliche Ausprägung zwischen -1 und +1, wobei negative Ergebnisse einer Vermeidung (bzw. einer Unzugänglichkeit, Wanderunwilligkeit) entsprechen würden, null eine zufällige Selektivität der Beckenübergänge vermuten lassen.

Die Verwendung des Selektivitätsindex

nach Ivlev für die (Teil-) Bewertung von Fischaufstiegshilfen stellt einen völlig neuen Ansatz dar (Haunschmid & Keil, 2013a & 2013b) und wurde erstmals in diesem Projekt angewendet. Die Aussagekraft dieses methodischen Ansatzes konnte dabei bereits in einer Studie zum „Life+ Projekt Mostviertel-Wachau“ (Jung, Mühlbauer, Ratschan & Zauner, 2014) bestätigt werden.

Ergebnisse

Biotisches Monitoring

(am Beispiel einer aufgelösten Rampe am Haselbach)

Um die Passierbarkeit der Rampe für die im Gewässer vorkommenden Leit- bzw. typischen Begleitarten (Bachforelle bzw. Koppe) zu überprüfen, wurden in unterschiedlichen Becken (Becken 2, 3 und 8) sowie unterhalb der Rampe markierte Fische ausgesetzt. Insgesamt wurden 326 Bachforellen markiert, bei der ersten Wiederbefischung 219 markierte Individuen neuerlich gefangen werden. Es wurden 67 Koppen besetzt, jedoch konnten nur 8 markierte Individuen neuerlich gefangen werden. Die Wiederfangraten der beiden Arten im Zuge der ersten Wiederbefischung betragen somit

~ 67 % für die Bachforelle bzw. 12 % für die Koppe. Insgesamt zeigten 147 wiedergefangene Bachforellenindividuen eine aufwärtsgerichtete Wanderbewegung zwischen Aussatz und Wiederbefischung. 65 Individuen wurden oberhalb der Rampe wiedergefangenen, wobei 3 Individuen von unterhalb bis oberhalb gewandert sind, 1 Individuum von Becken 2, 1 Individuum von Becken 5 und insgesamt 60 von Becken 8 bis in die obere Bestandsstrecke gewandert sind. Für die Koppe scheint die aufgelöste Rampe nur eingeschränkt passierbar zu sein, aufgrund der geringen Wiederfangrate ist eine Aussage über die Passierbarkeit des Bauwerks allerdings nur beschränkt möglich.

In Abbildung 4 ist Ivlev's Selektivitätsindex für die verschiedenen Größenklassen der markierten Bachforellen dargestellt. Bereits die

ersten beiden Sohlstufen der Rampe weisen eine hohe Unzugänglichkeit für eine bestimmte Größenklasse auf (20-30 cm). Dies liegt daran, dass von 12 Fischen dieser Größenklasse, welche unterhalb besetzt wurden, nur ein Individuum den ersten Wanderkorridor nach flussauf gewandert ist. Dieses eine Individuum wurde im ersten Becken wiedergefangen, womit der Wanderkorridor (WK 2) für diese Größenklasse mit einem Ivlev von -1.0 berechnet wird. Dies deutet somit darauf hin, dass die ersten beiden Sohlstufen für große Fischindividuen (> 20 cm) nur eingeschränkt überwindbar sind. Die restlichen Wanderkorridore zeigen bezüglich der Selektivität keine großen Unterschiede mehr, die Ivlev-Werte liegen hier jeweils rund um eine „zufällige Selektion“ (Ivlev von 0).

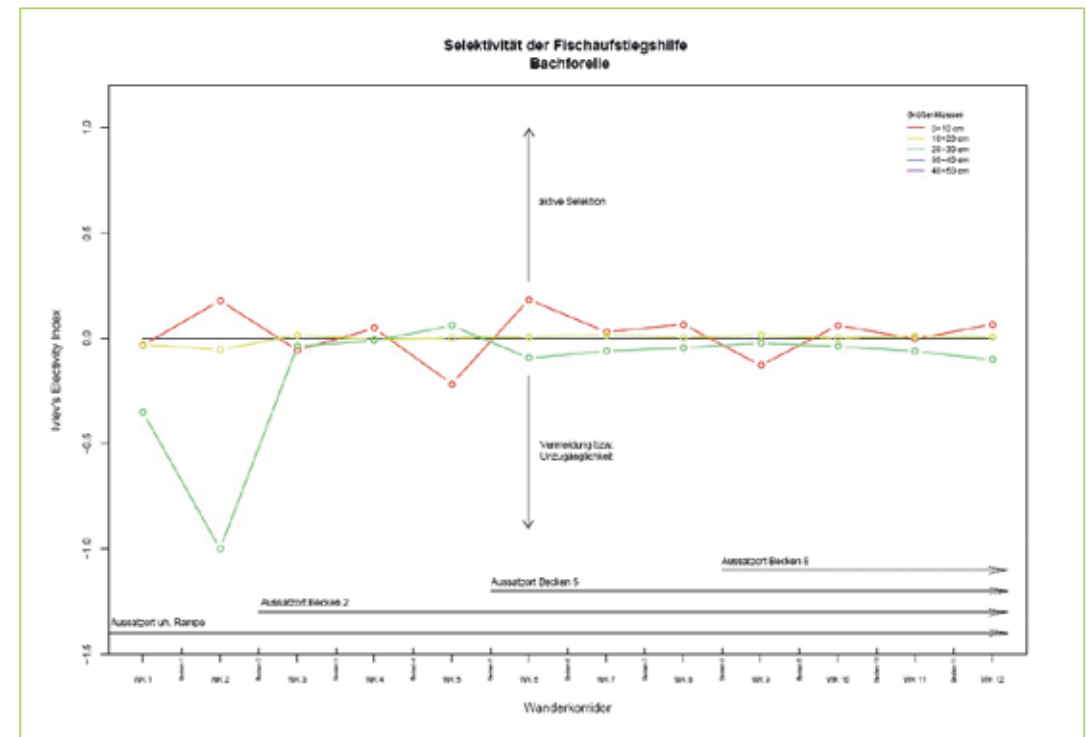


Abb. 4: Darstellung des Selektivitätsindex nach Ivlev der einzelnen Wanderkorridore am Haselbach getrennt nach Fischgrößen (mit dem Besatz in den einzelnen Becken ändert sich jeweils die Grundgesamtheit).

Fig. 4: Representation of Ivlev's selectivity index for the individual migration corridors at Haselbach; the population in the individual basins changes in each case.

Abb. 3: Passierbarkeit der Bachforelle für die einzelnen Wanderkorridore am Haselbach; links zeigt in schwarz dargestellt die insgesamt markierten und besetzten Individuen, in grün die bei der Wiederbefischung nachweislich aufwärts gewanderten markierten Individuen für den jeweiligen Wanderkorridor.

Fig. 3: Passage of brown trout for the individual migratory corridors at Haselbach-Rampe; left graph shows in black the total number of marked and released individuals, in green the marked individuals that migrated upwards through the respective migration corridor.

Eine Bewertung der Funktionsfähigkeit nach dem Bewertungsschema von Woschitz et al. (2003) ergibt, dass nur wenige der vorkommenden Arten (eine von zwei) und deren Entwicklungsstadien aufsteigen können (Fischaufstieg quantitativ). Insgesamt war aufgrund der nicht nachgewiesenen Wanderung der Koppe (typische Begleitfischart) die Rampe als eingeschränkt funktionsfähig zu beurteilen.

Abiotisches Monitoring ausgewählter sowie aller Strecken

Der Vergleich der einzelnen entscheidenden Parameter einer Passierbarkeit im Feld mit dem bestehenden Leitfaden soll darüber Auskunft geben, wie stark die Abweichung von letzterem ist. Dabei wurde der Vergleich einerseits auf Ebene der Bauwerke und andererseits die Einzelkomponenten innerhalb des Bauwerkes (Becken, Schlitz, etc.) herangezogen.

Als Bauwerk selbst wird auch die Kette an Sohlabstufungen betrachtet, die im Betrachtungsabschnitt liegen. Es wurde der für Fische ungünstigste Wert pro Parameter und einzelner Wanderkorridor zwischen zwei Becken innerhalb des Bauwerkes betrachtet und anschließend mit dem Leitfaden verglichen. Dies erfolgte aus dem Grund, da die größte ungünstige Abweichung vom Leitfaden auch die höchste Wahrscheinlichkeit besitzt, dass sich innerhalb des Bauwerkes eine Barriere für die Durchwanderbarkeit ergibt. Traten zwischen zwei Becken mehrere Wanderkorridore auf, so wurde hier der „wandergünstigste“ herangezogen.

Klarerweise ergeben sich für die einzelnen Parameter Beurteilungen für gewisse Bereiche innerhalb des Bauwerkes. Während exempli gratia die Energiedissipation die Situation innerhalb der Becken aufzeigt, konzentrieren sich Fließgeschwindigkeit, Schlitzbreite, Schlitztiefe auf die Wanderkorridorfunktion im Schlitz. Die Was-

erspiegeldifferenz nimmt Einfluss auf die Fließgeschwindigkeit und die Energiedissipation. Der Fisch reagiert bei ungünstigen Werten der ausgewählten Parameter folgend:

- Zu hohe Energiedissipation: direkte Wirkung und Wanderstopp
- Zu geringe Beckenbreite und Beckentiefe: direkte Wirkung und Verletzung oder Wanderstopp
- Zu hohe Fließgeschwindigkeit: direkte Wirkung und Wanderstopp
- Zu geringe Schlitztiefe und Schlitzbreite: direkte Wirkung und Verletzung oder Wanderstopp
- Zu hohe Spiegeldifferenz: indirekte Wirkung und Wanderstopp

Die einzelnen Parameter können sich größtenteils beeinflussen. Sie können im Einzelfall so ungünstig auftreten, dass sie bereits eine Barriere für sich darstellen oder zusammenwirkend über einen größeren Bereich (Becken + Schlitz) des Bauwerkes eine Barrierewirkung zeigen. Weiters zu unterscheiden gilt es Bauwerke, die pro zu überwindender Höhenstufe nur einen Wanderkorridor (z.B. Beckenpass) bzw. mehrere Wanderkorridore (z.B. Rampe) aufweisen.

Von den 19 betrachteten Bauwerken sind die auffälligsten Abweichungen die Wasserspiegeldifferenz, die in keinem Fall eine Leitfadenskonformität zeigt, sowie die Schlitztiefe in lediglich einem Fall. Die anderen Parameter entsprechen bei mehr als 50 % der Bauwerke den Werten des Leitfadens.

Betrachtet man die einzelnen Wanderkorridore innerhalb der Bauwerke (Abbildung 5), so entsprechen in Bezug auf die Wasserspiegeldifferenz sowie Beckendimensionen ca. 50 % der Abstürze den Empfehlungen des Leitfadens. Leitfadenskonforme Riegel und Schlitz treten nur sehr selten auf.

Leitfadenskonformität - vollständig passierbare Elemente

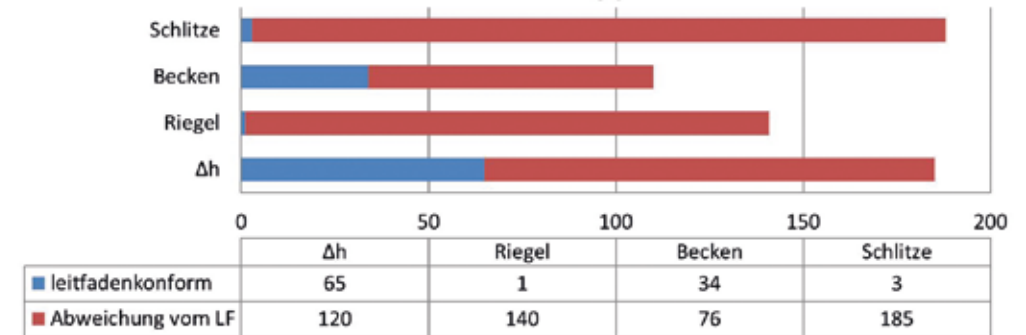


Abb. 5: Überblick über alle untersuchten Wanderkorridore (gesamt 185) hinsichtlich Leitfadenskonformität einzelner Bemessungsparameter.

Fig. 5: Overview of all investigated migration areas (all in all 185) with regard to the guideline conformity of individual parameters.

Die im Leitfaden angegebene maximale Wasserspiegeldifferenz von 20 cm in epirithralen Gewässerabschnitten wird bei Betrachtung aller Abstürze von einem Großteil überschritten. Der durchschnittliche Wert liegt bei 27 cm, der maximale Wert zeigt 80 cm.

Die mittlere Energiedissipation liegt unterhalb des im Leitfaden für epirithrale Gewässerabschnitte vorgegebenen Wertes. Trotzdem weist etwa die Hälfte der Becken einen höheren Wert auf. Die maximale Energiedissipation hat einen Wert von etwas mehr als 900 W/m³.

Die maximalen Fließgeschwindigkeiten liegen bei etwa ¾ der Wanderkorridore bei kleiner 1.5 m/s. In wenigen Fällen steigt diese auf über 2 m/sec.

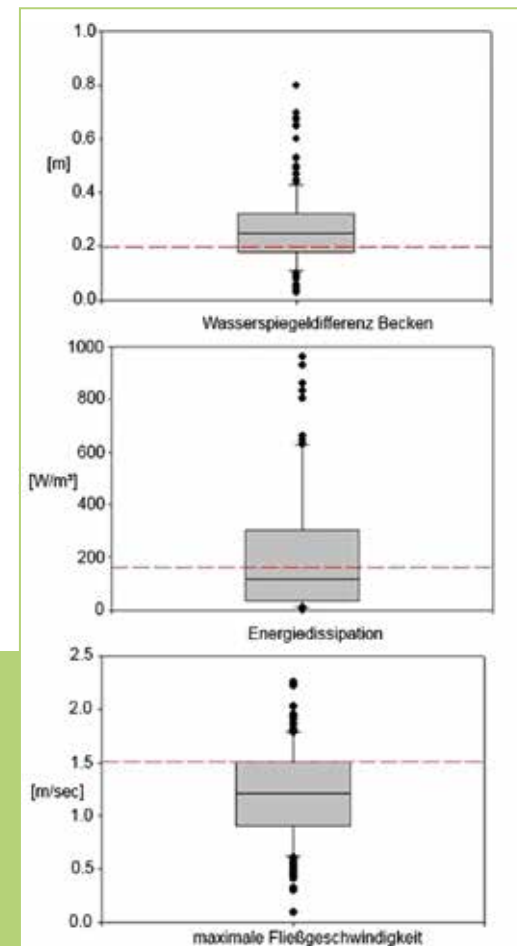


Abb. 6: Boxplots ausgewählter, für die Passierbarkeit wichtiger Parameter (i.e. Wasserspiegeldifferenz zwischen Becken, Energiedissipation, maximale Fließgeschwindigkeit im Schlitz) der vermessenen Wanderkorridore.

Fig. 6: Boxplots of selected parameters defining fish passage (i.e. water level difference between basins, energy dissipation, maximum flow velocity in the slot) of surveyed migration corridors.

Korrelation zwischen Bachforellenwanderung und ausgewählter abiotischer Parameter an allen Strecken

Das Wanderverhalten der Bachforelle wurde in Hinsicht auf die Parameter Wasserspiegeldifferenz, Fließgeschwindigkeit und Energiedissipation einer Probit-Analyse unterzogen. Da die Durchwanderbarkeit in Bezug auf diese beiden Parameter auch noch von der (Schwimm-)Stärke des einzelnen Tieres abhängt, wurde eine Unterteilung der Bachforellen in kleiner 15 cm bzw. größer 15 cm durchgeführt. Für die Koppe konnte aufgrund zu geringer Wandertätigkeit bzw. zu geringer Passierbarkeit kein Zusammenhang berechnet werden. Die Werte beziehen sich in den folgenden Ausführungen jeweils auf den Mittelwert (schwarze

Linie) der Probit-Analyse sowie deren unteres 95%iges Konfidenzlimit (untere gepunktete Linie). Zu beachten gilt, dass hier alle Bauwerkstypen zusammengefasst sind und vor allem bei größeren Becken innerhalb der Becken verschiedene Energiedissipationen herrschen und sich auf die Durchwanderbarkeit auswirken können.

Die für epirhithrale Gewässerabschnitte im Leitfaden empfohlene Energiedissipation in Becken von maximal 160 W/m³ kann mit etwa 96%iger (untere 95%ige Konfidenzgrenze 81 %) Wahrscheinlichkeit von Bachforelle >15 cm Totallänge durchschwommen werden. Etwa 50 % der Bachforellen >15 cm würden noch bei 370 W/m³ (300 W/m³) wandern (Abbildung 7).

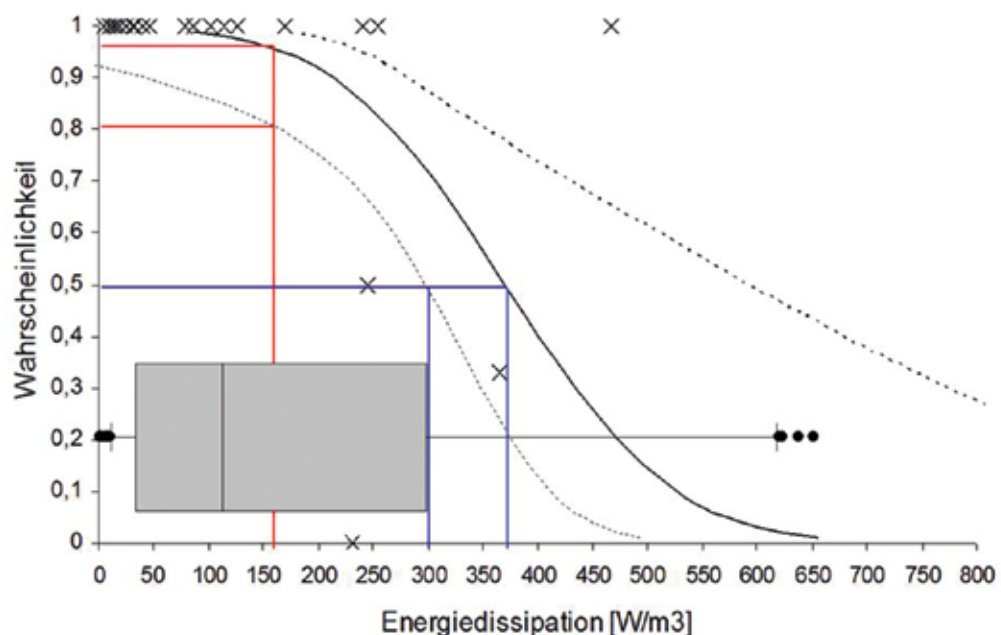


Abb. 7: Durchwanderungswahrscheinlichkeit der Bachforelle >15 cm in Bezug auf die Kenngröße Energiedissipation sowie Häufigkeitsdarstellung (beide Größenklassen).

Fig. 7: Probability of passage for brown trout >15 cm referring to size of energy dissipation and frequency distribution (both length classes).

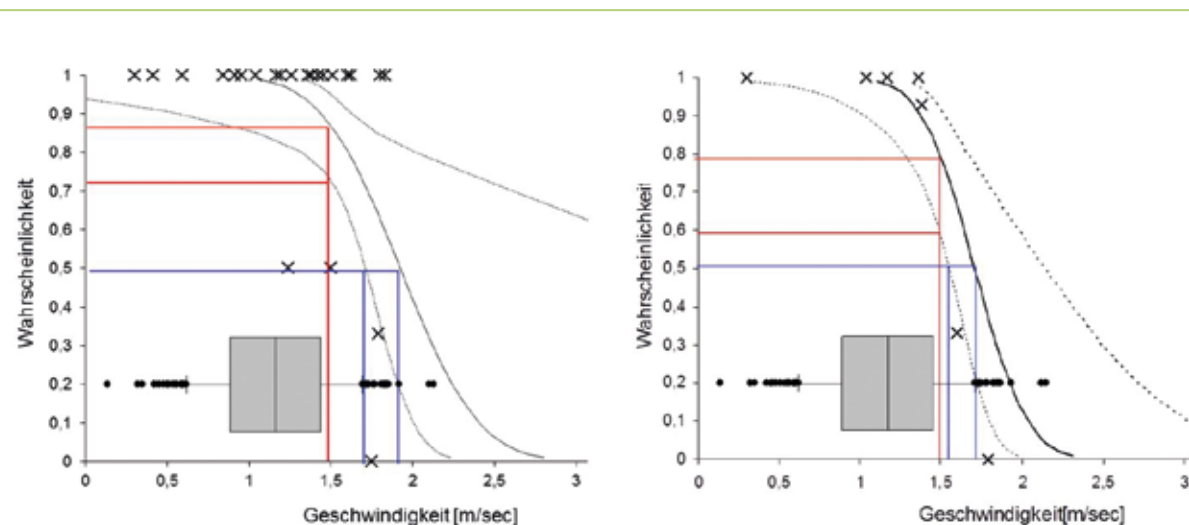


Abb. 8: Durchwanderungswahrscheinlichkeit der Bachforelle in Bezug auf die Kenngröße Fließgeschwindigkeit sowie Häufigkeitsdarstellung (beide Größenklassen) Bachforellen >15 cm (links) sowie <15 cm (rechts).

Fig. 8: Probability of passage for brown trout referring to size flow velocity and frequency distribution (both length classes). Brown trout > 15 cm (left) and <15 cm (right).

Die gemessene max. Geschwindigkeit in den Wanderkorridoren lag unterhalb 2.5 m/sec (Abbildung 8). Die Messungen erfolgten an den Bauwerken überwiegend bei einem Wasserstand zwischen MJNQ_T und MQ. Etwa 10 % der gemessenen Wanderkorridore hatten einen höheren Wert als 1.5 m/sec, bei dem eine Wahrscheinlichkeit von etwas weniger als 90 % (untere 95%ige Konfidenzgrenze 72 %) wandernder Bachforellen >15 cm geschätzt wurde. Eine Wander-Wahrscheinlichkeit von 50 % würde im Mittel noch bei etwa 1.9 m/s (untere 95%ige Konfidenzgrenze 1.75 m/s) stattfinden.

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Bachforelle mit <15 cm Totallänge einen Wanderkorridor von 1.5 m/sec durchschwimmt ist kleiner 80 % (untere 95%ige Konfidenzgrenze 60 %). Eine Wander-Wahrscheinlichkeit von 50 % würde im Mittel noch bei etwa 1.75 m/sec (untere 95%ige Konfidenzgrenze 1.6 m/sec) bestehen.

Dementsprechend zeigt sich auch erwartungsgemäß die geringere Schwimmleistung kleiner Fische derselben Art.

Die Wahrscheinlichkeit die im Leitfaden angeführte Wasserspiegeldifferenz von 20 cm für epirhithrale Gewässerabschnitte als durchwanderbar anzusehen, liegt in der vorliegenden Untersuchung für Bachforellen >15 cm bei 100 % (Abbildung 9). Bei einer Wasserspiegeldifferenz von ca. 0.7 m liegt die Wahrscheinlichkeit nur noch bei 50 % (0.62 m bei unterer Vertrauensgrenze). Bachforellen <15 cm weisen eine 100%ige Wahrscheinlichkeit auf, einen Absturz von 20 cm durchschwimmen zu können. Jedoch ist die Wahrscheinlichkeit von nur mehr 50 % der Passierbarkeit bei einer Wasserspiegeldifferenz von 0.35 m (untere Vertrauensgrenze bei 0.32 m) gegeben. Dennoch ist ein Großteil der einzeln betrachteten Wanderkorridore auch für diese Art und Größe passierbar.

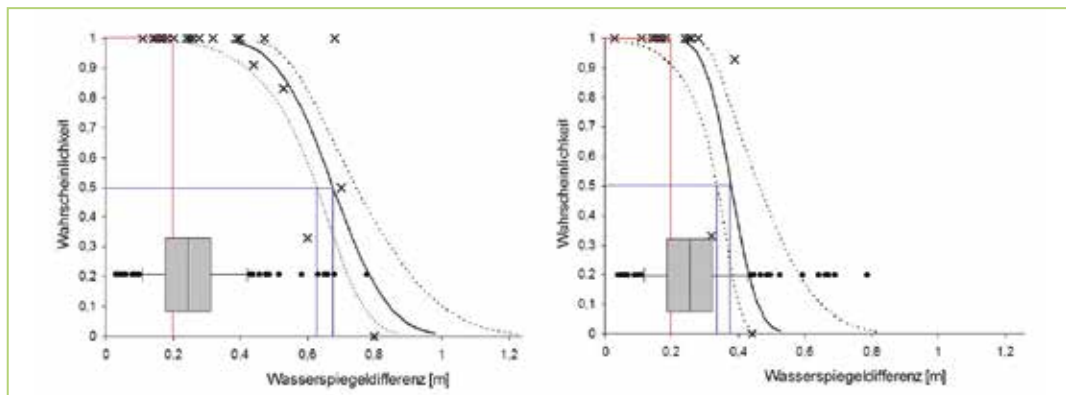


Abb. 9: Durchwanderungswahrscheinlichkeit der Bachforelle in Bezug auf die Kenngröße Wasserspiegeldifferenz sowie Häufigkeitsdarstellung (beide Größenklassen) Bachforellen >15 cm (links) sowie <15 cm (rechts).

Fig. 9: Probability of passage for brown trout referring to water level difference between pools and frequency distribution (both length classes).

Es wurde versucht, Wasserspiegeldifferenzen in Kombination mit anderen abiotischen Kenngrößen zu finden, die eine Korrelation mit der Passierbarkeit aufweisen. Am klarsten war der Quotient aus Unterwassertiefe und Wasserspiegeldifferenz. Während bei einem Quotienten von 1.0 etwa 65 % der Bachforellen >15 cm wandern, sind es bei Quotient 3 bereits etwa 95 % der Bachforellen. Etwa 50 % der Bachforel-

len wanderten bei einem Quotienten von ca. 0.7 (Abbildung 10).

Die Interpretation ist, dass je höher die Wasserspiegeldifferenz und geringer die Unterwassertiefe am Beckenübergang ist, desto ungünstiger wird die Durchwanderbarkeit für Bachforellen.

Es sei an dieser Stelle aber darauf hingewiesen, dass die Datenanzahl für eine gute Absicherung des Ergebnisses zu vergrößern wäre.

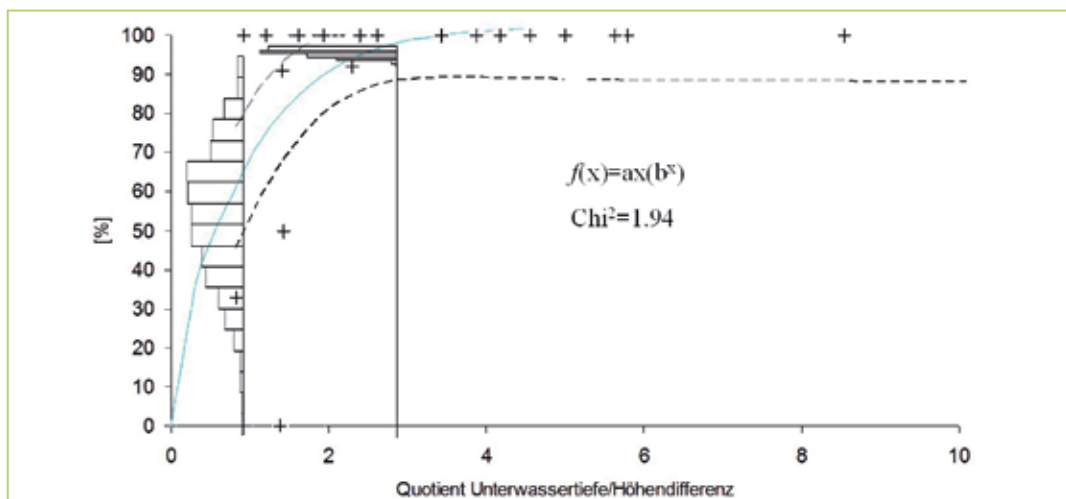


Abb. 10: Kombination aus Unterwassertiefe und Wasserspiegeldifferenz lieferte die höchste Korrelationsgüte hinsichtlich Passierbarkeit.

Fig. 10: Combination of underwater depth and water level difference provided the best fit of the model in terms of passability.

Diskussion der Ergebnisse

Innerhalb des natürlichen Fischlebensraumes hat sich gezeigt, dass die Empfehlungen des Leitfadens hinsichtlich Wasserspiegeldifferenz (in epirithralen Gewässern maximale Wasserspiegeldifferenz von 20 cm empfohlen) und Energiedissipation (maximal 160 W/m^3) zumindest für die Leitart Bachforelle eine Durchwanderbarkeit von Fischaufstiegen sicherstellt. Zwar konnten in den hier durchgeführten Untersuchungen Wanderungen bei höherer Wasserspiegeldifferenz und höherer Energiedissipation von vor allem größeren Individuen (>15 cm) aufgezeigt werden, allerdings fordert der Leitfaden eine Passierbarkeit aller Altersstadien ab 1+. Somit wird aus Sicht der Autoren die Einhaltung der Leitfaden-Werte für zukünftige Bauwerke im Wirkungsbereich der WLW empfohlen, v.A. hinsichtlich der beiden Werte Wasserspiegeldifferenz und Energiedissipation. Dabei ist weiters (wie sich zum Beispiel an der Laudach zeigt) ein durchgehender, nicht abgelöster Wasserpolster (i.e. kein abgelöster Wasserstrahl) im Wanderkorridor für eine Fischpassage entscheidend und immer zu gewährleisten.

Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass innerhalb des Wanderkorridors stets eine durchgehende Sohlanbindung besteht. Diese fehlte in den hier untersuchten Bauwerken teilweise in einzelnen Beckenübergängen (z.B. Gemmersdorfer Bach, Laudach, Steinbach) und kann so jedenfalls zu einer unzureichenden Durchwanderbarkeit von bodenorientierten Fischarten wie der Koppe führen. Eine gute Umsetzung diesbezüglich kann bei der aufgelösten Rampe am Haselbach attestiert werden. Unter Einhaltung der Leitfadenwerte gebaute Rampen, über die der gesamte Abfluss des Gewässers fließt, gewährleisten die Durchgängigkeit in beide Richtungen vollständig.

Hinsichtlich Empfehlung eines besonders geeigneten Bautyps wird von den Autoren an dieser Stelle daher explizit auf den Leitfaden

des BMLFUW (2012) verwiesen. Die hier durchgeführte Studie betrachtet nur einen kleinen Ausschnitt möglicher Fischaufstiege (i.e. Rampe, Beckenpass), wie sie im Leitfaden vorgeschlagen werden – die ebenfalls untersuchten Bauwerkstypen Kaskade und Geschieberetentionsbauwerk werden darin nicht als Fischaufstieg gewertet, jedoch gelten prinzipiell dieselben Ansprüche der Fischfauna an abiotische Parameter wie Wasserspiegeldifferenz, Fließgeschwindigkeit, (Schlitz-) Breite und Beckendimensionierungen hinsichtlich Durchwanderbarkeit

Bei höheren Abstürzen im Wirkungsbereich der WLW wird man aufgrund der Funktion dieser Sohlschwellen (Sohlstabilisierung, Geschiebemanagement, etc.) auch zukünftig vor die Wahl gestellt sein, welcher FAH-Typ im konkreten Fall am besten ist. Aufgrund der meist beengten Platzverhältnisse und hohen Gefälle wird an dieser Stelle davon ausgegangen, dass Umgehungsgerinne nur in wenigen Bereichen der WLW möglich sein werden. Dies zeigen auch die untersuchten Bauwerke klar auf – hier wurde bei den von der WLW umgesetzten Fischaufstiegen jeweils die bestmögliche Variante verwirklicht, nämlich naturnahe Beckenpässe (Nöringbach, Dobeinbach, Billbach, ...) bzw. aufgelöste Rampen (Haselbach). Im Konkreten ist dann die Einhaltung der abiotischen Werte gemäß Leitfaden entscheidend (Anmerkung: sämtliche untersuchten Bauwerke wurden vor Veröffentlichung des Leitfadens errichtet).

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Florian Keil, MSc. BA
Bundesamt für Wasserwirtschaft – Institut für Gewässerökologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur
Scharfling 18, 5310 Mondsee
florian.keil@baw.at

Mag. Dr. Reinhard Haunschmid,
Dipl.Umwelttechniker, Dipl.Päd.
Bundesamt für Wasserwirtschaft – Institut
für Gewässerökologie, Fischereiwirtschaft
und Aquakultur
Scharfling 18, 5310 Mondsee
reinhard.haunschmid@baw.at

DI Engelbert Schmied
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Steiermark Nord
Schönaustraße 50, 8940 Liezen
engelbert.schmied@die-wildbach.at

DI Dr. Hansjörg Hufnagl
Wildbach- und Lawinenverbauung
Fachbereich Ökologie
Meister-Friedrich-Str. 2, 9500 Villach
hansjoerg.hufnagl@die-wildbach.at

Literatur / References:

- BMLFUW (2012).
Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen (FAHs). Wien.
- HAUNSCHMID R., SCHOTZKO N., PETZ-GLECHNER R., HONSIG-ERLENBURG W., SCHMUTZ S., SPINDLER T., UNFER G., WOLFRAM G., BAMMER V., HUNDRITSCH L., PRINZ H. & B. SASANO (2010).
Leitfaden zur Erhebung der biologischen Qualitätselemente Teil A1-Fische. BMLFUW, Wien, März 2010.
- HAUNSCHMID R. & F. KEIL (2013a).
Pilotstudie zur Fischpassierbarkeit verschiedener Bautypen der WLW in österr. Wildbächen (Epi- und Metarhithral) – Teil: Steinbach am Ziehberg. Unveröffentlichter Zwischenbericht.
- HAUNSCHMID R. & F. KEIL (2013b).
Stand der Umsetzung des Projektes „Fischaufstiegshilfen“ – Fischpassierbarkeit an ausgewählten Bauwerkstypen der WLW – Zwischenergebnisse. Sektionsökologen-Tagung 2013 in St. Paul/Lavanttal.
- HAUNSCHMID R. & F. KEIL (2016).
Pilotstudie zur Fischpassierbarkeit verschiedener Bautypen der WLW in österr. Wildbächen (Epi- und Metarhithral) (unveröffentlicht). Bundesamt für Wasserwirtschaft, Inst. f. Gewässerökologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur.
- JUNG, M., MÜHLBAUER M., RATSCHAN C. & G. Zauner (2014).
Die Fischwanderung aus der Donau in den Lateiner-Altarm Funktionskontrolle des Vernetzungsbaches und Bedeutung der Maßnahme für die Donaufischfauna. Studie im Auftrag des Amtes der NÖ Landesregierung im Zuge des LIFE+ Projekt Mostviertel-Wachau.
- STRAUSS R.E. (1979).
Reliability Estimates for Ivlev's Electivity Index, the Forage Ratio, and a Proposed Linear Index of Food Selection. Transactions of the American Fisheries Society 108, S. 344 ff.



Halbeisen & Prast KG

Transporte - Erdbau



CLEMENS GUMPINGER, MICHAEL SCHAUER, STEFAN AUER

Artenschutz im Gebirgsbach – Zum Umgang mit Steinkrebsvorkommen in Gewässern in der Zuständigkeit der Wildbach- und Lawinenverbauung

Species Conservation in mountain streams – Requirements for stone crayfish conservation in streams in competence of the Forest Technical Service for Torrent and Avalanche Control

Zusammenfassung:

Der Steinkrebs (*Austropotamobium torrentium*) ist eine in Österreich heimische Flusskrebssart, die durch Lebensraumverlust und die Verbreitung von eingeschleppten Arten zusehends gefährdet wird. Wie der wissenschaftliche Name bereits andeutet, lebt der Steinkrebs bevorzugt in schnell fließenden Gewässern mit grobem Sohls substrat und damit im Wirkungsbereich der Wildbach- und Lawinenverbauung.

Um den Fortbestand von Steinkrebsen in Österreich zu sichern, sollten bei Eingriffen in Wildbächen mit Steinkrebs-Vorkommen auch die Belange des Artenschutzes berücksichtigt werden. Beispiele aus der Praxis zeigen, dass Maßnahmen der WLV durch die Beiziehung von Flusskrebsexperten zu einer Verbesserung des Lebensraums und Sicherung des Vorkommens von Steinkrebsen entscheidend beitragen können.

Um der Verpflichtung des Artenschutzes für den Steinkrebs nachzukommen, bedarf es neben lokalen Maßnahmen aber auch eines (über-)regionalen Naturraummanagements. Hier liegt viel Potential in der Verknüpfung des Knowhows der WLV mit den fachlichen Einschätzungen von Flusskrebsexperten.

Stichwörter:

Steinkrebs, *Austropotamobium torrentium*, Artenschutz, Wildbachverbauung, Naturraummanagement

Abstract:

*The stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) is one of Austria's native decapod species that is threatened by both habitat loss and the dispersion of introduced species. The stone crayfish lives in fast-flowing brooks with coarse bottom substrate, which is reflected by its specific epithet. In Austria, such watercourses fall within the competence of the Forest Technical Service for Torrent and Avalanche Control.*

In order to enable the survival of this species in Austria, construction measures in torrents where stone crayfish occur must always consider conservation issues. Practical examples have shown that construction measures that involved crayfish experts have the potential to contribute decisively to both habitat improvement and species protection.

As Austria is obliged to protect the stone crayfish from extinction by European law, a (supra-)regional landscape unit management is required besides smaller local measures. Combining the know-how of the Forest Technical Service for Torrent and Avalanche Control with the expertise of astacologists must be the method of choice.

Keywords: Stone crayfish, *Austropotamobium torrentium*, species conservation, torrent regulation, Natural Resources Management

Der Steinkrebs (*Austropotamobius torrentium*)

Aussehen

Flusskrebse sind mit den Muscheln die größten heimischen wirbellosen Tiere im Gewässer.

Neben dem Steinkrebs, sind in Österreich noch der Edelkreb (*Astacus astacus*) und in Kärnten und Tirol der Dohlenkreb (*Austropotamobius pallipes*) sowie ganz im Osten des Burgenlandes der Galizische Sumpfkreb (*Astacus leptodactylus*) heimisch (PÖCKL & EDER 1998).

Der Steinkrebs ist der kleinste Vertreter der Flusskrebse in Österreich. Er wird bis etwa 10 cm lang und hat einen unbedornten,

glatten Panzer. Der Körper ist meist beige-grau bis olivgrün-braun marmoriert. Zur Unterscheidung vom Edelkreb hilft, dass der Steinkrebs nur eine sog. Augenleiste besitzt, während der größere Verwandte zwei hat (Abb.1). Die Männchen haben meist etwas größere Scheren, die an der Unterseite immer hell gefärbt sind.



Abb. 1: Der Steinkrebs unterscheidet sich durch den Besitz nur einer Augenleiste (rote Pfeile) vom Edelkreb

Fig. 1: Unlike the noble crayfish, the stone crayfish bears only one postorbital ridge.

Lebensraum

Der Steinkrebs besiedelt vorwiegend strukturreiche, kühle, meist kleinere Wald- und Wiesenbäche sowie Weiher und Seen in höher liegenden Gebieten. Er kommt noch in Quellbächen im Gebirge vor, die Fischen keinen Lebensraum mehr bieten, und die sogar kurzzeitig austrocknen können.

Generell bevorzugt er Gewässerabschnitte mit schneller Strömung und steinig-kiesigem, optimal plattig brechendem Substrat, das kleine Höhlen bildet, sowie Uferbereiche mit ausreichenden Versteckmöglichkeiten (PÖCKL & EDER 1998). Wichtig sind außerdem eine gute Wasserqualität und keine zu starke Feinsedimentauflage an der Bachsohle.

Biologie / Ökologie

Der Steinkrebs ist dämmerungs- und nachtaktiv und ein Allesfresser. Er ernährt sich von pflanzlichem Material, Wasserinsekten, kleinen Schnecken und Aas. Um wachsen zu können, muss er sich regelmäßig häuten. Dazu schlüpft er quasi aus seinem Panzer heraus – diese sogenannten Exuvien finden sich dann oft in Kehrströmungsbereichen im Bach. Bis der neue Panzer wieder fest geworden ist, versteckt sich das, in dieser Phase völlig ungeschützte und deswegen als Butterkrebse bezeichnete Tier.

Die optimalen sommerlichen Gewässertemperaturen liegen für den Steinkrebs zwischen 14 °C und 18 °C, sollten aber 20 °C nicht überschreiten. Im Winterhalbjahr ist eine Wassertemperatur von mindestens 5 °C Voraussetzung für eine Aktivität der Tiere.

Fortpflanzungszeit ist im Spätherbst bei Wassertemperaturen um die 12 °C. Das Weibchen produziert ungefähr 60 Eier, die es unter dem Hinterleib mit sich trägt. Daraus entwickeln sich bis zum Frühsommer des nächsten Jahres

die Jungtiere, die nach zwei bis vier Jahren selbst geschlechtsreif werden.

Nach der Fortpflanzungsphase beginnt die Winterruhe, die bis Februar/März andauert.

Gefährdungsursachen

Es gibt viele Gefährdungsursachen für den Steinkrebs, von denen zahlreiche in den Aktivitäten des Menschen begründet sind (z.B. BERGER & FÜREDER 2013).

Eine der Hauptursachen ist etwa der Lebensraumverlust infolge Gewässerverbauungen. Im Zuge der – oft aus Hochwasserschutzgründen nötigen – Gewässerverbauung wurde in der Vergangenheit oft kein oder nur sehr wenig Augenmerk auf die Belange der Natur gelegt. So wurden viele kleine Bäche und Gerinne aus unterschiedlichen Gründen, etwa wegen der leichteren Instandhaltung, völlig durchreguliert und die Verlegung des Steinmaterials so glatt wie möglich ausgeführt. Dadurch blieben keine Steinhäufen oder andere Höhlen übrig, die der Steinkrebs als Unterschlupf braucht.

Ein Problem, das regional durchaus unterschiedliche Ursachen hat, ist die zu hohe Feinsedimentbelastung der Gewässersohle. Als Feinsediment gilt – je nach Definition etwas unterschiedlich – aber im Wesentlichen alles Substrat das kleiner, als grober Sand mit etwa 2 mm Korndurchmesser ist. Der Steinkrebs kommt ja auch in kleinen Gräben und Bächen vor, die nicht in der alpinen Region liegen, sondern etwa in den Donauniederungen, wie später in einem Fallbeispiel dokumentiert. Ein zu hoher Feinsedimentanteil im Sohlsubstrat verlegt die Wohnhöhlen, führt bei Vorhandensein hoher organischer Anteile zu Sauerstoffzehrung und hat noch zahlreiche weitere negative Effekte – jedenfalls ist Feinsediment ein Grund für das Verschwinden des Steinkrebsees aus so belasteten Gewässerregionen.

Eine zu hohe Feinsedimentfracht kommt in den Gewässern unterhalb der Gebirgsregionen in der Regel aus dem Umland. Zum einen erfolgt die landwirtschaftliche Bewirtschaftung häufig bis an die Böschungskante des Gewässers, was den Eintrag von Erdmaterial natürlich begünstigt. Andererseits ist aber auch Verkehrs-Infrastruktur eine wesentliche Feinmaterialquelle, und über die zugehörigen Entwässerungssysteme auch ein direkter Eintragungspfad, wie eine umfangreiche Untersuchung im Mühlviertel deutlich zeigte (HÖFLER et al. 2016).

In gletscherbeeinflussten Gewässern kommt die typische Feinsedimentfracht, der Gletscherschluff, aus den klimawandel-bedingt immer rascher und über längere Zeiträume abschmelzenden Gletschern. Dieses Sedimentquelle ist im Gegensatz zu den vorgenannten realistischerweise nur mit enormem Aufwand oder gar überhaupt nicht mehr in den Griff zu bekommen.

Eine weitere Hauptgefährdungsursache für den Steinkrebs sind nicht heimische Krebse und eine von ihnen verbreitete Krankheit (DIÉ-GUEZ-URIBEONDO 2009). Die Krebspest, eine mittels Sporen übertragene tödliche Erkrankung trifft alle heimischen Krebsarten. Die Sporen der Krebspest sind hoch infektiös, zäh und widerstandsfähig und können mehrere Tage im Wasser oder auch nur in feuchtem Milieu, etwa in nasser Kleidung, überleben. Die Krebspest wurde gegen Ende des 19. Jahrhunderts mit Signalkrebsen (*Pacifastacus leniusculus*) aus Amerika eingeschleppt. Die nordamerikanischen Krebsarten, allen voran der Signalkrebs, sind zwar Überträger dieser Krankheit, sie erkranken oder sterben aber in der Regel nicht daran.

Nun haben sich die Signalkrebse in den etwa 150 Jahren seit ihrem Import in ganz Europa flächendeckend ausgebreitet und dominieren inzwischen die Krebsfauna in vielen Regionen. Mit ein Grund dafür ist, dass diese Art deutlich

robuster gegenüber Veränderungen im Gewässer, etwa mangelhafte Wasserqualität ist, als die heimischen Arten. Der Signalkrebs ist aber auch sehr viel aggressiver in seinem Verhalten, als die heimischen Krebse und verbreitet sich infolge seiner hohen Anpassungsfähigkeit rasch und erfolgreich. Es gibt nur noch wenige Gewässer mit guten Beständen der heimischen Arten in Europa und so auch in Österreich.

Aber nicht nur die Ausbreitungstendenz der nordamerikanischen Krebse selbst, sondern die Tatsache, dass sie praktisch überall, wo sie vorkommen, Krebspesterreger ausscheiden, macht die Situation so gefährlich. Krebspesterreger können mit allem Material übertragen oder sogar in andere Gewässer verschleppt werden, das feucht ist. Beginnend von der Badehose, über Angelzeug (hier besonders die beliebten Filzsohlen) bis hin zu Kopfbedeckungen, etwa Stirnbändern, die man als Wanderer gerne im nächsten Bächlein kurz ausdrückt, um eine kleine Erfrischung zu genießen. Angesichts dieser Aufzählung ist gut vorstellbar, wie gefährlich die Krebspestübertragung erst über Lastwagen, Bagger und andere Baumaschinen ist.

Neben den genannten, gibt es noch zahlreiche weitere Gefährdungsfaktoren, nicht zu vergessen, unspezifisch wirkende Insektenschutzmittel, die alle Wirbellosen töten, und damit auch die Krebse. Hinsichtlich Häufigkeit des Auftretens und flächiger Wirksamkeit sind aber die drei ausgeführten Problemkreise die wichtigsten.

Schutzmaßnahmen

Der Verlust an Lebensraum hat durch die Vielzahl an Gewässerregulierungen seit Mitte des letzten Jahrhunderts inzwischen sicherlich einen unrühmlichen Höhepunkt erreicht. Die Gesamtzahl der natürlich erhaltenen Bäche ist heute vermutlich gleich hoch, wenn nicht geringer, als

die der verbauten Gerinne. Die Verbauung weiterer Gewässer sehr gut abzuwägen und tatsächlich nur dort einzugreifen, wo eine realistische und unmittelbare Gefährdung für Leib und Leben gegeben ist, ist eine zwingende Notwendigkeit, um die letzten intakten Lebensräume der oben genannten, spezialisierten Tier- und Pflanzenarten zu erhalten. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, das Gewässer inklusive seines Umlandes zu betrachten. Sehr viele gewässernahe Lebensräume, etwa die verschiedenen alpinen Erlenaue sind übrigens ebenfalls als Schutzgüter in der FFH-Richtlinie genannt und damit auch rechtlich verbindlich zu erhalten.

Lebensraum kann auch wiederhergestellt werden – etwa im Zuge von Gewässerrenaturierungen. Vor allem der Steinkrebs ist diesbezüglich eine eher unproblematische Art. Die Herstellung ausreichend vieler kleiner Unterstände und Höhlen lässt die Bestände – eine Gründerpopulation vorausgesetzt – sich recht rasch erholen.

Etwas aufwändiger werden Schutz- bzw. Vermeidungsmaßnahmen hinsichtlich des Eintrages von Feinsediment aus dem Gewässerumland. Handelt es sich um diffuse Einträge, etwa aus einem, an das Gewässer unmittelbar angrenzenden Acker, so schafft bereist ein 5–10 m breiter Vegetationsstreifen am Ufer Abhilfe.

Deutlich schwieriger ist die Problembewältigung – und häufig schon die Ursachenforschung – wenn es um Einträge geht, die weiter weg vom Gewässer entstehen und über Rohrleitungen oder Gräben in die Bäche gelangen. Vor allem Verkehrsinfrastruktur und die begleitenden Straßengräben sind hier oft die Verursacher. Es gibt aber auch dafür sehr gute und kostenmäßig überschaubare Lösungen, etwa Absetzbecken, die den Abfluss der Rohr- oder Drainageleitung unmittelbar vor dem Gewässer aufnehmen und das Problem entschärfen. Diese Absetzbecken funktionieren ähnlich, wie kleine biologische

Kläranlagen und können – richtig angelegt – bei Bedarf auch problemlos und ohne die Gewässerfauna zu gefährden ausgebaggert werden.

Noch komplexer ist in Österreich das Problem mit dem Signalkrebs. Um die Ausbreitung dieser Krebsart – vor allem flussaufwärts in den Lebensraum des Steinkrebses hinein – möglichst zu bremsen oder gar zu verhindern, kann auch geboten sein, das eine oder andere vom Menschen errichtete, und zur Wiederermöglichung der Fischwanderung eigentlich zu entfernende, unüberwindbare Querbauwerk bestehen zu lassen, oder sogar Bauwerke (z.B. Straßendurchlässe) für Krebse unpassierbar zu gestalten. Diese Entscheidung muss aber jedenfalls von einem Expertengremium getroffen werden, das neben der wasserbaulichen, auch über die entsprechende naturschutzfachliche und juristische Kompetenz verfügt. Alle anderen Maßnahmen, die geeignet sind, die sukzessive Ausbreitung amerikanischer Krebse in unseren Gewässern hintanzuhalten, ohne einen Kollateralschaden bei anderen Tieren oder Pflanzen herbeizuführen, sind aus Sicht des Krebschutzes natürlich erwünscht.

Dagegen erfordert die Verschleppung der Krebspesterreger viel mehr Aufmerksamkeit. Der ungewollten Verbreitung der Krebspestsporen kommt man tatsächlich nur mit höchster Vorsicht und Gewissenhaftigkeit bei. Dass Krebse generell nicht einfach von einem Gewässer in ein anderes versetzt werden sollen, erscheint angesichts der oben erörterten Problematik logisch und sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Das einfachste Mittel gegen den Erreger der Krebspest ist Trockenheit. Jegliches Material, sei es Angelzeug, Stiefel oder auch Baumaschinen, die lange genug trocken sind, enthalten keine lebenden Sporen mehr. Im Wasser können die Sporen 3–4 Tage aktiv sein; im kalten, feuchten Schlamm sicher "verpackt" können sie aber auch 2–3 Wochen überstehen. Um ganz sicher

gehen zu können, wird eine Quarantänezeit von einem Monat und länger empfohlen.

In der Gewässerökologie verwenden wir deshalb grundsätzlich zwei Sätze Untersuchungsmaterial – etwa Stiefel oder Reusen – das jeweils ausgetauscht wird, sofern eine Garnitur nass wurde und ein neuer Gewässerabschnitt untersucht wird. Auch die Wahl der Methodik spielt eine wichtige Rolle. Beginnt man etwa eine Freiland-Aufnahme, so startet man mit trockener Ausrüstung am quellnächsten Punkt eines Gewässers und arbeitet sich, beginnend von den eher krebspestfreien Oberläufen sukzessive von oben nach unten. Dies ist auch eine Möglichkeit hinsichtlich der Zeitabfolge von Baumaßnahmen.

Ist der finanzielle und zeitliche Aufwand für doppelte Ausrüstung oder Trocknung nicht vertretbar, so kann auch mit Desinfektion gearbeitet werden (z.B. JUSSILA et al. 2014). Für einfache Arbeiten, wie Kartierungen oder einen Angelausflug reicht eine Sprühpumpe mit entsprechendem Desinfektionsmittel. Recht einfach zu bekommen und gut anwendbar sind entsprechende Mittel in Tablettenform, die sich in kurzer Zeit in Wasser auflösen und mittels Sprühpumpe auftragen lassen. Inklusiv der benötigten Einwirkzeit kann eine Desinfektion in einer Viertelstunde durchgeführt werden.

Die Desinfektion von Baumaschinen kann dagegen schon recht aufwändig werden. Erwähnt sei hier ein Beispiel aus Hessen, wo in einem Gewässer gearbeitet wurde, das einen höchst schutzwürdigen Steinkrebsbestand beheimatet. Hier wurde eine richtige Station errichtet, in der alle Baumaschinen und -geräte und der gesamte Verkehr zur Baustelle zur Gänze desinfiziert wurden (HENNING & RIECHMANN 2015). Letztendlich ist die Herangehensweise mit größter Vorsicht und Aufmerksamkeit, eine gute Bauablauf- und Bauzeitplanung – auch verschiedene aufeinanderfolgende Baustellen betreffend – und

unter Einbeziehung eines Krebs-Experten zu empfehlen, um unnötige Kosten einerseits, aber auch ungewollte Krebspestausrüche andererseits zu verhindern.

Die Gebietsüberschneidung

Die Gewässer im Zuständigkeitsbereich der WLW

Das österreichische Staatsgebiet ist von den Alpen und Voralpen geprägt, die die Mittel- und Hochgebirge bilden. Diese topografische Ausprägung unserer Landschaft birgt infolge der Steilheit des Geländes zahlreiche Naturgefahren, etwa Hochwässer, Muren, Rutschungen, Steinschläge und Lawinen. Für all diese Problembereiche ist seit mehr als 130 Jahren die Wildbach- und Lawinenverbauung zuständig.

Viele Wildbäche sind auch potenzieller oder tatsächlicher Lebensraum des Steinkrebses. Es gibt also eine sehr intensive Überschneidung dieses, aus naturschutzfachlicher Sicht in höchstem Maße schützenswerten Lebensraumes und der Notwendigkeit der Bewahrung der menschlichen Bevölkerung vor den Naturgefahren.

Hoch schützenswerter Lebensraum für Spezialisten

Die kleinen Bäche und Flüsse sind aber nicht nur ein Gefahrenpotenzial, sondern vor allem in den höheren Lagen, extrem schützenswerte Lebensräume. Grund dafür ist, dass sie einen Extremlebensraum darstellen, der nur von hoch spezialisierten Pflanzen- und Tierarten besiedelt werden kann. Diese Spezialisten haben sich im Laufe der Evolution sehr eng eingemischt, sind also für ihr Überleben intensiv auf ihren Lebensraum angewiesen.

Jede kleine Veränderung kann katastrophale Folgen für ganze Populationen haben, ja dazu führen, dass einzelne Arten aus diesem

Gebiet völlig verschwinden. Natürlich steht auch für Ökologen und Biologen außer Zweifel, dass der Schutz des Menschen absoluten Vorrang hat.

Aber die Zusammenarbeit der WLW mit Fachexperten aus dem Naturschutz in den letzten Jahren zeigte, dass gemeinsam oft Lösungen gefunden werden können, die für beide Zielvorstellungen – den Schutz vor Naturgefahren und den Naturschutz – förderlich sind. Dazu kommt noch, dass viele Maßnahmen wenig Kosten verursachen – ja häufig überhaupt nichts kosten, sondern beispielsweise nur eine Umstellung im Bauablauf brauchen, die mit den Kennern der spezialisierten Arten lediglich abgestimmt werden brauchen.

In diesem Artikel konzentrieren wir uns nun auf eine Art aus diesem Lebensraum „Wildbach“, die aufgrund vieler Umweltumstände hochgradig gefährdet ist und deswegen besonderen Schutz braucht, eben den Steinkrebs.

Beispiele aus der Praxis

In der Folge seien ein paar wenige Beispiele aus der Praxis kurz beschrieben.

Der Riedelbach

Der Unterlauf des Riedelbaches, eines kleinen Zuflusses der Alm im Gemeindegebiet von Pettenbach, wurde vor mehreren Jahrzehnten zur Verbesserung der Bedingungen für die Bewirtschaftung der umliegenden Wiesen zu einem geraden, künstlichen Bachlauf ausgebaut. Dadurch lag er höher als das umgebende Umland und führte immer wieder zu Überflutungen und Schotterablagerungen, was regelmäßige umfangreiche Geschiebe-Räumungen durch die WLW erforderlich machte.

Aufgrund der Tatsache, dass im Riedelbach ein guter Steinkrebs-Bestand bekannt war,

der im Zuge der notwendigen Schotterräumungen regelmäßig beeinträchtigt wurde, hatte die WLW ein Projekt zur strukturellen Aufwertung des Unterlaufes eingereicht, das wasserrechtlich bewilligt wurde. Vorgesehen waren Aufweitungs- und Gerinnegestaltungsmaßnahmen im bestehenden Gewässerlauf (Abb. 3).

Im Laufe diverser Besprechungen zwischen Mitarbeitern der WLW Gebietsbauleitung Oö West (W. Bitterlich und M. Schiffer), der Naturschutzabteilung des Amtes der Oö. Landesregierung und den Krebs-Experten W. Weißmair und C. Gumpinger einigte man sich, einen völlig neuen Bachlauf zu gestalten. Daher wurde ein neuer, naturnaher Gerinnelauf in der Tiefenlinie

des Geländes entlang des nordwestlich an diese Wiese anschließenden Waldrandes angelegt.

Auch der anrainende Grundstückseigentümer wollte diese Renaturierung fördern und stellte dafür einen Bereich seiner Wiese zur Verfügung. Das Projekt wurde dann unter Beratung durch eine ökologische Bauaufsicht umgesetzt.

Das neue Gerinnebett wurde nur mit einer sehr lokalen, kleinen Ufersicherung angelegt, mit Initialstrukturen versehen und der eigendynamischen Entwicklung überlassen (Abb.4). Der eher gestreckte Verlauf im Waldbereich mit stärkerem Gefälle ermöglicht den Weitertransport des Geschiebes in den Gewässerunterlauf, wo es keine Notwendigkeit der Räumung gibt.

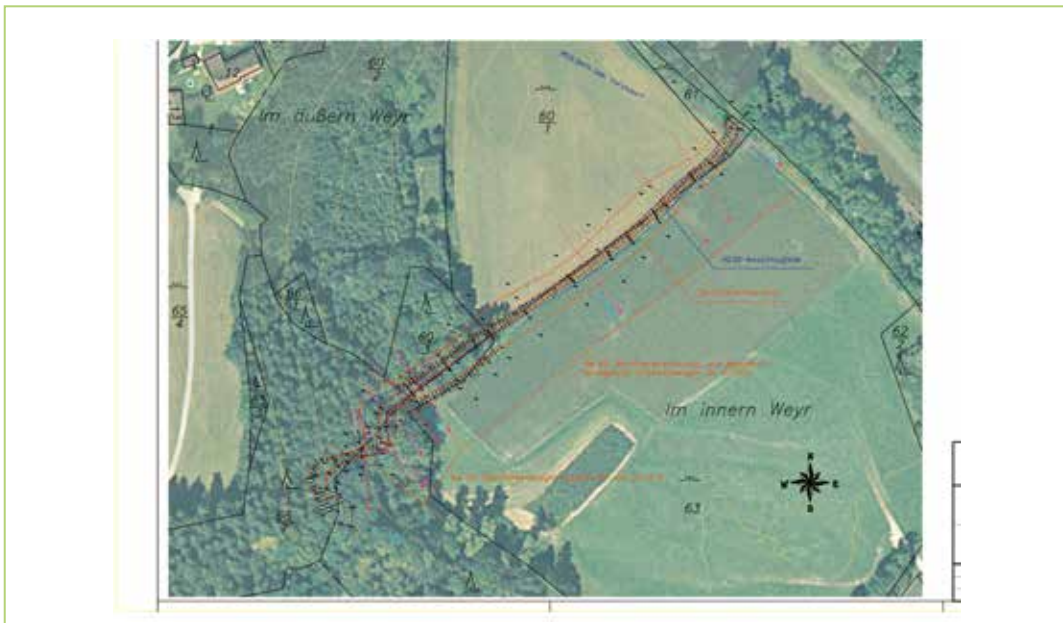


Abb. 2: Planliche Darstellung der ursprünglich vorgesehenen Maßnahmen.

Fig. 2: Map of the (originally) scheduled measures.



Abb. 3: Der neu angelegte Riedelbach-Unterlauf wurde der eigendynamischen Entwicklung überlassen.

Fig. 3: The restored lower reach is enabled to develop dynamically.



Abb. 4: Schüler zweier Klassen aus verschiedenen Schulen halfen bei der Steinkrebs-Bergung.

Fig. 4: Pupils from two schools assisted in recovering a stone crayfish population.



Neben den Baumaßnahmen erfolgte zusätzlich die Bergung und flussaufwärtige Umsiedlung dieses Krebsbestandes. Die Tiere wurden nach der Errichtung des neuen Bachabschnittes in Trockenbauweise und unmittelbar vor der Trockenlegung

des alten Unterlaufes händisch geborgen und in sichere Bereiche verbracht.

Diese Aktivität erfolgte gemeinsam mit Schülern der Privatschule Moos sowie einer Klasse des Gymnasiums Gmunden (Abb.5).



Abb. 5: Im Wesentlichen entwickelt sich das Gerinne unbeeinflusst entsprechend eines natürlichen Bachlaufes in dieser Region.

Fig. 5: The new brook is given the opportunity to develop more or less unimpededly like any natural watercourse in the region.

Es wurden fast 500 Steinkrebse im alten Unterlauf gefangen und einerseits in den neuen naturnahen Gerinneabschnitt des Riedelbaches, andererseits in den Oberlauf des Baches übersiedelt.

Die eigendynamische Entwicklung des Unterlaufes hatte schon in den ersten Monaten eine naturnahe Gewässersituation zur Folge, Schotter wurde vom Bach selbst eingetragen (Abb. 5).

Der Schauburggraben

Ein weiteres positives Beispiel aus jüngster Zeit fand in einer, der schon erwähnten nicht alpinen Regionen, in der Donau-Ebene des Eferdinger Beckens statt.

Seitens der WLV, Gebietsbauleitung OÖ Nord, wurde das Hochwasserschutzprojekt „Schauburggraben“ ausgearbeitet und umgesetzt. Um zukünftig Schäden an Wohnobjekten und Infrastruktureinrichtungen zu verhindern, wurde eine Balkensperre mit Geschiebe- und Wildholzablagerungsbecken am Schwemmkegelhals errichtet.

Unterhalb des bestehenden Gerinnes wurde das verrohrte Gerinne auf einer Länge von ca. 150 lfm wieder geöffnet und soweit ausgebaut, dass eine schadhlose Abfuhr der auftretenden Hochwässer in den Vorfluter ermöglicht wird.

Die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen wurden durch die WLV errichtet und nach dem Finanzierungsschlüssel des Projektes (Interessenten: Gemeinde Puppung, Hartkirchen und Stroheim) finanziert.

Bei einer Begehung im Rahmen der ökologischen Bauaufsicht durch M. Schauer im Bereich dieser Öffnung des Schauburggrabens wurde bei der Mündung in das Gerinne des Kutschermühlbaches ein weiblicher Signalkrebs (*Pacifastacus leniusculus*) mit Jungen festgestellt.

Die sofort angestellte Nachsuche im Schauburggraben unmittelbar flussauf des bestehenden Rückhaltebeckens ergab eine dichte, reproduzierende Steinkrebspopulation in diesem Gewässer im Projektbereich.

Offensichtlich hatte die, aus ökologischer Sicht eigentlich unerwünschte Verrohrung des Schauburggrabens zwischen dem Geschiebeauffangbecken und der Einmündung in den Kutschermühlbach die weitere Ausbreitung des Signalkrebses in den Oberlauf des Schauburg-

grabens und damit die Auslöschung des Steinkrebsbestandes in diesem Gewässerabschnitt bis dato wirksam verhindert.

Durch die, laut Bescheid organismenpassierbar auszuführende Öffnung des Schauburggrabens auf einer Länge von ca. 150 m wäre leider auch diese Ausbreitungsgrenze für den Signalkrebs entfernt worden. Dadurch wäre die weitere, flussaufwärts gerichtete Wanderung von Signalkrebsen aus dem Kutschermühlbach möglich geworden und hätte unweigerlich zu einer Schädigung des Steinkrebsbestandes im Schauburggraben geführt.

Die Morphologie des Baches ist aufgrund des sehr hohen Gefälles von zahlreichen natürlichen Abstürzen und dazwischenliegenden kleinen Pools geprägt. Das Gewässer kommt damit als dauerhafter Fischlebensraum nicht in Frage. Um nun die zu befürchtende Einwanderung des Signalkrebses in den Schauburggraben zu verhindern, wurde im Projektbereich ein Wanderhindernis für den Signalkrebs vorgesehen.

Genau im Gefälleknick vom steilen zum flacheren Gelände wurde im Zuge des Projektes eine Brücke für einen Forstweg errichtet, die sich für die Herstellung eines Signalkrebs-Wanderhindernisses geradezu anbietet. Dazu wurde an der Brücke unterwasserseitig ein ca. 0,3 m hoher Absturz errichtet und der Brückendurchlass auch boden- und wandseitig mit Edelstahl verkleidet. Um die Umwanderung des Brückenbauwerkes durch Signalkrebse zu verhindern, wurde unterwasserseitig, analog zu einem Amphibienzaun beidseitig ein 4 m langes und einen Meter hohes Edelstahlblech in die Uferböschung integriert. Mit Umsetzung dieser Maßnahmen besteht die berechtigte Hoffnung, dass die Einwanderung von Signalkrebsen in den Schauburggraben verhindert wird.

Die langfristige Funktionsfähigkeit (Verschotterung, weiträumige Umgehung) muss in den nächsten Jahren beobachtet werden.



Abb. 6: Die von der WLW fertiggestellte Signalkrebs-Wanderbarriere

Fig. 6: Migration barrier, constructed by the Forest Technical Service for Torrent and Avalanche Control.

Der flachere Gewässerabschnitt bis zum Brückenbauwerk ist nach Umsetzung dieser Maßnahme trotzdem für Fische ungehindert einwanderbar. Der gefällereichere Abschnitt vom Brückenbauwerk bis zum Geschiebeauffangbecken ist durch die Krebsperre von der Einwanderung von Signalkrebsen, aber auch Fischen ausgenommen und kann in Zukunft einen dauerhaften Lebensraum für den individuenreichen Steinkrebsbestand und ein Laichgewässer für die Feuersalamanderpopulation im Schauburggraben bieten.

Ein Europaschutzgebiet für den Steinkrebs

Das oberösterreichische Europaschutzgebiet „Bäche in den Steyr- und Ennstaler Voralpen“ wurde 2014 entsprechend den Bestimmungen der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) an die Europäische Kommission gemeldet und von dieser in die Liste von Gebieten von gemeinschaftlicher Bedeutung in der alpinen biogeografischen Region aufgenommen.

Für dieses Gebiet wurde ein Landschaftspflegeplan erstellt, in dem jene Maßnahmen festgelegt werden, die als Mindestanforderung die Beibehaltung oder Verbesserung des Erhaltungszustandes der im zugehörigen Standarddatenbo-

gen gelisteten Arten und Lebensräume gewährleisten bzw. ermöglichen. Grundlage für diese Maßnahmenformulierung sind die Erhebung und Analyse des Istzustandes inklusive vorhandener Gefährdungen.

Das Büro blattfisch e.U. und das Technische Büro für Biologie Weiß-

mair wurden von der Abteilung Naturschutz des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung mit der Erstellung des Managementplans und der Gebietsbetreuung für dieses Europaschutzgebiet beauftragt (AUER et al. in prep.).

In dem Gebiet erfolgten in den Jahren 2014 und 2015 Steinkrebs-Erhebungen, sowie eine Signalkrebs-Kartierung im Jahr 2016, die in erster Linie zur Gebietsabgrenzung dienen. Ebenfalls auf Basis dieser Untersuchungen wurde im Jahr 2017 eine flächendeckende, vertiefende Kartierung des Schutzgebiets vorgenommen. Die Zusammenführung aller bekannten Daten und deren Darstellung in entsprechenden Karten (GIS), gibt einen guten Überblick über das Schutzgebiet.

Aus der Analyse dieser umfassenden Aufnahme des aktuellen Zustands der Gewässer und auch des Umlandes wurden ein Leitbild und Ziele für das Schutzgebiet definiert, wobei vor allem eine möglichst weite Verbreitung des Steinkrebsvorkommens angestrebt wird. Um dies zu erreichen, wurden Maßnahmen formuliert, die spezifisch umsetzbar sind.

Aufgabe der Gebietsbetreuung ist, diese Maßnahmen in naher Zukunft sukzessive umzusetzen und dafür das Einvernehmen aller Betroffenen im Gebiet, seien dies Grundstückseigentümer,

die Angelfischerei oder auch Wirtschaftsbetriebe herzustellen, und so gemeinsam für den Erhalt des Steinkrebses in dieser Region zu sorgen.

Durch wiederkehrende Bestandskontrollen wird das Schutzgebietsmanagement künftig auf neue Entwicklungen reagieren können und die gesetzten Maßnahmen auch hinsichtlich ihrer Wirkung evaluieren.

Empfehlungen für den Umgang mit Steinkrebsen

Letztlich können aus dem oben Dargestellten einige Empfehlungen abgeleitet werden, deren Einhaltung dem Erhalt von Steinkrebspopulationen sicherlich förderlich ist. Ein wesentlicher Punkt ist hierbei die Beiziehung von Krebs-Experten von Beginn eines Vorhabens an. Diese Fachleute können helfen, indem sie:

- Kenntnis über Bestände bzw. Nichtvorkommen von Steinkrebsen in vielen Gewässern haben
- bei Unklarheit rasch eine Vorab-Erhebung möglicher Steinkrebsbestände durchführen können
- in einem frühen Planungsstadium mithelfen können, Fehler zu vermeiden
- Bauablauf- und bauzeitplan hinsichtlich des Steinkrebsschutzes mit-koordinieren können
- Detailplanungen und Bauaufsichten bei der Setzung von Maßnahmen zur Bestands-sicherung und Lebensraumverbesserung durchführen können

Bei der Baudurchführung ist das Hauptaugenmerk sicherlich auf der Vermeidung der Verbreitung der Krebspest zu legen. Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, Maßnahmen zu setzen, die dies verhindern helfen. Nicht zuletzt kann auch die Umsiedelung von Krebspopulationen nötig sein, wie das Beispiel des Riedelbach zeigt.

Abschließend muss noch einmal erwähnt

werden, dass der Schutz des Steinkrebses nicht nur auf Freiwilligkeit basiert und die WLW diesbezüglich schon viele gute Projektbeiträge geleistet hat, sondern dass es eine rechtliche Verpflichtung gibt, diese Art zu schützen und vor dem Verschwinden zu bewahren.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Clemens Gumpinger

Dr. Michael Schauer

DI Stefan Auer MSc

blattfisch e.U.

Gabelsbergerstr. 7, 4600 Wels

gumpinger@blattfisch.at

Literatur / References:

AUER, S., W. WEISMAIR & C. GUMPINGER (in prep.): Managementplan Bäche der Steyr- und Ennstaler Voralpen. – i.A. des Amtes des Amtes der Oö. Landesregierung, Naturschutzabteilung, Wels, 40 S..

BERGER, C. & L. FÜREDER (2013): Linking Species Conservation Management and Legal Species Protection: A Case Study on Stone Crayfish. - *Freshwater Crayfish* 19(2):161–175.

DIÉGUEZ-URIBEONDO, J. (2009): Current techniques, approaches and knowledge in diagnosis of crayfish plague and other crayfish diseases. - *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 394-395.

HENNINGS, R. & H. RIECHMANN (2015): Ausbau Unfallpunkt Bundesstraße 460 Fürth-Leberbach: Monitoring der Orchideen und Steinkrebse im Jahre 2014 und abschließender Endbericht über das Monitoring 2012 bis 2014. - FISHCALC, Büro für Fischereiberatung, unveröffentlichter Bericht im Auftrag von HessenMobil, Bensheim.

HÖFLER S., C. GUMPINGER C. & C. HAUER (2016): Coarse sand as a specific problem for aquatic ecosystems in granite-dominated landscapes. – In: Wiprecht S., Haun S., Weber K., Noack M. & C. Terheiden (Ed.): Proceedings of the 13. Int. Symposium on River Sedimentation (Stuttgart, 19. – 22. September 2016), 865Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems (2014) 413, 02 <http://www.kmae-journal.org>

JUSSILA, J., A. TOLJAMO, J. MAKKONEN, H. KUKKONEN & H. KOKKO (2014): Practical disinfection chemicals for fishing and crayfishing gear against crayfish plague transfer. - *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* (2014) 413, 02; DOI: 10.1051/kmae/2014002.

PÖCKL, M. & E. EDER (1998): Bestimmungsschlüssel der in Österreich vorkommenden Flusskrebse. – *Stapfia* Nr. 58; zugleich: Kataloge des OÖ. Landesmuseums, Neue Folge Nr. 137; 9 – 28.

THE EUROPEAN COMMISSION (1992) Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (FLORA-FAUNA-HABITAT-RICHTLINIE; FFH-RICHTLINIE): - Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften, Konsolidierter Text, 59 S.

WOLFGANG HONSIG-ERLENBURG

Gewässerökologische Grundlagen für Bau- und Instandhaltungsmaßnahmen im Bereich der Wildbach- und Lawinerverbauung

Aquatic ecological principles for construction and maintenance in the field of the torrent and avalanche control

Zusammenfassung:

Seit Ende der 1980er Jahre wurde auch im Zuge von Wildbach-Verbauungsmaßnahmen begonnen, ökologische Aspekte zu berücksichtigen, wobei sich diese Anfangs meist nur auf ökologische Strukturmaßnahmen im Rahmen einer technischen Verbauung beschränkten. Spätestens seit der Implementierung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie in das österreichische Wasserrechtsgesetz im Jahre 2003 war ein grundsätzliches Umdenken hin zu ökologischeren Hochwasserschutzprojekten und zum Erhalt von intakten natürlichen Fließgewässerabschnitten erforderlich. Im gegenständlichen Beitrag werden Grundlagen zur Beurteilung von ökologischen Zuständen und Hochwasserschutzmaßnahmen aus ökologischer Sicht im Lichte der Qualitätszielverordnung Ökologie-Oberflächengewässer und des Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP) aufgezeigt und einige aus ökologischer Sicht positive Beispiele im Zusammenhang mit dem ökologischen Verbesserungsgebot aus Kärnten vorgestellt.

Stichwörter:

Wasserrahmenrichtlinie, ökologische Zustände, Qualitätsziele Ökologie, ökologische Verbesserungen

Abstract:

At the end of the 1980ies it was started to take into account environmental aspects for torrent protection works, which were initially mostly ecological structural measures in the framework of a technical protection measure. At the latest since the implementation of the European water framework directive in the Austrian water law in 2003, a fundamental rethink to greener flood protection projects and for the preservation of intact natural riverine sections was required.

This paper shows the basics for assessing ecological conditions and evaluating protection measures in the framework of the “national water management plan (NGP)” and the “ecology surface water quality objective regulation”. Furthermore good practice examples for ecological improvement in Carinthia are presented.

Keywords:

Water framework directive, environmental conditions, quality objectives ecology, ecological improvements

Einleitung

Österreich besitzt ein Gewässernetz von ungefähr 100.000 km Fließgewässer (Kärnten ca. 8.000 km), wobei ein großer Teil in alpinen Bereichen abfließt. Weiters kommen in Österreich ca. 25.000 stehende Gewässer mit einer Fläche > 250 m² vor.

In der Vergangenheit wurden unsere Gewässer lange Zeit genutzt, ohne die Nachhaltigkeit dieser Nutzung zu hinterfragen. Erst als die ersten augenscheinlichen Verschmutzungen der Gewässer auftraten und auch Rückgänge im Fremdenverkehr zu verzeichnen waren, wurde gehandelt. Durch enormen finanziellen Aufwand ist es Österreich nunmehr gelungen, die Gewässergüte zumindest auf eine gute Qualität zu bringen. Insbesondere nach dem zweiten Weltkrieg kam es aus der damaligen Notwendigkeit zur Schaffung von zusätzlichen landwirtschaftlichen Flächen aber auch aus Hochwasserschutzgründen zu massiven Regulierungen und Begradigungen vieler unserer Fließgewässer, außerdem sind viele Gewässer zur Energiegewinnung aufgestaut und ausgeleitet worden. Die damit verbundene Beeinträchtigung der Lebensräume für aquatische Organismen wurden bislang jedoch nicht bzw. kaum behoben.

Wasserrahmenrichtlinie als rechtliche Grundlage für den Schutz der Gewässerlebensräume

Die europäische Wasserrahmenrichtlinie, die im Jahre 2003 in das österreichische Wasserrechtsgesetz implementiert worden ist, stellt nun ein Instrumentarium dar, ökologische Verbesserungen auch in morphologischer und hydrologischer Hinsicht durchführen zu können. Zudem gilt das Verschlechterungsverbot, dass vor allem für Fließgewässerabschnitte gilt, die sich im sehr guten bzw. guten Zustand befinden. Ziel dieser Richtlinie ist das Erreichen des zumindest guten ökologischen Zustandes aller Gewässer in der Europäischen Union bis zum Jahre 2027 bzw. die Erhaltung noch intakter Gewässerabschnitte.

Der ökologische Zustand orientiert sich an den Referenzbedingungen eines Gewässers, also nach dem Zustand wie er etwa vor über 100 Jahren vor den großen Eingriffen in unsere Gewässerlebensräume vorhanden war. Dabei sind natürlich verschiedene Gewässertypen zu unterscheiden, ein Gebirgsbach mit Gletschereinfluss hat natürlicher Weise eine ganz andere Organismenzusammensetzung wie etwa ein Abschnitt eines großen Flusses. Der Referenzzustand kann einerseits aufgrund noch vorhandener Referenzgewässer, falls diese nicht mehr vorhanden sind, aufgrund virtueller Leitbilder erstellt werden.

Natürliche Gewässerabschnitte finden wir österreichweit nur mehr in relativ geringem Ausmaß, derzeit sind es nur ca. 15 % aller Fließgewässerabschnitte, die mit sehr gut bewertet werden. In Kärnten ist die Situation jedoch deutlich besser, wobei über 40 % der Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet über 10 km² einen sehr guten ökologischen Zustand aufweisen.

Natürlich kann nicht in allen Gewässerabschnitten der gute ökologische Zustand wiederhergestellt werden, dies betrifft insbesondere für Gewässer zu, die zum Schutz von Leib und Leben sowie der Infrastruktur hochwassersicher gemacht werden mussten. Wir leben heute in einer Kulturlandschaft, wobei es auch darum geht, den Lebensraum des Menschen zu erhalten. Daher wurden Gewässerabschnitte, die morphologisch zum Zwecke des Hochwasserschutzes stark überformt worden sind und bei denen der Hochwasserschutz Priorität hat, als erheblich veränderte Wasserkörper ausgewiesen. In den erheblich veränderten Wasserkörpern muss gem. Wasserrahmenrichtlinie nicht der gute ökologische Zustand bis zum Jahre 2027 erreicht werden, sondern das gute ökologische Potential. Wenn allerdings aufgrund beengter Platzverhältnisse keine Maßnahmen möglich sind, ist der Zielzustand (gutes ökologisches Potential) bereits erreicht.

Im Bereich der Wildbach- und Lawinerverbauung hat es erste Ansätze zu naturnahen Ausgestaltung von Fließgewässern bereits in den 1980er-Jahren gegeben (vgl. Merwald 1988). Mitte der 1990er-Jahre wurde eine eigene Arbeitsgruppe WLW und Ökologie eingerichtet. Und ein Positionspapier erarbeitet. Zudem wurden Maßnahmen ergriffen, die Fischdurchgängigkeit bei Querbauwerken zu erhalten bzw. wiederherzustellen (Haunschmid & Keil, 2016).

Grundlagen zur Beurteilung von ökologischen Zuständen und Hochwasserschutzmaßnahmen

Wesentliche Instrumentarien im Zusammenhang mit ökologischen Aspekten bei Hochwasserschutzmaßnahmen (sowohl Bau als auch Erhaltung) sind der Nationale Gewässerbewirtschaftungsplan (NGP) sowie die Qualitätszielverordnung Ökologie-Oberflächengewässer, samt Erläuterungen und diverse Leitfäden.

Gemäß § 4 der Qualitätszielverordnung Ökologie-Oberflächengewässer gibt es für die Bestimmung des ökologischen Zustandes von Oberflächengewässern (Fließgewässer) bzw. die Beurteilung 12 Qualitätskomponenten und zwar folgende:

Hydromorphologische Qualitätskomponenten

- Wasserhaushalt
- Morphologie
- Durchgängigkeit des Fließgewässers

Biologische Qualitätskomponenten

- (Phytoplankton)
- Makrophyten
- Phytobenthos
- Makrozoobenthos
- Fischfauna

Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten

- Temperatur
- Sauerstoffgehalt
- Versauerung
- Nährstoffe
- Schadstoffe

Bei einem ökologischen Zustand von gut oder schlechter spielen die biologischen und die chemischen Qualitätskomponenten die wichtigste Rolle, die hydromorphologischen Qualitätskomponenten werden hier nur unterstützend mit ange-

wendet. Liegt jedoch ein sehr guter ökologischer Zustand vor, spielen die hydromorphologischen Qualitätskomponenten eine große Rolle. Im Zuge des sogenannten „Weser-Urteils“ wurde jedoch klar gestellt, dass eine Verschlechterung des ökologischen bzw. hydromorphologischen Zustandes auch dann gegeben ist, wenn auch nur ein Qualitätselement sich um eine Klasse verschlechtert. Im Zusammenhang mit Hochwasserschutzprojekten der WLW sind vor allem die hydromorphologischen Qualitätskomponenten, insbesondere dort wo der sehr gute hydromorphologische Zustand gegeben ist, von großer Bedeutung. Dabei geht es vorwiegend um die Morphologie und die Durchgängigkeit des Fließgewässers. Von den biologischen Qualitätselementen sind insbesondere die Fische betroffen, aber auch das Makrozoobenthos und Phytobenthos. Die Durchgängigkeit (Fließgewässerkontinuum) ist in Wasserkörpern zu erhalten bzw. wiederherzustellen, in denen Fische leben. Außerhalb des Fischlebensraumes spielt die Durchgängigkeit nur eine untergeordnete Rolle, da ein Großteil des Makrozoobenthos (insbesondere Larven von Eintagsfliegen, Steinfliegen und Köcherfliegen) sich in der Adult-Phase fliegend bachaufwärts fortbewegen kann.

Fische als vagile Lebewesen reagieren auf Verbauungsmaßnahmen von allen biologischen Qualitätselementen am stärksten.

Zur Beurteilung des hydromorphologischen Zustandes von Wasserkörpern wurde in eine Bund- Länderarbeitsgruppe ein Leitfaden zur Zustandserhebung von Fließgewässern erarbeitet und vom Lebensministerium (BMLFUW; heute Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT)) im Jahre 2010 herausgegeben und in den Jahren 2013 aktualisiert, wobei im Anhang auch erklärende Fallbeispiele hinzugefügt worden sind. Zur Beurteilung der Morphologie sind vor allem die Uferdynamik und die Sohldynamik von Relevanz.

Bei der Bewertung der Uferdynamik ist nicht alleine das Vorhandensein eines anthropogenen Eingriffs zu bewerten, sondern wie im Leitfaden festgehalten, „vielmehr die Auswirkung des Eingriffs auf die typenspezifische Uferdynamik des betroffenen Gewässerabschnittes. Nicht jede Abweichung vom morphologischen Naturzustand eines Gewässers bzw. jeder anthropogene Eingriff führt unweigerlich zu einer Verschlechterung desselben. Die Klasse I (sehr guter hydromorphologischer Zustand) weist somit eine Bandbreite von natürlich/unverändert bis sehr geringfügig verändert auf. Anthropogene Belastungen wirken sich in Gewässern verschiedenen Typs oft sehr unterschiedlich aus. Beispielsweise haben künstliche Ufersicherungen in alpinen Gewässern (gestreckter Verlauf) andere Auswirkungen als in potamalen Gewässern (gewundener, pendelnder oder mäandrierender Verlauf). Ein Gewässer mit gestrecktem Verlauf weist natürlicherweise eine geringe Kapazität auf, seine Ufer umgestalten zu können. Demnach beeinträchtigen hier punktuelle vereinzelte Ufersicherungen die Gesamtcharakteristik des Gewässers nicht wesentlich. Auch ist bei der Bewertung zu berücksichtigen, ob anthropogene Beeinträchtigungen an nur einem oder an beiden Ufern bestehen“.

Erscheinen Hochwasserschutzmaßnahmen in sehr guten Fließgewässerabschnitten zum Schutze von Leib und Leben unbedingt erforderlich, so hat die Wasserrechtsbehörde darüber abzuwägen. Dabei ist die Frage zu klären, ob ein übergeordnetes (nicht nur regionales sondern darüber hinaus) öffentliches Interesse an der Verbauung eines sehr guten Fließgewässerabschnittes gegeben ist. Dies bedeutet, dass das öffentliche Interesse an der Hochwasserschutzmaßnahme höher zu bewerten ist als der Schutz des Fließgewässers bzw. der Erhaltung der sehr guten hydromorphologischen Eigenschaften. In diesem Zusammenhang sind jedoch alle ande-

ren möglichen Umweltoptionen zu prüfen. Dies bedeutet, dass mehrere Varianten für Hochwasserschutzmaßnahmen geprüft werden müssen, auch solche, die den weiteren Schutz des sehr guten Fließgewässerabschnittes gewährleisten. Finanzielle Fragen sind hier allerdings nicht zu berücksichtigen.

Falls die Hochwasserschutzmaßnahmen nur durch Verbauung des sehr guten Abschnittes möglich ist und übergeordnetes öffentliches Interesse besteht, kann eine Ausnahme von Verschlechterungsverbot (§ 104a WRG) erteilt werden. Die bewilligten Ausnahmen von Verschlechterungsverbot sind jedoch von Seiten der Mitgliedstaaten an die Europäische Kommission mitzuteilen und es muss zudem eine Prüfung der Situation alle sechs Jahre erfolgen.

Aufgrund eines richtungsweisenden Urteils der Europäischen Gerichtshofes (EuGH) im Dezember 2017 müssen anerkannte Umweltorganisationen (NGO's) auch in Wasserrechtsverfahren Parteistellung erhalten, insbesondere dann, wenn eine Verschlechterung aus ökologischer Sicht zu erwarten ist. Der EuGH stützt sich bei seiner Entscheidung auf die – 2005 von Österreich sowie der EU ratifizierte – Aarhus-Konvention. Diese sichert unter anderem die Beteiligung der Öffentlichkeit an Umweltverfahren zu.

Weiters besteht das Verbesserungsgebot. Österreich wurde von der Europä-

ischen Kommission gerügt, dieses Verbesserungsgebot viel zu wenig anzuwenden. Dies bedeutet, dass im Falle von neuen Hochwasserschutzprojekten bzw. vor allem bei Sanierungen auch Verbesserungen hinsichtlich der Gewässerökologie erfolgen müssen.

Positive Beispiele aus ökologischer Sicht in Kärnten

An der Gurk im Ortsgebiet von Ebene Reichenau wurde eine Sohlstufe abgesenkt. Dies war einerseits erforderlich, da sich in diesem Bereich bei länger anhaltenden tiefen Temperaturen ein Eisstau gebildet hat. Andererseits hat sich dadurch auch eine ökologische Verbesserung ergeben, da nunmehr die Durchgängigkeit in diesem epirhithralen Abschnitt für Bachforellen wieder hergestellt wurde (Abb.1).

