

Wasserwirtschaftliches Grundsatzkonzept Grenzmur

PHASE I

Načelna vodnogospodarska zasnova za mejno Muro

I. faza



Im Auftrag der Ständigen österreichisch - slowenischen Kommission für die Mur

Po naročilu Stalne slovensko - avstrijske komisije za Muro

Wien - Ljubljana, 2001





INHALT / KAZALO

1	Resümee / Povzetek	4
2	Kurzbeschreibung Mur / Kratak opis Mure	6
3	Warum ein Wasserwirtschaftliches Grundsatzkonzept? Zakaj načelna vodnogospodarska zasnova?	7
4	Bearbeitungsgebiet und Arbeitsschwerpunkte Področje obdelave in težišče dela	7
5	Projektorganisation / Organizacija projekta	8
6	Bearbeitungen / Obdelave	10
6.1	Wasserwirtschaft / Vodnogospodarstvo	10
6.1.1	Ausweisung des bordvollen Abflusses und der HQ30 und HQ100 Abflussgebiete Označitev do roba polne struge in območij pretoka Q_{vv30} in Q_{vv100}	10
	Erforderlicher Hochwasserschutz – österreichische Seite Potrebna visokovodna zaščita – avstrijska stran	10
	Erforderlicher Hochwasserschutz – slowenische Seite Potrebna visokovodna zaščita – slovenska stran	11
6.1.2	Sohlveränderung / Sprememba dna	13
6.1.3	Grundlagen zum Geschiebetransport / Osnove za transport proda	14
6.1.4	Flussmorphologie / Rečna morfologija	15
	Defizite Deficiti	16
6.1.5	Flussbau / Vodne gradnje	17
	Maßnahmen / Ukrepi	18
6.1.6	Geschiebetransportmodell / Model transporta proda	20
6.1.7	Niederwasser / Nizka voda	22
6.2	Ökologie / Ekologija	23
6.2.1	Fischbestand Mur / Ribij stalež v Muri	23
6.2.2	Strukturerhebung / Ugotavljanje struktur	25
6.2.3	Makrozoobenthos / Makrozoobentos	25
6.3	Leitbilddiskussion Phase I / Diskusija vzorčne podobe, I. faza	27
6.3.1	Leitbildskizze visionäre Stufe Skica vzorčne podobe, vizionarska stopnja	27
6.3.2	Leitbildskizze operationale Stufe Skica vzorčne podobe, operativna stopnja	27

1 - Resümee / Povzetek / Summary

Das Wasserwirtschaftliche Grundsatzkonzept für die Grenzmuir, Phase I wurde zwischen 1998 und 2001 durch ein österreichisch-slowenisches Expertenteam umgesetzt. Der Arbeitsschwerpunkt der Phase I war die Aufbereitung von Entscheidungsgrundlagen zur

- Verhinderung der weiteren Eintiefung der Gewässersohle,
- Gewährleistung eines Hochwasserschutzes bis zum hundertjährigen Hochwasserereignis (HQ₁₀₀) für Siedlungsbereiche und Infrastruktureinrichtungen,
- langfristigen dynamisch-natürlichen Entwicklung des Gewässersystems.

Neben der Aktualisierung der Datengrundlagen (z.B. HQ₃₀, HQ₁₀₀ Anschlaglinien) konzentrierten sich die Arbeiten vor allem auf die Bereitstellung der Grundlagen für flussbauliche Massnahmen und die Erstellung des Geschiebetransportmodells.

Im Themenbereich Sohlveränderung wurde die signifikante Sohleintiefung nachgewiesen. Mit dem Geschiebetransportmodell konnte in Abstimmung mit dem Kapitel Flussbau gezeigt werden, dass an der Grenzmuir Handlungsbedarf besteht.

Auf Grund der Ergebnisse dieser beiden Themenbereiche ist die Stabilisierung bzw. Anhebung der Flusssohle am geeignetsten mit Aufweitungen zu erreichen. Für den Bereich mit der bisher grössten Eintiefung (1,2 m) flussabwärts von Mureck / Trate wurde eine Pilotmassnahme vorgeschlagen. Das Flussbett soll in diesem Abschnitt bis auf 200 m aufgeweitet werden. Als Initialmassnahme ist weiters die Anlage eines Seitenarmes zur Geschiebedotation vorgesehen, in Folge soll das Geschiebe dann bis zum Erreichen der endgültigen Flussbreite „selbsttätig“ über Seitenerosion ins Gewässer gelangen.

Auf Grund der Abflussberechnungen für das hundertjährige Hochwasserereignis (HQ₁₀₀) konnte der erforderliche Hochwasserschutz für die österreichische und slowenische Seite festgelegt werden.

Die ökologischen Untersuchungen konzentrierten sich auf eine orientierende Erhebung und Beurteilung des Fischbestandes, des Makrozoobenthos und eine Strukturkartierung. Die Fischartenzahl in der Grenzmuir ist im Vergleich zur historisch belegten Artenzahl kaum gesunken, sehr wohl aber die Individuenzahl der jeweiligen Arten, was auf die Reduktion und Vereinheitlichung der Lebensräume zurückzuführen ist. Auch die Untersuchungen zum Makrozoobenthos und zu den Gewässerstrukturen belegen diese Aussage.

In den Leitbildworkshops wurden erste Überlegungen aus schutzwasserwirtschaftlicher und gewässerökologischer Sicht zu abgestimmten Entwicklungszielen für die Grenzmuir diskutiert und festgelegt.

Neben einer Defizitanalyse sind insgesamt fünf generellen Massnahmentypen ausgewiesen: Drei „Subtypen“ von Sohlbreiten-erhöhungen gekoppelt mit Seitenerosion, ein Typ mit Aktivierung von seitlichen Geschiebeherden und eine Massnahme für den räumlich beengten Bereich Bad Radkersburg / Gornja Radgona.

Načelno vodnogospodarsko zasnovo za mejno Muro, I. faza je realizirala slovensko – avstrijska skupina strokovnjakov med leti 1998 in 2001. Težišče dela v I. fazi je bila priprava osnov za odločanje za

- preprečitev nadaljnega poglobljanja dna reke,
- zagotovitev visokovodne zaščite naseljenih območij in infrastrukturnih naprav vse do nastopa stoletne visoke vode (Qv_{v100}),
- dolgoročni dinamično-naravni razvoj vodnega sistema.

Poleg aktualizacije podatkovnih osnov (n.pr. poplavnih linij Qv_{v30}, Qv_{v100}) so se dela koncentrirala predvsem za pripravo osnov za vodnogospodarske ukrepe in v izdelavo modela transporta proda. V tematskem področju Sprememba dna je bilo možno dokazati znatno poglobitev dna. Z modelom je bilo v skladu s tematskim področjem Vodne gradnje mogoče prikazati, da je na mejni Muri treba ukrepati. Na podlagi rezultatov obeh tematskih področij je stabilnost oz. dvig rečnega dna najbolje doseči z razširitvami.

Za območje z doslej največjo poglobitvijo (1,2m) pod Tratami / Mureckom je predložen pilotski ukrep. Rečno korito naj se v tem območju razširi do 200 m. Poleg tega je kot inicialni ukrep za dotacijo proda predvidena izgradnja stranskega rokava, nakar bi prod »sam od sebe« z bočno erozijo dospel v reko, dokler ne bi dosegli dokončne širine reke.

Na podlagi hidravličnega izračuna odtoka za pretok stoeltne visoke vode (Qv_{v100}), je bila določena potrebna visokovodna zaščita za slovensko in avstrijsko stran.

Ekološke raziskave so se osredotočile na orientacijsko raziskavo ribjega staleža, makrozoobentosa in ugotavljanje struktur. Število ribjih vrst v mejni Muri se je v primerjavi z zgodovinsko zabeleženim številom vrst komajda zmanjšalo, pač pa število osebkov posameznih vrst, kar je treba pripisati redukciji in poenotenju življenjskih prostorov. To trditev dokazujejo tudi raziskave makrozoobentosa in vodnih struktur.

V delavnicah vzorčne podobe so diskutirali o prvih preudarkih – z vodnogospodarskega in ekološkega vidika – o usklajenih ciljih razvoja za mejno Muro in jih določili.

Po analizi deficitov so izbrali skupno pet splošnih tipov ukrepov: tri »podtype« povečanje širin dna, povezanega z bočno erozijo, en tip z aktiviranjem bočnih žarišč in en ukrep za prostorsko utesnjeno območje Gornja Radgona/Bad Radkersburg.



The Basic Water Management Concept for the Border Segment of the River Mur, phase I, was completed by an Austrian-Slovenian experts team between 1998 and 2001. In this phase the focus of attention was on the elaboration of decisional principles so as to:

- prevent further down cutting of the streambed;
- guarantee protection of inhabited areas and infrastructure against the 100-year flood (HQ₁₀₀);
- allow the water system to develop according to its natural dynamics in the long-term.

Besides the updating of data bases (i.e. HQ₃₀ and HQ₁₀₀ flood levels) the task was mainly centered upon creating the necessary conditions for the implementation of river control measures and working out the bed load transport model.

With respect to streambed erosion, a considerable degree of down cutting was ascertained. The bed load transport model enabled to demonstrate that there is urgent need for intervention along the border segment of the Mur river, as was outlined also in the chapter on River Control.

According to the results of these two fields of investigation, streambed stabilisation or raising can best be achieved by widening the river bed. A pilot measure was proposed for the area downstream of Mureck/Trate where down cutting is greatest (1.2m). In this segment the river bed is going to be enlarged up to 200m. Furthermore, in the initial phase a side-branch shall contribute bed load; later on bed load material will be eroded automatically from the banks until the river has reached its final width.

Based on run-off calculations on the 100-year flood (HQ₁₀₀) it was possible to lay down flood protection requirements for both the Austrian and Slovenian banks.

Ecological investigations were devoted to estimating and evaluating the fish population and macrozoobenthos as well as mapping the structural characteristics of the waters. Compared with historically documented biodiversity data, the number of fish species in the border segment of the Mur has remained stable; what has sunk, instead, is the population of the single species, a consequence of the shrinking size and growing uniformity of habitats. The surveys on macrozoobenthos and water structure further substantiate this finding.

In the course of Guideline Workshops the first proposals on protection water management and water ecology measures were discussed and adopted. These will allow the achievement of concerted goals for the development of the border segment of the Mur.

In the wake of an analysis of deficiencies five general types of measures were pointed out: three subtypes of streambed widening measures combined with lateral erosion, one measure concerning activation of lateral sources of bed load and one more devoted to the problem of the bottleneck in the area of



2 - Kurzbeschreibung Mur / Kratak opis Mure

Die Mur entspringt auf Salzburger Landesgebiet in der „Schmalzgrube“ an der Nordseite der Hafnergruppe auf ca. 1.900 m ü. A. Sie mündet nach rd. 450 km bei Legrad (130 m ü. A.) in Kroatien in die Drau. Sie entwässert ein Einzugsgebiet von 13.824 km². Die Länge der Grenzstrecke zwischen Österreich und Slowenien beträgt rd. 34 km.

Lage der Grenzmur
Pregledna karta mejne Mure



Systematische Gewässerausbaumaßnahmen an der Mur begannen Ende des 19. Jahrhunderts. Davor erfolgten lediglich bereichsweise Eingriffe, vor allem zur Verbesserung der Situation für Flößerei und Schifffahrt. Das ehemals in einer Breite von 75-200 m furkierende Mursystem wurde zwischen 1875 und 1894 in ein geradliniges Flussbett zusammengefasst. Regulierungen, Kontinuumsunterbrechungen durch Wehranlagen und die lange Zeit prekäre Abwassersituation – die jedoch mittlerweile im wesentlichen entschärft ist – hatten bzw. haben zu einer Reduktion des Fischartenspektrums um rund 1/5 geführt.

Zwischen Bodendorf und Spielfeld bestehen 28 Kraftwerksanlagen, die das Geschieberegime in der Grenzmur massiv beeinträchtigen. Aus naturräumlicher Sicht besonders hervorzuheben sind der Grenzmurabschnitt mit seinen Auwäldern und die freien Fließstrecken im Oberlauf.

Von der Grenzmur bis zur Drau ist das longitudinale Fließkontinuum auf einer Länge von rd. 1000 km nicht unterbrochen.

In der siebenstufigen Gewässergüteskala weist die Grenzmur die Güteklassen II (Spielfeld/Sentilj) und II-III (Bad Radkersburg/Gornja Radgona) auf.

Mura izvira v območja dežele Salzburg na lokaciji »Schmalzgrube« na severni strani Hafnerjeve skupine na nadmorski višini okrog 1900 m. Po okrog 450 km teka se pri Legradu (130 m.n.m.) na Hrvaškem izliva v Dravo. Vodozbirno območje obsega 13824 km². Dolžina skupnega slovensko-avstrijskega odseka znaša cca 34 km.

Sistematični gradbeni ukrepi na Muri so se začeli konec 19. stoletja. Pred tem so bili izvedeni le lokalni posegi, predvsem za izboljšanje razmer za splavarstvo in plovbo. Sistem Mure, ki se je nekdanj razvejal v širini 75-200 m, so med 1875 in 1894 združili v premočrtno rečno strugo. Regulacije, prekinitve kontinuuma z jezovi in dolgotrajna kritična situacija glede odpadnih voda – ki pa se je medtem v veliki meri izboljšala – so povzročile oziroma povzročajo zmanjšanje spektra rib za okrog 1/5.

Med Bodendorfom in Spielfeldom obstaja 28 elektrarn, ki močno vplivajo na režim proda v mejnem odseku. S prostorsko – naravnega vidika je treba poudariti odseke s prostim tokom v zgornjem toku in mejni odsek Mure z njegovimi logi.

Od mejne Mure do Drave vzdolžni kontinuum teka ni prekinjen v dolžini cca 1000 km.

Po skali kakovosti vode, se mejna Mura uvršča pri Šentilju/Spielfeldu v kakovostni razred II in pri Gornji Radgoni/Bad Radkersburgu v kakovostni razred II-III.

2 - Mur - Short Description

The river Mur rises from the "Schmalzgrube" on the northern side of the Hafner range in the province of Salzburg at an altitude of 1,900m above sea level. At Legrad (130m a.s.l.), Croatia, it flows into the Drava, having covered a distance of approx. 450km. It drains a catchment basin of 13,824 km². The border segment between Austria and Slovenia is 34 km long.

The river began to be systematically trained at the end of the 19th century. Before, there had merely been local intervention to improve raft and ship transport. Between 1875 and 1894 the 75-200m wide branched Mur system was straightened to form one main channel. Regulations, interruption of the flow continuum through defensive structures and a precarious system of waste water disposal (which in the meantime has been definitely improved) led or, better said, have led to a 1/5 decrease in the variety of fish species.

Between Bodendorf and Spielfeld there are 28 power-stations which considerably impair the bed load regime along the border segment of the Mur. From an environmental point of view the many riparian forests and free-flow segments upstream deserve particular mention.

For a total length of 1,000 km, from the border segment of the Mur to the river Drava, the longitudinal continuity of flow is never interrupted.

Of the seven levels of the water quality scale the border segment of the river Mur was rated II (at Spielfeld/Sentilj) and II-III (at Radkersburg/Gornja Radgona).

