



Fachtagung

Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg

Erkenntnisse für Schifffahrt, Ökologie und Flussbau

Tagungsband

Universität für Bodenkultur Wien, 16. Oktober 2015

Von der Europäischen Union kofinanziert
Trans-europäisches Verkehrsnetz (TEN-V)



Eine Fachveranstaltung in Zusammenarbeit mit:



**universität
wien**



Die **Fachtagung 2015** zu den Erkenntnissen aus dem Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg ist eine Veranstaltung von viadonau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH, der Sparte Transport und Verkehr der Wirtschaftskammer Österreich sowie der Nationalpark Donau-Auen GmbH. Es handelt sich um eine Fachveranstaltung in Zusammenarbeit mit der Universität Wien und der Universität für Bodenkultur Wien.

Das Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg wird im Rahmen der Transeuropäischen Verkehrsnetze (TEN-V) von der Europäischen Union gefördert

Wien, 16.10.2015

© viadonau



Gedruckt nach der Richtlinie „Druckerzeugnisse“ des Österreichischen Umweltzeichens.



Dieses Papier stammt aus nachhaltig bewirtschafteten Wäldern und kontrollierten Quellen.
www.pefc.at

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Publikation liegt bei den ausgewiesenen Autoren der einzelnen Beiträge.
Die Europäische Union ist nicht verantwortlich für jegliche Form der Nutzung der darin enthaltenen Informationen.

Inhaltsverzeichnis

Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg – Projektmotivation, Maßnahmen, Prozessbeteiligung _____	5
Mag. Robert Tögel, via donau – Österreichische Wasserstraßen Gesellschaft mbH, Email: robert.toegel@viadonau.org	
Zur Bauausführung, baupraktische und planungsrelevante Erkenntnisse für Wasserbau und Schifffahrt _____	13
DI Gerhard Klasz, Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Klasz, Email: gerhard.klasz@a1.net	
Das Monitoringprogramm im Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg _____	23
DI Ursula Scheiblechner, via donau – Österreichische Wasserstraßen Gesellschaft mbH, Email: ursula.scheiblechner@viadonau.org	
Grundlegende Prozesse betreffend Hydraulik, Sedimenttransport und Flussmorphologie _____	29
DI Philipp Gmeiner, Universität für Bodenkultur Wien, Email: philipp.gmeiner@boku.ac.at	
Funktionalität der getesteten flussbaulichen Maßnahmen _____	41
DI Dr. Marcel Liedermann, Christian Doppler Labor für Innovative Methoden in Fließgewässermonitoring, Modellierung und Flussbau, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien, Email: marcel.liedermann@boku.ac.at	
Analyse zur Auswirkung der Granulat-Sohlbefestigung auf die Schiffpropeller _____	49
DI Dr. Clemens Strasser, Schiffbautechnische Versuchsanstalt in Wien GmbH, Email: sva@sva.at	
Analyse der Grundwasserverhältnisse im Pilotprojekt Bad-Deutsch Altenburg _____	59
DI Dr. Julia Derx, Technische Universität Wien, Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, Email: derx@hydro.tuwien.ac.at	
Auswirkungen komplexer flussbaulicher Maßnahmen auf die Ökologie eines großen Flusses _____	63
Mag. Elisabeth Bondar-Kunze, WasserCluster Lunz - Biologische Station GmbH, Email: elisabeth.bondar@boku.ac.at	
Auswirkungen flussbaulicher Maßnahmen auf die Pionier- und Ufervegetation beim PP BDA _____	69
Dr. Ingo Korner, AVL – ARGE Vegetationsökologie und Landschaftsplanung GmbH, Email: ingo.korner@a-v-l.at	
Fischartengemeinschaft und Habitatnutzung im Hauptstrom der Donau u. einem Nebenarm (Johler Arm) _____	73
Ao. Univ. Prof. Dr. Hubert Keckeis, Universität Wien, Abteilung Limnologie und Ozeanographie, Email: Hubert.Keckeis@univie.ac.at	
Auswirkungen flussbaulicher Maßnahmen auf Wasservögel _____	79
Dr. Christian H. Schulze, Abteilung für Tropenökologie und Biodiversität der Tiere, Department für Botanik und Biodiversitätsforschung, Email: christian.schulze@univie.ac.at	
Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg für Schifffahrt, Ökologie und Flussbau _____	83
Univ.-Prof. DI Dr. Helmut Habersack, Christian Doppler Labor für Innovative Methoden in Fließgewässermonitoring, Modellierung und Flussbau, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien, Email: helmut.habersack@boku.ac.at	
Projektfilm „Lernen vom Fluss“ _____	91

Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg – Projektmotivation, Maßnahmen, Prozessbeteiligung

Mag. Robert Tögel

via donau – Österreichische Wasserstraßen Gesellschaft mbH, Donau-City-Straße 1, 1220 Wien, Email: robert.toegel@viadonau.org

1. Motivation

Die frei fließende Donautrecke zwischen Wien (Kraftwerk Freudenu) und der österreichisch-slowakischen Staatsgrenze (Strom-km 1921,0 – 1872,70) ist im langjährigen Mittel durch eine anhaltende Sohlerosion von durchschnittlich 2 bis 3,5 cm pro Jahr gekennzeichnet. Diese Sohleintiefung führt zu einer nachhaltigen Beeinträchtigung des ökologischen Gleichgewichts des Nationalparks Donau-Auen. Zusätzlich schränken in diesem Stromabschnitt unzureichende und zeitlich stark schwankende Fahrwasserhältnisse im Jahresverlauf die Zuverlässigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Schifffahrt wesentlich ein.

Das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) sowie die via donau – Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH (viadonau) haben daher zur Verbesserung der ökologischen Defizite sowie der Fahrwasserhältnisse in diesem Bereich der Donau das „Flussbauliche Gesamtprojekt Donau östlich von Wien“ (FGP) ins Leben gerufen.

Das FGP wurde in einem integrativen Planungsprozess unter Einbindung namhafter Experten aus den Bereichen Ökologie, Schifffahrt und Wasserbau entwickelt. Herausgekommen ist ein innovativer wasserbaulicher Lösungsansatz. Durch das Zusammenwirken unterschiedlicher Flussbaumaßnahmen (siehe Abbildung 1) sollen die Entwicklungsziele für die Donau östlich von Wien erreicht werden:

- Verhinderung der fortschreitenden Eintiefung der Donausohle und damit Stabilisierung der sinkenden Oberflächen- und Grundwasserspiegel.
- Aufrechterhaltung bzw. nachhaltige Verbesserung der ökologischen Verhältnisse im Nationalpark Donau-Auen.
- Nachhaltige Verbesserung der Fahrwasserbedingungen für die Schifffahrt speziell unter Niederwasserbedingungen.



Abbildung 1: Entwicklungsziele und Maßnahmen

Da im Rahmen des FGP in vielerlei Hinsicht Neuland beschritten wird, wurde zur Minimierung der technischen und wirtschaftlichen Risiken beschlossen, den Entwicklungsprozess stufenweise zu gestalten. Zuerst wurden die für den Donauabschnitt entwickelten Maßnahmen numerisch modelliert. Im Anschluss wurden zur Sohlstabilisierung durch die Granulometrische Sohlverbesserung und zu den neuartigen Buhnenformen physische Modellversuche im Wasserbaulabor der TU Wien durchgeführt. Den nächsten Entwicklungsschritt stellten Pilotprojekte zur kleinräumigen Umsetzung der Maßnahmen in der Natur dar.

Das gegenständliche Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg (PPBDA) wurde im Rahmen der Planungen für das Flussbauliche Gesamtprojekt konzipiert und folgt damit dessen integrativen Planungsansatz. Es handelt sich bereits um das sechste Pilotprojekt an der Donau östlich von Wien. Das Projektgebiet befindet sich rund 35 km östlich von Wien und erstreckt sich von Stromkilometer km 1887,5 bis 1884,5.



Abbildung 2: Entlang der Donau östlich von Wien wurden in den Jahren 1998-2014 sechs Pilotprojekte umgesetzt.

2. Ziele & Maßnahmen des Pilotprojekts

Zielsetzung des PPBDA war es, jene flussbaulichen Maßnahmen zu testen, die im Rahmen zukünftiger Vorhaben in der gesamten Donaustrecke zwischen dem Kraftwerk Freudenau und der Staatsgrenze umgesetzt werden sollen.

In der in etwa 3 km langen Projektstrecke wurden erstmals alle Maßnahmen gemeinsam umgesetzt: Ufer-rückbau und Uferabsenkung, die Anbindung eines Nebenarmes, die Optimierung der Niederwasserregulierung und die Granulometrische Sohlverbesserung (GSV) zur Stabilisierung der Stromsohle. Auf diese Weise kann nun die Wirkung aller Flussbaumaßnahmen in ihrer Kombination untersucht werden.

Wesentliches Ziel war und ist die erstmalige Erprobung der GSV in der Natur. Das für die Donau östlich von Wien entwickelte Verfahren zur Stabilisierung der Stromsohle hat sich im Computer und im Versuchslabor bewährt. Die Umsetzung in einer Versuchsstrecke war der nächste logische Schritt.

Das Pilotprojekt diente nicht nur einer Erprobung wasserbaulicher Eingriffe und bautechnischer Vorgänge, sondern auch der Entwicklung und Erprobung der erforderlichen technischen und ökologischen Beurteilungsverfahren.

Die Abbildung 3 stellt die vier Baumaßnahmen in einem Lageplan dar. Die Bauumsetzung erfolgte von Februar 2012 bis Juli 2014. Aufgrund des Jahrhundert-Hochwassers im Juni 2013 (HQ₂₀₀) mussten die Arbeiten unterbrochen werden.



Abbildung 3: Maßnahmen des Pilotprojekts Bad Deutsch-Altenburg (Strom km 1887,5 – 1884,5)

(A) Granulometrische Sohlverbesserung (GSV)

Um der Sohleintiefung nachhaltig entgegenzuwirken, wurden besonders strömungsexponierte Bereiche der Stromsohle mit größerem Donaukies (Rundkorn) belegt. Der beigemengte Kies war etwas gröber als jener Kies, aus dem sich die Stromsohle zusammensetzt (ursprünglich Körnung 40/70 mm, im Projektverlauf wurden auch gröbere Kornverteilungen erprobt). Die Vergrößerung der Stromsohle soll vor übermäßiger Erosion schützen sowie zu einer Reduktion des laufenden Geschiebeaustrages und damit der Eintiefungsraten der Donausohle führen.

In Summe wurden etwa 120.000 m³ Kies eingebaut (inkl. Mehrmengen zur Kompensation der Hochwasserfolgen).

(B) Optimierung der Niederwasserregulierung - inkl. Sohlpassung

In der Projektstrecke wurde die Niederwasserregulierung angepasst, um ökologische und nautische Verbesserungen zu erzielen. In Summe wurden 19 Buhnen (Regulierungsbauwerke quer zum Flussufer) vollständig abgetragen (in der Grafik gelb dargestellt), vier bestehende Buhnen auf eine Höhe von 30 cm über dem Wasserspiegel bei Regulierungsniederwasser (RNW projektiert) abgesenkt und zehn Buhnen neu errichtet.

Die neuen Buhnen sind in Strömungsrichtung geneigt (deklinante und sichelförmige Bauweisen werden erprobt – in der Grafik rot dargestellt). Mit der neuen Geometrie soll eine geringere Anzahl an Buhnen die gleiche Anhebung der Niederwasserspiegel für die Schifffahrt erzielen wie der vorherige Bestand. Gleichzeitig sollten Querströmungen reduziert werden. Die Buhnenwurzel wurde derart abgesenkt, dass sie selbst bei Niederwasser überströmt wird. Dadurch sollen Anlandungen im Buhnenfeld reduziert und die Dynamik am Ufer verstärkt werden. Auch können so Jungfische ungehindert entlang des Ufers zwischen den Flachwasserbereichen wechseln.

Ergänzend zum Umbau der Buhnen und zur granulometrischen Sohlverbesserung waren Stromsohlenanpassungen erforderlich, d.h. besonders seichte Bereiche der Schifffahrtsrinne wurden durch Nassbaggerungen für die Schifffahrt nutzbar gemacht. Das Baggermaterial wurde in tieferen Bereichen im selben Abschnitt stromauf wieder eingebaut. Dem Fluss wurde daher kein Material entnommen. Aufgrund des Hochwassers im Juni 2013 stieg die umgelagerte Kiesmenge auf rd. 206.000 m³ Kies an.

In der Pilotprojektstrecke wurden in den Furtbereichen Fahrwassertiefen von 25 dm bei RNW hergestellt. In den mit Grobkies belegten Bereichen ist darüber hinaus ein Sicherheitsabstand von mindestens 3 dm berücksichtigt worden.

(C) Uferrückbau und Uferabsenkung

Der Rückbau der harten Uferverbauung auf etwa 1,2 km Länge (Johler Haufen; Strom-km 1885,8 bis 1884,6; rechtsufrig) ermöglicht es der Donau wieder natürliche Ufer auszubilden. Der Uferrückbau führt auch zu einem leichten Absinken der Hochwasserspiegel.

Auf einer Länge von ca. 900 m ist die Ufersicherung vollkommen entfernt worden. Im stärker angeströmten Bereich wurde eine Böschungsfußsicherung bis knapp auf Niveau des Wasserspiegels bei Regulierungsniederwasser belassen. Dadurch wird zwar Seitenerosion zugelassen, aber eine grundlegende Lageveränderung des Flusslaufs verhindert.

Linksufrig wurde zwischen Strom-km 1885,97 und 1885,75 das befestigte Ufer auf Mittelwasserniveau (MW projektiert) abgesenkt, um bei höheren Wasserständen das Einfließen von Donauwasser in die Stopfenreuther Au zu erleichtern.

(D) Gewässervernetzung Johler Arm

Der ca. 1.350 m lange Johler Arm ist nun ganzjährig an die Donau angebunden und wird bereits bei Niederwasser durchströmt. Zu diesem Zweck wurden die Einströmöffnung und das Bett des Johler Arms auf ein Niveau deutlich unter dem Wasserspiegel bei Niederwasser hergestellt bzw. abgesenkt.

Der Johler Arm wurde damit in diesem Abschnitt zum ersten Nebenarm der Donau, der wieder nahezu ganzjährig durchströmt wird. Dieser verloren gegangene Gewässertyp ist Lebensraum für zahlreiche geschützte Tier- und Pflanzenarten. Im Schutz des Nebenarms finden viele bedrohte Fischarten geeignete Laichplätze bzw. Kinderstuben für ihre Jungfische vor.

Für die ökologischen Verbesserungsmaßnahmen Uferückbau, Uferabsenkung und die Anbindung des Johler Arms war die Entfernung des dort vorhandenen Bewuchses erforderlich. Teilweise wurden durch die Arbeiten auch standortfremde Baumarten wie Hybridpappeln entfernt. Für die Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse waren keine Baumfällungen erforderlich.

3. Beteiligungsmodell

Die Umsetzung des PPBDA wurde von einem Stakeholder-Beteiligungsmodell begleitet. Betroffene und interessierte Gruppen hatten so die Möglichkeit, das Pilotprojekt zu begleiten und bei dessen konkreter Ausgestaltung und Auswertung im Rahmen der gesetzlichen Möglichkeiten mitzuwirken.



Abbildung 4: Stufen der Partizipation. Grafik: viadonau, basierend auf „Die Zukunft gemeinsam gestalten“, ÖGUT/BMLFUW 2005

Zentrales Element des eigens entwickelten Modells war das Akteursforum. Im Akteursforum waren die wesentlichen Anspruchsgruppen des Pilotprojekts vertreten. Vor der Konstituierung des Akteursforums wurden innerhalb der Bereiche Wirtschaft und Umwelt je vier Vertreter gewählt bzw. nominiert. Weitere Akteure waren der Nationalpark Donau-Auen sowie die Internationale Kommission zum Schutz der Donau (IKSD). Jeder dieser **Akteure** war bei Beschlüssen und Empfehlungen des Akteursforums stimmberechtigt. Neben den stimmberechtigten Akteuren konnten auch **Beobachter** an den Sitzungen des Akteursforums teilnehmen.

Dem Akteursforum wurde ein **Science Board** beratend zur Seite gestellt. Das Science Board wurde von den Akteuren selbst eingesetzt und setzte sich aus unabhängigen und anerkannten Experten der jeweiligen Fachbereiche zusammen. Folgende für das Pilotprojekt relevante Fachbereiche wurden abgedeckt: Schifffahrt und Nautik, Biodiversität, Ökologischer Wasserbau, Hydrologie und Grundwasser, Hydrobiologie und Fischökologie.

Neben **viadonau** nahmen auch Vertreter der **Planungs- und Monitoringteams** an den Treffen teil, um Projekthinhalte und Ergebnisse vorzustellen und auf Fachfragen einzugehen.

Die **Prozessbegleitung** betreute die Organisation des Akteursforums, strukturierte und moderierte die Treffen des Akteursforums und dokumentierte seine Ergebnisse.

Das derart organisierte Beteiligungsmodell sollte Betroffenen und interessierten Gruppen die Möglichkeit eröffnen, sich in das Projekt einzubringen. Größtmögliche Transparenz während des Versuchs wurde durch den Zugang zu Projektinformationen und -ergebnissen und der Einbeziehung unabhängiger Experten sichergestellt. Aus Sicht des Projektwerbers war die Möglichkeit zur direkten, strukturierten und effizienten Kommunikation mit und zwischen den Akteuren besonders vorteilhaft.

Im Rahmen des Beteiligungsmodells konnten die Akteure die Bauabwicklung mitverfolgen und sich bei Baustellenbesuchen ein Bild von den erforderlichen Arbeitsschritten und dem notwendigen Gerät machen. Monitoring-Ergebnisse konnten bereits kurz nach deren Erarbeitung präsentiert und diskutiert werden. Auf Grundlage dieser Erfahrungen waren Diskussionen auf einer deutlich besseren Grundlage möglich als auf Basis von Plänen und Prognosen.

Nach der erstmaligen Präsentation und Diskussion des Stakeholder-Beteiligungsmodells am 05.10.2011 fanden in Summe 19 Treffen statt. Bei der letzten Sitzung am 19.01.2015 wurde ein gemeinsames Abschlussstatement veröffentlicht. Die Evaluierung des Akteursforums stellte sowohl dem Beteiligungsmodell als auch dem Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg ein hervorragendes Zeugnis aus. So stimmten 97% der Befragten zu, dass das Akteursforum ein geeignetes Instrument zur Einbindung von Stakeholdern war. Für 94% der Teilnehmer war das Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg ein sinnvoller und zweckmäßiger wasserbaulicher Versuch. Rund 92% waren der Meinung, einen guten Zugang zu Projektinformationen und -ergebnissen erhalten zu haben (Summen aus „stimme voll und ganz zu“ und „stimme eher zu“, Fragebogen erging an alle Teilnehmer am Prozess).



Abbildung 5: Treffen des Akteursforums. Links: © Baumgartner, Rechts: © viadonau

4. Bisherige Projektergebnisse

Die Bauumsetzung des PPBDA wurde im Juli 2014 abgeschlossen und von einem eng an den Bauablauf abgestimmten Monitoringprogramm begleitet. Seit der baulichen Fertigstellung läuft das Postmonitoring, welches die Wirkungen der Maßnahmen erhebt und die Daten mit den im Premonitoring erfassten Zuständen vor Bauumsetzung vergleicht.

Ohne die Inhalte der folgenden Beiträge vorwegnehmen zu wollen, werden hier aus Sicht des Projektbetreibers viadonau wesentliche Ergebnisse zusammengefasst.

Auch wenn die wissenschaftliche Analyse der Projektwirkungen ein längerfristiges Vorhaben ist (wir stehen am Beginn eines etwa 10-jährigen Programms), erlauben die bisher vorliegenden Ergebnisse bereits eine Reihe wichtiger und wertvoller Aussagen. So steht bereits außer Frage, dass das Pilotprojekt erfolgreich (in der geforderten Qualität) baulich umgesetzt werden konnte. Damit besteht eine gute Ausgangslage für die Untersuchung der Wirkungen. Der Einfluss einer nicht plangemäßen Umsetzung einzelner Maßnahmen kann weitgehend ausgeschlossen werden.

Das Projekt hat bewiesen, dass das neuartige Verfahren zur **Granulometrischen Sohlverbesserung** in der gewünschten Qualität technisch herstellbar ist. Die Entwicklung der messtechnischen Begleitung des Einbaus – als Basis für die Qualitätssicherung und damit Abnahme und Abrechnung der Baumaßnahme – war aufgrund der Dünenbildung an der Stromsohle eine Herausforderung, die man meistern konnte.

Die Erwartungen hinsichtlich des Beitrags der GSV in Körnung 40/70 mm zur Sohlstabilität haben sich in strömungsexponierten Bereichen nicht erfüllt, daher wurden bereits während der Bauphase unterschiedliche Einbaumethoden und Korngrößen getestet. Während sich zeigte, dass die Einbaumethodik eine untergeordnete Rolle spielt, wurden mit größerer Körnung (z.B. 32/120 mm) Verbesserungen erzielt. Überfahrversuche nach Einbau des Grobkieses bestätigten die Verträglichkeit der Maßnahmen mit der Schifffahrt. Ausgehend von einem neuen „Stand der Technik“ zeigen die Ergebnisse zur Sohlstabilität auf, in welche Richtung weitergearbeitet werden muss.

Über den Erwartungen ist der Einfluss der **Buhnenumbauten** auf die Sohlmorphologie. Daraus ergibt sich zum einen eine wirkungsvolle Stellschraube zur Sohlstabilisierung. Zum anderen müssen aber Aufweitungen entsprechend behutsam umgesetzt werden, um keine Anlandungen zu erzeugen, die zu einem erhöhten Erhaltungsaufwand in der Schifffahrtsrinne führen. Es handelt sich um eine sensible Optimierungsaufgabe, für die keine „Patentlösung“ besteht. Die Neugestaltung der Buhnenfelder führte zu ökologischen Verbesserungen und reduziert Querströmungen in Richtung der Schifffahrtsrinne.

Die **Renaturierungsmaßnahmen** (Anbindung Jöhler Arm, Uferrückbau) führten rasch nach Bauvollendung zur Entwicklung hochwertiger und naturnaher Lebensräume. Das Ziel der „Dynamisierung“ der Au in Richtung Leitbild wird erreicht werden.

Das PPBDA trug auch wesentlich zur Vermehrung des **Grundlagenwissens** bei. Insbesondere die Erkenntnisse zum Geschiebetrieb (z.B. Dünenwanderung in Abhängigkeit vom Durchfluss, Bewegungsbeginn, etc.) steigern das Verständnis der Prozesse am Sohlgrund.

Das Pilotprojekt verdeutlicht, dass numerische Modelle am derzeitigen „Stand der Wissenschaft“ noch nicht in der Lage sind, morphologische Prozesse mit einer Genauigkeit vorherzusagen, wie diese für die oben beschriebene Optimierungsaufgabe erforderlich ist. Doch die Versuchsergebnisse fließen auch in die Forschung zurück: Die Weiterentwicklung der Geschiebetransportmodellierung ist eines der Module des von viadonau mitinitiierten Christian Doppler Forschungslabors „IM Fluss“.

Ein wesentlicher Erkenntnisgewinn liegt auch in Bezug auf die mit den Wasserbaumaßnahmen verbundenen **wirtschaftlichen bzw. finanziellen Risiken** vor. Wie schreibt man eine GSV aus? Wie kalkulieren die Baufirmen die Herstellungskosten bzw. welche Marktpreise ergeben sich?

Zu guter Letzt muss auch die Bedeutung des PPBDA als „**Vorzeigeobjekt**“ erwähnt werden. Durch das Vorhaben wurde Bewusstsein für die an der Donau östlich von Wien bestehenden Defizite in den Bereichen Schifffahrt, Ökologie und Wasserbau geschaffen. In Kombination mit der erfolgreichen Bauumsetzung führte dieses Problembewusstsein zu einer zunehmenden Akzeptanz von wasserbaulichen Maßnahmen in diesem Abschnitt. Neben den Akteuren und Behördenvertretern besuchten Wasserbau- und Naturschutzexperten aus allen Teilen der Welt die Baustelle.

5. Ausblick

Das Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg war das sechste Vorhaben an der Donau östlich von Wien, welches die Erprobung flussbaulicher Maßnahmen zum Ziel hatte. Die Erkenntnisse fließen nun in die Weiterentwicklung der flussbaulichen Maßnahmen für die Donau östlich von Wien ein.

Im Rahmen des FGP wird derzeit ein Leitprojekt als nächster Umsetzungsschritt konzipiert. Auf der Grundlage der in den Pilotprojekten gesammelten Erfahrungen und den Fortschritten, die zwischenzeitlich im Bereich der Wasserstraßenerhaltung erzielt wurden, soll nun mit der Umsetzung prioritärer Maßnahmen fortgesetzt werden. Es sollen jene Maßnahmen umgesetzt werden, die die größten Beiträge zu Verbesserungen für Schifffahrt, Ökologie und Wasserbaus liefern (hohe „Wirkungsorientierung“). Eine erste Reihung dieser Maßnahmen gelang im Rahmen des Akteursforums. In jenen Bereichen, in denen das PPBDA weiteren Forschungsbedarf aufzeigt, wird auch weiterhin in Zukunft der Erkenntnisgewinn eine wichtige Rolle spielen.

Zur Bauausführung, baupraktische und planungsrelevante Erkenntnisse für Wasserbau und Schifffahrt

DI Gerhard Klasz

Ingenieurbüro Dipl.-Ing. Klasz, 1010 Wien, Franz-Josefs-Kai 27, Email: gerhard.klasz@a1.net

1. Vorbemerkung

In den späten 1990er-Jahren, als Konsequenz der Errichtung des Nationalparks Donau-Auen, hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, dass an der österreichischen Donau östlich von Wien bauliche Maßnahmen zur Verbesserungen der Schifffahrt nur dann möglich werden, wenn gleichzeitig wesentliche ökologische Verbesserungen in dieser Strecke erzielt werden, im Besonderen, wenn das Problem der Sohlerosion gelöst wird. Die für einen Nationalpark an sich nahe liegende Forderung, möglichst wenig in das Gebiet einzugreifen, war unter den gegebenen Randbedingungen, zumindest für eine Anfangsphase, keine sinnvolle Option. In diesem Kontext entstand das FGP (Flussbauliches Gesamtprojekt), initiiert durch das BMVIT (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie), getragen durch die via donau – Österreichische Wasserstraßengesellschaft mbH. und inhaltlich und planerisch durch ein Team von Wasserbauingenieuren, Ökologen und Raumplanern (Arbeitsgemeinschaft ID.at) entwickelt.

Da das FGP aber gerade auf flussbaulicher Ebene den durch Fachliteratur, Richtlinien und praktischen Erfahrungen gesicherten Bereich überschritten hat und in diesen Fällen außerhalb des „Standes der Technik“ stand, sollten diese Maßnahmen durch ein Pilotprojekt erprobt werden.

Dieses Projekt war ausdrücklich nicht als „1. Baulos“ des FGP konzipiert, aber es sollte doch ein möglichst breites Spektrum der im FGP vorgesehenen Maßnahmen getestet werden, also die GSV („Granulometrische Sohlverbesserung“), Uferrückbau, Bühnenumbau und Gewässervernetzung.

2. Randbedingungen und flussbauliche Fragestellungen

Ziele und wesentliche Randbedingungen sowohl des FGP als auch des Pilotprojekts wurden in einem Leitungsausschuss des BMVIT diskutiert und vorgegeben, im Besonderen mit acht „Entwurfsgrundsätzen“, und im Zuge der Detailplanung (in der ersten Hälfte des Jahres 2005) detailliert (Klasz et al., 2009a).

Im Zentrum des Versuches stand dabei die GSV, die damit letztlich zum „Stand der Technik“ gemacht werden sollte. Aus flussbaulicher Sicht sollten dabei im Besonderen die folgenden Fragen untersucht werden:

- Einbautoleranzen, Schwierigkeiten beim Einbau (baupraktische Erfahrungen),
- Optimierungsmöglichkeiten beim Einbauvorgang und bei der Materiallogistik,
- baubegleitende Dokumentation,
- Einmischung des Grobkieses (u.a. durch Schraubstrahleinwirkung),
- Einfluss der morphologischen Situation auf Stabilität bzw. Mobilisierbarkeit des Grobkieses,
- Einfluss lokaler Kolkbildungen auf den Grobkiesbelag (Bühnenköpfe),
- Einfluss lokaler Fehlstellen im Grobkiesbelag,
- Verhalten der Ränder des Grobkiesbelages,
- allfällige Kolmationserscheinungen;

Daneben sollten auch Versuche zur Wechselwirkung zwischen GSV und Schiffsschrauben (Überführversuche) durchgeführt werden (vgl. Beitrag von Dr. Strasser).

2.1 Ein kurzer Vergleich mit dem Naturversuch bei Aicha in der bayerischen Donau

Im Jahr 1998 wurde in der bayerischen Donaustrecke bei Aicha ein Naturversuch zur Erprobung eines Sohldeckwerkes (Länge: 600 m; Breite: 40 m; Einbaustärke: 60 cm; Einbaumaterial: Wasserbausteine mit 5 bis 20 cm Kantenlänge) durchgeführt (Hochschopf, 1999). Die Fragestellungen waren dort teilweise sehr ähnlich mit denen des Pilotprojekts bei Bad Dt. Altenburg, wenngleich das Material bei Aicha deutlich größer war. Im Vergleich erkennt man drei wesentliche und interessante Unterschiede:

- a. unterschiedliche Korngrößen und Schüttdicken der Zugabematerialien;
- b. beim Naturversuch Aicha wurde auf Baudauer stromauf ein Geschiebefang betrieben, beim Pilotprojekt Bad Dt. Altenburg ließ man hingegen den Geschiebeeintrag auf Baudauer zu;
- c. beim Naturversuch Aicha hat man sich auf eine Maßnahme, das Sohldeckwerk (mit vorbereiteten Baggerungen), beschränkt, beim Pilotprojekt Bad Dt. Altenburg wurden verschiedene andere Maßnahmen (Uferrückbau, Bühnenumbau, Wiederanbindung des Johler Armes) umgesetzt;

Der Aspekt (a) berührt die zentrale Grundidee und Innovation der GSV: angestrebt wurde eben nicht (wie bei Aicha) eine „statische“ und dauerhafte Stabilität des eingebrachten Materials („Sohldeckwerk“) bis hin zu einem Bemessungshochwasser, sondern eine dynamische Form der Sohlstabilität, wobei das Einbaumaterial im Vergleich zum natürlichen Geschiebe deutlich weniger mobil sein soll, derart, dass eine Geschiebebewirtschaftung mit stark reduzierten Zugabemengen möglich wird.

Die Aspekte (b) und (c) wurden im Leitungsausschuss ausführlich diskutiert und entschieden; ein Geschiebefang auf Baudauer (in Kombination mit Transport stromauf und Wiederverklappen) wäre mit sehr hohen Kosten und starken Eingriffe in den Geschiebehaushalt verbunden gewesen, hätte allerdings auch bestimmte Probleme beim Einbau der GSV verhindert oder zumindest reduziert; andererseits hätte man damit verschiedene Erfahrungen zum natürlichen Geschiebetransport nicht oder nur sehr eingeschränkt machen können. Letztlich wurde darauf bewusst verzichtet.

Die Beschränkung auf das Kernthema der GSV (wenngleich in einzelnen Bereichen mit vorbereitenden Stromsohlanpassungen) hätte den grundsätzlich für Experimente zu stellenden „Ceteris paribus“- Grundsatz (immer nur eine Einflussgröße verändern, alle anderen konstant halten) entsprochen; diesem Prinzip stand aber die Überlegung entgegen, die GSV unter den Bedingungen zu testen, wie sie beim FGP vorgesehen waren (also in Kombination mit Uferrückbau, Gewässervernetzung und Bühnenumbau); im Übrigen war aus Sicht des Nationalparks zu fordern, dass die baulichen Eingriffe durch unmittelbar oder rasch wirksame ökologische Verbesserungen aufgewogen werden sollen.

3. Die baulichen Maßnahmen

In der Strecke zwischen Strom-km 1887,5 und 1884,5 wurden verschiedene flussbauliche Maßnahmen miteinander kombiniert (vgl. u.a. Klasz et al., 2009a):

- **GSV (granulometrische Sohlverbesserung):** Vergrößerung der Stromsohle (in den stärker beanspruchten Teilen) durch Schütten einer im Mittel etwa 25 cm starken Grobkieslage (Fraktion: 40/70 mm; später auch weitere Vergrößerung, hauptsächlich mit 32/120 mm Rundkorn); Gesamteinbaumenge (einschl. Ersatz des durch das Extrem-HW vorzeitig mobilisierten Materials): ca. 116.000 m³; Zielsetzung ist keine „statische Sohlstabilität“ im Sinn eines Sohlendeckwerkes, sondern eine stark reduzierte Mobilität des Sohlmaterials, derart, dass in der Erosionsstrecke östlich von Wien eine dynamische Sohlstabilität mit Geschiebezugaben, allerdings mit reduzierten Mengen, erzielt werden kann (Klasz et al., 2009b);

- **Uferrückbau:** vollständiger oder teilweiser Abtrag von Ufersicherungen mit dem Ziel, dort eigendynamische morphologische Veränderungen (primär Seitenerosionen) zu ermöglichen; ähnliche Maßnahmen wurden bereits bei zwei Projekten (Thurnhaufen und Witzelsdorf) realisiert;
- **Bühnenoptimierung:** tw. höhenmäßiger Bühnenabtrag (Anpassung an das heutige NW-Niveau), tw. vollständiger Abtrag von Bühnen und Neubau mit vergrößerten Abständen (also reduzierter Zahl an Bühnen), deklinanter Anordnung und Absenkungen an der Bühnenwurzel (Fischdurchgängigkeit); in einzelnen Zonen auch vollständiger Abtrag von Bühnen ohne Ersatz durch andere Regulierungsbauwerke; ähnliche Maßnahmen wurden bereits bei Witzelsdorf realisiert;
- **Stromsohlanpassungen:** Baggerungen in zu seichten Teilen der Fahrrinne (mit dem Ziel, die GSV mit einer Schütt-OK von 28 dm unter RNW einzubauen; in Zonen ohne GSV mit Ziel-Fahrwassertiefe von 25 dm unter RNW) und Verklappungen des Baggergutes in tieferen Zonen des Flusses
- **Wiederanbindung des Johler-Armes:** Rückführung des abschnittsweise stark verlandeten Seitenarmes durch Baggerungen hin zu einem permanent (also auch bei NW) durchströmten Seitenarm; dies mit primär fisch- bzw. gewässerökologischen Zielsetzungen;

4. Zu den flussbaulichen Erfahrungen

Im Folgenden werden primär Erfahrungen im Zusammenhang mit der GSV beschrieben, weil dieses Konzept im Zentrum des Versuchs stand und im Gegensatz zu den anderen Maßnahmen erstmalig großmaßstäblich in der Natur umgesetzt worden ist.

4.1 Mobilität des primär verwendeten GSV-Materials (40/70 mm), Übergang auf eine gröbere Mischung (32/120 mm)

Während die ufernahen Einbaubereiche vor dem Extremhochwasser im Juni 2013 weitgehend stabil geblieben sind, wurden die GSV-Schüttungen in den mittigen Teilen des Stromes bei Wasserführungen über Mittelwasser relativ rasch, teilweise innerhalb weniger Tage größtenteils abgetragen und stromab verfrachtet. Die stärksten Erosionen konzentrierten sich auf die oberen, stromauf gelegenen Teile der Einbaufelder, während die stromab gelegenen Teile stabiler waren. Diese Erfahrungen wurden primär im März und April 2013 und unter Wasserführungen zwischen MQ (ca. 1.900 m³/s) und ca. 3.300 m³/s gesammelt, später auch im Herbst 2013. Erste Nachrechnungen zeigten, dass unter diesen Bedingungen die dimensionslose Sohlschubspannung (Shields-Zahl) θ nach den in der Fachliteratur genannten Kriterien (Shields, Meyer-Peter, Günter, ...) nicht für einen nennenswerten Transport des GSV-Materials ausreichen hätten dürften; auch die vorbereitenden Modellversuche an der TU-Wien (Rinnenmodell, 1:10; vgl. Krouzecky et al., 2009) hatten für solche Abflüsse keine Bewegung gezeigt. Beide Bemessungsgrundlagen liefern also in dieser Frage unzutreffende Vorhersagen!

Erste Überlegungen gingen in die Richtung, dass das Material beim Einbau (Verklappen) zunächst in einer derart lockeren Lagerung bzw. der Strömung übermäßig exponiert vorlagen, dass Erfahrungen aus Modellversuchen (wo das Material anders und viel sorgfältiger eingebaut wird) oder von „konsolidierten“ Geschiebemischungen nicht direkt übertragbar sind.

Darüber hinausgehend dürfte die Turbulenz in der Natur einen deutlich stärkeren Einfluss als im Modellversuch haben (Problem der Unmöglichkeit der Einhaltung des Reynoldsen-Modellgesetzes bei gleichzeitiger Einhaltung des Froudeschen-Modellgesetzes); diese Schwierigkeit ist in der Modellhydraulik bekannt (vgl. Scheuerlein et al., 2009), wurde aber unter den gegebenen Verhältnissen für vernachlässigbar eingeschätzt, was offensichtlich unzutreffende Ergebnisse mit sich bringt. Dazu kommen in der Natur Querströmungen, (stark) instationäre Wasserführungen und abschnittsweise auch die Wirkungen des Schraubstrahles von Schiffen, während in den Modellversuchen solche Einflüsse weitgehend ausgespart blieben.

Nach dem Juni-HW und einer morphologischen Beruhigungsphase (vgl. Pkt. 0), die sich bis zum September 2013 erstreckte, und unter Rücksprache mit der Obersten Schifffahrtsbehörde und der Sachverständigen der Genehmigungsbehörde wurden verschiedene GSV-Modifikationen in kleineren Versuchsfeldern (jeweils etwa 4.000 m², für C2: ca. 8.000 m²) realisiert:

- A1: Veränderte Einbaumethode (Verwendung eines Tieflöffels), damit Glattstreichen und Andrücken des Materials;
- A2: Einbau nach Standardverfahren, danach Überschütten mit Normalgeschiebe (etwa 30-50 cm), damit temporärer Schutz und Auflast, um das „Konsolidieren“ des Materials zu begünstigen;
- A3: Einbau mit weiter gestufter Kornverteilungslinie, etwa durch Vermischen des GSV-Materials mit Normalgeschiebe (vor Einbau), wobei die GSV-Flächenbelegung (GSV-Menge pro Flächeneinheit) nicht reduziert wurde, also mit vergrößerter Einbaustärke (im vermischten Zustand);
- B: Vergrößerung des Einbaumaterials innerhalb der Kornverteilungstoleranz (40/90 mm);
- C2: Vergrößerung des Einbaumaterials über die vorgesehenen Kornverteilungstoleranz hinaus (letztlich gewählt: 32/120 mm);

Innerhalb der für den Bau zur Verfügung stehenden Phase nach dem Juni-2013-HW war eine auch nur vorläufige Beurteilung dieser GSV-Modifikationen wegen der kurzen Beobachtungszeit und speziell wegen den für diese Fragestellung sehr ungünstigen Wasserführungen (Niederwasser ab etwa Mitte November 2013 bis Mitte Mai 2014, wodurch Geschiebetransport und Morphodynamik selbst bei Normalgeschiebe sehr gering ausfielen), vgl. Abb. 1, allerdings kaum seriös möglich; Rückkopplungen und Nachsteuern (bezüglich der GSV-Varianten) waren also in der Phase ab November 2013 nicht mehr möglich.

Aus baupraktischer Sicht war die Variante A2 (temporäre Überschüttung mit Normalgeschiebe) günstig einzuschätzen; im Besonderen schien eine Kombination aus C2 + A2 erfolversprechend. Die Varianten A1, A3 und B haben sich hingegen weniger bewährt.

