Kanton Graubünden

Kanton St. Gallen

VERNEHMLASSUNG

Aufweitung Alpenrhein

Maienfeld / Bad Ragaz

Rhein-km 23.636 bis Rhein-km 27.050

Technischer Bericht

Genehmigungsvermerke Kanton Graubünden:

XXX

Auflagevermerk:

Öffentlich aufgelegt in Bad Ragaz

vom …… bis ……

Gemeindepräsident: ……

Ratsschreiber/in: ……

Genehmigungsvermerk Kanton St. Gallen:

Vom Bau- und Umweltdepartement des Kantons St. Gallen genehmigt am: ……

Die Vorsteherin: ……

Projekt-Nr. Kt. St. Gallen	Projekt-Nr. Kt. Graubünden	Projekt-Nr. Verfasser	Plan-Nr.	Beilage-Nr.
40.003	413.13-B	1200	--	2.1

Studie	**Projektverfasser**	--	**Verf.**	gepr.	Datum
Vorprojekt	NIEDERER+POZZI UMWELT AG · Herzog Ingenieure AG Wasserbau Tiefbau Grundbau · tuffli partner Ingenieure und Berater	--	RKo	BHe, IBe, UHa	06.02.2023
Auflageprojekt		**Rev**			
Ausführungsprojekt	**Berichtsverfasser**	**Rev**			
Abschlussakten	ARGE Nipo / Herzog Ing. / Tuffli Partner	(Name der elektronischen Ablage)			
		Format		A4	

RHEIN
AUFWEITUNG
MAIENFELD | BAD RAGAZ

Aufweitung Alpenrhein Maienfeld / Bad Ragaz

Technischer Bericht
zum Bau- und Auflageprojekt

06.02.2023

NIEDERER+POZZI UMWELT AG
Herzog Ingenieure AG
Wasserbau Tiefbau Grundbau
tuffli partner
Ingenieure und Berater

ARGE NiPo/Herzog/Tuffli
c/o: Niederer + Pozzi Umwelt AG
Burgerrietstrasse 13, PF 365, 8730 Uznach
Tel, email: 055 / 285 91 80; admin@nipo.ch

Impressum

Auftraggeber	Kantone St. Gallen und Graubünden, vertreten durch das Rheinunternehmen, Rheinbaustrasse 2, 9443 Widnau
Auftragnehmerin	ARGE NiPo / Herzog / Tuffli c/o: Niederer + Pozzi Umwelt AG Burgerrietstrasse 13, Postfach 365 CH-8730 Uznach Tel.: 055 / 285 91 80 email: admin@nipo.ch homepage: www.nipo.ch
Berichtsverfasser	Roger Kolb, Niederer+Pozzi Umwelt AG Beatrice Herzog, Herzog Ingenieure AG
Auftrag	Aufweitung Alpenrhein Maienfeld / Bad Ragaz
Foto Titelseite	Visualisierung Aufweitung 1. Etappe, erwarteter Projektzustand einige Jahre nach Beendigung der Bauarbeiten, Blick flussabwärts Quelle: HYDRA Institut für angewandte Hydrobiologie, Konstanz
Hinweis	Im vorliegenden Text gilt für Personennennungen jeweils immer die weibliche und die männliche Form, auch wenn es nicht speziell erwähnt wird.

XXXNoch offene Fragen sind im Text gelb markiert. Sie sind nach der Vernehmlassung zu ergänzenXXX

Verzeichnis der Versionen und Änderungen

Version	Datum	Status/Änderungen
1	30.09.2020	Entwurf zuhanden Vorprüfung
2	14.02.2023	Entwurf zuhanden Vernehmlassung

ZUSAMMENFASSENDE ÜBERSICHT

Der vorliegende Technische Bericht beschreibt das Bau- und Auflageprojekt der Aufweitung Alpenrhein Maienfeld / Bad Ragaz. Zusammen mit dem Umweltverträglichkeitsbericht bildet er das zentrale Dokument des Projekts, nimmt Bezug auf die Projektpläne und stützt sich auf die beigelegten Detailberichte ab.

Zu Beginn orientiert ein Glossar über Fachbegriffe und Abkürzungen, die häufig verwendet werden.

Im Kapitel 1 wird der allgemeine Projektrahmen abgesteckt. Aufgabe des Projekts ist, die heute degenerierten und vom Fluss- und Grundwasser abgekoppelten Auenwälder wieder mit dem Rhein zu verbinden und durch einen funktionsfähigen dynamischen Gewässerlebensraum (Weichholzaue) zu ersetzen. Der Aufweitungsperimeter schliesst nördlich unmittelbar an die Landquartmündung sowie an die bestehende Rheinaue Mastrils an und besteht aus der rechtsufrigen Teilaufweitung Maienfeld und der linksufrigen Teilaufweitung Bad Ragaz. Standortgemeinden sind Bad Ragaz (Kt. SG) sowie Maienfeld und Landquart (Kt. GR).

Ebenfalls Bestandteil des Projektumfangs sind Begleitmassnahmen ausserhalb des Projektperimeters, welche zur Aufgabe haben, Auswirkungen der Rheinaufweitung abzufedern.

Das Projekt ist UVP-pflichtig. Parallel zur Erarbeitung des Bau- und Auflageprojektes wurde die Umweltverträglichkeits-Hauptuntersuchung durchgeführt.

Im Kapitel 2 wird auf den Ausgangszustand (Istzustand) am Rhein und im Perimeter eingegangen. Seit der Korrektion (ca. 1860-70) fliesst der Rhein in einem begradigten Bett mit Sohlenbreite von heute ca. 85 m Breite. Bemerkenswert ist die massive Sohleneintiefung von bis zu 6 m. Diese Sohlenabsenkung ist der Grund für eine über Jahrzehnte anhaltende Grundwasserspiegelabsenkung und führt kontinuierlich zu Problemen an der unterspülten Ufersicherung.

Die Hydrologie und der Feststofftransport des Rheins haben wildbachähnlichen Charakter. Der Aufweitungsperimeter wird unmittelbar von der Landquart geprägt, einem wichtigen Hochwasser-, Geschiebe- und Schwebstofflieferanten des Rheins.

Die heutige Hochwassergefährdung wird nicht durch die Abflusskapazität bestimmt, sondern durch die mangelhafte Damm- und v.a. Uferstabilität. Es ist beidufrig davon auszugehen, dass ab einem HQ_{100} die Dämme durch wasserseitige Böschungsbrüche zerstört werden, und ab dem HQ_{300} Wasseraustritte aus dem Gerinne in das Umland erfolgen.

Die bestehenden Naturwerte im und rund um den Perimeter sind detailliert im Umweltverträglichkeitsbericht Dossierbeilage 3.1 beschrieben.

Bei den Nutzungen ist insbesondere die Kraftwerkzentrale Sarelli, die Hochspannungsleitungstrassees sowie die Naherholungsnutzung (Kurgäste, Golf-Resort, Rheinwege) zu erwähnen. Am unteren Ende der Bad Ragazer Teilaufweitung befindet sich die neue Grundwasserschutzzone Neugüeter der Trinkwasserversorgung Bad Ragaz.

Der Baugrund der Aufweitung, und damit das mechanisch auszuhebende/abzutragende Material, besteht aus drei hauptsächlichen Klassen: Walderde, Sand und Kies (Rheinschotter). Letzterer wurde auf Wiederverwendbarkeit als Rohstoff geprüft. Nach Behandlung des Überkorns ist er geeignet als frostbeständiges Kiessand-Gemisch, für die Betonherstellung oder für den Einbau in Strassenverkehrsflächen.

Innerhalb des Perimeters befindet sich der belastete Standort Nr. SG 3291A0012 bei der Einmündung des Teilbächlis. Er wird im Rahmen der Bauarbeiten ausgehoben und entsorgt.

Das Kapitel 3 listet die wichtigsten Projektvorgaben sowie die mit dem Projekt zu verfolgenden Ziele auf. Letztere leiten sich vom übergeordneten Entwicklungskonzept Alpenrhein von 2005 ab. Als Referenzzustand für die Reaktivierung des Auengebiets in der Aufweitung Maienfeld / Bad Ragaz gilt die unmittelbar benachbarte, ähnliche Charakteristiken aufweisende Mastrilser Rheinaue.

Als Hochwasserschutzziel gilt das HQ_{300} für die Talebene beidseits des Rheins.

Potentielle Zielkonflikte lassen sich zwischen Ökologie und Erholungsnutzung, Sohlenlage und Grundwasser, Sohlenlage und Kraftwerkbetrieb Sarelli sowie Realisierungsdauer und marktverträglicher Kiesabsatz verorten. Das Projekt bietet Lösungsansätze, um diese zu entschärfen.

Die Projektvorgaben sind in der Nutzungsvereinbarung Dossierbeilage Nr. 2.3 zusammengestellt. Als Nutzungsdauer sind für die Dämme 100 Jahre, für den Uferverbau 50 Jahre und für die Wege 30 Jahre anzustreben. Die minimal erforderlichen Freiborde wurden gemeinsam mit den Experten des Auftraggebers auf der Grundlage der Empfehlung der Kommission für Hochwasserschutz des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbands ermittelt, welche aber für den Alpenrhein erweitert wurde, um den zusätzlichen Unsicherheiten und Unschärfen am künftig aufgeweiteten Gerinne Rechnung zu tragen. Es ergeben sich im gesamtschweizerischen Vergleich hohe Freibordwerte mit entsprechend hohen Sicherheitsreserven. Trotz dieser hohen Sicherheitsreserven müssen die neuen Dammhöhen nicht mehr gleich hoch sein wie die alten Dämme (Kap. 4.1.10).

Das umfangreiche Kapitel 4 beschreibt die Massnahmen des Bau- und Auflageprojekts, welche in den Projektplänen illustriert werden. Bevor auf die einzelnen Massnahmen eingegangen wird, erfolgt die Beschreibung des allgemeinen Konzepts (Kap. 4.1), das mit dem Projekt verfolgt werden soll.

Gegenstand des Bau- und Auflageprojekts ist der aktiv mit mechanischen Mitteln gebaute Zustand. Dieser Projektzustand orientiert sich jedoch bereits am langfristig anzustrebenden Endzustand. Die Entwicklung einer neuen Flussaue ist ein andauernder Prozess, der mit den Bauarbeiten noch nicht zu Ende ist. Der Rhein und die aufkommende Vegetation werden das Gerinne weiter entwickeln bis hin zu einem dynamischen Gleichgewicht. Auf diese eigendynamische Entwicklung durch den Rhein wird im Projekt grosses Gewicht gelegt.

Bevor mit den eigentlichen Projektierungsarbeiten begonnen werden konnte, war ein umfangreiches Variantenstudium gemäss den Vorgaben der Umweltverträglichkeits-Voruntersuchung durchzuführen. Dieses Variantenstudium untersuchte vier mögliche Hauptvarianten des gebauten Projektzustands, welche von einem minimalen baulichen Eingriff mit maximaler nachfolgender eigendynamischer Entwicklung bis hin zu einem vollständigen Aushub mit maximaler mechanischer Gestaltung reichten. Diese Hauptvarianten wurden mit verschiedenen Alternativen zur Materialbewirtschaftung bzw. der Realisierungsdauer kombiniert, woraus sich elf zu beurteilende Varianten ergaben.

Der aus dem Variantenstudium hervorgegangene Vorschlag einer Bestvariante wurde Ende 2018 in eine erste Vorprüfung gegeben. Im Verlauf des Jahres 2019 erfolge eine vertiefte sohlenmorphologische, hydraulische und hydrogeologische Untersuchung und eine Optimierung dieser Bestvariante, bis Ende 2019 eine optimiertes Projektkonzept verabschiedet werden konnte, welche die Grundlage für das Bau- und Auflageprojekt war.

Um den Unsicherheiten bezüglich der morphologischen Entwicklung und des Einflusses auf das Grundwasser begegnen zu können, sieht das Projektkonzept eine etappierte Bauausführung vor: nach Ausführung einer ersten Aufweitung am unteren Ende des Perimeters soll eine Beobachtungs- und Monitoringpause von rund vier Jahren eingeschaltet werden, während derer die Projektauswirkungen studiert werden. Erst danach erfolgt die Realisierung der 2. Etappe im mittleren und oberen Teil des Perimeters.

Die Dämme und Ufersicherungen müssen die Grundsätze der Systemsicherheit erfüllen, und nicht nur für das Dimensionierungsereignis HQ_{300} genügende Sicherheitsreserven aufweisen, sondern auch bei Extremereignissen robust und überlastbar reagieren. Die neuen Dämme werden daher auf der Mehrheit ihrer Länge überströmsicher ausgebildet. Die neuen Dammhöhen garantieren einerseits einen mit allen Sicherheiten ausgestatteten Hochwasserschutz, und führen andererseits aber auch nicht zu einer Mehrgefährdung bei den Unterliegern bis zum Bodensee.

Auf Seite der jeweiligen Teilaufweitung wird der bestehende Uferschutz abgebrochen und entlang der neuen Ufer- bzw. Dammlinie neu erstellt. Die wasserseitige Böschung wird dabei unterteilt in eine obere Zone, wo kein spezieller technischer Erosionsschutz notwendig ist, in eine mittlere Zone, wo ingenieurbiologische Massnahmen oder eine Rollierung (Abdeckung mit Bollensteinen oder Schroppen) vorgesehen ist, und in eine untere Zone, welche mit Blockwurf zu schützen ist.

Im aufgeweiteten Gerinne sind Kolktiefen bis 7 m möglich. Eine Fundation der Blockverbauung bis in eine solche Tiefe ist kaum kosteneffizient machbar. Deshalb wird der Blockwurf in den Bereichen mit besonders tiefen Kolken mit einer Blockvorlage ergänzt, welche sich bei Bildung eines tiefen Kolks selbstständig als Rollwuhr absenken kann. Sie ist in einer Tiefe von 3 m unter der mittleren Sohle angeordnet, lässt normal tiefe Kolke zu und schnürt somit die dynamische Flusssohle nicht ein.

Neben dem Längsblockwurf werden auch Leitwerke und überströmte Buhnen eingesetzt, welche eine Strömungslenkung erzielen sollen, z.B. auch für die Anströmung des Unterwasserkanals des Kraftwerks Sarelli zwecks Verhinderung einer dortigen Ablagerung einer Geschiebebank.

Mit der Aufweitung Maienfeld / Bad Ragaz wird eine neue attraktive Flusslandschaft geschaffen, die Erholungssuchende anziehen wird. Das Flussbett ist aber gleichzeitig auch Lebensraum von seltenen, störungsanfälligen Tierarten. Zur Entschärfung dieses potentiellen Nutzungskonflikts sieht das Projekt eine Besucherlenkung vor, welche in der Dossierbeilage Nr. 4.11 im Detail beschrieben wird.

Die Dimensionierung der Projektmassnahmen stützt sich auf umfangreiche Modellberechnungen des Hydraulik- und Geschiebespezialisten ab, welche im Detailbericht Dossierbeilage Nr. 4.1 dokumentiert sind. Zentrale Berechnungsannahme ist dabei die Regimetheorie, wonach sich der Fluss durch häufige Hochwasser immer einen Abflussquerschnitt ausräumen wird, welcher frei von dichter abflussbehindernder Gehölzvegetation ist.

Im Kapitel 4.3 werden die einzelnen Massnahmen des Projekts genauer beschrieben. Der Bau bzw. der mechanische Aushub beider Teilaufweitungen erfordert eine Rodung von insgesamt 22.6 ha Wald und die Entfernung von rund 4'500 Wurzelstöcken. Das Steinmaterial aus der abzubrechenden Ufersicherung kann für die neue Ufersicherung wiedergewonnen werden. Der Terrainabtrag erfolgt "ab Wand" mit direktem Auflad auf das Transportmittel, wobei die drei Materialklassen separat schichtweise abzutragen sind (Triage).

Die neue Sohle wird bereits mit einer flussmorphologisch interessanten Oberfläche modelliert, sodass der Rhein bereits zu Beginn ein strukturiertes Flussbett einschwemmen kann. Die alte Sohle wird mit einem Kiessand-Gemisch aufgefüllt und damit der sich ohnehin bildende Sohlenversatz vorweggenommen. Ohne diese Auffüllung würde der Rhein über Jahre hinaus zu einer Geschiebefalle werden.

Das für Auen typische Mosaik unterschiedlichen Sohlensubstrats wird der Rhein beim Einschwemmen selber herstellen.

Die konstruktiven und gestalterischen Details der Dämme, Böschungen und Ufersicherungen sind in den Kapiteln 4.3.6-4.3.12 nachzulesen.

Das linksufrig mündende Teilbächli wird in das Aufweitungsprojekt einbezogen und mit einem kleinen Bachdelta an den Rhein angebunden.

Das künftig vorgesehene Wegnetz für die Erholungsnutzung, für den Gewässerunterhalt sowie für die Zufahrt zu den angrenzenden Landwirtschaftsflächen ist im Plan Dossierbeilage Nr. 7.5 aufgezeichnet.

Linksufrig verläuft eine Unterhaltsberme auf halber Höhe der wasserseitigen Böschung, welcher den Unterhalt der Uferböschung erleichtert. Als Zutritts- und Sichtschutz bei störungsempfindlichen Lebensräumen (Besucherlenkung) sowie als ingenieurbiologischer Erosionsschutz wird entlang der Unterhaltsberme eine dichte Hecke gepflanzt.

Die Materialbewirtschaftung ist Gegenstand des Kapitels 4.4. Es sind bedeutende Volumina auszuheben und abzuführen oder wieder einzubauen. Während das Feinmaterial (Sand und Walderde) vor Ort wieder aufgebracht und teilweise für eine Abschwemmung durch den Rhein bereitgestellt wird, kann das überschüssige kiesige Material zur externen Verwertung abgeführt werden.

Zum Bau der 2. Etappe müssen zwei Masten von 50 kV-Hochspannungsleitungen verlegt werden. Diese Massnahme ist Gegenstand eines separaten XXXProjektdossiersXXX und hat ein gesondertes Genehmigungsverfahren.

Die in der Dossierbeilage 2.2 detailliert ermittelten Kosten werden in Kap. 4.6 zusammengefasst. Die gesamten Erstellungskosten (Baukosten, allgemeine Kosten, Materialbewirtschaftung, Drittkosten, Mehrwertsteuer) werden auf Fr. 76 Mio. veranschlagt. Darin enthalten ist eine offene Reserve von rund Fr. 1 Mio.

Projektstufengerechte Überlegungen zu den Bauabläufen (Bauloseinteilung, Wasserhaltung, Installationsplätze, Zwischenlager) und zu den Transporten werden im Kap. 4.7 aufgeführt.

Der für die Aufweitung erforderliche Raum befindet sich grösstenteils bereits in öffentlicher Hand (Rheinunternehmen und Stadt Maienfeld) und ist mehrheitlich Waldgebiet. Der zusätzliche Landerwerb von rund 1.2 ha und der Bedarf an Fruchtfolgeflächen von rund 0.3 ha sind für ein Projekt von dieser Grössenordnung als moderat zu bezeichnen.

Im Kapitel 5 erfolgt eine Zusammenfassung der erwarteten Projektauswirkungen. Im Projektperimeter entsteht im Rahmen der zwei gebauten Etappen und der nachfolgenden eigendynamischen Entwicklung ein dynamischer Flussraum mit ähnlicher Variabilität der morphologischen und biologischen Ausprägungen wie in der Mastrilser Rheinaue (Fotodokumentation im Anhang 13).

Die Bauarbeiten sowie die nachfolgende eigendynamische Entwicklung bzw. Betriebsphase verursachen keine signifikante Erhöhung der Schwebstofffführung (Trübung) sowie des Schwemmholzaufkommens.

Die Sohle wird innerhalb der Aufweitung um bis zu 2 m auflanden. Zur Kontrolle der Sohlenlage und zur Kompensation des durch die eigendynamische Seitenerosion entstehenden Geschiebeeintrags müssen die Geschiebeentnahmen um jährlich durchschnittlich rund 15'000 m^3 erhöht werden, damit der Geschiebehaushalt wieder im Gleichgewicht ist.

Der Rhein wird die für das Auengebiet angestrebte Gerinnemorphologie, welche bereits im Projektzustand vorgezeichnet ist, schaffen und langfristig aufrechterhalten können. Die neuen Sohlenbreiten ermöglichen den morphologischen Sprung von den heutigen alternierenden Bänken zu einem verzweigten Gerinne.

Die neue Aufweitung hat auf das Schwall/Sunk-Regime des Rheins keinen Einfluss. Dessen Sanierung ist nicht Aufgabe des vorliegenden Projekts.

Die Projektauswirkungen auf Ökologie und Naturwerte sind im UVB beschrieben. Sowohl im Projekt- wie auch im Endzustand bewirkt die Aufweitung Maienfeld/Bad Ragaz eine massive Aufwertung zugunsten der zu fördernden Zielarten und Ziellebensräume.

Das Projekt bewirkt eine leichte Verbesserung des Hochwasserschutzes für die beidseitige Talebene in Bezug auf die vom Rhein ausgehende Restgefährdung.

Der bereits im Vorprojekt in einem Fachgutachten ermittelte Gewässerraum wurde auf das Bau- und Auflageprojekt übertragen. Er erfüllt voraussichtlich die Voraussetzungen für die Programmziele PZ2, LI 2.2a (erhöhter Gewässerraum) und LI 2.2 c (Pendelbandbreite).

Die projektbedingten Auswirkungen auf den Grundwasser-Hochstand sind sowohl im Endzustand wie auch in den Projektzuständen grösser als die vorgegebene Toleranzgrenze von 20 cm, weshalb das Risiko von zusätzlichen Vernässungen von Untergeschossen und Hausfundamenten als zu hoch zu beurteilen war. Aus diesem Grund sind zusätzliche Begleitmassnahmen für das Grundwasser notwendig und als integraler Bestandteil ins Projekt aufgenommen worden.

Das Aufweitungsprojekt wird eine neue, attraktive Flusslandschaft und damit einen Mehrwert für die Naherholung und Freizeitnutzung schaffen.

Beim Unterwasserkanal des Kraftwerks Sarelli wird die Einstauhäufigkeit nicht erhöht im Vergleich zu den Bedingungen, welche bei der Konzessionslegung 1960 bzw. der Ausführungsplanung 1975 des Kraftwerks geherrscht hatten.

Die Ergebnisse aus dem Vorprüfungs-, Mitwirkungs- und Vernehmlassungsverfahren sind in Kapitel 6 zusammengefasst. Der erste Projektentwurf vom 30. 09.2020 wurde den Gemeinden, den Fachstellen beider Kantone und dem BAFU vorgelegt und in Vorprüfung geben. Es gingen zahlreiche Stellungnahmen ein, deren Punkte zum überwiegenden Teil berücksichtigt werden konnten. Die Dossierbeilage 2.6 listet sämtliche Punkte aus der Vorprüfung auf und verweist auf die entspre-chenden Dokumente und Kapitel, in welchen das Thema erläutert wird.

Die Mitwirkung zum Projektentwurf September 2020 fand zwischen dem 18. Januar bis 19. Februar 2021 bei der lokalen Bevölkerung statt, welche ihre Meinung zum Projekt abgeben konnte. Es gingen insgesamt 18 Rückmeldungen ein.

Die wesentlichen neuen Projektbestandteile, welche nach der Vorprüfung bei der Überarbeitung des Projekts eingeflossen sind und Teil des vorliegenden Projektentwurfs Stand «Vernehmlassung» bilden, sind (Aufzählung nicht abschliessend):

- Teilrückbau und Sanierung der auf der heutigen Linie verbleibenden Dämme.
- Begleitmassnahmen flussabwärts des Aufweitungsperimeters: Verstärkung Uferschutz bis km 27.4, Verstärkung Blockschwelle bei der SBB-Brücke km 29.
- Neue Baustellenzufahrt von der Kantonsstrasse Bad Ragaz-Maienfeld her.

- Detailanalyse Grundwasserrisiken für Fluppi-Bidems sowie für Landquart.
- Begleitmassnahmen zum Grundwasser, ausserhalb des Aufweitungsperimeters.
- Aufweitung des Amphibienlaichgebiets «Länder», Maienfeld.
- Verfeinerung Besucherlenkungskonzept mit Unterteilung in Teilgebiete «Vorrang Natur» und «Natur und Erholung».
- Vertiefte Beurteilung des Risikos bezüglich belasteter Standorte.
- Neuer Unterhaltsweg Unter Ifang (Sarelli – Tardis).
- Überarbeitung des Fachgutachtens Gewässerraum.
- Ergänzendes Fachgutachten Geschiebehaushalt.
- Vertiefte Bauphasenplanung.

XXXernehmlassung später zu ergänzenXXX

XXXAusblick später zu ergänzenXXX

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung I
Inhaltsverzeichnis VI
Anhangverzeichnis IX
Beilagenverzeichnis X
Glossar XII
1. Einleitung und Projektrahmen 1
1.1 Aufgabenstellung und Auftrag 1
1.2 Übersicht und Projektumfang 1
1.2.1 Lokalisierung der Rheinaufweitung 1
1.2.2 Aufweitungsperimeter 1
1.2.3 Begleitmassnahmen 3
1.3 Abgrenzungen zu Drittprojekten 3
1.4 Projektorganisation und Bauherrschaft 4
1.4.1 Formale Zuständigkeit und Bauherrschaft 4
1.4.2 Projektorganisation 4
1.5 Partizipativer Prozess 4
1.5.1 Begleitgruppe und Beirat Besucherlenkung 4
1.5.2 Vorprüfung 5
1.5.3 Mitwirkungsverfahren 5
1.5.4 Vernehmlassung 5
1.6 Umweltverträglichkeitsprüfung 6
1.7 Vorplanungen 6
2. Beschrieb des Ausgangszustands 8
2.1 Historisches 8
2.1.1 Früherer Flusslauf und Rheinkorrektion 8
2.1.2 Sohleneintiefung und Bestrebungen zu deren Dämpfung 9
2.1.3 Bau des Kraftwerks Sarelli 10
2.2 Der heutige Rhein zwischen Tardis und Bad Ragaz 10
2.2.1 Einzugsgebiet 10
2.2.2 Hydrologie 10
2.2.3 Schwall/Sunk (Ausgangszustand) 12
2.2.4 Geschiebe, Schwebstoffe und Schwemmholz 12
2.2.5 Heutiges Flussbett 12
2.2.6 Theoretische Abflusskapazität 12
2.2.7 Dämme, Dammstabilität 13
2.2.8 Ufer, Uferschutz 13
2.2.9 Heutige Hochwassergefährdung 13
2.3 Nebengewässer 14
2.4 Bestehende Naturwerte 16
2.4.1 Schutzinventare, Sarelli-Auenwald 16
2.4.2 Amphibienstandorte 17
2.4.3 Fische / Gewässerfauna 17
2.4.4 Gefährdete Tier- und Pflanzenarten 17
2.4.5 Wildwechsel 18
2.5 Nutzungen im Bereich des Perimeters 18
2.5.1 Land- und Forstwirtschaft 18
2.5.2 Siedlungen 18
2.5.3 Verkehrswege 19

2.5.4 Erholung und Freizeit ... 19
2.5.5 Kraftwerkzentrale Sarelli ... 19
2.5.6 Liegenschaften, Einzelgebäude und Einzelobjekte ... 20
2.5.7 Grundwassernutzungen, Grundwasserschutzzonen ... 20
2.5.8 Werkleitungen ... 20
2.6 Geologie und Hydrogeologie ... 21
2.6.1 Grundwasserverhältnisse ... 21
2.6.2 Baugrund, Materialtypen ... 22
2.6.3 Eigenschaften des Aushubmaterials ... 22
2.6.4 Belastete Standorte ... 23
2.7 Grundeigentumsverhältnisse ... 23
3. Projektziele und Projektvorgaben ... 24
3.1 Ziele des Projekts ... 24
3.1.1 Generelle Entwicklungsziele ... 24
3.1.2 Referenzzustand Mastrilser Rheinaue ... 24
3.1.3 Projektziele Auflageprojekt ... 25
3.1.4 Geschiebesanierung ... 26
3.1.5 Schutzziele Hochwasserschutz ... 26
3.1.6 Personenrisiken ... 26
3.2 Projektvorgaben ... 26
3.2.1 Allgemeines, Nutzungsvereinbarung ... 26
3.2.2 Nutzungsdauer ... 27
3.2.3 Systemsicherheit ... 27
3.2.4 Minimal erforderliches Freibord beim Dimensionierungsereignis ... 27
3.2.5 Kolktiefen ... 28
3.2.6 Nachweise Ufersicherung ... 28
4. Beschrieb des Bau- und Auflageprojekts ... 29
4.1 Projektkonzept ... 29
4.1.1 Übersicht Grundkonzept ... 29
4.1.2 Optimierung des Aufweitungsperimeters ... 30
4.1.3 Mechanischer Aushub und eigendynamische Entwicklung ... 32
4.1.4 Ausgangszustand, Projektzustand und Endzustand ... 33
4.1.5 Massgebender Zustand des Bau- und Auflageprojekts ... 33
4.1.6 Variantenstudium ... 33
4.1.7 Morphodynamik im Hauptgerinne und in Seitengerinnen ... 35
4.1.8 Optimierungsphase und definitive Bestvariante Dez_19 ... 35
4.1.9 Etappierte Ausführung und Realisierungsdauer ... 36
4.1.10 Tiefere und robustere Dämme ... 37
4.1.11 Das Freibord als hydraulische Sicherheitsreserve ... 38
4.1.12 Überströmsicherung für den Überlastfall ... 39
4.1.13 Restfreibord im Überlastfall ... 39
4.1.14 Konzept neue Ufersicherung ... 39
4.1.15 Stabilitätsnachweise für die Ufersicherung ... 40
4.1.16 Strömungslenkende Elemente der Ufersicherung ... 41
4.1.17 Konzept Besucherlenkung ... 41
4.2 Projektierungsgrundlagen ... 42
4.2.1 Sohlenmorphologische Modellierungen ... 42
4.2.2 Mittlere Sohlenlage Endzustand, vertikaler Sohlenversatz ... 43
4.2.3 Hydraulische Berechnungen ... 43
4.2.4 Abflusswirksamer Querschnitt (Regimebreite) ... 44
4.2.5 Massgebende Wasserspiegellagen (Referenzszenario) ... 44
4.2.6 Höhenkoten der neuen Dämme ... 44
4.2.7 Nachweis Dammhöhe im Projektzustand ... 45
4.2.8 Maximale Kolktiefen und Bankhöhen ... 46
4.2.9 Massgebende Niveaux für die Ufersicherung ... 47
4.3 Massnahmenbeschrieb ... 48

4.3.1 Rodungs- und Abbrucharbeiten ... 48
4.3.2 Aushubarbeiten ... 48
4.3.3 Einbau und Gestaltung der Gerinnesohle ... 50
4.3.4 Nebengerinne ... 51
4.3.5 Sohlensubstrat ... 51
4.3.6 Linksufriger Damm ... 52
4.3.7 Rechtsufriger Damm ... 53
4.3.8 Sicherung des Böschungsfusses ... 54
4.3.9 Längsblockwurf und Blockvorlage ... 55
4.3.10 Buhnen und Leitwerke ... 57
4.3.11 Ansaat und Bepflanzung ... 59
4.3.12 Unterhalts- Landwirtschafts- und Langsamverkehrswege ... 59
4.3.13 Parkplätze ... 60
4.3.14 Teilbächli ... 61
4.3.15 Amphibienlaichgewässer ... 61
4.3.16 Aussichtsplattformen und Sichtfenster ... 62
4.3.17 Einzelobjekte ... 63
4.3.18 Geschiebeentnahmestellen ... 63
4.3.19 Begleitmassnahmen Grundwasser ... 64

4.4 Materialbewirtschaftung ... 65
4.4.1 Allgemeines ... 65
4.4.2 Volumenermittlung Aushub und Schüttmaterial ... 65
4.4.3 Mengenübersicht ... 65
4.4.4 Holz, Strauchschicht und Wurzelstöcke ... 65
4.4.5 Organisches Bodenmaterial (v.a. Materialtyp "Walderde") ... 66
4.4.6 Feinsediment (Materialtyp "Sand") ... 66
4.4.7 Rheinschotter (Materialtyp "Kies") ... 66
4.4.8 Material- und Erdbewegungskonzept ... 67
4.4.9 Externe Verwertung Kiessand, Dauer Bauausführung ... 67
4.4.10 Zwischenlager für die 1. Etappe ... 68
4.4.11 Option Bahntransport ... 68
4.4.12 Wuhrsteine ... 69

4.5 Werkleitungen ... 69
4.5.1 50 kV-Freileitungen ... 69
4.5.2 Sonstige Werkleitungen ... 69

4.6 Kosten und Finanzierung ... 69
4.6.1 Kosten ... 69
4.6.2 Kostenträger und Finanzierung ... 69

4.7 Bauablauf und Logistik ... 70
4.7.1 Etappenabgrenzung und Bauloseinteilung ... 70
4.7.2 Bauabläufe und Wasserhaltung ... 71
4.7.3 Langsamverkehrsführung während der Bauarbeiten ... 72
4.7.4 Baustellenhochwasser, Risikoabflüsse ... 72
4.7.5 Logistik und Installationen ... 72
4.7.6 Transporte, Erschliessung ... 73
4.7.7 Baurisiken ... 73

4.8 Rodung und Landbeanspruchung ... 74
4.8.1 Rodung ... 74
4.8.2 Landerwerb ... 74
4.8.3 Fruchtfolgeflächen ... 74

5. Beschrieb der Projektauswirkungen ... 75

5.1 Zusammenfassung der generellen Auswirkungen ... 75

5.2 Oberflächengewässer ... 76
5.2.1 Abflussregime, Trübung ... 76
5.2.2 Geschiebe- und Schwemmholzführung ... 76
5.2.3 Sohlenlage ... 77
5.2.4 Gerinnemorphologie, Sohlentopografie und Strömungsverhältnisse ... 77

5.2.5 Schwall/Sunk (Projektzustand) ... 78
5.2.6 Seitengewässer ... 79
5.3 Ökologie und Naturwerte ... 80
5.4 Wald und Landschaft ... 80
5.5 Hochwasserschutz ... 80
5.5.1 Hochwasserschutz nach Realisierung der Massnahmen ... 80
5.5.2 Verhalten im Überlastfall ... 80
5.5.3 Kostenwirksamkeit ... 81
5.5.4 Gefahrenstufen nach Realisierung der Massnahmen ... 81
5.6 Gewässerraum ... 82
5.7 Grundwasser ... 82
5.8 Nutzungen ... 83
5.8.1 Erholung und Freizeitnutzung ... 83
5.8.2 Land- und Forstwirtschaft ... 83
5.8.3 Energieproduktion und –verteilung ... 83
5.8.4 Kieswirtschaft ... 84
5.9 Umweltauswirkungen in der Bauphase ... 84
5.10 Konzept Monitoring und Wirkungskontrolle ... 84
5.11 Pflege-, Unterhalts- sowie Interventionskonzept ... 85
5.12 Zielerfüllung ... 85
5.12.1 Gutachtliche Einschätzung der Zielerfüllung ... 85
5.12.2 Potentielle Zielkonflikte und gewählte Lösungsansätze ... 86
6. Vernehmlassungsverfahren ... 88
6.1.1 Vorprüfung ... 88
6.1.2 Mitwirkungsverfahren ... 88
6.1.3 Berücksichtigung der Stellungnahmen ... 88
6.1.4 Wesentliche neue Projektbestandteile ... 88
6.1.5 Vernehmlassung ... 88
6.1.6 Lesung Kantonsrat SG ... 88
7. Ausblick ... 89
7.1.1 Öffentliche Auflage ... 89
7.1.2 Projektgenehmigung ... 89
7.1.3 Ausschreibungs- und Realisierungsphase ... 89
7.1.4 Terminprogramm ... 89

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang 1: Verwendete Grundlagen
Anhang 2: Faktenblatt Projektziele und Schutzziele
Anhang 3: Fotodokumentation zum Ausgangszustand
Anhang 4: Definitive Bestvariante Dez_19
Anhang 5: Längenprofiltabelle und -abbildung
Anhang 6: Memo Freibordbestimmung
Anhang 7: Dimensionierung der Ufersicherung
Anhang 8: Volumenauswertung Bauprojekt

Anhang 9: Amphibienlaichgewässer: Geometrien, Positionierung und Abdichtung
Anhang 10: Stabilitätsnachweis für QP 26.600
Anhang 11: Gefährdungsituation im Ausgangs- und Endzustand
Anhang 12: Benetzte Flächen Schwall/Sunk im Projektzustand
Anhang 13: Fotodokumentation Referenzzustand Mastrilser Rheinaue
Anhang 14: Visualisierungen des Projektzustands nach Ausführung der 2. Etappe

BEILAGENVERZEICHNIS

Nr.	Beilage	Massstab	Plan-Nr.
1	**Übersichtsplan**	1:20'000	1200-300
2	**Technische Berichte und Kostenvoranschlag**		
2.1	Technischer Bericht	Bericht	
2.2	Kostenvoranschlag	Bericht	
2.3	Nutzungsvereinbarung	Bericht	
2.4	Variantenstudium und Optimierung Bestvariante	Bericht	
2.5	Begleitmassnahmen Grundwasser	Bericht	
2.6	Berücksichtigung der Stellungnahmen aus der Vorprüfung	Bericht	
3	**Umweltverträglichkeitsbericht**		
3.1	Umweltverträglichkeitsbericht (UVB)	Bericht	
3.2	Teilbericht belastete Standorte	Bericht	
3.3	Neophyten-Konzept	Bericht	
3.4	Teilbericht Lärm A13	Bericht	
4	**Berichte von Spezialisten**		
4.1	Hydraulische und geschiebetechnische Grundlagen	Bericht	
4.2	Hydrogeologischer Bericht mit Überwachungskonzept Grundwasser	Bericht	
4.3	Grundwassermodellierungen	Bericht	
4.4	Abklärungen zum Baugrund	Bericht	
4.5	Monitoringkonzept und Wirkungskontrolle	Bericht	
4.6	Fachgutachten Gewässerraum	Bericht	
4.7	Variantenabklärung bestehende Dämme	Bericht	
4.8	leer		
4.9	Beurteilung Brücke km 27.676	Bericht	
4.10	Zustandserfassung Uferverbauungen	Bericht	
4.11	Besucherlenkungskonzept	Bericht	
4.12	Ergänzendes Fachgutachten Geschiebehaushalt	Bericht	
5	**Berichte zur Vernehmlassung**		
5.1	Bericht zur Vorprüfung	Bericht	
5.2	Bericht zur Mitwirkung	Bericht	
5.3	Bericht zur Vermehmlassung	Bericht	
6	**Beitragsplan**		
6.1	Provisorischer Beitragsplan	Tabelle	

Herbst 23

Nr.	Beilage	Massstab	Plan-Nr.
7	**Situationen**		
7.1	Situation Aufweitung km 24.800 bis km 27.700	1:1'000	1200-301
7.2	Situation Aufweitung km 23.636 bis km 25.200	1:1'000	1200-302
7.3	leer		
7.4	Gestaltungsplan	1:2'000	1200-304
7.5	Erschliessung und Wegnetz	1:5'000	1200-305
7.6	Übersicht Massnahmen	1:5'000	1200-306
7.7	Gewässerraum	1:5'000	1200-307
7.8	Situation Erhöhung Blockschwelle SBB-Brücke	1:2'000	1200-308
7.9	Massnahmen Besucherlenkung, Schutz- und Nutzung	1:5'000	
7.10	Koordinationsplan Drittplanungen	1:5'000	
7.11	Bauphasenplan Lose 1 und 2	1:2'000	1200-370
7.12	Bauphasenplan Lose 3 und 4	1:2'000	1200-371
7.13	Bauphasenplan Lose 5 und 6	1:2'000	1200-372
8	**Längenprofil**		
8.1	Längenprofil km 23.636 bis km 27.050	1:2'000/50	1200-310
8.2	Längenprofil Teilbächli	1:100	1200-311
8.3	Längenprofil Unterhaltsweg Unter Ifang	1:100	1200-312
9	**Querprofile**		
9.1	Querprofile km 24.100, km 24.800. km 25.100	1:200	1200-320
9.2	Querprofile km 25.700, 25.900, 26.500	1:200	1200-321
9.3	Querprofile Teilbächli	1:100	1200-322
9.4	Querprofile Unterhaltsweg Unter Ifang	1:100	1200-323
10	**Gestaltungs- und Detailpläne**		
10.1	Gestaltungsprofile Aufweitung	1:200	1200-330
10.2	Normalprofil Ufer links km 23.70 - km 24.90	1:50	1200-337
10.3	Normalprofil Ufer links km 24.90 - km 25.15	1:50	1200-332
10.4	Normalprofil Ufer links km 25.15 - km 26.95	1:50	1200-333
10.5	Normalprofil Ufer rechts km 23.70 - km 24.20	1:50	1200-334
10.6	Normalprofil Ufer rechts km 24.20 - km 24.95	1:50	1200-335
10.7	Normalprofil Ufer rechts km 24.95 - km 26.30	1:50	1200-336
10.8	Normalprofil Ufer rechts km 26.30 - km 26.95	1:50	1200-338
10.9	Normalien Buhnen	1:100	1200-339
10.10	Normalien Leitwerke	1:250/100	1200-340
10.11	Aussichtsplattformen	1:50	1200-341
10.12	Normalprofil Unterhaltsweg Unter Ifang	1:50	1200-342
10.13	Normalprofil Aufbau Amphibientümpel	1:50	1200-344
11	**Landerwerbsakten**		
11.1	Landerwerbs- und Enteignungsplan Kanton SG Teil 1	1:1'000	1200-350
11.2	Landerwerbs- und Enteignungsplan Kanton SG Teil 2	1:1'000	1200-351
11.3	Landerwerbsplan Kanton GR	1:1'000	1200-352
12	**Rodungsakten**		
12.1	Übersichtsplan	1:25'000	1200-360
12.2	Rodungen und Ersatzaufforstungen Kanton SG	1:2'000	1200-361
12.3	Rodungen und Ersatzaufforstungen Kanton GR	1:2'000	1200-362
12.4	Rodungsgesuch	Bericht	
13	**Pflege-, Unterhalts- sowie Interventionskonzept**	Bericht	
14	**Beilagen**		
14.1	Exposee zu den Ortsplanungsrevisionen	Bericht	
14.2	Verfahrensablauf	Bericht	
14.3	Dossier 50 kV-Leitungsverlegung	separates Dossier	

noch ausstehend

GLOSSAR

Ausgangszustand	Zustand des Projektperimeters vor dem Bau. Wird mit dem heutigen Zustand gleichgesetzt.
EHQ	Extremereignis mit Jährlichkeit >300 Jahren.
EHQ_A	Untere Grenze der betrachteten Extremereignisse, äusserst seltenes Ereignis, Jährlichkeit 300 – 999.
EHQ_B	Obere Grenze der betrachteten Extremereignisse, äusserst seltenes Ereignis, Jährlichkeit 1'000 und mehr. Nicht unbedingt maximal mögliches Extremereignis.
EL	Energielinie (Wasserspiegel plus Energiehöhe des fliessenden Wassers).
Endzustand	Langfristiger Zustand der Aufweitung nach Erreichen eines dynamischen fluvialen Gleichgewichts sowie nach vollständiger Entwicklung der Auenwaldvegetation.
fest, m^3 fest, Festmass	Volumenabmessung für dicht im Untergrund gelagertes Aushub- und Bodenmaterial bzw. für verdichtetes Schüttmaterial. Es wird mit einer Raumdichte von 2'150 kg/m^3 (fest) gerechnet.
Freibord	Abstand zwischen dem Wasserspiegel und der Oberkante Uferböschung, der Dammkrone oder einer Brückenunterkante.
GWSP	Grundwasserspiegel.
HQ_x	Hochwasserereignis mit statistischer Wiederkehrperiode von x Jahren.
HQ_{100}	im Durchschnitt alle 100 Jahre erreichtes oder übertroffenes Hochwasserereignis (100-jährliches Hochwasser, Jährlichkeit 100).
HQ_{300}	im Durchschnitt alle 300 Jahre erreichtes oder übertroffenes Hochwasserereignis (300-jährliches Hochwasser, Jährlichkeit 300).
HWS	Hochwasserschutz.
Jährlichkeit X	Wiederkehrperiode X Jahre eines Ereignisses: Der Hochwasserabfluss wird im Mittel alle X Jahre erreicht oder übertroffen.
lose, m^3 lose, Losemass	Volumenabmessung für aufgelockertes Aushub- oder Schüttmaterial, z.B. nach Auflad auf ein Transportmittel. Es wird mit einer Raumdichte von 1'750 kg/m^3 (lose) gerechnet.
MQ	Über einen Zeitraum gemittelter Abfluss (langjähriges Mittel einer Beobachtungsperiode).
MW	Mittlerer Wasserspiegel oder mittlerer Grundwasserspiegel.
NQ	Niederwasser-Abflussmenge, beispielsweise Q_{347}= an 18 Tagen pro Jahr unterschrittene Wasserführung (langjähriges Mittel einer Beobachtungsperiode)
NW	Niederwasserspiegel oder niederer Grundwasserspiegel.
Projektzustand	Zustand der Aufweitung unmittelbar nach Bauausführung.
Q	Abflussmenge in m^3 pro Sekunde.
Q_x	Abflussmenge der langjährig gemittelten Dauerkurve in m^3 pro Sekunde, welche an x Tagen im Jahr erreicht oder überschritten wird. .
UVB, UVP	Umweltverträglichkeitsbericht (Dossierbeilage Nr. 3.1); Umweltverträglichkeitsprüfung.
UV-VU	Umweltverträglichkeits-Voruntersuchung
Verklausung	Verstopfung eines Gerinnes durch Holz, Geschiebe usw., verbunden mit einem Aufstau.
WSP	Wasserspiegel.

1. EINLEITUNG UND PROJEKTRAHMEN

1.1 Aufgabenstellung und Auftrag

Gegenstand des vorliegenden Bau- und Auflageprojekts ist eine neue Flussaufweitung am Alpenrhein im Gebiet Sarelli zwischen Tardis und Bad Ragaz bzw. bei Maienfeld.

Als Folge der Flusskorrektion Ende des 19. Jahrhunderts und der Sohlenabsenkung seit den 1950er-Jahren sind die Auenwälder beidseits des Rheins zwischen Landquart und Bad Ragaz heute von der Flussdynamik und vom Grundwasser abgeschnitten. Das vorliegende Projekt hat zur Aufgabe, diese degenerierten Auenwälder wieder durch einen funktionsfähigen dynamischen Gewässerlebensraum zu ersetzen, der wieder an die Wasserspiegelschwankungen und an die morphologischen Umlagerungen des Flusses angebunden ist. Damit die erwünschte Dynamisierung und Reaktivierung des Auengebiets möglich wird, ist eine umfangreiche Absenkung des Terrains um etwa 5-7 m notwendig, damit die Geländeoberfläche wieder in den Schwankungsbereich von Grund- und Flusswasser sowie in den Einflussbereich der morphologischen Dynamik mit Sedimentumlagerungen und Geschiebetrieb kommt.

Der Auftrag zur Erarbeitung des Bau- und Auflageprojekts wurde am 22.05.2018 an die Ingenieurgemeinschaft ARGE NiPo/Herzog/Tuffli erteilt. Das Ziel dieses Auftrags war die Erarbeitung eines bewilligungsfähigen Auflageprojekts, wozu ein qualitativ hochwertiges und kostenoptimiertes Revitalisierungsprojekt auf Stufe Detailprojekt auszuarbeiten war, welches die Anforderungen sowohl an den Hochwasserschutz als auch an die Umweltschutzgesetzgebung erfüllt.

Auftraggeber sind die beiden Kantone St. Gallen und Graubünden, vertreten durch das Rheinunternehmen mit Sitz in Widnau.

1.2 Übersicht und Projektumfang

1.2.1 Lokalisierung der Rheinaufweitung

Zur Lokalisierung der Örtlichkeiten entlang der Flussachse wird im vorliegenden Projekt die Fluss-Kilometrierung der Internationalen Regierungskommission Alpenrhein IRKA verwendet, welche in Reichenau beim Zusammenfluss von Vorder- und Hinterrhein beginnt.

Die Rheinaufweitung Maienfeld/Bad Ragaz liegt zwischen der Tardisbrücke und der Kantonsstrassenbrücke Bad Ragaz-Maienfeld kantonsübergreifend in den Kantonen Graubünden und St. Gallen (vgl. Übersicht Dossierbeilage 1 und untenstehende Abbildung 1).

Von den Baumassnahmen tangiert und somit Standortgemeinden[1] sind:

- Maienfeld: rechtsufrig auf der ganzen Länge des Perimeters vom Parkplatz Tardisbrücke km 23.636 bis an das Perimeterende km 27.050
- Landquart: linksufrig von km 23.636 bis km 24.30
- Bad Ragaz: linksufrig von km 24.30 bis an das Perimeterende km 27.050

Das Projektgebiet grenzt an die bestehende Rheinaue Mastrils an und wird von dieser durch die Engstelle bei Tardis getrennt. Letztere wird durch die Landquartmündung, die Kantonsstrassenbrücke und die zwei Blockrampen oberhalb und bei der Brücke definiert. Nach der Aufnahme des sowohl für das Wasser- wie auch für das Feststoffregime wichtigen Zuflusses der Landquart dreht der Alpenrhein nach dem Bergsporn des Pizalun in einer markanten Linkskurve nach Nordwesten in die breite Talebene zwischen Landquart und Sargans hinein.

1.2.2 Aufweitungsperimeter

Der Perimeter der Rheinaufweitung Maienfeld / Bad Ragaz (in der Folge Aufweitungsperimeter genannt) enthält sämtliche Massnahmen und Flächen, welche für den Bau der Rhein-

[1] Bei Realisierung der Schwellenverstärkung bei der SBB-Brücke km 29 wird auch eine kleine Fläche der Gemeinde Fläsch tangiert.

aufweitung notwendig sind. Er belegt den 3.4 km langen Abschnitt km 23.636 – 27.050 von der Tardisbrücke bis etwa 700 m oberhalb der Kantonsstrassenbrücke Bad Ragaz-Maienfeld. Er ist in folgender Abbildung 1 bzw. vergrössert im Anhang 2 und im Übersichtsplan Dossierbeilage 1 abgegrenzt. Gegenüber dem Perimeter des Vorprojekts ergaben sich Optimierungen und Präzisierungen, welche im Kap.4.1.2 näher beschrieben werden.

Geografische Hauptelemente, mit denen der Aufweitungsperimeter in Bezug steht, sind:

- Mündung der Landquart und Rheinaue Mastrils oberhalb des Aufweitungsperimeters.
- Siedlungsgebiete der Gemeinden Maienfeld, Bad Ragaz und Landquart (Ortsteil Mastrils).
- Autobahn A13 nordöstlich des Rheins, SBB-Linie Bad Ragaz – Maienfeld-Landquart sowie Kantonsstrassen Bad Ragaz-Tardis und Bad Ragaz-Maienfeld.
- Kraftwerk Sarelli der Kraftwerke Sarganserland AG (KSL) mit der Kraftwerkzentrale und dem Unterwasserkanal, der linksufrig bei km 24.73 in den Rhein mündet.
- Rheinquerende Freileitungen des Höchstspannungsnetzes 220/380 kV der Swissgrid sowie des Hochspannungsnetzes 50 kV (Repower, EKZ).