Im Mündungsbereich des Rosenbaches wurde eine Sperre erfolgreich zu einer Rampe umgestaltet (Abb.2).



Abb. 1: Gurk in Ebene Reichenau

Fig. 1: Gurk at Ebene Reichenau



Abb. 2: Rosenbach- Umgestaltung Sperre zu einer Rampe (© G. Kerschbaumer)

Fig. 2: Redesign of a check dam into a ramp in the mouth of Rosenbach

Am Weißenbach, der nordwestlich von Villach in der Gemeinde Weißenstein rechtsufrig in die Drau mündet, wurde eine bestehende Sperre entfernt

und an Stelle von Ufermauern naturnahe Ufer in Grobsteinschichtung errichtet (Abb. 3 und 4).



Abb. 3: Weißenbach vor Revitalisierung (© G. Kerschbaumer)

Fig. 3: Weißenbach before revitalisation





Abb. 4:
Weißbach, nach
Revitalisierung

Fig. 4:
Weißbach after
revitalisation

Am Nöringbach im Liesertal wurde eine Fischaufstiegshilfe linksufrig einer bestehenden Sperre errichtet (Abb. 5 und 6).

Im Vorderbergerbach in der Gemeinde. St. Stefan im Gailtal wurde die Fischpassierbarkeit durch die Entfernung von 4 Sperrenbauwerken wieder hergestellt (Abb. 7).



Abb. 6:
Fischaufstiegshilfe am
Nöringbach (© Hufnagl)

Fig. 6:
fishpass in the brook
Nöringbach



Abb. 5:
Sperre am Nöringbach
(© Hufnagl, WLV)

Fig. 5:
Check dam in the brook
Nöringbach



Abb. 7: Vorderbergerbach, Gemeinde. St. Stefan im Gailtal:
Fischpassierbarer Bachausbau durch Entfernung von 4 Sperren (© Hufnagl, WLV)

Fig. 7: Vorderbergerbach, municipality St. Stefan in Gailtal, restoration of the fish passability by removing 4 check dams

Am Dietrichsteinerbach in Feldkirchen und am Weissenbach in der Gemeinde Bad Bleiberg wurden Verrohrungen entfernt (Abb. 8).



Abb. 8: Entfernung von Verrohrungen, Weissenbach/Bad Bleiberg und Dietrichsteinerbach/Feldkirchen (© Hufnagl, WLW)

Fig. 8: Removal of pipeworks

Anschrift des Verfassers / Author's address:

Dr. Wolfgang Honsig-Erlenburg
 Amt der Kärntner Landesregierung
 Abteilung Umwelt, Energie & Naturschutz
 Flatschacherstr. 70, 9020 Klagenfurt
 wolfgang.honsig-erlenburg@ktn.gv.at

Literatur / References:

Arbeitsgruppe „Wildbachverbauung und Ökologie“ (1996).
 Positionspapier: Ökologische Planungsinhalte und Kriterien bei Projekten der Wildbachverbauung. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz 60. Jahrgang, Heft 131: 21-38.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2015).
 Leitfaden zur hydromorphologischen Zustandserhebung von Fließgewässern. pp 86.

Haunschmid R. & F. Keil (2016):
 Pilotstudie zur Fischpassierbarkeit verschiedener Bautypen der WLW in österr. Wildbächen (Epi- und Metarhithral), Bundesamt für Wasserwirtschaft, Inst. f. Gewässerökologie, Fischereibiologie u. Seenkunde, Herausgeber: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 1010 Wien.

Merwald I, (1988).
 Die hydrobiologischen Grundlagen für eine ökologische Fließgewässergestaltung; Beiträge zur Wildbacherosion und Lawinenforschung. Mitteilungen der forstlichen Bundesversuchsanstalt. Band 159.

<https://www.bmnt.gv.at/wasser/visa/fachinformation/ngp/ngp-2015.html>

moser – jaritz + partner

Moser-Jaritz+Partner Ziviltechniker GmbH
Ingenieurkonsulten
 Geologie und Geotechnik
 Naturgefahren und Risikomanagement
 Umwelt- und Ressourcenmanagement

Bachwinkl 126
 A 5760 Saalfelden
 T +43 6582 74 494
 F +43 6582 74 494-33
 E saalfelden@mjp-zt.at

Münzfeld 50
 A 4810 Gmunden
 T +43 7612 75 101
 F +43 7612 75 101-33
 E gmunden@mjp-zt.at



www.mjp-zt.at



Gunz ZT GmbH

Ziviltechniker für Forst- und Holzwirtschaft,
 Wildbach-, Lawinen- und Erosionsschutz,
 allg. beeid. und gerichtl. zert. Sachverständiger

4400 Steyr, Brucknerplatz 2

Tel.: 07252/42484 E-Mail: office@gunz.at Homepage: <http://www.gunz.at>

CHRISTOF SEYMANN, MICHAEL BOTTHOF

Verbauungsprojekte für Wildbäche im Spannungsfeld der Optimierung der Verbauungssysteme nach den Anforderungen aus der ONR 24800ff und der WRRL – Vorgehensweise im Wasserrechtsverfahren für den wildbachtechnischen Sachverständigen am Beispiel des Verbauungsprojekts Griffnerbach 2017, Kärnten

Construction projects in torrents in the framework of technical standards according to ONR24800 et seq. and the EU-Water Framework Directive – procedure for water legislative processes using the example project Griffnerbach 2017, Carinthia

Zusammenfassung:

Die systematische Errichtung von Wildbachverbauungen in Österreich seit 1884 hat viele Einzugsgebiete und damit auch Bachläufe in ihrem natürlichen, vom Menschen relativ unbeeinflussten Charakter verändert. Richtlinien der EU, Bundes- und Landesgesetze und die Entwicklung von Technischen Normen und Standards geben heute einen strikten Rahmen für die Weiterentwicklung der Schutzsysteme an Wildbächen vor.

Die daraus entstehenden, oftmals divergierenden öffentlichen Interessen, müssen im wasserrechtlichen Genehmigungsverfahren von der Behörde auf der Grundlage von Gutachten gegeneinander abgewogen werden.

Die Sachverständigen für Naturschutz, Gewässerökologie und Wasserbau können auf die Erkenntnisse des wildbachtechnischen Gutachtens zugreifen. Die zentralen Kapitel dieses Gutachtens sind die Formulierung des Öffentlichen Interesses zum Schutz vor Naturgefahren, die Beurteilung der projektierten Maßnahmen im Bezug zum Stand der Technik und die Erörterung des Variantenstudiums hinsichtlich der Entwicklung der Gefährdung, wenn keine Schutzbauwerke (Schlüsselbauwerke) errichtet werden.

Stichwörter:

Wasserrahmenrichtlinie, ONR 24800ff, ökologische Zustände, Verbauungsprojekte

Abstract:

Directives of the EU, federal and state law and the technical norms and standards form a strict framework for the development of protection systems in torrential catchments. This often leads to diverging public interests, which have to be carefully weighted out by the agencies in the course of water legislative approval procedures. Within this procedures exerts on nature

protection, river ecology and hydraulic engineering can consult an expert's opinion of the torrent control. The main chapter of this expert's opinion contains statements about the public interest for protection against natural hazards, the evaluation of the planned protection measures according to the state of the art and the consideration of the impacts of different variants including the hazard impacts if no protection measures are realised.

Keywords: Water Framework Directive, ONR24800 et seq., environmental conditions, construction project

Einführung

Die systematische Errichtung von Wildbachverbauungen in Österreich seit 1884 hat viele Einzugsgebiete und damit auch Bachläufe in ihrem natürlichen, vom Menschen relativ unbeeinflussten Charakter verändert. Mehr oder weniger systematische Verbauungen zum Schutz vor „Wildbachgefahren“ wurden nicht nur an den Unterläufen sondern auch in den Grabenausgängen und Mittelläufen errichtet. Inzwischen wird an vielen Wildbächen die vierte bis fünfte Generation von Verbauungs- und Schutzsysteme geplant und errichtet. Im Groben können unten angeführte Planungs- und Ausführungsperioden definiert werden.

- Einfache Verbauungen aus Holz und Mauerwerk in Kombination mit ingenieurbioologischen Maßnahmen in den Einzugsgebieten – im wesentlichen Konsolidierungsmaßnahmen und Renaturierung offener Erosionsflächen
- Geschiebestausperren an den Grabenausgängen und in den Mittelläufen
- Optimierung der hydraulischen Verhältnisse auf den Schwemmkegeln
- Entwicklung von Geschiebemanagementsystemen
- Anpassung der Schutzsysteme an die Vorgaben aus der ONR 24800ff

Beschreibung des Projekts Griffnerbach 2017

Das Einzugsgebiet des Griffnerbaches befindet sich im sog. Deutsch Griffner Tal, einem linken Seitental des Gurktales, im Gemeindegebiet von Deutsch Griffen, pol. Bezirk St. Veit/Glan. Auch der Griffnerbach wurde in mehreren Zyklen verbaut, wobei im Wesentlichen eine zu gering dimensionierte Gerinneverbauung im Ortskern errichtet wurde

Am Griffnerbach sind seit Mitte des 19. Jahrhunderts Hochwasserereignisse dokumentiert. Das letzte Ereignis fand im Jahr 2003 statt. Hinsichtlich der Betrachtung der Prozessdynamik ist am Hauptbach von fluvialem Abflussprozess mit wenig Geschiebe auszugehen. Weist der Oberlauf südlich der Haidnerhöhe noch ein Gefälle von bis zu 70 % auf, sind es im Mittellauf nur noch 5–15 % und im Unterlauf (Talboden) überhaupt nur noch 2–8 %, sodass auf diesen Bachabschnitten viel Geschiebe um- bzw. abgelagert wird.

Die Charakteristika der einzelnen Zubringer sind unterschiedlich und sind entweder schwach oder stark geschiebeführend; Murfähigkeit ist nicht gegeben. Die anfallenden Geschiebemengen resultieren hauptsächlich aus quartärem Hangschutt, der bei Starkregenfällen aus einzelnen Seitengraben abtransportiert werden kann.

Die 1. Revision des Gefahrenzonenplanes von Deutsch Griffen aus dem Jahr 2014 gibt für den Griffnerbach eine Geschiebefracht beim Bemessungsereignis von ca. 16.300 m³ oberhalb des

Ortsbereiches an, die sich nach Einmündung des Lammbaches auf ca. 19.000 m³ erhöht und aufgrund des sehr flachen Tallaufgerinnes bis zur Einmündung in die Gurk auf 7.700 m³ verringert.



Abb. 1:
Teil- und unverbaute
Bachabschnitte des
Griffnerbachs: oben:
Pendelnder Hügellandbach
nach § 9 K-NSG, unten:
Begradigter Hügellandbach
nach § 9 K-NSG



Fig. 1:
Natural and partially
artificial sections of the
Griffnerbach

Im Projekt definiertes Verbaunungs- bzw. Schutzziel

Das Verbaunungsziel des vorliegenden Projektes sieht den Schutz des Ortszentrums von Deutsch Griffen vor Überflutungen sowie der besiedelten Zubringer im Ortsbereich vor Überflutungen und Vermurungen vor.

Die bisherigen Verbaunungen am Griffnerbach hatten lediglich Einzelmaßnahmen, jedoch bislang kein umfassendes Verbaunungskonzept zum Inhalt.

Das Hauptproblem am Griffnerbach stellt die Hochwasserabflussmenge beim Bemessungsereignis dar, zudem ist an etlichen Zubringern mit erheblichen Geschiebe- und Wildholzmengen zu rechnen. Hinzu kommen Verkläusungsmöglichkeiten an den zahlreichen Brückenobjekten.

Das Verbaunungskonzept sieht daher die folgenden Maßnahmen mit folgender Wirkung im Bemessungs-hochwasserfall vor:

- Sanierung und Erweiterung der Ortskünette (Durchflussvergrößerung), zusätzliche Ufer- und Sohlsicherungen sowie Vergrößerung von Brücken-Durchflussprofilen vom Raffelwirt abwärts bis zum Bereich unterhalb der Landesstraßenbrücke am Ortsausgang von Deutsch Griffen, um Ausuferungen im Ortsbereich weitestgehend zu verhindern.
- Wildholz- und Geschieberückhalt am Hauptbach zur Verhinderung von Verkläusungen an den zahlreichen Brückenobjekten
- Geschiebe- und Wildholzurückhalt an allen Zubringern im Ortsbereich, was einerseits künftig Verkläusungen an Brückenobjekten verhindern und andererseits Eintrag von Wildholz und Schadgeschiebe in den Hauptbach verhindern soll
- Regulierung der Unterläufe an einigen

Zubringern und damit Schutz der dortigen Siedlungen und Infrastruktur vor Vermurung und Überflutung

Die heute über die TRL hinausgehenden, wesentlichen Rahmenbedingungen für die Ausarbeitung eines genehmigungsfähigen Projekts

ONR 24800ff

Die ONR 24800ff definiert die prinzipielle Vorgehensweise bei der Projektierung:

Die Projektierung von Schutzbauwerken der Wildbachverbaunung erfolgt in der Regel im Rahmen eines integralen Schutzkonzeptes, das sich auf das gesamte Einzugsgebiet des Wildbaches bezieht und alle erforderlichen technischen bzw. forstlich-biologischen Maßnahmen umfasst. Grundlage der Planungen ist in der Regel der Gefahrenzonenplan, aus dem ein generelles Schutzziel abgeleitet wird. Falls erforderlich, liegt der Projektierung eine geologische Detailkartierung des Einzugsgebiets und insbesondere der potentiellen Schlüsselbauwerke zugrunde.

Das bedeutet, dass sowohl die qualitative und die quantitative Definition der Wildbachprozesse und des zu erwartenden Bemessungsereignisses die Grundlage für die Definition des Schutzkonzeptes und der davon abzuleitenden Bauwerke, insbesondere der Schlüsselbauwerke ist.

Schutzbauwerke der Wildbachverbaunung sind daher infolge der hohen dynamischen und statischen Belastung im Falle des Eintretens von Bemessungsereignissen, insbesondere wenn es sich um Schlüsselbauwerke handelt, als massive Baukörper zu bemessen und auszuführen. Sie sind somit per se Eingriffe in die Natur und in das ökologische Regime der Wildbäche, auch wenn inzwischen sehr oft bereits in früheren Verbaunungsperioden errichtete Bauwerke erneuert und erweitert werden.

EU-Wasserrahmenrichtlinie

Die Wasserrahmenrichtlinie fordert zusammengefasst folgendes:

Die Wasserrahmenrichtlinie trat im Jahr 2000 in Kraft. Sie legt die Umweltziele für alle europäischen Oberflächengewässer und das Grundwasser fest. Ziele der Richtlinie sind der Schutz der Gewässer, die Vermeidung einer Verschlechterung sowie der Schutz und die Verbesserung des Zustands der direkt von den Gewässern abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt.

Bis zum Jahr 2015 müssen die Umweltziele der WRRL erreicht sein:

- Ein „guter ökologischer Zustand“ und ein guter chemischer Zustand für die natürlichen Oberflächengewässer (Art. 4.1 WRRL),
- ein gutes ökologisches Potenzial und guter chemischer Zustand für künstliche und natürliche, aber erheblich veränderte Gewässer (Art. 4.1 WRRL) sowie
- ein guter chemischer und mengenmäßiger Zustand des Grundwassers (Art. 4.1 WRRL).

Der gute Zustand ist definiert als ein Zustand, der von einem „sehr guten“ (d.h. weitgehend anthropogen unbeeinflussten) Zustand nur geringfügig abweicht.

Der „gute ökologische Zustand“ der Oberflächengewässer ist in erster Linie auf die Vielfaltigkeit vorhandener Pflanzen- und Tierarten ausgerichtet. Die Bewertung des ökologischen Zustandes erfolgt innerhalb eines fünfstufigen Klassifizierungsschemas, wobei Klasse I (sehr guter ökologischer Zustand) den gewässertypspezifischen Referenzzustand darstellt, Klasse II (guter ökologischer Zustand) die zumindest zu erreichende Qualitätsvorgabe.

Der Schwerpunkt bei der Bewertung des ökologischen Zustands der Gewässer liegt auf der Untersuchung der aquatischen Lebensgemeinschaften; bei Flüssen sind beispielsweise Phytobenthos, Makrophyten, Phytoplankton, Makrozoobenthos und Fische zu untersuchen. Die Bewertung erfolgt auf Grundlage des Vergleiches des Status quo mit einem gewässertypspezifischen Referenzzustand, der dem weitgehend natürlichen Gewässerzustand mit höchstens geringfügigen Beeinträchtigungen entspricht.

Gemäß dem „guten mengenmäßigen Zustand“ des Grundwassers dürfen Wasserentnahmen die Grundwasserneubildungsrate nicht überschreiten.

Der „gute chemische Zustand“ des Grundwassers ist gegeben, wenn die Schadstoffkonzentrationen die geltenden Qualitätsnormen nicht überschreiten und die anthropogene stoffliche Belastung nicht zur signifikanten Schädigung von Oberflächengewässern oder Feuchtgebieten führt.

Ergänzend kennen auch die Naturschutzgesetze der Bundesländer zahlreiche Bestimmungen, welche bauliche Eingriffe in der Natur und im speziellen in Gewässern und Feuchtgebieten reglementieren.

Genehmigungsvoraussetzungen lt. WRG i.d.G.F für Wildbachprojekte

Damit die Wasserrechtsbehörde einen positiven Bescheid für ein Projekt erlassen kann, ist die Prüfung des Vorhabens nach den §§ 104 und 104a WRG erforderlich.

Zu prüfen ist (Leg. cit.)

- a) ob und inwieweit durch das Vorhaben öffentliche Interessen (§ 105) berührt werden;
- b) ob die Anlagen dem Stand der Technik entsprechen;

- c) welche Maßnahmen zum Schutz der Gewässer, des Bodens und der Tier- und Pflanzenbestandes vorgesehen oder voraussichtlich erforderlich sind;
 - d) ob und inwieweit von dem Vorhaben Vorteile im allgemeinen Interesse zu erwarten sind;
 - e) ob sich ein allfälliger Widerspruch mit öffentlichen Interessen durch Auflagen (§ 105) oder Änderungen des Vorhabens beheben ließe;
 - f) ob und inwieweit geplante Wasserversorgungsanlagen für den angestrebten Zweck geeignet sind und welche Schutzmaßnahmen (§ 34) voraussichtlich erforderlich sind;
 - g) ob und inwieweit für eine einwandfreie Beseitigung anfallender Abwässer Vorsorge getroffen ist;
 - h) ob das Vorhaben mit einer wasserwirtschaftlichen Rahmenverfügung (§ 54), mit einem anerkannten wasserwirtschaftlichen Rahmenplan (§ 53), mit einer Schutz- oder Schongebietsbestimmung (§§ 34, 35 und 37), mit einem Sanierungsprogramm (§ 33d) oder sonstigen wichtigen wasserwirtschaftlichen Planungen in Widerspruch steht;
 - i) ob das Vorhaben zwischenstaatlichen Vereinbarungen widerspricht.
- (2) Der Untersuchung sind das wasserwirtschaftliche Planungsorgan, die sachlich in Betracht kommenden Sachverständigen und Stellen nach § 108 sowie die vom Vorhaben berührten Gemeinden beizuziehen. Von der Befassung der in § 108 genannten Stellen sowie der Gemeinden kann abgesehen werden, wenn es sich um ein Vorhaben von minderer Bedeutung handelt oder das

wasserwirtschaftliche Planungsorgan keine gewichtigen Bedenken geäußert hat oder die Beurteilung durch Sachverständige ausreichend erscheint.

104a. (1) Vorhaben, bei denen

1. durch Änderungen der hydromorphologischen Eigenschaften eines Oberflächenwasserkörpers oder durch Änderungen des Wasserspiegels von Grundwasserkörpern
 - a) mit dem Nichterreichen eines guten Grundwasserzustandes eines guten ökologischen Zustandes oder gegebenenfalls eines guten ökologischen Potentials oder
 - b) mit einer Verschlechterung des Zustandes eines Oberflächenwasser- oder Grundwasserkörpers zu rechnen ist, sind jedenfalls Vorhaben, bei denen Auswirkungen auf öffentliche Rücksichten zu erwarten sind (§§ 104 Abs. 1, 106).

(2) Eine Bewilligung für Vorhaben, die einer Bewilligung oder Genehmigung auf Grund oder in Mitwirkung wasserrechtlicher Bestimmungen bedürfen, kann nur erteilt werden, wenn die Prüfung öffentlicher Interessen (§§ 104, 105) ergeben hat, dass

1. alle praktikablen Vorkehrungen getroffen wurden, um die negativen Auswirkungen auf den Zustand des Oberflächenwasser- oder Grundwasserkörpers zu mindern und
2. die Gründe für die Änderungen von übergeordnetem öffentlichem Interesse sind und/oder, dass der Nutzen, den die Verwirklichung der in

§§ 30a, c und d genannten Ziele für die Umwelt und die Gesellschaft hat, durch den Nutzen der neuen Änderungen für die menschliche Gesundheit, die Erhaltung der Sicherheit der Menschen oder die nachhaltige Entwicklung übertroffen wird und

3. die nutzbringenden Ziele, denen diese Änderungen des Oberflächenwasser- oder Grundwasserkörpers dienen sollen, aus Gründen der technischen Durchführbarkeit oder auf Grund unverhältnismäßiger Kosten nicht durch andere Mittel, die eine wesentlich bessere Umweltoption darstellen, erreicht werden können.

(3) Im Rahmen der Überprüfung der öffentlichen Interessen ist das wasserwirtschaftliche Planungsorgan im Rahmen seiner Parteistellung nachweislich beizuziehen. Rechtskräftige Bescheide, mit denen ein Abweichen vom Verschlechterungsverbot zugestanden wird, sind dem wasserwirtschaftlichen Planungsorgan zuzustellen. Gegen Bescheide, die einer unter Bedachtnahme auf Abs. 2 abgegebenen begründeten negativen Stellungnahme des wasserwirtschaftlichen Planungsorgans widersprechen, kann das wasserwirtschaftliche Planungsorgan binnen drei Monaten, nachdem es nachweislich vom Bescheid Kenntnis erlangt hat, Beschwerde an den Verwaltungsgerichtshof erheben. Dies gilt auch, wenn das wasserwirtschaftliche Planungsorgan dem Verfahren nicht nachweislich beigezogen worden ist. Über Verlangen ist dem Bewilligungsinhaber bereits vor Ablauf der dreimona-

tigen Frist vom wasserwirtschaftlichen Planungsorgan mitzuteilen, ob Gründe für die Erhebung einer Beschwerde an den Verwaltungsgerichtshof vorliegen.

(4) Die Gründe für ein Abweichen vom Verschlechterungsverbot sind im Nationalen Gewässerbewirtschaftungsplan (§ 55c) im Einzelnen darzulegen und die Ziele alle sechs Jahre zu überprüfen (§§ 133 Abs. 6, 135).

Aufbau eines wildbachtechnischen Sachverständigenutachtens im Wasserrechtsverfahren

In Kärnten werden inzwischen üblicherweise wildbachtechnische Sachverständige für die Beurteilung von Verbaunungsprojekten nach den §§ 104 und 104a WRG von der Behörde beigezogen. Der wildbachtechnische Sachverständige wird von der Sektion gestellt. Bei der Erstellung des diesbezüglichen Gutachtens werden folgende Sachverhalte ausgeführt

Beschreibung des Einzugsgebietes

Beschrieben werden die wildbachtechnischen Parameter, welche die Grundlage für die Ableitung und die Definition des Bemessungsereignisses relevant sind. Zudem wird angeführt

- Der Stand der Gefahrenzonenplanung
- Die Bekundung des öffentlichen Interesses an der Ausführung der Schutzmaßnahmen durch
 - die Anführung des Verbaunungsantrags der Gemeinde
 - die durchgeführte positive Nutzen-Kostenuntersuchung
 - und die Förderungswürdigkeit der Maßnahmen gemäß § 9 WBFG

Im Projekt definiertes Verbaunungs- bzw. Schutzziel

Beschrieben werden das Schutzziel, die bisherigen Maßnahmen und deren Wirkung bzw. Begründung, warum die bisherige Verbaunung dem aktuell definierten Schutzziel nicht entspricht und die geplanten Maßnahmen im Generellen.

Geplante Schutzbauwerke und deren Wirkung im Einzelnen

Beschrieben werden sämtliche im Projekt enthaltenen Bauwerke gemäß Definition und Kategorisierung lt. ONR 24800ff

- Funktion
- Bauwerkskategorie
- Schadensfolgekategorie
- Hydraulische Bemessung
- Baugrundverhältnisse und geotechnische Kategorie
- Baugrund
- Einwirkung

Berücksichtigung des Standes der Technik und der gültigen Normen bei der Projektierung

Die Maßnahmen wurden gemäß den Technischen Richtlinien der WLW gemäß § 3 Absatz 1, Z 1 in der Fassung vom März 2015 und den ONR 24801, Schutzbauwerke der WLW – statische und dynamische Einwirkungen sowie 24802, Schutzbauwerke der WLW – Projektierung, Bemessung und konstruktive Durchbildung geplant. Im Projekt dargelegt sind für die einzelnen Maßnahmen deren Funktion, Wirkungsweise, die Kategorisierung der Bauwerke, die Einwirkungskombinationen, gegebenenfalls die Schadensfolgeklassen und die Bemessungssituation.

Bei der Festlegung der zur Bemessung der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Bau-

werke heranzuziehenden Werte wurden die Vorgaben gemäß 4.4 der TRL der WLW beachtet. Für einen geschlossenen Siedlungsraum, wie er im Ortsbereich von Deutsch-Griffen vorliegt, ist demnach das HQ100 als Bemessungsereignis heranzuziehen und wurde dieses auch als Grundlage für die hydraulische Dimensionierung des Unterlaufgerinnes gewählt.

Wie in der Niederschrift vom xx.yy.zzzz zur Projektüberprüfung durch das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus festgehalten wurde, ist nach der Fertigstellung der Maßnahmen deren regelmäßige Überwachung (Inspektion) und Erhaltung (Instandhaltung, Instandsetzung) entsprechend der einschlägigen ÖNorm-Regel ONR 24803 und den Auflagen des Wasserrechtsbescheides sicher zu stellen und von der Gemeinde „Muster“ durchzuführen.

Variantenstudium

Beschrieben wird auf jeden Fall auch die sogenannte Nullvariante, wobei darauf eingegangen wird, wie sich die Gefährdung durch den Verzicht der Maßnahmen verändern würde. Darüber hinaus wird auch beschrieben, wie der Verzicht der Schlüsselbauwerke das Schutzniveau verändern würde

Wertung der im Projekt geplanten Schutzmaßnahmen

Die Bauwerke sind so geplant und dimensioniert, dass sie im Falle des Eintretens eines Bemessungsereignisses hinsichtlich des Schutzzieles des ggst. Projektes die ihnen zugedachte Wirkung zeigen, den unterstellten Prozessen Stand halten und eine dauernde Verbesserung der Gefährdungssituation im Ortsbereich von „Musterortschaft“ bewirken werden.

Fallbeispiel Griffnerbach „Öffentliche Interessensabwägung“

Im Zuge des wasserrechtlichen Vorprüfungs- bzw. Genehmigungsverfahrens wurde das Verbaunungsprojekt für den Griffnerbach von den beauftragten Sachverständigen (gewässerökologischer ASV, naturschutzfachlicher ASV wasserbautechnischer ASV, etc.) der zuständigen Fachdienststellen zu begutachten.

Schon im Vorprüfungsverfahren wurde festgestellt, dass zwar ein Großteil der geplanten Maßnahmen bewilligungsfähig sind, jedoch auch Maßnahmen geplant sind die im Widerspruch zu der Wasserrahmenrichtlinie stehen.

Zitat Bescheid (SV5-HQ-228/2018 (025/2018))

„Zusammenfassend kann demnach den geplanten Maßnahmen von hm 41,80 bis hm 51,03 aus gewässerökologischer Sicht, aufgrund diverser zusätzlicher struktureller Verbesserungsmaßnahmen, bzw. aufgrund der Tatsache, dass es zu keiner Verschlechterung des betroffenen Wasserkörpers kommt, bei Einhaltung nachfolgender Auflagenpunkte zugestimmt werden. Bei Einhaltung der nachfolgenden Auflagenpunkte ist von keiner negativen Beeinträchtigung des ökologischen Zustandes der betroffenen Wasserkörper bzw. bachabwärts gelegener Gewässerstrecken auszugehen.“

Für die Schlüsselbauwerke des Verbaunungsprojektes am Beginn der Verbaunungsstrecke wurde aufgrund des Verschlechterungsverbot der EU-Wasserrahmenrichtlinie ein negatives Gutachten erstellt.

Zitat Bescheid (SV5-HQ-228/2018 (025/2018))

„Bezüglich der geplanten Verbaunungsmaßnahmen zwischen hm 56,30 und hm 58,59 wird aus fachlicher Sicht mitgeteilt, dass der durch diese Maßnahmen betroffene Wasserkörper des Griff-

nerbaches laut NGP 2015 derzeit mit dem guten ökologischen Gesamtzustand eingestuft wird, jedoch der obere Abschnitt des Wasserkörpers, zwischen Flusskilometer 5,5 und 6,0, dem sehr guten hydromorphologischen Zustand zuzuordnen ist. Durch die geplanten Maßnahmen ist in einem derzeit unverbauten bzw. nur geringfügig verbauten Abschnitt des Griffnerbaches, im Bereich von hm 56,30 und hm 58,59, aufgrund von diversen Verbaunungsmaßnahmen, mit einer Verschlechterung der morphologischen Gegebenheiten bzw. der Qualitätskomponente Morphologie zu rechnen. Demnach würde sich bei Realisierung der Baumaßnahmen der gesamte hydromorphologische Zustand des oberen Abschnittes des Wasserkörpers (Nr.: 903430013), zwischen Flusskilometer 5,5 und 6,0, von derzeit sehr gut auf zumindest gut verschlechtern.

Aufgrund der Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie ist eine Verschlechterung eines Oberflächenwasserkörpers bzw. einer Verschlechterung eines Qualitätselementes der Qualitätszielverordnung – Ökologie Oberflächengewässer (Weser Urteil – EuGH 01.07.2015, C-461/13) nicht zulässig. **Aufgrund des Verschlechterungsverbot der EU- Wasserrahmenrichtlinie kann demnach den Verbaunungsmaßnahmen von hm 51,03 bis hm 58,59 nicht zugestimmt werden.**“

Sollte es in Abwägung des öffentlichen Interesses trotzdem zu einer Umsetzung der geplanten Baumaßnahmen in diesem Bereich (von hm 51,03 bis hm 58,59) kommen (**Ausnahme vom Verschlechterungsverbot**), so werden aus fachlicher Sicht zusätzlich zu den allgemein gültigen Auflagenpunkten XY nachfolgende Auflagenpunkte vorgeschlagen um die Auswirkungen auf die betroffene Gewässerstrecke so gering wie möglich zu halten, bzw. um ein Beibehalten des zumindest guten ökologischen Gesamtzustandes sicherzustellen:“

Als Grundlagen für den naturschutzrechtlichen ASV wurde neben dem Verbaunungsprojekt ein Fachgutachten „Vegetation“ erarbeitet und beigelegt.

Zitat Bescheid (SV5-HQ-228/2018 (025/2018))

„Für die naturschutzfachliche Bewertung gegenständlichen Vorhabens ist vor allem der Flussabschnitt zwischen hm 50 und hm 54 von Relevanz.

Gemäß beigelegtem Fachgutachten Vegetation sind im Abschnitt zwischen hm 50 und hm 54 Feuchtfächen im Sinne des § 8 KNSG 2002 im Ausmaß von 1.627 m² betroffen.

Gemäß § 12 KNSG 2002 ist für den Verlust von Feuchtfächen die Schaffung eines entsprechenden Ersatzlebensraumes vorzuschreiben. Im Zuge der Wasserrechtsverhandlung wurde festgelegt, dass entsprechende Ersatzlebensräume im Bereich der Grundstücke-Nr.: XY, alle KG XY, errichtet werden.

Der wasserbautechnische ASV kam nach Vorlage des „wildbachtechnischen Sachverständigen Gutachtens“ (In Kärnten erstellt durch einen Vertreter der Sektion) zum Schluss, dass ohne die Errichtung der Schlüsselbauwerke das Verbaunungsziel nicht erreicht werden kann.

Zitat Bescheid (SV5-HQ-228/2018 (025/2018))

Im Zuge der heutigen Wasserrechtsverhandlung wurde durch den ASV für Gewässerökologie ausgeführt, dass es im Gewässerabschnitt zwischen fkm 5,5 und 6,0 zu einer Verschlechterung des sehr guten morphologischen Zustandes kommt. Deswegen kann auch gewässerökologischer Sicht den Baumaßnahmen zwischen hm 51,03 und 51,89 nicht zugestimmt werden. Aus wasserbautechnischer Sicht wäre bei Wegfall der geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen die Funktionsfähigkeit aller restlichen Hochwasserschutzmaßnahmen am Griffnerbach nicht gegeben. In diesem Bereich käme es sonst zu linksufrigen Aus-

uferungen des Hochwassers, die in weiterer Folge im linken Vorland die Ortschaft fluten.

Aus wasserbautechnischer Sicht ist eine Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahmen in diesem Bereich für die Funktionsfähigkeit aller Hochwasserschutzmaßnahmen unbedingt erforderlich.“

Seitens der Behörde wurde im gegenständlichen Fallbeispiel wie folgt erwogen:

Zitat Bescheid (SV5-HQ-228/2018 (025/2018))

„Seitens der Behörde wird hierzu ausgeführt, dass der Schutz von Leben und Gesundheit von Menschen jedenfalls ein übergeordnetes öffentliches Interesse gegenüber der Verschlechterung des sehr guten hydromorphologischen Zustandes des Griffnerbaches darstellt. Durch die Formulierung von entsprechenden Auflagen im Spruch dieses Bescheides ist gewährleistet, dass der Eingriff in den gegenständlichen Oberflächenwasserkörper so gering wie möglich erfolgt.

Auf Grund der Tatsache, dass durch das betroffene Projekt auch ökologisch sensible Abschnitte des Griffnerbaches betroffen sind und zudem aus hydromorphologischer Sicht Verschlechterungen zu erwarten sind, wurde vom gewässerökologischen Amtssachverständigen eine ökologische Begleitplanung eingefordert. Diese Abwägung ist auch in Bezug auf § 30a Wasserrechtsgesetz 1959 – WRG 1959 mit dem selben Ergebnis zu führen, als zwar der Zustand im betreffenden Bereich des Griffnerbaches verschlechtert wird, dies jedoch um die Bevölkerung von Deutsch-Griffen vor schadbringenden Hochwasserereignissen zu schützen. Der Schutz von Leben und Gesundheit von Menschen im Hochwasserfall ist nach Ansicht der Behörde jedenfalls ein höherrangiges Ziel als die Bewahrung eines bis dato unberührten Abschnittes eines Oberflächen-gewässerabschnittes.

Dieses nutzbringende Ziel, nämlich der

Schutz der Bevölkerung von Deutsch-Griffen, kann nicht auch durch andere Mittel, die eine wesentlich bessere Umweltoption darstellen würden, erreicht werden. Wie aus dem Projekt ersichtlich ist, gingen dem Bewilligungsantrag umfangreiche Vorarbeiten voraus die ergeben haben, dass das gegenständliche Vorhaben sowohl aus wirtschaftlicher als auch ökologischer Sicht die optimale Variante für die Herstellung eines Hochwasserschutzes für Deutsch-Griffen darstellt.

Resümee

Da Wildbachprojekte in der Umsetzung eigentlich immer auch einen Eingriff in die Natur bedeuten, kommt der Abwägung der verschiedenen öffentlichen Interessen bei der Entscheidung der Wasserrechtsbehörde eine besondere Bedeutung zu.

Lange Zeit war es in Kärnten üblich, dass der wasserbautechnische Sachverständige auch die wildbachtechnischen Belange als Sachverständiger im Wasserrechtsverfahren für Wildbachprojekte abgedeckt hat. Im Spannungsfeld der genannten gesetzlichen Regelungen und Entwicklung des Normenwesens, sahen sich die wasserbautechnischen Sachverständigen nicht mehr in der Lage diese Aufgabe ohne ein Gutachten eines wildbachtechnischen Sachverständigen wahrzunehmen. Daher wurde seitens der Behörde der Wunsch geäußert einen eigenen wildbachtechnischen Sachverständigen beizuziehen. Auf dessen Gutachten baut dann der wasserbautechnische Sachverständige sein Gutachten auf.

Bei der wildbachtechnischen Beurteilung der Projekte ist gemäß §§ 104 und 104a die Beschreibung der für einen effizienten Schutz unbedingt technisch erforderlichen Bauwerke und des öffentlichen Interesses von entscheidender Bedeutung.

Aus Sicht des Forsttechnischen Diens-

tes, Sektion Kärnten erscheint der seit 2015 im Wasserrechtsverfahren eingeschlagene und hier beschriebene Weg, für die Behörde und die beteiligten Sachverständigen als zielführend.

Für die Behörde ist mit den einzelnen Sachverständigengutachten (Naturschutz, Ökologie, Wasserbau), die ihrerseits auf die Erkenntnisse des „Sachverständigengutachtens des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung“ zugreifen können, der Weg für eine objektive und nachvollziehbare Interessensabwägung bereitet.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Christof Seymann
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Kärnten
Meister Friedrich Str. 2
9500 Villach
christof.seymann@die-wildbach.at

DI Michael Botthof
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Kärnten Nordost
Meister Friedrich Str. 2
9500 Villach
michael.botthof@die-wildbach.at

Literatur / References:

AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE (Hrsg.) (2014):
Normensammlung Schutz vor Naturgefahren
Wasserrechtsbescheid der BH ST. Veit vom 10.9.2018

Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 1959),
BGBl Nr 215/1959 idF BGBl I Nr 58/2017.

i.n.n. | naturraum - management
ingenieurgesellschaft
geoinformatik
geotechnik
risk-management recht

i.n.n.
ingenieurgesellschaft für
naturraum - management mbH & Co KG
tel (fax): 0043-512-342725 (11)
mail: office@inn.co.at
grabenweg 3a
A-6020 innsbruck

Unsere Leistungen im Naturgefahren-Management:
Regional- und Gefahrenzonenplanung Schutzkonzepte Gutachten
Einreichplanung Ausschreibungen Umsetzungsbegleitung /-kontrolle

Weitere Bereiche: Umwelttechnik und Sportstättenplanung

MATTHIAS PICHLER, REINHARD RIBITSCH

Einsatz von Trübungsmessgeräten

Usage of devices to measure the turbidity

Zusammenfassung:

Die Messung der Trübe als Hilfsmittel der ökologischen Baubegleitung/Bauaufsicht befindet sich noch in der Anfangsphase. Vergleichs- und Erfahrungswerte sind in Österreich noch nicht ausreichend vorhanden. Deshalb müssen in Zukunft noch mehr Messwerte und Erfahrungen im Bereich von Baustellen der WLW gesammelt werden. Grundsätzlich ist die Trübungsmessung ein nützliches Instrument, um rasch Missstände im Bereich von Baustellen festzustellen und zu dokumentieren. Ebenfalls kann die oft mit negativen Auswirkungen verbundene Trübung des Gewässers anschaulich aufgezeigt und in weiterer Folge ein größeres Verständnis dafür geschaffen werden, um in Zukunft einen noch sorgfältigeren Umgang im Bereich der sensiblen Bachökosysteme zu gewährleisten. Für die Messung der Trübe stehen verschiedene Methoden und Messtechniken zur Verfügung. Bei der WLW Steiermark wird ein Gerät für die indirekte Erfassung der Schwebstoffkonzentration im Gewässer verwendet, nachdem seine Zweckmäßigkeit vom Fachbereich Ökologie getestet wurde.

Stichwörter: Trübungsmessung, Solitax SC, Modell Newcombe, Schädigungsindex

Abstract:

The measurement of turbidity to support ecological construction monitoring is currently in its initial phase. Experiences and empirical values are rarely available in Austria. Therefore, more data and experiences have to be collected for construction sites of the Austrian Service for Torrent and Avalanche Control. Turbidity measurements can be a useful mean to quickly detect and document problems at constructions sites. It also clearly shows the turbidity of waterbodies, which is often connected to negative effects. This can support a better understanding for the issue and helps to secure a careful handling of the sensitive ecosystem. There are several methods to measure turbidity. In Styria a device for indirect measurement of the suspended load concentration is used. The usability of this device was tested by the Expert Team Ecology.

Keywords: Turbidity measurement, Solitax SC, Model Newcombe, damage Index

Trübung

Die Trübung einer Flüssigkeit ist die verringerte Lichtdurchlässigkeit dieser. Sie wird in Gewässern meist durch kleine Partikel hervorgerufen, welche eine wesentliche Absorption des Lichtes oder einen abweichenden Brechungsindex verursachen (LD Handblätter Biologie, 2016). Durch diese ungelösten Stoffe kann die Flüssigkeit milchig oder trübe erscheinen (Schmutz, 2003). Erhöhte Trübung kann sich wesentlich negativ auf das gesamte Ökosystem des Gewässers auswirken.

Warum Trübungsmessung?

Durch erhöhte Trübung und Schwebstoffanteile im Gewässer, kann es zur Bachsohlenversiegelung und schädlichen Belastungen für aquatische Lebewesen kommen. Um solche Gefahren aufzuzeigen, können bzw. sollen in gefährdeten Gewässern im unmittelbaren Baustellenbereich regelmäßig Trübungsmessungen durchgeführt werden (Bautypenkatalog – Ökologie, 2013).

Mit einer Trübungsmessung vor Ort kann auch rasch und anschaulich ein erhöhter Trübungswert festgestellt und dokumentiert werden.

Messungen können an neuralgischen Punkten wie zum Beispiel vor und nach der Wasserhaltung einer Baustelle durchgeführt werden. Damit kann deren Wirksamkeit rasch im Feld überprüft werden.

Auswirkungen von erhöhter Trübung auf das Gewässer und aquatischen Organismen

Auswirkungen auf das Gewässer

Wenn Baumaßnahmen an Bächen durchgeführt werden, dann kann es oft zur Trübung des Gewässers kommen. Vor allem bei Erdarbeiten

am Baufeld ist eine Beeinflussung des Gewässers hinsichtlich des Trübegrades nicht zu vermeiden. Es kann auch zum Eintrag von Schadstoffen wie zum Beispiel Zementmilch oder Beton in das Wasser kommen. Durch solche anthropogen verursachten Einträge sind erheblichen Trübungen im Gewässer und später die Kolmatierung des Kieslückensystems der Gewässersohle zu erwarten. Durch die Reduktion der Durchlässigkeit in der Filterschicht wird dieser wichtige Lebensraum nachhaltig negativ beeinflusst. Es kommt zu einer qualitativen Verschlechterung des Gewässerkörpers. Ebenfalls wird die Selbstreinigungskraft vermindert. Der Eintrag von Feststoffen in ein Fließgewässer und die damit verbundene Trübung wirkt sich ebenfalls negativ auf die Licht- und Temperaturverhältnisse im Gewässer aus. Somit wird auch der Sauerstoffgehalt wesentlich beeinflusst (Bautypenkatalog – Ökologie, 2013).

Auswirkungen auf aquatische Organismen

Die Auswirkungen auf aquatische Organismen sind abhängig von der Intensität des Eintrags und den örtlichen Gegebenheiten des Gewässers, wie zum Beispiel die Größe des Gerinnes bzw. die Menge des Abflusses. Trübungen im Gewässer wirken sich negativ auf kiemenatmende Tiere und Insektenlarven aus (Bautypenkatalog – Ökologie, 2013).

Natürlich und anthropogen verursachte Schwebstoffkonzentrationen

Im Wesentlichen sind Trübungen, die beispielsweise durch Grabungen verursacht werden und Trübungen, die durch ein Hochwasserereignis hervorgerufen werden, zu unterscheiden. Trübungen bei Hochwasser haben meist nicht die Auswirkungen auf das Interstitial wie künstlich hervorgerufene Verunreinigungen, da im Falle eines

Hochwassers ein wesentlich höherer Abfluss vorhanden ist. Höhere Abflussmengen bedeuten höhere Fließgeschwindigkeiten und somit auch höhere Schleppkräfte. Ebenfalls sorgt die wesentlich höhere Wassermenge für eine bessere Verdünnung und somit eine geringere Auswirkung auf das Kieslückensystem der Gewässersohle (Bautypenkatalog – Ökologie, 2013).

Die Auswirkungen auf den Fischbestand hängen einerseits von der Konzentration als auch von der Dauer der Trübung, der die aquatischen Lebewesen ausgesetzt sind, ab. Im Wesentlichen ist eine kurzzeitige starke Trübung mit einer langfristig andauernden schwachen Trübung gleichzusetzen (Schmutz, 2003).

Messmethode/Messtechnik

SCHMUTZ, 2003 beschreibt die Trübung als Verringerung der Durchsichtigkeit einer Flüssigkeit, verursacht durch die Gegenwart ungelöster Substanzen (DIN EN 27027). Mit dem Trübungswert wird das qualitative Phänomen der Trübung quantitativ erfasst.

Die Trübungsmessung kann durch zwei grundsätzlich verschiedenen Messmethoden durchgeführt werden: Einerseits kann der Lichtverlust des transmittierten Strahles in der Flüssigkeit gemessen werden. Dabei wird der Streukoeffizient gemessen, welcher der Gesamtheit des Streulichtes entspricht, das dem einfallenden Strahl entzogen wird. Andererseits kann die Trübung anhand der Intensität des seitlichen Streulichtes gemessen werden. Hier wird die Menge des unter einem bestimmten Winkel abgelenkten Streulichtes gemessen. Sowohl der Streukoeffizient als auch die Streuintensität verhalten sich proportional zur Konzentration der Partikel und sind somit für die Trübungsmessung geeignet (Schmutz, 2003).

Eine nephelometrische Messung (Messung der Streuintensität) deckt eine wesentlich

höhere Bandbreite ab als eine Transmissionsmessung und ist daher im Bereich der WLV wesentlich sinnvoller einzusetzen. Demgegenüber würde die Messung der Verminderung des Durchlichtes eine sehr hohe Konzentration an Partikeln und somit eine starke Trübung in der Flüssigkeit voraussetzen und ist daher mit der Erfassung der Messwerte nach unten hin beschränkt (Schmutz, 2003). Deshalb wird in weiterer Folge näher auf die nephelometrische Messung der Trübe eingegangen:

Bei nephelometrischen Messungen wird das Streulicht im 90° Winkel zur Lichtquelle mit einer Photozelle gemessen und dabei wird ein Messwert mit der Einheit NTU (Nephelometric Turbidity Units) aufgezeichnet. Bei dieser Messtechnik, ist ein Messbereich von ca. 10 bis 2000 NTU möglich (Schmutz, 2003).

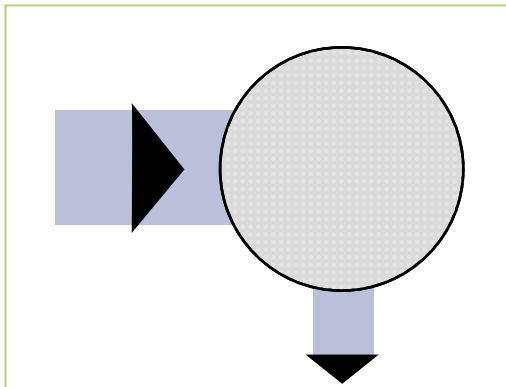


Abb. 1: Messung der Intensität des seitlichen Streulichtes

Fig. 1: Measurement of the intensity of the lateral scattered light

Typische Messwerte für die Trübung in der Einheit NTU:

Entionisiertes Wasser	0,02
Trinkwasser	0,02...0,5
Quellwasser	0,05...10
Abwasser (ungeklärt)	70...2000

Es gibt verschiedene Methoden, um die Trübe im Gewässer messen zu können. Sie liefern Werte in unterschiedlichen Einheiten, die nicht direkt miteinander vergleichbar sind. Bei Interpretationen der Trübeintensität und Vergleiche der Messwerte ist auch immer die Messmethode zu berücksichtigen (Schmutz, 2003).

Grundsätzlich können direkte und indirekte Methoden unterschieden werden. Für eine schnelle punktuelle Messung kommt bei der WLV Stmk das Gerät SOLITAX sc zum Einsatz, mit dem eine indirekte Erfassung der Schwebstoffkonzentration durchgeführt wird.

SOLITAX sc

Messverfahren	Infrarot-Duo-Streulichtverfahren für die farbumabhängige Trübungsmessung Trübung nach DIN EN 27027/TS äquivalent DIN 38414
Messbereich	Trübung: 0.0001...4000 FNU
Strömungsgeschwindigkeit	Max. 3 m/s (entstehende Luftblasen beeinflussen die Messung)
Messgenauigkeit	Trübung bis 1000 FNU/NTU; Ohne Kalibrierung < 5 % vom Messwert ± 0.01 FNU/NTU Mit Kalibrierung < 1 % vom Messwert ± 0.01 FNU/NTU
Messeinheit	TRB (FNU, EBC, TE/F, NTU, NTU)

Tab. 1: Übersicht SOLITAX SC (Hach, 2017)

Tab. 1: Overview SOLITAX SC (Hach, 2017)

Beim Gerät SOLITAX sc muss sich der Sensor komplett im Gewässer befinden (Abbildung 2). Es ist auf die Strömungsgeschwindigkeit zu achten. Eine Fließgeschwindigkeit von 3 m/s darf nicht überschritten werden (Tabelle 1). Ist eine zu starke Strömung vorhanden, dann kann der Sensor in einem PVC-Rohr geführt werden, mit dem ein strömungsberuhigter Bereich geschaffen wird. Das Rohr muss vorsichtig in das Gewässer eingeführt werden, um keine künstlich Trübung zu erzeugen. Der Sensor muss sich so lange im Wasser befinden, bis ein konstanter Messwert angezeigt wird. Anschließend kann dieser notiert werden und der Sensorkopf aus dem Wasser entfernt werden. Die Messeinheit wird in Strömungsrichtung positioniert. Ein Halten des Sensors ist nicht zu empfehlen, da es einigen Minuten dauern kann, bis sich ein konstanter Messwert einstellt. Ebenfalls kann der Sensor auf Grund seines Gewichtes nicht stabil im Wasser gehalten werden und somit würde es zur Beeinträchtigung der Messung kommen. Für Langzeitmessungen könnte die Messeinheit auch mit einer fixen Sensor-Halterung im Gewässer installiert werden (Abbildung 3). Dies ist aber in den meisten Wildbächen auf Grund des stark schwankenden Wasserspiegels und der geringen Abflusstiefe weder möglich noch sinnvoll.



Abb. 2: Messung der Intensität des seitlichen Streulichtes

Fig. 2: Measurement of the intensity of the lateral scattered light

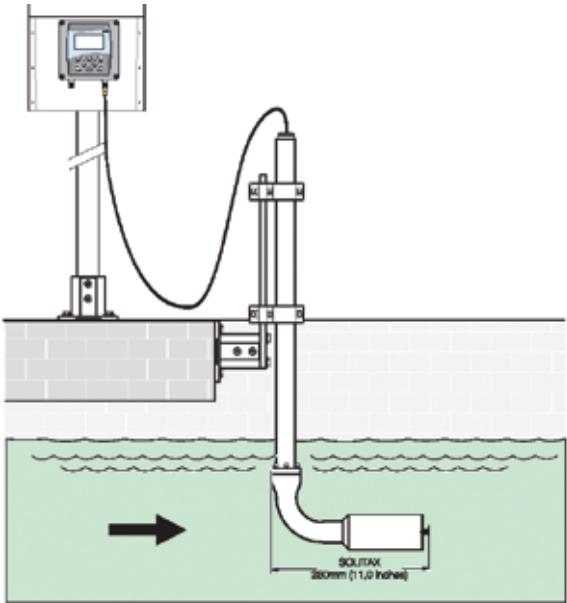


Abb. 3: Installation für Langzeitmessung (Hach, 2017).

Fig. 3: Installation for long-term measurement (Hach, 2017).

Auswertung und Ergebnisse der Trübungmessung

Schädigungsmodell nach Newcombe (2003)

Newcombe (2003) entwickelte ein Modell für die schnelle Abschätzung der Schwebstoffbelastung für Fische im Feld. Es ermöglicht eine direkte Einschätzung, mit vor Ort gemessenen Trübungswerten. In diesem Modell sollten die alleinige Bewertung des Einflusses der durch die Trübe bedingten Reduktion der Sichtweite und die daraus folgende Wirkung auf den einzelnen Fisch möglich sein. Beeinträchtigungen wie zum Beispiel Feinsedimentablagerungen oder Habitatveränderungen werden in diesem Modell nicht beachtet. Im Modell von Newcombe (2003) werden die Wirkungen von Feinsedimenten (Korngröße 0,0002-0,005 mm) als Funktion von reduzierter Sichtigkeit und der Expositionsdauer dargestellt (Schmutz, 2003).

Schädigungsindex nach Anderson et. al. (1996)

Um die spezifischen Auswirkungen auf Fischhabitate einschätzen zu können entwickelten Anderson et al. (1996) ein Modell, das einen Schädigungsindex der zwischen 0 und 14 liegt beinhaltet (Schmutz, 2003).

Index 3:
Messbare Änderungen in der Habitatpräferenz

Index 7:
Mäßige Habitatdegradierung – messbar durch Änderungen in der Makrozoobenthos-Lebensgemeinschaft

Index 10:
Mäßige bis schwere Habitatgradierung – definiert durch messbare Abnahme der Produktivität von Habitaten über längere Zeiträume (Monate) oder über längere Flussstrecken (km)
Index 12: schwere Habitatgradierung – messbare Änderung der Fähigkeit bestehender Habitats, von Fischen und Makrozoobenthos besiedelt zu werden

Index 14:
Katastrophenartige oder totale Zerstörung der betroffenen Habitate

Um die Messergebnisse in Zusammenhang mit der Tabelle von Newcombe (2003) und dem Modell von Anderson et al. (1996) anschaulich darzustellen folgen nun einige Beispielbilder von bisherigen Aufnahmen der ökologischen Baubegleitung/Bauaufsicht in der Steiermark:



Abb. 4: Messung unterhalb einer Wasserhaltung.

Fig. 4: Measurement below a water control.



Abb. 6: Messung im unbeeinflussten Gewässer.

Fig. 6: Measurement in an unaffected Waterbody.



Abb. 5: Sensorcontroller Firma Hach.

Fig. 5: Sensorcontroller Hach company.



Abb. 7: Sensorcontroller Firma Hach.

Fig. 7: Sensorcontroller Hach company.

Abbildung 4 und 5 zeigen eine Trübungsmessung in einem Wildbach unterhalb einer funktionierenden Wasserhaltung. Es wurde eine Trübe von 51,7 NTU gemessen. Eine Trübung des Gewässers ist optisch deutlich zu erkennen.

Abbildung 6 und 7 zeigen eine Trübungsmessung in einem Wildbach oberhalb einer Baustelle. Das Gewässer ist unbeeinflusst von den Bauarbeiten. Es wurde eine Trübe von 5,87 NTU gemessen. Eine Trübung kann mit freiem Auge nicht festgestellt werden.

Beweissicherung

Die Trübungsmessung ist ein nützliches Instrument für die Beweissicherung auf Baustellen im unmittelbaren Bereich von Fließgewässern. Durch Arbeiten im gewässernahen Bereich ist es fast unvermeidbar, dass Trübungen im Gewässer entstehen. Diese Auswirkungen auf das Gerinne sind zu vermeiden bzw. so gering wie möglich zu halten. Die Messung der Trübe in Echtzeit kann direkt vor Ort als Argumentationsgrundlage sowie zur Beweissicherung auch für später auftretende Schäden und Beeinträchtigungen im Gewässer verwendet werden. Ebenfalls können im Zuge von längeren Messreihen Schwankungen der Trübe im Gewässer dargestellt und dokumentiert werden.

Eine optische Ansprache im Feld ist durchaus möglich, erfordert aber sehr viel Erfahrung in der Abschätzung ob nun Folgeschäden für das Ökosystem auftreten oder nicht. Umso leichter ist es, eine Messung mit einem geeigneten Trübungsmessgerät durchzuführen und die Messwerte, wie in Punkt Auswertung und Ergebnisse der Trübungsmessung angeführt, zu interpretieren.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Matthias Pichler
Wildbach- und Lawinerverbauung
Gebietsbauleitung Steiermark Ost
Ziegelofenweg 24
8600 Bruck an der Mur
matthias.pichler@die-wildbach.at

DI Reinhard Ribitsch
Fachbereich Ökologie
Wildbach- und Lawinerverbauung
Gebietsbauleitung Steiermark Ost
Ziegelofenweg 24
8600 Bruck an der Mur
reinhard.ribitsch@die-wildbach.at

Literatur / References:

SCHMUTZ S. (2003):
Einfluss erhöhter Schwebstoffkonzentration und Trübe auf Fische. Niederösterreichischer Landesfischereiverband, Wien. September 2003.

NEWCORBE, C. P. (2003):
Uncalibrated Model for Water Cloudiness Preferences Among Clear Water, Cloudy Water, and Very Cloudy Water Fishes. Biodiversity Branch, Water, Land and Air Protection. Victoria, British Columbia. Canada..
FORSTTECHNISCHER DIENST FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG SEKTION STEIERMARK (2013):
Bautypenkatalog – Ökologie Teil1: Längs- und Querbauwerke, Graz. Oktober 2013.

LD DIDACTIC GmbH (2016):
Ökologie und Evolution Umweltanalyse Wasseranalyse, Hürth. Februar 2016.

HACH (2017):
SOLITAX sc TRÜBUNGS- & FESTSTOFF-SONDEN, Jänner 2017.



**Stahlschneebrücken • Gleitschneeböcke • Triebschneewände
Ablenkewände • Stahlteile für Schutzbauten**



Mair Wilfried GmbH

I-39030 St. Lorenzen (BZ)

info@mairwilfried.it • www.mairwilfried.it



Ingenieurkonsulent • Ingenieurbüro

Forst- und Holzwirtschaft
Wildbach- und Lawinenschutz
Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
www.perzplan.at

2630 Ternitz
3100 St. Pölten
8600 Bruck/Mur
office@perzplan.at

CHRISTIAN AMBERGER

„Die Aliens sind da“ – Invasive Neophyten an Fließgewässern – Management und Übersicht

“Aliens” – Invasive neophytes at rivers – management and overview

Zusammenfassung:

Gebietsfremde Pflanzen, so genannte Neophyten, sind insbesondere in unserer globalisierten Welt, zu einer erheblichen Belastung für Infrastrukturen, insbesondere auch für den Wasserbau, den Naturschutz und teilweise auch für die menschliche Gesundheit geworden. Der Artikel gibt basierend auf den Ausarbeitungen des einschlägigen ÖWAV-Arbeitsausschusses (dem der Autor angehört) einen Abriss für den/die Praktiker/in über die Vermehrung, die Bekämpfung und die an Fließgewässern in Österreich problematischen Arten.

Stichwörter:

Neophyten, gebietsfremde Pflanzen, Wasserbau

Abstract:

Non-resident plants, so-called neophytes, have become a major burden on infrastructures, especially for hydraulic engineering, nature conservation and, to a lesser extent, human health, especially in our globalized world. Based on the elaborations of the relevant ÖWAV Working Committee (of which the author is a member), the article gives a summary for practitioners on propagation, control and problematic species in streams in Austria.

Keywords:

Neophytes, Non-resident plants, hydraulic engineering

Invasive Neophyten – Allgemeines

Gebietsfremde Pflanzen, so genannte Neophyten verteilen sich seit der Entdeckung Amerikas 1492 auf der ganzen Welt weit über ihre ursprünglichen Verbreitungsgebiete hinaus. Vor allem durch die Intensivierung des internationalen Handels nimmt die aktive und passive Ausbreitungsgeschwindigkeit in den letzten Jahrzehnten stark zu. Festzuhalten ist, dass auch jede Menge etablierter Nutz- und Zierpflanzen wie Erdäpfel, Tomate, Sonnenblume oder die Rosskastanie als Neophyten zu betrachten sind.

Als „invasive Pflanzen“ werden jene bezeichnet, die sich durch starke Konkurrenzfähigkeit gegenüber einheimischen Arten zu deren Nachteil im Gebiet dauerhaft ausbreiten können. Als Faustregel gilt, dass von rund 1000 eingeschleppten Arten rund zehn in ihrer neuen Heimat auf Dauer Fuß fassen können. Davon kann eine Art zum Problem werden und teilweise enorme Schäden anrichten.

Invasive Neophyten verfügen dabei oft über besondere Ausdauer und Anpassungsfähigkeit und können Trocken- und Nassphasen ebenso bewältigen wie Hitze oder Kälte. Einige Arten verfügen auch über sekundäre Pflanzenstoffe, die ihre Verbreitung durch Unterdrückung anderer Arten sichern. Für zahlreiche invasive Neophyten wirkt sich der einsetzende Klimawandel positiv aus, da – vereinfacht gesagt – durch wärmere und kürzere Winter diese Arten durch Kälteperioden nicht mehr so stark dezimiert werden wie dies noch vor einigen Jahrzehnten der Fall war, aber auch weil manche heimische Arten nicht so rasch auf diese klimatischen Veränderungen reagieren. Langfristig zeigen einige Neophyten die Fähigkeit, in Bereichen ihres Eindringens und bei fehlender oder mangelhafter Bekämpfung – wie oft auch an Gewässern – sich zu Monokulturen zu entwickeln, die in weiterer Folge heimische Pflanzen

und die daran angepasste heimische Tierwelt auf Dauer verdrängen. Zusätzlich können manche invasive Arten die Stabilität von Uferböschungen und Bauwerken erheblich beeinträchtigen, daher sind invasive Neophyten im Sinne des Hochwasser- und Gewässerschutzes höchst problematisch. Gewässer bilden gemeinsam mit Schienenanlagen, dem Umfeld von Straßen sowie anderen linearen Infrastrukturen optimale Ausbreitungskorridore für Neophyten.



Abb. 1: Ausgewilderter Bambus an einem Gerinne in rund 600 m Seehöhe, gestern Zierpflanze, heute Neophyt

Fig. 1: Released bamboo along a torrent channel, yesterday ornamental plant, today neophyt

Vermehrung und Ausbreitungswege

Zur Arterhaltung stehen Pflanzen im Wesentlichen zwei Strategien zur Verfügung:

- Generative Vermehrung durch Samenbildung. Es entstehen Tochterpflanzen die sich genetisch von den Elternpflanzen unterscheiden und dadurch die Möglich-

keit zur Anpassung an neue Umweltfaktoren wie z. B. das Klima haben. Um eine Notreife von Samen bei der Entfernung krautiger Neophyten sicher auszuschließen, müssen Bekämpfungsmaßnahmen unbedingt vor der Blüte durchgeführt werden.

- Bei der vegetativen Vermehrung durch Knollen, Ausläufer, Stockausschläge, Wurzelbrut sowie durch Bewurzelung und Neuaustrieb abgetrennter Pflanzenteile entstehen genetisch idente Tochterpflanzen (Klone). Die Bekämpfung hat dann artspezifisch zu erfolgen
- Vielfach nutzen Pflanzen beide Vermehrungsstrategien, insbesondere alle neophytischen Bäume, der Gewöhnliche Bocksdorn, die Staudenknöterich- und Goldrutenarten sowie der Topinambur.

Bei der natürlichen Ausbreitung werden Pflanzen durch Wind, Wasser und Tiere unterstützt. Manche greifen auch zur „Selbsthilfe“ und haben, wie z. B. das Drüsen-Springkraut, einen Schleudermechanismus entwickelt.

Im Falle der Neophyten ist jedoch der Mensch sehr oft der Hauptakteur und Wegbereiter für deren Ausbreitung. Globales Transportwesen, Bautätigkeit, gezieltes Ausbringen als Wirtschafts-, Futter-, Zierpflanze kommen Neophyten ausgesprochen entgegen.

Eine nicht unerhebliche Ausbreitungsquelle kann mit gefährlichen Pflanzenresten verunreinigtes Bodenaushubmaterial sein. Da das Vorhandensein von austriebsfähigen Pflanzenteilen (z. B. Samen, Wurzeln, Rhizome) im Bodenaushub nicht immer augenscheinlich ist, ist eine Verunreinigung durch invasive Neophyten bei der Eingangskontrolle auch nicht eindeutig zu erkennen. Es wird im Wasser- und Landschaftsbau empfohlen, von Humusierungen mit zugebrachten Material weitgehend Abstand zu nehmen.

Bekämpfungsmaßnahmen

Ziel der Bekämpfungsmaßnahmen ist nicht nur die Entfernung der Neophyten von ihren Standorten, sondern auch eine Schwächung vorhandener Bestände sowie die Unterdrückung von nachwachsenden Jungpflanzen. Darüber hinaus ist die gezielte Förderung heimischer Arten als präventive Maßnahme vorzusehen.

Mechanisch

Krautige Pflanzen können vor allem durch Mähen oder Häckseln entfernt werden. Notfalls ist diese Maßnahme mehrmals in einem Jahr zu wiederholen. Vor allem die Mahd von Jungpflanzen kann zu einer entscheidenden Schwächung der neu aufkommenden Bestände führen. In einigen Fällen ist jedoch auch die Entfernung unterirdischer Pflanzenteile notwendig. In allen Fällen ist bei krautigen Pflanzen darauf zu achten, dass die Entfernung möglichst vor der Blütenbildung, auf jeden Fall vor der Samenbildung erfolgt. Im Einzelfall kann auch eine Beweidung mit Schafen oder Ziegen vorgesehen werden. Gehölze können je nach Art durch Fällen entfernt werden, bei Arten, die über Wurzeltriebe oder Stockausschläge zu einer vegetativen Vermehrung fähig sind, ist das Verfahren der Ringelung vor dem Fällen anzuwenden. In jedem Fall ist bei Aufkommen von Stockausschlägen eine oftmals mehrfach nötige Nachbehandlung einzuplanen. Anfallendes Material, das noch austriebsfähig ist, muss mit besonderer Sorgfalt entfernt werden.

Konkurrenz fördern

Gegen krautige Neophyten (Springkraut, Goldrute, Staudenknöterich) können sich unter günstigen Bedingungen auch heimische Pflanzen durchsetzen, wenn der Neophytenbestand vor-

her mechanisch entsprechend geschwächt wurde (Mahd, ausreißen). Konkurrenzstarke heimische Pflanzenarten wie Holunder, Brombeere, Liguster, Schlehe, Weiden (auch ingenieurbologisch eingebracht) können die geschwächten Neophytenbestände überwachsen. Vegetationsfreie Bodenflächen (Böschungen) sollten ehemöglich mit heimischen standortangepassten Arten begrünt werden oder mit einer Decksaat versehen werden.

Chemisch

Sollte an Gerinnen in Ausnahmefällen aufgrund besonderer Bedingungen die Anwendung chemischer Mittel möglich sein, so sind auf jeden Fall die Bestimmungen des Sicherheitsdatenblattes sowie die Bestimmungen des ArbeitnehmerInnen-schutzes und die Vorgaben gemäß Pflanzenschutzmittelregister (Registerauszug des jeweiligen Produkts) strikt einzuhalten.

Bei den durch die Bekämpfungsmaßnah-

men anfallenden biogenen Materialien handelt es sich gemäß § 2 AWG 2002 grundsätzlich um Abfälle, welche einer ordnungsgemäßen Behandlung zugeführt werden müssen. Ist eine Abfallvermeidung nicht möglich, ist nach der Abfallhierarchie, welche im § 1 AWG 2002 verankert ist, eine Verwertung (Kompostierung, Vergärung, energetische Nutzung) einer Beseitigung vorzuziehen.

Überblick der in Österreich problematischsten Arten

Im Zuge der Erstellung der ÖWAV-Steckbriefe für Neophyten (ÖWAV, 2016) u.a. durch den Autor wurden die für den Wasserbau problematischsten 16 Arten samt deren Beschreibung, deren Problematik und Bekämpfungshinweisen kurz und übersichtlich auf Merkblättern, die zum Gebrauch für den/die Praktiker/in entwickelt wurden, vorgestellt. Diese sind unter <https://www.oewav.at/Service/Neophyten> kostenlos zum Download bereit gestellt.

• Flügelknöterich, Japanischer Staudenknöterich; <i>Fallopia sachalinensis</i> , <i>Fallopia japonica</i> – Polygonaceae	hohe Priorität, weit verbreitet, schutzwasserbaulich bedeutsam , Bauwerksschäden
• Drüsen-Springkraut; <i>Impatiens glandulifera</i> – Balsaminaceae	
• Götterbaum; <i>Ailanthus altissima</i> – Simaroubaceae	
• Bambus; Diverse Gattungen – Poaceae	lokal problematisch, geringere schutzwasserbauliche Bedeutung , Störung des Ökosystems und der Biodiversität, teilweise für Menschen gefährlich
• Beifuß-Traubenkraut, Ambrosie, Ragweed; <i>Ambrosia artemisiifolia</i> – Asteraceae	
• Blauglockenbaum; <i>Paulownia tomentosa</i> – Paulowniaceae	
• Bocksdorn; <i>Lycium barbarum</i> – Solanaceae	
• Eschen-Ahorn; <i>Acer negundo</i> – Sapindaceae	
• Essigbaum; <i>Rhus typhina</i> – Anacardiaceae	
• Goldrute; <i>Solidago canadensis</i> , <i>Solidago gigantea</i> – Asteraceae	
• Riesen-Bärenklau; <i>Heraclium mantegazzianum</i> – Apiaceae	
• Robinie; <i>Robinia pseudacacia</i> – Fabaceae	
• Sommerflieder; <i>Buddleja davidii</i> – Buddlejaceae	
• Kermesbeere; <i>Phytolacca americana</i> , <i>Phytolacca acinosa</i> – Phytolaccaceae	sporadisch, hohes invasives Potential, beobachten
• Seidenpflanze; <i>Asclepias syriaca</i> – Apocynaceae	
• Topinambur; <i>Helianthus tuberosus</i> – Asteraceae	

Flügelknöterich, japanischer Staudenknöterich; *Fallopia sachalinensis*, *Fallopia japonica* – *Polygonaceae*

Die bei uns invasiven Knötericharten sind in Japan, China (Halbinsel Sachalin) und Korea heimisch und dort übrigens völlig unauffällig. Sie wurden im 19. Jahrhundert nach Europa zur Gartengestaltung, als Viehfutter und als späte Tracht für die Imkerei importiert.

Der Knöterich bildet eine ausdauernde, mehrjährige Pflanze (bis über 3 m Höhe). Die dichten Bestände bleiben unterirdisch über ein Netz aus dicken Wurzeln miteinander in Verbindung (bis in 2 – 3 m Tiefe). Die oberirdischen Teile sterben im Winter ab, die Neubildung erfolgt aus den Wurzeln im Frühjahr (rot überlaufene Schösslinge). Am Rand des Bestandes können Strecken von 1 m problemlos unterwandert werden. Die Blütezeit dauert von Juli bis Oktober.

Die Verbreitung erfolgt über Wurzel- oder Stängelteile, die durch Hochwasser, Erdbewegungen, Gartenabfälle etc. und über reife Samen vertragen werden.

Der Knöterich bevorzugt feuchte, grundwassernahe Standorte entlang von Flüssen oder Hochwasserrückhaltebecken, dringt auch in Steinmauern und Blockwürfe ein und verträgt Überschwemmungen gut. Er ist österreichweit verbreitet und wurde schon auf 1.500 m Seehöhe nachgewiesen.

Probleme

- Für den Wasserbau: Durch das enorme Dickenwachstum der Rhizome und Stängel massive Schäden an Schutzbauwerken und Gebäuden. Erosionsgefahr an ungeschützten Böschungen durch Absterben der Pflanzen im Winter. Durch die enorme Biomasse erhöhte Verlandungstendenz in Rückhaltebecken.

In Gerinnen Verringerung des Abflussquerschnittes, Verringerung der Fließgeschwindigkeit und erhöhte Sedimentation.

- Für den Naturschutz: massive Verdrängung sämtlicher standorttypischer Pflanzenarten durch Licht- und Nährstoffkonkurrenz. Aufgrund des flächigen monotonen Auftretens landschaftsbildverändernd.
- Für den Menschen: ältere Triebe bei Verzehr schwach giftig.

Bekämpfung

- Mechanisch: Ab einer Pflanzenhöhe von ca. 40 cm regelmäßige Mahd (mindestens 6 – 8 x/Jahr über einen längeren Zeitraum) der oberirdischen Teile. Entfernung des Mähgutes – Gefahr eines Neuaustriebes! Möglichst tiefes Ausgraben von Einzelpflanzen. Kleinflächig Abdecken mit lichtundurchlässiger Folie (umstritten) möglich. Einbringen von Konkurrenzpflanzen und ingenieurbio-logischen Einbauten, insbesondere Weiden, Schilf und Spreitlagen. Im Einzelfall ist das Abflämmen der Bestände möglich. Jedenfalls ist auf sorgfältige Reinigung der Arbeitsgeräte und der eingesetzten Fahrzeuge (Reifenprofile) zu achten, um die Verschleppungsgefahr zu minimieren.
- Chemisch: Aufbringen von Substanzen mit herbizider Wirkung, bestmöglicher Zeitpunkt für den Transport der Wirkstoffe in die unterirdischen Pflanzenteile ist im Spätsommer/Herbst.
- Beweidung. Auf geeigneten eingrenzba-ren Flächen Einsatz von Schafen, Ziegen oder Rindern.



Abb. 2: Massenbestand an der Großen Tulln (Gde. Altlangbach) im Bereich Leitsberg, Mündung Unflathgraben. Die Landschaftsbildveränderung ist selbst am Luftbild klar erkennbar.

Fig. 2: *Fallopia japonica* – mass population at the Große Tulln, one can clearly see the landscape changes.



Abb. 3: initialer Bewuchs an einer Steinschlichtung (Einbindung vermutlich durch Humusierung)

Fig. 3: *Fallopia japonica* – initial growth in a placed rockfill

Drüsen-Springkraut;

Impatiens glandulifera – *Balsaminaceae*

Das Drüsen-Springkraut wurde vermutlich aus dem westlicher Himalaya Anfang des 19. Jahrhunderts erst als Zierpflanze in Botanische Gärten nach England gebracht um von dort Beginn rasch das europäische Festland zu besiedeln. Die einjährige, weißlich-rosa bis dunkelrot blühende, bis zu 2,5 m hohe Pflanze blüht ab Mitte Juni bis zum ersten Frost. Die Nahverbreitung erfolgt durch bis zu 7 m weit springende Samen, die weitere Ausbreitung durch Wasser, Geschiebe und Vögel.

Das Springkraut bevorzugt feuchte bis nasse, nähr- und stickstoffreiche Böden, ist also zur Besiedelung gerinnenaher Bereiche prädestiniert. Es ist bis zumindest 1.000 m Seehöhe anzutreffen, österreichweit verbreitet und bildet an Flüssen und Wildbächen hochgradig invasive Massenbestände.

Probleme

- **Für den Wasserbau:** erhöhte Erosionsgefahr an ungeschützten Böschungen durch fehlende Durchwurzelung und gehemmt Aufkommen standortstypischer Gehölze sowie durch Absterben der Pflanzen im Herbst. Es ist weiters ein Lichtkonkurrent ingenieurbioologischer Einbauten.
- **Für den Naturschutz:** Massive Verdrängung einheimischer standortstypischer Arten.
- **Für den Menschen:** generell unproblematisch, im Einzelfall bei Berührung Hautirritationen möglich.

Bekämpfung

- **Prinzipiell** immer im Oberlauf beginnen und die Verhinderung der Samenausbil-

dung beachten. Die Samen bleiben rund 7 Jahre keimfähig.

- **Mechanisch:** Ausreißen kleinerer Bestände und von Einzelpflanzen kurz vor Blühbeginn, weiters tiefe Mahd (vor Blühbeginn) unterhalb des ersten Knotens 1 – 2 x/Jahr. Entfernung des anfallenden Materials, anschließend Trocknung auf einer Unterlage (kein Bodenkontakt!). Kontrolle und Nachbehandlungen in den Folgejahren.



Abb. 4: Drüsen-Springkraut – adulter, blühender Bestand am Spitzerbach (Gemeinde Spitz an der Donau)

Fig. 4: *Impatiens glandulifera* – adult, flowering plants, Spitzerbach



Abb. 5: Drüsen-Springkraut – Initiale Besiedelung

Fig. 5: *Impatiens glandulifera* – initial growth

Götterbaum; *Ailanthus altissima* – *Simaroubaceae*

Dieser stattliche Baum wurde im 18. Jahrhundert als Parkbaum von China nach England importiert. In Wien wurde er zu Zeiten Maria Theresias als Futterpflanze für die Seidenraupenzucht angepflanzt.

Der bis zu 30 m hohe Baum zeichnet sich durch Raschwüchsigkeit (im Jugendstadium bis zu 3 Meter Höhenwachstum im Jahr), durch erhebliche Toleranz gegen Streusalz und Schadstoffe und geringen Standortsansprüche aus. Dadurch wurde er auch noch bis vor kurzem in öffentlichen Räumen gepflanzt. Allerdings ist

der Götterbaum relativ frostempfindlich, was einerseits seine Verbreitung in Österreich bislang vor allem auf den Osten und auf städtische Wärmeinseln beschränkte, andererseits ihn aber auch zu einem Gewinner des Klimawandels macht.

Probleme

- **Für den Wasserbau:** Samen keimen in Spalten von Mauern und versiegelten Oberflächen und sprengen diese. Massive Schäden an Schutzbauwerken und Gebäuden. Besonders rasches Wachstum der jungen Triebe.
- **Für den Naturschutz:** Der Götterbaum

verdrängt die natürliche Baumartengarnitur durch Abgabe chemischer Substanzen an den Boden (Allelopathie); nachhaltig negativer Einfluss auf natürliche Waldgesellschaften.

- **Für den Menschen:** Der Pflanzensaft ist giftig und kann Hautreizungen hervorrufen.

Bekämpfung

- **Ringeln:** Das Entfernen der Rinde bis aufs Holz auf mindestens 20 cm Länge rund um den Stamm. Dabei muss man zunächst einen breiteren Steg (10 % des Stammumfanges) stehen lassen, um den Saftstrom nicht vollständig zu unterbinden, denn sonst reagiert der Baum wie

beim Fällen mit Stockausschlägen. Erst im 2. Jahr wird dann auch der Steg entfernt und damit der bereits geschwächte Baum vollständig zum Absterben gebracht. Am effektivsten ist das Ringeln im Spätsommer, bevor die Pflanze die Nährstoffe aus den Blättern in die Wurzeln einlagert. Erst endgültig abgestorbene Bäume können aus dem Bestand entfernt werden. Die Nachbehandlung von allfälligen Stockausschlägen ist notwendig.

- **Chemisch:** Aufbringen von Substanzen mit herbizider Wirkung, bei Jungpflanzen werden die Blätter besprüht, bei gefälltten Bäumen werden die Schnittflächen bestrichen.



Abb. 6: Götterbaumbestand in den Feuersbrunner Lößrunsen.

Fig. 6: *Ailanthus altissima* population in loess gullies of Feuersbrunn



Abb. 7: Der Götterbaum: anspruchslos und raschwüchsig.

Fig. 7: *Ailanthus altissima* – unpretentious and fast growing

kungen auf die Biodiversität haben können. Darin findet sich keiner der etablierten Neophyten, sondern durchwegs Arten, die quasi vor der Haustür stehen und deren Bekämpfung und Vermeidung der weiteren Verbreitung noch mit überschaubarem wirtschaftlichem Aufwand möglich ist. Die Liste ist unter https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr:dc283156-5d51-49dd-bfeb-555fb2f7e7db/EU-Liste_IAS_Durchführungsverordnung.pdf verfügbar.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI Christian Amberger
Wildbach- und Lawinenverbauung
Sektion Wien, Niederösterreich und Burgenland
Marxergasse 2, 1030 Wien
christian.amberger@die-wildbach.at

Literatur / References:

Arbeitsbefehle des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes (ÖWAV), ÖWAV-Arbeitsbefehl 49 – Neophytenmanagement, 2016

ÖWAV – Neophytensteckbriefe;
<https://www.oewav.at/Service/Neophyten>

Neophyten – Nichteinheimische Pflanzenarten an Gleisanlagen, ÖBB-Infrastruktur AG, 2011

DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) 2016/1141 DER KOMMISSION vom 13. Juli 2016 zur Annahme einer Liste invasiver gebietsfremder Arten von unionsweiter Bedeutung gemäß der Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates

Ausblick, Gesetzgebung der europäischen Union

Anfang August 2016 trat die so genannte „Unionsliste“ (Durchführungsverordnung 2016/1141 der Kommission vom 13. Juli 2016 zur Annahme einer Liste invasiver gebietsfremder Arten von unionsweiter Bedeutung gemäß der Verordnung (EU) Nr. 1143/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates) in Kraft.

Diese EU-weit gültige Durchführungsverordnung listet 37 Neobiota auf, davon 14 Gefäßpflanzen (davon wiederum 7 Hydrophyten, also Pflanzen, die ganz oder teilweise unter Wasser leben) – von unionsweiter Bedeutung – die wahrscheinlich erhebliche nachteilige Auswir-

HANS PETER RAUCH, ELMAR PLANKENSTEINER

Ingenieurbiologische Baukurse – eine Reflexion

Soil bioengineering trainings – a reflection

Zusammenfassung:

Die Ingenieurbiologie ist eine alte, traditionelle, angewandte Bautechnik, welche auch im Forsttechnischen Dienst der Wildbach- und Lawinerverbauung zur Anwendung kommt. Um das ingenieurbiologische Wissen zu vertiefen und die handwerklichen Fähigkeiten zu fördern, wurden auf Initiative des Fachbereichs Ökologie der Wildbach- und Lawinerverbauung in Zusammenarbeit mit dem Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau mehrere ingenieurbiologische Baukurse abgehalten. Dieser Artikel beschreibt die theoretischen Inhalte der Baukurse und zeigt die Umsetzung der praktischen Arbeiten. Mit den Baukursen konnten positive Erfahrungen gesammelt und ausgetauscht werden. Zusätzlich wurde die fachliche und die soziale Kompetenz der TeilnehmerInnen gesteigert, das Bewusstsein für die Ingenieurbiologie gefördert sowie schon vorhandenes Basiswissen aufgefrischt.

Stichwörter: Ingenieurbiologie, Baukurs, Weiterbildung, Wildbachverbauung

Abstract:

Soil bioengineering is an old, traditional, applied construction technique of the public agency of the Austrian torrent and avalanche control. For deepening the soil bioengineering knowledge and for encouraging the specific human skills, several soil bioengineering trainings were organized by the subject area of ecology of the public agency of the Austrian torrent and avalanche control in cooperation with the Institute of Soil Bioengineering and Landscape construction. This article describes the main topics as well as the conducted practical works of trainings. The participants were able to gain much experience in soil bioengineering and to exchange their personal knowledge. Additionally, professional and social skills have been strengthened, the awareness for soil bioengineering has been increased and existing basic knowledge has been refreshed.

Keywords: *Soil bioengineering, training, torrent control*

Einleitung

Die Ingenieurbiologie ist eine alte, traditionelle, angewandte Bautechnik, welche auch im Forsttechnischen Dienst der Wildbach- und Lawinerverbauung (im folgenden Wildbachverbauung bzw. WLW genannt) zur Anwendung kommt. Diese Bautechnik war von Beginn an ein wichtiger Bestandteil der im Wildbach- und Lawinerverbauungsgesetzes definierten forstlich-biologischen Maßnahmen. Die Ingenieurbiologie hatte mit der Verwendung von vor Ort verfügbaren Baumaterialien einen sehr hohen Stellenwert, da es am Beginn der Wildbachverbauung keine bautechnischen Alternativen gab. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts hat diese traditionelle Bautechnik, durch die fortschreitende Mechanisierung und den Einsatz von Beton und Stahl an Bedeutung verloren.

Die Wildbachverbauer Hassenteufel und Schiechtl waren maßgeblich an der Entwicklung von ingenieurbiologischen Lösungen für Rutschhänge und Runsen beteiligt und erarbeiteten wichtige Grundlagen für die Anwendung ingenieurbiologischer Maßnahmen in der Praxis (Prückner, 1965). Dieses Konzept wurde von Florin Florineth (Mentor des Erstautors) erfolgreich über mehr als 20 Jahre in Südtirol, im Rahmen der Agentur für Bevölkerungsschutz (ehemals Sonderbetrieb für Bodenschutz, Wildbach- und Lawinerverbauung), umgesetzt. Heute existieren mehrere ingenieurbiologische Handbücher (Schiechtl und Stern, 1992, 1994, Begemann und Schiechtl 1994, Gray und Sotir 1996, Zeh, 2007, Florineth, 2012, Hacker und Johannsen, 2012) und es gibt ein weites Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten. Gleichzeitig hat sich das bautechnische Betätigungsfeld der Wildbachverbauung stark gewandelt und obwohl die Ingenieurbiologie nach wie

vor in der Wildbachverbauung im Baualltag vorkommt, hat sie auf Grund neuer bautechnischer Entwicklungen an Bedeutung verloren. Damit verbunden ist auch ein Verlust an ingenieurbiologischem Wissen und eine reduzierte Anwendung der ingenieurbiologischen Bautechnik auf den Baustellen. In weiterer Folge kann dieses Wissen auch nicht mehr an die nächste Generation weitergegeben werden.

Aus diesem Grund wurden auf Initiative des Fachbereichs Ökologie der Wildbachverbauung in Zusammenarbeit mit der Universität für Bodenkultur, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, ingenieurbiologische Baukurse abgehalten. Mit den ingenieurbiologischen Baukursen sollten mehrere Ziele des Fachbereichs Ökologie erreicht werden:

- Weitergeben von ingenieurbiologischem Wissen in Bezug auf Arbeiten mit der „Pflanze“
- Bewahrung der alten traditionellen „grünen“ Bautechnik in der Wildbachverbauung
- Austausch von ingenieurbiologischen Erfahrungen, die in den unterschiedlichen Arbeitspartien gemacht wurden.
- Steigerung der individuellen, fachlich-ingenieurbiologischen und forstlich-biologischen Kompetenz
- Erkennen der ingenieurbiologischen Fähigkeiten und Talente, damit gezielt Stärken des Einzelnen gefördert werden können.

Der erste Baukurs fand am 18.–20.5.1999 in Kärnten statt. Dieser Baukurs wurde vom Arbeitskreis WLW und Ökologie (Sektionsökologe Hufnagl) gemeinsam mit der Abteilung Schutzwasserwirtschaft der Kärntner Landesregierung (Leiter: DI Pichler) und Prof. Florin Florineth organisiert.

Es wurde an 2 Tagen sowohl an Wasserbau (Ufer- und Sohlensicherungen) – als auch an WLW Baustellen (Rutschungssanierung) gearbeitet. Nach einem Tag wurden die Baustellen getauscht und die Wasserbauer bauten Buschlagen im Steilhang und die WLW-Arbeiter waren bei ingenieurbioologischen Maßnahmen im Flussbau im Einsatz. Zusätzlich zu den Bautagen wurde ein Theorieteil und Weidenbestimmungsübungen abgehalten.

Weitere Baukurse folgten, zum Beispiel 2010 am Gschlifgraben, Gde. Gmunden, in Oberösterreich, in der Gebietsbauleitung OÖ West unter der örtlichen Leitung des Sektionsökologen Wolfram Bitterlich.