3 - Warum ein wasserwirtschaftliches Grundsatzkonzept? Zakaj načelna vodnogospodarska zasnova?

Wasserwirtschaftliche Grundsatzkonzepte sind übergeordnete schutzwasserwirtschaftliche Planungen der Bundeswasserbauverwaltung. Ihr Hauptziel ist der Schutz des Menschen und seines Siedlungsraumes vor Hochwasser. Gleichzeitig soll die ökologische Funktionsfähigkeit der betroffenen Gewässer erhalten bzw. verbessert werden.

In einer außerordentlichen Sitzung der Ständigen österreichisch-slowenischen Kommission für die Mur am 07.02.1996 in Bad Radkersburg wurde einvernehmlich festgelegt, dass aufgrund der Vielschichtigkeit und Komplexität der an der Grenz- und auf der Grenzstrecke auftretenden Probleme eine Untersuchung für die gesamte Mur-grenzstrecke durchzuführen ist. Im Juli 1996 erging der Auftrag zur Erstellung einer Vorstudie für ein Wasserwirtschaftliches Grundsatzkonzept für die Grenz- und auf der Grenzstrecke von Fkm 95,0 – 129,50.

Auf der Grundlage der Vorstudie wurde bei der 6. Tagung der Ständigen österreichisch-slowenischen Kommission für die Mur im September 1997 in Hartberg der Beschluss gefasst, die Phase I für ein wasserwirtschaftliches Grundsatzkonzept zu beauftragen.

Das generelle Projektziel ist die Aufbereitung der Entscheidungsgrundlagen zur Lösung der wasserwirtschaftlichen Probleme in der Grenz- und auf der Grenzstrecke und im unmittelbaren Umland aus wasserwirtschaftlicher und gewässerökologischer Sicht.

Načelne vodnogospodarske zasnove so splošnejša varovalno – vodnogospodarska načrtovanja Zvezne uprave za vodne gradnje. Njihov cilj je zaščita človeka in njegovega poselitvenega prostora pred visoko vodo. Hkrati naj bi ohranili oziroma izboljšali ekološko zmogljivost prizadetih voda.

Na izrednem zasedanju Stalne slovensko – avstrijske Komisije za Muro dne 07.12.1996 v Bad Radkersburgu so sporazumno določili, da je treba zaradi večplastnosti in kompleksnosti problemov, ki se pojavljajo na mejni Muri, opraviti raziskavo za celotni mejni odsek Mure. Julija 1996 je bilo izdano naročilo za izdelavo pripravljalne študije za Načelno vodnogospodarsko zasnovo za mejno Muro od rečnega km 95,0 – 129,50.

Na podlagi pripravljalne študije so na 6. zasedanju Stalne slovensko – avstrijske Komisije za Muro septembra 1997 v Hartbergu sprejeli sklep, naročiti fazo I za načelno vodnogospodarsko zasnovo.

Splošni cilj projekta je pripraviti osnove za odločanje za reševanje vodnogospodarskih problemov na mejnem odseku Mure in v neposrednem zaledju z vodnogospodarskega in vodnoekološkega vidika.

4 - Bearbeitungsgebiet und Arbeitsschwerpunkte Področje obdelave in težišče dela

Das Bearbeitungsgebiet für die wasserwirtschaftlichen Untersuchungen umfasste im wesentlichen den HQ₁₀₀ Abflussraum der Mur.

Für den ökologischen Bereich beschränkten sich die Untersuchungen auf den Murfluss.

In der Phase I lag der Arbeitsschwerpunkt im Bereich der Wasserwirtschaft. Folgende Themenbereiche wurden behandelt:

- Ausweisung des bordvollen Abflusses und der HQ₃₀ und HQ₁₀₀ Abflussgebiete
- Sohlveränderungen
- Grundlagen zum Geschiebetransport
- Flussmorphologie
- Flussbau
- Geschiebetransportmodell
- Niederwasser

Aus dem Bereich der Ökologie erfolgten orientierende Untersuchungen mit dem Schwerpunkt Gewässerlebensraum Mur:

- Fischbestand
- Struktur-Erhebung
- Makrozoobenthos

Bereits in der Phase I wurde in Workshops anhand von Leitbild-diskussionen ein orientierendes Leitbild für die zukünftige Entwicklung der Mur-grenzstrecke ausgearbeitet.

Področje obdelave za vodnogospodarske raziskave je obsegalo v glavnem območje pretoka Mure pri Qv₁₀₀.

Za ekološko področje so se raziskave omejevale na reko Muro, v fazi I je bilo težišče dela na področju vodnega gospodarstva. Obravnavana so bila naslednja tematska področja:

- označitev pretoka do roba polne struge in območij pretoka Qv₃₀ in Qv₁₀₀
- spremembe dna
- snove za transport proda
- rečna morfologija
- vodne gradnje
- model transporta proda
- nizka voda

S področja ekologije so bile opravljene orientacijske raziskave o temah:

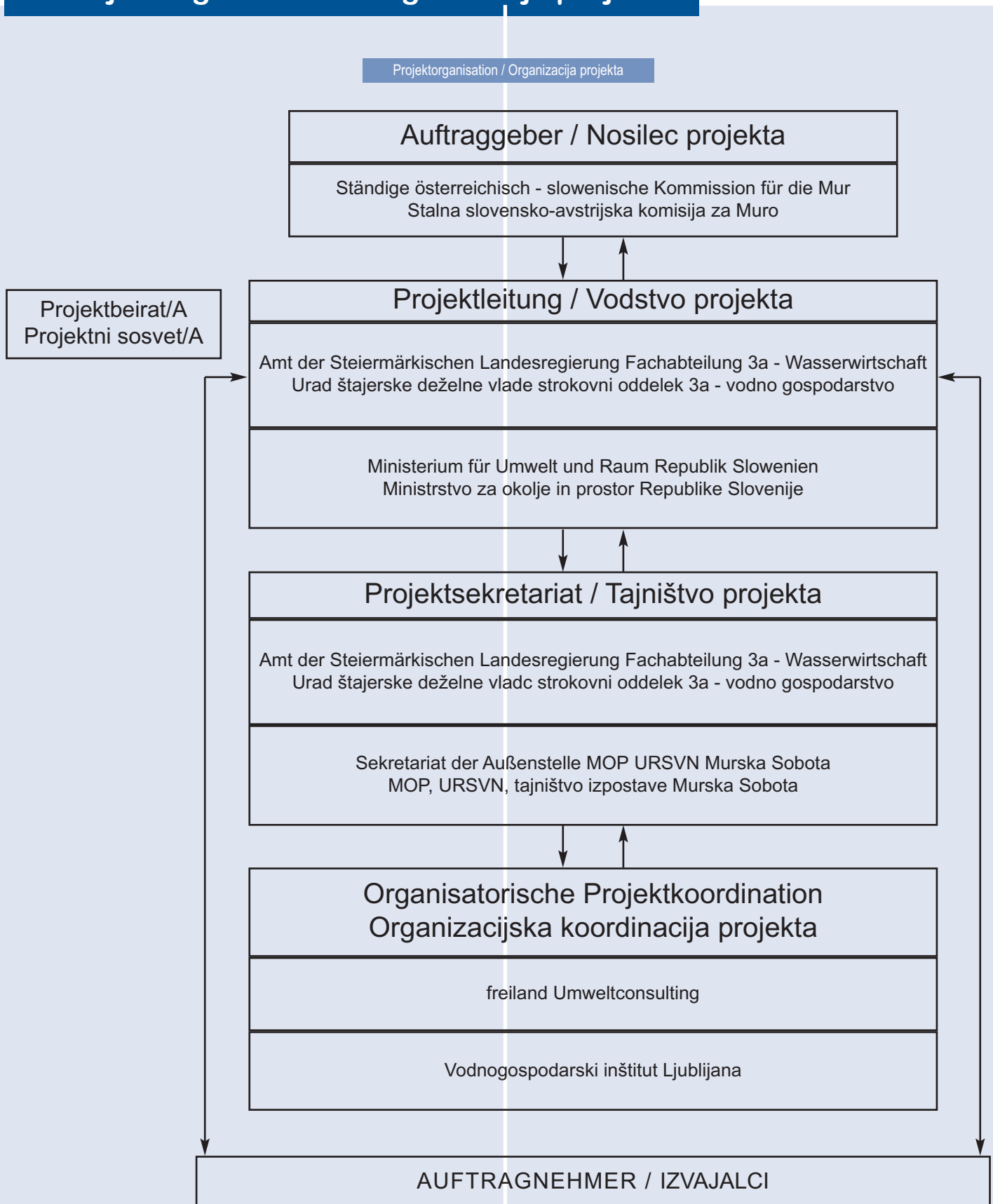
- ribji stalež
- ugotavljanje stuktur
- makrozoobentos

Že v fazi I so na delavnicah na podlagi diskusij vzorčne podobe izdelali orientacijsko vzorčno podobo za bodoči razvoj mejnega odseka Mure.



Übersicht Projektgebiet / Pregled območja projekta

5 - Projektorganisation / Organizacija projekta



Projektbearbeiter / Pregled sodelavcev projekta

Name / Institution - A / Ime / Ustanova - A	Adresse / Naslov	Bearbeitete Themenbereiche Obdelana tematska področja	(TB) (TP)
KRATZER Kurt, Dipl.Ing.Dr.techn.	Glacisstraße 57/1 8010 Graz	Ausweisung bordvoller Abfluss, HQ ₃₀ , HQ ₁₀₀ Označitev pretoka do roba polne strug Q _{v30} , Q _{v100}	1.1
		Niederwasser / Nizka voda	1.7
PLATTNER Josef, Dipl.Ing.	Laudongasse 7/2 1080 Wien	Sohlveränderung Sprememba dna	1.2
Universität für Bodenkultur, Abteilung für Hydrobiologie, Fischereiwirtschaft und Aquakultur (HFA)	Max Emanuel Straße 17 1180 Wien	Fischbestand Mur / Ribji stalež Mure	2.1
		Strukturerhebung Mur / Ugotavljanje struktur Mure	2.2
		Makrozoobenthos Mur / Makrozoobentos Mure	2.5
		Sektorales Leitbild aus ökologischer Sicht Sektorska vzorčna podoba z ekološkega vidika	2.18
Universität für Bodenkultur, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau (IWHW) und Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Wasserbau und hydrometrische Prüfung (IWB)	Muthgasse 18 1190 Wien	Grundlagen zum Geschiebetransport Osnove za transport proda	1.3
		Flussmorphologie / Rečna morfologija	1.4
		Flussbau / Vodne gradnje	1.5
	Severingasse 7 1090 Wien	Geschiebetransportmodell Model transporta proda	1.6
		Sektorales Leitbild aus wasserwirtschaftlicher Sicht / Sektorska vzorčna podoba z vodnogopodarskega vidika	1.18
freiland Umweltconsulting	Liechtensteinstraße 63/19 1090 Wien	Organisatorische Projektkoordination / Organizacijska koordinacija projekta	-
	Bergmannngasse 22 8010 Graz		
Name / Institution - SLO / Ime / Ustanova - SLO	Adresse / Naslov	Bearbeitete Themenbereiche Obdelana tematska področja	(TB) (TP)
Vodnogopodarski inštitut (VGI)	Hajdrihova 28 1115 Ljubljana	Ausweisung bordvoller Abfluss, HQ ₃₀ , HQ ₁₀₀ Označitev pretoka do roba polne strug Q _{v30} , Q _{v100}	1.1
		Sohlveränderung / Sprememba dna	1.2
		Grundlagen zum Geschiebetransport Osnove za transport proda	1.3
		Flussmorphologie / Rečna morfologija	1.4
		Flussbau / Vodne gradnje	1.5
		Geschiebetransportmodell Model transporta proda	1.6
		Niederwasser / Nizka voda	1.7
		Sektorales Leitbild aus wasserwirtschaftlicher Sicht / Sektorska vzorčna podoba z vodnogopodarskega vidika	1.18
		Organisatorische Projektkoordination Organizacijska koordinacija projekta	-
Nacionalni inštitut za biologijo, Ljubljana	Vecna pat 111 1111 Ljubljana	Fischbestand Mur / Ribji stalež Mure	2.1
		Strukturerhebung Mur / Ugotavljanje struktur Mure	2.2
		Makrozoobenthos Mur / Makrozoobentos Mure	2.5
		Sektorales Leitbild aus ökologischer Sicht Sektorska vzorčna podoba z ekološkega vidika	2.18

6 - Bearbeitungen / Obdelave

6.1 Wasserwirtschaft

6.1.1 Ausweisung des bordvollen Abflusses und der HQ₃₀ und HQ₁₀₀ Abflussgebiete

Die Ausdehnung der Überflutungsflächen ist auf österreichischer und slowenischer Seite sehr unterschiedlich. Auf der slowenischen Seite gibt es deutlich weniger Überflutungsflächen.

Insgesamt wurden 351 Querprofile in dem 1980 ermittelten HQ₁₀₀ Überflutungsgebiet auf Basis von Orthofotos und Echolot-Messungen im Flussbett ausgewertet. In Detailbereichen wurden Profile ergänzt.

Die Berechnung der Wasserspiegellagen erfolgte mit einem eindimensionalen, stationär ungleichförmigen Modell (HECRAS).

Zur Beurteilung der Geländemorphologie in den Überflutungsgebieten und zur Prüfung der Dammlagen wurde eine Begehung durchgeführt. In einzelnen Abschnitten wurden auch Zusatz- bzw. Kontrollvermessungen der Dammhöhen sowohl auf österreichischer als auch auf slowenischer Seite vorgenommen.



Hochwasser in Bad Radkersburg Mitte der 1960er Jahre
Poplava v Bad Radkersburgu v sredini 60-tih let

Erforderlicher Hochwasserschutz – österreichische Seite

- **Oberschwarza** Errichtung eines Hochwasserschutzdammes am südlichen Ortsrand von Oberschwarza. Der Gemeindegeweg Richtung Süden ist anzuheben. Für entsprechende Binnenentwässerung ist zu sorgen. Die Wisiakmühle ist insgesamt nur mit hohem Aufwand zu schützen, allenfalls sind an den Objekten entsprechende bauliche Maßnahmen auszuführen. (Ringdamm mit Hochwassertoren bei den Zufahrten)
- **Unterschwarza** Einzelne Objekte im Südteil von Unterschwarza sind durch Dämme oder Geländeanhebungen zu schützen. Der lokale Einfluss des Wiesenbaches ist bei der Detailausarbeitung des Projektes zu berücksichtigen.
- **Lichendorf** Der Hochwasserschutz von Lichendorf für ein HQ₁₀₀ ist durch Anhebung des bestehenden Dammes um bis zu 70 cm herstellbar.
- **Gehöft am Schwarzaubach südlich von Lichendorf** Ringdamm, Geländeanhebungen und/oder bauliche Maßnahmen am Objekt möglich. Eine allfällige Binnenentwässerung ist sicherzustellen.
- **Weitersfeld a.d. Mur** Der südliche Ortsteil kann durch einen

6.1 Vodnogospodarstvo

6.1.1 Označitev pretoka do roba polne struge in območij pretoka Qrr₃₀ in Qrr₁₀₀

Poplavne površine so na slovenski in avstrijski strani zelo različne. Na slovenski strani je znatno manj poplavnih površin.