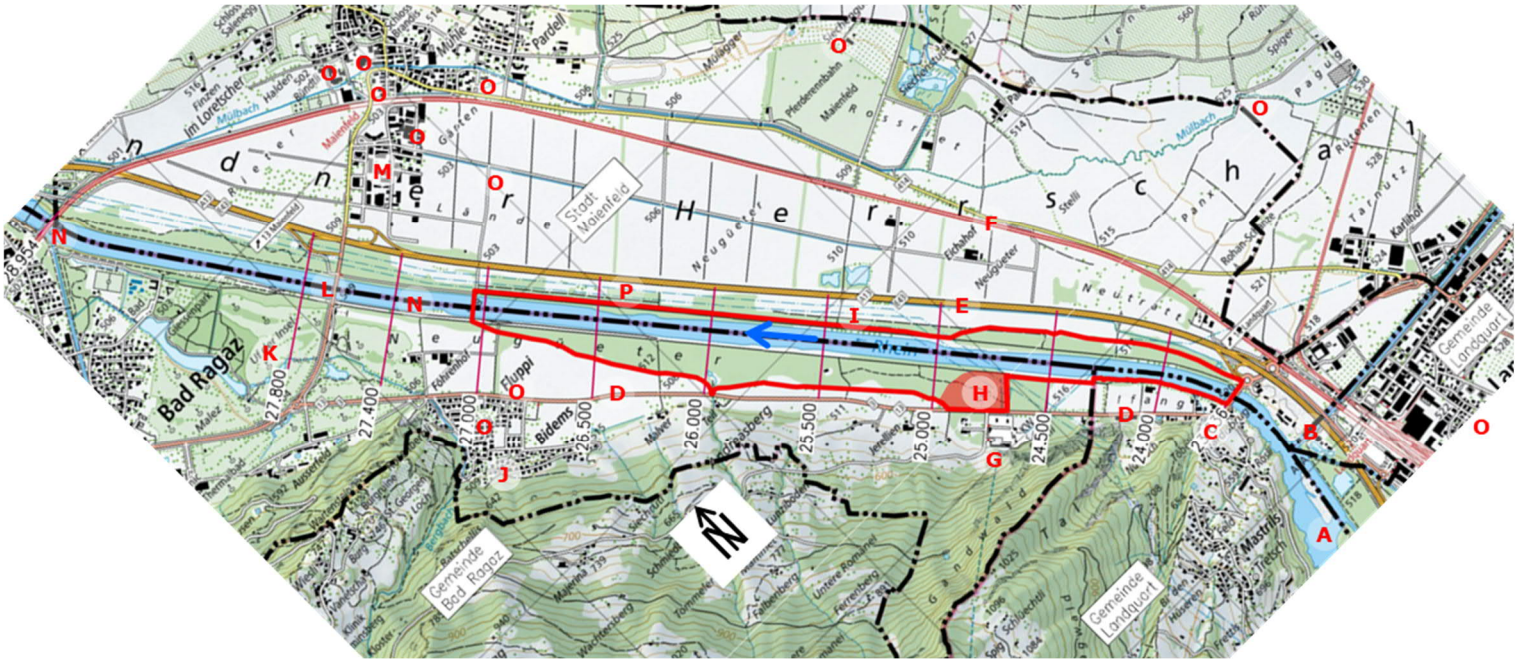


Abbildung 1: Projektperimeter Bau- und Auflageprojekt (rot) und seine Lokalisierung in der Talebene Landquart-Bad Ragaz (Basis: Übersichtsplan Dossierbeilage 1) verkleinert).

A) Mastrilser Rheinaue
B) Landquartmündung
C) Tardis
D) Kantonsstrasse Bad Ragaz – Landquart
E) Autobahn A13
F) Schnellzugslinie SBB
G) Kraftwerkzentrale Sarelli
H) Möglicher Standort eines künftigen Schwall/Sunk-Ausgleichsbeckens
I) Höchstspannungsleitungen Swissgrid
J) Wohnzone Fluppi-Bidems
K) Freizeitanlagen Giessenpark/Golfplatz
L) Kantonsstrassenbrücke Bad Ragaz-Maienfeld
M) Industriezone Maienfeld
N) Begleitmassnahmen unterhalb des Aufweitungsperimeters
O) Begleitmassnahmen Grundwasser
P) Begleitmassnahmen Amphibienlaichgebiet Länder

1.2.3 Begleitmassnahmen

Die Auswirkungen der Rheinaufweitung auf das Grundwasser und auf die nachfolgende Flussstrecke, eine Aufwertung von Amphibienstandorten sowie das Bedürfnis einer Besucherlenkung mit geordneten Parkiermöglichkeiten und Zugängen für Erholungssuchende machten jedoch auch Begleitmassnahmen ausserhalb des Aufweitungsperimeters notwendig. Diese Begleitmassnahem sind Bestandteil des Projekts, auch wenn sie sich ausserhalb des Aufweitungsperimeters befinden. Es handelt sich im Wesentlichen um:

- Blockvorlagen entlang beider Ufer unterstrom der Aufweitung, km 27.05 – 27.40
- Verstärkung der aufgelösten Blockschwelle bei der SBB-Brücke km 28.95.
- Begleitmassnahmen Grundwasser (grundwasserbegrenzende Massnahmen und Objektschutzmassnahmen; siehe Bericht Dossierbeilage 2.5).
- Zusätzliche Parkiermöglichkeiten Tardis und Rieter (Maienfeld) sowie Sarelli und Schützenhaus (Bad Ragaz).
- Aufwertungsmassnahmen im Amphibienlaichgenbiet «Länder» östlich des linken Rheindamms.

1.3 Abgrenzungen zu Drittprojekten

Das vorliegende Bau- und Auflageprojekt ist die weitere Konkretisierung des Vorprojekts von September 2013 ([2]), welches seinerseits auf der Massnahme Nr. 18 des übergeordneten Entwicklungskonzepts Alpenrhein vom Dezember 2005 ([1]) beruht.

Das Schwall/Sunk-Ausgleichsbecken für die Schwalldämpfung aus dem Kraftwerk Sarelli ist noch nicht projektiert und nicht Gegenstand des vorliegenden Aufweitungsprojekts. Die dafür im Vorprojekt vordefinierte Fläche (H in Abbildung 1) ist nur aus formellen Gründen Teil des Aufweitungsperimeters.

Das in [3] erarbeitete Konzept einer möglichen Langsamverkehrsbrücke zwischen Maienfeld und Bad Ragaz ist nicht Bestandteil des vorliegenden Aufweitungsprojekts und müsste im Rahmen eines separaten Drittprojekts realisiert werden.

Die für die Realisierung der oberen Maienfelder Teilaufweitung zwingend notwendige Mastenverlegung bei zwei 50kV-Freileitungen bilden Gegenstand eines separaten parallelen Bewilligungsverfahrens und sind im separaten Projektdossier Nr. 14.3 orientierend beigelegt XXXnoch ausstehend.

Das Projekt der Repower AG für ein Kraftwerk Chlus an der Landquart betrifft den Aufweitungsperimeter nicht mehr, da eine Variante mit Kraftwerkzentrale rechts unterhalb von Tardis verworfen wurde. Dies ermöglichte es, den Aufweitungsperimeter an seinem oberen Ende zu optimieren (vgl. Kap. 4.1.2).

Im Rheinabschnitt flussabwärts der Aufweitung (km >27.05) sind die Verstärkung des Uferschutzes in der Wiederverengung bis km 27.40 sowie eine Verstärkung der aufgelösten Blockstruktur bei der SBB-Brücke km 28.95 Bestandteil des Projekts. Nicht Projektbestandteil und bei Bedarf im Rahmen von Drittprojekten zu realisieren sind:

- Dammsanierungen bzw. Interventionspisten flussabwärts von km 27.050
- Kreuzungsfreie Wegverbindung entlang des rechten Damms unter der Kantonsstrassenbrücke Bad Ragaz-Maienfeld hindurch.

Weitere Drittprojekte sind im Koordinationsplan Dossierbeilage 7.10 aufgeführt. Sie sind nicht Bestandteil des Projektumfangs der Rheinaufweitung, müssen aber mit dieser koordiniert werden.

1.4 Projektorganisation und Bauherrschaft

1.4.1 Formale Zuständigkeit und Bauherrschaft

Die kantonsübergreifende Aufweitung hat auf die Wasserbaupolizei beider Kantone Rücksicht zu nehmen. Die Zuständigkeiten für den Wasserbau und den Gewässerunterhalt am Rhein sind in den Kantonen St. Gallen und Graubünden unterschiedlich geregelt:

- Im Kanton St. Gallen liegt die Zuständigkeit beim Kantonsgewässer Rhein beim kantonalen Wasserbau (gemäss Art. 4 des kantonalen Wasserbaugesetzes).
- Im Kanton Graubünden liegt die Zuständigkeit für den Rhein bei den jeweiligen Standortgemeinden (gemäss Art. 3 des kantonalen Wasserbaugesetzes).

Daraus abgeleitet setzt sich die Bauherrschaft des Aufweitungsprojekts zusammen aus:

- Seite St. Gallen: Kanton St. Gallen, vertreten durch das Rheinunternehmen Widnau.
- Seite Graubünden: unterhaltspflichtige Standortgemeinden Stadt Maienfeld und Gemeinde Landquart.

1.4.2 Projektorganisation

Als Auftraggeber für das vorliegende Bau- und Auflageprojekt fungieren beide Kantone St. Gallen und Graubünden. Sie werden durch das Rheinunternehmen mit Sitz in Widnau vertreten, welches auch die Gesamtprojektleitung stellt.

Der Gesamtprojektleiter wird unterstützt vom Kernteam. Dieses setzt sich einerseits zusammen aus der erweiterten Projektleitung mit den Vertretern der Fachstellen der Kantone St. Gallen (AWE SG) und Graubünden (ANU GR) sowie anderseits aus den zugezogenen externen Experten für Wasserbau und Grundwasser.

Auftragnehmerin ist die ARGE NiPo/Herzog/Tuffli der Ingenieurbüros Niederer + Pozzi Umwelt AG, Uznach, Herzog Ingenieure AG, Davos, und Tuffli & Partner AG, Mels. Sie wird durch die Subakkordantenbüros BTG Büro für technische Geologie AG, Sargans, verstärkt. Als externe Fachspezialisten mit separatem Auftrag fungieren die Büros Hunziker, Zarn + Partner AG, Domat-Ems (Vorprojektverfasser, Hydraulik und Geschiebe) sowie TK CONSULT AG, Zürich (Grundwassermodellierung).

1.5 Partizipativer Prozess

1.5.1 Begleitgruppe und Beirat Besucherlenkung

Die Vorprüfung der Projektvarianten bis Ende 2018 und die Erarbeitung des Entwurfs des Bau- und Auflageprojekts bis Herbst 2020 wurde durch eine breit abgestützte Begleitgruppe begleitet.

Für die Überarbeitung des Bau- und Auflageprojekts in den Jahren 2021 und 2022 wurde ein Beirat Besucherlenkung konstituiert, der die Lösungsansätze für eine naturschutzverträgliche Erholungsnutzung diskutierte.

In den beiden Gremien konnten sich Vertreterinnen und Vertretern der folgenden Körperschaften einbringen:

- Bundesamt für Umwelt:
  - Sektion Hochwasserschutz
  - Sektion Revitalisierung und Fischerei
  - Sektion Gewässerschutz
  - Sektion Sanierung Wasserkraft
- Dienststellen des Kantons Graubünden:
  - Amt für Natur und Umwelt

- Tiefbauamt
- Amt für Wald und Naturgefahren
- Amt für Jagd und Fischerei
- Amt für Energie und Verkehr
- Amt für Landwirtschaft und Geoinformation

- Dienststellen des Kantons St. Gallen:
  - Amt für Wasser und Energie
  - Rheinunternehmen
  - Amt für Natur, Jagd und Fischerei
  - Amt für Umwelt
  - Kantonsforstamt
  - Landwirtschaftsamt
  - Tiefbauamt
  - Amt für Raumentwicklung und Geoinformationen
- Politische Gemeinden:
  - Stadt Maienfeld
  - Gemeinde Bad Ragaz
  - Gemeinde Landquart
- Interessensvertreterinnen und –vertreter, Betroffene:
  - Ortsgemeinde Bad Ragaz
  - Bürgergemeinde Maienfeld
  - WWF-Sektionen Graubünden und St. Gallen
  - Pro Natura Sektionen Graubünden und St. Gallen
  - ProR Bad Ragaz
  - Vogelschutz Landquart
  - BirdLife Sarganserland
  - Stiftung Rheinau-Giessen

1.5.2 Vorprüfung

Das Entwurfsdossier Stand 30.09.2020 wurde vom Oktober 2020 bis März 2021 bei den drei Gemeinden und den kantonalen Fachstellen sowie dem BAFU (bis März 2022) in Vorprüfung gegeben. Das Faktenblatt Dossierbeilage 5.1 sowie die Liste Dossierbeilage 5.3 fassen die eingegangenen Stellungnahmen zusammen, und die Liste in Dossierbeilage 2.6 hält fest, ob und in welcher Weise das aktuelle Projektdossier Stand 06.02.2023 die Eingaben berücksichtigen konnte.

1.5.3 Mitwirkungsverfahren

Die Mitwirkung zum Projektentwurf September 2020 fand zwischen dem 18. Januar bis 19. Februar 2021 bei der lokalen Bevölkerung statt. Sie wurde in der Lokalzeitung und Amtsblatt publiziert. Auf der Website www.rheinaufweitung.ch standen der Bevölkerung die Projektunterlagen zur Verfügung.

Während der Mitwirkung konnte die Bevölkerung ihre Meinung zum Projekt abgeben. Es gingen insgesamt 18 Stellungnahmen ein, welche in der Dossierbeilage 5.2 zusammengefasst sind.

1.5.4 Vernehmlassung

XXXVernehmlassung beginnt erst. Später zu ergänzenXXX

1.6 Umweltverträglichkeitsprüfung

Aus Art. 1 der Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV) ergibt sich die UVP-Pflicht des Vorhabens aus dessen Grösse und den daraus zu erwartenden Kosten. Das Vorhaben entspricht dem Anlagentyp 30.2 gemäss UVPV: Wasserbauliche Massnahmen wie: Verbauungen, Eindämmungen, Korrektionen, Geschiebe- und Hochwasserrückhalteanlagen im Kostenvoranschlag von mehr als 10 Millionen Franken. Daraus resultiert für das vorliegende Aufweitungsprojekt eine UVP-Pflicht.

Der Umweltverträglichkeitsbericht UVB (Dossierbeilage Nr. 3.1) einerseits und das Bau- und Auflageprojekt andererseits wurden innerhalb der ARGE in enger Zusammenarbeit zwischen den technischen Spezialisten und den Umweltspezialisten erarbeitet. Damit wurde gewährleistet, dass das Bauvorhaben gemäss Gewässerschutzgesetz sowohl den wasserbautechnischen Anforderungen des Hochwasserschutzes wie auch den ökologischen Anforderungen der Fluss- und Auenrevitalisierung genügt.

1.7 Vorplanungen

Die Aufweitung Maienfeld / Bad Ragaz ist Bestandteil des Entwicklungskonzepts Alpenrhein vom Dezember 2005 ([1]) und liegt in dessen Abschnitt 7, Bündner Herrschaft km 23.3-33.9. Im Unterschied zur Massnahme Nr. 18 des übergeordneten Entwicklungskonzepts weist die Aufweitung eine reduzierte Ausdehnung auf, da sie aufgrund verschiedener Randbedingungen, insbesondere der Höchstspannungsleitungen Swissgrid, nicht im ursprünglich vorgesehenen Umfang realisierbar ist.

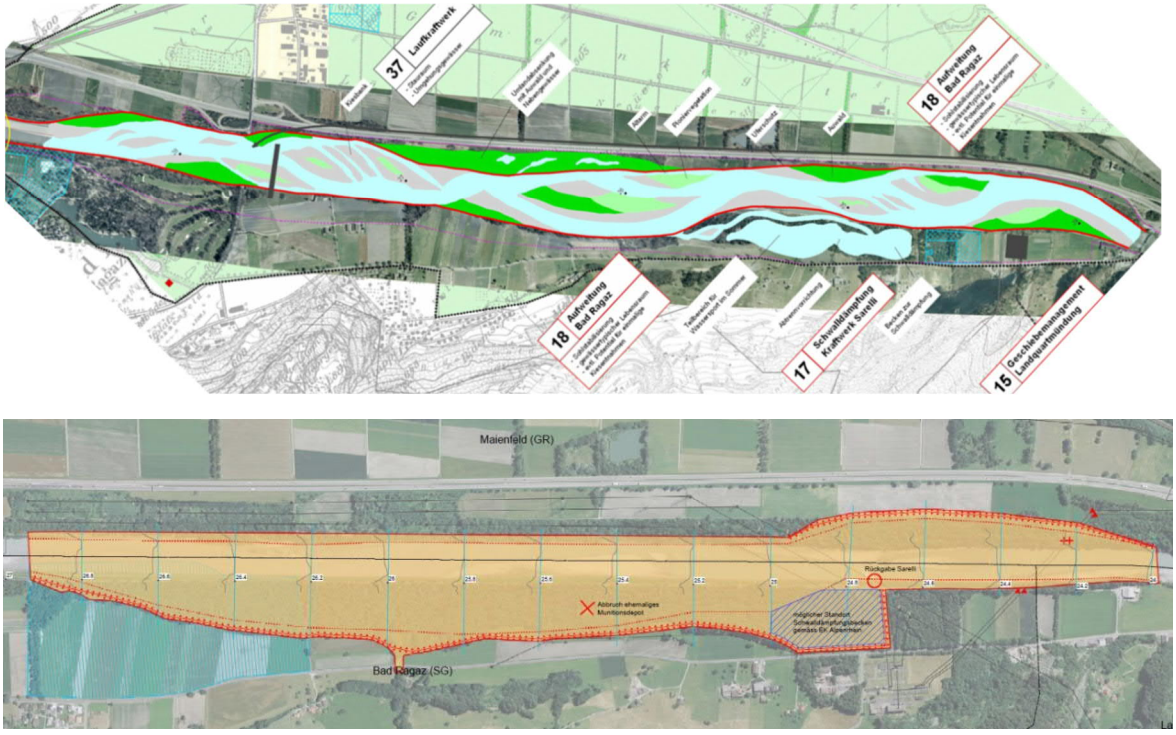


Abbildung 2: Oben: Massnahme Nr. 18 des Entwicklungskonzepts Alpenrhein von 2005. Unten: Perimeter des Vorprojekts vom September 2013.

Der Umfang der Aufweitung und ihre erste Konzeption wurden im Vorprojekt von September 2013 ([2]) definiert. Aufgabe war insbesondere die Abklärung, ob der Rhein mit der zur Verfügung stehenden Perimeterbreite den erwünschten morphologischen Sprung von den heutigen alternierenden Bänken zu einem verzweigten Gerinne schaffen wird, was sowohl mit dem Vorprojekt wie auch mit dem vorliegenden Bau- und Auflageprojekt (vgl. Kap. 5.2.4) gelingen wird. Das vorliegende Bau- und Auflageprojekt baut auf dem Perimeter und

dem Massnahmenkonzept des Vorprojekts auf, welches im Rahmen eines Variantenstudiums noch weiter optimiert und konkretisiert wurde.

Die hydrodynamischen und geschiebetechnischen Modellberechnungen des Vorprojekts bilden die Grundlage für die Definition der Projekt- und Endsohlenlagen sowie für die verfeinerten hydraulischen und geschiebetechnischen Nachweise, welche im Rahmen das Bau- und Auflageprojets zu erbringen waren (Dossierbeilage 4.1).

Eine ebenfalls wichtige Vorplanung bildet die vertiefte Abklärung Grundwasser vom April 2017 [5], welche mit hydrogeologischen Modellberechnungen die grundsätzliche Machbarkeit des Vorprojekts in Bezug auf die Grundwasserrisiken aufzeigen konnte. Diese Abklärung bildete die Grundlage insbesondere für die vertieften Modellberechnungen für die vorliegende Projektierungsstufe, für die Erstellung des Grundwasser-Relevanzplans, für die Planung und Vorbereitung des Überwachungskonzepts Grundwasser während der Ausführungsphase sowie für die Planung von Begleitmassnahmen zum Grundwasser (Dossierbeilagen Nrn. 4.2, 4.3 und 2.5).

Die Voruntersuchung mit Pflichtenheft UVP vom Januar 2018 bildete die Grundlage für die Erarbeitung des UVB (Dossierbeilage Nr. 3.1). Sie gab ebenfalls auch die Themen bzw. Aspekte vor, nach denen die Varianten und Bestvarianten der Aufweitung zu entwickeln und zu beurteilen waren (Dossierbeilage Nr. 2.4).

Im Weiteren wird auf das Grundlagenverzeichnis im Anhang 1 verwiesen, welches die wichtigsten Grundlagen für die Erarbeitung des Bau- und Auflageprojektes auflistet. Es hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

2. BESCHRIEB DES AUSGANGSZUSTANDS

2.1 Historisches

2.1.1 Früherer Flusslauf und Rheinkorrektion

Aufgrund der geomorphologischen Zeugen in der Talebene kann angenommen werden, dass der Rhein in prähistorischer Zeit in der Ebene von Sarelli und Maienfeld frei zwischen den Talflanken pendelte. Seine Dynamik wurde lediglich durch die topografischen Fixpunkte begrenzt, insbesondere Berghang des Pizalun, Schwemmkegel von Landquart (--> Engnis bei Mastrils) und von Tamina sowie rechtsseitige Wildbachkegel von Feldrüfi, Teilerrüfi Selfirüfi und Üllrüfi.

Die folgende Abbildung zeigt den noch unbegradigten Rheinlauf um 1860 gemäss erster Dufourkarte. Zu diesem Zeitpunkt war der Rhein noch nicht systematisch korrigiert, aber es ist anzunehmen, dass er auch damals schon durch frühere partielle Hochwasserschutzmassnahmen beeinflusst war und nicht mehr völlig frei floss.

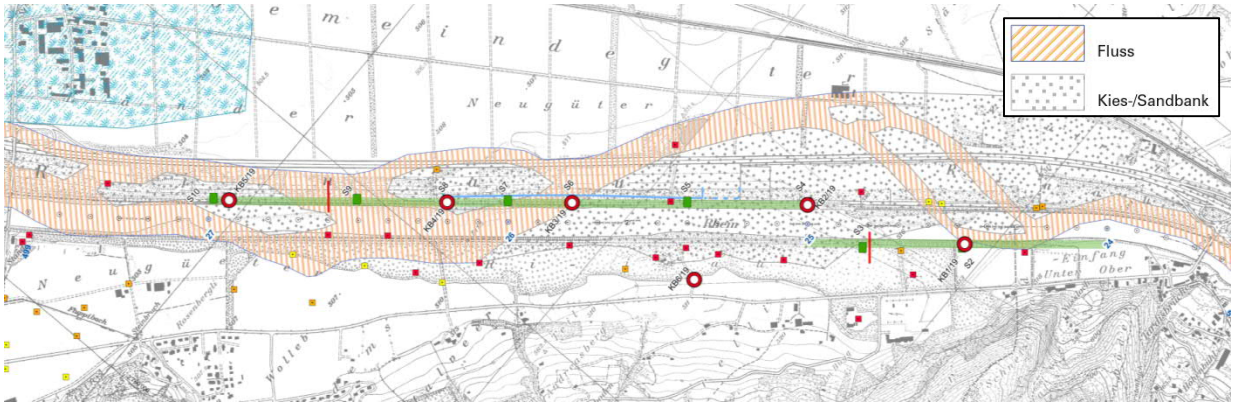


Abbildung 3: Situation mit altem Rheinlauf vor der Korrektion, Dufourkarte von 1859-62. Quelle: Dr. von Moos, Dossierbeilage 4.4, Anhang 11.1.

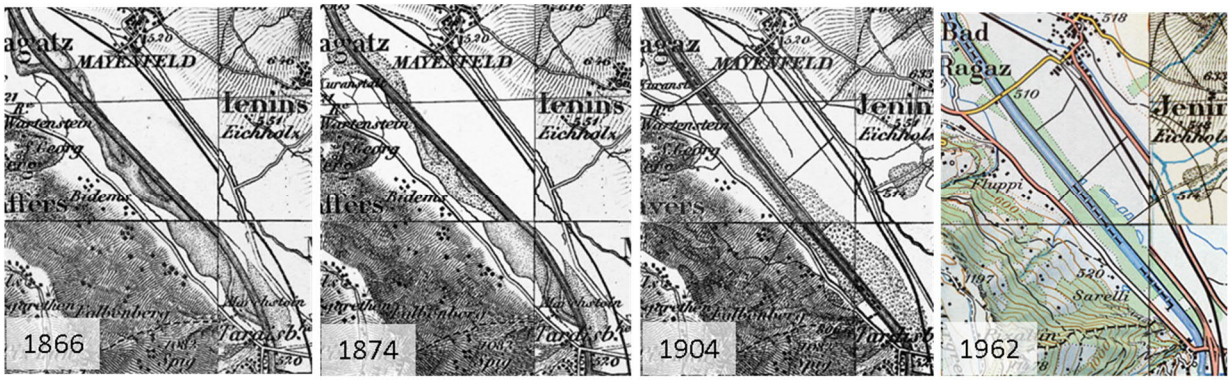


Abbildung 4: Serie von Landeskarten von 1866 bis 1962. Bei den frühen Kartenwerken ist die Lage des Rheins ungenau (kartografische Fehler zwischen den einzelnen Kartenblättern).

Die darauffolgende, mit Bundessubventionen durchgeführte Korrektion der 1860er- und 1870er-Jahre gab dem Fluss seine heutige Linienführung und wird durch den folgenden Auszug aus dem Vorprojekt 2013 treffend beschrieben [2]:

Wie damals üblich, wurde der Alpenrhein wie andere verzweigte Gebirgsflüsse zuerst mit buhnenartigen Bauwerken eingeengt und dann das Längswuhr mit den Dammbauten erstellt. Anschliessend wurde in die vom Fluss nicht mehr beanspruchten Flächen schwebstoffhaltiges Wasser ausgeleitet, welches dort sedimentierte. Zuerst wurde dafür Rheinwasser benutzt, anschliessend wegen der zunehmenden Höhendifferenz infolge Anlandung in den Kolmationsfeldern und Eintiefung des Alpenrheins auch Wasser aus der Landquart. Die heutige Geomet-

rie und damit auch das Erscheinungsbild entsprechen abgesehen von der Eintiefung dem rund 150 Jahre alten Korrektionsprojekt.

Die Anlandung von Feinsediment in den so genannten Kolmationsfeldern manifestiert sich heute in den Feinsedimentschichten im Baugrund der Maienfelder Teilaufweitung rechtsseitig des Rheins (vgl. Kap 2.6.2 und Dossierbeilage Nr. 4.4).

Die heutigen Rheindämme wurden nach der Begradigung des Flusslaufs gegen Ende des 19. Jahrhunderts angelegt.

2.1.2 Sohleneintiefung und Bestrebungen zu deren Dämpfung

Die folgende Abbildung zeigt die massive Sohleneintiefung des Rheins von bis zu 6 m seit dem Zustand vor der Korrektion (schwarze Linie), wovon bis zu 4 m auf die Zeit nach Abschluss der Korrektion (grüne Linie) fallen.

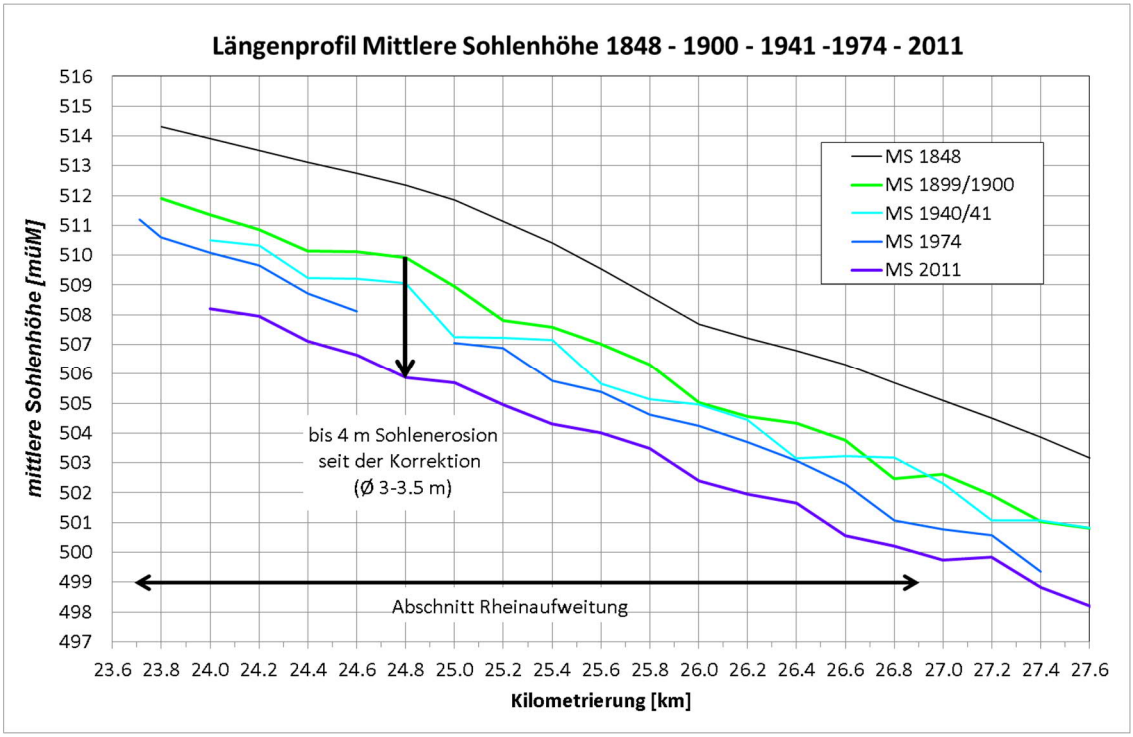


Abbildung 5: Längenprofil des Projektabschnitts mit dem zeitlichen Verlauf der über den Querschnitt gemittelten Sohlenhöhe; von 1848 bis 2011.

Eine erste Eintiefung von rund 2-3 m erfolgte im Zuge der Korrektionsarbeiten, teilweise wohl durch aktive Aushubarbeiten, aber wahrscheinlich vor allem auch durch die Einengung und die damit einhergehende Zunahme der Geschiebetransportkapazität.

Eine zweite massive Eintiefung von 3-3.5 m erfolgte seit den 1950er-Jahren und ist in vermindertem Ausmass immer noch im Gang. Sie war vor allem eine Folge der massiven Entnahmen von Geschiebe bis in die 1980er-Jahre, welches für die Bauwirtschaft eine willkommene Ressource war.

Stille topografische Zeugen in der Geländeoberfläche des linksufrigen Sarelliwalds lassen darauf schliessen, dass die Waldflächen vor der Korrektion der Dynamik des Flusses und den entsprechenden Wasserspiegel- und Grundwasserspiegelschwankungen sowie Sedimentumlagerungen voll ausgesetzt waren. Die seither stattgefundene Sohleneintiefung zeigt eindrücklich, in welchem Ausmass der aktuelle Wald heute von der Flussdynamik entkoppelt ist.

Die kontinuierliche Sohleneintiefung bereitet Probleme in Bezug auf die Uferstabilität (vgl. Kap. 2.2.8 und Dossierbeilage Nr. 4.10) sowie für den Grundwasserhaushalt. Die deutliche Reduktion der Kiesentnahmen bei Tardis ab den 1990er-Jahren konnte die Sohleneintiefung zwar bremsen, aber nicht vollständig stoppen. Die Rheinaufweitung Maienfeld/Bad Ragaz bietet zusammen mit weiteren im Entwicklungskonzept Alpenrhein ([1]) vorgeschlagenen

Flussaufweitungen Gelegenheit, die Sohle zu stabilisieren bzw. abschnittsweise wieder zu erhöhen.

2.1.3 Bau des Kraftwerks Sarelli

Die Kraftwerkzentrale Sarelli als zweite Stufe der Kraftwerke Sarganserland AG wurde 1977 in Betrieb genommen. Die Konzessionslegung von 1960 und insbesondere die Einleitbedingungen und die Einstauhäufigkeit am Rückgabekanal bei km 24.73 gingen von den damaligen Zuständen am Alpenrhein aus.

2.2 Der heutige Rhein zwischen Tardis und Bad Ragaz

2.2.1 Einzugsgebiet

Im Folgenden wird aus dem Vorprojekt von 2013 zitiert [2]: *Der Alpenrhein entwässert beim Projektperimeter grosse Teile des Kantons Graubünden und Randbereiche des Kantons St. Gallen sowie einen sehr kleinen Bereich von Italien. Das Einzugsgebiet hat bei der aufgehobenen Messstation Bad Ragaz eine Fläche von 4455 km^2 und eine mittlere Höhe von 1930 müM. Der höchste Berg im Einzugsgebiet ist der am nordöstlichen Rand gelegene Tödi (3614 müM.), der tiefste Punkt liegt naturgemäss im Projektperimeter auf der Kote 500 müM. Weniger als 2% des Einzugsgebietes sind vergletschert.*

Bei Reichenau vereinigen sich die ungefähr gleich grossen Flüsse Vorder- und Hinterrhein zum Alpenrhein. Die wichtigsten Zuflüsse des Alpenrheins bis zum Projektperimeter bei Bad Ragaz sind die Plessur und die Landquart. Daneben münden noch verschiedene Wildbäche in den Alpenrhein wie die Maschänser Rüfi.

Die Tektonik und die Geologie im Einzugsgebiet des Alpenrheins sind sehr variabel. Im äussersten Westen grenzt es an das Aare- und Gotthardmassiv sowie an das Tavetscher Zwischenmassiv. Nördlich und westlich des Alpenrheins dominieren die Helvetischen Decken. Südlich und östlich des Alpenrheins liegen die Penninischen Decken, an welche die Ostalpinen Decken anschliessen. Jede dieser tektonischen Einheiten besitzt typische Gesteinsarten mit unterschiedlichen Eigenschaften bezüglich Festigkeit, Verwitterungs- und Erosionsresistenz:

- *Zentralmassive: Granite, Granodiorite, verschiedene Gneise (hart).*
- *Helvetische Decken: Sandsteine, Kalke, verschieferte mergelige-tonige Gesteine (weich).*
- *Penninsche Decken: Granitgneise; Bündnerschiefer zusammengesetzt aus Tonschiefer, Kalkschiefer, Quarzite, Sandsteine und Kalke; sowie Grünschiefer, Gabbros, Diabase (weich).*
- *Ostalpine Decken: Granite, Diorite und verschiedene Gneise; triasisch-dolomitische Ablagerungen (mittlere Härte).*

2.2.2 Hydrologie

Grosse Hochwasser im Alpenrhein können vor allem durch Südstaulagen entstehen, bei denen die Starkniederschläge über den Alpenhauptkamm übergreifen und vor allem die südlichen Teileinzugsgebiete überregnen. Hochwasser können aber auch durch Nordstaulagen entstehen, bei denen die Plessur und die Landquart stärker beitragen. Für die Entstehung extremer Hochwasserwellen könnte auch ein ungünstiger Niederschlagsverlauf verantwortlich sein, bei dem eine Südstaulage durch einen nordzentrierten Niederschlag abgelöst wird [9].

Die Schneeschmelze hat einen grossen Einfluss auf das jahreszeitliche Abflussgeschehen und auf die kleineren und mittleren Hochwasser, welche für die Gewässermorphologie wichtig sind. Gemäss hydrologischem Atlas der Schweiz ist der Rheinabschnitt nach der Landquartmündung dem nivalen Abflusstyp zuzuordnen. Der Einfluss der Vergletscherung ist klein und nimmt im Zuge der Klimaerwärmung laufend ab.

Gemäss Abbildung 6 tritt das grösste Monatsmittel im Frühsommer während der Schneeschmelze auf, während der Abfluss im Hochsommer und Spätsommer bereits wieder deutlich zurückgeht. Die winterliche Niederwasserperiode dauert von Oktober bis März.

Für die Mittelwasser- und Niederwasserabflüsse sowie für die häufigen Hochwasserspitzen kann mit genügender Genauigkeit die langjährige Messreihe der 1991 aufgehobenen Pegelstation von Bad Ragaz (km 30) ausgewertet werden, wobei zu beachten ist, dass die Abflüsse seit 1978 durch die Wasserkraftnutzung der Kraftwerke Sarganserland AG beeinflusst sind.

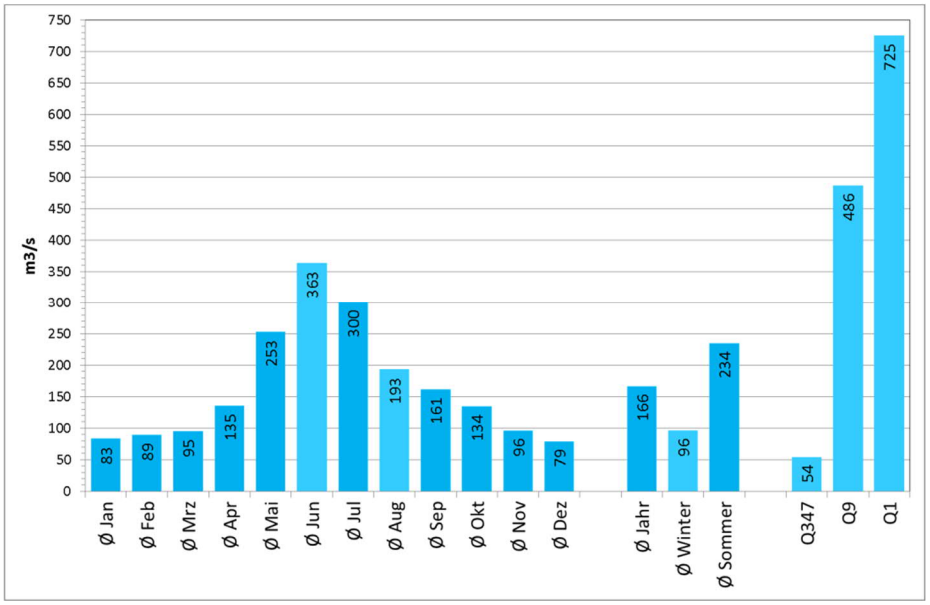


Abbildung 6: Nieder- und Mittelwasserabflüsse ehem. Pegelstation Bad Ragaz, Messperiode 1978 - 1990

Für die grossen Hochwasserspitzen, welche für die Dimensionierung des vorliegenden Projekts verwendet wurden, waren die Abflussspitzen der IRKA für den ehemaligen Pegel Bad Ragaz massgebend. Der durch Stauseen gedämpfte Zufluss der Tamina ist sicherheitshalber nicht abgezogen. Für äusserst seltene Extremereignisse grösser als das Dimensionierungshochwasser werden die zweistufigen Werte aus [9] übernommen: EHQ_A mit Jährlichkeit rund 500-1'000 sowie EHQ_B mit Jährlichkeit ≥1'000.

Die folgenden Nieder-, Mittel- und Hochwasserabflüsse wurden im Rahmen des vorliegenden Projekts für verschiedene Fragestellungen ausgewertet ([2], [11], [9]):

- Q_{347} = 45 m^3/s
- MQ Winter[2] = 96 m^3/s
- MQ August (Spätsommer) = 193 m^3/s
- MQ Juni (Frühsommer) = 363 m^3/s
- Q_9 = 466 m^3/s
- Q_1 = 725 m^3/s
- HQ_2 = 1'180 m^3/s
- HQ_{10} = 1'690 m^3/s
- HQ_{30} = 1'950 m^3/s
- HQ_{100} = 2'550 m^3/s
- HQ_{300} = 3'350 m^3/s
- EHQ_A = 4'400 m^3/s
- EHQ_B = 5'250 m^3/s

[2] Mittel der Monatsmittel Okt-Mrz.

2.2.3 Schwall/Sunk (Ausgangszustand)

Die Wasserführung im Projektperimeter ist vor allem in den Wintermonaten von ausgeprägten tageszeitlichen Schwankungen geprägt, hervorgerufen durch die Kraftwerke am Vorder- und vor allem am Hinterrhein sowie im verminderten Mass durch das Kraftwerk Sarelli. Der Schwall/Sunk wurde in einer Studie der IRKA [12] sowohl für den Istzustand sowie für diverse Anforderungsprofile für eine künftige Sanierung untersucht. Für den heutigen Zustand (Abschnitt ab Landquart inkl. Sarelli, Referenzmorphologie Buchs) kann während der Wintermonate der folgende Schwankungsbereich angenommen werden:

- Anforderungsprofil AP0 (Istzustand): Faktor 2.9/1, Schwall= 190 m^3/s, Sunk= 65 m^3/s

2.2.4 Geschiebe, Schwebstoffe und Schwemmholz

Der Alpenrhein unterhalb der Landquart führt bedeutende Mengen an Geschiebe und Feinsediment mit sich und kann bei grossen Hochwasserereignissen viel Schwemmholz mitführen.

Namhafte Geschiebemengen werden nur bei Hochwasser transportiert. Neben dem Vorder- und Hinterrhein sind die Plessur, die Maschänser Rüfi sowie vor allem die Landquart bedeutende Geschiebezubringer. Daneben wird in den Kieswerken Bonaduz, Chur und Tardis Geschiebe entnommen. Gemäss dem Detailbericht Hydraulik und Geschiebe (Dossierbeilage 4.1) und dem ergänzenden Fachgutachten Geschiebehaushalt (Dossierbeilage 4.12) beträgt die durchschnittliche jährliche Geschiebefracht im Projektperimeter rund 70'000 m^3/Jahr. Während der im Alpenrhein möglichen heftigen Hochwasserspitzen können auch grosse Körner bewegt werden, was wiederum der Grund für das im Rheinschotter abgelagerte Grösstkorn von bis zu 350 mm ist.

Zur Mobilisierung des sandigen oder siltigen Feinsediments ist nicht zwingend ein Hochwasserereignis notwendig. Es wird während der erhöhten sommerlichen Abflüsse kontinuierlich in Suspension abgeführt und ist dann für die charakteristische graue Trübung des Wassers verantwortlich. Die durchschnittlich während eines Jahres in Richtung Bodensee abgeführte Feinsedimentfracht wird in [2] für den Projektperimeter auf 3 Mio. Tonnen geschätzt, was einem Ablagerungsvolumen von rund 1.5 Mio. m^3 entspricht. Sie übersteigt somit die Geschiebefracht bei Weitem.

Zum Schwemmholzaufkommen stehen keine quantitativen Abschätzungen zur Verfügung. Für das Projekt kann als Randbedingung angenommen werden, dass Schwemmholz nur bei grösseren Hochwassern wie demjenigen vom 12.06.2019 auftritt, dann aber in grossen Mengen transportiert wird. Es werden auch grosse Stämme und Wurzelstöcke mobilisiert.

2.2.5 Heutiges Flussbett

Innerhalb des Projektperimeters weist der Rhein auf Höhe der mittleren Sohle eine Bettbreite von rund 80-90 m auf. Nach der Blockrampe bei der Tardisbrücke ist das heutige Sohlengefälle relativ ausgeglichen und beträgt 2.8 ‰ (siehe auch Längenprofil in Anhang 5).

Nach der stationären Geschiebebank an der Kurveninnenseite am Perimeteranfang zeigt die heutige Sohlenmorphologie je zwei ausgeprägte alternierende Bänke an der rechten und linken Uferseite; mit einer Wellenlänge von rund 1.5 km. Es wird vermutet, dass sie sich mit den Jahrzehnten leicht flussabwärts bewegen, aber die Verschiebung dürfte aufgrund der stabilisierenden Wirkung der Kurve sehr langsam sein. Die in den Querprofilaufnahmen erfasste maximale Bankhöhe bzw. Kolktiefe beträgt +2.4/-3.7m, gemessen ab der mittleren Sohle.

2.2.6 Theoretische Abflusskapazität

Aufgrund der kontinuierlichen starken Sohleneintiefung (vgl. Kap. 2.1.2) weist der Rhein innerhalb des Projektperimeters eine enorme bordvolle Abflusskapazität von über dem EHQ_B auf [13]. Beim Dimensionierungsabfluss HQ_{300} beträgt das Freibord heute bis zu 3.5 m. Diese enorme Abflusskapazität ist jedoch nur theoretischer Natur und für die heutige Gefährdungssituation nicht massgebend, denn es muss angenommen werden, dass schon bei häufigeren Ereignissen Ufer- und Damminstabilitäten auftreten werden, die die Dämme zerstören können.

2.2.7 Dämme, Dammstabilität

Ab etwa km 24.6 haben die heutigen Dämme eine luftseitige Höhe von 2-4 m und eine Dammkrone von 4-5 m Breite, wobei der rechte Damm tendenziell einen schmaleren und unregelmässigeren Querschnitt aufweist.

Entlang der Dammabschnitte km 24-25 links und km 25-27 rechts, welche die heutige Uferlinie behalten, wurde die geotechnische Stabilität der heutigen Dämme durch das Büro von Moos abgeklärt. Die entsprechende Dokumentation befindet sich im Anhang der Dossierbeilage 4.7. Zusammengefasst kann Folgendes festgestellt werden:

- Links km 24.5-24.8: bei HQ_{300} Gefährdung durch hydraulischen Grundbruch. Bei EHQ_A zusätzlich ungenügende Gesamtstabilität.
- Rechts km 26.35-26.9[3]: bei EHQ_A Gefährdung durch hydraulischen Grundbruch und ungenügende Gesamtstabilität.
- Rechts oberhalb km 25.6: Gefährdung erst bei ca. EHQ_B[4] (hydraulischer Grundbruch und ungenügende Gesamtstabilität).

Bei dem auf Böschungsbruch untersuchten Dammquerschnitt km 26.6 rechts (repräsentativ für den Abschnitt km 26.35-26.9) kann bei EHQ_A der für die Dimensionierung erforderliche Stabilitätsnachweis nach der Norm SIA 267 nicht erbracht werden, insbesondere auch aufgrund der übersteilen luftseitigen Böschung.

2.2.8 Ufer, Uferschutz

Der Zustand der heutigen Ufer wurde mittels Begehungen und Baggersondagen beurteilt und ist in der Dossierbeilage 4.10 umfassend belegt.

Der heutige Uferschutz ist auf insgesamt rund 2'350 m Länge entweder kaum vorhanden oder befindet sich in einem kritischen, zerstörten Zustand und ist sanierungsbedürftig. Auf einer Länge von linksufrig rund 200 m und rechtsufrig rund 1'250 m ist der Sanierungsbedarf dringend, da sich der wasserseitige Böschungsfuss in einem kritischen, labilen Zustand befindet oder schon weitgehend zerstört ist. In zwei weiteren Abschnitten von linksufrig 400 m und rechtsufrig 500 m Länge wurde festgestellt, dass der Böschungsfuss über praktisch keine Ufersicherung bzw. über eine viel zu hoch liegende Ufersicherung verfügt. Momentan werden diese Abschnitte durch vorgelagerte Geschiebebänke geschützt, wären aber bei einer Verschiebung dieser Geschiebebänke akut erosionsgefährdet. Auch in allen übrigen Abschnitten liegt der Fuss des Blockwurfs über der Kolktiefe.

Der Grund für die Destabilisierung, welche sich bei den letzten Hochwassern von 2016 und 2019 wesentlich verstärkt hat, liegt in der kontinuierlichen Sohlenabsenkung und der damit einhergehenden Unterkolkung und Destabilisierung des Blockwurf-Fusses.

2.2.9 Heutige Hochwassergefährdung

Ebenfalls in der Dossierbeilage Nr. 4.10 wird eine gutachtliche Einschätzung der heutigen Gefährdungssituation vorgenommen. Die Hochwassergefährdung in der beidseitigen Ebene entlang des heutigen Rheingerinnes wird nicht durch die theoretische Abflusskapazität, sondern durch die Defizite bei der Ufer- und Dammstabilität bestimmt. Allerdings wirkt sich eine Ufer- bzw. Dammzerstörung erst dann auf das Umland aus, wenn der Hochwasserspiegel deutlich über das Terrain des Umlandes ansteigt, denn bei tieferen Wasserständen sind keine namhaften Wasseraustritte möglich.

Die in Dossierbeilage Nr. 4.10 im Detail erklärten Prozesse und Annahmen bezüglich Hochwassergefährdung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei einem Hochwasserereignis HQ_{30} werden Uferblocksätze und wasserseitige Böschungen über weite Strecken zerstört.

[3] Im Bereich km 26.35-26.9 liegt der Dammfuss in einer Mulde. Die in der Aktennotiz Dr. von Moos für den Bereich km 26.4-26.8 ausgewiesene Gefährdung wird auf den ganzen Bereich der Mulde ausgedehnt.

[4] In diesem Abschnitt ist der rechte Damm niedrig. Bei EHQ_A beträgt die Potentialdifferenz zwischen WSP und Dammfuss nur etwa 80 cm. Im Unterschied zu Dr. von Moos wird die Gefahr eines hydraulischen Grundbruchs als gering eingestuft. Stabilitätsprobleme sind erst bei einem EHQ_B bzw. bordvoll zu erwarten.

- Bei einem Hochwasserereignis HQ_{100} können wasserseitig tiefgründige Böschungsbrüche entstehen und grosse Teile des Dammkörpers ins Wasser abgleiten. Dadurch entstehen Breschen in den Dämmen. Es entstehen jedoch keine signifikanten Wasseraustritte, weil der Hochwasserspiegel mehrheitlich unter der Terrainoberfläche verbleibt.
- Erst ab einem Hochwasserereignis HQ_{300} steigt der Hochwasserspiegel stellenweise deutlich über das Niveau des Umlands. Es kommt zu Wasseraustritten in die Ebene und zu einer weiteren Vergrösserung der Dammbreschen.
- Bei einem Extremereignis EHQ_A oder EHQ_B finden dieselben Prozesse wie bei einem HQ_{300} statt, jedoch mit grösserer austretender Abflussmenge.

Diese Szenarien wurden im Rahmen der Studie [14] mit einem hydraulischen Überflutungsmodell hydrodynamisch berechnet. Die sich daraus ergebenden Überflutungsflächen und Gefahrenstufen sind im Anhang 11.1 bzw. der folgenden Abbildung 7 wiedergegeben. Es handelt sich dabei nicht um eine offizielle Gefahrenkarte, sondern um indikative Angaben mit dem Ziel, die Projektauswirkung auf die Gefährdungssituation aufzuzeigen.

Die Überflutungsberechnungen gehen davon aus, dass sich durch die in Dossierbeilage Nr. 4.10 analysierten Prozesse Dammbreschen entlang der Abschnitte mit zerstörtem Uferschutz ausbilden werden:

- Linksufrig km 25.00-25.40
- Rechtsufrig km 25.45-25.95 sowie km 24.15-24.40

Die Abbildung 7 zeigt nur die Wasseraustritte aus dem Rhein. Überflutungen infolge von Ausuferungen bei der Landquart und beim Mühlbach sind nicht dargestellt.

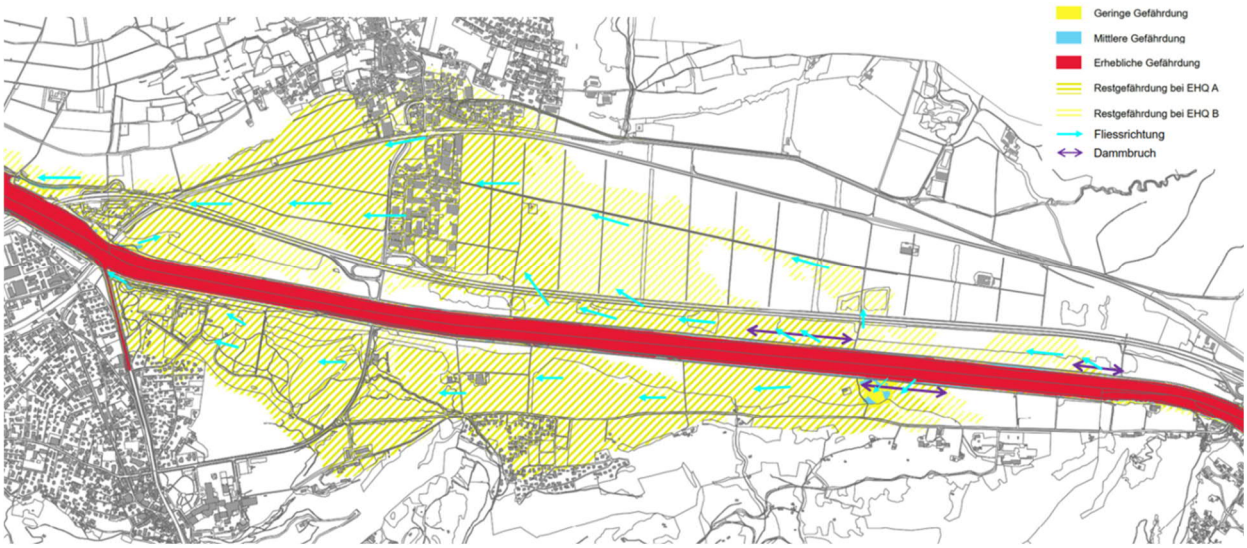


Abbildung 7: Überflutungsausdehnung und Gefahrenstufen im heutigen Zustand (nur Wasseraustritte aus dem Rhein, ohne Wasseraustritte aus Landquart und aus weiteren Seitenbächen).