Innerhalb der Bauphase war noch keine abschließende oder auch nur einigermaßen sichere Aussage über Stabilität bzw. Mobilität der GSV möglich. Die ersten Beobachtungen machten jedoch deutlich, dass die Stabilität des GSV-Materials stark von den lokalen Gegebenheiten (Rand / Mitte) abhängig waren; die Variante C2 mit 32/120 mm schien letztlich – zumindest für die mittigen Teile der Stromsohle – zweckmäßig; eine abschließende und stärker quantifizierende Beurteilung wird aber den Endergebnissen zum abiotischen Monitoring vorbehalten bleiben.

4.2 Auftreten von Kiesdünen und Konsequenzen für Einbau und Einbaugenaugkeit

Bei mittleren und höheren Abflüssen stellen sich an der Sohle ausgeprägte Kiesdünen ein (auch „Transportkörper“ bzw. „Sohlformen“ genannt). Die Kiesdünen sind nach vorliegenden Beobachtungen (Flächenecholotaufnahmen und zeitlicher Vergleich mehrerer Aufnahmen, die innerhalb kurzer Zeit durchgeführt wurden) meist etwa 20 bis 30 cm hoch, haben eine Länge in der Größenordnung von etwa 10 m und bewegen sich (als Form) mit einer Geschwindigkeit von etwa 5 bis 10 m/h stromab; mit höheren Wasserführungen nehmen die Dünenhöhen tendenziell zu. Unter Niederwasser (rund um RNW bzw. auch etwas darüber; Schätzung: unter etwa 1.500 m³/s) und in ufernahen Zonen scheinen solche Transportkörper hingegen nicht in Erscheinung zu treten.

Für den GSV-Einbau hatten diese Kiesdünen starke Relevanz:

- alle Stromsohlaufnahmen waren bereits nach kurzer Zeit veraltet, wenn es um die lokale Sohlhöhe geht, und damit ist es auch nicht möglich, die lokale Einbaustärke der GSV sicher zu bestimmen;
- es war praktisch unmöglich, ein ebenflächiges ‚Einbauplanum‘ (Schüttfläche) für die GSV herzustellen; anders formuliert: eine derart vorbereitete ebene Schüttfläche wurde nach wenigen Stunden durch herein wandernde Kiesdünen wellig;

- weiters wurde die GSV-Grobkiesschüttung bereits kurz nach den Einbau durch solche Kiesdünen überlagert; beim Nacharbeiten (Einebnen von GSV-Überbelegungen) kann es zur Vermischung mit dem Material solcher Kiesdünen kommen.

Aus diesen Gründen musste die vertraglich vorgesehene Methodik zur Abrechnung und Abnahme der GSV adaptiert werden, um auch unter diesen Umständen (kurzfristige und ständige Veränderungen der Sohle) brauchbare Angaben zur Einbaustärke zu erhalten. Dazu waren auch die Erhöhung der Frequenz der Sohl-aufnahmen und statistisch gestützte Auswertungen erforderlich.

Einbaustärken (von GSV-Schüttungen oder Sohlendeckwerken) können sinnvoll nur als flächengemittelte Werte bestimmt und angegeben werden, wobei die Länge von Prüfflächen zumindest der „Wellenlänge“ der Transportkörper entsprechen soll, besser der zwei- oder mehrfachen Länge; will man diese Einschränkung nicht akzeptieren, dann muss man unter Niederwasser oder mit einem temporären Geschiebefang bauen. Diese Erkenntnisse konnten bereits im Rahmen des Vorhabens berücksichtigt werden und spielten bei der Qualitätssicherung und der Abnahme der Bauleistungen eine wichtige Rolle.

4.3 Extremhochwasser im Juni 2013

Während des Extremhochwassers im Juni 2013 (Scheitel am 06.06.2013 mit ca. 11.000 m³/s; etwa ein HQ₂₀₀), vgl. auch Abb. 1, kam es zur massiven Umformung der Sohle, mit starken Auflandungen und Erosionen über weite Flächen. Insgesamt „kippte“ die Stromsohle in einen neuen morphologischen Zustand! Danach hat sich die Stromsohle allmählich und weitgehend wieder in die Richtung des ursprünglichen Zustandes zurück gebildet, das hat aber mehrere Monate (zumindest bis September 2013, tendenziell noch länger) gedauert. In dieser Phase war die Sohle sehr dynamisch und labil, derart, dass ein weiterer GSV-Einbau nicht sinnvoll schien. Diese Situation und die damit verbundenen Prozesse wurden monatlich durch flächige Stromsohlaufnahmen beobachtet und dokumentiert, und im September 2013 (knapp drei Monate nach der HW-bedingten Baueinstellung) wurden die GSV-Arbeiten schließlich wieder aufgenommen; aus rein flussmorphologischer Sicht wäre eine längere Rückbildungszeit wünschenswert gewesen, dem standen aber bauwirtschaftliche und rechtliche Gesichtspunkte (Kosten- und Terminplan) entgegen.

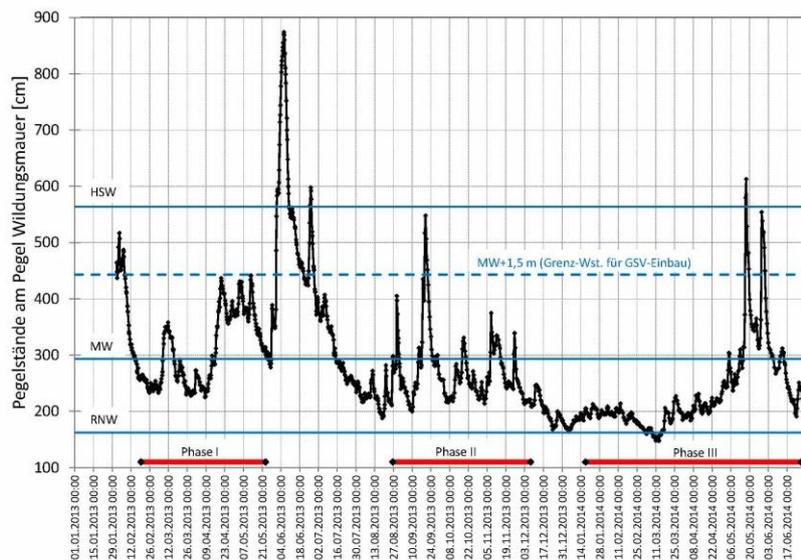


Abbildung 1: Wasserführung in den Phasen mit GSV-Einbau (01/2013 bis 06/2014)

Für zukünftige Projekte dieser Art wurde klar, dass im Fall solch starker Hochwässer nicht nur die unmittelbare Hochwasserphase (Wasserstände über Vertragswasserstand) baufrei zu halten und als Verzögerung zu werten ist, sondern auch die hydromorphologische Anpassungszeit in der Größenordnung mehrerer Monate; damit sind naturgemäß bauwirtschaftliche (Stilliegekosten) und administrative (Terminüberschreitungen) Probleme verbunden. Andererseits wäre es aus fachlicher Sicht völlig falsch, in solchen Phasen mit labiler Sohlmorphologie bauen zu wollen.

4.4 Baubegleitendes Monitoring zur GSV aus Sicht eines planenden Wasserbauingenieurs

Schon bei der Konzeption und Planung war klar, dass sich die GSV nicht wie ein Sohldeckwerk verhält (und auch nicht verhalten soll) und damit auch nicht nach den traditionellen wasserbaulichen Kriterien beurteilt werden kann. Alternative Kriterien und Methoden waren aber erst zu erarbeiten und mussten während der Bauphase weiter entwickelt werden.

Stromgrundaufnahmen und der zeitliche Vergleich verschiedener Aufnahmen (vor/nach dem Einbau bzw. in verschiedenen zeitlichen Abständen nach dem Einbau) zeigen morphologische Veränderungen der GSV-Lage, daraus kann aber noch nicht auf die Stabilität bzw. Mobilität der GSV geschlossen werden, bei konstanter Sohlage könnte beispielsweise zuerst Material erodiert und dann anderes Material abgelagert worden sein. Im Übrigen soll sich das GSV-Material ja bewegen, aber deutlich reduziert gegenüber dem „normalen“ Geschiebe. Unterschiede in der Transportintensität bzw. im oberflächennahen Geschiebeumsatz (Geschiebetrieb) können durch Stromgrundaufnahmen allein nicht abgeleitet werden.

Die einzige klare und in diesem Zusammenhang unerwartete Aussage der Stromgrundaufnahmen betreffen den Bewegungsbeginn („Grenzabfluss“), der tatsächlich deutlich tiefer lag als das auf Grundlage der Modellversuche und der numerischen Berechnungen erwartet wurde, vgl. Pkt. 0. Ein direkter Nachweis des Erfolges oder Nichterfolges der GSV war aber auf Grundlage von Stromsohlaufnahmen nicht möglich; dafür sind die radiometrischen Tracerversuche (Steintracer) viel stärker relevant, weil damit statistische Aussagen über die (über längere Zeiten gemittelten) Transportgeschwindigkeiten möglich werden. Letztlich ist eine Verteilungsfunktion der Geschwindigkeiten der Steine des GSV-Materials mit einer entsprechenden Verteilungsfunktion des „normalen“ Geschiebes zu vergleichen; damit wird eine quantitative Bewertung möglich. Aus diesem Grund ist die Bedeutung der Tracer-Versuche höher als früher einzuschätzen, und es muss die Stichprobengröße ausreichend gewählt werden; während der Bauphase wurde somit auch die Zahl der beobachteten Tracer-Steine vergrößert.

Allerdings benötigt auch diese Methode viel Zeit, die Tracer-Steine müssen über ein entsprechendes Abflussspektrum und über längere Zeit beobachtet werden!

Generell unterliegen alle Methoden zur Beobachtung der Stromsohle folgenden grundsätzlichen Schwierigkeiten:

- fast alle hydromorphologischen Prozesse laufen relativ langsam ab (Monate / Jahre / Jahrzehnte), vor allem bei einem großen Fluss; kurzfristige Ergebnisse sind somit nicht sinnvoll zu erwarten;
- jede einzelne Situation (z.B. jedes Einbaufeld) ist sehr stark von den jeweiligen flussmorphologischen Besonderheiten (Kolk / Furt / Haufenrand; Krümmungen; Abstand vom Ufer; Einfluss von Regulierungsbauwerken; ...) abhängig, die Vergleichbarkeit (zwischen diesen Situationen) ist nur eingeschränkt und über theoretische Annahmen möglich;
- anders als bei einem Experiment im Labor können die Randbedingungen nicht oder nur eingeschränkt beeinflusst werden; dies betrifft vor allem die Abflüsse und alle damit verbundenen hydraulischen Auswirkungen, im Besonderen die hydromechanischen Beanspruchungen der Sohle; das Experiment läuft in der Natur grundsätzlich nicht unter „kontrollierten“ Bedingungen ab;
- zusätzlich zu den eben genannten Problemen sind in der Bauphase Störungen durch den Baubetrieb unvermeidbar; es kann beispielsweise passieren, dass Tracersteine durch Baggerungen stromauf verfrachtet werden.

5. Zu den baubetrieblichen Erfahrungen

Mit diesem Projekt konnte die baubetriebliche Umsetzung unter den Bedingungen einer Baustelle und auch unter verschiedenen Störeinflüssen (Winter bzw. Witterung; Niederwasser, Hochwasser) erprobt werden. Das Einbauverfahren wurde dem Bau-Auftragnehmer (Arbeitsgemeinschaft aus Strabag und Moebius AG) frei gestellt; die Arbeitsgemeinschaft hat sich für das bereits im Zuge der Planung dargestellte „Standardverfahren“ (Verklappen durch mittelgroße Hydroklappschuten in Querfahrt, Einsatz eines leistungsfähigen Schiffs-Positionierungssystems mit automatischer Aufzeichnung aller Schiffsbewegungen; Abstimmung der Öffnungsweite auf die jeweilige Quergeschwindigkeit; Nacharbeiten mit schwimmenden Hydraulikbagger / Stelzenponton) entschieden.

Abb. 2 zeigt die GSV- Wocheneinbaumengen, Insgesamt wurden rd. 116.000 m³ eingebaut (davon rd. 64 % in der Körnung 40/70 mm; rd. 31 % in der Körnung 32/120 mm; der Rest 40/90 mm und 70/120 mm); dieses Material stammt aus Kiesgruben in der Umgebung (Markgrafneusiedel; Schönfeld; Fischamend), es wurde mittels LKW zum Hafen Freudenau transportiert, von dort auf Barges (mit Schubschiffen) zur Baustelle gebracht und auf kleinere Hydroklappschuten (maximale Lademenge 550 t) umgeschlagen.

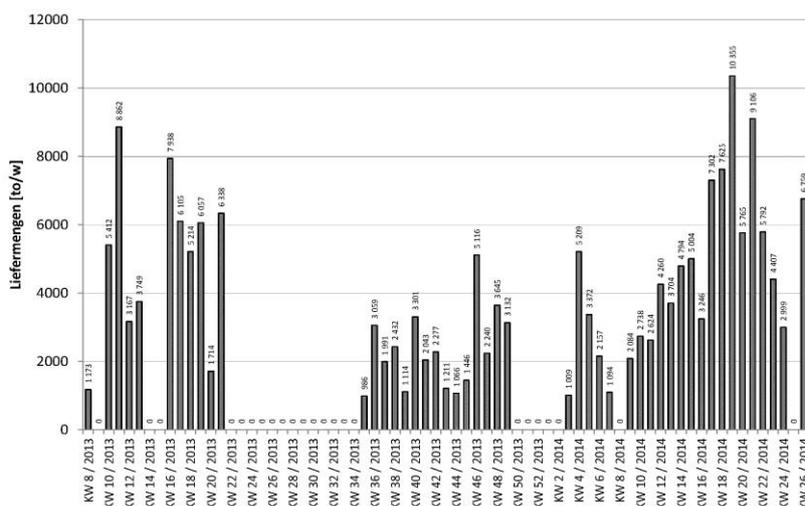


Abbildung 2: GSV-Wochenmengen (Liefermengen über Barges, kann mit Einbaumengen gleich gesetzt werden)

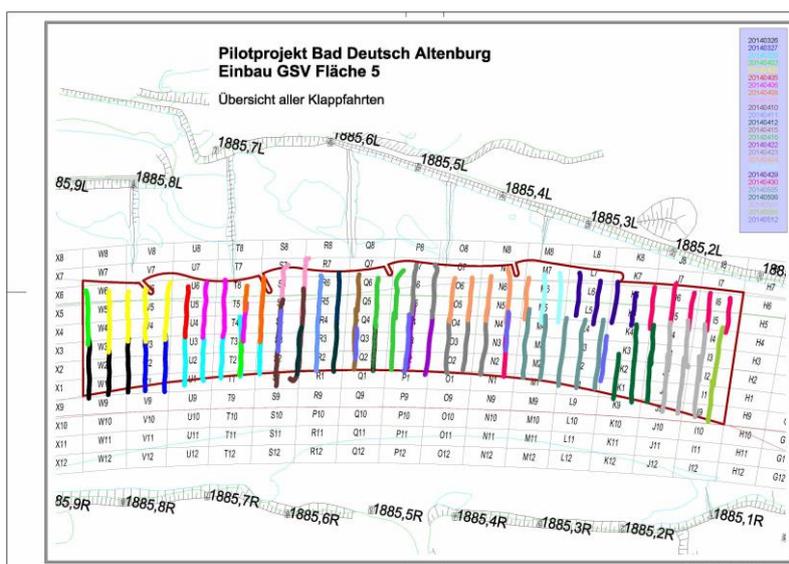


Abbildung 3: Tracks aller Einbaufahrten (Hydroklappschuten) im Einbaubereich 5 (ca. Strom-km 1885,9 bis 1885,15); Quelle: Fa. Nicola (i.A. der ARGE Strabag / Moebius)

Abb. 3 zeigt die Tracks der Verklappfahrten im „Einbaubereich 5“ (ca. Strom-km 1885,9 bis 1885,15); die für den GSV-Einbau eingesetzten Schubschiffe (und die schwimmenden Hydraulikbagger) hatten ein entsprechend leistungsfähiges Schiffs-Positionierungssystem; vor und nach dem Einbau (also meist täglich) wurden flächige Stromsohlaufnahmen (Flächenecholot) im Zuge der Eigenüberwachung durchgeführt; in diesen Phasen war ein entsprechend ausgebildeter Vermessungstechniker und ein Messboot (Fa. Nicola) permanent verfügbar. Seitens via donau erfolgten wöchentliche Kontrollmessungen (ebenfalls Flächenecholot) und in etwas größeren Abständen (mst. monatlich) wurde die gesamte Projektstrecke aufgenommen.

Durch das Pilotprojekt konnte nachgewiesen werden, dass die GSV technisch in der dafür zweckmäßigen Qualität herstellbar ist, es liegen dafür nun bauwirtschaftliche Erfahrungen (Kosten, Leistungsansätze usw.) vor und es wurde ein Prozedere zur Abnahme der Bauleistungen entwickelt. Die GSV kann künftig als flussbauliche Maßnahme gemäß „Stand der Technik“ gelten.

6. Zu weiteren flussbaulichen Konsequenzen

Im Folgenden werden einige weiter führende Überlegungen und Konsequenzen aus dem Pilotprojekt genannt:

- **Zu den Kiesdünen (Sohlformen):** Die unmittelbar baubetrieblichen Konsequenzen wurden bereits unter Pkt. 0 diskutiert; zusätzlich hat dies starke Auswirkungen auf die „Dezimeter-Diskussion“ (auf welche Höhenlage unter RNW sollen GSV-Schüttungen ausgelegt werden): Unter Berücksichtigung dieser Sohlformen zeigt sich, dass die bisherigen Überlegungen und Festlegungen zur Höhenlage der GSV (Oberkante nicht höher als RNW-28 dm) nicht im Widerspruch zur Forderung verschiedener Akteure aus dem Bereich Naturschutz/Ökologie nach Begrenzung der Fahrwassertiefen auf 25 dm (unter RNW) stehen, denn die GSV wird von zumindest 2 bis 3 dm hohen Kiesdünen überwandert und überlagert.

Umgekehrt: Würde man die GSV, wie (von einzelnen Akteuren) gefordert, auf eine Höhenlage (GSV-Oberkante) von 25 dm einbauen, dann wären wegen der darüber wandernden Kiesdünen real nur 22 oder 23 dm Fahrwassertiefe (unter RNW) gegeben. Daneben sind weiterhin die Aspekte des Risikos von Schäden an Schiffsschrauben durch Steinschlag und realistischer Bautoleranzen zu berücksichtigen; die im Pilotprojekt Bad Dt. Altenburg festgelegte GSV-Einbautiefe (von 28 dm unter RNW) hat sich unter Berücksichtigung all dieser Aspekte sehr gut bewährt.

- **GSV und Geschiebemanagement:** Die GSV kann bereits als spezielle Form des Geschiebemanagements aufgefasst werden (Klasz et al., 2009b); dabei wurde eine Optimierung bereits in der Planungsphase angestrebt, derart, dass die permanenten Zugabemengen von Anfang an sehr stark reduziert werden; dies allerdings um den Preis hoher Kosten in der Bauphase. Auf Grundlage des Pilotprojekts scheint eine Reduktion des Geschiebetransportvermögens mit einer für die Schifffahrt noch verträglichen und bauwirtschaftlich (im Wiener Raum) realistisch verfügbaren Körnung (z.B. 32/120 mm) auf etwa 10–15 % des natürlichen Wertes zu optimistisch; realistischer scheint ein Zielbereich von 30 bis 50 % des heutigen Wertes; diese Frage kann und soll aber erst abschließend nach dem Vorliegen aller relevanten Ergebnisse des Monitorings beantwortet werden. Generell führen verschiedene Entwicklungen und Überlegungen zur Konzeption eines – zumindest in der Anfangsphase – weniger optimierten Geschiebemanagements, bei dem im ersten Schritt das volle Geschiebedefizit über Normalgeschiebe zugeführt wird (bei Rückführung und Nutzung des größten Teiles des Geschiebeauftrages in den Stauraum Gabčíkovo und Kompensation der Abriebverluste durch Zugabe kleinerer Anteile von Grobkorn) und bei dem dann in einer zweiten

Phase – und Schritt für Schritt – diverse Optimierungen (u.a. Sohlvergrößerungen) und additive Maßnahmen implementiert werden (Klasz, 2014), ganz im Sinn eines adaptiven Managements. Die GSV wäre in diesem Sinn neu zu positionieren, aber grundsätzlich als ein möglicher (bzw. wahrscheinlicher) Endzustand (mit diversen Modifikationen), nicht aber als eine Maßnahme, die gleich zu Beginn gesetzt werden muss.

- **Planungsmethodik:** Durch Projekte vom Typ (und Eingriffsintensität) des Pilotprojekts werden flussmorphologische Prozesse, die nur bedingt prognostizierbar sind, mittelfristig (Monate / Jahre) angestoßen oder verändert (z.B. Bildung von Kiesbänken), was stärkere Auswirkungen auf die Instandhaltung haben kann (z.B. langfristige Erhöhungen von Baggermengen). In solchen Fällen sind Anpassungen im Sinn einer Nachsorge bzw. – systemtheoretisch gesehen – im Sinn einer Rückkopplung zweckmäßig, z.B. teilweise Rücknahmen von Bühnenabsenkungen oder spätere Anpassungen bei Zugabekörnungen. Um solche Formen der Nachsorge nicht jeweils neu behördlich einreichen zu müssen, wäre eine Implementierung von jeweils verschiedenen Nachsorge-Szenarien (jeweils mit konkreten wenn-dann-Bedingungen!) als Optionen und im Sinn eines adaptiven Managements bereits im Rahmen der Planung der ursprünglichen flussbaulichen Intervention sinnvoll.
- **Zu den Behinderungen für die Schifffahrt:** Aus dem GSV-Einbau sind für die Schifffahrt keine nennenswerten Behinderungen entstanden; die Verklappfahrten dauerten (einschließlich der zugehörigen Positionierung) jeweils nur zwei oder drei Minuten, vorbeifahrende Schiffe haben Vorrang, ihre Vorbeifahrt wurde grundsätzlich abgewartet (Einbauschiffe am Rand der Fahrrinne); das Gleiche gilt für die Arbeit mit Messbooten.

Tatsächliche nautische Probleme entstanden aus Baggararbeiten, wenn der schwimmende Hydraulikbagger (ggf. mit Schubschiffen und Schuten) in den mittleren Teilen der Fahrrinne arbeitete; diese Geräte können nicht bei jeder Vorbeifahrt entfernt werden, vielmehr wird über Schifffahrtsnachrichten und entsprechende Signale (ggf. auch über Anordnungen der Schifffahrtsaufsicht) die Vorbeifahrt auf einer Seite des Baggers vorgegeben. Da aber die Fahrrinne dabei stark eingeengt ist, entstehen Behinderungen (speziell wenn mehrere Schiffe hintereinander folgen oder bei gleichzeitigem Auftreten / Begegnungen von Tal- und Bergfahrern) und – bei gleichzeitigen nautischen Fehlern – das Risiko von Havarien. Solche Situationen hängen aber nicht mit der GSV (oder ähnlichen Formen der Geschiebezugabe) zusammen, sondern mit den Arbeiten zur Verbesserung der Fahrwassertiefen, also mit Anforderungen, die von der Schifffahrt selbst ausgehen. Im Übrigen sind die Möglichkeiten der heutigen Schifffahrtsinformationssysteme (DORIS) so ausgereift, dass Kapitäne frühzeitig über solche Engstellen informiert sind und den jeweils aktuellen Verkehr bereits vor dem Erreichen der Engstelle einschätzen und ihr Fahrverhalten planen können.

Zitierte Literatur bzw. sonstige Quellen

- Hochschopf, M. (1999): Donauausbau Straubing – Vilshofen – Vertiefte Untersuchungen, Baumaßnahmen Naturversuch Sohldeckwerk. Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau Nr. 80 (1999).
- Klasz, G. (2014): Zu den Möglichkeiten einer Geschiebemanagement und den zugehörigen Optimierungspotentialen für die Donau östlich von Wien; Studie im Auftrag der Nationalpark Donau-Auen GmbH; erschienen (über Internet):
http://www.donauauen.at/dateien/9546_NPDA_37_2015_Klasz_Geschiebemanagement.pdf
in der „Wissenschaftlichen Reihe des Nationalparks Donau-Auen“, Heft 37/2015.
- Klasz, G.; Schmalfuß, R.; Zottl, H.; Reckendorfer, W. (2009a): Das Flussbauliche Gesamtprojekt (FGP) für die österreichische Donau östlich von Wien. Österr. Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 154. Jg., Heft 1-3/2009 und Heft 4-6/2009, S. 19-30.
- Klasz, G.; Zottl, H.; Habersack, H.; Schmalfuß, R. (2009b): Die granulometrischen Sohlverbesserung für die Donau östlich von Wien als spezielle Form der Geschiebemanagement. Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 154. Jg., Heft 1-3/2009 und Heft 4-6/2009. S. 97-106.
- Scheuerlein, H; Hengl, M.; Krouzecky, N.; Huber, B.; Habersack, H. (2009): Modellversuche zur granulometrischen Sohlverbesserung – Modellkonzeption und Übertragung von Ergebnissen in die Natur. Österr. Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 154. Jg., Heft 1-3/2009 und Heft 4-6/2009. S. 149-154.
- Krouzecky, N.; Hengl, M.; Huber, B. (2009): Schnittmodellversuche betreffend die grundsätzliche Umsetzbarkeit der granulometrischen Sohlverbesserung. Österr. Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 154. Jg., Heft 1-3/2009 und Heft 4-6/2009. S. 157-163.

Das Monitoringprogramm im Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg

DI Ursula Scheiblechner

via donau – Österreichische Wasserstraßen Gesellschaft mbH, Servicecenter Wachau, Am Schutzdamm 1, 3500 Krems,
Email: ursula.scheiblechner@viadonau.org

1. Das Monitoringprogramm im Pilotprojekt Bad Deutsch- Altenburg

Im Rahmen des Pilotprojekts Bad Deutsch-Altenburg wurden von 2012 bis 2014 eine Reihe von flussbaulichen Maßnahmen gemeinsam umgesetzt, die auch künftig zur Erreichung der wesentlichen Ziele an der Donau östlich von Wien zum Einsatz gelangen könnten. Da hier insbesondere die Granulometrische Sohlverbesserung (GSV) erstmalig angewendet wurde und auch das Zusammenwirken der einzelnen flussbaulichen Maßnahmen als besonders komplex anzusehen ist, war es erforderlich ein umfangreiches begleitendes Monitoringprogramm aufzusetzen. Dabei werden nachfolgende Ziele verfolgt:

- Erfüllung von behördlichen Auflagen zum Monitoring/Beweissicherung (Nationalparkrecht, Wasserrecht, Schifffahrtsrecht)
- Beantwortung von 85 Fragen zu Wirksamkeit und möglichen Auswirkungen der Baumaßnahmen (Fragentabelle als Auflage aus Nationalparkrechtlicher Ausnahmegewilligung)
- Gegebenenfalls Optimierung der Baumaßnahmen
- Integrative Bearbeitung von abiotischen & biotischen Aspekten
- Entwicklung und Evaluierung von Erhebungsmethoden, die an der Donau anwendbar sind

Die bearbeiteten Fragestellungen sollen die wesentlichen Wirkungsweisen und möglichen Auswirkungen der baulichen Maßnahmen des Pilotprojekts Bad Deutsch-Altenburg erfassen. Nachfolgend sind die Untersuchungsschwerpunkte für die einzelnen Baumaßnahmen dargestellt:

Granulometrische Sohlverbesserung: Erfassung der Funktionalität hinsichtlich Stabilität der Stromsohle, Einmischung, Veränderung der Korngrößenverteilung, Änderungen im Geschiebetransport, Analyse möglicher Auswirkungen auf Kolmation/Deckschichtbildung, Grundwasserhaushalt, MZB, Fische

Stromsohlenanpassung: Veränderung der Tiefenvariabilität durch Baufeldvorbereitung, Veränderung des Talwegs

Niederwasserregulierung: Wirkung auf Stromsohlenmorphologie, Bühnenfeldverlandung bzw. Bühnenfeld-ausräumung, Kolkbildung, mögliche Auswirkungen auf Habitatverfügbarkeit, ökologische Funktionen und Prozesse, Vegetation, terrestrische Uferzönose, MZB, Fische und Vögel

Uferrückbau: Analyse der Seitenerosion, mögliche Auswirkung auf Schwebstoffhaushalt, Grundwasseraustausch, Habitatverfügbarkeit, ökologische Funktionen und Prozesse, Vegetation, terrestrische Uferzönose, MZB, Fische und Vögel

Gewässervernetzung: Morphodynamik im Nebengewässer (Erosion/Sedimentation), Durchfluss, Fließgeschwindigkeit, Querströmungen im Ausströmbereich, mögliche Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt, MZB, Fische, Vegetation, ökologische Funktionen und Prozesse, Habitatverfügbarkeit

Schifffahrt: Fahrwassertiefen (siehe auch Niederwasserregulierung), Querströmungen im Ausströmbereich des Johler Armes, Untersuchungen zum Wellenschlag, Totholz, Untersuchung von möglichen Auswirkungen der GSV auf die Schiffsschraube

1.1 Definition der Arbeitspakete

Aufgrund des Umfangs der zu bearbeitenden Fragestellungen wurde das Monitoringprogramm des Pilotprojektes Bad Deutsch-Altenburg in Arbeitspakete gegliedert (siehe Abbildung 1). Die einzelnen Arbeitspakete sollen dabei aber nicht nur sektoral betrachtet werden, sondern auch eine integrative Zusammenschau zu den Fragestellungen ermöglichen. Der blaue Pfeil in Abbildung 1 weist darauf hin, dass die biotischen Gegebenheiten von den abiotischen Rahmenbedingungen abhängig sind. Der grau strichlierte Pfeil indiziert, dass teilweise auch Rückwirkungen der Biotik auf die Abiotik bestehen (z.B. Vegetationseinfluss auf die Uferstabilität).

Die integrative Zusammenarbeit der Arbeitspakete wird dabei einerseits durch regelmäßige Besprechungen und den laufenden fachlichen Austausch zwischen den Bearbeitern ermöglicht, andererseits stellen vor allem auch die Modellierungen eine wesentliche Grundlage für die integrative Zusammenarbeit dar. So dient z.B. die Hydrodynamische Modellierung als Basis für Aussagen zur Landschaftsdynamik, zur Habitatdiversität und zur Fischökologie. Die im Rahmen der Modellierungen erstellten Digitalen Geländemodelle sind ebenfalls Grundlage für die meisten anderen Arbeitspakete. So kann sichergestellt werden, dass alle Bearbeiter zumindest für die wesentlichen Eingangsparameter (z.B. Wasseranschlagslinien, Fließgeschwindigkeiten, trocken fallende/benetzte Bereiche) auf dieselben Quellen zurückgreifen können. Darüber hinaus ist es über die Modellierungen möglich, die punktuellen Freilandhebungen auf flächige Aussagen umzulegen und anderen Arbeitspaketen zur Verfügung zu stellen.

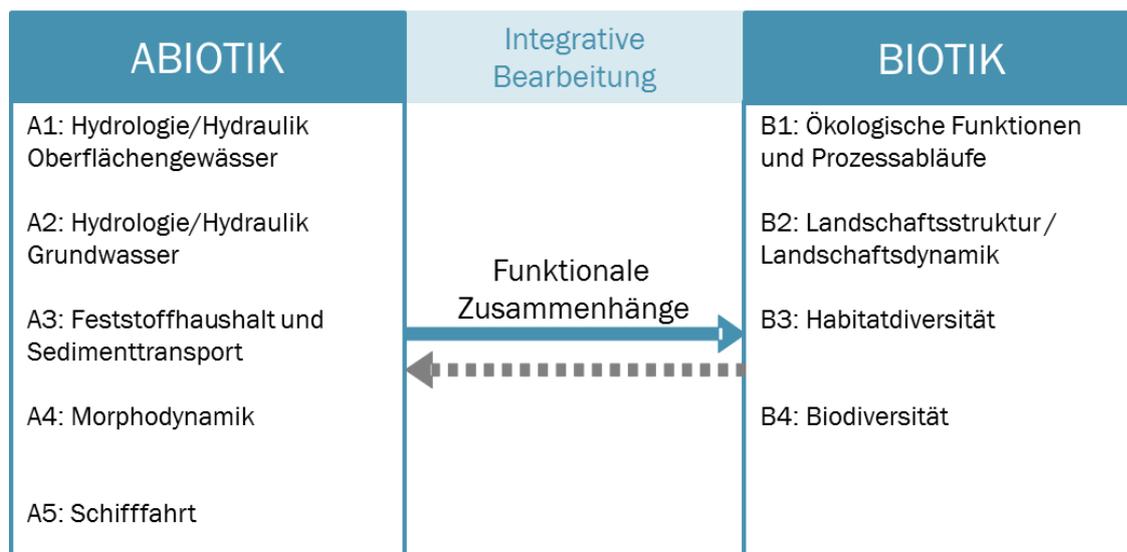


Abbildung 1: Definition der Arbeitspakete zum Monitoring im Pilotprojekt Bad Deutsch- Altenburg

Jedes Arbeitspaket analysiert eine Reihe von Parametern, die als geeignet zur Beantwortung der definierten Fragestellungen angesehen wurden. Einige Fragestellungen können dabei nur in der Zusammenschau mehrerer Arbeitspakete beantwortet werden. Um z.B. die Auswirkung der aufgebrachten Granulometrischen Sohlverbesserung auf die Stabilität der Stromsohle analysieren zu können, wird einerseits die Sohlmorphologie (Veränderung der Sohlhöhen) betrachtet (Arbeitspaket A4), andererseits der Geschiebetransport direkt gemessen (Arbeitspaket A3). Nachfolgende Tabellen geben eine Übersicht über die ausgewählten Parameter zu den einzelnen Arbeitspaketen und sollen damit eine Kurzfassung der hier vorgesehenen Erhebungen bieten.

Abiotik	
Arbeitspaket	Kurzbeschreibung der Parameter/Untersuchungsaspekte
A1 Hydrologie/Hydraulik Oberflächengewässer	Wasserspiegellagen, Wassertiefe, Wasserstand, Fließgeschwindigkeit, Durchfluss, Sohl Schubspannung
A2 Hydrologie/Hydraulik Grundwasser	Grundwasserspiegel, Grundwasserqualität, Thermalquellen BDA, Durchlässigkeit Gewässersohle/Kolmation, Durchlässigkeit im Uferbereich, Deckschichtbildung
A3 Feststoffhaushalt und Sedimenttransport	Korngrößenanalysen, Geschiebehaushalt/-transport, Schwebstoffhaushalt/-transport
A4 Morphodynamik	Morphologieveränderung Stromsohle, Uferbereiche, Gewässervernetzung
A5 Schifffahrt	Linienführung, Fahrwassertiefen, Querströmungen, Totholzmonitoring, Wellenschlagsmonitoring

Tabelle 1: Kurzbeschreibung der abiotischen Arbeitspakete

Biotik	
Arbeitspaket	Kurzbeschreibung der Parameter/Untersuchungsaspekte
B1 Ökologische Funktionen und Prozessabläufe	planktische & benthische Algen, Stoffkreisläufe
B2a Landschaftsstruktur	großräumige Veränderungen von Vegetationsgrenzen & Uferlinien, Landschaftsbild
B2b Landschaftsdynamik	Annäherung an das ökologische Leitbild anhand charakteristischer Kenngrößen (z.B. Morphologie & Tiefenvariabilität des Hauptstromes, Ufergradienten, Kiesbänke, Abbruchufer, Wasserfläche)
B3 Habitatdiversität	Klassifizierung des Untersuchungsgebietes in „Hydromorphologische Einheiten“
B4a Gewässervegetation	Makrophyten (Großwüchsige Algen, Wassermoose, Wasserfarne, bedecktsamige Pflanzen)
B4b Ufervegetation	Pioniervegetation, Schotter-, Sand- und Schlickfluren
B4c Terrestrische Uferzönose	Laufkäfer, Spinnen, Ameisen, Tag- und Nachtfalter
B4d Makrozoobenthos	benthische Evertebraten
B4e Fische	Adultfische, Jungfische, Neobiota
B4f Vögel	Wasservögel, Schotterbrüter, Greifvögel, Eisvogel

Tabelle 2: Kurzbeschreibung der biotischen Arbeitspakete

1.2 Zeitplanung

Premonitoring

Die Vorerhebungen zum Monitoringprogramm des Pilotprojektes Bad Deutsch- Altenburg laufen seit dem Jahr 2005. Der Schwerpunkt der Erhebungen wurde im Jahr 2009 abgeschlossen. Anschließend erfolgte bis zum Baubeginn des Pilotprojekts nur die Fortführung jener Messreihen, deren Erfassung als kontinuierliche Datenreihen sinnvoll ist (z.B. Oberflächengewässerpegel, Grundwasserbeweissicherung, Schwebstoffsonden).

Baubegleitendes Monitoring

Von Anfang 2012 bis Mitte 2014 wurde der Bau des Pilotprojekts Bad Deutsch-Altenburg abgewickelt und dabei von einem abiotischen Monitoring begleitet. Der Schwerpunkt der Erhebungen betraf vor allem Analysen zur Stabilität der Granulometrischen Sohlverbesserung in den Jahren 2013/2014. Hierzu wurden insbesondere verschiedene Einbaumethoden und Korngrößenverteilungen untersucht. Das baubegleitende Monitoring wurde im Jahr 2015 mit einem Endbericht abgeschlossen.

Postmonitoring

Mit Bauende Mitte 2014 konnten auch die Nacherhebungen zum wissenschaftlichen Monitoringprogramm in Angriff genommen werden. Der Schwerpunkt der Erhebungen zu allen oben genannten Arbeitspaketen liegt in den ersten 3 Jahren. Diese 1. Phase des Postmonitorings soll mit einem Endbericht im Jahr 2016 abgeschlossen sein.

Für einige der Arbeitspakete sind allerdings auch längerfristige Aspekte zu untersuchen (z.B. MZB, Fische, Kolmation, Korngrößenanalysen). Hierzu sind Nacherhebungen im 1., 5. und 10. Jahr nach Bau vorgesehen. Die 2. Phase des Postmonitorings reicht daher bis 5 Jahre nach Bau und soll mit einem Endbericht im Jahr 2020 abgeschlossen sein.

Die letzte Erhebungskampagne ist aus heutiger Sicht 10 Jahre nach Bau und damit 2023/2024 geplant. Die Erstellung eines Endberichtes zur 3. Phase des Postmonitorings ist für das Jahr 2025 vorgesehen.

Zwischen den oben genannten Endberichten sollen jährliche Fortschrittsberichte über den Verlauf und etwaige Zwischenergebnisse des Postmonitorings informieren.

Premonitoring					Bau		Postmonitoring													
Schwerpunkt Freilandmessungen																				
Berichtslegung																				
																				
2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025

Tabelle 3: Zeitplanung Gesamtüberblick

Nicht für jedes Arbeitspaket ist es erforderlich, über den gesamten Zeitraum kontinuierliche Datenerhebungen und Analysen durchzuführen. Manche Untersuchungsparameter reagieren relativ kurzfristig auf die Umbaumaßnahmen (z.B. ökologische Funktionen und Prozessabläufe), andere brauchen einen längeren Zeitraum, um sich auf die veränderten Bedingungen einzustellen (z.B. Landschaftsstruktur). In nachfolgender Tabelle ist daher zusätzlich ein Überblick zur Zeitplanung der einzelnen Arbeitspakete im baubegleitenden und Postmonitoring gegeben.

