REPORT / BERICHT

Überlegungen

zum Revitalisierungspotential an der Enns zwischen dem Gesäuse-Eingang und Gstatterboden auf dem Territorium des Nationalparks Gesäuse in der Steiermark, Österreich

Reflections

on the potential to revitalise the Enns River between the entrance of the Gesäuse and Gstatterboden in the Gesäuse National Park, Styria, Austria

Dr. Richard Kuntner

National Park Gesäuse, Weng im Gesäuse 21.10.2020

Projekt-Metadaten

Projekttitel laut Auftrag Überlegungen zum Revitalisierungspotential an der Enns zwischen dem Gesäuse-Eingang und Gstatterboden auf dem Territorium des Nationalparks Gesäuse in der Steiermark, Österreich		
☐ Artinventar/Bestandsaufnahme	☐ Grundlagenforschung ☒ Managementorientierte Forschung ☐ Erforschung Naturdynamik ☐ Sozioökonomische Forschung	☐ Maßnahmenmonitoring ☐ Prozessmonitoring ☐ Schutzgüter-Monitoring ☐ Besuchermonitoring
Schlagwörter Enns, Revitalisierung, Flussbau,		
Zeitraum der Geländeaufnahmen 10.9.2020 bis 20.10.2020	**Projektlaufzeit** 10.9.2020 bis 20.10.2020	
Raumbezug (Ortsangaben, Flurnamen) Enns zwischen Gesäuse-Eingang und Gstatterboden		
Beteiligte Personen/Bearbeiter Kuntner, Richard; Kaltenbrunner, Magdalena; Maringer, Alexander		

Zusammenfassung 500 Zeichen Deutsch

Das vermeintlich naturnahe Gerinne der Enns zwischen dem Gesäuse-Eingang und der Gstatterboden-Brücke wurde beim Bau von Strasse und Schiene an mehreren Stellen lokal verlegt und befestigt. Im Rahmen der vorliegenden Studie auf Stufe „Grobkonzept“ werden diese Eingriffe aufgezeigt. Unter Berücksichtigung des Schutzbedarfs von Strasse und Schiene werden ferner allfällige Möglichkeiten zum Rückbau der Uferbefestigungen diskutiert.

Zusammenfassung 500 Zeichen Englisch

The Enns between the entrance of the Gesäuse and the Gstatterboden is characterized by large alluvial fans of its tributaries and an active remodeling of the river channel. At the same time there are important sections where the river course has been changed and the banks have been armored. This mainly occurred during the construction of the road and the railway line. The study describes these anthropogenic modifications and discusses options to reverse the interventions without jeopardizing the traffic infrastructure.

Anlagen	**digital**	**analog**
☐ Anhänge und Daten vollständig in diesem Dokument enthalten	☐ Kartenprodukte ☐ Datenbank ☐ Biodiversitätsdaten für BioOffice ☒ Räumliche Daten (GIS-files) ☒ Fotos, Videos ☐ Rohdaten (gescannt, Tabellenform)	☐ Kartenprodukte ☐ Fotos, Videos ☐ Rohdaten (Aufnahmeblätter, Geländeprotokolle etc.) 19.10.2020

Table of Contents

Acknowledgement / *Danksagung* **6**

Summary / *Zusammenfassung* **7**

1 Section 1: Context and background **10**

1.1 Introduction / *Einleitung* **10**

1.2 Enns River **11**

1.2.1 Catchment / *Einzugsgebiet* 11

1.2.2 Revitalisation-Projects / *Renaturierungsprojekte* 12

1.3 National Park Gesäuse **15**

1.4 Gesäuse (Section of the Enns river) **17**

1.5 Methodology / *Methodik* **19**

2 Section 2: Enns River km 131.7 – km 125.5 ..... **20**

2.1 Overview / *Übersicht* **20**

2.2 Krapfalm **23**

2.2.1 A: Western half; *westlicher Teil der Krapfalm* (km 131.7 – km 130.9) 23

2.2.2 B: Eastern half, *östlicher Teil der Krapfalm* (km 130.9 – km 130.1) 24

2.3 C: Haslau (km 131.3 – km 130.6) **28**

2.4 D: Zigeunerau (km 128.5 – km 128.1) **30**

2.5 E: Räucherlboden Süd (km 128.5 – km 127.9) **33**

2.6 F: Räucherlboden Nord (km 127.9 – km 127.6) **37**

2.7 G: Rauchboden (km 126.6 – km 126) **39**

2.8 H: Wegmacher (km 125.8 – km 125.4) **42**

2.9 Other local reinforcements / instream structures / *andere Leitwerke* **45**

3 Section 3: Conclusions / Recommendations **47**

3.1 Conclusions / *Schlussfolgerungen* **47**

3.2 Recommendations / *Empfehlungen* **50**

3.2.1 Next steps; *Nächste Schritte* 50

3.2.2 General; *Allgemein* 50

3.2.3 Sediment input / channel geometry; *Geschiebeeintrag / Flussgeometrie* 51

3.2.4 Artificial daily flow fluctuations / reservoir flushings; *Sunk / Schwall* 52

References **53**

Figures / *Abbildungen*

Figure 1:	Enns river catchment	12
Figure 2:	National Park Gesäuse	16
Figure 3:	The Gesäuse	18
Figure 4:	Line of observation and intervention	19
Figure 5	Overview – all analysed sections	21
Figure 6	River section with bank reinforcements	22
Figure 7	Krapfalm Ost – aerial picture 1952	25
Figure 8	Section Krapfalm West	26
Figure 9	Section Krapfalm Ost	27
Figure 10	Haslau land use 1922	28
Figure 11	Haslau cross section	28
Figure 12	Section Haslau	29
Figure 13:	Zigeunerau – Lechner map	30
Figure 14:	Zigeunerau – groin and armoring – picture	31
Figure 15:	Zigeunerau – groin and bank reinforcement - DEM	31
Figure 16:	Zigeunerau – downstream and of bank reinforcement - picture	31
Figure 17:	Section Zigeunerau	32
Figure 18:	Räucherlboden Süd – Lechner map	33
Figure 19:	Räucherlboden Süd – former channel	34
Figure 20:	Räucherlboden Süd – railway bank reinforcement	34
Figure 21:	Räucherlboden Süd – river bank downstream of the Johnsbach Steg	35
Figure 22:	Section Räucherlboden Süd	36
Figure 23	Räucherlboden Nord – left-hand side bank reinforcement	37
Figure 24	Section Räucherlboden Nord	38
Figure 25:	Rauchboden in the second half of the last century	39
Figure 26:	Rauchboden bank armoring	40
Figure 27:	Section Rauchboden	41
Figure 28:	Wegmacher Lechner map 1925	43
Figure 29:	Wegmacher maximal / minimal intervention - DEM	43
Figure 30:	Wegmacher maximal / minimal intervention - picture	43
Figure 31:	Section Wegmacher	44
Figure 32:	Wooden poles at Lettmair Au	45
Figure 33:	Inline structures upstream Lettmair Au	46
Figure 34	Schematic representation of potential interventions	49

Abbreviations / *Abkürzungen*

DEM	Digital Elevation Model
DGM	Digitales Geländemodell
GE-RM	Gewässerentwicklungs- und Risikomanagementkonzepte
NGP	Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan
ÖBB	Austrian Federal Railways
IUCN	International Union for Conservation of Nature

Acknowledgement / *Danksagung*

Ein grosses «Dankeschön» geht an die Forschungs- und Naturschutzabteilung des Nationalparks Gesäuse für die offene und angenehme Atmosphäre, die der Verfasser dieses Berichtes während der 6 Wochen seines Aufenthalts spüren durfte. Besonders soll Alexander Maringer, dem Leiter der Abteilung, für seinen Einsatz bei der Vorbereitung des Aufenthaltes und für die sehr angenehme Zusammenarbeit gedankt sein.
Vielen Dank geht auch an Magdalena Kaltenbrunner, die mit den GIS Karten einen wichtigen Pfeiler dieser Arbeit erstellt hat.

Nicht vergessen werden sollen auch alle anderen Mitarbeiter des Nationalparks, mit denen der Verfasser im Gang, während des Mittagessens, im Jagerhäusl oder beim Auto zählen manches interessante Gespräch führen konnte.

The author would like to thank the Research and Natural Conservation team of Gesäuse National Park for their welcoming and collaborative attitude during the 6 weeks he spent in the National Park. A very special thank goes to Alexander Maringer the head of the Research and Conservation team. The author would like to thank him for his efforts in preparing the stay, the fruitful collaboration and the possibility to discuss the findings with representatives of the provincial authorities.
Magdalena Kaltenbrunner is kindly acknowledged for the preparation of the GIS maps which are an important pillar of this report.

Last but not least the author would like to thank all other members of the National Park Gesäuse team for their welcoming attitude and the interesting discussions in the corridors, during lunch time, at the Jagerhäusl or while counting traffic.

Summary / *Zusammenfassung*

Die Enns mündet östlich von Linz in die Donau und entwässert eine Fläche von rund 6'000 km^2. Im Gesäuse fliesst sie in einem rund 15 km langen engen Kerbtal durch die nördlichen Kalkalpen und den gleichnamigen Nationalpark. Der Gerinneabschnitt zwischen dem Gesäuse-Eingang und dem Gestatterboden gilt als beinahe unberührt und naturnah. Die Enns kann sich in diesem Abschnitt teilweise in Zusammenspiel mit dem Geschiebeeintrag aus den Seitenbächen und zwischen den bedeutenden Schuttkegeln frei ihren Weg bahnen. Nachdem das Gesäuse jedoch auch eine Achse durch die Kalkalpen bildet, wurden durch das Gesäuse eine Bahnlinie und eine Strassenverbindung gebaut. Im Rahmen des Baus von Strasse und Schiene und allenfalls auch im Zuge des Kraftwerkbaus wurde das Gerinne an einigen Stellen über mehrere 100 m verlegt und die Ufer hart verbaut.
Aktuell weist die Enns im Gesäuse einen sehr geringen Fischbestand auf. Dies ist neben dem Schwall- und Sunkbetrieb von Kraftwerken an den Seitenbächen auch auf die nicht ausreichende Zahl von verschiedenen Habitaten im Flussraum zurückzuführen, die sich nur bei einer natürlichen Flussdynamik entwickeln können.

In der vorliegenden Arbeit geht es daher darum festzustellen, wo die Enns verbaut wurde und abzuklären, wie weit diese Uferbefestigungen rückgebaut werden können ohne das Risiko für Schiene und Strasse signifikant zu erhöhen. Dies erfolgt auf Grund von Begehungen, Literatur, dem DEM und Luftbildern aus verschiedenen Jahrzehnten. An dieser Stelle muss festgehalten werden, dass es sich auf Grund des engen Zeitrahmens dieser Studie nur um eine erste Annäherung an das Thema handelt, die jedoch Hinweise und Ideen für eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Thema geben kann.

Bei den am stärksten anthropogen beeinflussten Gerinneabschnitten im Gesäuse handelt es sich um die Zigeunerau, den Abschnitt oberhalb des Finstergrabens und den Abschnitt oberhalb der Gstatterboden-Brücke. Bei Letzterem wurde die bestehende Flussschlaufe zwischen 1950 und 1970 im Zuge des Ausbaus der Strasse / des Kraftwerkbaus (?) durchstochen, der alte Flussraum aufgefüllt und das südliche Ufer auf einer Länge von rund 300 m mit einem Blocksatz verbaut. Unterhalb des Finstergrabens wurde im gleichen Zeitraum beim rechten Ufer auf einer Länge von 100 m zum Schutz des Hangfusses und damit der Strasse ein Blocksatz eingebaut. Am östlichen Rand der Zigeunerau ist die Enns senkrecht auf das Ufer zugeflossen. Zum Schutz der Strasse wurde daher das südliche Ufer auf einer Länge von mehreren 100 m so ausgebildet und befestigt, dass die Enns neu in einer geometrisch ausgebildeten Kurve parallel zum Hang geführt wird. Seit den 70er Jahren ist das Ufer auf den ersten rund 200 m der Zigeunerau, unmittelbar unterhalb des Johnsbachsteges, um 10 – 15 m erodiert. Dieser Abschnitt wurde mit einem Blockwurf befestigt, der jedoch bereits Erosionsspuren aufweist.
Auf der Krapfalm, dem Räucherlboden und dem Rauchboden wurde im letzten Jahrhundert teilweise intensiv Landwirtschaft betrieben. Wie weit bei diesen Almen dabei die Ufer befestigt und kleinere Geländeanpassungen vorgenommen wurden lässt sich auf Grund der vorliegenden Unterlagen nicht sagen.

Bezüglich Revitalisierungsmassnahmen sind sowohl lokale Eingriffe (lokales Entfernen der Steine und Blöcke und der Vegetation im Uferbereich) als auch grössere Eingriffe (komplettes Entfernen der Uferbefestigungen in den drei genannten Abschnitten) denkbar. Letztere erfordern jedoch die gleichzeitige Planung der zu ergreifenden Schutzmassnahmen für den Fall, dass die Erosion der Ufer bis in die Nähe von Strasse oder Schiene fortschreitet.

Auf Grund dieser Ausgangslage ergeben sich folgende Empfehlungen:

- *In einem ersten Schritt sollten die Uferbereiche durchgehen dokumentiert werden, am besten im Rahmen einer Befahrung (Boot) oder Befliegung (Drohne). Gleichzeitig empfiehlt sich – soweit möglich – ein detailliertes Nachforschen in den Archiven von ÖBB, Baubezirksleitung, Kraftwerksbetreiber, Stift Admont, Zeitungen,... mit dem Ziel, möglichst viel über die im Zuge des Eisenbahn- , Strassen- und Kraftwerkbaus erfolgten Veränderungen im Gesäuse zu erfahren. Danach gilt es für die Infrastrukturanlagen Schutzziele zu definieren und mehrgleisig (z.B. im Rahmen des LIFE-IP IRIS Projektes und gleichzeitig im Rahmen von Masterarbeiten) – in Koordination mit den hauptsächlichen Akteuren - Massnahmenkonzepte ausarbeiten zu lassen.*
- *Spezialisten der betroffenen Umweltfachgebiete sollten von Anfang an in die Planung der Eingriffe miteinbezogen werden und auch die Umweltbaubegleitung wahrnehmen.*
- *Allgemein empfiehlt sich ein partizipativer Planungsansatz mit Beteiligung aller wichtigen Akteure, da so eher nachhaltige, von allen Beteiligten mitgetragene Lösungen gefunden werden können.*
- *Ein umfassenderes Verständnis der Geschiebedynamik im Gesäuse wäre wünschenswert und beinhaltet u.a. das Abschätzen von Szenarien zum Geschiebeeintrag aus den Seitenbächen und ein regelmässiges Vermessen von Kontrollquerschnitten.*
- *Die Reduktion des Effektes von Sunk und Schwall ist ein Kernelement bei der Renaturierung der Enns im Gesäuse. Das Thema muss daher immer auf der Agenda stehen.*

The Enns is a tributary of the Danube and drains an area of roughly 6000 km^2. At the Gesäuse the Enns flows through a narrow valley located in the Gesäuse National Park. The river section between the entrance of the Gesäuse and the Gstatterboden is known as last “natural” section of the Enns. This is partially true as there are sections in the Gesäuse where the Enns can remodel its river channel in interaction with the alluvial cones and the sediment input from the tributaries. As the Gesäuse is an east-west connection through a part of the Alps it is predestined as railway and road connection. In the course of the construction of these traffic axes the river bed of the Enns was relocated and the banks reinforced at different places.
Today the Enns in the Gesäuse is home to a very small fish population which is due to the limited number of habitats (habitats are created by the river dynamics) and the daily flow fluctuations caused by the operation of the hydropower stations.

This study aims at defining sections of the Enns river in the Gesäuse which have been modified and where the bank reinforcement could be removed without significantly increasing the risk-exposure of the railway line and the road. It is based on literature, on-site inspections, the DEM and aerial pictures from different decades.
NB: Due to the tight time frame this study is just an introduction to the topic. It gives some ideas on how to deal more in detail with the question.

The river sections which are most influenced by human interventions are the Zigeunerau, the section upstream of the Finstergraben and the section upstream of the Gstatterboden-bridge. Near the Gstatterboden-bridge the existing river bend has bend cut short and the new bank was reinforced with a rip rap. Upstream of the Finstergraben the bank has been reinforced to protect the road and at the eastern part of the Zigeunerau the geometry of the river channel has been modified.
The Krapfalm, the Räucherlboden and the Rauchboden were exposed to intensive agricultural use but there is no information to which extent the terraces were modified and the banks of the terraces reinforced.

Possible interventions to revitalize the Enns range from the local removal of boulders and vegetation (to create some weak points for the erosion to start) to the total removal of the reinforcements at Zigeunerau, upstream of Finstergraben and upstream of the Gstatterboden-bridge. These larger interventions must go hand in hand with the planning of the reinforcements for road embankments and other infrastructure which might be at risk.

In this situation the following recommendations might be considered:

- A comprehensive photographic documentation of the left and the right bank using a boat or a drone is very useful. At the same time the archives of ÖBB, the Baubezirksleitung, the hydropower company, the monastery and local newspapers should be searched for all documents dealing with human interventions / modifications in the Gesäuse. Thereafter the protection requirement for the different elements of the infrastructure should be defined and different concepts of interventions elaborated simultaneously on different “channels” (i.e. in the context of the LIFE IP IRIS Project and a master thesis) in close coordination with all major stakeholders.
- All stakeholders should be involved in the planning process from an early stage in order to guarantee a solution which is widely accepted. This includes the environmental monitoring.
- A better understanding of the sediment inputs, the sediment balance and the sediment transport in this section of the Enns - which includes surveying a number of cross sections at regular time intervals and after important flood events – is recommended but probably more of academic interest.
- The reduction of the daily flow fluctuations caused by the operation of the hydropower stations is a key element for the revitalization of the Enns. It should therefore always remain on all agendas dealing with this topic.

1 Section 1: Context and background

1.1 Introduction / *Einleitung*

Die Enns ist ein Nebenfluss der Donau. Sie durchquert auf ihrem Weg zur Donau die nördlichen Kalkalpen. Der entsprechende Flussabschnitt, das Gesäuse, liegt im gleichnamigen Nationalpark.
Im Rahmen dieser Studie soll untersucht werden, welche bestehenden Ufersicherungen in diesem Abschnitt zwischen Gesäuseeingang und Gstatterboden entfernt werden können, ohne die Sicherheit der parallel zum Fluss verlaufenden Strassen- und Schienenverbindung zu gefährden. Motiviert ist die Studie durch die geringe Fischbiomasse im Gesäuse, was auf fehlende Laichplätze zurückzuführen ist. Neben der Reduktion der Wasserspiegelschwankungen auf Grund des Sunk-und Schwallbetriebs kann sich auch das Entfernen von Längsverbauungen und die damit während Hochwassern erhöhte morphologische Dynamik positiv auf die Bildung von Laichplätzen auswirken.

The Enns is a tributary of the Danube River. It is located in Central Austria and drains an area of roughly 6000 km^2. On its way to the Danube the Enns crosses the calcareous high Alps. This river section is called “Gesäuse” and located in the centre of the Gesäuse National Park.

The present study has a closer look at the existing river training measures in the Gesäuse (between the entrance and the Gstatterboden) with the goal to identify river engineering measures which are no longer needed and could be dismantled. The study is motivated by the limited fish population in the Gesäuse caused by the lack of suitable spawning grounds. The removal of rip raps might increase the river dynamics during flood events and the formation of new morphologic structures suited as spawning grounds ([1]).

The report starts with a general description of the Enns river and the Gesäuse National Park before introducing the Gesäuse river section. (1st section).
In the following chapters (2nd section) the river section between the entrance of the Gesäuse and the location called Gstatterboden (8 km further downstream) is examined more in detail. In the 3rd and last section the observations from section 2 are then briefly discussed and preliminary recommendations are formulated.

This study was performed in the context of a 6 weeks voluntary service at Gesäuse National Park in Styria / Austria. The study serves as introduction to the topic and is not a comprehensive analysis.

[1] *Reducing the artificial daily flow fluctuations caused by the operation of the hydropower stations at the tributaries of the Enns is another important element to create favorable conditions for the establishment of a healthy fish population in the Gesäuse river section.*

1.2 Enns River

1.2.1 Catchment / *Einzugsgebiet*

Die Enns drainiert auf einer Flusslänge von 254 km ein Gebiet von rund 6000 km^2 und mündet in die Donau (siehe Abbildung 1). Das Ennstal liegt zwischen den nördlichen Kalkalpen und der Grauwackenzone im Süden. Der alluviale Talboden wird stark durch die Schuttfächer der Zuflüsse beeinflusst, was einen pendelnden bzw. mäandrierenden Flusslauf bewirkt. Nahe Admont haben die rund 4 km weiter südlich reichenden Kalkalpen die Enns gezwungen, sich einen Weg durch die Kalkalpen zu suchen.

Regelmässig Felsstürze beim Eingang zum Gesäuse haben die Enns zurückgestaut. Die sich bildenden Seen wurden teilweise durch den Geschiebeeintrag der Seitenbäche unterteilt und aufgefüllt. So konnten sich kleine abgetrennte Seen bilden, die mit der Zeit zu Mooren verlandeten. Die Enns weist gemäss Kammerer (2003) «...ein gemässigtes nivales Regime des Berglandes mit geringer Charakterausbildung im Jahresgang...» auf.

Die signifikante anthropogene Beeinflussung der Enns begann im 19ten Jahrhundert. Bis 1930 wurde der Flusslauf der Enns in der Steiermark um 87 km verkürzt, was zu einem um 55% kleineren vom Fluss beanspruchten Raum und einer Grundwasserabsenkung um bis zu 3 m führte. Die hydroelektrische Nutzung der Enns und ihrer Seitenbäche begann 1949. Es wurden seither das Kraftwerk Hieflau an der Enns (Wehr im Gstatterboden) und Kraftwerke an der Salza, dem Sölk- und dem Mandlingbach gebaut. Die Kraftwerke beeinflussen das Abflussregime auf Grund des Sunk- und Schwallbetriebs und führen zu einem bedeutenden Eintrag von Feinsedimenten während Stauseespülungen.