2.3 Nebengewässer

Linksufrig münden bei km 23.85 der Töbelibach und bei km 25.97 das Teilbächli in den Perimeter. Während der Erstere direkt in den Rhein gelangt, hat das Teilbächli heute keine direkte Verbindung zum Rhein. Sein Einzugsgebiet von knapp 0.4 km^2 entwässert die Nordostflanke des 'Pizalun'. Ab etwa Höhe 900 m ü.M. bildet sich eine kleine, dauernd wasserführende Runse aus, die gegen die Rheinebene hin immer mehr zu einem ausgeprägten Gerinne wird. Nach der Unterquerung der Kantonsstrasse verläuft es einige Meter bis zum Waldrand, speist ein Amphibienbiotop und versickert dann im durchlässigen Untergrund des Sarelliwalds.

Es sind keine Abflussmessungen vorhanden. Die Hochwasserabflüsse wurden mit dem Laufzeitverfahren nach Zeller et al. (1970) und dem Verfahren nach Kölla abgeschätzt. Der Spitzenabfluss im HQ_{100} beträgt ca. 2.5-3.0 m^3/s. Das Gerinne und v.a. auch die Fliesstiefen sind zu klein für den Transport von grösserem Schwemmgut (Stammholz). Dennoch können im Hochwasserereignis Kleinholz, kleinere Wurzelstöcke, aber auch anderes Schwemmgut (Abfall, Schneestecken oder dgl.) mitgerissen werden.

Das Teilbächli bildet ein wichtiges Verbindungsglied zwischen den Amphibien-Einstandsflächen am Berghang westlich der Strasse und den Laichgebieten östlich der Strasse. Der Neubau seines Durchlasses unter der Kantonsstrasse sowie die Gestaltung seines Mündungsbereichs in die Rheinaufweitung sind Bestandteil des vorliegenden Projekts.

Der Bach Bidems, der Malveerbach und ein weiterer Bach ohne Namen münden in Rohrleitungen oder versickern im Untergrund. Sie scheinen keine direkte Verbindung zum Perimeter zu haben.

Abbildung 8: Links: Teilbächli beim Perimeterrand.
Rechts: Kolmatierungskanal etwa auf Höhe km 24.2 rechts

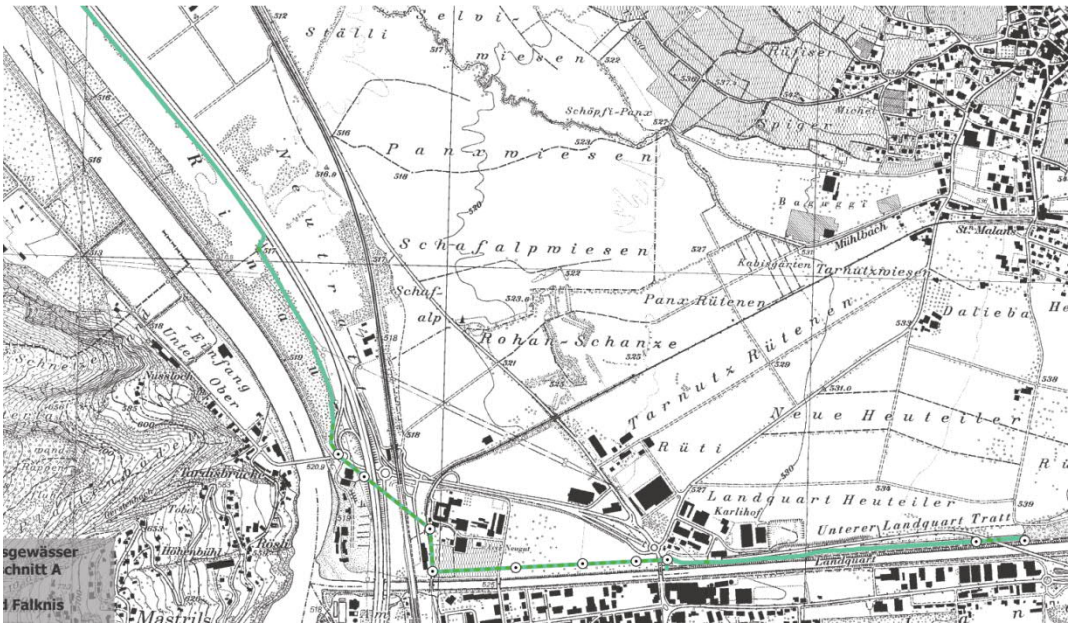


Abbildung 9: Kolmatierungsgewässer des Zweckverbands Falknis

Die auf der rechten Seite im Nahbereich des Perimeters verlaufenden künstlichen Gräben sind in Abbildung 9 eingetragen. Der mit Landquartwasser gespeiste Kolmatierungskanal, welcher vor mehr als 100 Jahren für die Urbarmachung der durch die Rheinkorrektion gewonnenen Fläche angelegt wurde, verläuft nach dem Absetzbecken nördlich des Autobahnanschlusses entlang dem Perimeterrand und dann entlang der Autobahn. Er speist weitere Gräben im Amphibienbiotop zwischen der Autobahn und dem Rheindamm sowie die Weiher auf der Ostseite der Autobahn.

2.4 Bestehende Naturwerte

Die im heutigen Ausgangszustand existierenden Naturwerte sind im Umweltverträglichkeitsbericht und im Detailbericht Variantenstudium (Dossierbeilagen 3.1 und 2.4) umfassend beschrieben. Im Folgenden werden nur einige wichtige Elemente kurz erwähnt.

2.4.1 Schutzinventare, Sarelli-Auenwald

Der Auenwald Sarelli liegt innerhalb des Auengebietes von nationaler Bedeutung Nr. 376, Sarelli/Rosenbergli, und weist hohe Schutz- und Naturwerte auf. Es handelt sich um einen gealterten Hartholz-Auenwald, der seit langem keinen Kontakt mehr zum Fluss besitzt und mit der Abtiefung des Rheins auch den Kontakt zum Grundwasser je länger je mehr verliert. Der ganze Wald kann deshalb als Auenwald im Übergangsstadium bezeichnet werden. Die charakteristischen Auen-Arten sind in diesen Waldtypen nicht mehr häufig, dagegen verfügen sie über eine sehr gute Vitalität.

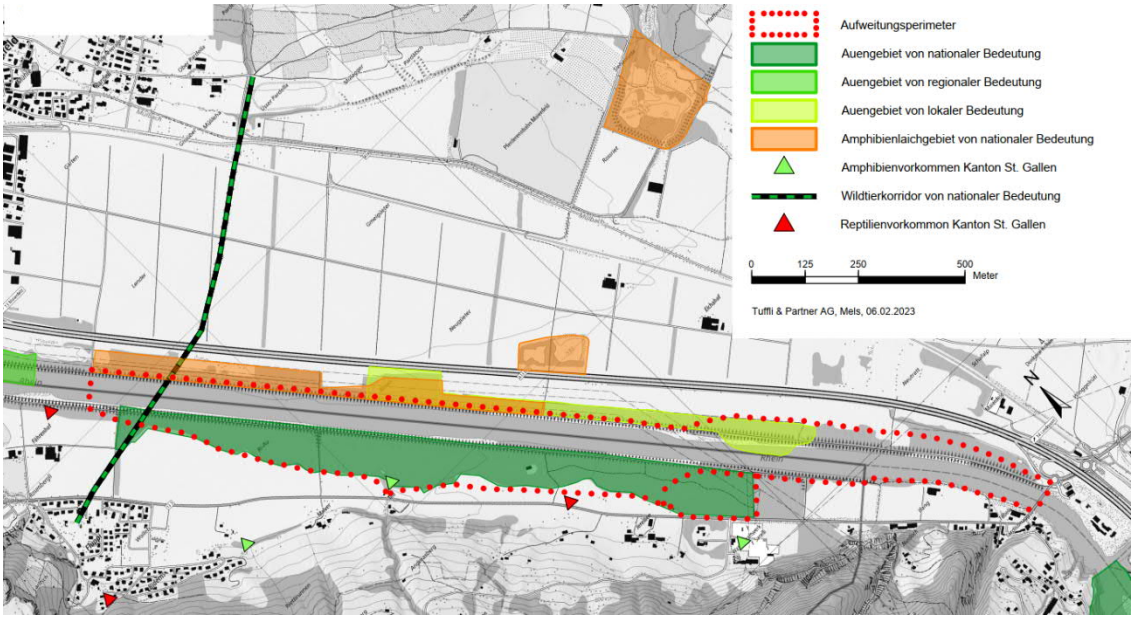


Abbildung 10: Bestehende Inventare im Bereich des Perimeters. Dunkelgrün: Auengebiet von nationaler Bedeutung Nr. 376, Sarelli-Rosenbergli. Orange: Amphibienlaichgebiet Länder (GR412).

Der Sarelliwald liegt heute ca. 6 m über dem Sohlenniveau des Rheins. Wegen des somit fehlenden Bezugs zum Grundwasser und den fehlenden sporadischen Überflutungen, verlieren der Auen-Föhrenwald, aber auch der Ulmen-Eschen-Auenwald (29 / 29C), ihren Auencharakter. Wegen des zunehmenden Aufkommens von Laubbaumarten in der Strauchschicht findet derzeit keine Verjüngung des Föhrenbestandes mehr statt. Dadurch bekommt auch die Strauchschicht weniger Licht ab, was sich auch hier in einer Verarmung der Artenvielfalt auswirkt.

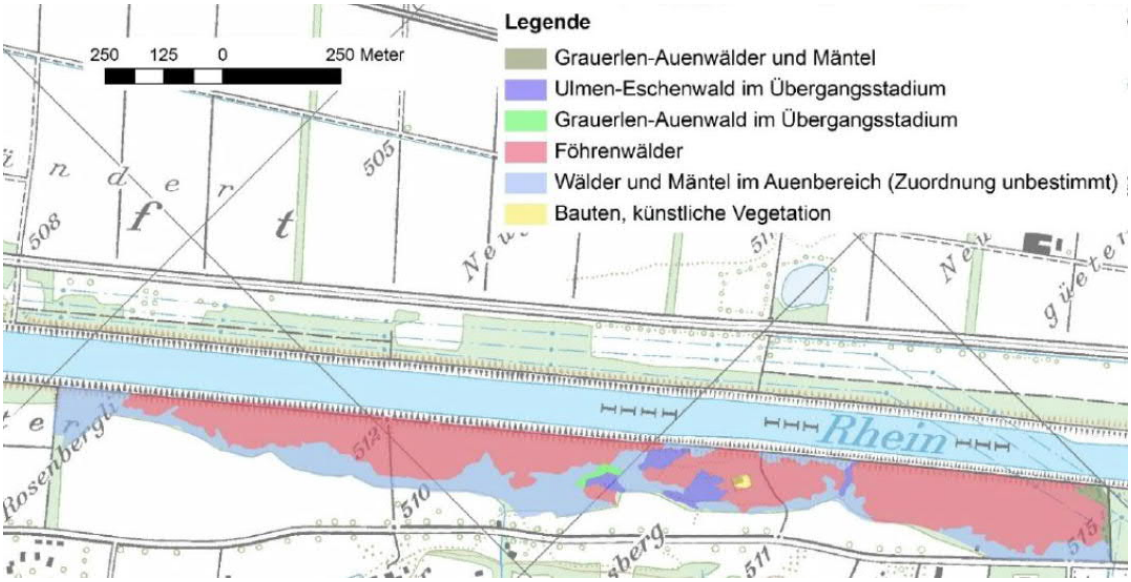


Abbildung 11: Heutiger Auenwald innerhalb des Auengebietes von nationaler Bedeutung Nr. 376, Sarelli/Rosenbergli

2.4.2 Amphibienstandorte

Die Einmündung des Teilbächlis in den Sarelliwald ist der einzige Amphibienstandort innerhalb des Aufweitungsperimeters. Er weist zwei kleinere künstlich abgedichtete Teiche auf, die vom Teilbächli durchflossen werden. Das Teilbächli versickert anschliessend in westlicher Richtung im Sarelliwald im kiesigen Untergrund. Amphibienvorkommen beschränken sich auf eine Population von Grasfröschen, die in den Teichen ablaichen. Die Gewässer liegen ausserhalb des Einflussbereiches des Alpenrheins.

Auf der Maienfelder Seite des Rheins befindet sich im Waldstreifen entlang des Rheindamms das im Bundesinventar aufgeführte Amphibienlaichgebiet Länder (GR412). Begleitmassnahmen zur Aufwertung dieses Laichgebiets sind Bestandteil des vorliegenden Projekts.

2.4.3 Fische / Gewässerfauna

Verschiedene Untersuchungen charakterisieren den Alpenrhein in Bezug auf Fische allgemein als individuen- und artenarm. Begründet wird dieser Zustand unter anderem im Fehlen von Auenlebensräumen und Nebengewässern unterhalb der Mastrilser Auen. Gemäss diversen Untersuchungen weist der Abschnitt RHE3 (Tardisbrücke bis zur Schwelle Ellhorn), in dem der Projektmeter liegt, eine äusserst geringe Biomasse bzw. Fischdichte auf.

Leitarten:	Äsche, Bachforelle, Groppe, Strömer
Begleitarten:	Bachschmerle, Seeforelle
Seltene Begleitarten:	Rotauge

Tabelle 12: Nachgewiesene Fischarten im Projektperimeter und dessen Umgebung

Ob sich die Arten im Projektperimeter tatsächlich vermehren, ist nicht feststellbar. Die potentiellen Reproduktionsräume beschränken sich auf naturnahe Bereiche, beispielsweise in den benachbarten Mastrilser Auen.

2.4.4 Gefährdete Tier- und Pflanzenarten

Im Rahmen der Felderhebungen zum UVB konnten innerhalb des Projektperimeters u. a. folgende gefährdete Tier- und Pflanzenarten registriert werden:

Gruppe	Art	RL-CH
Avifauna	Flussuferläufer	EN
Avifauna	Flussregenpfeifer	EN
Reptilien	Schlingnatter	VU
Insekten, Heuschrecken	Türks Dornschrecke	CR
Pflanzen	Ufer-Reitgras	VU
Pflanzen	Deutsche Tamariske	VU

RL CH = Rote Liste Schweiz (LC = nicht gefährdet, NT = potenziell gefährdet, VU = gefährdet, EN = stark gefährdet, CR = vom Aussterben bedroht)

Tabelle 13: Gefährdete Tier- und Pflanzenarten innerhalb Projektperimeter (Auswahl)

2.4.5 Wildwechsel

Der Wildtierkorridor GR1 / SG5 verlief ursprünglich nordöstlich des Projektperimeters. Er verband theoretisch die Kantone St. Gallen und Graubünden mit Vorarlberg. Er ist durch Bahn und Autobahn unterbrochen. Aktuell exitstiert dieser Korridor auf den Wildkorridor-Karten des BAFU nicht mehr. Stattdessen wird nordöstlich von Bad Ragaz der Korridor SG-26_GR-20 ausgebaut, mit einer Umgestaltung einer Brücke, die über Bahn und Autobahn führt. Die Aufweitung hat keine negativen Auswirkungen auf diesen Korridor.

2.5 Nutzungen im Bereich des Perimeters

2.5.1 Land- und Forstwirtschaft

Der heutige Wald wird beidseits des Rheins forstwirtschaftlich genutzt. Im Bereich unter den Hochspannungsleitungen muss der Wald periodisch niedergehalten werden.

Der Sarelliwald auf der St. Galler Seite ist im Waldentwicklungsplan Tamina mit der Vorrangfunktion Natur und Landschaft belegt. Mit waldbaulichen Eingriffen wird das Ziel verfolgt, eine standorttypische Auenwaldbestockung ohne Gastbaumarten zu etablieren. Weitere Ziele betreffen die Waldrandaufwertung und die Förderung von Feuchtgebieten (z. B. Biotop Teilbächli).

Die an den Perimeter angrenzenden Landwirtschaftsflächen werden teilweise intensiv genutzt. Auf der linken Seite stossen unterhalb des Teilbächlis Ackerflächen an den Perimeter der Bad Ragazer Teilaufweitung, werden aber von diesem nicht tangiert. Oberhalb des Teilbächlis beansprucht der Perimeter einen Teil einer Heuwiese. Im Zonenplan der Gemeinde Bad Ragaz ist diese Wiese der Zone Wald zugeordnet, aber nicht Teil des Bundesinventars für Auengebiete. Sie ist nicht als Fruchtfolgefläche ausgewiesen.

Die rechts des Rheins dem Waldrand entlanglaufenden Ackerflächen und Fettwiesen sind als Fruchtfolgeflächen ausgewiesen. Dank der Perimeteroptimierung Kap. 4.1.2 werden sie nur noch bei km 24.2-24.4 lokal tangiert. Ihre Zugänglichkeit muss auf der ganzen Länge der Maienfelder Teilaufweitung sichergestellt werden, da sie bis zur Unterführung km 25.43 keinen Zugang unter der Autobahn hindurch haben.

2.5.2 Siedlungen

Der Perimeter tangiert keine Siedlungsflächen. Die im weiteren Einflussbereich des Perimeters liegenden Bauzonen sind (vgl. auch Abbildung 1):

- Industriezone Maienfeld
- Wohnzone Maienfeld zwischen SBB und Berghang
- Kiesaufbereitungs- und Lagerzone beim Kieswerk Tardis (Gemeindegebiet Maienfeld)
- Wohnzone Bad Ragaz in Fluppi und Bidems
- Wohn- und Gewerbezone Tardis (Ortsteil Mastrils der Gemeinde Landquart)

2.5.3 Verkehrswege

Im Nahbereich des Perimeters verläuft die Autobahn A13 mit den beiden Autobahnanschlüssen Maienfeld und Landquart. Während derjenige von Landquart zeitweise ein grosses Verkehrsaufkommen zu bewältigen hat, bietet sich der Anschluss Maienfeld als Transportroute für die Baustellenerschliessung und den Materialabtransport an.

Östlich der Autobahn verläuft die Schnellzugslinie Sargans – Chur, mit dem Bahnhof Landquart als potentiell möglichen Verkehrsknotenpunkt für Materialtransporte. Die Bahnhöfe Maienfeld und Bad Ragaz sind nicht bzw. nur bedingt für den Güterumschlag geeignet.

Die Kantonsstrasse Bad Ragaz – Tardis – Landquart (Nr. 1 SG / Nr. H3 GR; in der Folge Sarellistrasse genannt) ist für die Verkehrsanbindung des Perimeters im Betriebszustand wichtig. Ebenso die Rheinbrücke beim Fluss-km 23.636, im Folgenden Tardisbrücke genannt. Die Kantonsstrasse Bad Ragaz – Maienfeld (Nr. 77 SG / Nr. 414.01 GR; in der Folge Maienfelderstrasse genannt) ist mitsamt ihrer Brücke über den Rhein bei Fluss-km 27.676 Hauptachse für die Baustellenerschliessung und den Materialabtransport während der Bauphasen.

Als Langsamverkehrswege für den Unterhalt, für die Erholungsnutzung sowie für die Land- und Forstwirtschaft fungieren die Wege auf beiden Dammkronen. Sie werden durch mehrere Zufahrten erschlossen:

Linksufrig bei der Brücke km 27.676, via Stichstrassen auf Höhe km 26.93, 26.23, 25.43, 24.70 und 24.50. Ausserdem bestehen Zugänge beim Teilbächli km 25.97 sowie nur für Fussgänger bei km 24.25, 23.83 sowie via die Treppe an der Bergseite der Tardisbrücke.

Rechtsufrig bei der Brücke km 27.676, via Autobahnunterführungen auf der Höhe vom km 27.05 und 25.46 sowie vom Parkplatz bei der Tardisbrücke her. Die Autobahnunterquerung auf der Höhe von km 24.22 ist lediglich ein Viehdurchlass.

Im unteren Teil des Perimeters verläuft linksufrig bis km 26.3 ein uferparalleler Bermenweg auf halber Höhe zwischen Sohle und Damm.

Ein unbefestigter Reitweg im rechtsufrigen Wald sowie weitere rechtsufrige Flurwege zur Erschliessung der Ackerflächen zwischen Wald und Autobahn wurden im Feld erfasst und sind in den Situationen Dossierbeilage Nrn. 7.1 und 7.2 wiedergegeben.

2.5.4 Erholung und Freizeit

Die Dammwege und der linksufrige Bermenweg werden bereits heute durch Spaziergängerinnen, Wanderer und Velofahrerinnen rege genutzt. Ein grosser Anteil der Besuchenden dürften wohl Ferien- und Kurgäste von Bad Ragaz und Maienfeld sein.

Flussabwärts an den Perimeter anschliessend befindet sich linksufrig die Anlage des Golf Clubs Bad Ragaz sowie weiter flussabwärts der Giessenpark mit Campingplatz und Badeanstalt. Unmittelbar bei der Brücke km 27.676 befindet sich ein Kleinkaliber-Schiessstand.

Der rechtsufrige Dammweg sowie ein unbefestigter Pfad im angrenzenden Wald werden durch den Reitverein Maienfeld rege genutzt.

Auf der linken Flussseite werden die Parkiermöglichkeiten beim Golfplatz bzw. Schiessstand (Kantonsstrassenbrücke Bad Ragaz-Maienfeld), bei der Kraftwerkzentrale Sarelli sowie an der Kantonsstrasse Bad Ragaz – Tardis bei der Kantonsgrenze (Werkhof Velö-Bau) genutzt.

Rechtsufrig bietet der offizielle Parkplatz bei der Tardisbrücke Platz für etwa 25 Personenwagen.

An schönen Tagen wird im Nahbereich des Rheins wild parkiert.

2.5.5 Kraftwerkzentrale Sarelli

Die 1978 in Betrieb genommene Kraftwerkzentrale Sarelli ist die untere von zwei Kraftwerkstufen der Kraftwerke Sarganserland AG (KSL). Das Wasser wird vom Ausgleichsbecken Mapragg über eine Fallhöhe von 355 m auf zwei Francisturbinen geleitet und nach der Schwallkammer über den rund 310 m langen geschlossenen Unterwasserkanal bei km 24.73 in den Rhein ausgeleitet.

Die Zentrale Sarelli ist nicht für Pumpspeicherbetrieb ausgerüstet. Die Turbinierung erfolgt je nach Strombedarf. Die maximal turbinierbare Abflussmenge beträgt 2x 16= 32 m^3/s.

Infolge der steten Sohleneintiefung hat sich seit der Inbetriebnahme 1978 beim Auslauf des Unterwasserkanals ein Absturz gebildet, der mit einer massiven Blockvorlage gesichert ist.

2.5.6 Liegenschaften, Einzelgebäude und Einzelobjekte

In der Übersicht Anhang 2 ist die Lage weiterer Einzelobjekte innerhalb oder im Nahbereich des Perimeters eingezeichnet.

Linksufrig stossen die landwirtschaftlichen Liegenschaften Neugüeter (Familie Wachter) und Jerellien (Bad Ragaz) sowie Ifang (Landquart) an den Projektperimeter an. Die rechtsufrig nächstgelegenen Landwirtschaftsbetriebe befinden sich jenseits der Autobahn.

Linksufrig auf Höhe km 25.48 befindet sich ein ehemaliges Munitionsdepot der Schweizer Armee inmitten des Perimeters (Parzelle 1310). Es ist im Eigentum der Gemeinde Bad Ragaz und wird als Materiallager genutzt.

Linksufrig ca. auf der Höhe km 24.95 befindet sich auf Parzelle 675 ein Gartenhaus am Waldrand.

Das Amt für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden betreibt bei km 25.470 eine Pegelmessstation.

Die Stadt Maienfeld betreibt rechtsufrig bei ca. km 27.1 einen Kompostierplatz in einer Waldlichtung.

2.5.7 Grundwassernutzungen, Grundwasserschutzzonen

Die Grundwasserschutzzonen im Nahbereich des Perimeters sind in den Situationsplänen Dossierbeilagen Nrn. 7.1, 7.2 und 7.4 eingetragen. Am unteren Ende der Bad Ragazer Teilaufweitung befindet sich die neue, seit April 2020 rechtskräftige Grundwasserschutzzone Neugüeter der Trinkwasserversorgung Bad Ragaz. Während sich die Zone S2 nicht mit dem Perimeter überschneidet, reicht die Zone S3 sowohl in das neue wie auch in das bestehende Flussbett hinein. Gemäss Vorgabe des Amts für Wasser und Energie (Kt SG) sind wasserbauliche Eingriffe mit Abgrabungen in der S3 zwar möglich, aber auf ein notwendiges Minimum zu beschränken. Aus diesem Grund sieht das Projekt dort lediglich den Bau der neuen, für den Hochwasserschutz insbesondere der Schutzzonen S1 und S2 unabdingbaren Ufersicherung vor, und stellt danach die Deckschicht in Form von belebter Walderde wieder her. Auf das im Vorprüfungsentwurf vorgesehene Amphibiengewässer wird verzichtet.

Der Grundwasserbrunnen ist in Neugüeter noch nicht errichtet, und die Grundwassernutzung durch die Gemeinde Bad Ragaz wird voraussichtlich erst nach dem Bau der Rheinaufweitung in Betrieb genommen.

Eine weitere Grundwasserschutzzone befindet sich im linksufrigen Sarelliwald auf Höhe km 24. Sie wird durch die Aufweitung nicht tangiert. Die äusserste Zone S3 grenzt an den luftseitigen Fuss des Rheindamms an. Gemäss Konzession wird der Brunnen für die Trinkwasser- und Brauchwasserversorgung des KW Sarelli sowie zeitweise für die Trinkwasserversorgung der Gemeinde Mastrils GR genutzt.

Im weiteren Einflussbereich der Rheinaufweitung befindet sich das 2017 neu in Betrieb genommene Grundwasserpumpwerk Bürgerlöser. Neben der Trinkwasserversorgung von Maienfeld fördert es Brauchwasser zu Bewässerungszwecken. Auf dieses Pumpwerk wird in Dossierbeilage Nr. 2.5 näher eingegangen. Die Schutzzonen werden durch die Aufweitung nicht tangiert.

Im weiteren Einflussbereich der Aufweitung befinden sich zahlreiche Grundwasserfassungen für Wärmepumpen. Deren Standorte sind im Anhang 9 der Dossierbeilage Nr. 4.2 verzeichnet.

2.5.8 Werkleitungen

Bei km 24.7-25.1 quert ein Trassee der Swissgrid mit drei Höchstspannungs-Freileitungen (220/380 kV) diagonal den Rhein. Sie werden als unveränderliche Randbedingungen nicht von der Rheinaufweitung tangiert. Die an den Perimeter anstossenden und für das Aufweitungsprojekt als Randbedingungen geltenden Stahlgittermasten befinden sich bei km 24.85 links sowie bei km 24.96 und km 25.025 rechts.

Bei km 24.23-24.35 queren zwei 50 kV–Freileitungen auf Beton- und Stahlmasten den Rhein. Werkeigentümer sind EWZ und Repower AG. Für den Bau der Maienfelder Teilaufweitung müssen 2 Masten dieser Freileitungen versetzt werden.

Unmittelbar südwestlich des Perimeters verläuft eine weitere Mittelspannungs-Freileitung. Sie wird von der St.Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke AG (SAK) betrieben und ist vom Projekt nur indirekt betroffen, indem sie randlich des Installationsplatzes und über die Zufahrten zur Baustelle verläuft. Sie muss für die Bauarbeiten geflaggt werden.

Nördlich des Perimeters verläuft eine Transit-Gasleitung der Erdgas Ostschweiz AG. Sie wird vom Projekt nicht tangiert. Für den Installationsplatz bei Tardis (Lose 5 und 6) sowie die Erweiterung des dortigen Parkplatzes muss in der Submissionsphase ggf. eine Bewilligung für das genäherte Bauen eingeholt werden.

Unmittelbar ausserhalb des Perimeters verlaufen mehrere Kommunikationskabel, sowie Abwasserleitungen. Sie sind vom Projekt nicht betroffen.

Alle erhobenen Werkleitungen sind in den Situationsplänen eingetragen.

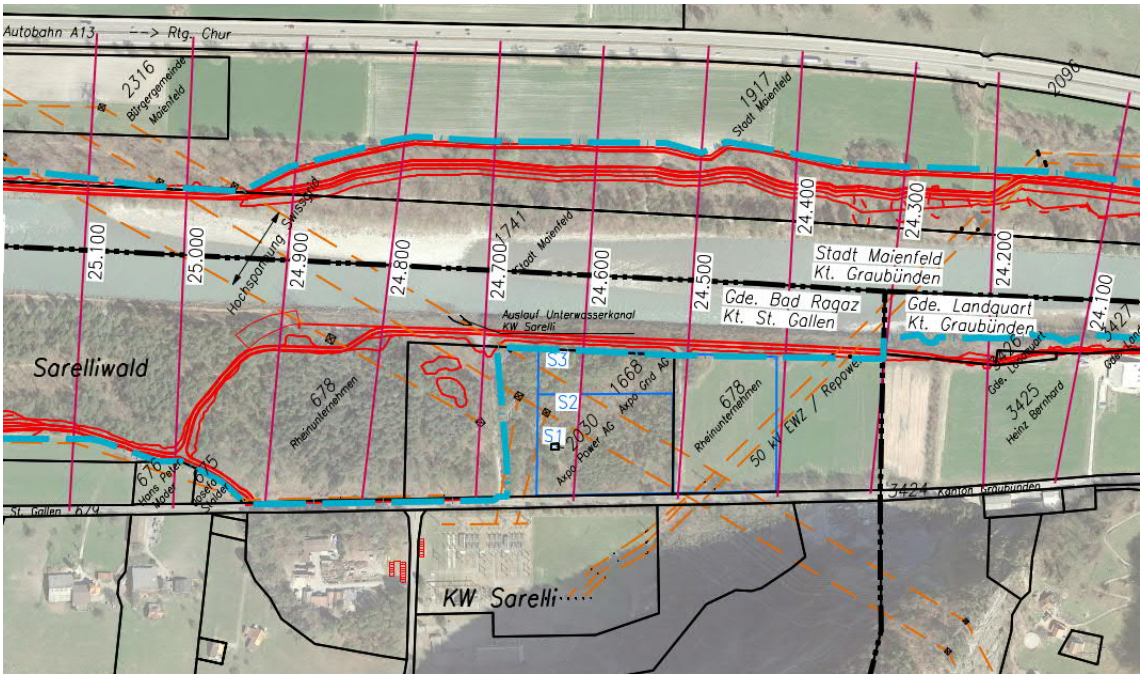


Abbildung 14: Freileitungen (orange Linien): Höchstspannung 220/380 kV (Swissgrid) bei km 24.7-25.1, Mittelspannung 50 kV (EWZ/Repower) bei km 24.23-24.35.

2.6 Geologie und Hydrogeologie

2.6.1 Grundwasserverhältnisse

Der Untergrund der Talebene, der Grundwasserleiter und die Grundwasserverhältnisse in der Talebene zwischen Landquart und Bad Ragaz sind im hydrogeologischen Detailbericht Dossierbeilage 4.2 beschrieben.

Der Grundwasserleiter wird durch die bis über 100 m mächtigen Kiessande der Rheinschotter gebildet. Diese bestehen aus Wechsellagerungen von sauberen Kiesen, die schichtweise teils stark sandig und teils siltig sind. Es treten wiederholt Block- und Steinlagen (Gerölle) auf. Die Rheinschotter haben generell eine sehr gute, in die Tiefe aber abnehmende Durchlässigkeit in der Grössenordnung von 10^{-3} bis über 10^{-2} m/s.

Die Fliessrichtung des Grundwassers verläuft ungefähr parallel zum Rhein, wobei der Rhein abschnittsweise und in Abhängigkeit vom Wasserspiegel ins Grundwasser infiltriert und Grundwasser in den Rhein exfiltriert.

Gemäss den Messreihen und den Ergebnissen der Grundwassermodellierungen beträgt die Amplitude der Grundwasserspiegelschwankungen im Allgemeinen rund 4.5 m. Entsprechend schwanken die Flurabstände beträchtlich. Bei einem Grundwasserspiegel-Hochstand analog Juni 2019 weisen grosse Teile der Maienfelder Ebene, Gebiete bei Fluppi und im Giessenpark sowie südlich des Bahnhofs Landquart Flurabstände von weniger als 3 m auf. In diesen Gebieten könnte ein Grundwasser-Hochstand die Fundation eines unterkellerten Gebäudes erreichen.

2.6.2 Baugrund, Materialtypen

Der Baugrund innerhalb des Perimeters wurde anlässlich mehrerer Sondierkampagnen mittels Baggerschlitzen und Kernbohrungen erkundet. Die Ergebnisse der Sondierungen und ihre Interpretation sind in der Dossierbeilage 4.4 festgehalten.

Das Bodenmaterial des Baugrunds lässt sich in drei Typen aufteilen:

- Materialtyp "Walderde": geringmächtiger junger Rendzina-Waldboden. Diese Bodenschicht ist überall nur geringmächtig in einer Stärke von 10-30 cm vorhanden.
- Materialtyp "Sand": feinkörnige Überschwemmungssedimente; Sand, Feinsand und Silt. Während die sandige Deckschicht in der Teilaufweitung Bad Ragaz nur selten eine Mächtigkeit von mehr als 1 m erreicht, herrschen in der Maienfelder Teilaufweitung bis 2 m mächtige Feinsediment-Ablagerungen vor.
- Materialtyp "Kies": Rheinschotter, Kies mit Sand und viel Steinen. Der überwiegende Anteil am Aushubvolumen. Das Grösstkorn erreicht Werte von über 200 mm.

Der kiesige Baugrund ist mit 40-60 MN/m^2 im Allgemeinen sehr gut tragfähig und nicht setzungsempfindlich. Bei Fundationen im Rheinschotter sind keine Stabilitätsprobleme zu erwarten.

2.6.3 Eigenschaften des Aushubmaterials

Das kiesige Aushubmaterial wurde im Rahmen der Sondierkampagnen beprobt und im Labor auf seine Eignung zur Wiederverwendung innerhalb des Perimeters sowie zur externen Verwertung als Rohstoff der Kieswirtschaft geprüft. Die Ergebnisse sind in der Dossierbeilage 4.4. aufgeführt.

Die für den linken St. Galler Rheindamm abgeschätzten Baugrundkennwerte präsentieren sich wie folgt:

Lockergestein	γ_e [kN/m^3]	φ' [°]	c' [1)] [kN/m^2]	M_E [MN/m^2]
Dammschüttung	19 ÷ 20	34 ÷ 36	0	20 ÷ 40
Überschwemmungsablagerungen	18 ÷ 19	30 ÷ 33	0 (÷ 5)	5 ÷ 10
Rheinschotter	20 ÷ 21	34 ÷ 38	0	40 ÷ 60

[1 kN/m^3 = 0.1 t/m^3] / [1 MPa = 1000 kN/m^2 = 100 t/m^2] / [1 N/mm^2 = 1 MN/m^2 = 10 kg/cm^2]

Legende:

γ_e = (Feucht-)Raumlast
φ' = effektiver Winkel der inneren Reibung
c' = effektive Kohäsion
M_E = Zusammendrückungsmodul, Erstbelastung
M_E' = Zusammendrückungsmodul, Wiederbelastung

Tabelle 15: Baugrundkennwerte aus [16], abgeschätzt für den linken St. Galler Rheindamm km 23.5-34.2 und km 61.5-65.0. Der charakteristische Wert ist im angegeben Streubereich spezifisch für den jeweiligen geotechnischen Nachweis festzulegen und darf nicht gemittelt werden

Die vorgefundenen Rheinschotter (Materialtyp «Kies») weisen eine gut gestufte Kornverteilung auf und entsprechen einem UG 0/45 mit Überkorn. Das Material ist sowohl als Schüttmaterial innerhalb des Perimeters wie auch für eine externe Verwertung wiederverwendbar. Voraussetzung ist allerdings eine Aufbereitung durch Brechen des Überkorns.

Das Material ist frostsicher und gut durchlässig, sowie im gebrochenen Zustand sehr gut verdichtbar (Dammschüttungen).

Die durchgeführten Tests ergaben, dass das Material nach Aufbereitung des Überkorns nicht nur als ungebundenes Kiessand-Gemisch für frostsicheres Schütt- und Koffermaterial wiederverwendet werden kann, sondern auch als Betonkies oder für den Einbau auf Verkehrsflächen geeignet ist. Eine Einspeisung des überschüssigen Aushubmaterials in die Kieswirtschaft erscheint damit interessant und entspricht den landesweiten Bestrebungen zur Schonung der Kiesressourcen.

Es wird davon ausgegangen, dass die Materialtypen «Walderde» und «Sand» uninteressant sind, um sie in grösseren Mengen extern zu verwerten. Sie können aber im Rahmen der Bauarbeiten wiederverwendet und vor Ort wieder angelegt werden.

Da die Schichtung des Baugrunds inhomogen ist, müssen die bislang vorliegenden 27 Bodenaufschlüsse in der Submissions- und Ausführungsphase mit weiteren Baggerschlitzen oder Rammsondierungen weiter verdichtet werden, damit die Materialbewirtschaftung in den einzelnen Aushubabschnitten besser planbar wird.

2.6.4 Belastete Standorte

Die innerhalb und im Einflussbereich des Projektperimeters liegenden belasteten Standorte sind in der Dossierbeilage 3.2 beschrieben.

Innerhalb des Perimeters befindet sich der belastete Standort Nr. SG 3291A0012 in der linksufrigen Teilaufweitung bei der Einmündung des Teilbächlis. Er wird im Rahmen der Bauarbeiten ausgehoben und entsorgt.

Sowohl auf Graubündner wie auch auf St. Galler Seite befinden sich weitere belastete Standorte im Nahbereich des Perimeters. Aufgrund des entweder grossen Flurabstandes und/oder des geringen prognostizierten Grundwasseranstiegs sind die Risiken von nachteiligen Auswirkungen auf das Grundwasser gering. Dennoch werden bei den Standorten SG 3291A0013 (Altablagerung KW Sarelli), bei den beiden Unfallstandorten BAV U01515-P0066 und BAV U01517-P0066 im Bahnhofareal Landquart sowie beim belasteten Standort GR 3942-1979 (Donatsch) weitergehende Standortabklärungen vorgenommen (vgl. Dossierbeilage 3.2).

2.7 Grundeigentumsverhältnisse

Die Grundeigentümer im Perimeter sind in den Situationsplänen Dossierbeilage 7.1 und 7.2 eingetragen sowie in den Landerwerbsplänen Dossierbeilage 11.1-11.3 verzeichnet.

Linksufrig sind die betroffenen Flächen grösstenteils im Eigentum des Rheinunternehmens und der Ortsgemeinde Bad Ragaz. Beide Grundeigentümer haben die landwirtschaftlich nutzbaren Bereiche ihrer Parzellen verpachtet. Die Pachtverträge müssen rechtzeitig aufgelöst werden.

Rechtsufrig liegen alle betroffenen Flächen auf Grundeigentum der Stadt Maienfeld.

3. PROJEKTZIELE UND PROJEKTVORGABEN

3.1 Ziele des Projekts

3.1.1 Generelle Entwicklungsziele

Die mit dem Aufweitungsprojekt zu verfolgenden Ziele gründen auf den übergeordneten Entwicklungszielen des Entwicklungskonzepts Alpenrhein aus dem Jahre 2005 [1]. Für die Massnahme 18 nennt das Entwicklungskonzept keine konkreten Ziele, aber es führt vier generelle Entwicklungsziele zu den Themen Hochwassersicherheit, Ökosystem, Ressourcen insbesondere Grundwasser sowie Wasserkraftnutzung auf:

> Mit dem Entwicklungskonzept Alpenrhein werden folgende Ziele angestrebt (siehe auch /62/):
>
> - Gewährleistung der Sicherheit von Mensch, Tier und Gütern vor Hochwasserereignissen,
> - Ermöglichung einer nachhaltigen Nutzung der Ressourcen, insbesondere des Grundwassers,
> - Verbesserung des Ökosystems Alpenrhein mit Zuflüssen und Kanälen, und
> - Erhaltung des vorhandenen Potentials zur Nutzung der Wasserkraft.

Abbildung 16: Generelle Entwicklungsziele des Entwicklungskonzepts [1]. Formulierung aus dem Gesamtbericht, welche sich von derjenigen aus dem Kurzbericht leicht unterscheidet.

Die vier übergeordneten Ziele aus dem Entwicklungskonzept können auch für die Aufweitung Maienfeld / Bad Ragaz als Oberziele übernommen werden. Sie sind aber nur dann mehr oder weniger umfassend, wenn unter dem Begriff Ressourcen auch die Erholungsnutzung (touristische "Ressource"), die landschaftliche Ressource, die Bodennutzung (insbesondere Landwirtschaft und Fruchtfolgeflächen) sowie der haushälterische Umgang mit den finanziellen Mitteln mitgemeint ist.

3.1.2 Referenzzustand Mastrilser Rheinaue

(vgl. Fotodokumentation im Anhang 13)

Wie bereits in den Vorplanungen festgehalten und im Variantenstudium Dossierbeilage 2.4 im Detail bestätigt, eignen sich die flussaufwärts anschliessenden Mastrilser Rheinauen als Modell für den in der Aufweitung Maienfeld/Bad Ragaz anzustrebenden Endzustand.

- Die neue Aufweitung wird im Endzustand mit ihrer Länge, ihrer Breite und ihrem globalen Gefälle eine vergleichbare Geometrie wie die Mastrilser Rheinauen aufweisen.
- Abgesehen vom Zufluss der Landquart haben beide Abschnitte eine ähnliche Hydrologie und einen in der Grössenordnung ähnlichen Feststofftransport.
- Beide Abschnitte liegen in derselben Höhenlage und Vegetationszone.
- Auch im Projektperimeter wird mindestens in der unteren Bad Ragazer Teilaufweitung ein verzweigtes Gerinne entstehen. Während in Mastrils neben dem Hauptgerinne bis zu drei Nebengerinne identifiziert werden können, werden innerhalb des Perimeters wegen der leicht kleineren Abmessungen ein Hauptgerinne und bis maximal zwei Nebengerinne erwartet.
- Die "Wellenlänge" des mäandrierenden Hauptgerinnes ist naturgemäss unregelmässig und liegt in Mastrils etwa in der Grössenordnung 800-1'200 m. Für den Endzustand des Aufweitungsprojekts kann von einer ähnlichen Grössenordnung ausgegangen werden.

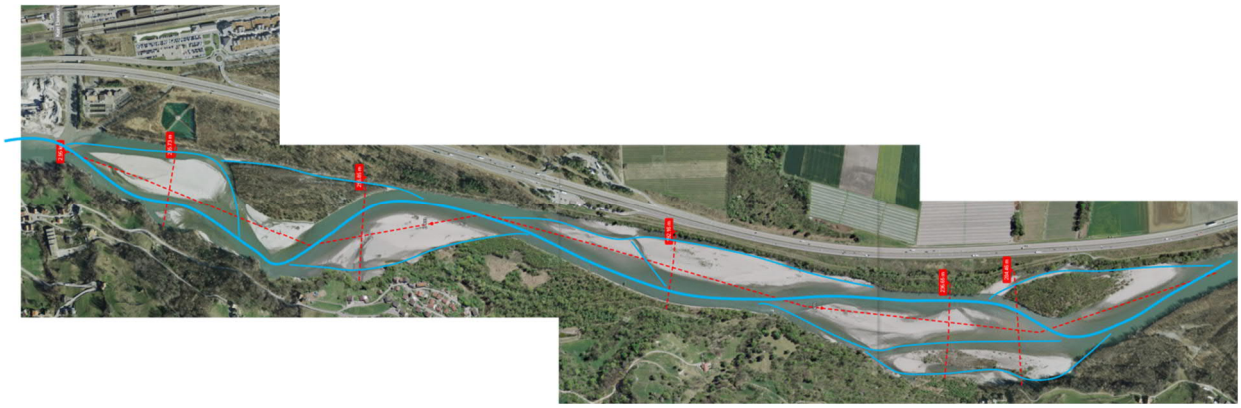


Abbildung 17: Orthophoto der Mastrilser Rheinauen mit Verlauf des Haupt- und der Nebengerinne (Zustand vor Hochwasser 2016). Vergleiche auch Fotodokumentation im Anhang 13.

3.1.3 Projektziele Auflageprojekt

Für das vorliegende Auflageprojekt sind die folgenden Projektziele definiert (vgl. Anhang 2). Sie unterscheiden sich zwischen absoluten Erfüllungszielen (EZ), welche durch das Projekt zwingend zu erreichen sind, und graduellen Entwicklungszielen (GZ), welche durch das Projekt bestmöglich zu erreichen sind.

Projektziele zu Naturwerten und Ökologie:

- Schaffung einer Flussmorphologie nach dem Typ verzweigtes Gerinne, ähnlich wie in Mastrilser Rheinaue (EZ).
- Naturnaher, ausgeglichener Geschiebehaushalt (EZ).
- Erhöhung der ökomorphologischen Vielfalt, mit charakteristischen Lebensräumen für gewässertypische Lebensgemeinschaften (GZ).
- Schaffung strukturreicher Ufer und Lebensräume auf Sand- und Kiesbänken (EZ).
- Entwicklung eines dynamischen Auenwalds, mit Kontakt zu Fliessgewässer/Rhein und Seitengewässern/Kleingewässer (GZ).
- Förderung und Vernetzung von auentypischen aquatischen und amphibischen Habitaten und Schaffung von Voraussetzungen von Laichplätzen (GZ).
- Schaffung eines Trittsteins für die ökologische Längsvernetzung entlang des Alpenrheins (GZ).
- Förderung der ökologischen Quervernetzung durch Abbau von Wanderhindernissen quer zur Flussachse/zu den Ufern (GZ).
- Schaffung eines «Erweiterten Gewässerraums» (EZ).

Projektziele zum Hochwasserschutz:

- Gewährleistung der Schutzziele Hochwasserschutz unter Berücksichtigung des Überlastfalls (EZ).
- Keine langfristigen, unzulässigen Sohlenveränderungen im unterliegenden Abschnitt, als Folge der Realisierung der Aufweitung (EZ).
- Gewährleistung einer langfristig stabilen Gerinnesohle innerhalb des Perimeters (EZ).

Projektziele zu Grundwasser und Nutzungen:

- Keine unzulässigen Risiken infolge von übermässigen Grundwasserspiegelschwankungen (EZ).
- Ermöglichung einer künftigen Grundwassernutzung im Gebiet Neugüeter (EZ).
- Möglichst keine Erhöhung des Einstaurisikos am Unterwasserkanal des KW Sarelli (EZ).
- Haushälterischer Umgang mit landwirtschaftlich genutzten Flächen, insbesondere Fruchtfolgeflächen (GZ).

- Ermöglichung einer angepassten Nutzung innerhalb des Gewässerraums für Naherholung und Tourismus (Besucherlenkung) (GZ).
- Aufwertung des Landschaftsbilds, sowohl im Nahbereich der Aufweitung (lokale Einblicke) wie auch als markantes Element in der gesamten Talebene (erhöhter Einblick von den Bergflanken) (GZ).

Projektziele zur Wirtschaftlichkeit:

- Wirtschaftliches Projekt mit optimierten Baukosten (GZ)
- Dosierte Materialverwertung: Die Aufnahmefähigkeit der Märkte wird nicht überlastet, damit das abzuführende kiesige Aushubmaterial möglichst profitabel verwertet werden kann (GZ)
- Möglichst kein Gewässerunterhalt zur Gewährleistung der technischen Funktionen des Flussgerinnes (GZ)

3.1.4 Geschiebesanierung

Die Aufweitung Maienfeld/Bad Ragaz gliedert sich in die Massnahmen zur langfristigen Geschiebesanierung am Alpenrhein ein. Wie in Kap. 5.2.1 gezeigt wird, ermöglicht sie eine Stabilisierung des Geschiebehaushalts und eine langfristig stabile Sohlenlage. Die global im mittleren Sektor des Alpenrheins immer noch vorhandene Erosionstendenz kann sie aber nur stoppen, wenn sie flussabwärts mit weiteren Aufweitungen kombiniert wird.

3.1.5 Schutzziele Hochwasserschutz

Für die umliegende Talebene ist ein Hochwasserschutz bis zum 300-jährlichen Hochwasserereignis HQ_{300} zu gewährleisten. Dies schliesst auch die Einhaltung eines minimal erforderlichen Freibords mit ein.

Der damit gewährleistete Ausbaugrad liegt über dem gesamtschweizerisch für Siedlungsgebiete und wichtige Infrastrukturanlagen geforderten Schutzziel HQ_{100}. Er garantiert, dass der heute vorhandene Hochwasserschutz auch in Zukunft beibehalten wird und nirgends eine Mehrgefährdung aus dem Projekt resultiert (vgl. Kap. 5.5).

Lokale temporäre Strukturen innerhalb des dynamischen Flussbetts geniessen keinen Hochwasserschutz und werden weder gegen Überschwemmung noch gegen Seitenerosion geschützt.

Neben den Schutzzielen ist der lokalen und übergeordneten Systemsicherheit zur Bewältigung von Überlastfällen Rechnung zu tragen (siehe Kap. 3.2.3).

3.1.6 Personenrisiken

Ein naturnahes Gewässer mit dynamischen Ufern und einem Schwall-Sunk-Regime, welches gleichzeitig für die Erholungsnutzung interessant ist, birgt potenzielle Unfallgefahren. Diese werden nach Möglichkeit minimiert, können aber nicht vollständig vermieden werden. Die Nutzer werden über die Gefahren informiert, handeln aber grundsätzlich in Eigenverantwortung.

3.2 Projektvorgaben

3.2.1 Allgemeines, Nutzungsvereinbarung

Die Vorgaben, welche an die Konzeptionierung und Dimensionierung des Bau- und Auflageprojekts gestellt werden, sind gemeinsam mit der Bauherrschaft festgelegt worden und in der Nutzungsvereinbarung Dossierbeilage Nr. 2.3 im Detail aufgeführt. Sie werden im vorliegenden Technischen Bericht nicht nochmals im Detail wiederholt. Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die wichtigsten Vorgaben für die Auslegung der Bauwerke.

3.2.2 Nutzungsdauer

Das Projekt ist auf die folgenden Nutzungsdauern auszulegen, welche durch angemessene Unterhalts- und Erhaltungsmassnahmen zu gewährleisten sind:

- Uferverbau und Kolkschutz: 50 Jahre
- Dämme: 100 Jahre
- Wege Unterbau: 30 Jahre
- Wege Verschleissschicht: 10 Jahre

3.2.3 Systemsicherheit

Das Aufweitungsprojekt ist so auszulegen, dass es den Grundsätzen der Systemsicherheit genügt, und zwar lokal für die Talebenen von Bad Ragaz und Maienfeld wie auch übergeordnet entlang des ganzen Alpenrheins. Dies bedeutet:

- Das System muss lokal einen zuverlässigen und sicheren Hochwasserschutz bieten. Die Sicherheitsfreiborde und Dammhöhen müssen so ausgelegt sein, dass sie beim Dimensionierungsereignis HQ_{300} die im künftigen Rheingerinne vorhandenen Unsicherheiten und dynamischen Effekte ausreichend abdecken.
- Bei einem Extremereignis grösser als HQ_{300} soll das System robust und überlastbar reagieren, indem das Zuviel an Wasser dosiert an die Umgebung abgegeben wird und ein Kollaps mit sprunghaft zunehmender Schadenfolge in den lokalen Talebenen oder mit sprunghaft zunehmenden Personenrisiken verhindert wird.
- Im Überlastfall ist das Zuviel an Wasser bevorzugt in denjenigen Korridor abzuleiten, wo es die geringeren Schadenfolgen oder Personenrisiken verursacht.
- Der Ausbau des Rheins im Projektabschnitt darf nicht zu einer unzulässigen Verschärfung der Restgefährdung im Unterlauf führen, sondern soll bei einem äussersten Extremereignis (EHQ_B) zu einer Begrenzung des Überlastfall-Abflusses beitragen, damit er vom Hochwasserschutzsystem am Unterlauf bewältigt werden kann.

3.2.4 Minimal erforderliches Freibord beim Dimensionierungsereignis

Das minimal erforderliche Freibord wurde auf der Basis zahlreicher Sensitivitätsrechnungen des Hydraulik- und Geschiebespezialisten im Projektteam diskutiert und vom Kernteam gestützt auf eine individuell für den Alpenrhein erweiterten Methodik "KOHS"[5] festgelegt. Die Herleitung der Werte ist im Memo Anhang 6 beschrieben.