Dieser Artikel bezieht sich im Detail auf die Baukurse beginnend mit 2014 bis 2017 in unterschiedlichen Sektionen der WLW. Die zuständigen Sektionsökologen organisierten wildbachintern die Auswahl der TeilnehmerInnen und wählten geeignete Baustellen, wo gezielt ingenieurbioologische Maßnahmen umgesetzt werden konnten. Es wurde versucht, TeilnehmerInnen aus unterschiedlichen Arbeitspartien bzw. auch technisches Personal für eine Teilnahme am Kurs zu gewinnen.

Die Baukurse bestanden aus 2 Modulen. Im Modul 1 lag der Schwerpunkt auf den biologisch-technischen Eigenschaften von Pflanzen. Die lebende Pflanze ist der wichtigste Baustoff in der Ingenieurbiologie. Diesen Baustoff gilt es zu verstehen und vor Ort zu erkennen, damit er zur richtigen Zeit an der richtigen Stelle eingesetzt werden kann. Neben den biologisch-technischen Eigenschaften, wie der Auszugswiderstand von Gehölzen, die Bodenverankerung von Wurzeln und das Potential der Evapotranspiration, sind für den praktischen Wildbacheinsatz vor allem die vegetative Vermehrbarkeit und die Sprosswurzelfähigkeit der Pflanzen von Bedeutung.

Die Möglichkeit einer vegetativen Vermehrbarkeit in Form von Steckhölzern, Stecklin-

gen, Brutknospen oder vegetativen Teilungen werden in der Ingenieurbiologie für bautechnische Zwecke genutzt. Die Weiden spielen dabei eine besondere Rolle. Es war ein wichtiger Inhalt des Baukurses, verschiedene Weidenarten zu erkennen und gezielt einzusetzen. Die Abbildung 1 zeigt Florin Florineth bei der Erklärung von wichtigen Erkennungsmerkmalen unterschiedlicher Weidenarten während des ingenieurbioologischen Baukurses in der Steiermark 2016. Eine weitere wichtige Eigenschaft von Gehölzen ist die Fähigkeit, am überschütteten Stammabschnitt Sprosswurzeln auszubilden, wodurch dieser Stammabschnitt die Funktion einer Wurzel übernimmt. Diese Fähigkeit ist die Grundlage für die Überschüttungsresistenz und auch Erweiterung des Artenspektrums bei ingenieurbioologischen Baumethoden.



Abb. 1. Weidenseminar von Prof. Florin Florineth im Rahmen eines ingenieurbioologischen Baukurses in der Steiermark (Foto: Reinhard Ribitsch).

Fig. 1. Seminar to identify willow species by Florin Florineth in course of the soil bioengineering training in Styria (Photo: Reinhard Ribitsch).

Im Modul 2 wurden unterschiedliche ingenieurbioologische Maßnahmen erläutert und bei Bedarf Spezialthemen diskutiert. Verschiedenste Bauweisen wurden im Rahmen von unterschiedlichen Projekten vorgestellt. Dabei wurden die eingesetzten Baustoffe sowie die einzelnen Arbeitsschritte im Detail beschrieben und disku-



Abb. 2. Bau einer Faschine (links) und Weidenspreitlage (rechts), ingenieurbioologischer Baukurs, Tirol, 2014.



Fig. 2. Construction of a fascine (left hand side) and a brush mattress with willows (right hand side) in Tyrol, 2014.

tiert. Neben den bautechnischen Details wurde im theoretischen Teil auch auf die ökologischen Effekte, die Instandhaltungsmaßnahmen und auf die Anwendungsgrenzen näher eingegangen. Im Folgenden werden die Aktivitäten bei den Baukursen näher beschrieben.

Baukurs 2014 in Tirol

Der Baukurs startete am 8. April 2014 im Gebäude der Gebietsbauleitung Mittleres Inntal in Innsbruck. Am späten Nachmittag wurde im Zuge einer Exkursion eine ingenieurbioologische Verbauung (Heckenbuschlage Eggerbach) besichtigt. Die praktischen Arbeiten wurden am folgenden Tag im Rahmen einer aktuellen Baustelle (Projekt Fallbach; Tirol 2010 bis 2014) durchgeführt. Es wurden Faschinen und Weidenspreitlagen als Uferschutzmaßnahme gebaut (siehe Abb. 2). Die lokale Koordination und Organisation übernahmen der Sektionsökologe Andreas Bletzacher, sowie Ivo Schreiner und Egmont Haas. Die folgenden Bilder zeigen die Aktivitäten auf der Baustelle Fallbach.

Baukurs 2015 in Niederösterreich

Dieser ingenieurbioologische Ausbildungskurs fand im Rahmen der Sektionsökologentagung in Reichenau an der Rax am 17. und 18. März 2015 statt. Durch die Initiative des Sektionsökologen von Niederösterreich, Thomas Lampalzer, nahmen neben den Arbeitern der Wildbachverbauung auch sieben Kollegen aus der Wasserbauverwaltung am Kurs teil. Somit wurden verschiedenste ingenieurbioologische Arbeiten fachübergreifend – Wildbachverbauung und Wasserbau – diskutiert und die Erfahrungen der praktischen Ausführung ausgetauscht. Der erste Teil der praktischen Ausführung erfolgte an der Schwarza, wo eine Weidenspreitlage errichtet wurde. Im zweiten Teil wurde eine kleineräumige Rutschung mittels Heckenbuschlage und Drainfaschine saniert (siehe Abb. 3).



Abb. 3. Bau einer Heckenbuschlage, ingenieurbiologischer Baukurs, Niederösterreich, 2015.

Fig. 3. Construction of a hedge brush layer in Lower Austria, 2015.

Baukurs 2016 in der Steiermark

Der ingenieurbiologische Baukurs wurde von Reinhard Ribitsch, Sektionsökologe der Steiermark, organisiert und fand am 11. und 12. Mai 2016 in Eisenerz, Steiermark, statt. Themenschwerpunkte des ersten Tages waren Möglichkeiten und Grenzen von ingenieurbiologischen



Bauweisen, Bestimmung und Verwendung von Weiden, ökologische Bautypen sowie unterschiedliche Begrünungstechniken. Die praktischen Arbeiten wurden auf der, in der Nähe von Eisenerz gelegenen, Baustelle Tullbach durchgeführt. Bei diesem Kurs wurden mit Hilfe eines Schreitbaggers Heckenbuschlagen errichtet (siehe Abb. 4).



Abb. 4. Bau einer Heckenbuschlage, ingenieurbiologischer Baukurs, Steiermark, 2016 (Foto: Reinhard Ribitsch).

Fig. 4. Construction of a hedge brush layer in Styria, 2016 (photo: Reinhard Ribitsch).



Abb. 5. Bau einer bepflanzten Krainerwand, ingenieurbiologischer Baukurs, Vorarlberg, 2017.

Fig. 5. Construction of a planted log crib wall in Vorarlberg, 2017.



Baukurs 2017 in Vorarlberg

Der ursprünglich im Frühjahr 2017 geplante ingenieurbiologische Baukurs in Vorarlberg musste wetterbedingt auf den Herbst 2017 verschoben werden. Der von Elmar Plankensteiner, Sektionsökologe von Vorarlberg, organisierte Kurs wurde am 21. und 22. September 2017 im bäuerlichen Schul- und Bildungszentrum für Vorarlberg, in Hohenems abgehalten. Thematische Schwerpunkte des ersten Tages waren ingenieurbiologische Bauweisen am Fließgewässer sowie zur Hangsicherung, Bestimmung und Verwendung von Weiden und die unterschiedlichen Begrünungstechniken. Im praktischen Teil stand die Verwendung von lebenden Pflanzen als Einlagen bei einer Holzkrainerwand im Mittelpunkt (siehe Abb. 5).

Schlussfolgerungen

Ingenieurbiologie ist eine landschaftsschonende Technik und bietet die Möglichkeit technische Lösungen in die Landschaft zu integrieren. Sie ist kein Ersatz für konventionelle Maßnahmen, sondern steigert im Sinne einer Ökosystemdienstleistung den Beitrag der Natur zum Schutz vor Naturgefahren. In der Wildbachverbauung wird

die ingenieurbiologische Bautechnik im Zuge von forstlich-biologischen Maßnahmen eingesetzt. Sie hat das Potential einen positiven Beitrag zum Schutz vor Naturgefahren zu leisten, wenn die lokalen Standortbedingungen berücksichtigt werden.

Es sind zwei wesentliche Faktoren für eine erfolgreiche ingenieurbiologische Umsetzung notwendig. Einerseits muss die Ingenieurbiologie bereits bei der Planung mit der Wahl von geeigneten Maßnahmen und einer klaren Zieldefinition berücksichtigt werden und andererseits benötigen die Arbeiter auf der Baustelle ein ingenieurbiologisches Fachwissen und dementsprechende handwerkliche Fähigkeiten.

Diese Fähigkeiten müssen – zur Qualitätssicherung von ingenieurbiologischen Tätigkeiten – in Form von Weiterbildungskursen gesichert und ausgebaut werden. Mit den Baukursen konnten positive Erfahrungen gesammelt und ausgetauscht werden. Zusätzlich wurde die fachliche und die soziale Kompetenz der TeilnehmerInnen gesteigert, das Bewusstsein für die Ingenieurbiologie gefördert sowie schon vorhandenes Basiswissen aufgefrischt.

Baukurse sind für die Angestellten von universitären Einrichtungen eine gute Möglichkeit sich mit den Anwendern aus der Praxis auszutauschen und das vorhandene Wissen zu reflek-

tieren. Speziell die Bautage waren in dieser Hinsicht nützlich, da ein intensiver Austausch mit den Arbeitern direkt auf der Baustelle möglich war. Es konnten im Rahmen der ingenieurbioologischen Baukurse wertvolle Erfahrungen gesammelt, viele interessante ingenieurbioologische Diskussionen geführt und zukünftige potentielle Forschungsthemen erörtert werden. In diesem Sinne wäre es wünschenswert, wenn die Kooperation der Wildbachverbauung mit dem Arbeitsbereich Ingenieurbioologie auch zukünftig weitergeführt wird.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Priv. Doz. DI Dr. Hans Peter Rauch
Universität für Bodenkultur Wien
Peter-Jordan-Straße 82
1190 Wien
hp.rauch@boku.ac.at

DI Elmar Plankensteiner
Wildbach- und Lawinerverbauung,
Sektionsökologe Vorarlberg
Gebietsbauleitung Bregenz
Rheinstraße 32/4
6900 Bregenz
elmar.plankensteiner@die-wildbach.at

Literatur / References:

- BEGEMANN W., SCHIECHTL H. M. (1994).
Ingenieurbioologie: Handbuch zum ökologischen Wasser- und Erdbau. Vol. 2. Auflage. Wiesbaden und Berlin: Bauverlag GmbH.
- FLORINETH F. (2012).
Pflanzen statt Beton. Sichern und Gestalten mit Pflanzen. Berlin-Hannover: Patzer Verlag.
- GRAY D. H., SOTIR R. B. (1996).
Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: A practical guide for erosion control. New York, NY: Wiley.
- HACKER E., JOHANNSEN R. (2012).
Ingenieurbioologie.
- SCHIECHTL H. M., STERN R. (1992).
Handbuch für naturnahen Erdbau. Eine Anleitung für ingenieurbioologische Bauweisen. Wien: Österreichischer Agrarverlag.
- SCHIECHTL H. M., STERN R. (1994).
Handbuch für naturnahen Wasserbau. Eine Anleitung für ingenieurbioologische Bauweisen. Wien: Österreichischer Agrarverlag.
- PRÜCKNER R. (1965).
Die Technik der Lebendverbauung. Österreichischer Agrarverlag, Wien.
- ZEH H. (2007).
Ingenieurbioologie: Handbuch Bautypen. Zürich: vdf Hochschulverl.



HYDROLOGIE



METEOROLOGIE



GEOLOGIE



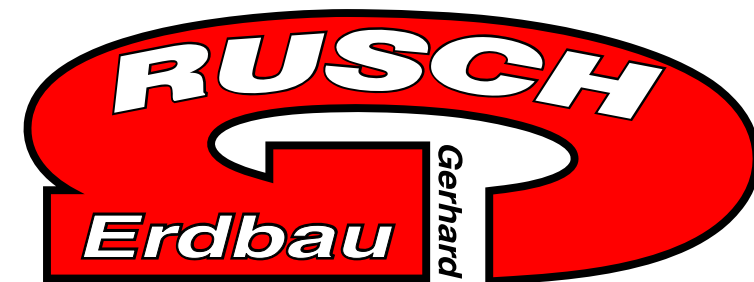
somer
MESSTECHNIK

Lösungen für die Geologie/Geotechnik Temporäre Maßnahmen oder dauerhafte Überwachung von Massenbewegungen, Brücken, Straßen oder Seilbahnen. Messen, Aufzeichnen und Sichern mit Sensoren und Anlagen von SOMMER MESSETECHNIK. www.sommer.at

Spezialsensorik · Anlagenbau · Systemintegration · Beratung · Planung



SOMMER MESSTECHNIK
Straßenhäuser 27, A 6842 Koblach / Vorarlberg
Tel.: +43 5523 55989 | office@sommer.at | www.sommer.at



Alberschwende
Mobil 0664/13 13 447

ANDREAS DREXEL, ELMAR PLANKENSTEINER, ALBAN LUNARDON, ANDREAS STEURER

Wiederherstellung der Gewässerdurchgängigkeit am Beispiel des Schmiedlebaches in Egg/ Vorarlberg

Restoration of river continuity as shown in the example of the torrent "Schmiedlebach" in Egg/Vorarlberg.

Zusammenfassung:

Bei der Sanierung von Sohl- bzw. Konsolidierungswerken im natürlichen Fischlebensraum von Wildbächen (< 10 % Gefälle) sind zur Wiederherstellung der Fischpassierbarkeit unterschiedliche Rampentypen möglich. Dadurch können fragmentierte Fischlebensräume wieder vernetzt und die Verfügbarkeit unterschiedlicher Habitats eines Gewässersystems gesteigert werden, was die ökologische Funktionsfähigkeit verbessert. Die exponierte Lage, meist im Übergangsbereich von natürlichen zu potentiellen Fischlebensräumen oder gar Nicht-Fischlebensräumen, erfordert manchmal Bauwerke, die die Vorgaben des Leitfadens für Fischaufstiegshilfen nicht einhalten können. Wenn die Voraussetzungen für die Wanderung von Fischen flussauf wie flussab dennoch erfüllt werden, lassen sich damit auch kostengünstigere Bautypen verwirklichen. Vorteilhaft sind Bauweisen, die sich den natürlichen hydromorphologischen Gegebenheiten eines Gewässers anpassen und dadurch in der Natur weniger als Fremdkörper wahrgenommen werden. Mit diesem Artikel sollen die Grenzen des Möglichen ausgelotet und einige Anregungen für den Rampenbau in Wildbächen gegeben werden.

Stichwörter:

Fischaufstiegshilfen, Gewässerdurchgängigkeit, Rampen, Sanierung, Fischlebensräume

Abstract:

Different types of ramps are possible for the rehabilitation of bed or consolidation structures in the natural fish habitat of torrents <10 % gradient to restore fish passability. Thus, fragmented fish habitats can be networked again and the availability of different habitats of a water system can be increased, which improves the ecological functionality. The exposed location, usually in the transitional area from natural to potential fish habitats or even non-fish habitats, sometimes requires structures that deviate from the requirements of the Guidelines for Fish Facilities ("Leitfaden für Fischaufstiegshilfen"). If the prerequisites for migrating fish up- and downstream can be fulfilled, it will also be possible to realize more cost-effective building types. Construction methods that adapt to the natural hydromorphological conditions of a body of water are advantageous and thus less noticeable in nature as foreign bodies. With this article the limits of the possible are explored and some suggestions for the ramp construction in torrents are given.

Keywords:

Fish facility, fish ladder, river continuity, ramps, rehabilitation, fish habitats

Das Einzugsgebiet des Schmiedlebaches (Schmittlebaches) in Egg/ Vorarlberg

Der 8,86 km lange Schmiedlebach bzw. Schmittlebach, ein größerer Wildbach im nördlichen Vorarlberg (Vorderer Bregenzerwald), ist ein Gewässer der Flussordnungszahl 3, mit einem Einzugsgebiet von 16,30 km². Von der Quelle bis zur Einmündung in die Bregenzerach durchfließt der Schmiedlebach mit seinen Nebengewässer größtenteils bewaldetes Gebiet, danach den Siedlungsraum von Egg. Der Ursprung befindet sich in der Molassezone, als Grundgestein liegen Konglomerate, Sandsteine und Mergel vor. Die Mergel und Tonschiefer als wasserstauende, veränderlich feste Gesteine, neigen zu Hangrutschungen und zu langsamen Bodenkriechen. Die Böden weisen ein geringes Speichervermögen auf, rasch anschwellende Hochwässer mit hohen spezifi-

schen Abflusswerten sind nichts Ungewöhnliches. Abgesehen vom Lindachgraben, der am West-Ost-Richtung verlaufenden Höhenkamm der Vorderen Niedere bis Tristenkopf (1640 m bis 1741 m Seehöhe) entspringt, liegt ein Großteil der Einzugsgebietes zwischen 900–1000 m Seehöhe und entwässert auf einer Seehöhe von 541 m in die Bregenzerach. Das nivale Übergangsregime, mit der Schneeschmelze im April/Mai, weist neben kurzen Hochwässern über längere Zeiträume sehr geringe Abflüsse auf.

Das Gerinne ist tief, V-förmig eingeschnitten, erst im Siedlungsraum von Egg, kurz vor der Einmündung in die Bregenzer Ache, flachen sich die unmittelbaren Bacheinhänge ab. Das Hauptgerinne weist zahlreiche tlw. sehr steile Nebengerinne auf. Im Falle von Bemessungshochwässern (inkl. Verkläusungen) sind der Dorfkern von Egg sowie Gewerbeeinrichtungen betroffen.

Gewässercharakteristik:		
Bemessungsabfluss:	BHQ =	~75 m ³ /s [4,6 m ³ /s/km ²]
	HQ 150 inkl. Geschiebe =	100 m ³ /s [6,13 m ³ /s/km ²]
	MQ* = 0,80 m ³ /s	MJNQ _t * = 0,10 m ³ /s
	*Annäherungswert aufgrund vergleichbaren Pegel Bizau	
Prozess:	Hochwasser mit Geschiebe, Gefahr eines massiven Wildholztransports	
	Großrutschungen in das Bachbett bereits beobachtet und weiterhin möglich	
Geschiebefracht:	Geschiebe ist nicht limitiert, ca. 35.000 m ³ im Bemessungsfall	
Bachgefälle:	hm 0,0–15,3:	2–5 %
Klimaverhältnisse:	Ozeanisch geprägtes Alpenvorland mit Jahresniederschlag von ~1830 mm	
Landschaftsnutzung:	Bewaldung:	~30 %
	Almen und Weiden:	~60 %
	Siedlung und Straßen, sonstiges:	~10 %
Ökomorpholog. Zustand:	~90 % naturnah und ~10 % deutlich bis stark beeinträchtigt (Ortsgebiet)	
Biozönotische Region:	Metarhithal hm 0,00–10,00	Epirhithal hm 10,00–70,00
Fischlebensraum:	natürlich hm 0,00–15,3	potentiell hm 15,3–70,00
Gewässerzustand NGP 2015:	OWK 100740001 (hm 0,00 bis 20,5) Klasse 4 (da Fischlebensraum)	
	OWK 100740002 (hm 20,5 bis 42,7) Klasse 1	
	OWK 100680000 (hm 42,7 bis 88,6) Klasse 1	
Belastungen:	morphologische aber keine hydrologischen Belastungen	

Problemstellung

Aufgrund der Hochwasserereignisse der vergangenen Jahre (1999, 2002 und zuletzt 2005) kam es im Bereich des Schmiedlebaches immer wieder zu Überschwemmungen und Materialablagerungen, die im Siedlungsraum von Egg an den umliegenden Objekten zahlreiche Schäden verursachten. Die in den 40er- und 50er Jahren des letzten Jahrhunderts

errichteten Verbauungen (Abb. 1 verdeutlicht dies anhand einer Konsolidierungssperre) weisen teilweise einen desolaten Zustand auf und verschärfen zusätzlich die bestehende unsichere Situation. Als weitere Gefahrenherde können zahlreiche Rutschungen in den Bachlauf und die unkontrollierte Schwemmh Holzdrift genannt werden. Es wurde daher in den letzten Jahren Betreuungs- und Bauprogramme für Teilstrecken des Schmiedlebaches ausgearbeitet und ausgeführt.



Abb. 1: Eine Konsolidierungssperre im Schmiedlebach aus den 40er Jahren des letzten Jahrhunderts.

Fig. 1: A check dam in the Schmiedlebach dating back to the 40s of the last century.

Neben diesen „klassischen“ Problemstellungen einer Projektierung weist der Schmiedlebach zwischen hm 0,0 (Bregenzer Ache) bis hm 15,3 einige Querbauwerke auf, die für Fische nicht oder nur eingeschränkt zu überwinden sind. Im Zuge der Sanierung dieses Gewässerabschnittes sollten alle größeren Kontinuumsunterbrechungen durch vorgesetzte Rampenbauwerke behoben und kleinere Sohlgurte überbaut bzw. entfernt werden. Mit der Umsetzung dieser Maßnahmen wird den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie vollumfänglich Rechnung getragen, sodass die im NGP genannte Risikoverfehlung der Zielerreichung des guten ökologischen Zustands, verursacht durch zahlreiche Querbauwerke, bis Bauende behoben ist. Die Wiederherstellung der Fischdurchgängigkeit soll in Verbindung mit strukturellen Ver-

besserungen einen Zustandsklassensprung von einem unbefriedigenden zu einem guten Zustand ermöglichen.

Grundlagen der Gewässerdurchgängigkeit und Rampenverbauungen

Zur Erreichung des guten ökologischen Zustands stellen im natürlichen Fischlebensraum die Fische das entscheidende Qualitätselement dar. Der Kompetenzbereich des Forsttechnischen Dienstes deckt sich in Vorarlberg meist mit dem an den natürlichen Fischlebensraum angrenzenden Nichtfischlebensraum oder dem potentiellen Fischlebensraum des Epirhithrals (obere Bachfohlenregion). Selten wird ein natürlicher Fischlebensraum des Epirhithrals berührt, das Metarhi-

thral (untere Bachforellenregion) bildet sogar die Ausnahme. Je nach biozönotischer Region kommen neben der Leitfischart noch einige Begleitarten vor. Im Epirhithral ist es die Koppe und im Metarhithral können zusätzlich die Begleitarten Seeforelle, Aitel, Äsche, Bachschmerle, Gründling und Elritze angetroffen werden. Aufgrund der morphologischen Verhältnisse und der Nähe zur Bregenzer Ache, die in diesem Abschnitt als Hyporhithralgewässer (Äschenregion) eingestuft wird, befindet sich der unterste Bereich des als Wildbach eingestuften Schmiedlebachs im Metarhithral (untere Bachforellenregion).

Durch die **extreme Abflussdynamik** (große Hochwässer mit Geschiebetrieb bis hin zur Murgängigkeit, aber auch geringen Abflussmengen) eignet sich dieser Fischlebensraum nur bedingt für das gesamte Artenspektrum des Metarhithrals. Die zahlreichen Geschiebesperren im Einzugsgebiet, welche die Transportmengen reduzieren, entschärfen den Wildbachcharakter, weshalb bei der im Jahre 2011 durchgeführten Fischbestandserhebung auch Koppen oberhalb des Ortskernes nachgewiesen werden konnten, und das, obwohl seit mehr als 70 Jahren keine Fischpassierbarkeit für Koppen (auch Bachforellen) im Ortsgebiet von Egg möglich war. Durch das im Mittel etwa 8 m breite Bachbett sind bei Niederwasserabflüssen fallweise keine ausreichenden Wassertiefen für die Laichwanderung der großen Seeforellen (70–80 cm lang) vorhanden.

Aufgrund der **vorliegenden Rahmenbedingungen** (starke Geschiebeführung mit Murgängigkeit im Bemessungsfall, geringe Abflüsse, obere Fischregionsgrenze, Kosten) sind Abweichungen von der klassischen Rampenbauweise sinnvoll, sofern die Fischpassierbarkeit für die maßgeblichen Fischarten und die Zielerreichung des OWK's nicht beeinträchtigt werden. Die alternativen Lösungen, die gesucht, gefunden und hier angewendet wurden, decken sich mit den

Anforderungen der Koppen, eine bodenorientierte Fischart, der Bachforelle, sowie vereinzelt Begleitarten dieser Fischregion.

Es gibt zahlreiche Fischaufstiegstypen die zur Auswahl standen, wobei jede Bauart Vor- und Nachteile aufweist. Die wesentlichsten Rahmenbedingungen, neben der Wiederherstellung der Fischpassierbarkeit, sind die Raumverfügbarkeit, die Standfestigkeit und die Finanzierung (Errichtungs- wie Unterhaltskosten). Wildbäche, die vermehrt Geschiebe und Trifholz führen, erfordern bei technischen Lösungen, wie z.B. Schlitzpass, Umgehungsgerinne, den Einbau von Dotiervorrichtungen, was wiederum einen hohen Instandhaltungsaufwand verursacht. Neben der Bereitstellung von Zufahrtsmöglichkeiten für Räumfahrzeuge, welche die Verklausungen entfernen können, ist eine häufige Kontrolle der fischökologischen Funktionsfähigkeit erforderlich. Die Erfüllung solcher Rahmenbedingungen ist am Schmiedlebach nicht im ausreichenden Maße gegeben und somit ein Ausschlussgrund für derartige Bautypen. Auch die erforderliche Wassermenge, die für solche Bauwerke zur Verfügung stehen muss, ist zeitweise nicht vorhanden bzw. es bliebe zu wenig Wasser im Bachbett übrig. Aufgrund der hydrologischen Charakteristik des Schmiedlebachs kommen nur fischpassierbare Rampen in Frage, wobei strukturierte Rampen zudem sehr teuer, da aufwendig zu bauen, sind.

Man unterscheidet zwischen klassischen Blocksteinrampen, die entweder geschüttet oder gesetzt sind, bzw. zwischen aufgelösten Rampen, die strukturiert, unstrukturiert oder sich eigendynamisch entwickeln. Maßgeblich ist dabei auch das Gefälle, das diese Rampen zu überbrücken haben. Je flacher die Neigung, desto standfester, einfacher und natürlicher können diese Bauwerke gestaltet und errichtet werden. Das reicht von einem Ausgleichsgefälle mit einer flächigen Belegung (30 %, 50 % oder 70 %), als unstrukturierte

Rampe bezeichnet, bis zu den strukturierten Rampen, wo auf die Spiegeldifferenzen zwischen den einzelnen Becken zu achten ist. So darf im Epirhithral das Delta h nicht mehr als 20 cm betragen, wobei auch hier Abweichungen möglich sind, gerade dann, wenn die Beckenübergänge sehr tief ausgeführt werden oder dessen Verlauf flach ausgebildet wird.

Für den stark geschiebeführenden sowie murgängigen Schmiedlebach wurde deshalb ein

Rampenmischtyp gewählt, der zwischen strukturierten, unstrukturierten und eigendynamischen Bauformen liegt und nicht eigens geplant und genau verlegt werden muss. Neben den stützenden unverrückbaren Bauelementen überlässt man die Entwicklung der Fischpassierbarkeit eine dem Gewässer innewohnende Eigendynamik. In der Literatur (Blockrampen Normalien) findet sich die in Tabelle 1 dargestellte Unterteilung mit den entsprechenden Vor- und Nachteilen:

Rampentyp	Beschreibung	Vor- und Nachteile
Geschlossen, klassisch	Rampe aus einer einlagigen Schicht von Blöcken. Die Blöcke werden auf einer Flitterschicht aus Grobkies verlegt. Die Zwischenräume werden minimiert und die Blöcke kraftschlüssig aneinander gesetzt.	Vorteil: bekannter, oft realisierter Rampentyp, sehr großer Anwendungsbereich, bei steiler Ausführung kurzes Bauwerk Nachteil: ungünstiger Versagensmechanismus im Überlastfall, naturferne Lösung, Fischdurchgängigkeit nur bei guter konstruktiver Gestaltung und flacher Ausführung gewährleistet, Einbau muss exakt erfolgen.
Aufgelöst, unstrukturiert	Die Blöcke werden einzeln auf der Sohle verlegt und die ca. $\frac{1}{4}$ Blockdurchmesser eingeschüttet. Die Sohle wird überhöht eingebaut (Pufferzone) und erreicht die Endsohlenlage nach einer hydraulischen Belastung. Die Blöcke reduzieren die hydraulische Belastung auf die Sohle und verhindern so eine weitere Erosion.	Vorteil: Fischdurchgängigkeit gewährleistet, günstiger Versagensmechanismus im Überlastfall. Nachteil: Anwendungsbereich begrenzt, langes Bauwerk, Materialverlust wegen abschwemmen.
Aufgelöst, eigendynamisch	Eine Mischung aus Grobkies und Blöcken wird in die Sohle eingebracht, wobei das eingebaute Gefälle grösser ist als das gewünschte Endgefälle. Bei grossen Abflüssen wird das Material vom Fluss umgelagert, das Gefälle reduziert sich. Es entsteht stabile Riegel- und Beckenstrukturen analog zu den Strukturen in Wildbächen.	Vorteil: naturnahe Lösung, Fischdurchgängigkeit gewährleistet, günstiger Versagensmechanismus im Überlastfall, einfacher Einbau. Nachteil: Anwendungsbereich begrenzt, langes Bauwerk, genau definierte Kornverteilung des eingebrachten Materials erforderlich, keine Erfahrung mit diesem Rampentyp, Materialverlust wegen Abschwemmen

Tab. 1: Beschreibung der Rampentypen und ihre Vor- und Nachteile nach Blockrampen Normalie, 2008, verändert.

Tab. 1: Description of the different types of ramps with their pros and cons. (Ramp standard, 2008, modified).

Die in Tabelle 1 angeführten Rampen sind ebenso künstlich errichtete Bauwerke, die je nach Konstruktion und Gefälle eine mehr oder weniger naturnahe Sohldynamik bei gleichzeitiger Sohlstabilisierung zulassen. Laut einschlägiger Literatur ist die Stabilität der Rampe von der Gerinneneigung und den spezifischen Abflüssen (spezifischer Abfluss in m^3/m Gerinnebreite im Bemessungsfall) abhängig. Die oa. Typen sind im Wesentlichen auf ein Gefälle von $< 10\%$ limitiert, bei großen Höhenunterschieden werden entsprechend lange Bachstrecken beansprucht. Natürliche Fischgewässer mit einem durchgehenden Gefälle $> 10\%$ sind meist selten anzutreffen, hin und wieder als Zwischenstrecken.

Im Überlastfall können auch bei strukturierten Rampentypen einzelne Blöcke aus dem Verbund gerissen werden, was in weiterer Folge bis zur kompletten Zerstörung der Rampen führen kann.

Rampenlösungen am Schmiedlebach

Im dicht bebauten Ortsbereich des Schmiedlebaches kann ein Versagen der Rampe und der damit verbundenen Geschiebefreisetzung keinesfalls toleriert werden. Weshalb sich die hier eingesetzten Rampen sowohl im relativ flachen Gewässerabschnitt ($< 2\%$) als auch im etwas steileren Bachlauf ($< 5\%$) von den üblichen Rampen aus den Lehrbüchern unterscheiden. In den nachfolgenden Typenzeichnungen sind die zwei verwendeten Rampentypen am Schmiedlebach, abhängig von der Neigung, schematisch dargestellt. Dazu kann folgendes angemerkt werden:

Die drei errichteten Rampen überbrücken mit unterschiedlichen Neigungen den Zulaufkanal zur ARA Egg (Gefälle: $3\text{--}5\%$), ein Widerlager der ehemaligen Eisenbahnbrücke (Gefälle mit $5\text{--}7\%$) und das erste Konsolidierungsbauwerk in Ortszentrum von Egg (Gefälle $5\text{--}10\%$).

Die Standfestigkeit der Rampenbauwerke, welche ohne Beton errichtet wurden, sind durch eine bogenartige Anordnung der Sohlgurten, Steinklasse VI, in Längsrichtung verlegt, erreicht worden. Entscheidend dabei ist die verkeilende Verlegung der Flussbausteine im Riegelverbund, vergleichbar mit einem Torbogen, sodass sie sich gegenseitig abstützen. Eine Neigung im Längsverlauf ist genauso wichtig, wie im Querverbund. Damit kann bei unterschiedlichen Wasserführungen ein Fischaufstieg gewährleistet werden, auch dann, wenn Kolke entstehen und die maximal mögliche Differenz der Wasserspiegellage überschritten wird. Die Sohlgurte werden mit alternativ gestalteten Wanderkorridoren ausgeführt, sodass sich bei Niederwasser ein pendelnder, den natürlichen Gegebenheiten (zB am Außenbogen) angepasster, Gewässerverlauf ergibt. Der Raum zwischen den Sohlgurten wird mit natürlichem Substrat verfüllt. Im Zuge der vorherrschenden Eigendynamik des Gewässers können sich allenfalls Anlandungen oder Kolke ausbilden.

Die alten Konsolidierungsbauwerke wurden erhalten und dienen im Versagensfall als versteckte Sicherung für die vorgebauten Rampen. Die Riegel wurden nicht in einem gleichmäßigen Abstand verlegt und auch deren Höhe wurde nicht exakt festgelegt. Inklusiv der dazwischen verlegten Steine entsteht damit eine unregelmäßig gestaltete Bachsohle mit unterschiedlich großen Kolken. Teile dieser Strukturelemente werden durch Hochwässer umgelagert und tragen mit dem natürlichen Sohlsubstrat, das zwischen den Riegeln ein- oder ausgeschwemmt wird, zur natürlichen Ausformung des Lebensraumes bei. Diese ohne Beton gefertigten Rampen sind keine klassischen Wanderhilfen, sondern stellen auch Lebensräume für unterschiedliche Fischarten und Fischgrößen sowie Gewässerorganismen zur Verfügung. Siehe hierzu auch die Bilder 1–3 für die Ausgestaltung der Blockrampe mit einer Neigung

$< 3\text{--}5\%$ und die Bilder 3–6 für die Blockrampe $< 5\text{--}7\%$. Eine schematische Darstellung mit Rampen mittlerer Neigung ist in Abbildung 1 dargestellt.

Bei Rampenneigungen über 10% kann in Wildbächen eine Verlegung der Flussbausteine ohne Beton nicht durchgeführt werden. Die hohe Energie im Bemessungsfall zwingt zu einer massiven Ausgestaltung der Rampe mittels in Beton gelegten Flussbausteinen als Sohlgurte und deren strukturierten Deckschicht. Gleichermaßen reicht die Unterkante dieser Sohlgurte unter das ursprüngliche Gerinneniveau, um im Falle eines Teilversagens die völlige Zerstörung der Rampe zu verhindern. Dieser Bautyp, der trotz Verwendung von Beton dem natürlichen Charakter des Gewässers angepasst wurde, stellte hohe Anforderungen an die Baumannschaft. Bei gelungener Ausführung zeigt diese Bauweise ebenfalls eine hohe

Strukturvielfalt, da zwischen Riegeln und Kolke pendelnde Niederwasserrinnen unterschiedliche Tiefen- und Breitenvarianzen ausbilden. Bei den geringen Abflüssen ist die Fischpassierbarkeit nicht die meiste Zeit des Jahres (Q30-Q330) gewährleistet, dies trifft aber auch auf die dann vorherrschende Situation im natürlichen Bachlauf zu. In Abbildung 2 ist eine steile Rampe skizziert.

Aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Bautypen, von „weichen“ bzw. „flexiblen“ auf starre Systeme, kann es zur Ausbildung von tieferen Gumpen und in Bachmitte zu höheren Abstürzen kommen. Dies ist bei ggst. Projekt aufgrund der Unterbrechung des Geschiebetriebes aus dem Oberlauf (Neubau einer großen Konsolidierungssperre, welche sich in den nächsten Jahren verfallen wird) zu erwarten. Dieser Missstand sollte sich jedoch im Laufe der Zeit wieder entschärfen.

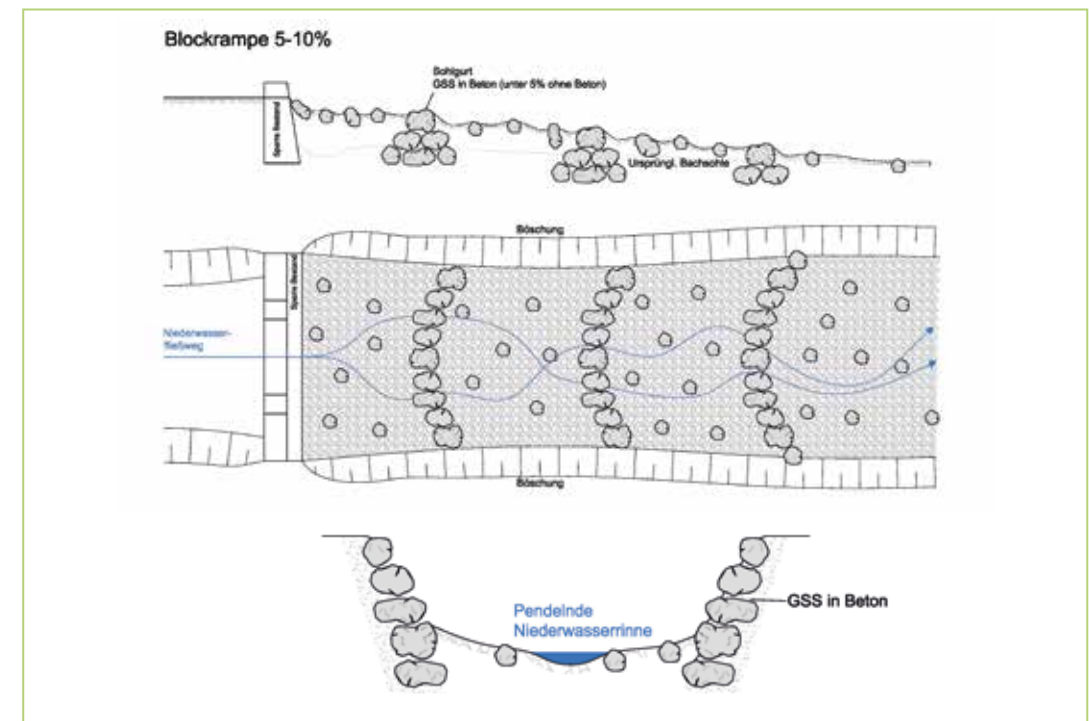


Abb. 2: Schematische Darstellung für Blockrampen mittlerer Neigung inkl. einem Querprofil

Fig. 2: Schematic diagram for block ramps with medium inclination incl. a cross profile

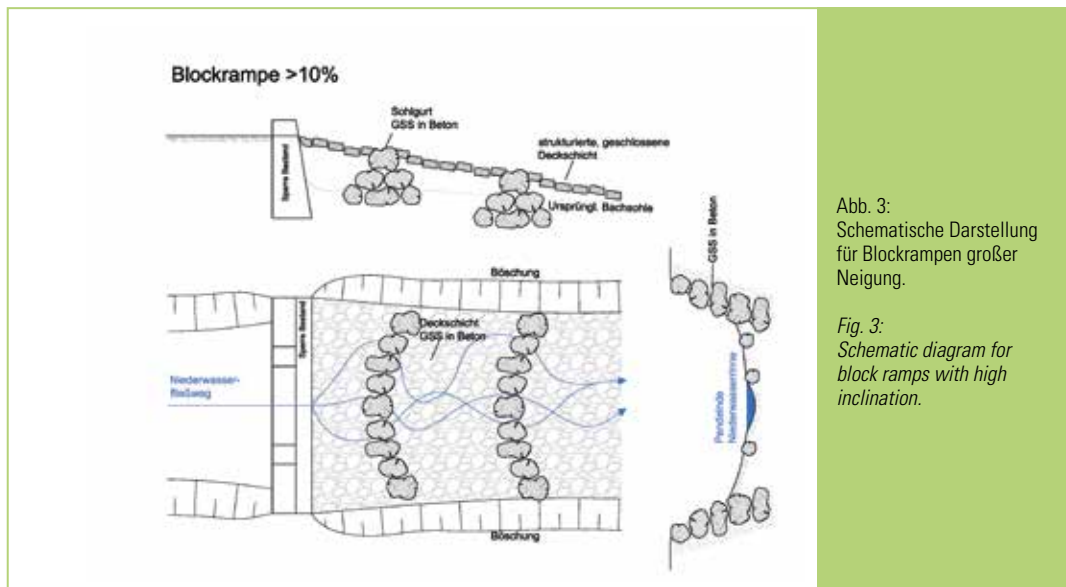


Abb. 3:
Schematische Darstellung
für Blockrampen großer
Neigung.

Fig. 3:
Schematic diagram for
block ramps with high
inclination.



Abb. 4: Fertig gestellte Rampe (<5 %) kurz vor der Einmündung in die Bregenzerach, nach der ersten kleineren Bewehrungsprobe, die bogenartige Ausgestaltung der Sohlgurte ist erkennbar.

Fig. 4: Completed ramp (<5 %) just before the confluence with the river Bregenzerach, after the first smaller reinforcement test, the bow-shaped design of the bed sill is recognizable.



Abb. 5: Verlegung der Sohlgurte in einem Bogen mit mittlerer Abflusssequenz, die zum Ufer ansteigend ist und von Riegel zu Riegel etwas pendelt

Fig. 5: Laying the bed sill in an arch with a medium discharge sequence, which rises to the shore and oscillates slightly from bar to bar



Abb. 6: Bogenförmiger Sohlgurt nach einem Jahr bei mittlerer Wasserführung

Fig. 6: Arched bed sill after one year with medium water flow



Abb. 7:
Bogenförmiger
Sohlgurt
bei geringer
Wasserführung

Fig. 7:
Arched bed sill
with low water
flow



Abb. 9:
Selber Standort
wie Foto 6,
nach erfolgter
Sanierung
mittels
Rampenvorbau.

Fig. 9:
Same location
as picture 6,
after renovation
using a ramp
stem.



Abb. 8:
Sohlkonsolidierung zur
Sicherung der
ehemaligen
Bahnbrücke, die
Vorsperre ist
bereits zerstört.

Fig. 8:
Bed
consolidation
to secure the
former railway
bridge, the
auxiliary dam
is already
destroyed.



Abb. 10:
Selber Standort
wie Foto 6 und
7, im Sommer
2018.

Fig. 10:
Same location
as picture 6
and 7, summer
2018.



Abb. 11:
Diese Abstürze im Zentrum
von Egg sollen mittels
Rampen überwunden
werden.

Fig. 11:
These drops in the center
of Egg should be overcome
by ramps.



Abb. 13: Fertigstellung des Rampenvorbaus mit einer Neigung bis zu 10 %; der hintere Bereich zum letzten Absturz ist noch nicht fertig gestellt.

Fig. 13: Completion of the ramp stem with a slope of up to 10 %; the rear area to the last drop is not finished yet.



Abb. 12:
Sohlgurte in Beton
verlegt.

Fig. 12:
Bed sill laid in
concrete.



Abb. 14:
Detailansicht
der sich
begrenzt
entwickelnden
Rampe

Fig. 14:
Detail view
of the limited
developing
ramp

Resümee

Bei Wildbächen, die neben ihren hohen spezifischen Abflüssen häufig auf beengte Platzverhältnisse innerhalb des Siedlungsraumes treffen, stoßen klassische Rampenbauten rasch an ihre Grenzen. Neben den ureigensten Aufgaben des Dienstzweiges, den Siedlungskern vor Wildbachgefahren zu schützen, kann nach Fertigstellung dieses Projekts mit einer ökologischen Verbesserung von ca. 15 hm Gerinne gerechnet werden. Dies ist ein wichtiger Beitrag zum integralen Hochwasserschutz, auch wenn diese Ausführungen sehr material- und aufgrund von beengten Platzverhältnissen (Ufersicherung mittels GSS in Beton) kostenintensiv sind. Für die naturnahe Ausführung braucht es ein entsprechendes ökologisches „Fingerspitzengefühl“. Die ersten Erfahrungen zeigen, dass in Wildbächen mit etwas geringerer Neigung eine Sanierung von bestehenden Konsolidierungsbauwerken auch unter Wahrung ökologischer Gesichtspunkte durchführbar ist.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Andreas Drexel
 DI Elmar Plankensteiner (Fachbereich Ökologie)
 Andreas Steurer
 Wildbach- und Lawinenverbauung
 Gebietsbauleitung Bregenz
 Rheinstraße 32/4
 6900 Bregenz
 andreas.drexel@die-wildbach.at

Alban Lunardon
 Amt der Vorarlberger Landesregierung
 Abteilung Landwirtschaft und ländlicher Raum
 Funktionsbereich Fischerei
 und Gewässerökologie
 Josef- Huter- Straße 35
 6900 Bregenz
 Postadresse: Landhaus, A- 6901 Bregenz
 alban.lunardon@vorarlberg.at

Literatur / References:

NRW MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2005):
 Handbuch Querbauwerke

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT SEKTION VII WASSER (2012):
 Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen (FAHs), Entwurf, Wien

BLOCKRAMPEN, ANFORDERUNGEN UND BAUWEISEN, WORKSHOP DER VAW VOM 5. Oktober 2006,
 VAW Mitteilungen Nr. 201, Zürich, 2007

Go ahead...

Wir sind Ihr absolut kompetenter Partner bei Planungen, Gutachten und Projektmanagement von...

- Wildbachverbauungen
- Schutzwasserbauten
- Böschungssicherungen
- Lawinenverbauungen
- Forst- und Güterwegen
- Landschaftspflegerische Begleitplanung
- Speicherteiche
- Schneeanlagengesamtplanung
- Skipistenbau
- Schneileitungssystemen
- Wasser- und Quellsfassungen
- Wasserver- und entsorgung
- schiGIS®-Infosystem für Skigebiete
- uvm...

www.klenkhart.at

Klenkhart & Partner Consulting
 A-6067 Absam · Salzbergstrasse 15
 Telefon: +43 (0) 50226-0 · Fax: +43 (0) 50226-20
 e-mail: office@klenkhart.at

KLENKHART & Partner Consulting

VERENA GFRERER, HARALD HASEKE

Wildbachverbauung und Steinkrebsprogramm im Mitterndorfer Biotopverbund

Eine gelungene Kooperation im LIFE Projekt „Ausseerland“

Torrent control and Crayfish Program in the „Mitterndorfer Biotope Network“ – a successful cooperation in the LIFE project „Ausseerland“

Zusammenfassung:

In einem LIFE-Natur-Kooperationsprojekt arbeiteten die Wildbach- und Lawinenverbauung Steiermark, die Baubezirksleitung Liezen und die Österr. Bundesforste zusammen. Bei der Koordination eines Wildbach-Schutzprojektes, zweier ökologischer Rückbauprojekte und des „Artensicherungsprojektes Steinkrebs“ (ÖBf) zeigte sich, dass Bauvorhaben unter ökologischer Begleitung viele Synergien für den Naturschutz bringen. So konnten wir über 6 Wochen eine Steinkrebs-Population (*Austropotamobius torrentium*) praktisch ohne Verluste absammeln und zum Teil in die neu geschaffenen LIFE-Habitate umsiedeln. Als wichtige Erkenntnis kann man mitnehmen, dass ein einmaliges Absammeln der Krebse knapp vor Baubeginn nur einen Bruchteil der Population vor der Vernichtung hätte retten können.

Stichwörter:

Steiermark Nord, LIFE Projekt, Renaturierung, Steinkrebs

Abstract:

In a LIFE project, the Austrian Service for Torrent and Avalanche Control, Northern Styria, the Federal River Management and the Austrian Forestry Corporation (ÖBf) were associated. A torrent prevention project, two river removal projects and the wildlife project „Crayfish“ could be carried out in this framework under ecological supervision. This caused a lot of synergies for the conservation of nature. During 6 weeks we kept a large population of Torrent Crayfish from destruction and relocated a part of them into the new restored habitats, which they accepted immediately. A single picking-up of the crayfish shortly before the beginning of the construction site (as suggested in some guidelines) would not have been successful to prevent the population from elimination.

Keywords:

Northern Styria, LIFE Project, restoration, crayfish

Das LIFE Projekt „Ausseerland“ und die Steinkrebse

In der nordwestlichen Gebirgsecke der Steiermark läuft von 2013 bis 2019 das LIFE+ Projekt „Naturwald, Moore und Lebensraumverbund im Ausseerland“, kurz: LIFE-Ausseerland (Koordination: Österreichische Bundesforste AG). Innerhalb dieses großen und themenreichen Natura 2000-Naturschutzprogrammes wird der „Mitterndorfer Biotopverbund (MBV)“ geschaffen, ein Netzwerk aus Fließgewässern, Stillgewässern und Feuchtgebieten quer durch das Talbecken zwischen Bad Mitterndorf und Kainisch-Ödensee. Damit werden nicht nur Lebensräume gesichert, sondern auch die Natura 2000 Gebiete Ödensee, Totes Gebirge und Dachsteinplateau miteinander verbunden.

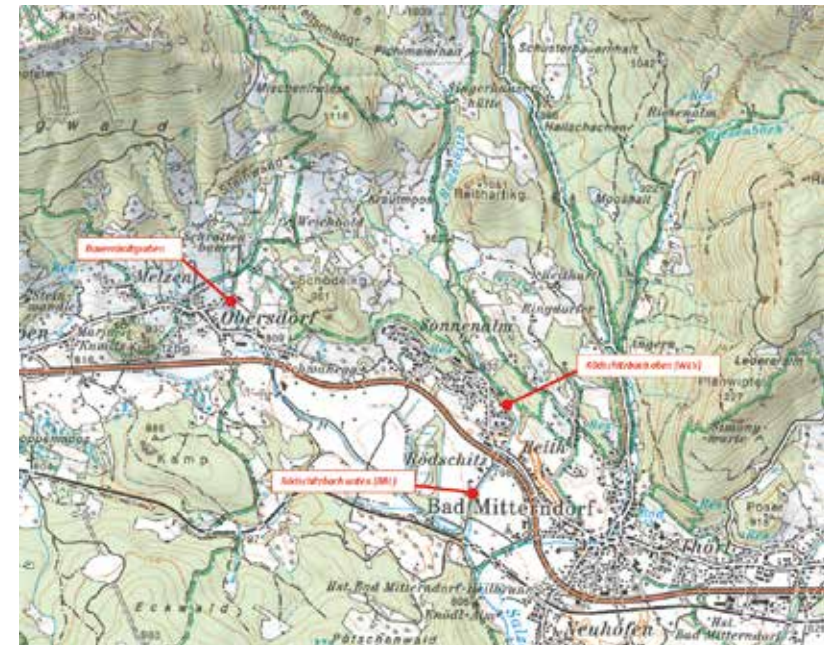


Abb. 1: Lage der Baustellen im Ausseerland (Nordsteiermark). – Basis: ÖK WebGIS Stmk

Fig. 1: Situation of the construction sites in the Aussee region (Northern Styria)

Für dieses Biotopverbundssystem wurden auch gewässerbauliche Vorhaben in Angriff genommen, welche die Beseitigung von künstlichen Wander-

barrieren wie Grundschnellen oder Abstürze zum Ziel haben. Im LIFE+ Projekt Ausseerland wirken daher sowohl die Wildbach- und Lawinenverbauung wie auch die Schutzwasserwirtschaft A14 / Baubezirksleitung Liezen als eigenständige Partner mit.

Das LIFE Projekt will gewährleisten, dass bauliche Eingriffe in Fließgewässer mit ökologischen Anforderungen und Lebensraumanforderungen des Steinkrebse (*Austropotamobius torrentium*) abgeglichen werden. Dieser kleinere unserer zwei heimischen Flusskrebse ist selten geworden, kommt aber im Ausseerland noch in guten Beständen vor.

Allerdings sind seine Lebensräume in den Bächen immer mehr durch Querbarrieren und glatte, begradigte Regulierungsstrecken ver-

loren gegangen. Auch andere Umweltsünden und Wasserverschmutzungen haben mitgewirkt, dass sich das Tier nach und nach in die Seitengraben der Unterhänge zurückgezogen hat. Diese Kleinbäche sind aber oft von unten her durch lange Rohre oder Mündungsstufen abgeschnitten. Seitens der ÖBf wurden ab 2015 etliche unpassierbare Forststraßen-Durchlässe mit sohlgleich eingebundenen Strukturrohren umgebaut und Besitzversu-

che in geeigneten Gewässern mit Steinkrebsen durchgeführt.



Abb. 2: Blick in ein strukturiertes Rohr mit gleichsohliger Anbindung. Fotos: H. Haseke 15.10.2015

Fig. 2: Structured pipe

Das ökologische Rückbauprojekt „Rödschitzbach I“ (Leitung: Elisabeth Stocker, WLV)



Abb. 3: Einzugsgebiet Rödschitzbach (rot), mit den Gewässerabschnitten, die durch WLV und BBL bearbeitet wurden. Basis: Ortsplan WebGIS Stmk

Fig. 3: Catchment of the Rödschitzbach (in red) with the creek sections shaped by the WLV and the A14/BBL.

Der Rödschitzbach ist ein Salza-Zubringer im Mitterndorfer Becken. Vom obersten Quellgraben am Kampl (1685 m) hat der Rödschitzbach eine Streckenlänge von rund 8 km und ein Einzugsgebiet von 7,5 km². Der mittlere Jahresniederschlag liegt im Tal bei 1.580 mm, das Bemessungs-HQ₁₅₀ wurde mit 38 cbm/s berechnet. Bei ruhigem Wetter schüttet der Bach nur 30 bis 50 l/s. Unterhalb hm 14 war der bis dorthin naturnahe Bachlauf durch zwei senkrechte Querbarrieren mit Rückhaltebecken und 1.5 bis 2 m Absturzhöhe unterbrochen. Die Ausschotterungsbecken wurden aber nur selten geräumt und hatten damit ihre Funktion verloren. Probleme im Ort waren in der Vergangenheit laut Anrainern durch (wohl selbstverschuldete) Eisstöße und Wildholz aufgetreten.

Das Rückbauprojekt sah die einfache Schlitzung beider Sperren mit Betonverstärkung (Winkelstützscheiben) und Rückhaltebecken vor. Kurz vor Beginn des Sperren-Rückbaues wurde die Baustellenstrecke auf Steinkrebsvorkommen untersucht, um die Tiere aus dem Gefahrenbereich zu bringen. Im Tosbecken der unteren Sperre konnten rund 15 Steinkrebse gefangen und nach weiter oben versetzt werden. Damit war erwiesen, dass die Tiere von unten zuwandern, dann aber nicht mehr weiter können. Umgebaut wurde letztlich nur die untere Sperre, die obere wurde im Bachbettbereich komplett abgetragen und das gesparte Geld in den ökologischen Ausbau gesteckt.

Der Bau der Stützscheibe mit dem Schlitzdurchlass und die anschließende Renaturierung von über 300 m Bachstrecke wurde in durchgehend sehr rauer quasinatürlicher (ingenieurbiologischer) Bauweise durchgeführt. Das Bachbett in den Rückhalteräumen war vorher konturlos und einformig schottrig-lehmig und wurde, da man hier wenig kaputt machen konnte, für die Baustraße benutzt. Mit deren Rückbau wurde der

Rödschitzbach als Steinkrebs- und Jungfischhabitat komplett neu gestaltet. Neben den Blocksohlgeruten zur Stabilisierung der Bachsohle wurden zahlreiche Buchten, Kurven und zwei altwasserartige Hochwassereinfläufe in ein kleines Augebiet gegraben. Diese Au wurde durch die Österr. Bundesforste von den ausdunkelnden Fichten befreit, und zwei zusätzlich angelegte, große Amphibienteiche bieten nun auch den Fröschen, Unken und Molchen eine Kinderstube. Außer beim Bau der Stützscheibe wurde nirgends Beton verwendet. Ende April 2018 waren die Arbeiten beendet.

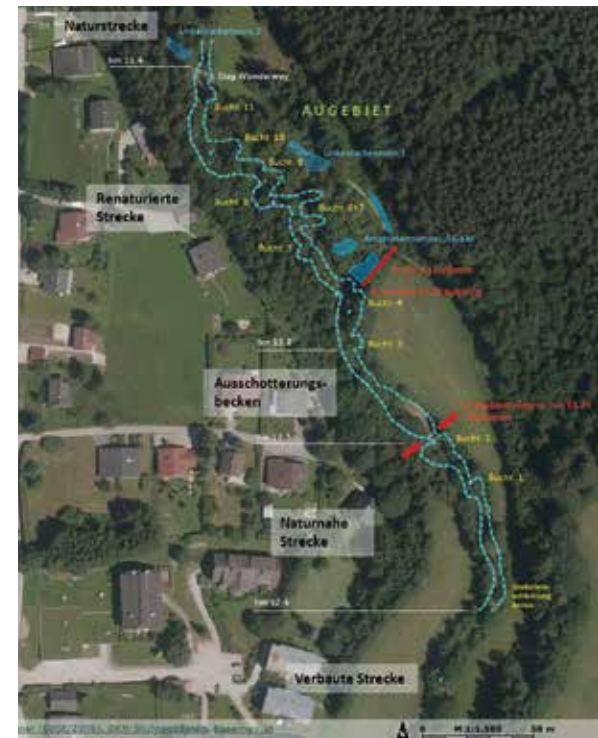


Abb. 4: Der obere Rödschitzbach mit den wichtigsten, im Zuge des WLV-Renaturierungsprojektes hergestellten Strukturen. Basis: Orthofoto WebGIS Stmk., Einmessung per GPS und Zeichnung: H. Haseke

Fig. 4: The upper section of Rödschitzbach with the main structures realised by the WLV in the LIFE restoration project

Das ökologische Rückbauprojekt „Rödschitzbach unten“ (Leitung: Ursula Suppan / A14 und Walter Kanduth / BBL)

Der unterste Kilometer des Rödschitzbaches quert das Talbecken und ist – man kann es kaum anders bezeichnen – ein Kanal. Ein schnurgerades Wasserabfuhrgerinne, Ufer und Sohle mit glatter Steinschichtung, dann ein Steilabfall mit Ausschotterungsbecken – wie man es in den 1950er bis 70er Jahren gern gebaut wurde. Bei etwas höherem Durchfluss gibt wahrscheinlich auch der stärkste Wanderkrebs irgendwann auf und wird wieder zurück an den Start gespült. Dennoch: Die Wasserqualität ist hervorragend, die Ufer



Abb. 5: Der untere Rödschitzbach mit den wichtigsten, im Zuge des BBL-Renaturierungsprojektes hergestellten Strukturen. Basis: Orthofoto WebGIS Stmk., Einmessung per GPS und Zeichnung: H. Haseke

Fig. 5: The lower section of Rödschitzbach with the main structures realised by the A14/BBL in the LIFE restoration project

sind gut bewachsen, und der Steinkrebs wandert in Einzelexemplaren durch. Aber schade um diesen Lebensraum, der sich im Sommer bis auf über 18 °C erwärmt – ideal für die Vermehrung.

Nun traf es sich gut, dass der Baubezirksleitung bzw. der A 14 nach der LIFE-Restrukturierung der Salza-Sohlgrundschwelen bei Grubegg noch Restmittel übrig geblieben waren. Mit einer durchaus nachahmenswerten „Budget“ – Methode gelang es, auch diese Korridorstrecke nicht nur mit etwas besseren Strukturen auszustatten, sondern tatsächlich auch mit Kleinlebensräumen wie Seitenbuchten zu revitalisieren. Die kräftigen Wurzelstöcke, die wir als Unterstände

in die Buchten und in die abgerampte Stauwurzel des Schotterfangbeckens einbauen konnten, wurden von der WLV-Baustelle Bauernhaltgraben geliefert.

Die Arbeiten waren Mitte Juni 2018 beendet. Vor allem die kostengünstige Methode, die Steinsohle anzubohren und mit Metallstiften „Störsteine“ und Holzteile als Ruhepunkte und Strömungsbrecher einzupflanzen, kann für kleine, schnell zu realisierende und leistbare Verbesserungen in ähnlichen Gerinnen empfohlen werden!



Abb. 6: Die untere Rödtschitzbach-Strecke ist als glatter, gepflasterter Steinkanal ausgebaut. Die Strecke ist für stärkere Steinkrebse mit Mühe durchwanderbar, bietet jedoch auf weite Strecken weder Rastpunkte noch Unterschlupf. Daher schien es wichtig, zunächst einmal Ruhepunkte durch Verankern von Steinen und Ästen zu schaffen. Fotos: H. Haseke

Fig. 6: The lower Rödtschitzbach reach is designed as a slick, shapeless stone channel. Strong crayfish might master this intersection with some effort, but there are neither resting points nor shelters. Therefore it seemed to be priority to build some rest areas.



Abb. 7: Mit dem Kleinbagger geschaffenen Strukturen in der renaturierten unteren Rödtschitzbach-Strecke. Fotos: H. Haseke Mai bis Juni 2018

Fig. 7: Some of the realised new structures in the lower Rödtschitzbach



Das Wildbachverbauungsprojekt „Bauernhaltgraben“ (Leitung: Patrick Habacher, WLV)

Dieses reine Schutzprojekt der WLV lag sowohl außerhalb des LIFE Projektes wie auch des geplanten Natura 2000 Gebietes „Mitterndorfer Biotopverbund“. Im Wesentlichen bestand das Vorhaben aus dem Bau einer Sperre mit Wildholzrechen beim Tobiesengut, des Austausches enger Rohrdurchlässe durch Brücken und der Neugestaltung des sehr verwachsenen Bachbettes im Siedlungsbereich. Im Hinblick auf mögliche Steinkrebs-Vorkommen war bereits 2014 eine Kooperation zwischen WLV und ÖBf vereinbart worden.

Weil das Bauerngrabensystem nicht im LIFE-Programm war, war hier auch eine Steinkrebs-Kartierung unterblieben, und so fand der noch winterliche Baubeginn im März 2018 in einer naturschutzfachlichen „Blackbox“ statt. Als erste Vorsichtsmaßnahme wurden Uferblöcke am Ort der geplanten Sperre sehr vorsichtig angehoben, und siehe da – einige große Krebse, darunter ein eiertragendes Weibchen, kamen zum Vorschein. Wir waren also gewarnt, doch noch konnte sich niemand vorstellen, wie sich die Situation Anfang Mai entwickeln sollte.

Zum regulären Umbaubeginn des Bachbettes wurde der Verfasser verständigt und führte eine nächtliche Leuchtaktion durch. Das Ergebnis war niederschmetternd: Es wimmelte von Steinkrebsen, die im sehr lückigen und verwinkelten Bachbett kaum zu erwischen waren. Nun ist der Steinkrebs im europäischen Naturschutz, der für die Natura 2000 Gebiete relevant ist, eine „prioritäre Art“, oder mit anderen Worten: sehr wichtig.

Also wurde mit der „Abfischung“ mit drei Reusen begonnen. Bereits am ersten Tag waren 18 Krebse gefangen. Das sollte nun die nächsten sechs Wochen lang tagtäglich so weitergehen. Einmal waren kaum Krebse, dann wieder zehn Stück in den Reusen. Zusätzlich wurden immer wieder Krebse von den Mitarbeitern der WLV abgesammelt, wobei besonders das kurzfristige Leerpumpen kleiner Bachabschnitte aus baulichen Gründen Erfolge brachte. Insgesamt wurden auf diese Weise 320 Steinkrebse in einem kaum 70 Meter langen Bachabschnitt abgesammelt, davon 313 oder 98 % lebend und vital. Ein Viertel davon waren eiertragende Weibchen, ein sehr hoher Anteil. Viele Exemplare waren ungewöhnlich groß, und rund drei Prozent waren blau gefärbt – eine farbliche Variation, die bei den normalerweise mittelbraunen Tieren sehr selten ist.



Abb. 8: Krebsreue „Pirat“ beim Straßendurchlass des Bauerngrabens. In nur einer Nacht gingen 18 Steinkrebse in diese Falle. Foto: H. Haseke 2.5.2018

Fig. 8: Crayfish trap „Pirate“ at the street culvert in the Bauerngraben: 18 individuals were caught in one single night



Abb. 9: Ein großer „Blaukrebs“ als optisches Highlight unter seinen Kollegen. Die Färbung ist im Steirischen Salzkammergut einzigartig. Nur drei Prozent der Bauerngraben-Population hatten diese türkisblaue Farbe. Fotos: H. Haseke 15.5.2018

Fig. 9: A pretty large blue crayfish as an optic highlight among his comrades. In the Salzkammergut region, the colouring is outstanding. Only 3 percent of the Bauerngraben population are blue coloured.

Zusätzlichen Stress für die Tiere brachte die Trockenperiode ab Mai 2018. Die Wasserführung sackte auf ein Minimum ab und im Baustellenbereich fiel die Bachsohle mehrmals völlig trocken. Mit der dadurch einher gehenden starken Verschlammung, die trotz aller Vorsicht unvermeidlich war, wurde die Situation zunehmend kritisch. Bald war ein Versatz der Krebse in den Bauerngraben oberhalb wegen des Wassermangels kaum mehr vertretbar. Doch die Lösung bot sich an: Das neue Habitat im Rödschitzbach, soeben fertig geworden. Mit Einverständnis unserer Steinkrebs-Experten von der Salzburger LimAG wurden daher bis Ende Juni 2018 insgesamt 135 Steinkrebse, darunter 35 eiertragende Weibchen, in die neu geschaffene, nur 2 km weit entfernte Habitatzone ausgesetzt. Weitere 35 Krebse wur-



Abb. 10: Trockenstress im Bauerngraben: Am 10.6.2018 fiel der Bach im Baubereich völlig trocken, hatte aber oberhalb im Wald noch ausreichend Wasser. Foto: H. Haseke

Fig. 10: Drought stress in the Bauerngraben: The runlet dried completely out at June 10th, but upstream, there was a touch of water

den in den untersten Almgraben in Neuhofen umgesiedelt. Es versteht sich von selbst, dass die nunmehr verbaute Strecke des Bauernhaltgrabens so gut wie möglich wieder mit tauglichen Mikrohabitaten ausgestaltet wurde, damit auch sie möglichst rasch wieder vom Steinkrebs besiedelt werden kann.



Abb. 11: Einige Impressionen aus der letztlich doch „leergefischten“ Bachstrecke nach dem Umbau. Man erkennt, dass die Steine sehr lückig gelegt wurden, aber zum Ausschwemmen des ungünstigen Feinmaterials wird es noch einige ordentliche Hochwasserdurchläufe brauchen. Fotos: H. Haseke Juni 2018.

Fig. 11: Some impressions about the former crayfish habitat after the regulation. It seems most likely that the structures will fit for the population in the future, but it needs some floodings to wash out the sand and clay plugging the fissures between the larger stones.

Ergebnis der Steinkrebs-Umsiedelung

Mitte August 2018 wurden die revitalisierten Strecken des Rödschitzbaches auf Steinkrebsvorkommen untersucht. Oft scheitert ja ein Besatz, weil den Tieren irgendetwas nicht passt und sie sofort abwandern. Das Ergebnis war überraschend:

„Im Bereich der punktuellen Öffnun-



gen entlang des Rödschitzbaches bis zur Eselalm konnten wir in nahezu jeder Bucht Steinkrebse nachweisen (BBL-Strecke, Anm.). Die verbauten Wurzelstöcke und die rau verlegten Flussbausteine stellen ein optimales Habitat dar (...) Im Bereich der alten Querbauwerke bei der Sonnenalm (WLV-Strecke, Anm.) wurden zahlreiche Individuen beobachtet (...) Der Schlitz dürfte freidurchwanderbar sein, auch das Ausschotterungsbecken mit seinem unverfugten Blockverbau am Ufer stellt einen Lebensraum mit wichtigen Versteckmöglichkeiten dar. In den ausgeformten Stillwasserbereichen wurden zahlreiche Steinkrebse nachgewiesen, besonders unter den Ufersteinen und den Wurzelstöcken. Die Schaffung von solchen für den Steinkrebs so wichtigen Refugialstrukturen scheint somit voll und ganz gelungen zu sein. Aus dem unpassierbaren Rödschitzbach ist nicht nur eine Migrationsachse, sondern auch ein neuer Lebensraum entstanden. Die Verbindung zum Obersdorfbach bachabwärts und zum Krautmoosbach, Borzenbachl bis



Abb. 12: Pionierbesiedler in der neu gestalteten Renaturierungsstrecke des Rödschitzbaches – auch ein quietschblaues junges Weibchen ist dabei. Fotos: Brameshuber & Gfrerer, Mitte August 2018.

Fig. 12: Pioneer settlers in the reconditioned section of Rödschitzbach. We recognised also a flashy blue female crayfish.

hinauf zur Singerhauserhütte ist nun gegeben, was eine maßgebliche Verbesserung des Erhaltungszustandes gemäß FFH-Richtlinie bewirkt. Es ist zudem zu erwarten, dass sich in der einst dünn besiedelten Gewässerstrecke eine intakte Populationsstruktur ausbildet. Gratulation an das gesamte Team für die Umsetzung!“

Dieser Stellungnahme der Krebs Experten ist nichts hinzuzufügen. Interessant ist die schnelle Besiedelung auch der BBL-Strecke am unteren Rödschitzbach, die nicht besetzt worden war. Hier müssen die Tiere von selbst eingewandert sein. Möglicherweise waren auch Exemplare dabei, die vor der Eintrübung der Bauernhaltbaustelle geflüchtet sind (Verbindung über den Obersdorfer Graben).

Erkenntnisse für die Weiterarbeit

- Die Veranlassung von Vorerhebungen geschützter Arten ist bereits im frühen Projektplanungsstadium anzuraten, wenn die Naturschutzbehörde keine Unterlagen hat. Die Bauplanung sollte dann technisch und zeitlich darauf abgestimmt werden.
- Wenn Steinkrebse da sind, dann hilft es nicht viel, „die Krebse einige Tage vorher abzusammeln“. Mit dieser Methode, die in vielen Handbüchern und Leitfäden empfohlen wird, wäre nicht einmal ein Zehntel der letztlich geretteten Population erfasst worden, weil man die Tiere schwer sieht und nicht leicht fangen kann. Logischerweise merkt man dann auch nicht, wenn man sie zerstört. Man muss sich auf ein baubegleitendes Absammeln einstellen, wobei der Einsatz von Reusen notwendig ist. Bewährt hat sich die Kombination von täglichen

Reusenentleerungen, händischem Absuchen von Gumpen und Pools, und Leerpumpen von kurzen Bachabschnitten mit Absammeln der dann bald hervorkriechenden Tiere.

- Es ist nicht bekannt, inwieweit „ökologisch“ verbaute Bachabschnitte tatsächlich wieder von Arten wie dem Steinkrebs angenommen werden. Mit anderen Worten, es fehlt die Erfolgskontrolle oder die Evaluation. Der Rödschitzbach und das Bauerngrabensystem würden sich dazu anbieten. Ein derartiges Monitoring sollte aber an mehreren Bächen, die in den letzten Jahren verbaut wurden und wo es vorher mit Sicherheit Krebsvorkommen gab, angewendet werden.
- Wenn Wurzelstöcke entfernt werden müssen, sollen sie, wenn möglich, wieder als Strukturen im / am Bachlauf eingebaut oder dem nächsten Renaturierungsvorhaben zur Verfügung gestellt werden, denn dort sind sie heiß begehrt. Von der Baustelle Bauernhaltgraben sind etliche Laubholzstöcke in den unteren Rödschitzbach eingebaut worden, und weitere vier LKW-Fuhren lagern in einer alten Schottergrube, bis sie gebraucht werden.
- Obwohl die Schlitzpassage im Rödschitzbach gut durchwanderbar ist, kann sie schon bei einer kleinen Holzverklausung unpassierbar werden. Wir haben daher einen engagierten Anrainer für die nächsten Jahre dafür gewinnen können, diesen Problempunkt regelmäßig zu kontrollieren.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Msc Verena Gfrerer
 ARTENreich OG
 Ringweg 16/2, 5400 Hallein
 gfrerer@artenreich.at

Dr. Harald Haseke
 LIFE Projekt Ausseerland
 Sonnenalm 9, 8983 Bad Mitterndorf
 Schanzlgasse 4, 5020 Salzburg
 harald.haseke@gmx.at

Literatur / References:

BRAMESHUBER, S. & GFRERER, V. (2015):
 Life Ausseerland A.9 Zielarten - Managementplan Fließgewässer: Austropotamobius torrentium und Cottus gobio. - Unveröff. Bericht i.A. der ÖBf AG, Bad Goisern 2015: 38 S., Karten und Abb.

HASEKE, H. (2015):
 LIFE Module C.8 und C.13: Austausch von Rohrdurchlässen an Forststraßen im Mitterndorfer Biotopverbund. Dokumentation Teil I (2015). - Unveröff. Bericht i.A. der ÖBf AG, Bad Goisern 30.12.2015: 19 S.

HASEKE, H. (2018a):
 Mitterndorfer Biotopverbund, Renaturierung Rödtschitzbach: Ökologische Begleitaufsicht. - Unveröff. Bericht i.A. der Wildbach- und Lawinenverbauung GBL Steiermark Nord, Liezen 30.07.2018: 41 S.

HASEKE, H. (2018b):
 Mitterndorfer Biotopverbund, Renaturierung Rödtschitzbach unterhalb Salzkammergutstraße B 145. - Dokumentation für Amt der Stmk. Landesregierung A14 und Baubezirksleitung Liezen. - Unveröff. Bericht im Auftrag der ÖBf AG, Bad Goisern, 12.8.2018: 19 S.

HASEKE, H. (2018c):
 Mitterndorfer Biotopverbund: Verbauung Bauern(halt)graben, Betreuung Steinkrebsvorkommen / FFH-Annex II / *Austropotamobius torrentium. - Unveröff. Bericht im Auftrag der Wildbach- und Lawinenverbauung, GBL Steiermark Nord - Liezen, 24.8.2018: 37 S.



ENGELBERT SCHMIED, ELISABETH STOCKER

„Life-Projekte“ – Erfahrungen der Gebietsbauleitung Steiermark Nord

“Life-Projects” – experiences of the regional headquarters Styria North

Zusammenfassung:

In den letzten 13 Jahren war die Gebietsbauleitung Steiermark Nord der Wildbach- und Lawinnenverbauung Partner in drei life-Projekten. Die große Herausforderung dieser Kooperationen war die Synthese von Schutzfunktion und Ökologie in den verschiedensten Einsatzbereichen. Bis hin zur Entwicklung von optimalen Bautypen umfasste dies oftmals mehrfaches Probieren, Warten auf die Auswirkungen und Abändern.

Stichwörter:

Life, Ökologie, EU

Abstract:

In the last 13 years, the regional headquarters Styria North of the Austrian Service for Torrent and Avalanche Control has been involved in 3 life-projects.

The great challenge was the synthesis between the protection function and the ecology in many various areas of application. This comprised a series of testing, waiting for the impact, adaptations and finally the development of new optimal building types.

Keywords:

Life, ecology, EU

Einleitung

Rufen wir uns noch einmal ins Gedächtnis, wofür das Wort ‚life‘ steht: Seit 1992 ist dies das Europäische Finanzierungsinstrument für Natur und Umwelt. Life Natur steht zudem für das Management von besonders geschützten Arten und Natura2000 Gebieten.

Life ist keine Förderung von Nationalparks, sondern ist von jeder Institution abrufbar, die sich um ein Natura2000 Gebiet und um seine besondere Biodiversität kümmern will. 50 % der Projektkosten können seitens der EU gefördert werden.

Life Projekt Johnsbach

Unser erster Einstieg war im Rahmen der Renaturierung des Johnsbaches, wo die Schutzziele des Generellen Projekts 1999 mit den Naturschutzzielen in Übereinstimmung gebracht werden mussten. Im Zuge der Projektumsetzung entstand der Nationalpark Gesäuse auf den Grundflächen der Stmk. Landesforste.

In den 1950er Jahren wurde dem Johnsbach mit erheblichen Aufwand ein fixes Bett aus nicht fischpassierbaren Betongrundschnellen mit Granitkronen gegeben. Im Generellen Projekt wurde bei der Planung bereits auf die Fischdurchgängigkeit Bedacht genommen. Dieses Konzept wurde mit life-Mitteln noch erweitert und die Sperrenlänge um teilweise bis zu 15 m verlängert. Damit konnte eine noch großzügigere Geschiebeumlagerung ermöglicht werden (Abbildung 1–6).

Die große Herausforderung war 2001 die Synthese von Schutzfunktion und Ökologie, heute ist dies eine Grundvoraussetzung für Planungen im Schutzwasserbau.

Die Schutzzielarten waren vor allem die Koppe, Forelle und Äsche. Es zeigte sich aber, dass schotterliebende Arten wie Wasserschlangen und Insekten noch viel mehr von den Maßnahmen profitierten.



Abb. 1: Abstürze durch Kolkbildungen bis zu 2 m waren in der Verbauungsstrecke von 4,7 km zu finden.

Fig. 1: Steps of up to 2 m height caused by scouring could be found along the construction stretch.



Abb. 2: Neubau von Betongrundschnellen mit strukturierter Krone aus Wasserbausteinen mit verschiedenen Abflusshöhen. Die Steine sind mit Lücken verlegt um ein Durchwandern von Kleinstlebewesen zu ermöglichen.

Fig. 2: New construction of concrete ground sills with a structured crest of armour stones and different flow depths. The stones are placed with gaps to enable the migration of microorganisms.



Abb. 3: Ausgleich des Längsgefälles durch Steingurte in Beton verlegt

Fig. 3: Adjustment of the longitudinal gradient with stone sills in concrete



Abb. 5: Gestaltung von Ruhigwasserbereichen

Fig. 5: Quiet-water environments



Abb. 4: Mäandrierender Bach mit beginnender Schotterumlagerung nach Fertigstellung

Fig. 4: Meandering torrent and beginning sediment deposition after completion of the measures



Abb. 6: Geschiebeumlagerung nach 5 Jahren

Fig. 6: Redepositional reach after 5 years

Nicht alles hat von Anfang an funktioniert, aber der Lerneffekt und auch das gegenseitige Verständnis von Naturschützern und „Wildbachlern“ waren gewinnbringend für die gemeinsame Arbeit im Nationalpark. Das Begleitmonitoring (Befischung 2005, 2009 und 2015) hat im Bereich der Mündungsstrecke eine Verdoppelung der Individuen / Hektar, in den Umlagerungsbereichen eine 4-fache; in Strecke 3 (vor Tunnelbrücke) eine 3-fache Zunahme und oberhalb eine 4-fache Zunahme der Individuen festgestellt. Folglich

waren die Mehraufwendungen von fachlicher und materieller Begleitung sowie die Bereitschaft neue Technologien und Bautypen umzusetzen, mehr als gerechtfertigt. Dies wird auch in den Gutachten über die longitudinale Durchgängigkeit bestätigt.

Die Entwicklung wurde seit Baubeginn mit einer Webcam aufgezeichnet, die Änderungen können nach wie vor verfolgt werden (im Bildbereich befinden sich 7 Betongrundswellen) und unter folgendem Link aufgerufen werden:

<http://www.nationalpark.co.at/de/wetterstationen-webcam/162-webcams/4150-webcam-johnsbachtal-sued>

Life+ Projekt Enns

Auf Grund der guten Zusammenarbeit und der äußerst positiven Beurteilungen durch die EU-Kontrollinstanzen hat man sich an ein noch größeres Folgeprojekt gewagt:

Das generelle Ziel des Projekts „life+ Enns“ ist die Wiederherstellung, Verbesserung und langfristige Sicherung des naturnahen Anschlusses der Zubringer an die Enns, als Voraussetzung für einen passiven Hochwasserschutz.



Abb. 8: Nach Umbau – bei Niederwasser des Vorfluters (links) bzw. bei höherem Mittelwasser (rechts)

Fig. 8: After reconstruction – low flow of the receiving water course (left) and mean flow (right)

Diese flusstypischen Strukturen sind Voraussetzung für die Bestandserhaltung bzw. Neubesiedelung für Koppe, das ukrainische Bachneunauge und die Äsche. Zusätzlich sollten neue Lebensräume für diverse Amphibien geschaffen werden.

Im Projekt wurden 2 Maßnahmengruppen in der Kompetenz der WLV umgesetzt:

Am **Ardningbach** wurden das Einlauf- bzw. Auslaufbauwerk des Geschiebeablagerungsbeckens mit Rampen umgebaut, um die Durchgängigkeit wieder herstellen zu können. Außerdem strukturierten wir die relativ glatte Steinsicherung durch Störsteine (Abbildung 7-9).



Abb. 7: Mündungsbauwerk vor dem Umbau

Fig. 7: Outlet works before the reconstruction





Abb. 9: Einlaufbauwerk des Beckens vor und nach dem Umbau (Steinrampe wurde durch Holzpiloten gesichert)

Fig. 9: Inlet structure of the basin before and after reconstruction (the stone ramps are enhanced by wooden stakes)

Am **Esslingbach** wurde seinerzeit von der Bundeswasserbauverwaltung zum Schutz vor Ennshochwässern eine 4 m hohe Ufersicherung errichtet, die aber auch durch den Mündungsbereich des Esslingbaches geführt wurde. Dadurch ergaben sich aber immer wieder Überflutungen des angrenzenden Siedlungsbereiches.

Eine reine Bachabsenkung war durch die Querung der Hauptabwasserleitung nicht möglich. Die Lösung bestand in einer Kombination aus Verlegung des Kanales, Absenkung des Hauptgerinnes und Gestaltung eines Ausleitungsgerinnes etwas östlich (Abbildung 10 bis 13).



Abb. 10: Mündungsbereich 1952 und vor Baubeginn

Fig. 10: Estuary in 1952 and before the start of construction



Abb. 12: Gestaltung des Ausleitungsgerinnes, das auch bei Niederwasser an den Vorfluter Enns angebunden ist (links) – rechts bei Hochwasser

Fig. 12: Design of the bypass channel, which is always connected to the receiving river Enns (left) – right: during a flood event



Abb. 11: Durch die Absenkung notwendige Sohlsicherung nach der bewehrten Bautype am Johnsbach (Abbildung 2), die eine optimale Geschiebeumlagerung und Durchgängigkeit gewährleistet

Fig. 11: Bed consolidation to enable optimal sediment transport and migration. Same construction type as shown in Johnsbach (Figure 2).



Abb. 13: Zur ökologischen Aufwertung des Bereiches erfolgte die Anlage eines Amphibienteiches

Fig. 13: An amphibian pond was created to ecological upgrade the torrent reach

Die Ufersicherung bis in den Rückstaubereich der Enns erfolgte entgegen des Wunsches der technischen Begleitung durch die EU massiv durch GSS in Beton

Die Bewehrungsprobe beim Hochwasser 2012 zeigte die Notwendigkeit der Sicherungen (Abbildung 12).

Life+ Projekt „Naturwald, Moore und Lebensraumverbund im Ausseerland“

Für das aktuell laufende life+ Projekt „Naturwald, Moore und Lebensraumverbund im Ausseerland“ wurden im Bereich des Mitterndorfer Biotopverbundes die Population der Steinkrebsvorkommen kartiert. Dabei zeigte sich, dass 2 Sperren am Röd-schitzbach zwei wichtige Lebensräume voneinander abschnitten. Der Projektträger (ÖBF) befragte

uns nach Möglichkeiten, diese Wanderbarrieren für Krebs und Koppe passierbar zu gestalten. Damit begann unsere Beteiligung an diesem Projekt. Das Konzept sah lediglich ein Aufschlitzen der Sperren aus den 1950er Jahren vor. Durch die folgende Absenkung der Bachsohle von bis zu 2,5 Meter wurde eine Ufer- und Sohlsicherung nötig. (vgl. Abbildung 14–17)

Gemeinsam mit der ökologischen Baubegleitung (Herrn Mag. Haseke) wurden die Steinsätze den besonderen Ansprüchen der Krebse angepasst. Besonders die Uferstruktur wurde so offen wie möglich gestaltet, da Schlupflöcher zwischen den Steinen und Stillwasserzonen Grundvoraussetzungen für deren Lebensraum sind. Trotz dieser Vorgaben durfte es keine Einschränkungen des Hochwasserschutzes für Bad Mitterndorf geben – dies wurde auch erfüllt!



Abb. 14: Sperren aus den 50er Jahren als Barrieren für die Durchgängigkeit

Fig. 14: Check dams from the fifties as migration barriers



Abb. 15: Schremmen der Schlitzöffnungen (links) und Sicherung durch neue Betonwinkelmauer (rechts)

Fig. 15: Scaling of the slit openings (left) and protection by the new angled concrete wall (right)



Abb. 16: Ausgestaltung des Sperrbereiches gesicherter Beckenbereich = ein Krebslebensraum

Fig. 16: Design of the check dam (left) and basin area (right) = cray habitat



Abb. 17: Strukturierte Ufergestaltung

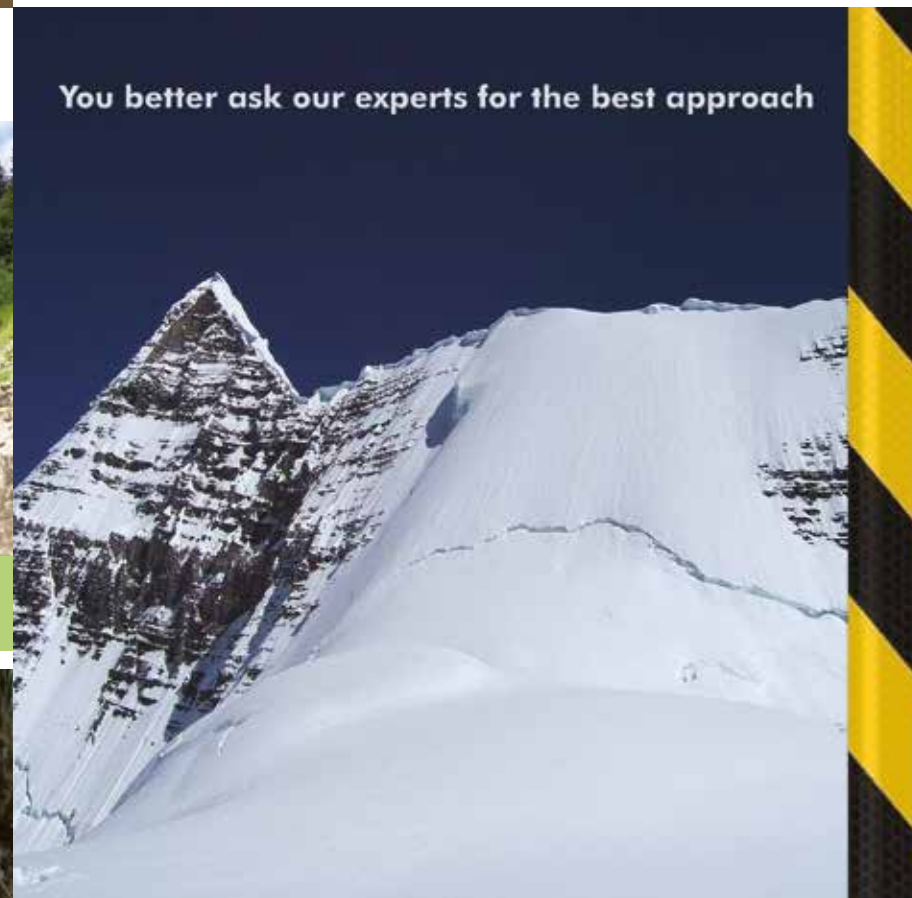
Fig. 17: Structured embankments

Rückwirkend betrachtet zeigt sich, dass es sehr gut möglich ist, sicherheitsrelevante Bauteile ökologisch zu gestalten. Dies ist sicher nicht immer und überall möglich – aber öfter als man denkt!