The Enns drains an area of 6080 km^2 before it flows into the Danube (see figure 1; (https://www.wasseraktiv.at/fluss-des-monats/731,die-enns.html). It has a total length of 254 km.

BOKU (2008) characterizes the Enns river valley as frontline between the northern calcareous high Alps and the metamorphic greywacke zone in the south. The alluvial valley is influenced significantly by the debris cones of the lateral tributaries. This caused the Enns to meander in the large valley.

Near Admont the calcareous high Alps reach some 4 km further south and forced the Enns to find a way through the calcareous high Alps.

At the entrance of the Gesäuse rock falls regularly blocked the river valley of the Enns and favoured the formation of lakes. These lakes were locally filled by the sediment input of the lateral tributaries and subdivided by the corresponding alluvial cones creating small lakes which over time became swamps.

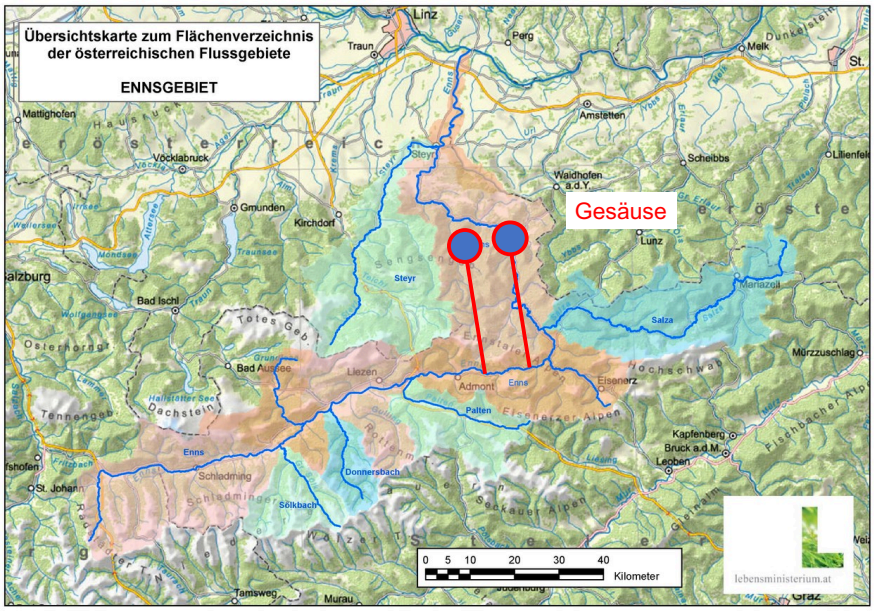


Figure 1: Enns river catchment with the section in the Gesäuse National Park between the entrance to the Gesäuse and Hieflau (source: Lebensministerium.at)

The flow regime of the Enns shows a maximum in May and minimal discharge during winter. The variation of runoff over the course of the year is however limited (Kammerer 2003).

The Enns is significantly influenced by anthropogenic modifications. River regulations started in the second half of the 19th century. Till 1930 the Enns in Styria was straightened and its course shortened by 87 km which reduced the area occupied by the river from 600 ha to 270 ha. These modifications also led to a lower groundwater level (up to 3 meters), a process which was partially attenuated by the sediment input of the tributaries (Hohensinner et al. 2008). The construction of hydropower stations in the Enns river catchment started in 1949 with a power station at the Salza. Further stations were built at the Enns river in Hieflau (weir at Gstatterboden) in 1953, the Sölkbach (1978) and the Mandlingbach (1985). The power-stations influence the flow regime with artificial daily flow fluctuations and there is a significant input of fine sediments during reservoir flushings. ([2])

1.2.2 Revitalisation-Projects / *Renaturierungsprojekte*

[2] *Despite these anthropogenic influences the Enns remains one of the few inland rivers in Europe with a long section (131 km from the spring to Gstatterboden) where the bed-continuity is non-interrupted (no sills, no weirs) as mentioned in (Haseke 2011).*

Da die Enns bezüglich Hochwassersicherheit, Ökologie und sozio-ökonomischer Aspekte grössere Defizite aufweist wurden verschiedene entsprechende Projekte durchgeführt bzw. sind noch in Ausführung.
2006 hat die steirische Landesregierung die Erarbeitung der Leitlinie Enns in Auftrag gegeben, mit der eine «...zentrale Planungsgrundlage für die Entwicklung der Enns Flusslandschaft zwischen der Salzburger Landesgrenze... und Hieflau...» (Zitat aus Boku 2008) geschaffen werden soll. Im Rahmen des vom Nationalpark Gesäuse eingereichten und durchgeführten LIFE Projektes LIFE05 NAT/A/000078 wurde die Leitlinie weiterbearbeitet und für 8 Gerinneabschnitte zwischen Selzthal und Hieflau konkrete Revitalisierungskonzepte erstellt. Die entsprechenden Massnahmen wurden im Rahmen des Nachfolgeprojektes (LIFE09 NAT/A/AT/000224) zwischen 2011 und 2015 grösstenteils (bzw. ausserhalb des Gesäuses) umgesetzt. Das LIFE05 NAT/A/000078 beinhaltete auch bauliche Renaturierungsmassnahmen an der Enns (Paltenspitz, Lettmair Au) und die Revitalisierung des Johnsbachs auf einer Länge von rund 4.7 km.
Letztes Jahr wurde mit dem LIFE-IP IRIS Austria ein Projekt zum integrativen Flussraummanagement gestartet. Im Rahmen dieses Projektes werden für 7 Gewässer in Österreich übergeordnete Gewässerentwicklungs- und Risikomanagementkonzepte erarbeitet und Pilotmassnahmen geplant, umgesetzt, kontrolliert (Monitoring) und am Ende der Projektlaufzeit – nach 9 Jahren – evaluiert. Die Enns in der Steiermark (bis zum Gesäuseeingang) ist Teil des Projektperimeters.

There is a significant potential of improvement in the Enns river catchment in respect to flood risk, ecology and socio-economic aspects. A number of projects have been carried out / are ongoing which tackle these topics.
The major completed projects are:

- Leitlinie Enns
- LIFE05 NAT/A/000078 (Naturschutzstrategien für Wald und Wildfluss im Gesäuse) ([3])
- LIFE09 NAT/A/AT/000224 (Flusslandschaftsentwicklung Enns)

Leitlinie Enns (Boku 2008)

This document was commissioned by the provincial government of Styria in 2006. It is the central planning instrument for the management of the Enns river catchment between Mandling and Hieflau.

LIFE05 NAT/A/000078 (Haseke 2011)

This project has been formulated and submitted by the Nationalpark Gesäuse GmbH, the operating company of the National Park. Key deliverables and outputs are management plans, the definition and implantation of recurring and non-recurring management measures, public awareness campaigns and the monitoring of different processes.

[3] *The Life Program is EU's funding instrument for environment and climate action created in 1992 (https//ec.europa.eu/easme/en/life).*
First initiatives of the EU to assist nature conservation financially date back to the 70ies of last century. These initiatives evolved into different programs which were then replaced by a new overall-environment fund which has five priority fields. The program has so-far co-financed 5400 projects.

Management plans were elaborated for the Enns river between Selzthal / Paltenmündung and Hieflach / Erzbachmündung, the Johnsbach creek, forests, pastures and visitor guidance. Non-recurring management measures included the revitalization of eight hectares along the Enns river (Paltenspitz, Lettmair Au) and 4700 m of stream reaches of the Johnsbach river.

The management plan for the Enns (Ennsleitlinie, Boku (2008)) is based and was partially elaborated at the same time as the Leitlinie Enns (Hohensinner et al. 2008). It presents revitalization concepts / measures for 8 specific river sections including the Gesäuse.

LIFE09 NAT/A//AT/000224 (www.life-enns.at)

In this project the revitalization concepts / measures presented in Leitlinie Enns (Hohensinner et al. 2008) - with the exception of the Gesäuse - were further refined and implemented between 2011 and 2015.

Last year a new project has been launched, the LIFE-IP IRIS Austria project (Integrated River Solutions in Austria; LIFE17 IPE/AT/000006) (https://www.bmlrt.gv.at/wasser/wasser-eu-international/life-natur/life-projekte_aktuell/IRIS-AUSTRIA.html).

The project aims at planning and implementing optimization measures in the fields of river ecology, environment protection and flood protection. It is a pilot project covering 7 rivers including the Enns (Salzburg and Styria; the river section in the Gesäuse is however not part of the project). The project runs 9 years and has 4 phases:

- Phase 1: Elaboration of the GE-RMs ([4]) and detailed planning of the pilot-measures
- Phase 2: Implementation of the pilot-measures
- Phase 3: Monitoring of the measures
- Phase 4: Evaluation of the project, recommendations

[4] *GE-RM: Gewässerentwicklungs- und Risikomanagementkonzept (Lebensministerium 2016). A GE-RM is a super-ordinated planning process for river basins covering and coordinating all relevant disciplines in particular flood protection and ecology. The GE-RM is the methodological step before the "general project". It is based on the National River Management Plan (Nationaler Gewässerbewirtschaftungsplan NGP) which is revised every 6 years.*

1.3 National Park Gesäuse

Der Nationalpark Gesäuse ist der jüngste der 6 Österreichischen Nationalparks und wurde 2003 offiziell von der IUCN als Nationalpark (Park der Kategorie II) anerkannt. Er weist eine Fläche von 121 km² auf und umfasst die Gebirgszüge des Hochtor und des Buchstein. Die Enns hat die Landschaft über Jahrmillionen geformt und dem Gebiet auch mit ihrem Rauschen und Brausen (Sausen) den Namen gegeben.
Die ersten Ideen zur Schaffung eines Nationalparks in der Steiermark reichen in die 80er Jahre zurück. 1996 wurde die Schaffung eines Parks in die Agenda der Landesregierung aufgenommen, was den Startschuss zur 6-jährigen Planungsphase darstellte. Die kurze Planungszeit ist sicher darauf zurückzuführen, dass sich das Parkgelände zum überwiegenden Teil (>99%) bereits im Besitz des Landes (Steiermärkische Landesforste) befand und von der Einrichtung eines Parks positive Impulse für die lokale Wirtschaft zu erwarten waren. Dennoch sind bis heute seitens der lokalen Bevölkerung gewisse Vorbehalte gegenüber dem Park vorhanden. Schwer tun sich die Leute immer noch mit dem Umstand, dass der Zugang zum Parkgelände und die im Park erlaubten Aktivitäten begrenzt sind, was früher nicht der Fall war.

The Gesäuse National Park (see figure 2) is the youngest of the 6 Austrian National Parks. It was established in 2002 and internationally recognized by the IUCN as Park of Category II [5] in 2003 and covers an area of 121 km^2. The Park is located in the province of Styria and the Ennstal Alps "… which are part of the Northern Limestone Alps and include essentially the two mountain ranges of Buchstein and Hochtor…" (quotation from Sterl, Kreiner (2010)). The landscape in the Gesäuse was predominately formed and sculpted by the River Enns. Within a period of millions of years, it has cut its way through the mountain range on its way north and has formed the actual topography. It also gave the name to the whole area with its "…thundering and swooshing noises (Sausen)…" (quotation from Sterl, Kreiner (2010)).
According to these authors first ideas to create a national Park on the territory of Styria emerged in the 1980s. Different regions were considered including the Gesäuse. Plans of the Benedictine monastery in Admont to build a hydropower station at the entrance to the Gesäuse focused the discussion on this area. ([6]). In 1996 the Styrian provincial government put the creation of a national Park on its agenda and commissioned a feasibility study in 1998. The study showed favourable preconditions for the creation of a national Park in the Gesäuse due to the ownership situation (predominantly public i.e. by the Styrian Provincial Forestry Commission / Steiermärkische Landesforste) and the positive effects on the regio-

[5] *IUCN Category II Protected Areas are National Parks. These areas are: " ...Large natural or near natural areas set aside to protect large-scale ecological processes, along with the complement of species and ecosystems characteristic of the area, which also provide a foundation for environmentally and culturally compatible spiritual, scientific, educational, recreational and visitor opportunities...". Its primary objective is to "…protect natural biodiversity along with its underlying ecological structure and supporting environmental processes, and to promote education and recreation..." (https://www.iucn.org/theme/protected-areas/about/protected-areas-categories/category-ii-national-park)*

[6] *In 1988 the "entrance"-section of the Gesäuse was however declared a national monument which stopped all plans to build a hydropower station at this location.*

nal economy. The formation of the Park (designation of the area as national park) still took 6 years of intense discussion with all stakeholders involved.
Meanwhile (some 20 years later) the acceptance of the park by the local population has increased considerably but a certain level of resentment remains as the park limits the access to and the activities in the area (personal communication ([7])).

Figure 2: National Park Gesäuse (source: wikimedia / National Parks Austria)

The National Park Ordonnance (Das Land Steiermark 2015) provides a time frame till February 2033 to revitalize areas which are non-natural / anthropogenic by means of silvicultural measures. To which extent this paragraph of the ordonnance also applies to river engineering measures needs to be clarified.
As of this date anthropogenic interventions in the Park will be restricted to measures required to guarantee the safety of the Park infrastructure, the railroad and the road. This is also in accordance with the Enns Leitlinie (Hohensinner et al. 2008) which postulates that all interventions should be guided by the intention to give the Enns more space to create a more natural river landscape. Secondary (anthropogenic) biotopes which must be maintained contradict this approach.

[7] *Chiari (2010) analyzed potential synergies between ecological and recreational functions of river landscapes at different river sections in Austria including the "Gesäuse". She concludes that "... the majority of users disliked the idea of use restrictions and showed a rather low sensitivity concerning ecological disturbance…".*

1.4 Gesäuse (Section of the Enns river)

Das Gesäuse ist ein rund 15 km langes Kerbtal. In die von Schottern und Konglomeraten gefüllte Talsohle hat sich die Enns bis zu 60 m tief eingegraben.
Der erste Abschnitt vom Gesäuse-Eingang bis zur Stauwurzel des Wehrs im Gstatterboden (siehe Abbildung 3) kann als teilweise naturnah bezeichnet werden. Bei Hochwassern und dank des Geschiebeeintrags aus den Seitengräben wir die Flusslandschaft durch Erosions- und Ablagerungsprozesse umgestaltet.
Harte Uferverbauungen finden sich in diesem Abschnitt in der Nähe der Bahnlinie bzw. der Strasse; ehemals land- und waldwirtschaftliche Flächen wurden teilweise evt. mittels Blockwürfen geschützt (Vermutung auf Grund von Begehungen). Auch dieser Abschnitt wird jedoch vom Sunk- und Schwallbetrieb der Kraftwerke an den Seitenbächen der Enns und von Verschlammung / Kolmatierung (durch die aus den Stauseespülungen stammenden Feinsedimente) in Mitleidenschaft gezogen.
In verschiedenen Publikationen werden für diesen Abschnitt folgende Optimierungsmassnahmen vorgeschlagen:

- *Wiederherstellen des natürlichen hydrologischen und des Geschiebe-Regimes (Mittlerweile wurde am Johnsbach auf einer Länge von beinahe 5 km die Längskontinuität wiederhergestellt, Geschiebesammler entfernt und die Kiesentnahme eingestellt. Damit ist der Geschiebeeintrag aus den Seitenbächen auf diesem Abschnitt der Enns wieder nahe dem natürlichen Zustand).*
- *Reduktion der Wasserspiegelschwankungen auf Grund des Sunk- und Schwallbetriebs beispielsweise mittels Ausgleichsbecken bei den Maschinenzentralen.*
- *Bessere Organisation der Stauseespülungen (nur bei Frühlingshochwassern, Nachspülen mit «Reinwasser»).*
- *Entfernen von Uferbefestigungen wo diese nicht dem Schutz von Strasse und Schiene dienen.*

The Gesäuse is a narrow valley and has a length of 15 km (18.1 river km). The bottom of the valley is filled by gravel and conglomerates incised by the Enns river to a depth of up to 60 m. Many sections of the Enns in the Gesäuse are regularly remodeled to a certain extent by erosion and deposition processes mainly during flood events. (Kammerer 2003 who refers to Jungwirth et al. 1996).
River engineering works (rip rap, groins, Soil Bioengineering measures) are limited to specific locations where the railway line and the motorway are close to the river bed. Terraces and alluvial fans from tributaries on both side of the river were partially used for agricultural production and afforested. Visual inspections lead to the conclusion that these terraces show some kind of armoring which might be of natural or anthropogenic origin. (This topic will be further elaborated upon in the following chapters).
The construction of the Weir at Gstatterboden and other hydropower dams in the contributories of the Enns modified the flow regime of the Enns ([8]) and reduced the “near-natural” river section in the Gesäuse to the section between the entrance and the bridge at Gstatterboden

[8] *Artificial short time fluctuations of the water level of up to 40 cm*

where the backwater of the weir starts. (Hohensinner 2008). (Figure 3 shows the different sections of the Enns in the Gesäuse).

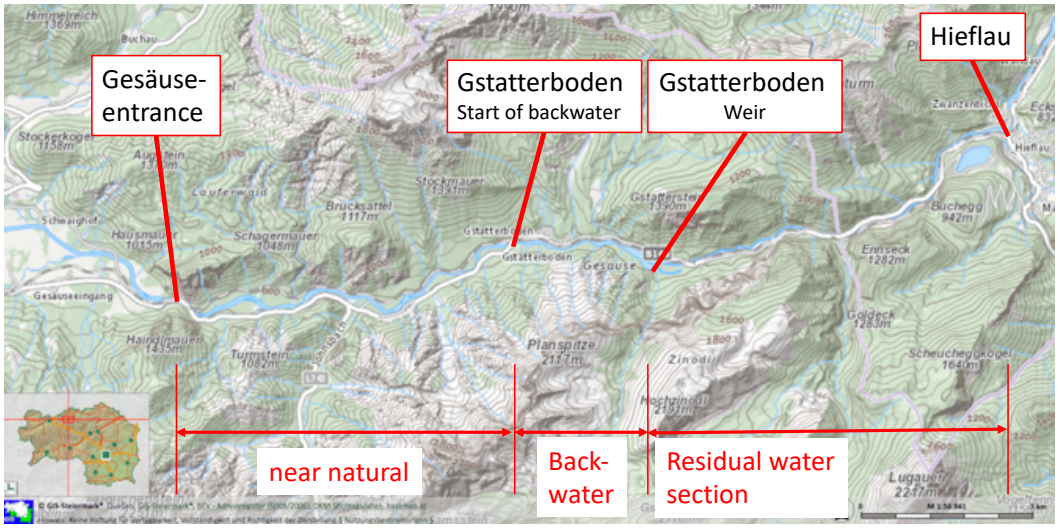


Figure 3: Gesäuse River Sections (source: GIS Steiermark)

The first section of the Enns in the Gesäuse is one of the few remaining "near-natural" river sections in Styria. The regular remodeling of the banks by erosion and sedimentation processes create valuable habitats for a number of specialized species. There is however some potential for improvement. For this section Hohensinner et al. (2008), Kahapka et al. (2008), Kammerer (2007) and Ellmauer (2005) list different measures related to the longitudinal continuity of the tributaries, the hydrological regime (surge) and the input of fine sediments (reservoir flushing) ([9]) :

- Restoration of the natural hydrological and bed-load / sediment transport regime. (Meanwhile – with the Life-project LIFE05 NAT/A/000078 – the longitudinal continuity of the Johnsbach, the main tributary of the Enns in the Gesäuse, has been established. Sediment retention basins were removed, the gravel extraction was stopped and the estuary modified. As a consequence, the sediment input into the Enns in the Gesäuse is actually "near to natural".
- Reduction of the negative influence of the short time water level fluctuations (surge). , e.g. with the construction of retention basins.
- Reduction of the negative influence of hydropower reservoir flushing by optimizing the flushing operation (only during spring-floods; rinse with "clean" water).
- Removal of bank reinforcements (this might support the formation of alluvial zones (Kammerer 2007)).

[9] *These authors also mention measures concerning the visitor management including rafting, forestry and local structural measures to improve the habitats for specific species. As this study focuses on measures related to river engineering the other fields are not discussed.*

1.5 Methodology / *Methodik*

Auf der Grundlage von Luftaufnahmen, einer Literaturstudie und Begehungen werden bestehende Uferbefestigungen ausfindig gemacht. Die einzelnen Uferbefestigungen werden anschliessend bezüglich ihrer Funktion beurteilt, insbesondere wie weit sie dem Schutz von Strasse und Schiene dienen. Ist dies nicht der Fall, so werden mögliche Szenarien zur Entfernung der Uferbefestigungen diskutiert und Beobachtungs- und Interventionslinien gemäss Abb. 4 vorgeschlagen.
Die entsprechenden Erkenntnisse werden idealerweise bei der Erarbeitung des GE-RM berücksichtigt. Lokal (auf Grund der Entfernung bestehender Uferbefestigungen zu einem späteren Zeitpunkt allenfalls) erforderliche Schutzmassnahmen für Schiene und Strasse müssen von den ÖBB bzw. der Bezirksbauleitung frühzeitig geplant und – sobald erforderlich - umgesetzt und finanziert werden. Daher müssen diese Akteure (Stakeholder) möglichst frühzeitig in den Planungsprozess miteinbezogen werden.

Based on areal pictures, a literature review and visual inspections bank reinforcements are identified. The second step consists in discussing whether these reinforcements are required to protect the railway line and the road. If this is not the case options for the removal of the reinforcement are defined and possible lines of observation and intervention proposed (see figure 4). (When removing the bank reinforcements lateral erosion will occur. When the erosion reaches the observation line the erosion process must be closely monitored and lateral bank reinforcements must be planned. When the erosion proceeds and reaches the intervention line bank reinforcement measures must be installed).