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
A1	Oberflächengewässer												
A2	Grundwasser												
A3	Feststoff-/ Sedimenttransport												
A4	Morphodynamik												
A5	Schifffahrt												
B1	Ökologische Funktionen & Prozesse												
B2a	Landschaftsstruktur												
B2b	Landschaftsdynamik												
B3	Habitatdiversität												
B4a	Gewässervegetation												
B4b	Ufervegetation												
B4c	Terrestrische Uferzönose												
B4d	Makrozoobenthos												
B4e	Fische												
B4f	Vögel												

Tabelle 4: Zeitplanung Arbeitspakete baubegleitendes & Postmonitoring

1.3 Derzeit beteiligte Institutionen

Abiotische Arbeitspakete

Universität für Bodenkultur

Muthgasse 107, 1190 Wien

- Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau
- Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement

Technische Universität Wien

Karlsplatz 13/222, 1040 Wien

- Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie

Schiffbautechnische Versuchsanstalt

Brigittenufer 256, 1200 Wien

UWITEC Umwelt und Wissenschaftstechnik Richard Niederreiter

Weissensteinstraße 30, 5310 Mondsee

Gruppe Wasser

Wiedner Hauptstraße 19, 1040 Wien

Ott Hydromet GmbH

Ludwigstraße 16, 37437 Kempten

WSB Labor GmbH

Steiner Landstraße 27a, 3504 Krems-Stein

via donau- Österreichische Wasserstraßen-Gesellschaft mbH

Team Hydrologie, Team Hydrographie

Donau-City-Straße 1, A-1220 Wien

Biotische Arbeitspakete

WasserCluster Lunz

Dr. Carl Kupelwieser Promenade 5, 3293 Lunz am See

Universität Wien

Althanstraße 14, 1090 Wien

- Department für Limnologie und Hydrobotanik
- Department für Naturschutzbiologie, Vegetations- und Landschaftsökologie
- Department für Tropenökologie und Biodiversität der Tiere

AVL- ARGE Vegetationsökologie und Landschaftsplanung GmbH

Theobaldgasse 16, 1060 Wien

Pro Fisch Mag. Schabus, Weissenbacher, Zornig OG

Hörlgasse 6/2/13, A-1090 Wien

BirdLife Österreich

Museumsplatz 1/10/8, 1070 Wien

Grundlegende Prozesse betreffend Hydraulik, Sedimenttransport und Flussmorphologie

DI Philipp Gmeiner, DI Dr. Marcel Liedermann, DI Martin Glas, Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Michael Tritthart, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Helmut Habersack

Christian Doppler Labor für Innovative Methoden in Fließgewässermonitoring, Modellierung und Flussbau, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien, Muthgasse 107, 1190 Wien, Email: philipp.gmeiner@boku.ac.at

1. Einleitung

Im Rahmen des Pilotprojektes Bad Deutsch-Altenburg wurde vor, während und nach der gleichzeitigen Umsetzung mehrerer Maßnahmen (Buhnenumbau, Granulometrische Sohlverbesserung - GSV, Uferrückbau und Gewässervernetzung) ein umfassendes Monitoringprogramm durchgeführt. Ziel war es neben der Ist-Zustandserfassung, Begleitung und Dokumentation der Bauphase, Erfassung der Entwicklung nach Bau auch die zugrunde liegenden Prozesse hinsichtlich Hydraulik, Sedimenttransport und Flussmorphologie zu analysieren. Speziell in Bezug auf den Sedimenttransport an großen Flüssen gibt es in der Literatur noch große Lücken betreffend das Prozessverständnis. Messungen an großen Flüssen sind kostspielig, aufwändig und zum Teil gefährlich, weshalb es in diesem Bereich großen Nachholbedarf gibt. Deshalb fußen wasserbauliche Bemessungen und Planungen sehr häufig auf Formelwerken, die empirisch in kleinskaligen physikalischen Modellversuchen entstanden sind. Aber nicht alle Prozesse lassen sich skalieren, wodurch speziell für große Flüsse deutliche Diskrepanzen auftreten können. Im Bereich Bad Deutsch-Altenburg wurden zwischen Mitte 2012 und Mitte 2014 innovative Maßnahmen getestet, die von einem umfassenden Monitoringprogramm begleitet wurden. Hierfür wurden eine Reihe von neuen Messgeräten und Methoden entwickelt, die auf Prozessebene für teils erstaunliche Ergebnisse gesorgt haben und geholfen haben die Auswirkungen der Maßnahmen besser zu verstehen.

2. Innovationen und Erkenntnisse auf Prozessebene

2.1 Charakteristik des Geschiebetransportes

2.1.1 Bewegungsbeginn, Geschiebetransport, -fracht

In der Projektstrecke wurde erstmals an der österreichischen Donau eine längere Reihe von Geschiebemessungen durchgeführt, die nun Durchflüsse bis zu einem HQ_{200} abdecken. Um dies zu ermöglichen, wurden im Rahmen des Premonitorings Methoden und Messgeräte entwickelt, die speziell den hohen Turbulenzen der Donau bei höheren Durchflüssen standhalten. Durch die nun zur Verfügung stehende Messreihe konnten Erkenntnisse bezüglich des Geschiebetransportes an der Donau gewonnen werden. So konnte schon bei Messungen um Regulierungsniederwasser ($980 \text{ m}^3/\text{s}$ - KWD2010) nennenswerter Transport beobachtet werden (z.B. waren Tracersteine der Korngröße 27,5 mm, 40 und 70 mm in Bewegung und bei Geschiebemessungen wurden Körner größer 40 mm erfasst, ebenso waren Steine der Größe 40 bis 70 mm auf Videoaufnahmen in Bewegung zu erkennen). Dies steht im Widerspruch zu gängigen Geschiebetransportformeln, die den Geschiebetransportbeginn dieser Korngrößen erst bei weit höheren Durchflüssen

ansetzen würden (z.B. 3159 m³/s nach Meyer-Peter und Müller). Ein weiteres Charakteristikum konnte bei Durchflüssen ab dem bordvollen Durchfluss beobachtet werden: Hier steigt der Geschiebetransport bis zur völligen Flutung der Vorländer kaum weiter an (Gelber Bereich in Abbildung 1). Erst bei Extremereignissen (Roter Bereich in Abbildung 1) kann wieder ein deutlicher Anstieg verzeichnet werden.

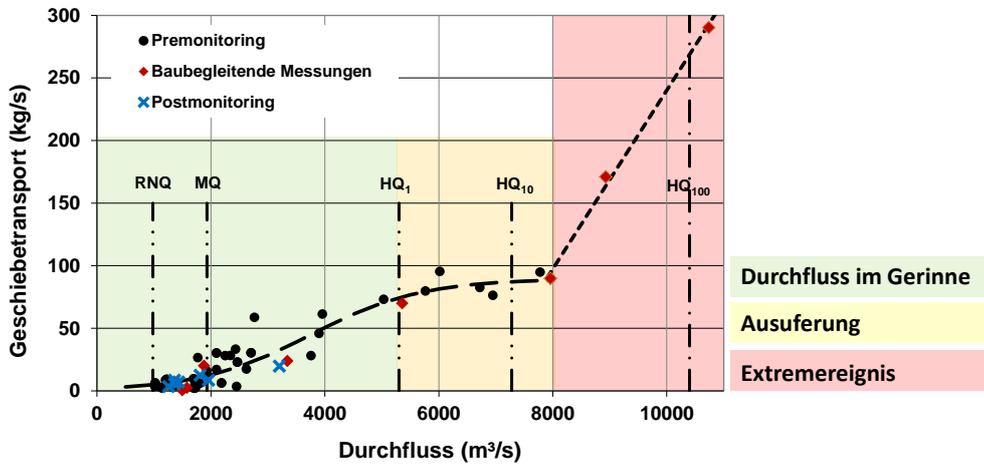


Abbildung 1: Geschiebetransportcharakteristik im Bereich Bad Deutsch-Altenburg; Geschiebetransport im Querprofil in Abhängigkeit vom Donaudurchfluss

Die 52 bisherigen Geschiebemessungen im Querprofil wurden mit dem Donaudurchfluss in Beziehung gesetzt und eine mögliche Variante für eine Ausgleichsfunktion ermittelt (Abbildung 1). Mit Hilfe der Beziehung zwischen Durchfluss und Geschiebetransport (2006 – 2015) und einer langen Reihe an Durchflussdaten (1977-2015) kann durch die Auftrittswahrscheinlichkeit ein effektiver Durchfluss bzw. ein Durchflussbereich bestimmt werden, bei dem insgesamt gesehen der größte Geschiebetransport auftritt. Wie in Abbildung 2 zu sehen, liegt der effektive Durchfluss zwischen 2000 und 2200 m³/s (Mittelwasser bis sommerliches Mittelwasser).

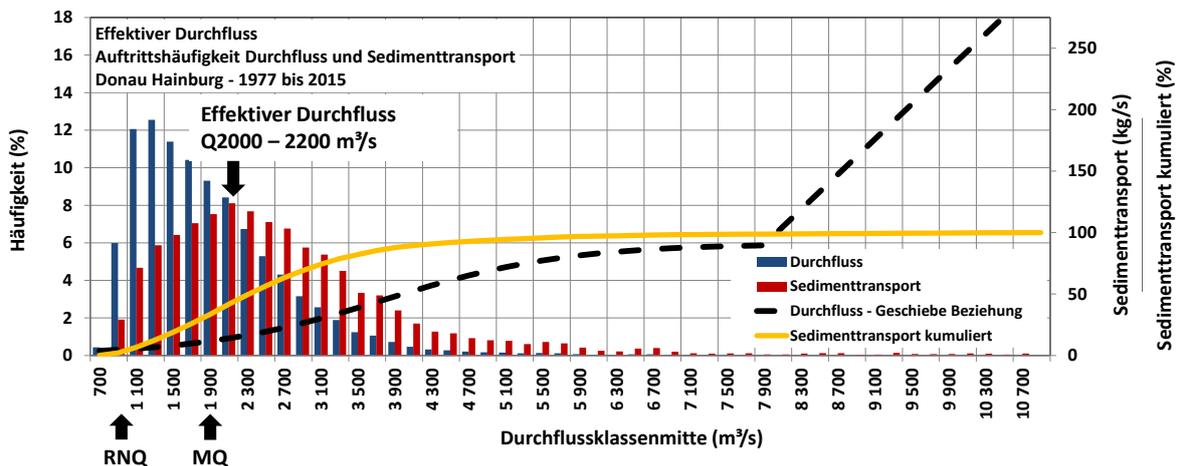


Abbildung 2: Bestimmung des effektiven Durchflusses bezüglich des Sedimenttransportes

Im Vergleich zu anderen Flüssen, liegt der Durchflussbereich der am meisten zum Geschiebetransport beiträgt an der Donau sehr tief. Dies äußert sich auch darin, dass im Durchflussbereich zwischen RNQ und MQ, bereits ~35 % des Geschiebetransportes stattfindet. Die jährliche Geschiebefracht in den Jahren 2006 bis 2014 bewegt sich zwischen 306.000 und 594.000 t oder einem Volumen zwischen 196.000 und 381.000 m³.

2.2 Tracer Messungen: Beobachtung des Transportverhaltens an einzelnen Steinen

Neben der im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Messung des Geschiebedurchgangs an einem Punkt (Euler'sche Betrachtungsweise), ist die gezielte Beobachtung der Einzelbewegungen von Steinen (Lagrange'sche Betrachtungsweise) eine wertvolle Methode, um wichtige weitere Einblicke in den Prozess des Geschiebetransports zu erhalten. Zu nennen wären der Bewegungsbeginn bzw. die Bewegungswahrscheinlichkeit, korngößenabhängige Unterschiede im Transportverhalten, den Transportwegen, -geschwindigkeiten und -distanzen, sowie die Dauer von Ruhephasen bzw. Bewegungsphasen. Darüber hinaus erwiesen sich die Tracersteine auch als sehr wertvolles Werkzeug, um die Stabilität der GSV zu beurteilen (Liedermann et al. dieser Band). Dazu wurde ein für einen Fluss von der Dimension der Donau einmaliges intensives Monitoring von 40 Radiotraceren (3 Größen: 27,5, 40 und 70 mm) vor den Umbaumaßnahmen durchgeführt. Über den Zeitraum von mehr als einem Jahr wurden die Tracersteine einmal wöchentlich gesucht und verortet. 74 % der Steine durchwanderten die 3 km lange Strecke innerhalb eines Jahres. Die dabei zurückgelegten Pfade waren mehrheitlich uferparallel (Abbildung 3 - Liedermann et al. 2013), der Anteil des Quertransportes am Geschiebetransport lag bei 4 % des longitudinalen Transportes und wird hauptsächlich von der Morphologie beeinflusst.

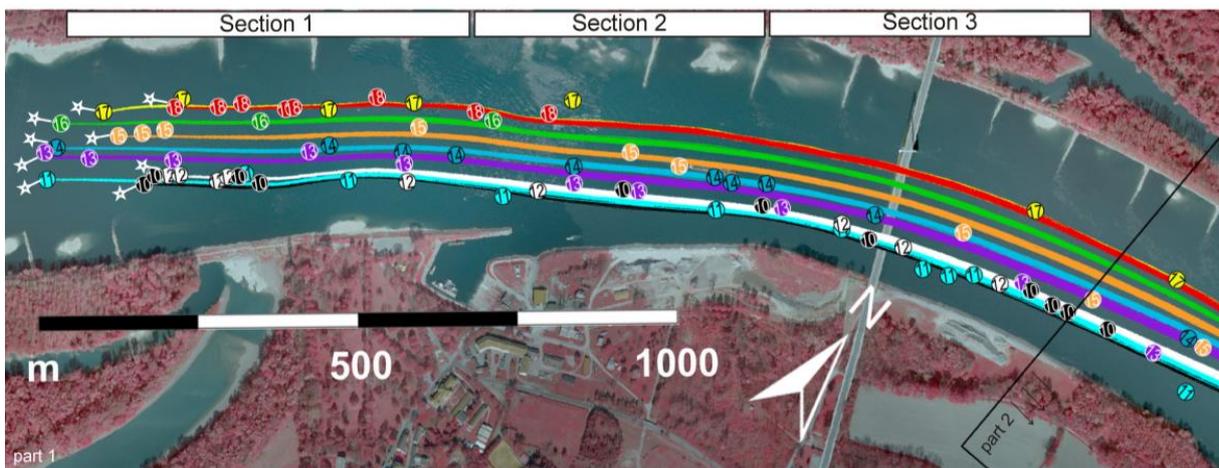


Abbildung 3: Modellierte Tracerpfade (farbige Pfadscharen) im Vergleich zu den beobachteten Tracerpositionen (farbige Kreise); die Startposition der Tracersteine sind mit einem Stern markiert

Die gemessene Transportwahrscheinlichkeit und -geschwindigkeit für die kleinen Steine (b-Achse 27,5 mm) lag bei 42 % und 10,6 m/d. Die mittleren und großen Steine (b-Achse 40 und 70 mm) hatten eine Transportwahrscheinlichkeit von 30,4 bzw. 26,1 % bei einer Geschwindigkeit von 7,7 bzw. 6,2 m/d. Die kleineren Steine bewegten sich somit häufiger und weiter, als die Mittleren und Großen, welche ein ähnliches Transportverhalten aufwiesen. Bei den während des baubegleitenden Monitorings eingebrachten Tracersteine reduziert sich die Geschwindigkeit der mittleren Steine (40 mm) um zirka die Hälfte auf 3,2 m/d und die der Großen auf zirka ein Drittel (1,9 m/d), bei gleichzeitiger Reduktion der Transportereignisse. Ein Tracerstein nach den Baumaßnahmen bewegte sich daher etwas seltener und deutlich weniger weit als ein Stein während des Premonitorings. Die Daten der 40 Tracersteine aus dem Premonitoring wurde auch für die Kalibrierung eines numerischen Tracermodelles verwendet (Tritthart et al., 2012). Dieses reproduzierte erfolgreich die Pfade und Geschwindigkeiten der Tracersteine für unterschiedliche Durchflüsse und schafft somit die Möglichkeit der räumlichen und zeitlichen Hochskalierung vorhandener Tracer Beobachtungen.

2.3 Freeze Core Messungen

Eine wesentliche Grundlage zur Beurteilung des Einmischverhaltens bzw. der Stabilität und des Vorhandenseins der GSV ist eine detaillierte Kenntnis des Sohlaufbaus. Die Entnahme von Freeze Cores aus der Gewässersohle bietet dabei eine einzigartige Möglichkeit, eine ungestörte Probe der Donausohle bis in eine Tiefe von 1 bis 1,5 m zu ziehen. Dazu wird ein Stahlrohr in die Flusssohle geschlagen und anschließend mit Flüssigstickstoff heruntergekühlt, sodass das Sediment festfriert und ungestört entnommen werden kann (Abbildung 4).



Abbildung 4: Linkes Bild – einbringen des Freeze Core Gestänges; mittleres Bild: gefrieren der Donausohle mit Flüssigstickstoff; rechtes Bild: Freeze Core Probe mit GSV Schicht

In Abbildung 5 sind Freeze Cores mit unterschiedlichen GSV Körnungen, bei variablem Einmischungsgrad und einer klar erkennbaren Sohlschichtung dargestellt. Eine noch zur Gänze vorhandene GSV-Schicht der Körnung 40/70 ist in Abbildung 5a zu sehen. Sie weist eine Schichtdicke von 30 cm (Einbaustärke) auf und ist rund 10 cm von Normalgeschiebe überlagert. Eine eingemischte und nur noch teilweise vorhandene GSV-Schicht der Körnung 32/132 ist in Abbildung 5b zu sehen. Diese Probe wurde in einem Bereich mit höherer Strömungsbelastung bei Strom-km 1884,9 genommen.

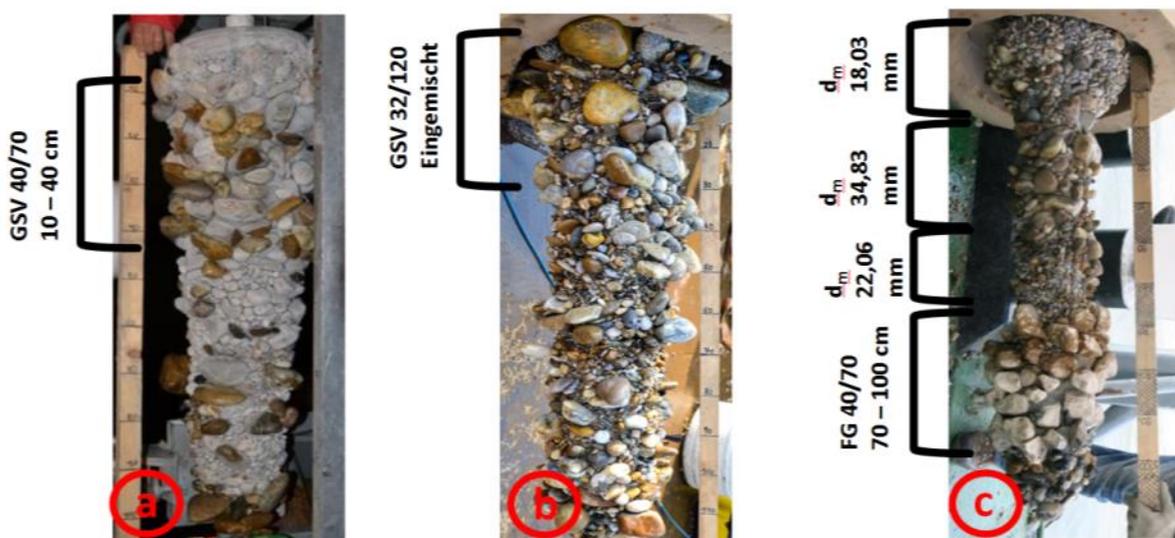


Abbildung 5: Beispiele unterschiedlicher GSV Schichten und Einmischungsgrade: a) GSV Schicht Körnung 40/70, Lage 10 – 40 cm unter Gewässersohle; b) GSV Körnung 32/120 eingemischt in die Donausohle; c) Beispiel für das Auftreten von Schichten mit unterschiedlichem dm bei Strom-km 1886,62 – Schicht 70 - 100 cm Fremdgeschiebe (geologischer Tracer)

Die in Abbildung 5c dargestellte Freeze Core Probe entstammt dem Furt Bereich bei Strom-km 1886,62. An ihr zeigt sich ausgehend vom Fremdgeschiebe (geologischer Tracer Körnung 40/70) ein dreiteiliger Aufbau der Donausohle, mit einem d_m der zwischen 18,03 und 34,83 mm schwankt. Über die Kombination von Siebanalysen und visueller Beurteilung war es möglich, der Anteil der GSV am jeweiligen Freeze Core über die Tiefe darzustellen (Abbildung 6).

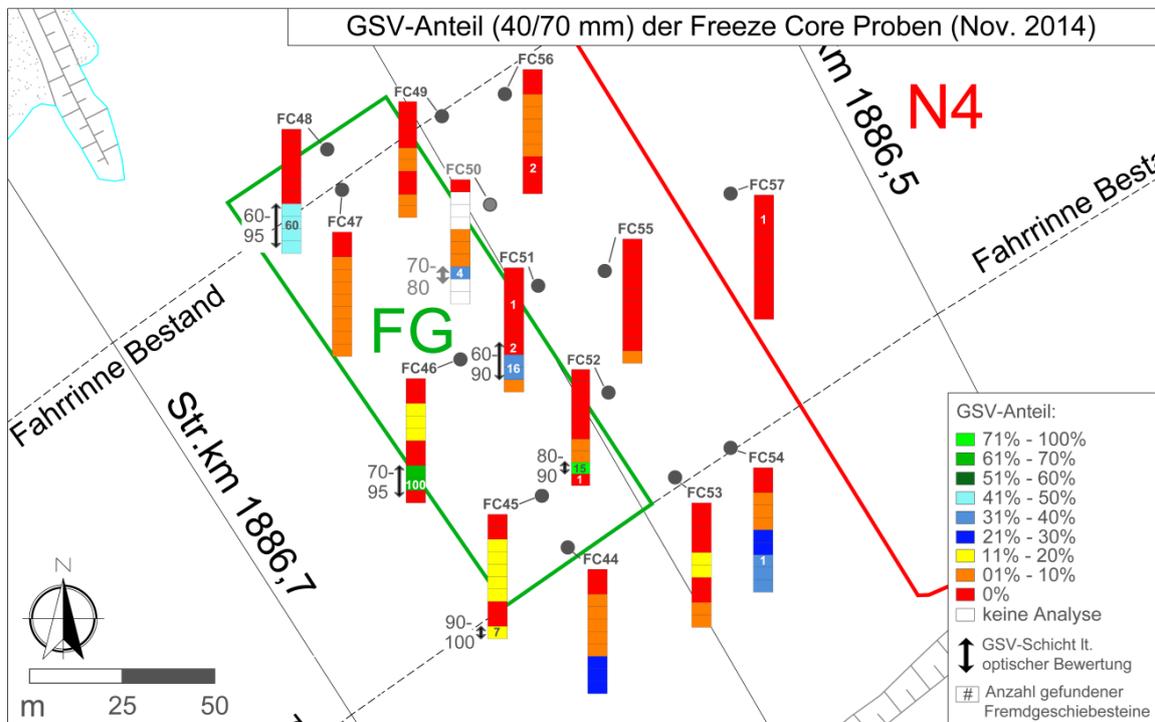


Abbildung 6: Überblick über den GSV-Anteil (berechnet und visuell beurteilt) der Freeze Core Proben am Probenahmeort

2.4 Sohlformen

Ein weiteres bisher unerforschtes bzw. sogar unbekanntes Charakteristikum der Donau sind die Sohlformen. Diese wurden durch hochauflösende Sohlgrundaufnahmen mittels Multi Beam entdeckt und werden wegen deren großer Auswirkung auf den Bauablauf genauer analysiert. Grundsätzlich sind Kiesdünen auch in der internationalen Literatur kaum beschrieben, weshalb deren Charakteristik an der Donau auch gänzlich neues Neuland darstellt. Zuerst wurden die Dünenformen mit Hilfe von mehreren Multi Beam Aufnahmen zu unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen analysiert. Die durchschnittlichen Dünenlängen schwanken zwischen 7,8 und 10,7 m, Dünenhöhen schwanken zwischen 10 und 45 cm. Während der Bauarbeiten wurde offensichtlich, dass vorbereitete Einbaufelder für die granulometrische Sohlverbesserung (GSV) oft nach wenigen Stunden wieder zu sedimentiert waren. Daher wurde beschlossen, ein zeitlich hochaufgelöstes Monitoringprogramm durchzuführen, das die Dünenbewegung analysieren sollte. So wurden alle 10 Minuten über mehrere Stunden hinweg Sohlgrundaufnahmen eines Teilbereiches der Stromsohle gemacht. Durch Vergleich der gewonnenen Sohlmorphologien konnte eine Sohlformgeschwindigkeit bestimmt werden, die zwischen 2,5 m/h und 9 m/h liegt und einen Mittelwert bei 5,6 m/h besitzt (Bezug Messreihe Fa. Strabag, bei Einbeziehung der Messungen via donau: 5,26m/h) (Abbildung 7). Über die charakteristischen Formen der Dünen konnte ein Sedimentvolumen über eine längere Zeit ermittelt werden, um auf eine Geschiebetransportrate basierend auf dem Sohlformtransport schließen zu können. Für diesen spezifischen Geschiebetransport konnten Werte zwischen 0,20 kg/s m und 0,76 kg/s m bei einem Mittelwert von 0,43 kg/s m gefunden werden.

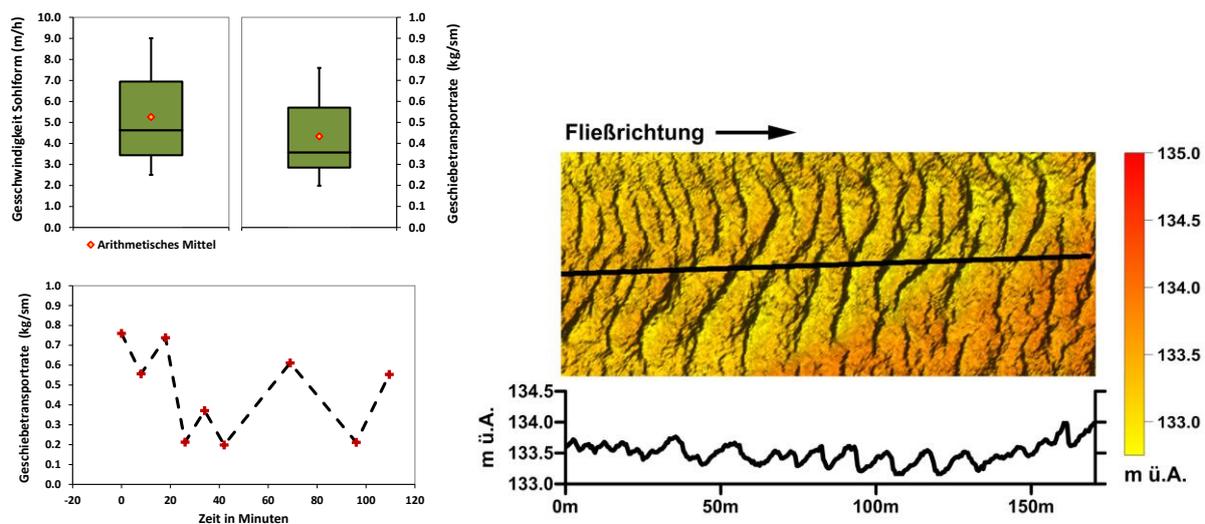


Abbildung 7: Analyse der Sohlformen und der Sohlformaktivität in der Projektstrecke

Diese Ergebnisse passen gut zu den mittels anderer Methoden (Fangkorbmessungen und Tracer Messungen) gewonnenen Werten, weshalb davon ausgegangen werden kann, dass bei Auftreten von Dünen der Geschiebetransport an der Donau fast ausschließlich von Dünen bestimmt wird.

2.5 Sohlschubspannung

Die zeitliche und räumliche Verteilung der Sohlschubspannung stellt ein wichtiges Bindeglied zwischen den turbulenten Strömungsverhältnissen und dem Sedimenttransport beziehungsweise dem Bewegungsbeginn des Geschiebes dar. Sie ist somit ein grundlegender Parameter für die Beschreibung und Vorhersage morphodynamischer Prozesse. Dafür wird in der Regel ein zeitlich gemittelter Wert der Sohlschubspannung verwendet, um die an der Gerinneberandung auftretenden Kräfte zu beschreiben, da nur dieser mit den herkömmlichen Methoden berechnet werden kann. Um die zeitliche Schwankung der Sohlschubspannung zu erfassen, wurde sie mit einem eigens entwickelten Messgerät erstmals in situ direkt erfasst.

Das angewendete Messprinzip beruht darauf, es einer mit Rauheitselementen belegten Scherplatte zu ermöglichen, sich frei in horizontaler Richtung unter den angreifenden Kräften zu bewegen, und die auftretenden Sohlschubspannungen zu messen. In Abbildung 8a ist die fluktuierende Sohlschubspannung bei einem Donaudurchfluss von $1100 \text{ m}^3/\text{s}$ für die Strommitte, in Ufernähe und in einem Buhnenfeld dargestellte. Die Sohlschubspannung ist dabei in Strommitte wesentlich stärkeren Schwankungen unterworfen als im ufernahen Bereich und im Buhnenfeld. Dabei wird die kritische Sohlschubspannung (berechnet nach Zanke (1990) mit $\tau_{crit} = 14,6 \text{ N/m}^2$ und $Q_{crit} = 1639 \text{ m}^3/\text{s}$) schon bei Niederwasser in 4 % der Fälle überschritten.

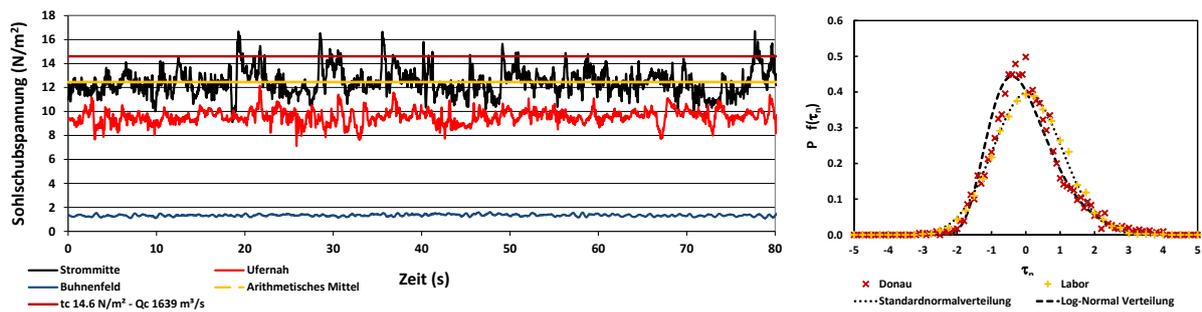


Abbildung 8: Linkes Bild – zeitliche Schwankung der direkt gemessenen Sohlschubspannung in der Donau; Rechtes Bild - Häufigkeitsverteilung der auftretenden Sohlschubspannungen Vergleich Labor und Natur.

Dies wird auch unterstrichen von der Häufigkeitsverteilung in Abbildung 8b, welche abhängig von der Turbulenzintensität einer Log-Normal Verteilung (Strommitte) folgt beziehungsweise sich in Ufernähe sowie im Bühnenfeld oder auch im Labor immer mehr einer Normalverteilung annähert. Dies bedeutet, dass in Bereichen mit einer Log-Normal Verteilung größere Schubspannungswerte häufiger auftreten, als im Vergleich zu Bereichen die einer Normalverteilung folgen. Laut Diplas et al. (2008) ist es nicht ausreichend, nur die Größe der Schwankung zu betrachten, sondern auch den Zeitraum über den die Kraft wirkt. Daher wurde der Impuls (hier Kraft mal Zeit) von Ereignissen mit großer Stärke bzw. von langer Dauer berechnet (Abbildung 9).

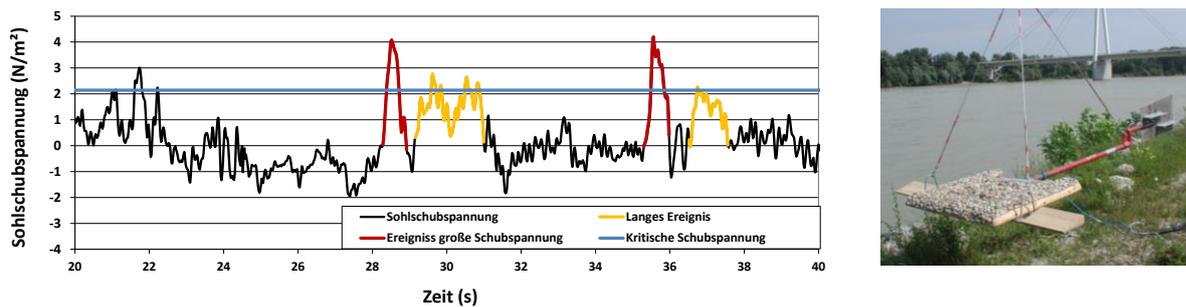


Abbildung 9: Identifikation von Ereignissen mit maximaler Kraft bzw. mit langer Dauer in den direkt gemessenen Sohlschubspannungen (Bereich Strommitte); rechtes Bild-Sohlschubspannungsmessgerät

Es zeigt sich dabei, dass durchaus Ereignisse auftreten, welche lange genug andauern, um den gleichen Impuls auf ein Sedimentkorn auszuüben, wie Ereignisse bei maximaler Schubspannung. Dies verdeutlicht, dass es notwendig scheint für die Beschreibung des Sedimenttransportes nicht nur die auftretenden Kräfte sondern auch deren Dauer zu berücksichtigen.

2.6 Schwebstofftransport

Es hat sich gezeigt, dass die korrekte Berechnung von Schwebstofffrachten während Hochwasserereignissen entscheidend ist, um zuverlässige Ergebnisse für die Jahresfrachten zu erhalten. Wie die Messungen der letzten Jahre (v.a. auch bei Hochwässern) ergaben, kann man jedoch nicht davon ausgehen, dass selbst bei Hochwässern eine vollständige und gleichmäßige Durchmischung der Schwebstoffe im Profil auftritt. Davon ausgehend ist es unerlässlich, die Schwebstoffkonzentration auch über das Querprofil durch Messungen vor allem bei höheren Durchflüssen zu erfassen. Denn während dieser Hochwasserereignisse wird ein Großteil der Jahresfracht transportiert (Abbildung 10) (Haimann et al. 2014).

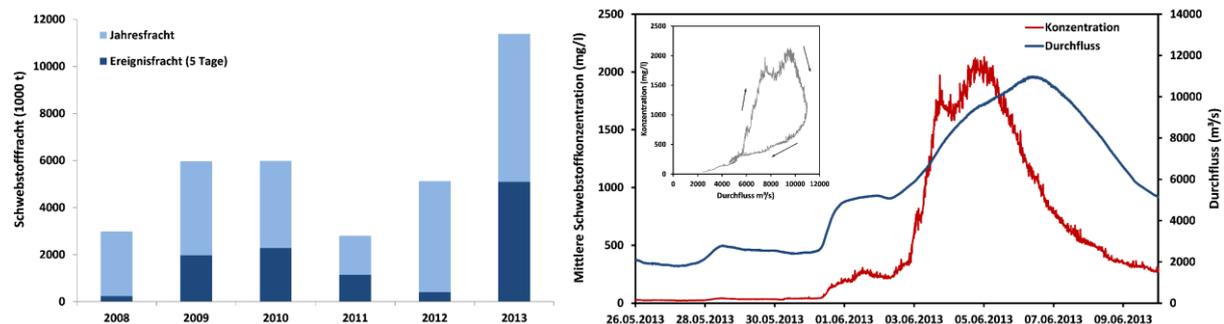


Abbildung 10: Linkes Bild - Schwebstofftransport Vergleich Jahres- und Ereignisfracht; Rechtes Bild – Schwebstoffsonden- und Durchflussganglinie HW-Ereignis 2013 für Hainburg Straßenbrücke – Inset: Hysterese Effekt während des HW 2013

Die 5 Tage eines 15 jährlichen Ereignisses (03. -.08.06.2010) und ein 10 jährliches Ereignis (14. – 19.01.2011) hatten einen Anteil von 38 bzw. 41 % an der gesamten Jahresfracht. Während des HQ₂₀₀ Ereignisses vom 03. -.08.06.2013 wurde annähernd gleich viel Schwebstoff transportiert wie im Jahr 2012 (4,9 Mio. t). Die Gegenüberstellung des Durchflusses und der Mittleren Schwebstoffganglinie dieses Ereignisses bei der Hainburger Straßenbrücke (Abbildung 10 - rechts) zeigen eine Hysterese, die Spitze der Trübung trat rund 2 Tage vor der eigentlichen Durchflussspitze auf, was Fragen hinsichtlich der Herkunft der Schwebstoffe aufwirft.

2.7 Morphodynamik

Betrachtet man die zeitliche Dynamik im Hauptstrom zwischen den Multi Beam Aufnahmen so traten in der Pilotstrecke im Verlauf der letzten 9 Jahre im Mittel Sedimentationsvolumina zwischen 20.000 und 90.000 m³ auf. Die Erosionsvolumina bewegen sich im Bereich von 40.000 bis 80.000 m³. Ausnahmen bilden ein Hochwasserereignis 2006 mit rund 180.000 m³ Sedimentation bei zirka 55.000 m³ erodiertem Volumen, sowie das HQ₂₀₀ 2013 mit 200.000 m³ sedimentiertem und 120.000 m³ erodiertem Volumen (Liedermann et al. dieser Band). Die größten Umlagerungen geschahen während des HQ₂₀₀ im Juni 2013. Im Vergleich zwischen den Morphologien aus den Multi Beam Aufnahmen vom 23.01.2012 und dem 02.09.2014 (Abbildung 11) zeigen sich eindrücklich die Veränderungen nach Beendigung der Umbaumaßnahmen. Im Bereich zwischen Strom-km 1886,8 und 1886,4 liegt die Stromsohle rund 1 m höher. In den linksufrig angrenzenden Bühnenfeldern hingegen, liegt die Sohle um 1,5 bis 2,5 m tiefer. Hier wurde im Zuge des Umbaus Sediment entfernt bzw. für die Schüttung der Längsinsel verwendet. Die Sohlhöhenänderung im linken Uferbereich stromab der Hainburger Straßenbrücke rühren weitgehend von der Sedimentation der ehemaligen Bühnenkopfkolke her. Am linken Ufer zwischen Strom-km 1885,2 und 1884,8 liegt die Sohlage um zirka 1 m höher. Dies ist zum Teil auf abgetragene Bühnen bei Strom-km 1885,35 zurückzuführen. Denn von deren Bühnenkopf ausgehend hatte sich eine Tiefenrinne stromab gezogen.