Skupno so na podlagi ortoposnetkov in meritev rečne struge z eholotom izrednotili 351 prečnih profilov v poplavnem območju Qvv₁₀₀, ugotovljenem leta 1980. V detaljnih območjih so profile še dopolnili.

Višine vodne gladine so izračunali z enodimenzionalnim, stacionarno neenakomernim modelom (HECRAS).

Za presojo morfologije terena v poplavnih območjih in za preverbo situacij nasipov so opravili obhod. V posameznih odsekih so tako na slovenski kot tudi na avstrijski strani opravili tudi dodatne oziroma kontrolne meritve višin nasipov.



Hochwasser in Bad Radkersburg, Ende 19. Jhd.
Poplava v Bad Radkersburgu, konec 19. stoletja

Potrebna visokovodna zaščita – avstrijska stran

- **Oberschwarza** Izgradnja visokovodnega zaščitnega nasipa na južnem robu kraja Oberschwarza. Občinsko pot proti jugu je treba nadvišati. Poskrbeti je treba za ustrezno odvajanje vode v kraju. Wisiakov mlin se da v celoti zaščititi le z velikimi stroški, vsekakor pa je na objektih treba izvesti ustrezne gradbene ukrepe (krožni nasip z viskovodnimi prehodi pri dovozih).
- **Unterschwarza** Z nasipi ali nadvišanji terena je treba zavarovati posamezne objekte v južnem delu Unterschwarze. Pri izdelavi glavnega projekta je treba upoštevati lokalni vpliv potoka Wiesenbach.
- **Lichendorf** Visokovodno zaščito Lichendorfa za Ov₁₀₀ lahko izvedemo z nadvišanjem obstoječega nasipa za do 70 cm.
- **Domačija na Schwarzaubachu južno od Lichendorfa** Mogoče je izvesti krožni nasip, nadvišanje terena in / ali gradbene posege na objektu. Zagotoviti je treba morebitno interno odvajanje vode.

Damm geschützt werden. Eine Binnenentwässerung ist allenfalls erforderlich.

- **Im Bereich der Murbrücke Mureck** Die gefährdeten Objekte sind durch einen Hochwasserschutzdamm zwischen dem Mühlbach und den Objekten zu sichern.
- **Meinmühle bei Donnersdorf** Die gefährdeten Objekte sind durch bauliche Maßnahmen bis zu einem HQ_{100} zu sichern (Länge ca. 400 m entlang des Mühlbaches)
- **Südlicher Teil der Siedlung Donnersdorf** Entlang des Mühlbaches ist ein Hochwasserschutz auf einer Länge von ca. 180 m erforderlich.
- **Südlicher Teil der Siedlung Unterpurkla** Durch lokale Geländeanhebungen zwischen Profil 151–149 und die Errichtung eines Ringdammes um die Gebäude bei Profil 148 ist der HQ_{100} -Schutz zu gewährleisten. Die Zufahrt soll sichergestellt werden.
- **Halbenrain** Der Hochwasserschutzdamm von Bad Radkersburg ist in den Profilen von 108-126 um 40-100 cm aufzuheben, um für die Siedlungsgebiete den gewünschten Hochwasserschutz zu erreichen.
- **Sicheldorf** Von der Landesstraße L 205 weg um den Ort Sicheldorf herum ist ein Hochwasserschutzdamm zu errichten. Eine Binnenentwässerung ist zu berücksichtigen.
- **Hochwasserschutzdämme von Mureck und Radkersburg** Kein Freibord bei HQ_{100} .

Erforderlicher Hochwasserschutz – slowenische Seite

- **Abschnitt Gornja Radgona – Lutverci** Sanierung der Hochwasserschutzdämme und –mauern.
- **Gebiet östlich von Sladki vrh** Bei HQ_{100} überflutet, Schutz von Kindergarten, Wohnanlagen, Sportpark durch einen Damm bzw. durch Erhöhung der rechten Böschung im Abschnitt zwischen der Fabrik Paloma und der Geschiebedeponie bei der Badeanstalt und unterhalb der Geschiebedeponie in der Länge von etwa 700m.
- **In den übrigen Bereichen** Überprüfung der Stabilität und der tatsächlichen Dammhöhen zwischen der Kutschenitzta und der Pegelstation Petanjci am linken Murofer.
- **Kartonagenfabrik Ceršak** Absicherung vor Überflutungen durch entsprechende Betriebsführung im Werkskanal.

$$HQ_{100}QV_{100} = 1800 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$HQ_{50}QV_{50} = 1600 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$HQ_{30}QV_{30} = 1490 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$HQ_{10}QV_{10} = 1250 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$HQ_5QV_5 = 1130 \text{ m}^3/\text{s}$$

Abflussdaten der Grenzmur
Podatki o pretokih mejne Mure

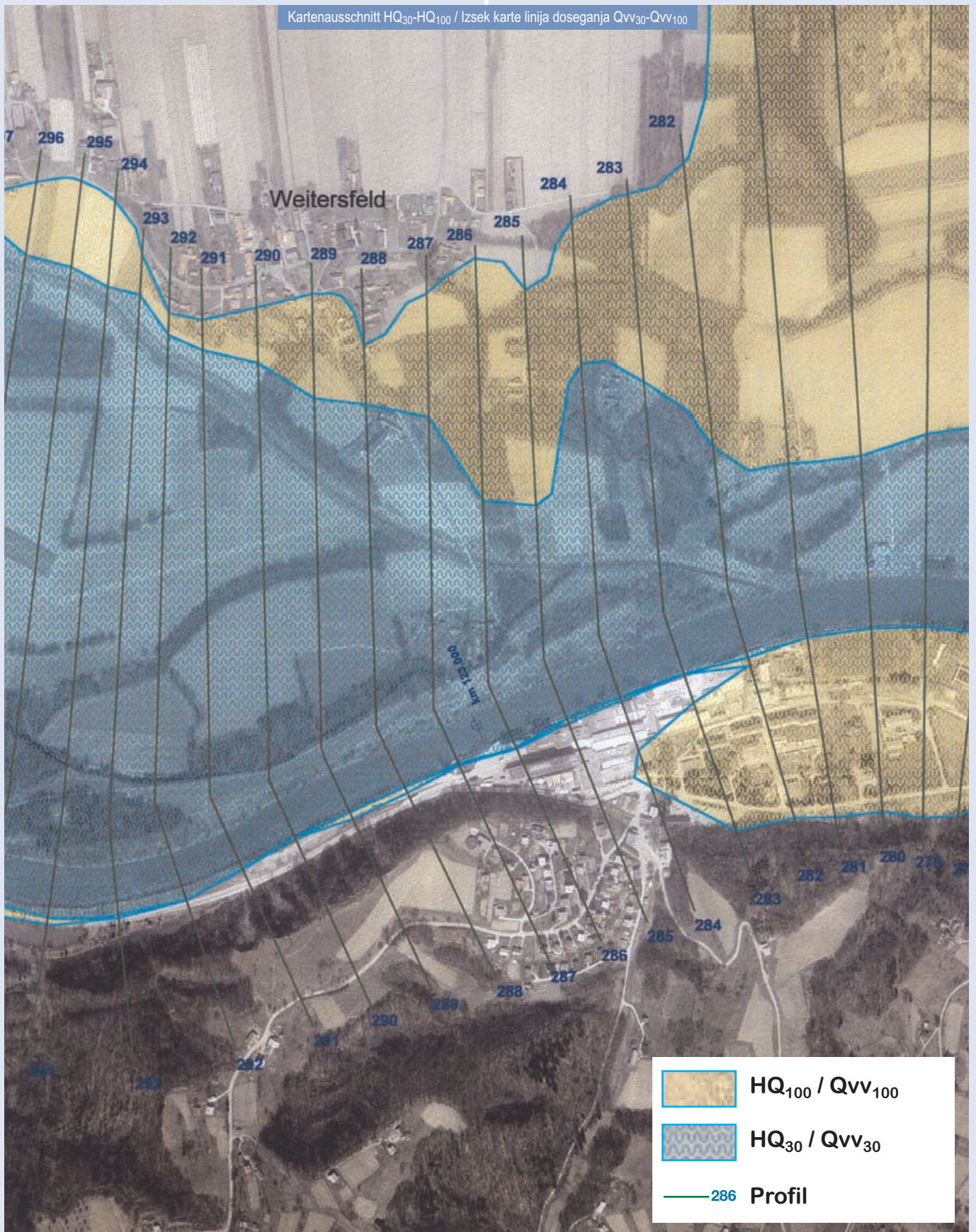
- **Weitersfeld ob Muri** Južni del kraja je mogoče zaščititi z nasipom. Potrebno je morebitno odvajanje vode v kraju.
- **V območju murskega mostu v Murecku** Ogrožene objekte je treba zavarovati z visokovodnim zaščitnim nasipom med mlinščico in objekti.
- **Meinlovin pri Donnersdorfu** Ogrožene objekte je treba zavarovati do QV_{100} z gradbenimi ukrepi v dolžini 400 m.
- **Južni del naselja Donnersdorf:** vzdolž mlinščice je potrebna visokovodna zaščita v dolžini okrog 180 m.
- **Južni del naselja Unterpurkla** Z lokalnimi nadvišanji terena med profiloma 151-149 in z izgradnjo krožnega nasipa okrog zgradbe pri profilu 148 je treba zagotoviti zaščito do QV_{100} . Dovolj mora biti zagotovljen.
- **Halbenrain** Viskovodni zaščitni nasip za Bad Radkersburg je treba pri profilih od 108 do 126 nadvišati za 40 do največ 100 cm, da bi dosegli željeno visokovodno zaščito za naselje predele.
- **Sicheldorf** Od deželne ceste L 205 v stran je treba okrog kraja Sicheldorf zgraditi visokovodni zaščitni nasip. Upoštevati je treba odvajanje vode v kraju.
- **Visokovodni zaščitni nasip Murecka in Radkersburga** Pri QV_{100} ni varnostne višine.

Potrebna visokovodna zaščita – slovenska stran

- **Odsek Gornja Radgona – Lutverci** Sanacija visokovodnih zaščitnih nasipov in zidov.
- **Območje vzhodno od Sladkega vrha** Pri QV_{100} je poplavljen, zaščititi je treba otroški vrtec, stanovanjska naselja, športni park z nasipom ali nadvišanje desne brežine v odseku med tovarno Paloma in deponijo proda pri kopališču ter pod deponijo proda v dolžini okrog 700 m.
- **V ostalih območjih** Preverba stabilnosti in dejanskih višin nasipov med Kučnico in vodomersko postajo Petanjci na levem bregu Mure.
- **Tovarna Iepenke Ceršak** Varovanje pred poplavami z ustreznim obratovanjem tovarniškega kanala.



Hochwasser an der Grenzmur, Einströmen in den Auwald
Visoka voda na mejni Muri z izlitem v poplavni log



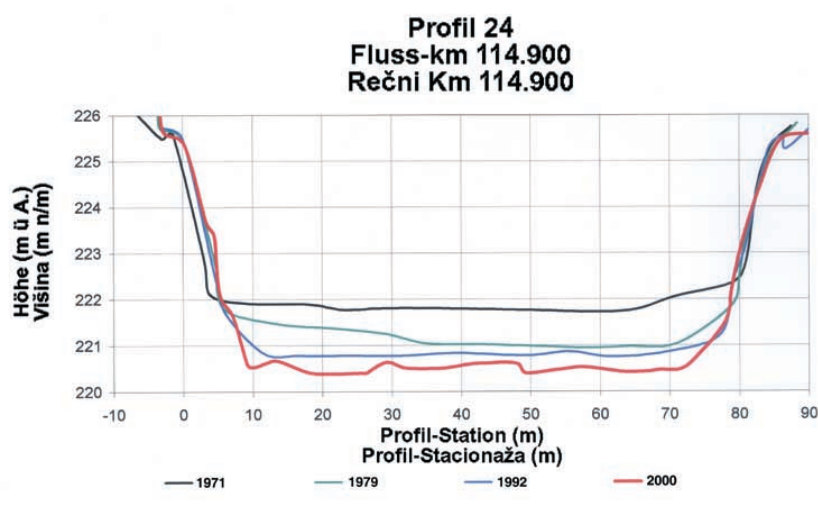
6.1.2 Sohlveränderung

Im Kapitel Sohlveränderung wurde

- das Ausmaß der Sohlveränderungen seit 1970
- die Ausweisung von geschieberelevanten Flächen
- der Vergleich der bestehenden Gewässerfläche mit früheren Zuständen vor der Flussregulierung um die Jahrhundertwende

behandelt. Zur Darstellung der Sohlveränderungen wurden sämtliche auswertbaren geodätischen Flussprofilaufnahmen herangezogen, die im wesentlichen seit Beginn der Projektierungsarbeiten für den Hochwasserschutz von Bad Radkersburg/ Gornja Radogna im Jahr 1969 vorliegen.

Die Zusammenstellung und Auswertung der Daten hat ergeben, dass die Flusssohle im Bereich des Grenzmurabschnittes als instabil mit signifikantem Trend zur Sohlerosion bezeichnet werden muß.



Profil 24, Sohlentwicklung / Sprememba dna

Die Erosion ist in der gesamten Strecke nachweisbar, ihr Ausmaß entlang des Gewässers unterschiedlich. Die mittlere Sohlabsenkung seit 1970 ist mit rd. 50 cm abzuschätzen, der Nettomaterialaustrag in der Zeit von 1970 – 2000 mit 0,9 Mio. m³. Die maximale Sohleintiefung im Beobachtungszeitraum im Abschnitt flussabwärts von Mureck/Trate beträgt 1,20 m.

Durch die Regulierung um die Jahrhundertwende wurde das ständig benetzte Flussbett flächenmäßig von rd. 1.100 ha auf 350 ha reduziert und die Lauflänge entsprechend verkürzt. Demzufolge ist eine Zunahme des Geschiebetransportvermögens anzunehmen.

Die ehemaligen von den Mäandern der Mur eingenommenen Auwaldbereiche sind wegen ihres Kiesvorkommens generell als geschieberelevante Flächen anzusehen. Durch die Auswertung der Bodenaufschlüsse auf österreichischem und slowenischem Staatsgebiet konnte das Kiesvorkommen hinsichtlich seiner Mächtigkeit und Lage zur Sohle der Mur quantifiziert werden. Flussabschnitte mit potenziell geschieberelevanten Uferzonen wurden ausgewiesen.

6.1.2 Sprememba dna

V poglavju Sprememba dna so obravnavali:

- obseg spremembe dna od 1970 dalje
- označitev površin, relevantnih za prod
- primerjavo sedanje vodne površine s prejšnjimi stanji pred regulacijo reke ob prelomu stoletja.