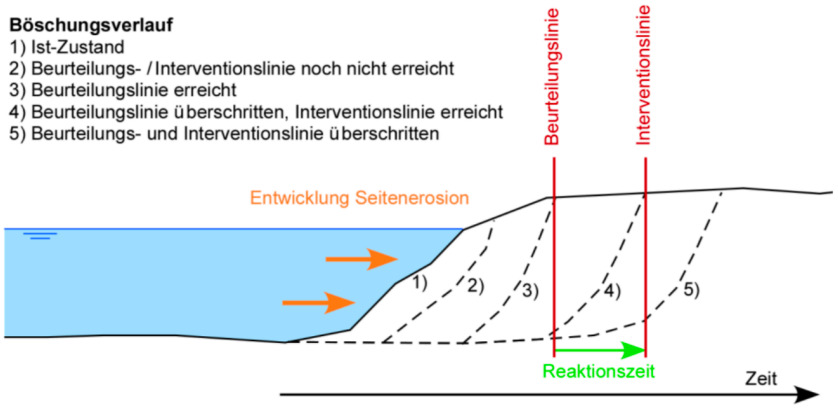


Figure 4: Observation and intervention line (source: Tiefbauamt Kanton Bern (2017); The green arrow shows the minimal time available to plan the interventions).

The findings of this study might be considered during the elaboration of the GE-RM as discussed in chapter 1.2.2 (LIFE IP IRIS Project). The planning and implementation of the bank reinforcement is done by ÖBB / the government agency in charge of the roads. It goes without saying that these stakeholders must be involved in the planning process from an early stage.

2 Section 2: Enns River km 131.7 – km 125.5

2.1 Overview / *Übersicht*

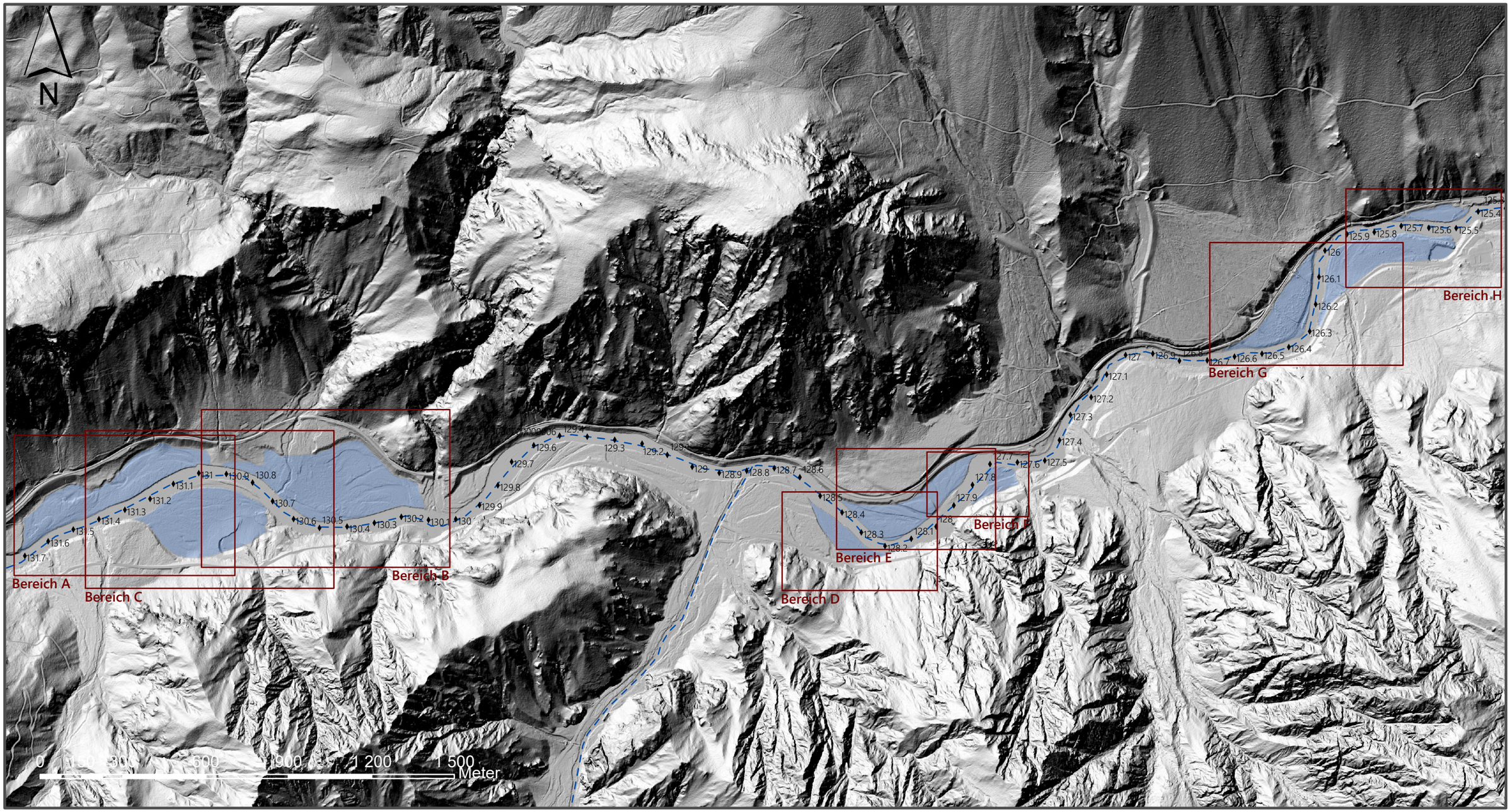
In der Folge werden für den Abschnitt der Enns zwischen dem Gesäuse-Eingang und dem Gstatterboden im Talboden liegende Terrassen und Kegel von Seitenbächen genauer angeschaut, bei denen Längsverbauungen klar erkennbar sind bzw. vermutet werden ([10]). Eine Übersicht dieser Bereiche findet sich in Abbildung 5 auf der nachfolgenden Seite. In Figur 6 (aus Kammerer (2007)) sind die meisten Längsverbauungen grob eingezeichnet. In den nachfolgenden Kapiteln werden die Bereiche einzeln beschrieben.
An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass es sich bei der vorliegenden Arbeit um keine detaillierte morphologische Analyse handelt. Ein Durchschauen allfällig, in den Archiven der ÖBB bzw. der Baubezirksleitung, vorhandener Unterlagen war im Rahmen dieser Arbeit auch nicht möglich, wird jedoch empfohlen.

The river valley of the Enns between the entrance of the "Gesäuse" and the Gstatterboden is characterised by terraces and alluvial fans of the tributaries. The analysis concentrates on terraces and alluvial fans where the average altitude - in respect to the river bed - does not exceed 5-10 m and where bank reinforcements are clearly visible or presumed ([10]).
An overview of the corresponding areas is given in figure 5 on the next page. In the following chapters these areas will be discussed one by one.

It should be noted at this point that this discussion is far from a detailed analysis of the river morphology. This study aims at defining sections of the river valley which have been significantly modified by river engineering activities and where a removal of the corresponding reinforcements may favor the formation of a variety of natural habitats.
Anthropogenic (and river engineering) interventions in this section of the Enns river valley are exclusively linked to the construction of the railway line (1869-1872), the road and to agriculture and silvicultural activities (since the Late Middle Ages). The archives of the ÖBB and the Baubezirksleitung Liezen may contain some information / construction plans. Searching those archives was however not possible in the framework of this study. Kammerer (2007) mapped most of the bank reinforcements (see figure 6) and Kreiner (2004) describes the ÖBB bank stabilization at the foot of the Viererkogel where the erosion caused by the flood event of 2002 endangered the railway line.

[10] *There is no comprehensive documentation of all river engineering works for this river section. Bank reinforcements dating back to the time when heavy machinery (to move large boulders) was not available and which were therefore built by hand (smaller stones) are harder to detect. In addition, there is a constant input of boulders of various sizes from the tributaries.*

Revitalisierungspotential an der Enns - Übersichtskarte



betrachtete Flächen

Kilometrierung Enns

Ennsverlauf 2019

Überlegungen zum Revitalisierungspotential an der Enns zwischen dem Gesäuseeingang und Gstatterboden auf dem Territorium des Nationalparks Gesäuse in der Steiermark, Österreich

Nationalpark Gesäuse GmbH

Bearb.: Richard Kuntner, Magdalena Kaltenbrunner
Stand: 19.10.2020
Orthofoto, Geländemodell, Ennsverlauf, Kilometrierung Enns: © GIS-Steiermark
Koord. Syst.: WGS 1984 UTM Zone 33N

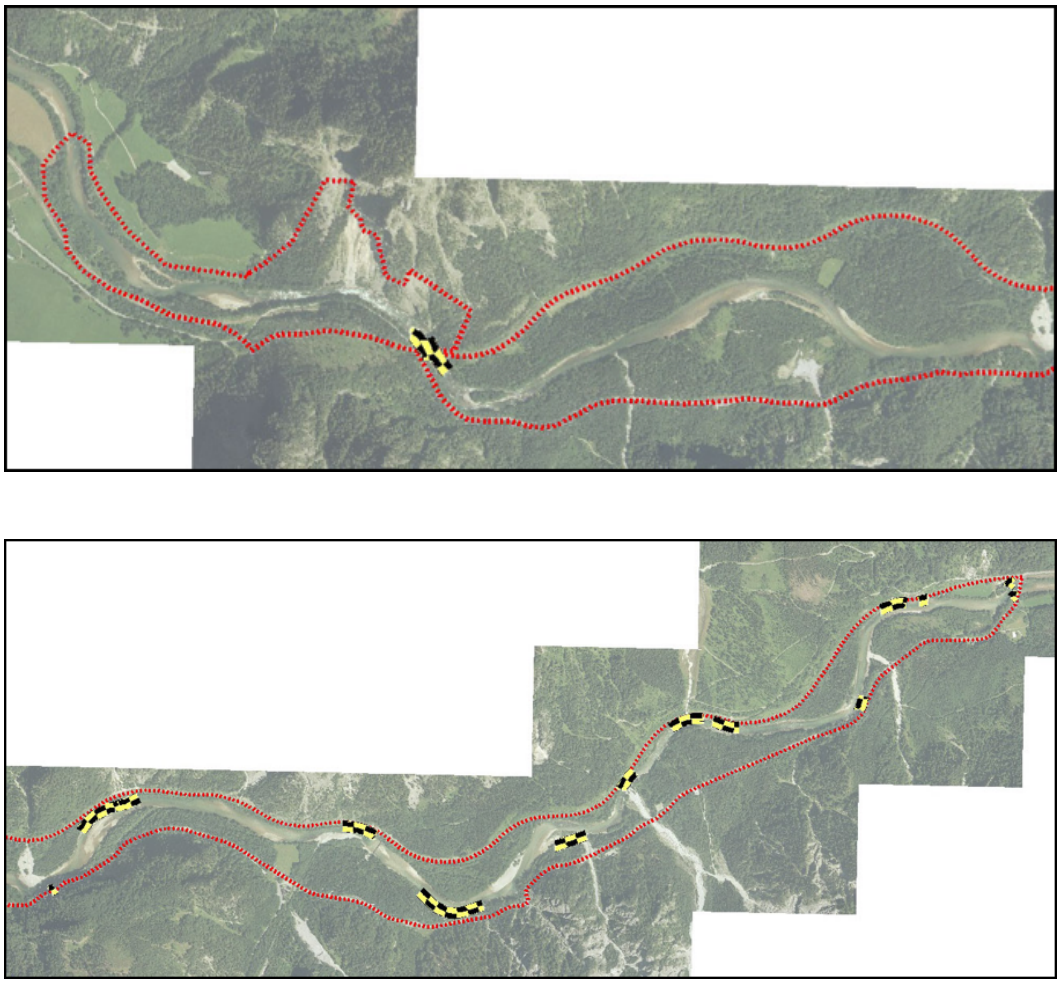


Figure 6: River sections with bank reinforcements (source: Kammerer (2007)

2.2 Krapfalm

Die Krapfalm (gemäss Hasitschka (2007) die linksufrige Terrasse zwischen Gesäuse-Eingang und dem Bruckgraben) wurde seit dem Spätmittelalter landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich genutzt. Der Bau der Eisenbahn nahm grosse Almflächen in Anspruch und seit 1920 waren die entlang der Bahnstrecke wohnenden Bahnwärter berechtigt, die Krapfalm landwirtschaftlich zu nutzen. Dies führte dazu, dass die Alm zwischen rund 1920 und 1965 ihre intensivste Nutzung erlebte. Hinweise auf damit verbundene flussbauliche Massnahmen an der Enns finden sich in Hasitschka (2007) jedoch keine.

Documents describing the agricultural use of the Krapfalm ([11]) date back to the Late Middle ages. Till the first half of the 20th century the Krapfalm was mainly used as forest pasture and managed forest (Hasitschka 2007).
The new railroad line required the construction of embankments of up to 15 m in height and claimed large surfaces of the alp. Starting from 1920 the employees of the railway company living in the Gesäuse were allowed to use parts of the Krapfalm agriculturally (pastures for cattle). As a consequence, the Krampfalm experienced a period of intense farming which lasted till the second half of the 1960s. Hasitschka (2007) does not mention attempts to stabilize the banks of the Enns as part of the agricultural use of the Krapfalm. The area is however described as floodplain whereof only a small part is regularly exposed to inundations.

2.2.1 A: Western half; *westlicher Teil der Krapfalm* (km 131.7 – km 130.9)

In den Querprofilen lassen sich Segmente von Altarmen erkennen, die vermutlich von der Enns und dem Geschiebeeintrag aus dem Gofergraben signifikant umgestaltet wurden. Die Uferbereiche sind teilweise dicht mit Steinen mit einem Durchmesser in der Grössenordnung einiger dm belegt. Es stellt sich dabei Frage, wie weit diese Strukturen durch natürliche Erosionsprozesse (Auswaschen von Feinsedimenten) oder teilweise durch menschlichen Einfluss entstanden sind.
Auf Grund dieser Ausgangslage ist es denkbar Angriffsflächen für die Erosion zu schaffen, dh. die Steine und Vegetation auf einem ca. 50 m langen und 3-5 m tiefen Uferstreifen zu entfernen. Ein möglicher Ort einer solchen Intervention liegt unmittelbar flussaufwärts der Einengung beim Gofergraben Die Beobachtungslinie könnte in der Mitte zwischen Enns und Hangfuss und die Interventionslinie ca. 10 m vor dem Fuss des ÖBB-Dammes gesetzt werden.

Cross-sections 1-4 (see figure 8 on page 23) unveil segments of former river channels located at the base of the hillside. As they are not coherent they were probably exposed to a significant remodeling from the Enns and also influenced from lateral sediment input of the Gofergraben. The latter might also explain the indentation of the embankment line on the left-hand side opposed to the estuary of the Gofergraben and the accumulation of blocks immediately upstream. Most of the embankment on this river section is formed by boulders with a

[11] *According to Hasitschka (2007) the Krapfalm comprises the area on the left-hand side of the Enns between the entrance of the Gesäuse and the Bruckgraben*.

maximum size of a few dm. It is not clear whether this kind of armoring is artificial or the result of a natural process (washing out of fine sediments).

Based on the aforementioned considerations local interventions to foster / initiate erosion processes might be considered. At different places boulders and vegetation could be removed on the banks (length / width of these interventions: 50 m / 3-5 m). One potential location for such an intervention is immediately upstream of the narrowing at the Gofergraben.
As the armoring of the embankment might be partially artificial this intervention can be justified. By connecting the segments of the former river channels with each other and to the Enns on the other hand habitats are newly created. This contradicts the Enns Leitlinie (Hohhensinner et al. 2008).
The observation line could be set in the middle between the actual Enns river bank and the base of the hillside and the intervention line at 10 m from the base of the hillside.

2.2.2 B: Eastern half, *östlicher Teil der Krapfalm* (km 130.9 – km 130.1)

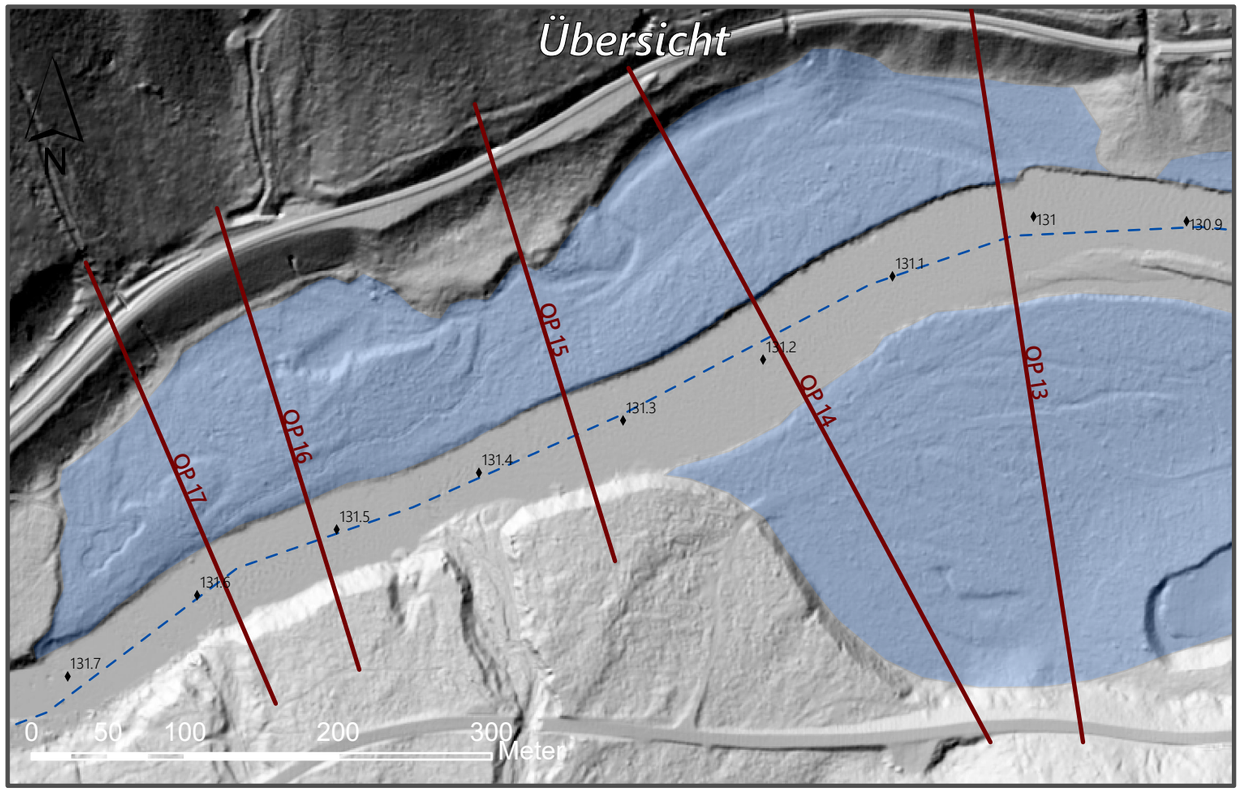
Der östliche Teil der «Krapfalm» wurde – wie aus dem Luftbild von 1952, siehe Figur 7 ersichtlich – intensiv landwirtschaftlich genutzt. Das Luftbild lässt weiter vermuten, dass lokal das Ufer befestigt und allenfalls auch sehr lokal eine Geländeanpassung vorgenommen wurde. Letzteres allenfalls um das von Überschwemmungen im Hochwasserfall betroffene Gebiet zu verkleinern. (Dabei handelt es sich jedoch nur um Vermutungen, die plausibilisiert / verifiziert werden müssten). In jedem Fall kann jedoch auch hier – neben detaillierteren Untersuchungen- beim Prallufer auf einer Länge von 50 m das Ufer von Vegetation und Steinen befreit werden um Angriffspunkte für Erosion zu schaffen. Die Beobachtungs- und die Interventionslinie können wie im westlichen Teil der Krapfalm gesetzt werden.

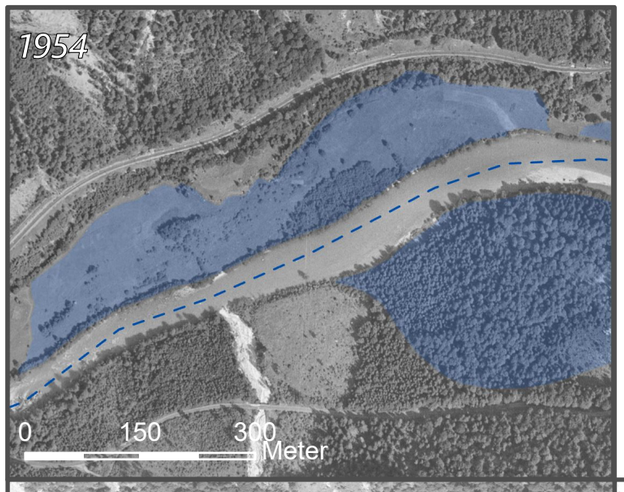
The aerial picture (1952) of this part shows an intensive agricultural use and the cross sections leave no doubt that the Enns has modelled this terrace (see figure 9 on page 24). The picture may also show sections of the bank which were slightly armored ([12]) and others which were exposed to frequent flooding and therefore locally remodeled (see figure 7). The latter are however speculative interpretations of the aerial picture and need to be confirmed by further investigations (on site).
In any case local interventions to foster / initiate erosion processes as described in the previous chapter might be considered. Section 1 (and 4) in figure 7 might best suited. The observation and intervention line could be set as in the western half.