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Engelbert Schmied
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Steiermark Nord
Schönaustraße 50, 8940 Liezen
engelbert.schmied@die-wildbach.at

Ing. Elisabeth Stocker
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Steiermark Nord
Schönaustraße 50, 8940 Liezen
elisabeth.stocker@die-wildbach.at



software
maps
geostatistics
reporting
data

"That's it."

Gregor Ortner, CTO UNIDATA

UNIDATA GEODESIGN GMBH
Gärtnergasse 3 Top 6, 1030 Vienna
t +43(1) 96 901 78
office@unidata.at
www.unidata.at

unidata
geo
design



GEOTECHNIK HENZINGER

Zivilingenieur für Bauwesen

A - 6 0 9 5 Grinzens, Plattach 5

Tel.: 0 5 2 3 4 / 6 5 5 3 3, Fax.: DW 5

e-mail: j.henzinger@geotechnik-henzinger.at

www.geotechnik-henzinger.at

G R U N D B A U - D A M M B A U - G E O T E C H N I K

MAGDALENA VON DER THANNEN, HANS PETER RAUCH, EHRENFRIED LEPUSCHITZ, THOMAS LAMPALZER

Erfahrungen mit der Zustandsbewertung von ingenieurbioologischen Maßnahmen

Experiences with inspection and evaluation of soil bioengineering structures

Zusammenfassung:

2014 initiierte die Abteilung III/5 (Wildbach- und Lawinenverbauung) des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft das Projekt „Zustandsbewertung von ingenieurbioologischen Bauwerken“. Mit der Durchführung beauftragt wurde das Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der Universität für Bodenkultur, Wien, in Zusammenarbeit mit der alpinfra, consulting + engineering gmbh. Ziel war die konzeptionelle Erstellung von Inspektionsrichtlinien und Beurteilungskriterien für fluss- und bachbegleitende ingenieurbioologische Maßnahmen. Nach Abschluss dieses Vorhabens ist nun ein Handbuch als Grundlage zur Beurteilung der biologischen Komponente von schutzbaulichen Systemen verfügbar. Im vorliegenden Artikel werden die Besonderheiten ingenieurbioologischer Systeme, die Grundlagen und die Methodik der Bewertung sowie erste praktische Erfahrungen mit Bewertungen näher erläutert. Wie sich zeigt, bewährt sich das Handbuch. Allerdings erscheinen Verbesserungen an den vorgegebenen Erhebungsformaten und an der Qualität vorgefundener Daten (schlüssigere Systematik, höhere sprachliche Schärfe und präzisere räumliche Verortung) sowie eine Erweiterung auf Bauwerke, die der Hang- und Böschungssicherung dienen als notwendig.

Stichwörter:

Ingenieurbiologie, Zustandsbewertung, Wildbach- und Lawinenkataster, Bautypen, lebende Baustoffe

Abstract:

In 2014, the Department III / 5 (Austrian Torrent and Avalanche Control) of the Federal Ministry for Agriculture, Forestry, Environment and Water Management initiated the project "Condition Assessment of bioengineering constructions". The Institute for Soil Bioengineering and Landscape Construction of the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, was commissioned with the implementation in cooperation with alpinfra, consulting + engineering gmbh. The aim was to prepare inspection guidelines and assessment criteria for

river and stream accompanying bioengineering measures. After completion of the project, a handbook is available, which serves as a basis for assessing the biological component of protective structures. In this article, the peculiarities of bioengineering systems, the basics and the methodology of the evaluation as well as first practical experiences with evaluations are explained. As it turns out, a condition assessment of bioengineering structures based on the manual can succeed. However, an improvement in data quality (more coherent system, higher linguistic sharpness and more precise spatial positioning) as well as a methodological extension for the field of slope and embankment protection seems necessary.

Keywords:

Soil and water bioengineering, condition assessment, construction types, living construction materials

Einleitung

Die Zustandsbewertung für Schutzbauwerke des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung (im weiteren Wildbachverbauung genannt) war in den letzten Jahren ein wichtiges Thema und ist heute in der ONR 24803 (2008) definiert. Diese ONR unterscheidet zwei Stufen der Zustandsbewertung. Die erste Stufe, die Inspektion, dient zur Beschreibung und Bewertung des augenblicklichen Zustands eines Bauwerkes. Sie umfasst alle dazu notwendigen Tätigkeiten und Abläufe. Darauf aufbauend beinhaltet die zweite Stufe, die Maßnahmenplanung, Vorschläge für konkrete bauliche und organisatorische Maßnahmen: Entsprechend der Zustandsbeurteilung und der Instandhaltungsstrategie wird die Entscheidung über Art und Umfang von Maßnahmen getroffen. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, nachvollziehbare und ökonomische Entscheidungen zu treffen. Zudem diente die Richtlinie ONR 24803 (2008) als methodische Grundlage für die Entwicklung eines adaptierten Bewertungs- und Instandhaltungssystem für ingenieurbioologische Maßnahmen.

2014 initiierte die Abteilung III/5 (Wildbach- und Lawinenverbauung) des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) das Projekt „Zustandsbewertung von ingenieurbioologischen Bauwerken“. Mit der Durchführung beauftragt wurde das Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der Universität für Bodenkultur, Wien, in Zusammenarbeit mit der alpinfra, consulting + engineering gmbh. Ziel dieses Projekts war die konzeptionelle Erstellung von Inspektionsrichtlinien und Beurteilungskriterien für fluss- und bachbegleitende ingenieurbioologische Maßnahmen auf Basis des Inspektionskonzeptes der ONR 24803 (2008). Mit dem Projektendbericht (Rauch et al., 2014) als Grundlage wurde von der zuständigen Abteilung ein Handbuch zur Durchführung einer Bauwerkskontrolle an Vegetationselementen publiziert (siehe BMLFUW, 2015). Dieses Handbuch dient als Grundlage zur Beurteilung der biologischen Komponente von schutzbaulichen Systemen. Im Folgenden sollen die Besonderheiten ingenieurbioologischer Systeme, die Grundlagen und die Methodik der Bewertung sowie erste Anwendungserfahrungen näher erläutert werden.

Besonderheiten ingenieurbioologischer Systeme

Die ingenieurbioologische Bautechnik verwendet vor Ort verfügbare Materialien und lebendes Pflanzenmaterial als Baustoffe (Florineth, 2012, Schiechl, 1980, Schiechl und Stern, 1992, Zeh, 2007, Hacker und Johannsen, 2012). Hilfsmaterialien werden verwendet, um die kritische Phase bis zu einer zufriedenstellenden Vegetationsentwicklung zu überbrücken bzw. um durch deren Einsatz eine zusätzliche stabilisierende Wirkung zu erlangen. Abhängig vom Schutzziel und den standörtlichen Rahmenbedingungen müssen Hilfsstoffe ihre Funktion entweder temporär über einen relativ kurzen Zeitraum übernehmen oder permanent die Wirksamkeit garantieren.

Die Abbildung 1 versucht ein integrales und systematisches Bild eines ingenieurbioologischen Bauwerks wiederzugeben. Hauptsystemkomponenten, durch die ein ingenieurbioologisches Bauwerk definiert wird, sind der Raumbezug, die technisch-ökologisch-ästhetischen Funktionen des Bauwerks und die biologisch-technischen Eigenschaften des lebenden und nachwachsenden Baustoffs Pflanze. Verschiedene Parameter beschreiben die einzelnen Komponenten. Für die Auswahl der Bauwerke und für ihre Bewertung sind diese Parameter von besonderer Bedeutung.

Mit der Umsetzung von ingenieurbioologischen Bauweisen entstehen „lebende“ Bauwerke mit multifunktionalem Charakter. Die technisch-ökologischen Ansprüche und die maßgeblich ein-

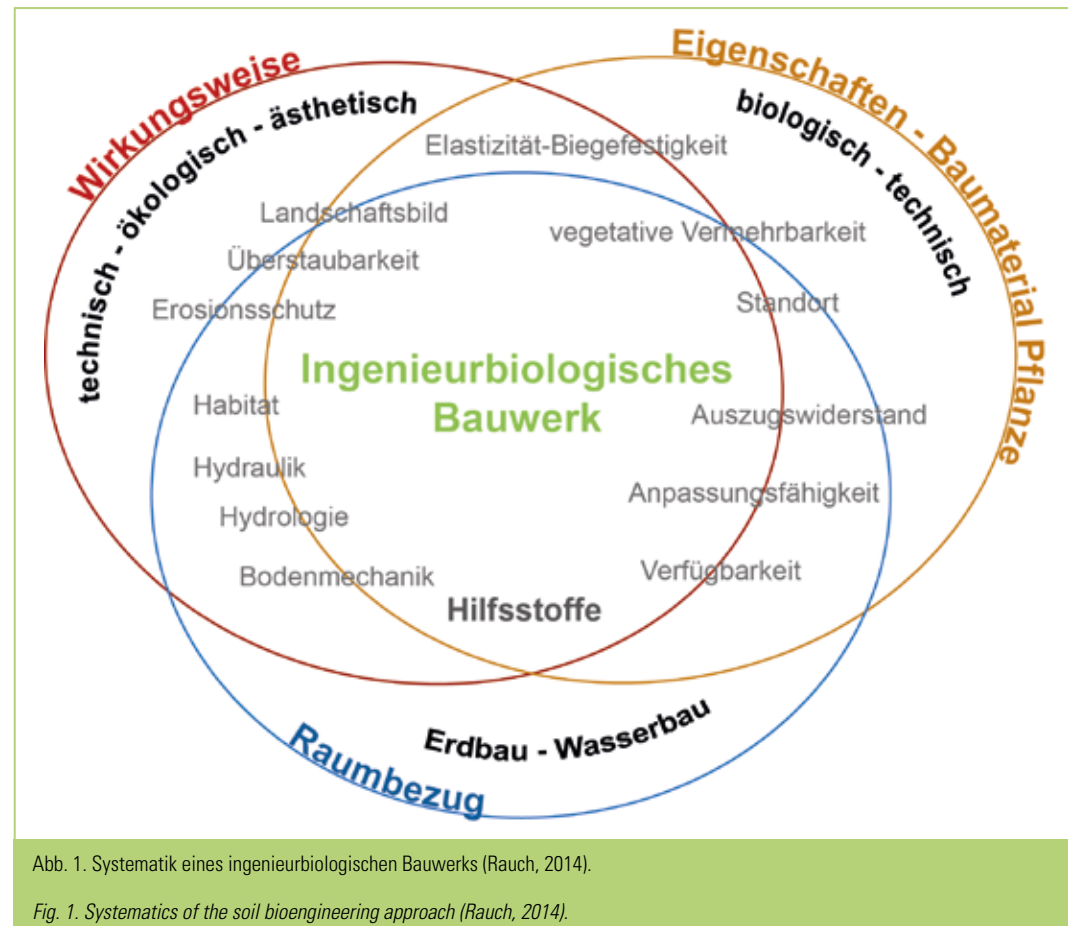


Abb. 1. Systematik eines ingenieurbioologischen Bauwerks (Rauch, 2014).

Fig. 1. Systematics of the soil bioengineering approach (Rauch, 2014).

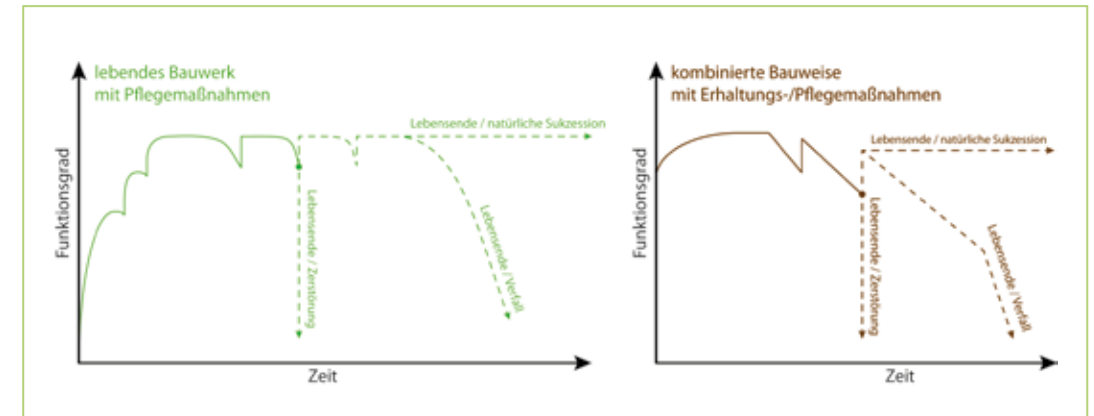


Abb. 2. Entwicklung des Funktionsgrades von ingenieurbioologischen Bauwerken (lebend – links; kombiniert – rechts).

Fig. 2. Function development in soil bioengineering structures (living structure – left hand side; combined structure – right hand side).

wirkenden Prozesse auf ein ingenieurbioologisches Bauwerk unterscheiden sich auf dem Gebiet des Wasser- und Erdbaus grundlegend. Eine weitere Differenzierung ergibt sich im Wasserbau, je nachdem ob die ingenieurbioologische Maßnahme zur Ufersicherung oder als Strukturelement zur ökologischen Verbesserung eingesetzt wird (Rauch, 2014). Weitere Klassifizierungsmerkmale sind die Verwendung unterschiedlicher Pflanzen, eine punktuelle, lineare oder flächige Anordnung und die Verwendung von Hilfsstoffen. Der Unterschied zu konventionell-technischen Bautechniken besteht darin, dass sich ein ingenieurbioologisches System durch das Wachstum der Pflanzen dynamisch entwickelt und somit einer sich permanent verändernden Wirkungsweise unterliegt.

Mit der veränderten Wirkung kann ein erwünschter Effekt stetig zunehmen, es können aber auch unerwünschte Effekte entstehen (siehe Abb. 2). Die wichtigsten beeinflussenden Faktoren sind Pflanzenentwicklung, Sukzession, Artenzusammensetzung, Konkurrenz, Verwitterung/Zersetzung von Hilfsmaterialien und die natürlichen/anthropogenen Prozesse und Störungen (Rauch, 2014). Die Ingenieurbioologie deckt mit dem Erd- und Wasserbau ein sehr breites Anwendungsgebiet ab. Maßgeblich ist, welche Zielfunktionen

dem ingenieurbioologischen System zugewiesen werden und wie dynamisch sich die Vegetationsstrukturen aus den ingenieurbioologischen Bauweisen auf Grund lokaler Umweltbedingungen entwickeln.

Methodische Vorgangsweise einer Bewertung

Es können grundsätzlich zwei ingenieurbioologische Bauweisen unterschieden werden. Bei Bauweisen mit ausschließlich lebendem Material übernimmt die Vegetation nach dem Anwachsen die alleinige Sicherungsfunktion, technische Hilfsmaterialien werden nicht eingesetzt. Bei kombinierten Bauweisen mit Hilfsmaterial übernehmen diese temporär oder dauerhaft eine Funktion. All diese Faktoren gilt es bei einer Zustandserfassung und Bewertung zu berücksichtigen. Die Zustandserfassung erfolgt mittels an die ONR 24803 (2008) angepassten Bestands- und Formblätter. Die Erstaufnahme wird von einem fachkundigen Experten oder unter dessen Anleitung durchgeführt. Dabei wird einerseits die Funktion des Bauwerktyps sowie eine zukünftige Vegetationsstruktur als Ziel festgelegt und andererseits augenscheinliche Schäden an der Vegetation bzw. am technischen System im Nah- und Wirkungsbereich erhoben.

Im Rahmen der laufenden Überwachung wird die Gebrauchstauglichkeit eines ingenieurbioologischen Bauwerks in regelmäßigen Zeitabständen dokumentiert. Sie beinhaltet die Dokumentation von Schäden und Mängeln, die bei einer visuellen Inspektion äußerlich erkennbar sind. Eine Kontrolle hat die detaillierte Erhebung der Maßnahme und des Bauwerkszustandes zum Inhalt. Bei einer Prüfung werden numerische Modelle zur Feststellung der Wirkungsweise eingesetzt (z.B. hydrody-

namisches Modell zur Berechnung der Einschränkung der Abflusskapazität eines Gerinnes durch Bewuchs, Standsicherheit einer Böschung mit Vegetation). Die Bewertung von Systemzuständen und etwaigen Schäden an ingenieurbioologischen Bauwerken erfolgt mittels Beurteilung der biologischen bzw. technischen Komponente und des unmittelbaren Nah- und Wirkungsbereiches. Die folgenden Parameter werden dabei gezielt als Beurteilungskriterium herangezogen:

Vegetationsstruktur	Die Vegetationsstruktur wird über die Wuchshöhen der Pflanzen definiert. Eine gängige Klassifizierung der Schichtung erfolgt nach Krautschicht (bis 1,5 m), Strauchschicht (bis 5 m) und Baumschicht (> 5 m).
Deckungsgrad	Der Deckungsgrad gilt als wichtiges Qualitätskriterium für die Schutzwirkung bzw. Funktionsfähigkeit von ingenieurbioologischen Maßnahmen. Bei krautigen Zielbeständen wie z.B. Wiesenböschungen ist eine dichte Grasnarbe ein idealer Schutz vor Oberflächenerosion.
Anwuchsrates	Die Anwuchsrates beschreibt den Anwuchserfolg von Gehölzpflanzungen. Bei Junggehölzen und Steckhölzern wird die Anwuchsrates als Verhältniswert zwischen Anzahl der ausgetriebenen/angewachsenen Gehölze zur Gesamtzahl der gepflanzten Gehölze in Prozent angegeben.
Flexibilität.	Die Flexibilität von Gehölzen im Abflussbereich von Fließgewässern ist ein wesentliches Kriterium für Pflanzenbestände in „sensiblen“ Gewässerabschnitten. Die Elastizität wird im Wesentlichen durch die Durchmesser der Stamm- und Astteile der Gehölzpflanzen bestimmt
Vegetationsdichte	Die Vegetationsdichte wird über die Anzahl der Pflanzenindividuen pro Flächeneinheit definiert. Dicht stehender, starrer Gehölzbewuchs beeinflusst insbesondere die Abflusskapazität und die Fließgeschwindigkeit eines Fließgewässers.
Problempflanzen/Neophyten	Das Auftreten von Neophytenbewuchs ist im Rahmen des Monitorings zu dokumentieren. Neben der spezifischen Pflanzenart ist auch die Intensität der Verbreitung festzuhalten (schwach, mittel, stark).
Verbiss	Schäden durch Nutztiere wie z.B. Fegeschäden, Wildverbiss oder Schäden durch Viehtritt sind im Rahmen des Monitorings zu dokumentieren.
Technisches System	Die Erfassung des technischen Systems erfolgt durch die Dokumentation der eingesetzten Baustoffe und des Zustandes bzw. etwaiger Schäden und Mängel, die diesen Systembereich direkt betreffen.
Nah- und Wirkungsbereich des Bauwerks	Dieser Systembereich beinhaltet die Dokumentation von Schäden und Störungen im unmittelbaren Nah- und Wirkungsbereich des Bauwerks, die jedoch weder dem biologischen noch dem technischen System direkt zuzuordnen sind.

Tab. 1: Zu überprüfende Parameter bei der Zustandserfassung ingenieurbioologischer Bauwerke.

Tab. 1: Parameters to be verified within the condition rating of soil bioengineering measures.

Als Grundlage für die Zustandsbewertung dienen Leitbilder, die durch definierte Kennwerte charakterisiert sind. Grundsätzlich werden die Eingabedaten (Vegetationsparameter, Schäden) aus der Zustandserfassung (IST-Zustand) mit den Kriterien des definierten Zielsystems (ZIEL-Zustand) abgeglichen. Die Abweichungen zwischen Ist- und Zielzustand werden schließlich bewertet, wodurch eine Zuordnung des Bauwerks zur jeweiligen Zustandsstufe erfolgt. Ein Zielsystem beschreibt den angestrebten Sollzustand eines ingenieurbioologischen Bauwerks bzw. einer Gerinnestrecke. Je nach aktuellem Lebenszyklusabschnitt – Errichtungsphase oder Nutzungsphase – sind unterschiedliche Zielsysteme als Beurteilungsbasis heranzuziehen. Bei der Errichtung eines ingenieurbioologischen Bauwerks wird der abnahmefähige Zustand als Kriterium verwendet, während beim Zielsystem der Nutzungsphase die mittel- und langfristige Bestandesentwicklung der Vegetation von besonderer Bedeutung ist.

Durchführung einer ingenieurbioologischen Bewertung

Die Zustandserfassung, wie sie derzeit in der Wildbachverbauung durchgeführt wird, basiert auf dem Handbuch zur Durchführung einer Bauwerkskontrolle an Vegetationselementen (BMLFUW, 2015) und besteht aus zwei Stufen. In der ersten Stufe wird generell die Funktionsfähigkeit auf Grund der Zieldefinitionen untersucht. In einer zweiten Stufe wird die strukturelle Zustandserfassung durchgeführt, um Mängel am Bauwerk festzustellen. Dabei wird sowohl das Umfeld als auch das Bauwerk beurteilt. Zur einheitlichen Dokumentation wird im Wildbach- und Lawinenkataster (WLK) ein sogenanntes K-Blatt (Kontrollblatt, siehe Abb. 3) ausgefüllt. Die Eingaben erfolgen am Computer (Nachtragen eines analogen Datenblattes) oder direkt vor Ort mit einem mobilen Tablet.

K	Protokoll einer Bauwerkskontrolle Wildbach	WLV-BWK-ID	332783
		K-ID	5299245
Allgemein Angaben zur Aufnahme			
BegeherInnen:		Datum: 06.06.2017	
Hauptgemeinde:		Wilhelmsburg (Sankt Polten(Land))	
Wildbacheinzugsgebiet:		Kreisbach (WLV-WB-100562)	
Lawineneinzugsgebiet:			
Sonstiges Gefahrengebiet:			
Anbruch- Teileinzugsgeb.:			
Bauwerksbezogene Angaben			
Bauwerksbezeichnung:		hm 44.42-46,122 Spreitlagen	
Bauwerkstyp:		Ingenieurbioologisch/Spreitlage	
Aktueller Status:		Neubau	
Anzahl Hauptwerke:		Bauj.: 1962	
Hinweise Kollaudierung (Ersterfassung):		Zwischenwerke	
		Fertigstellungsjahr 1961/62	
		GZ: nicht bekannt	
		Datum:	
Bauwerkskategorie:		<input type="radio"/> Schlüsselbauwerk <input checked="" type="radio"/> Standardbauwerk	

Abb. 3. Beispiel einer Aufnahme mit allgemeinen und bauwerksbezogenen Angaben

Fig. 3. Example of a control sheet with general and specific construction details.

Generelle Erhebung von MängelMängel in der Umgebung des Bauwerks: ja neinFunktionale Mängel: ja neinMängel am Bauwerk: ja nein**O Zustandsbewertung****Erhaltungszustand gesamt (Tragfähigkeit + prozessspezifische Gebrauchstauglichkeit gem. EUROCODE):** guter Erhaltungszustand**Funktionsfähigkeit:** voll funktionsfähig

Abb. 4. Bewertungsbeispiel im unteren Bereich des Deckblattes.

Fig. 4. Example for the assessment in the bottom section of the cover page.

Im oberen Bereich des K-Blattes (Abb. 3) werden allgemeine Informationen über Standort und Lage, Bautyp, Zeitpunkt der Aufnahme und BearbeiterIn eingetragen. Im unteren Abschnitt des K-Blattes (Abb. 4) werden allgemeine Informationen zu den ersichtlichen Mängeln sowie der aktuelle Erhaltungszustand dokumentiert.

Bei der generellen Erhebung der Mängel kann differenziert werden, ob ein Mangel direkt am Bauwerk oder in dessen Umfeld auftritt und ob die Funktion des Bauwerks dadurch beeinträchtigt wird oder nicht. Im Zuge der Zustandsbewertung werden die Tragfähigkeit, die prozessspezifische Gebrauchstauglichkeit und die Funktionsfähigkeit festgestellt.

In den weiterführenden Blättern A, B und C werden detailliertere Angaben zu den beanstandeten Mängeln eingetragen und im Blatt D werden Empfehlungen für Maßnahmen, welche zur Verbesserung des Zustandes beitragen sollen, angegeben. Die Blätter zu „C-Veg“ ermöglichen spezifische Beurteilungen der Vegetationsparameter (Tabelle 1) bei ingenieurbioologischen Maßnahmen.

Im Folgenden wird die praktische Anwendung der Zustandsbewertung anhand von Beispielen aufgezeigt.

Beispiel 1 – Ufersicherung

Am Grestenbach, Gemeinde Gresten-Land, Bezirk Scheibbs, Niederösterreich, wurden in den Jahren 1956 bis 1959 Bachregulierungen vorgenommen. Dabei wurden neben konventionellen Maßnahmen, wie einer Steinschlichtung, auch ingenieurbioologische Maßnahmen, wie Flechtzäune und Spreitlagen, auf beiden Uferseiten errichtet (siehe Abb. 5). Das Ziel der Maßnahmensetzung war, die angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Flächen vor Ufererosion zu schützen und gleichzeitig den Abflussquerschnitt durch eine Gehölzentwicklung nicht zu sehr einzuengen.

Bei einer Begehung und Zustandserfassung im August 2017 wurde die gesamte Maßnahme in einwandfreiem Zustand vorgefunden. Die ingenieurbioologischen Maßnahmen werden, laut lokalem Landwirt regelmäßig (alle 4 bis 5 Jahre) gepflegt, was bei der Begehung vor Ort ersichtlich war. Somit wurde die ingenieurbioologische Maßnahme als voll funktionsfähig und in einem sehr guten Erhaltungszustand beurteilt.



Abb. 5: Spreitlagen und Flechtzäune im Grestenbach.

Fig. 5: Brush mattress with willows and wattle fence at Grestenbach.

Beispiel 2 – Ufersicherung

Im Kreisbach, Gemeinde Wilhelmsburg, St. Pölten-Land wurden 1962 zum Uferschutz Spreitlagen auf beiden Uferseiten eingebracht.

Bei einer Begehung im Juni 2017 wurde festgestellt, dass die ingenieurbioologischen Maß-

nahmen gut angewachsen sind (Abb. 6). Damit eine entsprechende Abflusskapazität gegeben ist, sollten in kürze Pflegemaßnahmen durchgeführt werden.

Im Rahmen der Zustandsbewertung konnte das Ziel – Vermeidung von Ufererosion – erreicht werden. Allerdings war die Sukzession und Bestandesentwicklung soweit fortgeschritten,



Abb. 6:
Verwachsene Spreitlage
im Kreisbach.

Fig. 6:
Brush mattress at
Kreisbach.

dass starre Bäume die hydraulische Leistungsfähigkeit des Gerinnes einschränken. Die Funktionsfähigkeit des Bewuchses als Erosionsschutz ist gegeben. Auf Grund der fortgeschrittenen Bestandesentwicklung wurde ein „guter Erhaltungszustand“ ausgewiesen. Zur Verbesserung des Zustandes müssen Instandhaltungsmaßnahmen in Form von einer Ufergehölzpflege durchgeführt werden.

Diskussion und Resümee

Ausgewählte ingenieurbioologische Maßnahmen können im WLK (Erstaufnahme oder die Aufarbeitung älterer ingenieurbioologischer Maßnahmen) erfasst werden, womit die Grundlage für eine Bewertung gegeben ist. Um eine gute Datenqualität sicherzustellen, müssen verschiedene Aspekte berücksichtigt werden.

Aktuelle Maßnahmen werden im Zuge der Planung und der Kollaudierung im WLK verortet. Ältere Bauwerke müssen nachgetragen werden, wobei eine Verortung nicht immer eindeutig möglich ist. Diese Bauwerke sind bei der Durchführung einer Zustandsbewertung teilweise nicht auffindbar, trotzdem muss ein vor Ort vorhandener Vegetationsbestand bewertet werden. Wenn auf Grund baulicher Tätigkeit keine Vegetation mehr vorhanden ist, kann das Bauwerk als nicht bewertbar eingestuft werden.

Aufgrund geografischer und sprachlicher Unterschiede bzw. der großen Anzahl an ingenieurbioologischen Bauweisen und Kombinationsmöglichkeiten, existieren mehrere Bezeichnungen für idente ingenieurbioologische Bauweisen. Für die Verarbeitung von Bauwerksdaten über Datenbanken ist eine einheitliche Bezeichnung von Bauwerkstypen unbedingt notwendig.

Eine spätere Ableitung von Maßnahmen, welche auf Grund einer Zustandsbewertung erfolgt, hängt einerseits vom aktuellen Zustand

des Bauwerks und andererseits vom zu erreichenden Zielzustand ab. Aus diesem Grund ist es von zentraler Bedeutung, dass der Zielzustand im WLK definiert ist.

Ingenieurbioologische Strukturen entwickeln sich dynamisch. Bei Abflussprofilen mit zu geringer Abflusskapazität sind in der Nutzungsphase periodische Pflegemaßnahmen notwendig. Ziel sind flexible Vegetationsstrukturen, die bereits als solche im WLK definiert sind. Bei einer Zustandsbewertung ist festzustellen, ob das vorgegebene Ziel erreicht wird oder ob Maßnahmen notwendig sind. Das Pflegeintervall orientiert sich an hydraulischen und standörtlichen, lokalen Rahmenbedingungen.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Grundsätzlich wird es als positiv wahrgenommen, dass es seit einigen Jahren möglich ist ingenieurbioologische Bauweisen und Maßnahmen im WLK abzubilden und einer Bewertung zu unterziehen. Damit kann einerseits das Potential einer ingenieurbioologischen Ökosystemdienstleistung periodisch dokumentiert und bewertet werden, andererseits können nicht wünschenswerte Vegetationseffekte frühzeitig erkannt werden. Die Bewertung liefert somit eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen. Wünschenswert wären aber Verbesserungen an den vorgegebenen Erhebungsformaten und eine qualitative Verbesserung der vorhandenen Datengrundlage, letzteres meint die Eingabe von Bauwerken im WLK. Es sollen vor allem eine schlüssigere Systematik, höhere sprachliche Schärfe und präzisere räumliche Verortungen der Eingaben herbeigeführt werden. Versteht man unter ingenieurbioologischen Bauwerken solche, die zumindest anteilsweise aus lebender Materie bestehen,

so wird ihnen die derzeit geltende Bauwerksklassifikation des WLK nicht gerecht. Beispielsweise gelten ein Rauhbaum und eine Holzkrainerwand als ingenieurbioologische Bauwerke. Ein Rauhbaum besteht in der Regel nur aus totem Holz. Eine Holzkrainerwand kann zwar bepflanzt sein, dies gilt aber auch für eine Grobsteinschlichtung, wobei letztere aber nicht explizit als ingenieurbioologisches Bauwerk genannt ist. Des Weiteren soll ein bereits in der Planung festgelegtes Ziel definieren, was die ingenieurbioologische Maßnahme bzw. ein Vegetationsbestand in Zukunft leisten soll. Dieses Ziel soll auch im WLK ersichtlich sein und nicht im technischen Bericht recherchiert werden müssen.

In weiterer Folge können mit der Anwendung einer systematischen Zustandserfassung und Bewertung der Vegetation forstlich-biologische Effekte transparenter gemacht und gezielter für eine Naturgefahrenreduktion eingesetzt werden.

Aktuell können lediglich ingenieurbioologische Maßnahmen an Fließgewässern und somit nicht alle ingenieurbioologischen Maßnahmen mit Hilfe des WLK beurteilt werden. Das aktuelle Konzept des WLK lässt es nicht zu, die ingenieurbioologischen Maßnahmen, die unter die Kategorie Hang- und Böschungssicherung fallen, zu bewerten. Es wäre wünschenswert, wenn das vorliegende Konzept dahingehend erweitert werden würde, damit alle Bauweisen mittels WLK dokumentiert werden können.

Aktuell liegt der Fokus der Bewertung auf den regulierenden Ökosystemdienstleistungen (z.B. Erosionsschutz) von ingenieurbioologischen Maßnahmen. Neben diesen schutztechnischen positiven Leistungen beeinflussen ingenieurbioologische Systeme auch die ökologische Situation. Auch wenn es ein sehr visionärer Gedanke ist, wäre es wünschenswert, wenn eine integrale

Bewertung (technisch-ökologisch-sozial) von ingenieurbioologischen Maßnahmen erfolgen würde und sie in ihrer Gesamtheit erfasst und dargestellt werden.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI DI Magdalena von der Thannen
Universität für Bodenkultur Wien
Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien
m.v-d-thannen@boku.ac.at

Priv. Doz. DI Dr. Hans Peter Rauch
Universität für Bodenkultur Wien
Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien
hp.rauch@boku.ac.at

DI DI (FH) Ehrenfried Lepuschitz
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für
Wald, Naturgefahren und Landschaft
Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion WNB
Marxergasse 2, 1030 Wien
ehrenfried.lepuschitz@die-wildbach.at

Dr. Thomas Lampalzer M.A.
Wildbach- und Lawinenverbauung,
Fachbereich Ökologie
Neunkirchner Straße 125, 2700 Wiener Neustadt
thomas.lampalzer@die-wildbach.at

Literatur / References:

BMLFUW (2015).
Schutzbauwerke der Wildbachverbauung. Handbuch zur Durchführung einer Bauwerkskontrolle an Vegetationselementen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Abt. III/5 (Hg.). Eigenverlag, Wien.

FLORINETH F. (2012).
Pflanzen statt Beton. Sichern und Gestalten mit Pflanzen. Berlin-Hannover: Patzer Verlag.

HACKER E., JOHANNSEN R. (2012).
Ingenieurbiologie. Ulmer Verlag Stuttgart.

ONR 24803 (2008).
Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Betrieb, Überwachung und Instandhaltung. Vienna: Austria Standards Institute.

PRÜCKNER R. (1965).
Die Technik der Lebendverbauung. Österreichischer Agrarverlag, Wien.

RAUCH H. P., SUDA J., OBRJEJAN M. (2014).
Zustandsbewertung von ingenieurbioologischen Bauwerken, Projektbericht. Eigenverlag des Instituts für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Universität für Bodenkultur, Wien.

RAUCH H. P. (2014).
Die ingenieurbioologische Bautechnik und ihre spezifischen technischen und ökologischen Wirkungen; S. 306; Universität für Bodenkultur Wien; Habilitation im Fach Ingenieurbiologie

SCHIECHTL H. M. (1980).
Bioengineering for Land Reclamation and Conservation. Edmonton: University of Alberta.

SCHIECHTL H. M., STERN R. (1992).
Handbuch für naturnahen Erdbau. Eine Anleitung für ingenieurbioologische Bauweisen. Wien: Österreichischer Agrarverlag.

ZEH H. (2007).
Ingenieurbiologie: Handbuch Bautypen. Zürich: vdf Hochschulverl.

EHRENFRIED LEPUSCHITZ

Ökologie und der digitale Wildbach- und Lawinenkataster

Ecology and the Digital Torrent and Avalanche Cadaster

Zusammenfassung:

Ökologie kann in Geoökologie und Bioökologie eingeteilt werden. Sämtliche Naturgefahren können hierbei als geoökologische Bedrohung des Menschen betrachtet werden. Die Bioökologie oder Landschaftsökologie beinhaltet auch die Waldökologie und die Ingenieurbiologie sowie als Zusatzfaktor die Bodenversiegelung. Der Wildbach- und Lawinenkataster kombiniert eine Datenbank mit einem digitalen Geoinformationssystem (GIS), womit Geodaten erzeugt werden. Sämtliche ökologische Daten können mittels GIS digital räumlich dargestellt werden. Bioökologische Datensätze finden sich in Gefahrenzonenplänen als blaue Vorbehaltsbereiche für forstlich-biologische Maßnahmen und violette Hinweisbereiche zur Erhaltung der Beschaffenheit des Bodens und des Geländes. Im Bauwerkskataster können waldbauliche und ingenieurbiologische Maßnahmen erfasst werden.

Stichwörter: Wildbach- und Lawinenkataster, Geoökologie, Bioökologie, Geodaten

Abstract:

Ecology can be divided in geoecology and bioecology. Each natural hazard can be seen as human geoecological danger. The bioecology or landscape ecology includes also the forest ecology, bioengineering and the sealing of soils. The Torrent and Avalanche Cadastre combines a database and a digital geographic information system (GIS) in which geodata are produced. Each kind of ecological data can be shown spatial digital with the help of GIS. Bioecological data are developed in hazard zone maps in which blue reservation zones reserve space for forestal biological measures and violet indicator zones indicate areas for preservation of the consistency of soil and landscape. In the construction cadastre also forestal and bioengineering measures are recorded.

Keywords: *Torrent and Avalanche Cadastre, geoecology, bioecology, geodata*

Einleitung

„Unter Oecologie verstehen wir die gesammte Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Aussenwelt, wohin wir im weiteren Sinne alle „Existenz-Bedingungen“ rechnen können. Diese sind theils organischer, theils anorganischer Natur; sowohl diese als jene sind, wie wir vorher gezeigt haben, von der grössten Bedeutung für die Form der Organismen, weil sie dieselbe zwingen, sich ihnen anzupassen.“ (Haeckel, 1866)

Wenn man die Ökologie globaler betrachtet, dann kann der Begriff Ökologie wissenschaftlich grob in Bioökologie und Geoökologie unterteilt werden. Die Geoökologie wird hierbei als ein Teil der Umweltnaturwissenschaften betrachtet: „Geoökologie [...] will die komplexen Zusammenhänge und Wechselwirkungen in der Umwelt verstehen, um Probleme im Spannungsfeld zwischen Mensch und Umwelt zu erkennen, zu analysieren und zu lösen.“ (VGÖD, 2005)

Somit sind auch die meisten Arbeitsfelder bzw. Kernleistungsfelder der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) ein Teil der Geoökologie, wobei der Mensch als Lebewesen im Spannungsfeld mit Naturgefahren im Zentrum steht. Die Aufgaben der WLV zielen darauf ab, die Risiken auf Leben und Sachgüter des Menschen verursacht durch alpine Naturgefahren, wie Wildbäche, Lawinen, Erosionen und Steinschlag, zu reduzieren. Als Sachgüter können auch landwirtschaftliche Güter verstanden werden, z.B. der Schutz von Vieh und Agrarflächen.

Die Bioökologie oder auch Landschaftsökologie analysiert Beziehungen zwischen Mustern und ökologischen Prozessen auf der Landschaftsebene (Kirchhoff, 2011). Dieser Teil der

Ökologie kann auch als Subdisziplin der Biologie gesehen werden, da sich die Bioökologie mit biologische Prozesse und deren Wechselwirkungen beschäftigt. Der Mensch steht hier nicht im Zentrum sondern wird „nur“ als Teilmaterie betrachtet.

Als ökologischer Faktor in Bezug auf alpine Naturgefahren kann man auch die Bodenversiegelung sehen. Unter Versiegelung wird die Abdeckung des Bodens mit einer wasserundurchlässigen Schicht verstanden. Berechnet man diese Versiegelung anhand der Daten zur Flächeninanspruchnahme (auf Basis der Grundstücksdatenbank) ergibt sich insgesamt für Österreich für 2017 ein durchschnittlicher Versiegelungsgrad von 41 % der Flächen, die als Siedlungs- und Verkehrsflächen beansprucht werden (Umweltbundesamt, 2018).

Als Spezialbereich der Bioökologie kann die Waldökologie erwähnt werden. Die Waldökologie beschäftigt sich mit der Lebensgemeinschaft im Wald und deren Wechselbeziehungen zur unbelebten Umwelt, den sog. Standortfaktoren. Ein wichtiger Standortfaktor ist dabei der Waldboden. Die Böden erfüllen durch ihre Puffer- und Filterwirkung viele ökologische Funktionen, wie zum Beispiel Trinkwasserproduktion und Hochwasserrückhalt (BFW, 2018).

Die Ingenieurbiologie kann ebenso als Teilmaterie der Bioökologie bzw. Landschaftsökologie gesehen werden. In der Ingenieurbiologie wird mit bioökologischen Maßnahmen gearbeitet, die ergänzend zu anderen Maßnahmen die Einwirkungen der geoökologischen Naturgefahren reduzieren sollen.

Dieser Artikel erläutert kurz umrissen, welche ökologischen Aspekte im Wildbach- und Lawinenkataster (WLK) berücksichtigt wurden und zu Analysen herangezogen werden können.

Der Wildbach- und Lawinenkataster

Der WLK wurde entwickelt, um diverse WLK-Daten standardisiert und digital zu speichern. Eine Kombination aus Datenbank und Geoinformationssystem (GIS) erlaubt eine räumliche Darstellung der abgespeicherten Daten, kurz bezeichnet als Geodaten.

Der WLK besteht aus mehreren Modulen:

- Wildbach
- Lawine
- Gefahrenzonenplan
- Gutachten
- Projekte
- Ereignisse
- Dokumente
- Bauwerke
- Sonstige Gefahrengelände

Diese betreffen einerseits als Grundlagenmodule die ursächlichen Naturgefahren und andererseits die daraus resultierenden Module, wie Gefahrenzonenplan (GZP), Projektverwaltung, Bauwerkskataster und Gutachten. Die Module können sowohl separat als auch interaktiv verwendet werden. Z.B. wird ein Bauwerk mit dem vorangegangenen Projekt und der ursächlichen Naturgefahr vernetzt.

In den Grundlagenmodulen Wildbach, Lawine und sonstige Gefahrengelände (Risikogelände) werden sämtliche Ursachen berücksichtigt, die zu alpinen Naturgefahren führen können. Darunter Einzugsgebiete, Gewässernetz bzw. Lawinenpfade und Ablagerungsbereiche von Geschiebe und Wildholz. Als sonstige Gefahrengelände werden Rutschungen, Erosionen und Steinschlaggefahren berücksichtigt.

Der Ereigniskataster dient dazu vergangene Naturereignisse, wie Hochwässer, Lawinen-

abgänge, Hangrutschungen und Felsstürze zu dokumentieren. Die Dokumentation der fünf Ws (Was, wo, wann, wer, warum) dient als Grundlage für Ergänzungen von Messreihen, die wiederum Auswertungen und Annahmen für zukünftige Projekte und Gefahrenzonenpläne beeinflussen.

Die Grundlagenmodule dienen den aufbauenden Modulen als Datenbasis, etwa für GZP, die Sachverständigentätigkeit und die Projektierung. Der WLK wurde auch dafür geschaffen, die Suche nach Grundlagen zu vereinfachen.

Ökologische Faktoren im WLK

Geoökologie

Im WLK sind es vor allem die Grundlagenmodule, die auf die Geoökologie eingehen, da die Grundlagenmodule die unterschiedlichen Naturgefahren erklären und abbilden. Die Naturgefahren selbst sind als geoökologische Gefahren eingestuft, die auf Grund von meteorologischen, geologischen, topographischen, hydrologischen und morphologischen Faktoren existieren.

Im Wildbach-Modul wird über das Einzugsgebiet der topographische Bereich abgegrenzt, der bei Oberflächenabfluss durch die meteorologischen Einflüsse aus Regen und Schneeschmelze die Ursache für Hochwässer und Muren darstellt. Die im Falle eines Hochwasserereignisses überfluteten Bereiche werden Prozesswirkungsräume genannt, wo sich durch geringere Schlepplast mitgeflossenes Geschiebe und Unholz abgelagert.

Im Lawinen-Modul und in den sonstigen Gefahrengeländen werden analog dem Wildbach-Modul ebenso für die anderen alpinen Naturgefahren Einzugsgebiete für Lawinen, Felsstürze und Rutschungen definiert und deren Prozesswirkungsräume abgegrenzt.

Da die WLK vorwiegend Lawinen und Wildbäche thematisch betreut, sind im GZP-Modul unter Einhaltung der GZP-Verordnung die gelben und roten Zonen, wie die Prozesswirkungsräume in den Grundlagenmodulen, als Auswirkungsbereich der geoökologischen alpinen Naturgefahren dargestellt. Die Zonierung stellt eine Beeinflussung der Umwelt auf den Menschen dar, da in diesen Bereichen nur beeinträchtigt eine oder keine ständige Benutzung für Siedlungs- und Verkehrszwecke infolge dieser Gefährdung möglich ist (GZP-VO, 1976). Andere Naturgefahren werden als braune Hinweisbereiche dargestellt.

Der Bauwerkskataster hat in geoökologischer Sicht nur eine reaktive Position, da mit konstruktiven und ingenieurbioologischen Maßnahmen nach Stand der Technik, die Gefahrenzonen verringert oder lokale Schäden, wie z.B. erosive Uferabbrüche und Kolkungen im Gewässer ausgebessert bzw. zukünftig verhindert werden. Es wird hierbei bei Wildbächen das Erhaltungsziel des IST-Standes des Gewässers in den Fokus gestellt.

Das Gutachten-Modul dient der sachgutachterlichen Bewertung von gefährdeten Bereichen zur Benutzung für Siedlungs- und Verkehrszwecke. Für Verfahren im Baurecht und in der Raumordnung werden die Gutachten zur Aufklärung über die existierenden Naturgefahren herangezogen.

Bioökologie/Landschaftsökologie

Während die Geoökologie die Naturgefahren selbst darstellt, kann die Landschaftsökologie im WLK als Teil der Maßnahmensetzung gesehen werden.

In den Grundlagenmodulen Wildbach, Lawine und sonstige Gefahrengelände kann über die Ausdehnung der Einzugsgebiete und Prozesswirkungsräume der Versiegelungsgrad der Böden und die Besiedlungsdichte festgestellt werden.

Bezüglich Wildbäche gilt, je mehr Boden versiegelt ist, desto weniger Wasser kann der Boden in den Zwischenabflussraum versickern, und wegen der geringeren Reibung fließt das Wasser schneller bergab. Gute Waldbestände erhöhen den Interzeptionsverlust bis zu 40 % des jährlichen Niederschlags in Nadelwäldern (Brechtel, 1990). Ein Hektar funktioneller (unversiegelter) Boden kann 2.000 m³ Wasser speichern (Umweltbundesamt, 2018).

Auch die Gefahrenzonen im GZP-Modul sind eine Folge der Beschaffenheit des Geländes und der Böden. Laut § 7 der GZP-Verordnung können im GZP violette Hinweisbereiche ausgewiesen werden, die als Schutzfunktion durch die Erhaltung der Beschaffenheit des Bodens und des Geländes dienen. Sie sind eine Maßnahme gegen weitere Versiegelungen im Einzugsgebiet der Wildbäche und Lawinen und haben somit einen landschaftsökologischen Sinn. Zusätzlich sind blaue Vorbehaltsbereiche definierbar, die für forstlich-biologische Maßnahmen (z.B. Schutzwald) genutzt werden können.

Im Bauwerkskataster werden als konstruktive Lösungen auch ingenieurbioologische und waldbauliche Maßnahmen berücksichtigt. Beispielsweise sind als ingenieurbioologische Bautypen Faschinenbau, Lagenbau, Spreitlagen, Heckenbuschlagen, Rauhbäume, Hangroste, Mulchsaaten und Buschschwellen wählbar, als waldbauliche Bautypen Saaten, Aufforstung, Durchforstung etc. Die ingenieurbioologischen Maßnahmen sind mehrheitlich Längsbauwerke während im Waldbau flächenhafte Maßnahmen dominieren. Als Spezialanwendung im Bauwerkskataster sind Zustandsbewertungen aller Maßnahmen möglich. Die Zustandsbewertung hat grundlegend eine funktionale Betrachtung, ob die Maßnahmen zum Betrachtungszeitpunkt einem Hochwasser oder einem Lawinenabgang standhalten bzw. ihren Schutzzweck erfüllen. Es

wird aber auch die Integrität des Bauwerks oder der Maßnahme statisch und geotechnisch bewertet und für kurz-, mittel- oder langfristige Instandsetzungsarbeiten beurteilt. Für die Bewertung der ingenieurbioologischen und waldbaulichen Bauwerke wurden eigene Beurteilungskriterien für die strukturelle Beschaffenheit geschaffen (siehe Beitrag in diesem Heft).

Statistische Werte aus dem WLK nach momentanem Stand (August 2018)

Geoökologie

In Tabelle 1 ist die Anzahl an Wildbächen (nur Wildbach-Hauptbäche, ohne Zubringer), Lawinen und sonstigen Gefahrengebieten pro Bundesland in Österreich dargestellt.

Bundesländer	Wildbäche	Lawinen	Sonstige Gefahrengebiete
Burgenland	80	0	21
Kärnten	1320	652	120
Niederösterreich	2040	104	170
Oberösterreich	1535	382	143
Salzburg	956	656	68
Steiermark	3335	1364	119
Tirol	2208	2569	523
Vorarlberg	757	1489	373
Österreich	12252	7216	1540

Tab. 1. Digitale Einzugsgebiete im WLK

Tab. 1. Digitized catchment areas in torrent and avalanche cadaster.

Bundesländer	GZP-Gemeinden	Gemeinden gesamt	%GZP-Gemeinden pro Bundesland
Burgenland	27	171	15,8
Kärnten	124	132	93,9
Niederösterreich	308	573	53,8
Oberösterreich	232	440	52,7
Salzburg	115	119	96,6
Steiermark	161	287	56,1
Tirol	277	279	99,2
Vorarlberg	79	96	82,3
Österreich	1324	2098	63,1

Tab. 2: GZP-Gemeinden pro Bundesland.

Tab. 2: Hazard zone map-municipality per province.

GZP werden gemeindeweise erstellt. Wenn ein GZP bzw. eine GZP-Revision fertiggestellt wurde und den Genehmigungsprozess positiv durchlaufen hat, gilt dieser als Datengrundlage für zukünftige Projekte und Gutachten. In Tabelle 2 ist die Anzahl der Gemeinden mit genehmigten GZP pro Bundesland dargestellt.

Bioökologie/Landschaftsökologie

Österreichweit sind in den genehmigten GZP 838 blaue Vorbehaltsbereiche für forstlich-biologische Maßnahmen ausgewiesen. Die Ausdehnung dieser Bereiche reicht von 74 m² bis 9,1 km². Diese Flächen sind zur Sicherstellung einer Schutzfunktion z.B. Schutzwald, Betreuungstreifen oder zur Freihaltung für neue Maßnahmen z.B. Begründung von Waldflächen ausgewiesen worden.

Für die zur Erhaltung der Beschaffenheit des Bodens oder Geländes definierten violetten Hinweisbereiche sind österreichweit 839 Flächen ausgewiesen. In diesem Fall soll verhindert werden, dass z.B. Flächen mit günstigem Abflussverhalten oder Retentionswirkung anderswertig genutzt werden.

Im Bauwerkskataster sind derzeit österreichweit 179.589 Maßnahmen digital vorhanden, wobei 801 (0,4 %) ingenieurbioologische und 2.224 (1,2 %) waldbauliche Maßnahmen inkludiert sind. Die größte flächenhafte waldbauliche Maßnahme erreicht eine Ausdehnung von über 170 ha. Zum Schutz des Waldes vor Verbiss sind als waldbauliche Maßnahme auch Zäune inkludiert. Der älteste Eintrag für den Neubau einer ingenieurbioologischen Maßnahme stammt von 1902 und einer waldbaulichen Maßnahme von 1895.

Diskussion und Folgerungen

Der Begriff Ökologie kann in verschiedene Fassetten geteilt werden. Der Bereich der Geoökologie

im alpinen Raum ist das zentrale Aufgabengebiet der Wildbach- und Lawinenverbauung. Der WLK bildet mit seinen Modulen die unterschiedlichen Leistungsfelder ab. Die Dateneingabe muss kontinuierlich erfolgen, wenn für Analysen aktuelle Werte genutzt werden sollen. Wenn in einem Leistungsfeld neue Daten entstehen, sind diese Daten auch in den WLK einzupflegen. Z.B. wird ein Uferanriss durch eine ingenieurbioologische Maßnahme verbaut und gesichert, sollte zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeitsnachweise die Maßnahme ebenso im Bauwerkskataster eingetragen werden.

Die Vorteile dieser Arbeitsweise sind:

- Der Bauführer kennt die Örtlichkeit am besten und somit passieren weniger Fehler bei der Digitalisierung.
- Die Maßnahme wird mit der Projektverwaltung und sämtlichen anderen Modulen vernetzt, auf welche die Maßnahme einen Einfluss hat.
- Für den Abschluss eines Projektes können die gesetzten und digitalisierten Maßnahmen sofort für die Kollaudierung genutzt werden, z.B. für die Erstellung von Übersichtslageplänen.
- Jede Maßnahme hat einen Einfluss auf GZP-Revisionen, Gutachten und neue Projekte.
- Jede Maßnahme wird für statistische Kennzahlen herangezogen und beeinflusst damit auch strategische Überlegungen, wissenschaftliche Arbeiten und zukünftige Entscheidungen.

Auch für die Eingabe von ingenieurbioologischen und waldbaulichen Maßnahmen wurde der WLK entwickelt, die Digitalisierung von älteren Datenbeständen ist aber noch nicht abgeschlossen. Da aber auch während der Eingaben Fehler passieren, wie z.B. eine fehlerhafte manuelle Zuordnung zu einer Gemeinde oder zu einem Wild-

bach, bedarf es einerseits einer gewissen Akribie bei der Eingabe der Daten und andererseits auch einer Datenpflege.

Im Bereich der Maßnahmensetzung wurde aber auch festgestellt, dass die ingenieurbioologischen und waldbaulichen Maßnahmen im Gesamtspektrum bisher nur eine kleine Rolle gespielt haben, obwohl auch schon Ende des 19. Jahrhunderts die ersten eingesetzt wurden. Es wurde aber durch die Begehung von ingenieurbioologischen Maßnahmen zur Zustandsbewertung bemerkt, dass oft ältere Maßnahmen von einem natürlichen Bewuchs kaum zu unterscheiden sind. Es wird aber auch angenommen, dass in Arbeitsnachweisen oder Kollaudierungen, die erst einige Jahre nach der Maßnahmensetzung erstellt wurden, öfters biologische Maßnahmen nur ungenau erwähnt werden und somit die Digitalisierungen für zu ungenaue Darstellungen ebenso nicht durchgeführt wurden. Da die Reichweite der blauen Vorbehaltsbereiche allerdings um ein Vielfaches größer als die digitalisierten Maßnahmen ist, wird angenommen, dass noch nicht alle Maßnahmen in digitaler Form vorhanden sind.

Seit der 1990er Jahre entstand die Renaturierungsökologie. Weltweit sind viele natürliche Biotop (u.a. Moore, Wälder, Flussauen) und durch historische Nutzung entstandene Ökosysteme (u.a. Heiden, Trockenrasen) stark beeinträchtigt oder zerstört worden, sodass wichtige Leistungen für den Menschen verloren gegangen sind und sie nicht mehr nachhaltig genutzt werden können. Dieser Trend kann nur durch eine zielgerichtete Renaturierung umgekehrt werden, um für zukünftige Generationen lebenswerte Bedingungen zu erhalten (Zerbe et. al, 2009).

Da der WLK momentan nur ein IST-System ist, sind nur umgesetzte Maßnahmenprojekte mittels digitalisierter Maßnahmen abrufbar. Außerdem verfolgt das Projektverwaltungsmodul nur monetäre und zeitliche Ziele.

In zukünftigen Überlegungen, sollten für Variantenvergleiche auch bioökologische Faktoren, wie z.B. Recyclebarkeit von lebenden und nicht lebenden Baustoffen, als Entscheidungskriterium berücksichtigt werden, welche dann auch im WLK abrufbar wären. Renaturierungsmaßnahmen sollten dabei ebenso eine Rolle spielen, wie auch Nachhaltigkeitsüberlegungen.

Angeregt wird, dass auch eventuelle abflusserhöhende Faktoren (wie die Bodenversiegelung) bei harten und glatten Uferverbauungen in die Bewertung von bestehenden oder zukünftigen Maßnahmen einfließen bzw. deren negativen Auswirkungen gegenüber der umliegenden Natur und auch der Unterlieger, die durch eine beschleunigte Abflusswirkung im Gewässer eine höhere Bedrohung durch Flutwellen ausgesetzt sein könnten. Ingenieurbioologische Verbauungen erzeugen hierbei keine zusätzliche Versiegelung.

Für weitere Analysen wäre auch der gegenseitige Einfluss von GZP und Maßnahmen sinnvoll. Wie effektiv wirken Maßnahmen, um z.B. Gefahrenzonen zu verringern. Es wurde festgestellt, dass sich einige waldbauliche Maßnahmen nicht in blauen Vorbehaltsbereichen der GZP befinden, eine verstärkte Verschränkung dieser Vorbehaltsbereiche mit den zur Zeit entstehenden Objektschutzwaldkartierungen sollte beachtet werden.

Um die Möglichkeiten der Landschaftsökologie zu erhöhen, wäre in GZP eine breitere Anwendung von blauen Vorbehaltsbereichen für forstlich-biologische Maßnahmen und violetten Hinweissbereichen für die Erhaltung der Beschaffenheit der Böden anzuraten, damit diese Bereiche nicht durch andere Nutzungen belegt werden.

Grundsätzlich verfolgt die WLK das Ziel, den Menschen und seine nahe Umgebung vor alpinen Naturgefahren zu schützen. Sämtliche Methoden, ob GZP oder Maßnahmensetzungen, ökologische oder nicht-ökologische Maß-

nahmen, dienen diesem Grundsatz. Es wurde nie der Grundsatz entwickelt auch die Ökologie selbst zu schützen, weil eben auch die Naturgefahren als ökologische Ursache gesehen werden. Heutzutage, in Zeiten der Nachhaltigkeit und der globalen Klimaerwärmung muss auch die WLK ihre eigenen Maßnahmensetzungen einer ökologischen Betrachtung und Bewertung unterziehen und Entscheidungen für eine qualitative Verbesserung der Umwelt treffen.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI DI (FH) Ehrenfried Lepuschitz
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft
Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion WNB
Marxergasse 2, 1030 Wien
ehrenfried.lepuschitz@die-wildbach.at

Literatur / References:

- HAECKEL E. (1866).
Generelle Morphologie der Organismen. Allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformierte Deszendenz-Theorie. Berlin, Bd. 2, S. 286.
- BRECHTEL H. (1990). Interzeption. In: Baumgartner A., Liebscher H.J. (Hrsg.). Lehrbuch der Hydrologie, Band I (Allgemeine Hydrologie), Borntraeger, Stuttgart.
- VERBAND FÜR GEOÖKOLOGIE DEUTSCHLAND e.V. und HOCHSCHULKONFERENZ GEOÖKOLOGIE (VGÖD, 2005).
Geologie studieren.
- ZERBE S., WIEGLEB G. (2009).
Renaturierung von Ökosystemen in Mitteleuropa. ISBN 978-3-8274-2161-6, Springer-Verlag.
- KIRCHHOFF T. (2011).
Landschaftsökologie gleich Ökologie der Landschaft? Eine wissenschaftstheoretisch-kulturwissenschaftliche Analyse landschaftsökologischer Forschungsprogramme. In: Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (Hrsg.): Landschaftsökologie. Grundlagen, Methoden, Anwendungen. ANL, Laufen: S. 53–60
- UMWELTBUNDESAMT (2018).
Flächeninanspruchnahme. http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/raumordnung/rp_flaechenanspruchnahme/ Abruf: 22.08.2018
- BUNDESFORSCHUNGSZENTRUM FÜR WALD (BFW).
https://bfw.ac.at/db/bfwcms_mobil.web?dok=4256. Abruf: 23.08.2018

MONIKA PFEIFER, HANSPETER PUSSNIG

Im Schatten der Lawinenverbauung: Lebensraumverlust für alpine Rauhfußhühner?

Snow stabilization constructions in the release area of snow avalanches: Loss of living space for alpine grouse species?

Zusammenfassung:

Eine Aufgabe im Zuge von Lawinenverbauungen ist es, Schnee bereits im Anbruchgebiet von Lawinen zurückzuhalten um schadbringende Lawinenabgänge zu verhindern. Häufig wird die Errichtung von Lawinenverbauungen in den Anbruchgebieten aus naturkundefachlichen Gesichtspunkten mit dem Hinweis auf Verringerung der alpinen Lebensräume für Rauhfußhühner kritisiert. Die vorgestellte Studie zeigt aber, dass die Errichtung von Lawinenverbauungen durchaus zur Bereicherung der alpinen Lebensräume von Rauhfuß- und Steinhühnern führen kann und es keinen negativen Einfluss auf diese Lebensräume gibt.

Stichwörter:

Lawinenanbruchverbauung, Stahlschneebrücken, Schneehuhn, Steinhuhn, Birkhuhn

Abstract:

An important task of the Federal Service for Torrent and Avalanche Control is the prevention against catastrophic snow avalanches. One of the most appropriate methods to prevent against avalanches is the stabilisation of the snowpack in the starting areas of avalanches with steel bridges. In many cases it was criticized that this constructions influences the living environment of alpine animals like snow grouse and black grouse in a negative way. However, the presented study shows that rock partridge, snow grouse and black grouse are benefiting of additional landscape elements like snow bridges.

Keywords:

Snow supporting structures, steel snow brigdes, rock partridge, black grouse

Einleitung

Im vorliegenden Artikel wird vom Einfluss von Stahlschneebrücken als Lawinenanbruchverbauung auf das Vorkommen von Stein-, Schnee- und Birkhühner berichtet, welcher anhand einer Studie festgestellt wurde.

Der Anlass zur Studie ergab sich aus div. Behördenverfahren zu Lawinenverbauungsprojekten der WLW, bei denen der Verbau durch Stahlschneebrücken im alpinen Gebiet besonders heftige Diskussionen in Hinblick auf die Auswirkungen auf den Lebensraum der Arten Stein-, Schnee- und Birkhühner ausgelöst hat. Teilweise mussten mit hohem finanziellem Aufwand Ausgleichsflächen geschaffen werden.

Seitens der WLW und der Jägerschaft wurden diese Arten jedoch immer wieder – gerade in Bereichen, die mit Stahlschneebrücken verbaut sind – beobachtet: Bei regelmäßigen Winterbegehungen im Bereichen der Lawinenanbruchverbauung wurde von den Mitarbeitern der WLW in Osttirol festgestellt, dass Bereiche direkt unter den Stahlschneebrücken teilweise früher schneefrei wurden. Dies legte die Vermutung nahe, dass in diesen schneefreien Vegetationsstreifen Nah-

rungspflanzen für Hühnervögel auch im Winter (früher) verfügbar sind und deshalb möglicherweise gezielt aufgesucht werden könnten. Neben dem Äsungsangebot hätten die schrägen Stahlträger auch Deckung nach oben vor potentiellen Raubfeinden aus der Luft anzubieten.

Infolge dessen erteilte die WLW dem Büro am Berg, vertreten durch Frau DI Monika Pfeifer, den Auftrag, die Studie anhand folgender Fragestellung durchzuführen:

1. *Wie wirken sich Bauwerke der Lawinenverbauung (Stahlschneebrücken) als „künstliche Struktur-elemente“ auf die Lebensraumnutzung von Steinhühnern, Birk- und Schneehühnern aus?*
2. *Werden die Stahlschneebrücken von Hühnervögeln im Winter und zur Brutzeit aktiv aufgesucht und genutzt?*

Somit wurden seit dem Winter 2014/15 Erhebungen durchgeführt. Im ersten Winter wurde das Gebiet der Oberseit Lawine oberhalb von St. Jakob im Defereggental untersucht, seit 2015/16 auch die Verbauung der Timmelbach Lawine in Prägraten im Virgental. Ab 2016/17 wurden die Verbauungen in Ratzell am Beginn des Defereggentales durchgeführt. Die Ergebnisse liegen nun vor.



Abb. 1:
Lawinenanbruchverbauung;
Oberseit Lawine, St. Jakob
i. Def.

Fig. 1:
Snow stabilisation
constructions at Oberseit
avalanche, St. Jakob i. Def.

Foto- und Kartiernachweise

Um mehr über das Verhalten der Hühnervögel im Zusammenhang mit den Stahlschneebrücken zu erfahren, wurden im Winter 2014/15 und im darauf folgenden Winter 2015/16 sechs bzw. fünf Wildkameras (Fotofallen) an verschiedenen Standorten entlang der Lawinenverbauungen oberhalb von St. Jakob im Defereggental aufgestellt. Die Kameras verteilten sich über eine Höhenausdehnung von 2150 m bis 2380 m, wurden direkt an die Stahlträger befestigt und befanden sich in Gebieten mit verschiedenen Fels-, Gras- und Zwergstrauchanteil, in der Hauptsache nach Süden exponiert. Der überwiegende Teil der Verbauungen liegt auf einem mäßig strukturierten Grashang, im oberen Bereich kommen einige steilere Felsstrukturen und Kanten dazu. Die Kameras blieben bis Ende Mai, im zweiten Winter bis Ende Juni im Gelände, mehrmals im Winter und Frühjahr wurden die Speicherkarten getauscht, ein Batterietausch war nie notwendig. Die Auslösung eines Fotos erfolgt durch Bewegung, der Radius für die Erfassung der Bewegung reduziert sich in der Nacht auf ca. 15 m.

Nach der ersten Kontrolle und Tausch der Speicherkarten zeigten sich viele „Fehlauflösungen“ durch die Schatten der Stahlträger bzw. das Weiterrücken der Schatten bedingt durch den wandernden Sonnenstand während des Tages. Das Auslöseintervall wurde mit drei Minuten höher eingestellt, da bei einem Intervall von einer Minute bei sonnigem Wetter schon nach 10 Tagen ca. 3000 Bilder gespeichert waren.

Insgesamt wurden pro Winter ca. 15 000 Bilder ausgewertet, auf den Fotos waren in den beiden Erhebungsjahren folgende Tierarten zu erkennen:

1. Jahr: 4. 2. 2015 – 14. 5. 2015	2. Jahr: 13. 12. 2015 – 6. 6. 2016
Schneehase	Schneehase
Fuchs	Fuchs
Gämsen	Marder
Murmeltier	Murmeltier
Birkhuhn	Gämsen
Schneehuhn	Rehe
Steinhuhn	Birkhuhn
	Schneehuhn
	Steinhuhn
	Schafe (ab 30. 5. 2016)

Insgesamt gelangen im ersten Untersuchungsjahr 13 Bilder von Hühnervögeln an vier Kamerastandorten (6 x Birkhuhn, 6 x Schneehuhn, 1 x Steinhuhn), auf den zwei am tiefsten aufgestellten Kameras unterhalb von 2.300 m ü.A. waren nie Hühnervögel zu sehen.

Im zweiten Jahr konnten 19 Bilder mit Hühnervögeln ausgewertet werden, davon 17 Bilder mit Birkhähne (einige Mal auch mit zwei Hähne) und je ein Schneehuhn und ein Steinhuhn.

Neben den Hühnern gab es viele Bilder von Schneehasen an allen Kamerastandorten, oft an aperen Stellen unterhalb der Brücken fressend. Weiters waren auch einige Füchse zu sehen, die offensichtlich die Streifen entlang der Stahlschneebrücken absuchten, immer wieder Gämsen, Rehe, manchmal ein Marder und ab dem Frühjahr Murmeltiere.

Im Frühjahr 2015 und 2016 wurde entlang sämtlicher Stahlbauwerke eine Begehung zur Suche indirekter Nachweise (Losungen, Federn) gemacht und sämtliche Funde notiert, um auch

zu erfassen, ob die Bereiche unterhalb der Stahlbrücken von den verschiedenen Hühnervogelarten nur vereinzelt oder öfters aufgesucht werden. Die Nachweise wurden je nach Anzahl der Losungen in vier Kategorien eingeteilt:

- Einzelne Losung im Umkreis von 3 m, Huhn geht vorbei, frisst da und dort
- Mehrere Losungen: mehr als 5 Losungen im Umkreis von 3 m, längerer Aufenthalt, Fressen, aber nicht als Ruheplatz
- Viele Losungen: mehr als 10 Losungen zusammen an einer Stelle, (Fress-)/Ruheplatz
- Schneehöhle/Winter: viele Losungen an einer Stelle, nächtlicher Ruheplatz oder Schneehöhle im Winter

Diese Kartierungen brachten eine Vielzahl von Nachweisen von Stein-, Schnee- und Birkhühnern entlang der einzelnen Stahlstützwerke, der Schwerpunkt lag wie schon bei den Fotonachweisen eher in den oberen Höhenlagen.

Für das Verbauungsgebiet der Timmelbach Lawine im Virgental konnten im ersten Winter 2015/16 Fotos nur bis Mitte Dezember gesammelt werden, bei der nächsten Kontrolle am 3.1. waren die Kameras verschwunden. Im darauffolgenden Jahr 2016/17 wurden die Kameras in Stahlkästen eingeschlossen und diese im Boden verankert. Sie waren bis Ende der Baustelle im Sommer

2018 montiert. Auf den Bildern waren im ersten und auch im zweiten Jahr (2016/17 und 2017/18) Schneehasen, Gämsen, einmal je ein Fuchs und ein Marder, und Ende April war ein Schneehuhn zu sehen.

Der Nachteil der fix verankerten Boxen ist, dass eine Nachjustierung für die Ausrichtung der Kameras wie sie in St. Jakob zweimal vorgenommen wurde, nicht mehr möglich war.

Bei einer Begehung am 29.8.2018 konnten an der untersten neu errichteten Lawinenverbauung (SH 2400 m) vier Steinhühner beobachtet werden, die im schottrigen, trockenen Boden in Sandbademulden ruhten und nach unten abstrichen. Entlang dieses untersten Stahlträgers konnten zahlreiche frische und ältere Losungen, Federn und weitere Ruhemulden von Steinhühnern gefunden werden. Ältere Losung wurde auch im Bereich der höheren Verbauungen auf 2.550 m ü.A. gefunden.



Abb. 2: Lawinenanbruchverbauung; Timmelbach Lawine, Prägraten a. Gr.

Fig. 2: Snow stabilisation constructions at Timmelbach avalanche; Prägraten a. Gr.



Abb. 3:
Huderplätze im Schatten
der Stahlschneebrücke;
Timmelbach Lawine,
Prägraten a. Gr.

Fig. 3:
Rake places below snow
stabilisation constructions
at Timmelbach avalanche;
Prägraten a. Gr.

Im Gebiet Ratzell (Lailahner Lawine) im Deferegental konnten in den beiden Untersuchungsjahren (2016/17 und 2017/18) Steinhühner, Schneehühner und Birkhühner nachgewiesen werden. Im ersten Winter und Frühjahr gelangen zwischen November 2016 und Anfang Juni 2017 durchgehend in allen Monaten Aufnahmen von Steinhühnern, im November, Mai und Juni auch jeweils paarweise. In diesem Jahr mit sehr geringen Schneehöhen waren nur Steinhühner, keine anderen Hühnervogelarten auf den Bildern zu sehen. Im zweiten Winter mit Schnee schon ab Oktober und durchgehend geschlossener Schneedecke waren im November und Jänner mehrmals Birkhähne auf den Fotos, im März ein Schneehahn und im November und April ein Steinhuhn. Die drei Kameras waren in einer Höhenlage zwischen 2200 m und 2400 m verteilt, direkt an den Stahlträgern montiert.

Birkhuhn, Schneehuhn und Steinhuhn

Die Ergebnisse der Foto- und der Kartiernachweise bestätigen, dass es nach der Errichtung von Lawinerverbauungen nicht zu einem Meiden

dieser Gebiete durch die Hühnervögel kommt. Sind geeignete Lebensraumvoraussetzungen vorhanden, werden bzw. bleiben diese Gebiete besiedelt. Die zahlreichen Losungsnachweise zeigen auch, dass die Lawinerverbauungselemente offensichtlich aktiv von allen drei besprochenen Arten aufgesucht wurden: zum Fressen, zum Ruhen und auch zum Übernachten (Losungen von Schneehöhlen).

Für die **Birkhühner bzw. offensichtlich nur die Hähne** scheint sich der Lebensraum durch die Deckungsmöglichkeiten der Stahlbrücken in dieser Höhenlage (2200 m – 2500 m) nach oben zu erweitern. Birkhühner besiedeln in ihren alpinen Verbreitungsgebieten die Übergangsbereiche zwischen offenen Almflächen und Waldbestand, unter natürlichen Verhältnissen halten sie sich vorwiegend in der Kampfzone des Waldes auf. Der überwiegende Teil der Bildnachweise von Birkhühnern stammt aus Höhenlagen knapp oberhalb von 2300 m, die meisten Nachweise aus den Kartierungen oberhalb von 2200 m. Bei Erhebungen des Nationalparks Hohe Tauern im Rahmen der AVIFAUNA Osttirol (2007) konnten in ausgewählten Kartiergebieten insgesamt 207 Birkhuhn-

Nachweise gefunden werden. Der überwiegende Teil der Nachweise (knapp 60 %) wurde in einer Höhenstufe zwischen 1900 m bis 2200 m gefunden. Die Nachweishäufigkeit in der Höhenstufe zwischen 2200 und 2300 m lag bei rund 15 %, zwischen 2300 und 2400 m nur mehr bei rund 1 %. Die hohe Zahl der Nachweise weit über der Baumgrenze weist darauf hin, dass die künstlichen Strukturelemente die Lebensraummöglich-

keiten für Birkhühner nach oben erweitern. Die Stahlschneebrücken bieten Deckung in einer Höhenstufe, in der es keine Deckungsmöglichkeiten vor Luftfeinden mehr gibt. Verbunden mit dieser Deckung gibt es Möglichkeiten zur Nahrungsaufnahme von energiereichen krautigen Pflanzen und Zwergsträuchern und einen guten Überblick für eine frühe Feinderkennung.



Abb. 4:
2 Birkhähne unterhalb der
Stahlstützwerke; Oberseit
Lawine, St. Jakob i. Def.

Fig. 4:
2 black cocks below
the snow stabilization
constructions at Oberseit
avalanche, St. Jakob i. Def.



Abb. 5:
Birkhahn unterhalb der
Stahlstützwerke; Lailahner
Lawine, Hopfgarten i. Def.

Fig. 5:
Black cock below the snow
stabilisation constructions
at Lailahner avalanche,
Hopfgarten i. Def.

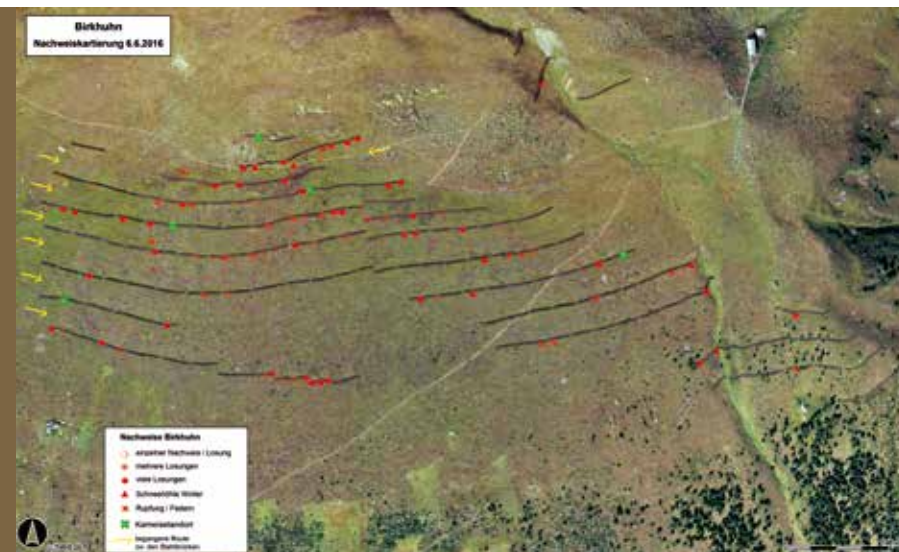


Abb. 6: Birkwildnachweis Oberseit Lawine, St. Jakob i. Def.

Fig. 6: Recorded black grouse at Oberseit avalanche, St. Jakob i. Def.

Schneehühner scheinen dieses künstliche Deckungsangebot ebenfalls nutzen zu können. Ein „idealer Lebensraum“ für Schneehühner ist relativ stark strukturiert mit vielen Zwergsträuchern und Schuttfluren. Vor allem ein gewisser Felsanteil ist von großer Bedeutung für das Vorkommen des Schneehuhns. Es scheint, dass die zusätzlichen Deckungsstrukturen der Stahlbrü-

cken hier den für die Schneehühner aus Sicherheitsgründen notwendigen Felsanteil zumindest zum Teil „ersetzen“ können. Ohne diese Deckungsmöglichkeiten und das darunter früher ausapernde Nahrungsangebot wäre die Lebensraumeignung im Gebiet der Oberseit-Lawine im Defereggental für Schneehühner als gering einzuschätzen.



Abb. 7: Schneehahn unterhalb der Stahlstützwerke; Lailahner avalanche, Hopfgarten i. Def.

Fig. 7: Snow grouse below the snow stabilisation constructions at Lailahner avalanche, Hopfgarten i. Def.

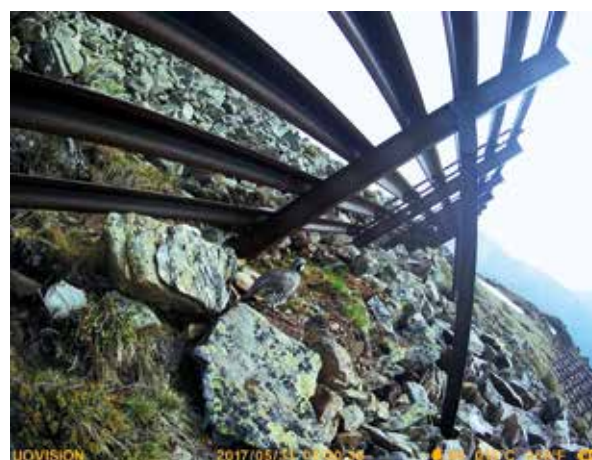


Abb. 8: Steinhahn unterhalb der Stahlstützwerke; Lailahner avalanche, Hopfgarten i. Def.

Fig. 8: Rock partridge below the snow stabilisation constructions at Lailahner avalanche, Hopfgarten i. Def.

Flächen, auf denen durch Schneeabrutschungen oder Lawinenabgang Äsung freigelegt wird, spielen für Steinhühner und eine wichtige Rolle. **Steinhühner** sind keine Raufußhühner, sie haben keine „Schneeschuhe“ wie Schnee- oder Birkhühner als Anpassung an den Winter im Gebirge, die ein Einsinken im tiefen Schnee verringern könnten. Werden Schneeabrutschungen nun großflächig verhindert, verringert sich die Eignung dieses Gebietes als Winterlebensraum für Steinhühner. Die kleinräumigen früheren Ausaperungen entlang der Lawinerverbauungen können aber für Steinhühner einen „Ersatz“ für vielleicht großflächigere Abrutschungen bieten, die es ohne die Verbauungen gäbe.

Bilder eines Steinhuhnpaars (30.4.2015) und eines Steinhuhns im nächsten Frühjahr (1.4.2016) belegen die Nutzung des Gebietes der Oberseit-Lawine zur Fortpflanzungszeit. Eine Brut im Bereich der Lawinerverbauungen bzw. wahrscheinlicher im tiefer liegenden Wald-/Baumgrenzbereich ist anzunehmen, da sich die Steinhühner bis Anfang April in der Regel in der Nähe ihrer Brutgebiete einfinden (Hafner 1994).

Im Gebiet Ratzell ist ebenfalls anzunehmen, dass eine Steinhühner im Bereich bzw. in der Nähe der Lawinerverbauungen brütet. Bilder von Anfang bis Ende Mai und Mitte Juni 2017 belegen die Anwesenheit von Steinhühnern an den Verbauungen in der Brutzeit.



Abb. 9: Steinhuhnlosung unterhalb der Stahlstützwerke; Timmelbach Lawine, Prägraten a. Gr.

Fig. 9: Scat of rock partridge below the snow stabilisation constructions at Timmelbach avalanche, Prägraten a. Gr.

Zauneffekt

Die Art der Konstruktion der Stahlschneebrücken hat in ihrer Wirkung große Ähnlichkeit mit alten Holzzäunen („Spaltenzaun“), wie sie früher für Weidegebiete errichtet wurden. Mit den Jahren neigten sich diese Holzzäune vor allem im steileren Gelände nach unten. Es entstanden schneefreie und nach oben gedeckte Bereiche, die Steinhühnern das Überwintern durch leichter erreichbare Nahrungsmöglichkeiten und Deckung ermöglichten (Hafner 1994). Heute sind diese Holzzäune meist durch Stacheldraht oder elektrische Zäune ersetzt.

Ausaperung unterhalb der Verbauungen

Für das schnellere Ausapern und damit der früheren Verfügbarkeit von Nahrung direkt unterhalb der Stahlbrücken lassen sich drei wesentliche Faktoren erkennen:

- geringere Schneeablagerungen direkt unterhalb der unteren Balken;
- Schneekriechen und Schneegleiten: „Trennlinie“ wenig Schnee unterhalb und viel Schnee oberhalb des Balkens;
- schnellere Erwärmung der Bodenoberfläche aufgrund der Erwärmung der Stahlbalken und -träger.

Durch die Abschirmung der schrägen Stahlbalken kommt direkt unterhalb der Lawinerverbauung weniger Schnee am Boden an. Die unterschiedlichen Schneehöhen oberhalb und unterhalb der Stahlschneebrücke fördern die Bildung eines Gleitrisses. Die Schneedecke bewegt sich im geneigten Gelände durch Kriech- und Gleitbewegung infolge der Schwerkraft langsam nach unten. Schneekriechen und -gleiten am Hang sind für die frühere Ausaperung unterhalb der Lawinerverbauungen mitverantwortlich und kommen vor allem an steileren Südhängen ab ca. 25° Neigung vor.

Zusätzlich erwärmen sich bei Sonneneinstrahlung die dunklen Stahlträger der Lawinerverbauungen stark, diese Wärme wird an die Umgebung abgegeben, was wiederum den Schnee direkt in der nahen Umgebung schneller zum Schmelzen bringt und die Vegetation darunter wieder früher ausapert.

Begleitende flächenwirtschaftliche Projekte

Sehr oft werden begleitend zu Lawinerverbauungen flächenwirtschaftliche Projekte (Hochlagenaufforstungen) durchgeführt. Diese Änderungen vom Wald- bzw. Baumgrenzbereich zu einem

geschlossenen Waldgürtel bewirken für die Hühnervögel mittel- bis langfristig wesentlich größere Veränderungen im Lebensraum als die linearen Strukturen der Lawinerverbauungen mit sich bringen. Der halboffene Lebensraum mit vielen Grenzlinien, Lücken und Baumgruppen – wie ihn das Birkhuhn braucht – wird zu einem Waldgürtel, der weiter nach oben reicht und dieser Art keinen Lebensraum ermöglicht. Wichtig wäre es bei diesen Projekten, Übergänge zu schaffen, Lücken zu belassen und die scharfen Grenzen aufzuweichen – ein möglichst „ausgefranstes“ Gebilde an Waldstreifen mit vielen Möglichkeiten an lückigen Teilen.

Auch die Steinhühner nutzen die halboffenen Gräben oder Lawinestriche im Baumgrenzbereich und darunter im Frühjahr als Brutgebiete. Wachsen diese Bereiche aufgrund der Aufforstungen oder der zurückgehaltenen Lawinen großflächig zu, verschwindet Lebensraum für die Art.

Lawinerverbauungen im Baumgrenzbereich

Die beschriebenen Nachweise und Kartierungen wurden alle in einer Höhenlage zwischen 2.200 m und 2.500 m gemacht. Die daraus folgenden Beobachtungen und Hypothesen sind nicht auf Lawinerverbauungen unterhalb der Baumgrenze anzuwenden. Dort spielt der Faktor der zusätzlichen Deckung keine Rolle, es ist genug vorhanden. Der Lebensraumverlust durch das flächige Zuwachsen wirkt sich negativ für die Hühnervogelarten aus, die positiven Nebenefekte der Lawinerverbauungen wie in den höheren Lagen kommen hier nicht zum Tragen.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse der Studie zeigen eindrucksvoll, dass Stahlschneebrücken oberhalb der Wald-

grenze den Vorkommen von Stein-, Schnee- und Birkhühnern nicht entgegenstehen bzw. deren Lebensraum nicht einschränken. Vielmehr zeigt die Studie durch ihre zahlreichen Beobachtungen und sonstigen Nachweise der Vorkommen unter Berücksichtigung von Referenzflächen, dass die def. Hühner den Schutz der Stahlschneebrücken samt der Nahrung dort bevorzugt aufsuchen.

Somit stellt diese Studie einen weiteren Gesichtspunkt dar, welcher bei künftigen naturschutzrechtlichen Verfahren miteinbezogen werden sollte. Selbst in Natura 2000-Gebieten könnte anhand dieser zusätzlichen Erkenntnisse die Errichtung von schutzwirksamen Stahlschneebrücken erleichtert werden: Maßnahmen zur Verhinderung von schadbringenden Lawinenanbrüchen oberhalb des Baumgrenzbereiches – ohne naturschutzfachliche Interessen i. S. des Schutzes von Stein-, Schnee- und Birkhühnern einzuschränken.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Monika Pfeifer
Büro am Berg – Wildtierökologie und
Landschaftsplanung
monika.pfeifer@amberg.at

DI Hanspeter Pussnig
Wildbach- und Lawinerverbauung
Gebietsbauleitung Osttirol
Kärntnerstraße 90, 9900 Lienz
hanspeter.pussnig@die-wildbach.at

Literatur / References:

HAFNER F. (1994):
Das Steinhuhn in Kärnten. Ökologie, Verhalten und Lebensraum. Verlag d. Naturwiss. Vereins für Kärnten.

RAGGER C., SENITZA E. & F. HAFNER (2007):
Avifauna Nationalpark Hohe Tauern. Hühnervögel – Endbericht.

PFEIFER, M. & T. HUBER (2016):
Lawinerverbauungen im Lebensraum von Steinhühnern, Schneehühnern und Birkhühnern. Mögliche Auswirkungen und Einflüsse, Erhebungen Feb. 2015 – Juni 2016. Unveröff. Endbericht.

HANS PETER RAUCH, MAGDALENA VON DER THANNEN, HANSJÖRG HUFNAGL

Wie ökologisch ist die Ingenieurbioogie?

How ecological is soil bioengineering?

Zusammenfassung:

Die Ingenieurbioogie ist eine traditionelle Bautechnik, die in erster Linie natürliche Materialien verwendet und neben dem Erd- und Wasserbau seit jeher auch in der Wildbach- und Lawinerverbauung eingesetzt wird. Durch die Verwendung der natürlichen und oft auch lebenden Materialien wird mit der Ingenieurbioogie eine ökologische Bauweise assoziiert. Wir haben uns kritisch mit der Frage auseinandergesetzt, ob die Ingenieurbioogie per se wirklich ökologisch ist und diese Frage anhand einzelner Beispiele diskutiert. Eine Analyse bzw. Bewertung der ökologischen Wirkungen ingenieurbioogischer Maßnahmen kann unter verschiedenen Gesichtspunkten erfolgen. Einerseits kann die ökologische Wirkung hinsichtlich der Leistungen eines Ökosystems bewertet werden. Andererseits können potentielle negative Umweltwirkungen, welche bei der Errichtung einer ingenieurbioogischen Maßnahme entstehen, beurteilt werden. Wie ökologisch die Ingenieurbioogie schlussendlich ist, hängt von der Ausgangssituation, den geplanten Maßnahmen sowie dem Standort und der Umsetzung ab.