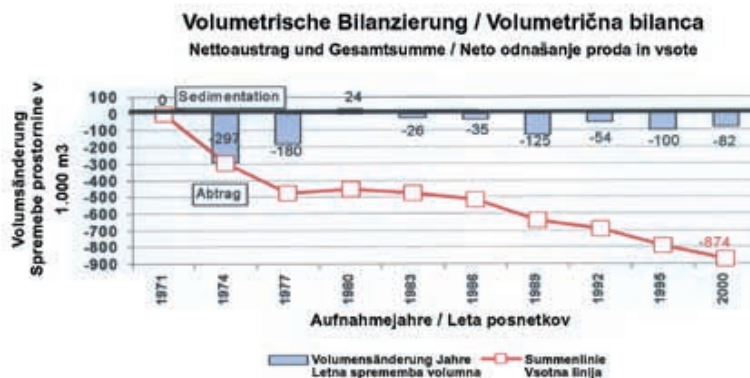
Za prikaz sprememb dna so uporabili vse uporabne geodetske posnetke rečnih profilov, ki so v glavnem na voljo od začetka projektantskih del za visokovodno zaščito Gornje Radgone / Bad Radkersburga leta 1969.

Pregled in vrednotenje podatkov sta pokazala, da je treba rečno dno v območju obravnavanega odseka mejne Mure označiti kot nestabilno z močnim trendom k eroziji dna.

Erozija je dokazljiva v celotnem odseku, njen obseg pa se vzdolž vodotoka spreminja. Povprečno znižanje dna od leta 1970 dalje ocenjujemo okrog 50 cm, neto odnos materiala v obdobju 1970 – 2000 pa 0,9 milijona m³. Maksimalna poglobitev v odseku med km 114 in 116 znaša 120 cm.

Z regulacijo ob prelomu stoletja se je stalna omočena rečna struga ploskovno zmanjšala od okrog 1.100 ha na 350 ha in dolžina toka se je ustrezno skrajšala. Zaradi tega lahko domnevamo, da se je zmožnost transporta proda povečala.

Na nekdanja območja logov, ki so jih zajemali meandri Mure, moramo zaradi njihovih zalog gramoza v splošnem gledati kot na površine, relevantne za prod. Z vrednotenji odklopov na slovenskem in avstrijskem ozemlju je bilo mogoče kvantificirati zaloge gramoza v pogledu debeline plasti in njihove lege proti dnu Mure. Označeni so bili rečni odseki z obrežnimi pasovi, potencialno relevantnimi za prod.



Volumetrična Bilanzierung für die Murgrenzstrecke, Jahresreihe 1971-2000
Volumetrična bilanca za mejni odsek Mure, niz let 1971-2000

6.1.3 Grundlagen zum Geschiebetransport

Zur Ermittlung der für das Geschiebetransportmodell erforderlichen Kornverteilungsdaten wurden auf der österreichischen Seite acht Volumen- und vier Linienproben, auf der slowenischen Seite 17 Volumen- und eine Linienprobe entnommen.

Für alle Volumenproben wurden folgende Kornverteilungsparameter ausgewertet: d_{16} , d_{50} , d_{84} , d_{90} , der arithmetische mittlere Durchmesser d_m , der reduzierte arithmetische mittlere Durchmesser d_{m-red} (berücksichtigt wurde nur Material bis 150 mm) und die Kornverteilungsstreuung.

Basierend auf der Kornverteilungsanalyse erfolgte die erste Schätzung des Manningschen Beiwertes.

Weiteres wurden in den Profilen, wo die Proben entnommen wurden, auch die Fließgeschwindigkeiten gemessen. Es folgte die Berechnung der Schleppkräfte auf Grund der örtlichen Messungen und die Abschätzung der Schleppkräfte für höhere Abflüsse wie z.B. für den bordvollen Abfluss oder für Abflüsse größer als HQ_1 .

Die Beurteilung der Schleppkräfte bei den für die hydraulische Berechnung ausgewählten Abflüssen wurde mit HECRAS durchgeführt und für die Abflüsse zwischen $200 \text{ m}^3/\text{s}$ und $1800 \text{ m}^3/\text{s}$ in Schritten zu je $100 \text{ m}^3/\text{s}$ bestimmt.

Zur Ermittlung des theoretischen Beginns der Geschiebebewegung in den Messprofilen wurde die kritische Schubspannung nach der Methode von GÜNTER und nach der Methode von ZANKE berechnet.

Der zum Beginn des Geschiebetriebes gehörige Abfluss wurde anhand des Vergleiches der kritischen und der tatsächlichen Schubspannungen ermittelt. Die Abflüsse, wo der Geschiebetrieb in einzelnen Profilen einsetzt, liegen zwischen $200 \text{ m}^3/\text{s}$ (Profil 3) und $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ (Profil 11).

Zur Analyse der Kornverteilung der Umlandsedimente wurden 15 Schürfe auf der österreichischen und 3 Schürfe auf der slowenischen Seite angelegt und für jede Probe das arithmetische mittlere Korn bestimmt.

6.1.3 Osnove transporta proda

Za ugotavljanje podatkov o zrnivosti, potrebnih za model transporta, so na avstrijski strani odvzeli osem prostorninskih in štiri linijske vzorce, na slovenski strani pa 17 prostorninskih in en linijski vzorec.

Za vse prostorninske vzorce so vrednotili naslednje parametre zrnivosti: d_{16} , d_{50} , d_{84} , d_{90} in aritmetični srednji premer d_m , reducirani aritmetični srednji premer d_{m-red} (upoštevan je bil le material do 150 mm) in disperzija zrnivosti.

Analizi zrnivosti je sledila prva ocena Manningovega koeficienta.

Poleg tega so v profilih, kjer so jemali vzorce, merili tudi hitrost teka. Sledil je izračun vlečnih sil na podlagi lokalnih meritev in ocena vlečnih sil za večje pretoke kot je n.pr. pretok do roba polne struge ali pretoki, večji od Q_{v1} .

Presojajo vlečnih sil za pretoke, izbrane za hidravlični izračun, so opravili s HECRAS-om in jih določili za pretoke med $200 \text{ m}^3/\text{s}$ in $1800 \text{ m}^3/\text{s}$ v korakih po $100 \text{ m}^3/\text{s}$.

Za ugotovitev teoretičnega začetka premikanja proda v merilnih profilih, so izračunali kritično strižno napetost po metodi GÜNTER-ja in po metodi ZANKE-ja.

Pretok, ki ustreza začetku premikanja proda, so izračunali s pomočjo primerjave kritične in dejanske strižne napetosti.

Pretok, ki ustreza začetku premikanja proda, so izračunali s pomočjo primerjave kritične in dejanske strižne napetosti. Pretoki, pri katerih se v

posameznih profilih začne prod premikati, so med $200 \text{ m}^3/\text{s}$ (profil 3) in $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ (profil 11).

Za analizo zrnivosti sedimentov v zaledju so naredili 15 odkopov na avstrijski in 3 odkope na slovenski strani, ter so za vsak vzorec določili aritmetično srednje zrno.



Volumenprobe / Odvzem volumenskega vzorca

6.1.4 Flussmorphologie

Bereits seit dem 14. Jahrhundert sind großräumige Verlegungen der Grenzmur dokumentiert. Floss sie zwischen Spielfeld und Mureck/ Trate schon im Mittelalter am Nordfuß der Windischen Bühel (keine wesentliche Änderung von der Lage im IST-Zustand), so verlagerte sich die Mur im Raum Mureck/ Trate bis Bad Radkersburg/ Gornja Radgona, ausgelöst durch einen Bergsturz bei Frattendorf (Vratja vas) nach 1419 bis ins 19. Jhdt. immer weiter nordostwärts. Dabei bildeten sich ständig neue Rinnen und Flussarme aus, sodass sich eigentlich das gesamte aktive Flussbett verschob („wandernder Fluss“). Zwischen Mureck/ Trate und Bad Radkersburg/ Gornja Radgona lag die größte Flussbettaufzweigung. Das gesamte Flusssystem mit Seitenarmen und Inseln war hier bis zu etwa 1,2 km breit.

Das Flussbett der Grenzmur bestand vor der Regulierung aus einem über weite Strecken aufzweigenden Gerinnesystem mit zahlreichen Nebenarmen und einer ausserordentlich hohen Strukturvielfalt.

Früher transportierte die Grenzmur feineres Geschiebe, als es heute an der Sohle zu finden ist. Die Daten zu Strömungsfälle, Transportkapazität und zu den Korngrößen in den oberen Schichten den Vorlandes lassen vermuten, dass sich der Fluss im 19. Jahrhundert entweder in einem dynamischen Gleichgewichts- wenn nicht sogar in einem latenten Auflandungszustand befand. Die häufigen Bettwechsel der Grenzmur sind ebenfalls ein Indiz für Geschiebeüberschuss.

Zur IST-Zustandsbeschreibung wurde die Grenzmur in fünf Abschnitte untergliedert : Beginn der Untersuchungsstrecke bis Mureck/Trate: pendelnder Verlauf; Bereich Mureck/Trate: gestreckt; Mureck/ Trate bis Bad Radkersburg/ Gornja Radgona: verzweigt/ gewunden; Bereich Bad Radkersburg/ Gornja Radgona bis Ende der Untersuchungsstrecke: verzweigt/gewunden.

Historische Karte Bereich Abstaller Feld und Bad Radkersburg
Zgodovinska karta za območje Apaškega polja in Bad Radkersburga



Im Gegensatz zu früher entspricht die Grenzmur heute einem Flusstyp mit Flachbett oder bei etwas größerer Breite einem Flusstyp mit alternierenden Bänken. Insgesamt weisen fast 94 % der Untersuchungsstrecke ein einheitliches Flussbett auf.

Durch den systematischen Gewässerausbau wurde das Sohlgefälle erhöht, die Umlagerungsbreiten von bis zu 1,2 km auf derzeit im Mittel unter 80 m reduziert. Während Ende des 19. Jahrhunderts eine Vielzahl an stabilen, bewachsenen und „dynamischen“ Inseln existierten, gibt es heute in der gesamten Projektstrecke keine Insel mehr. Besonders deutlich wird der Strukturrückgang bei den Schotterbänken. Erreichten sie 1876 noch

6.1.4 Rečna morfologija

Že od 14. stoletja dalje so dokumentirana makroprostorska premeščanja mejne Mure. Če je med Spielfeldom in Tratami / Murecko in že v srednjem veku tekla ob severnem vznožju Slovenskih goric (brez bistvenih sprememb proti današnji legi), pa se je Mura v območju od Trat / Murecka do Gornje Radgone / Bad Radkersburga zaradi podora pri Vratji vasi po letu 1419 tja v 19. stoletje premeščala vedno dalje proti severovzhodu. Pri tem so se oblikovala vedno nova korita in rečni rokavi, tako da se je premaknila pravzaprav celotna aktivna rečna struga (»potujoča reka«). Med Tratami / Mureckom in Gornjo Radgono / Bad Radkersburgom je bila reka najbolj razvejana. Celotni rečni sistem s stranskimi rokavi in otoki je bil tukaj širok do okrog 1,2 km.



Insel im Bereich Mureck, nach Kiesdotation /
Otok v območju Cmureka po dodajanju proda

Rečno strugo mejne Muro je pred regulacijo tvoril sistem korit, razvejan na dolgih odsekih, s številnimi stranskimi rokavi in izredno raznolikimi strukturami.

Nekdaj je Mura transportirala bolj fin prod, kot pa ga danes najdemo na dnu. Podatki o padcu, transportni zmogljivosti in zrnivosti v zgornjih plasteh zaledja dopuščajo domnevo, da je bila mejna Mura v 19. stoletju v stanju dinamičnega ravnotežja, če ne celo latentnega zaprojevanja Pogoste spremembe korita mejne Mure prav tako kažejo na presežek proda.

Za opis sedanjega stanja so razdelili mejno Muro na pet odsekov: od začetka raziskovalnega odseka do Trat / Murecka: nihajoč potek; območje Trat / Murecka: iztegnjen; od Trat / Murecka do Gornje Radgone / Bad Radkersburga: razvejan, zaviti; območje Gornje Radgone / Bad Radkersburg do konca raziskovalnega odseka: razvejan, zaviti.

V nasprotju z nekdanjo ustreza mejna Mura dandanes rečnemu tipu s ploskim koritom ali pri nekaj večji širini rečnemu tipu z alternirajočimi plitvinami. V celoti pa kaže skoraj 94% raziskovalnega odseka enovito rečno strugo.

S sistematično regulacijo vodotoka se je povečal padec dna, širine premeščanja so se od 1,2 km zmanjšale na danes v povprečju manj kot 80 m. Medtem, ko je bilo konec 19. stoletja mnogo stabilnih, poraščenih in »dinamičnih« otokov, danes na vsem odseku projekta ni več nobenega otoka. Zlasti očitno je nazadovanje struktur pri prodiščih. Če so leta 1876 še dosegala veli-

Größen von bis zu 80.000 m², so liegen sie heute meist deutlich unter 1000 m².

Ohne geeignete flussbauliche Maßnahmen ist damit zu rechnen, dass sich die signifikante Eintiefung der Grenzmur fortsetzt. Demzufolge ist mittelfristig mit zunehmender Schädigung der Längsbauwerke und der lokalen Einbauten zu rechnen.

Aus morphologischer Sicht sind flussbaulichen Maßnahmen zu entwickeln, die die Dynamik verstärken (z.B. Verbreiterung der Sohle, Seitenerosion, Entstehung von Gewässerstrukturen und Gerinneverlagerungen). Besondere Bedeutung kommt auch dem Geschiebeinput in die Projektstrecke zu (Durchgängigkeit der Kraftwerke).

Defizite

Als wesentlichste Defizite sind zu nennen:

- **Reduktion der Umlagerungsbreiten** Die Umlagerungsbreiten der Grenzmur betragen 1817 bzw. 1876 mehr als 1,2 km. Die maximale Breiten heute betragen nur noch rd. 90 m. Im ursprünglich verzweigten Abschnitt zwischen Mureck / Trate und Bad Radkersburg / Gornja Radgona (Abschnitt 3) beispielsweise war die durchschnittliche Breite 1876 rd. neunmal höher als heute (641 zu 71 m).
- **Reduktion der Gerinneanzahl** Durch den Gewässerausbau und die damit verbundenen Laufverkürzungen um rd. 10 km wurde die Gerinneanzahl der Grenzmur z.B. im Abschnitt 3 von bis zu 7 (1817) auf heute ein Gerinne reduziert.
- **Geschiebedefizit** Als Folge der Erhöhung der Sohlschleppspannung, der Unterbindung der Seitenerosion und der Gerinneumlagerungen trat, verschärft durch den Geschieberückhalt bei Kraftwerken im Oberlauf, eine Sohleintiefung ein, die seit 1970 im Durchschnitt 50 cm bzw. maximal 1,2 m im Abschnitt 3 betrug.
- **Dynamische Schotterbänke** Derzeit sind an der Grenzmur nur „stationäre“ Schotterbänke an den Gleituffern zu finden. Im Abschnitt 3 sind, im Vergleich zu den früher durchschnittlich rd. 1 ha großen Schotterbänken, heute nur noch fünf mit einer Größe von 72-190 m², das entspricht rd. einem Hundertstel der ursprünglichen Fläche, vorhanden.
- **Gewässersystem**, aus flussmorphologischer Sicht sind folgende Hauptdefizite festzustellen:
 - Überprägter Hauptarm, starke Begradigung und Einengung des Flussbettes
 - Fehlen von Nebenarmen
 - Defizit an freien Schotterflächen
 - Periodisch durchflossenes Nebengewässersystem
 - Fehlen von angebundenen Altarmen
 - Fehlen von warmen, nährstoffreichen Tümpeln und Weihern
 - Fehlende Überflutungsdynamik

kosti do 80.000 m², so danes največkrat znatno manjša od 1000 m².