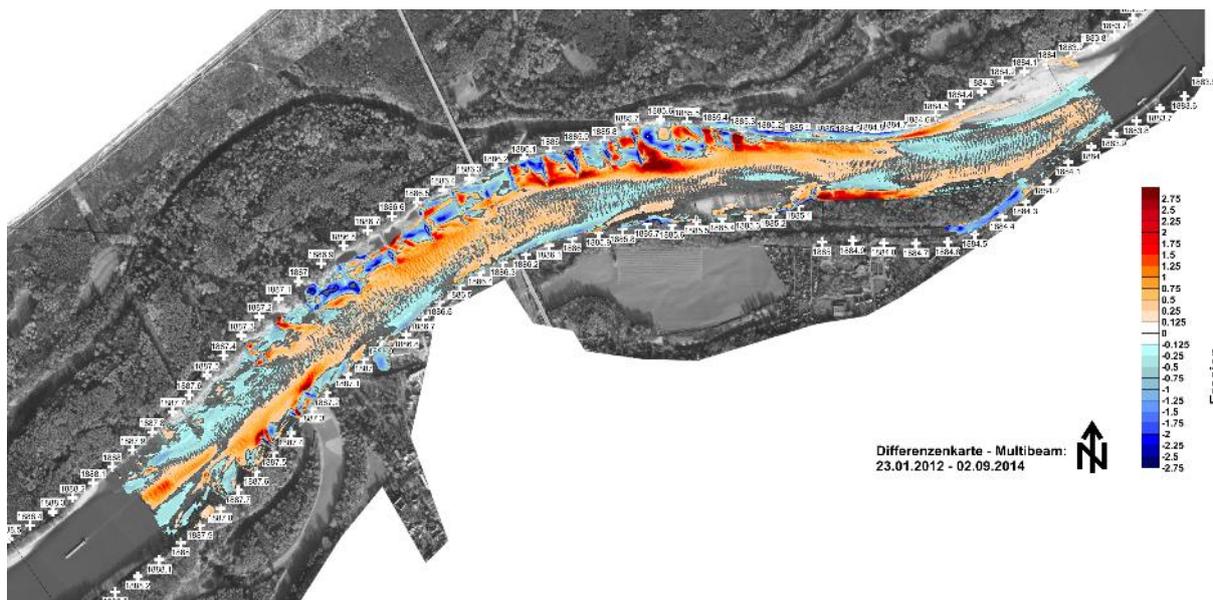


Abbildung 11: Veränderung der Sohllagen zwischen dem 23.01.2012 und dem 02.09.2014 im Bereich der Pilotstrecke

2.8 3D Hydrodynamik, Sedimenttransport, Morphodynamik und Habitatmodellierung

In der Pilotstrecke wurde eine Simulation der Hydrodynamik, des Sedimenttransportes und der Morphodynamik durchgeführt (Abbildung 12). Dabei gelang es die in der Natur auftretenden Sohlformen auch numerisch zu modellieren (Tritthart et al., 2011).

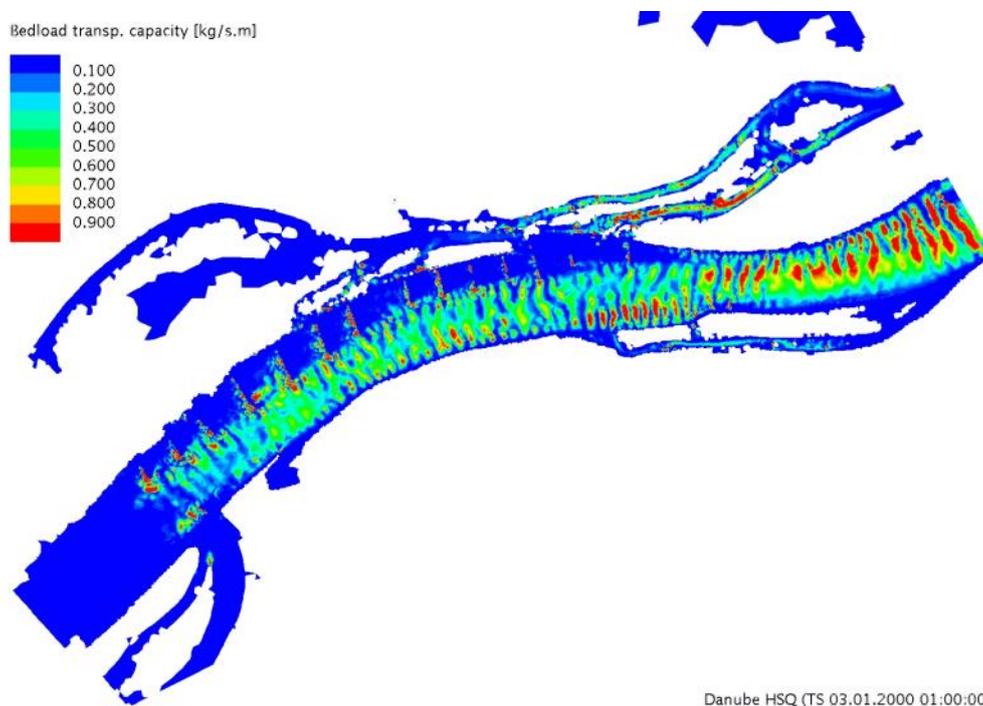


Abbildung 12: Numerische Simulation der Geschiebetransportkapazität mit durch Sohlformen hervorgerufener Variabilität in der Geschiebetransportkapazität

Bezogen auf die Sohlschubspannung zeigt der geänderte Verbauungsgrad (Buhnen reduziert, abgesenkt, verkürzt etc.) seine flächenhaft größte Ausprägung stromauf sowie am linken Fahrrinnenrand stromab der Hainburger Straßenbrücken (Abbildung 13). Die Reduktion der Transportkapazität führte zu Anlandungen mit höherem Erhaltungsaufwand zwischen Strom-km 1886,8 und 1886,4, da die Anlandungen eine Reduktion der Wassertiefen unter 2,5 m zur Folge haben.

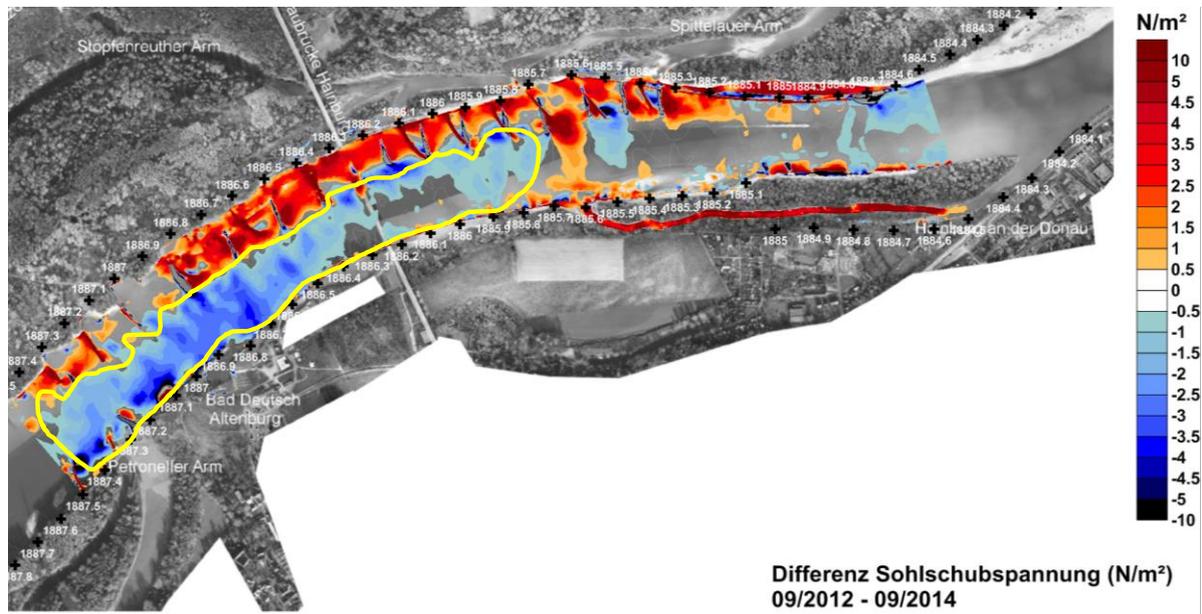


Abbildung 13: Differenz der Sohlschubspannungen Morphologie September 2012 und September 2014

Die Habitatmodellierung ermöglicht eine Integration von abiotischen und biotischen Informationen, womit die Wirkung der Baumaßnahmen künftig im Postmonitoring beschrieben werden kann (vgl. Habersack et al., dieser Band).

3. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Für die erfolgreiche Umsetzung innovativer Maßnahmen ist es einerseits wichtig Werkzeuge zur Verfügung zu haben um Auswirkungen und Veränderungen objektiv feststellen zu können, andererseits ist es aber auch erheblich, die Prozesse an sich verstehen zu lernen. Nur dadurch können Gründe für eine nicht erwartete Veränderung gefunden und letztlich Maßnahmen erfolgreich optimiert werden. Der Geschiebetransport an der Donau konnte durch die erste lange Reihe an Messdaten charakterisiert werden. Transportbeginn konnte schon bei Niederwasser festgestellt werden, ab bordvollem Durchfluss stagniert der Geschiebetransportanstieg, bis er bei Extremereignissen wieder deutlich zunimmt. Der effektive Geschiebetransport (Durchfluss der über die Zeit gesehen den größten Anteil am Geschiebetransport hat) konnte knapp über Mittelwasser gefunden werden. Die Tracersteine bewegten sich mehrheitlich uferparallel, bei einem Querschnitt von 4 % im Vergleich zum longitudinalen Transport. Hinsichtlich Bewegungshäufigkeit und Transportgeschwindigkeit zeigte sich ein größenselektives Verhalten, kleinere Steine bewegten sich häufiger, weiter und schneller, im Vergleich zu den mittleren und großen Steinen, welche eine ähnliche Transportcharakteristik aufwiesen. Der durchschnittliche Korndurchmesser vor Bau bewegte sich mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 3 km/Jahr. Nach den Baumaßnahmen bewegten sich die Tracersteine daher etwas seltener und deutlich weniger weit als ein Stein während des Premonitorings.

Eine weitere sehr wertvolle Methode zur Beurteilung von Stabilität und Einmischungsgrad der GSV war die Freeze Core Beprobung, die einen ungestörten Blick in die Donausohle ermöglicht. Kiesdünen bewegen sich an der Donausohle mit einer mittleren Geschwindigkeit von 5,6 m/h und bestimmen den Geschiebetransport maßgeblich. Ein Messgerät zur direkten Bestimmung der Sohlschubspannung an der Donausohle wurde entwickelt, um auch die zeitliche Fluktuation dieses Parameters aufzeichnen zu können, die letztlich der bestimmende Faktor für den Bewegungsbeginn des Sedimentes ist.

Da selbst bei Hochwässern keine vollständige und gleichmäßige Durchmischung der Schwebstoffe im Profil auftritt, ist es unerlässlich die Schwebstoffkonzentration auch über das Querprofil durch Messungen vor allem bei höheren Durchflüssen zu erfassen. Denn vor allem bei Hochwasserereignissen wird ein Großteil der Schwebstoffjahresfracht transportiert. Weiters trat während des HQ₂₀₀ im Juni 2013 eine Hysterese bei der Schwebstoffsonde an der Hainburger Straßenbrücke auf. Denn die Spitze der Trübung trat rund 2 Tage vor der eigentlichen Durchflussspitze auf, was Fragen hinsichtlich der Herkunft der Schwebstoffe aufwirft. Die detaillierte Analyse der Sohlgeometrien zeigte die Auswirkungen der Umbaumaßnahmen auf die morphologische Entwicklung. Im Zusammenhang mit einer Bestimmung der Regulierungsintensität mittels mittlerer Bühnenabstände und -höhen, konnten die Anlandungen im Bereich der Furt Bad Deutsch-Altenburg analysiert werden. Eine 3D hydrodynamisch numerische Modellierung zeigt nun die Änderungen in der Sohlschubspannung auf und kann in Kombination mit einem Sedimenttransportmodell dazu benutzt werden die Niederwasserregulierung zu optimieren, damit mit möglichst geringfügigen baulichen Anpassungen ein für alle Stakeholder positiver Zustand erreicht werden kann.

Literatur

- Diplas, P; Dancey, CL; Celik AO; Valyrakis, M; Greer, K; Akar.T. (2008) The role of impulse on the initiation of particle movement under turbulent flow conditions. *Science* 322(5902); 717–720.
- Habersack, H; Liedermann, M; Gmeiner, P; Glas, M; Tritthart, M;Hauer, C. (2015): Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg für Schifffahrt, Ökologie und Flussbau. Dieser Band
- Haimann, M; Liedermann, M; Lalk, P; Habersack, H. (2014): An integrated suspended sediment transport monitoring and analysis concept. *INT J SEDIMENT RES.* 2014; 29(2): 135-148.
- Liedermann, M; Tritthart, M; Habersack, H. (2013): Particle path characteristics at the large gravel-bed river Danube: results from a tracer study and numerical modelling. *EARTH SURF PROC LAND.* 2013; 38(5): 512-522.
- Liedermann, M; Gmeiner, P; Glas, M; Tritthart, M; Habersack, H. (2015): Funktionalität der getesteten Maßnahmen. Dieser Band
- Tritthart, M; Liedermann, M; Schober, B; Habersack, H. (2011): Non-uniformity and layering in sediment transport modelling 2: river application. *J HYDRAUL RES.* 2011; 49(3): 335-344.
- Tritthart, M., Liedermann, M., Habersack, H. (2012): A meso-scale gravel tracer model for gravel-bed rivers. In: Murillo Munoz, R.E. (Ed.), *River Flow 2012 Vol. 1*, 479-485; Taylor & Francis, London; ISBN 978-0-415-62129-8
- Zanke, U. (1990): Der Beginn der Geschiebebewegung als Wahrscheinlichkeitsproblem, *Wasser und Boden*, 1

Funktionalität der getesteten flussbaulichen Maßnahmen

Erkenntnisse aus dem baubegleitenden abiotischen Monitoring

DI Dr. Marcel Liedermann, DI Philipp Gmeiner, DI Martin Glas, Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Michael Tritthart, Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Helmut Habersack

Christian Doppler Labor für Innovative Methoden in Fließgewässermonitoring, Modellierung und Flussbau, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien, Muthgasse 107, 1190 Wien, Email: marcel.liedermann@boku.ac.at

1. Einleitung

Im Bereich Bad Deutsch-Altenburg wurden zwischen Mitte 2012 und Mitte 2014 innovative Maßnahmen getestet, die gleichzeitig die Sohleintiefung stoppen und eine Verbesserung der Situation für Schifffahrt und Ökologie herbeiführen sollen. Das Pilotprojekt wurde als Naturversuch umgesetzt, um die Maßnahmen auf einer drei Kilometer langen Teststrecke bezüglich ihrer Umsetzbarkeit und ihrer Wirksamkeit zu testen. Deshalb wurde die Baumaßnahme von einem umfassenden Monitoringprogramm begleitet, welches sowohl abiotische als auch biotische Parameter umfasst und miteinander verknüpft. Speziell während der Baumsetzung wurde eine Vielzahl an Analysen durchgeführt um die Bauphase zu überwachen, zu dokumentieren und Daten zu liefern, die halfen, speziell die innovative Maßnahme „granulometrische Sohlverbesserung“ im Laufe des Baufortschrittes adaptieren und schließlich bewerten zu können.

2. Bisherige Ergebnisse bezüglich der Maßnahmen

2.1 Granulometrische Sohlverbesserung

2.1.1 Sohlstabilisierung – Stabilität der GSV (40/70)

Die Sohlgrundaufnahmen nach den ersten Schüttungen der GSV zeigten rasch, dass das Material speziell in stark strömungsexponierten Bereichen beweglicher war, als dies physikalische Modellversuche an der TU Wien und Berechnungen durch die Planer im Vorfeld vermuten ließen. In weniger exponierten Bereichen waren stabile Verhältnisse zu beobachten. Danach sorgte das Hochwasser im Juni 2013 (HQ₂₀₀) dafür, dass erwartungsgemäß ein großer Teil des noch verbliebenen gröberen Materials ausgetragen wurde. Aufgrund der angestrebten Beweglichkeit („Restdynamik“) der granulometrische Sohlverbesserung (GSV) war bei extremen Hochwässern keine stabile Sohle zu erwarten.

Auf Basis der ersten Beobachtungen wurde beschlossen, unterschiedliche Zugabemethoden und Kornmischungen im Rahmen von Testfeldern in der Pilotstrecke zu testen. Dazu wurde das Monitoringprogramm im Rahmen des Christian Doppler Labors IM Fluss verdichtet, um die Auswirkungen der unterschiedlichen Varianten zu untersuchen. Bei den Zugabevarianten wurde (a) Festdrücken mit der Baggerschaufel, (b) Überschütten mit Normalgeschiebe und (c) Vorwegnahme des Einmischungsprozesses durch Vormischen mit Normalgeschiebe untersucht. Neben der Kornmischung der ursprünglichen GSV (40/70 mm) wurden auch die Varianten 40/90 mm und 32/120 mm getestet. In einem zusätzlichen Feld wurde als innerhalb des natürlichen Kornspektrums grösste Variante - die Kornmischung 70/120 mm - eingebaut.

Für die unterschiedlichen Zugabemethoden konnte grundsätzlich keine nennenswerte Änderung in der Stabilität festgestellt werden. Einzig die Variante, in der die GSV mit einer Schichte Normalgeschiebe überdeckt wurde, verzögerte den Abtrag deutlich, änderte aber die grundsätzlichen Eigenschaften der GSV nicht messbar.

2.1.2 Sohlstabilisierung – Wirkung der Vergrößerung der GSV

Die unterschiedlichen Kornmischungen hatten allerdings eine in den Messdaten merkbare Auswirkung auf die Sohlstabilität. Aufgrund der nie komplett gleichen Randbedingungen (unterschiedliche Hydrologie, Beeinflussung von der Stromsohle oberhalb) ist an der Donau ein direkter Vergleich schwierig. Daher mussten unterschiedliche Monitoringmethoden (Sohlgrundaufnahmen, Tracersteine, Freeze Cores, etc.) kombiniert werden, um auf vergleichbare Aussagen zu kommen (Abbildung 1).

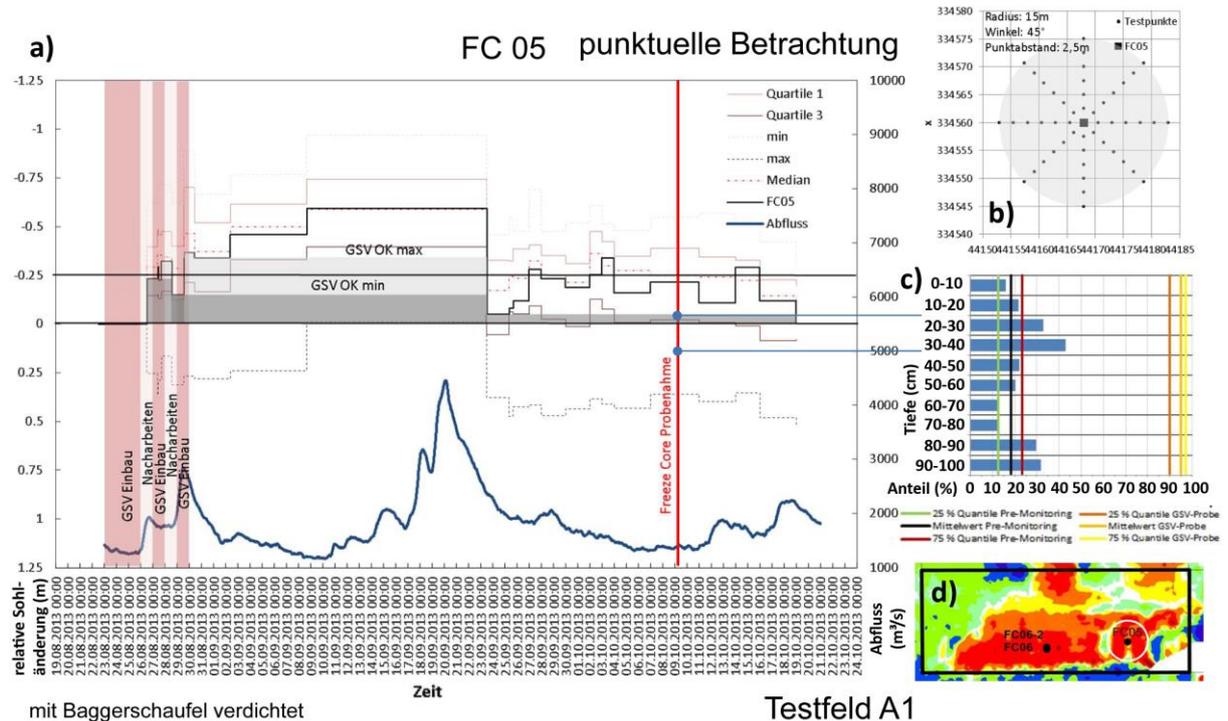


Abbildung 1: Verschneidung unterschiedlicher Methoden zur Analyse der GSV a) Donau Durchfluss (blaue Line), relative Sohländerung an der Freeze Core Position (schwarze Linie) und in der Umgebung (graue und gepunktete Linien), Zeitpunkt der Freeze Core Entnahme (rote Linie) und potenzielle GSV Dicke (grauer Bereich); b) gewählte Punkte für die Berechnung der Sohlhöhenänderung in der Umgebung der Probe; c) Anteil GSV über die Tiefe der Freeze Core Probe #05 angepasst an die Sohlhöhe bei Probenahme d) Differenzkarte zum Zustand vor Einbau der GSV (potenzielle GSV in Rot) und Position der Freeze Core Probe #05.

Die Sohlhöhe alleine lässt keinen direkten Schluss auf den Verbleib der GSV zu, da zwischen zwei Aufnahmen Material transportiert und anderes wieder sedimentiert werden kann. Nur in Verbindung mit den Freeze Core Proben konnte festgestellt werden ob und in welcher Tiefe GSV-Material noch vorhanden ist.

Die Testfelder A1 (GSV 40/70 mm mit Baggerschaufel verdichtet) und C2 (vergrößerte GSV – 32/120 mm) eigneten sich am besten für einen Vergleich, da sie räumlich direkt aneinander anschließend aber zeitlich versetzt, jeweils als stromaufwärtigstes Feld, eingebaut wurden und somit keiner direkten Beeinflussung von flussauf unterlagen. In Abbildung 2 ist der Morphologievergleich dieser beiden Testfelder dargestellt. Die Darstellungen in Abbildung 2 links zeigen in Rot die GSV Schüttung im jeweiligen Feld. Die Darstellungen in der Mitte von Abbildung 2 zeigen die Entwicklung (Erosion / Anlandung) von Fertigstellung der Schüttung bis zum Zeitpunkt 23 Tage (A1) bzw. 30 Tage (C2) nach Fertigstellung. Hier ist in Feld A1 eine deutliche Erosion zu sehen, die in den meisten Bereichen über die 25 cm hinausgeht.

Die Darstellungen auf der rechten Seite von Abbildung 2 zeigen die Verhältnisse im Vergleich zum Zustand vor der Schüttung. Hier ist zu sehen, dass in Feld C2 das vergrößerte Material noch größtenteils vorhanden ist, in Feld A1 schon ein Teil erodiert wurde, obwohl in einigen Bereichen zumindest die Überbelegung noch vorhanden ist.

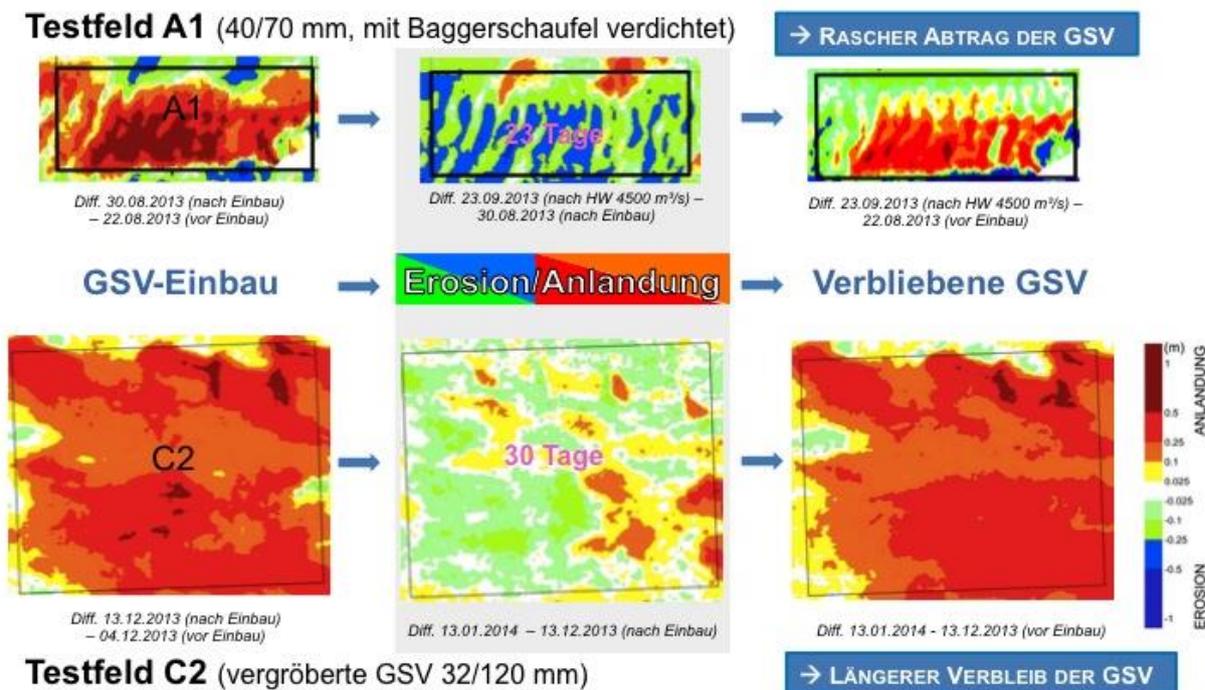


Abbildung 2: Vergleich der Morphologie von Testfeld A1 (GSV 40/70 mm mit Baggerschaufel verdichtet) und Testfeld C2 (vergrößerte GSV – 32/120)

Unter Einbeziehung aller Unsicherheiten kann bei Betrachtung aller Monitoringmaßnahmen die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Felder mit der Kornmischung 32/120 eine höhere Stabilität in Bereichen mit höherer Strömungsbelastung auf die Sohle aufwiesen, als Kornmischungen mit 40/70 und 40/90 mm.

2.1.3 Sohlstabilisierung – Ausmaß der Stabilisierung

Die Tracer haben sich grundsätzlich im Rahmen des baubegleitenden Monitorings als sehr wertvolles Werkzeug erwiesen, um die Stabilität der GSV nachzuweisen. Kurz nach dem Einbau gaben die Tracersteine direkte Auskunft über den Zustand und den Verbleib der GSV an Ort und Stelle, nach der ersten Bewegung konnten wichtige Kennwerte der Transporteigenschaften bestimmt und mit dem Premonitoring verglichen werden. In Abbildung 3 sind die wichtigsten Parameter der Tracersteine für die Untersuchungen vor und während der Baumaßnahmen dargestellt. Der Median der Tracergeschwindigkeit zeigt zum Beispiel bei der mittleren Steingröße (40 mm) eine Reduktion von 7,7 m/d im Premonitoring auf 3,2 m/d während/nach Umsetzung der Baumaßnahmen, bei der großen Steingröße (70 mm) von 6,2 auf 1,9. Dies zeigt für die Daten bis 29.06.2015 eine Reduktion der Transportgeschwindigkeit auf ca. die Hälfte bei den mittleren Steinen (Durchmesser 40 mm) und auf etwa ein Drittel bei den großen Steinen (Durchmesser 70 mm) der Werte vor Bau. Auch bei den Transportereignissen kommt es zu einer Reduktion, besonders deutlich ist allerdings die Abnahme der Transportdistanzen. Ein Tracerstein nach den Baumaßnahmen bewegte sich daher etwas seltener und deutlich weniger weit als ein Stein während des Premonitorings.

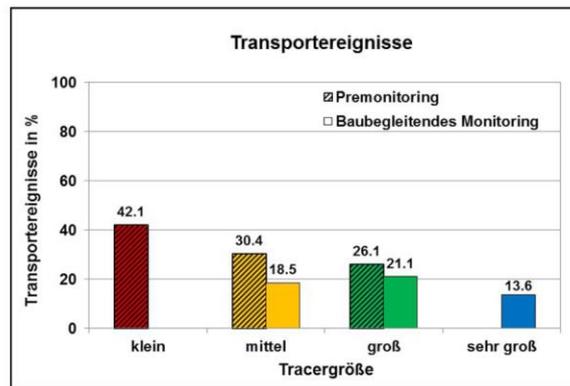
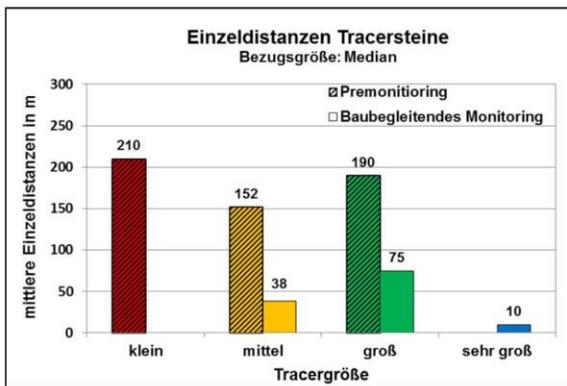
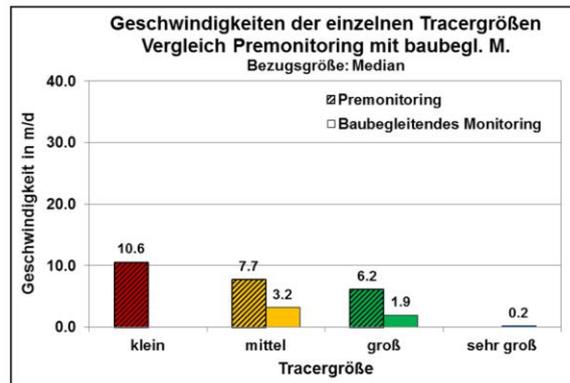


Abbildung 3: Vergleich wichtiger Tracerparameter vor und nach den Baumaßnahmen; a) Median der Tracergeschwindigkeit (Zeitreihe 15.04.2013 bis 29.06.2015; b) Median der Einzeldistanzen (Zeitreihe 15.04.2013 bis 09.01.2015) c) Transportwahrscheinlichkeit (Zeitreihe 15.04.2013 bis 09.01.2015)

Zu beachten ist dabei, dass für das Ausmaß der Änderung der Tracerparameter die Maßnahmen (GSV, Bühnenumbau) nicht singular betrachtet werden können, sondern als Gesamtheit ihre Wirkung zeigen.

2.2 Optimierung Niederwasserregulierung

2.2.1 Einfluss des Bühnenumbaus auf den Sedimenttransport, die Schiffbarkeit und die Morphologie

Grundsätzlich zeigte sich, dass zwar die GSV in Kornmischung 40/70 eine geringere stabilisierende Wirkung aufwies als in ihrer Konzeption prognostiziert, der Bühnenumbau zeigte allerdings eine größere Auswirkung auf die Stabilisierung als in der Planung angenommen. Dieser stabilisierende Effekt der Niederwasserregulierung war schon in Witzelsdorf deutlich zu sehen: Hier wurde durch die Umbauten eine Querschnittsaufweitung ausgelöst, die zu einer Verringerung der Sohlschubspannung im Hauptstrom führte. Insgesamt führte die Kombination zwischen Bühnenumbauten und Uferrückbau im Bereich Witzelsdorf zu einer höheren Anlandungstendenz als gewünscht (höherer Erhaltungsaufwand, um die Schiffbarkeit zu gewährleisten). Auch in der Pilotstrecke Bad Deutsch-Altenburg ist nun speziell in einem etwa 400 bis 500 m langen Teilabschnitt im Bereich des viadonau Hafens eine deutliche Anlandungstendenz zu erkennen, die derzeit zu einem beträchtlichen Erhaltungsaufwand führt. Im Rest der 3.000 m langen Projektstrecke waren bislang keine Erhaltungsbaggerungen erforderlich. In Abbildung 4 ist die Langzeitentwicklung der Volumenbilanz in der Projektstrecke dargestellt.

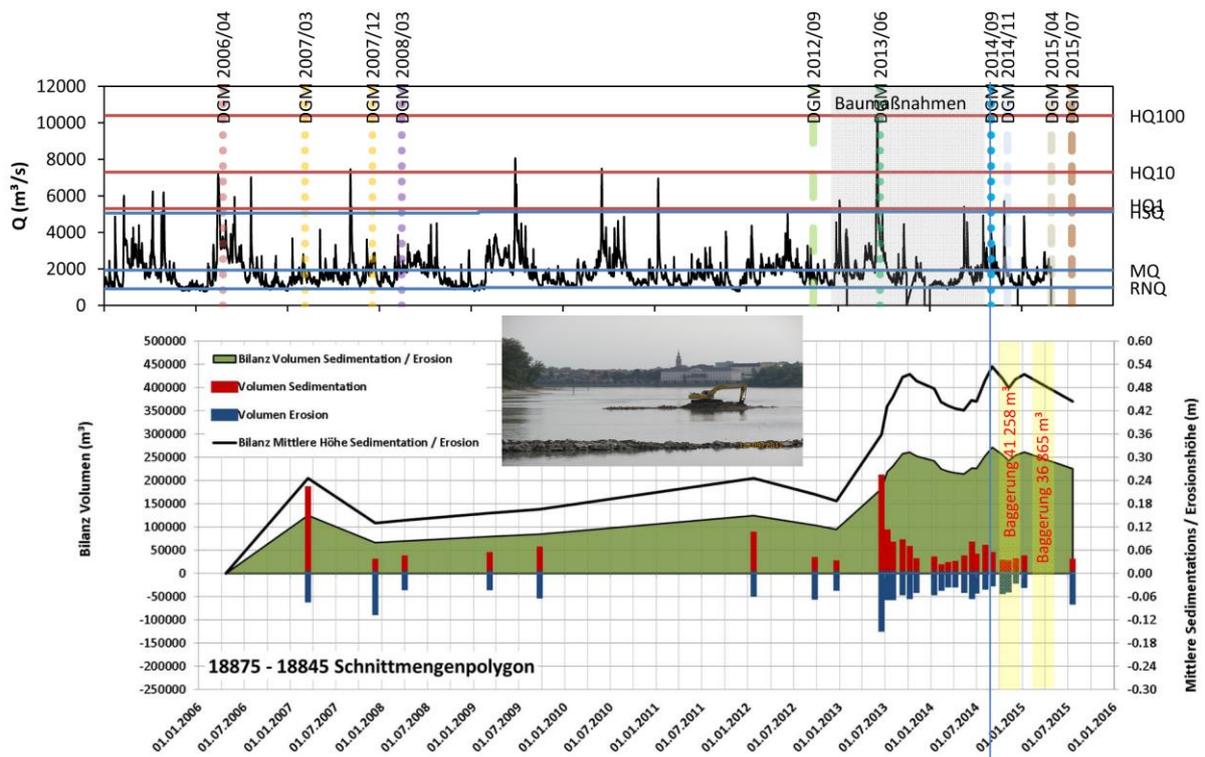


Abbildung 4: Darstellung der Massenbilanzen in der Projektstrecke von 2006 bis Mitte 2015; Oben: Durchflussganglinie Hainburg sowie Zeitpunkte der digitalen Geländemodelle (DGM); Unten: Volumenbilanz mittlere Sedimentation bzw. Erosion in der Projektstrecke (Strom-km 1887,5 bis 1884,5) inklusive Baggerungen

Zwischen 2006 und 2012 liefert die Morphologieanalyse der Projektstrecke nach einem Anstieg Ende 2006 annähernd gleichbleibende Volumensbilanzen. Im Zuge der Bauarbeiten kam es – auch aufgrund der Zugabe der GSV – zu einer starken Sedimentation in der Projektstrecke, die allerdings über die Bauzeit hinaus auf dem hohen Niveau bleibt obwohl mehrere Baggerungen stattgefunden haben, bei denen insgesamt mehr als 100.000 m³ Material aus der Projektstrecke entnommen und flussauf verklappt wurde.

Aus wasserbaulicher Sicht liefern diese Entwicklungen wertvolle Erkenntnisse, da nun klar ist, dass die Adaptierung der Buhnen – gezielt und dosiert eingesetzt – neben der GSV einen nennenswerten Beitrag zur Sohlstabilisierung leisten kann. Eine 3D hydrodynamisch-numerische Modellierung untersucht derzeit, wie mit geringfügigen Änderungen der Buhngeometrien (z.B. Buhnenerhöhung, -verlängerung) eine Optimierung des Zustandes erreicht werden kann, die sohlstabilisierend wirkt, aber zu keinen für die Schifffahrt problematischen Anlandungen innerhalb der Fahrrinne führt. Diese Ergebnisse sollen auch in eine bauliche Adaptierung einiger Buhnen einfließen, um die Anlandungsproblematik im betroffenen Teilabschnitt nachhaltig zu lösen. Im Bereich Witzelsdorf wurden die Arbeiten zur Adaptierung der Buhnen soeben abgeschlossen.

2.2.2 Einfluss von Niederwasserregulierung und Uferrückbau auf Ökologie und Morphodynamik

Zusätzlich zur positiven Wirkung des Uferrückbaus (Entfernung der Ufersicherung) auf die Ökologie zeigte sich, dass der Uferrückbau einen Beitrag zur Sohlstabilisierung leisten kann. Durch die damit ermöglichte Seitenerosion kommt es zu einem Aufweitungseffekt, der sich beim derzeitigen Umfang der Erosion zumindest in geringem Maße positiv auf die Sohlstabilisierung auswirkt. Zu starke Seitenerosion würde sich dann wiederum in stärkeren Sedimentationen äußern, was aber in der Wechselwirkung mit den Buhnen zu sehen ist.

Das primäre Ziel der Maßnahme, die Uferstrukturen für die Ökologie zu verbessern, die Fließgeschwindigkeiten in den ufernahen Bereichen zu erhöhen und das Wasseralter zu vermindern, wurde durch die Maßnahmen erreicht. Es kam zu einer deutlichen Dynamisierung und damit zu einer Entwicklung Richtung Leitbild. In Abbildung 5 ist dazu die Differenz des spezifischen Durchflusses zwischen dem Zustand vor und nach den Baumaßnahmen dargestellt.

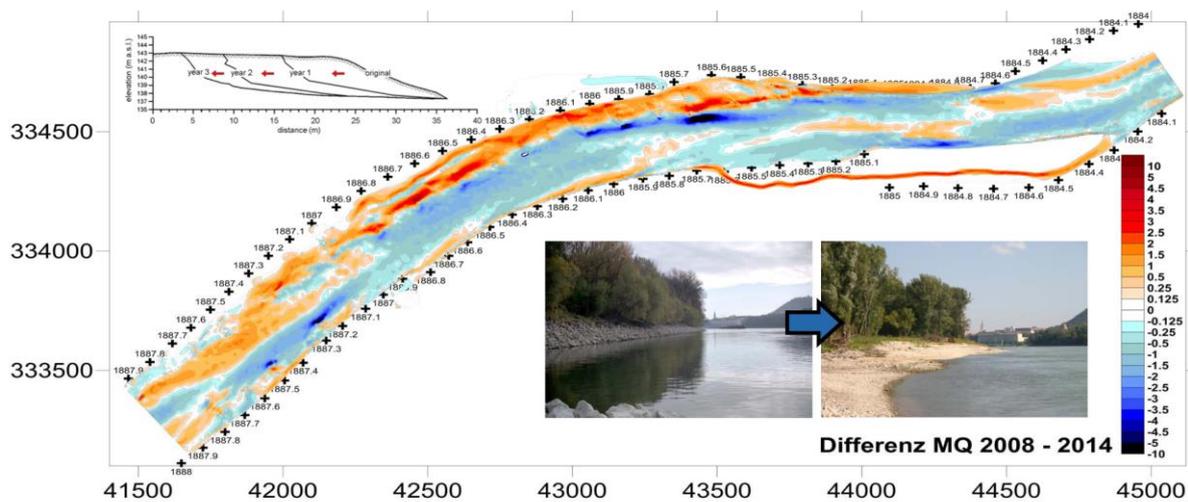


Abbildung 5: Darstellung der Differenz der spezifischen Durchflüsse ($m^3/(sm)$) bei MQ für die Morphologien 2008 (vor Bau) und 2014 (nach Bau); Inset 1: Seitenerosion im Bereich Thurnhausen; Inset 2: Uferrückbaubereich vor und nach Umsetzung

In dieser Abbildung sieht man eindrucksvoll an den orange/roten Bereichen, wie stark die Durchströmung bei MQ in den Uferrandzonen (besonders auch Hinterrinner), den Buhnenfeldern und im Jöhler Arm zugenommen hat.