Stichwörter:

Ingenieurbioogie, Ökologie, Ökosystemdienstleistungen, Ökobilanz

Abstract:

Soil bioengineering is a traditional construction technique, which primarily uses natural materials. Besides its application in earth and water engineering, soil bioengineering is also practiced in the Austrian torrent and avalanche control. By using natural and often living materials, soil bioengineering is associated with an ecological construction method. We critically examined

the question of whether soil bioengineering is ecological per se and we discuss this question on the basis of individual examples. The analysis and the evaluation of the ecological effects of soil bioengineering measures can be carried out from different perspectives. On the one hand, the ecological impact on the ecosystem and habitat for flora and fauna can be assessed. On the other hand, the ecological effect and the potential environmental impact resulting from the establishment of a soil bioengineering measure can be assessed. How ecologically soil bioengineering ultimately depends on the initial situation, the planned measures, their implementation and the location.

Keywords:

Soil bioengineering, ecology, ecosystem services, life cycle assessment

Einleitung

Für eine Beantwortung der Frage „Wie ökologisch ist die Ingenieurbioogie?“ ist es notwendig, die Ingenieurbioogie in einem geschichtlichen Kontext zu verstehen. Wie entstand die Bautechnik, welche Ziele wurden damit verfolgt und wie hat sie sich im Laufe der Zeit verändert. Aus diesem Grund wird am Anfang dieses Artikels die historische Entwicklung der ingenieurbioogischen Bautechnik näher erläutert, um aufbauend auf dem historischen Kontext die aktuelle Rolle der Ingenieurbioogie hinsichtlich ihrer ökologischen Wirkung zu diskutieren.

Die Bautechnik der Ingenieurbioogie gilt als altes und traditionelles Handwerk, welches schon vor Christi Geburt vor allem in Asien und Europa zum Einsatz gekommen ist (Stokes et al. 2010; Evette et al., 2009; Bischetti et al., 2014). Die antiken Völker in China nutzten ingenieurbioogische Techniken zum Stabilisieren von Uferbereichen von Flüssen und Deichen und auch um letztere zu reparieren. Dafür verwendeten sie Weiden-, Bambus- oder Hanf-Material, woben Körbe daraus und füllten diese mit Steinen (Lewis, 2000; Finney, 1993). In Europa haben die Kelten Weiden geflochten, um Zäune und Mauern zu

errichten, die Römer verwendeten später Faschinen im Bereich des Wasserbaus (Lewis, 2000; Finney, 1993). Gegen Ende des 18. Jahrhunderts wurden in Österreich ingenieurbioogische Techniken angewandt und dokumentiert, zum Beispiel als lebende Verlandungsstrukturen. Dabei wurden lebende Äste direkt in die Abflusssktion gesteckt, um dadurch Sedimente zurückzuhalten und das Flussbett neuzugestalten (Lewis, 2000). In Frankreich wurde die Lebendverbauung mit den Maßnahmen nach der Überschwemmung des Rhonetales im Jahr 1856 etabliert. An der Drau und der Save wurden – vom Wasserbaupionier Josef Schemerl – Lebendbaumethoden eingesetzt und dokumentiert. In der Schweiz war es Schindler, der in den 1890er Jahren die Lebendverbauung anwandte und zahlreiche Schriften veröffentlichte. In Österreich bemühten sich Seckendorff 1884 und unmittelbar später auch Stiny um die Umsetzung von ingenieurbioogischen Maßnahmen (Prückner, 1965).

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde diese traditionelle Bautechnik, durch die fortschreitende Mechanisierung und die Begradigung von Flüssen zur Landgewinnung, sowie durch zunehmenden Mangel an Arbeitskräften (verursacht durch Anstellungen im Industriebereich) und die Verfügbarkeit von neuen

Materialien vernachlässigt (Evette et al., 2009; Gray und Sotir, 1996). Die Folgen dieser Entwicklung zeigten sich anhand negativer Auswirkungen auf unsere Umwelt (z.B. Störung des ökologischen Gleichgewichts, Verbrauch von wertvollen Ressourcen, gesundheitliche Auswirkungen auf den Menschen, negative Auswirkungen auf das Klima). Mit der Wahrnehmung der negativen Umweltauswirkungen wurde auch die Ingenieurbioogie wiederentdeckt. Walzl, ein Wasserbautechniker aus dem Innviertel etablierte die Lebendverbauung als naturnahen Wasserbau. Nach dem zweiten Weltkrieg waren es die Tiroler Wildbachverbauer Hassenteufel und Schiechtl, die Grünverbauungen als Lösungen für Rutschhänge und Rensen erarbeiteten und die Ingenieurbioogie auf eine breite Grundlage stellten (Prückner, 1965). Dieses Konzept wurde von Florin Florineth (als Schüler von Schiechtl) aufgenommen und erfolgreich über mehr als 20 Jahre in Südtirol im Rahmen der Agentur für Bevölkerungsschutz (ehemals Sonderbetrieb für Bodenschutz, Wildbach- und Lawinerverbauung) umgesetzt.

Die Idee der Ingenieurbioogie (oder auch Lebendverbauung oder Grünverbauung) hat stark an Bedeutung gewonnen. Ab den 1970er Jahren konnte die Ingenieurbioogie, zuerst in Europa und dann auf der ganzen Welt, wieder erfolgreich verbreitet werden (Lewis, 2000; Schiechtl und Stern, 1992, 1994; Schiechtl, 1980; Florineth, 2012; Europäische Föderation für Ingenieurbioogie, 2015; Howell, 1999; Petrone und Preti, 2008; Rauch et al., 2014). Es folgte ein Umdenken, weg von einem „harten Ingenieurdanken“ hin zu einer integralen Betrachtung mit Berücksichtigung umweltrelevanter Faktoren und somit wurde auch die Ingenieurbioogie neu definiert. Sie bedient sich zwar immer noch an denselben Materialien und Techniken, wird aber als Bautechnik mit technisch-ökologisch-ästhetischem Wirkungsgefüge gesehen.

Ziel ist es immer noch Berghänge, Steil- und Uferböschungen zu stabilisieren, aber gleichzeitig negative Auswirkungen auf Umwelt und Landschaft so gering wie möglich zu halten. Der fundamentale Unterschied zwischen Ingenieurbioogie (im heutigen Sinn) und historischen Sicherungsmaßnahmen ist, dass letztere die Pflanzen und natürlichen Materialien verwendeten und kombinierten, weil es die einzig verfügbaren und leistbaren Materialien waren, während die Ingenieurbioogie heute gleiche bzw. ähnliche Bautechniken und Materialien nutzt, nur mit dem Fokus auf Erhaltung von Landschaft und Umwelt (Bischetti et al., 2014). Dies betrifft vor allem die Anwendung der ingenieurbioologischen Techniken im Wasserbau (Renaturierungsprojekte), während der Fokus der Bautechnik in der Wildbach- und Lawinerverbauung nach wie vor auf der technischen Funktion (Erosionsschutz) liegt.

Mit der Ingenieurbioogie kann heute im Erd- und Wasserbau ein weiter Bogen gespannt werden, dabei wird bei Bauvorhaben immer wieder betont, dass man mit ihrer Anwendung auch positive ökologische Effekte erzielt. Ob dies tatsächlich so gesehen werden kann, wollen wir in diesem Beitrag, in dem wir uns kritisch mit dem Spannungsfeld Ingenieurbioogie und Ökologie auseinandersetzen, darlegen. Ziel ist es nicht, die Analyse einer konkreten ingenieurbioologischen Anwendung aufzuzeigen, sondern das Spannungsfeld zwischen Ingenieurbioogie und Ökologie abstrakt und allgemein zu diskutieren.

Ingenieurbioogie und Ökologie

Um die Ingenieurbioogie in Zusammenhang mit der Ökologie zu bringen, muss der Begriff der Ökologie definiert werden, denn auch dem Begriff Ökologie liegt eine lange Entwicklung und Transformation zu Grunde. Im Buch „Ökologie“ von Begon et al. (2017) werden die wichtigsten

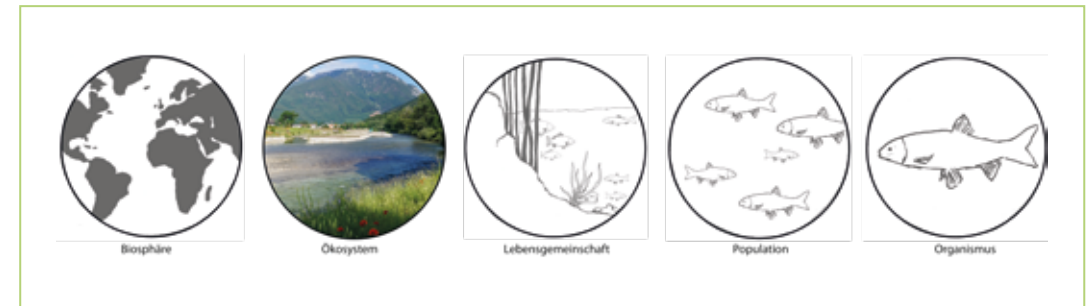


Abb. 1: Die Ökologie und ihre Ebenen, von der Biosphäre zum Organismus.

Fig. 1: Ecology and its levels, from biosphere to organism.

Meilensteine der Ausformung des Begriffs Ökologie festgehalten. Die erste Definition lieferte Ernst Haeckel im Jahre 1866. Er formulierte die Ökologie als „die gesammte [sic] Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Aussenwelt“ (Begon et al., 2017, 4). Danach durchlief der Begriff Ökologie einige Änderungen, wobei die Pflanzen- und Tierökologie separiert wurden (Tansley, 1904, Elton, 1972). Später waren sich jedoch Zoologen und Botaniker einig, dass Pflanzenökologie und Tierökologie zusammengehören und somit wurden diese wieder gemeinsam unter dem Begriff Ökologie zusammengefasst und sogar auf alle Organismen erweitert (Ricklefs, 1973). Zuletzt wurde der Begriff noch weiter ausgedehnt und bezieht sich nicht nur auf die Organismen und ihre Wechselbeziehungen untereinander, sondern auch auf die Wechselbeziehungen zwischen den Lebewesen und ihrer physikalischen Umwelt. Dabei wird beispielsweise untersucht, wie sich die Organismen auf die Stoffflüsse in der Natur auswirken (Begon et al., 2017). Zuletzt definieren Begon et al. (2017, 4) die Ökologie als „Die wissenschaftliche Untersuchung der Verbreitung und Abundanz von Organismen, der Wechselbeziehungen, welche dieser Verbreitung und Abundanz zugrunde liegen, sowie der Wechselbeziehungen zwischen Organismen und der Umwandlung und dem Fluss von Energie und Stoffen.“

Wie aus diesen Definitionen ersichtlich wird, ist die Ökologie eine Disziplin, in der unterschiedlichste ökologische Phänomene vorkommen. Abbildung 1 zeigt, wie sich diese ökologischen Phänomene auf unterschiedlichen Ebenen abspielen, die von einzelnen Organismen über Populationen, Lebensgemeinschaften, Ökosystemen bis hin zur gesamten globalen Biosphäre reichen (Begon et al., 2017).

Im Bereich dieser unterschiedlichen Ebenen der Ökologie reiht sich die Ingenieurbioogie bei den Ökosystemen ein. Ein Ökosystem umfasst einerseits die Lebensgemeinschaften von Organismen und andererseits auch die abiotische Umwelt, in der die Organismen leben (Begon et al., 2017). Im Gegensatz zu konventionellen Maßnahmen ist die Ingenieurbioogie eine naturnahe Art der Verbauung und verwendet vorwiegend natürliche Materialien. Dadurch können sich ingenieurbioologische Bauwerke gut in die Natur integrieren und bilden mit der Zeit Habitate für Flora und Fauna. Somit spielt in der Ingenieurbioogie die ökologische Sukzession eine bedeutende Rolle. Ökologische Sukzession beschreibt die Wiederbesiedelung von neu geschaffenen oder durch eine Störung entstandene Habitate durch verschiedene Arten (Flora und Fauna betreffend). Das Verstehen der ökologischen Sukzession ist nicht nur in der Ökologie, sondern auch in der Ingenieurbioogie von zentraler Bedeutung. Einerseits gehört sie zu

den grundlegenden Kräften, die für die Strukturierung von ökologischen Lebensgemeinschaften verantwortlich ist und andererseits werden natürliche Gemeinschaften immer häufiger und einschneidender durch den Menschen gestört (Begon et al., 2017). Dies geschieht auch bei der Umsetzung von ingenieurbioologischen Maßnahmen. Es ist also wichtig zu wissen, wie die Lebensgemein-

schaften auf Störungen reagieren, wie sie sich wieder davon erholen und wie eine Regeneration unterstützt werden kann (Begon et al., 2017).

Was sind nun die ökologischen Wirkungen von ingenieurbioologischen Maßnahmen? In der Literatur finden sich einige Beispiele (siehe Tabelle 1), welche die ökologischen Vorteile und Leistungen der Ingenieurbiologie beschreiben.

Ökologische Funktion / Leistung	Autoren
Schaffung und Verbesserung von Habitaten	Schiechtl und Stern (1994), Patt et al. (2011), Florineth (2012), Hacker und Johannsen (2012), Rauch et al. (2014), Europäische Föderation für Ingenieurbiologie (2015)
Verbesserung und Entwicklung empfindlicher Lebensräume	Patt et al. (2011), Europäische Föderation für Ingenieurbiologie (2015)
Erhöhung der Biodiversität	Europäische Föderation für Ingenieurbiologie (2015)
Erhöhung der Strukturvielfalt	Patt et al. (2011), Europäische Föderation für Ingenieurbiologie (2015)
Verbesserung der ökologische Durchgängigkeit an Fließgewässern	Patt et al. (2011)
Wiederherstellung der natürlichen Dynamik des Gewässer- und Geschiebehaushalts	Natur- und Heimatschutzgesetz (NHG) vom 1.7.1966, Schweiz in Patt et al. (2011)
Etablierung einer uferbegleitenden Vegetation zur Beschattung von Fließgewässern	Schiechtl und Stern (1994), Zeh (2007), Kalny et al. (2017), Trimmel et al. (2018)
Dämpfung von klimatischen Extremen im Bestands- und Geländeklima durch Pflanzenwachstum und -strukturen	Hacker und Johannsen (2012)
Stabilisierung von Biozönosen durch Entwicklung und Sukzession sowie durch Verbesserung der Bodenbildung	Hacker und Johannsen (2012)
Verbesserung von Böden und Klima durch das Zusammenwirken von Pflanzen und Pflanzenbeständen	Hacker und Johannsen (2012)
Verbesserung des Wasserhaushalts durch höhere Interzeption, Wasserspeicherfähigkeit des Bodens und Wasserverbrauch durch die Pflanzen	Schiechtl und Stern (1994), Zeh (2007), Hacker und Johannsen (2012), Europäische Föderation für Ingenieurbiologie (2015)
Verlangsamung von Oberflächenabflüssen und damit Retention pflanzenverfügbaren Wassers	Hacker und Johannsen (2012)
Erhöhung der Bodenentwässerung	Schiechtl und Stern (1994), Zeh (2007)

Ausgleich der Temperaturverhältnisse in der bodennahen Luftschicht und im Boden	Schiechtl und Stern (1994), Zeh (2007)
Verbesserung des Nährstoffgehaltes im Boden und dadurch Steigerung des Bodenfruchtbarkeit auf bisherigen Rohböden	Schiechtl und Stern (1994), Zeh (2007)
Reinigungswirkung durch Pflanzen in Bodenfiltern, die die mikrobielle Umsetzung fördern.	Hacker und Johannsen (2012)
Gewässerreinigung durch Bindung von Schadstoffen in der Rhizosphäre	Schiechtl und Stern (1994)
Aufnahme und Festlegung eutrophierender und teilweise giftiger Substanzen	Europäische Föderation für Ingenieurbiologie (2015)
Aufbau eines Windschutzes	Schiechtl und Stern (1994), Zeh (2007)
Verbesserung des Immissionsschutzes	Zeh (2007), Europäische Föderation für Ingenieurbiologie (2015)
Verbesserung des Lärmschutzes	Zeh (2007), Europäische Föderation für Ingenieurbiologie (2015)
Ertragssteigerung in benachbarten Kulturen	Zeh (2007)
Ausgleich der Schneeablagerung	Zeh (2007)
Geringer Energieverbrauch	Europäische Föderation für Ingenieurbiologie (2015)

Tab. 1: Ökologische Leistungen der Ingenieurbiologie.

Tab. 1: Ecological performance of soil bioengineering measures.

Die ökologischen Leistungen von ingenieurbioologischen Maßnahmen kommen aber nicht nur der Natur zu Gute, sondern haben auch positive Effekte für den Menschen (z.B. Windschutz, Lärmschutz, Verbesserung und Stabilisierung der Böden). Somit können ingenieurbioologische Maßnahmen auch unter dem Aspekt der Ökosystemdienstleistungen betrachtet werden.

Ingenieurbiologie und Ökosystemdienstleistungen

Ökosystemdienstleistungen sind Funktionen und Eigenschaften von Ökosystemen bzw. Leistungen, die von der Natur erbracht werden und für den Menschen Nutzen bzw. Vorteile bringen (Grunewald und Bastian, 2013; Begon et al. 2017). Folgende Ökosystemdienstleistungen können der

Ingenieurbiologie zugeordnet werden:

- **bereitstellende Dienstleistungen:** Biodiversität, Biomasse (die z.B. bei notwendigen Pflegemaßnahmen gewonnen wird) für stoffliche oder energetische Nutzung
- **regulierende Dienstleistungen:** Abschwächen von Störungen (Überschwemmungen, Erosionen, etc.), Verbesserung des Bodengefüges, Verbesserung des Wasserhaushalts, Abbau/Filtern von Schadstoffen, Regulation des Klimas (Aufnahme von CO₂ durch Pflanzen), etc.
- **kulturelle Dienstleistungen:** Erholung, Ästhetik, Bildung
- **unterstützende Dienstleistungen:** Nährstoffkreisläufe, Primärproduktion, etc.

Der Bewertung von Ökosystemdienstleistungen liegt stets eine Erfassung und Quantifizierung der entsprechenden Leistungen zu Grunde. Einerseits können die Ökosystemfunktionen bzw. -dienstleistungen in der Landschaft mit bereits existierenden Methoden, wie z.B. Monitoring, Kartierungen, Experteninterviews, etc., bewertet werden. Bei dieser Art von biophysikalischer Bewertung werden natürliche Strukturen und Prozesse (Energie-, Stoff- und Wasserflüsse) möglichst realistisch abgebildet. Andererseits gibt es die monetären Ansätze (Kosten-Nutzen-Analyse, Zahlungsbereitschaftserfassungen), die anwendbare und etablierte Konzepte darstellen. Die Ergebnisse von monetären Bewertungen sind oft enttäuschend, weil z.B. Regulationsleistungen oder Biodiversität keine vermarktbareren Güter

bzw. Leistungen darstellen (Grunewald und Bastian, 2013). Die Schwierigkeit der Bewertung liegt oft in der Komplexität der ökologischen Systeme, der Abhängigkeiten und Entwicklung einzelner Teilstrukturen und in der Möglichkeit Veränderungen räumlich und zeitlich explizit und skalierbar zu erfassen.

Im folgenden Kapitel werden exemplarisch einige Beispiele von ingenieurbilogischen Anwendungen aufgezeigt. Dabei geht es nicht um die Beschreibung der Maßnahme im Detail, sondern es sollen lediglich unterschiedliche ökologische Aspekte beleuchtet werden.

Bewertung von ökologischen Leistungen der Ingenieurbilogie



Uferanriss am Prallufer: Soll aus ökologischer Sicht eine (ingenieurbilogische) Maßnahme erfolgen oder nicht? Ein Anriss, wie in der Abbildung ersichtlich, kann ein besonderes Habitat darstellen. Eine Bewertung könnte ergeben, dass keine Maßnahme (somit auch keine ingenieurbilogische) die besten ökologischen Ergebnisse erzielt. In diesem Fall bietet die Ingenieurbilogie als Lebendverbauung zwar ökologische Vorteile im Vergleich zu einer harten Verbauung (z.B. Steinwurf), allerdings sollte aus ökologischer Sicht „nichts“ gemacht werden.



Hochlagenbegrünung: Die Begrünung einer Blaikenerosion dient zur raschen Etablierung einer dem Standort entsprechenden Vegetationsdecke. Damit soll eine fortlaufende Bodenerosion verhindert werden und der schadbringende Geschiebeeintrag in die Wildbäche verringert werden. Diese Aspekte beziehen sich technisch gesehen auf den Erosionsschutz. Ökologisch betrachtet bedeutet eine Pflanzendecke Bodenleben Aktivität, Nahrungsquelle, Pflanzenvielfalt und Lebensraum. Andererseits könnte eine Blaike (ohne Begrünung) aber auch ein ökologisch wertvolles Kleinhabitat darstellen.



Weidenspreitlage mit Raubäumen als Fußsicherung: Sie wurde im Rahmen eines Renaturierungsprojektes errichtet. Die dichte flexible Vegetation bietet aus ökologischer Sicht eine Beschattung des Fließgewässers und stellt neuen Lebensraum dar. Als Fußsicherung dienen Raubäume. Mit dem Einbau der Raubäume (Totholz) wurde, durch die Schaffung von zusätzlichen Hohlräumen, das aquatische Habitat im Bachuferbereich verbessert. Werden Weidenspreitlagen über einen längeren Abschnitt gebaut, so entsteht ein monotoner Weidenbestand mit geringer Biodiversität („Grünverrohrung“).



Bepflanzte Uferkrienerwand: Die Uferkrienerwand dient als Sicherung des Prallufers. Es wurde versucht, ökologische Aspekte zu berücksichtigen. Es wurden Raubäume als Totholzelemente in die Krienerwand eingebaut. Die Wand selbst wurde rau gestaltet. Neben den lebenden eingelegten Pflanzen wurden Nischen bewusst freigehalten. In diesem Fall stellt die rau gestaltete Krienerwand einen Lebensraum und ein interessantes aquatisches Habitat dar. Allerdings ist eine Krienerwand ein stabiles Bauwerk, das für manche Ökosysteme wichtige dynamisch-fluviatile Prozesse verhindert. Kritische Stimmen bezeichnen die Krienerwand als „Wasserbautischlerei“.



Ingenieurbilogische Hangverbauung mittels bepflanzter Krienerwände und Heckenbuschlagen: Eine Rutschung wurde mit einer Lebendverbauung „saniert“. Die ingenieurbilogische Wirkung besteht in der Etablierung einer Pioniergesellschaft innerhalb kürzester Zeit. Dabei sollen positive Wirkungen hinsichtlich Wasserhaushalt und Bodenstabilität erzielt werden. Was bedeutet das für die Ökologie? Was wäre, wenn keine Maßnahme erfolgen würde? Auch in diesem Fall kann eine offene Bodenfläche wertvolles Kleinhabitat darstellen.



Bepflanzter Hangrost: Sehr oft werden ingenieurbilogische Maßnahmen als kombinierte Bauweisen (Holz, Stein und lebende Pflanzen) umgesetzt. Ein Beispiel dafür ist die in der Abbildung ersichtliche Böschungssicherung. Der Hangrost mit Vegetationsdecke stabilisiert die extrem steile Böschung und schützt die darunter vorbei führende Straße (technische Funktion). Im Gegensatz zu einer konventionellen Lösung (Beton) ist die Bildung ökologischer Nischen grundsätzlich möglich.

Tab. 2: Beispiele ingenieurbilogischer Anwendungen.

Tab. 2: Examples for the application of soil bioengineering works.

Sollen ingenieurbilogische Maßnahmen in Hinblick auf ihre ökologischen Wirkungsweisen bewertet werden, so müssen – wie zuvor schon aufgezeigt – viele unterschiedliche Faktoren berücksichtigt werden. Für eine integrale ökologische Bewertung der Ingenieurbilogie sind zwei Kriterien maßgebend. Es sind dies der Beitrag einer ingenieurbilogischen Maßnahme zum Ökosystem auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalierungsebenen (Sukzessionsdynamik). Andererseits ist bei der Erstellung von ingenieurbilogischen Bauwerken und Instandhaltungsmaßnahmen ein Energie- und Ressourcenaufwand notwendig, der die Umwelt belastet. Dieser Aufwand ist für eine ökologische Bewertung wichtig und kann in Form einer Öko-

bilanzierung durchgeführt werden. Dabei werden unterschiedliche Wirkungsindikatoren, wie zum Beispiel der kumulierte Energieaufwand oder das Treibhauspotential, analysiert und ausgewertet. Die Ergebnisse einer Ökobilanz zeigen dann jene Prozesse auf, welche die meisten Umweltauswirkungen verursachen. Mit diesem Wissen können ingenieurbilogische Maßnahmen bzw. ihre Errichtung optimiert und ressourcenschonender gestaltet werden. Diese Art der Bewertung von ingenieurbilogischen Maßnahmen wird bis dato in der Praxis nicht angewandt. Aktuell wird im Rahmen des Forschungsprojekts „E-Protect“, finanziert durch den Österreichischen Klima- und Energiefond, eine Ökobilanz bzw. Lebenszyklusanalyse von ingenieurbilogischen Bau-

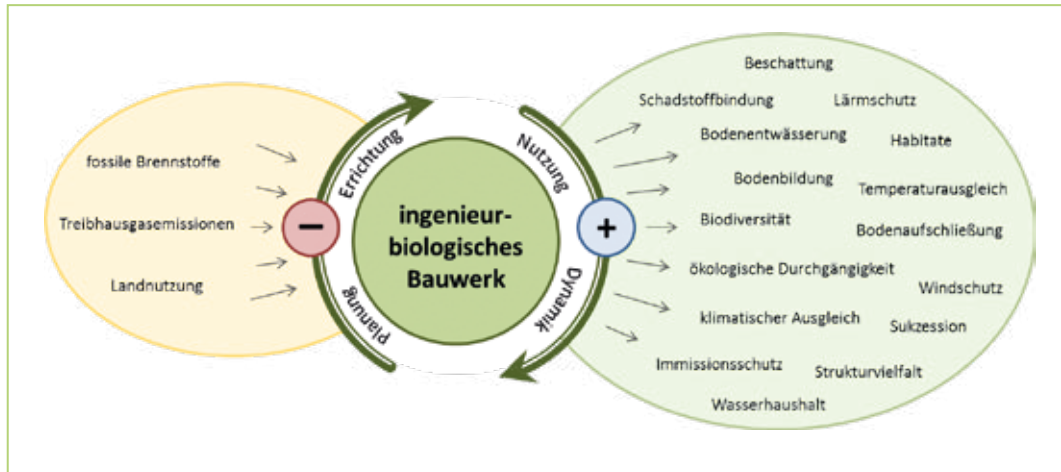


Abb. 2: Aspekte der ökologischen Bewertung von ingenieurb biologischen Maßnahmen.

Fig. 2: Relevant aspects for an ecological assessment of soil bioengineering measures.

werken erstellt. Die Ergebnisse zeigen, dass der Maschineneinsatz und die Transporte auf ingenieurb biologischen Baustellen einen Großteil der negativen Umweltauswirkungen ausmachen und die Verwendung von lokal gewonnenen Materialien besonders wichtig ist (von der Thannen et al., 2017; Paratscha et al., 2018). Aus ökologischer Sicht sollten bereits im Planungsprozess der Maschineneinsatz und die Transportdistanzen wenn möglich minimiert werden.

Die folgende Abbildung 2 zeigt einen ganzheitlichen Ansatz für eine ökologische Bewertung von ingenieurb biologischen Maßnahmen. Auf der linken Seite befinden sich die durch die Errichtung anfallenden negativen Umweltauswirkungen in Form von ausgewählten Wirkungskategorien. Auf der rechten Seite sind jene ökologischen Leistungen ersichtlich, die in der Nutzungsphase durch die dynamische Vegetationsentwicklung entstehen.

Möglichkeiten der ökologischen Bewertung in der Ingenieurbiologie		
aktueller Zustand	Bewertung des bestehenden Ökosystems	
Zielzustand	Planungsphase	Bewertung des Vorhabens in der Planungsphase anhand einer Ökobilanz
	Errichtungsphase	Dokumentation der Baustelle (Material- und Maschineneinsatz, Transporte) Bewertung der Maßnahme nach der Errichtung anhand einer Ökobilanz
	Nutzungsphase	Bewertung der Funktion und Entwicklung des veränderten Ökosystems anhand von regelmäßigem Monitoring
	Ende Lebenszyklus	Bewertung der umgesetzten Maßnahme mit Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus anhand einer Ökobilanz

Abb. 3: Möglichkeiten der ökologischen Bewertung in der Ingenieurbiologie.

Fig. 3: Possibilities of ecological assessment in soil bioengineering.

Für die Bewertung von ingenieurb biologischen Maßnahmen müssen alle Lebenszyklusphasen von ingenieurb biologischen Bauwerken berücksichtigt werden. In Abbildung 3 werden die Lebensphasen einer ingenieurb biologischen Maßnahme dargestellt und die dazugehörigen, relevanten, ökologischen Bewertungsmaßnahmen aufgezeigt.

Die Dynamik von Ökosystemen und somit auch von ingenieurb biologischen Systemen muss in der Planung und später in der Bewertung von ingenieurb biologischen Maßnahmen berücksichtigt werden. Bereits in der Planungsphase muss der Zielzustand von ingenieurb biologischen Systemen definiert werden. Nur wenn dieser klar definiert ist, kann die Maßnahme dorthin begleitet und nach unbestimmter Zeit festgestellt werden, ob sie den Zielzustand erreicht hat. Diese Begleitung in Form einer laufenden Überwachung bzw. eines Monitorings ist ein wichtiges Werkzeug, um in Zukunft bessere Einschätzungen zur Entwicklung diverser ingenieurb biologischer Maßnahmen geben zu können.

Aus ökologischer Sicht spielt neben der zeitlichen auch die räumliche Komponente eine wichtige Rolle. Ein erster Schritt ist es also die Dimensionen der ingenieurb biologischen Maßnahme festzulegen und sie in Kontext mit der Umgebung zu bringen. Aber welchen Einfluss hat eine „kleine“ ingenieurb biologische Maßnahme (z.B. 30 m lange Spreitlage) in Bezug auf eine längere Bachstrecke bzw. auf das gesamte Einzugsgebiet? Diese Frage kann nur sehr schwer beantwortet werden. Einerseits, weil die Maßnahmen nur selten in diesem Kontext betrachtet werden und andererseits, weil auf diesem Gebiet noch enormer Forschungsbedarf besteht.

Diskussion und Ausblick

Die Notwendigkeit der fachlichen Weiterentwick-

lung und dauerhaften Qualitätssicherung einer traditionellen und historisch bedeutsamen Bautechnik, wie es die Ingenieurbiologie darstellt, erscheint offensichtlich. Vor allem aus Sicht der Forschung ist dies von großer Bedeutung. Gerade in einer Zeit, in der Klimawandel, Nachhaltigkeit und Ökologie täglich thematisiert werden und die Gesellschaft für klimarelevante Themen sensibilisiert wird, zeigt sich die Dringlichkeit, sich auch in der Ingenieurbiologie mit diesen Themen zu beschäftigen. So wird es in Zukunft immer wichtiger sein, ingenieurb biologische Maßnahmen nicht nur hinsichtlich ihrer technischen bzw. landschaftsästhetischen Funktion bewerten zu können, sondern auch im Hinblick auf ihre ökologischen Umweltauswirkungen. Dabei sollen sowohl positive (Ökosystemfunktion, Förderung der Biodiversität, etc.) als auch negative (z.B.: Energieaufwand und Emissionsausstoß während der Errichtung) Umweltauswirkungen aufgezeigt werden. Um die ökologischen Umweltauswirkungen von ingenieurb biologischen Maßnahmen derart umfassend aufzeigen zu können, bedarf es unterschiedlicher Methoden, die einerseits schon angewandt (z.B. Monitoring) und andererseits gerade entwickelt werden (Ökobilanz).

Wie ökologisch die Ingenieurbiologie schlussendlich ist, hängt von der Ausgangssituation, den geplanten Maßnahmen sowie dem Standort und der Art der Umsetzung ab. Von großer Bedeutung ist und bleibt die Festlegung der ökologischen Ziele einer Maßnahme schon in der Planungsphase. Werden diese Ziele klar definiert, können sie später in Form von ökologischen Bewertungen überprüft werden. Aktuell werden ingenieurb biologische Maßnahmen oft als „Anhängsel“ oder „grüner Umhang“ gesehen und nicht als eigenständige Maßnahme mit wichtiger ökologischer Funktion. Bei einer Anwendung einer ingenieurb biologischen Maßnahme gibt es keinen „ökologischen“ Automatismus. Wün-

schenswert wäre es, wenn in Zukunft nicht nur eine technische Funktion (z.B. Erosionsschutz), sondern auch ein ökologisches Ziel in der Planung von ingenieurbilogischen Bauwerken definiert wird.

Die Ingenieurbilogie hat großes Potential in der Erbringung ökologischer Leistungen und kann somit definitiv einen Mehrwert gegenüber konventionellen Maßnahmen darstellen. Die Praxis und die Forschung sind gefordert und müssen die Ingenieurbilogie weiterentwickeln, damit neben der schutztechnischen Funktion einer ingenieurbilogischen Bauweise der ökologische Aspekt kein Nebenprodukt ist, sondern gezielt und transparent abgebildet werden kann.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Priv. Doz. DI Dr. Hans Peter Rauch
Universität für Bodenkultur Wien
Peter-Jordan-Straße 82
hp.rauch@boku.ac.at

DI DI Magdalena von der Thannen
Universität für Bodenkultur Wien
Peter-Jordan-Straße 82
m.v-d-thannen@boku.ac.at

DI Dr. Hansjörg Hufnagl
Wildbach- und Lawinenverbauung, Fachbereich
Ökologie
Meister Friedrich-Straße 2, 9500 Villach
hansjoerg.hufnagl@die-wildbach.at

Literatur / References:

BEGON M., HOWARTH R., TOWNSEND C. R. (2017).
Ökologie. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

BISCHETTI G. B., DI FIDIO M., FLORINETH F. (2014).
On the Origin of Soil Bioengineering. *Landscape Research*, 39, 583-595.

ELTON C. (1927).
Animal Ecology. Sidgwick & Jackson, London.

EUROPÄISCHE FÖDERATION FÜR INGENIEURBIOLOGIE (2015).
Europäische Richtlinie für Ingenieurbilogie / European Guidelines for Soil and Water bioengineering / Directrices Europeas de Bioingenieria del Paisaje / Directrices Europeas de Engenharia Natural / Directives Européennes pour le Génie Biologique / Direttiva Europea per l'Ingegneria Naturalistica. In: INGENIEURBIOLOGIE, E. F. F. (ed.). Aachen: Gesellschaft für Ingenieurbilogie e.V.

EVETTE A., LABONNE S., REY F., LIEBAULT F., JANCKE O., GIREL J. (2009).
History of Bioengineering Techniques for Erosion Control in Rivers in Western Europe. *Environmental Management*, 43, 972.

FINNEY K. (1993).
History of soil bioengineering. Eleventh Annual California Salmonid Restoration Federation Conference, Eureka, CA, March.

FLORINETH F. (2012).
Pflanzen statt Beton. Sichern und Gestalten mit Pflanzen. Berlin-Hannover: Patzer Verlag.

GRAY D. H., SOTIR R. B. (1996).
Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization: A Practical Guide for Erosion Control. New York, John Wiley & Sons, Inc.

GRUNEWALD K., BASTIAN O. (2013).
Ökosystemdienstleistungen: Konzept, Methoden und Fallbeispiele. Springer-Verlag Berlin.

HOWELL J. (1999).
Roadside bio-engineering. His Majesty's Government of Nepal, Kathmandu.

ISO 14040 (2009).
Umweltmanagement – Ökobilanz. Grundsätze und Rahmenbedingungen; deutsche und englische Fassung EN ISO 14040:2006, Berlin, Beuth.

KALNY G., LAAHA G., MELCHER A., TRIMMEL H., WEIHS P., RAUCH H. P. (2017).
The influence of riparian vegetation shading on water temperature during low flow conditions in a medium sized river. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.*, 5.

LEWIS L. (2000).
Soil bioengineering – an alternative for roadside management. Technical Report 0077- 1801-SDTDC. US Department of Agriculture, Forest Service, San Dimas Technology and Development Center, San Dimas, California, 44 pp.

PARATSCHA R., VON DER THANNEN M., SMUTNY R., LAMPALZER T., STRAUSS A., RAUCH H. P. (2018).
Screening LCA of torrent control structures in Austria. *The International Journal of Life Cycle Assessment*.

PATT H., JÜRGING P., KRAUS W. (2011).
Naturnaher Wasserbau. Entwicklung und Gestaltung von Fließgewässern., Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

PETRONE A., PRETI F. (2008).
Suitability of soil bioengineering techniques in Central America: A case study in Nicaragua. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12, 1241–1248. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12, 1241–1248.

PRÜCKNER R. (1965).
Die Technik der Lebendverbauung. Österreichischer Agrarverlag, Wien.

RAUCH H. P., SUTILI F., HOERBINGER S. (2014).
Installation of a riparian forest by means of soil bio engineering techniques – Monitoring results from a river restoration work in Southern Brazil. *Open Journal of Forestry*, 4, 161–169.

RICKLEFS R. E. (1973).
Ecology. Nelson, London.
Schiechtl H. M. (1980). *Bioengineering for land reclamation and conservation*. University of Alberta.

SCHIECHTL H. M., STERN R. (1992).
Handbuch für naturnahen Erdbau. Eine Anleitung für ingenieurbilogische Bauweisen. Wien: Österreichischer Agrarverlag.

SCHIECHTL H. M., STERN R. (1994).
Handbuch für naturnahen Wasserbau. Eine Anleitung für ingenieurbilogische Bauweisen. Wien: Österreichischer Agrarverlag.

STOKES A., SOTIR R., CHEN W., GHESTEM M. (2010).
Soil bio- and eco-engineering in China: past experience and future priorities. *Ecological Engineering*, 36, 247-257.

TANSLEY A. G. (1904).
The problems of ecology. *New Phytologist*, 3, 191–200.

TRIMMEL H., WEIHS P., LEIDINGER D., FORMAYER H., KALNY G., MELCHER A. (2018).
Can riparian vegetation shade mitigate the expected rise in stream temperatures due to climate change during heat waves in a human-impacted pre-alpine river? *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22, 437-461.

VON DER THANNEN M., HORBINGER S., PARATSCHA R., SMUTNY R., LAMPALZER T., STRAUSS A., RAUCH H. P. (2017).
Development of an environmental life cycle assessment model for soil bioengineering constructions. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 1-15.

ZEH H. (2007).
Ingenieurbilogie: Handbuch Bautypen. Zürich: vdf Hochschulverl.

GWU
Geologie - Wasser - Umwelt

**Ihr kompetenter Partner für
Baugrund, Wasser und Umwelt**

Steinschlag - Felssturz - Rutschung

Geländeaufnahme, Sicherungs- und
Sanierungsplanung,
Steinschlagsimulation (2D + 3D),
Ausschreibung und Bauaufsicht

**Wasserversorgung und -entsorgung
sowie Forstwegebau**

Quellkartierung, Brunnenstandorte,
Schutzgebietsausweisung,
wasserwirtschaftliche Beweissicherung,
geologische Beratung Forstwegtrassen,
Beurteilung Standsicherheit

GWU Geologie-Wasser-Umwelt GmbH
Ingenieurbüro für Geologie, Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

A-5020 Salzburg, Bayerhamerstraße 57
Tel.: +43 (0)662 876360-0 - <http://www.gwu.at>

**MAGDALENA VON DER THANNEN UND ROMAN PARATSCHA,
ROMAN SMUTNY, ALFRED STRAUSS, HANSJÖRG HUFNAGL, THOMAS LAMPALZER, HANS PETER RAUCH**

Zur Ökobilanz von Schutzbauwerken. Ein Fallbeispiel mit Varianten.

Environmental Life Cycle Assessment of alpine protective structures by the means of a case study

Zusammenfassung:

In der Bauwirtschaft gewinnt die Ökobilanz mit dem Thema Energie- und Ressourceneffizienz immer mehr an Bedeutung und hält mit der neuen EU-Vergaberichtlinie auch Einzug in die Ingenieurpraxis. Neben einer Lebenszykluskostenrechnung werden auch jene klimabelastenden Kosten berücksichtigt, die durch die Errichtung des Bauwerks entstehen. Bauwerke werden über den gesamten Lebenszyklus energetisch betrachtet. Seit 2015 wird diese Fragestellung in einem vom Klima und Energiefond finanzierten Forschungsprojekt an der Universität für Bodenkultur Wien behandelt. Ziel ist die ökologische Bewertung von unterschiedlichen Schutzbauwerken anhand des Energieaufwandes und der Treibhausgasbelastung. Grundlage dabei ist eine Lebenszyklusanalyse (LCA), die von der Baustoffgewinnung über die Bauwerkerrichtung bis zur Erneuerung des Bauwerkes die Energie- und Treibhausgasbilanz abbildet. Für die Fallstudien wurde ein Verbauungsabschnitt mit Querbauwerken in Holz- und Betonbauweise im Einzugsgebiet des Oselitzenbaches, Kärnten, gewählt. Datengrundlage waren Bauberichte der regional zuständigen Gebietsbauleitung. Aufbauend auf diesen Berichten wurden für den Vergleich der Baustoffe Holz und Beton Varianten mit unterschiedlichen Transportdistanzen gewählt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Holzbauwerke in der Errichtungsphase besser bilanzieren. Unter Berücksichtigung des Betrachtungszeitraums von 80 Jahren und fiktiv erhöhter Transportdistanzen bilanzieren die Betonwerke hinsichtlich des kumulierten Energieaufwandes insgesamt allerdings besser als die Holzbauwerke. Damit zeigt sich, dass die untersuchten Holzbauwerke per se nicht ökologischer sind als Betonbauwerke. Um eine positive ökologische Bilanz bei der Errichtung von Holzbauwerken zu erreichen, ist großer Wert auf die Regionalität des Baustoffes und der damit verbundenen geringen Transportdistanzen zu legen. Die Ergebnisse sollen dazu anregen Arbeitsweisen sowie der Material- und Maschineneinsatz zu optimieren. Die hier

vorgestellte LCA-Methode ist nicht nur zur ökologischen Nachkalkulation einer Baustelle, sondern vor allem als Steuerungsinstrument zur Minimierung von Umweltauswirkungen alpiner Schutzbauwerke gedacht.

Stichwörter:

Lebenszyklusanalyse, Energiebilanz, Treibhausgasbilanz, Ökologie, Kalkulation

Abstract:

Life Cycle Assessment in the construction industry is becoming increasingly important regarding the topic of energy and resource efficiency and is also making its way into engineering practice with the new EU public procurement directive. Additionally, to life cycle costing, the costs incurred due to the external effects of the environmental impact are also taken into account. Structures are considered energetically over the entire life cycle. Since 2015, this issue has been addressed in a research project funded by the Austrian Climate Research Programme. The aim is an ecological assessment of various alpine protective structures regarding the energy consumption and the greenhouse effect. The basis for this is a life cycle assessment (LCA) model, which depicts the energy and greenhouse gas balance including the extraction of materials, the construction of the structures and the renovation of the structures. In the case study, a construction section with consolidation barriers in timber and concrete construction, in the catchment area of the Oselitzenbach in Carinthia, was chosen. As the underlying data, construction reports were provided by the regional construction management. Based on these reports, variants with different transport distances were defined for the comparison of the different structures with building material wood and concrete. The results indicate that the wooden structures, as expected, show better balances in the construction phase than the concrete structures. Taking into account the observation period of 80 years and the increased transport distances, the concrete structures show better results regarding the cumulative energy demand than the wooden structures. This demonstrates that wooden structures per se are not always the ecological alternative. In order to achieve a positive ecological balance in the construction of wooden structures, great importance is attached to the regionality of the building material and the associated short transport distances. These results should encourage practitioners in optimising construction processes, working methods and use of materials and machines. The applied LCA-method not only serves for the environmental post-calculation of a construction site, but can also be used in the future as a management tool for minimizing environmental impacts of alpine protective structures.

Keywords:

Life cycle analysis, energy balance, greenhouse gas balance, ecology, calculation

Einleitung

Querbauwerke werden seit Jahrhunderten zum Schutz vor alpinen Naturgefahren eingesetzt. In einer frühen Wirkungsphase des forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung (in Folge Wildbachverbauung) wurden hauptsächlich natürliche und örtlich verfügbare Baustoffe wie Holz und Stein verwendet, während heute Beton beziehungsweise Stahlbeton vorherrscht (Suda und Rudolf-Miklau, 2009). Schutzbauwerke müssen einerseits technischen Normen (ONR 24800, 2009; ONR 24802, 2011; ONR 24803, 2008) entsprechen und andererseits einer volkswirtschaftlichen Bewertung (Kosten-Nutzen-Analyse, BMLFUW (2006)) unterzogen werden. Die volkswirtschaftliche Bewertung von Schutzbauwerken – insbesondere ihres Nutzens und der zu ihrer Errichtung und Erhaltung notwendigen Aufwendungen – wird zurzeit lediglich monetär-ökonomisch ausgedrückt.

Neben den bestehenden Richtlinien ist heutzutage mit zunehmender gesellschaftlicher Sensibilisierung für Klimafragen, ein verstärktes Interesse an Energie- und Ressourceneffizienz erkennbar. In der Bauwirtschaft gewinnt dieses Thema immer mehr an Bedeutung (Treberspurg und Smutny, 2013; Smutny, 2012). Im Ingenieurwesen soll mit der Vergaberechtsreform 2018 das Bestbieterprinzip unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit (Langlebigkeit) zur „weitreichenden“ Anwendung kommen. Das heißt, dass bei der Auftragsvergabe der Bestbieter und nicht der Billigstbieter den Zuschlag erhalten muss. Damit stehen nicht nur die primären Kosten im Vordergrund, sondern es sind die gesamten „Lebenszykluskosten“ zu berücksichtigen, somit auch jene Kosten, die durch externe Effekte der Umweltbelastung entstehen (Kurbos, 2018; Fachverband Ingenieurbüros, 2018). Solche Effekte können zum Beispiel Klimaveränderungen (Schmelzen

der Gletscher, Anstieg des Meeresspiegels, Extremwetterereignisse) oder auch die Verknappung von Ressourcen sein.

Mit der Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte treten Erfassung und Analyse energieintensiver Prozesse in den Vordergrund. Die zentralen zu untersuchenden Wirkungskategorien sind das Treibhauspotential GWP (engl.: Global Warming Potential) angegeben in Tonnen CO₂-Äquivalent [t CO₂-Äq.] und der kumulierte Energieaufwand CED (engl.: Cumulative Energy Demand) angegeben in Gigajoule [GJ].

Bauwerke sollen gesamtheitlich betrachtet werden, beginnend bei der Gewinnung von Rohstoffen, über die Errichtung und Instandhaltung der Bauwerke bis zu ihrem Neubau oder Verfall. Als Instrument steht dafür die Methode der *Lebenszyklusanalyse* (engl.: Life Cycle Assessment, im Folgenden LCA genannt) zur Verfügung (ISO 14040, 2009). Ihre Anwendung erfordert konsistente detaillierte Datengrundlagen, insbesondere jene der Materialgewinnung, der Transportdistanzen und der Arbeitsweisen.

In der Wildbachverbauung gab es zu diesem Thema erste Ansätze durch Weinmeister (1993) sowie Hitsch und Weinmeister (1992). Im Rahmen einer an der Universität für Bodenkultur durchgeführten Diplomarbeit (Hitsch, 1991) wurden verschiedene bereits realisierte Bauwerke hinsichtlich des Energieumsatzes analysiert. Seit 2015 wird diese Fragestellung in einem vom Klima und Energiefond finanzierten Forschungsprojekt behandelt. Es werden in Kooperation von einem interdisziplinären Forschungsteam der Universität für Bodenkultur und Experten der Wildbachverbauung Grundlagen für eine Lebenszyklusanalyse erhoben und damit die Voraussetzung für eine anschließende Bewertung von Schutzbauwerken in Hinblick auf Treibhauspotential [t CO₂-Äq.] und kumulierten Energieaufwand [GJ] geschaffen.

Fragestellung

Anhand eines Fallbeispiels sollen die im Folgenden gestellten Fragen beantwortet werden.

- Wie hoch sind Energieaufwand und Treibhauspotential bei der Errichtung von Schutzbauwerken in Beton- und Holzbauweise?
- Welche Bauprozesse haben die größten Anteile am Energieaufwand bzw. am Treibhauspotential?
- Wie hoch sind Energieaufwand und Treibhauspotential innerhalb eines Lebenszyklus von 80 Jahren?
- Welchen Einfluss hat eine erhöhte Transportdistanz auf den Energieaufwand und das Treibhauspotential?

Methodik

Die Anwendung eines LCA-Modells für Schutzbauwerke der Wildbachverbauung beruht auf dem allgemeinen LCA-Modell (ISO 14040, 2009) und dem LCA-Modell für Gebäude (EN 15804, 2014; EN 15978, 2012). Dabei werden alle relevanten Lebenszyklusphasen unter Definition einer Systemgrenze cradle-to-grave (dt. von der Wiege bis zur Bahre) miteinbezogen: Produktions-, Errichtungs-, Nutzungs- und Lebensendphase

(siehe Abb. 1). Jede dieser Phasen berücksichtigt alle maßgeblichen Prozesse, einschließlich der Transporte. Für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse dienen bauwerksbezogene Basiseinheiten. Dafür werden funktionale Einheiten, gegründet auf dem Nutzen und der Funktion des Bauwerks, definiert. Für die Nutzungs- und Lebensendphase ist die Lebensdauer der Schutzbauwerke von Bedeutung. Dabei werden die in der Richtlinie für Kosten-Nutzen-Untersuchungen (BMLFUW, 2006) angegebenen Werte von 80 Jahren für Betonbauwerke und 40 Jahren für Holzbauwerke verwendet.

Das Bauwesen verwendet Systemgrenzen nach EN 15978 (2012), cradle-to-grave (gesamter Lebenszyklus), cradle-to-gate (bis zum fertigen Material) oder gate-to-gate (vom Material zum fertigen Endprodukt). Im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung von Schutzbauwerken wird hier das cradle-to-grave Szenario gewählt. Da ein Schutzbauwerk während der Nutzungsphase keine Betriebsenergie benötigt, können aus dem Hochbau Systemgrenzen nur teilweise übernommen werden. Somit berücksichtigt die Nutzungsphase lediglich Pflege- und Erhaltungsmaßnahmen (siehe Abb. 1). Die Lebensendphase berücksichtigt den Verfall und einen möglichen Neubau.

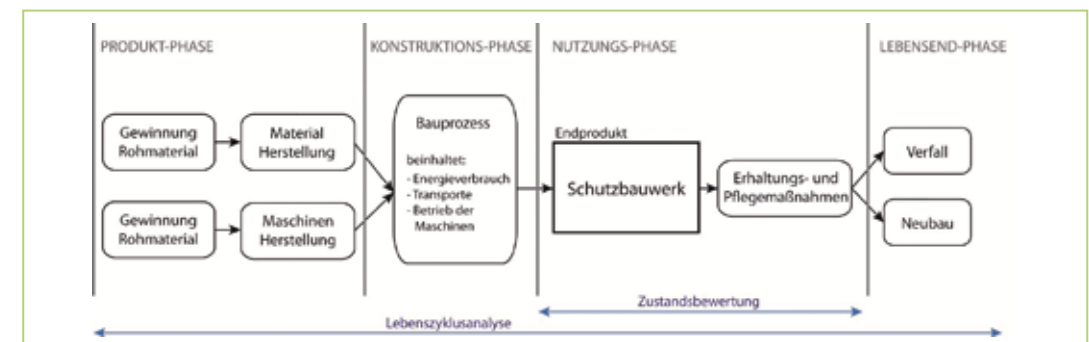


Abb. 1: Systemflussbild einer cradle-to-grave LCA für alpine Schutzbauwerke.

Fig. 1: System flow of cradle-to-grave LCA for protective structures.

Das Systemfließbild (Abb. 1) zeigt jene relevanten Prozesse, die innerhalb der Systemgrenze für Schutzbauwerke liegen und berücksichtigt werden. Hier gilt es hervorzuheben, dass die menschliche Arbeitskraft in den Bauberichten des vorliegenden Fallbeispiels monetär in Form von Löhnen angegeben wird. Da der Energiebedarf für Lohnarbeit insgesamt unter einem Prozent liegt, wird diese in der Ökobilanz nicht berücksichtigt, sie liegt außerhalb der Systemgrenze (nach dem ILCD Handbuch, European Commission, 2010). In der vorliegenden Ökobilanz des Fallbeispiels werden dazu lediglich die Arbeitertransporte berücksichtigt. Allgemein gilt, dass eine arbeitsintensive Baustelle mit hohen Lohnkosten im Vergleich zu einer maschinenintensiven Baustelle, im Hinblick auf die Energie- und Treibhausgasbilanz, deutlich besser bilanziert.

Außerdem zeigt Abbildung 1, dass eine LCA alle Phasen, von der Materialgewinnung bis zum Verfall oder Neubau berücksichtigt. Wichtige Informationen zur Beurteilung der Lebensdauer von Schutzbauwerken liefert deren Zustandsbewertung. Mit der periodisch in der Nutzungsphase durchgeführten Zustandsbewertung, wird auch der Aufwand für Instandhaltungsmaßnahmen festgelegt, die ebenfalls in einer Ökobilanz berücksichtigt werden müssen. Im vorliegenden Fallbeispiel wird jedoch die in der Richtlinie für Kosten-Nutzen-Untersuchungen (BMLFUW, 2006) angegebene Lebensdauer von 80 Jahren für Betonbauwerke und 40 Jahren für Holzbauwerke verwendet.

Für eine LCA sind Dokumentationen unverzichtbar. Als Grundlage für die Erhebung der Inputdaten wurden die relevanten Bauberichte der untersuchten Baustelle analysiert. Diese Daten wurden um die tatsächlichen Transportdistanzen der Materialien und Maschinen zur Baustelle ergänzt. Um die Auswirkungen von unterschiedlich langen Material- und Maschinentransporten

abschätzen zu können, wurde zusätzlich eine Variante mit erhöhten Transportdistanzen gerechnet.

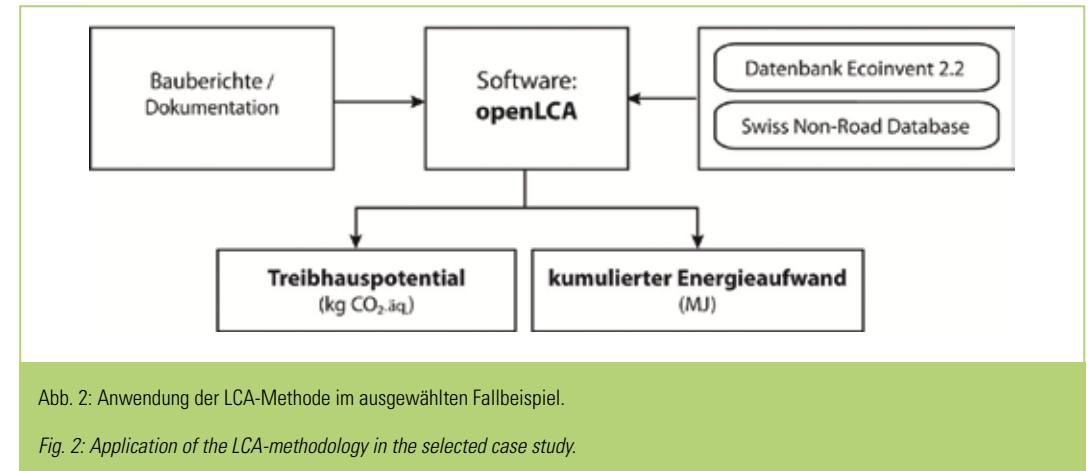
Den erfassten Materialien und Maschinen müssen in einem nächsten Schritt entsprechende Energiewerte zugewiesen werden. Im angewandten Fallbeispiel wurde auf die den Bausektor bedienende Datenbank Ecoinvent (Version 2.2, herausgegeben 2007, Schweiz) (Frischknecht, 2005) zurückgegriffen. In einem weiteren Bearbeitungsschritt wurden mit der Software OpenLCA (siehe Abbildung 2), Version 1.4.2 die Datenbankwerte verarbeitet. In der Software OpenLCA werden alle relevanten Prozesse eingetragen und in weiterer Folge sogenannte Produktsysteme erstellt. Anschließend werden mit der gewählten Wirkungsabschätzungsmethode, im vorliegenden Fallbeispiel sind das Treibhauspotential und kumulierter Energieaufwand, die Ergebnisse berechnet.

Mit Hilfe der Wirkungskategorie Treibhauspotential wird ein einfaches Maß für die relativen Strahlungswirkungen der Emissionen verschiedener Treibhausgase geliefert (IPCC, 1995). Anhand dieses Treibhauspotentials werden die Konzentrationen aller Treibhausgase in der Atmosphäre angegeben, dieser Wert wird in Kohlendioxid-Äquivalenz angegeben und mit $\text{CO}_2\text{-}\ddot{\text{a}}\text{q}$ abgekürzt.

Der kumulierte Energieaufwand ist nach VDI-Richtlinie 4600 (2012) definiert als „die Gesamtheit des primärenergetisch bewerteten Aufwands, der im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Beseitigung eines ökonomischen Guts (Produkt oder Dienstleistung) entsteht bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden kann“.

Um die für diese Studie gewählten Wirkungskategorien Treibhauspotential und kumulierter Energieaufwand praktisch zu verdeutlichen, können folgende Vergleiche mit Heizwert Äquivalenten (UBA, 2017) hergestellt werden:

- 1 l Heizöl $\hat{=}$ 35,6 MJ
- 1 l Heizöl $\hat{=}$ 3,35 kg $\text{CO}_2\text{-}\ddot{\text{a}}\text{q}$.



Die aus der Schweiz stammenden Datensätze wurden speziell für eine österreichische Produktion der verwendeten Materialien angepasst. Sogenannte materialinhärente Eigenschaften von Holzwerkstoffen wurden ausgeklammert, weil der in der Wachstumsphase gebundene Kohlenstoff langfristig wieder frei verfügbar wird und daher ein geschlossener Kreislauf angenommen werden kann.

Treibstoffverbräuche sowie Emissionen von Baumaschinen wurden, mangels österreichischer Daten, durch die Verwendung der Schweizer Non-Road-Datenbank (BAFU, 2015) für das Jahr 2015 ermittelt.

Die Datenerhebung wurde nach den Vorgaben von ISO 14040 (2009) durchgeführt. Dies umfasst auch getroffene Annahmen zu Materialeigenschaften, Maschinen und deren Laufzeiten sowie primäre Transportdistanzen. Alle Datenkategorien basieren auf einer Mischung gemessener, errechneter oder geschätzter Daten.

Fallbeispiel

Bei dem ausgewählten Fallbeispiel handelt es sich um eine Regulierung im Mauerbodenbach, einem Teileinzugsgebiet des Oselitzenbaches im Bezirk Hermagor, Kärnten. Der Oselitzenbach entwäs-

sert große Bereiche des Schigebietes in Nassfeld. Das Beispiel untersucht 4 von insgesamt 21 Konsolidierungsbauwerken in Beton (siehe Abb. 3). Sie dienen der Stabilisierung der Grabeneinhänge und einer Hangrutschung. Es handelt sich um Querbauwerke, die Absturzhöhen von 2,5 bis 4,5 Metern aufweisen. Sie wurden in Ortbetonbauweise errichtet. Die Vorfelder bestehen aus Grobsteinschichtungen in Ortbeton verlegt. Verwendet wurden Findlingssteine. Dieses Beispiel wird in fünf Varianten berechnet. Die Variante B1 rechnet die tatsächliche Ausführung in Beton nach. Die Variante B2 legt zum Vergleich größere als die tatsächlichen Transportdistanzen der Berechnung zu Grunde. Die Variante H1 berechnet die in Beton ausgeführten Bauwerke so, also wären sie in Holz ausgeführt worden, wobei die Abmessungen der Bauwerke unverändert bleiben. Die Variante H2 legt dafür größere Transportdistanzen zu Grunde und die Variante H3 geht von Transportdistanzen aus, wie sie bei der Verwendung von regionalem Holz realistisch erscheinen.

Grundlage für die Berechnung der Betonvarianten (B1, B2) ist der Baubericht 2006/07 Mauerbodenbach. Grundlage für die Berechnung der Holzvarianten (H1, H2, H3) liefert der Ausführungsnachweis 2003 für eine Regulierung des Jagdhüttengrabens, bei dem es sich ebenfalls um

ein Einzugsgebiet des Oselitzenbaches handelt (siehe Abb. 4). Verwendet wurde Robinienholz, aus Rumänien. Die Sperrenvorfelder bestehen ebenfalls aus Grobsteinschichtungen, wofür Findlinge herangezogen wurden, allerdings verlegt in Transportbeton.

Die in beiden Bauberichten dokumentierten Materialien, Arbeiten und Maschineneinsätze fließen in die Berechnung der Energie- und

Treibhausgasbilanz ein. Daten für Baustellen-einrichtung, Wasserhaltung, und Nebenarbeiten werden wegen der besseren Vergleichbarkeit für alle Varianten aus dem Beispiel Mauerbodenbach entnommen.

In der folgenden Tabelle 1 sind die Hauptbaustoffe und Geräte (dies wird in der ISO 14040 (2009) als Sachbilanz bezeichnet) für das Fallbeispiel ersichtlich. Berücksichtigt werden



Abb. 3:
Errichtete
Betonquerbauwerke am
Mauerbodenbach aus den
Jahren 2006/2007 (Quelle:
WLV).

Fig. 3:
Concrete transverse
structures at the
Mauerbodenbach
constructed in 2006/2007
(Source: WLV).



Abb. 4:
Errichtete
Holzquerbauwerke im
Jagdhüttengraben aus dem
Jahr 2003 (Quelle: WLV).

Fig. 4:
Wooden transverse
structures at the
Jagdhüttengraben
constructed in 2003
(Source: WLV).

dabei jene Positionen, für die es entsprechende Massenangaben und Artikel gibt beziehungsweise für die entsprechende Datensätze in der LCA-

Datenbank ermittelt werden können (darunter fallen nicht: zum Beispiel Fließmittel, Schalungsreinerger).

Baumaterial / Maschine	Einheit	Varianten Betonquerbauwerke (B1, B2)	Varianten Holzquerbauwerke (H1, H2, H3)
Transportbeton	m ³	-	116,00
Hartbeton (schwer)	to	1,38	-
Zement CEM II/32,5 N lose (PZ)	to	262,38	-
Betonschotter 0/22	to	1.512,62	-
Grobschlag	to	-	1.254,60
Wegschotter	to	62,40	62,40
Sand	to	0,77	-
Rippenstahl	to	8,64	-
Baustahlgitter	to	0,60	-
Rundholz MDM < 24	m ³	1,29	14,32
Rundholz MDM > 24	m ³	5,87	178,87
Kronensteine	to	28,82	-
Böschungsmischung	kg	10,00	10,00
Bauvlies	kg	15,00	15,00
Rippenstahlnägeln	kg	24,80	1114,8
LKW 2 Achser	Std	2,00	3,00
LKW 3 Achser	Std	26,50	26,50
LKW + Hiab	Std	100,50	155,50
LKW + Tieflader	Std	12,00	16,00
Unimog	Std	19,50	19,50
Traktor	Std	2,50	111,80
Kettenbagger	Std	312,50	293,00
Kleinbagger	Std	3,00	5,00
Radbagger	Std	12,50	12,50
Schreitbagger	Std	4,50	441,50
Dumper	Std	16,00	-
Raupendumper	Std	216,00	-
VW Kombi	Std	237,00	237,00
VW Golf Kombi	Std	2,00	2,00
VW Golf	Std	26,00	26,00
Doka Pritsche	Std	9,00	9,00
Mercedes Sprinter	Std	65,00	52,00
VW Doka Pritsche	Std	18,00	8,00

Tab. 1: Ökologische Leistungen der Ingenieurbiologie.

Tab. 1: Ecological performance of soil bioengineering measures.

Neben unterschiedlichen Hauptbaustoffen, Beton und Holz, wurde der Einfluss der Transportdistanzen auf die Energiebilanz und das Treibhauspotential untersucht. Die tatsächlichen Transportentfernungen werden den fiktiv erweiterten Transportdistanzen gegenübergestellt. Daraus ergeben sich für die Betonquerbauwerke zwei Varianten, für die Holzquerbauwerke drei Varianten, wobei die Variante H3 die Verwendung von regionalem Holz berücksichtigt. Leerfahrten bei Materialtransporten sind berücksichtigt, der Rücktransport der Maschinen wurde zum nächsten Bauhof der Wildbachverbauung nach Villach, beziehungsweise im Fall der längeren Transport-

variante zu einem 100 km entfernt gelegenen Bauhof angenommen. Den Findlingssteinen wurde keine Transportdistanz zugeordnet.

In Tabelle 2 sind die Transporte mit den Entfernungen sämtlicher Materialien für die zwei Varianten in Betonbauweise (B1, B2) und der drei Varianten in Holzbauweise (H1, H2, H3) dargestellt. Für die Betonbauweise beträgt die durchschnittliche LKW-Transportdistanz 66 km für die Variante B1 und 135 km für die Variante B2. Bei der Holzbauweise beträgt die durchschnittliche LKW-Transportdistanz 54 km bei der Variante H1, 114 km bei der Variante H2 und 45 km bei der Variante H3.

Transportgut	Transportmittel	Varianten Betonquerwerke		Varianten Holzquerwerke		
		B1 tatsächliche Transportdistanzen [km]	B2 erweiterte Transportdistanzen [km]	H1 tatsächliche Transportdistanzen [km]	H2 erweiterte Transportdistanzen [km]	H3 Transportdistanz bei Verwendung von regionalem Holz [km]
Zement	LKW	138	200	-	-	-
Transportbeton	LKW	-	-	40	60	40
Schotter	LKW	32	100	32	100	32
Sand	LKW	32	100	-	-	-
Grobschlag	LKW	-	-	18	100	18
Kronensteine	LKW	89	400	-	-	-
Grobsteine (Findlinge)	-	-	-	-	-	-
Grobsteine	LKW	-	100	-	100	-
Rippenstahl	LKW	130	300	130	300	130
Rundholz Lärche	LKW	28	100	-	-	28
Rundholz Robinie	LKW	-	-	69	100	-
Rundholz Robinie	Zug	-	-	500	1500	-
Böschungsmischung	Pritsche	69	100	69	100	69
Bauvlies	Pritsche	69	100	69	100	69
Sonstiges Baumaterial (Zuschlag)	LKW	69	100	69	100	69
Sonstiges Kleinmaterial	Pritsche	69	100	69	100	69
Hydraulikbagger	LKW	38	100	38	100	38
Radbagger	LKW	38	100	38	100	38

Transportgut	Transportmittel	Varianten Betonquerwerke		Varianten Holzquerwerke		
		B1 tatsächliche Transportdistanzen [km]	B2 erweiterte Transportdistanzen [km]	H1 tatsächliche Transportdistanzen [km]	H2 erweiterte Transportdistanzen [km]	H3 Transportdistanz bei Verwendung von regionalem Holz [km]
Schreitbagger	LKW	38	100	38	100	38
Dumper	LKW	69	100	-	-	-
Mischer IMPE 500lt	LKW	69	100	-	-	-
Zementförderschnellen	LKW	69	100	-	-	-
Zementwaagen	LKW	69	100	-	-	-
Schalungsreiniger	LKW	69	100	-	-	-
Zementsiloanlagen	LKW	69	100	-	-	-
Container	LKW	69	100	69	100	69

Tab. 2: Variation des Fallbeispiels durch Transportdistanzen.

Tab. 2: Variation of the case study by different transport distances.

Für eine Ermittlung der Energiewerte der Bauwerke wird die in Abbildung 1 dargestellte LCA-Methode angewandt. Dabei wurden die zu erwartende Lebensdauer und die anzunehmenden Erhaltungsbeziehungsweise Instandhaltungsmaßnahmen aus der Richtlinie „Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und Priorisierung von Maßnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung“ (BMLFUW, 2006) entnommen. Die Richtlinie unterstellt für Stahlbetonbauwerke eine Lebensdauer von 80 Jahren und einen jährlichen Instandhaltungssatz von 0,2 % der Herstellungskosten. Der Instandhaltungssatz wurde für die LCA als jährlicher Prozentsatz der bauwerksbezogenen Herstellungsenergie beziehungsweise ausgestoßenen Emissionen verwendet. Holzbauwerken wird laut dieser Richtlinie eine Lebensdauer von 40 Jahren und ein Instandhaltungssatz von 0,5 % unterstellt. Grobsteinschlichtungen, welche zur Vorfeldsicherung der Querbauwerke erforderlich sind, sind mit einer Lebensdauer von 40 Jahren und mit jährlich 1 % Instandhaltung der Herstellungskosten angegeben.

Ergebnisse des Vergleichs von Beton- und Holzquerbauwerken unter Variation der Transportdistanzen

Die im Folgenden präsentierten Ergebnisse zeigen den Energieaufwand und das Treibhauspotential, welche im Zuge der Errichtung der Bauwerke und im Vergleich dazu unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus der Bauwerke verursacht werden. Dabei werden die Beton- und Holzkonstruktionen direkt miteinander verglichen.

Energiebilanz (Errichtungsphase)

Abbildung 5 und 6 zeigen die Energiebilanz für Beton- beziehungsweise Holzquerbauwerke, berechnet in den realen Varianten B1 und H1. Die einzelnen Prozesse sind mit der jeweiligen Bauarbeitsschlüssel (BAS /engl.: construction key number CKN) Nummer und Bezeichnung gekennzeichnet.

Betrachtet man das Ergebnis bezogen

auf die Gesamtwerte des kumulierten Energieaufwandes in GJ, so zeigt sich, dass bei Variante B1 der größte Anteil des Energieaufwandes für den Ort beton aufgewendet wird (1317 GJ, siehe Abbildung 5) und bei Variante H1 verursacht der doppelwandige Steinkasten den meisten Energieaufwand (540 GJ, siehe Abbildung 6). Bei der Betonvariante ist vor allem die Herstellung des

Ortbetons relevant, während bei der Holzvariante die Transporte und der Maschineneinsatz auf der Baustelle eine große Rolle spielen. Der gesamte Energieaufwand des Betonquerbauwerks beträgt 1935 GJ und jener der Holzquerbauwerke 990 GJ. Somit ist der gesamte Energieaufwand für die Errichtung der Betonquerbauwerke circa doppelt so hoch wie jener der Holzquerbauwerke.

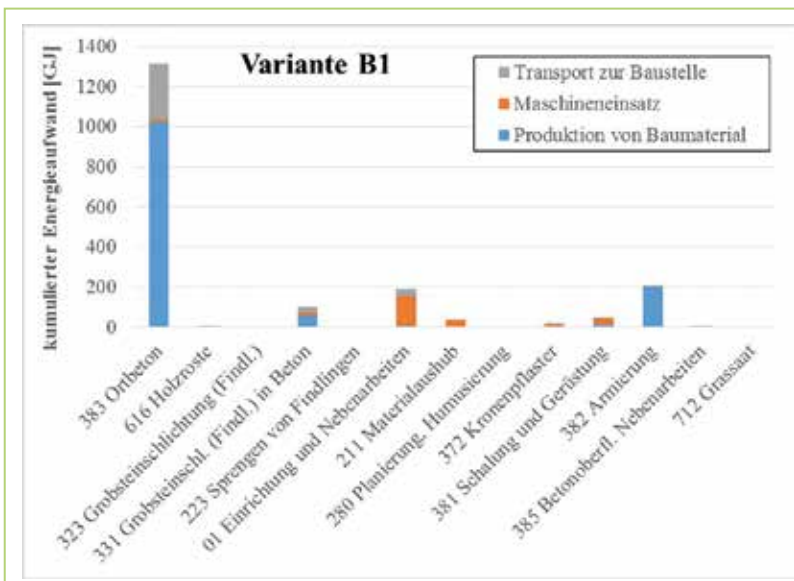


Abb. 5: Aufschlüsselung des kumulierten Energieaufwandes der Variante B1 nach BAS.

Fig. 5: Breakdown of the cumulative energy demand of variant B1 according to CKN.

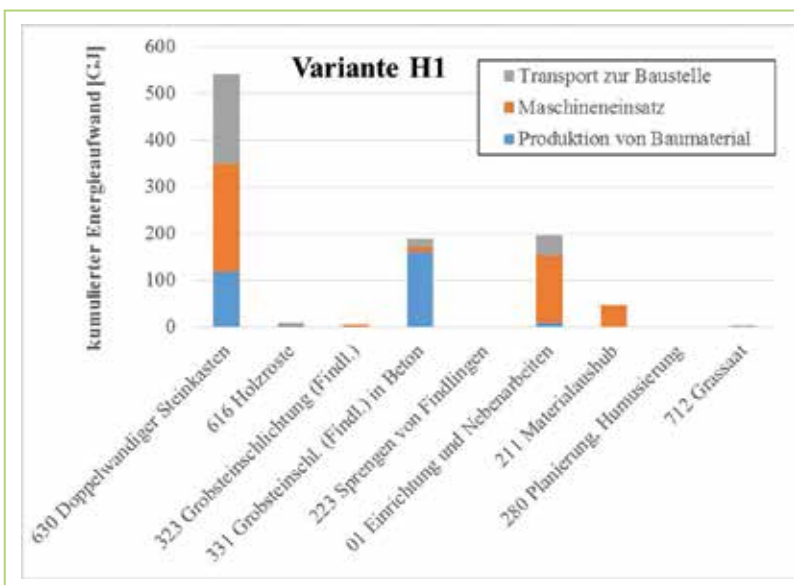


Abb. 6: Aufschlüsselung des kumulierten Energieaufwandes der Variante H1 nach BAS.

Fig. 6: Breakdown of the cumulative energy demand of variant H1 according to CKN.

Vergleicht man zusätzlich den prozentuellen Anteil der einzelnen BAS in Bezug auf den Gesamtwert in GJ, so ist zu erkennen, dass bei der Betonvariante (Abbildung 7) 68 % des gesamten Energieaufwandes dem Ort beton zugeschrieben werden kann. Es folgen die Armierung mit 11 %, weiters die Baustelleneinrichtung und Nebenarbeiten (10 %) sowie die Grobsteinschichtung

(mit Findlingen) in Beton (5 %). Die Holzvariante (Abbildung 8) weist den höchsten Anteil an Energieaufwand bei der Errichtung des doppelwandigen Steinkastens (54 %) auf. Außerdem sind auch hier die Baustelleneinrichtung und Nebenarbeiten (20 %) sowie die Errichtung der Grobsteinschichtung (mit Findlingen) in Beton (19 %) mit großem Anteil am gesamten Energieaufwand beteiligt.

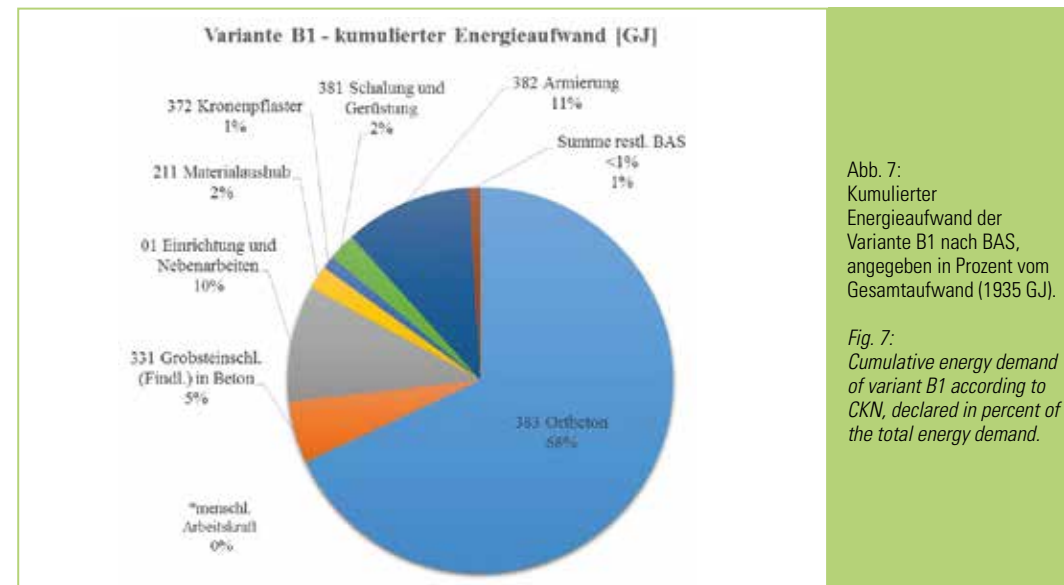


Abb. 7: Kumulierter Energieaufwand der Variante B1 nach BAS, angegeben in Prozent vom Gesamtaufwand (1935 GJ).

Fig. 7: Cumulative energy demand of variant B1 according to CKN, declared in percent of the total energy demand.

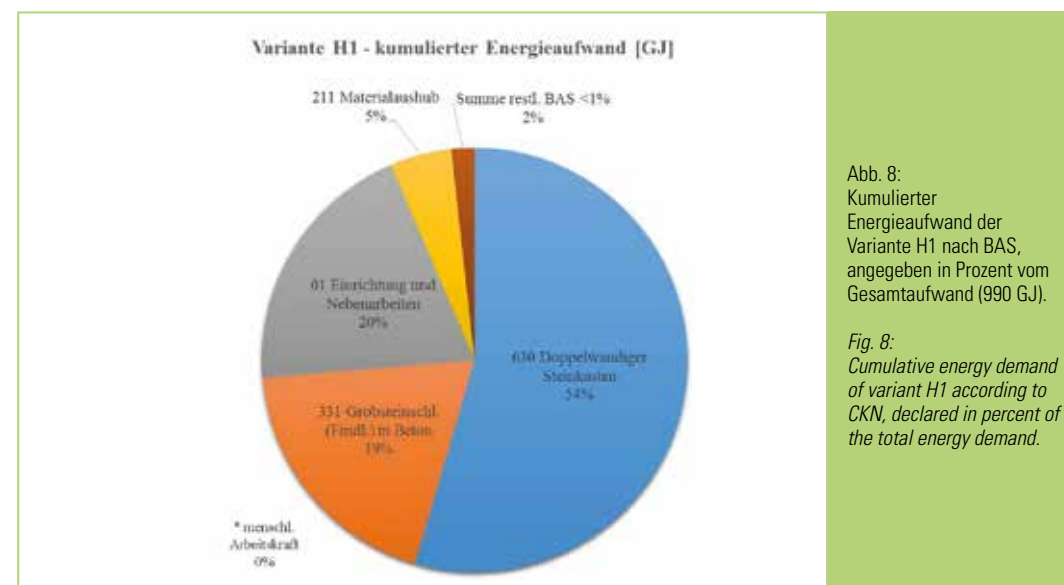


Abb. 8: Kumulierter Energieaufwand der Variante H1 nach BAS, angegeben in Prozent vom Gesamtaufwand (990 GJ).

Fig. 8: Cumulative energy demand of variant H1 according to CKN, declared in percent of the total energy demand.

Die menschliche Arbeitskraft (in den Bauberichten als Löhne verzeichnet) liegt beim kumulierten Energieaufwand bei unter 1 %, hat somit keinen Einfluss auf das Ergebnis und ist zu vernachlässigen.

Treibhausgasbilanz (Errichtungsphase)

Abbildung 9 und 10 zeigen die Treibhausgasbi-

lanz für Beton- beziehungsweise Holzquerbauwerke, wiederum berechnet in der realen Variante B1 beziehungsweise H1. Die einzelnen Prozesse sind mit der jeweiligen BAS-Nummer und der Bezeichnung gekennzeichnet.

Bei der Variante B1 entfällt der größte Anteil des Treibhauspotentials [t CO₂-äq.] auf den Ortbeton mit 230 t CO₂-äq. (siehe Abbildung 9).

Bei Variante H1 erzeugt der doppelwandige Steinkasten mit 35 t CO₂-äq. (siehe Abbildung 10) die meisten Emissionen. Auch bei der Treibhausgasbilanz zeigt sich, dass beim Betonquerbauwerk vor allem die Herstellung des Ortbetons relevant ist. Bei der Holzvariante spielen die Transporte und der Maschineneinsatz auf der Baustelle eine deutlich größere Rolle als die Herstellung der Materialien. Das gesamte Treibhauspotential des Betonquerbauwerks beträgt 277,83 t CO₂-äq. und jenes der Holzbauwerke 87 t CO₂-äq. Im Unterschied zum kumulierten Energieaufwand ist das Treibhauspotential der Betonbauwerke dreimal höher als jenes der Holzquerbauwerke.

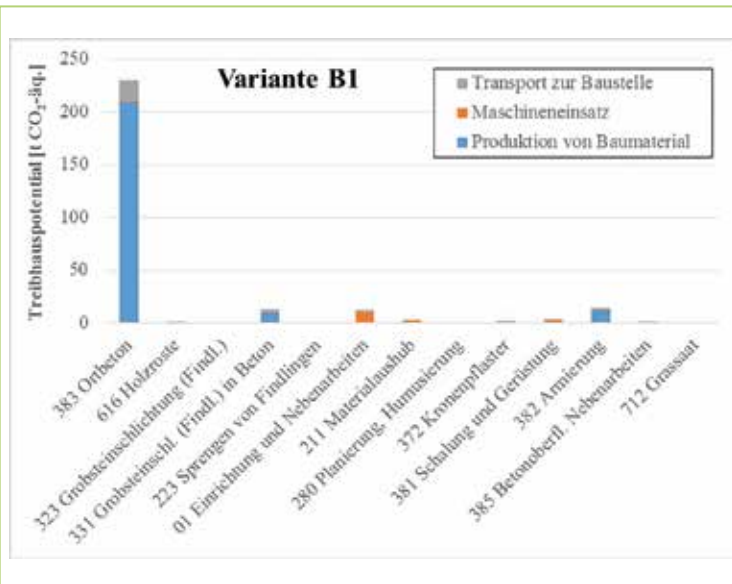


Abb. 9: Aufschlüsselung des Treibhauspotentials der Variante B1 nach BAS.

Fig. 9: Breakdown of the global warming potential of variant B1 according to CKN.

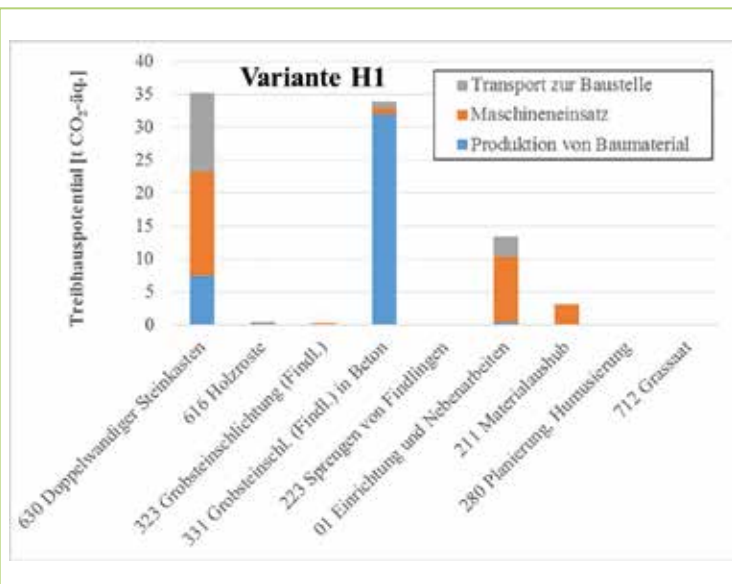


Abb. 10: Aufschlüsselung des Treibhauspotentials der Variante H1 nach BAS.

Fig. 10: Breakdown of the global warming potential of variant H1 according to CKN.

Vergleicht man zusätzlich den prozentuellen Anteil der einzelnen BAS in Bezug auf den Gesamtwert in t CO₂-äq., so ist zu erkennen, dass bei der Betonvariante B1 (Abbildung 11) 83 % des gesamten Treibhauspotentials dem Ortbeton zugeschrieben werden kann. Es folgen die Armierung (5 %), weiters die Grobsteinschl. (mit Findlingen) in Beton (5 %) sowie die Baustelleneinrichtung und Nebenarbeiten (5 %). Die Holzvariante H1

(Abbildung 12) weist den höchsten Anteil an Treibhauspotential bei der Errichtung des doppelwandigen Steinkastens (41 %) auf. An zweiter Stelle reiht sich die Grobsteinschl. (mit Findlingen) in Beton (39 %) ein und danach folgen die Baustelleneinrichtung und Nebenarbeiten (15 %). Auch in diesem Fall spielt die menschliche Arbeitskraft keine Rolle und wird aus diesem Grund nicht in der Treibhausgasbilanz berücksichtigt.

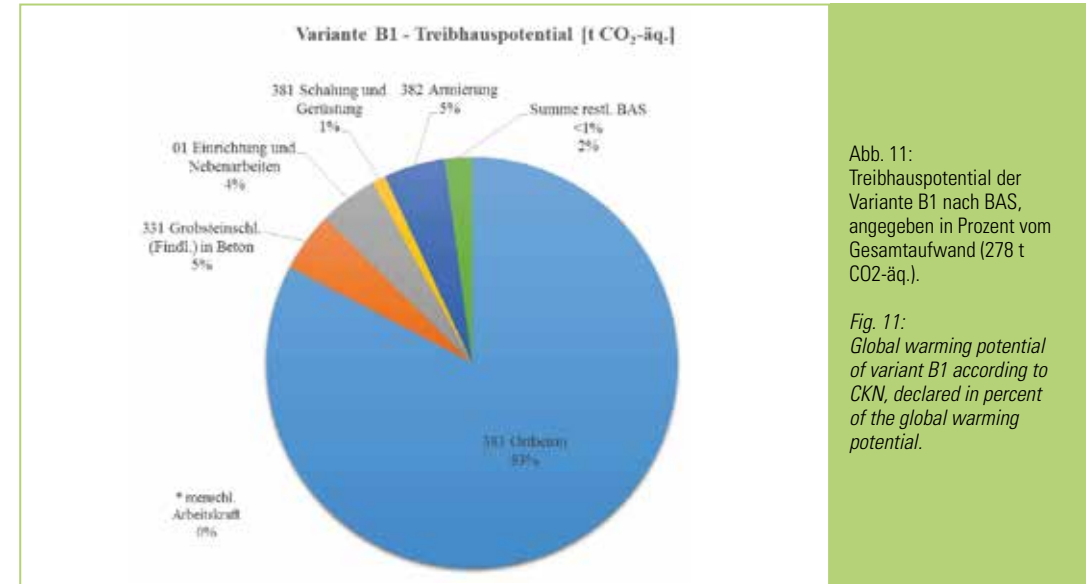


Abb. 11: Treibhauspotential der Variante B1 nach BAS, angegeben in Prozent vom Gesamtaufwand (278 t CO₂-äq.).

Fig. 11: Global warming potential of variant B1 according to CKN, declared in percent of the global warming potential.