Brez primernih vodnogradbenih ukrepov je treba računati s tem, da se bo poglobljanje mejne Mure nadaljevalo. Zato je treba srednjeročno računati z naraščajočimi poškodbami vzdolžnih zgradb in lokalnih objektov.

Durchströmter Nebenarm
Pretok v stranskem rokavu



Z morfološkega vidika je treba razviti vodnogradbene ukrepe, ki bodo okrepili dinamiko (n.pr. razširitev dna, bočna erozija, nastajanje vodnih struktur in premeščanja korita). Zlasti pomemben je tudi vnos proda v odsek projekta (prehodnost elektrarn).

Deficiti

Kot najpomembnejše deficite je treba navesti:

- **Zmanjšanje širin premeščanja** Širine premeščanje mejne Mure so znašale 1817 oziroma 1876 več kot 1,2 km. Največje širine danes znašajo le še okrog 90 m. V prvotno razvejanem odseku med Tratami / Mureckom in Gornjo Radgono / Bad Radkersburgom (odsek 3) je bila na primer povprečna širina l. 1876 okrog devetkrat večja od današnje (641 proti 71 m).
- **Zmanjšanje števila korit** Z regulacijo vodotoka in s tem povezanimi skrajšanji toka (okrog 10 km) se je število korit mejne Mure n.pr. v odseku 3 zmanjšalo od 3 do 7 (1817) na današnje eno korito.
- **Deficit proda** Zaradi povečanja vlečne napetosti pri dnu, preprečitve bočne erozije in premeščanja korita, kar je še poslabšalo zadrževanje proda pri elektrarnah v zgornjem toku, je prišlo do poglobljanja dna, ki je od l.1970 dalje znašalo v povprečju 50 cm oziroma največ 1,2 m v odseku 3.
- **Dinamična prodišča** Dandanes najdemo na mejni Muri le »stationarna« prodišča ob notranjih bregovih. V odseku 3 je v primerjavi z nekdanj v povprečju okrog 1 ha velikimi prodišči – danes le še pet prodišč velikosti 72-190 m², kar ustreza približno eni stotini prvotne površine.
- **Vodni sistem** S hidromorfološkega vidika lahko ugotovimo naslednje glavne deficite:
 - Preizrazit glavni rokav zaradi močne izravnave in zožitve rečne struge
 - Pomanjkanje stranskih rokavov
 - Deficiti pri prostih površinah gramoza
 - Sistem stranskih voda z občasnim pretokom
 - Pomanjkanje navezanih starih rokavov
 - Pomanjkanje toplih, s hranivi bogatih tolmunov in mlak
 - Pomanjkanje poplavne dinamike.

6.1.5 Flussbau

Ziel des Kapitels Flussbau ist die Erarbeitung von Maßnahmen zur Verhinderung der Eintiefung und zur Erhöhung der flussmorphologischen Dynamik. Das Kapitel Flussbau baut auf den Ergebnissen der Bearbeitungen zur Flussmorphologie und des Geschiebetransportmodells auf.

Flussabwärts von Mureck wurden in den letzten 30 Jahren Sohleintiefungen bis zu 1,2 m festgestellt. Als Gründe für die Sohleintiefungen sind der Geschieberückhalt im Einzugsgebiet und in den Oberliegerstrecken (z.B. Stauräume von Kraftwerken), die Erhöhung der Transportkapazität (Reduktion der Sohlbreite, Gefälleerhöhung) und die Verhinderung von Seitenerosion bzw. Umlagerungen durch Ufersicherungen zu nennen.

Die zum Teil in früheren Untersuchungen erarbeiteten Maßnahmenvarianten zur Verhinderung der Eintiefung und zur Erhöhung der flussmorphologischen Dynamik umfassten beispielsweise die Beeinflussung des Geschieberegimes (z.B. künstliche Geschiebezufuhr), die Fixierung des Flussprofils (z.B. Schwellen, Grobmaterialauflage), die Beeinflussung der Transportkapazität (Sohlstufen, Profilaufweitung) und den Einstau der Mur. In einer 1994 erstellten Studie wurden Sohlrampen, Sohlrampen plus Aufweitung oder die Errichtung von Kraftwerken vorgeschlagen. Im Rahmen dieses Projektes wurde noch die Variante Sohlbreitenerhöhung mit Seitenerosion ergänzt.

Die Analyse aller Maßnahmenvorschläge ergab, dass die neue Variante Sohlbreitenerhöhung auf ca. 200 bis 250 m, verbunden mit Seitenerosion alle erforderlichen Kriterien am besten erfüllt und damit die „optimale Variante“ zur Eindämmung der Eintiefung an der Grenzmur darstellt.

Auf Basis der Landnutzung, des Flächenpotenziales und der Kiesvorkommen im Vorland erfolgte die Ausarbeitung von fünf generellen Maßnahmentypen (drei Subtypen von Sohlbreitenerhöhungen gekoppelt mit Seitenerosion, ein Typ mit Aktivierung von seitlichen Geschiebereden und eine Maßnahme in räumlich beengten Verhältnissen) und deren Lokalisierung für die Definition des Berechnungsszenarios Szenario 1.

Das Szenario 1 wurde mit dem Geschiebetransportmodell auf seine Wirkung auf die Sohlentwicklung in den kommenden 60 Jahren geprüft. Es zeigte sich, dass dieses Maßnahmenpaket die weitere Sohleintiefung in der Grenzmur für einen Zeitraum von 60 Jahren verhindert.

Eine schrittweise Umsetzung der Sohlbreitenerhöhung durch Seitenerosion muss über diesen Zeitraum erfolgen. Im Geschiebetransportmodell wurden weitere Szenarien wie z.B. die reine Geschiebezufuhr geprüft, die jedoch keine vergleichbar günstigen Ergebnisse wie in Szenario 1 ergaben.

6.1.5 Vodne gradnje

Cilj poglavja Vodne gradnje je izdelava ukrepov za preprečitev poglobljanja in za povečanje hidromorfološke dinamike na mejni Muri. Poglavje Vodne gradnje temelji na rezultatih obdelav rečne morfologije in modela transporta proda.

Pod Mureckom so v zadnjih 30 letih ugotovili pogloblitve dna 1,2 m. Kot razloge za pogloblitve dna lahko navedemo zadrževanje proda v povodju in v višje ležečih odsekih (n.pr. akumulacije elektrarn), povečanje transportne zmogljivosti (zmanjšanje širine dna, povečanje padca) in preprečitev bočne erozije oziroma premeščanja z obrežnimi zavarovanji.

Variante ukrepov za preprečevanje poglobljanja in za povečanje hidromorfološke dinamike, ki so bile delno izdelane v prejšnjih raziskavah, so obsegale na primer vplivanje na režim proda (n.pr. umetno dodajanje proda), fiksiranje rečnega profila (n.pr. pragovi, nanašanje grobega materiala), vplivanje na transportno zmogljivost (talne stopnje, razširitev profila) in zajezitev Mure. V študiji, izdelani leta 1994, so predlagali talne pragove, talne pragove hkrati z razširitvijo ali izgradnjo elektrarn. V okviru tega projekta je bila kot dopolnitev še varianta povečanja širine dna z bočno erozijo.

Analiza vseh predlogov širine dna na 200 do 250 m, povezanim z bočno erozijo, najbolje ustreza vsem potrebnim kriterijem in predstavlja tako »optimalno varianto« za preprečevanje poglobljanja na mejni Muri.

Na podlagi rabe zemlje, površinskega potenciala in zaloga gramoza v zaledju je bilo izdelano pet splošnih tipov ukrepov (trije podtipi povečanja širine dna, povezanega z kočno erozijo, en tip z aktiviranjem bočnik žarišč proda in en ukrep v prostorsko utesenjenih razmerjih) in njihova lokalizacija za definiranje scenarija 1.

Scenarij 1 so v modelu transporta proda preverili v pogledu učinka na razvoj dna v prihodnjih 60. letih. Pokazalo se je, da ta sveženj ukrepov preprečuje nadaljnje poglobljanje v mejni Muri v obdobju 60. let. Povečanje širine dna z končno erozijo je treba izvesti postopno v obdobju 60. let. V modelu transporta proda so preverili še druge scenarije kot n.pr. čisto dodajanje proda, ki pa niso dali primerljivo ugodnih rezultatov kot scenarij 1.

Gewässerausbau, Ende 19. Jhdt.
Vodne gradnje ob koncu 19. stoletja



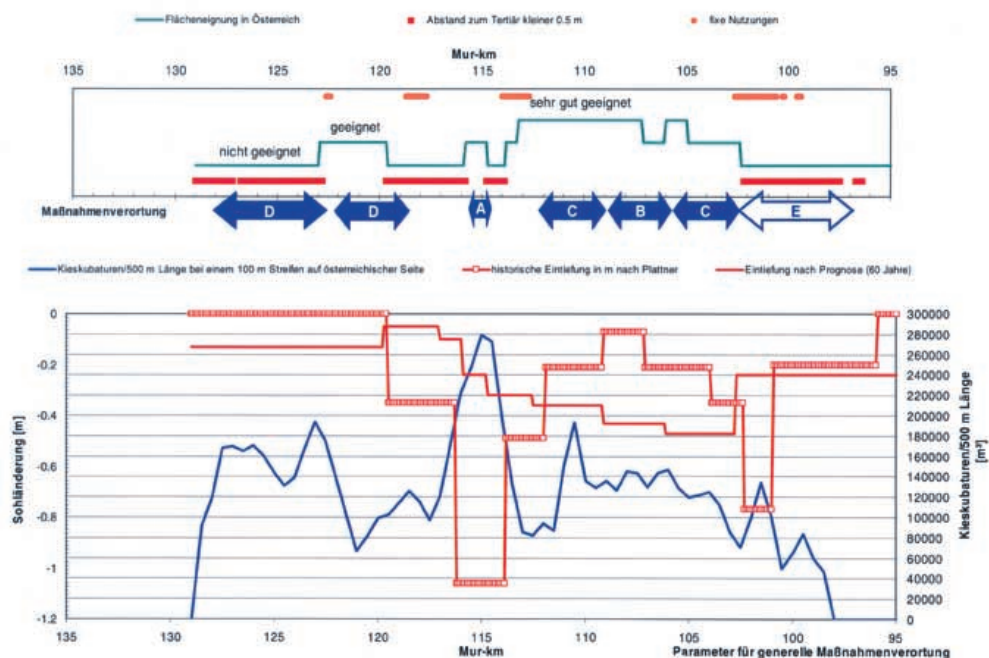
Maßnahmen

- Pilotmaßnahme Abschnitt Fkm 115,8 - 114,8 (A)**
 Die Aufweitung soll hier ca. 200 m betragen. Der Geschiebeeintrag soll durch Seitenerosion erfolgen. Der bestehende Hochwasserschutz wird nicht verschlechtert. In der oberen Hälfte der Strecke (ca. 500 bis 600 m Länge) soll mit einer Initialmaßnahme die Förderung der Seitenerosion erreicht (z.B. Anlage eines Nebenarmes) und durch Materialzugabe das bestehende Geschiebedefizit bis zum Wirken der selbsttätigen Seitenerosion kompensiert werden. Durch den Nebenarm werden auch erste Schritte zur Erreichung von Leitstrukturen gesetzt, z.B. Initiierung von unterschiedlich tiefen Gewässerabschnitten mit heterogenen Fließgeschwindigkeiten oder flach überhöhten Schotterbänke etc.
- Abschnitt Fkm 109,1 - 106,1 (B)**
 Die Aufweitung ist hier mit rd. 200 m anzugeben. Der Geschiebeeintrag wird über Seitenerosion (ausschließlich durch die Mure) erreicht. Aufgrund der angestrebten Sohlbreite ist mit der Entwicklung von Sohlstrukturen wie z.B. Schotterbänken zu rechnen.
- Abschnitte Fkm 112,6 - 109,1 und Fkm 106,1 - 102,7 (C)**
 Die Aufweitung auf ca. 200 m wird über Initialmaßnahmen und Seitenerosion angestrebt. Damit sollen die Sohleintiefung in der Maßnahmenstrecke und die Eintiefung in den flussabwärts gelegenen Abschnitten verhindert werden. Bei der Umsetzung der vorgeschlagenen Sohlbreite ist die Bildung von Schotterbänken zu erwarten.