2.3 Gewässervernetzung Johler Arm

Eine weitere Maßnahme, die im Rahmen des Pilotprojektes umgesetzt wurde, stellt die Gewässervernetzung Johler Arm dar. Vor den Baumaßnahmen war der Johler Arm bis zu einem Donaudurchfluss von 2.350m³/s nicht durchströmt. Durch die Verschwenkung des Einlaufbereiches und eine durchgehende Initialbaggerung konnte der Abfluss im Seitenarm deutlich ertüchtigt werden. Bei den Bedingungen bei denen der Seitenarm vor Bau gerade benetzt war, fließen nun mehr als 50 m³/s durch das Gerinne. In Abbildung 6 ist der Durchfluss im Johler Arm bei unterschiedlichen Donaudurchflüssen dargestellt.

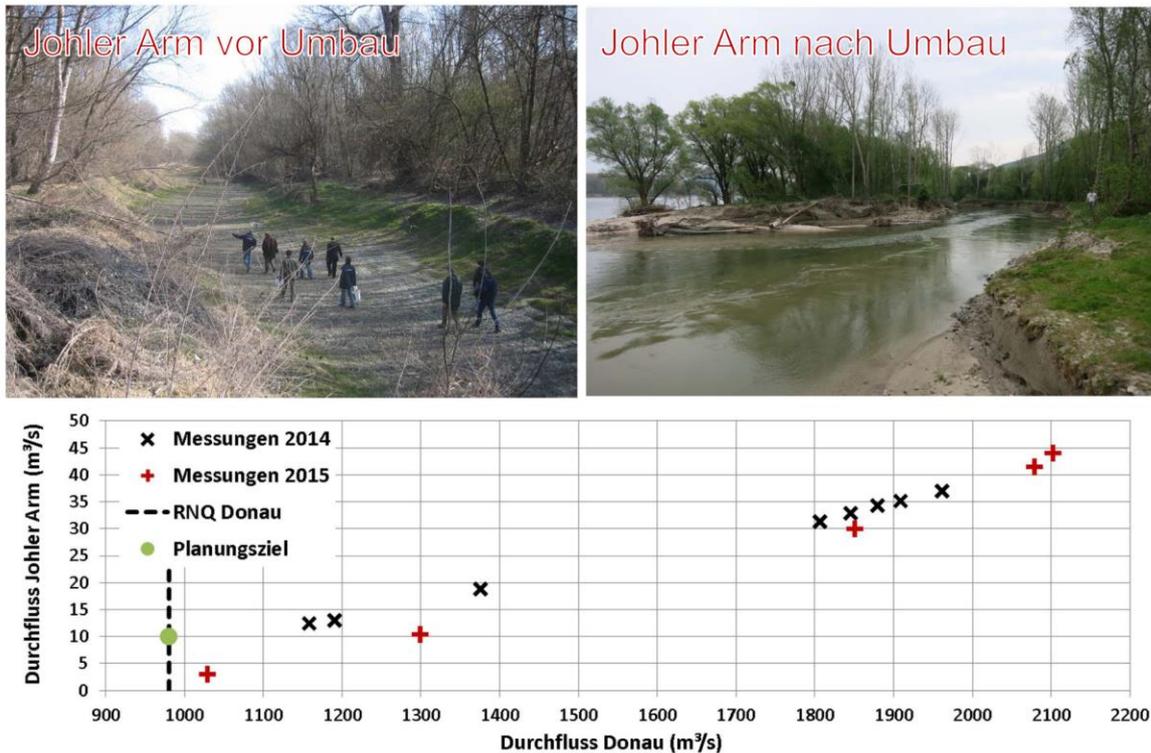


Abbildung 6: Oben: Johler Arm vor und nach Umbau; Unten: Durchflussmessungen im Johler Arm nach Umsetzung der Maßnahme

Für die Messungen im Jahr 2015 zeigt sich eine leichte Verlandungstendenz, da der Durchfluss im Johler Arm relativ zu den Messungen im Jahr 2014 abgenommen hat. So sollte gemäß Planungszustand bei einem Donau RNQ 10 m³/s im Johler Arm fließen, aktuell wurden bei einem Donaudurchfluss von 1030 m³/s lediglich 3 m³/s im Seitenarm gemessen. Ob diese Tendenz temporär ist und Teil eines natürlichen Schwankungsbereiches oder ob der Seitenarm langsam zu sedimentiert, wird das Postmonitoring der nächsten Jahre zeigen.

3. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Obwohl das Postmonitoring in der Pilotversuchsstrecke Bad Deutsch-Altenburg erst begonnen hat, können primär durch das umfassende baubegleitende abiotische Monitoring bereits erste Aussagen und Tendenzen zu den einzelnen Baumaßnahmen getroffen werden. Insgesamt kann bisher betreffend die flussbaulichen Maßnahmen gefolgert werden, dass (i) die GSV 40/70 mm im strömungsexponierten Bereich nicht ausreichend stabil ist, um die Sohleintiefung zu minimieren, aber die vergrößerte GSV Beiträge leisten kann; dass (ii) die Bühnenumbauten sich sehr stark auf die Sohlentwicklung auswirken und optimiert werden müssen, um einerseits einen Beitrag zur Sohlstabilisierung zu erreichen und andererseits nicht durch Auflandungen Probleme für die Schifffahrt zu erzeugen; dass (iii) der Uferrückbau sich ökologisch positiv auswirkt und zur Sohlstabilisierung beiträgt, aber in Wechselwirkung mit der Bühnenwirkung zu beurteilen ist und (iv) die Gewässervernetzung positive Wirkungen betreffend den Durchfluss, die Fließgeschwindigkeiten und die Morphologie im Johler Arm zeigt und in ihrer Wirkung betreffend die Sohlage längerfristig zu beobachten ist.

Außer Zweifel steht jedenfalls ein hoher Erkenntnisgewinn bezüglich flussbaulicher Maßnahmen der in zukünftige Planungen – nicht nur im Bereich östlich von Wien – Eingang finden wird. Ziel wird es zukünftig sein, die sensible Optimierungsaufgabe zwischen Eintiefung und Anlandung zu lösen, für die es keine ausreichende ingenieurtechnische Grundlage gibt. Eine endgültige Bewertung der einzelnen Maßnahmen wird die Arbeit im Rahmen des Postmonitorings bringen.

Analyse zur Auswirkung der Granulat-Sohlbefestigung auf die Schiffpropeller

Schiffahrtsmonitoring Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg

DI Dr. Clemens Strasser

Schiffbautechnische Versuchsanstalt in Wien GmbH, A-1200 Wien, Brigittenauer Lände 256, Email: sva@sva.at

1. Aufgabenstellung

Zweck des Monitoring soll sein, festzustellen, ob und wenn, in welchem Umfang sich aufgrund der im Rahmen des Pilotprojektes "Bad Deutsch-Altenburg" einzubringenden Sohlbefestigung Einflüsse auf die Propeller der den Bereich überfahrenden Schiffe ergeben.

Konkret stellt sich die Frage, in welchem Ausmaß durch das im Pilotprojekt eingebrachte Granulat Schiffspropeller in Abhängigkeit vom jeweiligen Sicherheitsabstand (Flottwasser) potentiell beschädigt werden könnten.

Es wurden sowohl Langzeitversuche auf der Strecke Bratislava – Wien Freudenau durchgeführt, als auch systematische Überfahr- und Anfahrversuche mit einem Einschrauben-Güterschiff bei unterschiedlichen Beladungszuständen ausgeführt. In vorliegendem Bericht wird nur auf die systematischen Überfahr- und Anfahrversuche eingegangen.

2. Kriterien für das Monitoring

2.1 Kriterien für das Ausmaß von Propellerbeschädigungen

Eine eingehende Recherche nach Kriterien, zu welchen Zeitpunkten die Propeller von Binnenschiffen gewechselt werden, ergab ein ernüchterndes Bild:

Generell gilt, dass Propeller wenn sie nach heftigen Grundberührungen beschädigt sind, gewechselt werden. Wenn große und/oder harte Gegenstände von den Propellern angesaugt werden (Baumstämme bei hohen Wasserständen [vor oder nach Hochwässern], Eisplatten bei Eisbildung, etc.), werden Propeller beschädigt und müssen eventuell gewechselt werden.

Ansonsten werden Propeller an Motorgüterschiffen nur dann repariert oder ausgetauscht, wenn sich die Abgastemperaturen der Antriebsmaschinen erhöhen und für die Temperaturerhöhung keine maschinenbautechnischen Ursachen gefunden werden kann oder der Treibstoffverbrauch bei vergleichbarer Geschwindigkeit merkbar ansteigt. Weitere Gründe für Reparatur oder Austausch von Propellern sind das Auftreten von Vibrationen und das Ansteigen der Lagertemperaturen an den Antriebswellen.

Im Rahmen von Werftaufenthalten des Schiffes am Stapel werden die Propeller wohl optisch untersucht; ausgewechselt oder repariert werden sie allerdings nur dann, wenn die Eintrittskanten und die Propellerblattspitzen erhebliche Beschädigungen aufweisen, wobei kein Kriterium bekannt ist, nach dem eine „erhebliche Beschädigung“ definiert wird. Häufig sind nach längerem Einsatz des Schiffes die Propeller an den Eintrittskanten der Flügel durch Einschläge von Steinen oder anderen Gegenständen plastisch verformt, sodass die Flügelprofile vorne „platt“ sind und daher einen größeren Profil-Widerstand verursachen.

Die Zeiträume, innerhalb derer die Propeller von Motorgüterschiffen üblicherweise gewechselt werden, bewegen sich im Schnitt zwischen 2 und 4 Jahren.

Eine Ausnahme bilden Partikulierer, die ihre Propeller innerhalb Zeiträumen von zwischen einem und zwei Jahren wechseln lassen, da unbeschädigte Propeller einen besseren Wirkungsgrad als beschädigte Propeller aufweisen, was zu Treibstoffersparnissen führt.

2.2 Datenerfassung

Da, wie in Abschnitt 2.1 angeführt, bekannt ist, dass Beschädigungen an den Propellereintrittskanten und an den Flügelblattspitzen sich besonders negativ auf den Propellerwirkungsgrad auswirken, wäre es wünschenswert, zumindest ein statistisches Kriterium zu finden, das entweder die Anzahl der Beschädigungen oder das Ausmaß der Beschädigungen oder sowohl Anzahl als auch Ausmaß der Beschädigungen berücksichtigt oder aber ein objektives Kriterium zu finden, ab welcher Formänderung eines Propellerblattes durch mechanische Beschädigungen der Propeller repariert werden muss.

Da es keine aus wirtschaftlicher und technischer Sicht nicht anfechtbare, allgemeine Kriterien gibt, wonach die Propeller von Binnenschiffen gewechselt werden müssen und somit auch nicht angegeben werden kann, wann die Beschädigungen an Propellern ein Ausmaß erreicht haben, die eine Reparatur oder ein Auswechseln erforderlich machen, ist sowohl die quantitative als auch die qualitative Erfassung von Propellerschäden (Einschläge und/oder Verformungen der Eintrittskanten und der Propellerblattspitzen, Änderung der mittleren Steigung einzelner Propellerflügel aufgrund mechanischer Beschädigungen) nicht zielführend. Eine visuelle Beobachtung der Propeller durch ein in die Schiffsaußenhaut eingelassenes Glasfenster ist technisch möglich, ist aber aufgrund der von Berufstauchern erhaltenen Informationen betreffend der extrem schlechten Sicht in der Donau wegen der hohen Anzahl von Schwebestoffen, die durch das Schiff und seine Propeller aufgewirbelt werden, nicht Erfolg versprechend.

Somit wurde beschlossen, als sinnvolle Art der Datenerfassung, die Anzahl der Einschläge am Propeller zu erfassen. Dies kann durch eine Schallmessung unmittelbar über dem beobachteten Propeller erfolgen. Einschläge durch den Propeller angesaugten Materials am Propellerflügel bewirken unterschiedliche Schallpegel, die aufgezeichnet und dem jeweiligen Auftrittsort zugeordnet werden.

Eine Zunahme der Anzahl der Einschläge nach dem Einbringen der Sohlbefestigung würde eine höhere Gefährdung der Propeller bedeuten.

2.3 Versuchsdurchführung

Es wurden mehrere Messfahrten mit einem die Strecke regelmäßig befahrenden Einschrauben-Güterschiff durchgeführt.

Auf Grundlage der Messergebnisse mit den Einschrauben-Güterschiffen wurden systematische Überfahr- und Anfahrversuche mit einem Einschrauben-Güterschiff bei unterschiedlichen Beladungszuständen durchgeführt. Verschiedene Flottwasserabstände (Tiefgänge) konnten durch Variieren der Beladungszustände gezielt herbeigeführt werden. Damit erhält man einwandfrei verwertbare Messdaten.

Bei zu großem Tiefgang besteht allerdings die Gefahr einer gravierenden Propellerbeschädigung, bzw. auch die Gefahr von Beschädigungen über den Propeller hinaus (z.B. des Schiffsantriebs), was dazu führte, dass man bei merklicher Zunahme der Anzahl der Einschläge keine weitere Erhöhung des Tiefgangs vornehmen wollte.

3. Durchführung des Monitorings

3.1 Verwendete Schiffe

Aufgrund der in Kapitel 2 angeführten Kriterien wurde ein Schiff eigens für den Versuch angemietet. Die Auswahl erfolgte so, dass im Versuch ein „worst case“ Szenario aus Sicht der möglichen Propellerbeschädigung abgebildet werden konnte.

Aus schiffstechnischer Sicht sind die Propeller von Einschrauben-Güterschiffen im flachen Wasser besonders gefährdet. Einschrauben-Güterschiffe verfügen über Maximaltiefgänge von mehr als 2.50 m und der Schubbelastungsgrad am Propeller derartiger Fahrzeuge ist im Vergleich zu Zweischrauben- Güterschiffen, die ebenfalls über solche Abladetiefen verfügen, bei gleicher Wassertiefe, Geschwindigkeit und Abladung doppelt so groß. Mit steigendem Schubbelastungsgrad erhöht sich die Saugwirkung des Propellers. Dies führt zu einer höheren Absenkung des Schiffs am Heck, was die besondere Gefährdung der Propeller von Einschrauben-Güterschiffen erklärt. Es wurde also ein Einschrauben- Motorgüterschiff mit dem Propeller in einer Kortdüse, die einen noch höheren Schubbelastungsgrad ermöglicht, angemietet, welches über einen ausreichend großen Tiefgang verfügte, um die Minimierung des Flottwassers durch unterschiedliche Belastungszustände bei den in der Teststrecke vorherrschenden Wasserständen zu erzielen.

3.2 Messeinrichtung und Setup

Als Messeinrichtung wurde ein Schallpegelmessgerät verwendet an das man auch ein GPS anschließen kann, sodass zu jedem Zeitpunkt aufgezeichnet wird, wo ein Schallsignal gemessen wurde.

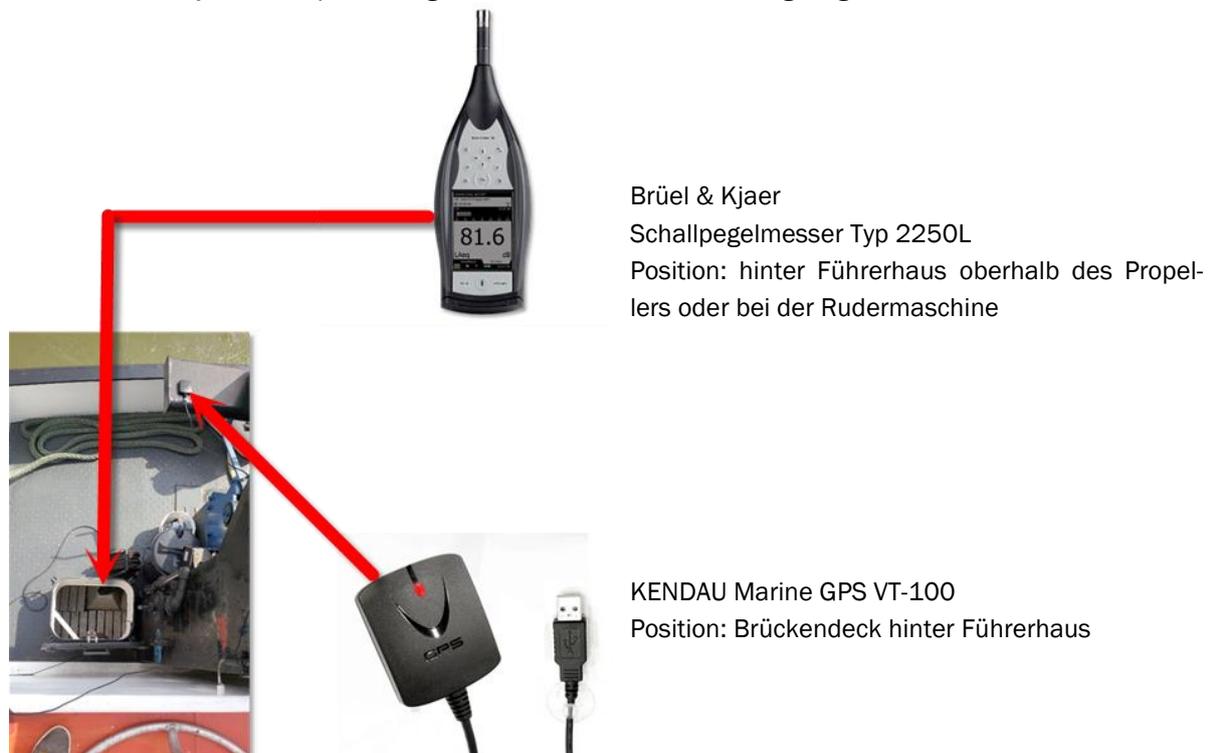


Abbildung 1: Messeinrichtung und Setup

3.3 Messstrecke

Das Monitoring für die systematischen Abladeversuche wurde auf der "Teststrecke" bei Bad Deutsch-Altenburg (Strom- km 1885,6 – km 1886,1) mit dem oben angeführten Motorgüterschiff durchgeführt. Die Strecke umfasste den Bereich, auf dem zum betreffenden Zeitpunkt bereits Grobkorn aufgebracht war. Die Zufahrt zur Teststrecke war zu diesem Zeitpunkt ohne Grobkornauflage.

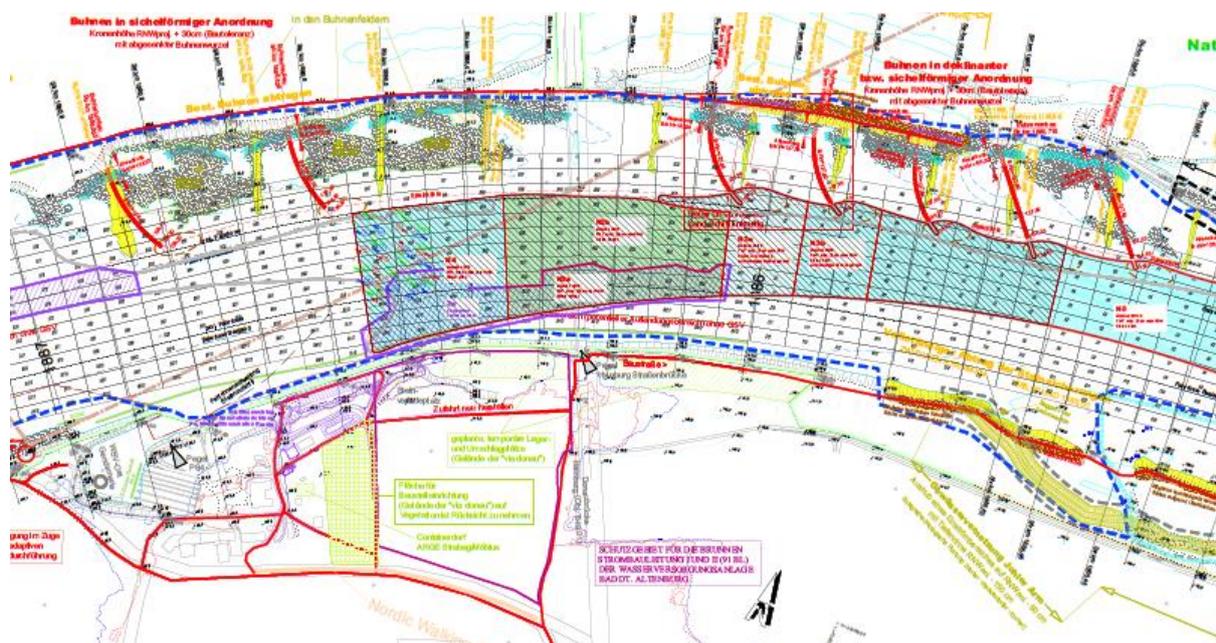


Abbildung 2: Teststrecke bei Bad Deutsch-Altenburg

4. Ergebnisse

4.1 Testbedingungen

4.1.1 Wasserstandspegel

Der Pegelstand an der Pegelstelle Wildungsmauer wurde aus den Doris Schifffahrtsnachrichten (<http://doris.planetweb.at/pegel2013/index.php?popup=WILD>) entnommen.

4.1.2 Wassertiefen

Zur Bestimmung der Wassertiefe wurden die Aufmessungen der viadonau vom 08.04.2014 verwendet. Für jeden Ort eines Einschlags wurde die Wassertiefe bestimmt.

4.1.3 Granulat

In der relevanten Strecke im Februar 2014 waren folgende Granulate eingebaut.

Belegung der Stromsohle:

- km 1885,60 – 1885,85: Belegung 32/120
- km 1885,85 – 1885,95: Belegung 40/90
- km 1885,95 – 1886,05: Belegung 40/70

4.2 Messergebnisse

4.2.1 Flottwasser

Selbstfahrer haben bei Fahrt eine dynamische Tauchung, die von der Wassertiefe, der Geschwindigkeit im Wasser und dem Tiefgang abhängt. Aus der Geschwindigkeit im Wasser und dem Tiefgang lässt sich das mittlere Flottwasser auf der Messstrecke für die jeweilige Fahrt bestimmen.

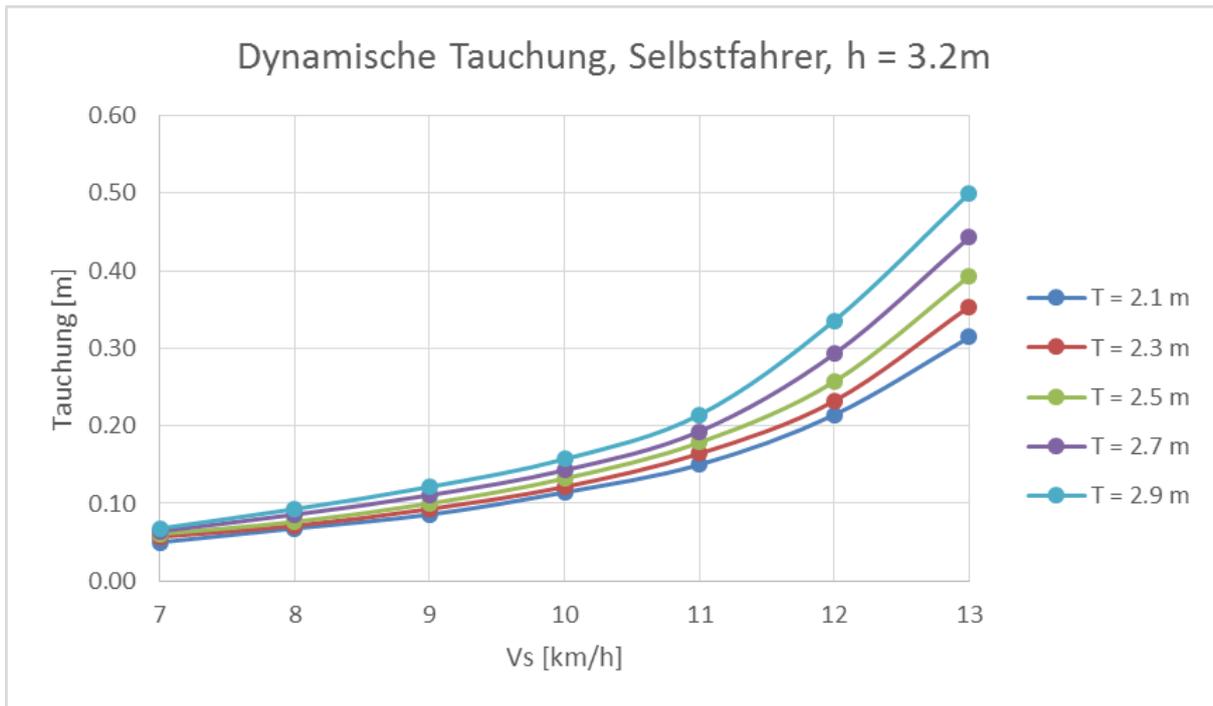


Abbildung 3: Dynamische Tauchung von Selbstfahrern nach Römisch h = 3.2 m

Nach den Angaben der viadonau (interner Bericht der viadonau von Juha Schweighofer vom 30.06.2014) beträgt die Strömungsgeschwindigkeit im Bereich der Messstrecke bei RNW zwischen 4.5 km/h und 6 km/h. Da der Pegel während der Überfahrversuche immer leicht über dem RNW lag, wird der höhere Wert als plausibel angenommen. Es ergeben sich mit Berücksichtigung der jeweiligen Tiefgänge, der Absenkung und der Geschwindigkeit im Wasser folgende Werte für das Flottwasser unter dem Propeller (Genauigkeit: ± 10 cm):

T [m]	V GPS [km/h]	V gegenüber Wasser [km/h]	Dynamische Tauchung [m]
2.60	6.25	12.25	0.29
2.70	5.97	11.97	0.29
2.80	5.83	11.83	0.29
2.90	5.57	11.57	0.27
2.90	5.63	11.63	0.28
2.94	5.44	11.44	0.27

Tabelle 1: Zusammenfassung der Geschwindigkeiten über Grund und gegenüber Wasser

Das Flottwasser ist der minimale Abstand eines fahrenden Schiffes zum Grund des Gewässers. Es berechnet sich daher als Wassertiefe minus Tiefgang minus dynamische Absenkung des Schiffes während der Fahrt.

$$\text{Flottwasser} = h - T - \text{dynamische Absenkung}$$

4.2.2 Schiffskurs und Einschläge

Folgende Messwerte konnten bei den Überfahrten auf der Messstrecke ermittelt werden:

Fahrt	Pegelstand	Tiefgang T_M [dm]	Einschläge Überfahrt	Einschläge Anfahren
1	19.7	26	0	3
2	20.4	27	1	5
3	20.8	28	3	11
4	21.0	29	12	21
5	20.3	29	18	24
6	20.2	29.4	26	23

Tabelle 2: Messwerte gesamte Überfahrt

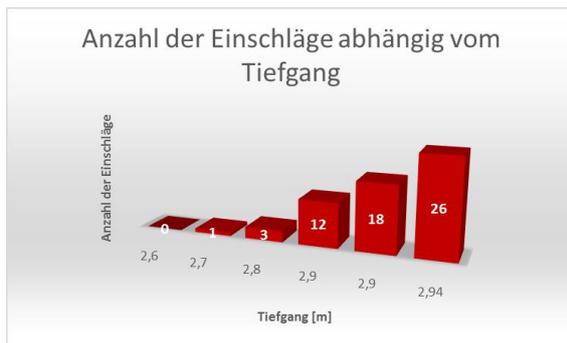


Abbildung 4: Anzahl der gesamten Einschläge in Abhängigkeit vom Tiefgang



Abbildung 5: Anzahl der Einschläge in Abhängigkeit vom Flottwasser (Mittelwert)

4.2.3 Statistische Betrachtung der Ergebnisse

Da, wie aus den Auswertungen ersichtlich, die Wassertiefen in der Messstrecke um bis zu 50 cm schwanken, kommt es vor, dass auch bei einem kleineren Tiefgang Steineinschläge auftreten. Es wurde daher für jeden einzelnen Einschlag das Flottwasser berechnet. Damit kann man eine statistische Betrachtung einführen, wie häufig bei einem bestimmten Flottwasser Einschläge zu verzeichnen sind. Weiter wurde festgehalten, in welchem Sektor der Teststrecke und damit auch bei welchem Granulat der Einschlag erfolgte. Die statistische Betrachtung wurde für die Gesamtheit aller Einschläge und dann auch jeweils für jedes Granulat durchgeführt.

Bei der Betrachtung der Anzahl der Einschläge ist die Teststreckenlänge zu berücksichtigen. Teststrecke:

- km 1885,60 – 1885,85: Belegung 32/120 250 m
- km 1885,85 – 1885,95: Belegung 40/90 100 m
- km 1885,95 – 1886,05: Belegung 40/70 100 m

Natürlich tritt bei der längsten Teststrecke die größte Anzahl der Einschläge auf. Um die Häufigkeit der Einschläge zu vergleichen, müsste die Anzahl der Einschläge für das Granulat 40/90 mit etwa 2,5 multipliziert und für das Granulat 40/70 mit etwa 5 multipliziert werden. Der zweite Multiplikator resultiert aus der Tatsache dass, vom Testfeld mit diesem Granulat nur 50 m genutzt werden konnten, da sich der Schiffeigner nicht wagte, in noch flacheres Wasser zu fahren und daher das Schiff vor dem Ende der Messstrecke stoppte.

In den folgenden Betrachtungen werden die tatsächlich gezählten Werte verwendet. Um eine genaue Aussage über den Unterschied der Granulate zu machen, ist die Anzahl der Werte, besonders beim Granulat 40/70 zu gering. Es zeigt sich, dass auch schon bei größerem Flottwasser Einschläge stattfinden. Der größte Teil der Einschläge findet jedoch im Bereich kleiner/gleich 45 cm mit einer Spitze bei 25 cm Flottwasser statt. Die geringere Anzahl der Einschläge bei Flottwasser unter 25 cm ist darauf zurückzuführen, dass niedrigere Abstände bei den Testfahrten vermieden wurden, um das Schiff nicht zu beschädigen.

Aus der Betrachtung der Mittelwerte in Kapitel 4.2.3 geht hervor, dass die Anzahl der Einschläge eindeutig mit abnehmendem Flottwasser unter dem Propeller ansteigt.

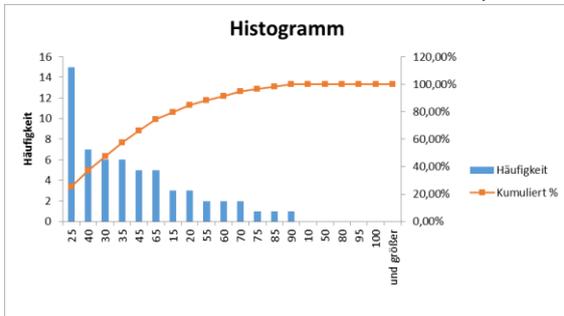


Abbildung 6: Histogramm für die gesamte Anzahl der Einschläge



Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung für die gesamte Anzahl der Einschläge

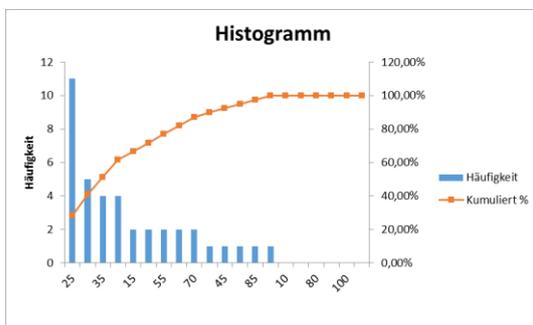


Abbildung 8: Histogramm für das Granulat 32/120



Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung der Anzahl der Einschläge bei Granulat 32/120

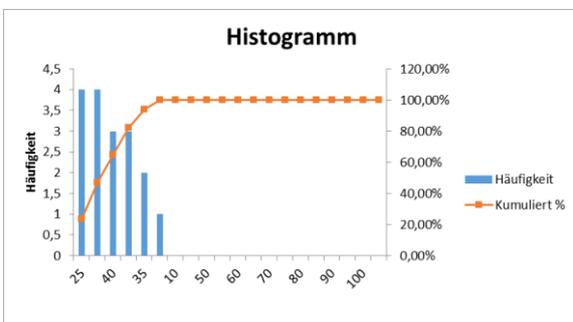


Abbildung 10: Histogramm für das Granulat 40/90

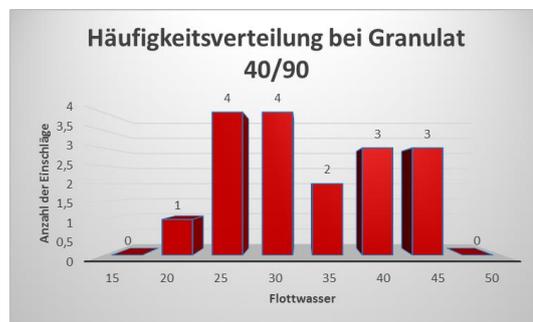


Abbildung 11: Häufigkeitsverteilung der Anzahl der Einschläge bei Granulat 40/90

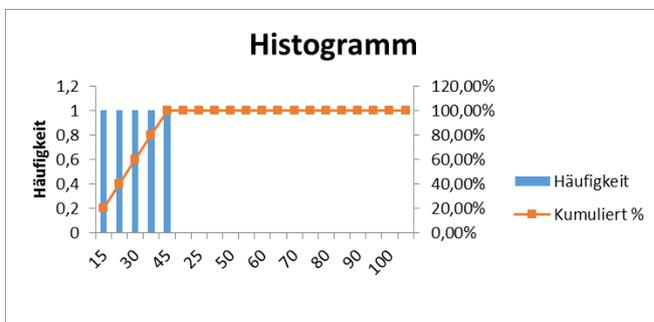


Abbildung 12: Histogramm für das Granulat 40/70

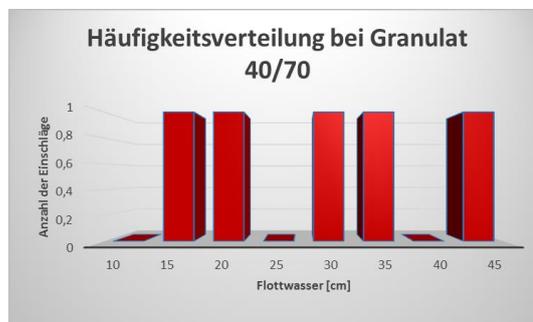


Abbildung 13: Häufigkeitsverteilung der Anzahl der Einschläge bei Granulat 40/70

Die Histogramme in Abbildung 6 bis Abbildung 13 geben die Häufigkeit der Einschläge in Abhängigkeit von dem örtlichen Flottwasser an; daraus ergibt sich deren Häufigkeitsverteilung, abhängig vom Flottwasser.

4.2.4 Referenzstrecke

Um einen Unterschied in der Einschlagshäufigkeit von Steinen bei der Überfahrt von Bereichen mit und ohne granulometrischer Sohlverbesserung im Pilotprojekt Bad Deutsch- Altenburg feststellen zu können, wäre ein Vergleich der oben dargestellten Messwerte mit einer unbelegten Referenzstrecke wünschenswert. Zum direkten Vergleich müsste die Referenzstrecke mit dem gleichen Schiff, bei gleicher Wassertiefe, gleicher Abladetiefe (gleichem Flottwasserabstand) und gleicher Schiffsgeschwindigkeit wie über der granulometrischen Sohlverbesserung überfahren werden.

Bei der Konzeption des Versuches wurde der Streckenabschnitt von der Schiffsbeladung bis zum Beginn der granulometrischen Sohlverbesserung als Referenzstrecke festgelegt, wobei die ersten 100 – 150 m für die Erreichung der gewünschten Schiffsgeschwindigkeit benötigt wurden. Damit hätte sich eine Referenzstrecke von etwa Strom- km 1885,0 – 1885,6 ergeben. Bei Auswertung der tatsächlich gefahrenen Strecke mit Hilfe der GPS Aufzeichnungen, stellte sich allerdings heraus, dass in der Referenzstrecke durchwegs wesentlich größere Wassertiefen als in den belegten Bereichen gegeben waren. Die Wassertiefen waren durchwegs um mindestens 50 cm höher als in den belegten Bereichen. Damit war in der Referenz auch das Flottwasser durchwegs größer als ca. 70 cm (bis hin zu mehr als 1 Meter, je nach Versuchsfahrt und Beladung des Schiffes).

Ein direkter statistischer Vergleich zwischen belegten und unbelegten Streckenabschnitten ist daher in diesem Rahmen nicht möglich, bzw. würde zu falschen Schlussfolgerungen führen.

Eine Verlegung der Referenzstrecke im Rahmen der Freilandhebungen wäre ebenfalls nicht möglich gewesen, da oberhalb des Feldes mit granulometrischer Sohlbefestigung am 14./15.04.2014 bereits wieder Anlandungen mit Wassertiefen von < 2,5 m bei RNW vorlagen. Hier wäre die Gefahr von Grundberührungen bei den extremen Abladungen während der Versuchsfahrten gegeben gewesen.

4.2.5 Flottwasser bei Anfahrversuchen

Die Anfahrversuche wurden fast ausschließlich im Bereich der Granulat Belegung von 32/120 durchgeführt. Dazu ist das Motorgüterschiff jeweils nach Durchführung des Überfahrversuches für einen definierten Abladezustand über Heck wieder in den Bereich stromabwärts bis Strom-km 1885,6 – 1885,8 gefahren, um dort unter Vollast wieder ca. 100 Meter bergwärts zu fahren. Dabei betrug die Drehzahl des Propellers kurzfristig annähernd 100 Prozent bzw. bis zu 1.650 RPM. Dadurch sollte ein maximaler Belastungszustand (Anfahrt) erfasst werden, welcher in der Praxis bei einer Überfahrt auf der Strecke allerdings nicht vorkommt.

Bei den Anfahrversuchen ist es nicht möglich, die dynamische Tauchung ohne weiteres zu berechnen.

In diesem Fall hängt die dynamische Tauchung nicht nur von der Wassertiefe, der Geschwindigkeit im Wasser und dem Tiefgang, sondern auch vom Schubbelastungsgrad am Propeller ab. Dafür gibt es keine einfache Berechnungsmethode und es wurden auch die dafür notwendigen Daten nicht erfasst. Es ist daher nur möglich, die Anzahl der Einschläge abhängig vom Flottwasser im Stand darzustellen.

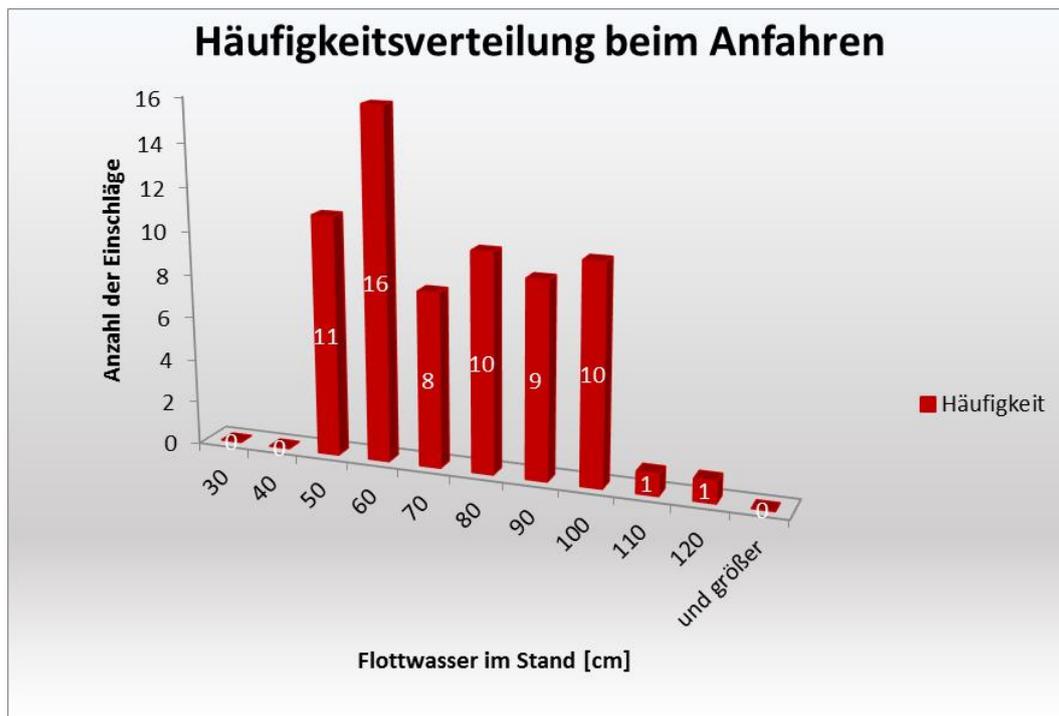


Abbildung 14: Häufigkeit der Einschläge bei Anfahrt (100 % Drehzahl) abhängig vom Flottwasser im Stand

Aus der Statistik ist zu erkennen, dass die Anzahl der Einschläge ab einem Flottwasser von weniger als 110 cm im Stand beim Anfahren stark zunimmt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass beim Anfahren ein größerer Schubbelastungsgrad am Propeller auftritt, in Kombination mit einer größeren Strömungsgeschwindigkeit hinter den Propellern, und sich dadurch das Schiff bei der niedrigen Geschwindigkeit hinten stärker absenkt, als wenn es sich bei dieser Geschwindigkeit in konstanter Fahrt befinden würde.