Im Endzustand sind auf dem Wasserspiegel des Dimensionierungsereignisses HQ_{300} folgende, an der Projektsitzung vom 12.12.2019 verabschiedeten Werte einzuhalten:

- Maienfelder Teilaufweitung km 23.636 – 24.90:
  - 1.2 m für überströmsichere Dämme oder Ufer
  - 1.7 m für nicht überströmsichere Dämme
- Bad Ragazer Teilaufweitung km 25.00 – 26.95:
  - 1.1 m für überströmsichere Dämme oder Ufer
  - 1.4 m für nicht überströmsichere Dämme

Im Projektzustand, d.h. unmittelbar nach Ende der Bauarbeiten, sind dieselben Werte einzuhalten, jedoch auf dem Wasserspiegel HQ_{100}.

Die Herleitung des minimal erforderlichen Freibords ist im Anhang 6 beschrieben, und seine Funktion und Umsetzung bei der Bestimmung der Dammhöhen werden in den Kapiteln 4.1.11 und 4.2.6 erläutert.

[5] Die Methodik stützt sich auf das von der Kommission für Hochwasserschutz KOHS empfohlene Standard-Vorgehen in [19], wobei die am Alpenrhein im Projektabschnitt besonders zu berücksichtigenden Unsicherheiten bezüglich künftiger Sohlenlage oder Vegetationsentwicklung mittels zusätzlicher Einflussfaktoren berücksichtigt sind.

3.2.5 Kolktiefen

Der neue Uferschutz ist auf die rechnerischen Kolktiefen gemäss dem Detailbericht Hydraulik und Morphologie (Dossierbeilage 4.1) auszulegen. Diese werden ab der mittleren Sohle im Endzustand (Endsohlenlage) gemessen und sind abhängig von der aktiven Sohlenbreite im komplett aufgeweiteten Endzustand (Abstand zwischen den neuen Uferverbauungen).

Die zu berücksichtigenden Kolktiefen entsprechen dem 5%-Fraktil der tiefsten Punkte im Sohlenquerschnitt, d.h. auf 5% der Gerinnelänge können sie erreicht oder überschritten werden (Abbildung 30 in Kap. 4.2.8).

3.2.6 Nachweise Ufersicherung

Für die Nachweise der Uferstabilität sind dieselben Grundsätze und Sicherheiten einzuhalten wie für die Dimensionierung der Dammhöhen (Kap. 4.1.15).

4. BESCHRIEB DES BAU- UND AUFLAGEPROJEKTS

4.1 Projektkonzept

4.1.1 Übersicht Grundkonzept

Das Grundkonzept des Projekts wird unverändert aus dem Vorprojekt übernommen. Die Flussaufweitung Maienfeld / Bad Ragaz setzt sich weiterhin aus zwei Teilaufweitungen zusammen: Beim Ausgang der Linkskurve nach der Tardisbrücke erfolgt zuerst eine Aufweitung nach rechts, mit Dammabrückung des rechten Damms auf die Maienfelder Seite und mit einer Sohlenbreite von maximal 145 m. Nach einer kurzen Wiederverengung bei km 24.9-25.0 erfolgt eine Pendelbewegung auf die linke Seite in die Teilaufweitung km 24.9 bis km 26.95, mit Dammabrückung nach links auf die Bad Ragazer Seite und mit maximaler Sohlenbreite von 230 m.

Die generelle Form dieser Teilaufweitungen wurde bereits im Vorprojekt definiert und richtet sich nach den übergeordneten Randbedingungen:

- Die Aufweitung ist überwiegend auf den Flächen des heutigen Auenwaldes zu realisieren.
- Leitungstrassees des Höchstspannungsnetzes, welche ab km 24.95 dem rechten Damm folgen und deren Verlegung unverhältnismässige Kosten verursachen würde.
- Perimeterfläche km 24.7-25.0 links, welche für den späteren Bau eines Schwall/Sunk-Ausgleichsbeckens reserviert bleibt.

Die Dämme werden je einseitig abgerückt und neu erstellt. Die gesicherten Uferlinien mit der Begrenzung der dynamischen Zone folgenden abgerückten Dämmen. Sie werden auf die zu erwartenden Maximalkolktiefen ausgelegt.

Auf der jeweils gegenüberliegenden Seite verbleiben die Dämme auf der bestehenden Linienführung. Sie werden auf die erforderliche Höhe rückgebaut, abgeflacht und stabilisiert. Die bestehende Ufersicherung wird an ihrem Fuss saniert und tiefer fundiert und auf die zu erwartenden Maximalkolktiefen ausgelegt.

Innerhalb der Aufweitung ist bei gleichbleibendem Geschiebeeintrag mit einer wesentlich höheren mittleren Sohlenlage zu rechnen. Dieser vertikale Sohlenversatz ist hydraulisch bedingt und bildet sich bei jeder aufgeweiteten Flussstrecke. Da gleichzeitig der Abflussquerschnitt breiter wird, resultiert dadurch keine generelle Erhöhung der Hochwasserspiegel.

Es ist vorgesehen, den grössten Teil des vertikalen Sohlenversatzes während der Bauarbeiten maschinell zu erstellen. Wenn er nicht maschinell erstellt würde, dann würde ihn der Rhein im Verlauf der Jahre nach dem Bau selber ausbilden. Dies hätte den gravierenden Nachteil, dass über Jahre hinaus ein weitgehend vollständiger Geschieberückhalt in der Aufweitung entstünde, der den Geschiebehaushalt in den Rheinabschnitten unterhalb des Perimeters über lange Zeit hinaus beeinträchtigen würde. Zudem müsste zu viel Aushubmaterial abgeführt werden.

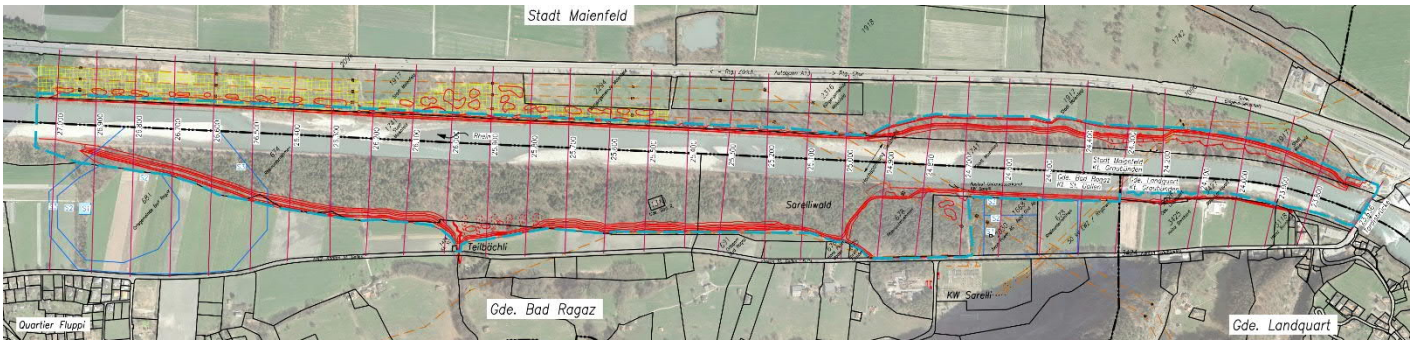


Abbildung 18: Grundriss der Aufweitung Maienfeld/Bad Ragaz

4.1.2 Optimierung des Aufweitungsperimeters

Der aus dem Vorprojekt übernommene Perimeter der Aufweitung wurde im Verlauf des Variantenstudiums und der Erarbeitung des Bauprojekts angepasst. Die Optimierung erlaubte eine Verbesserung der Funktionalität der Aufweitung, eine Minimierung des Zugriffs auf landwirtschaftliche Nutzflächen sowie die Integration aller Massnahmen der Aufweitung gemäss der detaillierteren Planung auf Stufe Bauprojekt.

In den folgenden Abbildungen sind die verschiedenen Perimetergrenzen des Vorprojekts 2013 (blau), der Bestvariante Dezember 2019 (weinrot) sowie des definitiven Bauprojekts 2023 (rot) einander gegenübergestellt.

Am flussabwärts liegenden Ende des Perimeters war eine Verlängerung[6] bis zum km 27.05 erforderlich, damit die Sohlentopografie der Aufweitung an die heutigen alternierenden Bänke angepasst werden kann. An den geometrischen Abmessungen der Aufweitung ändert sich dadurch nichts. Die Verlängerung tangiert keine landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Entlang des rechten, auf der heutigen Linie verbleibenden Damms wurde der Perimeter bis an den luftseitigen Dammfuss verbreitert, damit er auch die Sanierungsmassnahmen am bestehenbleibenden Damm umfasst. An den geometrischen Abmessungen der Aufweitung ändert sich dadurch nichts. Die Korrektur tangiert keine landwirtschaftlich genutzten Flächen.

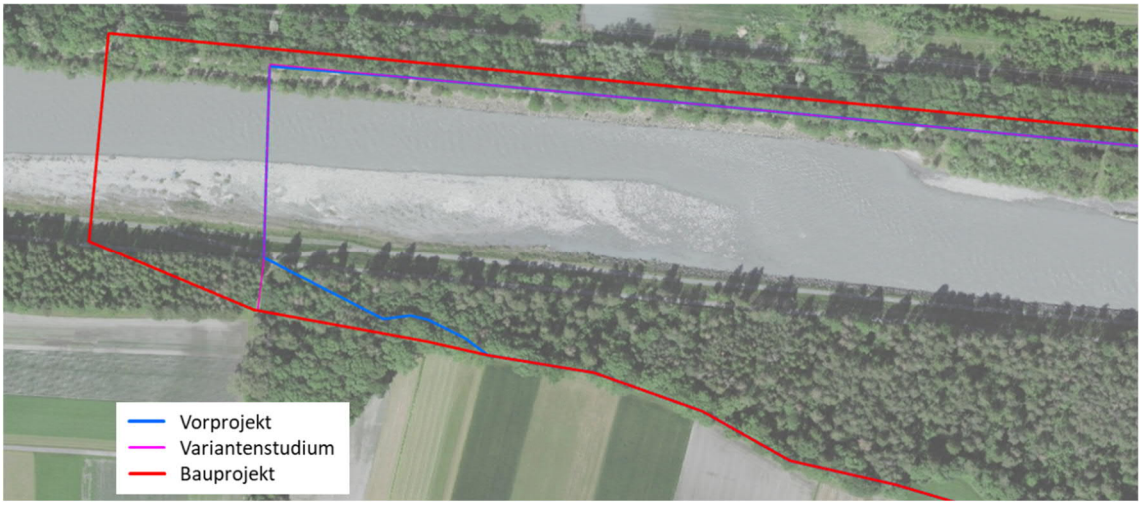


Abbildung 19: Perimeteroptimierung am flussabwärts liegenden Ende der Aufweitung: Verlängerung flussabwärts bis km 27.05, Verbreiterung rechts bis an den luftseitigen Dammfuss.

Linksufrig im Bereich Jerellien wurde eine Verengung am linksseitigen Perimeterrand begradigt, da sie sich für die Strömungsausbreitung in die grosse Bad Ragazer Teilaufweitung negativ auswirken würde. Der begradigte Perimeterrand verläuft nun parallel zur Freileitung der SAK bzw. einer Böschung, welche die benachbarte Fruchtfolgefläche begrenzt. Die von der Korrektur betroffene Fläche befindet sich bereits im Eigentum des Rheinunternehmens.

Interessenabwägung: Einerseits benötigt die Perimeteroptimierung bei Jerellien eine zusätzliche Fläche von rund 3'000 m^3 einer Heuwiese (nicht als Fruchtfolgefläche ausgeschieden). Andererseits ermöglicht die Korrektur einen besseren hydraulischen Übergang des aufgeweiteten Gerinnes von der oberen Maienfelder Teilaufweitung in die untere Bad Ragazer Teilaufweitung. In Letzterer wird dadurch schneller die volle Breite erreicht, welche für ein verzweigtes Gerinne erforderlich ist. Dieses Hauptziel ist prioritär zu erfüllen. Die neue Perimeterbegrenzung folgt neu einer klaren, im Gelände sichtbaren gestreckten Linie. Die gekrümmte Abgrenzung gemäss Vorprojekt würde hingegen nur noch eine kleine Restfläche der Heuwiese übrig lassen.

[6] Die Verstärkung des Uferschutzes reicht als Begleitmassnahme ausserhalb des Aufweitungsperimeters bis nach km 27.40.

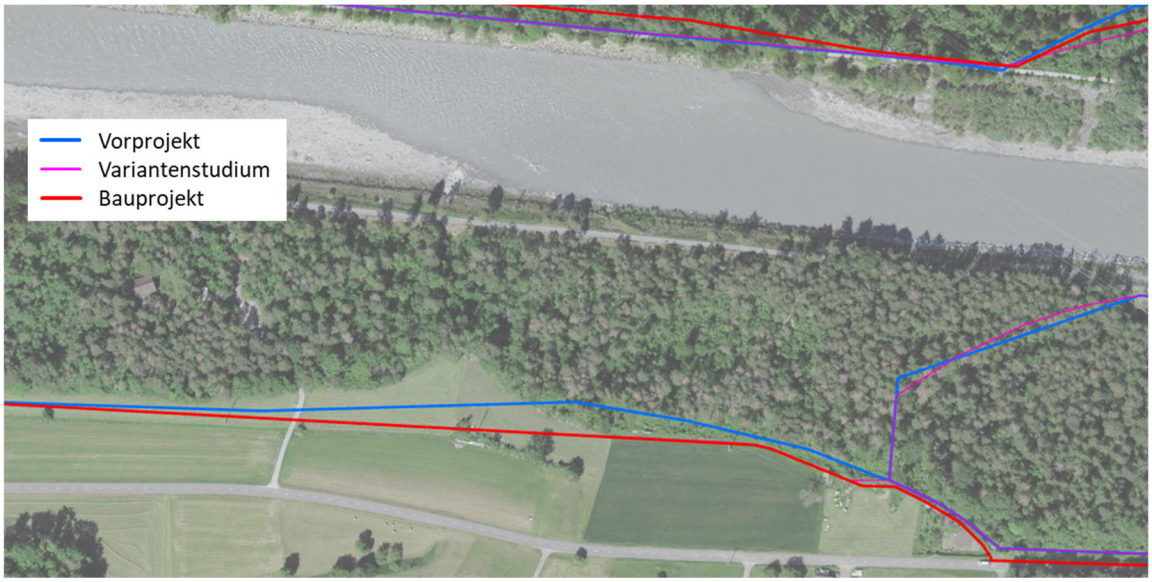


Abbildung 20: Perimeteroptimierung beim Übergang in die Bad Ragazer Teilaufweitung: Begradigung im Bereich Jerellien.

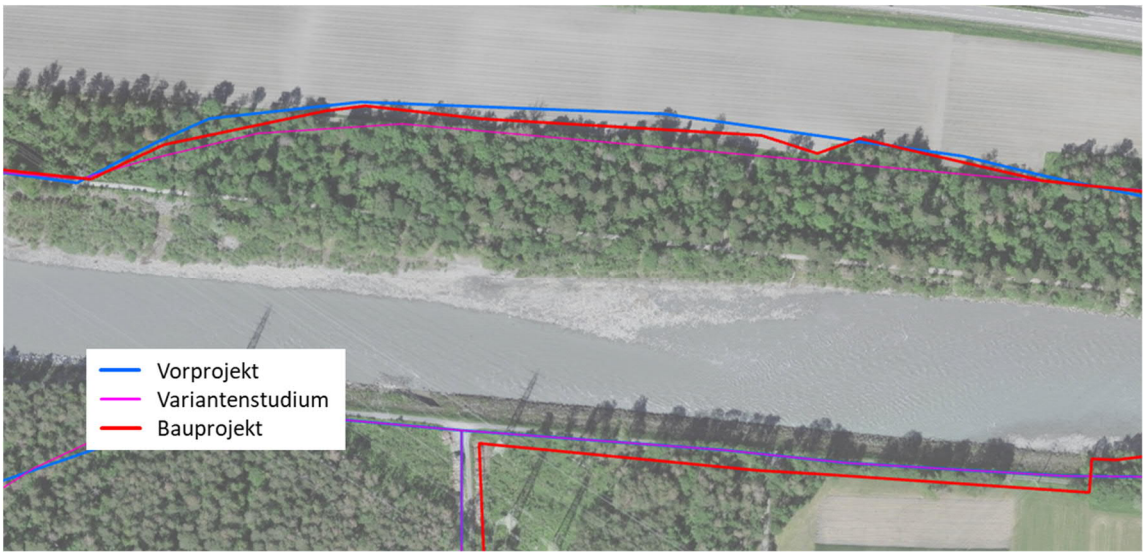


Abbildung 21: Perimeteroptimierung Maienfelder Teilaufweitung: Verschmälerung rechts bis an den Waldrand, Verbreiterung links bis an den luftseitigen Dammfuss

Rechtsufrig im Bereich der Maienfelder Teilaufweitung wurde der gekrümmte Perimeterrand des Vorprojekts etwas verschmälert und an den bestehenden Waldrand gelegt.

Interessenabwägung: Einerseits führt die Korrektur zu einer lokalen Verschmälerung des aufgeweiteten Flussbetts um rund 10 m auf einer Länge von rund 250 m. Andererseits wird dadurch der Zugriff auf die Fruchtfolgefläche stark reduziert, und die Gewannform für den angrenzenden Acker nicht verschlechtert. Der Bedarf an Fruchtfolgefläche beschränkt sich neu nur noch auf die zwingend zu belegende lokale Einbuchtung im Bereich der Hochspannungsmasten km 24.25. Die Verschmälerung führt nicht zu einer wesentlichen Beeinträchtigung der neuen Flussmorphologie, da sich in der Maienfelder Teilaufweitung ohnehin kaum ein verzweigtes Gerinne ausbilden wird (Dossierbeilage 4.6, Fachgutachten Gewässerraum).

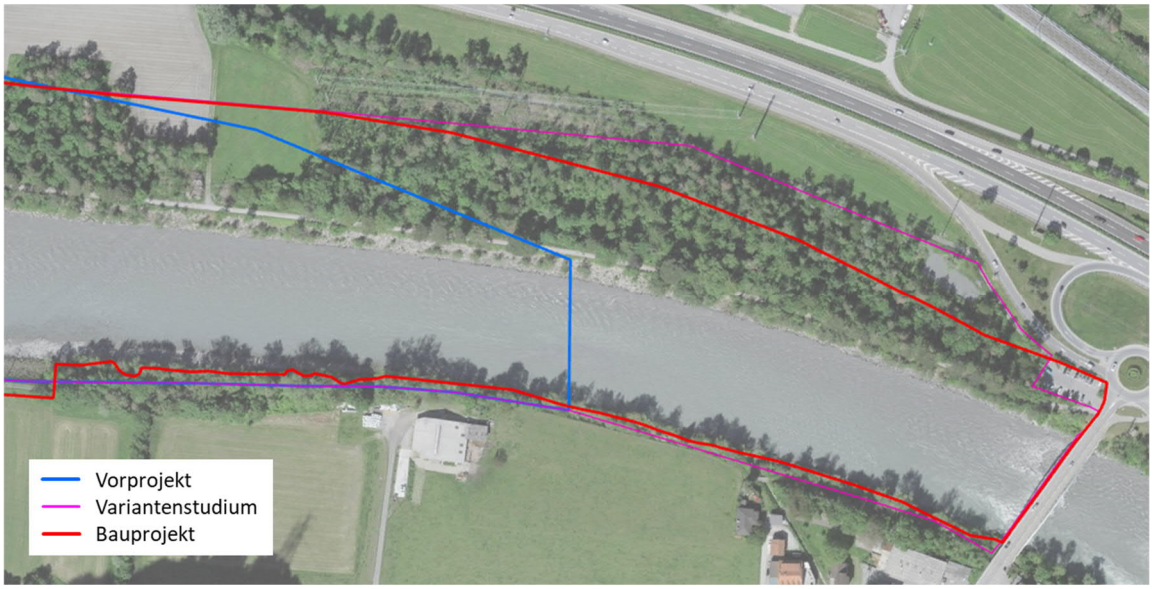


Abbildung 22: Perimeteroptimierung am flussaufwärts liegenden Beginn der Aufweitung: kontinuierliche Aufweitung nach rechts bereits ab Tardis.

Der flussaufwärts liegende Beginn der Aufweitung wurde von km 24.00 bis zur Tardisbrücke hinauf verlängert. Diese Erweiterung wurde ermöglicht, da auf den ursprünglich im rechtsufrigen Wald vorgesehenen Standort des künftigen Kraftwerks Klus verzichtet wurde. Sie erlaubt eine Verlängerung des Aufweitungsperimeters um rund 340 m und eine kontinuierliche und weniger abrupte Verbreiterung des Flussbetts. Der für die geordnete Besucherlenkung zu vergrössernde Parkplatz Tardis wird in den Aufweitungsperimeter integriert. Die Korrektur tangiert keine landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Interessenabwägung: Einerseits führt die Korrektur zu Mehrkosten für eine längere rechtsufrige Ufersicherung (Grössenordnung rund 1 mio CHF), wobei jedoch zu beachten ist, dass der bestehende Blockwurf am rechten Prallufer bereits teilweise zerstört ist und ohnehin einen relativ dringenden Sanierungsbedarf hat. Andererseits ermöglicht die Verlängerung nicht nur eine Vergrösserung der Fläche des dynamischen Flussbetts, sondern verbessert zusätzlich auch die Linienführung des künftig zu erwartenden Hauptgerinnes (Talweg) mit Gegenschwung zum Unterwasserkanal des Sarellikraftwerks hin, was das Restrisiko einer Geschiebeablagerung vor dem Kanalauslauf wesentlich reduziert. Weitere Vorteile sind eine nähere Anbindung an die flussaufwärts liegende Mastrilser Rheinaue, die teilweise Einschotterung der Blockschwellen bei der Tardisbrücke (Entschärfung Wanderungshindernis) sowie die verbesserte Möglichkeit für eine allfällige Kiesentnahme zur Dosierung des Geschiebetriebs auf der linken Geschiebebank (vgl. Kap. 4.3.18).

4.1.3 Mechanischer Aushub und eigendynamische Entwicklung

Die Aufweitung Maienfeld/Bad Ragaz erfordert einen grossflächigen Abtrag des Terrains. Dabei fallen enorme Mengen an überschüssigem Aushubmaterial an, die aus dem Perimeter abgeführt werden müssen.

Das Vorprojekt sah noch einen vollständigen mechanischen Aushub vor. Im Verlauf des Variantenstudiums und der nachfolgenden Optimierung der Bestvariante wurde jedoch erkannt, dass eine vollständige Abfuhr des überschüssigen Aushubmaterials nicht wirtschaftlich ist und dass ein vollständiger mechanischer Aushub die bestehenden Naturwerte zu stark in Mitleidenschaft zieht. Aus diesen Gründen basiert das Konzept des Bau- und Auflageprojekts auf einem mechanischen Aushub von etwa 70% des gesamten Aushubvolumens.

Der Rest wird in Form von unberührten Waldinseln im Erosionsbereich des Flusses belassen, von jeglichen erosionsbehindernden Elementen befreit und nach den Bauarbeiten der Seitenerosion überlassen. Das Ziel ist, dass der Rhein diese Waldinseln in seiner weiteren eigendy-

namischen Entwicklung nach und nach selbstständig abtragen wird und so sein Flussbett bis hin zum Endzustand selber aufweitet und umgestaltet.

Die Geschwindigkeit dieses seitlichen Abtrags hängt von der Hochwasserführung des Flusses ab und ist entsprechend unsicher prognostizierbar. Anhand der Beobachtungen in der Mastrilser Rheinaue wurde ein mittlerer Wert von durchschnittlich rund 1.5-2.0 m Erosionstiefe pro Jahr abgeschätzt und der langfristigen Entwicklung zugrunde gelegt (vgl. Detailbericht Varianten, Dossierbeilage 2.4, Kap. 3.6)[7]. Entsprechend wird damit gerechnet, dass die Waldinseln in rund 25-30 Jahren vollständig abgeschwemmt sein werden.

Im Verlauf des Variantenstudiums (vgl. Kap. 4.1.7) wurde erkannt, dass die eigendynamische Entwicklung fast ausschliesslich im Hauptgerinne stattfinden wird. Die Schaffung von zusätzlichen Seitengerinnen ist für die Eigendynamik nicht förderlich, da die Schubspannungen in den schmalen Gerinnen nicht ausreichen, um den groben Rheinschotter im grossen Umfang zu mobilisieren.

Die Seitenerosion der eigendynamischen Aufweitung alimentiert den Rhein mit durchschnittlich etwa 16'500 m^3 kiesigem, geschiebefähigem Material pro Jahr.

4.1.4 Ausgangszustand, Projektzustand und Endzustand

Im Unterschied zu herkömmlichen Flussbauprojekten braucht eine Auenrevitalisierung eine zusätzliche Entwicklungszeit nach dem Bau, bis sich das erwünschte dynamische Gleichgewicht und die Ziel-Lebensräume ausbilden können. In den folgenden Ausführungen wird daher zwischen folgenden Zuständen unterschieden:

- Ausgangszustand: der Projektperimeter im aktuellen Istzustand vor den Bau- und Aushubarbeiten
- Projektzustand (bzw. Projektzustand 2. Etappe): Zustand des Perimeters nach Beendigung aller Bauarbeiten und aller Aushubarbeiten.
  - In der vorgesehenen Ausführung in zwei Etappen kann zusätzlich ein Projektzustand 1. Etappe definiert werden: nach Beendigung der Bauarbeiten 1. Etappe; Beobachtungspause
- Endzustand: der langfristig erwartete Zustand der Aue etwa 20-30 Jahre nach Bauausführung, mit vollständig aufgeweiteter Gewässerbreite, vollständig entwickelter Sukzession der Vegetation sowie mit der Gewässersohle im dynamischen Gleichgewicht.

4.1.5 Massgebender Zustand des Bau- und Auflageprojekts

Gegenstand des Bau- und Auflageprojekts ist die Erstellung des Projektzustands, d.h. des Zustands nach vollständiger Bauausführung der 2. Etappe. Sofern nichts anderes vermerkt ist, beziehen sich sämtliche Elemente des Projekts auf diesen Projektzustand, insbesondere alle Projektpläne, Massenbilanzen und Kostenberechnungen.

Der durch aktive Eingriffe herbeigeführte Projektzustand ist ebenfalls massgebend für die Beurteilung der Projektauswirkungen und der Umweltverträglichkeit.

Der aktiv zu bauende Projektzustand wird jedoch so ausgelegt, dass innert einer absehbaren Entwicklungszeit der Endzustand, d.h. die erwünschte Vision einer dynamischen Flussaue, erreicht werden kann.

4.1.6 Variantenstudium

Zu Beginn der Projektierung war ein Variantenstudium gemäss den Vorgaben der Umweltverträglichkeits-Voruntersuchung durchzuführen. Es legte den Fokus auf die bauliche Ausführung der Aufweitung, insbesondere:

- die Etappierung bei der Erstellung der Flussaufweitung,
- den Materialaushub und seine Bewirtschaftung, entweder durch Materialabfuhr oder durch eigendynamischen Materialabtrag durch den Rhein,
- die Entwicklungsgeschwindigkeit der Dynamisierung der Flussaue sowie

[7] Der angenommene Wert hat sich mit den jüngsten Entwicklungen 2019-2020 in der Mastrilser Rheinaue erneut bestätigt.

- des Erhalts bestehender wertvoller Naturwerte.

Das von Mai bis Oktober 2018 durchgeführte Variantenstudium ist in der Dossierbeilage Nr. 2.4 umfassend beschrieben. Nach einer Analyse der vorhandenen Potentiale hinsichtlich der in der UV-VU vorgegebenen Themen erfolgte ein Vergleich von vier Hauptvarianten, welche vier grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten beschreiben, wie der Projektzustand aktiv durch Baumassnahmen gestaltet werden soll.

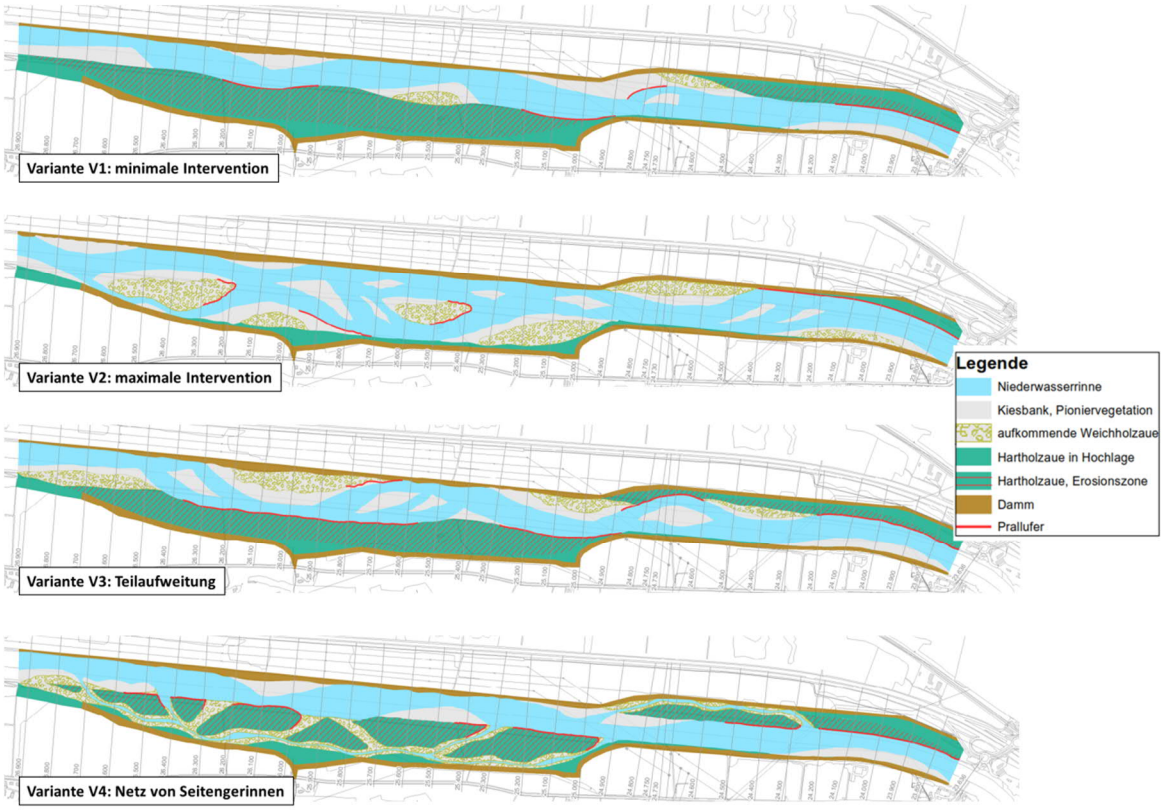


Abbildung 23: Die vier Hauptvarianten V1 – V4

- Hauptvariante V1: minimale Intervention. Nach Entfernung der Uferverbauungen wird das Hauptgerinne nur minimal maschinell aufgeweitet. Der Rest des Aufweitungsperimeters wird dem Fluss zur allmählichen eigendynamischen Aufweitung überlassen.
- Hauptvariante V2: maximale Intervention. Diese Variante entspricht etwa dem Vorprojekt. Das gesamte Volumen der Aufweitung wird mechanisch ausgehoben.
- Hauptvariante V3: Teilaufweitung. Das Hauptgerinne wird mechanisch auf 130-150 m Sohlenbreite aufgeweitet, wodurch es gemäss Yalin-Diagramm (Abbildung 49) knapp in den Bereich verzweigtes Gerinne gerät. Der Rest der Aufweitung erfolgt nach den Bauarbeiten allmählich durch den Fluss selber.
- Hauptvariante V4: Netz von Seitengerinnen. Minimale Aufweitung des Flussbetts gemäss V1 kombiniert mit einem Aushub von mehreren schmalen Seitengerinnen und Flutmulden

Diese Hauptvarianten wurden mit verschiedenen Alternativen zur Bewirtschaftung des Aushubmaterials bzw. der Realisierungsdauer kombiniert, woraus sich elf zu beurteilende Varianten ergaben.

Der Vergleich dieser elf Varianten und ihre Diskussion im Kernteam erlaubte eine Vertiefung der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Elementen der Aufweitung und ihrer Ausführung. Das Ergebnis war nicht eine Auswahl von einer einzigen der elf untersuchten Varianten, sondern die Zusammenstellung einer neuen, optimierten Bestvariante, welche die Vorteile mehrerer Varianten in sich vereinen konnte (Bestvariante Okt_18):

- Bauzeit nicht länger als 10 Jahre, und nachfolgende Entwicklungszeit etwa 25 Jahre.

- Dynamisches, verzweigtes Gerinne bereits im Projektzustand.
- Ein Teil des bestehenden Sarelliwalds wird auf Waldinseln vorderhand erhalten und nach der Bauphase der Seitenerosion übergeben.
- Geschiebebeigabe durch eigendynamische Aufweitung. Damit sie nicht zu einer zu hohen Sohlenlage innerhalb der Aufweitung führt, ist sie mit einer erhöhten Geschiebebewirtschaftung zu kompensieren.
- Übernahme eines Seitengerinnes aus V4, welches sich als wertvollen neuen Naturwert erweisen kann.

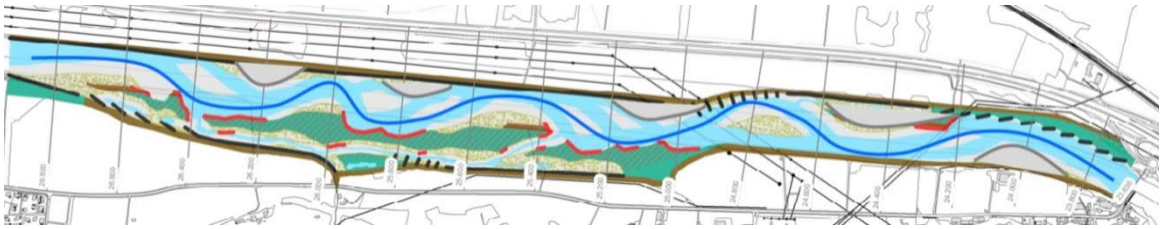


Abbildung 24: Skizze Bestvariante Stand Okt_18, mit angedeuteter Wellenlänge des Hauptgerinnes, rauen Erosionsufern und erhöhten Geschiebebänken am gegenüber liegenden Ufer.

4.1.7 Morphodynamik im Hauptgerinne und in Seitengerinnen

Im Verlauf des Variantenstudiums wurde erkannt, dass ein Netz von Seitengerinnen gemäss Variante V4 nicht zu einer verstärkten eigendynamischen Entwicklung führt, da die Schubspannungen in den schmaleren Seitengerinnen kaum ausreichen, um den grobkörnigen Rheinschotter zu mobilisieren[8]. Eine namhafte Seitenerosion ist deshalb nur entlang des Hauptgerinnes zu erwarten, vor allem, wenn dessen Uferlinie möglichst unregelmässig und rau ausgebildet wird.

Ein Seitengerinne kann umgekehrt die Eigendynamik eher behindern, indem es einen Teil des Hochwasserabflusses abzieht, welcher im Hauptgerinne für die Seitenerosion gebraucht würde.

Da Seitengerinne aber auch weitere ökologische Funktionen erfüllen, wurde eines der Seitengerinne aus der Variante V4 in die Bestvariante übernommen.

4.1.8 Optimierungsphase und definitive Bestvariante Dez_19

Die Bestvariante Stand Okt_18 wurde Ende 2018 zur Stellungnahme an die erweiterte Begleitgruppe abgegeben. Die aus den Rückmeldungen hervorgegangene angepasste Bestvariante wurde im ersten Halbjahr 2019 einer vertieften sohlenmorphologischen, hydraulischen und hydrogeologischen Untersuchung unterzogen. Obwohl sich ihr Massnahmenkonzept nicht grundlegend von demjenigen des Vorprojektes unterschied, zeigten sich in der vertieften Abklärung Probleme bezüglich der Machbarkeit hinsichtlich der künftigen Sohlenlage, der Auswirkungen auf das Grundwasser sowie der Bau- und Materialverwertungskosten, welche im Verlauf des zweiten Halbjahrs 2019 eine erneute Optimierung des Massnahmenkonzepts erforderten. Das Vorgehen und die Resultate dieser Optimierungsphase 2019 ist im Detailbericht Varianten (Dossierbeilage Nr. 2.4) im Kapitel 11 wiedergegeben.

Schliesslich konnte Ende 2019 eine optimierte Bestvariante gefunden werden, welche sich in allen kritischen Belangen als machbar erwies (Bestvariante Dez_19; siehe Anhang 4). Diese Bestvariante war anschliessend Basis für das vorliegende Bau- und Auflageprojekt.

[8] Eine ähnliche Beobachtung wird in der Felsberger Rheinaufweitung gemacht, wo im rechtsufirigen Seitengerinne kaum eine Erosions- und Ablagerungsdynamik stattfindet.

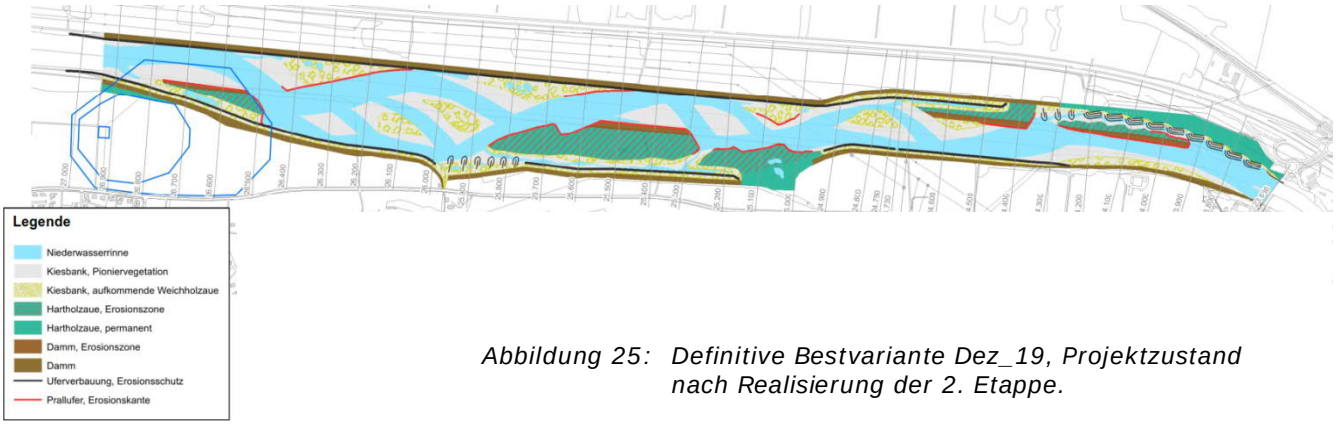


Abbildung 25: Definitive Bestvariante Dez_19, Projektzustand nach Realisierung der 2. Etappe.

4.1.9 Etappierte Ausführung und Realisierungsdauer

Die Entwicklung von dynamischen Flussaufweitungen ist nicht mit restloser Sicherheit prognostizierbar. Auch bei bestmöglicher Modellierung und Vorhersage der dynamischen Prozesse ist ein Restrisiko vorhanden, dass sich die Natur anders verhalten wird als vorausberechnet. Dies gilt insbesondere auch für die folgenden zentralen Auswirkungen des Projekts, welche im Rahmen des vorliegenden Projekts zwar sorgfältig abgeklärt wurden, sich in der Realität aber anders verhalten könnten als prognostiziert:

- Langfristig sich einstellende Sohlenlage innerhalb des Projektperimeters
- Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel
- Einstauhäufigkeit beim Auslauf des Unterwasserkanals des Kraftwerks Sarelli
- Prognostizierte Entwicklung der Lebensräume und der Auenvegetation
- Prognostizierte Kolktiefen

Zur Verfolgung dieser Entwicklungen ist ein Monitoring zwingend notwendig. Damit je nach der tatsächlich beobachteten Entwicklung flexibel reagiert werden kann, ist eine Ausführung in zwei Hauptetappen vorgesehen:

- Ausführung der 1. Etappe während rund fünf Jahren: Ausführung des unteren Teils der Teilaufweitung Bad Ragaz, mehrheitlich maschineller Aushub, und Verbreiterung auf die volle Endsohlenbreite.
- Beobachtungspause von maximal fünf Jahren[9], während der die Entwicklung mit einem Monitoring und einer Wirkungskontrolle erfasst wird.
- Entscheid am Ende der Beobachtungspause, wie mit der 2. Etappe weiterzufahren ist. Je nach den verbleibenden Projektrisiken stehen dafür verschiedene Optionen zur Verfügung:
  - Bei absehbaren Projektrisiken: Weiterfahren mit dem vorgesehenen und genehmigten Massnahmenkonzept.
  - Bei neuen Projektrisiken: Projektoptimierung 2. Etappe, Weiterfahren mit dem vorgesehenen Projektumfang, aber mit einem optimierten Massnahmenkonzept.
  - Bei grossen neuen Projektrisiken: Reduktion 2. Etappe, mit Fertigstellung der Bad Ragazer Teilaufweitung (Lose 3+4) und Verzicht auf die Maienfelder Teilaufweitung (Lose 5+6).
- Ausführung der 2. Etappe während rund zwei weiteren Jahren.
- Wirkungskontrolle im Projektzustand nach Beendigung der 2. Etappe

Die gesamte Realisierungsdauer bis zum Projektzustand 2. Etappe beläuft sich somit auf maximal zwölf Jahre.

[9] Wenn eine günstige Entwicklung bei einem ausreichenden Hochwasservorkommen zu beobachten ist, kann die Beobachtungspause verkürzt werden.

Die aufgeweitete und dynamisierte Sohlenfläche der 1. Etappe erstreckt sich etwa von km 25.8 bis km 26.5 und ist somit leicht kürzer als die im Vorprojekt vorgeschlagene erste von damals vier Etappen. Allerdings umfasst sie eine grössere Sohlenbreite und erreicht bei km 26.0 die maximale morphologisch und hydraulisch wirksame Breite der Teilaufweitung. Sie erlaubt damit, die Bildung und Entwicklung des verzweigten Gerinnes bereits in der Beobachtungspause zu studieren.

Die Dauer der Bauausführung insbesondere der 1. Etappe richtet sich nicht nach dem effektiven Arbeitsaufwand, sondern nach den Vorgaben für eine gedrosselte Materialabfuhr. Kann diese gesteigert werden, so ist eine beschleunigte Ausführung der 1. Etappe möglich, wodurch sich eine verkürzte Realisierungsdauer ergäbe.

Dasselbe gilt auch für die Beobachtungspause: die Entwicklung der Sohlenlage und der Grundwasserstände benötigt Zeit. Damit gesicherte Aussagen möglich werden, ist eine Wirkungskontrolle nach maximal 5 Jahren vorgesehen. Wenn eine sehr günstige, schnelle Entwicklung zu beobachten ist und der Rhein in der Beobachtungspause einige Hochwasser führt, kann die Wirkungskontrolle früher angesetzt und die Realisierung der 2. Etappe früher angegangen werden.

Falls in der Beobachtungspause wider Erwarten grosse neue Projektrisiken auftauchen würden, könnte als äusserste Option ein Verzicht auf die Maienfelder Teilaufweitung diskutiert werden, womit die 2. Etappe auf die Fertigstellung der Bad Ragazer Aufweitung reduziert würde (Lose 3+4). Ein vollständiger Verzicht auf die 2. Etappe wäre aber auch in einem solchen Fall nicht zu empfehlen, da die Bad Ragazer Teilaufweitung nach der 1. Etappe nur in einer begrenzten Länge verbleiben würde und ihr dynamisches Potential nicht voll entfalten könnte.

Die Dauer der langfristigen Entwicklung nach Bauende bis zum Erreichen des Endzustands, d.h. bis zur vollständigen Erosion der Waldinseln, hängt stark von der Hochwasserführung des Rheins ab. Sie wird zu etwa 25 Jahren abgeschätzt. Der Endzustand wird somit rund 35-40 Jahre nach Baubeginn erreicht werden.

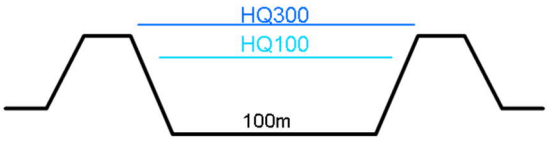
4.1.10 Tiefere und robustere Dämme

Wie bereits in den Kap. 2.1.2 und 2.2.6 aufgezeigt, führte die langjährige Sohleneintiefung einerseits zu einer Überkapazität des Gerinnes und andererseits zu einer Destabilisierung der Ufer. Die heutigen Dämme sind im Vergleich zum erforderlichen Schutzziel und zu den minimal erforderlichen Freiborden zu hoch, und werden bei Hochwasser nicht mehr oder kaum mehr beansprucht, da die Hochwasserspiegel erst ab etwa einem HQ_{300} über die Höhe des luftseitig anschliessenden Terrains verlaufen.

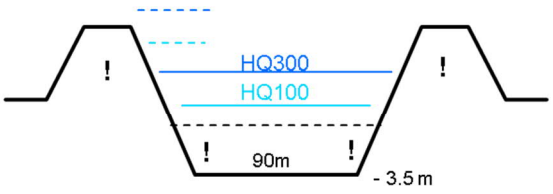
Die Abbildung 26 zeigt schematisch auf, warum die ursprüngliche Dammhöhe heute nicht mehr erforderlich ist, weder im heutigen Ausgangszustand noch im künftigen aufgeweiteten Projekt- bzw. Endzustand.

Sowohl die neuen, abgerückten Dämme wie auch die an der heutigen Linie verbleibenden Dämme können somit abgesenkt bzw. niedriger als die bestehenden Dämme ausgeführt werden, und erfüllen trotzdem ein überdurchschnittlich hohes Sicherheitsniveau und bieten eine genügende Sicherheitsreserve zur vollständigen Abdeckung der vorhandenen Unsicherheiten. Der durch die Absenkung freiwerdende Raum wird für eine Abflachung der Dammböschungen verwendet, wodurch die heute ungenügende Dammstabilität auf einfache Weise wiederhergestellt wird. Zudem werden die neuen Dammquerschnitte auf der Mehrheit der Uferlängen als überströmsichere Querschnitte ausgeführt und sind auch im Überlastfall entsprechend robust.

Zustand um ca. 1900 nach der Korrektion und dem Bau der Hochwasserschutzdämme. Die Sohlenlage ist hoch, und das Gerinne bot eine Abflusskapazität von rund HQ_{100}.



Heutiger Ausgangszustand mit stark abgesenkter Sohle und stark abgesenkten Hochwasserspiegeln. Die theoretische Abflusskapazität von >>HQ_{300} kann aufgrund des schlechten Ufer- und Dammzustands nicht ausgenutzt werden.



Künftiger aufgeweiteter Projektzustand mit breiterem Abflussquerschnitt. Die Hochwasserspiegel bleiben tief, trotz der teilweisen Wiederauflandung der Sohle. Die neuen Dämme können tiefer und robuster ausgebildet werden.

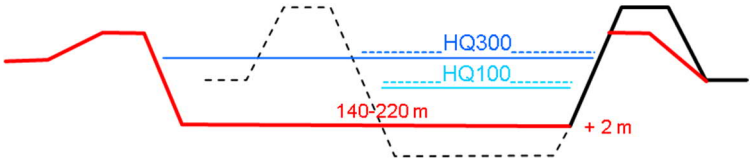


Abbildung 26: Schematische Darstellung der Entwicklung der Sohle, WSP und Gerinnebreite

4.1.11 Das Freibord als hydraulische Sicherheitsreserve

Die sich bei sehr grossen Hochwasserereignissen einstellenden Wasserspiegellagen hängen von vielen unsicheren hydraulischen Faktoren wie Vegetationsentwicklung, Sohlenlage und Rauigkeit ab und können am Rhein nur mit einer Unschärfe vorausgesagt werden, insbesondere auch im aufgeweiteten und dynamischen Zustand einer Flussaue. Die für die Dimensionierung der Dammhöhen ermittelte massgebende Wasserspiegellage wird zwar bestmöglich mit dem erwarteten und als wahrscheinlich angenommenen Referenzszenario (Kap. 4.2.5) prognostiziert, aber die in der Natur tatsächlich auftretende Wasserspiegellage kann davon abweichen.

Aus diesem Grund, sowie zur Abdeckung dynamischer Effekte wie Wellenbildungen, müssen die Dammhöhen eine genügende Sicherheitsreserve aufweisen, was mit der Vorgabe eines minimal erforderlichen Freibords sichergestellt wird. Dieses Freibord ist zum Dimensionierungswasserspiegel dazuzuschlagen.

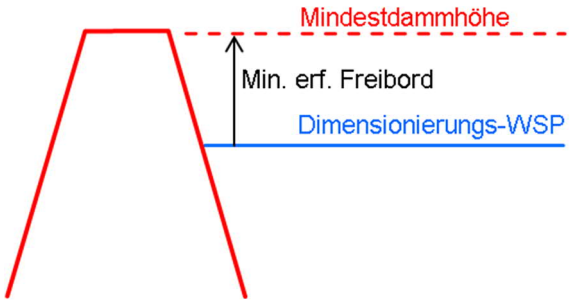


Abbildung 27: Dimensionierungs-WSP, minimal erforderliches Freibord, Mindestdammhöhe

Die Werte des minimal erforderlichen Freibords sind im Kap. 3.2.4 vorgegeben. Sie sind im Vergleich zu anderen grossen Flussbauprojekten relativ hoch und können den Unschärfen und Unsicherheiten am Alpenrhein Rechnung tragen. Die Nähe zur Landquartmündung und das damit einhergehende Risiko erhöhter Sohlenlagen bei einem übermässigen Geschiebeeintrag rechtfertigen die höheren Werte für die obere Maienfelder Teilaufweitung.

4.1.12 Überströmsicherung für den Überlastfall

Ein aus Erdmaterial geschütteter, nicht gegen Erosion gesicherter Damm kann durch überschwappendes oder überströmendes Wasser zerstört werden. Die dabei entstehende Bresche führt im Überflutungsgebiet zu einer plötzlichen, schnellen Überflutung und zum Ausfliessen grosser Wassermengen. Deshalb muss das Freibord bei einem nicht überströmsicheren Damm zusätzlich zu den Unsicherheiten in der Wasserspiegellage auch dynamische Effekte wie Wellenbildungen abdecken.

Die Dämme und Ufer auf beiden Seiten der Rheinaufweitung werden auf weiten Strecken überströmsicher ausgebildet und versagen auch dann nicht, wenn im Überlastfall Wasser über den Damm bzw. das Ufer austritt:

- Linkes Ufer: km 24.20 – 26.90
- Rechtes Ufer: km 23.80 – 26.25

Die Dämme sind meistens so flach und so niedrig, dass sie keine zusätzliche Überströmsicherung benötigen, da überschwappendes Wasser keine grosse Dammbresche und keine Flutwelle verursachen kann. Dämme mit luftseitiger Höhe kleiner als 1 m benötigen daher in Absprache mit dem Auftraggeber keine zusätzliche Überströmsicherung. In Abschnitten mit grösserer luftseitiger Dammhöhe wird die Überströmsicherung durch eine Böschungsabflachung und eine in den Damm eingebaute Schroppenlage sichergestellt (vgl. Normalprofil Dossierbeilage 10.04).

4.1.13 Restfreibord im Überlastfall

Zur Gewährleistung der Systemsicherheit und zur robusten Bewältigung des Überlastfalls wird auch bei einem Extremereignis EHQ_A oder EHQ_B ein minimales Restfreibord oder zumindest ein rechnerisch bordvoller Abfluss gewährleistet. Damit wird sichergestellt, dass die überströmsicheren Dämme nach Möglichkeit erst ab dem EHQ_A überströmt werden, und die nicht überströmsicheren Dämme auch bis zum äussersten Extremereignis EHQ_B nach Möglichkeit nicht überströmt werden.