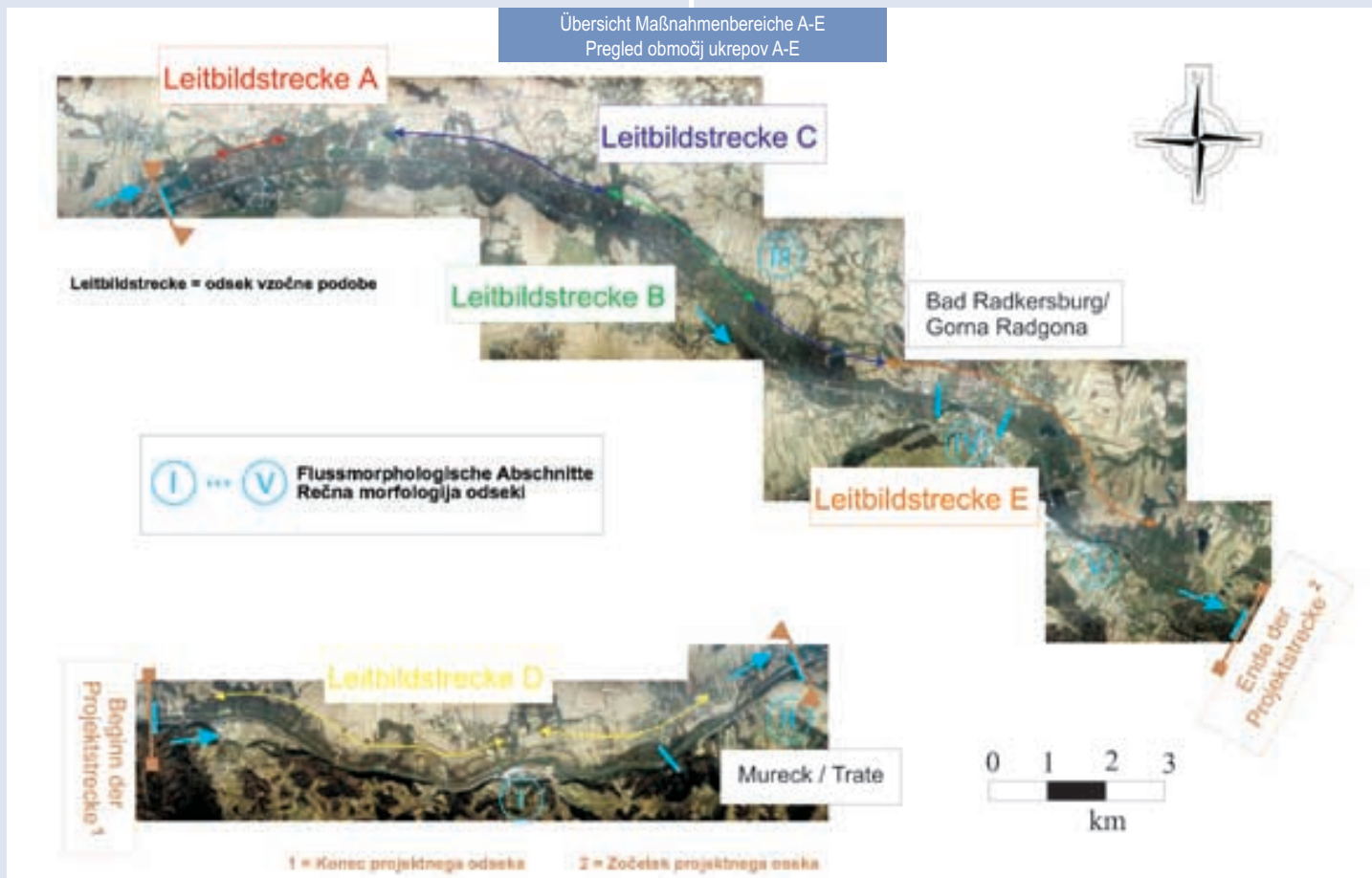
Ukrepi

- Pilotski ukrep v odseku rečnega km 115,8 – 114,8:**
 V tem odseku naj bi reko razširili na okrog 200 m. Prod naj bi se vnašal z bočno erozijo. Sedanja visokovodna zaščita se ne bo poslabšala. V zgornji polovici odseka (v dolžini okrog 500 do 600 m) naj bi z inicialnim ukrepom (n.pr. z izgradnjo stranskega rokava) dosegli pospešitev bočne erozije in z dodajanjem materiala kompenzirali sedanjí deficit proda, dokler ne bi učinkovala samodejna bočna erozija. S stranskim rokavom bi storili tudi prve korake za doseg vodilnih struktur, n.pr. iniciacijo različno globokih odsekov vodotoka s heterogenimi hitrostmi teka ali plitvo preplavljenih prodišč itd.
- Odsek rečnega km 109,1 – 106,1**
 V tem odseku naj bi reko razširili na okrog 200 m. Vnos proda dosežemo z bočno erozijo (izključno s samo Muro). Zaradi želene širine dna je treba računati z razvojem talnih struktur kot n.pr. prodišč.
- Odseka rečnih km 112,6 – 109,1 in 106,1 – 102,7**
 V tem odseku naj bi reko poskusili razširiti na okrog 200 m z inicialnimi ukrepi in bočno erozijo. S tem naj bi preprečili poglobljanje dna v odseku ukrepov in poglobljanje v nižje ležečih odsekih. Pri realizaciji predlagane širine dna lahko pričakujemo tvorbo prodišč.
- Odseka rečnih km 128,5 – 122,7 in 122,3 – 118,8**
 Efektivna širina dna Mure ostane v veliki meri nespremenjena, s spremembami rečne morfologije v glavni strugi ni treba računati. Na primernih mestih je treba aktivirati bočna žarišča proda. V tem odseku je treba izvesti še nadaljnje ukrepe, n.pr. reaktiviranje starih in stranskih rokavov Mure. Od navezave stranskih

Darstellung der Rahmenbedingungen und Maßnahmentypen für Szenario 1 (Kiesvorkommen Österreich)
 Prikaz okvirnih pogojev in tipov ukrepov za scenarij 1 (nahajališča proda v Avstriji)



Übersicht Maßnahmenbereiche A-E
Pregled območij ukrepov A-E



• **Abschnitte Fkm 128,5 - 122,7 und Fkm 122,3 - 118,8 (D)**

Die wirksame Sohlbreite der Mur bleibt weitgehend unverändert, es ist mit keiner Änderung der Flussmorphologie im Hauptfluss zu rechnen. An geeigneten Stellen sind seitliche Geschiebebeherde zu aktivieren. In dieser Strecke sind weitere Maßnahmen zu setzen, z.B. Reaktivierung von Alt- und Nebenarmen der Mur. Über die Anbindung von Nebenarmen etc. werden positive Auswirkungen auf die gesamte Flussmorphologie erwartet. Das trifft besonders dann zu, wenn im Vorland Dynamik möglich ist.

• **Abschnitt Fkm 102,7 - 97,0 (E)**

Im Siedlungsgebiet von Bad Radkersburg / Gorna Radgona ist eine Erhöhung der wirksamen Sohlbreite nicht möglich. In den nächsten 60 Jahren ist hier keine weitere Sohleintiefung zu erwarten.

kih rokavov itd. pričakujemo pozitivne vplive na celotno rečno morfologijo. To drži zlasti takrat, če je v zaledju mogoča dinamika.

• **Odsek rečnega km 102,7 – 97,0**

V naseljenem območju Gornje Radgone / Bad Radkersburga efektivne širine dna ni mogoče povečati. V naslednjih 60-tih letih tukaj ni treba pričakovati nadaljnega poglobljanja dna.

Uferstrukturierung / Strukturiranje obrežja



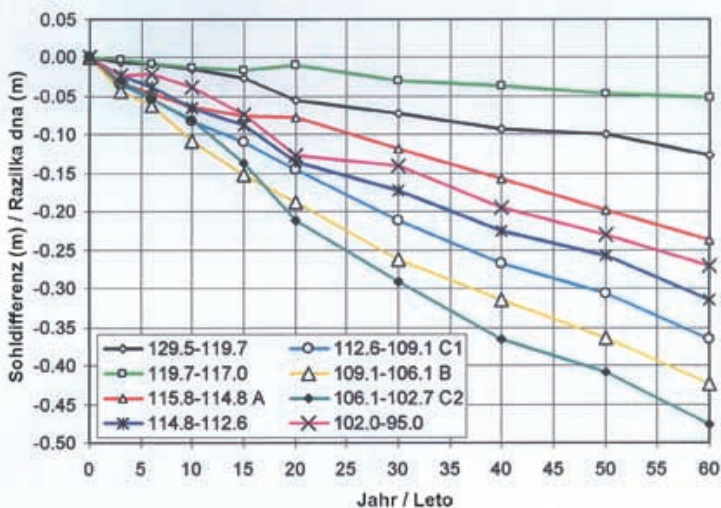
6.1.6 Geschiebetransportmodell

Mit Hilfe des Geschiebetransportmodells MORMO wurde untersucht, wie sich die Flusssohle in Zukunft verhält und ein generelles Konzept zur Behebung der Eintiefung entwickelt und geprüft. Das vorgeschlagene Konzept basiert auf der Untersuchung mehrerer Einzelvarianten und Variationen. Entsprechend der Aufgabe eines wasserwirtschaftlichen Grundsatzkonzepts, bleiben die Aussagen dabei auf einer generellen Ebene. Für die konkrete Umsetzung von Vorhaben sind weitere Planungsschritte mit Unterstützung durch das Geschiebetransportmodell erforderlich.

Für viele Bereiche der Wasserwirtschaft und der Ökologie ist es notwendig zu wissen, wie sich die Sohllage in den nächsten Jahrzehnten entwickeln wird. Beispiele dafür sind der Hochwasserschutz und die Kommunikation des Flusses mit den Auen sowohl bei Hochwässern als auch über das Grundwasser.

Aus den Zukunftsprognosen des Geschiebetransportmodells ist abzulesen, dass die Eintiefung der Grenzmur kontinuierlich fortschreitet. Die Entkoppelung von Fluss und Aue nimmt von Jahr zu Jahr zu, ebenso die Unterspülung von Ufersicherungen. Diese Prognose, die so genannte Nullvariante dient als Vergleichsbasis um die Wirksamkeit von flussbaulichen Maßnahmen beurteilen zu können.

Sohlentwicklung in charakteristischen Abschnitten, Nullvariante
Ničelna Varianta - razvoj dna v karakterističnih odsekih



Bei der Entwicklung der konkreten Problemlösungen zur Verhinderung der Eintiefung in der gesamten Strecke der Grenzmur zeigte sich bald, dass eine Verbesserung des Geschiebehaltungs allein nicht ausreicht. Vielmehr ist eine Maßnahmenkombination von positiver Beeinflussung des Geschiebehaltungs und Verbreiterung des Flusses erforderlich.

Belegt durch die Modellrechnungen wird vorgeschlagen, die morphologische Entwicklung des Gewässers in die Breite über Seitenerosion zu fördern. Gleichzeitig dient das Geschiebe aus den Aufweitungsstrecken zur Verbesserung des Geschiebehaltungs und zur Hebung der Flusssohle (zwischen 60 und 100 cm).

Die Verbreiterung des Flusses beschränkt sich in der generellen Untersuchung auf den Bereich von Mureck/Trate bis Bad Radkersburg/ Gornja Radgona. Dabei ist eine Erhöhung der geschiebewirksamen Breite auf etwa das Doppelte der heutigen

6.1.6 Model transporta proda

S pomočjo modela transporta proda MORMO so raziskovali, kako se bo v prihodnosti razvijalo rečno dno mejne Mure in izdelali ter preverili splošno zasnovo za preprečevanje poglobljanja. Predlagana zasnova temelji na raziskavi več posameznih variant in variacij. Ustrezno nalogi načelne vodnogospodarske zasnove ostajajo pri tem trditve na splošni ravni. Za konkretno realizacijo projekta so potrebni nadaljnji načrtovalni koraki, podprti z modelom transporta proda.

Za mnoga področja vodnega gospodarstva in ekologije je potrebno vedeti, kako se bo lega dna razvijala v naslednjih desetletjih. Primera za to sta visokovodna zaščita in komunikacija reke z lokami tako pri visokih vodah kot tudi preko podtalnice.

Iz prognoz, ki jih model transporta proda daje za prihodnost, lahko razberemo, da se poglobljanje Mure kontinuirano nadaljuje. Reka in loke imajo iz leta v leto manj povezave, izpodjedanje obrežnih zavarovanj je vedno močnejše. Ta prognoza, imenovana ničelna varianta, rabi za presojo učinkovitosti vodnogradbenih ukrepov.

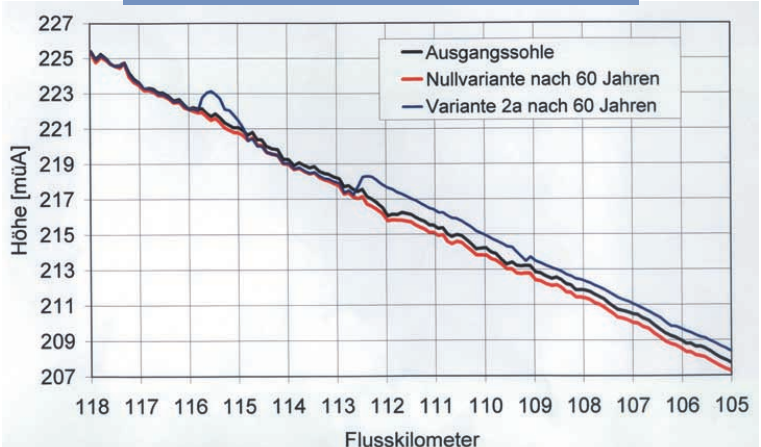
Pri razvoju konkretnih rešitev problemov za preprečevanje poglobljanja v celotnem odseku mejne Mure se je kmalu pokazalo, da samo izboljšanje ravnovesja proda ni dovolj. Potrebna pa je kombinacija ukrepov s pozitivnim vplivom na ravnovesje proda in razširitev reke.

Na dokazih modelnih izračunov predlagajo, naj bi z bočno erozijo pospešili razvoj reke v širino. Hkrati rabi materil proda iz razširjenih odsekov za izboljšanje ravnovesja proda in za dvig rečnega dna (med 60 in 100 cm).

Razširitev reke je v splošni raziskavi omejena na območje od Trat / Murecka do Gornje Radgone / Bad Radkersburga. Pri tem je predvideno povečanje širine, ki učinkuje na prod, na približno dvakratno današnje širino reke, torej na približno 150 m. Iz odseka od Ceršaka do Trat / Murecka je potencial proda prav tako uporaben za mejno Muro. Za predvideno varianto sanacije pa je v vsakem primeru potrebno več proda iz zgornjega toka Mure oziroma njenih pritokov kot pa je danes po naravni poti na voljo. Izboljšanje ravnovesja proda ne koristi samo mejni Muri, temveč tudi Notranji Muri in dalje navzdol.

Modelni izračuni so pokazali, da bi mejno Muro z navedenim predlogom ukrepov lahko stabilizirali za obdobje okrog 60 let. Če se pa v prihodnjih 60 letih ne bi dalo nadalje izboljšati rav-

Längsprofile / Vzdolžni profili



Flussbreite, also etwa 150 m, vorgesehen. Aus der Strecke von Ceršak bis Mureck/ Trate ist ebenfalls Geschiebepotential für die Grenzmu nutzbar. Die vorgeschlagene Sanierungsvariante benötigt in jedem Fall mehr Geschiebe aus dem Oberlauf der Mu bzw. deren Zubringer als heute auf natürlichem Weg zur Verfügung steht. Die Verbesserung des Geschiebehaushalts dient nicht nur der Grenzmu selbst sondern auch der Inneren Mu in Slowenien und weiter flussabwärts.

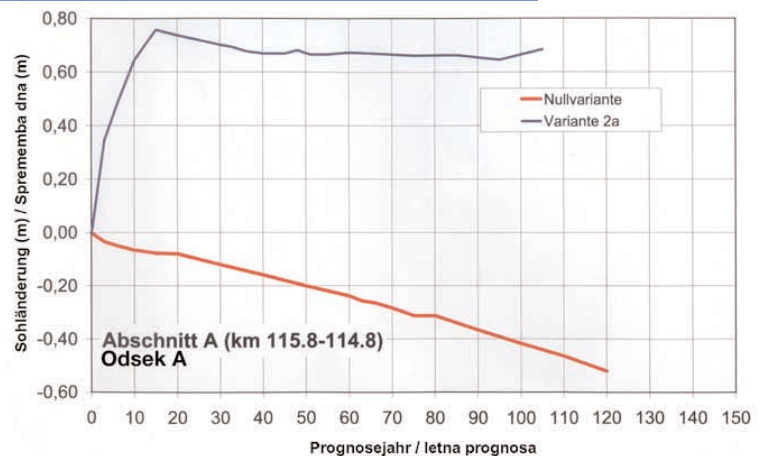
Die Modellrechnungen zeigten, dass die Grenzmu mit dem o.a. Maßnahmenvorschlag für einen Zeitraum von etwa 60 Jahren zu stabilisieren wäre. Sollte jedoch in den nächsten 60 Jahren keine weitere Verbesserung des Geschiebehaushalts vom Oberlauf her gelingen, sind im Bereich Bad Radkersburg/ Gornja Radgona zusätzliche Sohlstabilisierungsmaßnahmen erforderlich. Auch für dieses Szenario wurde eine erfolgversprechende Maßnahme mit einer abschnittweisen Sohlrollierung entwickelt. Die aufgeweiteten Bereiche bleiben mit relativ geringem Geschiebeeintrag stabil, vorausgesetzt, dass der Fluss die gesamte Breite nutzen kann und es nicht zu Rinnenbildung kommt. Damit liegt für die Grenzmu ein, mit dem Geschiebetransportmodell MORMO getestetes, ergänztes und verfeinertes Konzept vor, mit dem die Flusssohle in Zukunft langfristig und dynamisch stabilisiert werden kann.