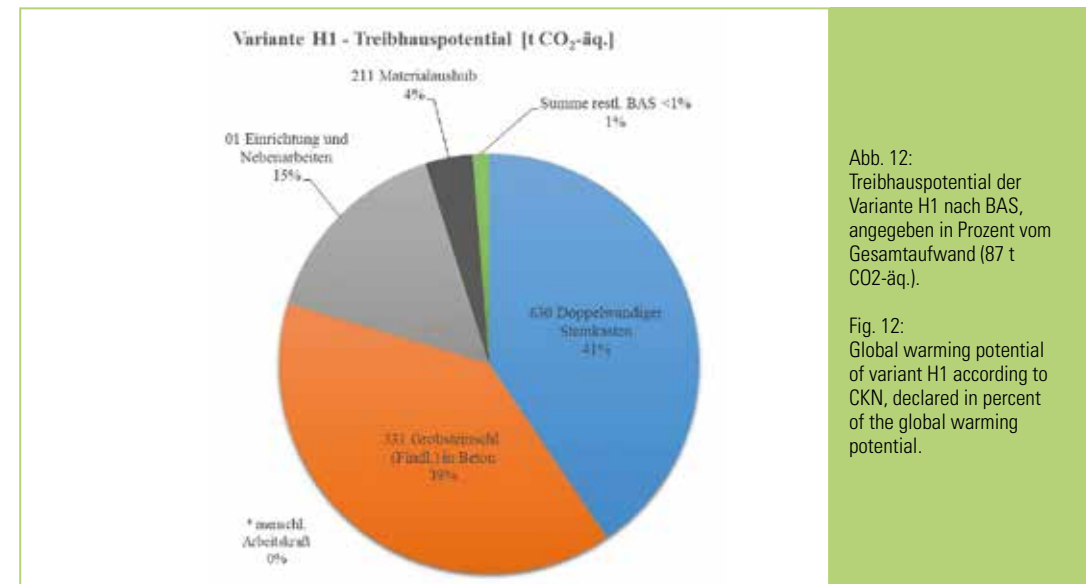


Abb. 12: Treibhauspotential der Variante H1 nach BAS, angegeben in Prozent vom Gesamtaufwand (87 t CO₂-äq.).

Fig. 12: Global warming potential of variant H1 according to CKN, declared in percent of the global warming potential.

Betrachtung des gesamten Lebenszyklus

Energiebilanzen können für die Errichtung von Bauwerken erstellt werden. Bei einer Lebenszyklusbetrachtung muss die gesamte Lebensdauer berücksichtigt werden. Diese beinhaltet neben der Errichtung auch die während der Nutzungsdauer anfallenden Instandhaltungen der Bauwerke.

Bei der Errichtung der Holzbauvariante (H1) werden im Vergleich zu Beton (B1) 945 GJ an Energieaufwand eingespart. Mit Berücksichtigung des Betrachtungszeitraumes von 80 Jahren, in welchem die Holzkästen einmal komplett erneuert werden müssen, weisen beide Varianten einen annähernd gleichen Energieaufwand auf (siehe Abbildung 13).

Bei der Variante H2 bilanzieren die Holzquerbauwerke auf Grund der längeren Transportdistanzen nach 80 Jahren um 436 GJ schlechter als die Betonbauwerke (B2). Damit

ergibt sich energetisch im Vergleich zur Errichtungsphase ein konträres Bild. In diesem Fall wäre unter Betrachtung des kumulierten Energieaufwandes die Betonvariante aus energetischer Sicht vorteilhafter.

Für beide Varianten B1 und H1 wurde die – für die Vorfeldsicherung errichtete – Grobsteinschlichtung berücksichtigt. Der Grobsteinschlichtung ist eine Lebensdauer von 40 Jahren unterstellt und wird dadurch innerhalb des Betrachtungszeitraumes nach 40 Jahren erneuert. Bei der Variante B1 ist, neben dem jährlich angesetzten Instandhaltungssatz von 1 %, der Neubau der Grobsteinschlichtung nach 40 Jahren maßgeblich für den Energieaufwand in der Nutzungsphase verantwortlich. Bei den Varianten H1 und H2 müssen nach 40 Jahren sowohl die Holzquerbauwerke als auch die Grobsteinschlichtung neu errichtet werden (siehe Abbildung 13).

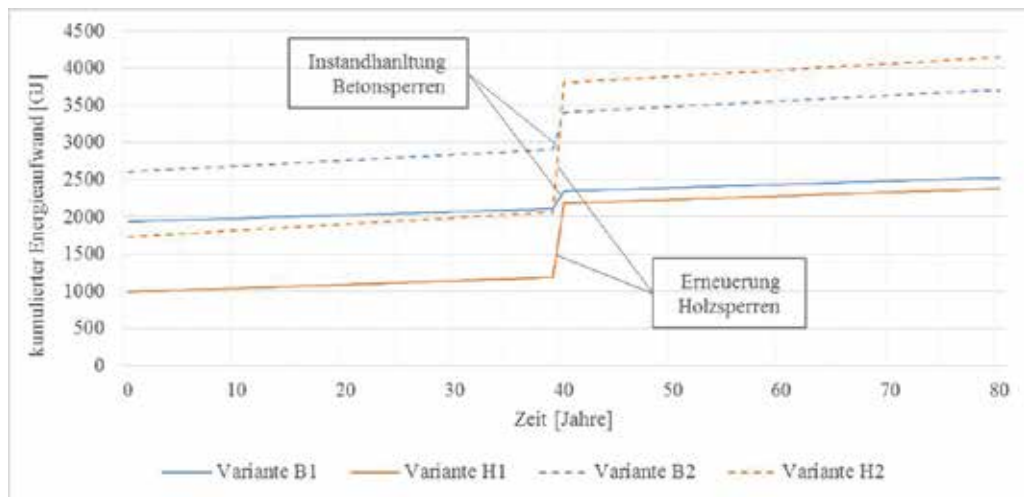


Abb. 13: Kumulierter Energieaufwand der Beton-Varianten B1 (tatsächliche Transportdistanzen) und B2 (erweiterte Transportdistanzen) sowie der Holz-Varianten H1 (tatsächliche Transportdistanzen) und H2 (erweiterte Transportdistanzen) über 80 Jahre, angegeben in GJ.

Fig. 13: Cumulative energy demand of the concrete versions B1 (real transport distances) and B2 (expanded transport distances) as well as the wood versions H1 (real transport distances) and H2 (expanded transport distances) after 80 years, expressed in GJ.

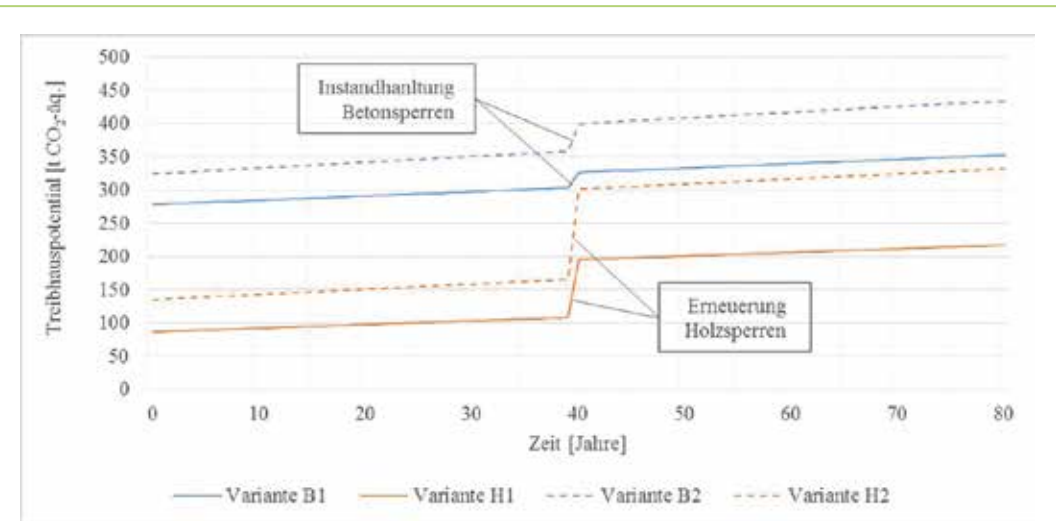


Abb. 14: Treibhauspotential der Beton-Varianten B1 (tatsächliche Transportdistanzen) und B2 (erweiterte Transportdistanzen) sowie der Holz-Varianten H1 (tatsächliche Transportdistanzen) und H2 (erweiterte Transportdistanzen) über 80 Jahre, angegeben in t CO₂-äq.

Fig. 14: Global warming potential of the concrete versions B1 (real transport distances) and B2 (expanded transport distances) as well as the wood versions H1 (real transport distances) and H2 (expanded transport distances) after 80 years, expressed in t CO₂-äq.

Neben der Wirkungskategorie kumulierter Energieaufwand kann auch das Treibhauspotential über den Lebenszyklus berechnet werden. Beim Vergleich der beiden Ausführungsvarianten (B1 und H1) erhält man nach der Errichtung der Bauwerke einen Unterschied in der Treibhausgasbilanz von 192 t CO₂-äq. zugunsten der Ausführung in Holz, am Ende eines 80 Jahre umfassenden Betrachtungszeitraumes ergibt sich ein Unterschied von nur mehr 135 t CO₂-äq. (siehe Abbildung 14).

Eine Gegenüberstellung der Varianten mit den längeren Transportdistanzen (B2 und H2) zeigt, dass sich nach 80 Jahren die Differenz von 189 t CO₂-äq. auf 102 t CO₂-äq. reduziert. Der emissionsbedingte Vorteil von Holzbauwerken gegenüber den Betonbauwerken halbiert sich.

Variantenvergleich mit unterschiedlichen Transportszenarien (Errichtungsphase)

Die folgenden Ergebnisse zeigen nochmal den Variantenvergleich der Beton- bzw. Holzbau-

werke in der Errichtungsphase und zeigen den Einfluss von unterschiedlichen Transportdistanzen.

Kumulierter Energieaufwand

Der kumulierte Energieaufwand der Herstellungsphase (Errichtung der Bauwerke inklusive Gewinnung und Herstellung von Baustoffen) wird in Abbildung 15 dargestellt. Demnach ist für die Errichtung der Betonbauweise Variante B1 insgesamt ein Energieaufwand von 1.935 GJ erforderlich und für die Holzbauweise Variante H1 ein Energieaufwand von 990 GJ. Betrachtet man lediglich die Errichtungsphase, so wird für Betonquerbauwerke im Vergleich zu Holzquerbauwerken circa doppelt so viel Energie aufgewendet. Bei einer Erhöhung der Transportdistanzen, im Ausmaß der in Tabelle 2 angenommenen Werte, kann bei Variante B2 ein Anstieg von 35 % und bei Variante H2 ein Anstieg von 75 % verzeichnet werden. Bei der Verwendung von regionalem Holz (H3) ist eine Verbesserung des Energiebedarfs von 11 % gegenüber der ursprünglichen Variante H1 möglich.

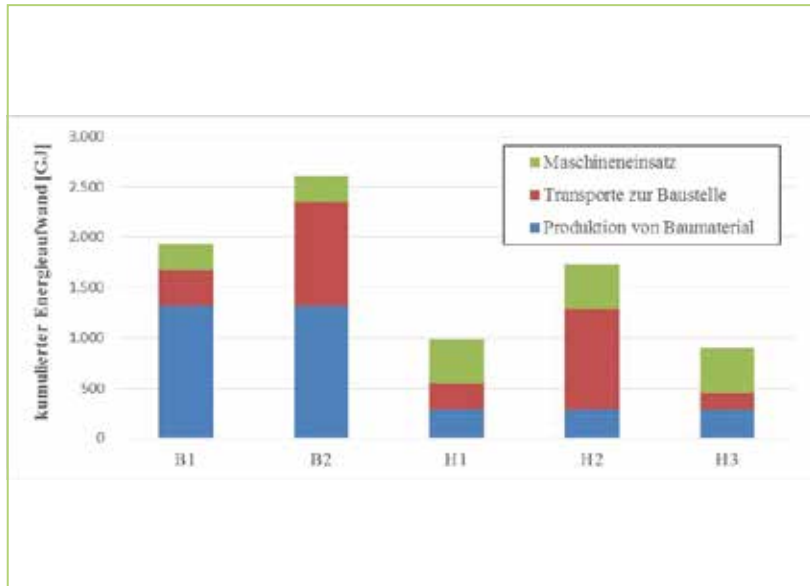


Abb. 15: Kumulierter Energieaufwand der Errichtungsphase für die tatsächlichen Varianten B1 und H1, sowie die Varianten mit erweiterten Transportdistanzen (B2 und H2) und der Variante H3 mit geringen Transportdistanzen auf Grund der Verwendung von regionalem Holz.

Fig. 15: Cumulative energy demand in the construction of the real variants B1 and H1. Additionally, the alternatives with higher transport distances B2 and H2 are shown and the variant with the lowest transport distances -because of the use of regional wood- H3.

Treibhausgasbilanz

Die Treibhausgasbilanz für alle Varianten wird in Abbildung 16 dargestellt. Durch den Bau der Querbauwerke in Holzbauweise (H1) können beim erstmaligen Bau rund 191 t CO₂-Äq. gegenüber der Betonbauweise (B1) eingespart werden. Dies ist auf den geringen Emissionsausstoß des natürlich nachwachsenden Rohstoffs Holz zurückzuführen. Emissionen entstehen lediglich durch die Prozesskette Fällung, Entrinden, Rückung und Transport zur Baustelle.

Betrachtet man allerdings nur den Maschineneinsatz auf der Baustelle, so sind die Emissionen bei der Holzbauweise um 12 t CO₂-Äq. höher als bei der Errichtung der Betonbauwerke.

Die durchschnittliche LKW-Transportdistanz bei den Betonbauwerken beträgt 66 km für die Variante B1 und 135 km für die Variante B2. Bei den Holzbauwerken beträgt die durchschnittliche LKW-Transportdistanz 54 km bei Variante H1, 114 km bei Variante H2 und 45 km bei Variante H3. Die CO₂-Belastungen, die durch die Transporte verursacht werden, sind bei den

Holzbauwerken (H1) um 8 t CO₂-Äq. geringer als bei den Betonbauwerken (B1).

Vergleicht man also die Treibhausgasbilanz von Beton- und Holzquerbauwerken (B1 und H1), so schneidet das Holzbauwerk deutlich besser ab und zwar mit einem Verhältnis von 3:1. Das bedeutet, man könnte das Holzbauwerk dreimal bauen um annähernd den gleichen CO₂-Ausstoß zu erreichen. Dieser Unterschied ist für die konzipierten Transportvarianten deutlich geringer ausgeprägt, weil man für die Lieferung des Robinienholzes (mit dem Zug aus Rumänien) höhere Transportentfernungen berücksichtigen muss.

Die für die Variantenberechnung gewählten höheren Transportdistanzen führen bei Betonbauwerken (B2) zu einem Anstieg der CO₂-Belastung um 17 % und bei Holzbauwerken (H2) um 56 %. Dieses Ergebnis zeigt, dass die Höhe der Treibhausgasemissionen ganz wesentlich von den Transportdistanzen der Baustoffe zur Baustelle abhängen. Der ökologische Vorteil einer Errichtung in Holzbauweise wird somit durch die großen Transportdistanzen, die für die Lieferung von Robinienholz notwendig sind, stark relativiert.



Abb. 16: Treibhauspotential der Errichtungsphase für die tatsächlichen Varianten B1 und H1, sowie die Varianten mit erweiterten Transportdistanzen (B2 und H2) und der Variante H3 mit geringen Transportdistanzen auf Grund der Verwendung von regionalem Holz.

Fig. 16: Global warming potential in the construction of the real variants B1 and H1. Additionally, the alternatives with higher transport distances B2 and H2 are shown and the variant with the lowest transport distances -because of the use of regional wood- H3.

Diskussion der Ergebnisse

Die folgende Tabelle 3 gibt einen Überblick über die tatsächlichen Umweltauswirkungen bei der Errichtung, sowie über den gesamten Lebenszyklus der Bauwerke. Die Wirkungskategorien kumulierter Energieaufwand [GJ] und Treibhauspo-

tential [t CO₂-Äquivalent] werden für beide Baustoffvarianten mit den tatsächlichen Transportdistanzen (B1 und H1), so wie sie auf der Baustelle am Oselitzenbach angefallen sind, und zum Vergleich mit etwas größeren Transportentfernungen (B2 und H2) dargestellt. Die Variante H3 wird mit den geringsten Transportdistanzen, bei der Verwendung von regionalem Holz, dargestellt.

		Errichtungsphase		Lebenszyklus 80 Jahre	
		kumulierter Energieaufwand [GJ]	Treibhauspotential [t CO ₂ -Äquivalent]	kumulierter Energieaufwand [GJ]	Treibhauspotential [t CO ₂ -Äquivalent]
Beton Querwerke	Variante B1 (tatsächliche Transportdistanzen)	1.935	278	2.519	351
	Variante B2 (erweiterte Transportdistanzen)	2.609	324	3.703	433
Holz Querwerke	Variante H1 (tatsächliche Transportdistanzen)	990	86	2.377	216
	Variante H2 (erweiterte Transportdistanzen)	1.731	135	4.139	331
	Variante H3 (Transportdistanz bei Verwendung von regionalem Holz)	894	81	2.144	203

Tab. 3: Zusammenfassung der Ergebnisse.

Tab. 3: Summary of the results

Mit den Tabellenwerten können alle Forschungsfragen nach dem kumulierten Energieaufwand und dem Treibhauspotential für die Errichtung als auch für einen definierten Betrachtungszeitraum von 80 Jahren präzise beantwortet werden.

Errichtungsphase

Es zeigt sich, dass die Bauwerke in Holzbauweise nach der Fertigstellung sowohl in Bezug auf den kumulierten Energieaufwand als auch in Bezug auf die Treibhausgasbilanz besser bilanzieren. Der gesamte Energieaufwand der Betonquerbauwerke beträgt 1.935 GJ und jener der Holzbauwerke 990 GJ. Somit ist der gesamte Energieaufwand für die Errichtung der Betonbauwerke circa doppelt so hoch wie jener der Holzbauwerke.

Unter Anwendung der Umrechnungsformel von Energieaufwand und Heizöläquivalent (1 l Heizöl = 35,6 MJ) bedeutet dies eine geringere Umweltbelastung im Ausmaß von ca. 26.545 l Heizöl. Bei der Betrachtung des Treibhauspotentials ergibt sich beim Vergleich von Holz- und Betonquerbauwerken ein Unterschied von 192 t CO_{2-äq.}. Ein Betonquerbauwerk verursacht somit dreimal so viele Treibhausgasemissionen wie ein Holzquerbauwerk. Dies entspricht einem Heizöläquivalent von 57.313 l Heizöl.

Neben dem gesamten Energieaufwand bzw. Treibhauspotential konnten mittels der angewandten LCA Methode auch prozentuelle Anteile der Bauarbeitsschlüssel (BAS) Nummern ermittelt werden. Bei den Betonbauwerken ist der Ort beton (68 %) maßgeblich für den gesamten Energieaufwand verantwortlich. Bei den Holzbauwerken sind die Errichtung des doppelwandigen Steinkastens (54 %), die Einrichtung und Nebenarbeiten (20 %) und der Grobstein-schichtung in Beton (19 %) die wesentlichen Energietreiber.

Beim Vergleich der Varianten B2 und

H2 (längere Transportdistanzen) bilanziert die Holzvariante durch die höhere Transportdistanz schlechter. Es empfiehlt sich daher, bei der Errichtung von Holzbauwerken großen Wert auf die Qualität des Baustoffes und auf die Herkunftsgebiete, mit möglichst geringen Transportentfernungen, zu legen. Auf Grund der guten ökologischen Eigenschaften des Baustoffes Holz verursachen die Transporte und der Maschineneinsatz bei der Errichtung der Holzbauwerke mehr als 50 % des gesamten Energieaufwandes und der verursachten Emissionen.

Lebenszyklus von 80 Jahren und Transportdistanzen

Unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus ergibt sich allerdings ein anderes Bild. Die Holzbauwerke schneiden in Bezug auf die Treibhausgasbilanz immer noch besser ab, jedoch mit einem geringeren Unterschied. In Bezug auf die Energiebilanz ist der gesamte Aufwand an Energie nach 80 Jahren bei einem Vergleich der errichteten Beton- und Holzquerbauwerke annähernd gleich hoch. Dies ist auf die kürzere Lebensdauer und die intensiveren Instandhaltungsmaßnahmen der Holzbauwerke zurückzuführen.

Mit der Anwendung der LCA Methode werden die mit dem höchsten Energieaufwand beziehungsweise Treibhauspotential verbundenen Prozesse transparent dargestellt. Die Ergebnisse der Fallstudie zeigen, dass nicht nur die ausgewählten Materialien, sondern vor allem die eingesetzten Maschinen und noch vielmehr die Transportdistanzen einen großen Einfluss auf die Ökobilanz haben. Die prozentuellen Anteile auf Basis der BAS Nummern sind wichtig zur Ermittlung der energetisch- und emissions-intensiven Bauprozesse und um diese zukünftig zu optimieren.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Umweltwirkungen von baulichen Aktivitäten im Hoch- und Tiefbau werden bereits auf Basis von Lebenszyklusmodellen bewertet. Wie die Untersuchungsergebnisse der gegenständlichen Arbeit zeigen, kann die darin angewendete Lebenszyklusanalyse einen guten Rahmen zur Erstellung einer Ökobilanz von Schutzbauwerken geben. Es wird daher vorgeschlagen, diese Methode zur Abschätzung der möglichen Umweltauswirkungen in Hinblick auf die klimawandelrelevanten Parameter „kumulierter Energieaufwand“ und „Treibhauspotenzial“ für Schutzbauwerke der Wildbachverbauung einzusetzen.

Die Bauberichte liefern dabei eine wichtige Grundlage. Mit den Bauberichten konnten die Bauprozesse, der Maschinen- sowie Materialeinsatz sehr gut abgebildet werden. Probleme gab es auf Grund fehlender Datensätze in den Datenbanken sowie unzureichend definierte Daten in den Bauberichten und fehlende Informationen bei den Transportdistanzen, wodurch zusätzliche Recherchen notwendig waren. Eine zukünftige exakte Dokumentation der Transportdistanzen ist für eine genaue Abbildung der Umweltauswirkungen von besonderer Bedeutung. Weiters empfiehlt es sich, die für eine Lebenszyklusanalyse notwendigen zusätzlichen Informationen (sämtliche Transporte zur Baustelle, Dokumentation der Einsatzdauer von Maschinen, Transporte von der Baustelle weg) in den Bauberichten abzubilden, was derzeit in der Regel nicht der Fall ist.

Auch wenn – den Erwartungen entsprechend – die Holzbauwerke in der Errichtungsphase ökologisch besser bilanzieren als die Betonbauwerke, konnte mittels der Lebenszyklusanalyse der „ökologische Unterschied“ quantitativ ermittelt werden. Aufbauend auf diesen Ergebnissen können die Baustellenprozesse, die

Arbeitsweisen, der Material- und Maschineneinsatz optimiert werden. Zukünftig kann diese Methode nicht nur zur ökologischen Nachkalkulation einer Baustelle, sondern als Steuerungsinstrument (Planungs- und Ausführungsentscheidungen) zur Minimierung von Umweltauswirkungen eingesetzt werden.

Mit der geplanten Umsetzung der neuen EU-Vergaberichtlinien, ist eine Lebenszykluskostenrechnung durchzuführen (Kurbos, 2018). Dadurch werden neben den Errichtungs-, Nutzungs- und Wartungskosten auch jene externen Kosten, die durch die Effekte der Umweltbelastung (Energieaufwand und Treibhauspotential) entstehen, berücksichtigt.

Kosten der menschlichen Arbeitskraft sind in den Bauberichten des vorliegenden Fallbeispiels monetär in Form von Löhnen dokumentiert. Da der Energiebedarf für Lohnarbeit insgesamt unter einem Prozent liegt, wird diese in der Ökobilanz nicht berücksichtigt. Damit ergibt sich im Vergleich einer monetären Kostenanalyse zur LCA Methode ein wesentlicher Unterschied. Eine arbeitsintensive Baustelle mit hohen Lohnkosten bilanziert im Vergleich zu einer maschinenintensiven Baustelle, im Hinblick auf die Energie- und Treibhausgasbilanz, deutlich besser.

Die Lebenszyklusanalyse berücksichtigt neben der Errichtungsphase auch die Nutzungsdauer der Bauwerke. Im Fallbeispiel basiert die Lebensdauer der Bauwerke auf einer auf der Richtlinie für die Kosten-Nutzen-Analyse (KNU-Richtlinie) basierenden Annahme. Daraus ergibt sich, dass über einen Betrachtungszeitraum von 80 Jahren die Betonwerke einmal und Holzwerke zweimal gebaut werden müssen. Dies muss allerdings nicht der tatsächlichen Lebensdauer der Bauwerke entsprechen. In der Wildbachverbauung werden mit der periodischen Zustandsbewertung wichtige Information erhoben und in einer Daten-

bank (Wildbach- und Lawinenkataster, WLK) eingetragen. Diese Informationen sind wichtige Grundlagen für die Ermittlung der tatsächlichen Nutzungs- und Lebensdauer eines Bauwerks und somit auch von zentraler Bedeutung für eine ökologische Bewertung. Eine laufende Nachführung bzw. Aktualisierung der Daten im WLK wird empfohlen.

Das Fallbeispiel des Oselitzenbaches ergab, dass in der Errichtungsphase die Holzbauwerke im Vergleich zu den Betonbauwerken besser bilanzieren. Unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus der Bauwerke (Betrachtungszeitraum 80 Jahre) und etwas längeren Transportwegen bilanzieren die Betonwerke hinsichtlich des kumulierten Energieaufwands besser als die Holzbauwerke. Damit zeigt sich, dass Holzbauwerke per se nicht „ökologischer“ sind als Betonbauwerke.

Bei der Errichtung von Holzbauwerken ist großer Wert auf die Regionalität des Baustoffes und der damit verbundenen geringen Transportdistanzen zu legen, um eine positive ökologische Bilanz zu erreichen.

Energiebilanzen mittels Lebenszyklusanalysen zu erstellen, um damit die Bauprozesse energetisch zu optimieren, sind nicht nur im Hochbau sondern auch für die Wildbachverbauung ein geeignetes Mittel, um einen aktiven Beitrag zur Umsetzung von Klimawandelanpassungsstrategien zu leisten.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI DI Magdalena von der Thannen

DI Roman Paratscha

DI Roman Smutny

Assoc. Prof. Dr. Alfred Strauß

Priv. Doz. DI Dr. Hans Peter Rauch

Universität für Bodenkultur Wien

Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien

m.v-d-thannen@boku.ac.at

DI Dr. Hansjörg Hufnagl

Wildbach- und Lawinenverbauung,

Fachbereich Ökologie

Meister Friedrich-Straße 2, 9500 Villach

hansjoerg.hufnagl@die-wildbach.at

Dr. Thomas Lampalzer M.A.

Wildbach- und Lawinenverbauung,

Fachbereich Ökologie

Neunkirchner Straße 125, 2700 Wiener Neustadt

thomas.lampalzer@die-wildbach.at

Literatur / References:

BAFU (2015):
Online Non-Road-Datenbank, Schweiz. Bundesamt für Umwelt BAUFU: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/non-road-datenbank.html>, zuletzt abgerufen am 22.03.2018.

BMLFUW (2006):
Richtlinien – für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und Priorisierung von Maßnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung gemäß § 3 Abs. 2 Z 3 Wasserbautenförderungsgesetz 1985. Teil I: Kosten-Nutzen-Untersuchung (KNU) und standardisierte Nutzenuntersuchung: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion Forstwesen, Marxergasse 2, 1030 Wien.

EC (2010):
International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. First edition March 2010. EUR 24708 EN: European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability, Publications Office of the European Union, Luxembourg

EN 15804 (2014):
Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products. DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

EN 15978 (2012):
Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method. DIN Deutsches Institut für Normung e. V.: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

EUROSTAT (2017):
Eurostat - Annual road freight transport, by type of goods and type of transport (1 000 t, Mio Tkm), from 2008 onwards [road_go_ta_tgl]. Brüssel.
FACHVERBAND INGENIEURBÜROS (2018):
Vergaberechtsreform 2018. Fachverband Ingenieurbüros, Ausgabe 78 April 2018, S. 10-13, Wien.

FRISCHKNECHT R., JUNGBLUTH N., ALTHAUS H.-J., DOKA G., DONES R., HECK T., HELLWEG S., HISCHIER R., NEMECEK T., REBITZER G., SPIELMANN M. (2005).
The ecoinvent database: overview and methodological framework. International Journal of Life Cycle Assessment. Vol. 10, S. 3–9.

Hitsch R. (1991):
Energiefluß bei der Durchführung verschiedener Bauweisen der Wildbachverbauung, Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, S. 149, Wien.

HITSCH R., Weinmeister H.W. (1992):
Energiefluß bei der Durchführung verschiedener Bauweisen der Wildbachverbauung, "Schutz des Lebensraumes vor Hochwasser, Muren und Lawinen", INTERPRAEVENT 1992 Bd. 4, S. 279-290, Bern.

ISO 14040 (2009):
Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen; Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. (Stand: November 2009 ed.). Berlin: Beuth.

IPCC (1995):
Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.

ISO 14025:2010,
Environmental labels and declarations

KURBOS R. (2018):
Lebenszykluskosten als Zuschlagskriterium? Fachverband Ingenieurbüros, Ausgabe 77 Februar/März 2018, S. 11, Wien.

ONR 24800 (2009):
Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Begriffe und ihre Definitionen sowie Klassifizierung. Vienna: Austria Standards Institute.

ONR 24802 (2011):
Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Projektierung, Bemessung und konstruktive Durchbildung. Vienna: Austria Standards Institute.

ONR 24803 (2008):
Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Betrieb, Überwachung und Instandhaltung. Vienna: Austria Standards Institute.

SMUTNY R. (2012):
Life Cycle Performance of Building Skins. LCA of Insulation Materials Comparing Passive Houses and Low Energy Houses. International Conference on Building Envelope Design and Technology, Juni 2012, 14-15, Graz.

SUDA J., RUDOLF-MIKLAU F. (2009):
Rund um den Lebenszyklus von Schutzbauwerken: Schadenshäufigkeit, Zustandsbewertung und Dauerhaftigkeit. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz, 73. Jg., Heft Nr. 163, S. 102-116.

TREBERSPURG M., SMUTNY R. (2013):
Mit Hilfe von Gebäude-Zertifikaten fit für den Lebenszyklus. Best-Practice-Beispiele und Empfehlungen für einen effektiven Einsatz der Zertifizierung. Wettbewerbe Architekturjournal, 307, S. 14-17.

UBA (2017):
Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger. Umweltbundesamt: <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.html>, zuletzt abgerufen am 25.4.2018.

VDI RICHTLINIE 4600 (2012):
Kumulierter Energieaufwand.

WEINMEISTER H.W. (1993):
Energiesparen nicht nur aus Kostengründen. Energieeinsatz für Sand, Kies und Beton. Sand & Kies aktuell, H. 12, S. 1-4.

THOMAS LAMPALZER, GEORG WIESINGER, THERESIA OEDL-WIESER

Akteur-Netzwerke im präventiven Schutzwasserbau. Eine explorative Studie anhand von drei Fallbeispielen

Actor-networks in preventive flood defence engineering. An exploratory survey based on three case studies

Zusammenfassung:

Präventiver Schutzwasserbau, insbesondere dann, wenn er größere Flächen beansprucht, wird häufig Pol in einem Spannungsfeld zwischen divergierenden Raumnutzungskonzepten. Jedes beruft sich auf bestimmte Werte. Das Autorenteam der vorliegenden explorativen Studie vertritt die These, dass sich derartige Konflikte sowie ihre Überwindungen nicht allein auf naturwissenschaftlich-technische und monetär-ökonomische Aspekte zurückführen lassen. Die hier gekürzt wiedergegebene Arbeit nimmt drei ausgewählte schutzwasserbauliche Vorhaben, die unterschiedlich verlaufen, aus soziologischer Perspektive in den Blick. Zwei Ziele werden verfolgt: Dynamiken von Akteur-Netzwerken exemplarisch zu beschreiben und dabei gewonnene Erkenntnisse in Leitsätzen, die sich vor allem an Planer wenden, zu vermitteln.

Stichwörter:

Akteur-Netzwerk-Theorie, Retention, Pertisau Wildbäche, Planung, Soziologie.

Abstract:

Preventive flood defence engineering often acts as a pole between diverging spatial interests, particularly when larger areas are involved. Each concept of spatial use relies on specific values. The researchers of the present explorative study are supporting the hypothesis that conflicts emerging from this context and the related solutions cannot be traced back to scientific-technical and monetary-economic aspects alone. The report, which has been reproduced here in abbreviated form, presents three case studies with different trajectories – from a sociological point of view. Two goals are pursued: to describe dynamics of actor networks by providing specific examples and to convey the results in briefed guidelines first and foremost to planners.

Keywords:

Actor-network, theory, retention, Pertisau torrents, planning, sociology

Forschungsdesign

Theoretische Aspekte

Theoretischer Hintergrund der vorliegenden Studie ist die Akteur-Netzwerk-Theorie, wie sie Latour (2002, 2010, 2012), Callon (2006a, 2006b) und Law (Law/Callon 2006) entwickeln – ursprünglich im Rahmen der Science and Technology Studies. Dabei kommt den Begriffen Akteur oder Aktant besondere Bedeutung zu: Aus analytischer Perspektive besteht kein Wesensunterschied zwischen Menschen, nichtmenschlichen Lebewesen und unbelebter Materie. Auch nichtmenschliche Aktanten „... können Ziele haben (Ingenieure sprechen eher von Funktionen)“, so Latour (2002: 219). Als Akteur gilt alles, was etwas bewirkt. In den hier untersuchten Fällen haben wir es im Wesentlichen mit folgenden Akteuren zu tun: Fließwasser samt mitgeführten Feststoffen, deren Kräfte auf Güter einwirken, Bauwerken zur Veränderung dieser Kräfte, Menschen mit Interessen an der Errichtung, Erhaltung oder auch Verhinderung dieser Bauwerke. Innerhalb von Akteur-Netzwerken ist jeder Akteur auf andere Akteure verwiesen, die er nicht vollständig kontrollieren kann und mit denen er Arrangements zustande bringen muss, so er Ziele durchsetzen will. Kein Akteur handelt jemals allein (vgl. Latour 2010: 81).

Kern der akteur-netzwerk-theoretischen Macht- und Konfliktanalyse ist der so genannte Übersetzungsprozess: Übersetzen, so Callon (vgl. 2006b), bedeutet, das von einem anderen Gesagte, Gewünschte, Getane in eigener Sprache auszudrücken und sich damit selbst zum Sprecher zu machen. Übersetzen heißt aber auch Einfluss auszuüben um etwas zu bewegen, um jemanden zu etwas zu bewegen, in bestimmter Weise zu mobilisieren. Im Laufe des Übersetzungsprozesses erlangen Akteure Kontroll- und Repräsentati-

onsmacht, wenn es ihnen gelingt, andere Akteure in eine bestimmte Lage oder zur Annahme von bestimmten Rollen zu bringen. Callon beschreibt dies in vier Momenten:

- 1. Problematisierung:** Der Hauptakteur (oder übersetzende Akteur) erkennt ein Problem und macht darauf aufmerksam. Er will dafür bei anderen Akteuren Bewusstsein erzeugen und es so zu einem gemeinsamen Problem machen. Er wird quasi „unentbehrlich“, indem er das Problem formuliert, damit fassbar macht, Fragen entwickelt, betroffene Akteure benennt, für sie Rollen entwirft und Hindernisse identifiziert, die der Rollenerfüllung entgegenstehen. Des Weiteren definiert er einen obligatorischen Passagepunkt, den man sich als gemeinsames Strategiekonzept der zusammenarbeitenden Akteure vorstellen kann. Indem alle Beteiligten dieses Strategiekonzept akzeptieren, stiftet es Identität. (vgl. 2006b)
- 2. Interessement:** Der Hauptakteur versucht, die von ihm ausgewählten Akteure in bestimmte Positionen zu bringen und sie dort zu fixieren. Er will sie zur Teilnahme an seiner Sache bewegen, in seinem Sinn interessieren. Dazu gehört auch, Übersetzungsversuche von konkurrierenden Akteuren zu vereiteln. Das Schmieden neuer Allianzen kann mit der Integration oder Auflösung bestehender Allianzen einhergehen. (vgl. 2006b) Um das Interesse von bestimmten Akteuren zu wecken, lässt der Hauptakteur weitere Akteure als Vermittler auftreten: Texte, Werkzeuge, Menschen mit bestimmten Kompetenzen oder Geld. Vermittler schaffen ein Medium für Netzwerke, das bestimmte Aktionsbedingungen herstellt und in dem sich Aktionen abbilden (vgl. 2006a).

3. Enrolment: Das Zustandekommen von Netzwerken ist mit einem Vorgang verbunden, in dem ein Set von zueinander in Beziehung stehenden Rollen definiert und Akteuren zugeteilt wird, die sie auch akzeptieren. Gelingen ist das Enrolment dann, wenn Akteure die ihnen vom Hauptakteur zugewiesenen Rollen annehmen. Davor liegen in der Regel Verhandlungen, in denen versucht wird zu überzeugen, Kompromisse anzubieten und anzunehmen, zu überreden, zu zwingen oder abzuwehren. (vgl. 2006b)

4. Mobilisierung: Haben sich die Akteure „bewegen“ lassen, so spricht man im hier gemeinten Zusammenhang von Mobilisierung. Das beinhaltet auch jene Mobilität, die Akteure erlangen, wenn ihre Interessen durch Delegierte „weitergetragen“ werden, wenn sie sich etwa auf einen Sprecher einigen können, der andernorts und vor anderen Akteuren mit „ihrer Stimme“ spricht. Dadurch bündeln sich die Wirkungen von im Raum verstreuten Akteuren und erhalten eine gemeinsame Stoßrichtung. Ein wesentlicher Aspekt ist das Aushandeln jenes Mandats, mit dem Delegierte ausgestattet werden sollen. Mobilisierung ist dann erfolgreich verlaufen, wenn zwischen allen Akteuren, die für ein Programm wichtig sind, Übereinkunft im Sinne dieses Programms erzielt wurde, so dass sich von einem kooperierenden Netzwerk sprechen lässt. (vgl. 2006b) In diesem Fall verfügt das Netzwerk über ein ausreichendes Maß an Konvergenz und Irreversibilität. *Konvergenz* bedeutet, dass sich die Akteure wechselseitig so verhalten, wie sie es voneinander erwarten. *Irreversibilität* bedeutet, dass die Akteure resistent gegenüber konkurrierenden

Übersetzungen sind (vgl. Schulz-Schaeffer 2014: 278). Ein in hohem Maß konvergentes und irreversibles Netzwerk lässt sich mit einer Blackbox vergleichen, deren Verhalten bekannt und vorhersehbar ist, unabhängig von ihrem Kontext (vgl. Callon 1991). Ein wesentliches Anliegen der Akteur-Netzwerk-Theorie besteht darin, Blackboxes rekonstruktiv zu öffnen, das heißt, ihre Entstehungs- und Erhaltungsbedingungen der Beobachtung zugänglich zu machen (vgl. Schulz-Schaeffer 2014: 282f.).

Ausschlaggebend für die Wahl dieser Theoriefolie ist, dass sie Technik, Natur- und Sozialwissenschaften zu integrieren vermag. Sie erscheint als gut geeignet zur Analyse von schutzwasserbaulichen Strategien für Kulturlandschaften. Letztere gehen, so Haberl/Strohmeier (vgl. 1999) aus bestimmten naturräumlichen Gegebenheiten durch gesellschaftliche Aneignung und Nutzung natürlicher Dynamik hervor. Ein ausschließlich naturwissenschaftlich-technischer Blick auf Hochwasserrisiken wie auf Gegenmaßnahmen vernachlässigt deren gesellschaftliche Aspekte. Dass es sich beim Schutz vor Hochwassergefahren um Übersetzungsarbeit handelt, zeigt sich nicht zuletzt darin, dass Vorgefundenes und Zielvorstellungen in Pläne und diese in Bauwerke zu transformieren sind, was die Mobilisierung jeweils mehr oder weniger umfangreicher Akteur-Netzwerke bedeutet.

Methodik

Die empirisch angelegte Studie untersucht drei ausgewählte Fallbeispiele mittels qualitativer sozialwissenschaftlicher Methoden. Das Autorenteam führt zwischen 2014 und 2015 insgesamt 22 Interviews mit Angehörigen des Forsttechni-

schen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung (im Folgenden kurz Wildbachverbauung genannt), Landwirten, Hoteliers, Lokalpolitikern und Experten aus unterschiedlichen Fachdisziplinen. Dazu kommen ergänzende teilnehmende Beobachtungen sowie die Analyse von Dokumenten, beispielsweise von Technischen Berichten und Informationsbroschüren. Bei der Auswertung des Materials orientiert sich das Autorenteam an der Grounded Theory Methode nach Strauss und Corbin (1996). Sie erlaubt es, offen an den Forschungsgegenstand heranzugehen und vielfältige Informationen zu integrieren. Der schrittweise Erkenntnisgewinn aus dem Forschungsprozess leitet das Sampling an. Die Auswertung der transkribierten Interviews erfährt Unterstützung durch die Software MAXQDA, die im Sinne eines nicht automatisierten Verfahrens eingesetzt wird (siehe dazu <https://www.maxqda.de/produkte>).

Fallstudien

Die empirische Untersuchung beruht auf je einem ausgewählten Beispiel in Niederösterreich, der Steiermark und Tirol. In allen drei Fällen soll Land einer kontrollierten Überflutung ausgesetzt werden. Das erstgenannte Vorhaben verbleibt im Planungsstadium, die beiden anderen gelangen nach teils aufwändigen Einigungsprozessen zur Ausführung.

Schlattenbach im südlichen Niederösterreich – ein gescheitertes Vorhaben (Thomas Lampalzer)

Diesem Vorhaben aus 1999 liegen zwei eher allgemein gehaltene Konzepte zu Grunde. Der konkrete Planungsprozess gerät in eine Krise und bleibt 2002 stecken. Das Einzugsgebiet des Schlattenbaches umfasst etwa 70 km² und erstreckt sich über mehrere Gemeinden, davon

sind hier eine Ober- und eine Unterliegergemeinde von Bedeutung.

Die Überlegungen, von denen das Projekt seinen Ausgang nimmt, verweisen auf eine Strategieänderung der Wildbachverbauung: Bestimmte Bereiche sollen einer kontrollierten Überflutung ausgesetzt sein, was auch im Gefahrenzonenplan Niederschlag findet. In diesen Abschnitten soll auf Uferschutzmaßnahmen verzichtet werden. Das bedeutet einen Bruch mit der bisher geübten Praxis. Verantwortliche Personen zeigen sich hier unter anderem von Ideen der ökosozialen Bewegungen der 1970er- und 1980er-Jahre inspiriert. Es erweist sich als schwierig, für dieses top-down konzipierte Vorhaben einflussreiche lokale Verbündete zu finden. Etwa gleichzeitig stellt die Agrarbehörde Überlegungen zu einem Aufschließungsvorhaben einschließlich Flurneuordnung entlang des Schlattenbaches an und sucht dafür Kooperationspartner. Für den Übersetzungsprozess, den die Wildbachverbauung eröffnet hat, bedeutet das, dass in der Phase der Problematisierung eine zweite Organisation ins Feld tritt, die ebenfalls Anrainer des Schlattenbaches anspricht und mit der gemeinsam sich die eigenen Ziele unter bestimmten Bedingungen besser erreichen lassen. Im weiteren Verlauf entwickeln jedoch beide Organisationen jeweils eigene obligatorische Passagepunkte. Daraus entstehen Konflikte, die bis zum Abbruch des Vorhabens schwelen. Gründe für Zerwürfnisse liegen in mangelnder Koordination, zumindest einseitig nicht akzeptierten Organisationsabläufen, semantischen Barrieren infolge missverständlicher Fachbegrifflichkeit sowie Misstrauen zwischen einzelnen Personen. An Grundlagen stellt die Wildbachverbauung zwei Studien bereit, eine umfangreiche strategische und eine operative, die von unterschiedlichen externen Planungsbüros geliefert werden. Die Bildung einer breiten Allianz für das Projekt

misslingt, weil sich einzelne Beteiligte ausgeschlossen fühlen. Das liegt nicht zuletzt daran, dass man sich nicht auf den bestehenden Wasserverband und seine Strukturen stützt, sondern andere Wege geht. Der Bürgermeister der Unterliegergemeinde, der zugleich Obmann des Wasserverbands ist, äußert sich dazu folgendermaßen:

„Und wir haben dann die erste (...) Vorstellung des Projekts in B. (Oberliegergemeinde, T. L.) gehabt. Wobei es im Vorfeld schon mit B. (Oberliegergemeinde, T. L.) besprochen wurde und erst bei einer weiteren Besprechung die anderen Gemeinden, die es betroffen hat (...), beigezogen wurden. (...) Und (...) der Fehler, den man dort gemacht hat (...), war, (...) bei der ersten Besprechung mit B. (Oberliegergemeinde, T. L.) hat man einmal die Wirtschaft miteingebunden. Da hat es zwei Wirte gegeben und einen Mostheurigen, wo man versucht hat, das auch touristisch zu vermarkten, aber mit sehr wenigen Grundeigentümern noch gesprochen hat. Jetzt war das für uns schon ein Problem: Einmal, weil die erste Besprechung in B. (Oberliegergemeinde, T. L.) war, das heißt grundsätzlich war dann von (...) unserer Gemeinde, von den Grundeigentümern und Bauern schon eine gewisse Skepsis oder Ablehnung da, von Haus aus, weil sie zuerst nicht gefragt worden sind.“ (Bürgermeister der Unterliegergemeinde)

Die Wildbachverbauung steht nicht geschlossen hinter ihrer Strategie. Der Baubetrieb befürchtet für die Zukunft den Verlust von Arbeit und Arbeitsplätzen als Folge des geplanten Verzichts auf Uferschutzmaßnahmen.

Zu den Gewinnern einer kontrollierten Überflutung des Schlattenbaches zählen sich die Gastwirte. Als Renaturierungsvorhaben passt dies

zum für die Region initiierten „sanften“ Tourismus. Enrolment gelingt nur bei dieser Gruppe, die sich jedoch die Missgunst der Landwirte zuzieht. Letztere sehen sich als Verlierer:

„Und das nächste große Problem war (...), dass die Wirte schon (...) Planungen ohne Rücksicht auf die Grundeigentümer gemacht haben. Und das war, glaube ich, letzten Endes dann doch der Grund, warum das Projekt gescheitert ist.“ (Bürgermeister der Unterliegergemeinde)

Die Wahl von Gasthäusern als Orte für Projektbesprechungen und -präsentationen verschärft den Konflikt zwischen Gast- und Landwirtschaft. Gasthäuser gelten nicht als neutrale Orte. Zum einen werden sie den Projektbefürwortern zugezählt und zum anderen einer bestimmten von insgesamt zwei betroffenen Gemeinden. Dies bleibt den Planungsverantwortlichen aufgrund ihrer unzureichenden sozialräumlichen Kenntnisse verborgen. Im Rahmen einer Projektvorstellung verliert das Publikum Vertrauen in die Planenden. Eine zur Diskussion gestellte Skizze gäbe Gelände unrichtig wieder, lautet der Vorwurf. Des Weiteren wird auf ein Bewirtschaftungsparadigma der aktuell betriebsführenden Bauerngeneration nicht eingegangen: Landgewinnung durch Gewässerbegradigung, nach dem Leitgedanken der Schaffung des „Zehnten Bundeslandes“. Dazu alternative Wasserbaustrategien zählen nicht – vielleicht nicht mehr – zum regional verfügbaren Wissensbestand. Die im Projekt vertretenen „befremdlich“ wirkenden Ansätze bedürfen ausführlicher Vorbereitungen und Erläuterungen. Beides erfolgt nicht hinreichend. Indem eine vollständige Klärung von verwendeten Fachtermini unterbleibt, kann die Kommunikation nicht „auf Augenhöhe“ stattfinden. Zum Bruch mit den Landwirten kommt es nach einem Bewirtschaftungsvorschlag, den die Verfasserin der operativen Planungen unterbreitet:

„Und dann hat sie die Bauern gänzlich gegen sich aufgebracht (...), dass sie gesagt hat, da könnte man ja da unten auf diesen Ebenen, (...) Galloway- und Highlandrinder weiden lassen. Worauf die Bauern gesagt haben, schauen Sie, dass Sie sich schleichen, wir sind ein Fleckviehzuchtgebiet, mit Ihnen reden wir nicht weiter.“ (Vertreter der Agrarbehörde)

Diese Planerin findet insgesamt zu wenig Anerkennung, weil ihr urbaner Habitus als feldfremd wahrgenommen wird und sie als unerfahren, weil jung, gilt. Noch während der aus dem Ruder laufenden Veranstaltung ziehen sich die Wildbachverbauung und das operative Planungsbüro zurück. Kurz danach treten innerhalb der Wildbachverbauung personelle Veränderungen ein, die zwar vom Vorhaben Schlattenbach unabhängig sind, aber darauf Einfluss haben: Der übersetzende Akteur dieser Organisation verlässt das Feld. Regelungen zur Weiterführung des Vorhabens und damit neue Übersetzungsversuche unterbleiben. Die Gemeinden bleiben in der Sache passiv. Aufgebaute Strukturen zerfallen: Knapp vor dem Abbruch weist das Netzwerk der Projektgegner eine höhere Konvergenz und Irreversibilität auf als das Netz der Projektbefürworter. Die Wildbachverbauung erklärt den Planungsprozess weder für beendet noch für ausgesetzt, sondern lässt ihn auf unbestimmte Zeit „einschlafen“.

Insgesamt lässt sich eine gute naturwissenschaftliche, aber schwache sozialwissenschaftliche Aufschlüsselung des Projektgebiets feststellen. So nimmt die in Auftrag gegebene 173 Seiten umfassende strategische Studie eine ausführliche Landschaftsanalyse, -beurteilung und -prognose vor, unterlässt aber eine explizite Sozialraumanalyse oder eine Darstellung der sozioökonomischen Verhältnisse. In der Vielschichtigkeit des Feldes erkennt die Wildbachver-

bauung die regionalen Machtverhältnisse zu spät. Zudem reagiert sie weder angemessen auf bereits früh geäußerte Kritik an der Konzeption noch auf die sich abzeichnende Überforderung des Projekts. Mit der Problembeschreibung und der Projektidee identifizieren sich lediglich Beteiligte, die für die Realisierung des Projekts zu schwach sind. Auf Seiten der Wildbachverbauung tritt zur personellen Diskontinuität auch thematische Diskontinuität hinzu: Indem die Wildbachverbauung weiterhin unsystematisch Uferschutzbauwerke als Kleinmaßnahmen setzt, unterläuft sie ihre ursprüngliche Strategie.

Im Verlauf der Studie geführte Interviews mit Vertretern der Unterliegergemeinde und der Agrarbehörde ermuntern zu einer Wiederaufnahme des Planungsprozesses, der nunmehr als bottom-up wahrgenommen wird. Für einen erfolgreicherer Übersetzungsversuch sprechen der mittlerweile höhere Anteil an Nebenerwerbsbauern und der höhere Bekanntheitsgrad von nachhaltigen Schutzmaßnahmen, die damit ihren experimentellen Charakter verloren haben. Zudem erfüllen bestehende Bauwerke die in sie gesetzten Erwartungen nicht.

Johnsbach in der Obersteiermark – ein teilweise gelungenes Vorhaben (Georg Wiesinger)

Im Einzugsgebiet des Johnsbaches führen Starkregen und Schneeschmelze immer wieder zu Überschwemmungen und Muren, wodurch auch Verkehrsverbindungen Schaden nehmen. Gewässerregulierungen werden hier bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts vorgenommen, in verstärktem Maße in den frühen 1950er Jahren. Ziel ist es, unter anderem die Schleppkraft im Unterlauf zu erhöhen, um Geschiebeablagerungen zu verringern. Erreicht wird dies durch eine Streckung der Linienführung bei gleichzeitiger

Erhöhung des Sohlengefälles, begleitet von Bühnenbauwerken. In den Johnsbach mündende Zubringer werden mit Bauwerken zur Geschiebebewirtschaftung versehen. In den 1960er- und 1970er-Jahren wird der Bestand an Bauwerken verdichtet, wodurch der Unterlauf des Johnsbaches seine natürliche Dynamik verliert. Infolge nicht mehr funktionsfähiger Schutzbauwerke stellt sich neuerlich die Frage nach einem Geschiebebewirtschaftungskonzept. Ein darauf antwortendes Projekt wird 1999 genehmigt. Es beabsichtigt neben der Sicherung von Verkehrsverbindungen und Kulturland auch die Erhaltung der ökologischen Funktionsfähigkeit des Gewässers mit seiner Dynamik. Diese Ziele sollen einerseits durch Sanierung, Ersatz und Neuerrichtung von Bauwerken erreicht werden, andererseits durch fließende Retention. Für letztere engagiert sich der Leiter der regionalen Wildbachverbauung und beruft sich dabei auf Vorbilder.

„Zwei Leute, die mich sicher beeinflusst haben, waren Ü. und K. (zwei hochrangige Wildbachverbauer, G. W). Weil die wirklich vorangegangen sind, in dem ‚Wir müssen aufhören, uns mit den Symptomen herumzuschlagen, sondern wir müssen in die Ursachenforschung und -überlegung einsteigen.‘ Ganz klar waren das zwei Vorreiter, die mich – als jungen damals – absolut beeinflusst haben. Den Weg, den möchte ich auch mitgehen. (...) Der Anfangspunkt für meinen Kampf ‚Schutz ohne Schaden‘, dass man nicht am Ende als ökologischer Schädling dasteht, war eigentlich meine Liebe zur Natur. Also manche Projekte früher, die habe ich – ich denke zum Beispiel an das Projekt X – das habe ich abgelehnt, mir böse Nachrede zugezogen, als Verhinderer. Weil ich gesagt habe: Ihr macht das alles kaputt. Und wir haben dann, glaube ich, was Besseres zusammengebracht.

Also, diese Verbundenheit mit der Natur, die Liebe zur Natur, wo es einem weh tut, wenn man da einfach sagt: Ich fahr da jetzt drüber, über so ein Gewässer.“ (Leiter der regionalen Wildbachverbauung)

Die Wildbachverbauung teilt mit der lokalen Bevölkerung das Interesse an einem größtmöglichen Schutz vor Wildbachgefahren bei gleichzeitiger Schonung von Natur und Lebensraum. Grundlegend für ein daraus resultierendes schutzwasserbauliches Vorhaben ist ein Gefahrenzonenplan. Dieser lässt das Maß an Gefährdung nachvollziehbar erkennen sowie Strategien dagegen entwickeln, abwägen und argumentieren. Zum Schutz des Siedlungsgebiets stehen mehrere Lösungsvarianten zur Diskussion. Allerdings können sich an den Festlegungen des Gefahrenzonenplans Konflikte mit Grundeigentümern entzünden.

„... wenn man (...) plötzlich ein Baugrundstück zu einem wertlosen Grund macht, da muss man Gründe haben. Da kann man nicht einfach einen Strich ziehen. Und das war also ein ganz entscheidender Punkt. (...) Und ich habe eigentlich sehr intensiv auch bei Exkursionen und (...) unsere Fachzeitschrift sehr intensiv immer wieder studiert, Impulse aufgenommen, weiterentwickelt. Das waren also die maßgeblichen Punkte: der Gefahrenzonenplan, die persönlichen Kontakte, Gespräche. In ganz einfacher Form, gar nicht im Plenum. Sondern oft ganz beiseite, irgendwo, wenn wir durch einen Graben gegangen sind und geplaudert haben. Da habe ich sehr wertvolle Impulse bekommen.“ (Leiter der regionalen Wildbachverbauung).

Die Landwirtschaft hat im Projektgebiet keine große wirtschaftliche Bedeutung, verfügt aber über eine eigene Sinnstruktur, die emotional geladen ist.

„Was eine ganz große Rolle gespielt hat, hier in diesen Alpentälern (...) ist Folgendes: Jahrhundertlang hat der Mensch gekämpft gegen die Wildbäche. Es gab die Schwemmkegel, die waren zwar fest, aber gefährdet. Und dann gab es eigentlich den Talboden, der kaum nutzbar war, versumpft war und so weiter. Und die Enge dieser Täler hat bewirkt, dass mit den damaligen landwirtschaftlichen Methoden gekämpft wurde um jeden Quadratmeter Grünland.“ (Leiter der regionalen Wildbachverbauung).

Landwirtschaftliche Grundstücke haben einen symbolischen Wert, jenseits der Ökonomie. Im folgenden Interviewauszug geht es um eine unmittelbar am Ufer des Johnsbaches gelegene Fläche, die sich als Retentionsraum eignet und im Interesse des Projekts getauscht werden soll. Die Argumentation dagegen entbehrt marktwirtschaftlicher Logik.

„Mit dem monetären Wert kann man ja alles ablösen – theoretisch, finanziell. Aber Bauern haben ja nicht nur das Finanzielle im Kopf, sondern auch das Ideelle. Man hängt ja an Dingen, die man ökonomisch nicht ablösen kann. Nicht, weil es das Geld dafür nicht gibt, sondern weil man's einfach nicht will. Weil einfach die Generationen schon vorher gemacht haben. Wo man einfach das Fleckerl Grund liebgewinnt, auch wenn man's abtauschen könnt. Das bäuerliche Bewusstsein ist so.“ (Landwirtin und Grundeigentümerin)

Die Grundeigentümerin führt des Weiteren ins Treffen, dass es sich hier um das einzige flache Grundstück in ihrem Besitz handle, das daher am besten unter allen zu bewirtschaften sei. Sie lässt jedoch unerwähnt, dass diese ertragsarme Feuchtwiese in der Vergangenheit immer wieder unkon-

trolliert überflutet wird. Die Entgegnung, eine kontrolliert temporär überflutete Fläche könne nach Ablauf des Wassers durchaus bewirtschaftet werden, verfängt nicht.

Günstig auf die Realisierung des Vorhabens wirken sich die etwa zeitgleiche Schaffung des Nationalparks Gesäuse sowie das Inkrafttreten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie aus. Damit rücken ökologische Paradigmata weiter in den Vordergrund und der Stellenwert des Tourismus steigt. Unter Beteiligung dieses Nationalparks, des Landes Steiermark, des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft sowie der Europäischen Union entsteht ein Projekt, das Renaturierungsmaßnahmen unterstützt (L'Instrument Financier pour l'Environnement, kurz LIFE).

Als erfolgreicher Übersetzer des Vorhabens erweist sich der Bürgermeister von Johnsbach, der neben seiner politischen und behördlichen Funktionen gleichzeitig weitere innehat: Er ist Mittelschullehrer, Landwirt und führt ein traditionsreiches Gasthaus mit Pension. Sein ökonomisches, kulturelles und soziales Kapital reicht aus, um als Promotor wirken zu können. Das Projekt lässt sich teilweise verwirklichen, indem der Bürgermeister seine Privatgrundstücke im Tauschweg zur Verfügung stellt und damit zur Kompensation fehlender Flächen beiträgt. Grundeigentümer, Wildbachverbauung und Nationalpark schließen einem Kompromiss, wobei die vom Tourismus geprägte Gemeinde den Nationalpark geschickt für ihre Interessen nützt.

„Wir sind in der Zeit (...) sehr bekannt gewesen durch den Nationalpark (...). Es war sicher für uns ein Vorteil (...), keiner vom Land wollte sich eine Blöße geben, nachdem es der einzige steirische Nationalpark ist. Die können uns nicht im Stich lassen (...).“ (Bürgermeister)

Pertisau Wildbäche im Tiroler Unterland – ein gelungenes Vorhaben (Theresia Oedl-Wieser)

Seit 1928 werden die periodisch wasserführenden Bäche des Tristenau-, des Falzthurn- und des Gerntals reguliert. Dadurch fließt Hochwasser konzentriert ab. Das dafür zu gering dimensionierte Gerinne sowie Verkläusungsmöglichkeiten für Wildholz an mehreren Brücken gefährden große Teile des Tourismusortes Pertisau in der Gemeinde Eben im Achenal. Diese Situation spiegelt der Gefahrenzonenplan wider. Pertisau ist zuletzt in den 1990er Jahren von mehreren Hochwasserereignissen betroffen; schwere Schäden entstehen im besiedelten Gebiet, an Alm- und Waldweideflächen. Danach stellt die Gemeinde einen Antrag bei der Wildbachverbauung auf Errichtung von Schutzbauten. Harte Eingriffe sollen vermieden werden, zumal das Gewässersystem in einem Schutzgebiet Natura 2000 liegt. Zwei Lösungsvarianten werden erarbeitet. Zum einen ein innovatives und naturnahes Konzept; es will ehemalige Retentionsräume aktivieren. Zum anderen alternativ dazu einen herkömmlichen Ansatz, der die Errichtung eines Kanals vorsieht; dem stehen zu hohe Kosten und eine problematische Linienführung infolge des Gebäudebestands im Ortsgebiet entgegen. Im Weiteren wird die erstgenannte Variante verfolgt. Sie gewährleistet nicht nur einen nachhaltigeren und naturnäheren Schutz des Ortes Pertisau vor Überflutungen, sondern darüber hinaus auch eine Verringerung von Erosionen und Überschotterungen der Almflächen. Das Vorhaben kann sich auf hydrologische Berechnungsmodelle stützen und sieht zudem eine wissenschaftliche Begleitung vor. Die Wildbachverbauung selbst schätzt es als explorativ und risikobehaftet ein, da es innerhalb Österreichs kein Vergleichsprojekt gibt.

Mit noch nicht vollständig ausgearbei-

teten Planungsunterlagen wendet sich eine erste Informationsveranstaltung an Betroffene. Sie wird zu einem Misserfolg. Es gelingt der Wildbachverbauung nicht, Befürchtungen zu zerstreuen, die Grundeigentümer und Mitglieder der Agrargemeinschaften vor einer Verschlechterung ihrer Alm- und Waldweideflächen hegen. Widerstand erregt der Eindruck, das Projekt würde auf Betroffene nicht Rücksicht nehmen:

„Und das war eigentlich noch am Beginn dieses Projektes überhaupt so, dass (...) eigentlich alle eher angfressen waren. (...) Ihr habt eh nix zum Reden, so haben die das rübergebracht. Dann war von der Wildbach ein ganz junger Fachmann, der war ja eigentlich fachlich okay. Nur, das Gspür hat der nicht gehabt. Also das hat gleich einmal geheißt, da werdet ihr nicht lang gefragt, so quasi da werdet enteignet, so ist das einmal gewesen.“ (Grundeigentümer und Hotelier sowie Grundeigentümer und Vizebürgermeister).

Nach diesem unglücklich verlaufenen Auftakt wird das Vorhaben ausgesetzt. Zu einem weiteren Anlauf kommt es unter geänderten personellen Verhältnissen. Sowohl die Gemeindepolitik als auch die regional zuständige Wildbachverbauung besetzten ihre Leitungsfunktionen neu. Damit kommen neue Verhandlungspartner ins Spiel.

„Der Bürgermeister war auch neu zu dem Zeitpunkt. Und irgendwie haben wir dann gesagt, wir müssen die Bevölkerung einmal informieren und die Grundeigentümer informieren. Wir müssen mit den Grundeigentümern hinausgehen und wir müssen ihnen einfach das Projekt wirklich sauber und gut erklären. Wir müssen versuchen, halt die (...) Ängste zu nehmen und das ist uns gelungen. Und das habe ich auch gelernt, gegen Leute aggressiv werden, mit Aggression zurück, so auf die Art, jetzt macht euch das selber, so darf er

mit den Leuten nicht reden. Ich will doch mein Projekt durchbringen.“ (Leiter der regionalen Wildbachverbauung)

Der neue Leiter der Wildbachverbauung und der neue Bürgermeister erkennen, dass es für den Erfolg des Projekts unabdingbar ist, das Vertrauen der Grundeigentümer zu gewinnen. Sie wiederholen gemeinsam die Phase der Problematisierung, indem sie partizipativer vorgehen, auf Ängste, Bedürfnisse und Änderungswünsche der Grundeigentümer reagieren. Beigezogen werden Experten für Agrar- und Forstwesen sowie für Mediation. Sie begleiten den Prozess im Weiteren professionell und erörtern gemeinsam mit Beteiligten deren Anliegen. So gelingt es, einen obligatorischen Passagepunkt zu etablieren: Alle Beteiligten akzeptieren nun das Vorhaben und sagen ihre Kooperation zu.

„Ich weiß, dass viel Zeit draufgegangen ist und (...) die lange gesessen sind und (...) ein gutes Sitzfleisch gehabt haben. Und ich glaube, dass das ganz wichtig war. Dass die Leute auch gesehen haben, dass man auf das eingeht und dass sie dann auch das Vertrauen gewonnen haben. Dass, wenn (...) etwas ist, (...) sie dann nicht im Regen stehen gelassen werden. Da glaube ich, es war ganz wichtig als vertrauensbildender Prozess und (...) dass dann die Unterlagen auch entsprechend sind, dass man möglichst ins Detail gehen kann.“ (Projektant der Wildbachverbauung)

Als Hauptakteure übersetzen der Leiter der regionalen Wildbachverbauung und der Bürgermeister konform. Beide versuchen die übrigen Akteure, die zum Teil divergierende Interessen vertreten, – Land- und Forstwirte, Grundeigentümer, Servitutsberechtigte, Mitglieder von Agrargemeinschaften, Hoteliers und Behörden – in Verhandlung-

gen zu bringen, zu halten und zu koordinieren. Besondere Aufmerksamkeit erfahren die Entscheidungs- und Meinungsbildner; mit ihnen wird immer wieder das informierende Gespräch gesucht. Realisiert wird das Vorhaben in mehreren Abschnitten, deren zeitliche Abfolge strategisch gewählt ist. Der erste Abschnitt soll durch seine Funktionsfähigkeit überzeugen:

„Die Absicht, die wir entwickelt haben, war, dass wir dann also in der Tristenau anfangen und wenn das dann steht, dann kommen die Leute aus dem Pfalzturn und aus dem Gerntal. Denen kann man das zeigen. Dann hat man (...) diesen Glücksfall, dieses Ereignis (ein starkes Gewitter, T. O.-W.) gehabt. Und dann hat man zeigen können, schaut's mal, so schauen die Flächen danach halt aus, da liegt alles da in der Mulde, bissl a Letten drinnen und da hat es ein bisschen ein Holz drüber geschwemmt, aber sonst ist jetzt eigentlich überhaupt nichts passiert. (Projektant der Wildbachverbauung)
„Und die hat man dann überzeugen können, (...) dass das so funktionieren könnte. Und dann ist's halt mit den anderen Tälern weitergegangen. Und da hat man dann (...) das Vertrauen aufgebaut, auch zu diesen Bauern, die ja nicht heraußen (im Unterlauf, T. O.-W.) betroffen sind. (Bürgermeister)

Der erste gebaute Abschnitt kann mit seiner erreichten und anschaulich präsentierten Funktionsfähigkeit die Zweifel der Betroffenen aus den erst noch zu bauenden Abschnitten zerstreuen. Im Projektverlauf nehmen Konvergenz und Irreversibilität des Netzwerks insgesamt zu, allerdings nicht gleichmäßig, sondern sprunghaft, nach überwundenen Krisen.

Leitsätze für Planer im präventiven Schutzwasserbau

Analysen des Untersuchungsmaterials und darauf beruhende Abstraktionen führen zur Aufstellung folgender Leitsätze:

1. Betrachte ein Einzugsgebiet als komplexes Kräftefeld

Ein Einzugsgebiet wird von physikalischen, biologischen und anthropogenen Einflüssen geprägt. Physikalische und biologische Einflüsse unterliegen naturgesetzlich gefassten Kausalzusammenhängen. Hinter menschlichen Einflüssen stehen gruppenspezifische und wandelbare Werte. Einander widersprechende Werte können soziale Konflikte auslösen. Die Wildbachverbauung kommt als anthropogene und parteiergreifende Kraft ins Spiel. Schutzwasserbau hat sich bisher bevorzugt mit physikalischen Einflüssen befasst und dabei auf Naturwissenschaften gestützt. Demgegenüber lässt sich das Konfliktpotential, das mit konträren menschlichen Einflüssen und dahinter liegenden Werten einhergeht, mit Hilfe der Geistes-, Kultur- und Sozialwissenschaften erfassen und bearbeiten.

2. Kläre die sozioökonomischen Strukturen eines Einzugsgebiets

Menschliches Handeln ist nur zum Teil rational, konsequent und kooperativ. Nicht jedes Tun folgt ökonomischen Motiven. Für die Praktiken von Menschen ist vielmehr deren Habitus (vgl. Bourdieu 1999) ausschlaggebend, beispielsweise was gelebte Traditionen, das Verhältnis zu Grundeigentum oder zu bestimmten Formen der Landwirtschaft (Milchvieh- oder Fleischviehhaltung, Transhumanz etc.) betrifft. Der Habitus eines Menschen bildet sich je nach verfügbaren sozioökonomischen Kapitalien (vgl. Bourdieu

1999) aus. Das sind im Wesentlichen Vermögen, Bildung und soziale Beziehungen. Finde möglichst früh heraus, wer die lokalen Eliten sind und welche Werte sie vertreten. Achte auf lokale Symboliken und Normen. Kläre, wer bei deinem Vorhaben Gewinner und Verlierer sind, sowie deren „Spieleinsätze“.

3. Erkenne das Verhältnis zwischen deinem Habitus und dem Habitus der übrigen Beteiligten

Der Wildbachverbauer wird nur unter anderem als Experte wahrgenommen. Überwiegend wird er in seinem Habitus erkannt – also in seiner Gesamtheit aus bestimmtem Gehaben, bestimmter Kleidung und Sprache. Habitus hat mit „Stallgeruch“ zu tun. Dessen Einordnung nehmen die anderen Beteiligten vor, nach Maßgabe ihres Habitus. In etwa gilt: Unter seinesgleichen erhält man einen Anerkennungsvorschuss. Finde möglichst früh deine soziale(n) Rolle(n) heraus. Diese legst nicht du an, sondern die übrigen Beteiligten, indem sie bestimmte – mitunter unvereinbare – Erwartungen an dich haben. In einen Rollenkonflikt gerätst du, wenn du es nicht allen Beteiligten recht machen kannst, also meistens.

4. Beobachte vorgefundene Praktiken kritisch, insbesondere Sprachgewohnheiten

Mach dich mit vorgefundenen Praktiken vertraut, reagiere empathisch und respektvoll auf sie, bleibe zugleich kritisch. Gewohnte Arbeitsvorgänge verlaufen in der Regel als Black-Box-Prozesse. Das heißt, man wendet sich der Ausgangssituation und dem Ergebnis zu, kümmert sich aber nicht weiter um die Routinevorgänge dazwischen. Das entlastet den Arbeitsalltag. Sei dir jedoch im Klaren über die verborgene Dynamik derartiger Prozesse, nicht zuletzt über daraus entstehende Sprachge-

wohnheiten (Fachsprachen). Drücke dich stets allgemeinverständlich und klar aus, vermeide Abkürzungen. Ein Sprachgewitter aus Fachbegriffen kann verstören. Gemeinsames Problem- und Lösungsbewusstsein lässt sich nur schaffen, wenn Problemaufrisse und Lösungsvorschläge von allen Beteiligten verstanden werden.

5. Bedenke, dass Alltagspraxis träge ist

Ein Pilotprojekt wird quasi als Experiment wahrgenommen. Es kann wissenschaftlichen Ruhm einbringen, aber auch Zweifel an seinem alltags-tauglichen Gelingen wecken. Biete Sicherheiten an, wenn du mit neuen oder unbekanntem Techniken arbeitest. Niemand will „Versuchskaninchen“ sein.

6. Halte die Planungsphase demonstrativ offen

Vermeide bei einer Bürgerinformation den Eindruck, dass ohnehin schon alles ausgemacht ist. Wenn du anhand von Plänen informierst, dann bediene dich einer betont skizzenhaften und offenen Plansprache. Zeige, dass noch alles geändert werden kann. Informiere ausführlich und geduldig. Sprich auch allfällig problematische Punkte an. Berichte von vergleichbaren gelungenen Vorhaben (best practice). Dokumentiere Informationsveranstaltungen schriftlich und fotografisch. Nach Zustimmung aller Beteiligten auch auf Tonträger. Führe Anwesenheitslisten. Ziehe je nach Aufgabenstellung Experten hinzu, zum Beispiel für Landwirtschaft, Waldwirtschaft, Tourismus, Partizipation und Mediation. Finde Unterstützung bei Personen, die im Feld anerkannt sind. Sie können „Brücken bauen“. Informationsveranstaltungen sind formelle Akte. Sie bedürfen eines formellen Rahmens und neutraler Orte. Öffentliche Einrichtungen können das bieten, etwa Gemein-

deämter. Privat- und Wirtshäuser sind ungeeignet, denn sie sind in der Regel von bestimmten Gruppen mit bestimmten Interessen besetzt.

7. Informiere über den Projektabschluss hinaus

Informiere über die tatsächlich erreichte Sicherheit. Warne vor verbleibenden Risiken. Halte die Erinnerung an schadbringende Ereignisse der Vergangenheit lebendig. Als Informationsträger eignen sich Säulen an Wanderwegen oder Brücken sowie lokale Medien.

Abschließendes und Ausblick

Hingewiesen wird auf den Leitfaden von Rappold und Ottitsch (2003) zur Bürgerbeteiligung. Dieser ist in jeder Dienststelle der Wildbachverbauung verfügbar, sowie auf die Arbeit von Stickler zur Risikokommunikation im Hochwasserschutz (2012). Eine ausführlichere Fassung der vorliegenden Untersuchung wird für die Reihe Forschungsberichte der Bundesanstalt für Bergbauernfragen vorbereitet. Sie kann frühestens 2019 erscheinen.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Dr. Thomas Lampalzer
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Wien, Burgenland und Niederösterreich Ost
2700 Wiener Neustadt, Neunkirchner Straße 125
thomas.lampalzer@die-wildbach.at

Dr. Georg Wiesinger
Bundesanstalt für Bergbauernfragen
1030 Wien, Marxergasse 2/Mezzanin
georg.wiesinger@berggebiete.at

Dr. Theresia Oedl-Wieser

Bundesanstalt für Bergbauernfragen

1030 Wien, Marxergasse 2/Mezzanin

theresia.oedl-wieser@berggebiete.at

Literatur / References:

BOURDIEU P. (1999)
[orig. frz. 1979; dt. zuerst 1982]. Die feinen Unterschiede. Kritik der gesellschaftlichen Urteilskraft. 11. Auflage. Suhrkamp, Frankfurt am Main.

CALLON M. (2006a).
Techno-ökonomische Netzwerke und Irreversibilität. In: Belliger A., Krieger D. J. (Hrsg.). ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie. Transcript, Bielefeld: 309-342.

CALLON M. (2006b).
Einige Elemente einer Soziologie der Übersetzung: Die Domestikation der Kammuscheln und der Fischer der St. Brieuc-Bucht. In: Belliger A., Krieger D. J. (Hrsg.). ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie. Bielefeld: Transcript, Bielefeld: 135-174.

CALLON M. (1991).
Techno-Economic Networks and Irreversibility. In: Law J. (Hrsg.). A Sociology of Monsters: Essays on Power, Technology and Domination, Sociological Review Monograph 38. Routledge, London: 132-161. In: Schulz-Schaeffer I. (2014). Akteur-Netzwerke-Theorie. Zur Ko-Konstitution von Gesellschaft, Natur und Technik. In: Weyer J. (Hrsg.). Soziale Netzwerke. Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung. 3. Auflage. De Gruyter Oldenburg, München: 278.

HABERL H., STROHMEIER, G. (1999).
Thema „Kulturlandschaft“. In: Grossmann R. (Hrsg.). Kulturlandschaftsforschung. Springer, Wien, New York: 30.

LATOUR B. (2002)
[orig. engl. 1999]. Die Hoffnung der Pandora. Suhrkamp, Frankfurt am Main.

LATOUR B. (2010)
[orig. engl. 2005]. Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie. Suhrkamp, Frankfurt am Main.
Latour B. (2012) [orig. frz. 1999]. Das Parlament der Dinge. Für eine politische Ökologie. 2. Aufl. Suhrkamp, Frankfurt am Main.
Law J., Callon M. (2006). Leben und Sterben eines Flugzeugs: Eine Netzwerkanalyse technischen Wandels. In: Belliger A., Krieger D. J. (Hrsg.). ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie. Transcript, Bielefeld: 447-482.

RAPPOLD G., OTTITSCH A. (2003).
Bürgerbeteiligung im Rahmen von Planungs- und Umsetzungsverfahren der Wildbach- und Lawinverbauung (WLIV). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft, Wien.

SCHULZ-SCHAEFFER I. (2014).
Akteur-Netzwerk-Theorie. Zur Ko-Konstitution von Gesellschaft, Natur und Technik. In: Weyer J. (Hrsg.). Soziale Netzwerke. Konzepte und Methoden der sozialwissenschaftlichen Netzwerkforschung. 3. Auflage. De Gruyter Oldenburg, München: 267-290.

STICKLER T. (2012).
Risikokommunikation im Hochwasserschutz. Anleitung und Empfehlungen für die Praxis. Amt der Kärntner Landesregierung – Abt. 8, UAbt. Schutzwasserwirtschaft, Klagenfurt.

STRAUSS A., CORBIN J. (1996)
[orig. engl. 1990]. Grounded Theory: Grundlagen qualitativer Sozialforschung. Psychologie Verlags Union, Weinheim.

Ingenieurbüro für Naturgefahrenmanagement

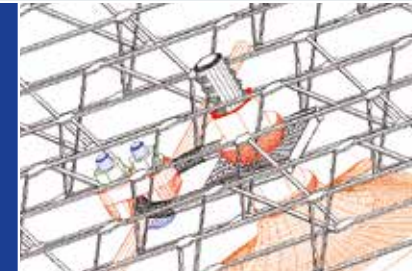
NaturRaum365
Die App-Lösung für uns Wildbachbegeher
INNOVATIV. PRAKTISCH. VERLÄSSLICH.

Mit unseren Erfahrungen und den technischen Möglichkeiten der heutigen Zeit wurde eine Wildbachbegehungs-App entwickelt, um uns Wildbachbegehern eine innovative, praktische und verlässliche Lösung in die Hand zu geben.

Weitere Informationen erhalten Sie unter www.naturraum365.at und www.skolaut.at

Wir sichern und kultivieren die Erde

Steilwälle
Wasserbau
Entwässerung
Sonderkonstruktionen



Hang- u.
Böschungssicherung
Steinschlagschutz
Stützbauwerke



J. Krismer | Bundesstraße 23
A - 6063 Innsbruck - Rum
www.krismer.at | office@krismer.at



CHRISTIAN A. HEISS

Über den Einfluss unterschiedlicher Prüfanordnungen (schräg vs. vertikal) auf die Beurteilung flexibler Steinschlagschutzsysteme nach ETAG 027

About the influence of different test setups (inclined vs vertical) on the evaluation of falling rock protection kits according to ETAG 027

Zusammenfassung:

Die ETAG 027 -GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL OF FALLING ROCK PROTECTION KITS erlaubt für die Typenprüfung flexibler Steinschlagschutzsysteme Prüfanordnungen mit unterschiedlich geneigtem Referenzgelände, was letztendlich in der Fachwelt zu Diskussionen über den Einfluss der Prüfanordnung auf das Prüfergebnis mit sich brachte. Um einen möglichen Einfluss unterschiedlicher Geländeneigungen auf das Prüfergebnis zu untersuchen, wurde daher in einem Projekt des Lehrstuhls für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft an der Montanuniversität Leoben in Zusammenarbeit mit der Trumer Schutzbauten GmbH die vertikale Prüfanordnung der schrägen gegenübergestellt, indem Modellversuche im Labormaßstab mit identen Rahmenbedingungen durchgeführt wurden.

Durch die Gegenüberstellung unterschiedlicher Prüfanordnungen konnte so gezeigt werden, dass die Arbeitskennlinie eines flexiblen Steinschlagschutzsystems bei Typenprüfungen für leitlinienkonforme Energieeinträge unabhängig von der Neigung des Referenzgeländes ermittelt werden kann. Bei den durchgeführten Modellversuchen erfolgte die Verteilung der Systemarbeit bei vertikaler Prüfanordnung aber symmetrischer als bei schräger, sodass in den analogen Seiltypen (Tragseile, Mittelseile und Abspannseile) beim schräg belasteten System – trotz eines geringeren Gesamtenergieeintrags – die höheren Kräfte gemessen wurden. Obwohl die „idealere“ Verteilung der Systemarbeit auf Einzelkomponenten bei vertikaler Prüfanordnung auch durch die Arbeit der einzelnen Energieabsorbierenselemente deutlich wurde, können die erkannten Unterschiede bezüglich der Toleranzbereiche nach ETAG 027 als nicht signifikant ausgewiesen werden.

Im statischen Zustand wurde bei der Untersuchung der Einfluss der Schwerkraft bzw. deren Orientierung zum Verbausystem als signifikant erkannt. Der Einfluss der Schwerkraft wirkt sich vor allem auf die Bestimmung der nominellen Verbauhöhe und Restnutzhöhe aus. Da aber gerade die Restnutzhöhe nicht nur vom Energieeintrag und den Systemeigenschaften,

sondern auch von der Impaktposition und der Geländeneigung abhängt, sollte dieser Kennwert prinzipiell kritisch hinterfragt werden.

Die Kenntnis der Arbeitskennlinie und der Verteilung der Arbeit im System auf Einzelkomponenten sowie das Wissen über deren residuale Energieaufnahmekapazitäten sollten den Anwendern flexibler Steinschlagschutzsysteme bezüglich leitlinienkonformer Energieeinträge die sichere Bemessung erfolgreich geprüfter Systeme für unterschiedliche Geländeneigungen erlauben – egal ob das konkrete System auf einem vertikalen oder schrägen Referenzgelände geprüft wurde.

Stichwörter: Steinschlagschutzsystem, ETAG 027, Prüfanordnung, schräg vs. vertikal

Abstract:

In the ETAG 027 -GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL OF FALLING ROCK PROTECTION KITS test setups with different reference slope-inclinations are allowed what led to discussions among experts about the influence of the test setup on the test results.

To analyse the possible influence of different reference slopes on the test results in a scientific project of the Chair of Mining Engineering and Mineral Economics at the University of Leoben and the Trumer Schutzbauten GmbH, the vertical and an inclined test setup was compared using lab-scale testing with the guaranty of constant frame conditions.

The tests showed that for energy impacts according to ETAG 027 the operating curve of a flexible falling rock protection system can be determined irrespectively of the slope-inclination. Since the distribution of the system's work was more symmetric using the vertical test setup, the measured forces in analogue ropes were slightly higher at the inclined tested system, even though there the total energy impact was lower. While the better distribution of system's work could also be seen by the work of single components, the differences between the vertical and the inclined test are not significant concerning the tolerance range of ETAG 027.

Under static conditions a significant influence of gravity and its orientation relating to the tested system was observed. Especially the determination of the nominal and residual height is strongly influenced by gravity. Since the residual height is a value that is not just influenced by the energy impact and the system's performance, but also by the impact position and the slope-inclination, this parameter should be generally handled with care.

The knowledge about the operating curve and the distribution of system's work to single components as well as the information about the residual energy-absorbing-capacity of single components should give the user of flexible falling rock protection systems the guaranty for reliable system dimensioning irrespectively of actual slope inclination and testing setup for system evaluation.

Keywords:

Falling rock protection kit, ETAG 027, testing set-up, inclined vs. vertical

Einleitung

Seit Dezember 2012 müssen flexible Steinschlagschutzsysteme nach Kriterien der ETAG 027 - GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL OF FALLING ROCK PROTECTION KITS geprüft werden, bevor sie am europäischen Markt vertrieben werden dürfen. In dieser Leitlinie der EOTA (European Organisation for Technical Assessment), die bereits im Herbst 2008 erstmals veröffentlicht wurde und bis Ende 2018 als EAD (Europäisches Bewertungsdokument) ins aktuelle System der Bauprodukteverordnung übergeführt werden soll, werden neben den Beurteilungs- und Prüfkriterien für die Evaluierung flexibler Steinschlagschutzsysteme auch mögliche Prüfanordnungen, die sich im Wesentlichen aufgrund der Neigung ihres Referenzgeländes voneinander unterscheiden, definiert.

Als Referenzgelände wird in der Leitlinie der talseitige Bereich einer Schutzverbauung bezeichnet und dieser kann für Systemprüfungen nach ETAG 027 im Extremfall horizontal, aber auch vertikal sein. In der Realität werden flexible Steinschlagschutzsysteme jedoch hauptsächlich im geeigneten Gelände verbaut und dürfen daher nach ETAG 027 natürlich auch mit einem schrägen Referenzgelände geprüft werden. Dies wird aktuell in Österreich genauso praktiziert, wenn gleich international ein Trend zur vertikalen Prüfanordnung zu erkennen ist.

Die vertikale Prüfanordnung hat gegenüber einer schrägen den großen Vorteil, dass hier die Flugbahn des Wurfkörpers im freien Fall geradlinig ist und somit vorab exakt kalkuliert werden kann. Auf einer Schrägwurfanlage bewegt sich der Wurfkörper aber nicht geradlinig, was eine präzise Flugbahnbestimmung und somit die Prüfvorbereitung etwas schwieriger bzw. aufwändiger macht. Andererseits ist auf einer Schrägwurfanlage der Aufwand für die Systeminstallation wesent-

lich geringer einzuschätzen als bei der vertikalen Prüfanordnung. Auch bezüglich Arbeitssicherheit ist eine Schrägwurfanlage der Vertikalanlage prinzipiell vorzuziehen. Diese Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Prüfanordnungen betreffen jedoch nur den Anlagenbetreiber bzw. den Systemhersteller und sollten Anwender derartiger Schutzvorrichtungen nicht berühren. Sehr wohl sollten sich Konsumenten aber mit den Fragen beschäftigen, ob und inwieweit unterschiedliche Prüfanordnungen das Prüfergebnis bezüglich definierter Beurteilungskriterien beeinflussen und ob ein etwaiger Einfluss der Anordnung auf das Prüfergebnis beim Einsatz derartiger Systeme berücksichtigt werden sollte.

Über den Einfluss unterschiedlicher Prüfanordnungen bzw. der Neigung des Referenzgeländes auf das Prüfergebnis flexibler Steinschlagschutzsysteme existiert kaum Wissen, da bis heute aus unterschiedlichen Gründen keine Vergleichsversuche unter identen Rahmenbedingungen durchgeführt wurden bzw. darüber noch nichts publiziert wurde. Eine in der Schweiz 2013 von der WSL (Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft) durchgeführte Studie beschäftigt sich zwar mit diesem Thema, die Autoren der Studie beziehen sich bei der Gegenüberstellung der schrägen mit der vertikalen Prüfanordnung aber vorwiegend auf unterschiedliche Datenquellen, weshalb die Erkenntnisse der Studie in einigen Bereichen kritisch hinterfragt werden sollten. Die Studienautoren kommen letztendlich zum Schluss, dass sich unterschiedliche Prüfanordnungen zwar auf die Prüfergebnisse auswirken, die erkannten Unterschiede aber nicht signifikant sind. Dennoch wird in der Studie die Typenprüfung auf vertikalen Anlagen als Extremszenario ausgewiesen, sodass der Eindruck entstehen mag, dass vertikal geprüfte Steinschlagschutzsysteme leistungsfähiger sind als Systeme, die auf einer Schrägwurfanlage der Typenprüfung unterzogen wurden. Inwieweit aber

diese Erkenntnisse und Schlussfolgerungen der Realität entsprechen, sollte mit der hier vorgestellten Untersuchung ergründet werden.