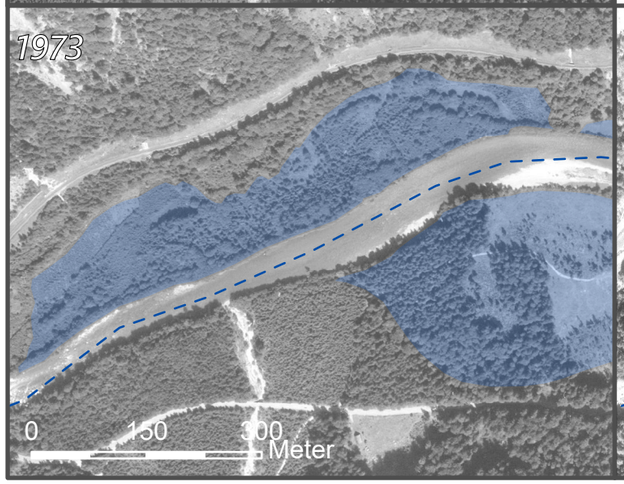
[12] *Naturally or artificially as discussed in the previous chapter*

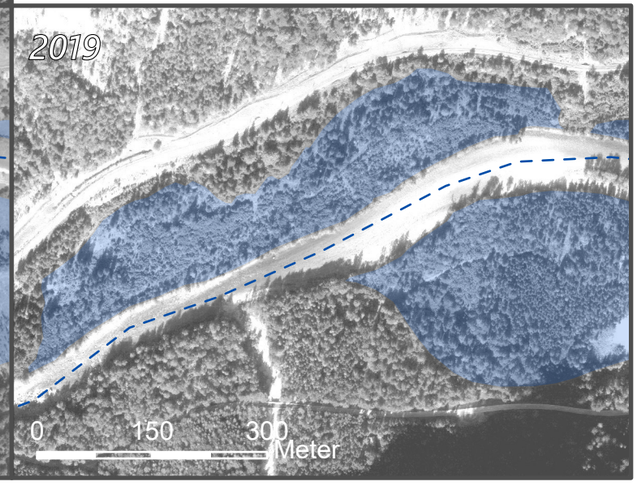
Figure 7: Aerial picture from 1952 (source: ?), 1/4: sections where the river bank which might have been armored; 2: sink, in case this sink is manmade the material could have been used to limit the extension of the flood prone area (number 3)? or fill other depressions.

Bereich A - Krapfalm West









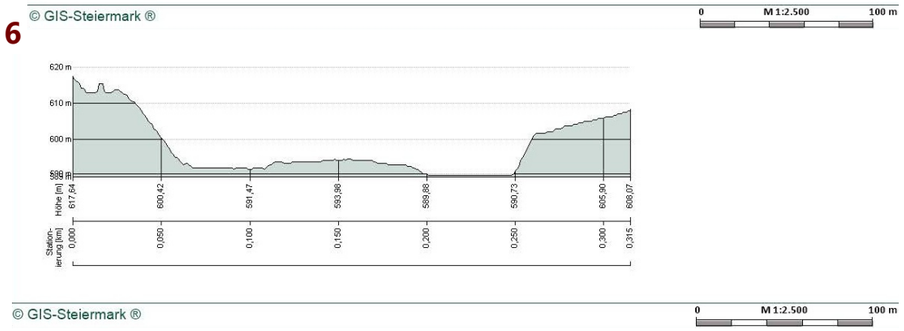
Überlegungen zum Revitalisierungspotential an der Enns zwischen dem Gesäuseeingang und Gstatterboden auf dem Territorium des Nationalparks Gesäuse in der Steiermark, Österreich

- Querprofile
- Kilometrierung Enns
- betrachtete Flächen
- Ennsverlauf 2019

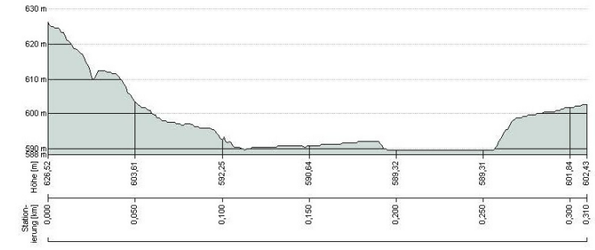
Querprofile

QP 17

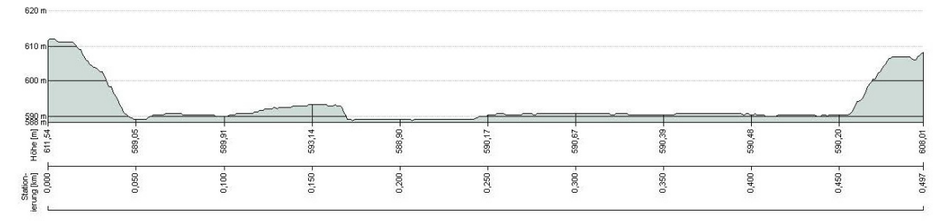
QP 16



QP 15



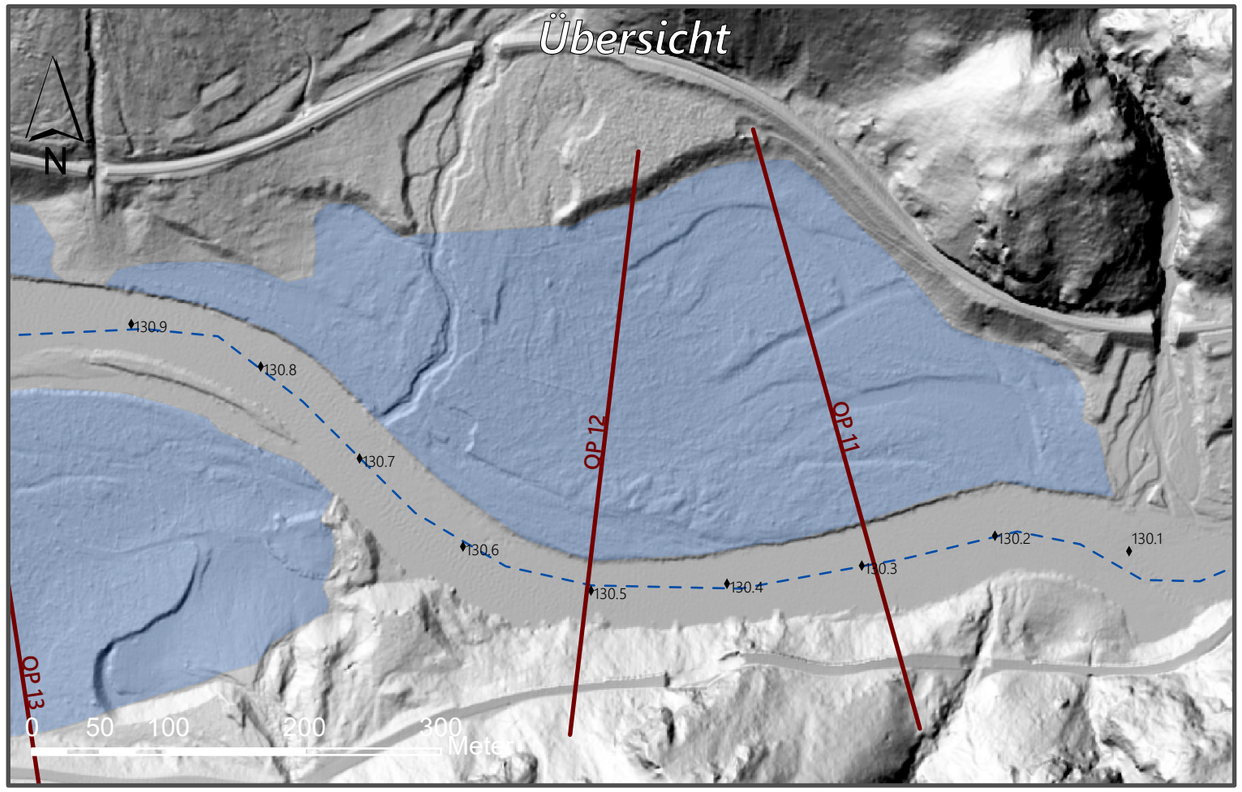
QP 14

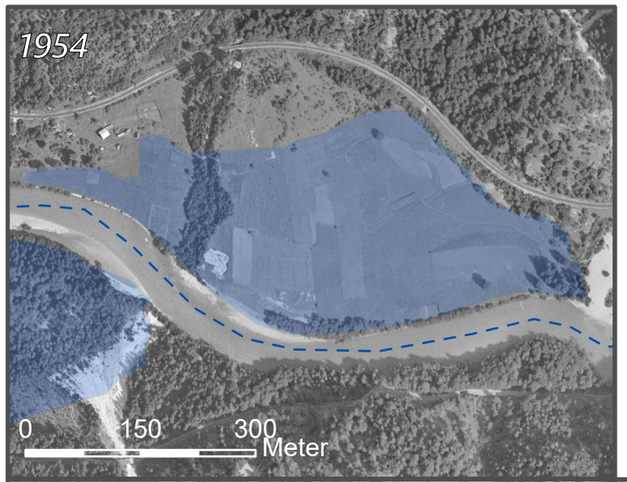


Nationalpark Gesäuse GmbH

Bearb.: Richard Kuntner, Magdalena Kaltenbrunner
Stand: 19.10.2020
Orthofoto, Geländemodell, Ennsverlauf, Kilometrierung Enns: © GIS-Steiermark
Koord. Syst.: WGS 1984 UTM Zone 33N

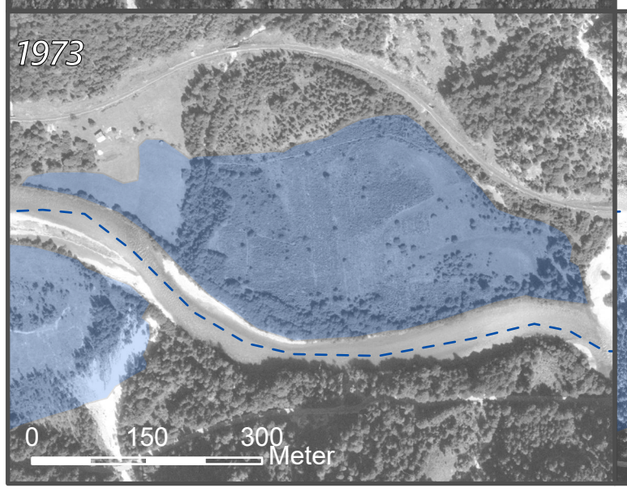
Bereich B - Krapfalm Ost

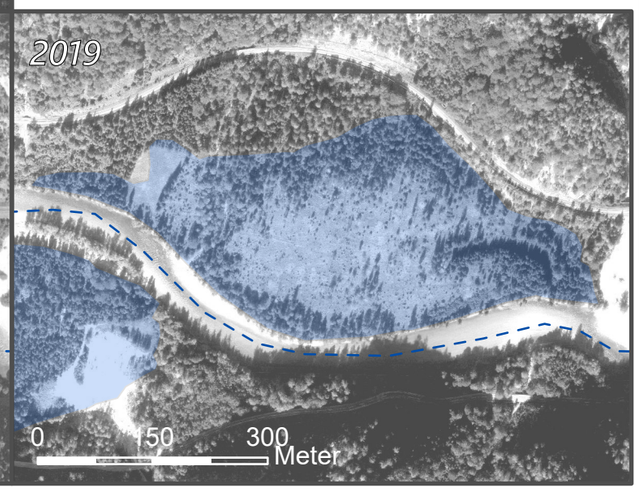




Überlegungen zum Revitalisierungspotential an der Enns zwischen dem Gesäuseeingang und Gstatterboden auf dem Territorium des Nationalparks Gesäuse in der Steiermark, Österreich

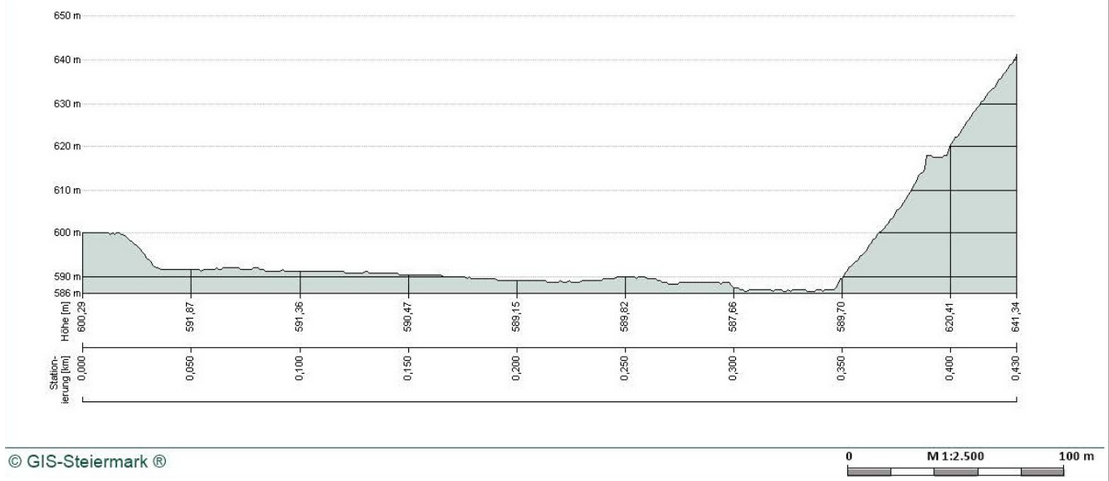
- Querprofile
- Kilometrierung Enns
- betrachtete Flächen
- Ennsverlauf 2019





Querprofile

QP 12



QP 11

Nationalpark Gesäuse GmbH

Bearb.: Richard Kuntner, Magdalena Kaltenbrunner
Stand: 19.10.2020
Orthofoto, Geländemodell, Ennsverlauf, Kilometrierung Enns: © GIS-Steiermark
Koord. Syst.: WGS 1984 UTM Zone 33N

2.3 C: Haslau (km 131.3 – km 130.6)

Im Bereich der Hauslau sind auf Grund der konsultierten Unterlagen ([13]) keine Längsbauwerke zu erwarten. Daher sind – vorbehältlich ([13]) - auch keine Revitalisierungsmassnahmen erforderlich.

Parts of the Haslau were used as pasture (see figure 10). The available historic information is however very limited. In the second half of 20th century gravel was extracted from the alluvial cone of the Haspelgraben. The corresponding artificial depression and the access road are still clearly visible in the DEM (see figure 12 on page 26).
A cross section parallel to the Enns river on the western part of the area (see figure 11) reveals historical river beds. The “channel” separating the island from the bank on the north eastern part of the area is probably natural.
There is no apparent river related human intervention in this area. Consequently, there is no need for revitalization ([14]).

Figure 10: Land use 1922 (source: Hasitschka 2007)

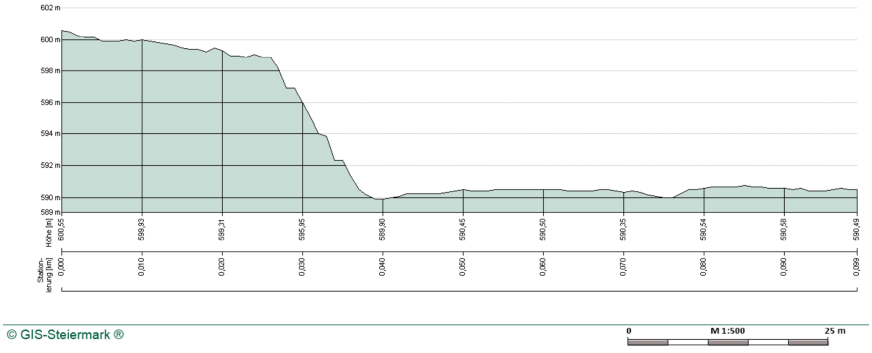
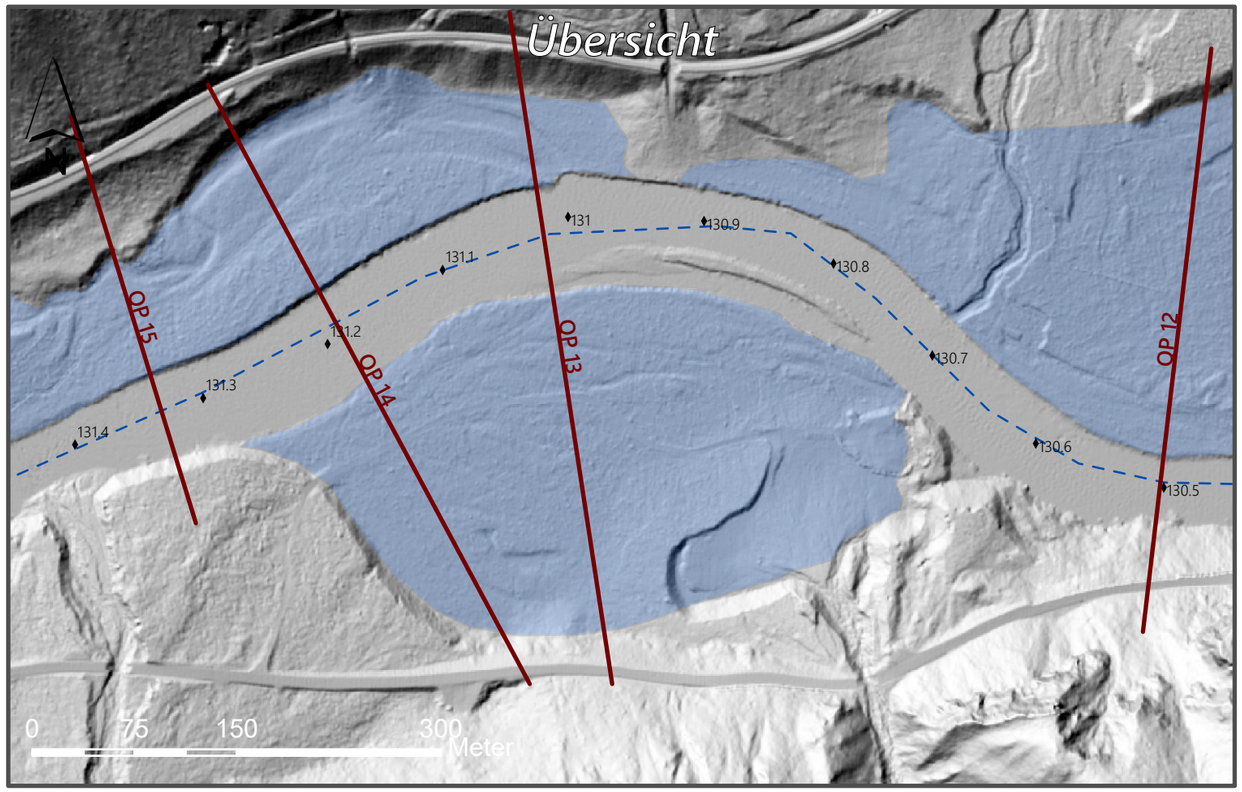
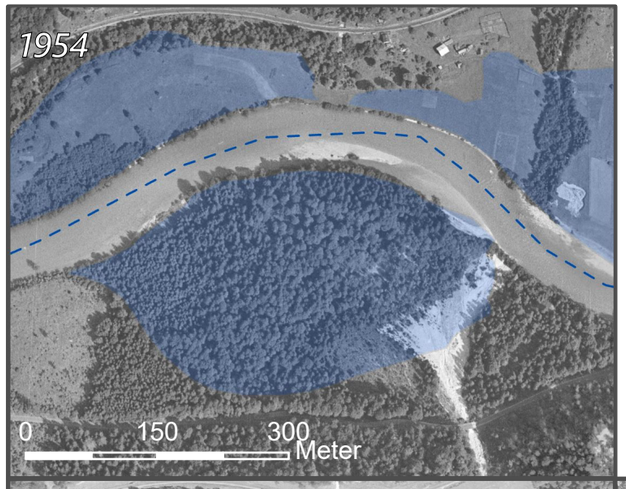


Figure 11: Cross section 3a (source: Digitaler Atlas Steiermark)

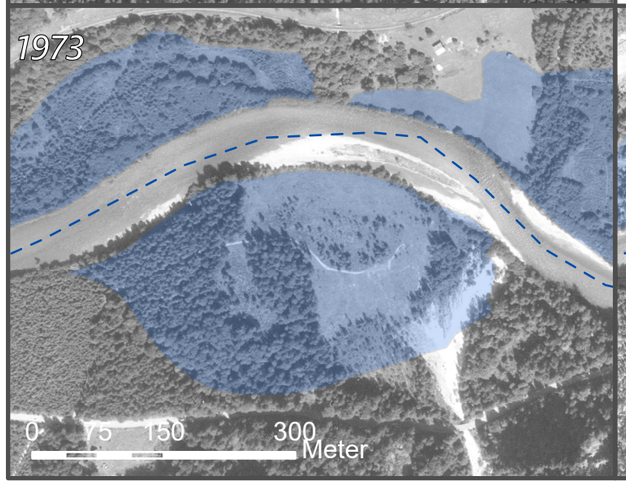
[13] *Damit ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass detaillierte Untersuchungen und Begehungen doch noch gewisse androphogene Veränderungen zu Tage fördern.*
[14] *Removing the dam of the former access road to the extraction site is not necessary as it is probably not reinforced and can / could be eroded by the river.*

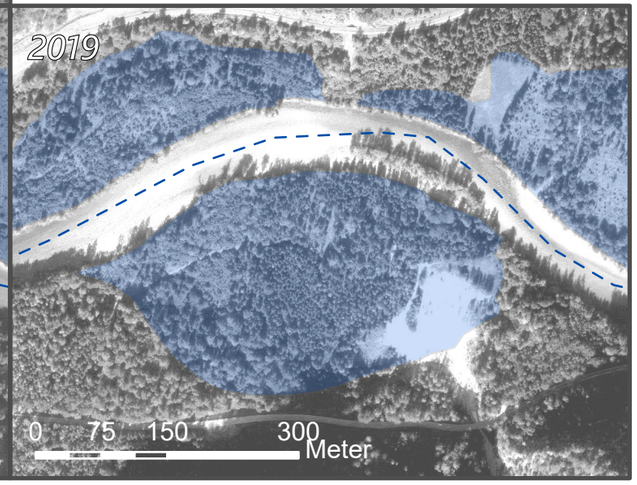




Überlegungen zum Revitalisierungspotential an der Enns zwischen dem Gesäuseeingang und Gstatterboden auf dem Territorium des Nationalparks Gesäuse in der Steiermark, Österreich