Die vorgeschlagenen Aufweitungen erweisen sich nach einer Grobabschätzung auch positiv für den Hochwasserschutz. Durch die Aufweitung steht dem Fluss mehr Platz zur Verfügung und die Wasserspiegel bei extremen Hochwässern sinken gegenüber heute. Weiters kann die verbreiterte Grenzmu Schwankungen im Geschiebehaushalt wesentlich besser ausgleichen als der heutige enge „Flussschlauch“. Die Pufferkapazität des Sohl-speichers erhöht sich um ein Drittel.

novesja proda iz zgornjega toka, so v območju Gornje Radgone / Bad Radkersburga potrebni dodatni ukrepi za stabilizacijo dna. Tudi za ta scenarij so razvili obetaven ukrep z vnašanjem grobega kamna na dno po odsekih. Razširjena območja ostajajo stabilna z relativno majhnim vnosom proda ob predpostavki, da lahko reka izrabi celotno širino in da ne pride do tvorbe korit. S tem je za mejno Muro na voljo dopolnjena in izboljšana zasnova, testirana z modelom transporta proda MORMO, s katero lahko v prihodnosti dolgoročno in dinamično stabiliziramo rečno dno.

Predlagane razširitve se kažejo po grobi oceni kot pozitivne tudi za visokovodno zaščito. Zaradi razširitve ima reka na voljo več prostora in vodne gladine pri ekstremno visokih vodah so nižje kot danes. Poleg tega lahko razširjena mejna Mura nihanja ravnovesja proda izravna dosti bolje kot današnja ozka rečna struga. Izravnalna zmožnost vmesnega zadrževanja materiala se poveča za tretjino.

Abchnittsweise Entwicklung der mittleren Flusssohle über die Zeit
Casovni razvoj sredine rečnega dna v posameznih odsekih



Geschiebezugabe beim Bau des Mureck-Radkersburger Mühlenkanals /
Dodajanje proda pri izvedbi mlinsčice Cmurek-Radgona



6.1.7 Niederwasser

Charakteristisch für die Niederwasserabflüsse ist, dass in der Trockenperiode keine rasche Abflussänderung erfolgt. Der Abfluss bleibt mehrere Tage lang unverändert, zwischen den Spitzen- und Tagesmittelwerten gibt es also keine Unterschiede.

Für die ganzheitliche Betrachtung der Niederwasserabflüsse wurde auch eine Trendanalyse der minimalen Jahresabflüsse durchgeführt. Für alle Pegelstationen war ein leicht positives Ergebnis festzustellen, was auf eine geringfügige Erhöhung der Minimalabflüsse im Betrachtungszeitraum schließen lässt.

Die Berechnung der Niederwasserführung erfolgte - wie bei der Berechnung der HQ_{30} und HQ_{100} Anschlaglinien mit dem Programm HECRAS. Der Vergleich zwischen den berechneten und den bei den Pegelstationen gemessenen Wasserspiegellagen zeigte eine gute Übereinstimmung der Werte.

6.1.7 Nizka voda

Višine vodne gladine so bile izračunane za tri pretoke nizke vode.

Za pretoke nizke vode je karakteristično, da v sušnem obdobju ni hitrih sprememb pretoka, ki ostane več dni nespremenjen, med končnimi in dnevnimi povprečnimi vrednostmi torej ni sprememb.

Za celostno obravnavo pretokov nizke vode so naredili tudi analizo trenda minimalnih letnih pretokov. Za vse vodomerske postaje je bilo mogoče ugotoviti malenkostno pozitivne rezultate, kar dopušča sklepe, da so se minimalni pretoki v obravnavanem obdobju rahlo povečali.

Kot izračun poplavnih linij za Q_{vv30} in Q_{vv100} so tudi pretoke nizke vode izračunali z modelom HECRAS. Primerjava izračunanih vrednosti višin vodne gladine in vrednosti, izmerjenih v vodomerskih postajah, kaže, da se dobro ujemajo.

Charakteristische Niederwasserführungen / Značilna nizka voda

Minimaler jährlicher Niederwasserabfluss, $MJNQ_T$ Minimalni letni pretok nizke vode, $MJNQ_T$	$Q = 40,5 \text{ m}^3/\text{s}$
Mittlerer jährlicher Niederwasserabfluss, $MJNQ$ Srednji letni pretok nizke vode, $MJNQ$	$Q = 58 \text{ m}^3/\text{s}$
Niederwasserabfluss mit der Dauer von 95 Tagen im Jahr, $Q_{95\%}$ Pretok nizke vode v trajanju 95 dni na leto, $Q_{95\%}$	$Q = 64 \text{ m}^3/\text{s}$



Niederwasser bei Bad Radkersburg/Gornja Radgona
Nizka voda pri Gornji Radgoni/Bad Radkersburgu



6.2 Ökologie

6.2.1 Fischbestand Mur

Die historische Fischfauna der Grenzmur weist mit früher 52 vorhandenen Arten eine - im Vergleich mit ähnlichen Fließgewässern - außerordentlich hohe Artenvielfalt auf. Dies ist vor allem auf das Vorkommen von Fischarten mit unterschiedlichsten ökologischen Ansprüchen zurückzuführen.

Epipotamale Fließgewässerabschnitte wie die Grenzmur zählen zu den produktivsten heimischen Gewässerabschnitten. Fischdichten von mehreren tausend Individuen pro Hektar mit Biomassen von mehreren hundert Kilogramm pro Hektar sind für diese Region charakteristisch. Bezogen auf ein „ursprüngliches“ System weisen jedoch alle Untersuchungsabschnitte der Grenzmur geringe Bestandeswerte auf. Auch wenn lokal durchaus unterschiedliche Dichte- und Biomassewerte vorliegen, bleiben die Werte mit ca. 60 kg Biomasse pro Hektar um ein Vielfaches geringer als in vergleichbaren Referenzgewässern. Betrachtet man die Bestandeswerte von einzelnen Arten, zeigt sich, dass nur wenige - aus dem grundsätzlich reichen Artenspektrum - mit relevanten Bestandeswerten vertreten sind. Dabei handelt es sich um Kleinfischarten, wie z.B. der Schneider und klassische „Allerweltsarten“ (Ubiquisten), wie das Aitel.



Nase beim Abbläichen / Podust med drstenjem

Das aktuelle Fischartenspektrum der Grenzmur ist immer noch hoch, im Vergleich zur historischen Fischfauna fehlen nur wenige Arten. Einerseits ist das auf die flussabwärts offenen Kontinuumsverhältnisse - 1000 km freie Fließstrecke zwischen Mur, Drau und Donau – zurückzuführen. Andererseits kommt die Nähe zur unmittelbar flussabwärts liegenden slowenischen Murstrecke mit ihrer attraktiven Lebensraumausstattung zum Tragen. Beide Faktoren wirken sich positiv auf die „Artenbilanz“ in der Grenzmur aus.

Arten, die in eigenständigen Populationen anzutreffen sind, finden sich überwiegend in der ökologischen Gruppe, deren Lebensraumansprüche im begradierten, aber ungestauten Hauptarm der Grenzmur erfüllt sind. Der Mangel an Nebengewässern mit unterschiedlichem Vernetzungsgrad zeigt sich im Fehlen von eigenständigen Populationen von jenen Gruppen, die hohe Ansprüche an die Verbindung an ein Seiten- bzw. Nebengewässersystem (laterale Konnektivität) stellen.

6.2 Ekologija

6.2.1 Ribij stalež v Muri

Zgodovinska ribja favna mejne Mure kaže z nekaj prisotnimi 52 vrstami – v primerjavi s podobnimi tekočimi vodami – izredno veliko raznolikost vrst. To je treba pripisati predvsem pojavljanju ribjih vrst z najrazličnejšimi ekološkimi zahtevami.

Epipotamalni odseki tekočih voda, kot je mejna Mura, štejejo med najproduktivnejše domače vodne odseke. Za to regijo so karakteristične gostote rib več tisoč osebkov na hektar z biomasi več sto kilogramov na hektar. V odnosu na »prvotnik« sistem pa kažejo vsi raziskovalni odseki mejne Mure majhne vrednosti staleža. Četudi imamo lokalno veskozi različne vrednosti gostote in biomase, ostajajo vrednosti okrog 60 kg biomase na hektar nekajkrat manjše kot v primerljivih referenčnih vodak. Če gledamo o vrednosti staleža posameznih vrst, se pokaže, da je le malo vrst – iz sicer načelno bogatega spektra vrst – zastopanih z relevantnimi vrednostmi staleža. Pri tem gre za vrste majhnih rib, kot n.pr. pisanka in klasični »povsodnjiki« (ubikvisti), kot je klen.

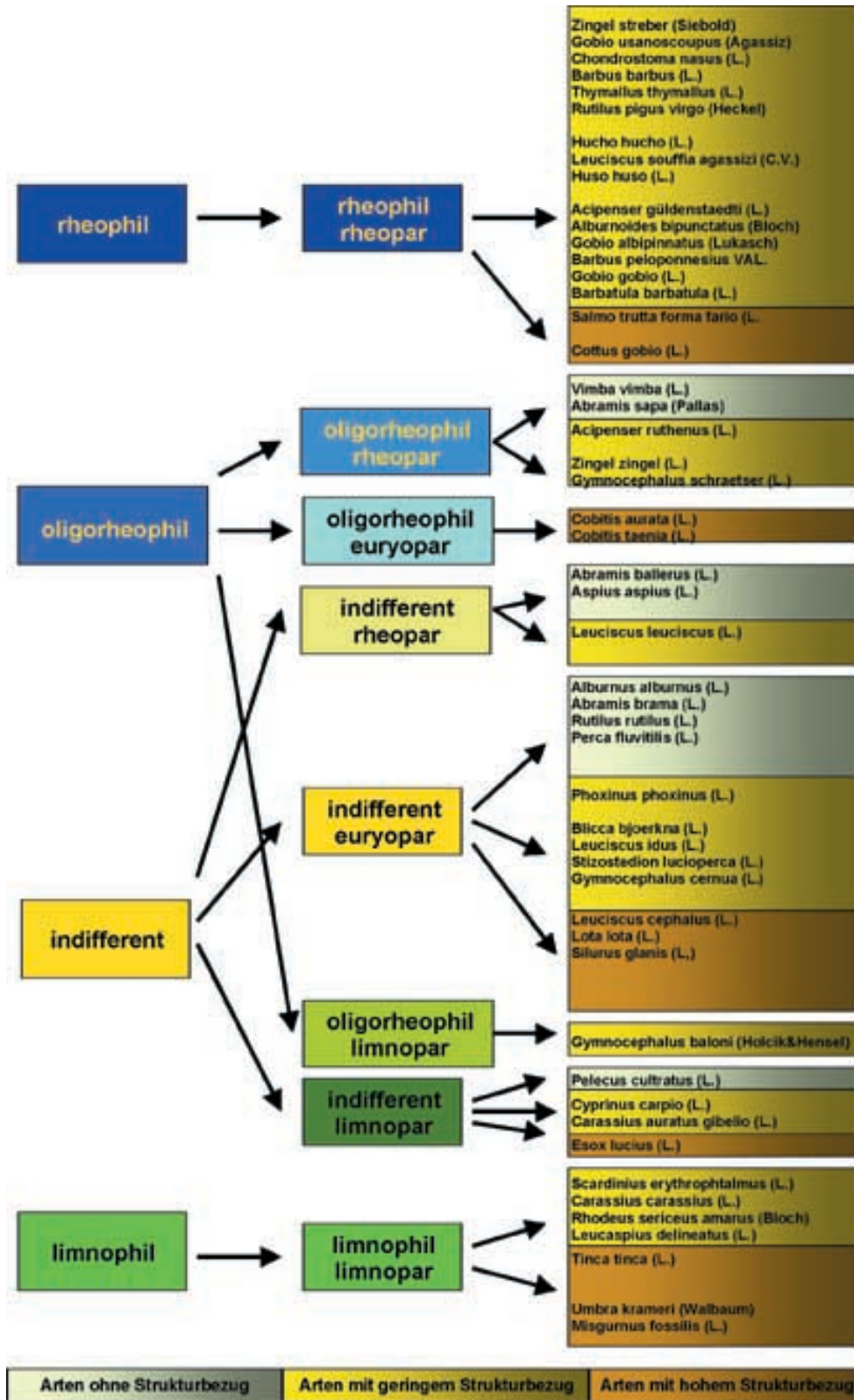
Aktualni spekter ribjih vrst mejne Mure je še vedno velik, v primerjavi z zgodovinsko ribjo favno manjka le malo vrst. Po eni strani je to treba pripisati dolvodno odprtim razmeram kontinuuma – 1000 km prostega teka Mure, Drave in Donave. Po drugi strani pa vpliva bližina neposredno dolvodno ležečega odseka slovenske Mure z njeno privlačno oblikovitostjo življenjskega prostora. Oba faktorja pozitivno vplivata na »bilanco vrst« mejne Mure.

Vrste, ki jih najdemo v samobitnih populacijah, do pretežno v ekološki skupini, katere zahteve po življenjskem prostoru so izpolnjene v izravnanim, toda nezajezenem glavnem rokavu mejne Mure. Pomanjkanje stranskih voda z različno stopnjo prepletanja se kaže v pomanjkanju samobitnih populacij tistih vrst, ki imajo velike zahteve po povezavi s paralelnim oziroma stranskim vodnim sistemom (lateralna konektivnost).

Barbe / Mrena



Einteilung der historischen Fischfauna der Grenzmuir
 Klasifikacijska shema ribje favne, dokumentirane v okviru raziskave v mejni Muri



Arten ohne Strukturbezug	Arten mit geringem Strukturbezug	Arten mit hohem Strukturbezug
Brez navezanosti na strukture	Zmerno navezane na strukture	Močno navezane na strukture

6.2.2 Strukturhebung

Die Strukturkartierung wurde bei Niederwasser in drei repräsentativen Untersuchungsabschnitten durchgeführt:

- **Abschnitt Gersdorf/ Ceršak** Der Großteil des linken Mufers ist durch eine grobe Schichtung mit Betonblöcken gesichert (größtenteils unterspült). Rechtsufrig dominiert das „Bruchufer“.
- **Abschnitt Mureck/ Trate** Rechtsufrig Situation vergleichbar der oben angeführten, linksufrig dominiert Steinschichtung. Ebenfalls stark vertreten ist eine Schichtung mit groben Betonblöcken (auch zusammen mit Steinen), die größtenteils unterspült ist.
- **Abschnitt Mele** Rechtsufrig Sicherung großteils durch Schichtung mit groben Betonblöcken, meist unterspült. Linksufrig ebenfalls überwiegend Steinschichtungen, etwas geringerer Anteil der Sicherung mit groben Betonblöcken.

Die Ergebnisse der Strukturkartierung zeigen, dass der Abschnitt Gersdorf / Ceršak nicht attraktiv ist. Es handelt sich um ein enges Profil ohne Schotterbänke.