Es werden folgende Werte vorgegeben, welche für den ganzen Abschnitt des Perimeters gelten (vgl. dazu auch die Dammhöhen Kap. 4.2.6 und Verhalten im Überlastfall Kap. 5.5.2 und 5.5.4):

- Linke Uferseite:
  - Für überströmsichere Dämme oder Ufer: Restfreibord 0.0 m auf dem WSP EHQ_A (rechnerisch bordvoller Abfluss)
  - Für nicht überströmsichere Dämme: Restfreibord 0.0 m auf dem WSP EHQ_B (rechnerisch bordvoller Abfluss)
- Rechte Uferseite:
  - Für überströmsichere Dämme oder Ufer: Restfreibord 0.2 m auf dem WSP EHQ_A
  - Für nicht überströmsichere Dämme: Restfreibord 0.0 m auf dem WSP EHQ_B (rechnerisch bordvoller Abfluss)

Der Grund für das etwas höhere Restfreibord auf der rechten Maienfelder Seite liegt in der Bedeutung der rechtsufrig verlaufenden Autobahn als wichtiges Verbindungselement der Notfallplanung. Wie die Überflutungsrechnung Kap. 5.5.4 und Anhang 11 zeigt, wird sie dadurch im Überlastfall zwar auch überflutet, aber die geringe Überflutungstiefe von einige Zentimetern erlaubt immer noch ein möglichst langes Befahren mit Fahrzeugen der Notorganisationen.

4.1.14 Konzept neue Ufersicherung

Da die hydraulische Belastung auf der Uferböschung gegen oben hin abnimmt, ist es nicht nötig, die ganze wasserseitige Böschung mit einem Blockwurf bzw. Blocksatz abzudecken. Um Material- und Baukosten zu sparen, sieht das Konzept der neuen Ufersicherung deshalb eine Dreiteilung der wasserseitigen Böschung vor:

Der untere Teil der Böschung ist mitsamt dem Kolkbereich einer grossen Belastung durch das fliessende Wasser (Schleppspannungen, Turbulenzen) sowie durch den Geschiebetrieb ausgesetzt. Hier kommt ein mineralischer Uferschutz mit genügend schweren Wuhrsteinen (Felsblöcke) zum Einsatz.

Der mittlere Teil der Böschung ist einer verminderten hydraulischen Belastung ausgesetzt und liegt über dem Geschiebetrieb. Hier kann der Erosionsschutz entweder durch einen kontrollierten und unterhaltenen ingenieurbiologischen Bewuchs oder durch eine Abdeckung bzw. Rollierung aus Bollensteinen oder Schroppen (kleine Steinblöcke) gewährleistet werden. Je nach Art der Abdeckung ergibt sich eine unterschiedliche Abgrenzung zum Blockwurf im unteren Teil der Böschung (Niveau 2, vgl. Kap. 4.2.9).

In Uferabschnitten, welche gemäss Gestaltungsplan aus Gründen der Biodiversität offen und besonnt bleiben sollen, wird die Rollierung aus Bollensteinen bzw. Schroppen angewendet, in den verbuschenden Abschnitten hingegen die Ingenieurbiologie bevorzugt. Art und Ausführung der ingenieurbiologischen Bauweise ist Gegenstand des nachfolgenden Detailprojekts.

Der obere Teil der Böschung ist so geringen Strömungsbelastungen ausgesetzt, dass der Erosionswiderstand einer beliebigen Grasvegetation oder des kiesigen Untergrundmaterials ausreicht. Hier sind somit keine besonderen technischen Erosionsschutzmassnahmen notwendig, und die Vegetation und Bodenbedeckung kann ausschliesslich auf die Artenvielfalt ausgerichtet werden.

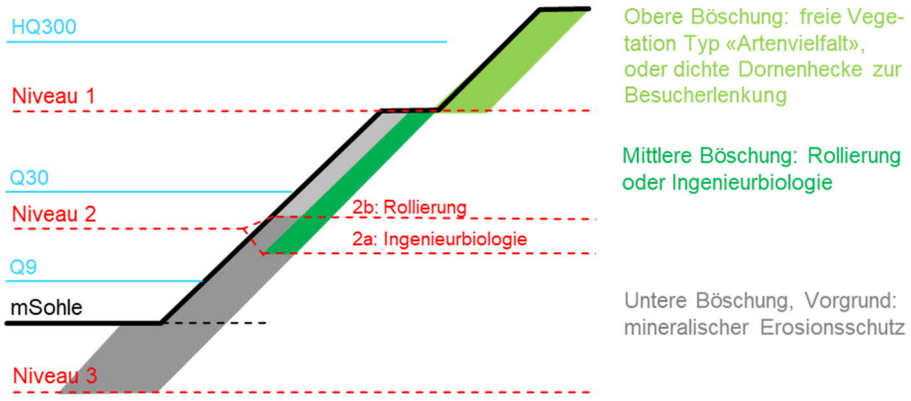


Abbildung 28: Zonierung der wasserseitigen Uferböschung, mitsamt der massgebenden Niveaux 1, 2a, 2b und 3 (vgl. Kap. 4.2.9).

Im mittleren Teil der Böschung bietet der dichte ingenieurbiologische Bewuchs eine Synergie zwischen der Funktion Erosionsschutz (Ufersicherung) und der Funktion der Zutrittsbehinderung (Besucherlenkung, vgl. Kap. 4.1.17 und Dossierbeilage Nr. 4.11).

4.1.15 Stabilitätsnachweise für die Ufersicherung

In analoger Weise wie die Dammhöhen müssen auch sämtliche Nachweise für die Uferstabilität den vorhandenen hydraulischen Unsicherheiten und Unschärfen genügend Rechnung tragen. Im vorliegenden Projekt erfolgt dies dadurch, dass auf der Belastungsseite das minimal erforderliche Freibord auf den Dimensionierungswasserspiegel hinzugezählt wird, und auf der Widerstandsseite ein gemäss Literatur genügend hoher Sicherheitsfaktor einzuhalten ist.

Zudem sind auch für die Ufersicherung die Grundsätze der Systemsicherheit einzuhalten, d.h. im Überlastfall darf es nicht zu einem Kollaps und zu einer unkontrollierten Eskalation des Schadens kommen.

Konkret bedeutet dies im vorliegenden Projekt, dass der Erosionswiderstand der Uferböschung oder die Blockgrösse des Blockwurfs die beiden folgenden Lastfälle abdecken muss:

- Mit einem Energieliniengefälle HQ_{300} und einer Wassertiefe gemessen ab WSP HQ_{300} zuzüglich minimal erforderliches Freibord muss ein Sicherheitsfaktor von mindestens 1.15 resultieren.
- Mit einem Energieliniengefälle EHQ_B und einer Wassertiefe gemessen ab WSP EHQ_B ohne Freibord muss noch ein reduzierter Sicherheitsfaktor von mindestens 1.05 erfüllt sein.

Beim Nachweis der Blockwurfstabilität am Böschungsfuss ist eine Wassertiefe bis an die Unterkante des vollständig ausgebildeten Maximalkolks vorauszusetzen.

4.1.16 Strömungslenkende Elemente der Ufersicherung

Der mineralische Erosionsschutz im unteren Teil der wasserseitigen Böschung wird auf dem überwiegenden Anteil der Uferlängen in Form eines linearen Längsblockwurfs erstellt, wie er bereits heute entlang fast aller Rheinufer zur Anwendung kommt. An besonderen Uferabschnitten sind jedoch dreidimensionale Blocksatz-Strukturen vorgesehen, welche zusätzlich zur Funktion des Erosionsschutzes auch eine strömungslenkende Funktion entfalten sollen:

- Fünf nicht überströmte Leitwerke entlang des rechten Prallufers km 23.95 – 24.23, welche die Hauptströmung durch die Kurvenaussenseite lenken.
- Drei überströmte, inklinante und kontinuierlich länger werdende Buhnen rechts km 24.25 – 24.35, welche die Hauptströmung aus der Kurvenaussenseite abfangen und einen Impuls in Richtung Flussmitte und linkes Ufer vorgeben. Dies erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass der Auslauf des Unterwasserkanals des Kraftwerks Sarelli immer im Bereich einer Talweg-Rinne liegt.
- Sechs überströmte, inklinante Buhnen links km 25.77 – 25.96, welche verhindern, dass die Hauptströmung des Rheins in die dreieckförmige Ausbuchtung bei der Teilbächlimündung hineinprallt. Sie schützen gleichzeitig das dortige Flachufer mitsamt Bachdelta und Amphibienbiotopen vor einer Erosion durch den Rhein.

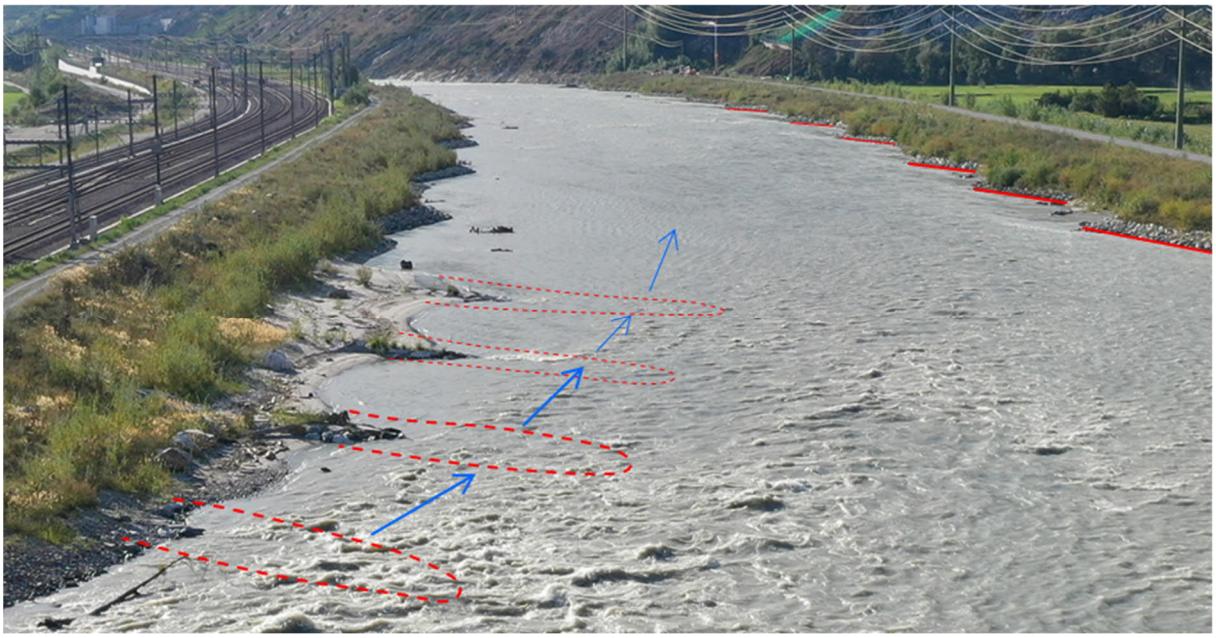


Abbildung 29: Beispiel einer Ufersicherung mit Lenkungswirkung: vier überströmte Buhnen links im Vordergrund und Leitwerke im Hintergrund. (Rhonekorrektion Visp, Los 5; Foto Kantonales Amt für Rhonewasserbau KAR3)

4.1.17 Konzept Besucherlenkung

(siehe auch Dossierbeilagen Nrn. 4.11, 7.1, 7.2, 7.4, 7.5, 7.9, 10.1, 10.2 – 10.8)

Mit der Aufweitung Maienfeld / Bad Ragaz wird eine neue attraktive Flusslandschaft geschaffen, die Erholungssuchende anziehen wird. Erfahrungsgemäss suchen die Besucher den Zugang zum Wasser. Das Flussbett ist aber gleichzeitig auch Lebensraum von seltenen, zu fördernden Tierarten, welche zudem oft im hohen Mass störungsanfällig sind.

Zur Entschärfung dieses potentiellen Nutzungskonflikts sieht das Projekt eine Besucherlenkung vor, welche in der Dossierbeilage Nr. 4.11 im Detail beschrieben wird. Deren wesentliche Elemente sind:

- Die Erholungsnutzung ist primär auf den Dämmen und entlang der Uferwege vorgesehen.
- Definition von Teilgebieten «Vorrang Natur» sowie «Natur und Erholung» (Dossierbeilage 7.9).

- Der Zugang zum Flussbett wird im Teilgebiet «Vorrang Natur» untersagt. Es wird nicht abgezäunt, aber mittels Lenkungsmassnahmen vor einem Zutritt geschützt:
  - Dichte, dornige Hecke oder Benjeshecke als Zutrittsbehinderung entlang der Dammwege, v.a. in Abschnitten mit Geschiebebänken.
  - Mit Blockwurf belegte Steilufer entlang Kolkabschnitten behindern bzw. verunmöglichen das Gehen entlang der Wasserlinie.
  - Temporäre Absperrung besonders störungsempfindlicher Bereiche mittels Warnbändern oder Schafzäunen, z.B. zum Schutz von Brutgelegen.
  - Drei grosse Kiesinseln sowie die grosse Waldinsel im mittleren Teil der Bad Ragazer Teilaufweitung werden durch ständig wasserführende Seitengerinne bzw. Nebenarme vor einem Zutritt geschützt.
- Entlang der Uferwege befinden sich Aussichtsplattformen oder Sichtfenster mit tief gehaltenen Hecken, welche interessante Einblicke in die Flusslandschaft ermöglichen, ohne dass von den Besuchern eine störende Wirkung ausgeht.
- In den beiden Teilgebieten «Natur und Erholung» ist ein rücksichtsvolles Naturerlebnis mit Aufenthalt am Wasser möglich.

Die Installationen entlang der Ufer, insbesondere Hecken und Aussichtsplattformen, haben permanenten Charakter und werden unterhalten sowie gegen Hochwasser und gegen die Flussdynamik gesichert.

Im ganzen Bereich des Flussbetts hat die natürliche Auen- und Flussdynamik absoluten Vorrang und wird auch im Teilgebiet «Natur und Erholung» nicht behindert. Zugänge zum Wasser werden nicht gegen die Erosion oder das Hochwasser geschützt.

Das Konzept Besucherlenkung befasste sich bislang mit der vordringlichen Frage der auf dem Landweg in die Aufweitung gelangenden Besucher. Für die per Kanu oder Schlauchboot ankommenden Besucher wird in einer späteren Projektphase eine Regelung gesucht.

4.2 Projektierungsgrundlagen

4.2.1 Sohlenmorphologische Modellierungen

Die sohlenmorphologischen Modellierungen wurden beim Spezialistenbüro Hunziker, Zarn + Partner AG durchgeführt und sind im Detailbericht Dossierbeilage Nr. 4.1 beschrieben. Es wurden das globale 1d-Geschiebetransportmodell des Alpenrheins von Reichenau bis zum Bodensee und ein lokales 2d-Geschiebetransportmodell des Projektperimeters mitsamt flussaufwärts anschliessenden Abschnitten der Rheinaue Mastrils und der Landquart verwendet.

Die Berechnungen mit dem 1d-Modell erfolgten über eine Simulationsdauer von 43 Jahren mit der Dauer-Ganglinie 1974 – 2016, womit ein dynamischer Gleichgewichtszustand sicher erreicht wurde. Die Ziele der Berechnungen waren:

- Optimierung der Bestvariante hinsichtlich Sohlenlage und Geschiebetransport (vgl. Kap. 4.1.8).
- Ermittlung der langfristig im Endzustand zu erwartenden Sohlenlage der Bestvariante Dez_19 (mittlere Sohle; wahrscheinliches Referenzszenario, vgl. Kap. 4.2.5).
- Abschätzung der möglichen Variation der mittleren Sohlenlage durch Sensitivitätsberechnungen sowie durch Analyse des zeitlichen Verlaufs während der Simulationszeit von 43 Jahren.

Die Berechnungen mit dem 2d-Modell erfolgten ausgehend von einer ebenen Sohle mit einem konstanten Hochwasserabfluss von 900 m^3/s (jährliches Hochwasser HQ_1) über eine Dauer von mehreren Tagen, bis sich eine konstante Sohlenmorphologie einstellte.

Die 2d-Berechnungen ergaben ein mögliches Bild der sich im Endzustand ausbildenden Sohlenmorphologie und Hinweise für die zu erwartenden Bankhöhen und Kolktiefen. In der Realität kann die Ausbildung der Niederwasserrinnen und Geschiebebänke jedoch nicht exakt vorausgesagt werden, da sie von Zufälligkeiten geprägt sein wird und sich ständig verändern

kann und soll. Zudem sind 2d-Modelle nur bedingt geeignet, um dreidimensionale Sohlenstrukturen zuverlässig vorherzusagen.

4.2.2 Mittlere Sohlenlage Endzustand, vertikaler Sohlenversatz

Die aus der 1d-Berechnung erhaltene mittlere Sohlenlage des Endzustands wurde für die nachfolgenden hydraulischen Berechnungen eingesetzt (wahrscheinliches Referenzszenario) und diente als Dimensionierungsgrundlage für die maschinell einzubauende Projektsohle. Sie ist in der Tabelle Anhang 5 aufgeführt und in den Längenprofil- und Querprofilplänen eingetragen.

Die aus der Sensitivitätsanalyse hervorgegangenen Sohlenlagen dienten, wiederum nach Einbau und Berechnung im hydraulischen 1d-Modell, zur Abschätzung der am Rhein zu erwartenden Unsicherheiten und Unschärfen bei der Prognose der Wasserspiegellagen, und somit zur Festlegung der minimal erforderlichen Freiborde (Kap. 4.1.11, Anhang 6).

Innerhalb der Aufweitung wird sich ein höheres Sohlengefälle einstellen als im heutigen Rheingerinne. Der Grund für diese Gefällserhöhung liegt im breiteren Abflussquerschnitt und der damit einhergehenden Abnahme der Geschiebetransportkapazität. Diese führt zu einer Auflandung der Sohle, bis die Geschiebetransportkapazität durch das höhere Gefälle wieder ausgeglichen und die Geschiebekontinuität wiederhergestellt ist.

Aus diesem Grund wird die Sohle des Endzustands in der Aufweitung wesentlich höher sein als heute und einen vertikalen Sohlenversatz ausbilden. Gemäss den Resultaten des 1d-Modells ist in der unteren Bad Ragazer Teilaufweitung eine Sohlenhebung von ungefähr 1.5 m zu erwarten, während sie in der oberen Maienfelder Teilaufweitung rund 2 m betragen wird.

Die Ausbildung des vertikalen Sohlenversatzes ist die Folge der Hydraulik und des Geschiebetransports des Rheins und wird auf jeden Fall entstehen. Seine natürliche Ausbildung würde jedoch eine lange Zeit beanspruchen und dabei die natürliche Geschiebefracht zu einem grossen Teil zurückhalten, mit entsprechenden negativen Konsequenzen für den abwärts anschliessenden Flussabschnitt. Um zu verhindern, dass mit der Aufweitung über Jahre hinaus eine Geschiebefalle entsteht, sieht das Projekt vor, den vertikalen Sohlenversatz zu einem grossen Teil bereits während der Bauarbeiten einzubauen (vgl. Kap. 4.3.3). Damit ist gewährleistet, dass bereits im Projektzustand unmittelbar nach dem Bau die natürliche Geschiebekontinuität wieder gewährleistet ist.

4.2.3 Hydraulische Berechnungen

Die für die Dimensionierung der Projektmassnahmen massgebenden Wasserspiegel HQ_{30}, HQ_{100}, HQ_{300}, EHQ_A und EHQ_B wurden ebenfalls beim Büro Hunziker, Zarn + Partner AG mit Hilfe eines 1d-Staukurvenmodells berechnet, wobei das wahrscheinliche Referenzszenario des Endzustands massgebend war (vgl. Kap. 4.2.5). Daneben erfolgten in einer Sensitivitätsanalyse weitere Berechnungen unter Variation der hydraulischen Parameter Sohlenlage, Breite des hydraulischen Querschnitts, lokale Verengungen durch einwachsende Vegetation und Kolkbildung bei der Verengung km 24.8-24.9. Diese zeigten das Ausmass einer möglichen Streuung der Wasserspiegellagen und halfen mit, das für den Perimeter massgebende minimal erforderliche Freibord festzulegen (Kap. 3.2.4).

Eine weitere hydraulische Berechnung des Flussgerinnes im End- und im Projektzustand erfolgte beim Spezialistenbüro TK CONSULT AG zwecks Kopplung mit dem hydrogeologischen Modell. Als äussere Randbedingung für die Infiltrationsverhältnisse in das Grundwasser wurde je eine Niederwasser-, Mittelwasser- und Hochwassersituation berechnet.

Die maschinell zu gestaltende Sohlentopografie des Projektzustands (vgl. Kap. 4.3.3) wurde bei Niederer+Pozzi Umwelt AG in ein hydraulisches 2d-Modell verwandelt, um damit die benetzten Flächen bei verschiedenen Nieder- und Mittelwasserabflüssen sowie bei einem Schwall/Sunk-Tagesgang zu ermitteln. Die Berechnungsresultate dienten informativen Zwecken und wurden nicht zur hydraulischen Dimensionierung von Massnahmen verwendet.

4.2.4 Abflusswirksamer Querschnitt (Regimebreite)

Im dynamischen Auengebiet wird an geschützten, durch Hochwasser und Überflutungen wenig beanspruchten Flächen längerfristig ein Auenwald aufkommen, dessen dichtes Gehölz den Hochwasserabfluss behindern kann. Der Fluss wird jedoch mit häufigen Hochwassern selbstständig dafür sorgen, dass ein gewisser Querschnitt immer offen und abflusswirksam bleibt. Die Breite dieses Querschnitts ist zeitlich und örtlich variabel, bewegt sich aber um einen mittleren Wert (Regimebreite). Diese Regimebreite wurde vom Hydraulikspezialisten im Rahmen des Vorprojekts auf 150 m geschätzt ([2]).

Während in der Maienfelder Teilaufweitung mit Sohlenbreite maximal 145 m das gesamte Gerinne als abflusswirksam angenommen wird, rechnet die hydraulische Dimensionierung in der breiteren Bad Ragazer Teilaufweitung nur mit einer durchflossenen Sohlenbreite von maximal 150 m und nimmt sicherheitshalber an, dass die übrigen Bereiche des Gerinnes nicht durchströmt werden (Maximalannahme auf sicherer Seite).

Die Breite des abflusswirksamen Querschnitts ist örtlich und zeitlich variabel und kann sowohl generell wie auch lokal enger sein als die für die hydraulische Dimensionierung angenommene Sohlenbreite. Die entsprechende Unsicherheit wurde mittels hydraulischer Sensitivitätsrechnungen abgeschätzt und ist im erforderlichen Freibord enthalten.

Gehölzflächen sind nur dann nicht mehr abflusswirksam, wenn sie genügend dicht sind, kaum mehr durchströmt werden und keinen nennenswerten Beitrag mehr zum Hochwasserabfluss leisten. Lockeres Gebüsch und flexible, biegsame Vegetation werden hingegen auch innerhalb des abflusswirksamen Querschnitts aufkommen und haben dort nur einen Einfluss auf die Formrauigkeit des Gerinnes, was in den Dimensionierungsannahmen berücksichtigt ist.

4.2.5 Massgebende Wasserspiegellagen (Referenzszenario)

Für die Dimensionierung der Dämme und Ufersicherungen wurden diejenigen Sohlen- und Wasserspiegellagen verwendet, welche sich aus der Berechnung des am wahrscheinlichsten angenommenen zukünftigen Zustands ergaben. Dieser als wahrscheinliches Referenzszenario bezeichnete Zustand charakterisiert sich wie folgt:

- Gerinne im Endzustand, d.h. vollständig aufgeweitet und mittlere Endsohlenlage im dynamischen Gleichgewicht.
- Regimebreite von durchschnittlich 150 m, welche der Rhein selbstständig vor dichter Gehölzvegetation freihalten kann. In der Bad Ragazer Teilaufweitung, welche Sohlenbreiten von mehr als 150 m aufweist, wurde die Überbreite ausserhalb des 150 m breiten Korridors als weitgehend undurchlässig modelliert (Annahme auf sicherer Seite). In der nur 145 m breiten Maienfelder Teilaufweitung kam die Regimebreite nicht zur Anwendung.
- Verengung bei km 24.8-24.9 beim Übergang von der Maienfelder in die Bad Ragazer Teilaufweitung; mit entsprechendem Verengungskolk.
- Gleich bleibender heutiger Geschiebeeintrag aus der Mastrilser Rheinaue und aus der Landquart; ohne erhöhten Eintrag aus der Landquart.
- Fortführung der heutigen Geschiebeentnahme bei der Landquartmündung von rund 18'000 m^3/Jahr, und zusätzliche Geschiebeentnahme zur Kontrolle der Sohlenlage in der Aufweitung, je nach Sohlenlage im Umfang von maximal 15'000 m^3/Jahr.
- Im Vergleich zum heutigen Zustand erhöhte Formrauigkeit des dynamischen Gerinnes. Diese Rauigkeitszunahme wurde vom Modellierer mit einem pauschalen Höhenzuschlag von 30 cm auf die Rohresultate des 1d-Modells (WSP und EL) berücksichtigt. Alle massgebenden Hochwasserspiegellagen des Projekts von HQ_{30} bis EHQ_B berücksichtigen diesen gleichen Zuschlag.

4.2.6 Höhenkoten der neuen Dämme

Gestützt auf die Freibordvorgaben in den Kapiteln 3.2.4, 4.1.11 und 4.1.13 werden die neuen Mindestdammhöhen wie folgt festgelegt:

Überströmsichere Dämme oder Ufer müssen folgende Mindesthöhe aufweisen:

- Oberer Abschnitt km 23.636 – 24.90:
  - Linke Seite (Bad Ragaz):
    - WSP HQ_{300} Endzustand + 1.2 m oder
    - WSP EHQ_A Endzustand + 0.0 m (das Höhere entscheidet)
  - Rechte Seite (Maienfeld):
    - WSP HQ_{300} Endzustand + 1.2 m oder
    - WSP EHQ_A Endzustand + 0.2 m (das Höhere entscheidet)
- Unterer Abschnitt km 25.00 – 26.95:
  - Linke Seite (Bad Ragaz):
    - WSP HQ_{300} Endzustand + 1.1 m oder
    - WSP EHQ_A Endzustand + 0.0 m (das Höhere entscheidet)
  - Rechte Seite (Maienfeld):
    - WSP HQ_{300} Endzustand + 1.1 m oder
    - WSP EHQ_A Endzustand + 0.2 m (das Höhere entscheidet)

Nicht überströmsichere Dämme müssen folgende Mindesthöhe aufweisen:

- Oberer Abschnitt km 23.636 – 24.90:
  - Beidseitig:
    - WSP HQ_{300} Endzustand + 1.7 m oder
    - WSP EHQ_B Endzustand + 0.0 m (das Höhere entscheidet)
- Unterer Abschnitt km 25.00 – 26.95:
  - Beidseitig:
    - WSP HQ_{300} Endzustand + 1.4 m oder
    - WSP EHQ_B Endzustand + 0.0 m (das Höhere entscheidet)

Die Höhenkoten der neuen Dämme sind in der Längenprofil-Tabelle Anhang 5 aufgelistet. Massgebend für die Bestimmung der Dammhöhen sind die Wasserspiegellagen des Referenzszenarios im Endzustand (vgl. Kap. 4.2.5).

Die neuen Dämme werden auf der überwiegenden Länge robust und überströmsicher ausgebildet, was dank des niederen und flachen Dammquerschnitts ohne wesentliche Kostenfolge möglich ist (Kap. 0).

Zur kontrollierten Bewältigung des Überlastfalls ab EHQ_A wird das rechte Ufer um maximal 0.2 m höher als das linke Ufer ausgebildet (Kap. 4.1.13). Diese leichte Asymmetrie kann die Maienfelder Seite nicht vor Wasseraustritten und Überflutungen im Überlastfall schützen, kann aber dafür sorgen, dass bei einem Extremereignis die für die Notfall-Einsatzkräfte wichtige Autobahn so lange wie möglich schwach überflutet und somit befahrbar bleibt.

4.2.7 Nachweis Dammhöhe im Projektzustand

Im Projektzustand nach dem Bau der 1. und der 2. Etappe ist die Abflusskapazität des Endzustands noch nicht überall voll ausgebildet, da zu diesem Zeitpunkt die eigendynamische Aufweitung erst einsetzt und das Gerinne noch nicht bis zur vollen Breite aufgeweitet ist.

In den beiden Projektzuständen 1., und 2. Etappe sind die minimal erforderlichen Freiborde gemäss Kap. 3.2.3 ebenfalls einzuhalten. Da es sich aber um temporäre Übergangszustände handelt, die maximal etwa 20 Jahre andauern werden, dürfen sie statt auf das 300-jährliche auf das 100-jährliche Ereignis angewendet werden.

In den beiden Projektzuständen der 1. und 2. Etappe waren daher die folgenden Nachweise zu erbringen, dass die auf den Endzustand ausgelegten Dämme die folgenden Bedingungen ebenfalls erfüllen.

Nachweis Projektzustände für überströmsichere Dämme oder Ufer:

- Oberer Abschnitt km 23.636 – 24.90:
  - Beidseitig: WSP HQ_{100} Projektzustand + 1.2 m
- Unterer Abschnitt km 25.00 – 26.95:
  - Beidseitig: WSP HQ_{100} Projektzustand + 1.1 m

Nachweis Projektzustände für NICHT überströmsichere Dämme:

- Oberer Abschnitt km 23.636 – 24.90:
  - Beidseitig: WSP HQ_{100} Projektzustand + 1.7 m
- Unterer Abschnitt km 25.00 – 26.95:
  - Beidseitig: WSP HQ_{100} Projektzustand + 1.4 m

Die neuen, auf den Endzustand ausgelegten Dammhöhen erfüllen diese Nachweise und mussten daher nicht zusätzlich überhöht werden (siehe auch Längenprofil Anhang 5).

4.2.8 Maximale Kolktiefen und Bankhöhen

Es werden die rechnerischen Kolktiefen gemäss dem Detailbericht Hydraulik und Morphologie (Dossierbeilage 4.1) vorgegeben, vgl. Abbildung 30. Diese werden ab der mittleren Sohle im Endzustand gemessen und sind abhängig von der morphologisch aktiven Sohlenbreite im Endzustand, d.h. dem Abstand zwischen den neuen Uferverbauungen ohne Berücksichtigung einer Regimebreite Vegetation. Die Werte in Abbildung 30 entsprechen dem 5%-Fraktil der tiefsten Punkte im Sohlenquerschnitt, d.h. auf 5% der Gerinnelänge können sie erreicht oder überschritten werden.

Im aufgeweiteten Rheingerinne sind die neuen Ufer gegen beträchtliche maximale Kolktiefen abzusichern:

- Maienfelder Teilaufweitung mit Sohlenbreite max. 145 m: bis zu -5 m, gemessen ab der mittleren Sohle Endzustand.
- Bad Ragazer Teilaufweitung mit Sohlenbreite max. 228 m: bis zu -7 m, gemessen ab der mittleren Sohle Endzustand.

Umgekehrt können die Geschiebe- und Sandbänke in ihren höchsten Bereichen zu beträchtlicher Höhe anwachsen:

- Maienfelder Teilaufweitung mit Sohlenbreite max. 145 m: bis zu +2.2 m, gemessen ab der mittleren Sohle Endzustand.
- Bad Ragazer Teilaufweitung mit Sohlenbreite max. 228 m: bis zu +3 m, gemessen ab der mittleren Sohle Endzustand.

Die Amplitude zwischen tiefsten und höchsten Sohlenpunkten beträgt damit bis zu 7.2 bzw. 10 m und unterstreicht die Variabilität in der künftigen Sohlenmorphologie.

Der rechtsufrig an der Kurvenaussenseite km 23.636-24.20 zu erwartende Kurvenkolk entsteht aus denselben hydraulischen und sedimentologischen Prozessen wie die morphologischen Kolke im verzweigten Gerinne. Es wird daher davon ausgegangen, dass er in den Kolktiefen gemäss Abbildung 30 bereits abgedeckt ist und nicht nochmals zusätzlich dazuzuzählen ist.

Der sich im obersten Abschnitt der Aufweitung entlang des rechten Ufers wieder einstellende Kurvenkolk wurde mit den dafür geeigneten Formeln auf rund 3.4-3.8 m abgeschätzt. Er ist somit eher geringer als der dort erwartete morphologische Kolk von 4.0-4.5 m und wird durch die Kolktiefen in Abbildung 30 automatisch mit abgedeckt.

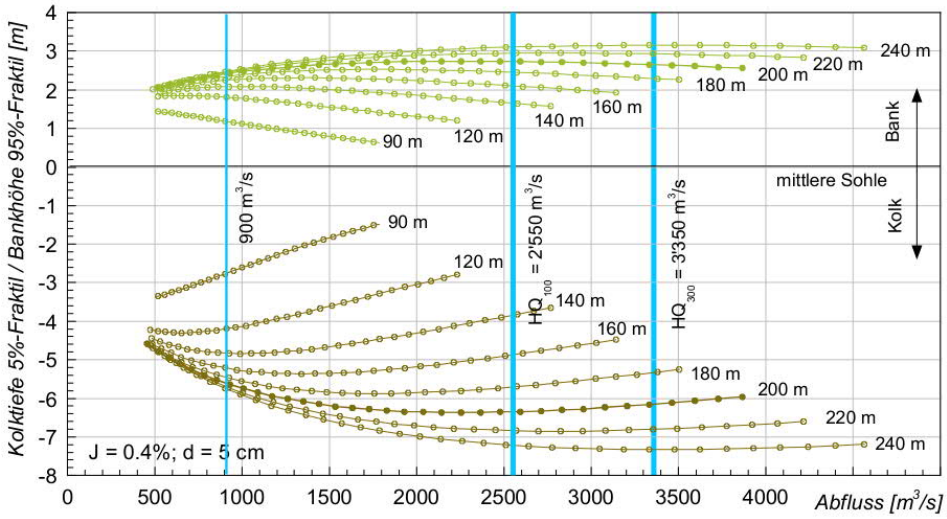


Abbildung 30: Kolktiefen 5%-Fraktil und Bankhöhen 95%-Fraktil in Abhängigkeit des Abflusses für verschiedene Bettbreiten (aus Dossierbeilage 4.1).

4.2.9 Massgebende Niveaux für die Ufersicherung

Die Niveaux 1 – 3, welche die drei Zonen der wasserseitigen Böschung (Kap. 4.1.14, Abbildung 28) abgrenzen, gingen aus den hydraulischen Berechnungen der Wasserspiegellagen sowie aus den 5%-Kolktiefen der Abbildung 30 hervor und sind im Anhang 7 detailliert beschrieben.

Die Niveaux 1 und 2 richten sich im Wesentlichen nach dem Erosionswiderstand der Böschungsoberfläche in der jeweiligen Zone. Es sind die Dimensionierungsvorgaben gemäss Kap. 3.2.6 und 4.1.15 einzuhalten. Massgebend für die flächige Erosionsbelastung (Schleppspannung) sind das Energieliniengefälle und die Wassertiefe, wobei Letztere das minimal erforderliche Freibord als hydraulische Sicherheitsreserve mitberücksichtigen muss.

Das Niveau 1 ergibt sich aus dem Erosionswiderstand einer beliebigen, nicht unterhaltenen Vegetationsdecke, an die keine spezifischen Anforderungen bezüglich Erosionswiderstand gestellt werden. Angesichts der geplanten gemischten Bepflanzung mit gut durchwurzelter Magerwiese und Gebüschinseln wird eine Grenzschleppspannung von 80 N/m^2 vorausgesetzt.

Bei der Bestimmung des Niveaus 2 wird unterschieden, ob der Erosionsschutz mittels ingenieurbiologischer Massnahmen (2a) oder mittels einer Rollierung aus Bollensteinen oder Schroppen (2b) erstellt wird:

- Im Falle einer ingenieurbiologischen Gehölzbepflanzung, an welche spezifische Anforderungen bezüglich Erosionswiderstand gestellt wird und welche entsprechend zu unterhalten ist, ergibt sich das Niveau 2a aus drei Bedingungen:
  - Einhaltung einer Grenzschleppspannung von 150 N/m^2
  - Optimale Wachstumsbedingungen, d.h. nicht zu häufig und nicht zu lange überflutet → Niveau 2a ≥ WSP Q9 (an 9 Tagen pro Jahr erreicht).
  - Ausserhalb des Sohlenbereichs mit Geschiebetrieb → Niveau 2a ≥ WSP HQ_{30} – Grenztiefe Transportbeginn 2.0 m
- Dort, wo eine Rollierung vorgesehen ist, wird diese mit Schroppen bzw. Bollensteinen hergestellt, welche aus dem heutigen Uferschutz bzw. aus dem Ausgattern des Überkorns des kiesigen Aushubs wiedergewonnen werden. Deren mittlerer Durchmesser beträgt rund 30 cm. Das Niveau 2b ergibt sich aus einem Stabilitätsnachweis analog zum Blockwurf unter Verwendung dieses Durchmessers, und ist leicht höher als das Niveau 2a der Ingenieurbiologie.

Das Niveau 3, d.h. die Einbindetiefe des Uferblockwurfs bzw. die Unterkante dessen Fusssteins, errechnet sich aus den Maximalkolktiefen gemäss Abbildung 30 in Abhängigkeit von der Gesamtsohlenbreite. Auf eine zusätzliche Einbindung des Fusssteins des Blockwurfs wird verzichtet, da sich die Uferböschung zum grössten Teil im Einschnitt befindet. Im Ereignisfall können dadurch lokale Blockbewegungen toleriert werden, weil sie nicht zu einem Kollaps des Hochwasserschutzsystems führen.

Im zentralen Teil der Bad Ragazer Teilaufweitung kann die Einbindetiefe des Blockwurfs aus bautechnischen Gründen nicht auf Kolktiefen von 7 m ausgelegt werden. Als bautechnisch gerade noch machbar erscheint gemäss heutigem Kenntnisstand eine Tiefe von maximal 5 m unter der mittleren Endsohle bzw. 3-3.5 m unter der heutigen mittleren Sohle. Es wird dabei angenommen, dass der Wasserspiegel[10] in der Baugrube um 1-1.5 m unter die mittlere Sohle abgesenkt werden kann. Aus diesem Grund wird hier das Niveau 3 auf eine Tiefe von 5 m unter der mittleren Endsohlenlage begrenzt, und die restlichen 2 m bis zur Maximalkolktiefe wird durch eine zusätzliche Blockvorlage abgedeckt, welche beim Auftreten des Maximalkolks als absenkbares Rollwuhr wirkt (vgl. Kap. 4.3.9).

Die massgebenden Niveaux 1 – 3 sind in der Längenprofiltabelle Anhang 5 aufgeführt und in den Querprofil- und Normalprofilplänen eingetragen.

4.3 Massnahmenbeschrieb

4.3.1 Rodungs- und Abbrucharbeiten

Die Rodungsflächen sind in den Dossierbeilagen Nrn. 12.1-12.4 ausgewiesen. Der Bau bzw. der mechanische Aushub beider Teilaufweitungen erfordert eine definitive Rodung von insgesamt 19.5 ha Wald.

Das stehende Holz wird abgeführt und verwertet. Es wird mit rund 4'500 zu entfernenden Wurzelstöcken unterschiedlicher Grösse gerechnet, welche zum Teil ausgegraben und innerhalb des Perimeters als Totholz wiederverwendet und zu einem Teil mit Stockfräse im Boden aufgefräst und zusammen mit dem Häckselgut aus Schlagräumung und der Walderde aufgeladen.

Das ehemalige Munitionsmagazin im linksufrigen Wald auf Höhe km 25.5 wird abgebrochen. Der Boden gilt in diesem Bereich als nicht belastet.

Die bestehenden Ufersicherungen sind auf einer Uferlänge von total 4.42 km abzubrechen und vollständig zu entfernen. Der Zustand und die Einbindetiefe des bestehenden Blockwurfs sind in der Dossierbeilage Nr. 4.10 im Detail beschrieben. Die Blocksteine aus Abbruch werden für den neuen Uferverbau wiederverwendet.

Es ist wichtig, dass möglichst sämtliche Blöcke mit Durchmesser grösser als ca. 30 cm von den abzubrechenden Ufern entfernt werden, nicht nur um wiederverwendbares Blockmaterial zu gewinnen, sondern vor allem auch um sämtliche Elemente aus dem Flussbett zu entfernen, welche die freie Dynamik der Sohlenmorphologie behindern könnten. Falls Grobkies oder Steinblöcke im Flussbett verbleiben würden, wäre der Rhein nicht in der Lage, diese zu mobilisieren, und das Material bliebe über lange Zeit als Fixpunkt im Flussbett bestehen.

In den Abschnitten mit Dammabrückung wird der alte Damm zurückgebaut, bzw. im Bereich der stehenbleibenden Waldinseln der Erosion durch den Rhein überlassen.

4.3.2 Aushubarbeiten

Auch wenn ein Teil des abzutragenden Volumens in Form von mehreren Waldinseln vorläufig bestehen bleibt, sind für den Terrainabtrag bedeutende Mengen Untergrundmaterial auszuheben und teilweise abzuführen. Die detaillierten Tabellen der Volumenauswertung befinden sich im Anhang 7, und die Verwertung des Materials wird in Kap. 4.4.9 beschrieben.

Der triagierte Aushub der drei Materialklassen Kies, Sand und Walderde richtet sich einerseits nach den Bauabläufen und den dafür notwendigen Aushubetappen (vgl. Pläne Nr. 370-372, Dossierbeilagen 7.11-7.13). Andererseits soll der Terrainabtrag "ab Wand" so erfolgen, dass das abgetragene Material möglichst in der für die weitere Verwendung geeigneten Materialzusammensetzung auf das Transportmittel aufgeladen und direkt der projektinternen

[10] Der mittlere Grundwasserstand liegt etwa auf Höhe der heutigen mittleren Sohle. Der winterliche Tiefstand entsprechend darunter.

Verwendung oder der externen Verwertung zugeführt werden kann, und somit Kosten für Zwischenlagerung, Zwischenab- und –auflad, Materialdurchmischung und -aufbereitung usw. vermieden werden können.

Walderde: Es ist insgesamt eine Fläche von rund 28 ha dünn abzutragen, was einem Volumen von etwa 43'000 m^3 (fest) entspricht. Der grösste Teil davon ist Walderde, welche in einer Schichtstärke von nur maximal 15-20 cm vorliegt. (A-Horizont). Es handelt sich um humoses, steiniges Material, welches mit organischen Kleinteilen vermischt ist und das nur sehr beschränkt für die Wiederverwendung geeignet ist. Ein Unterboden (B-Horizont) ist nicht vorhanden. Das Material ist getrennt vom Kiesmaterial zum projektinternen Wiedereinbau aufzuladen.

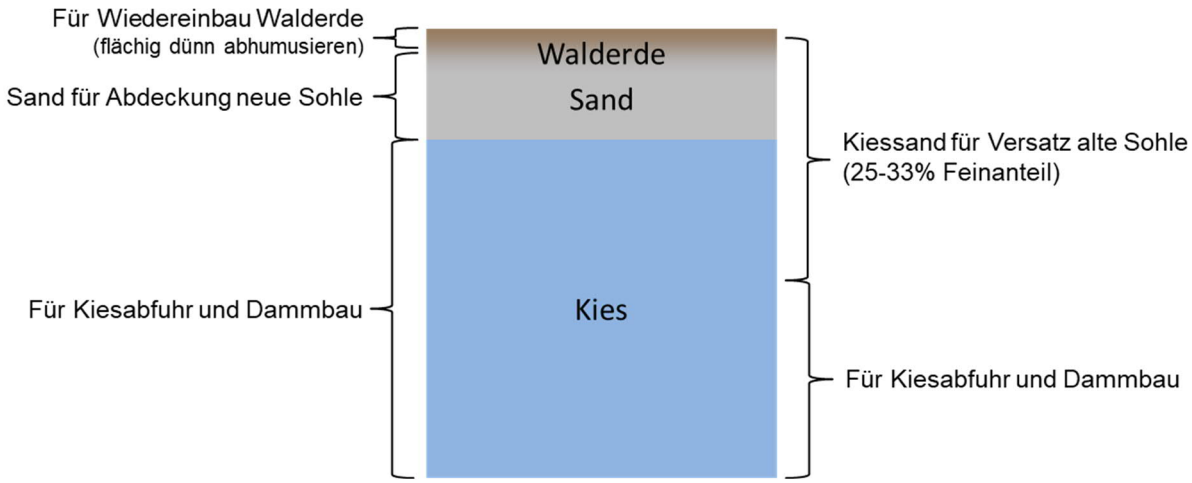


Abbildung 31: Schematische Darstellung des triagierten Aushubs und Direktauflads des rund 6 m mächtigen abzutragenden Schichtpaketes aus Walderde, Sand und Kies.

Abbildung 32: Zwei exemplarische Baggerschlitze: links BS B03-18 Walderde direkt auf Rheinschotter, rechts BS M02-18 mit dazwischengeschalteter Feinsandschicht (Baggersondierungen vom 14./15. Juni 2018)

Sand und Kies: Die Rheinschotter sind auf grossen Flächen mit sandigem Feinmaterial überdeckt und dabei vom kiesigen Untergrund recht gut abgegrenzt. Aufgrund der Genese als Alluvion finden sich auch tiefer im C-Horizont örtlich feinkörnige Linsen (Wechsellagerungen). Beim Kies handelt es sich um einen sauberen Kiessand, welcher recht gut einem UG 0/45 mit Überkorn entspricht:

- Der in Schichten vorliegende Feinsand wird separat abgetragen und für die Abdeckung der neuen Sohlenflächen verwendet. Er darf Spuren von organischem Material enthalten.
- Der für den vertikalen Versatz der alten Rheinsohle abzutragende Anteil wird in sandigen Kiesschichten bzw. mit gleichzeitigem Abtrag von Sand- und Kiesschichten gewonnen; in einem Verhältnis, dass sich ein Sandanteil von 10-25% ergibt. Er darf Spuren von organischem Material enthalten.
- Der für die Abfuhr und die externe Verwertung abzutragende Anteil wird im Rheinschotter gewonnen, welcher mehrheitlich zuunterst im abzutragenden Schichtpaket vorliegt. Er darf kein organisches Material enthalten.

Die detaillierte Aushubplanung ist Gegenstand der kommenden Submissions- und Ausführungsphase und benötigt eine weitere Verdichtung der Baugrundaufschlüsse (Kap. 2.6.2).

4.3.3 Einbau und Gestaltung der Gerinnesohle

In beiden Etappen werden im Bereich der neu entstehenden Sohlenfläche das Terrain bzw. der alte Damm auf die Tiefe der neuen Projektsohlenlage abgetragen. Diese liegt deutlich über der heutigen Sohlenlage und berücksichtigt den vertikalen Sohlenversatz innerhalb der Aufweitung bereits weitgehend. Gleichzeitig erfolgt eine Auffüllung der heutigen, alten Sohlenfläche um den Betrag des vertikalen Sohlenversatzes, ebenfalls bis auf Höhe der neuen Projektsohle. Die über den Querschnitt gemittelte neue Projektsohlenlage ist in der Längenprofiltabelle Anhang 5 aufgeführt.

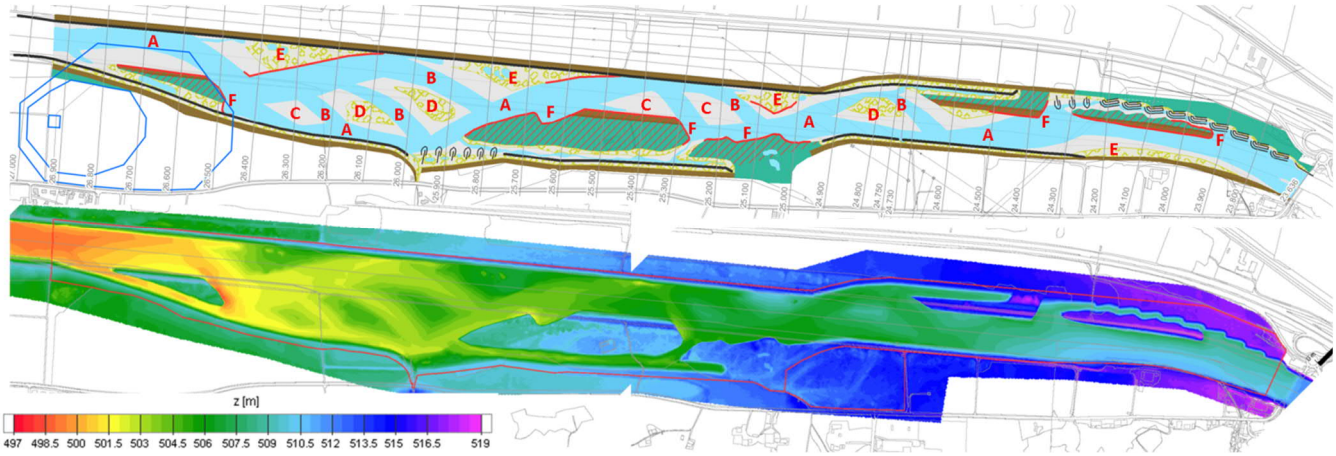


Abbildung 33: Topografische Gestaltung der neuen Gerinnesohle. Oben: Skizze Bestvariante Dez_19 mit topografischen Gestaltungselementen, unten: das entsprechende topografische Höhenmodell. Vergrösserte Abbildungen in Anhang 4.

Die neue Projektsohle wird aber nicht eben ausgeführt, sondern es wird von Anfang an eine variable Oberfläche modelliert, welche dem neuen Charakter des aufgeweiteten Flusses entspricht, und welche der Fluss nach dem Ende der Bauarbeiten weitergestalten kann. Insbesondere entstehen (vgl. Abbildung 33):

A) Niederwasserrinnen (Hauptgerinne) bis in eine Tiefe von rund -2 m unter der mittleren Sohle, sowie mit lokalen Kolkzonen mit Tiefen bis über 3 m

B) Nebengerinne

C) Flache häufig überflutete Kiesinseln und -bänke

D) Grössere Kiesinseln mit Höhen bis zu 2 m über der mittleren Sohle

E) Seitliche hohe Kiesbänke mit einer Höhe bis zu 3 m über der mittleren Sohle

F) Steilufer mit Vorsprüngen und Ecken ("Prellböcke") für eine maximale Turbulenz und Erosionskraft bei Hochwasser

4.3.4 Nebengerinne

Die Baugrube für den im Baulos 3 zu erstellenden linksseitigen Uferschutz wird zwischen 25.15 und 25.85 nicht wieder zugeschüttet. Zusammen mit dem Einlaufbereich bei km 25.25 entsteht ein ständig durchflossenes Nebengerinne.

Das Nebengerinne trägt zwar nicht zu einer Erhöhung der Morphodynamik bei (vgl. Kap. 4.1.3), aber es erfüllt andere wichtige ökologische Funktionen z.B. als Aufzuchts- und Rückzugsgewässer für die Fischfauna. Zudem ist es ein wichtiges Element für die Besucherlenkung und schützt die grosse, zentrale Waldinsel vor einem Zutritt durch Besucher.

Der Einlaufbereich bei km 25.25 wird so gestaltet, dass das Nebengerinne auch bei Niederwasser immer mit mindestens etwa 2 m^3/s durchflossen ist. Dies wird durch eine Modellierung der natürlichen Kiessohle erreicht, wobei die Sohlenkote im kommenden Detailprojekt festzulegen sein wird. Da auf künstliche stabilisierende Einbauten wie z.B. eine Blockschwelle verzichtet wird, kann sich der Einlaufbereich mit den Jahren verändern. Zur Aufrechterhaltung der Mindestabflussmenge kann daher bei Bedarf eine Neumodellierung der Sohle im Rahmen eines punktuellen, behutsamen Unterhaltseingriffs nötig werden.

4.3.5 Sohlensubstrat

Das für verzweigte Gerinne typische Mosaik von kleinräumig wechselndem Sohlensubstrat lässt sich kaum maschinell herstellen, sondern wird beim Einschwemmen der neuen Sohle auf natürliche Weise entstehen. Bei der Bauausführung werden möglichst günstige Voraussetzungen dafür geschaffen, dass der Rhein alle Materialien wie Sand, Feinkies, Grobkies und Totholz sofort zur Verfügung hat und damit sein Gerinne schnell gestalten kann.

Abbildung 34: Mosaik des eingeschwemmten Sohlensubstrats mit Sand, Feinkies und Grobkies; sowie Schwemmholzablagerungen auf den Geschiebebänken (Fotos NIPO, Mastrilser Rheinaue).