5. Schlussfolgerung

Wie zu erwarten war, nimmt bei abnehmendem Abstand des Propellers vom Grund des Fahrwassers die Anzahl der Einschläge von Steinen auf den Propeller zu. Bei einem Flottwasser des fahrenden Schiffs von weniger als ca. 55- 45 cm steigt die Anzahl der Einschläge stark an. Bei größerem Flottwasser sind hingegen nur noch wenige Einschläge zu verzeichnen.

Die statistische Betrachtung der Häufigkeitsverteilung der Einschläge in Abhängigkeit vom Flottwasser bestätigt dies. Es kann also davon ausgegangen werden, dass der im Pilotprojekt Bad Deutsch- Altenburg berücksichtigte Flottwasserabstand von 60 cm für die Bereiche mit Granulometrischer Sohlverbesserung jedenfalls ausreichend war, um eine etwaige Beschädigung der Schiffspropeller hintan zu halten.

Eine eindeutige Aussage, bei welchem Granulat weniger oder mehr Einschläge erfolgen, kann nicht getroffen werden. Dies liegt auch an der geringen Anzahl der Einschläge bei der Granulatbelegung 40/70 aufgrund der etwas kurzen verwertbaren Fahrtstrecke in diesem Bereich. Eine erforderliche Anpassung des Flottwasserabstandes in Abhängigkeit von den Korngrößen (32/120; 40/90; 40/70) konnte daher in diesem Versuch nicht abgeleitet werden.

Beim starken Anfahren mit ca. 100 % Drehzahl treten bereits ab einem Flottwasser beim stehenden Schiff von unter 110 cm häufige Einschläge von Steinen auf den Propeller auf. Dieser Versuch wurde allerdings nur zur Erfassung einer maximalen Propellerbelastung durchgeführt und stellt kein realistisches Betriebs-szenario für Motorgüterschiffe dar.

Das für die Überfahrversuche angemietete Motorgüterschiff Aura kam direkt von einer Schiffswartung zur Pilotprojektstrecke bei Bad Deutsch- Altenburg. Im Zuge der Wartungsarbeiten ist auch die Schiffschraube ausgetauscht worden, sodass eine relativ unbeschädigte Schraube für die Überfahrversuche zur Verfügung stand (allenfalls Beschädigungen im Rahmen der Anfahrt nach Bad Deutsch- Altenburg möglich). Es wurde daher ein Taucher beauftragt, der den Propeller auf etwaige Beschädigungen untersuchen sollte. Die Prüfung erfolgte durch die Firma RC Mobilienverwaltung GmbH (Vermietung und Agentierung von Schiffen und Baumaschinen aller Art Schmiedrait 11, A-7432 Oberschützen). Der Taucher führte die Untersuchung am 16.04.2014 im Hafen Dunaújváros durch. Trotz des extremen Untersuchungsdesigns zur Darstellung eines „worst case“ Szenarios konnten von dem Taucher weder an der Schiffschraube noch am übrigen Schiff (Rumpf, Ruderblätter, Bugstrahlantrieb) ungewöhnliche Beschädigungen festgestellt werden.

Analyse der Grundwasserverhältnisse im Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg

Analyse der Grundwasserverhältnisse im Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg

DI Dr. Julia Derx, Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Alfred Paul Blaschke

Technische Universität Wien, Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, Karlsplatz 13, 1040 Wien,

Email: derx@hydro.tuwien.ac.at

1. Einleitung

Ziel der Beweissicherung und des Monitorings des Arbeitspaketes Grundwasser ist es, die kausalen Zusammenhänge zwischen den Eingriffen im Bereich der Pilotversuchsstrecke und den wasserwirtschaftlichen Grundwasserverhältnissen zu beschreiben und aufzuzeigen. Dabei stehen die Veränderungen durch die im Abschnitt von Strom-km 1887,5 bis Strom-km 1884,5 geplanten baulichen Maßnahmen (granulometrische Sohlverbesserung, Niederwasserregulierung mit Bau, Umbau und Rückbau von Buhnen, Uferrückbau und Uferabsenkung und eine verbesserte Anbindung von Seitenarmen) im Mittelpunkt. Die vorgesehenen Maßnahmen bewirken eine Änderung der Geometrie der Gewässersohle und Uferzonen und damit sind auch Änderungen der Austauschprozesse zwischen Grund- und Flusswasser zu erwarten. Wie sich diese im Bereich der Versuchsstrecke verändern, wird mit Hilfe von Grundwasserstandsmessungen, Messungen und Untersuchungen der Grundwasserqualität, Untersuchungen der Donausohle mit Hilfe von Freeze-Cores bzw. -Panels und Fotos der Donausohle dargestellt. Im Rahmen der Veranstaltung werden erste Ergebnisse zu den Veränderungen der zeitlichen und räumlichen Grundwasserverhältnisse, der Austauschvorgänge zwischen Donau und Grundwasser und der Grundwasserqualität präsentiert.

2. Fragestellungen

Im Rahmen dieses Kapitels werden die nachfolgend aufgelisteten Fragen behandelt. Jede dieser Fragen steht mit Baumaßnahmen in Bezug, welche in Klammern angeführt sind (GSV, Granulometrische Sohlverbesserung; NWR, Niederwasserregulierung/Buhnen und Leitwerke; SAP, Stromsohlenanpassung; URB, Uferrückbau; GV, Gewässervernetzung/Anbindung Johler Arm):

- Veränderungen der *Grundwasserspiegel* (GSV, NWR, SAP, URB, GV)
- Ändert sich die Qualität des Grundwassers durch die Baumaßnahmen?
- (GSV, NWR, SAP, URB, GV)
- Ändert sich die Durchlässigkeit im Böschungsbereich bzw. im Johler Arm? (GSV, NWR, SAP, URB, GV)

3. Methodik

3.1 Messungen des Grundwasserstandes und der Grundwasserqualität

Die Messungen des Grundwasserstandes erfolgen zum Teil im wöchentlichen Abstand händisch und zum Teil kontinuierlich (Stundenwerte). Zur Erfassung der qualitativen Grundwasserverhältnisse werden kontinuierliche, wöchentliche und Einzelmessungen durchgeführt.

Die Messung der Temperatur, der Leitfähigkeit, des Sauerstoffgehaltes und des Redoxpotentials erfolgen vor Ort. Für die Bestimmung der weiteren Parameter werden Wasserproben entnommen und im Labor analysiert. Folgende Parameter werden analysiert:

- beschreibende Parameter: elektrische Leitfähigkeit, Redoxpotential; Sauerstoff gelöst
- chemische Parameter: Nitrat, Ammonium, DOC, Oxidierbarkeit, Spekt. Abs. Koeffizient 436 nm, Chlorid, Sulfat
- mikrobielle Parameter : *E. coli*, Enterokokken

Für die Bestimmung der chemischen und mikrobiologischen Grundwasserqualität wurden Proben von acht ausgewählten Messstellen auf beiden Seiten der Donau analysiert. Die chemische Grundwasserqualität wurde an 3 Terminen vor Baubeginn und alle 2 Monate ab Baubeginn untersucht. Zusätzlich wurde jeweils vor Baubeginn und nach Bauende nach einem Donau Hochwasser ($> 5000 \text{ m}^3/\text{s}$) eine 14tägige Probenahme über 3 Monate durchgeführt. Die mikrobiologische Grundwasserqualität wurde an jeweils drei Beprobungsterminen vor Baubeginn und ab 2 Monaten nach Bauende untersucht.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Grundwasserschichtenlinienpläne

Für die Darstellung der Grundwasserisolinien für niedere (NW), mittlere (MW) und hohe (HW) Grundwasserhältnisse wurden aus dem Zeitraum von Jänner bis September 2007 und aus dem Zeitraum von März 2009 bis 2015 je drei Termine ausgewählt. Als Eingangsdaten wurden neben den Grundwasserstandsdaten auch der Wasserspiegel der Donau und teilweise die der Altarme mitberücksichtigt.

Die Grundwasserspiegel bei RNW (niedere Verhältnisse) zeigen keine Veränderung nach Bauende. Bei MW liegt der Grundwasserspiegel um etwa 20 bis 40 cm höher, vor allem auf der linken Seite der Donau (Abbildung 1 und 2). Durch den verbesserten Anschluss der Seitenarme zeigt sich in einigen Streckenbereichen ein sehr geringes Grundwasser Gefälle. Dies kann sich positiv auf die Aufenthaltsdauer auswirken. Die Auswertungen bei HW liegen derzeit noch nicht vor.

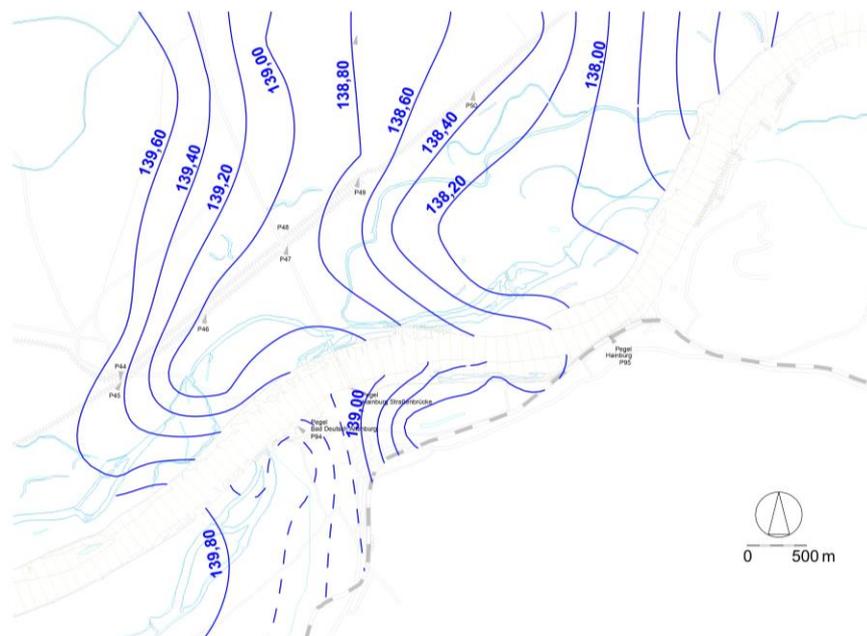


Abbildung 1: Isolinienpläne des Grundwasserstandes bei MW vor Beginn (13.8.2007)

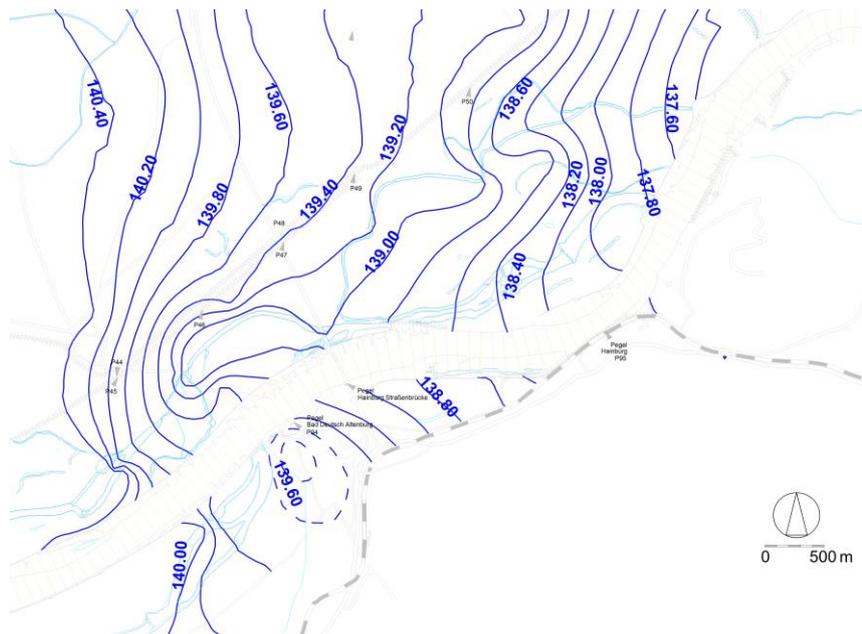


Abbildung 2: Isolinenpläne des Grundwasserstandes bei MW nach Bauende (21.4.2015)

4.2 Änderungen der Grundwasserqualität

Generell war durch die Baumaßnahmen keine wesentliche Veränderung der chemischen Grundwasserqualität zu erkennen. Der Zustand der Grundwasserqualität vor Beginn der Bauphase und seither werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt. Laut Grundwasserschwellenwertverordnung (WRG-Novelle 1990, BGBl. Nr. 252) wurde der Schwellenwert für Ammonium (NH_4 : 0.3 mg/l) außer in den von Thermalwässern beeinflussten Bereichen nicht überschritten. Die Messergebnisse für Nitrat lagen durchwegs unter den Schwellenwerten (NO_3 : 45 mg/l) ausgenommen einer einmaligen Überschreitung bei der Messstelle 1885,004 im Jänner 2012, d.h. vor Beginn der Baumsetzung. Für Chlorid wurden bei einigen Messstellen die Schwellenwerte überschritten (Cl : 60 mg/l). Die Messstellen 1887.032, 1887.004 und 1887.005 weisen insbesondere ungewöhnlich hohe Werte für CSB im Vergleich zu den Werten für DOC auf. Dies ist auf das für Thermalwässer charakteristische Vorkommen von Schwefelwasserstoffen zurückzuführen.

Die Ergebnisse der mikrobiologischen Analysen zeigen keiner Verschlechterung, sondern zum Teil eine deutliche Verbesserung der mikrobiellen Belastung mit E.coli und Enterokokken im Grundwasser nach Bauende (Abbildung 3).

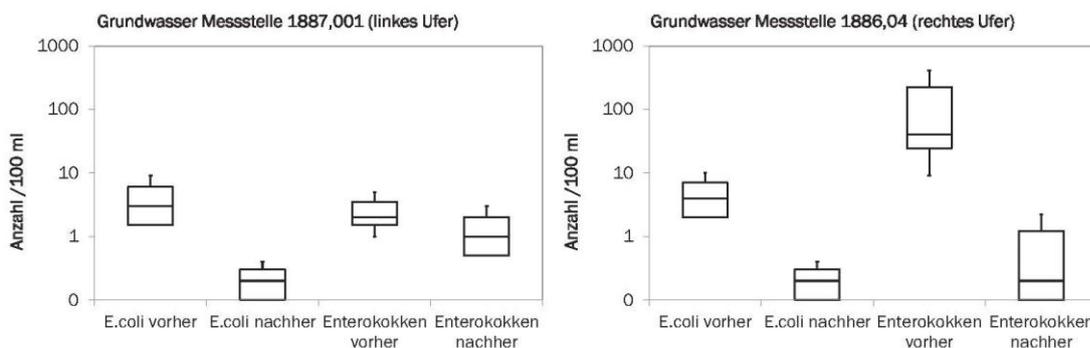


Abbildung 3: Vergleich von gemessenen E.coli und Enterokokken Konzentrationen in zwei Grundwasser Messstellen vor Baubeginn (n=3) und nach Bauende (n=3).

4.3 Versickerungsversuche

Die Versuchsauswertung vor Baubeginn ergab für den Standort 1 im Einlaufbereich des Johler Arms (Aulehmboden) einen k_f -Wert von 2×10^{-8} m/s, welcher einen extrem gering durchlässigen Boden charakterisiert. Die weiteren Versuche an weiteren typischen Standorten im Johler Arm erlaubten aufgrund der dort vorhandenen großen Durchlässigkeit keine Messung bzw. Auswertung. Es war an diesen Stellen mit kiesiger Oberfläche mit einem k_f -Wert von $> 2 \times 10^{-2}$ m/s zu rechnen. Diese extrem durchlässigen Kiesflächen wechselten sich mit dem sehr dichten Aulehmboden im Johler Arm ab. Somit ergaben sich Bereiche in denen bei einer Durchströmung des Johler Armes eine sehr rasche Versickerung von Donauwasser auftritt. In den Bereichen einer Feinsedimentauflage war eine kaum messbare Versickerung vorhanden.

Die Versuchsauswertung während der Bauphase im Oktober 2013 ergab für alle drei gewählten Standorte (bei Wasseranschlagslinie, 1 m und 6 m über Wasseranschlagslinie) einen maximalen k_f -Wert von 5×10^{-6} m/s. Die Bereiche im Johler Arm, bei denen vor Baubeginn hohe Durchlässigkeiten vorhanden waren, waren zu dem Zeitpunkt der erneuten Untersuchungen überströmt bzw. von extrem gering durchlässigen Bodenschichten überlagert.

5. Zusammenfassung

Eine vollständige Beantwortung der Fragen kann zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfolgen, da noch nicht alle Daten ausgewertet wurden. Die vorliegenden Ergebnisse geben jedoch erste Hinweise auf die möglichen Veränderungen in den Grundwasserverhältnissen durch die Baumaßnahmen, welche im Folgenden erläutert werden.

5.1 Veränderungen der Grundwasserspiegel:

Die Analyse des Zustandes vor Baubeginn und nach Bauende zeigt keine Veränderung bei niederen Verhältnissen (RNW). Bei mittleren (MW) Verhältnissen zeigen sich in Teilbereichen höhere Grundwasserspiegel als zuvor. Dies ist vermutlich auf die verbesserte Interaktion mit der Donau durch die Baumaßnahmen zurückzuführen. Die zum Teil bessere Anbindung der Seitenarme bewirkt in diesen Bereichen einen Ausgleich des Grundwassergefälles. Dies kann sich positiv auf die Aufenthaltsdauer und damit auf die Grundwasserqualität auswirken.

5.2 Ändert sich die Qualität des Grundwassers durch die Baumaßnahmen?

Der Qualitätszustand des Grundwassers zeigte nach Bauende keine Verschlechterung, sondern zum Teil eine Verbesserung bei den Parametern der Wasserhygiene.

5.3 Ändert sich die Durchlässigkeit im Böschungsbereich bzw. im Johler Arm?

Die Uferbereiche im Einlaufbereich des Johler Arms zeigten während der Bauphase eine weiterhin sehr geringe Durchlässigkeit der Böden. Die Bereiche welche vor Baubeginn im Johler Arm hoch durchlässig waren, waren während der Bauphase zum Teil mit Feinsedimenten überlagert. In Teilbereichen kam es durch diese Umlagerung zu einer Verringerung der Durchlässigkeit. Messungen nach dem Durchstich des Johler Armes sind noch nicht durchgeführt worden.

Auswirkungen komplexer flussbaulicher Maßnahmen auf die Ökologie eines großen Flusses

Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg

Mag. Elisabeth Bondar-Kunze; Assoc. Prof. Dr. Thomas Hein

WasserCluster Lunz - Biologische Station GmbH, Dr. Carl Kupelwieser Promenade 5, A-3293 Lunz am See,

Email: elisabeth.bondar@boku.ac.at

1. Einleitung

Fließgewässer sind Lebensadern der Landschaft. Diese Flusslandschaften waren für die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft schon sehr früh bedeutend, da sie für den Menschen vielfältige Nutzungsmöglichkeiten, als Ökosystemdienstleistungen bezeichnet, wie zum Beispiel Trinkwasserversorgung, Energiegewinnung, Nahrungsmittelproduktion und Transport (Schifffahrt) bieten. Andererseits bergen Flusslandschaften deren intensive Nutzung und Besiedelung auch Risiken, die mit Hochwasser einhergehen.

Diese intensive Nutzung und Risikominimierung führt allerdings weltweit zu anthropogenen Veränderungen der hydromorphologischen Bedingungen wie Deiche und Dämme, Regulierungsbauwerke und in Folge auch zu Veränderungen des Durchflusses und des Abwasserregimes (Robertson et al., 2001).

Durch die Abdämmung der Flüsse ist es weltweit zu einem Verlust von Auengebieten (z.B. mehr als 90 % an der oberen Donau – Sommerwerk et al. 2009, Hein et al. 2014) gekommen und für Nutzungen wie die Energiegewinnung ist ein hoher Anteil an Staubereichen Bestandteil in vielen Flusssystemen (Nilsson et al., 2005).

Von dieser Art der Veränderungen ist die Mehrzahl großer Flüsse in den gemäßigten Zonen betroffen, da diese bereits sehr lange, seit den vergangenen Jahrhunderten, sehr stark reguliert wurden (Petts, Möller & Roux, 1989; Dynesius & Nilsson, 1994). In Nordamerika, Europa und der ehemaligen Sowjetunion sind 71% der großen Flüsse durch Dämme, Staubereiche und Wasserentnahmen beeinflusst.

In Österreich zeigt zum Beispiel der Nationale Gewässerbewirtschaftungsplan, dass die heimischen Flüsse in erster Linie hydromorphologisch belastet sind, sei es durch Wasserentnahmen (3.176 Restwasserstrecken), Aufstauungen (1.451 gestaute Abschnitte), oder künstliche Wasserspiegelschwankungen (3% des österr. Gewässernetzes ist von Schwallbelastungen betroffen) (Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan 2015 – Entwurf Jänner 2015). Der Oberlauf von Flüssen wird hauptsächlich durch den Bau von Dämmen beeinträchtigt (Ward & Stanford, 1995), wohingegen Tieflandbereiche am meisten von der Abdämmung der Auegebiete und der Begradigung des Flusslaufes betroffen sind.

Betrachtet man diese anthropogen verursachten Veränderungen auf Flussabschnittsebene, so umfassen diese Maßnahmen Veränderungen der Ufermorphologie wie zum Beispiel Sicherung einer Tiefenrinne, Uferstabilisierung mit Blockwurf – meist in Strecken mit Schifffahrt, Entfernung von natürlichen Schotterbänken, Einbau von Bühnenfeldern und eine Veränderung des Geschiebetriebes mit starker Eintiefung des Flussbettes. Auch die Anbindung des Flussschlauches an seine Auensysteme und daher auch der hydrologische Austausch, die Habitatverfügbarkeit und Stoffrückhalt und Umbau von Stoffen (Nährstoffe, Schwebstoffe) wird dadurch stark reduziert. In manchen Fällen speziell in abgedämmten Flussabschnitten kann auch der Austausch mit dem Grundwasser negativ beeinflusst werden.

Daher ist es von großer Bedeutung, dass heutige Eingriffe in Flusslandschaften, nicht nur primär auf einen Aspekt abzielen, sondern auch andere Nutzungsinteressen wie auch eine Verbesserung der ökologischen Situation, die auf flussmorphologischen Defizite und die eingeschränkte ökologische Funktionsfähigkeit Bezug nehmen, verfolgen. Ein erster Schritt in diese Richtung sind die in den letzten Jahren durchgeführten Wiederanbindungsprojekte von Auengebieten (z.B. Toth et al 1998; Schiemer, Baumgartner & Tockner, 1999; Simons et al, 2001; Zöckler, Wenger & Mawick, 2001). Diese Projekte sind meist Langzeitunterfangen, wie auch das Beispiel des Kissimmee Rivers in Florida zeigt. Hier vergingen 20 Jahre an Planung und Vorversuchen, bevor das eigentliche Projekt zur Auenwiederanbindung und Flussrenaturierung Wirklichkeit wurde (Toth et al, 1998, Whalen et al., 2002). Der Kissimmee River wurde zwischen 1962 – 1972 kanalisiert und die angrenzenden Auengebiete konnten daher nicht mehr überflutet werden und verlandeten rapide. Im Zuge dieses Restaurierungsprojektes (Start 1997, geplantes Ende 2015) wird dem Fluss auf einer Länge von 90 km seine mäandrierende Form wieder zurückgegeben und die Auengebiete wieder angebunden.

Ein Grund für die lange Vorbereitungsdauer liegt darin, dass diese Flüsse lange Zeit massiv verändert wurden und daher moderne integrative wasserbauliche Projekte nötig sind, um sie wieder in einen ökologisch guten Zustand zurückzuführen. Dazu müssen zuerst die gemeinsamen Ziele von Ökologie (Sicherung und Verbesserung der ökologischen Situation), Schifffahrt und zusätzlicher Nutzungen wie z.B. Naturschutz, Hochwasserschutz und Fischerei geklärt sein. Weiters ist von Beginn die Einbindung aller Interessensvertreter von Vorteil, um dann im Planungsprozess Maßnahmen zu definieren, die möglichst breit Verbesserungen in vielen Bereichen erzielen. Vor, während und nach der Umsetzung der Maßnahmen muss ein umfassendes Monitoringprogramm eingesetzt werden, um eine adaptive Umsetzung langfristig zu sichern (ICPDR – Platina Manual on good practices in sustainable waterway planning, 2010).

Nach dem oben genannten Planungsmodell wurde auch das Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg umgesetzt, da es in dieser freien Fließstrecke östlich von Wien zu einer Degradierung des Flussbettes und daher auch zu einem Herabsetzen des Grundwasserspiegels kam. Gleichzeitig herrschten unzureichende Fahrwassertiefen während Niederwasser, die zu einer Beeinträchtigung der Binnenschifffahrt führte. Eine Kette an Wasserkraftwerken oberhalb des Projektgebietes, Flussregulierungen (Abdämmung der ursprünglichen Auengebiete) und Ufersicherungen haben die Morphodynamik stark reduziert, und daher die Habitatqualität für viele Arten verringert (ICPDR – Platina Manual on good practices in sustainable waterway planning, 2010).

Betrachtet man nun das Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg, kann man daher erkennen, dass mehrere Ziele verfolgt werden und Ökologie, Hochwasserschutz und Schifffahrt integrativ in den Projektzielen und Maßnahmen Berücksichtigung finden:

- Erprobung flussbaulicher Maßnahmen zur Verhinderung einer weiteren Eintiefung des Flussbettes (Maßnahme: granulometrische Sohlstabilisierung)
- Erprobung flussbaulicher Maßnahmen zur Verbesserung der Schifffahrt (Maßnahme: Niederwasserregulierung durch modifizierte Buhnen)
- Erprobung flussbaulicher Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Qualität von Fluss- und Auenhabitaten (Maßnahmen: Uferrückbau und Wiederanbindung eines Nebenarmes)
- Verminderung der Wasserstände bei Hochwässern (Maßnahmen: Uferrückbau und Wiederanbindung eines Nebenarmes)

1.1. Ökologische Qualität von Fluss- und Auenhabitaten

Die Donau östlich von Wien ist geprägt durch reduzierte geomorphologische Dynamik, Degradierung des Flussbetts, Isolierung von Nebenarmen und Augewässern und strukturelle Defizite im Hauptstrom und damit einhergehende Verluste an Habitatqualität und Reduktion von Ökosystemfunktionen (ICPDR – Platina Manual on good practices in sustainable waterway planning, 2010).

Das biotische Monitoring beinhaltet daher neben Landschaftsdynamik und Habitatdiversität, grundlegende Messungen von Stoffkreisläufen und Abbauprozessen (ökologische Funktionen & Prozesse), wie auch verschiedene Bioindikatoren, die unterschiedliche Bereiche dieser komplexen Flusslandschaften abdecken.



Abbildung 1: Darstellung der gewählten Bioindikatoren an Hand einer Uferstruktur des linken Donauufers. Hier wird ersichtlich, dass die einzelnen Arbeitspakete unterschiedliche Bereiche innerhalb der Flusslandschaft abdecken und daher dazu beitragen ein möglichst vollständiges Bild von den Veränderungen der Renaturierungsmaßnahmen zu bekommen. MZB = Makrozoobenthos

Der Grund für die Wahl dieser einzelnen Arbeitspakete liegt darin, dass dadurch unterschiedliche Bereiche und damit auch unterschiedliche Renaturierungsmaßnahmen bewertet werden können (Abbildung 1). Die Ufervegetation und die terrestrische Uferzönose zeigen die Wirkungen an den Randbereichen der Ufer und in den Auen. Fische sind direkte Indikatoren für Habitatverfügbarkeit und Vögel können großräumige Veränderungen aufzeigen.

Neben der räumlichen Komponente gibt es auch einen wesentlichen zeitlichen Aspekt bei der Wahl der einzelnen biotischen Monitoringparameter. Die Bearbeitung der Landschaftsstruktur und Landschaftsdynamik (Vergleich zu Referenzzustand) zeigt kurz- und langfristige Veränderungen auf, ebenso die Entwicklung von Ufer- und Pioniervegetation. Kurzfristige Reaktionen von Ökosystemfunktionen können mit der Messung von Abbauprozessen, Nährstoffdynamik und der Entwicklung von pelagischen und benthischen Algen gezeigt werden. Somit tragen die einzelnen Arbeitspakete und die integrative Bearbeitung dazu bei, ein möglichst vollständiges Bild von den Veränderungen durch die Renaturierungsmaßnahmen zu bekommen.

Als Beispiel einer Ökosystemfunktion sollen im folgenden Absatz Uferstrukturen als bioaktive Zonen gezeigt werden. Flüsse benötigen für langfristige Stabilität bioaktive Zonen bei allen Wasserständen. Diese Zonen sind nicht nur wichtig für die flusseigenen Tierwelt (z.B. Fische) als Refugialräume oder bestimmte Zeiträume in der Entwicklung, sondern dienen auch der Primärproduktion und damit Grundlage für weitere trophische Ebenen sowie dem Stoffrückhalt und Umbau (z.B. Nährstoffe) (Hein et al. 2005).

Entsprechend dem Abflussregime und dem Durchfluss, befinden sich diese Retentionszonen bei Hochwasserereignissen in den angrenzenden Aulandschaften und Überschwemmungsgebieten, bei Mittelwasser in den dynamischen Seitenarmen und bei Niederwasser entlang der Uferstrukturen im Flussschlauch selbst (Abbildung 2). Struktureiche Ufer sind daher wichtig für rheophile Organismen (z.B. Fische), aber auch für den kontinuierlichen Ablauf der Stoffkreisläufe, der Primärproduktion und der Abbauprozesse.

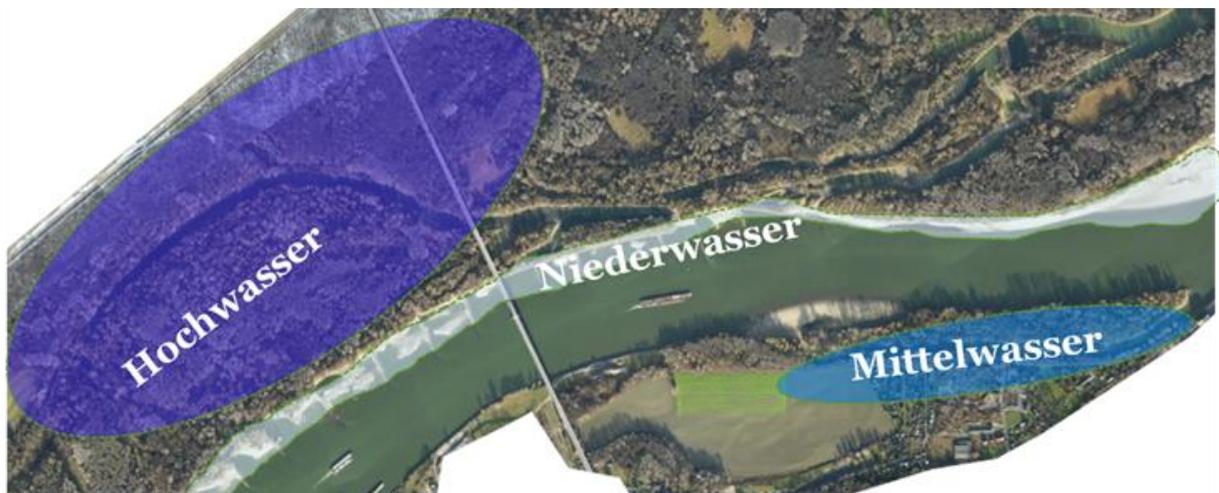


Abbildung 2: Darstellung der bioaktiven Zonen der Donau innerhalb des Projektgebietes. Aus dieser Abbildung geht hervor, dass während Hochwasser das Gebiet der Stopfenreuter Au ein wesentlicher Retentionsbereich ist. Während Mittelwasser kommt dem wiederangebundenen Johler Arm diese Bedeutung zu, und während Niederwasser sind vor allem die Uferbereiche an der linken Donauseite entscheidende Landschaftskomponenten.

In diesen Uferbereichen sind benthische Algen und assoziierte mikrobielle Gemeinschaften wesentliche Elemente, die an den Stoffkreisläufen beteiligt sind. In der Premonitoringphase bestand zum Beispiel das Buhnenfeld 1886,8 (linkes Donauufer) bei Niederwasser aus isolierten, kleinräumigen Tiefstellen (als Pools bezeichnet). In diesen Pools konnte sich die Wassertemperatur im Sommer um bis zu 7 °C von der Donau unterscheiden. Das führte dazu, dass sich eine wenig flusstypische Grünalgen dominierte Gemeinschaft ausbildet mit einer Biomasse von bis zu 14 µg cm⁻² (Abbildung 3a).

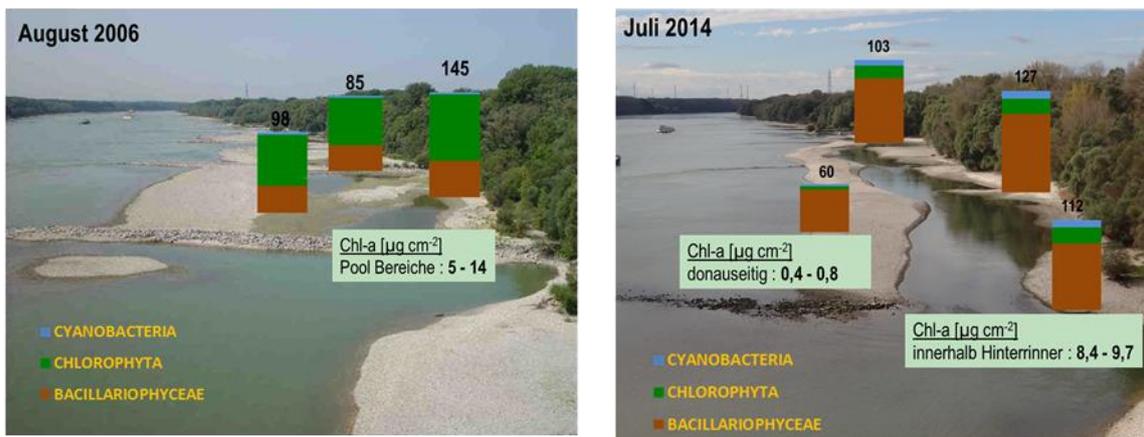


Abbildung 3: Gesamtartenanzahl und Darstellung der Großgruppen benthischer Algen während Niederwasser vor der Renaturierungsmaßnahme (a) und nach der Renaturierungsmaßnahme (b). Grün straffierte Balken zeigen den Chlorophyll a Gehalt in der jeweiligen Uferzone.

Im Zuge der Optimierung der Niederwasserregulierung wurde das Bühnenfeld zu einem Hinterrinner umgebaut. Die Folge ist eine permanente Strömung in diesem Bereich, wobei der mittlere Bereich auch vor Wellen geschützt ist. Nun kann sich wieder eine flusstypische Kieselalgen dominierte Algengemeinschaft ansiedeln und der mittlere Chlorophyll-a Gehalt überschreitet auch nicht $10 \mu\text{g cm}^{-2}$ (Abbildung 3b).

Somit zeigen diese Ergebnisse, dass nach der Umstrukturierung der Uferzonen zu einem Hinterrinner, die Algenbiomasse höheren Organismen in dem gut verbundenen Lebensraum über längeren Zeitraum zur Verfügung stehen kann. Der Hinterrinner bietet daher eine wesentliche Grundlage für die Versorgung des flusseigenen Nahrungsnetzes.

Zitate

- Dynesius M. & Nilsson C. (1994) Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. *Science* 266, 753–762.
- Hein, T., Reckendorfer, W., Thorp, J. H., & Schiemer, F. (2005). The role of slackwater areas for biogeochemical processes in rehabilitated river corridors: examples from the Danube. *Arch. Fur Hydrobiol. Suppl. Large Rivers*, 15, 425-442.
- Hein, T., Schwarz, U., Habersack, H., Nichersu, I., Preiner, S., Willby, N. & Weigelhofer, G. (2015). Current status and restoration options for floodplain along the Danube River. *Sci. Total Environment*
- ICPDR – Platina Manual on good practices in sustainable waterway planning, (2010)
- Nilsson, C., Reidy, C. A., Dynesius, M., & Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science*, 308(5720), 405-408.
- Petts G.E., Möller H. & Roux A.L. (Eds) (1989) *Historical Change of Large Alluvial rivers: Western Europe* John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- Robertson, A.I., Bacon, P. and Heagney, G. (2001), The responses of floodplain primary production to flood frequency and timing. *Journal of Applied Ecology*, 38: 126–136. doi: 10.1046/j.1365-2664.2001.00568.x
- Schiemer F., Baumgartner C. & Tockner K. (1999) Restoration of floodplain rivers: the 'Danube restoration project'. *Regulated Rivers: Research and Management*, 15, 231–244.
- Simons H.E.J., Bakker C., Schropp M.H.I., Jans L.H., Kok F.R. & Grift R.E. (2001) Man-made secondary channels along the River Rhine (the Netherlands): results of post-project monitoring. *Regulated Rivers: Research and Management*, 17, 473–491.
- Sommerwerk, N., Hein, T., Schneider-Jacoby, M., Baumgartner, C., Ostojic, A., Siber, R., Bloesch, J., Paunovic, M., Tockner, K., (2009): The Danube River Basin. - In: Tockner K, Uehlinger U, Robinson CT, *Rivers of Europe*. Amsterdam: Academic Press, pp 59-113.
- Toth L.A., Melvin S.L., Arrington A. & Chamberlain J. (1998) Hydrologic manipulations of the channelized Kissimmee River. *Bioscience*, 48, 757–764.
- Ward J.V. & Stanford J.A. (1995) The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. *Regulated Rivers: Research and Management*, 10, 159–168
- Whalen, P. J., Toth, L. A., Koebel, J. W., & Strayer, P. K. (2002). Kissimmee River restoration: a case study. *Water Science & Technology*, 45(11), 55-62.
- Zöckler C., Wenger E. & Madgwick J. (2001) Assessment of WWF river and floodplain restoration projects in Europe. In: *River Restoration in Europe* (Eds H.J. Nijland & M.J.R. Cals), pp. 73–82. RIZA report 2001.023. RIZA, Lelystad, The Netherlands.

Auswirkungen flussbaulicher Maßnahmen auf die Pionier- und Ufervegetation beim PP BDA

Dr. Ingo Korner & Mag. Markus Staudinger

AVL – ARGE Vegetationsökologie und Landschaftsplanung GmbH, Theobaldgasse 16/4, 1060 Wien, Email: ingo.korner@a-v-l.at

Die Dokumentation des Ist-Zustandes der Vegetation im Abschnitt des Pilotprojektes Bad Deutsch-Altenburg erfolgte in den Vegetationsperioden 2006 und 2007. Vom Februar 2012 bis zum April 2014 wurden die landgestützten Bauarbeiten wie Uferrückbau, Um- bzw. Neubau der Bühnen sowie die Gewässervernetzung beim Johler Arm umgesetzt. Die erste Phase des Postmonitoring begann im Frühjahr 2014. Aufgrund der sehr hohen Wasserführung der Donau im gesamten Jahr 2014 wurde ein wesentlicher Teil der vegetationsökologischen Untersuchungen allerdings erst 2015 durchgeführt.