- Querprofile
- Kilometrierung Enns
- betrachtete Flächen
- Ennsverlauf 2019



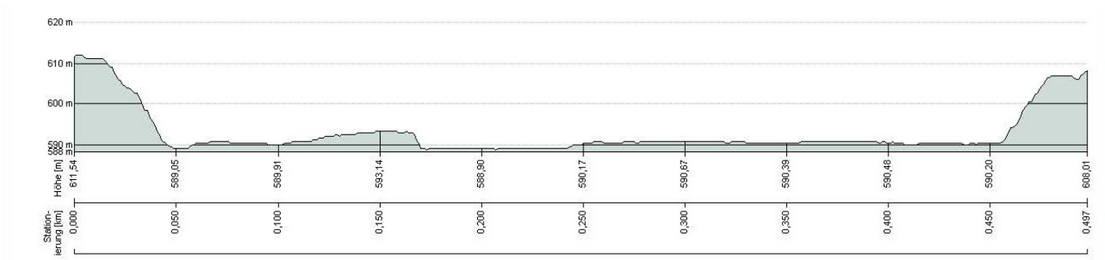


Bereich C - Haslau

NATIONALPARK GESÄUSE

Querprofile

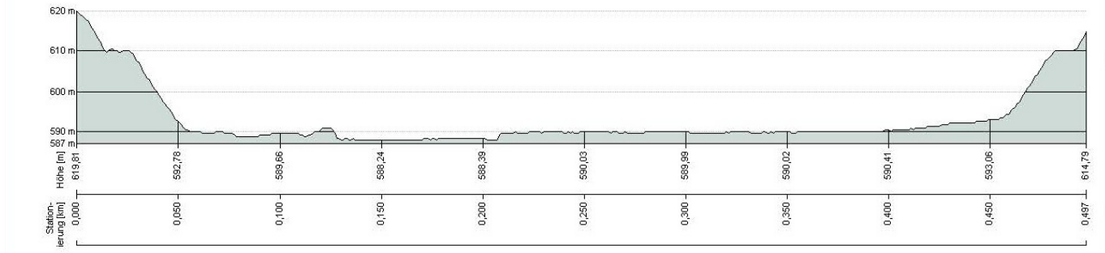
QP 14



© GIS-Steiermark ®

0 M 1:2.500 100 m

QP 13



© GIS-Steiermark ®

0 M 1:2.500 100 m

Nationalpark Gesäuse GmbH

Bearb.: Richard Kuntner, Magdalena Kaltenbrunner
Stand: 19.10.2020
Orthofoto, Geländemodell, Ennsverlauf, Kilometrierung Enns: © GIS-Steiermark
Koord. Syst.: WGS 1984 UTM Zone 33N

2.4 D: Zigeunerau (km 128.5 – km 128.1)

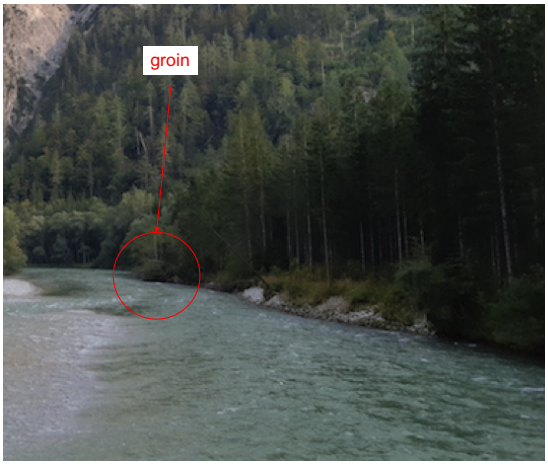
Dem Digitalen Geländemodell (DGM, Abbildung 17, blaue Fläche) kann entnommen werden, dass das Gerinne der Enns früher weiter südlich gelegen ist. Wie weit die Verschiebung des Flusslaufes in nördlicher Richtung durch menschliche Eingriffe mitbeeinflusst wurde lässt sich auf Grund der vorliegenden Dokumente nicht sagen. Hingegen zeigt ein Vergleich der Luftbilder von 1952 und 1970, dass der Uferverlauf der Enns im östlichsten Teil der Zigeunerau dahingehend verändert wurde, dass er neu in einem gleichmässigen Bogen verläuft. Gleichzeitig wurde er mit einer Buhne und einem Blockwurf befestigt.
Im westlichen Teil, nahe des Johnsbachsteges, liegt das südliche Ufer aktuell bis auf die Höhe der vorher erwähnten Buhne um bis zu 10 bis 15 m weiter südlich als 1970. Es dürfte teilweise mit einem Blockwurf geschützt sein, weist jedoch Erosionsspuren auf (siehe Abb. 14).
Mögliche Interventionen können zwischen keinem Eingriff und einem teilweisen / vollständigen Entfernen der Uferbefestigung liegen, nachdem bereits heute im Bereich des Blockwurfes vor der Buhne Erosion zu beobachten ist. In jedem Fall müssen die Beobachtungs- und Interventionslinie so gesetzt werden, dass eine allfällige Erosion nicht bis zur Bundesstrasse und dem Eingangsbereich des Tunnels fortschreiten kann. Welcher Schutz der alten Bundesstrasse (heute als Radweg genutzt) zukommen soll, muss von den betroffenen Akteuren ausdiskutiert werden.

In the actual situation the bank of the Enns at the eastern part of the Zigeunerau describes a smooth curve. This smooth curve is the result of a bank reinforcement and a local deviation of the Enns which has been installed between 1950 and 1970.
The Digital elevation model (DEM) clearly shows that the river bed of the Enns used to reach further to the south (blue surface in figure 17). To which extent this shift to the North has been influenced by human activity is not clear. The map of 1925 (see figure 13) sheds no further light on this topic.

Figure 13: Excerpt of the Lechner 1925 map, Militärgeographisches Institut (source Hasitschka 2007)

The bank reinforcement at the Zigeunerau consists of a groin and a rip rap as shown in figures 14 and 15.

Upstream of the groin the southern bank has been eroded by 10-15 m since 1970 up to the level of the former path. The actual bank is protected by some kind of armoring which shows traces of erosion (see figure 14).



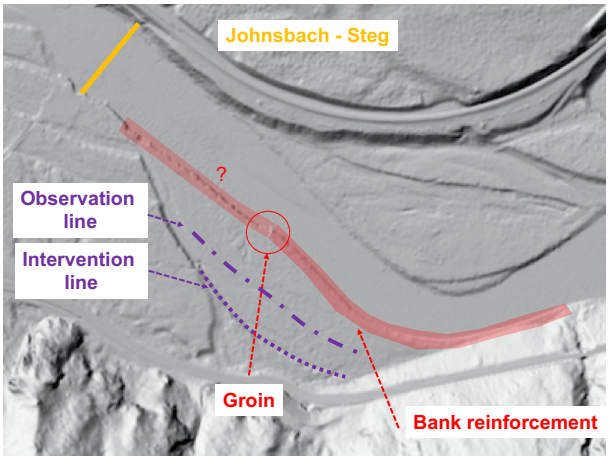
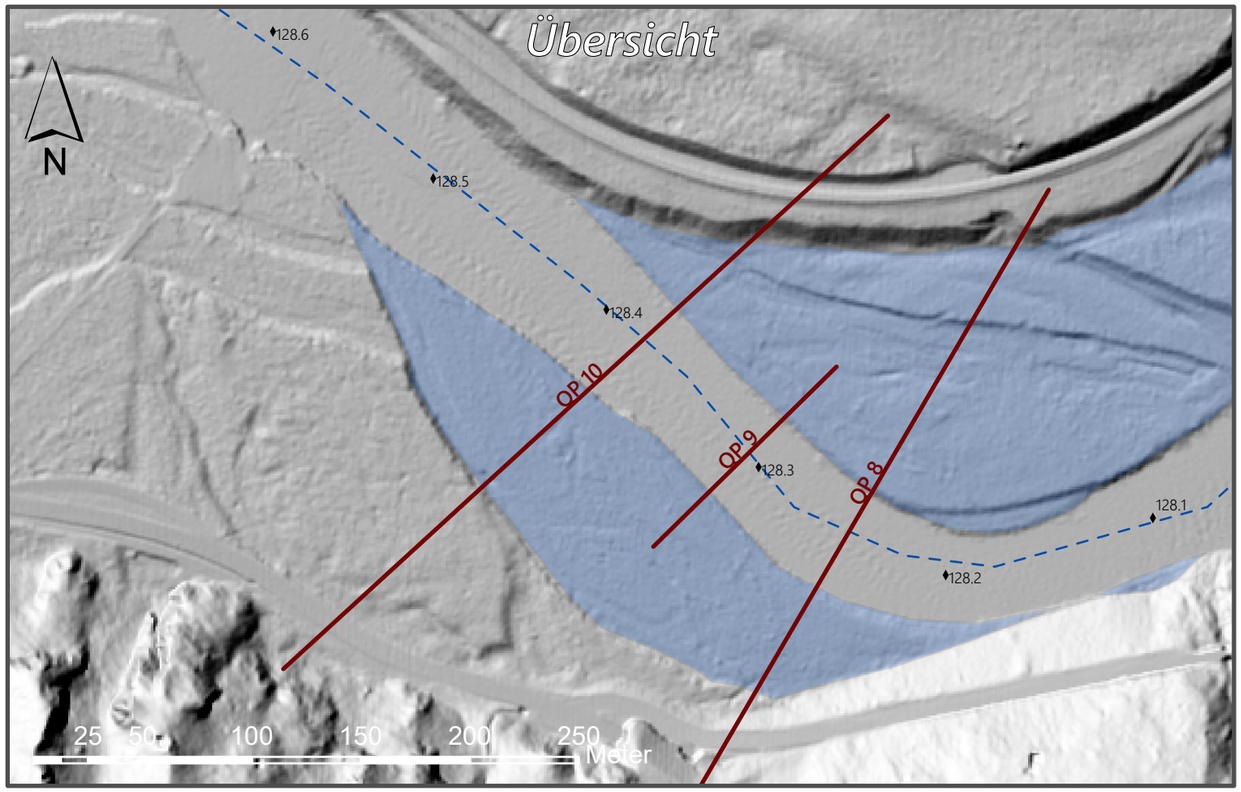


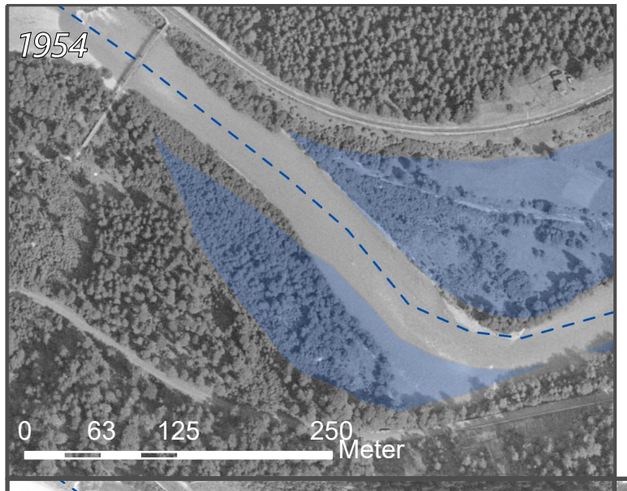
Figure 14: Groin and armoring upstream of groin where the bank has been eroded by some 10-15 m since 1970, Figure 15: Groin and downstream bank reinforcement, possible observation and intervention lines (source: GIS Steiermark)

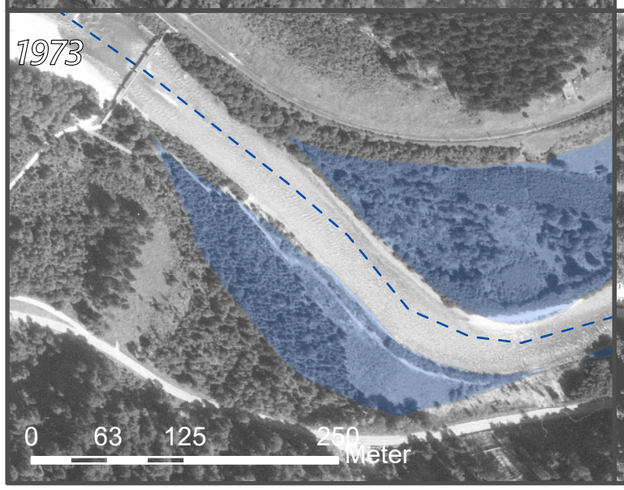
Figure 16: Downstream end of the bank reinforcement

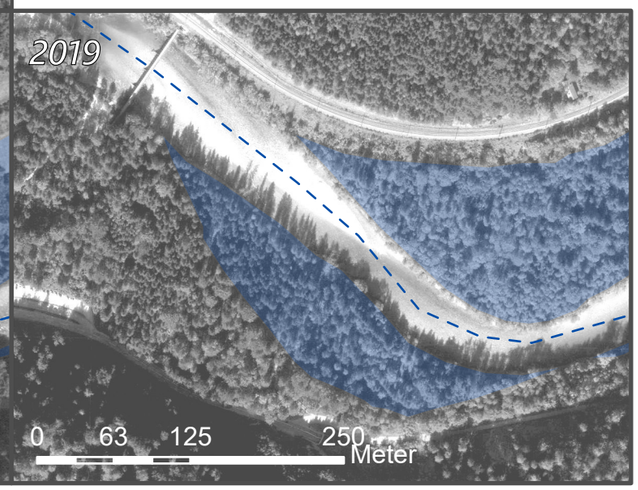
Possible interventions range from no intervention as the bank reinforcement has already been eroded locally to the removal of the groin and sections of the bank reinforcement downstream of the groin and the local removal of the “armoring” upstream of the groin.
The observation and intervention lines could be set as proposed in figure 15 in order to guarantee the security of the portal area of the road. The interventions also depend on the level of protection envisaged for the old section of the road which is currently used as bike trail.

Bereich D - Zigeunerau







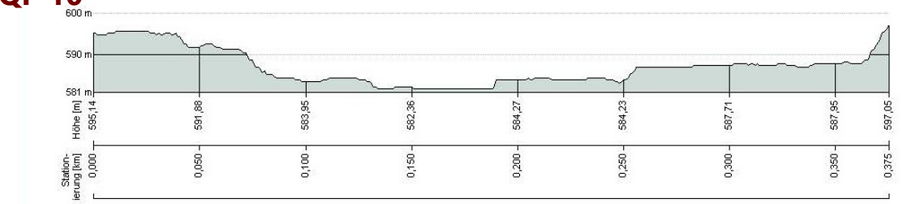


Überlegungen zum Revitalisierungspotential an der Enns zwischen dem Gesäuseeingang und Gstatterboden auf dem Territorium des Nationalparks Gesäuse in der Steiermark, Österreich

- Querprofile
- betrachtete Flächen
- Kilometrierung Enns
- Ennsverlauf 2019

Querprofile

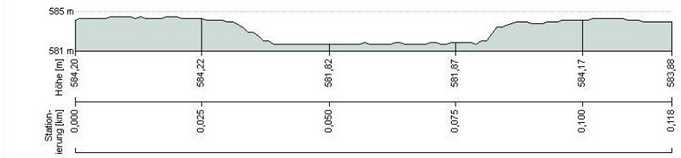
QP 10



© GIS-Steiermark ®

0 M 1:2.500 100 m

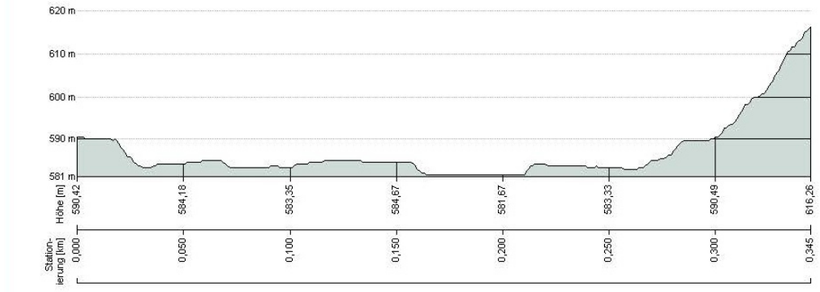
QP 9



© GIS-Steiermark ®

0 M 1:1.000 50 m

QP 8



© GIS-Steiermark ®

0 M 1:2.500 100 m

Nationalpark Gesäuse GmbH

Bearb.: Richard Kuntner, Magdalena Kaltenbrunner
Stand: 19.10.2020
Orthofoto, Geländemodell, Ennsverlauf, Kilometrierung Enns: © GIS-Steiermark
Koord. Syst.: WGS 1984 UTM Zone 33N

2.5 E: Räucherlboden Süd (km 128.5 – km 127.9)

Auf der Lechner Karte aus dem Jahre 1925 (siehe Abbildung 18) ist der südlichste Teil des Räucherlbodens (Halbinsel südlich des Bahnwärterhäuschens 102) als Insel ausgebildet, die durch einen kleinen Kanal / Flussarm abgetrennt ist. Der Kanal ist im DGM und vor Ort noch erkennbar (siehe Abbildungen 19 und 22) doch verwachsen und beidseitig nicht mehr ans Gerinne angeschlossen. Zum Schutz der Bahnlinie wurde das Ufer vermutlich bis auf die Höhe des Einlaufbereichs in das ehemalige Gerinne verbaut. ([15]).
Ein Reaktivieren des alten Flussarmes ist denkbar. Jedoch stellt sich die Frage nach der Wirksamkeit, nachdem sich auf dieser Uferseite im Bereich des allfälligen Zuflussbereiches in den Altarm eine Schotterbank gebildet hat.

The map of 1925 (figure 13 /18) shows an island which is used as pasture (in the south of the railway attendant's house Nr. 102). The channel separating the island from the bank is still visible in the DEM and on site (see figure 22) but has been sealed artificially or naturally on both sides.
The bank of the Enns has been reinforced in the vicinity of the Johnsbach railway station in order to protect the railway line. The aerial picture (Figure 20) clearly shows a groin upstream of the Johnsbach Steg which deflects a part of the flow from the bridgehead ([16]). The bank downstream of the Johnsbach Steg seems to be reinforced (see figure 21) and the reinforcement might end where the railway line turns to the east.
The former channel could be reactivated. This however requires some excavation and the sedimentation a this slip off bank could cut the channel from the main river in a short time.

Figure 13 / 18: Map of 1925 where a part of the Räucherlboden in the south of railway attendant house Nr. 102 is an island separated from the bank by a small channel (source: Hasitschka 2007)

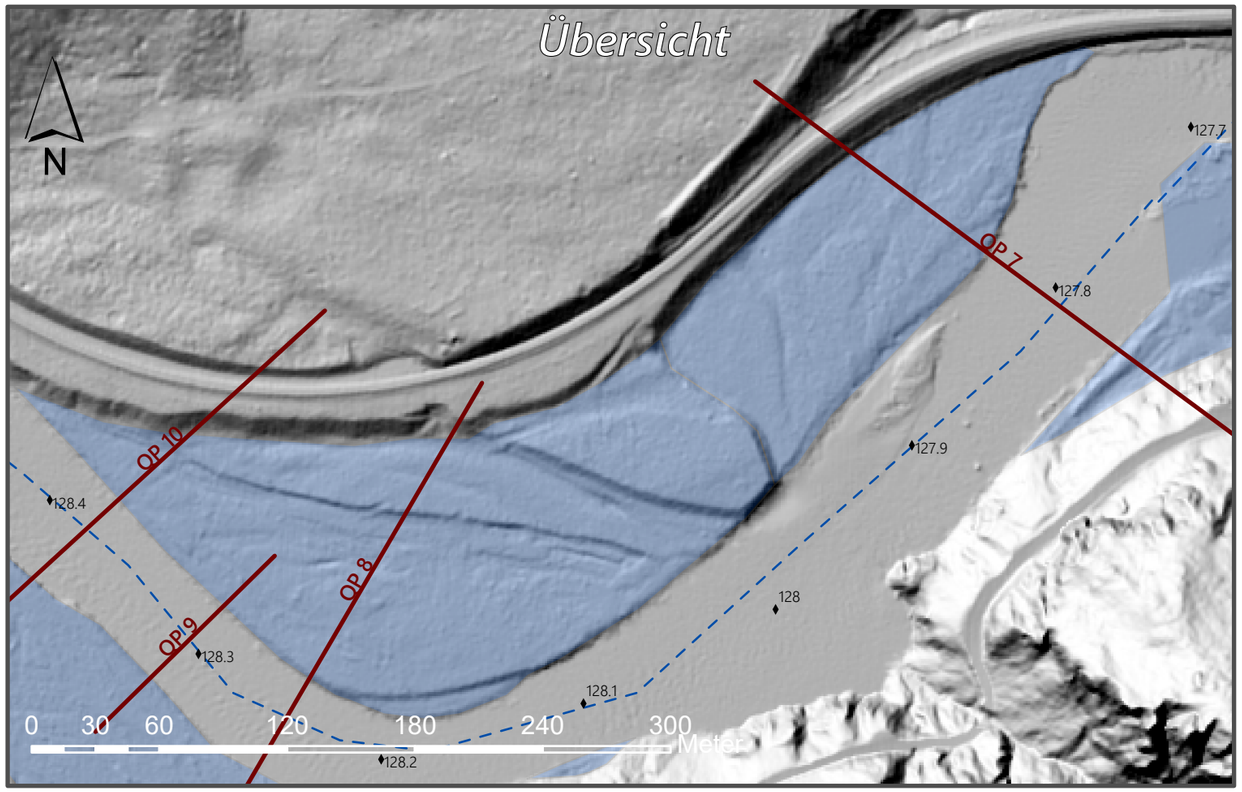
[15] *Deutlich sichtbar ist in Abbildung 20 die inklinante Buhne mit der u.a. die Strömungsbelastung des Brückenkopfes reduziert werden soll.*
[16] *The wooden bridge was the main access to the Johnsbach station and is therefore part of the railway infrastructure*.