Typenprüfung und Prüfkriterien nach ETAG 027

Obwohl am 1. Juli 2013 die Bauprodukteverordnung nach einer 1 ½ jährigen Übergangsfrist auch operativ in Kraft getreten ist und dadurch das System der Bauprodukteverordnung definitiv abgelöst wurde, sind die in der ETAG 027 angeführten Prüfverfahren der damaligen „Erstprüfung“ auch gegenwärtig für die „Typenprüfung“ flexibler Steinschlagschutzsysteme gültig. Da die ETAG 027 im neuen System als „Europäisches Bewertungsdokument“ (EDA) anerkannt wird und bis Ende 2018 auch formal in ein derartiges Dokument übergeführt werden soll, hat sich bei den Prüfkriterien flexibler Steinschlagschutzsysteme durch die Einführung der Bauprodukteverordnung im Wesentlichen bis dato noch nichts geändert.

Kriterien der Prüfdurchführung

Die Typenprüfung flexibler Steinschlagschutzsysteme gliedert sich nach wie vor in einen MEL-Test (Maximum Energy Level Test) und einen SEL-Test (Service Energy Level Test), dessen kinetischer Energieinhalt $1/3$ der nominellen Impaktenergie ($E_{kin,nom}$) des MEL-Tests entsprechen muss. Bei beiden Tests wird ein System mit drei Funktionsmodulen im Zentralfeld mittig von einem genormten Wurfkörper aus Beton getroffen, dessen Impaktgeschwindigkeit (v_i) mindesten 25 m/s betragen muss. Die Flugbahn des Wurfkörpers sollte beim Eintritt in das Verbausystem parallel zum Referenzgelände sein, darf aber laut Leitlinie im Extremfall um bis zu 20° vom Idealwert abweichen. Die Wahl der Neigung des Referenzgeländes ist dabei dem Anlagenbetreiber freigestellt. Das Energieniveau wird bei Typenprüfungen generell

durch die Variation der Wurfkörpermasse (m) definiert, obwohl der Energieeintrag auch durch eine Erhöhung der Impaktgeschwindigkeit (v_i) gesteuert werden könnte. Während des Abbremsvorganges darf der Wurfkörper keinen Kontakt zum Untergrund aufweisen, das heißt: Die gesamte Eintragsenergie ($E_{tot} = E_{kin} + E_{pot}$) muss vom System absorbiert werden.

Im Gegensatz zum MEL-Test besteht der SEL-Test aus zwei Energieeinträgen. Dazu wird nach dem ersten Impakt (SEL01-Test) der Wurfkörper aus der Schutzverbauung geborgen und das System wird im selben Bereich – ohne zwischenzeitliche Instandhaltungsaktivitäten – mit demselben Energieniveau ein weiteres Mal belastet, wobei die Höhe der Impaktposition diesmal nicht durch die Leitlinie vorgegeben ist. Ein Bodenkontakt während des Abbremsvorganges ist aber auch hier nicht zulässig.

Sind die oben angeführten Kriterien erfüllt, ist die Prüfung bzw. der jeweilige Test gültig.

Kriterien der Systembeurteilung und Prüfdokumentation

Ein System hat den SEL01-Test bestanden, wenn der Wurfkörper durch das Verbausystem kontrolliert zum Stillstand gebracht wurde und dabei keine – in der Leitlinie definierten – Schäden an der Schutzverbauung aufgetreten sind. Die Restnutzhöhe (h_R) des Systems muss im Impaktbereich nach dem SEL01-Test mindestens 70 % der nominellen Verbauhöhe (h_n) betragen und die Wirkhöhe der Abfangstruktur (des Netzes) darf im Bereich der Stützen den Wert der Restnutzhöhe nicht unterschreiten. Der SEL02-Test ist bestanden, wenn das geprüfte Schutzsystem den Wurfkörper kontrolliert zum Stillstand gebracht hat.

Ein MEL-Test ist positiv zu bewerten, wenn das flexible Steinschlagschutzsystem den Wurfkörper kontrolliert zum Stillstand gebracht hat. Für eine resultierende Systemkategorisierung

wird beim MEL-Test die ermittelte Restnutzhöhe im Impaktbereich herangezogen. Dabei unterscheidet man Systeme der Kategorie A mit einer Restnutzhöhe von mindestens 50 % der nominellen Verbauhöhe, Systeme der Kategorie B mit einer Restnutzhöhe zwischen 30 % und 50 % der nominellen Verbauhöhe und Systeme der Kategorie C. Diese weisen entweder eine Restnutzhöhe unter 30 % der nominellen Verbauhöhe auf, oder aber das obere und/oder untere Tragseil der Schutzverbaugung hat als Konsequenz des Energieeintrages versagt und ist vollständig gerissen.

Der Prüfablauf, die Prüfbedingungen, Anforderungen an die Datenerfassung und der Dokumentationsumfang einer Systemprüfung werden im Annex A der ETAG 027 detailliert beschrieben. Neben den bisher schon genannten Prüf- und Beurteilungskriterien müssen bei Systemprüfungen noch folgende Werte messtechnisch erfasst und dokumentiert werden:

- die maximale Systemverformung (SV_{max}),
- an mindestens drei charakteristischen Stellen die Seil- bzw. resultierenden Ankerkräfte
- und die Wirkfläche des Verbausystems über dessen gesamte laterale Erstreckung.

Die Wirkfläche muss sowohl vor, wie auch nach der jeweiligen Systembelastung messtechnisch erfasst und dokumentiert werden, wobei der Fokus auf möglichen Öffnungen zwischen der Abfangstruktur und den Außenstützen, sowie auf Wirkflächenverluste im Bereich der Innenstützen nach einem erfolgten Energieeintrag gerichtet ist.

Gegenüberstellung unterschiedlicher Prüfanordnungen (schräg vs. vertikal)

Untersuchungsmethodik

Um mögliche Einflüsse unterschiedlicher Neigungen des Referenzgeländes auf das Prüfergebnis

flexibler Steinschlagschutzsysteme nach ETAG 027 identifizieren bzw. beurteilen zu können, müssen Systeme unter identen Rahmenbedingungen geprüft werden, d.h. außer der Geländeneigung sollten bei einer Gegenüberstellung alle anderen Einflussparameter möglichst konstant gehalten werden.

Um diese Voraussetzungen zu schaffen, wurden in einem Projekt des Lehrstuhls für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft an der Montanuniversität Leoben und der Trumer Schutzbauten GmbH ein handelsübliches Steinschlagschutzsystem des österreichischen Produzenten sowie die in der ETAG 027 definierten Prüfanordnungen mit einer sehr hohen Ähnlichkeit in den Labormaßstab übertragen. Auf diese Weise konnte neben den Auswirkungen dezentraler Energieeinträge auf das Systemverhalten auch der Einfluss unterschiedlicher Geländeneigungen auf die Ergebnisse leitlinienkonformer Prüfungen untersucht werden.

Beim modellierten Schutzverbau handelte es sich um ein System mit Pendelstützen, deren Abspannungen an den bergseitigen Verankerungen mit Energieabsorbierungselementen unterstützt wurden. Die Lateralseile – sowohl Trag-, wie auch die zwei Mittelseile – waren ebenfalls über Energieabsorbierungselemente mit den Seitenankern verbunden.

Modellierung im Labormaßstab

Die Systemmodellierung erfolgte mit einem Längenmaßstab von 1:20, einem Zeitmaßstab von 1:4,5 und einem Kräftemaßstab von 1:1.500. Um die mechanische Ähnlichkeit der Systeme (Realität und Modell) zu gewährleisten, basierte der Übertrag auf dem Gleichgewicht von Gewicht- und Trägheitskräften, wobei die Energiebilanz des Prüfprozesses (vgl. Tabelle 1) als Evaluierungskriterium der Modellkalibrierung herangezogen wurde.

Energieeintrag	Systemarbeit	Energieabbau durch Elemente
$E_{kin,trans} + E_{kin,rot} + E_{pot} =$	W	
$\frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I_x\omega^2 + mgh =$	$\int_0^{s_{max}} F(s)ds =$	$\sum_{i=1}^n \Delta E_i$

Tab. 1: Energiebilanz des Prüfprozesses

Tab. 1: energy balance of test process

Eine vollkommene Ähnlichkeit konnte bei der Modellierung naturgemäß nicht erreicht werden. Wie die Arbeitskennlinien in Abbildung 1 – dargestellt im Labormaßstab – zeigen, reagierte das Modell im Vergleich zum Originalsystem etwas steifer auf einen leitlinienkonformen Energieeintrag. Dies führte dazu, dass beim Modellversuch eine um 9 % höhere maximale Bremskraft

und ein um 6 % kürzerer Bremsweg als bei der Prüfung des Originalsystems ermittelt wurden, was aber die Aussagekraft der Gegenüberstellungen unterschiedlicher Versuchsanordnungen im Labormaßstab nicht signifikant beeinflusst. Die Verteilung der Systemarbeit auf Systemstrukturen und Einzelkomponenten erfolgte praktisch ähnlich dem Original.

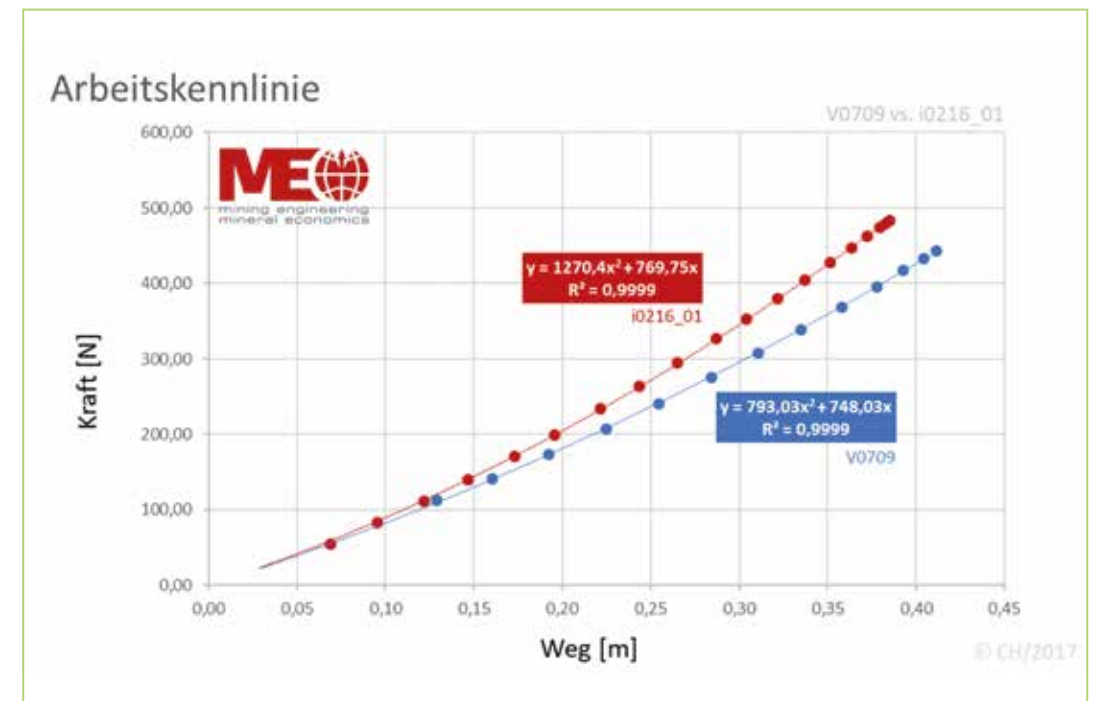


Abb. 1: Arbeitskennlinie: Originalprüfung (V0709, blau) vs. Modellversuch (i0216_01, rot)

Fig. 1: operating line: original-test (V0709, blue) vs model-test (i0216_01, red)

Allgemeine Informationen zur Versuchsdurchführung

Insgesamt wurden mit dem modellierten Steinschlagschutzsystem sieben Versuchsserien mit einer vertikalen und fünf mit einer schrägen Prüfanordnung durchgeführt. Die Geometrie der Anordnung entsprach dabei in beiden Fällen der ETAG 027 (vgl. Abbildung 2), die Impaktpositionen wurden jedoch bei den einzelnen Versuchen

im zentralen Funktionsmodul variiert. Für die schräge Versuchsanordnung wurde die Neigung des Referenzgeländes mit 30° gewählt, was der Prüfgeometrie der Schrägwurfanlage der Trumer Schutzbauten GmbH am Steirischen Erzberg entspricht. Beide Anordnungen zeigten sowohl bezüglich der Prüfdurchführung als auch der erzielten Ergebnisse eine sehr gute Reproduzierbarkeit.



Abb. 2:
Versuchsanordnung im
Labormaßstab (vertikal
90° vs. schräg 30°)



Fig. 2:
arrangement for lab-scale
testing (vertical 90° vs
inclined 30°)

Die Datenerfassung erfolgte bei den Modellversuchen analog zu Systemprüfungen im Realmaßstab. In acht Positionen wurden die Seilkräfte ermittelt und der Energieeintrag wurde mit einer High-Speed Kamera normal zur Flugbahn des Wurfkörpers aufgezeichnet. Die statische Längenmessung erfolgte im Labor mit Distometer, Lineal und Schiebelehre. Die Aufnahmezeiten bzw. relativen Bildauflösungen wurden über die jeweiligen Skalierungsfaktoren an die Laborbedingungen angepasst.

Die Energieeinträge wurden bei den Modellversuchen mit einem gravimetrisch beschleunigten Wurfkörper aus Blei, dessen Form dem Normblock der ETAG 027 entsprach, realisiert. Aufgrund der dadurch vorgegebenen Blockdichte musste der Wurfkörper im Vergleich zum Original mit einer um 6 % längeren Außenkante gefertigt werden, um einen adäquaten Energieeintrag gewährleisten zu können. Da dieser Unterschied zwischen Modell und Realität aber sowohl für die schräge wie auch die vertikale Prüfanordnung gilt, wird das konkrete Untersuchungsergebnis dadurch nicht beeinflusst.

Gegenüberstellung unterschiedlicher Prüfanordnungen

Vergleichsinhalte und Kennwerte

In der Schweizer Studie über den „Einfluss verschiedener Prüfverfahren nach ETAG 027“ werden folgende Inhalte bzw. Kennwerte zum Vergleich herangezogen:

- das Belastungsverfahren (die Präzision bzw. Limitierungen der Prüfdurchführung),
- die Energiebilanz (kinetischer Energieeintrag ($E_{kin,trans}$) plus potentielle Energie des Blockes im System (E_{pot})),
- die Systemgeometrie (nominelle Verbauhöhe (h_n), Restnutzhöhe (h_R), Bremsweg (s) und maximale Systemverformung (SV_{max})),
- Kräfte (Seil- bzw. Ankerkräfte) und
- Bremsenlängen (berücksichtigt werden nur Elemente in den Tragseilen).

vor Belastung (pre-test data)	während Belastung (test data)	nach Belastung (post-test data)
<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitskennlinien der Einzelkomponenten (mit Energieaufnahmekapazitäten der Bremsenlemente) • Systemgeometrie mit Wirkfläche der Abfangstruktur, Verbauneigung (β) und nomineller Verbauhöhe im Impaktbereich (h_n) 	<ul style="list-style-type: none"> • Impaktbedingungen mit Impaktposition (-höhe), Impaktgeschwindigkeit (v_i) und Winkel der Flugbahn (α) • Arbeitskennlinie (Kraft-Weg Diagramm) mit Bremsweg (s), [Bremszeit (t)] und maximaler Bremskraft (F_{max}) • Maximale Systemverformung (SV_{max}) • Seilkräfte (Verlauf und Maximalwerte) 	<ul style="list-style-type: none"> • Verteilung der Systemarbeit auf einzelne Bereiche (Zentralfeld, Randfeld, Gesamtsystem) • Systemgeometrie mit Wirkfläche der Abfangstruktur, Verbauneigung (β) und der Restnutzhöhe im Impaktbereich (h_R) • Energieaufnahme-reserven der Einzelkomponenten (z.B. Bremsenlemente) bzw. Systemstrukturen und Systembereiche

Tab. 2: Datenerfassung bei Modellversuchen

Tab. 2: data acquisition at lab-scale testing

Auch die hier präsentierte Gegenüberstellung der vertikalen und schrägen Prüfanordnung orientiert sich an diesen Werten, konzentriert sich aber auf die anwenderrelevanten Resultate einer Systemprüfung und geht daher auf den Punkt Belastungsverfahren nicht näher ein.

Da Systembemessungen nach ONR 24810 auf Ergebnissen des MEL-Tests basieren, werden in der vorliegenden Studie auch nur die Resultate dieser Teilprüfung zur Gegenüberstellung herangezogen.

Angelehnt an den Annex A der ETAG 027 gliederte sich die Datenerfassung bei den durchgeführten Modellversuchen in diese drei Bereiche: System vor Belastung (pre-test data), System während Belastung (test data) und System nach Belastung (post-test data); siehe dazu Tabelle 2.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Versuchs i0216_01, der mit schrägem Referenzgelände durchgeführt wurde, dem Versuch v0315_01 mit vertikalem Referenzgelände gegenübergestellt. Beide Modellversuche wurden unter konstanten Rahmenbedingungen durchgeführt,

d.h. lediglich das Referenzgelände war bei den Versuchen unterschiedlich geneigt. Das modellierte Steinschlagschutzsystem wurde dafür mit baugleichen Einzelkomponenten und gleicher Anordnung der Ankerpunkte (vgl. Abbildung 2) sowohl auf der schrägen wie auch auf der vertikalen Anordnung einem MEL-Test unterzogen, dessen Energieinhalt im Realmaßstab einer Nennenergie von 2.000 kJ entsprechen würde.

Ermittelte Daten vor Systembelastung (pre-test data)

Das Verformungsverhalten der Einzelkomponenten, die bei einem dynamischen Energieeintrag maßgeblich am Energieabbau beteiligt sind, wurde im Rahmen der Modellkalibrierung durch quasistatische Zugversuche ermittelt (vgl. Abbildung 3). Den einzelnen Komponenten (Seile, Netzelemente und Bremsen) sowie Strukturen und Funktionsmodulen konnten so theoretische Energieaufnahmekapazitäten zugeordnet werden, die in weiterer Folge – neben anderen Kriterien – als Basis für die Systembeurteilung herangezogen werden konnten.

Neigung (gegen die Flächennormale des Referenzgeländes, zum Hang)

Versuch Nr.	Stütze 01 (li.Außenstütze)	Stütze 02 (li.Innenstütze)	Wirkfläche (Impaktbereich)	Stütze 04 (re.Innenstütze)	Stütze 05 (re.Außenstütze)
i0216_01	17°	20°	22°	22°	19°
v0315_01	15°	18°	19°	20°	17°

Tab. 3: Neigung der Stützstruktur und der Wirkfläche im Impaktbereich vor Systembelastung

Tab. 3: inclination of support structure and effective surface at impact-area (pre-test data)

Bei Typenprüfungen werden flexible Steinschlagschutzsysteme mit Pendelstützen idealerweise mit einer Stützenneigung von 15° gegen die Flächennormale des Referenzgeländes zum Hang installiert. Diese generelle Neigung der Stützstruktur sollte auch bei den Modellversuchen realisiert werden, was jedoch – wie der Tabelle 3 entnommen werden kann – nicht exakt umgesetzt werden konnte. Man kann erkennen, dass bei beiden Versuchsarrangements das Schutzsystem etwas steiler stand als vorgesehen. So hatte die Wirkfläche bei Versuch i0216_01 (schräg) im Impaktbereich eine Neigung von 22° zum Hang und bei Versuch v0315_01 (vertikal) war die Wirkfläche in der Mitte des Impaktmoduls mit 19° zum Hang geneigt.

Der Abstand der Tragseile im Impakt-

bereich wurde auf der schrägen Anordnung mit 259 mm und auf der vertikalen mit 262 mm bestimmt. Folglich betrug die nominelle Verbauhöhe (h_n) auf der schrägen Anordnung 241 mm und auf der vertikalen 248 mm.

Ermittelte Daten während der Systembelastung (test data)

Wie bei Typenprüfungen im Realmaßstab wurde auch bei den durchgeführten Modellversuchen die Bewegung des Wurfkörpers vor dessen Impact in die Schutzverbauung und während seiner Entschleunigung im Verbausystem durch die Einzelauswertung der High-Speed Aufnahmen analysiert. Dabei wurden die Impactposition – diese entspricht dem Schnittpunkt der Flugbahn des

Arbeitskennlinien der Energieabsorbierungselemente

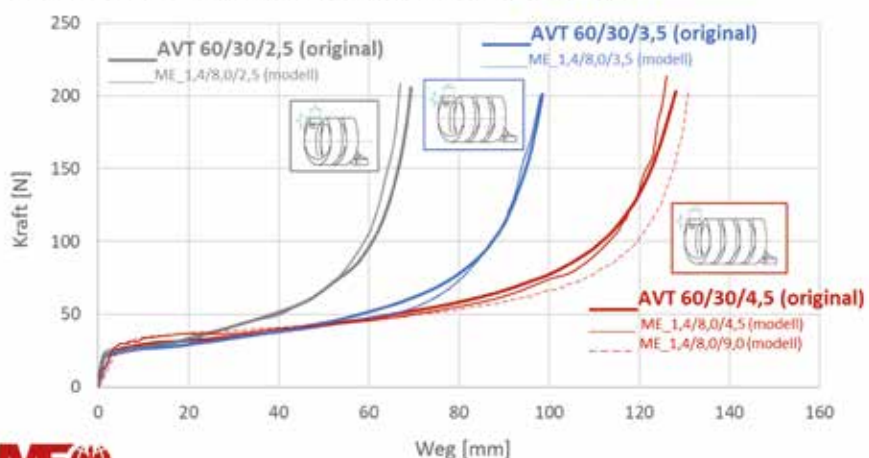


Abb. 3: Arbeitskennlinien der Energieabsorbierungselemente (Original & Modell)

Fig. 3: operating lines of energy dissipating elements (original & model)

Kennwert	Versuch i0216_01 (schräg)	Versuch v0315_01 (vertikal)	(vertikal/schräg)
Impactposition	mittig zentral	mittig zentral	-
α [°]	30	90	-
v_i [m/s]	6,78	6,80	100 %
$E_{kin,trans}$ [J]	75,3	75,8	101 %
s [m]	0,367	0,386	105 %
E_{pot} [J]	6,5	12,0	185 %
E_{tot} [J]	81,8	87,8	108 %
F_{max} [N]	483	513	106 %
SV_{max} [m]	0,384	0,392	102 %

Tab. 4: Gegenüberstellung der Kennwerte des dynamischen Prozesses

Tab. 4: comparison of characteristics of the dynamic process

Block-Masseschwerpunkts mit der Verbindungslinie des oberen und unteren Tragseils im Impaktbereich – sowie der entsprechende Impaktwinkel (α) – entspricht dem Winkel zwischen Flugbahn und Horizontalebene – und die dazugehörige Impaktgeschwindigkeit (v_i) bestimmt, sodass in diesem Punkt über die Blockmasse (m) die kinetische Translationsenergie ($E_{kin,trans}$) des Wurfkörpers berechnet werden konnte.

Die Auswertung der Bewegung des Wurfkörpers im Netz lieferte den Bremsweg (s) – dieser entspricht der Distanz zwischen Impaktposition und der Position des Block-Masseschwerpunkts bei Bewegungsstillstand – mit der dazugehörigen Bremszeit (t). Über den vertikalen Anteil des ermittelten Bremswegs (s_v) wurde die potentielle Energie des Wurfkörpers (E_{pot}) im Verbausystem berechnet. Weiterführende Berechnungen lieferten die Arbeitskennlinie des Prozes-

ses (Kraft-Weg-Diagramm, vgl. Abbildung 4) mit der maximal wirkenden Bremskraft (F_{max}) und der Systemarbeit (W).

Im Gegensatz zum Bremsweg (s) wird die maximale Systemverformung (SV_{max}) auf das Referenzgelände bezogen und gibt die Distanz zwischen Verbauchse – diese entspricht beim modellierten System der Lage des unteren Tragseils im Impaktbereich vor Belastung – und der Blockposition bei Bewegungsstillstand wieder. Da diese Position aber, wie schon bei der Ermittlung des Bremswegs, durch den Block-Masseschwerpunkt definiert wird, muss sie für die Ermittlung der maximalen Systemverformung durch einen Wert, der die Kantenlänge des Blockes berücksichtigt, korrigiert werden.

Die für die Gegenüberstellung der unterschiedlichen Prüfanordnungen relevanten Daten sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

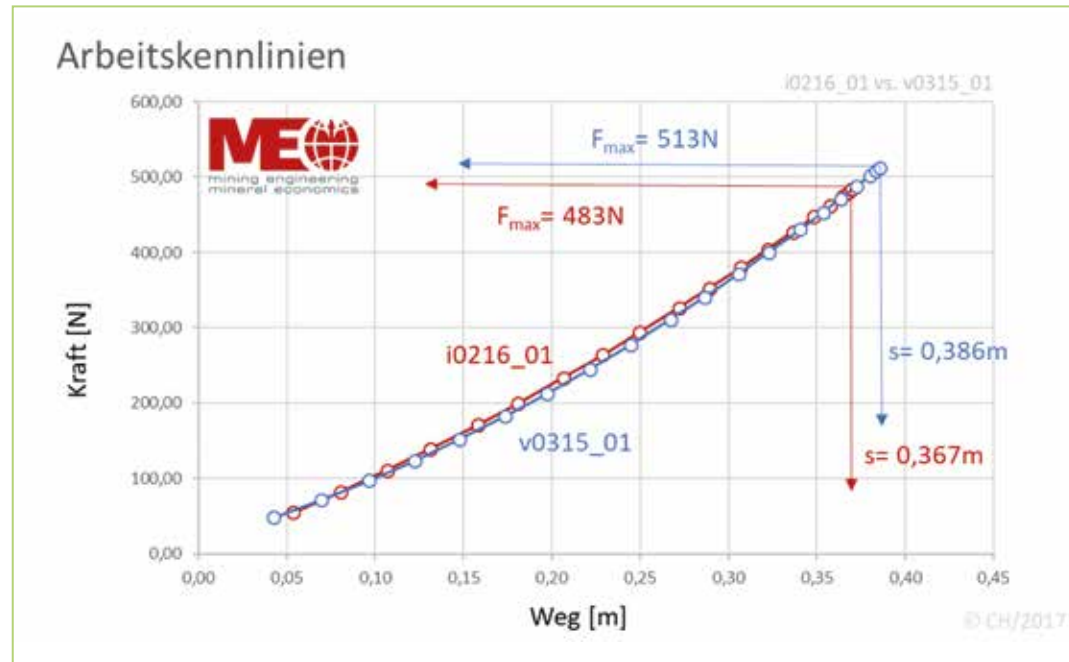


Abb. 4: Arbeitskennlinien des modellierten Systems ermittelt bei i0216_01 (schräg, rot) und v0315_01 (vertikal, blau)

Fig. 4: operating lines of the modelled system determined by i0216_01 (inclined, red) and v0315_01 (vertical, blue)

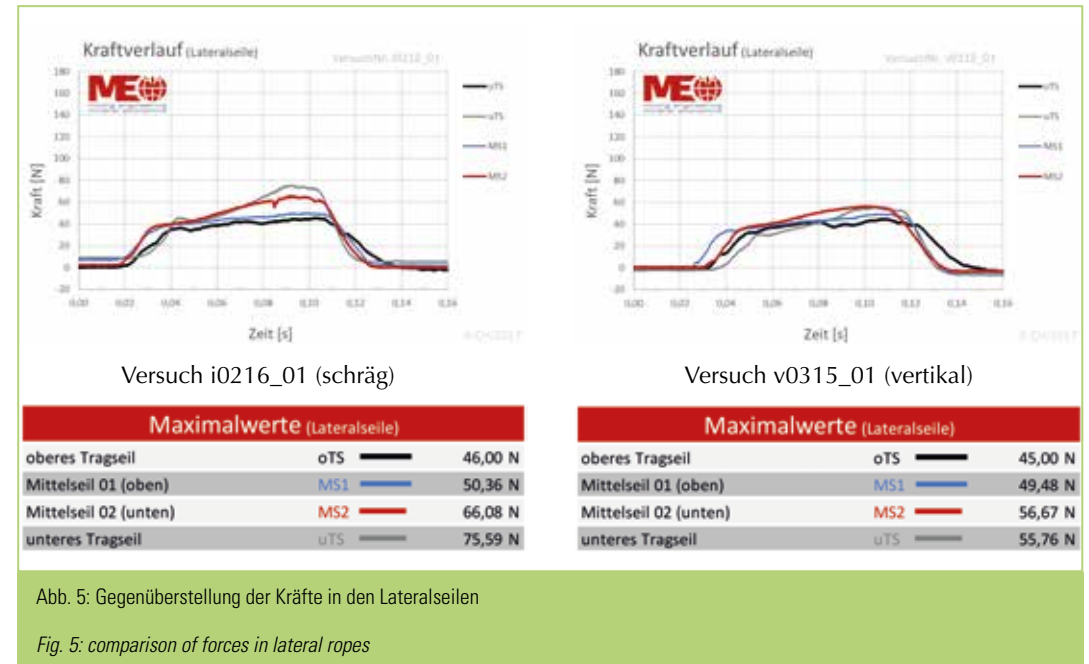


Abb. 5: Gegenüberstellung der Kräfte in den Lateralseilen

Fig. 5: comparison of forces in lateral ropes

Bei den durchgeführten Modellversuchen wurden auf der rechten Verbauseite die Kräfte in den Trag- und Mittelseilen gemessen (vgl. Abbildung 5). Auch in den Abspannseilen der rechten Außen- und Innenstütze waren bei den Versuchen Kraftsensoren installiert, sodass die rechte Verbauseite als Datenlieferant für Seilkräfte angesehen werden kann.

Da lateral von einer symmetrischen Systembelastung ausgegangen werden kann und bis

auf die seitlichen Abspannungsseile alle Seile der Verbindungsstruktur an den Verankerungen durch Energieabsorbierungselemente unterstützt wurden, kann über deren Verformung auch auf die resultierenden Seilkräfte der linken Verbauseite geschlossen werden.

Die Arbeit der Energieabsorbierungselemente in den einzelnen Seilen ist – bezogen auf ihr Energieabsorbierungsvermögen – in den Diagrammen der Abbildung 6 dargestellt.

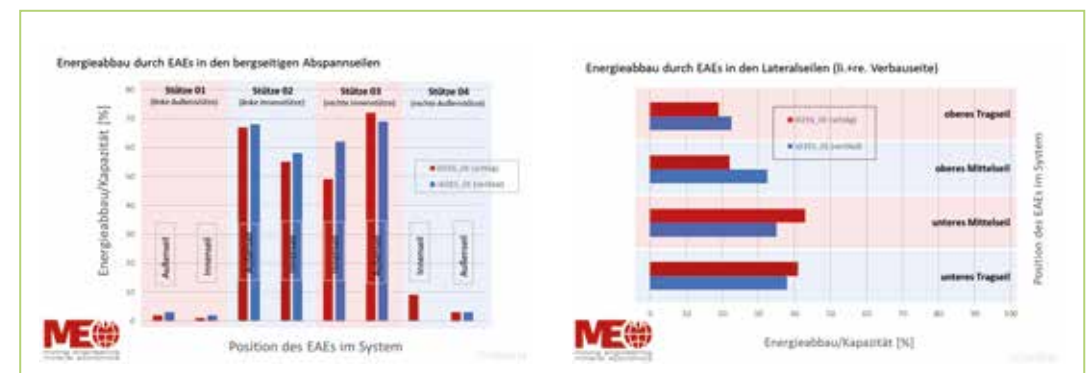


Abb. 6: Arbeit der Energieabsorbierungselemente relativ zu ihrer Absorbierungskapazität

Fig. 6: work of energy dissipating devices comparatively their absorbing capacities

Ermittelte Daten nach Systembelastung (post-test data)

Die Verteilung der Systemarbeit (W) auf einzelne Strukturbereiche wird in Tabelle 6 wiedergegeben. Dabei wird ersichtlich, dass beim modellierten System etwa 50 % der kinetischen Impaktenergie ($E_{kin,trans}$) bzw. 45 % der Gesamtenergie (E_{tot}) durch plastische Verformung der Energieabsorbierungselemente abgebaut wurde.

Bezogen auf den Gesamtenergieeintrag (E_{tot}) wird ein Großteil der Systemarbeit (~25 %) durch die Energieabsorbierungselemente in den Mittelseilen geleistet. Knapp unter 15 % der Arbeit verrichten die Elemente in den Abspannungen der Innenstützen und nur um die 10 % des Energieeintrags werden durch Energieabsorbierungselemente in den Tragseilen abgebaut.

Neigung (gegen die Flächennormale des Referenzgeländes, zum Hang)					
Versuch Nr.	Stütze 01 (li. Außenstütze)	Stütze 02 (li. Innenstütze)	Wirkfläche (Impaktbereich)	Stütze 04 (re. Innenstütze)	Stütze 05 (re. Außenstütze)
i0216_01	15	-2	12	-4	15
v0315_01	13	-4	6	-4	15

Tab. 5: Neigung der Stützstruktur und der Wirkfläche im Impaktbereich nach Systembelastung
Tab. 5: inclination of support structure and effective surface at impact-area post test

schräge Anordnung Versuch i0216_01			vertikale Anordnung Versuch v0315_01	
ENERGIEEINTRAG [J]				
E_{kin}	75,3	92 %	75,8	86 %
E_{pot}	6,5	8 %	12,0	14 %
E_{tot}	81,8	100 %	87,8	100 %
ENERGIEABBAU durch Energieabsorbierungselemente (EAes) [J]				
Abspannseile	10,13	27 %	10,63	28 %
li. Verbauseite	4,77	13 %	5,27	14 %
re. Verbauseite	5,37	14 %	5,37	14 %
Tragseile	6,53	18 %	6,63	17 %
li. Verbauseite	2,93	8 %	3,50	9 %
re. Verbauseite	3,60	10 %	3,13	8 %
Mittelseile	20,40	55 %	21,13	55 %
li. Verbauseite	10,13	27 %	11,27	29 %
re. Verbauseite	10,27	28 %	9,87	26 %
SUMME	37,06	100 %	38,39	100 %
ENERGIEABBAU durch EAes relative zum Energieeintrag				
bezogen auf E_{kin}	49 %		51 %	
bezogen auf E_{tot}	45 %		44 %	
VERTEILUNG des Energieabbaus durch EAes im System [J]				

schräge Anordnung Versuch i0216_01			vertikale Anordnung Versuch v0315_01	
ENERGIEEINTRAG [J]				
horizontal				
li. Verbauseite	17,83	48 %	20,03	52 %
re. Verbauseite	19,23	52 %	18,37	48 %
vertikal				
Abspannungen	10,14	27 %	10,63	28 %
lateral oben	9,00	24 %	12,60	33 %
lateral unten	17,93	48 %	15,17	40 %
Abspannungen				
Impaktmodul	9,57	26 %	10,30	27 %
Grenzmodule	0,57	2 %	0,33	1 %

Tab. 6: Verteilung der Systemarbeit auf Energieabsorbierungselemente
Tab. 6: distribution of system-work to energy dissipating devices

Die Außenstützen werden durch den zentralen Energieeintrag nur unwesentlich belastet, was neben den gemessenen Seilkräften und Verformungen der Energieabsorbierungselemente auch durch die Änderung der Systemgeometrie bzw. die Änderung der Neigung der Stützstruktur durch den Energieeintrag deutlich wird (vgl. Tabelle 5). Die Neigung der Außenstützen ändert sich bezüglich ihrer Ausgangsposition nur um maximal 4° (rechte Außenstütze bei i0216_01), die der Innenstützen jedoch um bis zu 26° (rechte Innenstütze bei i0216_01).

Der Abstand der Tragseile im Impaktbereich wurde nach der Systembelastung auf der schrägen Anordnung mit 172 mm und auf der vertikalen mit 148 mm gemessen. Die Restnutzhöhe (h_R) wurde folglich mit 168 mm bzw. 70 % der nominellen Verbauhöhe bei schrägem Referenzgelände und 147 mm bzw. 59 % der nominellen Verbauhöhe bei vertikalem Referenzgelände berechnet. Bei beiden Versuchen wurden keine Schäden an Einzelkomponenten festgestellt.

Ergebnisinterpretation

Wie schon die Schweizer Studie über den „Einfluss verschiedener Prüfverfahren nach ETAG 027“ kommt auch die vorliegende Untersuchung zur Erkenntnis, dass unterschiedliche Neigungen des Referenzgeländes bei Typenprüfungen zu leicht unterschiedlichen Prüfergebnissen führen.

Obwohl die erkannten Unterschiede in Bezug auf erklärte Toleranzbereiche der ETAG 027 durchwegs als nicht signifikant zu deklarieren sind, ist der Einfluss der Schwerkraft bzw. deren Orientierung zur Schutzverbauung auf Kennwerte der Systembeurteilung deutlich zu erkennen. Dies betrifft vor allem die Kennwerte „nominelle Verbauhöhe (h_n)“ und „Restnutzhöhe (h_R)“.

Da bei einer schrägen Prüfanordnung das Gewicht der Abfangstruktur hauptsächlich vom oberen Tragseil getragen wird, wird dieses durch das Netz und sein Eigengewicht in Feldmitte in Richtung Referenzgelände gezogen. Die Wirkhöhe wird so im Impaktbereich im Vergleich zum Modul-

rand erkennbar reduziert. Bei vertikaler Prüfanordnung erfolgt die Gewichtsverteilung hingegen auf das obere und untere Tragseil in etwa gleich. Die Tragseile werden auch nicht in Richtung Referenzgelände gezogen, sondern die Gewichtskraft wirkt parallel zum Gelände. Dadurch wird bei vertikaler Prüfanordnung die Wirkfläche im Impaktbereich im Vergleich zum Modulrand bei den Stützen nur unwesentlich beeinträchtigt.

Bei den durchgeführten Modellversuchen war auch zu erkennen, dass bei schräger Prüfanordnung das Eigengewicht der bergseitigen Abspannungen inklusive Energieabsorbier-

ungselementen und integrierten Kraftmesszellen signifikanten Einfluss auf die Neigung der Schutzverbauung hat, wodurch das flexible Steinschlagschutzsystem bei gleicher Vorspannung seiner Verbindungsstruktur bei schräger Prüfanordnung steiler zu stehen kommt als bei vertikaler (vgl. Tabelle 3). Auch dadurch wurde bei den Modellversuchen die ermittelte nominelle Verbauhöhe (h_n) bei schräger Prüfanordnung im Vergleich zur vertikalen reduziert, wenngleich dieser Effekt aufgrund der relativ leichteren Messzellen im Realmaßstab vermutlich nicht im gleichen Ausmaß in Erscheinung treten wird.



Abb. 7:
Impaktmodul nach
Systembelastung
(oben: i0216_01 (schräg),
unten: v0315_01 (vertikal))



Fig. 7:
impact-module after impact
(i0216_01 (inclined) upper
picture, v0315_01 (vertical)
lower picture)

Im Gegensatz zur Berechnungsgrundlage der nominellen Verbauhöhe (h_n) – Abstand oberes Tragseil zur Verbindungslinie der Innenstützenfüße im Impaktbereich vor Systembelastung – basiert die Bestimmung der Restnutzhöhe (h_R) auf dem im Impaktbereich gemessenen Abstand zwischen oberem und unterem Tragseil nach Systembelastung ohne Wurfkörperentnahme. Durch diese Definition der Restnutzhöhe (h_R) wird aber die vertikale Anordnung gegenüber der schrägen benachteiligt, da hier durch die Orientierung der Schwerkraft der Wurfkörper nicht wie bei schräger Anordnung am Referenzgelände abgelegt wird, sondern frei im Verbausystem „abhängt“ (vgl. Abbildung 7). Das obere Tragseil wird dadurch zum Referenzgelände gezogen und das untere vom Referenzgelände angehoben, was zur Reduzierung des ermittelten Seilabstands im Impaktbereich führt. Bei schräger Anordnung wird zwar nach einem Impakt das obere Tragseil aufgrund der Orientierung der Schwerkraft massiver zum Referenzgelände gezogen, dafür bleibt das untere Tragseil nach Belastung am Referenzgelände liegen. Obwohl also die Reduzierung der Verbauhöhe auf beiden Prüfanordnungen dieselbe Ursache hat, erfolgt die Geometrieänderung dennoch in beiden Fällen unterschiedlich, was folglich auch zu unterschiedlichen Messergebnissen für die Restnutzhöhe (h_R) führt.

Der schon theoretisch erkennbare Unterschied bezüglich potentieller Energie (E_{pot}) des Wurfkörpers im Verbausystem konnte durch die Modellversuche bestätigt werden. So betrug der Gesamtenergieeintrag (E_{tot}) ins System bei vertikaler Prüfanordnung um 8 % mehr als bei gleicher kinetischer Impaktenergie ($E_{kin,trans}$) auf schrägem Referenzgelände (vgl. Tabelle 4). Die Folge war ein leicht längerer Bremsweg (s) und eine höhere maximale Bremskraft (F_{max}). Da aber, wie Abbildung 4 zeigt, für das modellierte Schutzsystem auf beiden Prüfanordnungen dieselben Arbeits-

kennlinien ermittelt werden konnten, kann der Abbremsprozess bezogen auf das Gesamtsystem als unabhängig von der Referenzgeländeneigung angesehen werden. Folglich können Bremsweg (s), Bremszeit (t) und maximale Bremskraft (F_{max}) für die gegebene Belastungssituation aus der ermittelten Arbeitskennlinie des Systems extrabzw. interpoliert werden. Unter der Voraussetzung identer Verbauneigung (β) gilt dies auch für die maximale Systemverformung (SV_{max}).

Die relative Orientierung der Schwerkraft zum Referenzgelände bzw. zur Wurfkörperbewegung führt aber auch dazu, dass ein System bei vertikaler Prüfanordnung nicht nur lateral, sondern auch in seiner Höherstreckung relativ symmetrisch belastet wird. Dadurch wird die Systemarbeit (W) gleichförmiger auf Einzelkomponenten verteilt als bei der Systemprüfung auf schrägem Referenzgelände. Wie die vorliegende Untersuchung zeigt, kann dies nun aber dazu führen, dass tragende Strukturen und Einzelkomponenten bei schräg geprüften Systemen trotz eines geringeren Gesamtenergieeintrags (E_{tot}) höher belastet werden als bei analoger Prüfung mit vertikaler Anordnung. Diese Tatsache wird durch die gemessenen Seilkräfte (vgl. Abbildung 5), aber auch durch den Energieabbau von Einzelelementen (vgl. Abbildung 6) offensichtlich.

Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die vorliegende Gegenüberstellung der vertikalen mit einer schrägen Prüfanordnung zeigt, dass für den leitlinienkonformen Lastfall (MEL-Test) die Arbeitskennlinie eines flexiblen Steinschlagschutzsystems unabhängig von der Neigung des Referenzgeländes ident ermittelt werden kann. Dies ist insofern wichtig, da mithilfe der Arbeitskennlinie für unterschiedliche Energieeinträge bzw. Geländeneigungen der Bremsweg, die Bremszeit und die Bremskraft, aber auch die

maximale Systemverformung abgeleitet werden können. Die Kenntnis der Arbeitskennlinie sollte daher für den Anwender flexibler Steinschlagschutzsysteme von großer Wichtigkeit sein.

Der höhere Gesamtenergieeintrag (E_{tot}) bei vertikaler Versuchsanordnung führte zwar zu einer leicht höheren resultierenden Bremskraft und im direkten Impaktbereich vermutlich auch zu höheren Belastungen der Einzelkomponenten bzw. der Abfangstruktur (wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht messtechnisch nachgewiesen), aufgrund der symmetrischen Belastung der oberen und unteren Verbauhälfte wurde dabei die Bremskraft jedoch sehr gleichmäßig auf das Gesamtsystem verteilt, sodass die ermittelten Maximalwerte der Seilkräfte für alle Seiltypen (Tragseile, Mittelseile und Abspannungseile) knapp unter den analogen Maximalwerten der schrägen Versuchsanordnung zu liegen kamen. Diese Tatsache wird durch den ermittelten Energieabbau einzelner Bremsselemente in den jeweiligen Bereichen bestätigt. Da Seilkräfte in modernen Systemen meist durch Energieabsorbierungselemente kontrolliert werden – wie dies auch durch die vorliegende Untersuchung gezeigt wird – ist es daher – unabhängig von der Prüfanordnung – außerordentlich wichtig, dass nach einer leitlinienkonformen Systembelastung alle verbauten Energieabsorbierungselemente genügend Reserven aufweisen, um im Realfall auch bei dezentralen Belastungen möglichst niedrige Reaktionskräfte in der Verbindungsstruktur gewährleisten zu können.

Inwieweit die nominelle Verbauhöhe (h_n) und die Restnutzhöhe (h_r) als Kenn- bzw. Beurteilungswerte bei einer Systemevaluierung sinnvoll sind, sollte aufgrund der vorliegenden Untersu-

chungsergebnisse kritisch hinterfragt werden, da diese Werte offensichtlich neben der Systemcharakteristik von der Geländeneigung, aber auch von der Impakthöhe signifikant beeinflusst werden. Generell sollte zukünftig darüber nachgedacht werden, das residuale Leistungsvermögen eines geprüften flexiblen Schutzsystems nicht nur wie derzeit über dessen Wirkfläche zu definieren, sondern vielmehr durch dessen verbleibende Energieaufnahmekapazitäten in definierten Bereichen (z.B. Trefferfeld, Randfeld, Außenfeld).

Die im Labormaßstab durchgeführte Gegenüberstellung der vertikalen und schrägen Prüfanordnung hat letztendlich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Systemfunktionalität erkennen lassen. Auch kann keine der zwei Prüfanordnungen als Extremszenario ausgewiesen werden.

Der Einfluss der Schwerkraft und deren Orientierung zum System bzw. zur Flugbahn des Wurfkörpers auf geometrische Kennwerte der Systembeurteilung nach ETAG 027 sollte den Anwendern aber beim Einsatz flexibler Steinschlagschutzsysteme bewusst sein. Hier wurden bei den durchgeführten Versuchen deutliche Unterschiede zwischen den zwei Versuchsanordnungen offensichtlich, die keine direkte Übertragung der Prüfergebnisse auf differente Geländeneigungen erlauben.

Generell sollte aber aufgrund einer beim MEL-Test ermittelten Arbeitskennlinie und eines Nachweises von genügend Reserven in den einzelnen Energieabsorbierungselementen nach maximaler Systembelastung ein sicherer Einsatz flexibler Steinschlagschutzsysteme bezüglich einer leitlinienkonformen Systembelastung unabhängig von der vorliegenden Prüfanordnung gewährleistet werden können.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

Dip.-Ing. Dr.mont. Christian A. Heiss
Lehrstuhl für Bergbaukunde,
Bergtechnik und Bergwirtschaft
Montanuniversität Leoben
Franz-Josef Straße 18
A-8700 Leoben
christian.heiss@unileoben.ac.at

Literatur / References

- HEISS Ch. (2016). Inclined vs Vertical Testing of Falling Rock Protection Kits. Vortrag GeoTrol2016.
- HEISS Ch. (2017). Überlegungen zur Sicherung von Personen und Infrastrukturbauwerken gegen Steinschlag im alpinen Bereich unter besonderer Berücksichtigung flexibler Steinschlagschutzsysteme. Dissertation.
- VOLKWEIN A. (2013). Überprüfung des Einflusses der verschiedenen Prüfverfahren nach ETAG 027. Abschlussbericht.
- EOTA (2013). ETAG 07 - GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL OF FALLING ROCK PROTECTION KITS.
- EUROPÄISCHES PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION. (2011). VERORDNUNG (EU) Nr. 305/2011 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 9. März 2011 zur Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates.
- AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE. (2012) ONR 24810 Technischer Steinschlagschutz – Begriffe, Einwirkung, Bemessung und konstruktive Durchbildung, Überwachung und Instandhaltung.

ALPIN CONSULTING
DI WERNER TIWALD ZT-GMBH

ZT für WLV -, Studien, Projekte, Gutachten, Ausschreibungen,
Baubegleitung, Sicherheitsanalysen, Wildbachbegehungen...

Standort Ost
Langseitenrotte 19
3223 Wienerbruck

Standort West
Saurweinweg 5
6020 Innsbruck

T: +43 2728 20404
M: +43 664 2047240
Web: www.tiwald.at

MICHAEL SCHIFFER, MARKUS EBNER

Kesselbach: Neues Schlüsselbauwerk als Basis für ein nachhaltiges Gesamtschutzkonzept

Kesselbach: A new protection structure as basis for a sustainable protection concept

Zusammenfassung:

Im Bereich des Kesselbaches liegt neben zu schützendem Dauersiedlungsraum, eine markante Engstelle des Trauntales vor. Die Absicherung dieses Geländeabschnittes ist für die Erreichbarkeit und die Energieversorgung des Inneren Salzkammergutes von entscheidender Wichtigkeit. Die u.a. auf Grundlage eines Generellen Projektes aus 1901 errichtete Verbauung wurde durch mehrere Extremereignisse in den Jahren 2002 – 2016 schwer beschädigt und beeinträchtigt. Durch die Ergreifung entsprechender Gegenmaßnahmen wurde einerseits der Ausweitung der Schäden und dem zunehmenden Verfall des bestehenden Verbauungssystems bestmöglich entgegengewirkt und andererseits durch die Errichtung einer Filtersperre als Schlüsselbauwerk versucht, zumindest kurzfristig ein vertretbares Schutzniveau für den Dauersiedlungsraum und den Betrieb der vorhandenen Infrastruktureinrichtungen zu erreichen. Um mittel- und langfristige ausreichenden Schutz sicherstellen zu können, ist aber die Ausarbeitung und Umsetzung eines umfassenden Gesamtschutzkonzeptes erforderlich.

Stichwörter:

Schlüsselbauwerk, Filterbauwerk, Dosierwerk, Schutzbauwerk, Oberösterreich

Abstract:

The torrential catchment Kesselbach affects permanent settlements and the access and energy supply for the region Inneres Salzkammergut, which have to be protected. The existing protection works in the Kesselbach were severely damaged or destroyed during the extreme events in the years 2002 – 2016. To keep the protection level of the settlement and infrastructure and to stop the increasing decay of the remaining protection system, countermeasures were carried out and a filtering dam as key construction was erected. However, for a long term protection a continuative comprehensive protection concept has to be developed.

Keywords: Key construction, filtering structure, dosing dam, protection work, Upper Austria

Der Kesselbach – naturräumliche Entwicklungen der jüngsten Zeit

Seit dem Jahrhunderthochwasser 2002, den eingetretenen Entwaldungen in den Hochlagen nach den Stürmen Kyrill (2007), Emma und Paula (2008) sowie den Auswirkungen des Lawinenwinters 2009 (Staublawinenabgang bis in den Mittellauf) mit enormen Unholzanfall hat sich die Gefährdungslage im Bereich des Kesselbaches zunehmend verschärft. Am 04. und 05.07.2010 trat im Gemeindegebiet von Bad Ischl und speziell im Kesselbach ein HW-Ereignis mit starken, langanhaltenden Regenschauern, lokalen Gewittern und Hagel auf. Durch Wildholz und Geschiebe kam es zu Verklausungen an den vorliegenden Brücken im Mündungsbereich des Kesselbaches (Eisenbahnbrücke, Gemeindestraßenbrücke sowie lokaler Hauszufahrten). In wei-

terer Folge traten Bachausbrüche auf und führten zur Überflutung des Eisenbahndammes sowie der Gemeindestrasse. Der Dammkörper der ÖBB musste auf rd. 1,0 km generalsaniert werden. Die Feststoffablagerungen im Kesselbach betragen ca. 40.000 m³. Die Schutzbauten im Hauptgraben wurden durch die Ereignisse schwer in Mitleidenschaft gezogen. Die Schutzbauwerke in den Teileinzugsgebieten Rauheck- und Sulzgraben wurden dabei weitgehend zerstört. Lokal fanden Sohleintiefungen von mehreren Metern statt. Zur Behebung der akuten Schäden sowie zur Verhinderung der Schadensausweitung mussten entsprechende Sofortmaßnahmen durchgeführt und zur Sicherstellung eines entsprechenden Schutzniveaus ein ergänzendes Schlüsselbauwerk in Form einer Filtersperre (am Grabenausgang) mit ausreichendem Rückhaltevermögen errichtet werden.



Abb. 1: Blick in den Kesselbach Oberlauf – durch Lawinen eingebrachtes Unholz, im Hintergrund Hauptgeschiebelieferant Sulzgraben.

Fig. 1: Upper reach Kesselbach – woody debris from avalanches in the front, in the background catchment Sulzgraben, where the main part of sediment comes from.



Abb. 2:
Sulzgraben – im Zuge des Ereignisses 2010 wurde die Verbauung aus hölzernen Querwerken stark beschädigt bzw. weitreichend zerstört.

Fig. 2:
Sulzgraben – the wooden transverse structures were severely damaged during the flood event 2010

Verbauungsgeschichte, Beschreibung des Einzugsgebietes

Wegen der großen Bedeutung der k. u. k.- Staatsbahnen (Salzkammergutbahn, errichtet durch das k.k. privilegierte Kronprinz-Rudolf-Bahn Eisenbahnunternehmen, eröffnet 1877) und des Traunflusses als Verkehrswege für das Innere Salzkammergut wurde mit Planungsarbeiten für eine Verbauung des Kesselbaches bereits Ende des vorletzten Jahrhunderts begonnen. Auf Grundlage des im Kesselbach ältesten vorliegenden Projektes der WLV (Generelles Projekt 1901) wurden umfangreiche technische und flächenwirtschaftliche Schutzmaßnahmen in den Jahren 1902 – 1914 umgesetzt.

Der Kesselbach ist ein rechtsufriger Zubringer der Traun. Er bildet von der Mündung bis zur Einmündung des Sulzgrabens (eines rechten Zubringers) die Gemeindegrenze zwischen Bad Ischl und Ebensee. Der Bachlauf stellt eine tief eingeschnittene Erosionsfurche dar, welche an ihrem oberen Ende an 3 Seiten von steil emporsteigenden Felswänden, über welche zahlreiche Wasserfälle zu Tal stürzen, kesselartig abgeschlossen ist. Gemeinsam mit seinen Zubringern Großer Kriegraben, Sulzgraben, Scharlinggraben und

Rauheckgraben entwässert er ein 3,5 km² großes Einzugsgebiet am Nordwestabhang der Hohen Schrott. Der berechnete Hochwasserabfluss für das Gesamteinzugsgebiet beträgt dabei 30,5 m³/s für ein 150 jährliches Ereignis. Das Grundgestein des Einzugsgebietes ist Hauptdolomit und Dachsteinkalk. Zudem liegt der Bachlauf des Kesselbaches in weitreichendem Hangschutt und glazialen Sedimentresten sowie fluviatilen Ab- und Umlagerungsmaterialien. Im Ober- und Mittellauf ist der Kesselbach als murfähig einzustufen.

Dimensionierung und zu berücksichtigende Faktoren

Zur Dimensionierung wurde als dominierender Leitprozess (Bemessungsprozess), ein stark geschiebeführendes Abflussgeschehen mit Übergang zu „hyperconcentrated flow“ definiert. Es wurde mit Feststofftransportraten im Ausmaß von 20–40 % gerechnet. Für die hydraulische Dimensionierung des Filterbauwerkes wurde ein Intensitätsfaktor von IF 1,4 berücksichtigt. Aufgrund der Aufzeichnungen sowie der Interpretation der Lawinensimulationsergebnisse waren für die Dimensionierung des Schlüsselbauwerkes die Belastungseinwirkungen durch Lawinen entsprechend zu berücksichtigen („siehe ONR 24802).

Beschreibung des Sperrentyps und der Wirkungsweise

Das Schlüsselbauwerk ist als gerade, großdöliche Betonsperre mit 10 % Anzug (Schwergewichtsmauer) und einem 2-fach geknicktem wasserseitigem Sortierrechen ausgeführt. Um den geeigneten Sperrenstandort am Grabenausgang bestmöglich nutzen zu können wurde eine historische in Zementmörtelmauerwerk errichtete Sperre abgesenkt, und darauf die Bodenplatte (Fundament) für den Spülkasten / Sortierrechen situiert. Der erste Teil des Stahlrechens weist eine geringe Neigung (ca. 6°) auf (günstig bei ankommendem, schwerem Buchenholz). In diesem Bereich soll das Schadholz aufschwimmen und das Wasser zwischen den Stahlträgern abtransportiert werden. Durch die Errichtung des Filterbauwerkes wird ein Eingriff in den Feststoffhaushalt des Kesselbaches erreicht. Es soll durch selektiven Feststoffrückhalt im Ereignisfall eine Ausfilterung von Grobgeschiebe und Unholz bei gleichzeitiger hoher Durchgängigkeit für Feingeschiebe bei kleineren und mittleren Hochwasserereignissen erreicht werden. Durch sukzessive Spülvorgänge soll die Entleerung des Rückhalteraaumes eintreten. Das Planungsziel war eine nachhaltige Dosierung des Materialeintrages in den Unterlauf und die Ausfilterung von schadbringendem Unholz und Grobkomponenten.

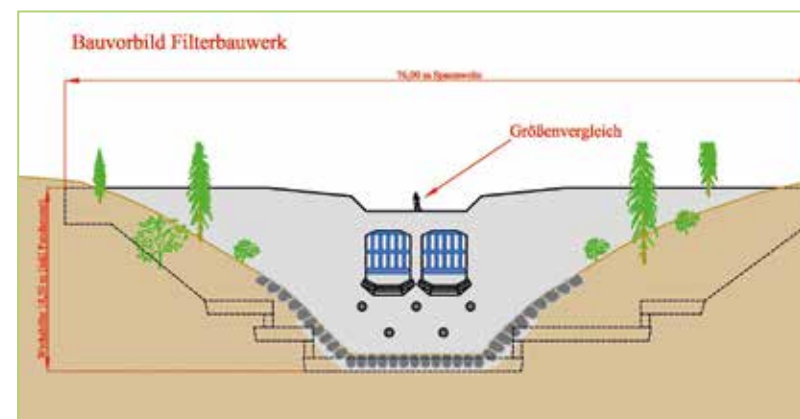


Abb. 3:
Bauvorbild des Schlüsselbauwerkes im Kesselbach bei hm 8,30

Fig. 3:
Construction model of the key construction Kesselbach

Zur Baustellenabwicklung

Ein Jahr vor Baubeginn des Filterbauwerkes wurde die Baustellenaufschließungsstraße (gleichzeitig Räumzufahrt) errichtet. Durch die Aufschließung war es möglich einen Turmdrehkran mit max. 45 m Ausladung auf der Baustelle aufzustellen. Für den Turmdrehkran musste ein Fundament (GSS in Beton) errichtet werden, da es aus Platzgründen nicht möglich war den Kran außerhalb des Gefahrenbereichs (Bachbett) zu montieren. Dies hatte den Vorteil, dass die gesamte Baustelle mit einer Aufstellung bedient werden konnte. Entscheidend für einen schadlosen Bauablauf war die Wasserhaltung. Um im Hochwasserfall bzw. bei Normalabfluss den „Einstau“ der Baustelle zu verhindern, wurde unter der Fundamentplatte ein Rohr DN 500 verlegt, im rechten Außenbogen wurde zu Wasserhaltungszwecken ein provisorisches Gerinne (GSS in Beton) hergestellt. Um möglichst rasch und kostengünstig zu bauen, wurde eine Großflächen-Stahlschalung (Schalungshöhe 3,30 m) der Firma DOKA angemietet. So war es möglich, bis zu 250 m³ Beton/Tag (Transportbeton) einzubauen. Der begrenzende Faktor war die Zulieferung des Transportbetons über eine 8 km lange einspurige Forststraße. Die Entwässerungsdolen wurden mit Kunststoffrohren DN 800 errichtet. Damit durch den Geschie-

beabsturz keine Schäden an der Sperrenmauer entstehen, wurde der Ausfluss aus der Großdole mit einer Konsole versehen. Die Aussparung für die Großdolen wurde von der Firma DOKA

vorgefertigt. Der 2-fach geknickte wasserseitige Sortierrechen wurde mit sämtlichen Gehrungen vorgefertigt angeliefert, und auf der Baustelle verschweißt.

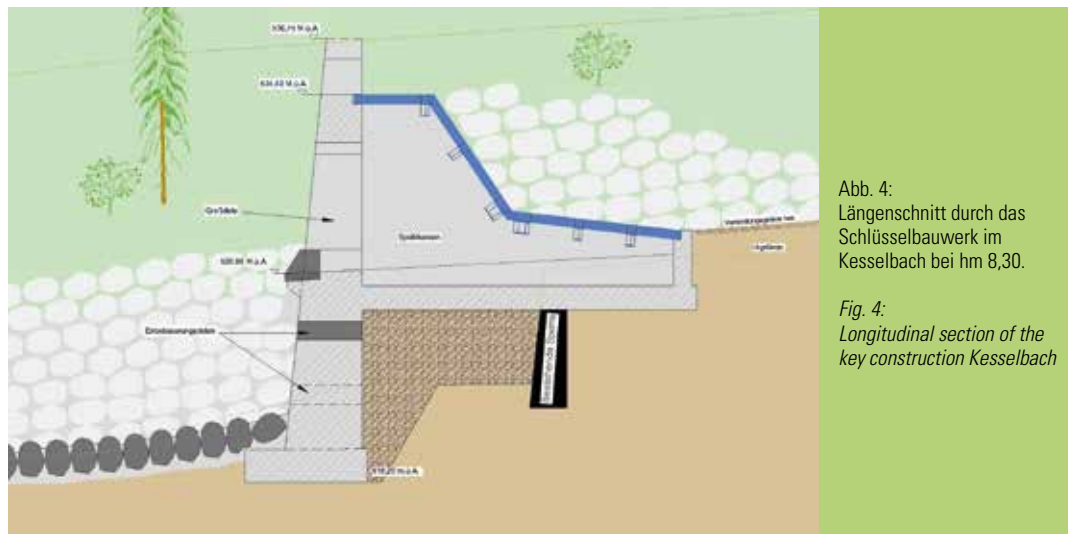


Abb. 4:
Längenschnitt durch das Schlüsselbauwerk im Kesselbach bei hm 8,30.

Fig. 4:
Longitudinal section of the key construction Kesselbach



Abb. 5: Links im Bild die Wasserhaltung, in der Bildmitte wird die Sauberkeitsschicht für das Fundament des Sortierrechen errichtet und im Hintergrund befindet sich der Turmdrehkran samt Kranfundament.

Fig. 5: Construction site of filtering dam



Abb. 6:
Filterbauwerk während der Bauphase

Fig. 6:
Filtering structure under construction



Abb. 7:
Errichtung der Wangen für den Sortierrechen

Fig. 7:
Erection of the sorting rake's side walls

Abb. 8:
Ansicht des
Filterbauwerks
luftseitig

Fig. 8:
Downstream view
of the filtering
dam



Abb. 9:
Ansicht des
Filterbauwerks
samt
Sortierrechen
wasserseitig

Fig. 9: Upstream
view of the
filtering structure
including sorting
rake



Technische Daten des Filterbauwerks im Kesselbach bei hm 8,30

Spannweite	76,00 m
Absoluthöhe Sperrenflügel	536,75 M.ü.A.
Absoluthöhe Abflussektion	534,40 M.ü.A.
Absoluthöhe Überlauf Großdolen	526,90 M.ü.A.
Absoluthöhe Fundament Oberkante	519,50 M.ü.A.
Absoluthöhe Bachbett	518,20 M.ü.A.
Werkshöhe (inkl. Fundament)	18,50 m
Werkshöhe bis GOK	15,50 m
Höhe bis zur Abflussektion	13,20 m
Durchflussfläche der Abflussektion	17,55 m ²
Stahlträger horizontal	HEB 500
Stahlträger vertikal	HEB 400
Abstand der Stahlträger (lichte Weite)	0,50 m
Verlandungskapazität	rd. 20.000 m ³
Verlandungsgefälle	5 %
Betonkubatur	rd. 2.700 m ³
Betongüte	C25/30 B3/ GK32 / F45 / CEMI 42,5R HS C ³ A-fr W40
Bewehrung	rd. 155.000 kg
Baukosten	rd. 1.250.000,00 €

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

DI Michael Schiffer
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Oberösterreich West
Traunreiterweg 5, 4820 Bad Ischl
michael.schiffer@die-wildbach.at

Markus Ebner
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Oberösterreich West
Traunreiterweg 5, 4820 Bad Ischl
markus.ebner@die-wildbach.at

JOHANNES KAMMERLANDER

Geschiebetransport in Wildbächen während hydrologischer Normaljahre

Bedload transport during hydrological ordinary years

Zusammenfassung:

Obwohl es sich stets nur um rollende/hüpfende Steine handelt, hat der Geschiebetransport in Wildbächen vielfältige Erscheinungen. In diesem Artikel geht es um den Geschiebetransport während Zeiten ohne seltene, nennenswert große Hochwasserereignisse. Es werden die mittleren Jahresgeschiebespenden von zahlreichen Bächen gegenübergestellt und deren Bandbreite aufgezeigt. Die Größenordnung des Geschiebetransports während dieser Zeiten hängt sehr stark von der Verfügbarkeit an leicht zu mobilisierendem Geschiebe ab. Eine Berechnung mittels gängiger Geschiebetransportformeln ist daher mit großen Unsicherheiten behaftet und eine gute Kalibrierung beinahe unerlässlich. Die Wechselwirkung zwischen Verfügbarkeit und Transport und/oder Auswirkungen von diversen Maßnahmen sind in eingeschränkter Weise mit komplexen Simulationsmodellen berechenbar. Die notwendige Verbesserung dieser Modelle ist Gegenstand aktueller Forschung.

Stichwörter:

Wildbach, Geschiebetransport, mittlere Jahresgeschiebefracht

Abstract:

Despite bedload transport simply means the rolling and jumping of stones forced by the water, it features very different patterns. This article deals about the bedload transport during times without major flood events. Mean annual bedload volumes of several high mountain streams are presented and the reasons for their variability are discussed. The availability of mobile sediment rather than annual water flow reveals as the major limiting factor in many streams. Thus, bedload transport calculations with hydraulic-based formulas must be treated with caution and a calibration is essential.

Keywords:

Torrent, bedload transport, annual bedload yield

Einleitung

In unserem Arbeitsfeld assoziieren wir Geschiebe und Wildbach häufig mit Bemessungsereignissen und dem damit einhergehenden Gefahrenpotential. Es handelt sich hierbei um Extremereignisse, in denen oftmals immense Geschiebemengen binnen kurzer Zeit verfrachtet werden. Es existieren auch zahlreiche, mehr oder weniger bewährte Methoden für deren Abschätzung.

Im Gegensatz dazu, ist relativ wenig über die Geschiebefrachten von Wildbächen während größerer Zeiträume und ohne Auftreten von sehr seltenen Extremereignissen bekannt (langfristige Betrachtung). Fragestellungen zu dieser Thematik begegnen uns vermehrt im Zusammenhang mit Kraftwerksprojekten (Wasserfassungen, u.a.) in Gebirgs- oder Wildbächen, wie z.B.:

- Mit welchen Jahresgeschiebemengen ist hier zu rechnen, und durch welche Maßnahmen kann ein reibungsloser Betrieb der Anlage sichergestellt werden?
- Bei Wasserfassungen mit Spülbetrieb: Wie wirkt sich der Wasserentzug auf die Geschiebeverfrachtung unterhalb der Anlage aus? Kommt es zu ungünstiger Geschiebeanlandung?

Berührungspunkte zum langfristigen Geschiebehaushalt von Wildbächen ergeben auch im Zusammenhang mit dem Klimawandel. Was sind z.B. die Auswirkungen der erhöhten Geschiebebereitstellung in den Gletscherrückzugsgebieten?

Alle diese Fragen haben mit dem Geschiebetransport in Wildbächen während hydrologischer Normaljahre zu tun. Dieser Thematik konnte ich im Rahmen meiner Dissertation am AB Wasserbau der Universität Innsbruck näher nachgehen und dieser Artikel soll eine komprimierte, auf die Praxis abgestimmte Zusammenfassung sein.

Die Vollversion (Kammerlander, 2018)

ist in Englisch verfasst und sie ist in zwei übergeordnete Abschnitte gegliedert. Der erste Abschnitt nähert sich dem Thema mit einer großen Palette an Messdaten. Es handelt sich dabei um (i) lange Zeitreihen zu Jahresgeschiebefrachten von 20 Hochgebirgsbächen der Nordtiroler Zentralalpen, (ii) mehrjährige Zeitreihen von Geschiebetransportraten (zeitliche Auflösung von 15 min) aus zwei und (iii) Feldmessdaten zu den Transportraten und deren Korngrößenverteilung aus drei dieser 20 Bäche.

Im zweiten Abschnitt der Vollversion werden die Ergebnisse aus Laborversuchen vorgestellt. Sie geben Einblick in die Transportprozesse während nicht-extremer Abflussverhältnisse und erklären in gewisser Weise die physikalischen Zusammenhänge der im Abschnitt 1 gewonnenen Erkenntnisse. Abschließend wird auch ein neues Geschiebetransportmodell vorgestellt, welches eben diese Transportprozesse mitberücksichtigt.

Unterschied in den Transportprozessen

Die Geschiebetransportprozesse in Gebirgs- und Wildbächen während Extremereignisse unterscheiden sich sehr stark von jenen der übrigen Zeit.

Im Ereignisfall ist die Sohlbelastung idR derart hoch, dass die Deckschicht und/oder etwaige Sohlstrukturen (Cluster aus großen Blöcken) aufbrechen und somit die ganze Bachsohle „in Bewegung“ ist. Es handelt sich hier um bettbildende Abflussereignisse, die entsprechend starke, morphologische Spuren hinterlassen.

Bei geringeren bis leicht erhöhten Abflüssen bleibt die Struktur der Bachsohle idR erhalten und der Geschiebetrieb beschränkt sich auf das mobilisierbare Sediment. Es handelt sich dabei vorwiegend um Feingeschiebe (Sand, Kies), welches an strömungsexponierten Stellen liegt oder von bachaufwärts eingetragen wurde; „nicht

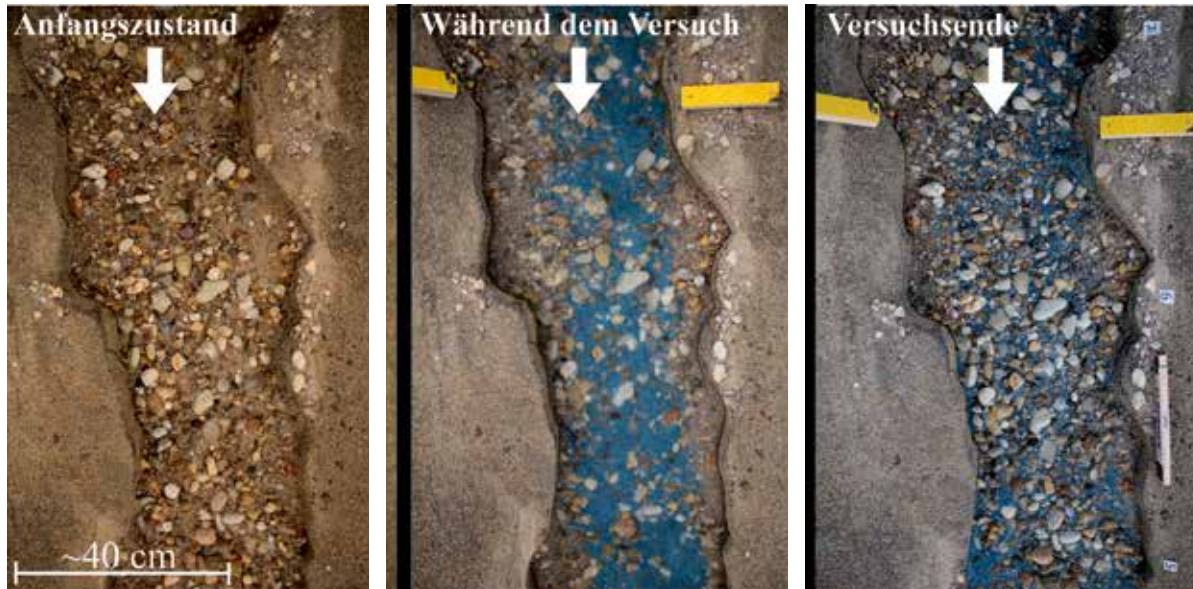


Abb. 1: Entwicklung der Zusammensetzung des Sohlmaterials im Modellgerinne während einem Versuch mit Geschiebezugabe und 4 l/s Abfluss; links: Deckschicht mit kritischem Abfluss von ca. 7 l/s vor der Geschiebezugabe; Mitte: Sohlunregelmäßigkeiten durch zugegebenes (blau gefärbtes) Sediment ausgeglichen und Transport über die Bachsohle; rechts: nach der Geschiebezugabe wird die temporäre Sohlverfüllung zu einem großen Teil wieder remobilisiert und der Anfangszustand „wiederhergestellt“.

Fig. 1: Evolution of the bed surface during the experimental run with 4 l/s water discharge; left: armor layer with critical discharge of approx. 7 l/s at the beginning of the run; middle: surface irregularities are partly filled by the supplied (blue) sediment and it travels over the bed surface; right: nearly all the supplied sediment are transported out of the flume and the starting conditions are re-established.

mobilisierbar“ bleibt hingegen jenes Feingeschiebe, das sich im Strömungsschatten von größeren Steinen und/oder in sonstigen strömungsberuhigten Zonen befindet (z.B. Randbereiche, seichte Geschiebelappen).

Im Wasserbau wird das als laufender Geschiebetransport bezeichnet. Dieser Prozess konnte anhand eines physikalischen Modells im Wasserbaulabor der Universität Innsbruck im Detail studiert werden. In ein Modellgerinne mit „natürlich“ stabilisierter Sohle (kritischer Abfluss ~ 7 l/s) wurde bei verschiedenen Abflüssen gefärbtes Geschiebe zugegeben. Bei Abflüssen ≤ 7 l/s erfolgte der Transport des gefärbten Geschiebes mehrheitlich über die Bachsohle hinweg und die Bachsohle (Sohlstrukturen der großen Körner, lokale Depots von Feinkorn) blieb somit auch nach Ende des Versuchs mehr oder weniger erhalten (Abb. 1). Wurde hingegen kein Geschiebe

zugegeben, trat auch kein Transport auf. Die Verfügbarkeit von mobilisierbarem (eingetragenen) Geschiebe bestimmt damit in entscheidender Weise die Intensität des Transports während nicht-bettbildender Abflüsse.

Die Grenze zwischen diesen beiden Ausprägungen verläuft, wie bei Naturprozessen üblich, innerhalb eines Graubereichs und ist je nach den vorherrschenden Rahmenbedingungen unterschiedlich. In steilen Bachstrecken mit großen Blöcken (Sohlstrukturen) liegt sie häufig bei Abflussereignissen mit Wiederkehrintervallen von 30 bis 50 Jahren (Erlenbach (Schweiz) in Turowski et al., 2009; Rio Cordon (Italien) in Lenzi et al., 2004). In flachen, geschiebereichen Bächen bzw. Bachabschnitten ohne grobblockige Sohlstrukturen (z.B. Umlagerungsstrecken) wird sie teilweise jährlich überschritten.

Jahresgeschiebefrachten aus langjährigen Naturdaten

Langjährige Geschiebeaufzeichnungen – woher bloß?

Die hauptsächliche Datengrundlage sind operative Aufzeichnungen an ausgewählten Wasserfassungen des Energiekonzerns TIWAG (Tiroler Wasserkraft AG). An diesen wird das Bachwasser von Hochgebirgsbächen über ein Tiroler Wehr (mit 15 cm lichter Weite der Rechenstäbe; Abb. 2a) gefasst und einem Speicher zugeleitet. Dem Tiroler Wehr schließt jeweils eine Entsanderkammer an, in welcher das Wasser und das Sediment getrennt werden. Zur Vermeidung von zu großen Sedimentablagerungen sind „regelmäßige“ Entleerungen in Form von Spülungen notwendig. Zur betrieblichen und wirtschaftlichen Optimierung des Spülzeitpunkts wird die Sedimentmenge im Entsander seit jeher mittels Gewichtsmembranen erfasst und die Spülung erst bei Überschreiten eines kritischen Wertes automatisch ausgelöst.

Aus der Jahresanzahl von Spülungen und

der Kenntnis der mittleren Spülmenge kann unter gewissen Einschränkungen auf die Jahresgeschiebefracht rückgeschlossen werden. Dies wurde für 20 Wasserfassungen mit Betriebsdauern von bis zu 49 Jahren gemacht und es konnte daraus für jeden Standort (Hochgebirgsbach) eine Zeitreihe an Jahresgeschiebefrachten erstellt werden. Alle diese Hochgebirgsbäche befinden sich in den Nordtiroler Zentralalpen (westlich dem Wipptal), sie haben Einzugsgebietsgrößen von 3 bis 27 km², wobei zwischen 0 und 53 % der Flächen vergletschert sind; eine Auflistung der Gebietseigenschaften ist der Dissertation zu entnehmen.

Die Einschränkungen dieser Methode umfassen zum einen die Unsicherheiten zur mittleren Spülmenge (z.B. Geschiebe-/Schwebstoffanteil, Form des Sedimentkegels) und den langjährigen Aufzeichnungen; es ergibt sich daraus eine Unsicherheitsbandbreite von rund 65 % (Standardabweichung). Zum anderen ist auch jener Anteil an Geschiebe nicht erfasst, welcher nicht in die Entsanderkammer gelangt, sondern über das Tiroler Wehr hinweg transportiert wurde. Dieser Anteil ist während dem regelmäßigen Betrieb

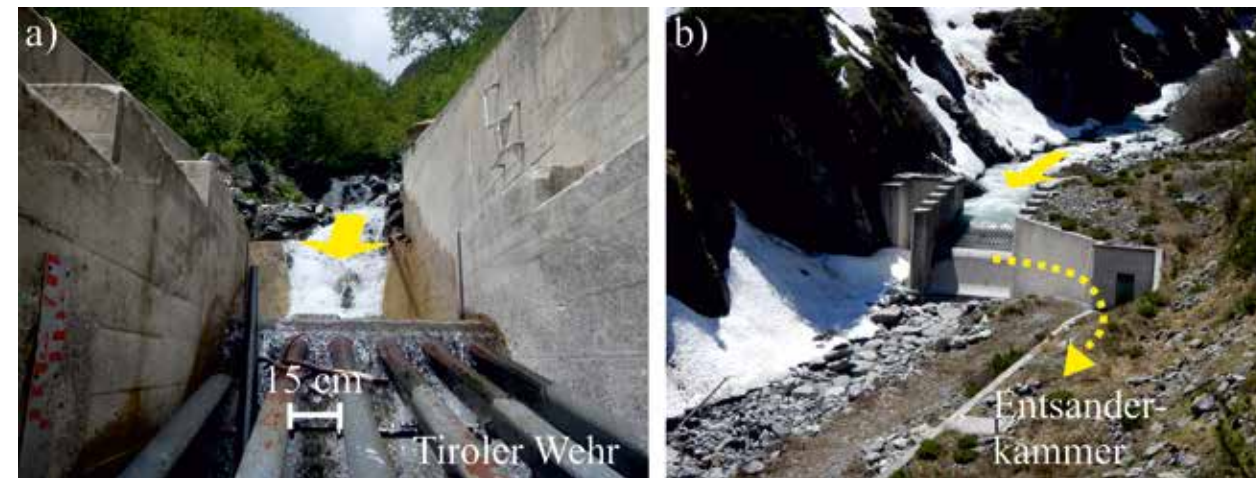


Abb. 2: a) Tiroler Wehr der Wasserfassung Schöntalbach (3 km² Einzugsgebietsgröße und ohne Gletscherflächen) und b) Wasserfassung am Oberbergbach (25 km² Einzugsgebietsgröße mit 28 % Vergletscherung); beide werden von die TIWAG betrieben.

Fig. 2: Water intake structures with bottom racks (Tyrolean Weir) at a) the Schoentalbach and b) the Oberbergbach, both operated by TIWAG.

vernachlässigbar klein, erreicht aber bei seltenen (Extrem-)ereignissen (bei sehr hohen Abflüssen, oder bei Auftreten von Murgängen) beachtliche Größenordnungen. Das Wiederkehrintervall solcher Ereignisse ist gebietspezifisch und liegt für die betrachteten Wasserfassungen zwischen 5 und >30 Jahren. Aus diesem Grund sind diese Jahresgeschiebefrachten auch nur für hydrologische Normaljahre repräsentativ (mit Spitzenabflüssen < 5-30 Jahre) bzw. unterschätzen sie die Frachten während kurzer, seltener Ereignisse.

An 15 dieser 20 Wasserfassungen waren zudem kontinuierliche Abflussmessungen (15 min Intervall) über eine Dauer von mehreren Jahren verfügbar. Und an zwei Standorten (dem Pitzbach und Oberbergbach) konnten auch kontinuierliche Zeitreihen der Geschiebetransportraten (ebenfalls im 15 min Intervall) gewonnen werden. In Analogie zu den Jahresgeschiebefrachten ist die Güte dieser Daten auf hydrologische Normalsituationen beschränkt.

Mittlere Jahresgeschiebefrachten während hydrologischer Normaljahre

Die mittleren Jahresgeschiebefrachten (mJGF) unterscheiden sich stark zwischen den einzelnen Einzugsgebieten (Abb. 3); sie liegen zwischen 8 to/km² und 738 to/km².

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen mJGF und topografischen Gebietsparametern (z.B. Bachgefälle, Hangneigung, Gerinnetichte, Melton-Zahl) konnte für die 20 Gebiete nicht festgestellt werden (z.B. Abb. 3a). Dies widerspricht dem grundsätzlich starken Einfluss des Bachgefälles auf die Transportkapazität in Gerinnen. Die Ursache könnte bei zwei weiteren, wichtigen Einflussfaktoren liegen: den hydrologischen Verhältnissen und der Sedimentverfügbarkeit. Beides ist in vergletscherten Gebieten bevorzugt höher (mehr Abfluss infolge Gletscherschmelze, hohes Potential an feinem Geschiebe im Gletschervorfeld) und es zeigt sich auch eine

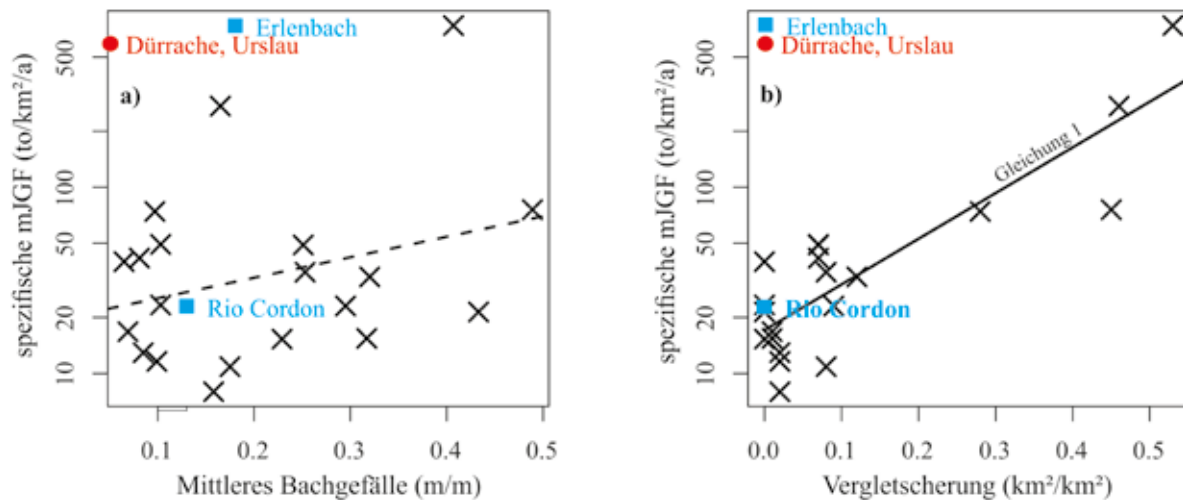


Abb. 3: Mittlere Jahresgeschiebefrachten vs. a) dem mittleren Bachgefälle oberhalb der Messstation und b) der Vergletscherung des Einzugsgebiets; y-Achse in logarithmischer Skalierung.

Fig. 3: Mean annual bedload volumes vs. a) mean bed gradient above the measuring station and b) the relative glacier area of the catchment.

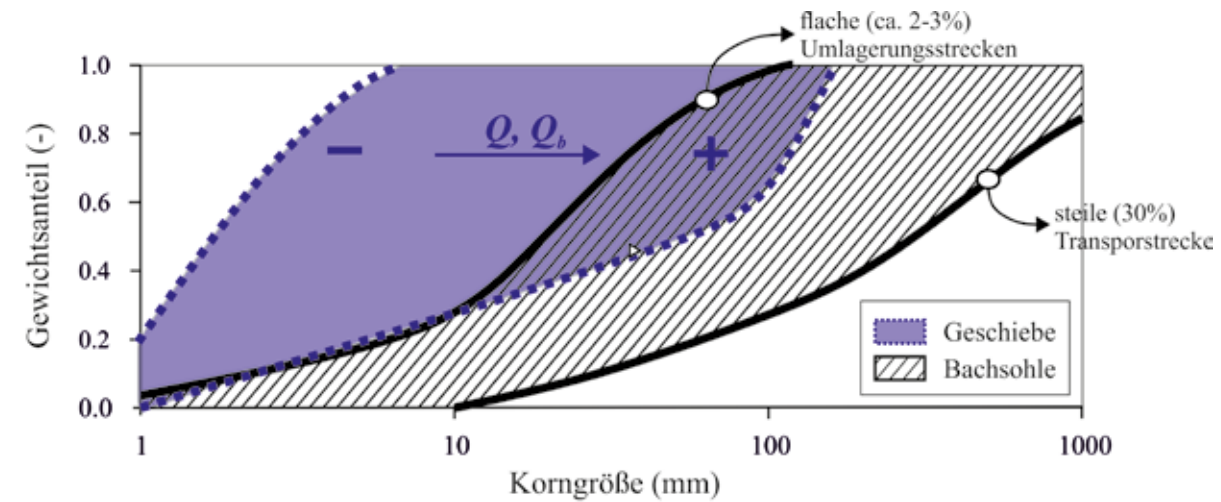


Abb. 4: Wertebereich gemessener Kornverteilungskurven von transportiertem Geschiebe (50 Messungen bei Abflüssen (Q) geringer als HQ 1 und Transportraten (Q_s) zw. 1–1100 kg/h) und der Bachsohle (21 Linienzahlanalysen aus Bachstrecken mit 2–25 % lokalem Bachgefälle) aus vier Hochgebirgsbächen mit 6–27 km² Einzugsgebietsgröße.