Im Rahmen des Premonitoring wurden in den Silberweidenbeständen am Donauufer und am Johler Arm einige Dauerbeobachtungsflächen angelegt und dokumentiert. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Entwicklung von sommerannuellen Pioniergesellschaften auf Kies und Schlick am Donauufer und am Johler Arm. Diese entwickeln sich nur in Niederwasserphasen im Sommer oder Herbst. 2014 konnten sie daher nicht zur Entwicklung kommen.

Am Johler Arm, der zu diesem Zeitpunkt nur ab einem Wasserstand über Mittelwasser durchströmt wurde, befanden sich in den flachen Uferbereichen zonierte Verlandungsgesellschaften, wie Seebinsenröhricht (*Scirpetum lacustris*), Stillwasserröhricht (*Phragmitetum communis*) und Steifseggenrieder (*Caricetum elatae*) sowie Flussröhrichte (*Rorippo-Phalaridetum*) und Straußgras-Schotterfluren (*Rumici crispi-Agrostietum stoloniferae*). Im Übergangsbereich des Johler Arms zum Motorboothafen befanden sich Schlammufergesellschaften (*Heleocharita acicularis-Limoselletum aquaticae*) auf Feinsedimentablagerungen. Die damaligen Pflanzengesellschaften wurden mittels Vegetationsaufnahmen dokumentiert und dienen als Referenz für die zukünftige Entwicklung. Durch die Gewässervernetzung und die damit erforderlichen Bauarbeiten ging ein Teil dieser Vegetationseinheiten vorerst verloren, da es zur Ausbildung von Steilufern kam und die morphologische Entwicklung (Seitenerosion) noch weiterläuft. Am Ende des Johler Arms, der dort aufgeteilt auf zwei Seitenarme verläuft, befindet sich eine auf tiefem Niveau gelegene Silberweidenau. Diese wurde ebenso wie ein Teil der Schlammlingsfluren durch die bisher erfolgte Seitenerosion im neu gebaggerten Johler Arm randlich teilweise stark erodiert.

Am Ufer des Johler Haufens befand sich eine Ufersicherung aus Wasserbausteinen, durch die eine Entwicklung von Flachufern verhindert wurde (Abbildung 1). Als Folge des Uferrückbaus konnten sich in der Zwischenzeit Flachufer auf einer Länge von 600 Metern entwickeln, die eine Breite zwischen 16 und 25 Meter aufweisen. Da sich der Johler Haufen vorwiegend aus kiesigem Substrat aufbaut, entstanden hier Ufer mit einem flachen Gradienten (Abbildung 2). Die Feinsedimentauflage beträgt, im Unterschied zu Uferabschnitten etwa in Witzelsdorf oder am gegenüberliegenden Thurnhaufen mit mehreren Metern starken Hochwasserablagerungen, nur wenige Dezimeter. Dieser Umstand begünstigt die Entwicklung einer sommerannuellen Pioniervegetation. Mit den 2015 neu angelegten Monitoringflächen wurden Ampferknöterich-Zweizahnfluren (*Polygono lapathifolii-Bidentetum*) sowie die sehr seltene Graumelden-Donauknöterich-Flur (*Chenopodium rubri-Polygonetum brittingeri*) dokumentiert.

Letztere ist insofern bedeutend, als der Donauknöterich (*Persicaria lapathifolia* subsp. *brittingeri*) eine mitteleuropäisch endemische Art der großen Tieflandflüsse darstellt.



Abbildung 1: Ufer des Johler Haufens von km 1885,1 stromauf im Jahr 2006 (vor Bau) mit massivem Blockwurf



Abbildung 2: kiesiges Ufer des Johler Haufens von km 1885,1 stromauf im Jahr 2015 nach Rückbau des Blockwurfs

Unterhalb der neuen Einströmöffnung des Johler Arms befindet sich eine flache Kiesbank (Höhe von ca. 138 m ü.A.), die bei km 1885,60 beginnt und bis km 1885,25 reicht. Diese wurde durch die Baumaßnahmen nicht berührt und ist in ihrer Form und Höhe nur durch die Hochwasserereignisse beeinflusst worden. Im Herbst 2015 fanden sich so wie 2006 typische entwickelte Knöterichfluren auf jenen Teilen der Kiesbank, die das Mittelwasserniveau der Donau knapp erreichen.

Linksufrig wurden die Bühnen im Zuge der flußbaulichen Maßnahmen neu konfiguriert und innerhalb des Bühnenfeldes eine massive Anhäufung von Kies umgelagert. Dieser war mit Wasserbausteinen und Kantkorn kleinerer Dimension, aus Baggerungen und aus dem ehemaligen Steinbruch der WSD, durchsetzt und wurde gesiebt. Das Kantkorn wurde abtransportiert und mit dem gesiebten Kies eine parallel zum Ufer verlaufende, ca. 500 Meter lange künstliche Insel geschüttet. Die Höhe der Insel liegt auf unterschiedlichen Niveaus knapp unter Mittelwasser und stellt einerseits ein Habitat für Kiesbrüter und Pioniervegetation dar, andererseits schützt sie Habitate für Jungfische im Uferbereich vor dem Wellenschlag der Passagierschiffahrt. In den höchst gelegenen Abschnitten kamen 2015 bereits einige Arten der Pioniervegetation und Keimlinge von Silberweide und Schwarzpappel auf.



Abbildung 3: linkes Donauufer mit Baggergutablagerungen im Bühnenfeld vor Baumsetzung



Abbildung 4: linkes Donauufer mit abgesenkten und neu konfigurierten Bühnen sowie neu modellierter linearer Kiesinsel

Zusätzlich entstand an dem eher stärker durch Feinsedimente geprägten Ufer eine Kiesfläche mit ca. 150 Meter Länge und 30 Meter Breite. Diese Fläche war im Sommer 2015 dicht mit Jungpflanzen der Silberweide (bis zu 19% der Gesamtdeckung) und einigen Knötericharten bewachsen.

Linksufrig wurde die Ufersicherung mit Blockwurf von km 1886,07 bis km 1885,7 ebenfalls rückgebaut, wobei aufgrund der Nähe zum Stopfenreuther Altarm eine mehrere Meter breite Berme auf Mittelwasserniveau erhalten blieb. Der hier stockende und nicht standortgerechte Hybridpappelbestand wurde teilweise gerodet und teilweise durch das Extremhochwasser von 2013 erodiert, wodurch sich ein maximal 22 Meter breites, teils kiesiges, teils sandiges Flachufer hinter der Berme entwickelt hat. Auch hier sind somit neue Standorte für die Pioniervegetation entstanden (ca. 0,5 ha).

Entwicklungstrends der Pflanzengesellschaften	2006/2007	2014/2015
Caricetum gracilis		
Heleocharito acicularis-Limoselletum aquaticae		-
Eleocharitetum palustris		
Polygono lapathifolii-Bidentetum		++
Rorippo-Phalaridetum		+
Rumici crispi-Agrostietum stoloniferae		
Senecionetum fluviatilis		x
Chenopodio rubri-Polygonetum brittingeri		++
Echio-Melilotetum		
Salicetum albae		
Fraxino-Populetum		

Tabelle 1: Entwicklung der Pflanzengesellschaften nach Abschluss der Bauarbeiten. Grün: nach wie vor nachgewiesen, + = leichte Zunahme, ++ = deutliche Zunahme; gelb: nicht mehr vorhanden, aber kein kausaler Zusammenhang zu den Renaturierungsmaßnahmen; blau: infolge der Gewässervernetzung durch aquatische Habitate ersetzt

Zusammenfassend kann bisher ein starker Anstieg der Habitatfläche für die Arten dynamischer Standorte (Pioniervegetation) festgestellt werden. Diese Redynamisierung war ein wichtiges Ziel der Renaturierungsmaßnahmen im Pilotprojekt. Die Silberweidenauwälder blieben in ihrer Ausdehnung und Artenzusammensetzung weitgehend stabil, nur die an stagnophile Standortsbedingungen gebundenen Schlammlingsfluren wurden vom Hochwasser 2013 stark erodiert. Die Flußgreiskraut-Hochstaudenflur (Senecionetum fluviatilis) ist nicht mehr vorhanden, lag aber in einer Silberweidenau, die nicht von Baumaßnahmen betroffen war. Möglicherweise ist auch hier die Ursache das Hochwasser von 2013 und die damit einhergehenden Feinsedimentablagerungen.

Fischartengemeinschaft und Habitatnutzung im Hauptstrom der Donau und einem Nebenarm (Johler Arm)

Pilotprojekt Bad Deutsch Altenburg

Ao. Univ. Prof. Dr. Hubert Keckeis

Universität Wien, Abteilung Limnologie und Ozeanographie, Althanstrasse 14, 1090 Wien, Email: Hubert.Keckeis@univie.ac.at

1. Bedeutung und Situation von Binnengewässern

Binnengewässer sind die gefährdetsten Ökosysteme der Welt. Obwohl sie nur einen verschwindend geringen Anteil des globalen Wassers (ca. einhundertstel Prozent) aufweisen, und deutlich weniger als ein Prozent der Erdoberfläche bedecken, beherbergen sie nahezu sechs Prozent aller beschriebenen Arten (Dudgeon et al., 2006). Über 40 Prozent aller bekannten Fischarten (über 10 000 Arten), und ca. 25% aller Wirbeltiere leben im Süßwasser. Neue Befunde zeigen, dass die Biodiversität in diesen Systemen im Vergleich zu sämtlichen anderen, terrestrischen Ökosystemen, rascher abnimmt. In den letzten 4 Dekaden war die Abnahmerate in Süßwasserökosystemen verglichen mit terrestrischen Systemen, doppelt so hoch, als jene an Land. Dieser Rückgang vieler Populationen und das globale Ausmaß der Reduzierung der Diversität werden in der Fachliteratur als „Krise der Biodiversität“ bezeichnet.

Die Ursachen für diese Situation werden in fünf Kategorien zusammengefasst: Wasser- und Gewässernutzung, Raubbau, Veränderungen des Durchflusses, Herabsetzung der Habitatqualität, Gewässerverschmutzung, und Beeinträchtigungen durch invasive Arten. Negative Auswirkungen auf die Biodiversität werden oftmals durch Wechselwirkungen dieser Faktoren noch verstärkt, und von globalen Umweltveränderungen (z.B. Klima) überlagert. Besonders betroffen sind Fließgewässer, die eine wesentliche Rolle in der Wasserversorgung für Menschen als auch für Süßwasserökosysteme darstellen. Vörösmaty et al. (2010) weisen in einer umfassenden Analyse der globalen Wasserversorgung und der Biodiversität darauf hin, dass 65 Prozent des kontinentalen Abflusses mit gefährdeten Habitaten assoziiert ist.

Diese Situation ist deshalb von großer Relevanz, da eine Abnahme der Biodiversität in weiterer Folge die Funktionalität von Ökosystemen beeinträchtigen kann, und damit die Verfügbarkeit von Gütern und anderen Leistungen für die menschliche Existenz herabgesetzt wird. Die Erforschung und Analyse der Beziehungen zwischen Biodiversität und der Funktionalität von Ökosystemen ist daher ein wichtiges Anliegen, um diesem Trend entgegenzuwirken. Diese Forschung kann wertvolle Informationen für notwendige Maßnahmen liefern, die erforderlich sind, um eine zukünftige Versorgung mit Wasser zu ermöglichen, und gleichzeitig die Biodiversität aufrechtzuerhalten.

2. Biodiversität und Gefährdung von Süßwasserfischen der Donau

Süßwasserfische sind die artenreichste Wirbeltiergruppe in Europa und weltweit (Freyhof und Brooks, 2011). In Europa stellen die Ordnungen der Karpfenartigen (Cypriniformes) mit 237 Arten, und die Lachsartigen (Salomoniformes) mit 102 Arten, die artenreichsten Gruppen dar. In Europa sind von insgesamt 524 Arten nachweislich 2,7% ausgestorben und 37% weisen einen Gefährdungsstatus (vom Aussterben bedroht, stark gefährdet, gefährdet), weitere 4% sind potentiell bedroht.

Ein ähnliches Bild ergibt sich auf für die Fischfauna in Österreich: von 65 Arten sind 8% ausgestorben, und 42 % weisen einen Gefährdungsstatus auf, 9% sind potentiell gefährdet (Spindler, 1997). Dieses Bild trifft auch auf die Fische der Donau zu, und hat sich in den letzten Jahrzehnten praktisch nicht verändert.

3. Gewässerrestrukturierung (Restauration, Revitalisierung) und Fischökologie

Fische eignen sich durch ihre biologischen Anforderungen an ihren Lebensraum als Indikatororganismen nicht nur für die toxische Verschmutzung, sondern insbesondere auch für die Bewertung des ökologischen Zustands („ecological integrity“; „watershed health“) von Gewässern. Ein großer Anteil der heimischen Fischarten besitzt einen hohen Zeigerwert für die Diversität und Qualität von Habitaten, und für die ökologische Funktionsfähigkeit von Gewässersystemen. Besonders während der Ontogenese weisen die einzelnen Entwicklungsstadien sehr spezifische Ansprüche bezüglich ihres Lebensraumes auf, dadurch ist ein Indikatorwert von Fischen hinsichtlich kleinräumiger und großräumiger Vernetzungen unterschiedlichster Habitattypen (Laichhabitat, Aufwuchshabitat, Refugial- und Nahrungshabitate, etc.) gegeben.

Die Stellung und Funktion der Fische im ökologischen Gefüge der Nahrungsnetze liefert Informationen über die Produktionsverhältnisse des Systems, und die Verfügbarkeit entsprechender Nahrungsorganismen. Gewässerrestrukturierungen haben das Ziel, anthropogen verursachte negative Einflüsse auf Ökosysteme zu beseitigen bzw. nachhaltig hintanzuhalten, wobei es wichtig ist, die Ursachen von Störungen und funktionelle Zusammenhänge zu (er)kennen, um aufwändige und oftmals sehr teure Symptombehandlungen möglichst zu vermeiden. Um die Funktionen und Leistungen von Ökosystemen zu erhalten gilt es, Maßnahmen zu entwickeln und umzusetzen, welche die natürlichen Prozessabläufe berücksichtigen, und zu einer Verbesserung der Habitatverfügbarkeit und Habitatqualität führen.

4. Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg

Im Zuge des Pilotprojekts Bad Deutsch-Altenburg werden die im Rahmen des Flussbaulichen Gesamtprojekts Donau östlich von Wien (FGP) geplanten Maßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Fischgemeinschaft untersucht. Unter Berücksichtigung saisonaler und hydrologischer Schwankungen erfolgt ein Monitoring von Jungfischen, der Ufer- und Litoralgemeinschaft und bodennahen Arten im Projektgebiet und in einem Referenzabschnitt in unterschiedlichen Mesohabitaten. Dieser Ansatz ermöglicht eine Analyse der Daten hinsichtlich der unterschiedlichen vorgenommenen Maßnahmen (granulometrische Sohlverbesserung, Sohleanpassung, Uferrückbau und Niederwasserregulierung, Gewässervernetzung) für FFH Arten, Neobiota, einzelne Arten sowie der gesamten Gemeinschaft durchzuführen.

Es kommen unterschiedliche, an das Gewässer adaptierte fischereiliche Methoden zum Einsatz: Befischungen mittels Kescher für die frühen Entwicklungsstadien (Larven), Elektrobefischungen mittels Handanode und Rechenanode sowie Langleinen zum Nachweis benthischer Kleinfischarten. Die Erfassung des potentiellen Einflusses des schiffahrtinduzierten Wellenschlages erfolgt mittels Driftnetzen, wodurch Änderungen in der Abdrift von Fischlarven erfasst werden. Mittels eines hochfrequenten Sonars wird das Vorkommen und die Nutzung spezifischer Habitate wie z.B. von Kolken, sowie Wanderungen von Fischen in Seitenarme (Johler Arm) erfasst und analysiert. Diese moderne Technologie ermöglicht die Beobachtung über längere Zeiträume und eine Abschätzung der Anzahl der vorkommenden Fische.

Die somit erfassten Daten liefern wertvolle Informationen über die räumliche Verteilung während kritischer Perioden (z.B. Laichzeit), Auswirkungen der Maßnahmen auf die Habitatverfügbarkeit, die Nutzungsintensität spezifischer Habitats (Kolke, Seitenarme, Bühnenfelder, Blockwurf und Schotterbank) und über das Vorkommen und die Verteilung von invasiven Arten (Neozoen) unter Berücksichtigung von saisonalen und wasserstand-bedingten Änderungen.

5. Erste Ergebnisse und Diskussion

Die Funktion von Mesohabitaten im Hauptstrom der Donau wird durch eine erste Analyse der kombinierten Daten der Untersuchungen im Jahr 2007 bestätigt (Loisl et al., 2013). Ähnliche Mesohabitats (Bühnenfeld, Blockwurf, Schotterbank, Seitenarm) weisen unabhängig vom Untersuchungsabschnitt (Witzelsdorf, Bad Deutsch-Altenburg, Hainburg) eine spezifische Artengemeinschaft auf (Abbildung 1). Die Daten integrieren die Ergebnisse von Probenahmen über einen Zeitraum von insgesamt 4 Monaten, und basieren auf einer Kombination der Daten von drei unterschiedlichen Fangmethoden. Strukturen im Hauptstrom (natürliche und eingebaute) wirken sich auf das Vorkommen und die Häufigkeit der Fische aus. Die umfangreichen Beprobungen in den letzten Jahren ermöglichen eine Erweiterung und Vertiefung der Analysen: z. B. über artspezifische Unterschiede, Änderungen bei unterschiedlichen Wasserführungen, und saisonale Einflüsse (Laichperiode, Winter), um noch offene Fragestellungen zu bearbeiten.

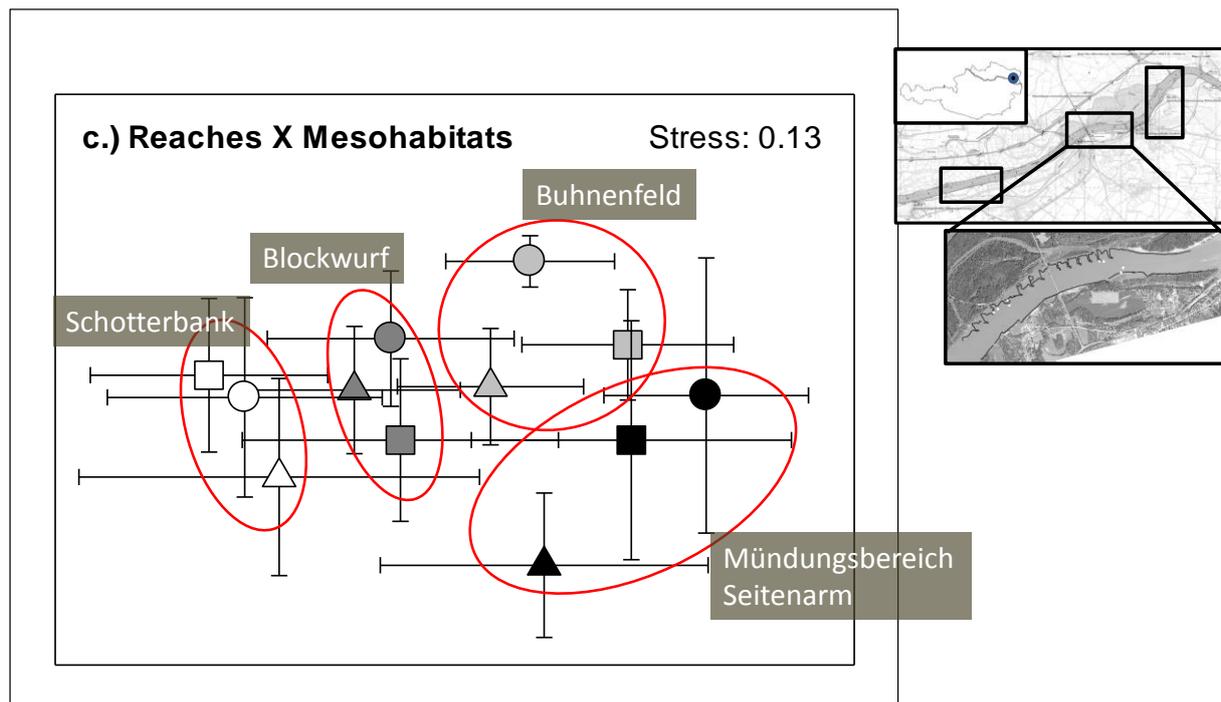


Abbildung 1: Ergebnisse einer Analyse (NMDS) der Artengemeinschaften (Artenzahl, Abundanz) in unterschiedlichen Mesohabitats dreier Abschnitte im Hauptgerinne der Donau (kleine Abbildungen rechts oben). Die Artengemeinschaft innerhalb eines Mesohabitats weist unabhängig vom Abschnitt eine hohe Ähnlichkeit auf.

Fischarten	Litoral (Handanode Ufer)	Sublitoral (Rechenanode Boot)	Benthisch (Langleine)	
<i>Abramis brama</i>				
<i>Abramis sapa</i>				
<i>Alburnus alburnus</i>				
<i>Ballerus ballerus</i>				
<i>Barbus barbus</i>				
<i>Blicca bjoerkna</i>				
<i>Cottus gobio</i>				
<i>Cyprinus carpio</i>				
<i>Gasterosteus aculeatus</i>				
<i>Gobio gobio</i>				
<i>Gymnocephalus cernua</i>				
<i>Gymnocephalus schraetser</i>				
<i>Leuciscus cephalus</i>				
<i>Leuciscus idus</i>				
<i>Neogobius gymnotrachelus</i>				
<i>Neogobius kessleri</i>				
<i>Neogobius melanostomus</i>				
<i>Perca fluviatilis</i>				
<i>Romanogobius vladykovi</i>				
<i>Rutilus rutilus</i>				
<i>Rutilus virgo</i>				
<i>Sander lucioperca</i>				
<i>Silurus glanis</i>				
<i>Vimba vimba</i>				
<i>Zingel streber</i>				
<i>Zingel zingel</i>				
<i>Alburnoides bipunctatus</i>				
<i>Aspius aspius</i>				
<i>Barbatula barbatula</i>				
<i>Carassius gibelio</i>				
<i>Chondrostoma nasus</i>				
<i>Cobitis elongatoides</i>				
<i>Ctenopharyngodon idella</i>				
<i>Esox lucius</i>				
<i>Hucho hucho</i>				
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>				
<i>Lepomis gibbosus</i>				
<i>Leuciscus leuciscus</i>				
<i>Lota lota</i>				
<i>Oncorhynchus mykiss</i>				
<i>Pelecus cultratus</i>				
<i>Proterorhinus semilunaris</i>				
<i>Pseudorasbora parva</i>				
<i>Rhodeus amarus</i>				
<i>Salmo trutta</i>				
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>				
<i>Carassius auratus</i>				
<i>Gymnocephalus baloni</i>				
<i>Sander volgensis</i>				
<i>Tinca tinca</i>				
Artenanzahl	50	47	45	30

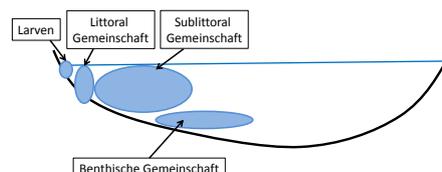
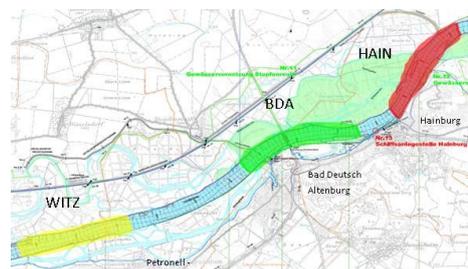


Tabelle 1: Festgestellte Fischarten im Hauptstrom der Donau (inkl. Jöhler Arm). Die Befischungen fanden in den Jahren 2006, 2007, 2014 und 2015 statt. Die Probenanzahl beträgt 1324, die Probennahmen fanden in den Bereichen Witzelsdorf, Bad Deutsch Altenburg und Hainburg statt, und sind in der oberen Grafik farbig markiert. Die Farben in der Tabelle kennzeichnen das Vorkommen der Art in den Proben, die untere Grafik erläutert anhand eines schematischen Querprofils die verschiedenen Gemeinschaften und untersuchten Gewässerbereiche.

Insgesamt wurden in diesen Erhebungen in den drei Teilabschnitten zu je ca. 2-3 km Länge 50 Fischarten festgestellt; dies entspricht ca. 77% der heimischen Fischarten in Österreich. 47 Arten (72%) wurden im unmittelbaren Ufersaum, 45 (70%) Arten in tieferen Uferzonen bis zu ca. 2 Meter und 30 (46%) Fischarten im Bereich der Flusssohle gefangen.

Auffällige Unterschiede zu den Voruntersuchungen zeigten die Ergebnisse der Jungfischaufnahmen, während die Proben bei den befestigten Ufern (Blockwurf, Buhne) maximale Dichtewerte unter 100 Individuen aufwiesen, erreichten die Werte bei einem restrukturierten Ufer bis zu 2500 Individuen pro Probe.

Dies deutet auf eine entsprechende Reproduktionsaktivität der Arten im Hauptstrom, und auf eine sehr hohe Retentionskapazität und hohe Funktionalität als Aufwuchshabitat dieser neu geschaffenen Bereiche hin.

Allererste Vergleiche der Jahre 2006/2007 und 2014/2015 zeigen, dass es im Bereich Bad Deutsch-Altenburg zu Änderungen in der Artengemeinschaft gekommen ist. Neben der Abnahme einzelner Arten waren z. B. im Johler Arm die Fischarten Streber (FFH II, vom Aussterben bedroht), Frauenerfling (FFH II, vom Aussterben bedroht), Zingel (FFH II, potentiell gefährdet), Weißflossengründling (FFH II), Aalrutte (stark gefährdet), Nase (gefährdet), Zobel (gefährdet) und Zander in den Proben einzelner Methoden erstmalig vertreten, bzw. war eine Zunahme feststellbar.

Die Daten der hydroakustischen Aufnahmen weisen auf eine intensive Nutzung des Mündungsbereiches des Johler Armes als Winterstand hin, die erste Hochrechnung der Daten vom Dezember 2014 ergibt einen Wert von 19.500 Fischbeobachtungen pro 24 Stunden.

Der Langzeitvergleich der Abundanz der Fischgemeinschaft im Donau-Hauptstrom weist auf keine auffallenden Veränderungen (Zu- oder Abnahme) hin. Hier steht noch die Analyse ökologischer Gilden (Schiemer und Waidbacher, 1992) bzw. einzelner Arten an.

Die ersten Ergebnisse weisen auf Änderungen in der Artengemeinschaft im Untersuchungsgebiet hin, die weitere Datenauswertung wird auf spezifische Unterschiede der einzelnen Methoden in unterschiedlichen Mesohabitaten im Vergleich mit der Referenzstrecke eingehen.

Literatur

- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard A., Soto, D., Stiassny M.L.J. & Sullivan, C. A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews*, 81(2), 163-182.
- Loisl, F., Singer, G., & Keckeis, H. (2014). Method-integrated fish assemblage structure at two spatial scales along a free-flowing stretch of the Austrian Danube. *Hydrobiologia*, 729(1), 77-94.
- Schiemer, F., & Waidbacher, H. (1992). Strategies for conservation of a Danubian fish fauna. *River conservation and management*, 26, 363-382.
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S, Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liermann C.R. & Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555-561.

Auswirkungen flussbaulicher Maßnahmen auf Wasservögel

Erste Ergebnisse

Dr. Christian H. Schulze, Tobias Dreschke, Nina Gallmetzer & Mag. Claudia Schütz

Abteilung für Tropenökologie und Biodiversität der Tiere, Department für Botanik und Biodiversitätsforschung, Universität Wien, Rennweg 14, 1030 Wien, Email: christian.schulze@univie.ac.at

1. Einleitung

Zahlreiche an der Donau östlich von Wien auftretende Zug- und Brutvögel können als Indikatoren für eine intakte Dynamik von charakteristischen flussbegleitenden Habitaten wie Flachwasserzonen, Schotterflächen und Ufersaumstrukturen am Hauptstrom sowie der dynamischen Au herangezogen werden. Veränderungen des Flussbettes und der Uferbereiche können wichtige Konsequenzen für im Gebiet überwinternde Wasservögel (insbesondere Lappentaucher, Kormorane, Enten und Säger) nach sich ziehen. Daher werden Wasservögel häufig verwendet, um Auswirkungen flussbaulicher Maßnahmen zu bewerten (z.B. Utschick 2000). Während Arten wie die Schellente *Bucephala clangula* in der Lage sind Flussbereiche zu nutzen, die durch eine relativ hohe Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe gekennzeichnet sind, sind Schwimmenten, Säger und Kormorane mehr oder weniger stark auf beruhigte Flachwasserzonen im Uferbereich angewiesen. Zudem stellen Buhnenstrukturen und Schotterinseln für diese Arten wichtige Ruheplätze dar. Vor allem solche Arten können durch Baumaßnahmen im Uferbereich betroffen sein.

Im Rahmen des Pilotprojektes Bad Deutsch-Altenburg wurden überwinternde Wasservögel vor und nach der Umsetzung der flussbaulichen Eingriffe erfasst, um sie zur Bewertung der ökologischen Auswirkungen der Maßnahmen heranzuziehen. Nachfolgend werden erste Ergebnisse dargestellt.

2. Methodik

2.1 Erfassung überwinternder Wasservögel

Die Erfassung überwinternder Wasservögel (Lappentaucher, Reiher, Kormorane, Schwäne, Enten, Säger, Möwen) sowie des Eisvogels und Seeadlers entlang der Naturversuchsstrecke bei Bad Deutsch-Altenburg erfolgte im Rahmen des Pre- (Winter 2005/2006) und Postmonitorings (Winter 2014/2015) an 11 bzw. 12 Terminen zwischen November und Februar. Die Beobachtungen erfolgten vom Uferbereich meist aus größerer Distanz (100-250 m) unter Zuhilfenahme eines Spektivs. Dadurch konnte in vielen Fällen eine unmittelbare Störung durch Unterschreiten der Fluchtdistanz der Vögel verhindert werden. Erfasst wurden nur Vögel, bei denen eine unmittelbare Interaktion mit dem untersuchten Flussabschnitt offensichtlich war. Überfliegende Vögel wurden somit nicht in die Erfassung aufgenommen. Zusätzlich zur genauen Lokalität wurde das Verhalten (z.B. Nahrungssuche, Rasten) der Vögel notiert. Dadurch kann bei der Analyse der Habitatansprüche einzelner Arten der Verhaltenskontext berücksichtigt werden. Dies ist bedeutsam, da zum Beispiel für die Nahrungssuche andere Flussstrukturen genutzt werden als beim Rasten. Die Aufenthaltsorte von Wasservögeln wurden so genau wie möglich vor Ort auf Geländekarten eingetragen. Während im Uferbereich (durch verfügbare Landmarken) eine räumliche Verortung der beobachteten Vögel mit einer Genauigkeit von ± 5 m möglich sein dürfte, ist bei Individuen, die sich in der Flussmitte aufhielten, mit einer Messungengenauigkeit von ± 10 -20m zu rechnen. Einzelvögel wurden punktgenau auf den Karten eingetragen. Bei größeren Vogeltrupps wurde jeweils die Fläche markiert, auf der sie sich aufhielten.

Die Überprüfung der Genauigkeit der georeferenzierten Daten erfolgte anhand von Karten, aus denen die Wasseranschlagslinien zu den jeweiligen Zählterminen ersichtlich waren. In Einzelfällen wurde danach die Lage einzelner Beobachtungspunkte von Wasservögeln leicht korrigiert. Dies war zum Beispiel erforderlich, wenn aus den Notizen ersichtlich war, dass ein Vogel sich wenige Meter vor dem Ufer schwimmend aufhielt, der Beobachtungsort sich auf der Karte mit der angezeigten Wasseranschlagslinie aber bereits wenige Meter auf der Schotterinsel befand.

2.2 Datenauswertung

Da die Bestände überwinternder Wasservögel stark ausgeprägten, klimatisch bedingten Schwankungen zwischen einzelnen Wintern unterliegen, wurden für Vergleiche der im Rahmen des Pre- und Postmonitorings erfassten Wasservogelgemeinschaften nicht absolute Individuenzahlen einzelner Arten, sondern ihre relativen Abundanzen sowie die Struktur der Artengemeinschaften herangezogen. Um auf Unterschiede in den relativen Häufigkeiten von Wasservögeln (Arten, die in keinem der beiden Jahre mit >5 Individuen festgestellt werden konnten, wurden als „Rest“ zusammengefasst; keine Berücksichtigung des Zähltermins in der ersten Novemberdekade) zu testen, wurde ein Chi-Quadrat-Test verwendet. Ähnlichkeiten in der Struktur der Wasservogelgemeinschaften, die in beiden Wintern an den jeweiligen Terminen erfasst wurden, wurden mittels einer nicht-metrischen multidimensionalen Skalierung (NMDS) visualisiert. Die Berechnung der Ordination basiert auf Bray-Curtis-Ähnlichkeiten, wobei die Individuenzahlen im Vorfeld quadratwurzeltransformiert wurden, um auch mittelhäufige Arten stärker zu gewichten.

Darüber hinaus wurden erste Habitatmodelle für die beiden häufigsten in der Flussstrecke auftretenden Wasservogelarten, Stockente (*Anas platyrhynchos*) und Schellente (*Bucephala clangula*), berechnet. Resultierende Modelle werden exemplarisch für die Wasserabflussklasse „A“ (915 m³/s, RNQ) dargestellt. Berücksichtigte hydrologische Parameter waren Wassertiefe, oberflächennahe Fließgeschwindigkeit, vertikale oberflächennahe Fließgeschwindigkeit, Fließgeschwindigkeit in Sohlhöhe, vertikale Fließgeschwindigkeit in Sohlhöhe (Daten wurden vom Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau der Universität für Bodenkultur Wien zu Verfügung gestellt). Alle Parameter wurden mittels *Wald's z statistics* auf Signifikanz getestet. Ein Vergleich der Devianz der verschachtelten Modelle erfolgte mittels Chi-Quadrat-Test. *Variance inflation factors* (VIFs) wurden für die Modellselektion verwendet (Fox & Weisberg 2011), wobei die Variable Fließgeschwindigkeit in Sohlhöhe aufgrund ihrer starken Korrelation mit der oberflächennahen Fließgeschwindigkeit exkludiert wurde. Mögliche Effekte räumlicher Autokorrelation wurden mittels *spline correlograms* abgeschätzt (Bjornstad 2013). Die Habitatmodellierung für die Schellente erfolgte mittels einer *Generalized linear model* (R Core Team 2015). Im Falle der Stockente wurde aufgrund ausgeprägter räumlicher Autokorrelation ein *Generalized additive model* mithilfe des R packages "mgcv" (Wood 2011) gerechnet.

3. Ergebnisse und Diskussion

Ein Vergleich der relativen Häufigkeiten der Wasservogelarten in beiden Wintern weist auf einen signifikanten Unterschied der Abundanzstruktur der Artengemeinschaft hin (Chi-Quadrat-Test: $\chi^2 = 402,35$, FG = 11, $p < 0,0001$). Eine deutliche Zunahme der relativen Abundanz zeigten Arten, die in Flachwasserbereichen nach tierischer Nahrung suchen, wie die Fischfresser Kormoran (+74,7%) und Gänsesäger (+71,4%), sowie die v.a. Wirbellose fressende Schellente (+27,4%). Ein deutlicher Rückgang (-25,2 %) der relativen Häufigkeit konnte für die sich weitgehend omnivor ernährende Stockente beobachtet werden. Möglicherweise spielt hierfür zumindest teilweise das Auftreten entlang der Flussstrecke überwinternder Seeadler eine Rolle.

Als Ergebnis des insgesamt in Ostösterreich zunehmenden Brut- und Überwinterungsbestands konnten im Winter 2014/2015 an signifikant mehr Tagen Seeadler im Bereich der Naturversuchsstrecke beobachtet werden als im Winter 2005/2006 (Fishers exakter Test: $p = 0.0047$). Während 2014/2015 an 6 Terminen je 1-2 Vögel beobachtet wurden, wurden 2005/2006 nur an einem Tag Seeadler (allerdings 4 unterschiedliche Individuen!) festgestellt. Da die Stockente einen nicht unbedeutenden Anteil der von Seeadlern genutzten Beutetiere ausmachen kann (Glutz von Blotzheim et al. 1989), könnte ein Ausweichen der Art auf andere Flussabschnitte oder Gewässer möglich sein.

Veränderungen der Abundanzstruktur der Wasservogelgemeinschaft spiegelt auch die NMDS-Ordination wider. Unabhängig von jahreszeitlichen Veränderungen der Artenzusammensetzung, ist ein deutlicher Unterschied zwischen beiden Wintern erkennbar (Abbildung 1). Inwiefern hierfür möglicherweise überregionale Unterschiede der räumlichen Verteilung der Bestände überwinternder Wasservögel in beiden Wintern bedeutsam sind, wird anhand von Wasservogeldata aus Referenzbereichen der Donau untersucht werden.

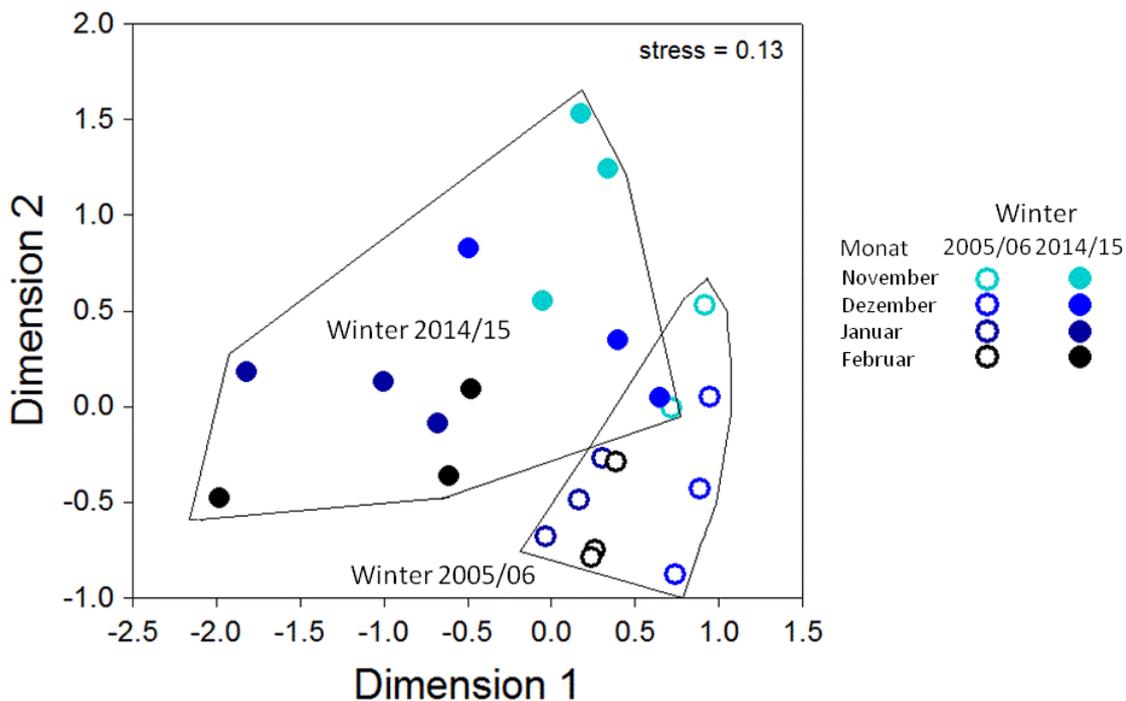


Abbildung 1: Ähnlichkeitsbeziehungen der an einzelnen Zählterminen während Prä- (Winter 2005/06) und Postmonitoring (Winter 2014/15) erfassten Wasservogelgemeinschaften, dargestellt mit einer NMDS-Ordination basierend auf Bray-Curtis-Ähnlichkeiten.