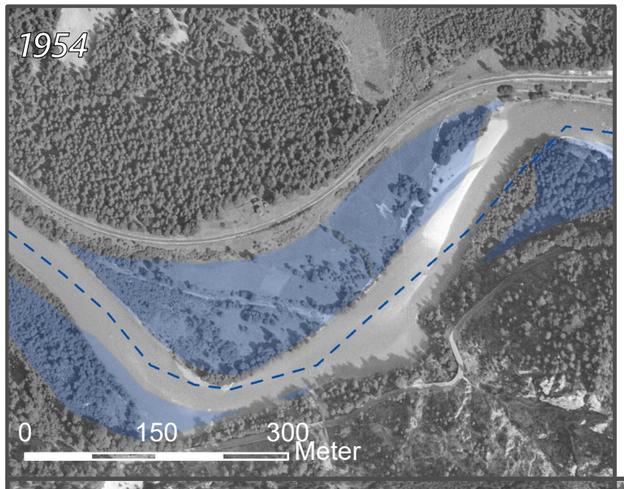
Figure 19: Former west-east channel

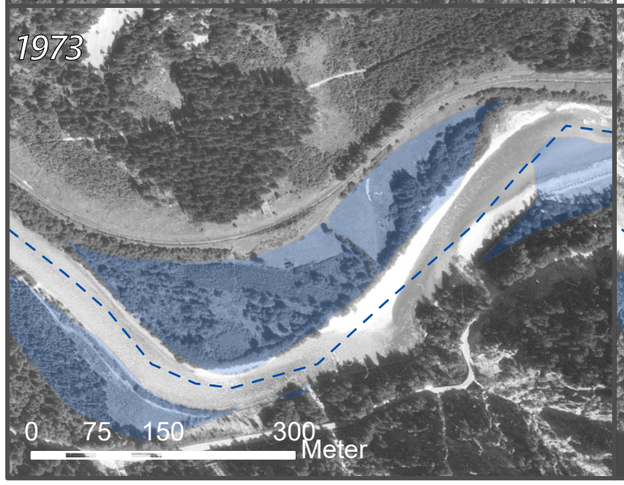
Figure 20: Excerpt of the section of left bank which has been reinforced to protect the railway line. Clearly visible is the groin some 30 m upstream of the wooden bridge (source: National Park)

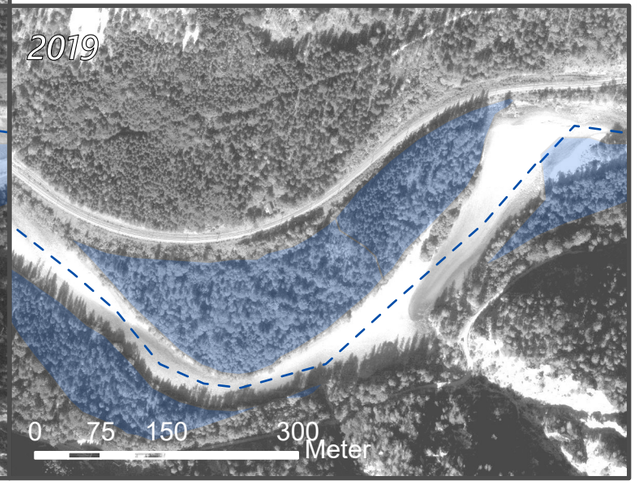
Figure 21: River bank downstream of the wooden bridge (Johnsbach-Steg) which has been reinforced (high probability).

Bereich E - Räucherlboden Süd







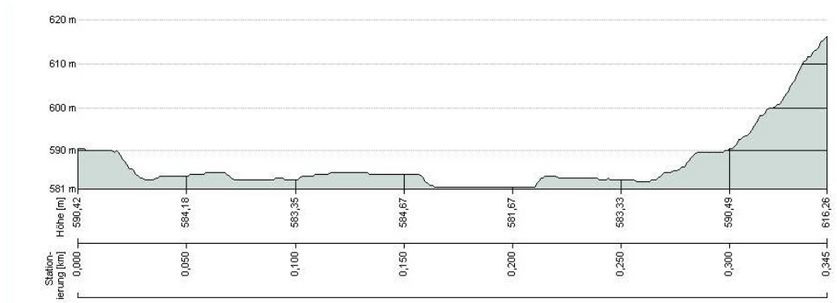


Überlegungen zum Revitalisierungspotential an der Enns zwischen dem Gesäuseeingang und Gstatterboden auf dem Territorium des Nationalparks Gesäuse in der Steiermark, Österreich

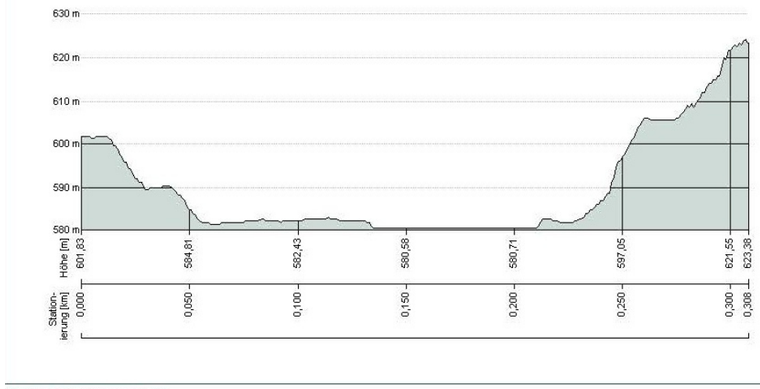
- Querprofile
- Kilometrierung Enns
- betrachtete Flächen
- Ennsverlauf 2019

Querprofile

QP 8



QP 7



Nationalpark Gesäuse GmbH

Bearb.: Richard Kuntner, Magdalena Kaltenbrunner
Stand: 19.10.2020
Orthofoto, Geländemodell, Ennsverlauf, Kilometrierung Enns: © GIS-Steiermark
Koord. Syst.: WGS 1984 UTM Zone 33N

2.6 F: Räucherlboden Nord (km 127.9 – km 127.6)

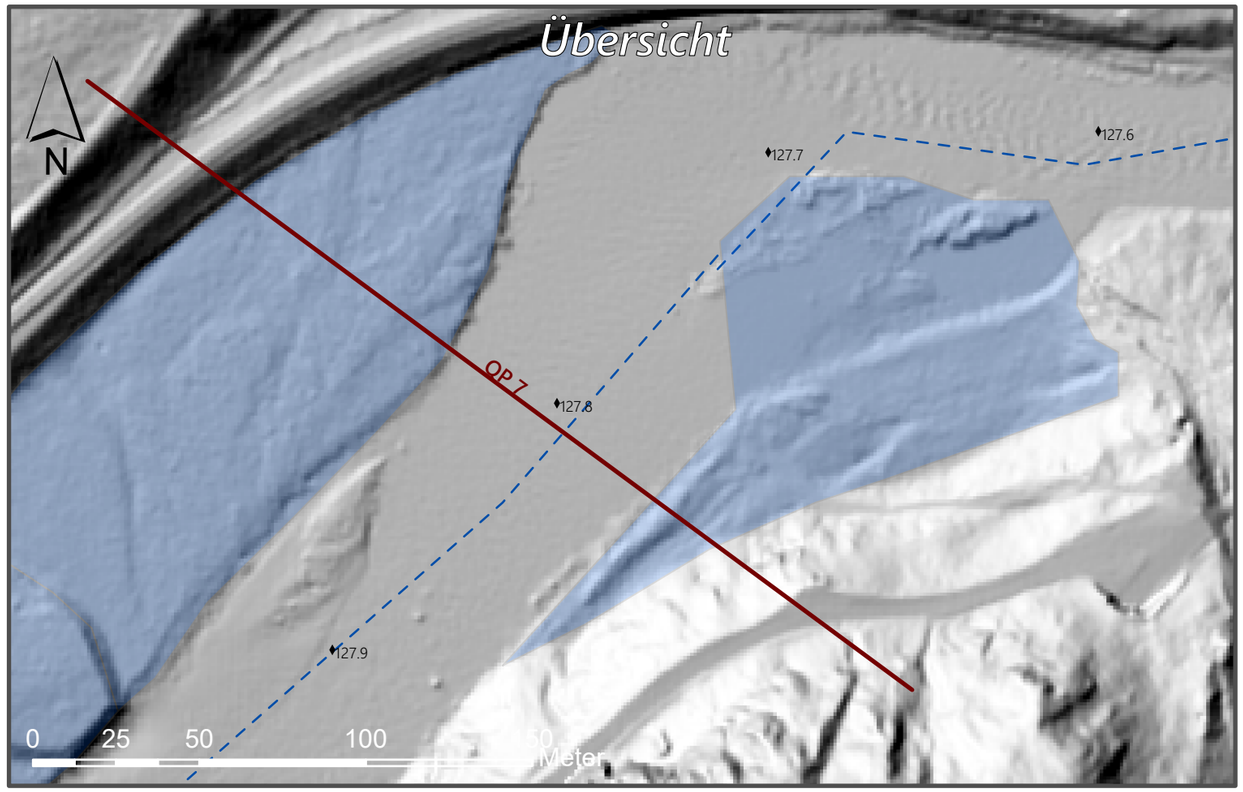
In diesem Abschnitt hat die Enns zwischen 1950 und 1970 den südlichen Rand des Gerinnes um ca. 50 m nach Süden verlagert. In der Folge wurde – vermutlich – zum Schutz des Hangfusses und der Strasse ein Blocksatz eingebaut. Seither hat sich vor dem Blocksatz eine Schotterbank / Insel gebildet.
Ein Entfernen des Blocksatzes ist denkbar. Werden die Blöcke am Hangfuss gelagert so können sie, soweit möglich und falls erforderlich, für einen allfälligen Schutz des Hangfusses und somit der Strasse verwendet werden. Dabei stellt sich die Frage, ob die alte Strasse, die aktuell dem Langsamverkehr dient, geschützt werden soll.

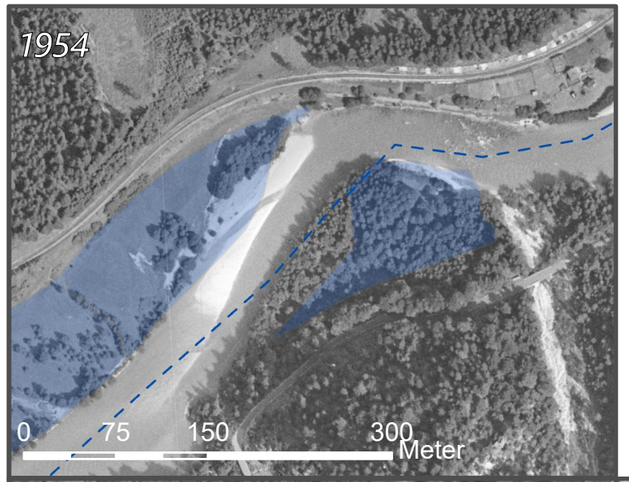
Between km 127.9 and km 127.6 the Enns has remodeled its bed. From 1950 to 1970 the southern bank moved up to 50 m to the south. In order to avoid the erosion of the foot of the slope which might have endangered the road, the bank was reinforced with a rip rap (see figure 23). Since then a gravel bank / island has formed in front of the rip rap and the main channel runs further north ([17]).
A dismantling of the rip rap might be considered. The removed blocks could be stored closed to the foot of the hill and used – if possible and required - to stabilize the foot and protect the road. Due to the tunnel this section of the road is however no longer used by motorized traffic. Depending on the management priorities and the concept for non-motorized traffic of the National Park an erosion of the hillslope causing a part of the former road to slip / collapse might be accepted.

Figure 23: Bank reinforcement

[17] *Depending on the evolution of this process the foot of the railway dam might need some additional reinforcement*

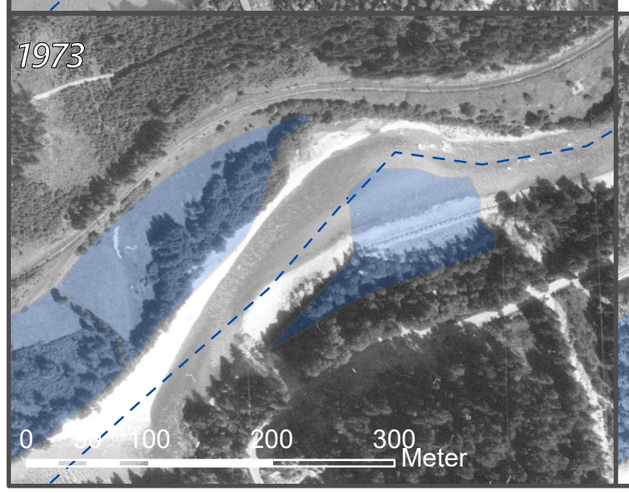
Bereich F - Räucherlboden Nord

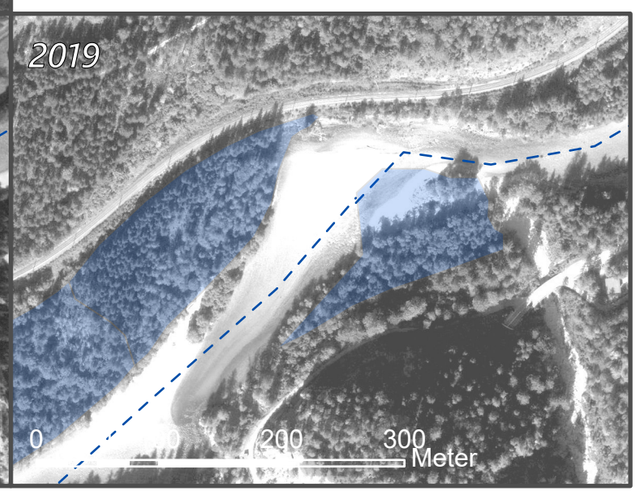




Überlegungen zum Revitalisierungspotential an der Enns zwischen dem Gesäuseeingang und Gstatterboden auf dem Territorium des Nationalparks Gesäuse in der Steiermark, Österreich

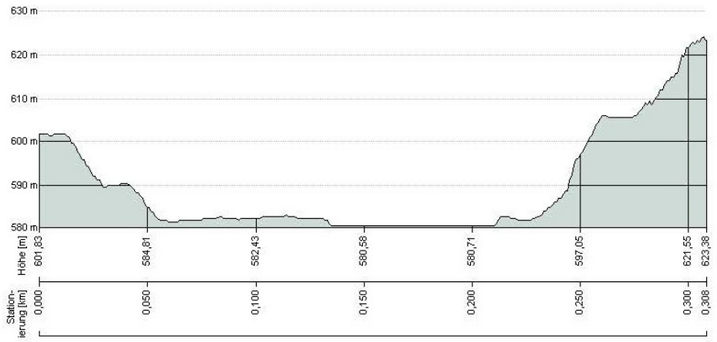
- Querprofile
- Kilometrierung Enns
- betrachtete Flächen
- Ennsverlauf 2019





Querprofile

QP 7



© GIS-Steiermark ®

0 M 1:2.500 100 m

Nationalpark Gesäuse GmbH

Bearb.: Richard Kuntner, Magdalena Kaltenbrunner
Stand: 19.10.2020
Orthofoto, Geländemodell, Ennsverlauf, Kilometrierung Enns: © GIS-Steiermark
Koord. Syst.: WGS 1984 UTM Zone 33N

2.7 G: Rauchboden (km 126.6 – km 126)

Der Rauchboden liegt auf dem Kegel des Rotbachs. Das Gebiet wurde über Jahrhunderte als Weidegebiet genutzt, wobei die regelmässigen Murschübe aus dem Rotgraben die Beweidung erschwerten. Der unterste Teil des Rauchbodens zwischen Enns und Eisenbahn wurde in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts intensiv landwirtschaftlich genutzt (siehe Abbildung 25). Das DGM lässt keine Rückschlüsse über Murgangschübe / Altarme zu, wobei nicht klar ist, ob allenfalls Senken und Gräben von den Bewirtschaftern ausgeebnet wurden. Wie bei der Krapfalm lässt sich beim Ufer teilweise die Bildung einer Belegung mit grösseren Steinen beobachten (siehe Abbildung 26) wobei nicht klar ist, wie weit dies natürlichen Ursprungs ist bzw. vom Menschen beeinflusst wurde. Wie bei der Krapfalm könnten die Steine und die Vegetation auf einer Länge von ca. 50 m entfernt werden, um einen Angriffspunkt für die Ufererosion zu schaffen. Die Interventionslinie könnte dabei rund 10 m vom Eisenbahndamm entfernt und die Beobachtungslinie in der Mitte zwischen Enns und der Interventionslinie gezogen werden.

The alluvial fan of the Rotgraben is called Rauchboden and was used as pasture. Debris flows were frequent and a constant challenge for the agricultural use (Hasitschka 2007). Picture 25 shows the most eastern part of the alluvial fan between the railway line and the Enns in the second half of the last century. It was used agriculturally by the railway employees.

Wiesen und Weiden südlich des Rauchbodens in Ennsnähe
Für die Wärterhäuser 99 bis 102 gilt Ähnliches wie im Bereich Krapfalm (siehe dort). Ein Foto von Grünlandwirtschaft nahe dem Wärterhaus 100 zeigt die intensive Nutzung des Talbodens zwischen 1920 und 1965.

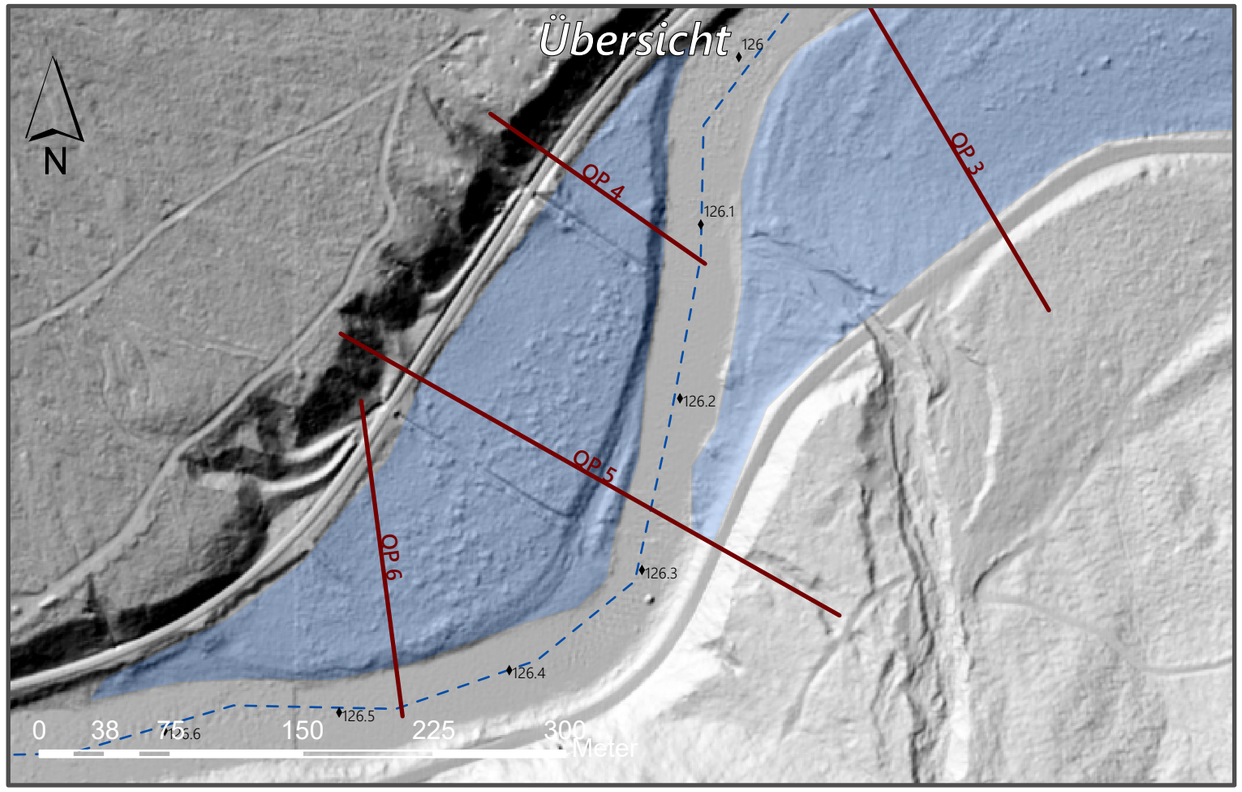
Figure 25: Rauchboden in the second half of the last century (source: Hasitschka 2007)

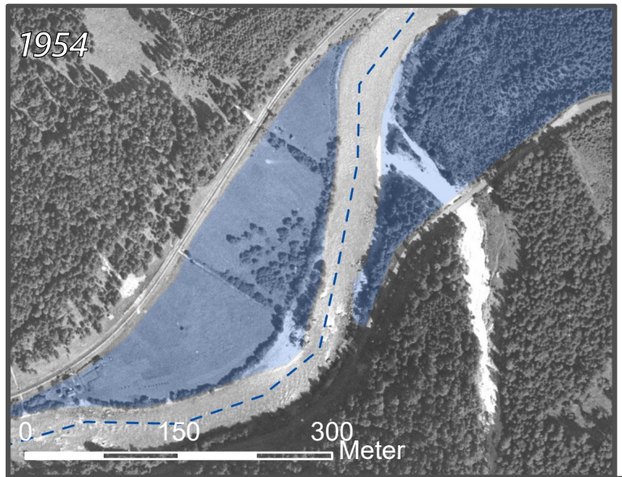
The DEM shows no evident traces of debris flow deposits or ancient river channels in the area between the railway line and the Enns. (Detailed inspections on site might however unveil certain morphological structures). Channels and sinks might have been filled by the farmers. As at Krapfalm there is a certain armoring of the banks which could be natural or artificial (see figure 26).