Der Abschnitt Mureck/ Trate besitzt die meisten Strukturelemente und ist - es handelt sich um einen gestreckten Abschnitt - mit dem historischen Zustand vergleichbar. Hier war der Einfluss des Menschen am geringsten. Der Abschnitt Mele weist als einziger noch Schotterbänke auf.

Dies bedeutet, dass die Mur hier noch Potenzial zur Schaffung von dynamischen Strukturen hat.



6.2.2 Ugotavljanje struktur

Kartiranje struktur so opravili pri nizki vodi v treh reprezentativnih raziskovalnih odsekih:

- **Odsek Ceršak / Gersdorf** Večji del levega brega je zavarovan z grobo poravnavo betonskih blokov (večinoma spodjedenih). Na desnem bregu prevladuje »podrti breg.«
- **Odsek Trate / Mureck** Na desnem bregu je situacija primerljiva s prej navedeno, na levem bregu prevladuje poravnava s kamnom. Prav tako močno je zastopana poravnava z grobimi betonskimi bloki (tudi skupaj s kamni), ki je večinoma spodjedenjena.
- **Odsek Mele** Na desnem bregu zavarovanje večinoma s poravnavo z grobimi betonskimi bloki, pretežno izpodjedenjeno. Na levem bregu prav tako pretežno poravnave s kamni, nekoliko manjši delež zavarovanja z grobimi betonskimi bloki.

6.2.3 Makrozoobenthos

Hinsichtlich der makrozoobenthischen Besiedlung ist die Mur der Übergangzone Äschenregion - Barbenregion (Hyporhithral – Epipotamal) zuzuordnen. Bereits aufgrund der qualitativen Beprobung war eine für vergleichbare Flüsse hohe Artenvielfalt mit insgesamt 109 nachgewiesenen Arten festzustellen. Vor allem der hohe Anteil an Eintagsfliegen- und Steinfliegenarten und -individuen lässt auf relativ intakte, naturnahe abiotische Bedingungen an der Flusssohle schließen.

Die heutige Makrozoobenthoszönose der Mur ist von strömungsliebenden Elementen der Äschenregion geprägt. Hervorzuheben ist eine individuenreiche Steinfliegen-gesellschaft, die sich v.a. durch die räuberisch lebenden Arten *Siphonoperla taurica* und *Perlodes microcephalus* auszeichnet. Das Auftreten der als besonders sensibel geltenden Ordnung der Steinfliegen ist in großen Flüssen ungewöhnlich und höchst bemerkenswert.

Neben den oben erwähnten strömungsliebenden Arten treten in wenigen Einzelexemplaren auch typische Tieflandflussarten, wie die Eintagsfliegenarten *Heptagenia longicauda*, *H. sulphurea* und *H. flava*, die Köcherfliege *Brachycentrus subnubilus*, der Egel *Erpobdella nigracollis* und die Grundwanze *Aphelocheirus aestivalis* auf. Aus Befunden der Mündungsbereiche der Grabenlandbäche in die Mur sind zudem auch isolierte Populationen

6.2.3 Makrozoobentos

V pogledu makrozoobentonske poselitve je treba Muro uvrstiti v prehodno cono med regijo lipana in mreine (hiporitralno – epipotamalno). Že na podlagi kvalitativnega vzorčenja so lahko ugotovili za primerljive reke veliko raznolikost vrst s skupno 109 dokazanimi vrstami. Predvsem velik delež vrst in osebkov enodnevnice in vrbnic dopušča sklep o relativno neokrnjenih, sonaravnih abiotičnih pogojih na dnu reke.

Današnji cenozi makrozoobentosa Mure dajejo pečat elemente regije lipana, ki ljubijo strujanje. Poudariti je treba z osebkovi bogato združbo vrbnic, ki se odlikuje predvsem z roparsko živečimi vrstami *Siphonoperla taurica* in *Perlodes microcephalus*. Pojav reda vrbnic, ki veljajo za posebno občutljive, je za velike reke nenavadno in zelo upoštevanja vreden.

Poleg že omenjenih vrst, ki ljubijo strujanje, se z maloštevilnimi primerki pojavljajo tudi tipične vrste nižinskih rek, kot so vrste enodnevnice *Heptagenia longicauda*, *H. sulphurea* in *H. flava*, vrbnica *Brachycentrus subnubilus*, pijavka *Erpobdella nigracollis* in talna stenica *Aphelocheirus aestivalis*. Iz najdb v izlivnih območjih grabenlandskih potokov v Muro so poleg tega znane tudi izolirane populacije specializiranih in danes že po vsej Srednji Evropi ogrožene vrste rečnih školjk kot je rečna školjka *Unio crassus* in potčni škrček *U. pictorum*. Vrsta polža *Holandriana holandii*, ki velja v Avstriji za izginulo, je bila v tem območju odkrita poleg

von spezialisierten und heute schon mitteleuropaweit gefährdete Flussmuschelarten wie die Flussmuschel *Unio crassus* und die Malermuschel *U. pictorum* bekannt. Die in Österreich als verschollen geltende Schneckenart *Holandriana holandrii* konnte ebenfalls im Gebiet neben der extrem seltenen Kahnschnecke *Theodoxus danubialis stragulatus* nachgewiesen werden. Die meisten dieser Arten bevorzugen strömungsberuhigte Bereiche in peripheren Zonen größerer Flüsse, wie sie einst in einer Vielzahl in Form von Nebenarmen der Mur vorlagen. Heute sind diese Arten auf kleinräumige Buchtbereiche der Mur bzw. nur mehr in die von der Mur selbst weitgehend unbeeinflussten Mühlgänge zurückgedrängt.

Bei der Beurteilung der makrozoobenthischen Lebensgemeinschaften der Grenzmur ist der Effekt einer „Rhithralisierung“, d.h. Verschiebung der Artenzusammensetzung von Arten der Tieflandflüsse zu Arten von Oberläufen, festzustellen. Dieses Phänomen tritt im Zuge von Längsregulierungen von Flüssen häufig auf und entsteht durch die Einengung der Flüsse, die Laufverkürzung mit der damit verbundenen Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeiten und die Veränderung der Substratsortierung. Der Lebensraum von Arten, die strömungsberuhigte Bereiche bevorzugen sowie von auf Feinsubstrate spezialisierten Elementen ist drastisch eingeschränkt.

izredno redkega zobatega polžka *Theodoxus danubialis stragulatus*. Večina teh daje prednost območjem z mirnim strujanjem v perifernih conah večjih rek, ki jih je bilo nekdaj mnogo v obliki stranskih rokavov Mure. Danes so te vrste odrinjene v majhne prostore območij zalivov Mure oziroma v mlinščice, na kateri pa Mura sama večinoma ne vpliva več.

Pri presoji makrozoobentonskih življenjskih združb mejne Mure lahko ugotovimo učinek »ritalizacije«, to je premika sestava vrst od vrst nižinskih rek k vrstam zgornjih tokov. Ta fenomen se je pogosto pojavljal v tek vzdolžnih regulacij rek in nastane zaradi zoženja reke, skrajšanja toka in s tem povezanega povečanja, hitrosti strujanja ter spremembe sortiranja substrata. Življenjski prostor vrst, ki ljubijo območja z umirjenim strujanjem kot tudi elementov, specializiranih na fine substrate, je drastično omejen.

Rezultati kartiranja s struktur kažejo, da odsek Ceršak / Gersdorf ni atraktiven. Gre za ozek profil brez prodišč. Odsek Trate / Mureck ima največ strukturnih elementov in je – gre za iztegnjen odsek – primerljiv z zgodovinskim stanjem. Tukaj je bil vpliv človeka najmanjši. Odsek Mele še edini kaže prodišča. To pomeni, da ima Mura tukaj še potencial za ustvarjanje dinamičnih struktur.



Gleitufer bei Mureck/Trate / Polozna brezina pri Trate/Mureck

6.3 Leitbilddiskussion Phase I

Zur bilateralen Abstimmung zwischen Österreich und Slowenien wurden insgesamt vier Leitbildworkshops abgehalten. Es liegen abgestimmte, generelle Aussagen zur visionären und operationalen Stufe des Leitbildes vor.

Insgesamt sind fünf Leitbildstrecken an der Grenzmuur ausgewiesen. Die Leitbildparameter (Charakteristika, Leitstrukturen sowie Leitarten und -gesellschaften) sind in der Leitbildmatrix zusammengefasst. Ein genereller Leitbild-Typ, Sohlaufweitung mit Seitenerosion und Anbindung der Auengewässer, wurde definiert.

6.3.1 Leitbildskizze visionäre Stufe

Die systembestimmenden abiotischen Komponenten an der Grenzmuur sind auf der Einzugsgebietsebene der Geschiebeeintrag und das Abflussgeschehen, für die Untersuchungsstrecke sind es der Geschiebehaushalt und der Gewässertyp.

Hoher Geschiebeeintrag aus dem Einzugsgebiet ist anzuführen, die Grenzmuur wäre unter typspezifischen Verhältnissen ein hochdynamischer Fluss mit (ausgeprägter) seitlicher Wanderung, wobei die „Wanderungsgeschwindigkeit“ in geologischen Zeiträumen gerechnet vergleichsweise hoch ist. Bei heutigen Verhältnissen würde sich das System - unter der Voraussetzung von Bewegungsfreiheit - von sich aus anders ausbilden.

Bei den historischen Analysen wurden 50 Fischarten, die in 15 Gesellschaften assoziiert waren, festgestellt. Es handelt sich, bedingt durch die vergleichsweise rasche Lateralwanderung der Muur um ein System mit „kurzlebigen“, allerdings stark differenzierten Lebensräumen. Grundsätzlich ist von einer raschen zeitlichen Abfolge der Lebensräume im aquatischen, semiaquatischen und terrestrischen Bereich auszugehen.

6.3.2 Leitbildskizze operationale Stufe

Im Hinblick auf die gewässerspezifische (operationale) Ebene ist von dem generellen Leitbild-Typ Sohlaufweitung mit begleitender Seitenerosion und Anbindung der Auengewässer auszugehen. Der vorgestellte generelle morphologische Leitbildtyp „Aufweitung mit Seitenerosion“ ist als Minimalansatz zu verstehen. Weitere zu berücksichtigende Faktoren sind:

- **Abflussdynamik:** je größer die Fläche, desto mehr Dynamik ist möglich
- **Geschiebehaushalt** mit Geschiebeinput von flussaufwärts
- **Laterale Vernetzung:** Flächenreserven für Ökologie und Geschiebeinput sicherstellen
- **Berücksichtigung** von Schutz- und Nutzungsinteressen der Bevölkerung

6.3 Diskusije vzorčne podobe, faza I

Za bilateralno usklajevanje med Slovenijo in Avstrijo so potekale skupno štiri delavnice vzorčne podobe. Na voljo so usklajena, splošna sporočila v vizionarski in operativni stopnji vzorčne podobe.

Skupno je na mejni Muri označenih pet odsekov vzorčne podobe. Parametri vzorčne podobe (karakteristike, vodilne strukture kot tudi vodilne vrste in združbe) so zbrani v matriki vzorčne podobe. Definiran je bil splošni tip vzorčne podobe in sicer razširitev dna z bočno erozijo in navezavo voda na lokah.

6.3.1 Skica vzorčne podobe, vizionarska stopnja

Abiotični komponenti na mejni Muri, ki določata sistem, sta na ravni povodja vnos proda in režim pretoka, za raziskovalni odsek pa sta ravnovesje proda in tip vodotoka.

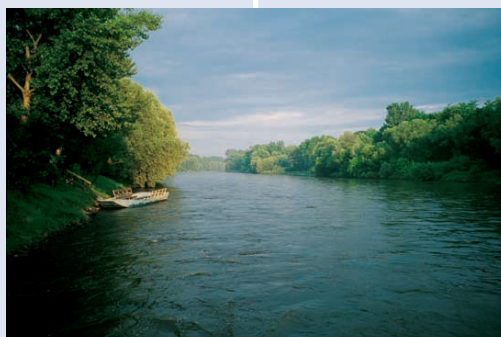
Velik vnos proda iz povodja je treba navesti, kajti Mura bi bila v tipsko specifičnih razmerah visoko dinamična reka z (izrazitim) bočnim premeščanjem, pri čemer je »hitrost premeščanja,« merjena v geoloških obdobjih, sorazmerno velika. V današnjih razmerah bi se sistem – sam po sebi drugače oblikoval.

Pri zgodovinskih analizah so ugotovili 52 vrst rib, združenih v 15 združb. Zaradi sorazmerno hitrega lateralnega, premeščanja Mure gre za sistem s »kratkotrajnimi,« vendar močno diferenciranimi življenjskimi prostori. V načelu lahko izhajamo iz hitrega časovnega sosledja življenjskih prostorov v akvatičnem, semiakvatičnem in terestričnem območju.

6.3.2 Skica vzorčne podobe, operativna stopnja

V pogledu vodnospecifične (operativne) ravni moramo izhajati iz splošnega tipa vzorčne podobe – razširitve dna s spremljajočo bočno erozijo in navezavo voda na lokah. Predstavljeni splošni morfološki tip vzorčne »Razširitev z bočno erozijo moramo razumeti kot minimalni začetek. Nadaljnji faktorji, ki jih je treba upoštevati, so:

- **Dinamika pretoka:** čim večja je površina, tem večja dinamika je mogoča
- **Ravnovesje proda** z vnosom proda z gorvodne strani
- **Lateralno prepletanje:** Zagotoviti je treba rezervne površine za ekologijo in ravnovesje proda
- **Upoštevanje interesov** prebivalstva za zaščito in koriščenje





Impressum:

Herausgeber und Verleger:

Ständige österreichisch-slowenische Kommission für die Mur;
BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Stubenring 1, A-1012 Wien;
Ministrstvo za okolje in prostor
Agencija RS za okolje, Vojkova 1b
SLO-1000 Ljubljana;

Für den Inhalt verantwortlich: Norbert Baumann, Štefan Fartek,
Rudolf Hornich, Jožef Novak, Oliver Rathschüler

Fotos: Baumann, ENE, freiland Umweltconsulting, GIS-STMK, Mikoš,
Novak, Landesarchiv Joanneum, Zauner

Layout, Satz, Grafik: DeBerners

Druck: MediaPrint Graz

© Ständige österreichisch-slowenische Kommission für die Mur
1. Auflage 2.000 Stück

Impresum:

Založila in izdala:

Stalna slovensko-avstrijska komisija za Muro;
Ministrstvo za okolje in prostor
Agencija RS za okolje, Vojkova 1b
SLO-1000 Ljubljana;
BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Stubenring 1, A-1012 Wien;

Odgovorni za vsebino: Norbert Baumann, Štefan Fartek,
Rudolf Hornich, Jožef Novak, Oliver Rathschüler

Fotografije: Baumann, ENE, freiland Umweltconsulting, GIS-STMK, Mikoš,
Novak, Landesarchiv Joanneum, Zauner

Layout, stavek, grafika: DeBerners

Tisk: MediaPrint Graz

© Stalna slovensko-avstrijska komisija za Muro
1. izdaja 2.000 kosov