Erste Habitatmodelle für die Arten Stockente und Schellente (Abbildung 2) zeigen deutliche artspezifische Unterschiede hinsichtlich genutzter Habitat auf. Für die Erklärung räumlicher Unterschiede im Auftreten der Stockente erwiesen sich die oberflächennahe Fließgeschwindigkeit sowie die vertikale oberflächennahe Fließgeschwindigkeit als relevante Variablen. Im Falle der Schellente waren oberflächennahe Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe wichtige Prädiktorvariablen für ihr Vorkommen im Fluss. Während die Stockente aufgrund ihrer Ernährungsweise vor allem Flachwasserzonen mit vergleichsweise niedriger Fließgeschwindigkeit zur Nahrungssuche nutzt, zeigt die Schellente eine Präferenz für Übergangsbereiche zwischen Flach- und Tiefwasserzonen, wobei sie dabei häufig hinter Buhnen gelegene Standorte nutzt. Diese Habitatmodelle werden somit relativ präzise Vorhersagen über die Entwicklung der Habitatverfügbarkeit für häufigere Wasservogelarten im Bereich der untersuchten Flussstrecke zulassen.

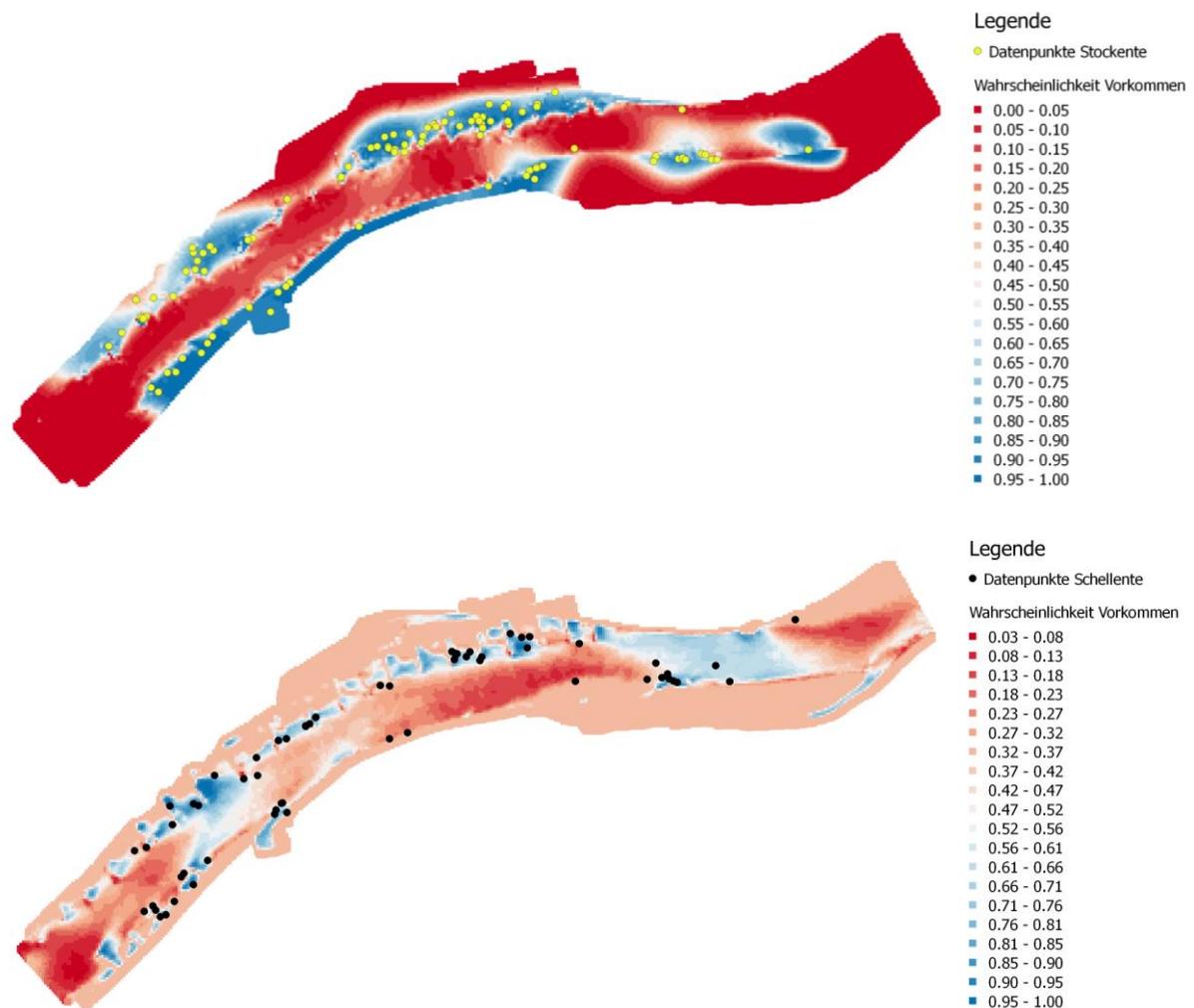


Abbildung 2: Habitatmodelle für die Nutzung unterschiedlicher Flussbereiche durch Stockenten (oben) und Schellenten (unten) entlang der Naturversuchstrecke Bad Deutsch-Altenburg bei Niedrigwasser (915 m³/s, RNQ). Vorhergesagte Vorkommenswahrscheinlichkeiten sind farblich gekennzeichnet, wobei dunkelblau eingefärbte Bereiche eine hohe Wahrscheinlichkeit des Auftretens (= hohe Habitatqualität) anzeigen.

Literatur

Bjornstad, O.N. (2013): R package vers. 1.1-5: Spatial autocorrelation assessed with spline correlograms. <http://CRAN.R-project.org/package=nfc>.

Fox, J. & Weisberg, S. (2011). An {R} Companion to Applied Regression. URL: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>.

Glutz von Blotzheim, U.N., Bauer, K.M. & Bezzel, E. (1989): Handbuch der Vögel Mitteleuropas, Band 4: Falconiformes. 2. durchgesehene Auflage. Aula-Verlag, Wiesbaden.

R Core Team (2015): Stats package in R. <http://www.R-project.org/>.

Utschick, H. (2000): Staustufenbau und Naturschutz: Konsequenzen aus der Strukturdynamik von Wasservogelzonen. *Ökologie der Vögel* 22: 283-300.

Wood, S.N. (2011): Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semi-parametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 73: 3-36.

Erkenntnisse aus dem Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg für Schifffahrt, Ökologie und Flussbau

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Helmut Habersack, DI Dr. Marcel Liedermann, DI Philipp Gmeiner, DI Martin Glas,
Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Michael Tritthart, Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Christoph Hauer

Christian Doppler Labor für Innovative Methoden in Fließgewässermonitoring, Modellierung und Flussbau, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien, Muthgasse 107, 1190 Wien, Email: helmut.habersack@boku.ac.at

1. Einleitung

Die im Rahmen des Pilotprojektes Bad Deutsch-Altenburg umgesetzten Maßnahmen sollten für alle beteiligten Stakeholder (Schifffahrt, Ökologie und Wasserbau) gleichermaßen Verbesserungen bringen. Neben einer Fülle von Erkenntnissen brachte das Projekt auch einige nicht vorhersehbare Entwicklungen, die nun im Sinne der beteiligten Stakeholder beleuchtet werden sollen.

2. Erkenntnisse für die Stakeholder

2.1 Schifffahrt

Aus der Sicht der Schifffahrt ist es im Bereich der Pilotversuchsstrecke Bad Deutsch-Altenburg zu einigen Änderungen gekommen. So wurde durch die Umbauten eine Querschnittsaufweitung ausgelöst, die einerseits zu einer Verminderung der Fließgeschwindigkeiten und der Querströmungen im Bereich der Bühnenköpfe führte, andererseits aber auch zu einer Verringerung der Sohlschubspannung im Hauptstrom. In Abbildung 1 sind die oberflächennahen Fließgeschwindigkeiten im Bereich der Bühnen bei Mittelwasser im Vergleich dargestellt. Durch die Verminderung der Bühnenhöhe und der Bühnenanzahl kommt es zu einer deutlich erkennbaren Reduktion der Fließgeschwindigkeiten im Bereich der Bühnenköpfe. Die Reduktion der Fließgeschwindigkeit und der Querströmungen ist aus Sicht der Schifffahrt positiv zu beurteilen.

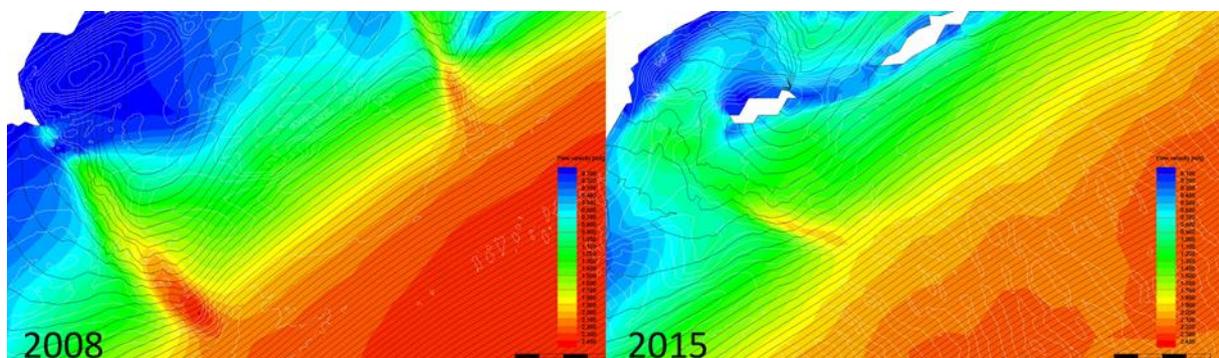


Abbildung 1: Vergleich der oberflächennahen Fließgeschwindigkeiten im Bereich der Bühnen vor Bau (2008) und nach Bau (2015); Schwarze Linien: Stromlinien; Weiße Linien: Höhenschichtlinien Gelände; Farbcodierung: Fließgeschwindigkeit

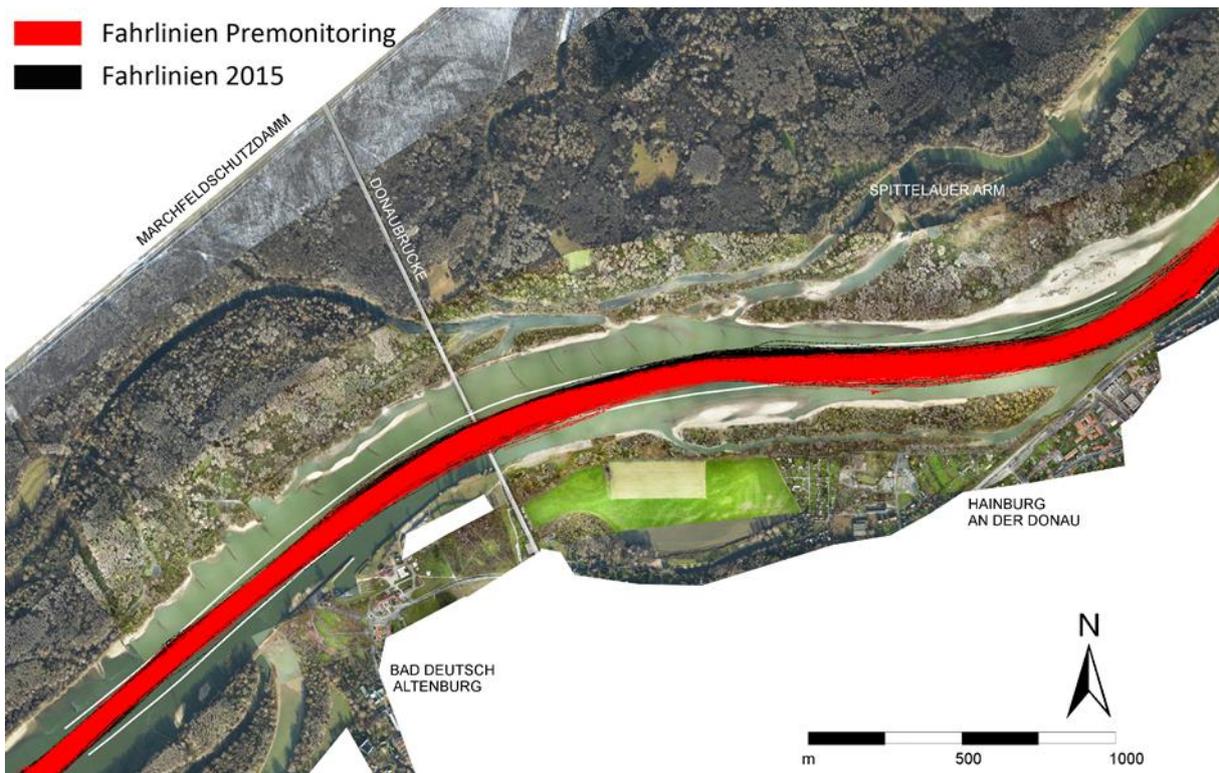


Abbildung 3: Vergleich der Fahrlinien der Kreuzfahrtschiffe aus dem Premonitoring (Rot) mit den Schiffsbewegungen des heurigen Jahres (Schwarz) im Bereich der Pilotstrecke

Die Erkenntnisse über die Höhe (bis zu 45 cm Dünenhöhe) und den Transport der Kiesdünen (Gmeiner et al., dieser Band) relativieren die Diskussion über die Herstellung von bestimmten Fahrwassertiefen im Dezimeter Bereich. Kurzfristige Höhenänderungen bewirken eine starke natürliche Variabilität in der Sohlhöhe, Material von stromauf füllt künstlich hergestellte tieferliegende Bereiche in wenigen Stunden auf. Eine weitere Änderung, die für die Schifffahrt Relevanz hat, betrifft die Wasserspiegellagen für deren Analyse eine lange Zeitreihe an Pegeldaten vor Bau mit den Pegeldaten nach Bau verglichen wurden (Abbildung 4). Betrachtet man die Wasserspiegeländerungen für den Bereich bis knapp unter Mittelwasser, so ergibt sich durchwegs eine klare Erhöhung der Wasserspiegellagen um bis zu 15 cm. Dieser Effekt hebt sich zwar in Teilbereichen durch die höher liegende Sohle bezüglich der Fahrwassertiefen auf, die Stromkarten mit Bezug auf RNW 2010 werden durch diese Entwicklung allerdings leicht entschärft. Bei höheren Durchflüssen hingegen ergeben sich eher niedrigere Wasserspiegellagen, was für den Hochwasserschutz positiv zu bewerten ist.

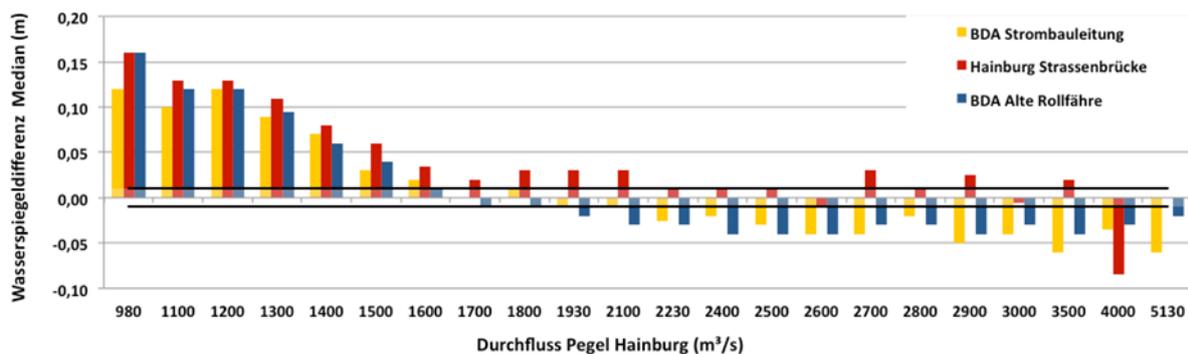


Abbildung 4: Wasserspiegeldifferenzen zum Zustand vor Bau für die Pegelstellen: BDA Strombauleitung, Hainburg Straßenbrücke und BDA Alte Rollfähre

Dies bedeutet, dass bei den geringen Durchflüssen tendenziell höhere Wasserspiegellagen vorhanden sind (im Vergleich zu Fahrwassertiefen mit RNQ2010 auch höhere Fahrwassertiefen), bei höheren Durchflüssen (in Richtung Hochwasser) kommt es auch zu einer positiv zu sehenden Entwicklung (niedrigere Wasserspiegellagen).

2.2 Ökologie

Für die Bewertung der Auswirkungen des Pilotprojektes auf die Ökologie gibt es grundsätzlich zahlreiche Arbeitspakete des biotischen Monitorings, die auch schon einige erste positive Ergebnisse präsentieren (Bondar-Kunze et al., dieser Band, Keckeis et al., dieser Band und Schulze et al., dieser Band). Es gibt aber auch interessante abiotische Parameter wie Fließgeschwindigkeit, Wassertiefe und Sohlschubspannung, die eine direkte Auswirkung auf die Habitate und somit auf die Ökologie haben. Zur Visualisierung dieser Änderungen aufgrund der Baumaßnahmen, wurde basierend auf den hydraulischen Parametern aus der 3D-hydrodynamisch numerischen Modellierung eine Bewertung mittels definierter Mesohabitate durchgeführt, die den zur Verfügung stehenden Lebensraum betreffend typischer Standorte (schneller Rinner, Rinner, Kolk, Rückstaubereich, u.ä.) unterteilt. In Abbildung 5 ist die Zuordnung zu den einzelnen Mesohabitaten für die Situation vor (2006) und nach Bau (2015) dargestellt.

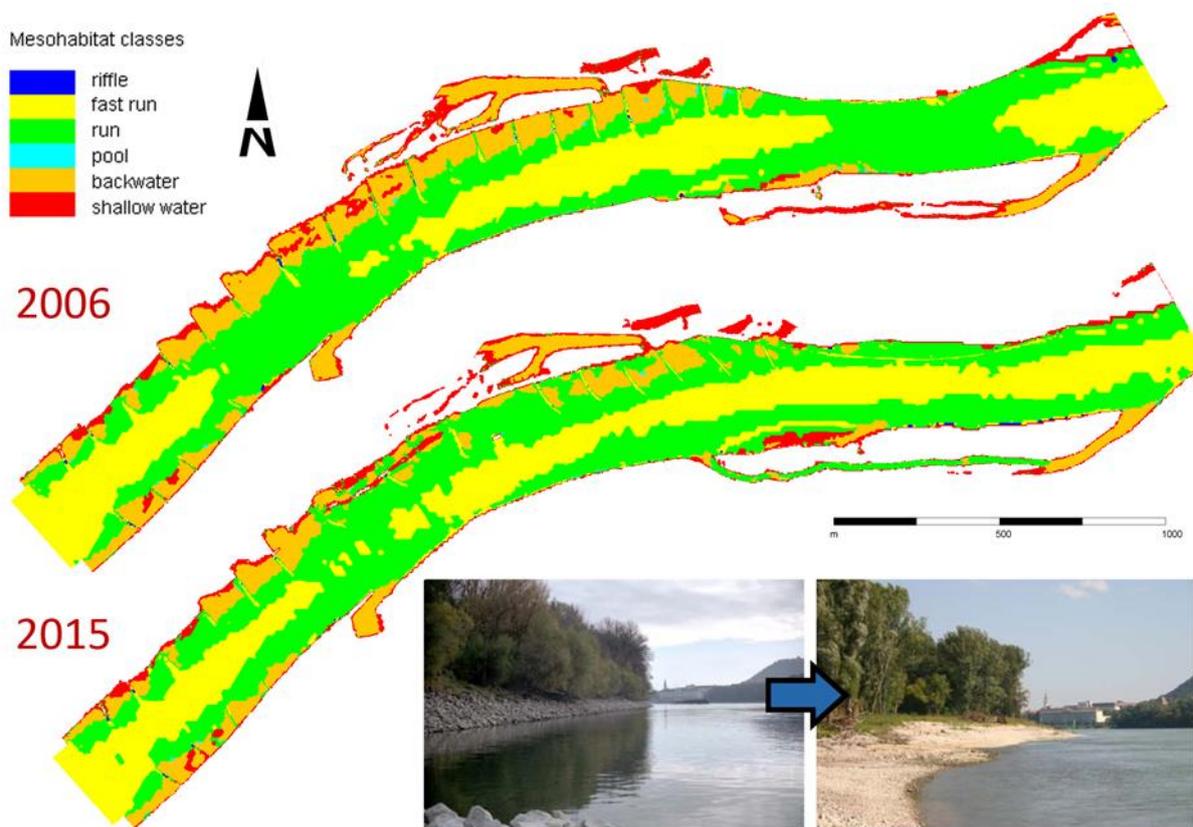


Abbildung 5: Vergleich der Zuordnung zu den einzelnen Mesohabitaten vor Bau (2006) und nach Bau (2015) bei Mittelwasser; Insert: Umbaumaßnahmen im Bereich des Hinterrinners

Besonders augenscheinlich sind die Änderungen natürlich im Bereich des Johler Armes, in dem durch die Anbindung ein deutlich heterogeneres Bild und eine Verschiebung von fast ausschließlich Flachwasserzonen (60%) und Rückstaubereichen (38%) zu Rinnern (nach Bau 43%) stattgefunden hat und es somit zu einer deutlichen Rheophilisierung gekommen ist. Auch im Bereich der Bühnenfelder ist dieser Trend deutlich erkennbar.

Im Bereich des Hinterrinners haben die Rinner von 40% auf 63% zugenommen, die Rückstaubereiche nahmen von 44% auf 22% ab. Dies spiegelt in beiden Fällen eine deutliche Annäherung in Richtung Leitbild wieder und ist daher aus ökologischer Sicht als äußerst positiv zu bewerten. Weiters ist der Uferückbau hervorzuheben, wo die alte Ufersicherung entfernt wurde und nun die Entwicklung der Ufer z.B. über Ufererosion zu natürlicheren Strukturen möglich ist (siehe Insert Abbildung 5). Wesentlich für die Ökologie ist, dass durch den Bühnenrückbau ein Sohlstabilisierungseffekt eingetreten ist, der eine wesentliche Verbesserung für den ökologischen Zustand des Nationalparks darstellt. Außerdem ist die Anhebung der Wasserspiegellagen um 15 cm bei Niederwasser sehr positiv zu bewerten (siehe oben).

2.3 Wasserbau

Aus der Sicht des Wasserbaus hat es weitreichende Entwicklungen gegeben. Zahlreiche Erkenntnisse auf Prozessebene (vgl. Gmeiner et al., dieser Band) haben dazu geführt, dass speziell die Sedimenttransportprozesse in der Donau besser verstanden werden und in zukünftige Planungen Eingang finden können. Bezüglich der Maßnahmen konnten ebenfalls schon einige Erkenntnisse abgeleitet werden (vgl. Lieder-mann et al., dieser Band). Die umgesetzten Maßnahmen waren wichtig, um gerade Prozesse, die in kleinskaligen physikalischen Modellen kaum abbildbar sind, besser zu verstehen (z.B. Kiesdünen). Bei der Niederwasserregulierung wurden die Bühnenparameter sehr stark in Richtung Reduktion der Regulierungsintensität geändert. So nahm der Bühnenabstand im Bereich der Furt (zwischen Strom-km 1886,8 und 1886,4) im Schnitt um 77 m zu und die Bühnenhöhe im Schnitt um 0,86 m ab (Abbildung 6).

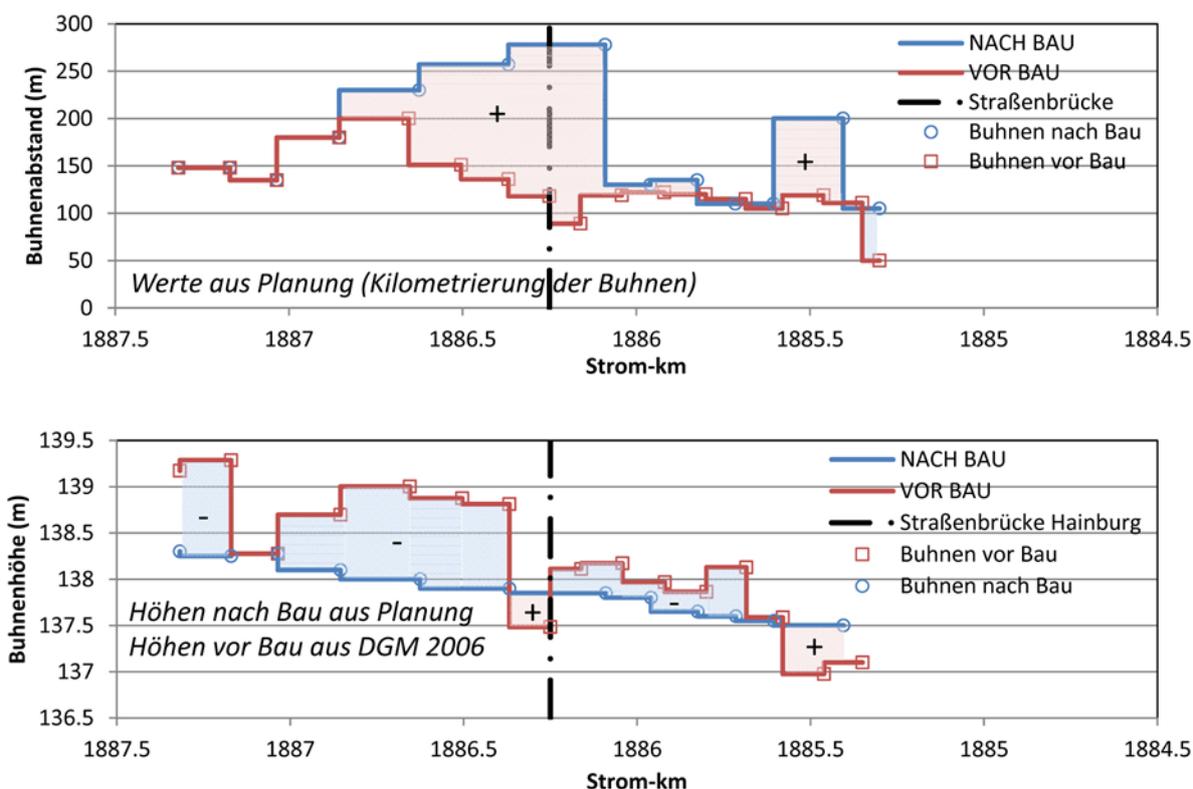


Abbildung 6: Änderung der Bühnenparameter durch die Baumaßnahmen; Oben: Änderung des Bühnenabstandes; Unten: Änderung der mittleren Bühnenhöhe

Diese starke Änderung der Niederwasserregulierung (Reduktion der Regulierungsintensität) äußerte sich in einer starken Reaktion der Sohle, die in vielen Bereichen des Projektgebietes Auflandungen zeigt, womit ein Sohlstabilisierungseffekt eintrat (Abbildung 7a).

Die Maßnahme granulometrische Sohlverbesserung (GSV) brachte ebenfalls eine Reihe von wichtigen Erkenntnissen. Die GSV 40/70 mm ist speziell in strömungsexponierten Bereichen nicht ausreichend stabil, um die Sohleintiefung zu minimieren, die vergrößerte GSV (32/120 mm) leistet hingegen nennenswerte Beiträge zur Sohlstabilisierung. So nahm die mittlere Geschwindigkeit der Tracersteine, die zusammen mit der GSV verklappt wurden um etwa die Hälfte im Vergleich zum Premonitoring ab (Abbildung 7b).

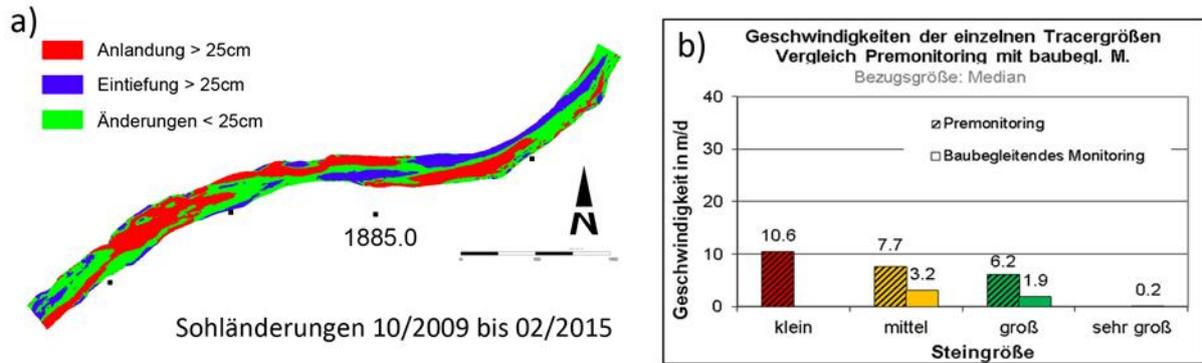


Abbildung 7: Auswirkung der wasserbaulichen Maßnahmen; a) Sohlentwicklung zwischen September 2009 und Februar 2015; b) Median der Tracergeschwindigkeit (Zeitreihe 15.04.2013 bis 29.06.2015);

Bei der Gewässervernetzung Johler Arm wurde versucht, mit einer starken Initialbaggerung über die gesamte Nebenarmlänge hinweg eine nachhaltige Anbindung zu erreichen. Ausgehend von einer Durchströmung ab 2.350m³/s vor den Baumaßnahmen, war der Johler Arm zu Bauende bei RNQ in der Donau mit 10 m³/s dotiert. Ob die Anbindung nachhaltig funktioniert (Entwicklung der Sohlagen etc.), wird das Postmonitoring der nächsten Jahre zeigen. Auch die positiven Effekte auf die Wasserspiegellagen (Erhöhung bei niederen Durchflüssen, Absenkung bei hohen Durchflüssen) ist aus wasserbaulicher Sicht positiv zu sehen. Grundsätzlich kann die Sohlstabilisierung durch verschiedenste wasserbaulich zu verändernden Größen erreicht werden. Dabei geht es um die Parameter: hydraulischer Radius (bei B/h > 30 mit ausreichender Genauigkeit der Wassertiefe h gleichzusetzen), Energieliniengefälle, Korndurchmesser, Sohlschubspannung als Kombination von hydraulischem Radius und Gefälle sowie generell um den Feststoffhaushalt als übergeordnete Einflussgröße. Es lassen sich damit vier grundsätzliche Maßnahmengruppen unterscheiden (Abbildung 8).

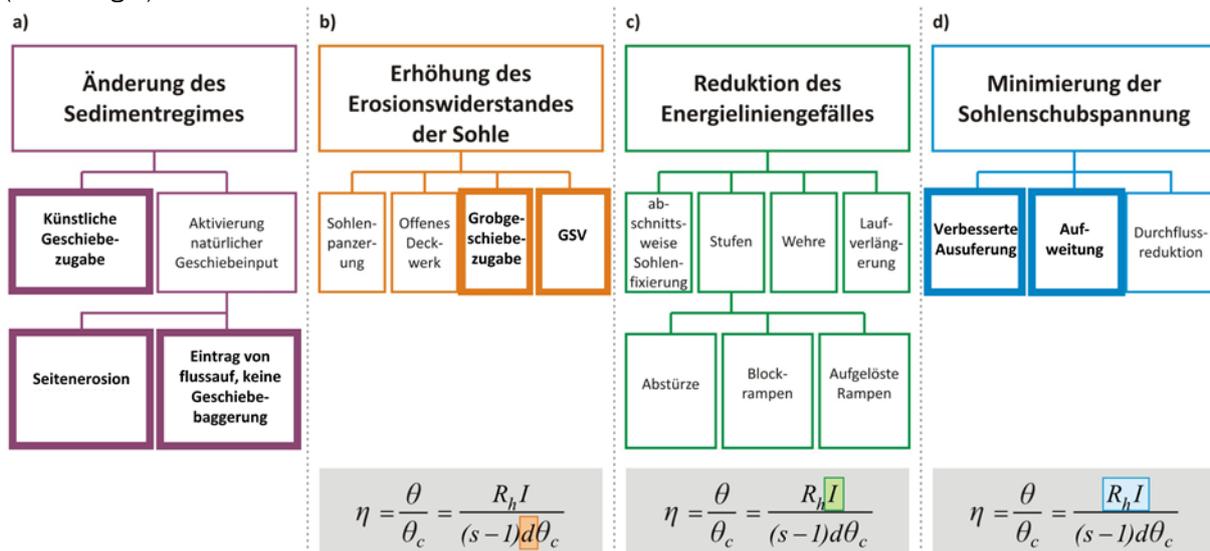


Abbildung 8: Systematische Darstellung der möglichen Maßnahmen zur Sohlstabilisierung; Herausgehoben: Maßnahmen die für den Projektabschnitt relevant sind

Die Parameter, die im Bereich der Donau zwischen Freudenu und Bratislava zur Optimierung der Maßnahmen als „Maßnahmenmix“ Verwendung finden können, sind in Abbildung 8 herausgehoben.

3. Fazit und Ausblick

In der 3 km langen Pilotstrecke Bad Deutsch-Altenburg wurden eine Reihe von innovativen Maßnahmen getestet, um für die Zukunft zu lernen und eine gesamtheitliche Lösung für die Probleme in der freien Fließstrecke zwischen Wien und Bratislava herbeiführen zu können. Die primäre Idee, der Sohleintiefung alleine mit der Maßnahme der granulometrischen Sohlverbesserung direkt zu begegnen, dürfte in dieser Form nicht funktionieren. Trotzdem leistet die GSV in einer vergrößerten Form (32/120mm) einen nennenswerten Beitrag zur Stabilisierung. Die Auswirkungen der Anpassung der Niederwasserregulierung in Bezug auf die Sohlentwicklung waren hingegen deutlich stärker als im Vorfeld erwartet. Zusammen mit Seitenerosionsprozessen und Gewässervernetzungen kann eine Änderung im Regulierungsgrad eine stabilisierende Wirkung zeigen. Im Bereich der Furt Bad Deutsch-Altenburg wurde diese Änderung bzw. Reduktion des Regulierungsgrades zu stark durchgeführt, sodass die Auflandungen gefördert wurden. Daher soll durch geringfügige Anpassungen eine Optimierung der Bühnenkonfiguration erreicht werden, um den Sohlstabilisierungseffekt ohne für die Schifffahrt problematische Auflandungen zu erreichen.

Die Erkenntnisse des Pilotprojektes sollten nun in zukünftige Planungen einfließen. Für die gesamte Strecke sollten diese Erkenntnisse aus dem „Maßnahmenmix“ des Pilotprojektes weiterentwickelt und optimiert werden (Abbildung 9). Das mögliche Maßnahmenspektrum umfasst die Optimierung der Niederwasserregulierung, die eine optimale Geschiebemanagement, die vergrößerte GSV, eine verstärkte Gewässervernetzung und eine Weiterführung der Uferrückbau (Abbildung 9), um eine Sicherung gegen Sohl-durchschlag, eine fortgeführte Renaturierung und Verbesserungen für die Schifffahrt zu erreichen.

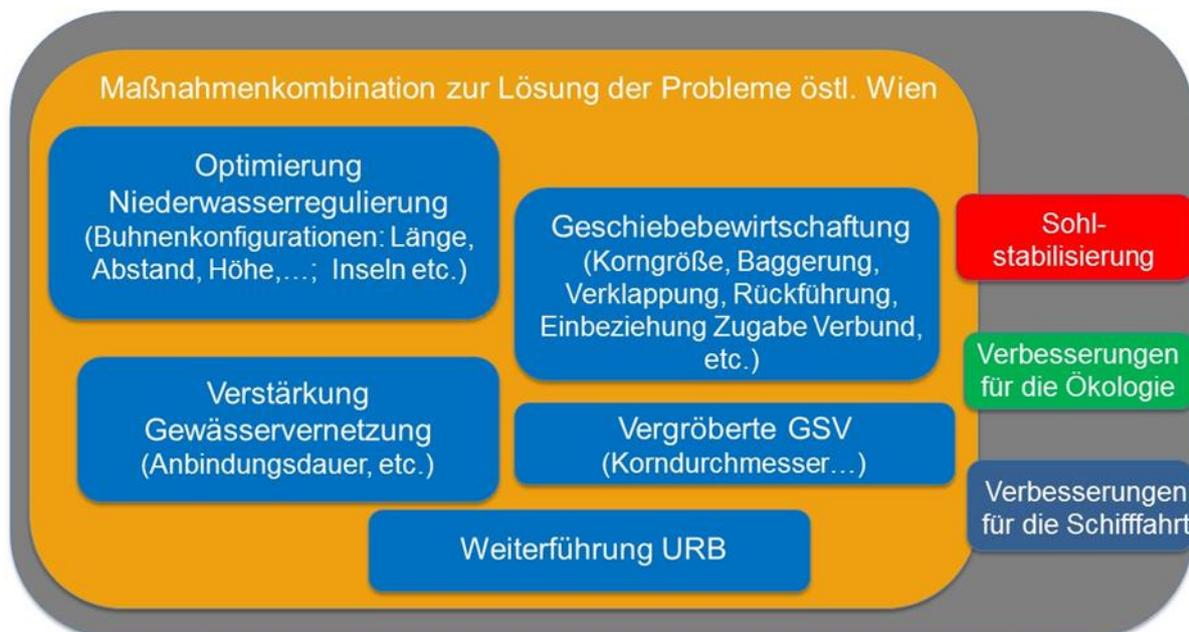


Abbildung 9: Ausblick Maßnahmenkombination und -Optimierung im Sinne eines Geschiebemanagements an der Donau östlich von Wien.; GSV: Granulometrische Sohlverbesserung, URB: Uferrückbau

Bezüglich der einzelnen Stakeholder konnte gezeigt werden, dass das Pilotprojekt neben einem hohen Erkenntnisgewinn auch einige Änderungen herbeiführte: Für die Schifffahrt ergaben sich neben den vermehrten Anlandungen im Furtbereich BDA auch positive Effekte wie geringere Fließgeschwindigkeiten im Bereich der Bühnenköpfe. Betreffend der Ökologie konnte eine Rheophilisierung der Uferbereiche und des Johler Arms erzielt und damit eine Annäherung an das Leitbild erreicht werden. Weiters kam es bei Niederwasserverhältnissen zu höheren Wasserspiegellagen. Bezüglich des Wasserbaus konnten Methoden optimiert werden, die einen Beitrag zur Sohlstabilisierung leisten (GSV und vor allem Bühnenumbauten) und die Wasserspiegellagen bei niedrigen Wasserständen erhöht und bei hohen Wasserständen leicht gesenkt werden (Beitrag zum Hochwasserschutz).

Eine Kombination aus Optimierung der wasserbaulichen Maßnahmen und Geschiebemanagement auf Basis der Erkenntnisse des Pilotprojektes sollte im Sinne eines Geschiebemanagements eine nachhaltige Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse, Stabilisierung der Stromsohle und Verbesserung der ökologischen Verhältnisse ermöglichen.

Projektfilm „Lernen vom Fluss“

Während der Bauarbeiten zum Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg wurde die gesamte Bauzeit filmisch begleitet und eine Kurzdokumentation mit dem Titel „Lernen vom Fluss - Das Pilotprojekt Bad Deutsch-Altenburg“ produziert. Der Projektfilm ist im Youtube-Kanal von viadonau erschienen. Im Rahmen der Fachtagung wurde eine gekürzte Fassung vorgeführt.



Link: <https://youtu.be/mAGty2Y7tdg>



Notizen