Fig. 4: Grainsize distributions of (i) collected bedload (50 measurements at discharges below HQ1) and (ii) bed material (21 transect-by-number samples).

starke, exponentielle Abhängigkeit zwischen mJGF und der Vergletscherung (VG, Verhältnis von vergletschelter Fläche zu Gesamfläche; Abb. 3b). Um die mittlere, spezifische Jahresgeschiebefracht während hydrologischer Normaljahre auch für unbeobachtete Einzugsgebiete mit ähnlichen Gebieteigenschaften (Zentralalpin, VG < 0,6, mittlere Hangneigung 20–50 %, mittleres Bachgefälle 5–50 %, keine bis geringe Muraktivität) abschätzen zu können, wurde folgende Formel ermittelt:

$$\text{spez. mJGF} \left(\frac{\text{to}}{\text{km}^2} \right) = 17,6 \cdot \exp \left(5,65 \cdot \text{VG} \left(\frac{\text{km}^2}{\text{km}^2} \right) \right) \quad (1)$$

Die Ursache für den starken, exponentiellen Zusammenhang zwischen mJGF und der Vergletscherung (VG) liegt wider Erwarten primär nicht im höheren Abflussvermögen vergletschelter Gebiete, sondern in der hohen Verfügbarkeit an relativ feinem, leicht mobilisierbarem Geschiebe.

Das in hydrologischen Normaljahren transportierte Geschiebe weist nämlich vielerorts eine deutlich feinere Kornverteilung auf, als jenes der groben Bachsohle (Abb. 4). Es orientiert sich an dem Material diverser Geschiebeherde, wie z.B. dem Bachmaterial in Flachstrecken, dem Material aus regelmäßigen Seiteneinstößen und/oder dem Gletschervorfeld. Besonders im Gletschervorfeld sind häufig große Mengen an feinem Geschiebe (Kies) und im Sommer auch der notwendige Abfluss (Gletscherschmelze) vorhanden.

Vergleich mit anderen Beobachtungen

Langjährige Geschiebemessungen in steilen Wildbächen zu Forschungszwecken werden im Erlenbach (0,7 km² kleines, unvergletschertes Einzugsgebiet im Flysch mit sehr aktiver Sedimentproduktion; Rickenmann et al., 2012), und Rio Cordon (5 km² großes, unvergletschertes Einzugsgebiet in den Italienischen Dolomiten; Rainato

et al, 2017) betrieben. Auch deren Messergebnisse verdeutlichen den klaren Unterschied der Geschiebefrachten von Extrem- oder Großereignissen (Jährlichkeiten > ca. 30 Jahre) und jenen von hydrologischen Normaljahren.

Die mittleren Jahresgeschiebespenden dieser beiden Bäche sind sehr unterschiedlich (Faktor 30!). Jene im Rio Cordon liegt im unteren Drittel, jene im Erlenbach im Bereich des Maximums der eigenen Messdaten (Abb. 3). Die hohe Geschiebespende im Erlenbach ist auf die hohe Sedimentproduktion und deren direkten Verbindung zum Hauptgerinne zurückzuführen. Im Rio Cordon erfolgt der Eintrag aus den Produktionsgebieten in das Hauptgerinne hauptsächlich während großer Ereignisse, in der übrigen Zeit ist die Geschiebebelieferung gering und damit einhergehend auch mJGF.

Kalkschuttbäche

Eine gewisse Besonderheit stellen sogenannte Kalkschuttbäche dar. Es handelt sich dabei um kalkalpine Wildbäche (häufig mit Einzugsgebieten >20 km²) mit hohem Potential an kiesigem Kalkschutt. Diverse Studien belegen für solche Bäche äußerst hohe spezifische Geschiebefrachten:

- An der Urslau, einem Kalkbach im Pinzgau (55 km² Einzugsgebiet, großes Geschiebepotential aus den Seitenbächen im Hochkönigmassiv und dem Steinernen Meer) wird im Auftrag der WLW eine Geschiebemonitoring betrieben. Die dort gemessenen Geschiebefrachten sind hoch und liegen im Mittel bei 598 to/km²/a (Messperiode 2011–2015, Habersack et al., 2016)
- Eine sehr ähnliche spezifische Jahresgeschiebespende wurde aus einem weiten, geschiebereichen Kalkschuttbach in Sommer (1978) berichtet. Die Dürre

(55 km² Einzugsgebiet, ebenfalls große Geschiebeherde in den Oberläufen) an der Nordgrenze des Karwendels lieferte in den Jahren 1951–1977 im Mittel 572 to/km²/a an Geschiebe.

Die Ursache liegt wiederum in der hohen, häufig nahezu unlimitierten Verfügbarkeit an relativ feinem Geschiebe. Der limitierende Faktor ist somit primär das Wasser (bzw. die Strömungskraft) und weniger das Sediment.

Übertragbarkeit auf andere Gebiete

Eine umfassende Kompilation zu den Sedimentfrachten von Wildbächen bis großen Talflüssen im gesamten Alpenraum ist in der Studie von Hinderer et al. (2013) enthalten. Die darin festgestellte Bandbreite ist allerdings nochmals deutlich größer.

Für Wildbäche und Gebirgsflüsse in Österreich erweist sich die Bandbreite zwischen 10–750 to/km²/a als brauchbarer Anhaltspunkt. Eine genauere Festlegung sollte sich in erster Linie an der Geschiebeverfügbarkeit des jeweiligen Bachs orientieren. Die Übertragbarkeit von spezifischen Jahresgeschiebefrachten und/oder die Anwendung von Gleichung 1 für unbeobachtete Gebiete setzen nämlich ähnliche Gebietseigenschaften voraus. Wichtige Übereinstimmungsmerkmale sollten sein:

- Geologie (Granit/Gneis, Kalk/Dolomit, Schiefer, Sandstein/Mergel, etc.)
- Standort (geografische Nähe, gleiche Klimaregion)
- Vergletscherung (Verhältnis Gletscherfläche zu Einzugsgebietsfläche)
- Vegetationsbedeckung (Waldanteil und Anteil vegetationsfreier Flächen)
- Topografie (Höhenerstreckung, Neigung)
- Bachcharakter

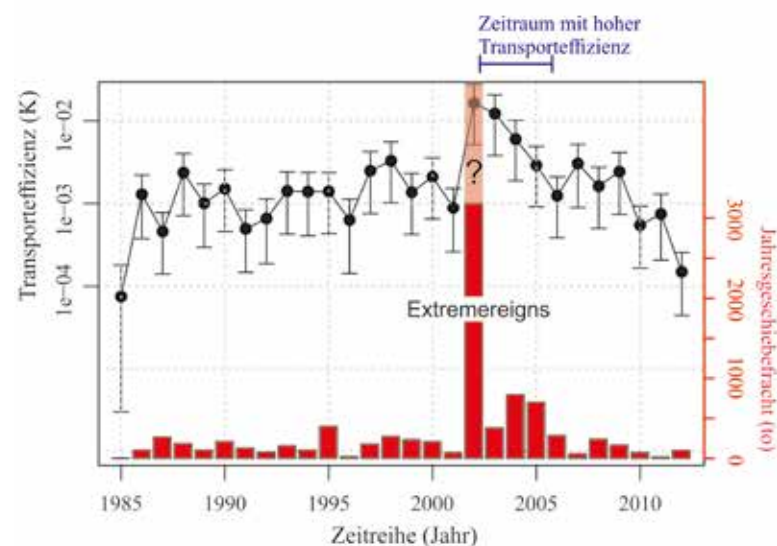


Abb. 5: Links: Jahresgeschiebefrachten (rote Balken) und jährliche Transporteffizienz (JGF normiert nach der Jahresabflussleistung) im Kraspesbach (Sellraintal); rechts: Orthofotovergleich vom Einzugsgebiet vor und nach einem Extremereignis.

Fig. 5: Left: annual bedload volumes and yearly transport efficiency at the Kraspesbach (Sellraintal); right: two aerial photographs of the lower part of the catchment before and after an extreme event.

Variabilität der Jahresgeschiebefrachten innerhalb eines Gebietes

Die Sedimentverfügbarkeit von Wildbächen ändert sich nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich. Starke Änderungen ergeben sich besonders in sedimentlimitierten Bächen infolge von Extremereignissen. Durch das Aufreißen der Bachsohle oder große Materialeinträge aus den Ufern/Böschungen werden große Mengen an feinem, wenig konsolidiertem Geschiebe bereitgestellt. Auf ein derartiges Extremereignis konnte in einem Untersuchungsgebiet mittels Luftbildvergleichen rückgeschlossen werden (Abb. 5). In den Jahren nach diesem Ereignis waren die Jahresgeschiebefrachten deutlich höher als in den Jahren zuvor. Die Transporteffizienz (die Jahresgeschiebefrachten normiert nach der Jahresabflussleistung)

zeigte eine noch stärkere Zunahme. Sie war im nachfolgenden, sehr trockenem Jahr 2003 10-mal höher als in dem Jahr vor dem Ereignis. Die bloße Änderung der Sedimentverfügbarkeit führt bei nicht-extremen Abflüssen somit zu erheblichen Änderungen der Geschiebetransportrate. Die Naturdaten bestätigen damit auch die Erkenntnisse aus den Laborversuchen.

Evaluierung von Geschiebetransportformeln

Die simultanen Datenreihen von Geschiebetransport und Abfluss an zwei dieser Hochgebirgsbäche (Oberbergbach und Pitzbach, Einzugsgebietsgröße an der Wasserfassung: 24 und 27 km², Vergletscherung: 0,28 und 0,46 km²/km²) geben ebenfalls interessante Einblicke in die zeitliche Variabilität des Geschiebetransportes bei an sich identen Abflussmengen (Messwerte in Abb. 6). Sie

verdeutlichen den hohen Einfluss der aktuellen Sedimentverfügbarkeit auf die tatsächliche Transportmenge, zeigen aber auch eine saisonale Variabilität derselben.

Diese Variabilität kann mit einfachen Geschiebetransportformeln und ihrer querprofilweisen, ingenieurmäßigen Anwendung nicht erfasst werden. Trotzdem erlaubt der Vergleich zwischen berechneten und beobachteten Transportraten eine Evaluierung der Formeln für mittlere bis mäßig hohe Abflüsse (<5-30 jährliche Abflussereignisse; Abb. 6):

- Die häufig verwendete Formel nach Smart und Jäggi (1983) liegt deutlich über der Umhüllenden der Messwerte (Faktor 100!).
- Die Formel von Rickenmann (2001)
- Die Formel von Schneider (2001)

in Kombination mit dem reduzierten Energieliniengefälle (Rickenmann und Recking, 2011) orientiert sich zumindest für höhere Abflüsse an der oberen Umhüllenden der Messwerte. Der steile Abfall der Berechnungskurve bei mittleren Abflüssen zeigt die Annäherung an den berechneten, kritischen Abfluss.

- Die neuere Formel von Schneider et al. (2015) liegt indes an der unteren Umhüllenden, gibt aber den Verlauf der Abfluss-Geschiebetransport-Beziehung gut wieder. Diese Formel kann in relativ einfacher Weise kalibriert werden, was zu einer deutlichen Verbesserung führt.

Insgesamt muss somit festgehalten werden, dass die Berechnung des tatsächlichen Geschiebetrans-

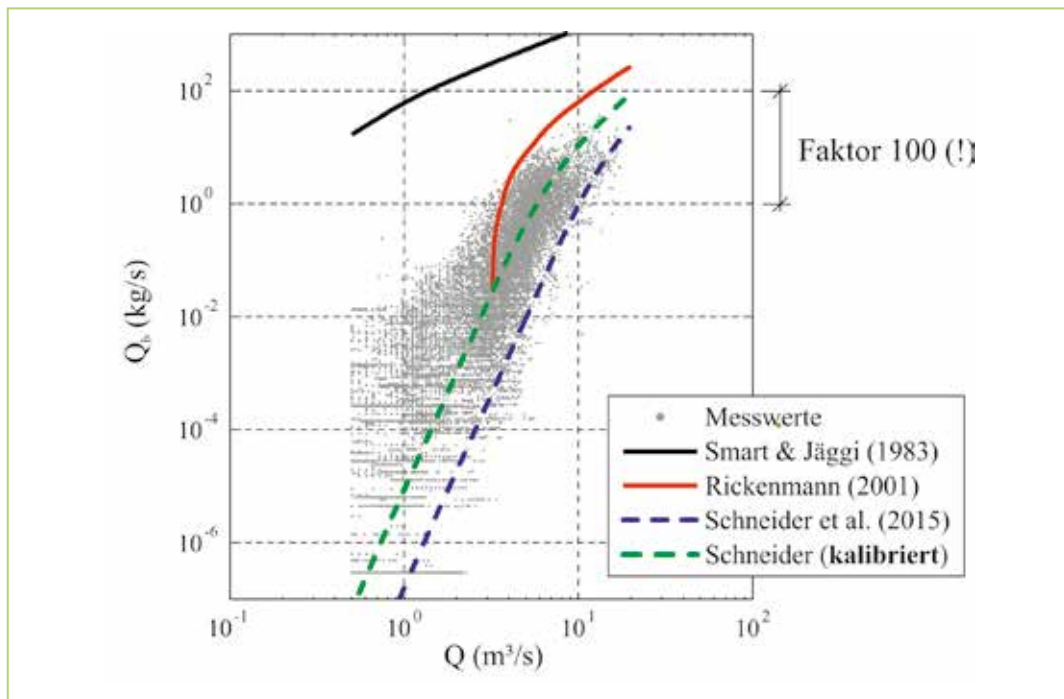


Abb. 6: Abfluss- und Geschiebetransportdaten am Pitzbach (geschiebereicher Gletscherbach) und mittels unterschiedlicher Formeln berechnete Abfluss-Geschiebetransport-Beziehungen; Diagramm in logarithmischer Skalierung.

Fig. 6: Discharge and bedload transport in the Pitzbach (glacier stream with high sediment supply) and the results of several bedload transport equations.

ports mittels einfacher, gängiger Transportformeln für Abflussverhältnisse während hydrologischer Normaljahre mit sehr großen Unsicherheiten behaftet ist. Für die Abschätzung von Jahresgeschiebefrachten sind daher empirische Methoden wie z.B. Übertragung anderswo gemessener Jahresgeschiebespenden oder Gleichung 1 (stets im Hinblick auf übereinstimmende Gebietseigenschaften) zu bevorzugen.

Bei einigen Formeln (z.B. jener von Schneider et al., 2015) kann die Güte durch Kalibrierung stark verbessert werden. Die Kalibrierung kann dabei sowohl über direkt gemessene Geschiebetransport-Abfluss-Beziehungen, aber auch mittels Abflussganglinien und den dazugehörigen Geschiebefrachten (z.B. Jahresabflusskurve und mittlere Jahresgeschiebefracht) erfolgen. Die letztgenannte Methode wird mitsamt einem kleinen Anwendungsbeispiel im Abschlusskapitel der Dissertation vorgestellt.

Langzeit-Modellierung von Geschiebetransports

Viele wasserbauliche Fragestellungen betreffen häufig nicht den aktuellen Geschiebehaushalt eines Gewässers, sondern welche Änderungen sind z.B. mit den geplanten Maßnahmen und/oder dem Klimawandel verbunden. Zum Beispiel führt der Betrieb einer Wasserfassung in Wildbächen zu einer Verringerung der jährlichen Wassermenge in der unterliegenden Bachstrecke, wohingegen die Geschiebefracht, infolge regelmäßiger Spülungen, unverändert bleibt.

Antworten liefern zum einen die Erfahrungen aus dem Betrieb von bereits bestehenden Anlagen und/oder Trends aus diversen Messungen. Aber vermehrt kommt es auch zum Einsatz von computergestützten Modellen; vielfach wird dies bereits im Sinne des „Stand der Technik“ gefordert.

Wie aus den oben darlegten Ergebnissen

von Naturdaten ersichtlich wurde, sind die Anforderungen an solche Modelle sehr hoch: der hohen Variabilität des Geschiebetransports muss mit unsicheren Berechnungsformeln begegnet werden. Dazu müssen solche Modelle (i) die Kornverteilung des Geschiebetransports (fraktionierte Berechnung), (ii) die Interaktion zwischen Transport und Sohlsediment (Durchmischungskonzept) und (iii) den Einfluss wechselnder Geschiebeverfügbarkeit auf den Transport adäquat nachbilden können. Ein solches Modell (eindimensionales Geschiebetransportmodell) wurde im Rahmen der Dissertation erstellt und anhand von den Ergebnissen aus Laborversuchen getestet. In diesem Modell sind die gängigen Berechnungsansätze implementiert und das Hauptaugenmerk lag in der Entwicklung eines neuen Durchmischungskonzeptes, welches eben diesen Einfluss von Geschiebeverfügbarkeit auf den Transport besser beschreibt.

Die Ergebnisse sind vielversprechend. Mit dieser neuen Methode konnten die Laborversuche (Geschiebefrachten, zeitlicher Verlauf des Transports, Kornverteilungen der Sohle und des transportierten Materials) gut nachgerechnet werden. Die Anwendung gängiger Durchmischungskonzepte zeigte hingegen deutlich weniger gute Ergebnisse.

Das genannte Geschiebetransportmodell ist für eine Anwendung durch Dritte leider noch nicht geeignet. Grundsätzlich kann das neu entwickelte Durchmischungskonzept aber in bestehende Simulationsprogramme implementiert werden.

Schlussfolgerung

Der Geschiebetransport in steilen Bächen ist sehr variabel. Während seltener Extremereignisse werden binnen kurzer Zeit immense Mengen trans-

portiert, in hydrologischen Normaljahren sind diese dagegen um ein Vielfaches kleiner. Der Ursache liegt in den unterschiedlichen Transportprozessen während Extremereignissen (ganze Bachsohle in Bewegung) und der restlichen Zeit (laufender Geschiebetransport).

Die mittlere Jahresgeschiebefracht eines Wildbachs hängt im Wesentlichen von der Verfügbarkeit an mobilem Sediment (feines Geschiebe, welches aus diversen Geschiebeherden regelmäßig in den Bach gelangt) und den Abflussverhältnissen ab. Für die untersuchten Einzugsgebiete erreicht diese zwischen 8-750 to/km².

Die Berechnung des Geschiebetransports mittels gängiger Geschiebetransportformeln ist für mittlere bis leicht erhöhte Abflüsse (für hydrologische Normaljahre) nur mit sehr großen Unsicherheiten möglich und deren Verwendung sollte eine gute Kalibrierung miteinschließen.

Für Langzeitbetrachtungen zum Geschiebehaushalt (z.B. zur Abschätzung zukünftiger Entwicklungen infolge geänderter Rahmenbedingungen) sind neuere Geschiebetransportmodellen unter Vorbehalt geeignet. Sie können die zugrundeliegenden Prozesse zu einem gewissen Teil nachbilden, eine Verbesserung dieser Modelle ist Gegenstand aktueller Forschung.

Anschrift des Verfassers / Author's address:

DI Dr. Johannes Kammerlander
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Außerfern
Buchenort 2a, 6600 Lechaschau
johannes.kammerlander@die-wildbach.at

Literatur / References:

- HABERSACK H., KREISLER A., AIGNER J., RINDLER R., TRITTHART M., MOSER M. (2016). Jahresbericht Geschiebemonitoring Urslau 2016. Studie im Auftrag der Wildbach- und Lawinenverbauung.
- HINDERER M., KASTOWSKI M., KAMELGER A., BARTONLINI C., SCHLUNEGGER F. (2013). River loads and modern denudation of the Alps – A review. *Earth-Science Reviews* 118: 11-44.
- KAMMERLANDER J. (2018). Long-term evolution of bed load transport in steep mountain streams and its link with the supply of mobile sediment. Dissertation. In: Aufleger M., Bockreis A., Rauch V. (Hrsg.). *Forum Umweltechnik und Wasserbau*: vol. 27. Innsbruck university press Innsbruck.
- LENZI M. A., MAO L., COMITI F. (2004). Magnitude-frequency analysis of bed load data in an Alpine boulder bed stream. *Water Resources Research* 40: W07201.
- RAINATO R., MAO L., GARCIA-RAMA A., PICCO L., CESCA M., VIANELLO A., PRECISO E., SCUSSEL G. R., LENZI M. A. (2017). Three decades of monitoring in the Rio Cordon instrumented basin: Sediment budget and temporal trend of sediment yield. *Geomorphology* 291: 45-56.
- RICKENMANN D. (2001). Comparison of bed load transport in torrents and gravel bed streams. *Water Resources Research* 37(12): 3295-3305.
- RICKENMANN D., RECKING A. (2011). Evaluation of flow resistance in gravel-bed rivers through a large data set. *Water Resources Research* 47: W07538.
- RICKENMANN D., TUROWSKI J. M., FRITSCHI B., KLAIBER A., LUDWIG A. (2012). Bedload transport measurements at the Erlenbach stream with geophones and automated basket samplers. *Earth Surface Processes and Landforms* 37: 1000-1011.
- SCHNEIDER J. M., RICKENMANN D., TUROWSKI J. M., BUNTE K., KIRCHNER J. W. (2015). Applicability of bed load transport models for mixedsize sediments in steep streams considering macro-roughness. *Water Resources Research* 51, 5260-5283.
- SMART G. M., JÄGGI M. N. R. (1983). Sedimenttransport in steilen Gerinnen. *Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH Zürich*, Nr. 64, ETH Zürich, Schweiz.
- SOMMER N. (1975). Langjährige Hochwasser- und Geschiebebeobachtungen im Einflussbereich des Achenseekraftwerkes. *Interpraevent* 1975, Band 1: 207-222.
- TUROWSKI J. M., YAGER E. M., BADOUX, A., RICKENMANN, D., MOLNAR, P. (2009). The impact of exceptional events on erosion and channel stability in a step-pool channel. *Earth Surface Processes and Landforms* 34: 1661-1673.

NICOLE KAMP, FRANZ LANGEGER, MICHAEL FUNDER

Naturgefahrenmanagement von alpinen Wildbacheinzugsgebieten: Konzeption, Implementierung und Validierung von pyAlpineRisk

Natural hazard management of alpine torrential catchments: conception, implementation and validation of pyAlpineRisk

Zusammenfassung:

In einer Zeit zunehmender meteorologischer Extremereignisse sind hochauflösende Geländemodelle ein wichtiges Werkzeug für das Management von alpinen Naturgefahren. Kombiniert man diese vereinfachten Modelle des Geländes mit unterschiedlichen räumlichen Analysemethoden, so lassen sich diverse Informationen und Parameter gewinnen, die spezielle hydrologische Fragestellungen einfacher beantworten lassen. pyAlpineRisk ist eine Python-basierte Werkzeugpalette, die im Naturgefahrenmanagement zur Unterstützung von diversen Arbeitsabläufen eingesetzt werden kann. Die Sammlung von Werkzeugen reicht von der ersten Einschätzung von Wildbacheinzugsgebieten über die Klassifikation von Wildbächen bis hin zur Verwertung von Sedimentmaterial.

Stichwörter:

Naturgefahren, DGM, Python, räumliche Analysemethoden, Geodaten

Abstract:

In a time of increasing meteorological extreme events, high-resolution terrain models are an important tool for managing natural hazards. Combining simplified models of the terrain with different spatial analysis methods, various information and parameters can be obtained, which make it easier to answer specific hydrological questions. pyAlpineRisk is a Python-based toolset that can be used in natural hazard management to support a variety of workflows. The collection of tools ranges from the first assessment of torrent catchments to the classification of torrents and the utilization of sediment material.

Keywords:

Natural hazards, DTM, Python, spatial analysis, geodata

Einleitung

Am Anfang stehen rechtliche und fachliche Vorgaben. Diese Vorgaben haben ein spezielles Ziel, wie zum Beispiel die jährliche Begehung der Wildbäche oder die Erstellung von flächenhaften Gutachten wie die Gefahrenzonenplanung. Zur Umsetzung dieser Vorgaben beginnt man mit der Entwicklung von Lösungsmöglichkeiten. Dabei werden folgende Fragen gestellt: Welche Information steht zur Verfügung? Welche Möglichkeiten zur Umsetzung der Strategie bieten sich an? Welche Ergebnisse beziehungsweise Informationen können durch die Umsetzung erhalten werden? Wie können Arbeitsabläufe und die entstandenen Ergebnisse validiert werden?

Eine vielversprechende Variante rechtliche Vorgaben zielführend umzusetzen ist durch eine Automatisierung von räumlichen Analysen mit dem Ziel, einerseits geographische Daten optimal nutzen zu können und andererseits Arbeitsabläufe zu beschleunigen, reproduzierbar zu machen und somit Anwendungsfehler zu reduzieren. Mittels der Skriptsprache Python können komplexe und zeitintensive Workflows halb- bis vollautomatisch effizient und einfach abgearbeitet werden.

Auf den folgenden Seiten werden Möglichkeiten, die sich durch den Einsatz von Python-Werkzeugen in Kombination mit hochauflösenden Geodaten ergeben, aufgezeigt. Zusätzlich wird pyAlpineRisk, eine Werkzeugpalette zur Erleichterung und Verbesserung von Arbeitsabläufen im Naturgefahrenmanagement, vorgestellt. Diese Werkzeugpalette wird im Zuge des Dissertationsprojekts der Erstautorin konzipiert und umgesetzt.

Zielsetzung

Das Projektziel ist die Entwicklung einer Python-basierten Werkzeugpalette zur Verbesserung des Naturgefahrenmanagements, kurz pyAlpineRisk. Diese Palette soll als konkretes Hilfsmittel für tägliche Arbeitsabläufe dienen. Durch die Automatisierung von Workflows kann die Bedienbarkeit vereinfacht und der Verwaltungsaufwand reduziert und somit die Effizienz gesteigert werden. Die Werkzeugpalette bietet eine automatisierte Dokumentation aller verwendeten Daten sowie sämtlicher ausgeführter Vorgänge. Die gesamte Vorgehensweise kann so auch im Nachhinein exakt nachvollzogen werden. Somit werden Ergebnisse besser reproduzier- und verifizierbar, was wiederum zu einer Reduktion von Fehlern und in weiterer Folge zu einer Verbesserung der Qualität führt. pyAlpineRisk soll unter anderem bei der Aufbereitung von Grundlagen für Gutachten und Planungen sowie bei der Beantwortung von diversen fachspezifischen Fragestellungen eingesetzt werden. Zusätzlich können damit zum Beispiel wichtige Eingabeparameter für Simulationssoftwareanwendungen gewonnen werden.

In einem weiteren Schritt soll das Projekt aufzeigen, wie viel Potential in hochauflösenden Geodaten steckt und wie man mithilfe von Python-basierten räumlichen Analysen optimal davon Gebrauch machen kann. Der Artikel gibt auch einen Einblick in die heutigen Möglichkeiten von modernen GIS-Methoden und durch welche sich notwendige Parameter zur Beurteilung von Naturgefahren ermitteln lassen.

Methodik – Konzeption – Implementierung – Validierung

Der Entwicklungsprozess dieser Werkzeugpalette lässt sich grundsätzlich in drei Arbeitsschritte gliedern – die Konzeption, die Implementierung und die Validierung von pyAlpineRisk.

Im ersten Arbeitsschritt, der Konzeption, werden rechtliche und fachliche Vorgaben näher betrachtet und die zur Umsetzung dieser Vorgaben notwendigen Grundlagen (Daten und Methoden) evaluiert. Entscheidend bei der Wahl der Datensammlung sind die flächendeckende Verfügbarkeit und die hohe Auflösung der Daten, beziehungsweise der Digitalisierungsmaßstab. Auf die Verwendung eines einheitlichen Koordinatensystems muss natürlich geachtet werden. Vereinzelt Fehler und Unschärfen in den Geodaten, wie zum Beispiel eine ungenaue Digitalisierung der Gewässerachse oder das Fehlen von einzelnen Gebäuden in der Gebäudemasken, müssen bei einer bundeslandweiten Berechnung in Kauf genommen werden. Der wichtigste Input für die unterschiedlichen Auswertungen ist ein quadratisches Rastergitter mit Referenzkoordinaten (x,y), einer speziellen Ausdehnung, einer gewissen Zellenlänge und Höhenwerten (z). Dieses Gitter ist eine Repräsentation der Geländeoberfläche – ein Digitales Geländemodell (DGM). Dieses DGM mit Rasterauflösungen zwischen 1 bis 10 m gilt als wichtiger Eingangsparameter für die Ableitung von verschiedenen Gelände- und hydrologisch relevanten Parametern, wie Neigung, Exposition, Topographic Position Index, Fließrichtung oder Fließakkumulation (Olaya, 2009).

Numerische Analysen des Geländemodells bieten in vielen Bereichen gute Lösungsansätze, welche auch durch die steigende Genauigkeit der verfügbaren Modelle zunehmend an Attraktivität gewinnen. Aus diesem Grund finden numerische Ansätze vermehrt Verwendung in der

Wissenschaft, nicht zuletzt auch wegen des naturgemäß starken Umfangs des verwendeten Datenmaterials zeitgemäßer Modelle. Hydrologie ist die Wissenschaft über die Bewegung, Verteilung und Qualität von Wasser auf der Erde. Die Bewegung des Wassers lässt sich über die Gravitation beschreiben. Zusammen mit den Eigenschaften der Materialien, in oder über denen sich das Wasser bewegt, lassen sich so Regeln festlegen, um das Fließverhalten über das Geländemodell zu beschreiben. Diese Eigenschaften lassen sich anhand des DGMs sehr gut erklären und sichtbar machen, wobei gilt, je steiler das Gelände ist, umso stärker ist die Gravitation, und umso besser werden die Verhältnisse in der Modellierung abgebildet. Durch das Fließverhalten des Wassers lassen sich verschiedenste Parameter aus dem DGM herausfiltern. Dabei wird das DGM entweder alleine betrachtet oder zusammen mit anderen Geodaten analysiert (Gruber et al, 2009). Im Zentrum fast jeder topografischen Betrachtung des Geländes steht eine Nachbarschaftsanalyse. Rasterzellen mit Information über die Geländehöhe können entweder in Bezug auf ihre direkte Nachbarschaft (e.g. Neigung, Exposition) ausgewertet werden. Sie können auch zusammengefasst in topografischer Relation zueinander analysiert werden, beziehungsweise sind sie durch hydromorphologische Eigenschaften immer miteinander verbunden, wie es zum Beispiel bei der Fließrichtung der Fall ist (Olaya, 2009). Im zweiten Schritt wird zusammen mit Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Wildbach- und Lawinerverbauung (WLV) ein Konzept zur Umsetzung der rechtlichen und/oder fachlichen Vorgaben definiert. Die daraus entstandenen Anforderungen und Wünsche werden durch die Entwicklung spezieller, halbautomatischer Auswerteprogramme umgesetzt. Dabei wird versucht so viele Arbeitsschritte wie möglich zu automatisieren. Es werden Testgebiete ausgewählt, um

den Workflow zu entwickeln und zu testen. Mögliche Probleme werden diskutiert und Alternativen ausgearbeitet.

Im dritten und letzten Arbeitsschritt, der Validierung, werden die automatisch ermittelten Ergebnisse bewertet. Im Falle einer positiven Evaluierung und von zufriedenstellenden Ergebnissen können diese in tägliche Arbeitsabläufe integriert werden. Durch den tatsächlichen Einsatz ergeben sich oft weitere Wünsche und Anpassungen, beziehungsweise werden etwaige Probleme sichtbar. Je nach Zielgruppe der Anwender kann die Werkzeugpalette als reine Black-Box, also ohne einen Einblick beziehungsweise Eingriff in den Workflow selbst zu haben, oder als halbautomatische Anwendung, mit der Möglichkeit Parametereinstellungen selbst zu wählen, umgesetzt werden.

pyAlpineRisk

Die Naturgefahrenmanagement-Werkzeugpalette pyAlpineRisk kann tägliche Arbeitsabläufe bei der WLV unterstützen und vereinfachen. Die Palette wird ständig weiterentwickelt und verbessert. Sie umfasst in der Zwischenzeit unter anderem Werkzeuge

- zur Vereinfachung des Geländes,
- zur statistischen Analyse von Wildbacheinzugsgebieten,
- zur Ermittlung des Schadenspotenzials von Wildbächen,
- zur Berechnung des Stauraumes von Geschiebesperren und Hochwasserrückhaltebecken,
- zum Export von Eingangsparametern für die Simulationssoftware Flo-2D PRO
- oder zur Ermittlung von Grundlagen für Planungen für die ordnungsgemäße und wirtschaftliche Verwertung von Sedimenten.

Im Zuge dieses Beitrags werden drei Werkzeuge dieser Palette vorgestellt. Das Werkzeug zur Berechnung des Stauraumes von Geschiebesperren und Hochwasserrückhaltebecken wurde bereits im Heft Nr. 181 im Juni 2018 (Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinerverbauung, 2018) vorgestellt.

Hydro-Tool zur Analyse von Wildbacheinzugsgebieten

Dieses GIS-Tool wird verwendet um einzuggebietscharakteristische Informationen abzufragen und dient als Hilfsmittel im Bereich der Gefahrenzonenplanung, Maßnahmenplanung und der Gutachtererstellung. Hydrologische- und Geschiebeparameter können hier mit relativ geringem Aufwand flächendeckend errechnet werden.

Konzeption

Im Zuge der Erstellung des Gefahrenzonenplans muss für jedes raumrelevante Einzugsgebiet ein Wildbachaufnahmeblatt erstellt werden, dass die Kennwerte zur Charakteristik des Wildbachs und die Grundlagen zur Abgrenzung der Gefahrenzonen enthält. Ziel ist es daher, ausgehend von der Abgrenzung des Einzugsgebiets so viele notwendige Parameter wie möglich automatisch ermitteln zu können.

Verschiedene Tests haben gezeigt, dass das DGM mit einer Auflösung von 5 m die besten Ergebnisse bei der automatischen Berechnung von Wildbacheinzugsgebieten liefert. Die in diesem Werkzeug verwendeten Geodaten sind:

- DGM mit 5 m Auflösung (Land Steiermark)
- Geologische Karte 1:50.000 (Geologische Bundesanstalt)
- Corine Landcover (Copernicus Land Monitoring Service)
- KlimaAtlas (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik)

HYDRO TOOL

Analyse des Einzugsgebiets



Einzugsgebietsname: Pöneggbach

Tiefster Punkt [m a.s.l.]: 502.0
 Höchster Punkt [m a.s.l.]: 1447.0
 Mittlere Geländehöhe [m a.s.l.]: 889.0
 Reliefaktor [m]: 945.0
 Minimale Hangneigung [%]: 0.0
 Maximale Hangneigung [%]: 165.0
 Mittlere Hangneigung [%]: 43.0
 Minimaler Jahresniederschlag [l/m²]: 784.0
 Maximaler Jahresniederschlag [l/m²]: 1108.0
 Mittlerer Jahresniederschlag [l/m²]: 914.0
 Maximaler Oberflächenabfluss [m]: 1178.0
 Hauptexpositionsrichtung des Einzugsgebiets: S

Quellen Seehöhe: 1163.5

.....
 Grösse des Wassereinzugsgebiets [km²]: 8.58

Gesamt Gerinnelaengen [km]: 15.17

.....
 Gerinnenetz ...

Abb. 1: Beispielhafte Ergebnisse des Hydro-Tools (Informations-PDF)

Fig. 1: Exemplary results of the Hydro-Tool (information-pdf)

- Bauwerkskataster (Wildbach- und Lawinenkataster der WLW)
- Ereigniskataster (Wildbach- und Lawinenkataster der WLW)
- Digitale Katastralmappe (DKM) – Nutzung (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen)
- WaldAtlas (Land Steiermark)

Implementierung

Über Rasteranalysen werden unterschiedliche Geländeparameter aus dem DGM abgeleitet. Dazu gehören zum Beispiel Neigung, Exposition, Fließakkumulation, Fließrichtung oder die Fließlänge. Betrachtet man zum Beispiel die Neigung etwas genauer, so gibt es eine Vielzahl von Algorithmen, die das Fließverhalten in einem DGM über die Neigung beschreiben. Die gängigste Methode ist die D8 (Deterministic 8)-Methode nach dem Ansatz von Jenson und Domingue (1988) und O'Callaghan und Mark (1984). Für

jede einzelne Zelle wird die Fließrichtung auf Basis ihrer acht Nachbarn ermittelt. Für die Fließrichtung ist nur der steilste Weg entscheidend, das heißt, es kann nur in Richtung eines der acht Nachbarn fließen. Diese Fließrichtung als „Richtung des steilsten Gefälles“ ist ein entscheidender Geländeparameter für die Abgrenzung des Einzugsgebiets und ermöglicht die Ableitung von vielen anderen hydrologisch-relevanten Parametern, wie zum Beispiel die Fließakkumulation.

Ist die Abgrenzung eines Einzugsgebiets einmal ermittelt, sind zusätzlich diverse Geländeparameter notwendig um mittels statistischer Analysen einzugsgebietscharakteristische Informationen abzufragen. Dazu zählen zum Beispiel der Reliefaktor, die mittlere Hangneigung, die mittlere Geländehöhe, der mittlere Jahresniederschlag oder auch das Gefälle des Gesamtgerinnenetzes, die Gerinnelänge sowie die Gerinnedichte oder die Hauptexposition des Einzugsgebietes. Der Verschnitt mit anderen Geodaten liefert statisti-

EZG Parameter (Hydro Tool)									
EG	Gerinnelänge	Wasserscheidenseehöhe	Quellenseehöhe	Mündungseehöhe	EG-Breite	Ofabt.	Wald	EG-Länge	Fließlänge
[km ²]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	%	[m]	[m]
8.58	896	1447	1164	502	2206	1178	77	7924	9926

Gefälle			Anlaufzeiten [min]		
Gerinne	EG	Ofabt.	TC bei mittlerer v	Kirpich	kritische Dauerstufe
Gefälle %	Gefälle %	Gefälle %			[min]
7	12	43	91.91	52.61	29.32

Geschiebeabschätzung		Geologie		4		3		
Zedacher	Kronfelner	Kronfelner	Smart Jägg	D'Agelino	0.50	0.70	1.00	2.00
Stark mittel	Alpervort	Nied Tauern	E. steile Gerinne		m ³ /m	m ³ /m	m ³ /m	m ³ /m
GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF
[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]
10.869	12.485	31.908	14.582	19.285	4.484	6.278	8.968	17.936

Bemessungsniederschlag	Geschiebefracht	Gewält	Abflussbeiwert	Reinwasserfracht	-Gesamtracht	Geschiebeanteil
Gewält (Flächenabgemindert)	Geschiebefracht	Gewält				
[mm]	[m ³]	[m ³]	Abtragung	Markt		%
84.00	1000.00	0.30	216216.00	217216.00	0	

Niederschlag									
Niederschlag Dauerstufe		Niederschlag ohne Abminderung		sanfte Abminderung Lorenz & Skoda (2000)		starke Abminderung Lorenz & Skoda (2003)		starke Abminderung Blöchl (2009)	
Gewält	DN [h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm/h]
[mm]		Etzt							
90	1.50	101.0	67.3	106.3	66.8	83.7	55.8	66.9	57.9

Abb. 2: Hydrologische Kennzahlen – Eingabemaske

Fig. 2: Hydrological indicators – input mask

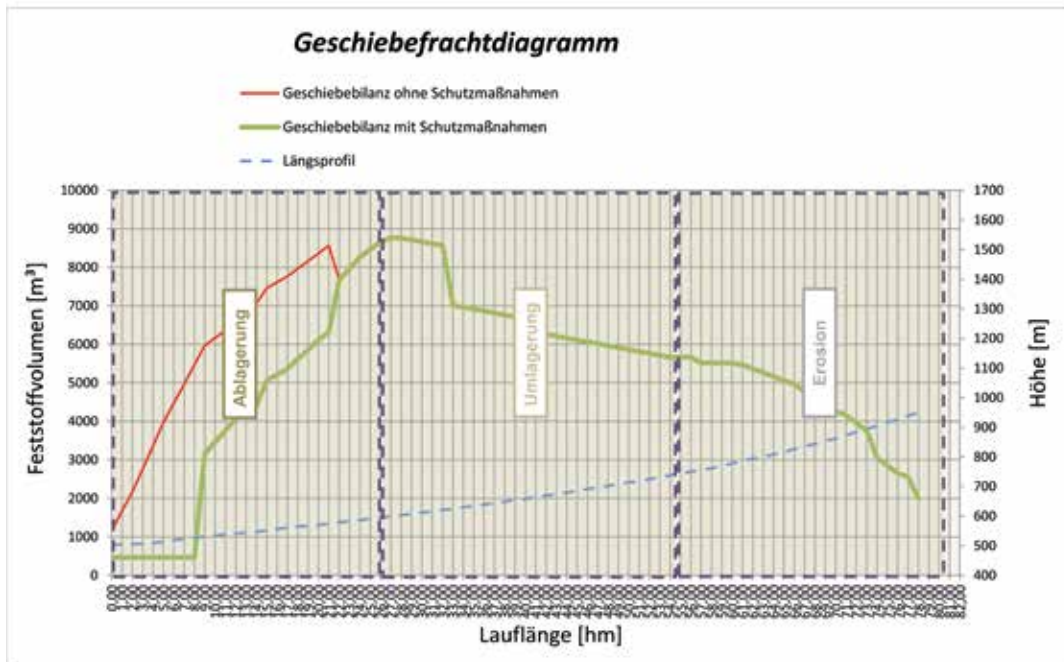


Abb. 3: Geschiebefrachtdiagramm

Fig. 3: Diagram of bed load transport

sche Informationen zu den Corine-Landcover-Flächen, der Nutzung aus der DKM oder der Geologie. Diese Ergebnisse beziehungsweise Informationen werden verwendet, um ein mehrseitiges Informations-PDF (siehe Abb.1), Vorlagen für Geschiebefrachtdiagramme (siehe Abb. 3) zu erstellen und weitere hydrologische Kennzahlen zu ermitteln (siehe Abb. 2).

Die grauen Felder in Abbildung 2 zeigen die Geländeparameter, die durch das Hydro-Tool automatisch ausgewertet werden. Für das Geschiebefrachtdiagramm wird das Längsprofil ebenfalls aus dem Tool ermittelt. Die Erhebung der Geschiebefracht pro Laufmeter erfolgt unter Anwendung des Verfahrens der Geschiebebilanz der WLV direkt im Gelände.

Validierung

Das gegenständliche Tool berechnet verschiedenste Parameter, welche im Praxisgebrauch in

weiteren Arbeitsschritten in Formeln beziehungsweise in Modellen zur Anwendung kommen. Die Ergebnisse dieser Formeln und Modelle werden im Zuge der täglichen Arbeit der WLV mit natürlichen Prozessen direkt in Verbindung gebracht und aus diesem Umstand auch laufend überprüft. Die automatisierte Abfrage von Parametern beschleunigt manche Arbeitsprozesse einerseits, andererseits müssen vor allem in der Anfangsphase alle Ergebnisse, welche im Zusammenhang mit dem Hydro-Tool errechnet wurden, kritisch hinterfragt werden. Dies erfordert auch stellenweise Änderungen im Skript. Trotz dieser Bedingungen sollen erste Tests des Tools in der Praxis durchgeführt und dokumentiert werden. Dabei sollen ältere Techniken der Informations- beziehungsweise Parameter-Gewinnung, mit den Ergebnissen der gegenständlichen numerischen Methode in verschiedenen Kategorien, verglichen werden. Aus diesen Umständen sollen vor allem auch langfris-

tige, systematische Veränderungen durch die Verwendung des Tools besser abschätzbar gemacht werden.

Wichtig ist im Zuge der Anwendung eine gute Dokumentation und stichprobenartige Tests bzw. Vergleiche mit gängigen nichtautomatischen Verfahren oder Methoden. Zur Validierung hilfreich sind in diesem Zusammenhang Kennzahlen und Bandbreiten wie z.B.: typische Gefällebereiche von Wildbächen, Abflussmengen und -frachten je km² Einzugsgebietsfläche, typische Anlaufzeiten in min auf Basis der Fließlängen sowie Geschiebefrachten je km².

Wildbachklassifikation

Die Wildbachklassifikation (WBK) hat das Ziel sämtliche Wildbäche entsprechend ihres Schadenspotenzials zu bewerten und in Abschnitte zu unterteilen. Die Kategorie soll als Attribut der Gewässerachse beigefügt werden. Mit dieser Klassifikation soll der Gemeinde die Priorisierung der Begehungstrecken erleichtert werden.

Die einzelnen Gewässerabschnitte werden nach den drei folgenden Kategorien eingeteilt:

- Kategorie A: Hoch – Gewässerabschnitte mit sehr hohem Schadenspotenzial, in besiedelten Bereichen [rot]
- Kategorie B: Mittel – Erhöhtes Risiko für Straßen, sonstige Infrastrukturen bzw. Gefährdung durch potentielle Rutschungen [gelb]
- Kategorie C: Gering – Fels- und Schluchstrecken sowie Bachoberläufe außerhalb des Waldbereiches bzw. oberhalb der Waldgrenze [blau]

Konzeption

Gemäß Forstgesetz § 101, Abs. 6 ist jede Gemeinde verpflichtet, ihre Wildbäche samt Zuflüssen zu begehen. Die Wildbachbegehung

muss jährlich und bevorzugt im Frühjahr nach der Schneeschmelze oder nach Unwettern erfolgen. Es müssen dabei im Hochwasserabflussbereich (Bachbett, Ufer- und Grabeneinhänge) vorhandene Abflusshemmnisse (Wildholzablagerungen, Schlagabraum oder sonstiges Verkläumungsmaterial) dokumentiert werden. In der Steiermark müssen somit ca. 21.000 Bachkilometer jährlich begangen werden. Die hier vorgestellte Wildbachklassifikation ist eine Grundlage für die Priorisierung dieser jährlichen Wildbachbegehungen.

Die Grundlage für die räumliche Analyse liefert das DGM mit einer Rasterauflösung von 10 m. Zusätzlich wird eine Reihe anderer Fachdaten verwendet. Hierbei ist zu beachten, dass die unterschiedlichen Genauigkeiten und Kartierungsmaßstäbe der Daten die Qualität der Ergebnisse beeinflussen kann.

Zu den verwendeten Geodaten gehören:

- DGM mit 10 m Auflösung (Land Steiermark)
- Gewässernetz (Wildbach- und Lawinenkataster der WLV)
- Gefahrenzonenpläne der Gemeinden (Wildbach- und Lawinenkataster der WLV)
- Bauwerkskataster (Wildbach- und Lawinenkataster der WLV)
- Gebäudemasken aus den Airborne Laser-scanning Daten (Land Steiermark)
- Verkehrsnetz und Forststraßen der Graphenintegrations-Plattform GIP (GIP.at)

Implementierung

Bevor weitere GIS-Analysen durchgeführt werden können, wird das Gewässernetz in Gewässersegmente mit einer Länge von je 500 m aufgeteilt. Die Gewässersegmente werden mit den Höhenwerten des DGMs verschnitten und so wird jedem Segment ein mittlerer Höhenwert zugewiesen. Mit dieser Methode bekommt jedes einzelne Seg-

ment abhängig von der Lage im Gelände eine eindeutige Abschnitts-ID zugewiesen, die sich aus der WLK-ID und einer fortlaufenden Nummer zusammensetzt. Durch diese Nummer kann einerseits die eindeutige Lage innerhalb einer Gewässerroute, zum Beispiel befindet sich der Abschnitt an der Mündung oder an der Quelle, eruiert und andererseits können dadurch diverse Nachbarschaftsanalysen durchgeführt werden. Die einzelnen Gewässerabschnitte werden mit

den unterschiedlichen Teilparametern (Gefahrenzonen, Bauwerke, Verkehrsinfrastruktur, Gebäudemaske) verschnitten und unter Zuhilfenahme der Decision-Tree-Methode klassifiziert. Durch die Zusammenschau der Teilparameter und Nachbarschaftsanalysen der einzelnen Segmente ergibt sich die Gesamtbewertung. Dabei gilt Kategorie A vor B vor C. Wird in einem Teilbereich des Gewässersegmentes eine erhöhte Priorität erreicht, so wird diese auch für den restlichen Gewässerabschnitt ausgegeben. Mit Hilfe der Wildbachklassifikation können die Wildbäche zum Beispiel für ein gesamtes Bundesland (siehe Abb. 4) automatisch klassifiziert werden, vorausgesetzt die dafür notwendigen Geodaten sind vorhanden.

Validierung

Das Ergebnis wurde den Gebietsbauleitungen der WLW Steiermark vorgelegt und von den dort zuständigen Bearbeitern validiert. Hier ist zu erwähnen, dass die Validierung in diesem Fall stark von der subjektiven Einschätzung der Bearbeiter geprägt wurde. Die Überarbeitungsvorschläge wurden gesammelt und in den bestehenden Datensatz eingearbeitet. Da die einzelnen Geodaten ständig verbessert und erweitert werden, sollte die Wildbachklassifikation jeweils zu Jahresbeginn bzw. bei Änderungen des Naturraums (zum Beispiel nach Ereignissen) neu gerechnet werden. Dieses Werkzeug befindet sich noch in der Validierungsphase. Die Qualität der Auswertung kann erst im Zuge der Wildbachbegehungen getestet werden. Erfahrungen, die im Zuge der Begehungen gewonnen wurden, werden im Folgejahr in der automatischen Klassifikation mitberücksichtigt. Man kann jedoch schon grob abschätzen, dass ca. 12.000 km, also fast 60 % der Wildbäche in der Steiermark der Kategorie A und der Kategorie B zuzuordnen sind (siehe Tab. 1).

Kategorie	Länge (km)	Anteil (%)
A	6.095	29
B	5.902	29
C	8.835	42
Gesamt	20.832	100

Tab. 1: Wildbachklassifikation Steiermark – Statistische Auswertung

Tab. 1: torrent classification Styria – statistical analysis

Sedimentmanagement Tools – Mulden-Detektion und Tool zur Ermittlung der kürzesten Transportstrecke

Zum Schutze der Siedlungsräume hat die WLW unter anderem die Aufgabe, Rückhalteräume freizuhalten und zu räumen. Diese Räumung ist ein wichtiger Bestandteil der Instandhaltung von Schutzbauwerken. Das angefallene Räummaterial sollte dabei auf geeignete Flächen geführt werden, die sich möglichst in der näheren Umgebung befinden, um Emissionen möglichst gering zu halten.

Diese zwei hierfür entwickelten Tools ermöglichen die Detektion von Mulden im Geländemodell und die Ermittlung ihres Fassungsvermögens. Möglich ist auch die Ermittlung der Wegstrecke zu einer Vorsorgefläche zur Wiedereinbringung des Materials oder zu einer Deponie.

Mit diesen Tools sind somit die Ermittlung geeigneter und hinsichtlich kurzer Transportwege wirtschaftlich bestmöglicher Flächen möglich.

Konzeption

Nach Hochwasserereignissen sammelt sich meistens eine große Menge an Geschiebe- beziehungsweise Sedimentmaterial an. Da eine Räumung unmittelbar nach Ereignissen notwendig

ist, sind bereits vor dem Ereignis vorhandene Konzepte zur Verwertung, Verwendung oder Deponie des Materials notwendig. Mit diesem Tool können im Vorfeld die Grundlagen, wie die Lage geeigneter Flächen mit kürzesten Transportdistanzen ermittelt und somit als Hilfestellung für ein Materialbewirtschaftungskonzept und die Kalkulation möglicher Kosten herangezogen werden.

Implementierung

Im Mittelpunkt dieser räumlichen Analyse steht die Ermittlung der topografischen Position für jeden einzelnen Pixel im Gelände. Das Konzept des Topographic Position Index (TPI) wurde von Weiss (2001) und Guisan et al. (1999) näher beschrieben und entwickelt und von Jenness et al. (2011) als Werkzeug implementiert. Der TPI wird verwendet, um Landschaften nach ihrer topografischen Position (Kamm, mittlerer Hangbereich, etc.) zu klassifizieren und nach Landschaftsform (Täler, Berge, etc.) einzuteilen. Je nach Größe der betrachteten Nachbarschaft können damit unterschiedlich große Strukturen detektiert werden. Mit dieser Methode kann unter anderem auch die Information über potentielle Mulden im Gelände extrahiert werden. Diese Mulden werden digital künstlich verfüllt und das Volumen für die einzelnen Bereiche ermittelt. Mithilfe der Nutzungsinformation aus der Digitalen Katastralmappe (e.g. landwirtschaftliche Nutzflächen) werden schließlich jene Mulden beziehungsweise mögliche Rekultivierungsflächen ausgewiesen, die tatsächlich zum Auffüllen von Geländeunebenheiten durch Sedimentmaterial in Frage kommen könnten. Somit können wichtige Grundlagen zur Erstellung von Einreichprojekten für eine landwirtschaftliche Verwertung (Verbesserung der landwirtschaftlichen Nutzung durch eine Verfüllung von Unebenheiten) berechnet werden.

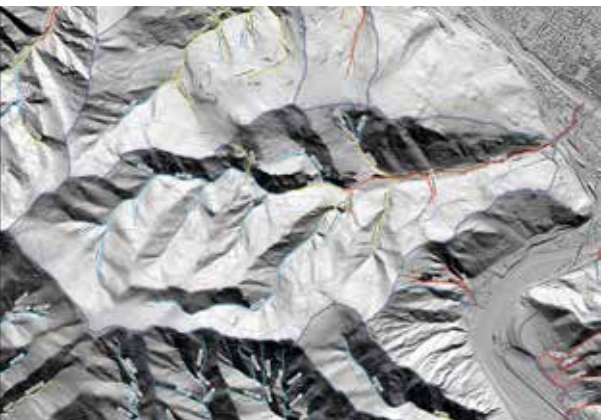
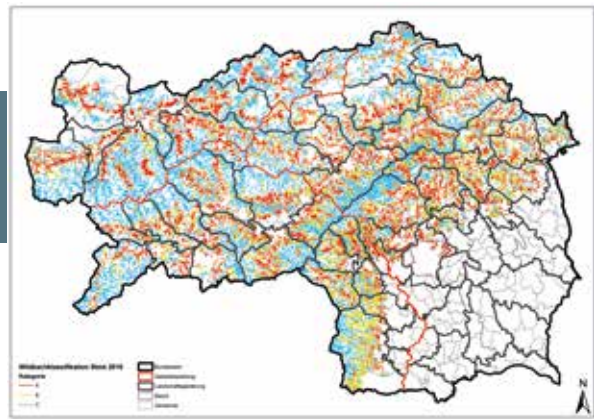


Abb. 4: Ergebnisse der bundeslandweiten Wildbachklassifikation und Fallbeispiel „Weitenttalbach“

Fig. 4: Results of the torrent classification, example Styria and case example "Weitenttalbach"

Die dafür verwendeten Geodaten sind:

- DGM mit 1 m Auflösung (Land Steiermark)
- Digitale Katastralmappe (DKM) – Nutzung (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen)

Das zweite Sedimentmanagement-Werkzeug ist eine GIS gestützte Ermittlung des kürzesten Transportweges über das Verkehrsnetz aus der GIP (GIP-Route). Vom Ausgangspunkt der Materialabfuhr, wird die kürzeste Entfernung zum nächstgelegenen Deponiestandort oder auch zu potentiellen Mulden ermittelt und kann Materialbewirtschaftungspläne verwendet werden. Für diese Analyse werden zusätzlich noch folgende Daten verwendet:

- Verkehrsnetz der Graphenintegrations-Plattform GIP (GIP.at)
- Kompetenzpunkte (Wildbach- und Lawinenkataster der WLV), als Ausgangspunkt des Materialanfalls
- optional: Deponiestandorte, Flächen zur landwirtschaftlichen Bodenverbesserung, Vorsorgeflächen für Geschiebematerialien

Validierung

Die beiden Sedimentmanagement-Werkzeuge befinden sich erst in der Implementierungsphase, aber erste Ergebnisse zeigen, dass der Ansatz durchaus vielversprechend ist (siehe Abb. 5). Es konnten bereits erste Mulden detektiert und ihr potentielles Fassungsvermögen ermittelt werden, wobei auf alle Fälle noch analysiert werden muss, welche Mulden sich tatsächlich als Ablagerungsfläche eignen und welche nicht in Frage kommen.

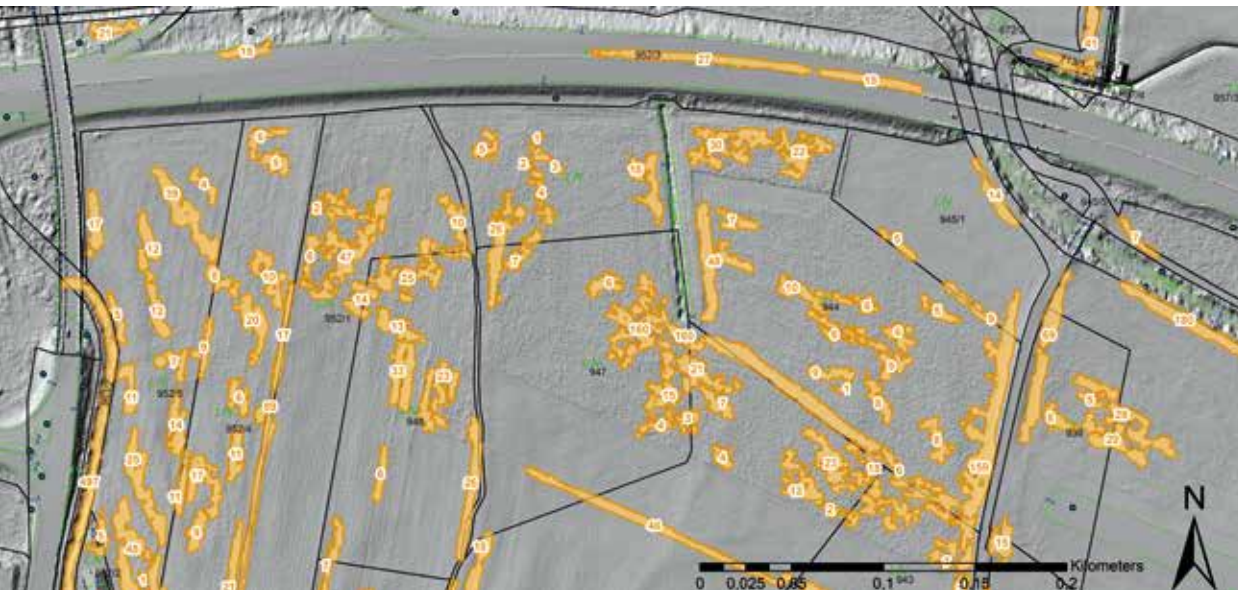


Abb. 5: Sedimentmanagement – erste Ergebnisse inklusive Volumen in m³

Fig. 5: Sediment management – first results including volume in m³

Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Beitrag gibt einen kurzen Einblick in das große Potential von hochauflösenden Digitalen Geländemodellen und stellt die Geoinformation als leistungsfähiges Hilfsmittel zur Gewinnung von Grundlagendaten für die Umsetzung von sowohl rechtlichen als auch fachlichen Vorgaben vor. Mittels räumlicher Analyse lassen sich eine Vielzahl von wichtigen Informationen und unterschiedlichen Geländeparametern aus dem DGM ableiten. Kombiniert man diese Informationen mit anderen Geodaten und automatisiert Prozesse mithilfe von Python, so können so manche Arbeitsabläufe bei der WLV beschleunigt und vereinfacht werden.

Das Hydro-Tool unterstützt die Erstellung und liefert Grundlagen für die Abgrenzung von Gefahrenzonen indem die dafür notwendigen Parameter, wie zum Beispiel die maximale und minimale Höhe des Einzugsgebiets, die mittlere Hangneigung oder der Waldanteil berechnet und abgefragt werden können. Die Darstellung des Schadenpotenzials der Wildbachklassifikation gibt dem Wildbachbegeher/ der Wildbachbegeherin für die alljährlichen Begehung wichtige Information über die Charakteristik des Wildbaches. Die Festlegung von nahegelegenen potentiellen Mulden vereinfacht die Suche nach möglichen Standorten für eine landwirtschaftliche Verwertung von Geschiebe aus den Stauräumen.

Die vorgestellte Werkzeugpalette pyAlpineRisk demonstriert, wie viele neue Möglichkeiten sich durch Python-basierte räumliche Analysen als Hilfsmittel für tägliche Arbeitsabläufe ergeben und sollte die Leser und Anwender dazu motivieren von diesen neuen Möglichkeiten in Zukunft vermehrt Gebrauch zu machen.

Bei weiteren Fragen rund um dieses Thema wenden Sie sich bitte an die Autoren.

Anschrift der Verfasser / Authors' addresses:

Nicole Kamp
Universität Graz – Institut für
Geographie und Raumforschung
Körbnergasse 15/5/33, 8010 Graz
niki.kamp@gmail.com

Franz Langedger
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Steiermark Ost
Ziegelofenweg 24, 8600 Bruck an der Mur
franz.langedger@die-wildbach.at

Michael Funder
Wildbach- und Lawinenverbauung
Gebietsbauleitung Steiermark Ost
Ziegelofenweg 24, 8600 Bruck an der Mur
michael.funder@die-wildbach.at

Literatur / References

- GRUBER, S., PECKHAM, S. (2009). Land-Surface Parameters and Objects in Hydrology. in: Hengl T. und Reuter H. (Hrsg.). *Geomorphometry - Concepts, Software, Applications*. Elsevier Amsterdam und Oxford: 171-194.
- GUISAN, A., WEISS, S. B., WEISS, A. D. (1999). GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology* 143: 107-122.
- JENNESS, J., BROST, B., BEIER, P. (2013). *Land Facet Corridor Designer*. – USDA Forest Service Rocky Mountain Research Station, McIntire Stennis Cooperative Forestry Program and Arizona Board of Forest Research, 102 Seiten.
- JENSON, S. K., DOMINGUE, J. O. (1988). Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54 (11): 1593-1600.
- KAMP, N., LANGEGER F. (2018). GIS-Tool zur Ermittlung des Stauräum von Geschiebesperren und Hochwasserrückhaltebecken. in: Verein der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung (Hrsg.). *Sperrenbau – Sperrtypen – Sperrfunktionen*. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz (88) 181: 324-327.
- O'CALLAGHAN, J.F., MARK, D.M. (1984). The Extraction of Drainage Networks from Digital Elevation Data. *Computer vision, graphics, and image processing* 28: 323-344.
- OLAYA, V. (2009). Basic Land-Surface Parameters. in: Hengl T. und Reuter H. (Hrsg.). *Geomorphometry - Concepts, Software, Applications*. Elsevier Amsterdam und Oxford: 141-169.
- WEISS, A. (2001). Topographic Position and Landforms Analysis. Poster presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA.

CHRISTIAN AMBERGER

Das Gemeindeportal der Wildbach- und Lawinerverbauung – Naturraum und Naturgefahren auf einen Blick

Die intensive Auseinandersetzung mit dem Naturraum und die gesetzliche Verpflichtung zur Führung eines Wildbach- und Lawinenkatasters bedingen, dass die WLW eine Fülle an Geodaten und projektbezogenen Daten sammelt, erstellt und bearbeitet. Diese Informationen müssen im Sinne der geltenden Rechtslage und aufgrund der wirtschaftlichen Interessen der Betroffenen, für die Gemeinden und Körperschaften öffentlichen Rechts (Wasserverbände, Gemeindeverbände, Genossenschaften) zugänglich sein.

Welche Daten sind erfasst?

Erfasst sind derzeit Einzugsgebietsdaten, also Informationen über die rund 12.000 Wildbäche und 7.000 Lawinen, Daten der Gefahrenzonenplanung für die ca. 1.500 betroffenen Gemeinden, Daten der rund 200.000 WLW-Schutzbauwerke, projektbezogene Informationen sowie Angaben über Schadereignisse. Die Gemeinden und Wassergenossenschaften können im Portal auch die Daten der von ihnen durchgeführten, laufenden Überwachung (LÜ) der Bauwerke eingeben und zukünftig standardisierte Informationsblätter downloaden. Die Bereitstellung der Informationen erfolgt über eine browser- und betriebssystemübergreifende Web-basierende open-source Anwendung und die Nutzung ist auf allen stationären und mobilen Endgeräten möglich.

Wie komme ich zu meinem Gemeindeportal?

Im Portal wurden alle 2.100 Gemeinden Österreichs angelegt. Die Anmeldung erfolgt auf

<https://gemeindeportal.die-wildbach.at>, worauf die Authentifizierung mit der Gemeinde-Mailadresse (Gemeindepfach) und das Akzeptieren der Geschäftsbedingungen folgen. Danach erhält man per Mail einen Link und kann das Gemeindeportal verwenden. Die Einstiegsseite zeigt immer die aktuellste Oberfläche und Datenlage. Innerhalb der einzelnen Menüpunkte befinden sich die gesamten Detailinhalte, welche beliebig nach allen abfragbaren Merkmalen selektiert und als Excel-Tabelle exportiert werden können. Die Inhalte können auf verschiedenen Kartenhintergründen dargestellt und exportiert oder ausgedruckt werden. Die Verwendung ist für die Gemeinde mit keinerlei Kosten verbunden und denkbar einfach. Als reine Web-Anwendung erfolgt die Aktualisierung außerdem unbemerkt im Hintergrund.

Anschrift des Verfassers:

DI Christian Amberger
Wildbach- und Lawinerverbauung
Sektion Wien, Niederösterreich und Burgenland
Marxergasse 2, 1030 Wien
christian.amberger@die-wildbach.at



Abb. 1: Die Startmaske des Gemeindeportals (hier am Beispiel Zell am See)

CHRISTIAN AMBERGER

10 Jahre Ausbildung ÖWAV Gewässerwärter/in – Gewässermeister/in

Der Arbeitsausschuss „Gewässerbetreuung“ der Fachgruppe Wasserbau, Ingenieurbiologie und Ökologie des ÖWAV unter Leitung von Dipl.-Ing. Rudolf Hornich (Amt der Steirischen Landesregierung) befasst sich mit der Pflege und Instandhaltung naturnaher Fließgewässer.

Die wesentlichen Ergebnisse der Ausschussarbeit sind neben der Standardpublikation „Fließgewässer erhalten und entwickeln – Praxisfibel zur Pflege und Instandhaltung“ auch die Erstellung und die Durchführung des Ausbildungsprogramms zum/zur „ÖWAV-Gewässermeister/in“.

Dieser Ausbildungskurs erstreckt sich über drei aufeinander aufbauende Module (Grundkurs I und II, Aufbaukurs) zu jeweils 5 Tagen. Nach jedem Kursmodul ist eine Prüfung abzulegen. Mit der erfolgreichen Absolvierung der beiden Grundkurse erreicht man die Qualifikation „Gewässerwärter/in“, mit erfolgreich abgelegtem Aufbaukurs die Qualifikation „Gewässermeister/in“. Das Ausbildungsziel des Kurses soll die fachliche Befähigung für eine ordnungsgemäße und nachhaltige Instandhaltung von Fließgewässern (Schutz- und Regulierungsbauten und freie Fließstrecken) mitsamt den für den Gewässerraum relevanten Freiflächen (z. B. Gewässerrandstreifen und sonstige angeschlossene Betreuungsflächen) sein.

Durch die Berufsausbildung soll der/die Gewässermeister/in folgende Kenntnisse und Fähigkeiten erhalten bzw. entwickeln:

- Kenntnis von ökologischen Zusammenhängen im Gewässerraum
- Erkennen von Systemzuständen und Beschreiben von Problemen
- Entwickeln von gewässerspezifischen Lösungsansätzen
- Planen und Durchführen und Abwicklung von Sa-

nierungsarbeiten, Instandsetzungs- und Pflegemaßnahmen

- Beobachten, Erhalten und Entwickeln von Gewässern
- Kenntnis der rechtlichen Rahmenbedingungen für die Tätigkeit im Gewässerraum und Arbeitnehmerschutz
- Grundkenntnisse der Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit

Der Ausbildungskurs wurde im Jahr 2007 erstmals angeboten. Bis dato wurden unter fachlicher Leitung und Koordination von Dipl. HLFL-Ing. Susanne Karl (land.und.wasser

– Ingenieurbüro der Betriebsgesellschaft Marchfeldkanal) 13 Grundkurse I mit 271 Absolvent/innen, 10 Grundkurse II mit 202 Absolvent/innen und 7 Aufbaukurse („Gewässermeisterkurs“) mit 140 Absolventinnen abgewickelt. Die detaillierten Ausbildungsvorschriften und Inhalte der Kurse sind im ÖWAV-Regelblatt 303 festgehalten.

Zielgruppe der Ausbildung sind Mitarbeiter/innen von Hochwasser-, Wasser- und Abwasserverbänden, Landwirte/innen, Gemeinden, Verwaltungsdienststellen und Firmen, die mit der Pflege und Instandhaltung von Gewässern zu tun haben oder die ihre MitarbeiterInnen in diese Richtung ausbilden möchten.

Wir konnten im Kurs inzwischen Teilnehmer/innen und Absolvent/innen aus dem gesamten deutschsprachigen Raum begrüßen.

Anschrift des Verfassers

DI Christian Amberger
Wildbach- und Lawinerverbauung
Sektion Wien, Niederösterreich und Burgenland
Marxergasse 2, 1030 Wien
christian.amberger@die-wildbach.at



Abb. 1: ÖWAV-Regelblatt 303, <https://www.oewav.at/Page.aspx?target=196960>

MARTIN MERGILI, HANNA SCHECHTNER, SUSANNE MEHLHORN, FLORAN RUDOLF-MIKLAU, THOMAS GLADE

Extrema 2018: Aktueller Wissensstand zu Extremereignissen alpiner Naturgefahren in Österreich

Zusammenfassung

Extreme Naturgefahrenereignisse sind schwer zu definieren, vorherzusagen und zu bewältigen, hauptsächlich aufgrund von (i) eingeschränktem Bewusstsein, Erfahrung und Daten aufgrund langer Wiederkehrzeiten oder Singularität von Ereignissen; (ii) oft komplexe Prozesswechselwirkungen, die Schwelleneffekte, Kippunkte oder andere nichtlineare Phänomene beinhalten; und (iii) die potentiell große Anzahl von Menschen und die betroffenen hohen wirtschaftlichen Werte. Infolgedessen haben Extremereignisse und ihre Folgen ein hohes Potenzial, sich zu "natürlichen" (eigentlich sozialen) Katastrophen zu entwickeln. Die Aussagen (i) – (iii) sind nicht an bestimmte Arten gefährlicher Prozesse gebunden. Die fundierte Dokumentation von Extremereignissen und die Lehren aus aufgetretenen Katastrophen stellen eine wertvolle Grundlage für das Management der Risiken möglicher zukünftiger Extremereignisse dar. Das Projekt Extrema zielt darauf ab, eine solche Dokumentation für Österreich bereitzustellen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf klassisch alpinen Naturgefahren, jedoch werden auch weiter verbreitete Phänomene betrachtet. Darüber hinaus werden die sozio-ökonomischen Herausforderungen im Zusammenhang mit Extremereignissen und möglichen Strategien des Risikomanagements untersucht, und ein Ausblick in die Zukunft gegeben. Zu diesem Zweck dokumentieren führende nationale und internationale Experten den Wissensstand in Bezug auf ihre spezifischen Fachgebiete. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die wesentlichen Erkenntnisse aus dem Projekt. Die endgültigen Einzelberichte werden zu einem umfassenden Bewertungsbericht zu Extremereignissen in Österreich zusammengefasst.

Dieser Extrema-Bericht ist als Sammelband konzipiert, der eine Hilfe für EntscheidungsträgerInnen darstellen soll. Er fasst den aktuell verfügbaren Stand des Wissens zu Extremereignissen alpiner Naturgefahren im österreichischen Alpenraum allgemein verständlich zusammen und arbeitet dabei u.a. anhand von Fallbeispielen sowohl die Grundlagen als auch die historischen Entwicklungen, Un-

sicherheiten, Herausforderungen und Handlungsoptionen heraus. Die Erkenntnisse sollen auch auf andere Alpenländer bzw. Gebirgsregionen übertragbar sein.

Der Sammelband soll bis Ende des Jahres fertiggestellt und Anfang 2019 präsentiert werden. Weitere Informationen finden sich auf der Projektseite unter <https://extrema.univie.ac.at/>.

Extremereignisse

Wenngleich der Begriff „Extremereignis“ klar und einfach scheint, so ist er doch komplex. Je nach Betrachtungsweise können Extremereignisse unterschiedlich definiert werden. Zwei mögliche Definitionen seien hier herausgegriffen:

- (1) Ereignisse, die aufgrund ihrer physischen Charakteristika außergewöhnlich sind. Diese Charakteristika können in Masse, Volumen, Geschwindigkeit, Temperatur, Niederschlag, freigesetzte Energie, etc. bestehen.
- (2) Ereignisse, die extreme Auswirkungen auf die Gesellschaft haben, sei es in Form von Verletzten, Todesopfern, Gebäudeschäden, Beeinträchtigung von Infrastruktur oder landwirtschaftlichen Flächen/Produkten, der Schifffahrt, oder anderen, direkten oder indirekten sozio-ökonomischen Auswirkungen. Hierbei ist der Begriff der Katastrophe entscheidend: er ist darüber definiert, dass eine Gesellschaft nicht mehr allein mit den Folgen eines Ereignisses fertig werden kann und externe Hilfe benötigt.

Vor allem in dicht besiedelten Gebieten bedingt das Auftreten von (1) oft das Auftreten von (2), da Schutzmaßnahmen aller Art an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen (sogenannte Überlastfälle). In vulnerablen Gesellschaften können jedoch auch kleinere Naturereignisse zu Katastrophen führen, während in entlegenen, unbesiedelten Gebieten das Auftreten von (1) oft nicht einmal wahrgenommen wird. Deshalb ist es unerlässlich, sowohl die naturwissenschaftliche als auch die sozio-ökonomische Dimension von Extremereignissen, eng miteinander verknüpft, zu betrachten.

Oft handelt es sich bei Extremereignissen um Ereignisse mit extremer Magnitude bzw. geringer Eintretenswahrscheinlichkeit. Vor allem bei Erdbeben, Hochwasser oder meteorologischen Extremereignissen ist dieses Konzept weit verbreitet. Das Konzept der Jährlichkeiten steht jedoch v.a. bei hydro-meteorologischen Fragestellungen vor großen Herausforderungen, unter anderem da der Klimawandel eine Verschiebung der etablierten Zusammenhänge zur Folge hat. Generell weniger sinnvoll ist diese Betrachtungsweise jedoch für manche Typen gravitativer Massenbewegungen, die oft singular auftreten. Eine besondere Herausforderung besteht auch in Prozessketten wie Gletscherseeausbrüchen, die ebenfalls singular auftreten können und sich deshalb einer Frequenz-Magnituden-Betrachtung entziehen. Multi-hazard Situationen, bei denen mehrere Gefahrenprozesse in kontextuellem, zeitlichem und räumlichem Zusammenhang auftreten, stellen aufgrund ihrer Komplexität ganz besondere Herausforderungen dar.

Die Definition von Extremereignis kann – je

nach betrachtetem Themenbereich – vielfach differenziert werden. Herausgegriffen sei hier das Beispiel gravitativer Massenbewegungen: hier kann sowohl der Anriss (z.B. Volumen) als auch die Bewegung (z.B. Geschwindigkeit, Energie, Auslauflänge) betrachtet werden.

Themenbereiche

Tabelle 1 fasst die betrachteten Themenbereiche und die den jeweiligen Themenbereichen zugeordneten Beiträge zusammen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der unterschiedlichen Prozessbereichen relevanter Naturereignisse (Abbildung 1), jedoch werden wichtige sozio-ökonomische Aspekte explizit herausgegriffen und im Detail betrachtet. Die einzelnen Beiträge werden von den im jeweiligen Fachgebiet führenden Experten verfasst und national sowie international begutachtet. Der Schwerpunkt des Berichts liegt auf alpinen Naturgefahren, jedoch werden die entsprechenden Themen, wo nötig und sinnvoll, auch in breiterem Rahmen diskutiert.

Themenbereich	Beiträge
Meteorologische Extremereignisse	Temperaturextreme; Schnee- und Eislast; Sturm; Starkniederschläge und Hagel; Waldbrand
Hydrologische Extremereignisse	Niederwasser; Hochwasser; Sturzfluten; Fluviale Feststoffkatastrophen; Überlastfälle; Bodenerosion
Gravitative Extremereignisse	Felsgleitung, Felslawine, Erd/Schuttstrom; Lockergesteinsrutschungen und Hangmuren; Muren; Lawinen
Glaziale und periglaziale Extremereignisse	Permafrostgefahren; Gletschergefahren
Weitere Extremereignisse	Erdbeben; Multihazards & Kaskadeneffekte
Weitere gesellschaftsrelevante Aspekte	Landnutzung & Bodenpolitik; Schutzwald; Kritische Infrastrukturen; Vulnerabilität; Ökonomische Dimensionen; Management im Katastrophenschutz

Tab 1: Beiträge zu den unterschiedlichen Themenbereichen



Abb. 1: Beispiele von Extremereignissen von Naturgefahren in den Alpen. Oben: Schildmngalerie der Felbertauernstraße, zerstört durch einen Felssturz im Mai 2013; unten: extremes Waldbrandereignis oberhalb von Absam, Tirol im März 2014. Fotos: M. Mergili

Komplexität vieler Systeme inklusive deren gesellschaftlicher Komponenten, und der Schwankungsbreite der meteorologischen Eingangsparameter, nur in Ansätzen vorhanden. Dies beginnt bei Prozessen wie Schnee- und Eislast, Dürre/Trockenheit oder Waldbrand, und endet noch nicht beim Tauen von Permafrost, Feststoffkatastrophen und den verschiedenen Typen gravitativer Massenbewegungen. Selbst die Auswirkungen möglicher Erdbeben sind hier in einem größeren Zusammenhang zu sehen – man denke an die höhere Anfälligkeit von durchfeuchteten Hängen, bei Erdbeben zu versagen.

Kritische Infrastrukturen, die wichtig für das Funktionieren der Gesellschaft sind, sind im Alpenraum verwundbarer als außerhalb. Dies kann – insbesondere beim Anstieg von Extremereignissen – zur Absiedlung oder Erhöhung der Betriebskosten führen. Gegenmaßnahmen sind deshalb zur Erhaltung des Lebens- und Wirtschaftsraums unbedingt nötig. Des Weiteren führen veränderte Lebensgewohnheiten der Bevölkerung nicht nur zu erhöhter Exposition/Verwundbarkeit gegenüber Naturgefahren im Allgemeinen, sondern können auch das Auftreten von Prozessen bedingen – genannt sei hier die erhöhte Gefahr von unter Umständen extremen Waldbränden durch erhöhte Nutzung des Waldes als Freizeitraum.

Herausforderungen und Handlungsoptionen

Die Raumplanung wird, was Extremereignisse betrifft, vor

enorme Herausforderungen gestellt: in vielen Fällen ist es schwierig, singuläre Extremereignisse wie z.B. Großmassenbewegungen zu prognostizieren und das gefährdete Gebiet entsprechend abzugrenzen. Verschiebungen von Frequenz-Magnituden-Beziehungen zyklischer Prozesse durch den Klimawandel stellen eine ähnliche Herausforderung dar, so dass die herkömmlichen Gefahrenzonenpläne kritisch interpretiert oder gar hinterfragt werden müssen.

Bauliche/technische Maßnahmen und entsprechende Normen sind je nach Prozess mehr oder weniger möglich bzw. zielführend. Sinnvoll realisierbar sind solche Maßnahmen z.B. bei Stürmen sowie Schnee- oder Eislasten – wobei sie jedoch, entsprechend des technischen Fortschritts und der Herausforderungen durch den Klimawandel, immer wieder aktualisiert werden sollten. Im Gegensatz dazu sind derartige Maßnahmen im Falle von gravitativen Massenbewegungen, wenn sie vor Extremereignissen wirklich schützen sollen, oft gar nicht oder nur mit sehr hohen Kosten umsetzbar. Im Fall von Waldbrand sind forstliche Vorsorgemaßnahmen sinnvoll.

Vielfach sind Monitoring- und Frühwarnsysteme sinnvolle Maßnahmen, um das Risiko vor allem für Personen zu minimieren. Derartige Systeme bedingen oft ein sehr gutes Prozessverständnis und eine sehr gute Datenlage. Während bei großflächig auftretenden Extremereignissen – wie z.B. Temperaturextremen – Monitoring und Frühwarnung – z.T. gestützt auf Fernerkundungsdaten – recht gut funktionieren, so sind derartige Maßnahmen bei lokal auftretenden Phänomenen wie Großmassenbewegungen aufwändig und nur punktuell realisierbar. Hier liegt die wesentliche Herausforderung in der Lokalisierung sogenannter Hot Spots.

Ein Vorteil in Österreich liegt grundsätzlich – was z.B. meteorologische Extremereignisse betrifft – in vergleichsweise qualitativ hochwertigen und langen Messreihen, und relativ guter Ereignisdokumentation, wobei hier vor allem durch das Aufkommen sozialer Medien neue Möglichkeiten geschaffen wurden, die es noch in vollem Umfang inwertzusetzen gilt. Insbesondere ist es wichtig, nicht nur das Ereignis selbst, sondern auch die konkret an Objekten aufgetretenen Schäden zu dokumentieren, um Vulnerabilitäten besser einschätzen zu können. Trotzdem sind die Unsicherheiten bezüglich einiger Variablen beträchtlich, was z.B. zu Herausforderungen bei der Vorhersage von extremen Sturmereignissen führt. Für die Erfassung von Hagel oder konvektiven Starkregenereignis-

sen, die häufig sehr kleinräumig auftreten, ist das Messnetz auch zu dünn – hier können z.B. Radarmessungen helfen.

Das Funktionieren von Frühwarnsystemen – und des Risikomanagements im Allgemeinen – setzt immer auch eine gesellschaftliche Komponente voraus, die von Bildung und Eigenverantwortung bis zur Tätigkeit von Zivilschutzbehörden reicht. Auch die rasche und gut koordinierte Reaktion auf beginnende Prozesse spielt eine große Rolle, um Extremereignisse verhindern zu können – als Beispiel hierfür sein Waldbrände genannt. Wichtig ist die Entwicklung von Strategien auf politischer/institutioneller Ebene, der Erhalt ehrenamtlicher Strukturen sowie grenzüberschreitende Zusammenarbeit. Wissenschaftliche Erkenntnisse im Zusammenhang mit den möglichen Auswirkungen des Anstiegs von Extremereignissen auf kritische Infrastrukturen sind kaum vorhanden, hier besteht noch Forschungs- und Kooperationsbedarf. Auch beim Risikotransfer, insbesondere hinsichtlich privater Objekte, besteht Handlungsbedarf: hier wäre ein Trend weg vom Katastrophenfonds hin zu einer verpflichtenden Gebäudeversicherung erstrebenswert.

Anschrift der VerfasserInnen:

Priv.-Doz. Dr. Martin Mergili
Universität Wien,
Institut für Geographie und Regionalforschung
Universitätsstr. 7, 1010 Wien und
Universität für Bodenkultur,
Institut für Angewandte Geologie
Peter-Jordan-Str. 82, 1190 Wien
martin.mergili@univie.ac.at

Hanna Schechtner, MSc.
Univ.-Prof. Dr. Thomas Glade
Universität Wien,
Institut für Geographie und Regionalforschung
Universitätsstr. 7, 1010 Wien
hanna.schechtner@univie.ac.at

Dipl. Geogr. Susanne Mehlhorn
Priv.-Doz. Dr. Florian Rudolf-Miklau
BMNT, Abteilung III 5
Marxergasse 2, 1030 Wien
susanne.mehlhorn@die-wildbach.at

Mögliche zukünftige Entwicklungen

Auf der Prozess-Seite ist hier der Klimawandel der alles dominierende Aspekt. Dies betrifft direkt meteorologische Extremereignisse wie Hitze- und Kälteperioden, die recht gut durch Klimasimulationen abgeschätzt werden können. Wesentliche Herausforderungen liegen jedoch in der Abschätzung von Extremereignissen, in denen die klimatischen Bedingungen eine Eingangsgröße sind – hier ist ein tiefgreifendes Verständnis der Systemzusammenhänge vonnöten, um auf dieser Basis Einflüsse des Klimawandels realistisch abschätzen zu können. Dieses Verständnis ist jedoch oft, nicht zuletzt aufgrund der hohen

ARTHUR KANONIER, FLORIAN RUDOLF-MIKLAU

Ein Politikkonzept zwischen realer Praxis und staatlicher Steuerung – Neuerscheinung

Risiko Governance ist ein auf Ebene der Europäischen Union stark forciertes Politikkonzept zur Stärkung der gesellschaftlichen Resilienz und Anpassungsfähigkeit im Umgang mit Katastrophen. In Österreich, in der Schweiz und in Deutschland übernimmt der Staat wesentliche Aufgaben der Risikovorsorge und Katastrophenbewältigung. Diese stoßen allerdings zunehmend an ihre Grenzen. Das vorliegende Werk stellt umfassend und anschaulich dar, dass die zentralen Instrumente der Risiko Governance - Risikokommunikation, Kommunale Kooperationen, Bürgerbeteiligung, Regelung von gesellschaftlichen Konflikten und Selbstorganisation - im Umgang mit Naturkatastrophen auf regionaler Ebene längst etabliert ist. Die führenden Experten aus den Bereichen Recht, Politik und Risikomanagement stellen in ihren Beiträgen die wissenschaftlichen Grundlagen der Risiko Governance dar. Zahlreiche "Good Practice" Beispiele zeigen das Spannungsfeld zwischen Rechtsordnung und staatlicher Steuerung einerseits und den realen Regelungsprozessen der Bevölkerung und regionalen (politischen) Akteure in der Vorsorge und Bewältigung von Risiken und Naturkatastrophen andererseits.

Das Werk ist aus der Kooperation der Partner der Arbeitsgruppe 8 der Makroregionalen Strategie für den Alpenraum (EUSALP) sowie der Plattform Naturgefahren (PLANALP) entstanden. Es wurde in Kooperation der Technischen Universität Wien (Fachbereich für Bodenpolitik und Bodenmanagement) und dem Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (Wildbach- und Lawinenverbauung) realisiert.



Abb 1: Kanonier/Rudolf-Miklau (Hrsg) (2018): Regionale Risiko Governance: Recht, Politik und Praxis – Handbuch, Verlag Österreich, ISBN 978-3-7046-8006-8

Anschrift der VerfasserInnen:

Priv.-Doz. Dr. Florian Rudolf-Miklau
 Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus
 Abt III/5 Wildbach- und Lawinenverbauung
 und Schutzwaldpolitik
 Marxergasse 2, 1030 Wien
 florian.rudolf-miklau@bmnt.gv.at

Inserentenverzeichnis

Firma	Inserat Seite
Aartesy AG	10
MEVA Schalungs-Systeme GmbH/ Alzner Baumaschinen GmbH	6
alpinfra, consulting + engineering gmbh	25
Geobru gg AG	8
Geolith Consult	229
Gunz ZT GmbH	163
GWU Geologie-Wasser-Umwelt GmbH	281
Halbeisen und Prast	141
Heli Austria GmbH	4
Henzinger Geotechnik	239
i.n.n.	175
Klenkhart & Partner Consulting ZT GmbH	217
J. Krismer HandelsgmbH	317

Firma	Inserat Seite
Mair Wilfried GmbH	183
Moser-Jaritz & Partner Ziviltechniker GmbH	163
PERZPLAN Ingenieurbüro	183
Ram Erdbau	229
Gebrüder Rüt Bau und Transport GmbH & Co KG	103
Gerhard Rusch Erdbau	201
Skolaut NATURRAUM	317
Sommer GmbH	201
Konrad Stadelmann Bau GmbH & Co KG	141
DI Werner Tiwald ZT-GmbH	335
Trumer Schutzbauten GmbH	U4
UNIDATA GEODESIGN GMBH	239
Wyssen Austria GmbH	115



TRUMER
Schutzbauten

Naturgefahrenschutz

Sicherheit ohne Kompromisse



Trumer Schutzbauten GmbH • Weissenbach 106 • 5431 Kuchl • Austria
Tel.: +43 6244 20325 • Fax: +43 6244 20325-11 • www.trumer.cc