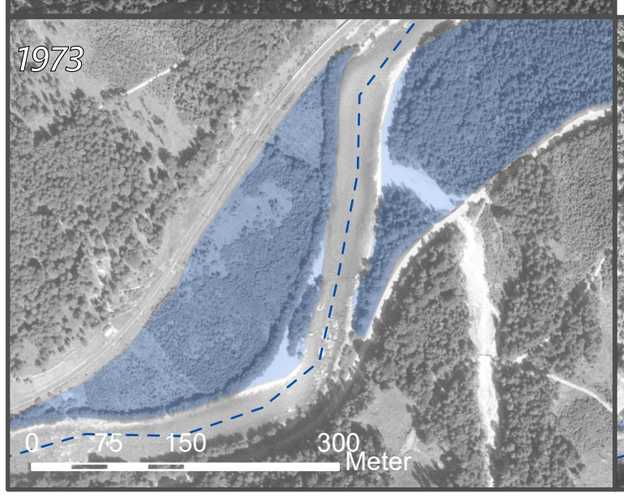
A local removal of boulders and the vegetation on the riverbank may provoke natural erosion processes. The observation and the intervention lines can be set as proposed for the Krapf-alm.

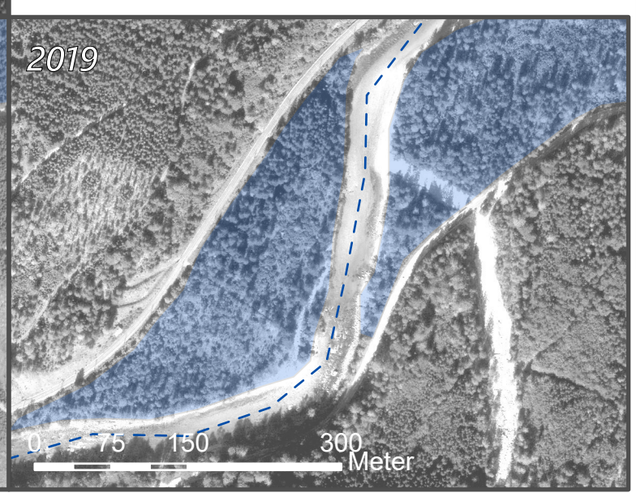
Figure 26: Bank – natural of artificial armoring

Bereich G - Rauchboden









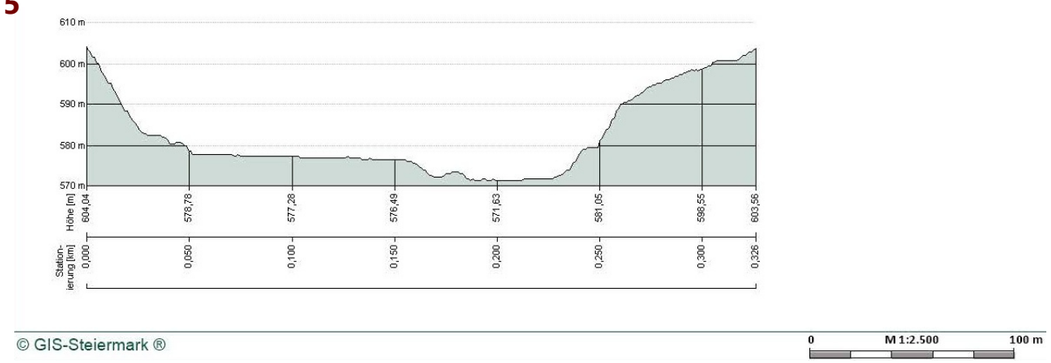
Überlegungen zum Revitalisierungspotential an der Enns zwischen dem Gesäuseeingang und Gstatterboden auf dem Territorium des Nationalparks Gesäuse in der Steiermark, Österreich

- Querprofile
- Kilometrierung Enns
- betrachtete Flächen
- Ennsverlauf 2019

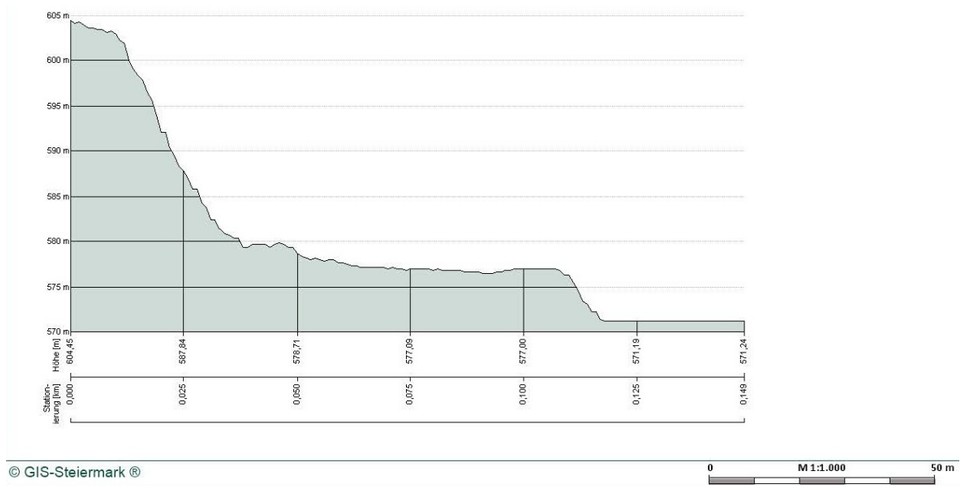
Querprofile

QP 6

QP 5



QP 4



Nationalpark Gesäuse GmbH

Bearb.: Richard Kuntner, Magdalena Kaltenbrunner
Stand: 19.10.2020
Orthofoto, Geländemodell, Ennsverlauf, Kilometrierung Enns: © GIS-Steiermark
Koord. Syst.: WGS 1984 UTM Zone 33N

2.8 H: Wegmacher (km 125.8 – km 125.4)

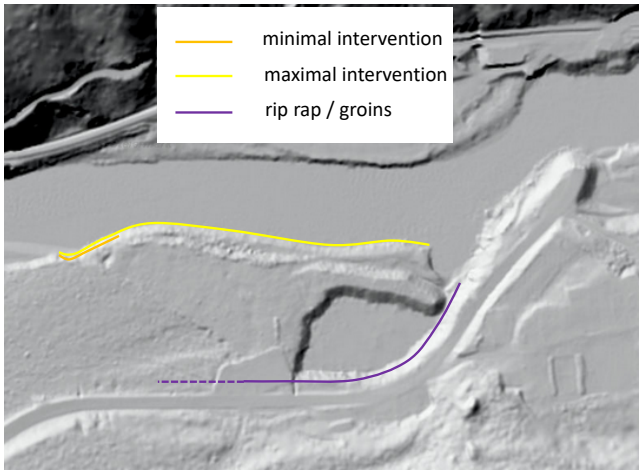
In diesem Abschnitt wurde der Lauf der Enns massgeblich verändert. Ist die Enns in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts noch in einem Bogen südlich geflossen wurde dieser Bogen zwischen 1950 und 1970 durchstochen und so der Lauf um rund 50 m verkürzt. Das neue Ufer wurde vor allem südseitig mit einem Blockwurf durchgehend verbaut.
Mögliche Interventionen können daher von einem lokalen bis zum vollständigen Entfernen der südlichen Uferbefestigung reichen. Wird die Uferbefestigung nur lokal entfernt, so können die anfallenden Blöcke in unmittelbarer Nähe deponiert und falls erforderlich und möglich – je nach Voranschreiten der Erosion im ungeschützten Bereich – wieder eingebaut werden. Wird der Uferschutz vollständig entfernt, so kann mit den anfallenden Blöcken (falls möglich, ansonsten mit anderen / grösseren Blöcken) entlang der bestehenden Strasse ein Blocksatz / Buhnen gebaut werden, der / die dann wieder zugeschüttet wird / werden.
Das nördliche Ufer dieses Abschnittes wurde(noch) nicht genauer angeschaut.

This river section has been significantly modified by human interventions. Figure 28 and the aerial picture from 1952 show a peninsula on the upstream of the bridge. In the geological map of 1935 the southern part of this peninsula is separated from the northern part by a channel which is nearly straight running from west to east. This channel is still visible in the aerial picture of 1952.
In the interventions between 1952 and 1970 this channel has been straightened and widened in order to form the new river channel. The southern bank of this channel has been armored with a rip rap and poles and the old channel was filled. These interventions were probably mainly motivated by the intention to protect the road and executed at the same time as the renewal of the road bridge.
The depression at cross section 1 (see figure 31) is an artificial lake and ecological compensation measure built by the ÖBB (personal communication, needs to be verified). It is however of limited ecological value.

In this section revitalization could range from a very limited local to a complete removal of the bank reinforcement (see figures 29 and 30) ([18]). In case the reinforcement is removed locally the blocks could be stored nearby and would be available (if they are suited) for local interventions depending on the erosion of the bank. A total removal of the reinforcement could / should go hand in hand with the planning / construction of a solid rip rap / groins along the road. This reinforcement can be covered with the material available from the excavation.

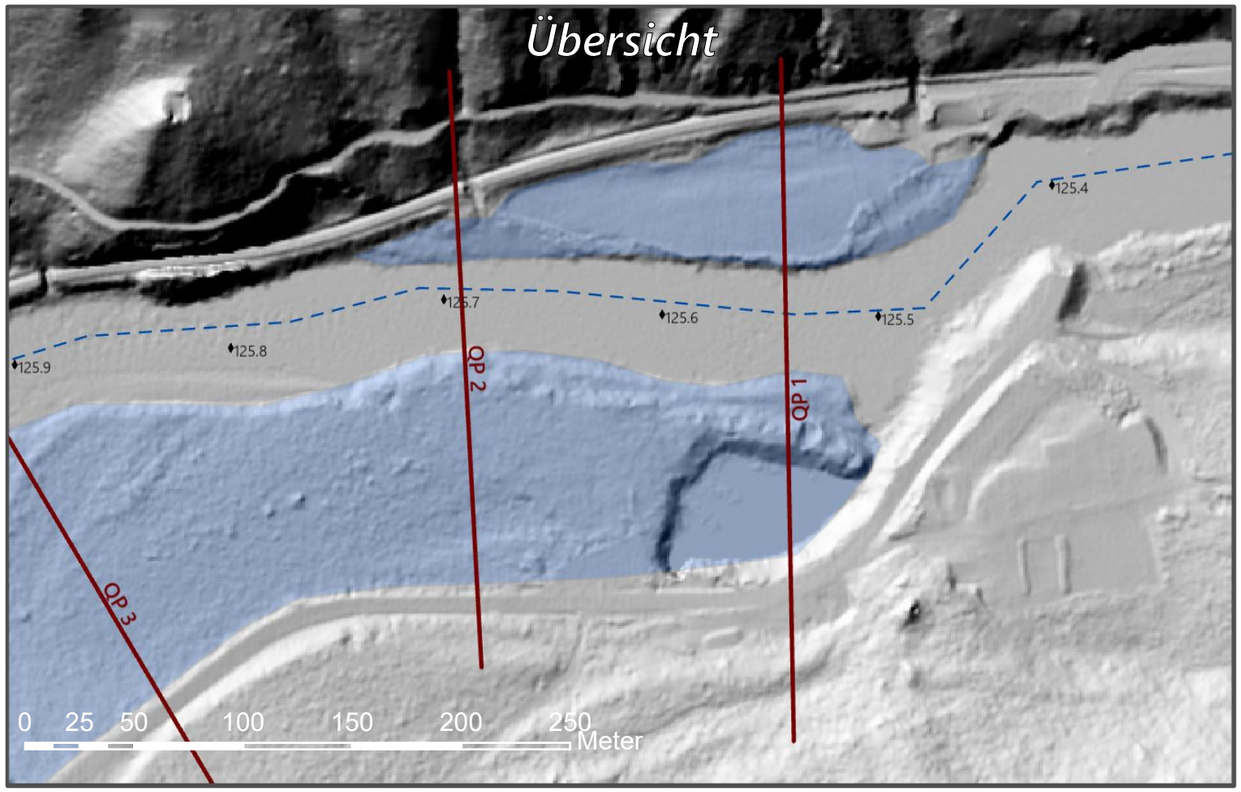
[18] *on the right-hand side. The left bank must be inspected more in detail and possible measures defined based on this inspection.*

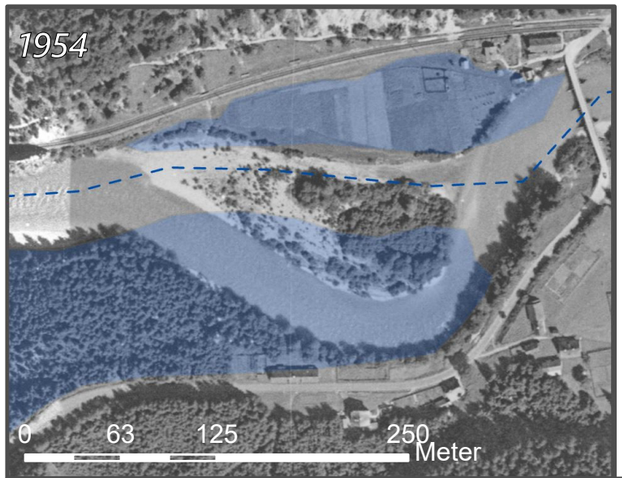
Figure 28: except of the Lechner 1925 map, Militärgeographisches Institut (source Hasitschka 2007)

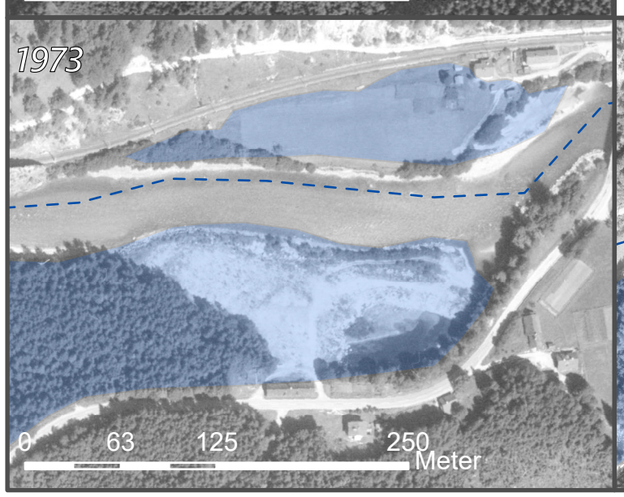


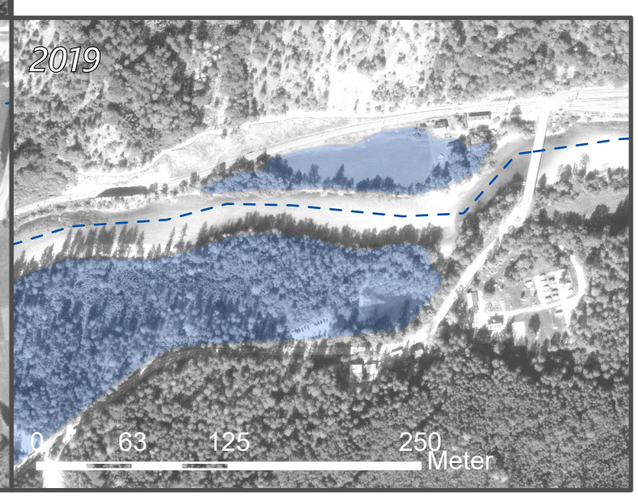
Figures 29 / 30: minimal / maximal intervention, the lines delineate the part of the bank where the reinforcement is removed. If the existing reinforcement is completely removed (yellow line) a reinforcement of the road embankment must be taken into consideration in the section of the road marked with the purple line.

Bereich H - Wegmacher







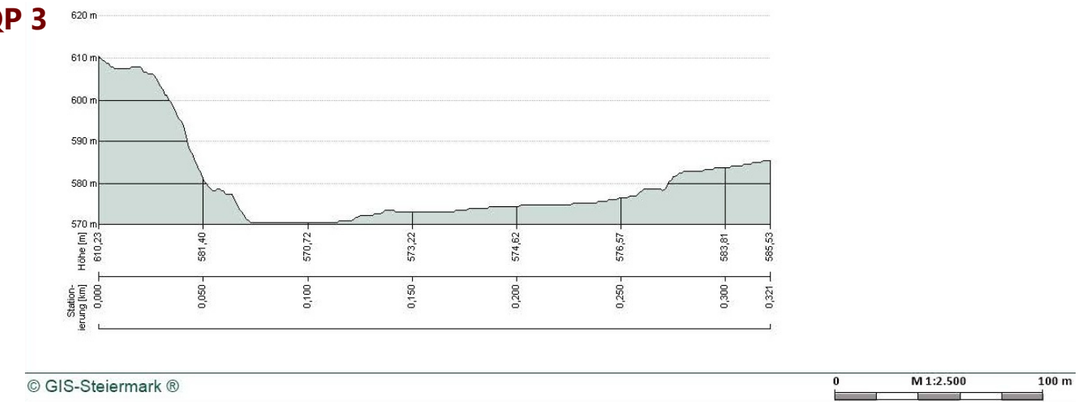


Überlegungen zum Revitalisierungspotential an der Enns zwischen dem Gesäuseeingang und Gstatterboden auf dem Territorium des Nationalparks Gesäuse in der Steiermark, Österreich

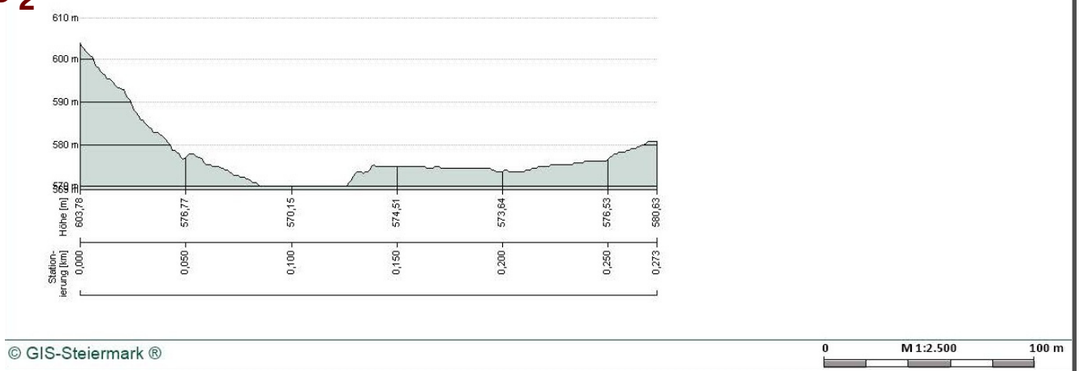
- Querprofile
- betrachtete Flächen
- Kilometrierung Enns
- Ennsverlauf 2019

Querprofile

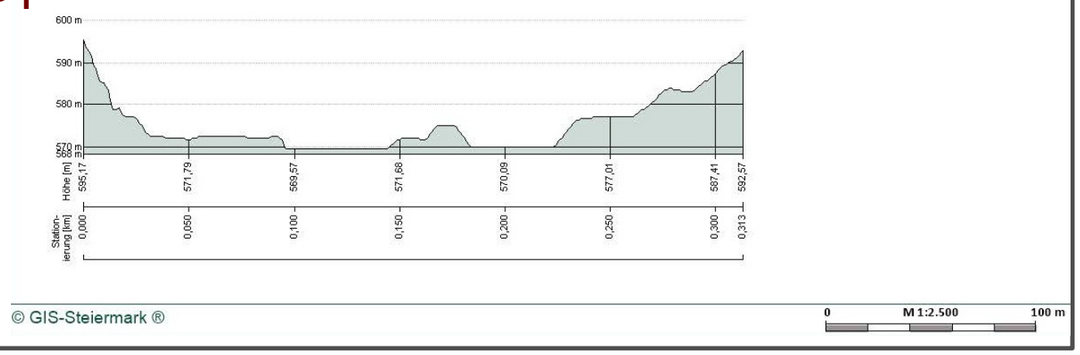
QP 3



QP 2



QP 1



Nationalpark Gesäuse GmbH

Bearb.: Richard Kuntner, Magdalena Kaltenbrunner
Stand: 19.10.2020
Orthofoto, Geländemodell, Ennsverlauf, Kilometrierung Enns: © GIS-Steiermark
Koord. Syst.: WGS 1984 UTM Zone 33N

2.9 Other local reinforcements / instream structures / *andere Leitwerke*

Am westlichen Ende des Fussgängersteges bei der Lettmair Au sind - wie in Abbildung 32 ersichtlich - im Uferbereich Holzpfähle erkennbar, die Teil einer Uferbefestigung gewesen sein könnten. Da die Ufererosion bereits bis wenige Meter hinter die Pfähle vorgeschritten ist drängt sich ein Entfernen der Pfähle aus wasserbaulicher Sicht nicht auf.
In Abbildung 33 sind Leitwerke sichtbar, welche die Anströmung des durch die Lettmair Au führenden Kanals verbessern sollen. Sie könnten allenfalls optimiert werden.

At the western end of the boardwalks at the Lettmair Au a line of wooden poles can be spotted which were probably part of a local bank reinforcement structure (see figure 32). A removal of these poles might be considered (mainly from a rafting perspective). As they are no longer interconnected and no longer at the bank but in the river bed their influence on the evolution of the river morphology is however limited ([19]). A removal might be challenging as there is no straightforward unobstructed access with heavy machinery.

Figure 32: Wooden poles at the western end of the boardwalks at the Lettmair Au.