Die neuen Sohlenflächen werden bis auf die zu modellierende Oberfläche ausgehoben. Dann wird der Schotter mit einer Lage Feinsediment abgedeckt, und mit dem darunterliegenden

Schotter verzahnt und grob durchmischt. Der entstehende Kiessand wird vom Rhein eingeschwemmt.

Der vertikale Sohlenversatz auf der alten Sohlenfläche wird mit einem Kies mit grossem Sandanteil aufgefüllt, welcher beim Aushub durch gleichzeitigen Abtrag von Sand und Kies entsteht (Abbildung 31).

Auf den erhöhten Lagen der Sohle (grosse Kiesbänke und grössere Mittelinseln) werden Totholz-Depots aus Wurzelstöcken angelegt, welche sofort die Funktion in der Natur vorkommenden Schwemmholzablagerungen übernehmen. Die Wurzelstöcke werden nicht befestigt, der natürlichen Dynamik überlassen und können daher bei grossen Hochwassern auch weitertransportiert werden.

Das Einbringen von Sand auf die neuen Sohlenflächen sowie in den Sohlenversatz ist gleichzeitig auch eine Begleitmassnahme zur Reduktion von Grundwasserhochständen (vgl. Dossierbeilage 2.5, Begleitmassnahmen Grundwasser). Das Vorhandensein von Feinmaterial verringert die Durchlässigkeit des hoch durchlässigen Rheinschotters bereits unmittelbar beim Einschwemmen der Sohlenfläche und ermöglicht einen schnellen Übergang zu den natürlichen Kolmationseigenschaften der Flusssohle, welche zur Begrenzung der Grundwasserrisiken eine zwingende Voraussetzung sind.

4.3.6 Linksufriger Damm

Der linksseitige Damm wird von km 25.14 bis km 26.94 abgerückt und entlang der neuen Uferlinie neu aufgebaut. Im Abschnitt km 24.88-25.14 genügt die heutige Terrainoberfläche als Hochwasserbegrenzung. Im Abschnitt km 24.24-24.88 verbleibt der Damm auf der heutigen Linienführung und wird abgeflacht und stabilisiert.

Der Regelquerschnitt des Dammes und der Uferböschung ist in den Normalprofilen Dossierbeilagen Nr. 10.2 – 10.4 ersichtlich.

Der niedere und mit flacher luftseitiger Böschung versehene Dammkörper wird nicht zoniert ausgeführt. Zur Herstellung einer sauberen Dammaufstandsfläche ist unkonsolidiertes oberflächliches Feinmaterial bis in eine Tiefe von etwa 40 cm abzutragen. Das Schüttmaterial wird vor Ort aus dem Aushub des Rheinschotters gewonnen, wozu das Material 1-2x gebrochen werden muss (Verdichtbarkeit). Der Einbau des geotechnisch wirksamen Dammkerns[11] unter der Dammkrone wird mit schwerer Verdichtung eingebaut, wobei für die Tragfähigkeit des Dammwegs und für einen homogenen Dammkörper ein M_{E1}-Wert von min. 40 MN/m^2 erreicht werden sollte. Dies gilt auch für das Planum unter dem Dammweg.

Der chaussierte, 3.5 m breite und mit 0.5 m breiten Banketten versehene Dammweg muss mit 40 t-Lastwagen befahrbar sein, wozu ein frostbeständiger Koffer von 40 cm Stärke sowie eine ton-wassergebundene Verschleissschicht von 10 cm Stärke notwendig ist. Der erforderliche M_{E1}-Wert Oberkante Koffer beträgt 80 MN/m^2, M_{E1}/M_{E2} sollte 2.5 nicht überschreiten. Die Entwässerung erfolgt über ein Quergefälle von min. 3 % und über die Schulter Richtung Rhein. Da die Fahrzeuge der Landwirtschaft und des Gewässerunterhaltes eher kurz sind, genügen gemäss Rheinunternehmen minimale Kurvenradien von 10 m.

Die in der wasserseitigen Böschung auf Höhe des Niveaus 1 (vgl. Kap. 4.1.14) verlaufende Unterhaltsberme dient dem erleichterten Unterhalt der wasserseitigen Böschung. Es genügt ein tragfähiger Untergrund, der mit der Zeit mit Gehölz einwachsen kann bzw. im Rahmen der Besucherlenkung aktiv mit dichtem dornigem Gebüsch bepflanzt wird. Wenn eine Unterhaltsintervention notwendig wird, wird das Gebüsch ausgeräumt und nach den Arbeiten wieder angepflanzt.

Auf dem Bündner Abschnitt des linken Ufers (Mastrils, Gde. Landquart) wird ebenfalls ein Unterhaltsweg angelegt. Er verläuft auf dem Ufer.

Der Damm wird auf denjenigen Abschnitten überströmsicher ausgebildet, in denen seine luftseitige Höhe 1 m überschreitet:

- Im ganzen Abschnitt km 24.24-25.98 oberhalb des Teilbächlis beträgt die luftseitige Dammhöhe weniger als 1 m. Eine zusätzliche Überströmsicherung ist gemäss Kap. 4.1.11 nicht notwendig.

[11] Dammkern geometrisch als Trapezquerschnitt unter der Dammkrone mit beidseitigen Neigungen von 1:2 definiert.

- Im Abschnitt km 25.98-26.85 unterhalb des Teilbächlis beträgt die luftseitige Höhe in der Regel mehr als 1 m, womit der Damm gegen überströmendes Wasser zu sichern ist (vgl. Normalprofil Dossierbeilage 10.4). Dies geschieht durch Einbau einer Rollierung aus den wiedergewonnenen Schroppen und dem aus dem Rheinschotter-Aushub ausgegatterten Überkorn. Die Rollierung wird mit Erd- oder Schüttmaterial überdeckt, wodurch sie flacher als die luftseitige Böschung ausgebildet werden kann. Das darüber geschüttete Erdmaterial und der Wegkoffer können im Überlastfall mit vertretbarer Schadenfolge wegerodiert werden. Der mittlere Durchmesser der Bollensteine bzw. Schroppen von 0.3 m bietet eine genügende Stabilität[12] der Rollierung bis zu einer Neigung von 1:7.
- Im Übergangsbereich km 26.85-27.0 zum bestehenden Damm liegt die Dammhöhe über dem WSP EHQ_B, womit der Damm nicht überströmsicher ausgebildet werden muss.

Die wasserseitige Böschung wird nicht humusiert. Es wechseln sich offene Flächen und verbuschte Flächen ab, letztere insbesondere im Bereich der dichten dornigen Hecke zur Besucherlenkung.

Auf der luftseitigen Böschung wird ein Mosaik aus verschiedenen kleinräumigen Lebensräumen angelegt, bestehend aus (siehe Dossierbeilage Nr. 7.4):

- Angesäte Magerwiesen mit gepflanzten Gebüschgruppen auf sandigem Rohboden
- Spontan besiedelte Ruderalstandorte auf sandigem Kies
- Kiesflächen aus sauberem Kies oder Geröll, durchsetzt mit Totholz

Weitere Angaben zu den Bepflanzungen sind im Kap. 4.3.11 aufgeführt.

Der Gewässerraum reicht landseitig bis an die Perimetergrenze bzw. bis zum Fuss der luftseitigen Böschung.

Es wird vorgeschlagen, die luftseitige Flachböschung an die landwirtschaftliche Nutzfläche gemäss Ökoqualitätsverordnung anzurechnen und die Nutzung der Magerwiese und die Pflege der Gebüschgruppen einem Pächter anzuvertrauen.

4.3.7 Rechtsufriger Damm

Der rechtsseitige Damm wird von km 24.17 bis km 24.94 von der heutigen Lage abgerückt und entlang der neuen Uferlinie neu aufgebaut. Oberhalb von km 24.17 genügt die heutige Terrainoberfläche als Hochwasserbegrenzung.

Im Abschnitt km 24.94-27.05 verbleibt der Damm auf der heutigen Linienführung und wird auf das künftig erforderliche Niveau abgesenkt, abgeflacht und stabilisiert. Dadurch kommt der bestehende Dammweg auf grossen Abschnitten auf Terrain zu liegen.

Der Regelquerschnitt des rechten Dammes und der Uferböschung ist in den Normalprofilen Dossierbeilagen Nrn. 10.5-10.8 ersichtlich.

Mit Ausnahme des untersten Abschnitts km 26.30-27.05 ragt der eigentliche Dammkörper nur noch wenige Dezimeter über das Terrain hinaus. Aufgrund seiner geringen Höhe ist keine zusätzliche Überströmsicherung notwendig. Er wird sehr flach angeschüttet und kann dadurch wieder bestockt werden.

Im Abschnitt km 26.30-27.05 kann der Damm nur geringfügig abgesenkt werden. Er wird durch eine luftseitige Anschüttung so stabilisiert, dass er nach heutigen Ansprüchen geotechnisch nachgewiesen werden kann (Anhang 10). Die Anschüttung reicht in das Amphibienlaichgebiet «Länder» hinein. Zum Ausgleich dieses Eingriffs wird das Amphibienlaichgebiet aufgewertet (vgl. Kap. 4.3.15).

Es ist nur ein einziger Unterhaltsweg vorgesehen, welcher auf einer Berme in der Böschung verläuft und der neben dem Langsamverkehr auch vom Gewässerunterhalt und von der Landwirtschaft sporadisch befahren wird. Um genügend Platz für alle Nutzer zu bieten, wird die gesamte Bermenbreite (Verschleissschicht und beide Bankette) auf 5 m erweitert. Der Weg befindet sich in etwa 1.5 bis 2 m tiefer als das Umland und bietet dadurch einen gewissen Schutz vor dem Lärm der Autobahn A13, welche in knapp 100 m Entfernung verläuft.

[12] Nachgewiesen mit dem Bewegungsbeginn Einheitskorn mit einer Überströmhöhe von 0.5 m über der Dammkrone bzw. einer Normalabflusstiefe von 0.15 m auf der Böschung.

Der Bau des Weges kann auf dem Aushub erfolgen, welcher verdichtet werden muss. In feinkörnigen Bereichen ist ein Materialersatz vorzusehen. Der Koffer sollte bis auf einen M_{E1}-Wert von ca. 60-80 MN/m^2 verdichtet werden. Die Entwässerung erfolgt über ein Quergefälle Richtung Rhein. In steileren Bereichen sind Querabschläge vorgesehen.

Im Rahmen eines Drittprojekts wird angestrebt, die landwirtschaftlich genutzten Flächen zwischen Rheindamm und Autobahn neu zu erschliessen. Bis zur Realisierung dieser Neuerschliessung ist die Zufahrt zu den Feldern über den Dammweg aufrechtzuerhalten, wozu einzelne Zufahrtsrampen vorgesehen sind. Da die Fahrzeuge der Landwirtschaft und des Gewässerunterhaltes eher kurz sind, genügen gemäss Rheinunternehmen minimale Kurvenradien von 10 m.

Zwischen dem Uferweg und der Dammkrone bleibt auch bei der abgerückten Dammlinie ein Waldstreifen bestehen. Das Ziel ist, beim Bau mindestens eine Reihe grosser Bäume zu erhalten und damit ein temporärer Kahlschlag zu vermeiden. Damit dies erreicht werden kann, sind die Böschungsneigungen variabel anzupassen, damit die Wurzelteller der zu erhaltenden Bäume geschont werden. Die konkrete Auswahl der zu erhaltenden Bäume und ihre Einmessung ist Sache der kommenden Ausführungsphase.

Der Gewässerraum reicht landseitig bis zum Dammfuss und umfasst zusätzlich auch das Amphibienlaichgebiet «Länder».

Die ausgeschiedenen Fruchtfolgeflächen sind nur örtlich betroffen (heutige Waldlichtung bei km 24.25).

4.3.8 Sicherung des Böschungsfusses

Der untere Teil der wasserseitigen Böschung und der Kolkbereich werden zwischen dem Niveau 2 und dem Niveau 3 mittels Blockverbauung vor Erosion und Unterkolkung geschützt: Diese Ufersicherung besteht in den verschiedenen Abschnitten aus folgenden Elementen:

Linkes Ufer:

- Km 23.636-24.25: Entlang der Kurveninnenseite ist der bestehende Blockwurf intakt und muss dank reduzierter Belastung nicht verstärkt werden.
- Km 24.25-24.85: der aufgehende Blockwurf ist intakt und bleibt bestehen. Er erhält aber eine neue, wasserseitig vorgebaute Unterfangung, welche auf die zu erwartenden Kolktiefen von bis zu -5 m (gemessen ab Endsohlenlage) ausgelegt ist. Ein zusätzliches Blockdepot ist voraussichtlich nicht notwendig.
- Km 24.85-24.92: der Blockwurf wird gegen hinten ausgerundet und endet bei km 24.92 im Strömungsschatten.
- Km 24.92-25.15: Dieser Abschnitt wird im Projektzustand durch eine mächtige Waldinsel geschützt, und wird auch im Endzustand voraussichtlich in einem Bereich mit geringer Erosions- und Kolkbelastung liegen (Strömungsschatten der Expansion in die Bad Ragazer Teilaufweitung). Auf den Bau einer neuen vorsorglichen Ufersicherung wird daher verzichtet. Falls die sehr langfristige Entwicklung trotzdem eine Ufersicherung notwendig machen würde, so kann diese in jenem Zeitpunkt ergänzt und auf die sich dannzumals ergebenden Belastungen ausgelegt werden.
- Km 25.15-25.75: Neuer Längsblockwurf ergänzt mit Blockvorlage zur Abdeckung der sehr grossen Kolktiefen bis -7 m (gemessen ab Endsohlenlage).
- Km 25.75-25.99: Sicherung des neuen Flachufers mittels sechs flacher inklinanter Buhnen, welche ein Hineinfahren des Flusses in die dreieckförmige Ausbuchtung des Teilbächlideltas verhindern.
- Km 25.99-26.70: Neuer Längsblockwurf ergänzt mit Blockvorlage zur Abdeckung der sehr grossen Kolktiefen bis -7 m (gemessen ab Endsohlenlage).
- Km 26.70-26.94: Neuer Längsblockwurf, voraussichtlich ohne Blockvorlage (Kolktiefen bis -5 m, gemessen ab Endsohlenlage).
- Km 26.94-27.05: Der aufgehende Blockwurf ist intakt und bleibt bestehen. Er erhält aber eine neue, wasserseitig vorgebaute Unterfangung, welche auf die zu erwartenden Kolktiefen von bis zu -5 m (gemessen ab Endsohlenlage) ausgelegt ist. Ein zusätzliches Blockdepot ist voraussichtlich nicht notwendig.

Rechtes Ufer:

- Km 23.67-23.95: Neuer Längsblockwurf, voraussichtlich ohne Blockvorlage (Kolktiefen bis -4 m, gemessen ab Endsohlenlage).
- Km 23.95-24.25: Erstellung von fünf nicht überströmten, deklinanten Leitwerken zur Strömungslenkung am Ausgang der Kurve.
- Km 24.25-24.37: Erstellung von drei flachen inklinanten Buhnen zur Strömungslenkung am Ausgang der Kurve und Induzierung des Gegenschwungs zurück auf die linke Uferseite beim Unterwasserkanal Sarelli.
- Km 24.37-24.50: Dieser Abschnitt wird im Projektzustand durch eine Waldinsel geschützt, und wird auch im Endzustand voraussichtlich in einem Bereich mit Strömungsschatten liegen. Auf den Bau einer vorsorglichen Ufersicherung wird daher verzichtet. Falls die sehr langfristige Entwicklung trotzdem eine Uferischerung notwendig machen würde, so kann diese in jenem Zeitpunkt ergänzt und auf die sich dannzumals ergebenden Belastungen ausgelegt werden.
- Km 24.50-24.94: Neuer Längsblockwurf, voraussichtlich ohne Blockvorlage (Kolktiefen bis -5 m, gemessen ab Endsohlenlage).
- Km 24.94-26.70: der aufgehende Blockwurf bleibt bestehen und wird in den Abschnitten mit zerstörtem Fuss instand gestellt. Er erhält eine neue, wasserseitig vorgebaute Unterfangung, welche zur Abdeckung der sehr grossen Kolktiefen bis -7 m (gemessen ab Endsohlenlage) mit einer zusätzlichen Blockvorlage ergänzt wird.
- Km 26.70-27.05: Der aufgehende Blockwurf ist intakt und bleibt bestehen. Er erhält eine neue, wasserseitig vorgebaute Unterfangung, welche auf die zu erwartenden Kolktiefen von bis zu -5 m (gemessen ab Endsohlenlage) ausgelegt ist. Ein zusätzliches Blockdepot ist voraussichtlich nicht notwendig.

Beide Ufer, unterhalb Aufweitungsperimeter (Begleitmassnahme):

Unterstrom der Aufweitung zeigen die Geschiebemodellierungen eine durch die Aufweitung induzierte zusätzliche Erosion von rund 40 cm bis ca. km 27.400 und von 20-30 cm bis zur SBB Brücke beim Heidiland. Diese zusätzliche Erosionstendenz muss durch projektbegleitende Massnahmen ausserhalb des Aufweitungsperimeters aufgefangen werden.

- Vom Perimeterende km 27.050 bis zum km 27.400 wird als Schutz des bestehenden Böschungsfusses beidseitig eine Blockvorlage eingebracht. Linksufrig kann diese ab dem bestehenden Bermenweg versetzt werden. Rechtsufrig muss mangels Zugänglichkeit für Maschinen vom Uferweg aus gearbeitet werden. Dies bedingt die Installation eines grossen Pneukranes. Die Böschung muss gerodet und freigelegt werden um Sicht und Arbeitsraum freizulegen. Die Blöcke können auf diese Weise in ungefährer Lage und lose vor dem Böschungsfuss verlegt werden, dass sie später möglichst in entstehende Kolke oder unterspülte Bereiche nachrutschen.
- Die Erosionstendenz bis zur SBB Brücke soll temporär durch eine moderate Erhöhung des Fixpunktes bei der SBB-Brücke (Blocklagen bei der Taminamündung) um 30 cm aufgefangen werden. Eine definitive Stabilisierung dieser Erosionstendenz wird schliesslich mit der geplanten Aufweitung Sargans erreicht werden.

4.3.9 Längsblockwurf und Blockvorlage

Die konstruktiven Details des Längsblockwurfs und der Blockvorlage sind in den Normalprofilen Dossierbeilagen Nrn. 10.2 – 10.8 wiedergegeben. Die Herleitung der Hauptabmessungen ist im Anhang 7 in schematischen Skizzen aufgezeigt.

Der Längsblockwurf wird in ähnlicher Bauweise wie der bestehende Blockwurf erstellt. Die einzelnen Blöcke werden lose, unregelmässig und rau auf die Böschung mit Neigung 1:2 gelegt Auf eine flächendeckende Abdeckung ohne grössere Lücken muss geachtet werden, was eine Verlegung Block für Block notwendig macht (ein blosses Auskippen einer Blockschüttung genügt nicht). Im Unterschied zu einem Blocksatz müssen die Blöcke aber nicht speziell eingepasst und miteinander verzahnt werden und können relativ schnell und ungeordnet aufeinandergelegt werden.

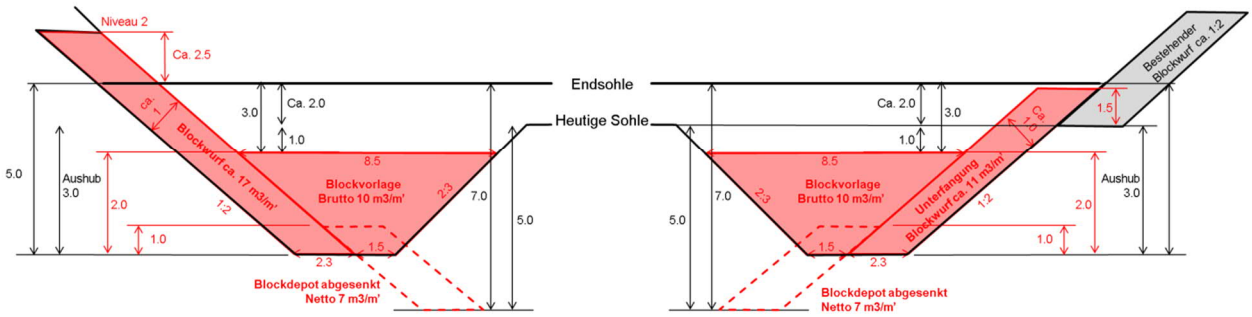


Abbildung 35: Schematische Darstellung und Hauptabmessungen neuer Längsblockwurf (links) und Unterfangung bestehender Blockwurf (rechts), am Beispiel des Querprofils km 25.60. Aufgrund der dortigen sehr grossen Kolktiefen bis -7 m unter Endsohlenlage muss der Blockwurf mit einem zusätzlichen Blockdepot ergänzt werden.

Die Blockgrössen sind so dimensioniert, dass ihre Stabilität nicht auf eine Verzahnung im Blockverbund angewiesen ist. Die Bemessung mit dem Ansatz nach Stevens/Simons 1971 mit Reibungswinkel $\psi=40°$, $\theta= 0.047$ und Lastfälle/Sicherheitsfaktoren gemäss Kap. 4.1.15 ergibt die folgenden erforderlichen Blockgrössen (vgl. Tabelle Anhang 7), wobei am oberen Ende der Aufweitung die stärkere Belastung aufgrund des höheren Energieliniengefälles zu berücksichtigen ist:

- Km 23.636-23.90 rechts:
  - Mittlere Blockgrösse: äquivalenter Kugeldurchmesser rund 0.9 m, Blockgewicht rund 1 to.
  - Maximale Blockgrösse bei Niveau 3: äquivalenter Kugeldurchmesser rund 1.6 m, Blockgewicht rund 5 to.
- Km 23.90-27.05:
  - Mittlere Blockgrösse: äquivalenter Kugeldurchmesser rund 0.8 m, Blockgewicht rund 0.7 to.
  - Maximale Blockgrösse bei Niveau 3: äquivalenter Kugeldurchmesser 1.0-1.25 m, Blockgewicht 1.4-2.7 to.

Das aus dem abzubrechenden Blockwurf (vgl. Dossierbeilage Nr. 4.10 und Kap. 0) wieder zu gewinnende Blockmaterial erfüllt diese Anforderungen, wenn bei der Wiederverlegung darauf geachtet wird, dass die grössten Blöcke am Fuss beim Niveau 3 wieder eingebaut werden.

Da die Belastung mit zunehmender Tiefe grösser wird, ist darauf zu achten, dass die grösseren Blöcke am Fuss bzw. im Kolkbereich verlegt werden, und die kleineren Blockdurchmesser am oberen Ende des Blockwurfs in der Nähe des Niveaus 2 Anwendung finden.

Eine Filterschicht zwischen Blockwurf und kiesigem Untergrund ist nicht notwendig. In Zonen mit Feinmaterial ist ein Materialersatz von 0.5 m Stärke vorgesehen, welcher die Filterkriterien erfüllen muss.

Im Abschnitt km 25.1-26.7 mit besonders grossen Kolktiefen bis -7 m wird die Einbindetiefe des Blockwurfs aus bautechnischen Gründen auf -5 m (ab Endsohlenlage) begrenzt, und zusätzlich mit einer Blockvorlage in loser Schüttung ergänzt. Diese Blockvorlage wirkt beim Auftreten des Maximalkolks wie ein Rollwuhr, welches den Kolk durch die herabrollenden Blöcke wieder abdeckt und vor Erosion schützt. Damit dies im Ereignisfall zuverlässig funktioniert, ist ein Volumen von rund 10 m^3 (bzw. 10-12 Blöcke) pro Laufmeter vorzusehen.

Das Volumen der Blockvorlage ist so gewählt, dass die zusätzliche Kolktiefe von 2 m nach dem Abgleiten problemlos abgedeckt werden kann (Abbildung 36). Zur Berücksichtigung von ungeordnet in das Flussbett rollenden Steinblöcken ist eine Volumenreserve von 50% berücksichtigt.

Es ist vorgesehen, die Oberkante der Blockvorlage nicht höher als -3 m unter der Endsohlenlage zu legen. Damit ist gewährleistet, dass sich darüber ein morphologisch interessanter Kolk von bis zu 3 m Tiefe ausbilden kann. Bei einer höheren Oberkante würde die Gefahr be-

stehen, dass eine Sohlenabpflästerung entstünde und die dynamisch aktive Sohlenbreite einengen würde.

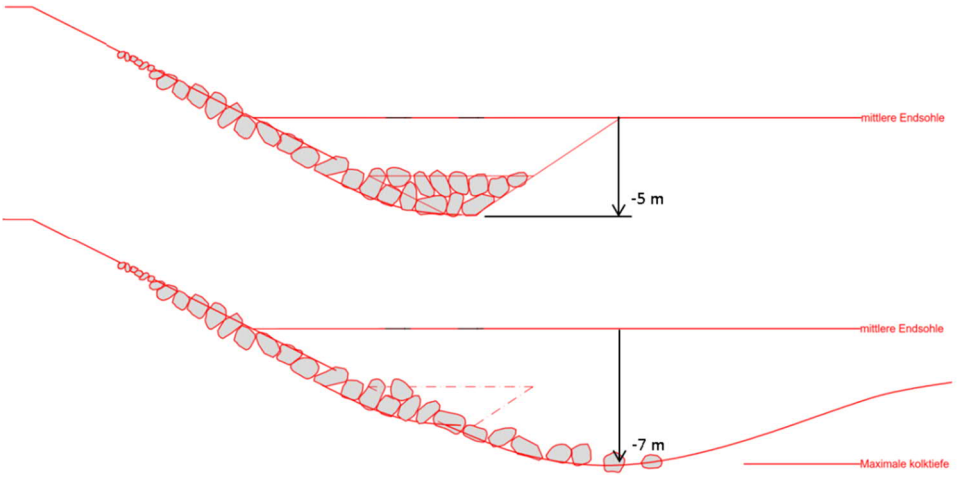


Abbildung 36: Funktionsweise des Rollwuhrs. Oben: eingebaute Blockvorlage 10 m³/m', unten: herabrollende Blöcke beim Auftreten eines Maximalkolks -7 m, gemessen ab Endsohlenlage

4.3.10 Buhnen und Leitwerke

Die Detailabmessungen der Buhnen und Leitwerke sind in den Dokumentbeilagen Nrn. 10.4 und 10.5 ersichtlich. Sie sind dreidimensional wirkende Ufersicherungs-Strukturen, die die Hauptströmung vom Ufer weg in Richtung Flussmitte leiten, dadurch eine strömungsberuhigte Zone entlang des Ufers schaffen und den Kolk von der Uferlinie fernhalten. Im Unterschied zum Längsblockwurf sind die Steinblöcke sorgfältig und kompakt zu setzen (Blocksatz), damit sich eine stabile und hydraulisch erwünschte Geometrie ergibt.

Die Buhnen werden flach und überströmbar ausgebildet. Sie wirken im Hochwasserfall wie ein Überfallwehr und leitet das abströmende Wasser dank des inklinant gegen die Fliessrichtung angestellten Buhnenrückens vom Ufer weg in Richtung Flussmitte.

Die Leitwerke werden nicht überströmbar ausgebildet. Dank ihrer Schrägstellung drücken sie die Strömung vom Ufer weg zum Leitwerkkopf, wo die Strömung vom Ufer abreisst. In der Nische hinter dem Leitwerkkopf entsteht eine strömungsberuhigte Zone, welche lediglich von allfälligen Widerwassern belastet wird und nicht speziell gesichert werden muss.

Die Hauptabmessungen der Buhnen und Leitwerke wurden geometrisch so festgelegt, dass der Zwischenraum zwischen den Bauwerken maximal wird, aber immer noch innerhalb der Abdeckung in der strömungsberuhigten Zone liegt. Es ergeben sich die folgenden charakteristischen Grössen:

Leitwerke:

- Vorhandene Schrägströmung an Kurvenaussenseite: $\alpha = 15\text{-}19°$
- Für Dimensionierung verwendete max. Schrägströmung[13]: $\alpha_{max} = 25°$
- Winkel hydraulische Diffusion: $\beta = 6°$
- Anstellwinkel Blocksatz: $\gamma = 15°$ (Leitwerk 5. 18°)
- Wirksame Nettolänge Blocksatz (schräg): $l = 30$ m
- Wirksame Nettolänge Blocksatz (auf Ufer projiziert): $l' = 29$ m
- Vorsprung Leitwerkkopf: $h = 7.8$ m
- Zwischenraum Leitwerkkopf zu nächster Leitwerkwurzel: 31 m
- Gesamte Intervalllänge: $L = 60$ m
- Abgewickelte Länge Blocksatz inkl. Einbindungen: 49-50 m pro Leitwerk
- Einbindetiefe (Niveau 3): 4.5 m

[13] Winkel der schräg auf das Ufer auftreffenden Strömung zur Uferlinie. Bei den Leitwerken darf angenommen werden, dass die Strömung relativ zuverlässig an der Kurvenaussenseite anliegt.

- Blockmasse pro Leitwerk: rund 1'370 to.

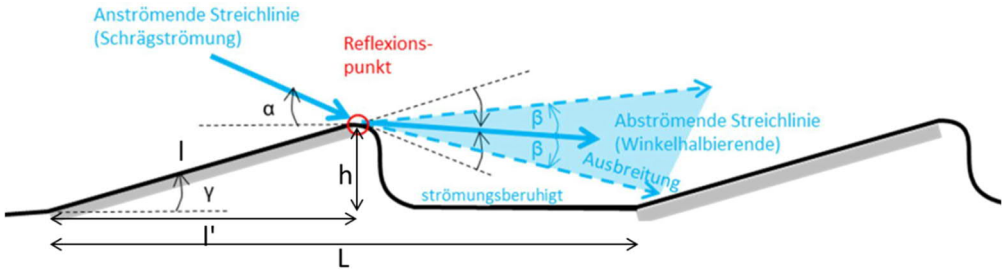


Abbildung 37: Schematische Skizze Leitwerke mit charakteristischen geometrischen Grössen

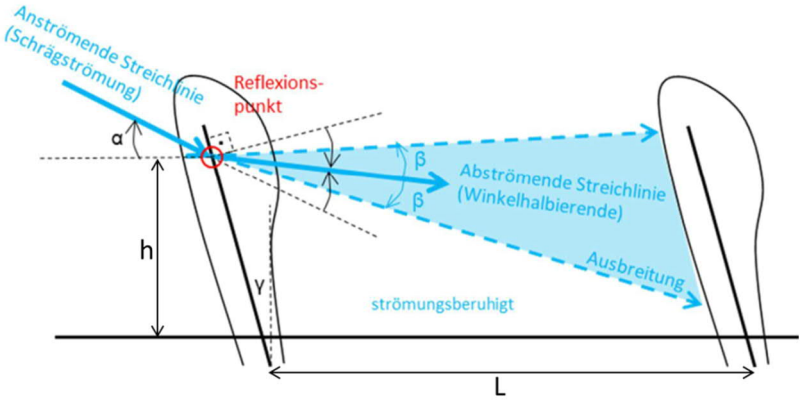


Abbildung 38: Schematische Skizze Buhnen mit charakteristischen geometrischen Grössen

<u>*Buhnen:*</u>

- Für Dimensionierung verwendete max. Schrägströmung[14]: α_{max}= 40°
- Winkel hydraulische Diffusion: β= 6°
- Anstellwinkel Buhnenrücken, gegen die Strömung: γ= 15°
- Hydraulisch wirksame Länge (bis Reflexionspunkt): h= ≥ 14.4 m
- Max. Intervalllänge (Abstand) bei h=14.4 m: L= 35 m
- Einbindetiefe (Niveau 3): 5.0 m
- Durchschnittliche Blockmasse pro Buhne: rund 1'850 to.

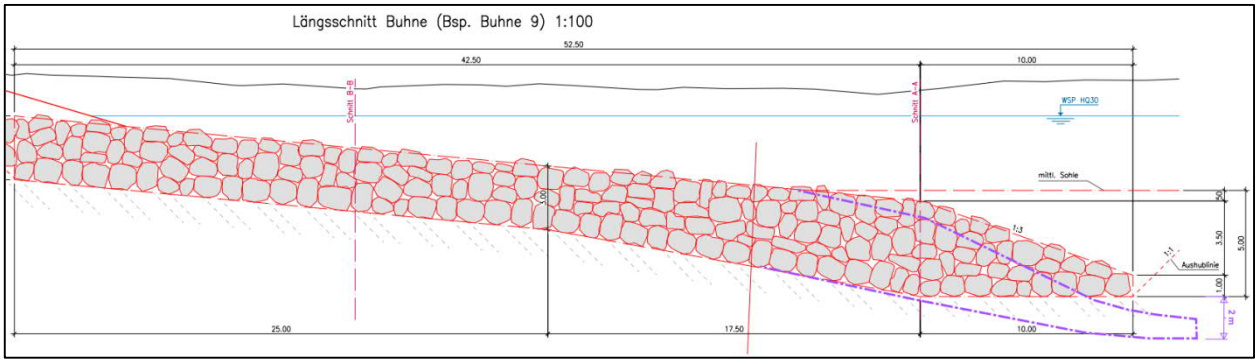


Abbildung 39: Funktionsweise des absenkbaren Buhnenkopfs. Violett gestrichelt: etwa zu erwartende Verformung des Buhnenkopfs, wenn sich ein Maximalkolk von 7 m einstellen sollte.

[14] Für die Buhnen im maximal verbreiterten Teil der Aufweitung muss ein grösserer Schrägströmungs-Winkel angenommen werden. Siehe auch Teilgerinne in der Mastrilser Aue.

Bei den Leitwerken deckt die Einbindetiefe von 4.5 m die dort zu erwartenden Kolktiefen ab, weshalb keine zusätzliche Blockvorlage notwendig ist. Bei den sechs linksufrigen Buhnen können die Maximalkolke tiefer als die Einbindetiefe werden. Der Buhnenkopf ist jedoch so voluminös, dass er sich analog zu einer Blockvorlage selbstständig um bis zu 2 m zusätzlich absenken kann, ohne seine hydraulische Wirkung zu verlieren. Eine zusätzliche Blockvorlage ist deshalb auch hier nicht notwendig.

4.3.11 Ansaat und Bepflanzung

Aus Notwendigkeit einer raschen Begrünung und Stabilisierung der Bodenoberfläche gegen Abschwemmen durch Regenwasser sowie um das Aufkommen invasiver Neophyten nicht zusätzlich zu begünstigen werden alle Dammböschungen angesät, wobei die Saatmischungen und die Ansaatmethode im Ausführungsprojekt festgelegt werden und primär nach ökologischen Anforderungen auszurichten sind.

Ebenfalls im Ausführungsprojekt werden diejenigen Damm- und Böschungsflächen bestimmt, welche gegen das Auswaschen durch Fluss- und Regenwasser temporär mit einem biologisch vollständig abbaubaren Geotextil abzudecken sind, bis die aufkommende Gras- und Krautvegetation diese Funktion übernehmen kann. Auf Kiessandflächen genügt in der Regel ein Jute- oder Kokosgewebe, bei sehr erosivem Feinsand ist zusätzlich ein Vlies zB. aus Holzwolle notwendig.

Es werden lediglich die Gebüschgruppen auf den Dammböschungen, der rechtsufrige Waldstreifen sowie die wasserseitige Hecke für Besucherlenkung und Uferschutz aktiv bepflanzt. Die Auswahl der Gehölzarten, der detaillierte Bepflanzungsplan sowie die Pflanzlisten sind Gegenstand des kommenden Ausführungsprojekts, wobei sowohl ökologische wie auch technische Aspekte zu berücksichtigen sind.

Die im Teilgebiet «Vorrang Natur» wasserseitig des Dammwegs verlaufende Hecke dient als Zutrittsbehinderung zum Flussbett (Besucherlenkung). Das Ziel ist, einen dichten Bewuchs von niedrig und dicht wachsenden Gehölzen zu erreichen. Es sind dornige Gehölzarten zu bevorzugen.

Im Bereich der hohen Geschiebebänke entlang des rechten Ufers (km 25.0-25.1, 25.6-25.8 und 26.2-26.4) wird das Ufer bis über das Niveau 2a hinaus angeschüttet. Damit die mittlere Böschung auch langfristig nach einer allfälligen Erosion der Geschiebebank geschützt bleibt, ist sie zusätzlich mit einer Rollierung aus Bollensteinen und Schroppen abzudecken, bevor die Geschiebebank aufgeschüttet wird.

Der gesamte übrige Flussraum zwischen der linken und rechten Uferböschung wird weder angesät noch bepflanzt und der Spontanbesiedlung und der Auendynamik überlassen. Es wird erwartet, dass sich hier die freie Sukzession der verschiedenen Vegetationstypen einer Flussaue einstellen wird.

4.3.12 Unterhalts- Landwirtschafts- und Langsamverkehrswege

Das künftig vorgesehene Netz von Verkehrswegen für die Erholungsnutzung, für den Gewässerunterhalt sowie für die Zufahrt zu den angrenzenden Landwirtschaftsflächen ist im Plan Dossierbeilage Nr. 7.5 aufgezeichnet.

Die Wege werden grundsätzlich für den motorisierten Verkehr gesperrt, mit Ausnahme der landwirtschaftlichen Erschliessung und des Gewässerunterhalts.

Die Langsamverkehrs-Teilnehmerinnen und -Teilnehmer (Wanderer, Joggerinnen, Velofahrer, Spaziergängerinnen) werden uferparallel auf den chaussierten Dammwegen geführt, wobei hier eher die gemütlich verkehrenden Velofahrer unterwegs sind. Die sportlichen Rennvelofahrerinnen werden linksufrig eher die Kantonsstrasse Bad Ragaz – Tardis, rechtsufrig die Kantonsstrasse Landquart – Maienfeld sowie die asphaltierte Flurstrasse Neugüeter benutzen.

Der technische Aufbau der Dammwege wird in den Dossierbeilagen Nrn. 10.2-10.8 beschrieben. Er ist für schwere Unterhalts- und Landwirtschaftsfahrzeuge bis 40 to ausgelegt. Die Breite der Chaussierung entspricht mit 3.5 m etwa derjenigen von üblichen Waldwegen. Es ist kein ein Schwarzbelag vorgesehen. Die Chaussierung erfolgt mit dünner Feinkiesschicht, damit sie auch mit Velos und Kinderwagen gut befahrbar ist.

Die linksufrige Unterhaltsberme ist ein rein geometrisches Element und wird nicht für den Verkehr freigegeben. Die Berme soll einwachsen oder in gewissen Abschnitten auch durch nicht durchgängige Hecken 'abgesperrt' werden. Im Teilgebiet «Vorrang Natur» wird ein Betreten durch eine aktiv gepflanzte, dichte und dornige Hecke verhindert.

Die Zufahrt von der Kantonsstrasse Landquart-Bad Ragaz auf den linken Damm bleibt bei km 26.94, 25.97, 24.90 und 24.70 gewährleistet. Die beiden heutigen Zufahrtswege bei km 26.2 und 25.37 werden nicht mehr benötigt und aufgehoben. Der Zugang km 25.97 beim Teilbächli wird mit Pfosten und Hindernissen gegen das wilde Parkieren versehen, bleibt aber für den Unterhalt und den Langsamverkehr passierbar.

Die Zufahrt auf die rechte Seite bleibt wie heute über den Parkplatz bei der Tardisbrücke sowie über den heutigen Dammweg gewährleistet.

Die Zufahrt zu den angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Flächen bleibt über die Ufer- und Dammwege gewährleistet.

4.3.13 Parkplätze

Mit der geplanten Rheinaufweitung entsteht ein attraktiver Naherholungsraum, welcher erfahrungsgemäss insbesondere an schönen Sommertagen viele Erholungssuchende anziehen wird. Um einen geordneten Zugang zum Gebiet zu ermöglichen und ein Wildparkieren in möglicherweise störungsanfälligen Zonen zu unterbinden, werden folgende Parkiermöglichkeiten geschaffen (vgl. Plan Dossierbeilage 7.9).

- Erweiterung des bestehenden Parkplatzes bei der Tardisbrücke (Maienfeld) um 15 Parkfelder auf insgesamt 40 Parkfelder.
- 20 Parkfelder beim KW Sarelli, Bad Ragaz.
- 18 Parkfelder beim Schützenhaus (Golplatz) Bad Ragaz.
- 20 Parkfelder im Gebiet «Rieter», Maienfeld.

Alle neuen Parkierungsanlagen sind weit abseits des Teilgebiets «Vorrang Natur» und in den Aussenbereichen der Teilgebiete «Naherholung und Natur» geplant. Diese Bereiche sind von den Siedlungsräumen her als erstes erreichbar (PP Schützenhaus von Bad Ragaz her, PP Sarelli als Hauptzugang zum Besucherzentrum, PP Rieter von Maienfeld her).

Die Parkierungsanlagen Tardis und Schützenhaus befinden sich innerhalb des Gewässerraums des Rheins. Gemäss Art. 41c der eidg. GSchV dürfen im Gewässerraum nur standortgebundene und im öffentlichen Interesse liegende Anlagen erstellt werden. Im vorliegenden Fall liegt eine positive Standortgebundenheit vor:

- Mit der Lage in der Nähe der Aufweitung haben die Parkierungsanlagen einen direkten erholungsfunktionalen Bezug zum Gewässer, indem sie einen geordneten Zugang zum Gebiet für die Naherholung ermöglichen. Da ein entsprechendes Angebot geschaffen wird, wird ein Wildparkieren in möglicherweise sensibleren Gebieten vermieden. Die Umsetzung des Besucherlenkungskonzepts, in welchem die Parkierungsanlagen eine zentrale Rolle spielen, liegt im öffentlichen Interesse (Abgleich der Interessen von Naturschutz und Naherholung).
- Die Standorte der Parkierungsanlagen sind für den Zugang zum Gewässer ideal und liegen in kurzer Distanz zu den Hauptverkehrsachsen (z. B. Autobahn A13). Unnötige Fahrten für die Parkplatzsuche werden vermieden.
- Alternative Standorte wurden geprüft, hätten aber zu einem höheren Flächenverbrauch oder zu ungünstigeren Anfahrtswegen geführt. Mit den Standorten für die neuen Parkierungsanlagen resp. mit den geplanten Erweiterungen von bestehenden Parkmöglichkeiten wird dem Bedürfnis nach haushälterischer Nutzung des Bodens Rechnung getragen. Es sind u. a. keine Waldflächen und keine Fruchtfolgeflächen betroffen.

Alle neuen Parkflächen im Gewässerraum werden mit Naturbelag (Kiesplatz) gestaltet. D. h. es entstehen keine ökologischen Barrieren, und der Boden wird nicht versiegelt.

Da es sich insgesamt um eine bescheidene Anzahl Parkfelder handelt, welche sich zudem auf verschiedene Anfahrtsrouten verteilen, und da bereits heute im Nachbereich des Rheins wild parkiert wird, verursachen die neuen geordneten Parkiermöglichkeiten keine spürbare Zunahme des motorisierten Individualverkehrs auf den Kantonsstrassen Bad Ragaz – Maienfeld sowie Bad Ragaz – Landquart.

4.3.14 Teilbächli

Die Massnahmen im Bereich der Teilbächlimündung sind in den Dossierbeilagen Nrn. 8.2 und 9.3 im Detail dargestellt.

Der bestehende Durchlass unter der Kantonsstrasse Tardis – Bad Ragaz hindurch ist zu klein und weist Schäden auf. Das TBA St. Gallen sieht vor, ihn zu erneuern. Da diese Durchlasserneuerung vor allem über das Längenprofil stark von der Rheinaufweitung abhängt, wurde beschlossen, sie in das vorliegende Aufweitungsprojekt unter separatem Kostenteiler zu integrieren.

Die ökologische Vernetzung durch den neuen Durchlass hindurch wird normgemäss sichergestellt.

Unterstrom des neuen Durchlasses erreicht das Teilbächli den Aufweitungsperimeter und wird noch für eine kurze Strecke schmal weitergeführt, bis es vom neuen Dammweg auf einer neuen Brücke überquert wird. Anschliessend kann es sich seinen Lauf über die flache Uferböschung zum Rhein hinunter frei suchen. Diese Flachböschung befindet sich im Schutz der oberstrom liegenden Buhnen und kann vom Rhein nicht wegerodiert werden, wodurch die ökologische Anbindung des Baches an den Rhein gewährleistet bleibt.

Die Brücke des Dammwegs wird als Ortbetonkonstruktion ausgeführt. Sie wird auf eine Belastung von 40 to ausgelegt, damit sie von schweren Unterhaltsfahrzeugen befahrbar ist.

Im Mündungsbereich des Teilbächlis wird keine aktive Gestaltung vorgegeben. Im Strömungsschatten hinter den Buhnen wird sich automatisch ein zufälliges Mosaik aus sandigen und feinkiesigen Ablagerungen, Schwemmholz und strömungsberuhigten Kolktümpeln einstellen, in dem sich der Bach selbstständig ein kleines Mündungsdelta ausbilden kann.

4.3.15 Amphibienlaichgewässer

Als Ersatz für die bestehenden Teiche beim Teilbächli sowie zur weiteren Vernetzung des Amphibienlebensraums werden mehrere neue Teiche bzw. Teich-Komplexe geschaffen:

- Linksufrige Weiher km 25.85 – 25.97 in erhöhter Lage auf dem Flachufer zwischen den Buhnen
- Linksufrige Weiher km 24.75 im bestehenden Wald unter den Hochspannungsleitungen (Niederhaltungsservitut)
- Rechtsufrige Weiher km 25.45 – 27.05 im Rahmen der Revitalisierung des Amphibienlaichgebiets Länder, Maienfeld, vgl. Dossierbeilage Nr. 3.1 Kap. 5.18.2.

Abbildung 40: Weiher im Gebiet Oberau rechts des Rheins (Gemeinde Zizers), als Beispiel eines Amphibienlaichgewässers.

Ein ursprünglich geplanter Weiher linksufrig km 26.6-26.7, auf tiefem Niveau im Graben der neuen Ufersicherung, geschützt durch einen Erdwall, wäre in die Grundwasserschutzzone S3 (Neugüeter) zu liegen gekommen und kann so nicht realisiert werden (Gefahr durch bakterielle Verunreinigung des Grundwassers durch Oberflächenwasser). Dieser Bereich wird neu mit einem Walderdedepot abgedeckt.

Die Standorte der neuen Amphibienlaichgewässer befinden sich in erhöhter Lage über dem Grundwasser und über dem Mittelwasserstand des Rheins und werden daher nur vom Regenwasser gespeist. Es ist möglich, dass kleinere Weiher im Sommer während längerer trockener Perioden austrocknen. Grössere Teiche und Weiher in erhöhter Lage werden mit einer wirksamen und dauerhaften Abdichtung mit Kunststofffolie zu versehen. Die Teichfolie wird mit einem natürlichen Substrat (Kiessand und/oder organischer Schlamm) abgedeckt. Bei einigen Weihern wird zusätzlich ein Versickerungsschacht mit Grundablass eingebaut, so dass der Weiher bei Bedarf trockengelegt werden kann (vgl. Abbildung 41). Dies kann hilfreich und nötig sein zum Zurückdrängen von Fressfeinden der Zielart Gelbbauchunke und beim Ausfischen von illegalem Fischbesatz.

Kleinere Tümpel resp. seichte Flachweiher (z. B. für Gelbbauchunken) können alternativ mit einer mineralischen Abdichtung mit natürlichem Lehm oder mit Waschschlamm aus einem Kieswerk abgedichtet werden.

Im Anhang 9 werden Hinweise für die konkrete Ausgestaltung der Weiher und Teiche gegeben. Diese ist Gegenstand der zukünftigen Ausführungsphase.

Neben diesen aktiv gestalteten Teichen bzw. Teich-Komplexen wird die Flussaue in Zukunft weitere Stillgewässer schaffen und laufend verändern. Bereits der Projektzustand sieht die erleichterte Bildung solcher Strukturen vor, wie zum Beispiel entlang der Seitengewässer, in Kolkbecken abgeschnittener Flussarme oder im uferparallelen Graben, der sich im Abströmbereich der grossen Geschiebebänke bilden wird (vgl. Dossierbeilage Nr. 7.4).

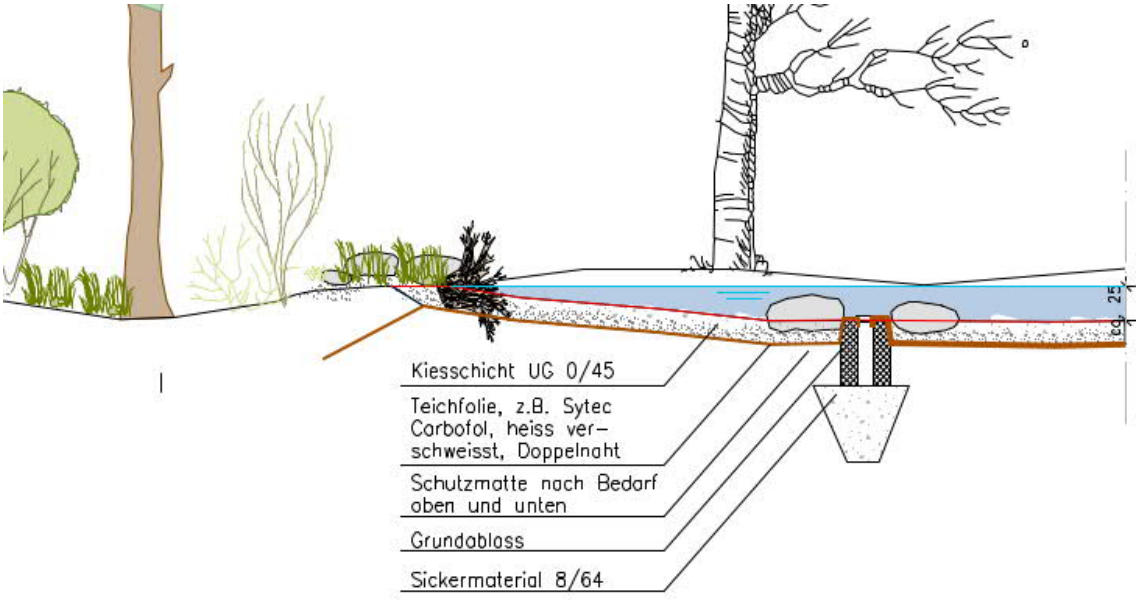


Abbildung 41: Normal-Aufbau Amphibienweiher

4.3.16 Aussichtsplattformen und Sichtfenster

Wie das Beispiel der Mastrilser Rheinaue zeigt, werden Ausblicke vom Uferweg in die Flussaue hinein oft durch dichtes Ufergehölz verunmöglicht. Deshalb werden an vier Standorten entlang der Ufer- und Dammwege Aussichtsplattformen fest installiert (Dossierbeilage 7.4, Gestaltungsplan). Sie ragen über die Ufervegetation hinaus und bieten über die Brüstung hinweg oder durch Sehschlitze hindurch einen freien Einblick in die Auenlandschaft hinein. Gleichzeitig bietet die erhöhte Brüstung eine Deckung, hinter der auch bei einem erwachsenen Menschen nur der Kopf und die Schulterpartie zum Vorschein kommen. Dadurch fühlen sich auch störungsempfindliche Vogelarten nicht bedroht und zur Flucht getrieben.

Die Abmessungen und die Materialisierung der Plattformen sind im Detailplan Beilage Nr. 10.6 ersichtlich. Die Tragkonstruktion, der Boden und die Brüstung bestehen aus Holz. Die mit dem wechselfeuchten Untergrund in Kontakt stehenden Fundamente sind in Beton ausgeführt, welche über Stahlrohre mit der Holzkonstruktion verbunden sind.

Zusätzlich zu den Aussichtsplattformen wird an insgesamt acht Wegabschnitten die Gebüschvegetation bzw. die dem Weg entlanglaufende Hecke durch regelmässigen Unterhalt auf eine Höhe von 1.2 m getrimmt. Diese Sichtfenster erlauben ebenfalls Einblicke in das Teilgebiet «Vorrang Natur», ohne eine Störung der Tierwelt zu verursachen (Dossierbeilage 7.4, Gestaltungsplan).

4.3.17 Einzelobjekte

Die heute stark verbaute und ökologisch nicht durchgängige Mündungsrinne des Töbelibachs ist nicht Bestandteil des Projektperimeters, und das vorliegende Aufweitungsprojekt kann noch keine Aufwertung der Bachmündung bieten. Für eine bessere ökologische Anbindung dieses Seitengewässers wäre ein separates Projekt notwendig.

Beim Auslauf des Unterwasserkanals des Kraftwerks Sarelli kann die Unterfangung des Uferblockwurfs an die bestehende massive Blockvorlage angeschlossen werden. Da die Einstauhäufigkeit der Ausleitung im Vergleich zu den Verhältnissen bei Konzessionslegung nicht verschlechtert wird, sind von Seiten Aufweitungsprojekt keine weiteren baulichen Anpassungen notwendig.

Die Gittermasten bei km 24.85 links und km 24.95 rechts befinden sich knapp ausserhalb des Einflussbereichs der Baumassnahmen und verursachen keine speziellen Anpassungen der neuen Dämme und Ufer.

Die Pegelmessstation des AfU Graubünden bei km 25.47 rechts wird nach der Unterfangung des Uferblockwurfs wieder gemäss heutigem Zustand instand gestellt.

Entlang der Dammwege werden an einzelnen Stellen Nischen mit Sitzbänken und Abfallkübel geschaffen. Deren Anordnung und Ausgestaltung wird in der Ausführungsphase gemeinsam mit den Gemeinden festgelegt.

4.3.18 Geschiebeentnahmestellen

Zum Ausgleich des Geschiebeeintrags von durchschnittlich rund 16'-17'000 m^3/Jahr aus der eigendynamischen Erosion der Waldinseln sowie zur Gewährleistung einer für das Grundwasser unkritischen Sohlenlage ist zumindest während der eigendynamischen Entwicklung bis rund 20-30 Jahre nach dem Bau eine zusätzliche Geschiebeentnahme im Bereich des Aufweitungsperimeters oder oberhalb davon erforderlich (vgl. Kap. 4.2.5, 5.2.2, Dossierbeilagen Nrn. 4.1 und 13). Gemäss den morphologischen Modellrechnungen (Dossierbeilage 4.1) wird mit einer zusätzlichen Entnahme von durchschnittlich rund 12'-15'000 m^3/Jahr gerechnet. Der tatsächliche Bedarf an zusätzlichen Geschiebeentnahmen wird sich aber an den tatsächlich in der Natur im Rahmen des Monitorings (Dossierbeilage 4.5) beobachteten Sohlenlagen richten.

Die bedarfsweise zusätzlichen Geschiebeentnahmen können entweder an der bereits bestehenden Entnahmestelle oberhalb der Tardisbrücke oder an zwei zusätzlichen Perimetern erfolgen:

A) Bei der Landquartmündung unmittelbar oberhalb der Tardisbrücke, z.B. durch Erhöhung der jährlich dort entnommenen Geschiebemenge. Landquarter Gemeindegebiet.

B) Flächiger Abtrag der stationären Geschiebebank an der Kurveninnenseite km 23.8-24.3 links, auf Landquarter Gemeindegebiet und je nach Ausdehnung der Geschiebebank über die Gemeindegrenze hinaus in Maienfelder Gemeindegebiet hinein.

C) Abtrag von allfälligen Geschiebeablagerungen im Bereich des Unterwasserkanals des Kraftwerks Sarelli, Abschnitt km 24.55-24.85 im Bereich zwischen linkem Ufer und Kantonsgrenze. Gemeindegebiet Bad Ragaz.

D) Die Zufahrt zu den Geschiebeentnahmestellen erfolgt über die bestehenden bzw. neu angelegten Unterhaltswege sowie über temporär geschüttete Zufahrtsrampen, welche nach der Intervention wieder rückgebaut werden.

Abbildung 42: Perimeter für die bedarfsweise zusätzliche Geschiebeentnahme im Flussbett. Pfeile: Abtransportwege.

4.3.19 Begleitmassnahmen Grundwasser

Wie im hydrogeologischen Bericht (Dossierbeilage 4.2) dargelegt, führt die Rheinaufweitung ohne Begleitmassnahmen zu einem erhöhten grundwasserbezogenen Risiko infolge eines projektbedingten Anstiegs der Grundwasser-Hochstände HW, welcher gebietsweise über dem vorgegebenen Toleranzwert liegt. Deshalb sind Begleitmassnahmen vorgesehen, welche diese grundwasserbezogenen Projektrisiken auffangen können. Auch wenn sich diese Begleitmassnahmen ausserhalb des Aufweitungsperimeters befinden, sind sie integraler Bestandteil des Aufweitungsprojekts.

Die Begleitmassnahmen Grundwasser sind im Detail in der Dossierbeilage 2.5 beschrieben. Das Massnahmenkonzept besteht im Wesentlichen aus folgenden Bestandteilen.

1) Drei grundwasserbegrenzende Massnahmen: Massnahmen, welche den Grundwasser-Hochstand HW bzw. den projektbedingten Grundwasseranstieg auf das tolerierbare Mass reduzieren können:

   - Einbau von sandig-siltigem Feinmaterial in die bestehenden und neuen Sohlenflächen der Rheinaufweitung, zwecks Reduktion der Durchlässigkeit der Sohle während der Neubenetzung, sowie zwecks Beschleunigung des natürlichen Kolmationsvorgangs (vgl. Kap. 4.3.3).
   - Leerlaufbetrieb von acht bereits bestehenden Grundwasserfassungen zwischen Maienfeld und Malans, welche rechtzeitig vor einem prognostizierten grossen Hochwasserereignis im Rhein eingeschaltet werden und im Leerlauf Grundwasser in den Mühlbach oder in den Rhein ableiten.
   - Fünf temporär errichtete Abschirmungsbrunnen bei Fluppi-Bidems, welche während der gesamten Dauer der Realisierung der Rheinaufweitung vorgehalten werden und bei prognostizierten Grundwasserhochständen Grundwasser in den Rhein ableiten.

2) Individuelle Detailabklärung und allfällige objektbezogene Massnahmen: Auch mit den grundwasserbegrenzenden Massnahmen verbleibt eine Anzahl von Einzelobjekten, bei welchen die Modellberechnungen immer noch ein erhöhtes grundwasserbedingtes Projektrisiko zeigen. Bei diesen Liegenschaften und Anlagen erfolgt eine individuelle Detailabklärung gemeinsam mit der Eigentümer- bzw. Betreiberschaft, wobei wenn nötig auch Objektschutzmassnahmen geprüft werden.

4.4 Materialbewirtschaftung

4.4.1 Allgemeines

Für die Herstellung des Projektzustands der Aufweitung Maienfeld/Bad Ragaz sind grosse Materialmengen auszuheben, umzulagern, zu transportieren, zu verwerten und einzubauen. Die hauptsächlich bewegten Materialtypen sind:

- Kiessand bzw. Rheinschotter (Materialklasse "Kies")
- Sand und Feinsandig bzw. Überschwemmungssedimente (Materialklasse "Sand")
- Waldboden bzw. organische Auflage (Materialklasse "Walderde")
- Wurzelstöcke
- Blockmaterialien

Wenn nichts anderes vermerkt ist, werden die Volumina in m^3 Festmass mit Raumdichte 2.15 to/m^3 angegeben und entsprechen der dichten Lagerung im Untergrund oder dem geometrischen Dammvolumen nach Verdichtung. Für das Losemass, z.B. nach Auflad auf ein Transportmittel (1'750 to/m^3) sind die Mengen entsprechend umzurechnen.

4.4.2 Volumenermittlung Aushub und Schüttmaterial

Die Massen für den Aushub und den Wiedereinbau der Materialklassen "Kies", "Sand" und "Walderde" wurden durch einen Verschnitt des topografischen Höhenmodells des Projektzustands mit demjenigen des Ausgangszustands auf der Basis der Baugrundsondagen (Kap. 2.6.2 und Dossierbeilage Nr. 4.4) ermittelt. Die Auswertung erfolgte sowohl getrennt nach einzelnen Etappen wie auch über das gesamte Projekt, und ist in den Tabellen Anhang 8 dokumentiert.

Die Tabelle Anhang 8.5 der Gesamtauswertung über beide Etappen enthält auch die erwartete Volumendifferenz aus der Seitenerosion, welche vom Rhein während der Beobachtungspause abgetragen wird, wie auch die Volumenbilanz der nach Bauende zu erwartenden eigendynamischen Entwicklung bis hin zum Endzustand.

4.4.3 Mengenübersicht

Zusammengefasst ergeben sich die folgenden Massen für die Hauptmaterialien:

Material	*Aushub (ohne Abschwemmen Rhein)*	*Schüttung/Einbau*	*Abfuhr und externe Verwertung*
Kiessand (m^3 Festmass)	917'000	363'000	554'000
Sand (m^3 Festmass)	175'000	175'000	0
Walderde (m^3 Festmass)	43'000	43'000	0
Wurzelstöcke (Stück)	Ca. 4'500	Ca. 4'500	0
Wuhrsteine (Tonnen)	70'000 (100%)	210'000	- 140'000

Tabelle 43: Massenermittlung für die Hauptmaterialien

4.4.4 Holz, Strauchschicht und Wurzelstöcke

Für den Bau der Aufweitung werden Waldflächen gerodet. Das Stammholz gehört dabei grundsätzlich dem Grundeigentümer (Rheinunternehmen bzw. Stadt Maienfeld) und kann durch ihn verwertet[15] werden.

Für die Schlagräumung müssen Äste und Unterholz entfernt werden. Das Material wird auf Platz gehäckselt und zusammen mit der Walderde abgetragen.

Auf den grossen Rodungsflächen ist mit geschätzt 4'500 Wurzelstöcken zu rechnen. Etwa 2'000 davon können ausgegraben und unzerteilt als Totholz-Depots im neuen Flussbett auf erhöhten Kiesbänken wieder aufgebracht werden, wo sie die gleiche ökologische Funktion wie Schwemmholzablagerungen erfüllen.

[15] Im Kostenvoranschlag ist der gesamte Holzschlag eingerechnet, aber auch ein erzielbarer Erlös (Schnitzelanlage).

Der Rest der Wurzelstöcke muss entfernt werden. Der Abtransport mit Entsorgung auf eine Kompostieranlage oder in die Kehrichtverbrennungsanlage ist unwirtschaftlich. Es wird daher vorgeschlagen, die Wurzelstöcke mittels Stockfräse auf Platz aufzufräsen und zusammen mit der Walderde aufzuladen (s.u.).

4.4.5 Organisches Bodenmaterial (v.a. Materialtyp "Walderde")

Im Perimeter fallen randlich kleine Mengen an landwirtschaftlichem Ober- und Unterboden an. Dieser wird getrennt gelagert und wenn möglich vollständig vor Ort am Perimeterrand wieder verwendet.

Bei der Walderde handelt es sich gemäss den Bodenaufschlüssen in Dossierbeilage 4.4 um eine skelettreiche, dünne Bodenschicht, welche voraussichtlich relativ nährstoffarm ist und viel unverrottetes organisches Material wie Wurzeln und Holzschnitzel enthält. Das steinige und nur wenig humose Material soll trotz des rauen Reliefs und so gut wie möglich maschinell vom Untergrund separiert werden.

Es wird mit einem flächigen Abtrag von rund 43'000 m^3 (fest) Walderde gerechnet. Da eine Abfuhr auf Deponie Unternehmer sehr kostspielig und unwirtschaftlich wäre, wird die gesamte Menge innerhalb des Projektperimeters an folgenden Orten wieder aufgebracht (siehe Gestaltungsplan Dossierbeilage 7.4):

- Km 26.5-26.8 links: Wiederauffüllung des Aushubs für die neue Ufersicherung, und Wiederherstellung der belebten Deckschicht in der Grundwasserschutzzone S3.
- Km 26.2-26.4 rechts sowie 25.6-25.8 rechts: Walderdedepots auf dem höchsten Bereich der dortigen Geschiebebänke.

4.4.6 Feinsediment (Materialtyp "Sand")

Gemäss den Volumenberechnungen fallen rund 175'000 m^3 (fest) feinsandige Überschwemmungssedimente an. Oberflächennahe Schichten direkt unter der Walderde werden teilweise mit organischem Material durchsetzt sein.

Es wird davon ausgegangen, dass dieses Material nicht der externen Verwertung zugeführt werden kann, sondern innerhalb des Perimeters wieder aufgebracht und wie folgt verwendet wird (Festmass, nur Materialtyp "Sand"; vgl. auch Kap. 4.3.2 und 4.3.4):

- Einbringen in Sohlenversatz (Anteil 10-25%): ca. 38'000 m^3
- Auftrag ca. 20 cm auf die neuen Sohlenflächen: ca. 80'000 m^3
- Überschuss, vor Ort in Depots angelegt: ca. 57'000 m^3

Der überschüssige Sand wird während der Bauarbeiten am Rheinufer in Depots bereitgestellt, wo er während der Sommermonate abgeschwemmt werden kann.

4.4.7 Rheinschotter (Materialtyp "Kies")

Gemäss den Volumenberechnungen fallen rund 920'000 m^3 (fest) kiesiges Aushubmaterial an. Neben dem Aushub des Rheinschotter ist darin auch der Abtrag der alten Dämme mit eingeschlossen. Die Kornzusammensetzung und die Qualität dieses Materials sind im Kap. 2.6.3 und in Dossierbeilage Nr. 4.4 dokumentiert. Der ausgehobene Kiessand wird teilweise innerhalb des Perimeters wieder eingebaut und teilweise abgeführt (Festmass, nur Materialtyp "Kies"):

- Einbringen in Sohlenversatz (Anteil 75-90%): ca. 308'000 m^3
- Schüttung der neuen Dämme: ca. 55'000 m^3
- Überschuss (Abfuhr) aus Aufweitung: ca. 554'000 m^3
- Zusätzlicher Überschuss aus Dammsanierung[16]: ca. 10'000 m^3

[16] Sanierung und Teilrückbau der bestehenbleibenden Dämme, welche nicht abgerückt werden (vgl. Kap. 0 und 4.3.7)

Falls der Schotter direkt unter dem Waldboden anschliesst, wird die oberste Schicht teilweise mit organischem Material durchsetzt sein, und ist als Dammschüttmaterial und zur externen Verwertung nicht geeignet, kann aber zum Aufbau des Sohlenversatzes verwendet werden.

4.4.8 Material- und Erdbewegungskonzept

Der Bauablauf (vgl. entsprechende Pläne Dossierbeilagen 7.11-7.13) ist hinsichtlich der internen und externen Materialtransporte optimiert:

Sämtliches Material vom Typ «Walderde» und «Sand» wird nicht extern abgeführt, sondern vor Ort innerhalb des Aufweitungsperimeters wiederverwendet oder in Depots angelegt.

Die Bauabläufe und Loseinteilungen sind so optimiert, dass kein Materialausgleich zwischen den einzelnen Baulospaaren 1/2, 3/4 und 5/6 nötig ist. Sämtliches Material der Typen «Walderde» und «Sand», das innerhalb eines Bauloses abzutragen ist, wird innerhalb desselben Loses oder des unmittelbar benachbarten Loses wieder vollständig aufgebracht. Das für den Eigengebrauch innerhalb eines Bauloses gebrauchte Kiesmaterial kann innerhalb desselben Loses oder des unmittelbar benachbarten Loses gewonnen werden.

Eine Materialabfuhr nach extern findet nur für den Materialtyp «Kies» statt, und zwar zur Wiederverwertung als Rohstoff. Die

Das organische Material aus der Wurzelstockräumung wird ebenfalls nicht extern abgeführt, sondern entweder als Strukturelement in die neue Flusssohle integriert oder aufgefräst und zusammen mit dem Materialtyp «Walderde» vor Ort in Depots angelegt.

Die innerhalb der Baustelle verschobenen Materialmengen, die abgeführten Mengen des Materialtyps «Kies» sowie die jeweiligen Abtransportrouten sind in den Bauabläufplänen Dossierbeilagen 7.11-7.13 für jedes Baulospaar im Detail und transparent wiedergegeben (Angaben in Volumen lose). Auf eine zusätzliche Auflistung kann an dieser Stelle verzichtet werden.

4.4.9 Externe Verwertung Kiessand, Dauer Bauausführung

Wie das Variantenstudium gezeigt hat, ist der Rhein nicht in der Lage, die enormen Mengen überschüssigen Kiesmaterials innert der Dauer der Bauausführung abzuschwemmen, weshalb ein Abtransport erforderlich ist. Das insgesamt über beide Etappen abzuführende Kiesmaterial beläuft sich gemäss Kap. 4.4.7 auf rund 560'000 m^3 (fest).

Der Kiessand bzw. Rheinschotter (Materialtyp "Kies") wurde im Labor auf verschiedene Eigenschaften geprüft (vgl. auch Dossierbeilage Nr. 4.4). Es handelt sich um ein hochwertiges Material, das sich nicht nur als Koffermaterial, sondern auch als Zuschlagsstoff in der Betonindustrie und für den Einbau in Verkehrsflächen eignet. Anstelle einer äusserst kostspieligen externen Deponierung soll es daher als Rohstoff der Kieswirtschaft zugeführt werden, was auch den Bundesvorgaben zur Schonung der Kiesressourcen entspricht.

Im Rahmen des Variantenstudiums wurden mit Hilfe externer Spezialisten mögliche Arten der Wiederverwertung näher abgeklärt. Im Vordergrund steht dabei die Verwertung in regionalen Kieswerken. Dies hat zur Folge, dass die pro Jahr abgeführten Mengen begrenzt werden müssen, da der regionale Markt eine beschränkte Aufnahmefähigkeit hat. Gemäss dem aktuellen Stand der Kenntnisse wird im vorliegenden Bauprojekt davon ausgegangen, dass der regionale Markt im Raum Bündner und Sarganser-Werdenberger Rheintal zusätzlich rund 60'000 m^3 (fest) hochwertiges Kiesmaterial pro Jahr aus der Rheinaufweitung aufnehmen kann und gleichzeitig immer noch ein Brutto-Erlös für die Abgabe des Rohstoffs franko Abnehmer erwartet werden kann, welcher die Nettokosten für die Materialabfuhr entlasten kann.

Die limitierte Aufnahmefähigkeit bestimmt direkt auch die Dauer der Materialabfuhr und somit auch die Dauer der Bauausführung. Obwohl die Baulogistik und die Kapazität der Abtransportwege durchaus in der Lage wären, die Aufweitung in kürzerer Zeit zu erstellen, bedingt die auf 60'000 m^3 (fest) pro Jahr dosierte Menge eine gesamte Dauer der Materialabfuhr von rund 9 Jahren.

4.4.10 Zwischenlager für die 1. Etappe

Da der überwiegende Anteil des abzuführenden kiesigen Materials in der 1. Etappe anfällt, beträgt die Dauer der Materialabfuhr aus der 1. Etappe rund 7 Jahre, und ist daher nach der Bauausführung von 5 Jahren um weitere 2 Jahre in die Beobachtungspause hinein zu verlängern. Zu diesem Zweck ist im Bauprojekt die Vorhaltung einer Zwischenlagerfläche mit einer Aufnahmekapazität von maximal 120'000 m^3 eingeplant (vgl. Situationsplan Dossierbeilage Nr. 7.1). Ob und wie stark diese während der Bauausführung in Anspruch genommen wird, hängt von der angebotenen Abfuhrleistung des dannzumal beauftragten Unternehmers ab und kann zum heutigen Zeitpunkt noch nicht vorausgesagt werden.

Die Zwischenlagerfläche liegt zusammen mit dem Installationsplatz im Bereich des später im Baulos 3 auszuhebenden Seitengerinnes und muss daher ohnehin gerodet und abhumusiert werden.

4.4.11 Option Bahntransport

Parallel zum Variantenstudium und zur Optimierung der Bestvariante wurde auch die Option geprüft, das überschüssige Kiesmaterial während der 1. Etappe zur Hauptsache ab dem Güterbahnhof von Landquart mit der Bahn abzutransportieren. Dazu wären folgende Massnahmen notwendig:

- Vorkonditionierung Überkorn auf Platz innerhalb des Perimeters.
- LKW-Zwischentransport über Tardisbrücke, Kreisel, Tardisstrasse und Löserstrasse zum Güterbahnhof Landquart
- Errichten und Vorhalten eines Verladeterminals im Güterbahnhof Landquart über die Dauer der Bauausführung der 1. Etappe: Abfüllung Schüttgutwagen oder Auflad Schüttgut-Wechselcontainer LKW-Bahnwagen.
- Abfertigung eines Blockzugs à 1'000 to Nutzlast pro Werktag, rund 220 Züge pro Jahr
- Ferntransport zu überregionalen Absatzkanälen, z.B. im Grossraum Zürich.
- Zusätzlich 45'000 m^3 fest via LKW-Transport auf die regionalen Märkte.

Zur Erreichung der Verlade- und Transportfähigkeit muss das Material vor der Abfuhr vorkonditioniert werden, indem das Überkorn >150 mm auf Platz ausgegattert oder gebrochen wird.

Diese Art der Materialabfuhr hätte die folgenden Vorteile:

- Umweltfreundlicher Transport
- Verkürzung der Materialabfuhr von 7 auf rund 3 Jahre
- Verkürzung der Bauausführung der 1. Etappe von 5 auf rund 3 Jahre
- Keine Vorhaltung eines Zwischenlagers
- Möglicherweise höherer Brutto-Erlös franko Abnehmer im Raum Zürich.

In der näheren Abklärung zum Bauprojekt hat sich aber diese Art der Materialabfuhr als zu wenig wirtschaftlich erwiesen, da sie gemäss dem heutigen Stand der Marktkenntnisse erhebliche Mehrkosten für die Vorkonditionierung, den Zwischentransport zur Verladestelle, den Verlad und den Ferntransport verursachen würde, welche selbst durch einen allfällig höheren Brutto-Erlös für den Rohstoff nicht wettgemacht werden könnten. Deshalb wird sie trotz ihrer Vorteile dem Auflageprojekt und der Beurteilung der Umweltverträglichkeit nicht zugrunde gelegt.

Die Option eines Abtransports via Bahn könnte aber wieder interessant werden, falls sich bis zum Zeitpunkt der Ausschreibung die Randbedingungen wesentlich ändern würden und die Annahmen bezüglich der externen Materialverwertung [17]überdacht werden müssten.

[17] Aktuell (Februar 2023) wird die Möglichkeit einer Wiederverwendung im Projekt RHESI in der internationalen Rheinstrecke geprüft.

4.4.12 Wuhrsteine

Die Masse und die Qualität der aus dem Abbruch der bestehenden Ufer wieder zu gewinnenden Blockmaterialien sind im Detail abgeklärt worden und in der Dossierbeilage Nr. 4.10 dokumentiert.

Es wird mit total 72'400 Tonnen wieder zu gewinnendes Blockmaterial gerechnet. Die Qualität der Blöcke ist im Allgemeinen sehr gut, und ihre Zähigkeit, Abriebfestigkeit und Grösse geeignet für einen Wiedereinbau. Trotzdem wird im Kostenvoranschlag sicherheitshalber davon ausgegangen, dass nur 90% der Blöcke für einen Wiedereinbau verwendet werden können.

Zur Deckung des Gesamtbedarfs von rund 210'000 Tonnen sind etwa 140'000 Tonnen Blockmaterial aus Steinbrüchen anzuliefern. Die detaillierten Anforderungen bezüglich Abriebfestigkeit, Frostbeständigkeit, Herkunft, Petrografie usw. sind Gegenstand der künftigen Submissionsphase.

4.5 Werkleitungen

4.5.1 50 kV-Freileitungen

Für die beiden Mittelspannungsleitungen, welche bei km 24.300 den Rhein queren, müssen für den Bau der Aufweitung Maienfeld zwei Masten verlegt werden, da sie unmittelbar am rechten Ufer in den Bereich der Maienfelder Teilaufweitung kommen. Das Vorhaben wurde zu Beginn der Planung mit den Werkeigentümern EWZ und Repower AG besprochen.

Projektträgerschaft für diese Leitungsverlegung sind die Werkeigentümer. Die Planung erfolgte bei den Werken selbst und ist im separaten Dossier Nr. 14.3 XXXXnoch nicht erhaltenXXX dokumentiert. Die Verlegung muss in einem separaten Planverfahren genehmigt werden, da das ESTI Bewilligungsbehörde ist. Aufgrund des untrennbaren sachlichen Zusammenhangs zwischen Leitungsverlegung und Flussaufweitung müssen die beiden Genehmigungsverfahren koordiniert werden.

Im Kostenvoranschlag ist ein Kostenbeitrag der Rheinaufweitung an die Leitungsverlegung eingerechnet.

4.5.2 Sonstige Werkleitungen

Weitere Werkleitungen sind vom Projekt nicht betroffen. Für allfällige nicht in den Katastern verzeichnete Werkleitungen wurde im KV eine Reserve vorgesehen.

4.6 Kosten und Finanzierung

4.6.1 Kosten

Für das Projekt wurde ein stufengerechter Kostenvoranschlag erstellt, der sich auf einen detaillierten Massenauszug und auf die Projektgrösse angepasste Einheitspreise abstützt (Dossierbeilage Nr. 2.2). Ausser den so ermittelten reinen Baukosten wurden die allgemeinen Kosten wie Projektierung, Modellierungen und Studien, Kommunikation (Öffentlichkeitsarbeit), Landerwerb, etc. ausgewiesen.

Die gesamten Erstellungskosten (Baukosten, allgemeine Kosten, Materialbewirtschaftung, Drittkosten, Mehrwertsteuer) werden auf Fr. 76 Mio. veranschlagt. Darin enthalten ist eine offene Reserve von rund Fr. 1 Mio.

4.6.2 Kostenträger und Finanzierung

Kostenträger sind in erster Linie die Wasserbaupflichtigen. Dies ist im Kanton St. Gallen der Kanton - vertreten durch das Rheinunternehmen – da es sich um ein Kantonsgewässer han-

delt. Im Kanton Graubünden sind es die Einwohnergemeinden, namentlich die Stadt Maienfeld und die Gemeinde Landquart, wobei der Kanton diese Kosten subventioniert.

Ob die Kosten anteilsmässig gemäss der effektiven Baukosten auf den jeweiligen Hoheitsgebieten oder mittels eines festen Verteilschlüssels aufgeteilt werden, ist zurzeit zwischen den beiden beteiligten Kantonen noch in Verhandlung.

Renaturierungsprojekte werden vom Bund subventioniert. Da es sich um ein Einzelprojekt handelt, kann ein Mehrnutzen geltend gemacht werden, was einen höheren Subventionssatz des Bundes auslöst. Im vorliegenden Fall soll der maximal mögliche Bundesbeitrag von 80% angestrebt werden. Massgebend für das vorliegende Projekt sind gemäss heutigem Stand die Grundsubvention (Leistungsindikator gemäss Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2020-2024 [18], Kapitel 8.2 LI 2.1; 35%), der grosse Nutzen für die Natur und Landschaft im Verhältnis zum voraussichtlichen Aufwand (höchste Priorität in der strategischen Revitalisierungsplanung sowie Bedeutung des Projekts für die Förderung der Naherholung; LI 2.3.a; 20%) und der erhöhte Gewässerraum auf 80% des Projektperimeters (LI 2.2.a; 25%).

Im Beitragsplan werden auch Kosten zulasten Dritter ausgewiesen. Die Erneuerung des Kantonsstrassendurchlasses beim Teilbächli wird vom Kanton St. Gallen über das Strassenkreisinspektorat Buchs finanziert, ist aber in den ausgewiesenen Bruttokosten enthalten.

Die Kostentragung für die Anpassung der beiden 50 kV-Freileitungen ist noch offen. Die Finanzierung ist noch ungeklärt. Im Kostenvoranschlag ist dafür vorläufig ein Betrag von Fr. 1.5 Mio. reserviert.

4.7 Bauablauf und Logistik

4.7.1 Etappenabgrenzung und Bauloseinteilung

Der gesamte Perimeter wird für die Ausführung in etwa gedrittelt. Das unterste Drittel bildet die 1. Etappe, die beiden oberen die 2. Etappe. Die Abgrenzung zwischen 1. und 2. Etappe ist in der folgenden Abbildung 44 mit blauer und grüner Linie abgegrenzt. Sie ergibt sich aus dem Zustand, welcher in der Beobachtungspause zu überwachen ist:

- Aufweitung auf die volle Breite im Rahmen der Baulose 1 und 2 fertig erstellt.
- Seitengerinne, Damm[18] und neue Ufersicherung im Bereich des Loses 3 noch nicht erstellt.
- Der alte linke Damm und die entsprechende Ufersicherung im Bereich Los 4 noch nicht abgebrochen.

Die Baulose 3 und 4 werden somit erst nach der Beobachtungspause erstellt und sind mit Ausnahme der Abhumusierung des Installationsplatzes und des Zwischenlagers Teil der 2. Etappe.

Die genaue Einteilung der sechs Baulose ergibt sich aus der Erschliessung der einzelnen Bauplätze sowie aus den Anforderungen der Wasserhaltung. Da der Alpenrhein auch im Winter einen mittleren Abfluss von 65 m^3/s aufweist und zudem tagsüber einen zusätzlichen Schwallabfluss aus den Kraftwerken führt, ist ein provisorischer Übergang nicht wirtschaftlich. Dasselbe auch für Umwege über die Kantonsstrassenbrücken auf die andere Flussseite. Die Materialtransporte quer zur Flussachse sollen daher ausschliesslich im Trockenen erfolgen können.

Es wurden drei linksufrige (ungerade) und drei rechtsufrige (gerade) Lose definiert, welche von der jeweiligen Uferseite her erschlossen werden. Jeweils zwei gegenüberliegende Lose gehören zusammen und werden unmittelbar nacheinander ausgeführt. Es ist wichtig zu be-

[18] Aufgrund seiner geringen Höhe ist es vertretbar, diesen Damm während der fünfjährigen Beobachtungspause noch offen zu lassen. Ein rückwärtiges Ausfliessen ist bis mindestens zu einem HQ_{100} nicht zu befürchten.

merken, dass die Baulose 1, 3 und 6 vor den gegenüberliegenden Baulosen 2, 4 und 5 erstellt werden müssen[19].

Die Flächen werden so eingeteilt, dass die Materialbilanzen von Aushub und Einbau je möglichst ausgeglichen sind, zwischen den beiden gegenüberliegenden Losen kein Materialtransport stattfindet und keine Materialien für eine spätere Verwendung in flussaufwärts liegenden Losen zwischengelagert werden müssen.

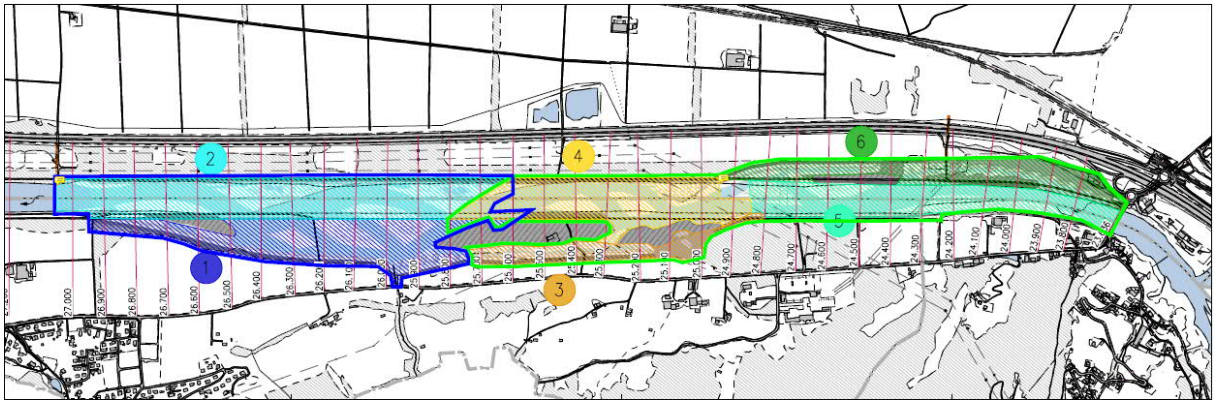


Abbildung 44: Räumliche Einteilung bzw. Abgrenzung der zwei Etappen und sechs Baulose. Blaue Linie: Etappe 1 (Lose 1 und 2). Grüne Linie: Etappe 2 (Lose 3 bis 6). Keine Übergänge während der Bauzeit.

4.7.2 Bauabläufe und Wasserhaltung

Die Bauabläufe und die Wasserhaltung sind in den Bauphasenplänen Nrn. 370-372 (Dossierbeilagen 7.11-7.13) projektstufengerecht dargestellt.

In jeweils einem Drittel des Aufweitungsperimeters – von unten nach oben – wird der Rhein zunächst in seinem alten Lauf belassen, während am Gegenufer in den 'Aufweitungslosen' Nrn. 1, 3 und 6 im Schutze des Rheindammes die hauptsächlichen Aushubarbeiten für die neue Sohle der Aufweitung, die Schüttarbeiten für die neuen Dämme und die Blockwurfverlegung für den Uferschutz im Trockenen ausgeführt werden. Dabei hat der Bau des neuen Uferschutzes und Dammes gegen die Flussrichtung jeweils einen kleinen Vorlauf, damit die Hochwassersicherheit gewährleistet ist. Der Bau des Dammes, der Wege und des Ufers erfolgt immer in einem Arbeitsgang von unten nach oben. Mit den Aushubarbeiten wird im Bereich der neuen Sohle gleich auch das künftige Gerinne mit Niederwasserrinnen und Geschiebebänken modelliert und mit Feinsand abgedeckt.

Anschliessend wird der Rheindamm jeweils am oberen Ende des fertiggestellten Loses 1, 3, oder 6 geöffnet, und der Rhein wird in das soeben erstellte Los bzw. in das fertiggestellte Seitengerinne umgeleitet, wo er die neue Sohle einschwemmen kann. Dann folgt das jeweilig gegenüber liegende 'Unterfangungslos' (Nrn. 2, 4 und 5), wo der bestehende Blockwurf ausgebessert und unterfangen sowie der vertikale Sohlenversatz auf der alten Rheinsohle eingebaut wird. Das Material stammt dabei jeweils aus dem stehengebliebenen alten Rheindamm, der nun in der Mitte des Gerinnes steht. Dank der Wasserumleitung ist auch hier eine Materialumlagerung ausserhalb des fliessenden Wassers möglich.

Zum Schutz der Lebensräume und betroffenen Arten ist vorgesehen, die bearbeiteten Bereiche jeweils nur soweit notwendig zu roden und fertiggestellte Bereiche temporär abzusperren, damit sei einwachsen können.

Die Fundation der Blockwürfe und Blocksätze (Niveau 3) liegt bis zu 2-3 m unter dem mittleren Grundwasserspiegel bzw. unter der mittleren Sohle. Damit der Baugrubenaushub und das Legen der Fussteine auf die richtige Tiefe nicht behindert werden, ist ein möglichst tiefer Wasserspiegel in der Baugrube und ein möglichst kleiner Grundwasserandrang anzustreben. Verlege- und Unterfangungsarbeiten im Winter bei tiefem Grundwasserstand sind vorzuziehen, und eine gravitative Entwässerung Richtung flussabwärts, mit möglichst geringem

[19] Die Baulosnummerierung bezieht sich auf ihre geografische Lage, nicht auf die Reihenfolge ihrer Ausführung.

Gefälle in der grabenförmigen Baugrube, erscheint prüfenswert. Ein Abpumpen von Sickerwasser aus den Baugruben ist wenn möglich zu vermeiden.

4.7.3 Langsamverkehrsführung während der Bauarbeiten

Die Bauphasenpläne Nrn. 370-372 (Dossierbeilagen 7.11-7.13) zeigen auf, wie der Langsamverkehr während der einzelnen Bauphasen sicher an den Baustellen vorbeigeführt wird.

4.7.4 Baustellenhochwasser, Risikoabflüsse

Die Vorgabe der Risikoabflüsse für Baustelle und Umland ist Gegenstand der kommenden Submissionsphase.

Für das Umland (Talebenen beidseits des Rheins) muss während der gesamten Bauzeit ein vollständiger Schutz bis zum hundertjährlichen Ereignis durchgehend sichergestellt sein. Für Bauarbeiten in der hochwasserarmen Zeit kann der Risikoabfluss auf das hundertjährliche Winterhochwasser reduziert werden.

Da die 'Aufweitungslose' Nrn. 1, 3 und 6 im Schutz des alten Dammes ausgeführt werden, sind deren Baustellen in der Regel vor Hochwasser geschützt.

Bei den 'Unterfangungslosen' Nrn. 2 und insbesondere 4 und 5 hängt die Wasserhaltung jedoch von der Abflusskapazität der Wasserumleitung ab. Diese erfolgt für die Lose 4 und 5 in relativ schmalen Seitengerinnen und ist daher auf rund 100-130 m^3/s limitiert. Auch bei einer Bauausführung im Winterhalbjahr kann bereits ein kleines Winterhochwasser diesen Wert übersteigen, den Fangedamm überströmen und wieder im alten Flussbett abfliessen. Die Bauunternehmung muss daher ihre Baustelle so organisieren, dass eine Flutung des alten Rheinbetts ohne Schadenfolge am unfertigen Blockwurf jederzeit möglich ist und die Wasserhaltung rasch wieder instand gestellt werden kann.

4.7.5 Logistik und Installationen

In den 'Aufweitungslosen' Nrn. 1, 3 und 6 finden die grossen Erdbewegungen und Rodungsarbeiten statt und auch die Buhnen und Leitwerke werden erstellt. Diese Lose sind transportintensiv und verlangen auch einen zentralen Platz für die Materialaufbereitung. Das Flussbett im Bereich der neuen Sohle wird bis auf ein Restvolumen beim alten Damm ausgehoben, welches im nachfolgenden Baulos für die Schüttung des vertikalen Sohlenversatzes benötigt wird.

In den 'Unterfangungslosen' Nrn. 2, 4 und 5 wird nur ein Teil der Wasserbausteine zugeführt. Im Übrigen kann ein Materialausgleich zwischen Restaushub und Auffüllung der alten Sohle (vertikaler Sohlenversatz) erreicht werden. Diese Lose weisen also nur wenige Transporte auf. An Installationen werden für die Unterfangungen nur ein begrenzter Platz für den Blockumschlag und Zufahrten ins Gerinne benötigt, sowie eine gesicherte Piste längs des Uferverbaus.

Für die Materialaufbereitung und den Materialumschlag ist für die Lose 1 bis 4 linksufrig ein rund 7'500 m^2 grosser Installationsplatz vorgesehen. Er wird über den bestehenden Flurweg bei km 25.400 (Zufahrt zum Munitionsdepot) und eine neue Zufahrt im Bereich KW Sarelli im Rundverkehr erschlossen.

Die Lage wurde so gewählt, dass der Platz einerseits in jeder Bauphase ohne Brücke erreichbar ist, und andererseits kein zusätzlicher Wald zu roden ist, der nicht ohnehin später für die Baumassnahmen entfernt werden muss. Dadurch wird ein schmaler Streifen Landwirtschaftsland temporär beansprucht. Wenige Meter südlich des Installationsplatzes verläuft eine Mittelspannungs-Freileitung der SAK. Die Leitung muss geflaggt werden. Im Kostenvoranschlag ist ausserdem eine Bauwand vorgesehen, um den Platz optisch und akustisch etwas abzuschirmen.

Die rund 22'000 m^2 umfassende Fläche, welche während der Lose 1 und 2 für ein allfälliges Zwischenlager zur Dosierung der Materialabfuhr (Kap. 0) in Anspruch genommen werden kann, schliesst direkt an den Installationsplatz an. Sie liegt grösstenteils im Bereich der später im Los 3 zu erstellenden Massnahmen und muss daher ohnehin gerodet werden. Ob diese Fläche beansprucht wird, werden die Angebote in der Submissionsphase zeigen.

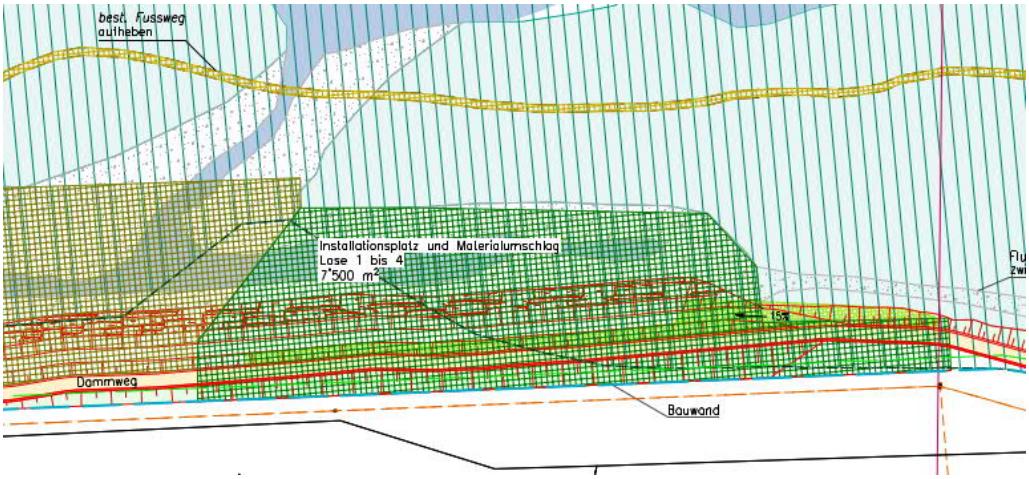


Abbildung 45: Lage und Erschliessung Installationsplatz (grüne Kreuzschaffur)

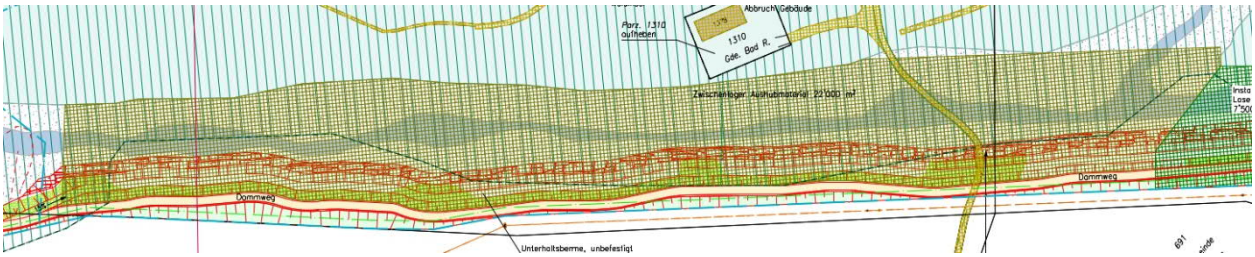


Abbildung 46: Lage und Erschliessung Zwischenlager (gelbe Schraffur)

4.7.6 Transporte, Erschliessung

Die Abfuhr des überschüssigen Kiesmaterials und die Lieferung von Wuhrsteinen erfolgen über die Dammwege und öffentlichen Strassen. Ersteres fällt vor allem in der linksufrigen Bad Ragazer Teilaufweitung im Bereich der 'Aufweitungslose' Nrn. 1 und 3 an. Um die Belastung der Wohngebiete von Tardis und Fluppi zu vermeiden, wurde die in der Vorprüfung vorgeschlagene Baustellenerschliessung abgeändert und erfolgt nun von der Kantonsstrasse Bad Ragaz – Maienfeld her über die beiden Rheindämme. Um eine sichere Einfahrt auf die Kantonsstrasse zu gewährleisten, muss die Einmündung des Dammwegs auf die Kantonsstrasse angepasst werden.

Die Umweltauswirkungen des Lastwagentransports werden im Umweltverträglichkeitsbericht Dokumentenbeilage Nr. 3.1 detailliert untersucht und quantifiziert.

4.7.7 Baurisiken

Die aus heutiger Sicht noch vorhandenen Projektrisiken der Bauausführung sind unter anderen:

- Allgemeines Projektrisiko von Preisschwankungen
- Die in der Ausführungsphase zu verdichtenden Bodenaufschlüsse könnten eine wesentlich andere Zusammensetzung des Untergrunds ergeben.
- Unerwartet massive Infiltration durch die noch nicht kolmatierten Sohlen- und Blockwurfflächen in das Grundwasser
- Der Baugrubenaushub und die Verlegung der Blocksätze und Blockwürfe bis zur Einbindetiefe Niveau 3 gestaltet sich schwierig wegen unerwartet hohem Grundwasserandrang.
- Ein Winterhochwasser tritt aus dem Umleitungsgerinne aus und überflutet die Unterfangungs-Baustellen der Lose 2, 4 und 5.

4.8 Rodung und Landbeanspruchung

4.8.1 Rodung

Die permanent und temporär zu rodenden Flächen sind in den Rodungsakten (Dossierbeilagen 12.1-12.4) getrennt nach Kantonen ausgewiesen. Es handelt sich um folgende Flächengrössen:

- Kanton St. Gallen:
  - Definitive Rodung: 15.6 ha
  - Temporäre Rodung und Ersatzaufforstung an Ort: 2.4 ha
  - Ersatzaufforstung def. Rodung: 0.1 ha
- Kanton Graubünden:
  - Definitive Rodung: 3.9 ha
  - Temporäre Rodung und Ersatzaufforstung an Ort: 9.8 ha
  - Ersatzaufforstung def. Rodung: 3.0 ha

Der Verlust an bestehender Waldfläche auf Seite St. Gallen wird durch ökologische Aufwertung kompensiert.

4.8.2 Landerwerb

Die Landerwerbsflächen und die temporäre Landbelegung sind in den Landerwerbs- und Enteignungsplänen (Dossierbeilagen Nrn. 11.1-11.3) getrennt nach Kantonen ausgewiesen. Der Eigentumserwerb betrifft nur die St. Galler Seite und beläuft sich auf rund 12'000 m^2.

Ein Teil der Flächen ist verpachtet. Die rechtzeitige Neuregelung der Pachtverträge ist Sache der Bauherrschaft.

4.8.3 Fruchtfolgeflächen

Die Inanspruchnahme von Fruchtfolgeflächen konnte gegenüber dem Vorprojekt reduziert werden und beträgt noch:

Kanton	Verlust Fruchtfolgeflächen (FFF) [m^2]
St. Gallen	417
Graubünden	2’709

Tabelle 47: Verlust von Fruchtfolgeflächen

Die entsprechenden Flächen sind im Anhang 4 des UVB (Dossierbeilage 3.1) planlich ausgewiesen.

Mit Ausnahme der Aufhebung zweier Wegzufahrten auf Seite St. Gallen ist im Rahmen des Projekts des Projekts keine Kompensationsmöglichkeit vorhanden.

Die Flächen führen in den beiden Kantonen nicht zu einer Unterschreitung des Minimalkontingents an Fruchtfolgeflächen.

5. BESCHRIEB DER PROJEKTAUSWIRKUNGEN

5.1 Zusammenfassung der generellen Auswirkungen

Während der fünf Jahre dauernden Ausführung der 1. Etappe wird die Flusssohle auf einer Länge von rund 700 m von heute knapp 90 m auf maximal 230 m aufgeweitet. Dies erfordert eine Rodung und Terrainabsenkung auf der entsprechenden Fläche. Nach dem Einschwemmen der neu modellierten Sohlenflächen wird der Rhein durch Sortier- und Umlagerungsprozesse sofort ein kleinräumiges Mosaik an variierendem Sohlensubstrat schaffen und die natürlichen Kolmations- und Infiltrationseigenschaften der Flusssohle wieder herstellen.

Am oberen Ende (unteres Ende der grossen Waldinsel) und am unteren Ende (Dreieckinsel) der 1. Etappe werden nicht abgetragene Terrain- und Waldflächen der Strömung exponiert ausgesetzt, damit der Prozess der eigendynamischen Aufweitung bereits schon in der nachfolgenden maximal fünf Jahre dauernden Beobachtungspause einsetzen kann.

In der zwei Jahre dauernden Ausführung der 2. Etappe wird die Flusssohle auf weiteren rund 950 m auf eine Breite von 100-145 m teilaufgeweitet. Auch in diesem Abschnitt werden bestehen bleibende Waldinseln der Strömung exponiert ausgesetzt, um deren Erosion zu fördern und die eigendynamische Aufweitung zu beschleunigen. Zudem entstehen auf einer Länge von rund 1'200 m Seitengerinne und Stillgewässer.

Auf der gesamten Fläche zwischen der linken und rechten Uferböschung ist weder eine Ansaat noch eine aktive Bepflanzung vorgesehen, und die Bodenoberfläche wird mit Ausnahme der Walderdedepots Ausnahmen überall mit Kiessand belassen. Damit wird der überwiegende Teil der Perimeterfläche von Beginn weg der Spontanbegrünung und der natürlichen Sukzession überlassen.

In der Betriebsphase nach der Fertigstellung der 2. Etappe wird sich die Auenvegetation weiter entwickeln und je nach variierenden Standortbedingungen diversifizieren. Auf den erhöht liegenden Flächen werden sich nach und nach Gehölzarten der Weichholzaue ansiedeln. Gleichzeitig wird der Prozess der eigendynamischen Aufweitung kontinuierlich weitergehen, in dessen Zug die Waldinseln nach und nach durch Seitenerosion abgetragen werden.

Die Referenz für den langfristig zu erreichenden Endzustand sind die Mastrilser Rheinauen mit ihrer Variabilität der morphologischen und biologischen Ausprägungen (vgl. Fotodokumentation Anhang 13).

Abbildung 48: Illustration eines möglichen Endzustands, etwa 20-30 Jahre nach Ende der Bauarbeiten.

5.2 Oberflächengewässer

5.2.1 Abflussregime, Trübung

Das Projekt beeinflusst die Nieder-, Mittel und Hochwasserabflüsse des Rheins nicht.

Die ausschliesslich während der Sommermonate durch die Abschwemmung von sandigem oder humosem Feinmaterial verursachte zusätzliche Trübung liegt im Promillebereich der natürlichen Schwebstofffracht des Rheins, sowohl während der Bauphase wie auch während der eigendynamischen Entwicklung nach dem Bau:

- Der überschüssige Sand wird während der Bauarbeiten am Rheinufer in Depots bereitgestellt, wo er während der Sommermonate abgeschwemmt werden kann. Die dadurch zusätzlich in Suspension übergehende Schwebstoffmenge von rund 120'000 to ist verteilt über sieben Jahre Bauzeit im Vergleich zur natürlichen Schwebstofffracht von 3 Mio. to/Jahr äusserst gering (Kap. 2.2.4). Auch zusammen mit dem erwarteten Abschwemmen eines Teils der Walderde wird die Trübung nur um weniger als 1% erhöht.
- In der Betriebsphase wird durch die eigendynamische Aufweitung ebenfalls Feinmaterial mobilisiert, und ebenfalls ausschliesslich während der Sommermonate. Gemäss der Volumenauswertung (Anhang 8, über alle Etappen) ist, verteilt über die ganze Entwicklungszeit, mit rund 6'000 to pro Jahr zusätzlichen Feinmaterialeintrags zu rechnen, welcher aus den Waldinseln zusätzlich mobilisiert wird. Dies ergibt eine kaum messbare Erhöhung der natürlichen Trübung um lediglich 0.2%.

Während der Wintermonate wird darauf geachtet, dass die Bauarbeiten eine möglichst geringe Trübung verursachen. In der Betriebsphase nach dem Bau wird im Winter normalerweise kein Schwebstoff mobilisiert. Wie im momentanen Ausgangszustand wird das Rheinwasser nur ausnahmsweise bei ausserordentlich hoher Wasserführung eingetrübt sein und eine natürliche Schwebstofffracht aus dem Einzugsgebiet mitführen.

5.2.2 Geschiebe- und Schwemmholzführung

Unterhalb der Landquartmündung wird bereits im heutigen Ausgangszustand Geschiebe entnommen. Die in den Perimeter eingetragene Geschiebefracht beträgt heute rund 70'000 m^3/Jahr (nach Landquart und nach Geschiebeentnahme).

Während der rund 25-30 Jahre dauernden Entwicklungsphase nach dem Bau ergibt sich aus der Erosion der Waldinseln ein zusätzlicher Geschiebeeintrag von durchschnittlich rund 16'-17'000 m^3/Jahr (fest), der vom Rhein aus der Seitenerosion mobilisiert wird (vgl. Anhang 8, Tabelle über alle Etappen).

Zum Ausgleich dieses Geschiebeeintrags aus Seitenerosion sowie zur Gewährleistung einer für das Grundwasser unkritischen Sohlenlage muss gemäss Modellrechnung die Geschiebeentnahme erhöht werden, wobei der Geschiebespezialist eine zusätzliche Entnahmemenge von 12'-15'000 m^3/Jahr ermittelt hat (Dossierbeilage Nr. 4.1). Diese Maximalmenge wird aber künftig in der Betriebsphase nicht vorsorglich Jahr für Jahr entnommen, sondern nach Massgabe des im Monitoring festgestellten realen Sohlenverhaltens (Vgl. Monitoring Kap. 5.10).

Die zusätzliche Geschiebeentnahme erfolgt an den drei in Kap. 4.3.18 definierten Standorten.

Während der ersten drei Jahrzehnte nach dem Bau werden sich somit die zusätzliche Geschiebeentnahme und der Geschiebeeintrag aus Seitenerosion etwa die Waage halten, womit der Geschiebehaushalt im flussabwärts anschliessenden Abschnitt wieder ausgeglichen sein wird.

Ob auch in den Folgejahrzehnten (>30 Jahre) eine zusätzliche Geschiebeentnahme in Tardis notwendig sein wird, wird vom Geschiebehaushalt des Rheins in jenem künftigen Zeitpunkt, von den bis dannzumal gemachten Erfahrungen sowie vom langfristig tolerierbaren Sohlenniveau abhängen und ist heute noch nicht vorhersehbar. Eine solch langfristige Prognose kann heute noch nicht gegeben werden, zumal eine solche auch hydrologische Veränderungen und veränderte Geschiebefrachten infolge der Klimaerwärmung in Betracht ziehen müsste.

Die im reaktivierten Auengebiet zu erwartenden dynamischen Veränderungen werden bei grösserem Hochwasser Schwemmholz produzieren, nicht nur während der eigendynami-

schen Entwicklung beim Abtrag der Waldinseln, sondern auch im Endzustand bei der sporadischen Erosion von bewachsenen Geschiebebänken. Dieser Prozess gehört zwingend zu einer intakten und funktionierenden Flussaue und ist in den letzten Jahren in akzentuierter Weise auch in der Referenzstrecke Mastrils zu beobachten, vgl. Fotodokumentation in Anhang 13.

Es ist nicht vorgesehen, an erosiven Steilufern exponierte Bäume vorsorglich zu entfernen. Sie sollen in den Fluss hineinkippen dürfen und bilden dort die für die Gewässerfauna sehr wichtigen Totholzdepots.

5.2.3 Sohlenlage

Die Aufweitung des Rheingerinnes bewirkt aus hydraulischen Gründen einen vertikalen Sohlenversatz und damit eine teilweise Wiederanhebung der Flusssohle um rund 1.5 m in der Bad Ragazer Teilaufweitung und bis zu 2 m in der Maienfelder Teilaufweitung. Um zu verhindern, dass mit der Aufweitung über Jahre hinaus eine Geschiebefalle[20] mit vollständigem Rückhalt entsteht, wird dieser Sohlenversatz bereits im Projektzustand vorweggenommen und zum grossen Teil mechanisch hergestellt (Kap. 4.3.3).

Die Wiederanhebung der Sohlenlage im Projektperimeter entspricht dem generellen Entwicklungsziel, die Sohlenerosion im mittleren Sektor des Alpenrheins zu stoppen und die Grundwasserspiegel wieder anzuheben.

Zur Vermeidung von negativen Auswirkungen auf das Grundwasser und auf die Einstauhäufigkeit des Unterwasserkanals Sarelli darf die im Projekt vorgegebene Endsohlenlage nicht wesentlich überschritten werden. Gleichzeitig ist die sich künftig einstellende Sohlenlage trotz sorgfältiger Modellierung nicht mit Sicherheit prognostizierbar und kann sich mit der Zeit verändern. Aus diesen Gründen muss sie in einem Monitoring überwacht werden, welches mit der Geschiebebewirtschaftung direkt gekoppelt ist.

Im flussabwärts anschliessenden Abschnitt wird sich etwa bis zur Taminamündung eine leichte Sohlenerosion von durchschnittlich etwa 40 cm einstellen, was unter anderem ebenfalls eine hydraulische Folge des vertikalen Versatzes ist. Sie liegt damit in derselben Grössenordnung wie die Erosion, welche in diesem Abschnitt in der Zukunft auch ohne Aufweitungsprojekt zu erwarten wäre (vgl. Dossierbeilage 4.1). Gleichzeitig zeigen die Grundwassermodellierungen (Dossierbeilage 4.3), dass diese tiefe Sohlenlage im Abströmbereich der Aufweitung von Bedeutung ist, um die Grundwasser-Hochstände im Bereich Maienfeld zu kontrollieren. Würde auf die zusätzliche Geschiebeentnahme in Tardis verzichtet, so ergäbe sich nicht nur innerhalb der Aufweitung, sondern auch im anschliessenden Abschnitt eine höhere Sohlenlage und damit ein möglicherweise problematischer Anstieg der Grundwasser-Hochstände.

5.2.4 Gerinnemorphologie, Sohlentopografie und Strömungsverhältnisse

Die noch im 19. Jahrhundert vor der Korrektion vorhandenen Gerinnebreiten können zwar nicht wieder hergestellt werden, aber mit der Endsohlenbreite kommt der zukünftige Rhein zumindest in der Bad Ragazer Teilaufweitung in den Bereich eines verzweigten Gerinnes ähnlich demjenigen der Mastrilser Rheinauen (Abbildung 49).

Während im Bereich der 1. Etappe die Endsohlenbreite mehrheitlich bereits im Projetzustand entsteht, wird im mittleren und oberen Abschnitt der Baulose 4-6 die Grenzbreite zum verzweigten Gerinne noch nicht oder nur knapp erreicht, weshalb sich die erwünschte Sohlenmorphologie dort erst mit fortschreitender eigendynamischer Aufweitung einstellen wird.

Die Sohlentopografie bzw. die genaue Lage der Niederwasserrinnen und Geschiebebänke hängt im Endzustand von Zufälligkeiten ab und wird einer ständigen Veränderung unterworfen sein. Sie kann deshalb nicht exakt vorausgesagt werden. Es werden jedoch generell dieselben morphologischen Ausprägungen erwartet, wie sie heute in der Referenzstrecke der Mastrilser Rheinaue zu beobachten sind (vgl. Fotodokumentation in Anhang 13).

Bereits im Projektzustand wird die Sohle so modelliert, dass ihre Topografie den Sohlenformen in einem verzweigten Fluss nachempfunden ist und die zu erwartende Amplitude zwischen Bankhöhe und Kolktiefe respektiert. Es ist zu erwarten, dass der Rhein in den Jahren

[20] Würde der Sohlenversatz nicht aktiv eingebaut, so würde er sich nachher selbstständig bilden und dabei die Geschiebefracht über mehrere Jahre praktisch vollständig zurückhalten, mit entsprechenden negativen Konsequenzen für den abwärts anschliessenden Flussabschnitt.

nach dem Bau bzw. dem "Einschwemmen" die morphologischen Ausprägungen dieser Sohle noch weiter akzentuieren wird.

Auch die Strömungsverhältnisse im benetzten Teil der Sohle werden sich vom Projektzustand an durch eine maximale Variabilität der Fliessgeschwindigkeiten, Schleppspannungen und Wassertiefen auszeichnen: tiefe strömungsberuhigte Stillwasser werden sich mit schnell fliessenden flachen Schnellen und tiefen massiv durchströmten Kolkbereichen ablösen. Ausserdem wird die Strömung an mehreren Stellen in einem steilen Winkel in eigendynamisch abzutragende Prallufer gelenkt, damit sie eine maximale Erosions- und Unterkolkungskraft entfalten kann ("Prellböcke" vgl. Abbildung 33).

Die Komponenten eines natürlichen Sohlensubstrats einer Flussaue, wie sie in den Mastrilser Rheinauen vorliegen (vgl. Fotodokumentation Anhang 13), werden bereits im Projektzustand eingebracht: Gemisch der Kornfraktionen Sand, Kies und Steine, sowie Totholz. Das Ziel ist, dass der Rhein beim "Einschwemmen" der Sohle und bei kleineren Hochwassern diese Komponenten sofort fraktionieren kann und ein natürliches Mosaik auf den Sohlenflächen entsteht.

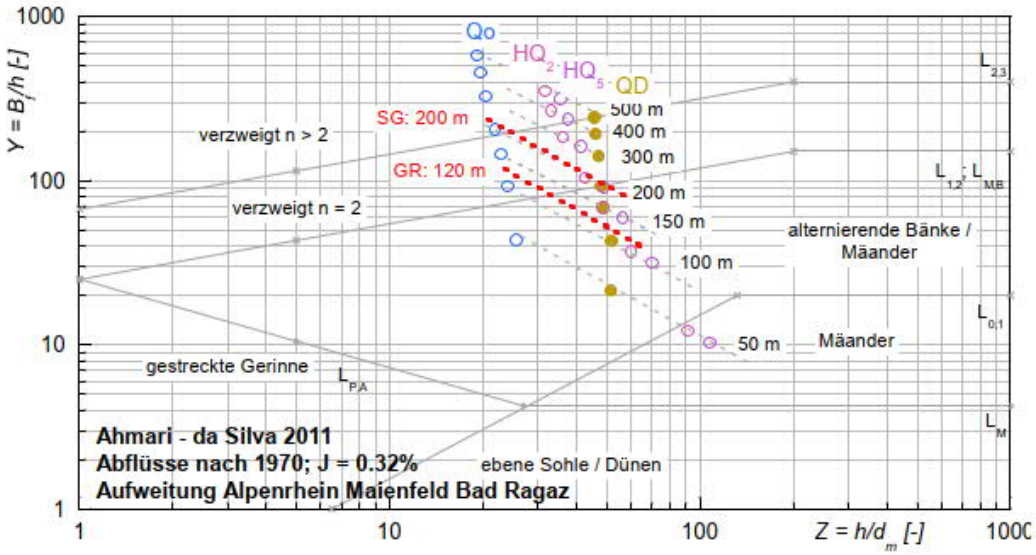


Abbildung 49: Diagramm Ahmari – da Silva aus Dossierbeilage 4.6, mit den durchschnittlichen Sohlenbreiten der Maienfelder (GR) und Bad Ragazer (SG) Teilaufweitung.

5.2.5 Schwall/Sunk (Projektzustand)

Die starken tageszeitlichen Schwankungen im Abfluss vor allem während der Wintermonate beeinträchtigen den aquatischen Lebensraum am Alpenrhein stark, und zwar nicht nur im Ausgangszustand, sondern auch im aufgeweiteten Projektzustand oder im Endzustand. Die während des Schwalls entstehenden starken Schubspannungen können Lebewesen abschwemmen oder Fischbrut zerstören, und während des Sunks können Fische im Flachwasser stranden, wenn der Wasserstand innert kurzer Zeit absinkt und Sohlenflächen abtrocknen.

Die im Zuge des Aufweitungsprojekts zu realisierende Verbreiterung und Strukturierung der Rheinsohle ist hydraulisch nicht auf eine Wasserretention ausgelegt. Das breitere Flussbett kann zwar die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schwallwelle etwas verlangsamen, aber es ist für sich alleine nicht in der Lage, die Schwall-Abflussmenge spürbar zu dämpfen. Auch im Projektzustand nach Ende der 2. Etappe werden daher während des Sunks Sohlenflächen abgetrocknet, welche kurz vorher während des Schwalls noch überschwemmt waren. Der Schwankungsbereich betrifft vor allem flache Geschiebebänke entlang des Niederwasserbereichs. Die beim Schwall benetzten, aber beim Sunk abgetrockneten Flächen sind in der Abbildung 50 oben und im Anhang 12.1 rot hervorgehoben, wobei ein winterlicher Mittelwasserabfluss überprägt mit der heutigen Schwall/Sunk-Amplitude angenommen wurde ([12], Anforderungsprofil AP0). Dieser Zustand ist repräsentativ für die Periode mit ausgeführtem Aufweitungsprojekt, aber noch ohne Ausgleichsmassnahmen an den Kraftwerkzentralen.

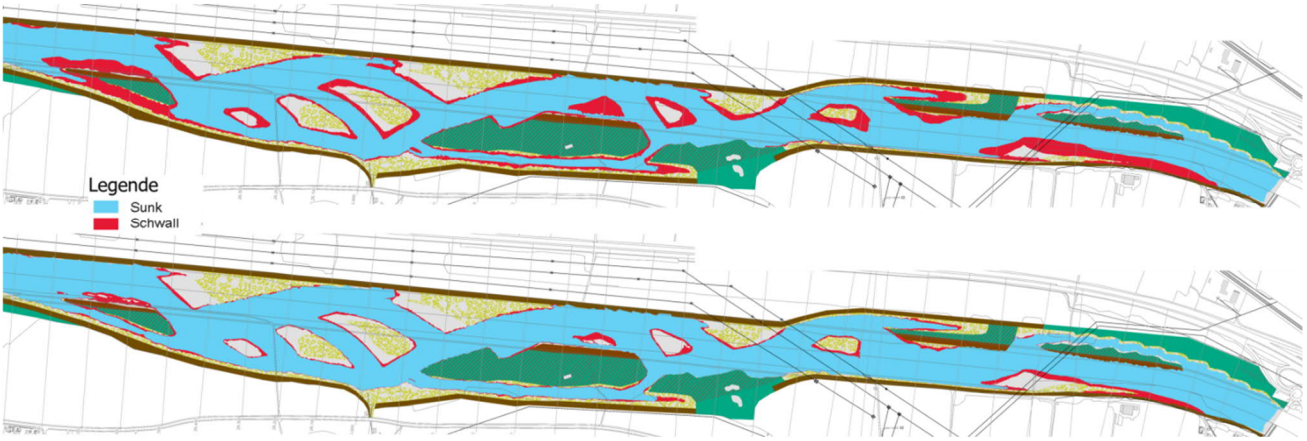


Abbildung 50: Auswirkungen Schwall/Sunk im Projektzustand (Bestvariante Dez_19) während eines winterlichen Niederwasserabflusses.
Oben: mit heutiger Amplitude (AP0),
Unten: mit einer möglichen gedämpften Amplitude nach einer Schwall/Sunk-Sanierung (AP2).
Rot hervorgehoben sind die wechselfeuchten, bei Schwall überfluteten und bei Sunk abgetrockneten Flächen (Topografie Projektzustand).

Das vorliegende Aufweitungsprojekt hat nicht die Aufgabe, die Schwall/Sunk-Problematik an Vorder- und Hinterrhein sowie bei der Wasserrückgabe des Kraftwerks Sarelli zu lösen. Hingegen darf davon ausgegangen werden, dass in der Zukunft mittels entsprechender Ausgleichsmassnahmen an den Kraftwerkzentralen auch der Schwall auf ein akzeptables Ausmass gedämpft wird. In Interpretation[21] der Resultate der Studie [12] wird davon ausgegangen, dass die Anforderungen an einen sanierten Zustand ab den folgenden gedämpften Schwall/Sunk-Winterabflüssen erfüllt sein werden:

- Anforderungsprofil AP2:Faktor 1.6/1, Schwall= 140 m^3/s, Sunk= 95 m^3/s

Die entsprechend während des Schwalls benetzen und während des Sunks abgetrockneten Flächen des Projektzustands sind in der Abbildung 50 unten und im Anhang 12.2 dargestellt.

5.2.6 Seitengewässer

Das Teilbächli wird direkt an den aufgeweiteten Rhein angebunden und bis zur Kantonsstrasse für Fische, Amphibien und Kleinsäuger durchgängig gemacht. Die Mündung wird als Stillwasser gestaltet, das als Jungfischhabitat und als Rückzug bei Hochwasser dienen wird.

Der Töbelibach kann im Rahmen des vorliegenden Projekts nicht revitalisiert und angebunden werden. Dazu wäre ein separates Projekt am Bach selber notwendig.

Innerhalb des Aufweitungsperimeters entstehen zwei neue Teich-Komplexe, und das Amphibienlaichgebiet «Länder» wird im Rahmen des Aufweitungsprojekts aufgewertet. Diese Massnahmen dienen nicht nur als Kompensation für die wegfallenden Amphibienlaichgewässer beim Teilbächli, sondern gewährleisten darüber hinaus eine wesentliche Aufwertung und Verdichtung auch des Lebensraums für Amphibien.

[21] Gemäss der Studie [12] ist für die Referenzstrecke der Mastrilser Rheinaue für eine nachhaltig sich selbst erhaltende Bach- bzw. Seeforellenpopulation eine Schwalldämpfung bis mindestens Anforderungsprofil AP3 erforderlich, d.h. Faktor 1.5:1. Übertragen auf den Projektperimeter unterhalb der Landquart bedeutet dies mindestens Anforderungsprofil AP2 mit Faktor 1.6:1.

5.3 Ökologie und Naturwerte

Die Projektauswirkungen auf Ökologie und Naturwerte sind im UVB vertieft abgehandelt. Es wird auf Dossierbeilage 3.1 verwiesen.

Sowohl im Projekt- wie auch im Endzustand bewirkt die Aufweitung Maienfeld/Bad Ragaz eine massive Aufwertung zugunsten der zu fördernden Zielarten und Ziellebensräume, welche sich mit dem bestehenden Naturraum der Mastrilser Rheinauen zu einer Einheit verbinden kann.

Die bestehenden Naturwerte im heutigen Sarelliwald werden nicht vollständig zerstört, sondern bleiben auf den Waldinseln teilweise noch eine zeitlang erhalten. Damit wird ein kontinuierlicher Übergang von alten auf neue Naturwerte geschaffen.

Die neuen Naturwerte, welche in der reaktivierten Aue entstehen, werden als wertvoller eingestuft als die bestehenden Naturwerte im heutigen Sarelliwald.

5.4 Wald und Landschaft

Die Projektauswirkungen auf Wald und Landschaft sind im UVB vertieft abgehandelt. Es wird auf Dossierbeilage 3.1 verwiesen.

Das Projekt erfordert eine grossflächige Rodung des bestehenden Walds und greift damit stark in das Landschaftsbild ein. An die Stelle des heutigen Landschaftselements "Wald" tritt jedoch das ebenso prägende Landschaftselement "Flussaue", das in den schweizerischen Flusstälern Mangelware geworden ist.

Die Fotodokumentation der Referenzstrecke Mastrilser Rheinauen (Anhang 13) sowie die Visualisierungen des Projektzustands (Anhang 14) mit Fotomontagen aus der Vogelperspektive geben Impressionen, wie das künftige Landschaftsbild einige Jahre nach Beendigung der Bauarbeiten zur 2. Etappe aussehen könnte.

5.5 Hochwasserschutz

5.5.1 Hochwasserschutz nach Realisierung der Massnahmen

Der Hochwasserschutz der beidufrigen Talebenen wird bis mindestens zum HQ_{300} unter Gewährleistung aller erforderlichen Sicherheiten für alle massgebenden Komponenten Abflusskapazität, Dammstabilität und Uferstabilität gewährleistet.

Bezüglich des Prozesses Ufererosion wird der Hochwasserschutz im Vergleich zum Ausgangszustand massiv verbessert. In Bezug auf den Prozess Überflutung bleibt er mindestens gleich bzw. wird leicht verbessert, da bereits im heutigen Zustand trotz maroder Dämme und Ufer bis zum HQ_{300} noch keine bedeutenden Wasseraustritte aus dem Einschnitt heraus möglich sind.

Die Überflutugsgefährdung durch Drittgewässer, insbesondere durch Landquart, Rüfen und Mühlbach auf der Maienfelder Seite, wird durch das Projekt weder vergrössert noch reduziert, und bleibt im heutigen Ausmass bestehen.

5.5.2 Verhalten im Überlastfall

Das neue Hochwasserschutzsystem, bestehend aus den neuen flachen und niederen Dämmen, reagiert im Überlastfall robust und den Grundsätzen der Systemsicherheit entsprechend:

Bis zum EHQ_A wird das Freibord in Anspruch genommen, und gemäss wahrscheinlicher Wasserspiegellage fliesst noch kein Wasser aus. Aufgrund der Unsicherheiten und der dynamischen Effekte kann es aber in der Realität dennoch zu begrenzten Wasseraustritten kommen.

Bei einem EHQ_B werden beide Uferseiten überströmt, ohne dass kritische Dammbreschen entstehen. Das Zuviel an Wasser wird dosiert in beide Überflutungsebenen abgegeben, wobei

die Wasseraustritte auf Maienfelder Seite wegen der leichten Asymmetrie in den Dammhöhen etwas geringer ausfallen und ein möglichst langes Befahren der Notverbindung über die Autobahn erlauben.

Dank der Ausuferungen erst bei Extremereignissen >EHQ_A bleiben die Ebenen von Maienfeld und Bad Ragaz (Fluppi, Giessenpark) möglichst lange vor Überflutung geschützt. Bei noch grösseren und noch selteneren Abflüssen (EHQ_B) können sie dadurch eine maximale Dämpfungs- und Retentionswirkung entfalten, was eine weitere Eskalation in den flussabwärts liegenden Abschnitten zu verhindern hilft.

5.5.3 Kostenwirksamkeit

Da die Aufweitung Maienfeld/Bad Ragaz nicht primär aus Gründen des Hochwasserschutzes entsteht, würde eine Econo-Me-Berechnung der Schadensreduktion wenig Sinn machen und die Kostenwirksamkeit nicht angemessen wiedergeben. Für das vorliegende wichtige Revitalisierungsprojekt müsste eine Kostenwirksamkeit eher am Gewinn für Natur und Umwelt gemessen werden.

5.5.4 Gefahrenstufen nach Realisierung der Massnahmen

In analoger Weise wie für den Ausgangszustand (Kap. 2.2.9) wurden die im Projektzustand möglichen Szenarien mit demselben hydraulischen Überflutungsmodell hydrodynamisch berechnet. Die sich daraus ergebenden Überflutungsflächen und Gefahrenstufen sind im Anhang 11.2 bzw. der folgenden Abbildung 51 wiedergegeben und können mit dem Ausgangszustand Abbildung 7 verglichen werden. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass es sich dabei nicht um eine offizielle Gefahrenkarte handelt, sondern um indikative Angaben mit dem Ziel, die Projektauswirkung auf die Gefährdungssituation aufzuzeigen.

Die Abbildung 51 zeigt nur die Wasseraustritte aus dem Rhein. Überflutungen infolge von Ausuferungen bei der Landquart und beim Mülbach sind nicht dargestellt.

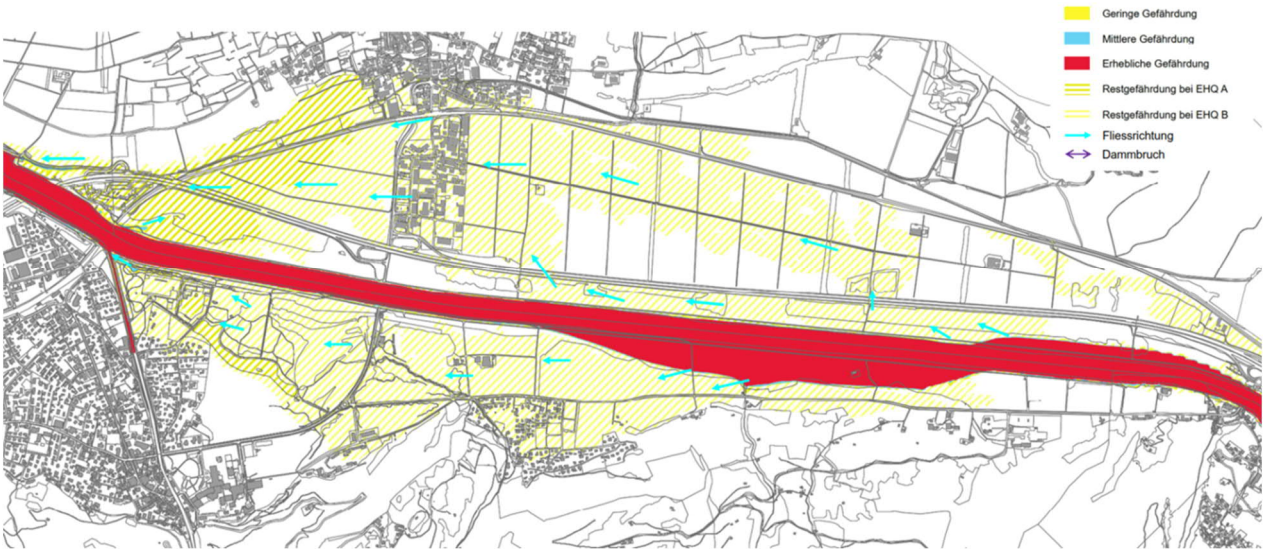


Abbildung 51: Überflutungsausdehnung und Gefahrenstufen im Projektzustand (nur Wasseraustritte aus dem Rhein, ohne Wasseraustritte aus Landquart und weiteren Seitenbächen).

5.6 Gewässerraum

Das Fachgutachten Gewässerraum aus dem Vorprojekt ([17]) wurde nach der Vorprüfung des Projektentwurfs grundlegend überarbeitet (Dossierbeilage 4.6). Es kommt zum Schluss, dass die Aufweitung Maienfeld/Bad Ragaz den Anforderungen an einen erhöhten Gewässerraum gerecht wird. Unter Berücksichtigung der Länge und der Bedeutung der Aufweitung können sogar die verbalen Vorgaben für das Erreichen der Pendelbandbreite erreicht werden, womit zusätzlich zum Leistungsindikator LI 2.2.a (erhöhter Gewässerraum auf 80% des Projektperimeters) auch der Leistungsindiktaor LI 2.2.c (Pendelbandbreite) gemäss Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2020-2024 Kapitel 8.2 ([18]) erfüllt wird.

Leistungsindikator		**Erfüllung**	**Subventions-ansatz**
Grundsubventionierung	LI 2.1	ja, vollumfänglich	35%
erhöhter Gewässerraum	LI 2.2.a	ja, vollumfänglich	+ 25%
Pendelbandbreite	LI 2.2.c	teilweise erfüllt, erforderliche morphodynamische Breite ist nur im St.Galler Abschnitt verfügbar	+ ≈ 10% (max. 15%)
Summe der ausgeführten Massnahmen	LI 2.3.a	ja, mehrheitlich	+ 20%
Total			**80%** (Maximum)

Abbildung 52: Zusammenstellung Erfüllung der Leistungskriterien für das Revitalisierungsprojekt Aufweitung Alpenrhein Maienfeld Bad Ragaz mit den entsprechenden Subventionsansätzen (aus Dossierbeilage 4.6).

Der auf dem neuen Fachgutachten beruhende Vorschlag für die Abgrenzung des neuen Gewässerraums ist im Plan Dossierbeilage 7.7 wiedergegeben.

5.7 Grundwasser

Es wird auf die Dossierbeilagen 3.1, 4.2, 4.3 und 2.5 verwiesen. Die Projektauswirkungen auf das Grundwasser sind im UVB und im Hydrogeologiebericht vertieft abgehandelt und stützen sich auf umfangreiche Berechnungen mit dem detaillierten hydrogeologischen Modell des Grundwassermodellierers. Im Hydrogeologiebericht und im UVB sind ebenfalls die in späteren Projektphasen zu ergreifenden Massnahmen aufgeführt.

Die Projektauswirkungen wurden sowohl für den langfristig zu erwartenden Endzustand wie auch für die Projektzustände unmittelbar nach Beendigung der Bauarbeiten zu 1. Etappe und zur 2. Etappe beurteilt.

Die beiden Systeme des Flusswassers und des Grundwassers sind über den Austausch durch die Gerinnesohle hindurch eng miteinander verknüpft. Das Ausmass des in das Grundwasser infiltrierenden Flusswassers oder des aus dem Untergrund in den Rhein exfiltrierenden Grundwassers ist abhängig von Höhenlage, Fläche und Durchlässigkeit der benetzten Gerinnesohle sowie von der Höhenlage des Flusswasserspiegels bei niederer, mittlerer und hoher Wasserführung und des gleichzeitig vorherrschenden Grundwasserspiegels. Da die hydraulischen Verhältnisse im Fluss mit dem Projekt ändern werden, wird das Projekt zwangsläufig auch Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse haben.

Die Projektauswirkungen wurden insbesondere auch für die bezüglich Grundwasserspiegelschwankungen relevanten Siedlungsgebiete von Maienfeld, Fluppi-Bidems und Landquart näher beurteilt. Gemäss den Grundwassermodellierungen sind die projektbedingten Auswirkungen auf den Grundwasser-Hochstand sowohl im Endzustand wie auch in den Projektzuständen nach den Bauetappen 1 und 2 grösser als die vorgegebene Toleranzgrenze von 20 cm, weshalb das Risiko von zusätzlichen Vernässungen von Untergeschossen und Hausfunda-

menten als zu hoch zu beurteilen war. Aus diesem Grund sind zusätzliche Begleitmassnahmen für das Grundwasser notwendig und als integraler Bestandteil ins Projekt aufgenommen worden. Sie sind im separaten Bericht Dossierbeilage 2.5 im Detail beschrieben.

Die hydrogeologische Modellierung des Projektumfang inklusive Begleitmassnahmen zeigte, dass Letztere die Grundwasserhochstände effizient begrenzen können. Bei einer beschränkten Anzahl von Liegenschaften, welche trotzdem noch ein erhöhtes Risiko einer Vernässung aufweisen, sind individuelle Detailabklärungen vorzunehmen und bei Bedarf Objektschutzmassnahmen einzuplanen XXXwird bis zur Auflage noch ergänztXXX.

5.8 Nutzungen

5.8.1 Erholung und Freizeitnutzung

Die vom Projekt erwarteten positiven Auswirkungen auf die Qualität der Erholungs- und Freizeitnutzung sind im Besucherlenkungskonzept (Dossierbeilage Nr. 4.11) dargelegt.

Im neuen Landschaftselement der Rheinaufweitung werden die verschiedenen Besucher einen hohen Wert an Erholungsnutzung und Naturerlebnis vorfinden. Ihnen werden attraktive Wege und Aufenthaltsbereiche auf den Dämmen, in Dammnähe und auf den verbleibenden hochgelegenen Waldinseln des Sarelliwaldes geboten, von wo sich interessante Einblicke in die Flusslandschaft geben werden. In den beiden Teilgebieten «Natur und Erholung» ist zusätzlich auch ein Aufenthalt im dynamischen Flussbett und ein Zugang zum Wasser gestattet.

Empfindliche Bereiche sollen örtlich und temporär abgesperrt werden können, wenn dazu ein begründeter Bedarf besteht, z. B. wenn seltene bzw. störungsempfindliche Vögel im Nahbereich von Besucherwegen brüten.

5.8.2 Land- und Forstwirtschaft

Der Verlust an Intensivlandwirtschaftsland (Fruchtfolgeflächen) ist mit rund 0.3 ha für ein Projekt dieser Grössenordnung sehr gering.

Die Erschliessung und maschinelle Bewirtschaftung der an den Perimeter angrenzenden Landwirtschaftsflächen bleibt gewährleistet.

Es ist vorgesehen, die Bereiche der luftseitigen Dammböschungen mit Magerwiese extensiv zu bewirtschaften und der Landwirtschaftlichen Nutzfläche zuzuordnen, womit gleichzeitig eine fachgerechte Pflege dieser Flächen gewährleistet und das Auskommen des pflegenden Landwirts sichergestellt ist. Die entsprechenden Flächen können auch verpachtet werden.

Der künftige Auenwald wird kein Wirtschaftswald sein. Forstliche Eingriffe beschränken sich auf den technischen und ökologischen Unterhalt entlang der Ufer, die Biotoppflege sowie auf allfällige Notinterventionen im Flussgerinne, falls solche aus Gründen der Sicherheit notwendig sind (vgl. Unterhaltskonzept Dossierbeilage 13).

5.8.3 Energieproduktion und –verteilung

Die Auflandung der Sohle in der Aufweitung Maienfeld / Bad Ragaz führt -im Vergleich zu den heutigen Verhältnissen mit extrem tiefer Sohlenlage- zu einer Erhöhung der Nieder- und Mittelwasserspiegel und somit zu einer Erhöhung der Einstauhäufigkeit im Unterwasserkanal des Kraftwerks Sarelli. Massgebend für den Kraftwerkbetrieb und für die bauliche Auslegung der Anlage sind jedoch die hydraulischen Verhältnisse, wie sie zum Zeitpunkt der Konzessionserteilung des Kraftwerks 1960 vorherrschten, mit damals noch mehr als 1 m höherer Sohle.

Wie im Hydraulikbericht (Dossierbeilage Nr. 4.1) dargelegt, liegen die künftigen Nieder- und Mittelwasserspiegel beim Kanalauslauf km 24.73 unter Berücksichtigung der künftigen Sohlenmorphologie (Bankstruktur) tiefer bzw. im Bereich der Wasserspiegel zum Zeitpunkt der Ausführung des Kraftwerks Sarelli. Die Ablagerung einer abflussblockierenden Geschiebebank vor dem Kanalauslauf wird durch die künftig zu erwartende Wellenlänge des Hauptgerinnes, durch die strömungslenkenden Buhnen bei km 24.3 rechts sowie durch die Spülwirkung des turbinierten Wassers sehr unwahrscheinlich. Sollte dieses Restrisiko wider Erwarten dennoch

eintreten, so kann die Geschiebebank mit Baggerung innerhalb des Geschiebeentnahmeperimeters C (Kap. 4.3.18) wieder abgetragen werden.

Für den Bau der Maienfelder Teilaufweitung müssen zwei 50 kV-Freileitung neu verlegt werden. Ansonsten werden die Gittermasten des Höchstspannungsnetzes nicht tangiert. Auch bei den beiden Gittermasten km 24.85 links und 24.95 rechts in unmittelbarer Nähe des Dammes sind voraussichtlich keine Sicherungs- und Anpassungsmassnahmen erforderlich.

5.8.4 Kieswirtschaft

Die bestehenden Kiesentnahmen sind auch im zukünftigen Projekt- bzw. Endzustand im kontrollierten Ausmass notwendig, da sie eine wichtige Regulierungsmöglichkeit für den Geschiebehaushalt darstellen. Die Entnahmemengen sind für die Zeit der eigendynamischen Entwicklung sogar noch zu erhöhen, um das aus dem Abtrag der Waldinseln eingetragene zusätzliche Geschiebe zu kompensieren. Die Entnahmen können künftig nicht nur am Ort der heutigen Entnahmestelle erfolgen, sondern auch in drei zusätzlich definierten Entnahmeperimetern (Kap. 4.2.5, 4.3.18, 5.2.2).

Das in der Aufweitung auszuhebende überschüssige Kiesmaterial ist von hoher Qualität und kann nach Behandlung des Überkorns in der Kieswirtschaft vielfältig Verwendung finden. Während einer Dauer von insgesamt etwa neun Jahren werden jährlich rund 129'000 Tonnen Kiesmaterial abgeführt, welches als Rohstoff genutzt werden kann. Die Dauer der Bauausführung sowie ein Zwischenlager von 120'000 m^3 (fest) ermöglichen eine dosierte Abfuhr, ohne dass dabei der Kiesmarkt überschwemmt wird.

5.9 Umweltauswirkungen in der Bauphase

Die Umweltauswirkungen während der Bauphase sind im UVB vertieft abgehandelt. Es wird auf die Dossierbeilage 3.1 verwiesen. Aufgrund der umfangreichen Materialtransporte sind die Themen Lärm und Luft von besonderem Gewicht.

5.10 Konzept Monitoring und Wirkungskontrolle

Das für die zwei Themen Flussmorphologie und Ökologie vorgesehene Monitoring und die Wirkungskontrolle (langfristige Erfolgskontrolle) sind in der Dossierbeilage Nr. 4.5 detailliert beschrieben. Für die Themenbereiche Ökologie und teilweise auch Flussmorphologie (Gerinneentwicklung) basiert das vorliegende Konzept auf der vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) herausgegebenen neuen Praxisdokumentation «Wirkungskontrolle Revitalisierung - Gemeinsam lernen für die Zukunft» (Weber et al., 2020) und macht einen Vorschlag bezüglich der Wahl der Indikator-Sets, mit denen die Wirkungskontrolle erfolgen soll. Der Themenbereich Grundwasser wird von der neuen BAFU-Praxisdokumentation nicht abgedeckt und folgt den projektspezifischen Empfehlungen in Dossierbeilage Nr. 4.5.

Der Zeitraum für die Wirkungskontrolle erstreckt sich bis zum Ende der eigendynamischen Entwicklung in etwa 25 Jahren nach Ende der Bauausführung.

Es wird angeregt, für die Koordination der Unterhaltsarbeiten, des Monitorings, der Wirkungskontrolle und der Besucherlenkung eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe ins Leben zu rufen. Damit alle Aspekte abgedeckt sind, werden in diesem Gremium die Behörden, die Unterhalts-Träger, ökologische Fachleute und örtliche Umweltorganisationen sowie Wasserbaufachleute vertreten sein müssen.

Das Monitoring zum Grundwasser wird im entsprechenden Überwachungskonzept beschrieben (Dossierbeilage 4.2).

5.11 Pflege-, Unterhalts- sowie Interventionskonzept

Die Massnahmen der Aufweitung werden robust und unterhaltsarm konzipiert. Doch ganz ohne Unterhalt wird der spätere Betrieb der neuen Aufweitung aber nicht sein. Das Pflege-, Unterhalts- und Interventionskonzept (Dossierbeilage Nr. 13) beschreibt die voraussichtlich erforderlichen Pflege-, Unterhalts- und Interventionsmassnahmen, soweit sie bereits heute absehbar sind. Es bildet die Grundlage für die später zu erstellenden Pflegepläne.

Die periodischen Pflege- und Unterhaltseingriffe und die aussergewöhnlichen Interventionen werden in drei Massnahmengruppen unterteilt:

- Technischer, wasserbaulicher Unterhalt
- Ökologischer Unterhalt, Pflege Naturwerte
- Unterhalt für Naherholung und Besucherlenkung

Unterhalts- und Pflegemassnahmen sind auf Bündner Seite Aufgabe der Gemeinden, auf St. Galler Seite eine Aufgabe des Kantons bzw. des Rheinunternehmens. Die jeweiligen beauftragten Werkgruppen können anhand dieses Konzepts ihre Aufgaben erkennen und die Umsetzung planen. Es gibt Unterhaltsarbeiten, die je nach Jahreszeit wöchentlich anfallen werden (Sicherheits-Kontrollen), solche die einmal im Jahr anfallen (z. B. Mähen Magerwiesen) und andere, die nur alle 5 bis 15 Jahre vorkommen (z. B. Gehölz-Pflege auf alten Waldinseln). Viele der anfallenden Massnahmen werden im Nachgang zu mittleren und grösseren Hochwasser-Ereignissen erforderlich, nachdem durch gezielte Kontrollgänge ein allfälliger Bedarf hat festgestellt werden können.

Im dynamischen Flussbett (geschützter Auenbereich) ist in der Regel kein Unterhalt notwendig bzw. kein Unterhalt erwünscht. Interventionen sollen hier nur vorgenommen werden, wenn sie aus Sicherheitsgründen unbedingt notwendig sind. Die entsprechenden Entscheidungsgrundlagen sind in der Dossierbeilage 13 detailliert beschrieben.

Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen den regelmässigen und sporadischen Kontrollen des baulichen Zustands und der ökologischen Entwicklung (Monitoringkonzept und Wirkungskontrolle, Dossierbeilage 4.5) und dem vorzunehmenden Unterhalt. Aus der Entwicklung und den Kontrollen ergeben sich Unterhaltsarbeiten, was schon während der Bauzeit beginnen wird.

Zum Vorschlag einer interdisziplinären Arbeitsgruppe siehe vorstehendes Kap. 5.10.

5.12 Zielerfüllung

5.12.1 Gutachtliche Einschätzung der Zielerfüllung

Die Erfüllung der in Kap. 3.1.3 aufgelisteten Projektzeile wird gutachtlich wie folgt eingeschätzt:

- Schaffung einer Flussmorphologie nach dem Typ verzweigtes Gerinne, ähnlich wie in Mastrilser Rheinaue (EZ): erfüllt. Ein verzweigtes Gerinne kann zumindest für die Bad Ragazer Teilaufweitung erwartet werden.
- Naturnaher, ausgeglichener Geschiebehaushalt (EZ): erfüllt. Siehe Expertenbeurteilung im ergänzenden Fachgutachten Geschiebehaushalt (Dossierbeilage 4.12).
- Erhöhung der ökomorphologischen Vielfalt, mit charakteristischen Lebensräumen für gewässertypische Lebensgemeinschaften (GZ): wird gut erfüllt. Es wird langfristig eine ähnliche Vielfalt wie in der Referenzstrecke der Mastrilser Rheinaue erwartet.
- Schaffung strukturreicher Ufer und Lebensräume auf Sand- und Kiesbänken (EZ): gut erfüllt, siehe z.B. Gestaltungsplan Dossierbeilage 7.4.
- Entwicklung eines dynamischen Auenwalds, mit Kontakt zu Fliessgewässer/Rhein und Seitengewässern/Kleingewässer (GZ): gut erfüllt dank massiver Terrainabsenkung und hoch dynamischem Flussbett.

- Förderung und Vernetzung von auentypischen aquatischen und amphibischen Habitaten und Schaffung von Voraussetzungen von Laichplätzen (GZ): gut erfüllt: Nebengewässer, Stillgewässer, Amphibienlaichgebiete.
- Schaffung eines Trittsteins für die ökologische Längsvernetzung entlang des Alpenrheins (GZ): gut erfüllt. Die erste einer Reihe von neuen Flussaufweitungen. Verbesserung der Längsvernetzung zur Mastrilser Rheinaue. Einschotterung der Blockrampen bei Tardis.
- Förderung der ökologischen Quervernetzung durch Abbau von Wanderhindernissen quer zur Flussachse/zu den Ufern (GZ): gut erfüllt, durch Dammrückbau und Uferabflachung.
- Schaffung eines «Erweiterten Gewässerraums» (EZ): erfüllt, siehe Fachgutachten Gewässerraum, Dossierbeilage 4.6.
- Gewährleistung der Schutzziele Hochwasserschutz unter Berücksichtigung des Überlastfalls (EZ): erfüllt, HQ_{300}, mit Freibord, überströmsichere Ufer und Dämme.
- Keine langfristigen, unzulässigen Sohlenveränderungen im unterliegenden Abschnitt, als Folge der Realisierung der Aufweitung (EZ): erfüllt, prognostizierte Sohlenveränderungen werden als zulässig betrachtet und haben temporären Charakter, bis die nächste Aufweitung Sarganser Au erstellt wird.
- Gewährleistung einer langfristig stabilen Gerinnesohle innerhalb des Perimeters (EZ): erfüllt. Prognose mit Geschiebemodellierung, Überwachung mit Monitoring, Beobachtungspause zwischen den Etappen 1 und 2.
- Keine unzulässigen Risiken infolge von übermässigen Grundwasserspiegelschwankungen (EZ): erfüllt dank grundwasserbegrenzenden Begleitmassnahmen.
- Ermöglichung einer künftigen Grundwassernutzung im Gebiet Neugüeter (EZ): erfüllt. Massnahmen an Erfordernisse der Schutzzone S3 angepasst, Deckschicht wiederhergestellt.
- Möglichst keine Erhöhung des Einstaurisikos am Unterwasserkanal des KW Sarelli (EZ): erfüllt. Gemäss Prognose Geschiebemodell kein höheres Risiko als zur Zeit der Konzessionslegung. Interventionsmöglichkeit im unwahrscheinlichen Fall einer Bankbildung.
- Haushälterischer Umgang mit landwirtschaftlich genutzten Flächen, insbesondere Fruchtfolgeflächen (GZ): gut erfüllt. Bedarf gegenüber dem Vorprojekt reduziert.
- Ermöglichung einer angepassten Nutzung innerhalb des Gewässerraums für Naherholung und Tourismus (Besucherlenkung) (GZ): gut erfüllt. Dämme und Teilgebiet «Natur und Erholung».
- Aufwertung des Landschaftsbilds, sowohl im Nahbereich der Aufweitung (lokale Einblicke) wie auch als markantes Element in der gesamten Talebene (erhöhter Einblick von den Bergflanken) (GZ): voraussichtlich gut erfüllt.
- Wirtschaftliches Projekt mit optimierten Baukosten (GZ): in Anbetracht der Bedeutung des Projekts gut erfüllt.
- Dosierte Materialverwertung: Die Aufnahmefähigkeit der Märkte wird nicht überlastet, damit das abzuführende kiesige Aushubmaterial möglichst profitabel verwertet werden kann (GZ): gut erfüllt. Die Realisierungsdauer erlaubt eine dosierte jährliche Materialabgabe.
- Möglichst kein Gewässerunterhalt zur Gewährleistung der technischen Funktionen des Flussgerinnes (GZ): gut erfüllt, mit Auslegung auf die zu erwartende Regimebreite.

5.12.2 Potentielle Zielkonflikte und gewählte Lösungsansätze

Potentielle Zielkonflikte müssen nicht zwingend zu negativen Projektauswirkungen führen, wenn sie durch geeignete Lösungsansätze oder Begleitmassnahmen entschärft werden können.

Ein potentieller Zielkonflikt zeichnet sich zwischen der Ökologie und der Erholungsnutzung ab: während sich die Besucher von einer attraktiven Flusslandschaft angezogen fühlen und sich möglichst nahe am Wasser aufhalten wollen, sind die im entstehenden Auengebiet zu fördernden seltenen Arten sehr störungsanfällig und werden sich nicht niederlassen oder vertrieben, wenn ihr Lebensraum zu häufig und zum falschen Zeitpunkt betreten wird. Der Lö-

sungsansatz zur bestmöglichen Entschärfung des Zielkonflikts besteht im vorgesehenen Besucherlenkungskonzept, welches in der Dossierbeilage 4.11 dargelegt ist.

Ein weiterer potentieller Zielkonflikt besteht zwischen der für die Auendynamisierung zwingend notwendigen Verbreiterung des Gerinnes und den damit verbundenen Auswirkungen auf die Grundwasserspiegellagen, denn eine Sohlenverbreiterung führt bei gleichbleibendem Geschiebetransport aus hydraulischen Gründen automatisch zu einer Anhebung der Sohle (vertikaler Sohlenversatz) und der Wasserspiegel und damit zu einer verstärkten Infiltration in das Grundwasser. Damit die Grundwasserrisiken in einem tolerierbaren Rahmen bleiben, wird die maximale Sohlenanhebung begrenzt (vgl. Optimierung Bestvariante, Dossierbeilage 2.4), und es sind Begleitmassnahmen zum Grundwasser vorgesehen und im Projektumfang integriert (Dossierbeilage 2.5).

Während und nach den Bauarbeiten werden sowohl die Sohlenlage wie auch die Grundwasserspiegel laufend überwacht (Überwachungskonzept Grundwasser, Dossierbeilage 4.2; Monitoring und Wirkungskontrolle, Dossierbeilage 4.5).

Ein ähnlicher potentieller Zielkonflikt könnte sich zwischen der erwähnten Sohlenanhebung und den Ausleitbedingungen am Unterwasserkanal des Kraftwerks Sarelli ergeben. Hier wird ebenfalls mit Begrenzung und Überwachung der Sohlenlage darauf geachtet, dass die Einstauhäufigkeit nicht verschlechtert wird im Vergleich zu den Bedingungen, wie sie zum Zeitpunkt der Konzessionslegung bzw. der Inbetriebnahme des Kraftwerks geherrscht hatten. Im Weiteren sorgt die Wellenlänge des künftig zu erwartenden Hauptgerinnes dafür, dass die Wahrscheinlichkeit einer örtlichen Anlandung einer Kiesbank vor dem Auslauf gering bleibt.

Während des Variantenstudiums und der Optimierung der Bestvariante (Dossierbeilage 2.4) manifestierte sich ein deutlicher Zielkonflikt zwischen dem Interesse einer raschen Bauausführung auf der einen Seite und der Wirtschaftlichkeit bzw. der Baukosten auf der anderen Seite. Bei einer raschen Ausführung der Aushubarbeiten ist generell mit höheren Verwertungskosten für das abzuführende Aushubmaterial zu rechnen, als wenn es dosiert über eine längere Realisierungsdauer abgeführt und den Märkten zugeführt werden kann. Die definitive optimierte Bestvariante schlägt einen Kompromiss mit leicht verlängerter Bauausführung vor, mit dem das abzuführende Material voraussichtlich immer noch von den regionalen Märkten aufgenommen werden kann.

Künftige Unterhaltseingriffe zur Aufrechterhaltung des Hochwasserschutzes könnten in Widerspruch zum Naturschutzstatus des künftigen Auengebiets geraten. Zur Vermeidung dieses potentiellen Zielkonflikts wird im Unterhaltskonzept Dossierbeilage 13 ein konkretes Vorgehen vorgeschlagen.

6. VERNEHMLASSUNGSVERFAHREN

6.1.1 Vorprüfung

Der erste Projektentwurf vom 30. 09.2020 wurde den Gemeinden und den Fachstellen beider Kantone vorgelegt und in Vorprüfung geben. Bis März 2021 gingen zahlreiche Stellungnahmen ein, deren Punkte im Bericht Dossierbeilage 5.1 zusammengefasst sind.

Auf der Grundlage der Stellungnahmen der Gemeinden und Kantone verfasste das Bundesamt für Umwelt eine eigene Stellungnahme, welche seit 31.03.2022 definitiv vorliegt.

6.1.2 Mitwirkungsverfahren

Die Mitwirkung zum Projektentwurf September 2020 fand zwischen dem 18. Januar bis 19. Februar 2021 bei der lokalen Bevölkerung statt. Sie wurde in der Lokalzeitung und Amtsblatt publiziert. Auf der Website www.rheinaufweitung.ch standen der Bevölkerung die Projektunterlagen zur Verfügung.

Während der Mitwirkung konnte die Bevölkerung ihre Meinung zum Projekt abgeben. Es gingen insgesamt 18 Stellungnahmen ein, welche in der Dossierbeilage 5.2 zusammengefasst sind.

6.1.3 Berücksichtigung der Stellungnahmen

Die Stellungnahmen aus der Vorprüfung und der Mitwirkung konnten zum überwiegenden Teil berücksichtigt und in den vorliegenden Projektentwurf Stand «Vernehmlassung» eingearbeitet werden. Die Dossierbeilage 2.6 listet sämtliche Punkte aus der Vorprüfung auf und verweist auf die entsprechenden Dokumente und Kapitel, in welchen das Thema erläutert wird.

6.1.4 Wesentliche neue Projektbestandteile

Die wesentlichen neuen Projektbestandteile, welche bei der Überarbeitung des Projekts eingeflossen sind und Teil des vorliegenden Projektentwurfs Stand «Vernehmlassung» bilden, sind (Aufzählung nicht abschliessend):

- Teilrückbau und Sanierung der auf der heutigen Linie verbleibenden Dämme.
- Begleitmassnahmen flussabwärts des Aufweitungsperimeters: Verstärkung Uferschutz bis km 27.4, Verstärkung Blockschwelle bei der SBB-Brücke km 29.
- Neue Baustellenzufahrt von der Kantonsstrasse Bad Ragaz-Maienfeld her.
- Detailanalyse Grundwasserrisiken für Fluppi-Bidems sowie für Landquart.
- Begleitmassnahmen zum Grundwasser, ausserhalb des Aufweitungsperimeters.
- Aufweitung des Amphibienlaichgebiets «Länder», Maienfeld.
- Verfeinerung Besucherlenkungskonzept mit Unterteilung in Teilgebiete «Vorrang Natur» und «Natur und Erholung».
- Vertiefte Beurteilung des Risikos bezüglich belasteter Standorte.
- Neuer Unterhaltsweg Unter Ifang (Sarelli – Tardis).
- Überarbeitung des Fachgutachtens Gewässerraum.
- Ergänzendes Fachgutachten Geschiebehaushalt.
- Vertiefte Bauphasenplanung.

6.1.5 Vernehmlassung

XXXX Folgt nach Vernehmlassung

6.1.6 Lesung Kantonsrat SG

XXXX Folgt nach Vernehmlassung

7. AUSBLICK

7.1.1 Öffentliche Auflage

XXXX Textergänzung nach Vorprüfung und Festlegung der Verfahren

7.1.2 Projektgenehmigung

XXXX Textergänzung nach Vorprüfung und Festlegung der Verfahren

7.1.3 Ausschreibungs- und Realisierungsphase

XXXX Textergänzung nach Vorprüfung und Festlegung der Verfahren

7.1.4 Terminprogramm

XXXX Textergänzung nach Vorprüfung und Festlegung der Verfahren

Uznach/Davos/Mels, 06.02.2023
ARGE NiPo / Herzog / Tuffli

Roger Kolb, Beatrice Herzog, Ivo Berger