The revitalization measures realized in the context of the *LIFE05 NAT/A/000078* project (see chapter 1.2.2) included the reactivation of a former river channel in the Lettmaier Au. The in-line structures visible in figure 33 should increase the flow towards the entrance section of this channel. The efficiency of these structures might be analysed more in detail.

[19] *This needs to be verified by a visual inspection during a low flow period. The inspection should also focus on further traces of the former bank reinforcement which can help understanding its structure and function.*

Figure 33: Instream structures (sills) and inflow section of the channel through the Lettmair Au. The bank close to the railway line (top left in the picture) has been reinforced by tree spurs and groins.

3 Section 3: Conclusions / Recommendations

3.1 Conclusions / *Schlussfolgerungen*

Das Gesäuse zwischen dem Gesäuse-Eingang und dem Gstatterboden wird häufig als der letzte natürliche Abschnitt der Enns bezeichnet. Zwar kann die Enns in diesem Abschnitt an einigen Stellen ihren Lauf in Zusammenspiel mit dem bedeutenden Geschiebe-eintrag einiger Seitenbäche frei gestalten. An anderen Stellen jedoch wurde der Verlauf der Enns verlegt und das Ufer hart verbaut.
Die ersten bedeutenden Eingriffe in die Landschaft des Gesäuses erfolgten im Zuge des Eisenbahnbaus in der zweiten Hälfte des 19ten Jahrhunderts. Dabei wurden grosse Mengen Fels gesprengt und viel Material lokal verschoben / abgelagert. Details zu diesen Arbeiten und wie weit mit diesem Material auch die Terrassen an der Enns zur besseren Bewirtschaftbarkeit verändert wurden, können / kann allenfalls den Archiven der ÖBB entnommen werden. Da die Bahn jedoch in diesem Abschnitt durchgehend am linken Hangfuss verläuft, dürften sich die während des Bahnbaus erfolgten Eingriffe in das Gerinne der Enns auf lokale Sicherungen des Böschungsfusses beschränkt haben. Im 20 Jahrhundert haben die Bahnangestellten die Terrassen entlang der Enns intensiv landwirtschaftlich genutzt. Veränderungen an diesen Terrassen (auffüllen von Senken,..) und das Befestigen der Ufer der Terrassen dürfte wenn, dann nur lokal erfolgt sein.
Die wichtigsten und klar erkennbaren Eingriffe in den Lauf der Enns erfolgten vermutlich im Rahmen des Ausbaus der Strasse durch das Gesäuse zwischen 1950 und 1970 ([20]). Dabei wurde bei der Zigeunerau das südliche Ufer der Enns auf einer Länge von 300 m nach Norden verschoben, ausgerundet und mit einer Buhne und einem Blocksatz befestigt. Flussaufwärts des Finstergrabens wurde auf einer Länge von rund 100 m ein Blocksatz eingebaut, oberhalb der Gstatterboden-Brücke eine kleine Flussschlaufe durchstochen und der verbleibende Rest der Schlaufe aufgefüllt. Das neue südliche Ufer der Enns wurde in diesem Bereich auf einer Länge von rund 300 m mit einem Blockwurf und Pfählen befestigt.

Mögliche Renaturierungsmassnahmen reichen von dem lokalen Entfernen der Uferbefestigung / des Bewuchses bis hin zum vollständigen Rückbau der Befestigungen bei der Zigeunerau, vor dem Finstergraben und vor der Gstatterboden-Brücke (schematische Darstellung: siehe Abbildung 34).
Die Minimalvariante (lokales Entfernen der Uferbefestigung) erfordert keine detaillierte Planung und kann im Rahmen des Gewässerunterhaltes umgesetzt werden. Anfallende Blöcke können vor Ort gelagert werden, so dass sie für allfällig erforderliche Anpassungen – falls sie geeignet sind und je nach Entwicklung des Gerinnes – wieder eingebaut werden können.
Die Maximalvariante (u.a. vollständiger Rückbau der Uferbefestigungen bei der Zigeunerau, oberhalb des Finstergrabens und der Gstatterboden-Brücke) bedarf einer detaillierten Planung. Diese Planung umfasst auch die Dimensionierung des Schutzes des Strassendammfusses und die Diskussion der Frage, wie weit die alte Strasse erhalten werden soll bzw. eine andere Lösung für den Langsamverkehr gefunden werden kann.
In jedem Fall empfiehlt es sich, verschiedene Varianten gleichzeitig weiterzuverfolgen / auszuarbeiten und alle betroffenen Akteure (stakeholder) frühzeitig in den Planungsprozess miteinzubeziehen. Dies gilt insbesondere für die Kraftwerksbetreiber. Das den Anstrengungen zur Renaturierung der Enns zu Grunde liegende Hauptziel – die Erhöhung der Fischbiomasse im Gesäuse – kann ja nur erreicht wer-

[20] *Wie weit hier auch noch der Bau des Wehrs beim Gstatterboden eine Rolle gespielt hat, müsste abgeklärt werden*.

de, wenn neben der «Bereitstellung» einer ausreichenden Anzahl geeigneter Habitate auch die Wasserspiegelschwankungen durch den Schwall- und Sunkbetrieb deutlich reduziert werden.

The Gesäuse between the entrance and Gstatterboden is known as the last “natural” section of the Enns. Unfortunately, this common perception is more myth than reality. There are sections in the Gesäuse where the Enns can remodel its river bed freely in interaction with its tributaries which add significant amounts of sediments.
In other sections the geometry of the river channel has been modified and the banks were reinforced in order to protect human infrastructure, mainly the railroad and the road. The first documents describing the use of the terraces formed by the Enns in the Gesäuse for pasture and forestry data back to the late Middle Ages. In this time reinforcement of the river banks and modifications of the terraces were however probably very limited in scope. This changed with the construction of the railroad line in the second half of the 19th century. Large sections of the adjacent hills were blasted and the material dumped in the vicinity. The archives of the ÖBB might unveil the details, including possible modifications of river terraces (filling of local sinks,…) and bank reinforcements. As the railroad line always remains at the foot of the northern hillslope of the Gesäuse there was however no need to change the geometry of the river channel (with the exception of the reinforcement of the feet of the railway dam when it is close to the river bed). In the first half of the last century the railway attendants living in the Gesäuse close to the railway line were allowed to use the former alps agriculturally. To which extent they modified the terraces and reinforced the banks to protect these agricultural areas from the Enns is not documented. It is however plausible that these modifications (if they took place) were limited in scope. The terraces which might have been modified locally are the Krapfalm (as delimited by Hasitschka (2007): km 131.7 – km 130.2), the Räucherlboden (km 128.4 – km 127.7) and the Rauchboden (km 126.6 – km 126).
The most recent and significant human interventions in respect to the Enns are linked to the improvement of the road infrastructure ([21]). Between 1950 and 1970 there have been three major interventions, the modification and reinforcement of the southern bank at Zigeunerau (km 128.3 – km 128), the reinforcement of the southern bank upstream of Finstergraben (km 127.7 – km 127.6) and the remodelling of the river channel and the reinforcement of the southern river bank upstream of the bridge of Gstatterboden (km 125.8 – km 125.5) ([22]).

There is a range of potential interventions which might give the Enns more freedom to remodel its river bed and thereby create a larger variety of habitats (the ultimate goal of these efforts). (Figure 34 is a schematic representation of these options). The minimal solution consists in weakening locally the banks and enhancing the bank-erosion. Blocks removed from rip raps are stored nearby. In case the erosion becomes critical and the blocks are suit-

[21] *Significant structural measures to protect the railway line from rock fall, avalanches and debris flows have been realized and are planned and built according to the evolution of the risk*.
[22] *The interventions upstream of the Gstatterboden-bridge (land filling) might also be partially linked to the construction of the hydropower station at Hieflau*.

ed they can be used to re-reinforce the banks. This solution does not require a detailed planning and can be executed as part of the maintenance of the river ([23]).

The maximal solution aims at giving the Enns more space to remodel its river channel at Zigeunerau and Wegmacher by removing large sections of the reinforcements installed between 1950 and 1970. This solution requires a detailed planning and a participation of all stakeholders from an early planning stage. The removal of the existing reinforcement goes hand in hand with the planning (including the financial planning) of the reinforcement of the toe of the road embankment and the elaboration of a concept for the non-motorized traffic in the Gesäuse as the old road is currently used as bike trail (i.e still in use).

The effect of all these measures on the fish population essentially depends on its combination with the reduction of the daily fluctuation of the water level caused the hydropower stations.

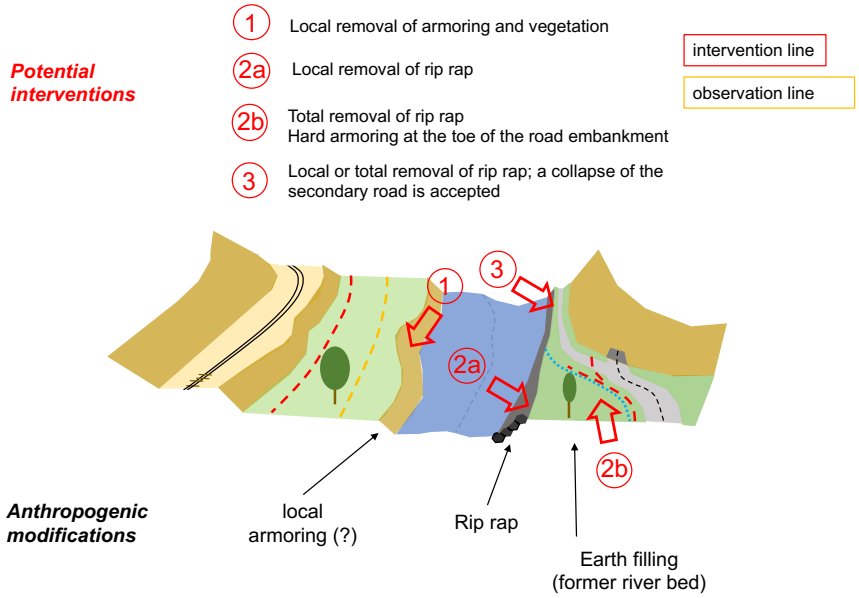


Figure 34: Schematic representation of potential interventions in the Gesäuse. The sketch shows a cross section of the Enns valley with the railway line on the left and the Bundesstrasse at the right-hand side.

[23] *The removal of the "armoring" and the vegetation at the ancient agriculturally used terraces should however be coordinated with the ÖBB.*

3.2 Recommendations / *Empfehlungen*

3.2.1 Next steps; *Nächste Schritte*

Nächste Schritte könnten folgende Aktivitäten umfassen:

- *Sammeln und auswerten aller verfügbaren Daten zum Bau von Strasse, Schiene und dem Kraftwerk Hieflau. Dies beinhaltet wenn möglich das Durchforsten der Archive der ÖBB, der Bezirksbauleitung, des Kraftwerksbetreibers, des Stifts Admont und auch lokaler Zeitungen.*
- *Festlegen der Schutzziele der verschiedenen Infrastrukturelemente im Gesäuse*
- *Massnahmenvarianten (von Minimal- zu Maximalvarianten) die – in Koordination mit den wichtigsten Akteuren (ÖBB, Baubezirksleitung, Kraftwerk, Rafter (?)) über verschiedene Schienen allenfalls parallel erarbeitet werden können (u.a. im Rahmen einer Masterarbeit).*

Next steps might consist in:

- Collecting and analysing all data available related to the construction of the railroad, the road and the power station in Hieflau. This includes (if possible) a detailed search in the archives of ÖBB, the Bezirksbauleitung, the hydropower company, the Benedictine Abbey and local newspapers,… These efforts should result in a comprehensive picture of the anthropogenic interventions in the Gesäuse since the late Middle Ages.
- Defining the protection goals for all elements of the human infrastructure in the Gesäuse.
- Simultaneous elaboration of different concepts of intervention (ranging from minimal to maximal solutions) on different “channels” (i.e. in the context of the Life IRIS Project or a master thesis) in close coordination with all major stakeholders.

3.2.2 General; *Allgemein*

Schon bei der Planung möglicher Revitalisierungsmassnahmen sollten alle beteiligten Akteure (u.a. ÖBB, Baubezirk Liezen, Kraftwerkbetreiber, Raftingunternehmen,...) im Rahmen eines partizipativen Verfahrens eingebunden werden. Dies betrifft insbesondere auch Umweltspezialisten, die dann während der Umsetzung der Massnahmen die Umweltbaubegleitung wahrnehmen.
Eine durchgehende photographische Aufnahme beider Ufer des Gerinneabschnittes ist als Planungsgrundlage zu empfehlen. Dies kann im Rahmen eines Drohnenfluges oder während der Befahrung mit einem Boot erfolgen. Zudem dürften sich – wie bereits erwähnt - in den Archiven der ÖBB, der Baubezirksleitung, des Kraftwerkbetreibers und allenfalls auch des Klosters Admont detaillierte Angaben / Pläne zu flussbaulichen Massnahmen an der Enns im Gesäuse finden.

Environmental monitoring

The removal of rip raps requires heavy machinery and the construction of temporary access tracks to the construction sites. The interventions should therefore avoid ecologically sensitive areas and be executed during low flow periods and non-breeding seasons.
Environmental specialist should participate in the planning and the implementation as demanded in (Kahapka et al. 2008).

Stakeholder involvement

Involving major stakeholders into the planning process at an early stage increases the acceptance of the project and supports a smooth execution of the project. The major stakeholders in this project are:

- ÖBB – Austrian Federal Railway
- Baubezirk Liezen
- Rafting organisations
- Verbund Hydro Power GmbH

Detailed information on river engineering structures / River bank photo documentation

Documents on river engineering structures in the Gesäuse might be found in the archives of ÖBB and the Baubezirk Liezen and eventually the monastery in Admont as mentioned earlier. A continuous documentation of both banks (pictures, movie) from a boat or with a drone is recommended as it might be a useful additional basis for the planning.

3.2.3 Sediment input / channel geometry; *Geschiebeeintrag / Flussgeometrie*

Der Geschiebeeintrag und der Geschiebetransport spielen bei der Gerinneveränderung bei Hochwasser eine wichtige Rolle. Eine detaillierte Untersuchung der Geschiebebilanz, eine Definition entsprechender Szenarien, entsprechende Geschiebetransportberechnungen ([24]) und das regelmässige Vermessen von Kontrollprofilen im Gerinne wäre daher sehr interessant auch wenn das Interesse e-

[24] *In diesem Zusammenhang dürfte einerseits von Interesse sein welche Gerinnebreite sich natürlicherweise einstellt und welche Gerinneformen (gerade, verzweigt, mäandrierend) sich bei einer gegebenen Breite bei verschiedenen Abflüssen ausbilden. Dies kann beispielsweise mit dem Ansatz von Da Silva (1991) / Zarn (1997) abgeschätzt werden. Danach stellt sich die Frage, welche Kornfraktionen bei welchen Abfüssen mobilisiert werden und welchen Jährlichkeiten diese Abflüsse in etwa entsprechen. Dabei können beispielsweise die Formeln / Untersuchungen von Stevens et al. (1976) und Jäggi (1983) zur Anwendung kommen.*
Of interest might be the "natural" width of the river-channel and the maximum sediment size which can be mobilized by a given runoff in this channel. The formulas of Da Silva (1991) and Zarn (1997) can be used to determine the natural width and the formulas / theories of Stevens et al. (1976) and Jäggi (1983) to answer the second question.

her akademischer Natur sein dürfte ([25]). Dennoch ist eine vertiefte Auseinandersetzung mit dieser Thematik im Rahmen einer Forschungsarbeit zu empfehlen.
Die Kompetenzen und Verpflichtungen im Zusammenhang mit der Räumung von Schuttmaterial auf Verkehrswegen im Nationalpark ist geregelt. Der entsprechende Geschiebemanagementplan wird (Holzinger et al. 2012) beschrieben.

The remodeling of the river bed in the Gesäuse by the Enns is influenced by the sediment input from the tributaries including the Johnsbach. The sediment input from the Johnsbach is measured as documented in Kreisler et al. (2015) but there is not much information available about the sediment input / sediment available for mobilization during strong precipitation events from / at the other tributaries. A better understanding of these sediment inputs, the sediment balance and the sediment transport of this section of the Enns - which includes surveying a number of cross sections at regular time intervals and after important flood events - is probably more of academic interest ([17]). This is probably also the case for an analysis of the evolution of the river morphology in the Gesäuse.

3.2.4 Artificial daily flow fluctuations / reservoir flushings; *Sunk / Schwall*

Die Reduktion von Sunk / Schwall und der Schwebstoffablagerungen im Gerinne während Stauseespülungen sind das zentrale Element einer Renaturierung der Enns im Gesäuse. Diesem Thema sollte daher bei allen entsprechenden Revitalisierungsprojekten eine hohe Priorität beigemessen werden. Massnahmen zur Reduktion des Effektes von Sunk und Schwall könnten zudem im Rahmen des Erneuerungsverfahrens der Betriebskonzession der Kraftwerke eingefordert werden.

As mentioned earlier in this report, the power-stations at the tributaries influence the flow regime of the Enns with artificial daily flow fluctuations and a significant input of fine sediments during reservoir flushing. Reducing these adverse effects is the most important step towards the revitalization of the Enns in the Gesäuse. This topic should therefore remain on the agenda of all efforts / projects dealing with the revitalization of the Enns. Measures to reduce the flow fluctuations might be integrated in the list of prerequisites for the renewal of the operating license of the power plants.

[25] *Andererseits dürfte der Betreiber des Kraftwerks in Hieflau an möglichen Szenarien zur Entwicklung des Geschiebeeintrags in den Staubereich interessiert sein.*

References

BOKU / IHG., stadtland., DonauConsult., (2008). Leitlinie Enns, Konzept für die Entwicklung des Fluss-Auen-Systems Steirische Enns (Mandling-Hieflau): Hochwasserschutz – Gewässerökologie – Flusslandschaftsentwicklung – Siedlungsentwicklung – Erholungsnutzung, Wien

Chiari, S., (2010). Raumbedarf für multifunktionale Flusslandschaften – Potentielle Synergien zwischen ökologischen Erfordernissen und den Bedürfnissen der Freizeit und Erholungsnutzung, Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades Dr. nat. techn. an der Universität für Bodenkultur, Wien

Da Silva, A.M.A.F., (1991). Alternate Bars and Related Alluvial Processes, *Thesis of Master of Science*, Queen's University, Kingston Ontario, Canada

Ellmauer, T., (2005) Entwicklung von Kriterien, Indikatoren und Schwellenwerten zur Beurteilung des Erhaltenszustandes der Natura 2000 Schutzgüter, *Band 2: Arten des Anhangs II der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie*

Haseke, H., (2011). *Final Report – Abschlussbericht, LIFE Project Number LIFE05 NAT/A/000078*, Naturschutzstrategien für Wald und Wildfluss im Gesäuse, Nationalpark Gesäuse GmbH, Weng im Gesäuse

Hasitschka, J., (2007). Geschichte der Almen und Halten im Gesäusetal, Nationalpark Gesäuse, Weng

Hohensinner, S., Muhar, S., Jungwirth, M., Pohl, G., Stelzhammer, M., (2008). Leitlinie Enns, Schwerpunktbereiche Paltenmündung – Hieflau, Gewässerökologie – Flusslandschaftsentwicklung-Naturschutz, Wien

Holzinger, A., Haseke, H., Stocker, E., (2012) Managementplan Witterschutt und Geschiebe, Nationalpark Gesäuse GmbH, Weng im Gesäuse

Jäggi, M., (1983). Alternierende Kiesbänke, *Mitteilung Nr. 62* der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich

Jungwirth, M., Muhar, S., Zauner, G., Kleeberger, J., Kucher, T., (1996). Die Steirische Enns. Fischfauna und Gewässermorphologie, Wien

Kammerer, H., (2007). Biotopkartierung Gesäuse, Teilbericht, Kartierungsbereich Enns, Auf der Leber

Kammerer, H., (2003). Vegetationsökologische Studie Schotterbänke Gesäuse, Auswirkungen des Raftingsports auf ausgewählte Schotterflächen und Uferbereiche der Enns im Gesäuse samt Analyse der Neophytenvegetation, Graz

Kahapka. J., Brunner, H., Holzinger, W. E., (2010). Limnologischen Konzept Gesäuse, Phase II, Ist-Zustand Makrozoobenthos / Phytobenthos – Massnahmenkatalog, Graz

Kreiner. D., (2004). Ecological management of the river banks along the Enns, National Park Gesäuse, Styria, Austria, Weng

Kreisler, A., Habersack, H., Moser, M., Jäger, G., Janu, S., (2015). Das Geschiebemessprogramm der Wildbach- und Lawinenverbauung: Entwicklung, Status und zukünftige Perspektiven, *38. Dresdner Wasserbaukolloquim 2015 «Messen und Überwachen im Wasserbau und am Gewässer»*

Land Steiermark., (2015). *Landesgesetzesblatt, Jahrgang 2015*, 31. Verordnung der Steiermärkischen Landesregierung vom 16. April 2015, mit der der Nationalparkplan für den Nationalpark Gesäuse erlassen wird, Graz

Ministerium für ein lebenswertes Österreich / Lebensministerium / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft., (2016). Leitfaden Gewässerentwicklungs- und Risikomanagementkonzepte (GE-RM), Vorläufige Fassung 2017, Wien

Sterl, P., Kreiner, D., (2010). Gesäuse National Park, a rugged wilderness, *eco.mont – Volume 2, Number 1, June 10*, ISBN 2073-106X

Stevens, M.A., Simons. D. B., Lewis, G.L., (1976). Safety factors for riprap protection, *Journal of Hydraulic Division, ASCE 102*

Tiefbauamt des Kantons Bern., (2017). Interventionslinien Empfehlungen für die Praxis, Arbeitshilfe, Bern

Zarn, B., (1997). Einfluss der Flussbettbreite auf die Wechselwirkung zwischen Abfluss, Morphologie und Geschiebetransportkapazität, *Mitteilung Nr. 154*, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich