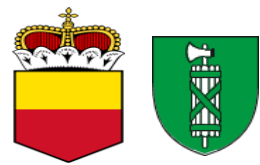


Fürstentum Liechtenstein
Amt für Bevölkerungsschutz, Vaduz

Kanton St.Gallen
Rheinunternehmen, St.Gallen



Ertüchtigung Rheindämme

Rhein km 34,4 – 60,8

Gesamtkoordination Planungen
Fürstentum Liechtenstein und Kanton St.Gallen

Strategie 2020

6. November 2020

Impressum

Auftraggeber	Fürstentum Liechtenstein, Amt für Bevölkerungsschutz, FL-9490 Vaduz Kanton St.Gallen, Rheinunternehmen, CH-9001 St.Gallen
Auftragnehmer	P. Meier & Partner AG, Bauingenieure, CH-8853 Lachen
Projektleitung	Emanuel Banzer, Rheinbauleiter Fürstentum Liechtenstein Daniel Dietsche, Rheinbauleiter St.Gallen
Auftrag	Ertüchtigung Rheindämme Gesamtkoordination Planungen Fürstentum Liechtenstein – St.Gallen Strategie 2020
Autor	Markus Jud, dipl. Bauingenieur FH
Hinweis	Die Vers. 02 berücksichtigt Hinweise aus dem Vernehmlassungsverfahren.
Verteiler	Auftraggeber Fachstellen & Organisationen Vernehmlassung
Version	02

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Ausgangslage	6
1.1 Projektziele	6
1.2 Projektperimeter	6
1.3 Projekteinbindung	7
1.4 Abgrenzung	7
2 Vorgaben und Grundlagen	8
2.1 Entwicklungskonzept Alpenrhein	8
2.2 Systemsicherheit Alpenrhein	9
2.3 Untersuchungen Dammstabilität	10
2.4 Kontroll- und Interventionspisten	10
2.5 Untersuchungen Sohlenentwicklung	10
2.6 Notfallplanung	10
3 Projektorganisation	11
3.1 Grundlage	11
3.2 Organigramm	11
3.3 Koordination mit Unter- und Oberlieger	11
4 Genereller Projektablauf	12
4.1 Grundsatz Doppelgleis	12
4.2 Projektphase 1 (Mai 2019 – Mai 2020; abgeschlossen)	12
4.3 Projektphase 2 (ab Juni 2020)	13
4.4 Projektphase 3 (ab 2021)	13
5 Ergebnisse Prüfung Dammsanierungen	14
5.1 Dammaufbau und Problematik	14
5.2 Beurteilung Gefährdung	14
5.3 Sanierungsvarianten	15
5.4 Priorisierung	16
5.5 Vereinbarung der Projektziele	17
5.6 Kosten	17
6 Ergebnisse Prüfung ökologische Massnahmen	18
6.1 Generelle Feststellungen	18
6.2 Machbarkeitsstudie Flussaufweitung «Schaan, Buchs & Eschen»	18
6.3 Instream-Massnahmen	20
6.4 Kosten	20
7 Ergebnisse Prüfung Rechtsrahmen	21
7.1 Staatsverträge	21
7.2 Zuständigkeiten und Grundsätze der Gesetzgebungen	21
8 Strategie «Ertüchtigung Rheindämme»	23
8.1 Grundsatzentscheid Massnahmenplanung	23
8.2 Übergeordnete Koordination	23
8.3 Sicherung des Gewässerraums	23
8.4 Dammsanierungen	23
8.5 Flussaufweitungen	24
8.6 Ökologische Aufwertungen im Gerinne	24

Anhang:

- **Anhang 1** Übersicht Empfehlungen
- **Anhang 2** Massgebende Berichte und Dokumente Vorplanung / Berichte und Dokumente Projektphase 1
- **Anhang 3** Abkürzungen / Fachbegriffe
- **Anhang 4** Bemessungskonzept Hochwasserschutzdämme

Zusammenfassung

Ausgangslage

Projektziele	Die Sanierung der Rheindämme hat für das Fürstentum Liechtenstein und den Kanton St.Gallen eine hohe Priorität und somit Dringlichkeit. Daher ist das primäre Ziel des Projekts «Ertüchtigung Rheindämme» eine zeitnahe Sicherstellung der Dammstabilität. Daneben sollen auf der gemeinsamen Rheinstrecke auch die Möglichkeiten von ökologischen Aufwertungen, und dabei insbesondere die Realisierbarkeit von Flussaufweitungen, geprüft und weiter konkretisiert werden.
Projektperimeter	Der Projektperimeter umfasst die gemeinsame Rheinstrecke von Balzers bzw. Sargans bis Ruggell bzw. Sennwald auf einer Länge von rund 26 Kilometern.
Projekteinbindung	Die vorliegende Strategie berücksichtigt im Sinne einer Gesamtplanung die Massnahmenvorschläge des «Entwicklungskonzepts Alpenrhein» und die aus dem Projekt «Systemsicherheit Alpenrhein» resultierenden Empfehlungen. Die Stabilitätsberechnungen der Dämme basieren auf den in den Jahren 2004 bis 2007 durchgeführten geotechnischen Berechnungen und den nachfolgenden vertieften Baugrunduntersuchungen.

Projektumfang

Teilprojekte	In verschiedenen Teilprojekten wurden die beiden Aspekte Dammsanierung (Sanierungsbaukasten Dämme) und ökologische Massnahmen (Machbarkeitsstudie Flussaufweitung «Schaan, Buchs & Eschen», Instream-Massnahmen) genauer untersucht. Parallel dazu beschäftigte sich eine Arbeitsgruppe mit dem bei diesen Vorhaben zu berücksichtigenden Rechtsrahmen (Staatsverträge, nationale Gesetzgebungen).
Strategiebericht	Der vorliegende Bericht macht verschiedene Empfehlungen für eine zwischen dem Kanton St.Gallen und dem Fürstentum Liechtenstein abgestimmte Strategie zur Weiterentwicklung des Hochwasserschutzes und der ökologischen Aspekte auf dem gemeinsamen Rheinabschnitt. Dazu werden die Ergebnisse der verschiedenen Studien und Abklärungen zusammengefasst sowie bewertet und zuhanden der politischen Entscheidungsträger sechs konkrete Empfehlungen für die weitere Projektentwicklung gemacht. Die Strategie soll zudem auf dem gesamten Rheinabschnitt des Kantons St.Gallen gelten.
Empfehlungen	Die Empfehlungen umfassen die konkrete Projektierung von Dammsanierungen (Sofortmassnahmen), verbunden mit vertiefenden Untersuchungen zur Dammstabilität, die raumplanerische Sicherung des Gewässerraums, die weitere Konkretisierung von zwei Flussaufweitungen (Vorprojekt, Machbarkeitsstudie) sowie Abklärungen zum Bau von Versuchsstrecken mit ökologischen Massnahmen innerhalb des Gerinnes.

Sicherung des Gewässerraums als Grundlage für alle weiteren Massnahmen

Gewässerraum	Ein wichtiges Postulat ist die Sicherung des Raums für den Alpenrhein. Dazu soll der Gewässerraum auf Grundlage der vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) erlassenen Empfehlungen verbindlich ausgeschieden und in den jeweiligen Richtplanungen verankert werden.
--------------	--

Bestätigung der Gefährdung und ein darauf ausgerichtetes Vorgehenskonzept

Gefährdung	Die umfangreichen geotechnischen Untersuchungen der letzten Jahre wurden im Teilprojekt «Sanierungsbaukasten Dämme» zusammengefasst und bewertet. Das Teilprojekt bestätigt die abschnittsweisen unzulässigen Sicherheiten der Dämme bereits bei einem 100-jährlichen Hochwasser (HQ100).
------------	---

Ergebnis	Als Ergebnis liegt eine Priorisierung nach Dringlichkeit vor. Dammschnitten, welche für die Abführung eines HQ100 bei allen Szenarien ungenügende Sicherheitsreserven aufweisen, wird die höchste Priorität 1 zugeordnet. In dieser Priorität sind auf Seite Liechtenstein und auf Seite St.Gallen verschiedene Abschnitte mit einer totalen Länge von je 5 Kilometern.
Sofortmassnahmen	Eine Sanierung der besonders instabilen Dammschnitte (Priorität 1) wird dringend empfohlen. Der hierzu vorgeschlagene Projektablauf «Doppelgleis» erlaubt eine zeitnahe Sanierung im Rahmen von Sofortmassnahmen bei gleichzeitiger Weiterverfolgung der gewässerökologischen Vorhaben.
Gefährdungen	Um ein komplettes Bild der Dammszustände und deren Gefährdungen zu erhalten, müssen die auf der Damminnenseite (Wasserseite) massgebenden Prozesse vertieft untersucht werden. In diesem Zusammenhang soll der Einfluss der Sohlenentwicklung auf die Stabilität der Vorgrundsicherung speziell angeschaut werden.

Ökologische Massnahmen

Aufweitungen	<p>An der im Entwicklungskonzept Alpenrhein vorgeschlagenen Aufweitung «Schaan, Buchs & Eschen» wurde exemplarisch die Machbarkeit einer grossen Flussaufweitung im Mittellauf des Alpenrheins geprüft. Dabei wurden mit zwei aufeinander abgestimmten Studien die Sohlenentwicklung und deren Auswirkungen auf das Grundwasser untersucht. Die Abklärungen zeigen, dass eine Flussaufweitung im betrachteten Abschnitt nur mit einer Geschiebemanagement möglich ist, da anderweitig die Stabilisierung der Flusssohle in der Aufweitung nicht gewährleistet werden kann. In einer weiteren Studie wurden bestehende Nutzungen zusammengestellt und bewertet. Als Resultat zeigt sich, dass die aktuellen Nutzungen im Aufweitungsperimeter den Bau einer Flussaufweitung nicht grundsätzlich verunmöglichen.</p> <p>Eine Konkretisierung dieser Aufweitung auf Stufe Vorprojekt wird empfohlen (Abschnittsprojekt). Dabei kann aufgrund der bestehenden Nutzung auch eine zeitlich gestaffelte, einseitige Realisierung der gemeinsam geplanten Aufweitungen geprüft werden. Weiter wird empfohlen, die im Entwicklungskonzept Alpenrhein vorgeschlagene Aufweitung «Sevelen/Vaduz» ebenfalls auf ihre Machbarkeit hin zu untersuchen.</p>
Instream-Massnahmen	Der Bau von Instream-Massnahmen wird am Alpenrhein als sehr anspruchsvoll beurteilt. Damit das Verhalten von solchen Massnahmen beurteilt werden kann, wird daher der Bau von Versuchsstrecken mit verschiedenen Bautypen empfohlen. Diese Versuchsstrecken sollen vorgezogen realisiert und über einen längeren Zeitraum beobachtet werden. Bei der Projektierung sollen die beim Projekt «Rhesi» gemachten Überlegungen mitberücksichtigt werden.

Ausblick

Bedeutung	Die dringende Herstellung der Hochwassersicherheit sowie eine angemessene Revitalisierung des Alpenrheins auf der gemeinsamen Strecke Fürstentum Liechtenstein und Kanton St.Gallen sind ein Generationenprojekt. Die Kosten für die beidseitigen Dammsanierungen bewegen sich in der Grössenordnung von CHF 150 Mio. (FL: CHF 90 Mio.; SG: CHF 60 Mio.). Die Kosten für die untersuchte Flussaufweitung «Schaan, Buchs & Eschen» werden auf rund CHF 25 Mio. geschätzt. In diesen Kosten nicht enthalten sind mögliche Aufwendungen und Entschädigungen für die Verlegung von Infrastrukturanlagen und Werkleitungen.
Anpassung Organisation	Die Bewältigung der weiteren, sehr anspruchsvollen Planungen und Abklärungen wird grosse personelle und finanzielle Ressourcen der beiden Auftraggeber binden. Den politischen Entscheidungsträgern wird daher ergänzend empfohlen, gestützt auf die definitiv verabschiedete Strategie «Ertüchtigung Rheindämme», die Organisation der Verwaltungen frühzeitig auf die anstehenden Aufgaben auszurichten.

Pro Memoria

Weiterhin grosse Wichtigkeit haben eine funktionierende und laufend aktualisierte Notfallplanung, der bauliche Unterhalt der Anlagen sowie eine auf die Gefahrensituation abgestimmte Raumplanung.

Lachen, 6. November 2020 / MJ

Hinweis:

- Die Empfehlungen sind in Anhang 1 zusammengefasst.
- Die Abkürzungen und Fachbegriffe werden in Anhang 3 erläutert.

1 Ausgangslage

1.1 Projektziele

Projektziele

Das Fürstentum Liechtenstein und der Kanton St.Gallen wollen auf der gemeinsamen Rheinstrecke die Hochwasserschutzdämme sanieren. Primäres Ziel ist eine zeitnahe Sicherstellung der Dammsstabilität gemäss den in der Nutzungsvereinbarung festgelegten Zielgrössen für ein Hochwasser mit einer Wiederkehrdauer von 300 Jahren (HQ300) sowie eine auf das Projekt «Systemsicherheit Alpenrhein» abgestimmte Bewältigung eines Extremhochwassers (EHQ). Die Sanierung der Dämme hat für das Fürstentum Liechtenstein und den Kanton St.Gallen eine hohe Priorität und somit Dringlichkeit. Daneben sollen auf der gemeinsamen Rheinstrecke auch die Möglichkeiten von ökologischen Aufwertungen, und dabei insbesondere die Realisierbarkeit von Flussaufweitungen, geprüft und weiter konkretisiert werden.

1.2 Projektperimeter

Perimeter

Der Projektperimeter umfasst die gemeinsame Rheinstrecke von km 34,4 bis km 60,8 zwischen Balzers und Ruggell bzw. Sargans und Sennwald. Die betrachtete Länge beträgt 26,4 Kilometer.

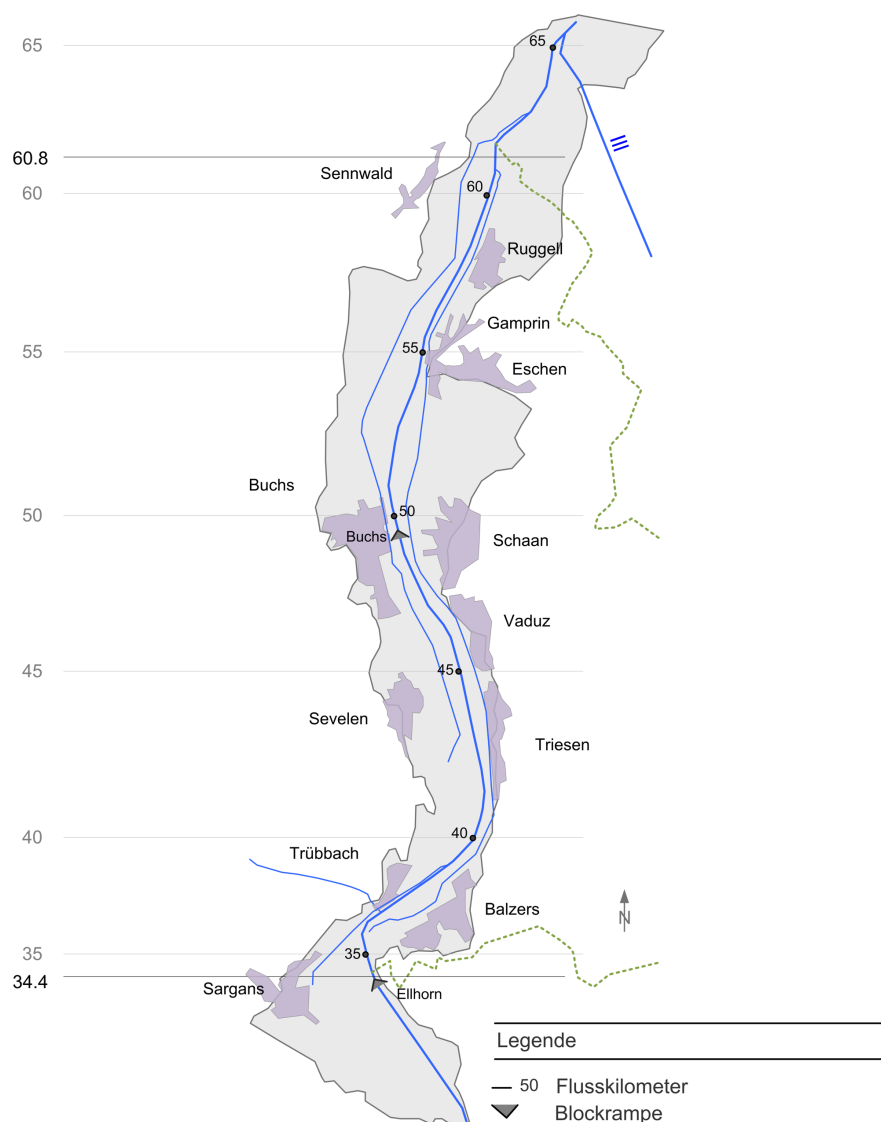


Abb. 1: Flussabschnitt 34,4 – 60,8 mit Talebene und Binnengewässern

1.3 Projekteinbindung

Vorplanungen	Die Gesamtplanung berücksichtigt die Massnahmenvorschläge des «Entwicklungskonzepts Alpenrhein» (IRKA und IRR, 2005) und die aus dem Projekt «Systemsicherheit Alpenrhein» (IRKA, 2019) resultierenden Empfehlungen.
Untersuchungen	Die Stabilitätsberechnungen der Dämme basieren auf den in den Jahren 2004 bis 2007 durchgeführten Untersuchungen zur Dammstabilität sowie auf den nachfolgenden, im Rahmen der Planung und des Baus der Kontroll- und Interventionspisten durchgeführten Baugrunduntersuchungen.

1.4 Abgrenzung

Abgrenzung	Die Strategie stützt sich auf das «Entwicklungskonzept Alpenrhein» (EKA) und die nachfolgenden Studien und Abklärungen. Auf eine weitere Aktualisierung oder sogar Weiterentwicklung einzelner Aspekte des Konzepts, wie z. B. Sohlenlage, wird im Rahmen vorliegender Strategie bewusst verzichtet. Diese Aspekte sind übergeordnet im Rahmen der IRKA zu klären.
------------	--

2 Vorgaben und Grundlagen

2.1 Entwicklungskonzept Alpenrhein

Projektleitbild

Basis für die Massnahmenplanung am Alpenrhein ist das «Entwicklungskonzept Alpenrhein» (IRKA und IRR, 2005). Das Entwicklungskonzept ist ein Projektleitbild für den ganzen Alpenrhein zwischen Reichenau und Bodensee.

Empfehlungen

Das Entwicklungskonzept empfiehlt für den betrachteten Abschnitt diverse bauliche Massnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes (Dammansierungen, Notentlastungskonzept) und der Ökologie (Flussaufweitungen «Saarmündung», «Sevelen/Vaduz», «Schaan, Buchs & Eschen», «Bangs»). Im Weiteren macht das Konzept auch Angaben zu einem künftigen Geschiebemanagement.

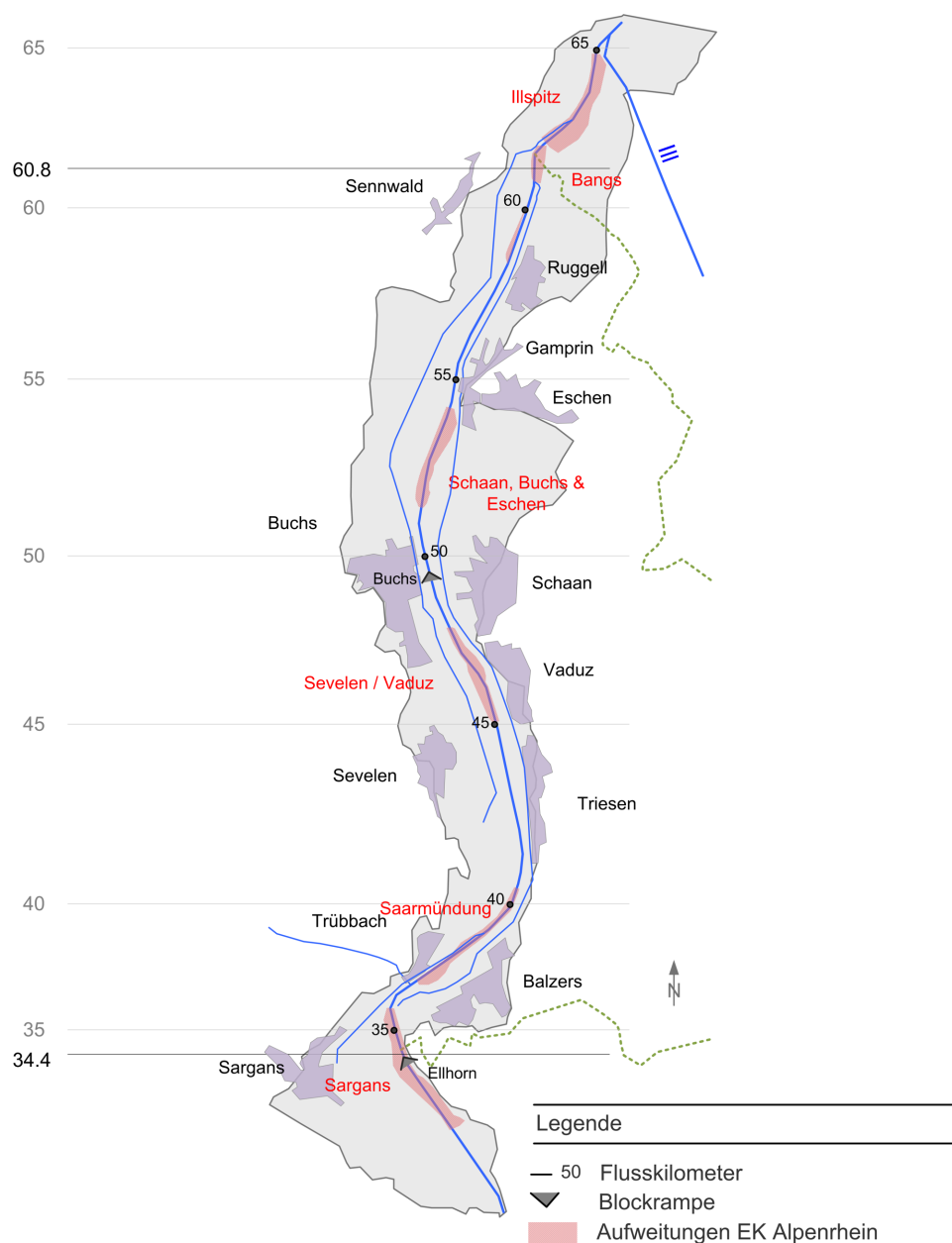


Abb. 2: Übersichtsplan mit Aufweitungen und Blockrampen (Fixpunkten)

2.2 Systemsicherheit Alpenrhein

Bauwerksicherheit

Die Systemsicherheit wurde im Rahmen einer separaten Studie «Systemsicherheit Alpenrhein» betrachtet (IRKA, 2019). Die Studie beurteilt das Verhalten des Hochwasserschutzsystems im EHQ-Fall und macht Vorschläge für eine mögliche Regelung des Überlastfalls bzw. der Bauwerkssicherheit am ganzen Alpenrhein.

Empfehlungen

Das Variantenstudium empfiehlt zwei Bestvarianten (Kombivariante und Alternative) zur weiteren Bearbeitung. Im betrachteten Projektperimeter wird bei beiden Varianten das EHQ durchgeleitet («robustes Abführen im Gerinne»), d. h. es ist keine Notentlastung vorgesehen.

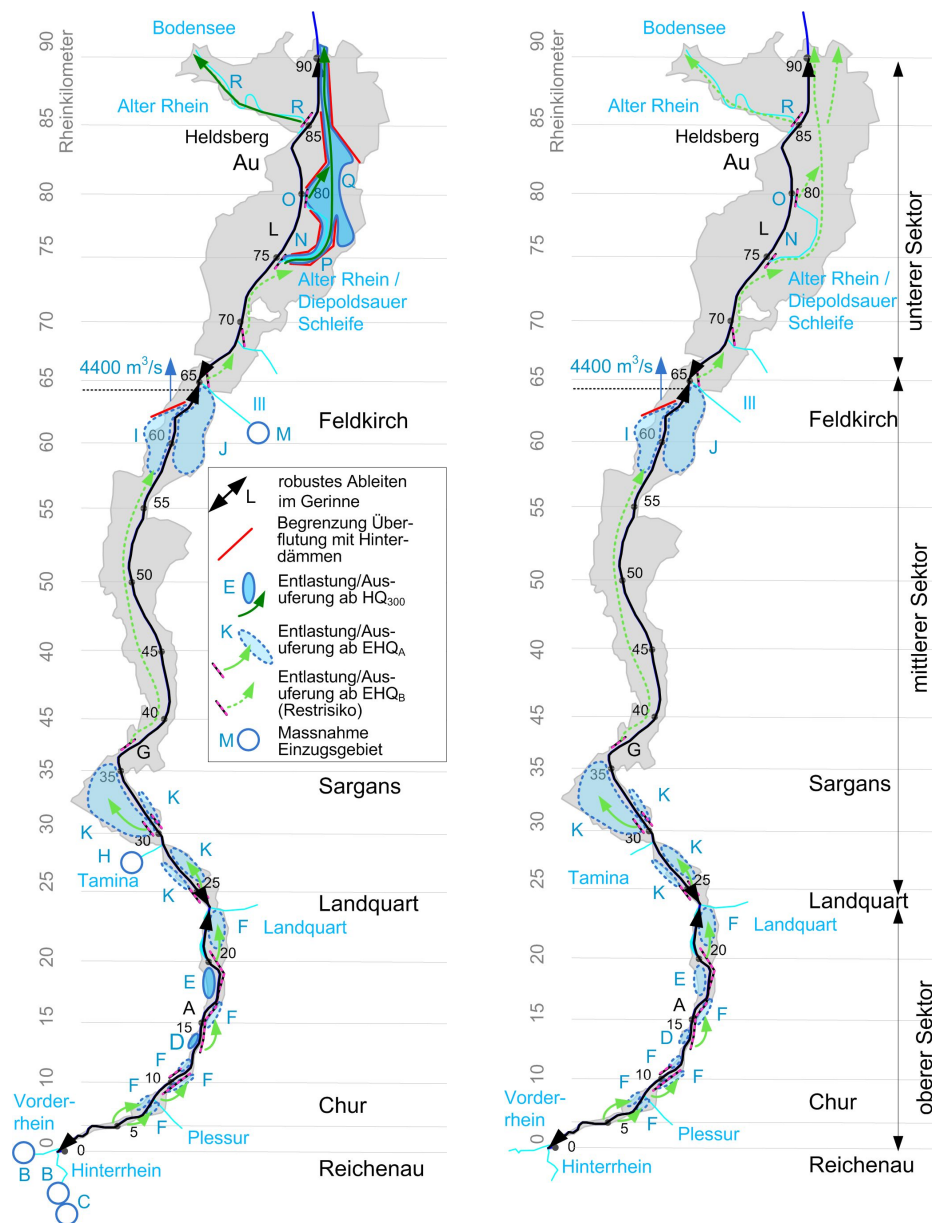


Abb. 3: Bestvarianten 1 und 2 «Systemsicherheit Alpenrhein»

2.3 Untersuchungen Dammstabilität

Untersuchungen	Die Stabilität der Hochwasserschutzdämme wurde in den Jahren 2004 bis 2007 auf beiden Flusseiten untersucht und generell beurteilt.
Ergebnisse	Die bisherigen geotechnischen Untersuchungen zeigen, dass die Dammstabilität auf beiden Flusseiten abschnittsweise ungenügend ist. Diese Ergebnisse werden mit den Abklärungen «Sanierungsbaukasten Dämme» insofern bestätigt, als dass für gewisse Dammschnitte bereits bei einem HQ100 Stabilitätsdefizite nachgewiesen werden (s. Kp. 5).

2.4 Kontroll- und Interventionspisten

Zweck	Die Kontroll- und Interventionspisten ermöglichen bei einem Hochwasserereignis entlang der Dammaussenseite eine verbesserte Kontrolle und einen einfacheren Einsatz von Baumaschinen. Damit reduzieren diese Pisten bis zur Umsetzung der Dammsanierungen das Restrisiko.
Interventionspisten	Im Fürstentum Liechtenstein wurden in den letzten Jahren die Kontroll- und Interventionspisten geplant und realisiert. Im Kanton St.Gallen liegt für den Abschnitt Taminamündung bis Illmündung ein Vorprojekt vor.

2.5 Untersuchungen Sohlenentwicklung

Feststofftransportmodell	Im Rahmen des von der IRKA initiierten Feststofftransportmodells (IRKA, Entwurf 2020) wurde nachgewiesen, dass der Alpenrhein zwischen Buchs (km 50) und Ruggell (km 60) in den kommenden Jahren weiter auflandet. Dieses Modell ermöglicht zudem, Eingriffe entlang des Alpenrheins (v. a. Aufweitungen) zu simulieren und deren Auswirkungen darzulegen.
Geschiebemanagement	Im Weiteren haben das Fürstentum Liechtenstein und der Kanton St.Gallen eine Studie zum Geschiebemanagement in Auftrag gegeben (FL & SG, in Bearbeitung). Geplant ist, dass mit Hilfe des Feststofftransportmodells gezielte Kiesentnahmen simuliert werden können, um die Rheinsohle auf einer optimalen Höhe zu halten.

2.6 Notfallplanung

Notfallplanungen	Sowohl das Fürstentum Liechtenstein als auch der Kanton St.Gallen (mit dem Rheinunternehmen) verfügen über je eigene, laufend aktualisierte Notfallplanungen und eine damit vertraute Wasserwehr. Dabei wurde in den letzten Jahren der Hochwassereinsatz entlang des Alpenrheins länderübergreifend abgestimmt, was zu einem gemeinsamen Verständnis des Hochwassereinsatzes führte.
Übung	Die letzte grosse länderübergreifende Stabsrahmenübung fand 2017 statt.

3 Projektorganisation

3.1 Grundlage

Strukturen

Die Projektorganisation baut auf den am Alpenrhein bestehenden Strukturen auf (IRKA, Lenkungsausschuss mit Regierungsvertretern, Koordinationsteam bzw. Kernteam mit Rheinbauleitern).

3.2 Organigramm

Organigramm

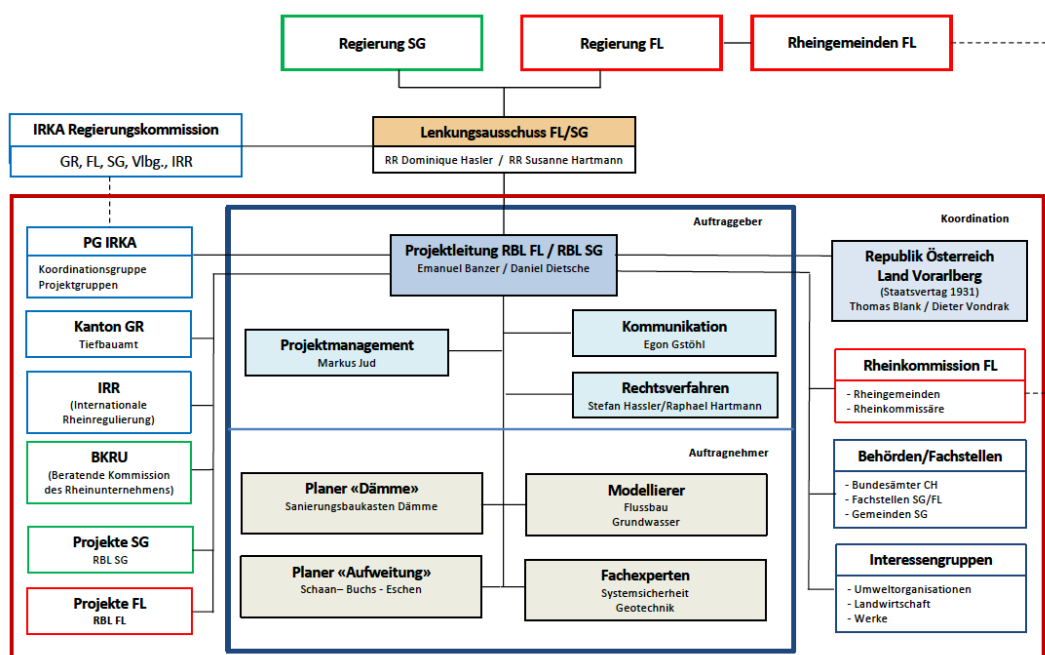


Abb. 4: Organigramm

Auftraggeber

Auftraggeber und spätere Bauherrschaften sind das Fürstentum Liechtenstein und der Kanton St.Gallen. Diese werden durch die beiden Rheinbauleiter in ihrer Funktion als Projektleiter vertreten. Die Projektleiter werden unterstützt durch die Stabstellen Projektmanagement, Kommunikation und Rechtsverfahren.

Auftragnehmer

Auf Stufe Auftragnehmer sind die Planer der Teilprojekte, die Modellierer Flussbau und Grundwasser sowie die Fachexperten Systemsicherheit und Geotechnik. Die Auftragnehmer wechseln mit der Projektentwicklung.

3.3 Koordination mit Unter- und Oberlieger

Unterlieger

Wasserbauvorhaben auf Gebiet des Fürstentums Liechtenstein erfordern eine gesetzlich vorgegebene Koordination mit der Republik Österreich (Art. 1 des Vertrages von 1931 zwischen Fürstentum Liechtenstein und Republik Österreich). Die Projektleitung hat die Vertreter der Abteilung Wasserwirtschaft des Landes Vorarlberg an insgesamt vier Sitzungen über die Ergebnisse der verschiedenen Abklärungen und Planungen informiert. Zudem wurden die IRKA und die IRR im Rahmen ihrer Jahressitzungen vom 13. Juli 2018 bzw. 1. Juli 2019 über die Planungen in Kenntnis gesetzt.

Oberlieger

Der Informationsaustausch mit dem Kanton Graubünden erfolgt laufend im Rahmen der regelmässigen Sitzungen der IRKA-Projektgruppe «Flussbau».

4 Genereller Projektablauf

4.1 Grundsatz Doppelgleis

Ansatz

Der Projektablauf sieht eine schnellstmögliche (vorgezogene) Realisierung der dringendsten Dammsanierungen bei gleichzeitiger Weiterverfolgung der Flussaufweitungsprojekte vor. Dies soll mit einem zweigleisigen Ablauf ermöglicht werden:

- Gleis 1: Sofortmassnahmen (SM) primär für Dammsanierungen
- Gleis 2: Abschnittsprojekte (AP) für Flussaufweitungen bzw. Dammabrückungen

Ziel

Mit diesem Vorgehen können die abschnittsweise dringend notwendigen Dammsanierungen in eine übergeordnete Planung eingebettet werden.

Erfahrung Dritter

Die gewählte Aufteilung in «Sofortmassnahmen» und «Abschnittsprojekte» hat sich in ähnlicher Form bereits bei den Hochwasserschutzprojekten «Rhesi» (IRR) und «3. Rhonekorrektur» (Kantone Wallis und Waadt) bewährt.

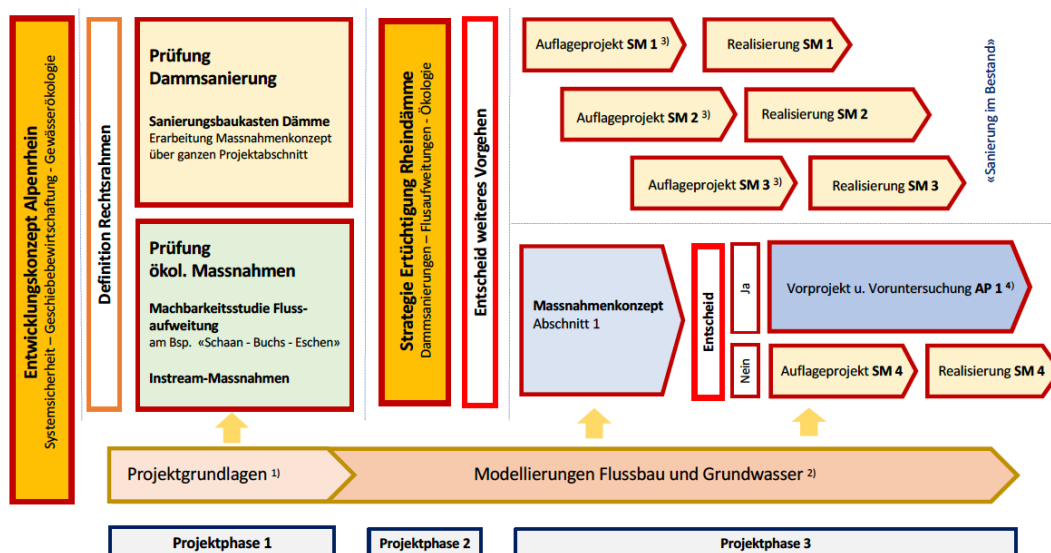


Abb. 5: Ablaufdiagramm «Doppelgleis»

4.2 Projektphase 1 (Mai 2019 – Mai 2020; abgeschlossen)

Teilaspekte

In verschiedenen Teilprojekten wurden die beiden Aspekte Dammsanierung («Sanierungsbaukasten Dämme») und ökologische Massnahmen (Machbarkeitsstudie Flussaufweitung «Schaan, Buchs & Eschen», Instream-Massnahmen) untersucht.

Dammsicherheit
(Teilprojekt 1)

Beim Teilprojekt «Sanierungsbaukasten Dämme» wurden in einem ersten Schritt die Ergebnisse der vorliegenden Stabilitätsnachweise verifiziert und mögliche Dammsanierungsvarianten geprüft. Anschliessend wurden die verbliebenen Varianten räumlich auf ihre grundsätzliche Machbarkeit hin untersucht (Konflikte mit Grundwasserleitern, grossen Infrastrukturbauwerken und Werkleitungen, Bauzonen usw.). Im Rahmen dieser Planung haben Auftraggeber, Fachexperten und Planer gemeinsam mit einer «Vereinbarung der Projektziele» (Nutzungsvereinbarung gem. SIA 262) verbindliche Zielgrössen für die Stabilitätsnachweise festgelegt und Vorgaben für die weitere Projektierung (Auflageprojekte Sofortmassnahmen) erarbeitet.

Ökol. Massnahmen
(Teilprojekt 2.1) Beim Teilprojekt «Machbarkeitsstudie Flussaufweitung» wurde exemplarisch an der Aufweitung «Schaan, Buchs & Eschen» untersucht, wie die morphologischen und räumlichen Voraussetzungen sind. Dabei wurden einerseits die Auswirkungen auf die Gewässersohle und das Grundwasser modelliert und andererseits die mit einer Aufweitung verbundenen Raumkonflikte beurteilt.

Ökol. Massnahmen
(Teilprojekt 2.2) Ergänzend dazu wurden mögliche Instream-Massnahmen (Massnahmen im Abflussgerinne) auf ihre Tauglichkeit für den Alpenrhein generell überprüft.

Rechtsrahmen
(Teilprojekt 3) Der rechtliche Rahmen für die Tätigkeiten am Alpenrhein wird einerseits durch die entsprechenden Staatsverträge vorgegeben; andererseits gilt es dabei auch, die nicht deckungsgleichen nationalen Gesetzgebungen zu berücksichtigen. Die einschlägigen Bestimmungen wurden im Rahmen eines eigenständigen Teilprojektes auf ihre Relevanz für die weiteren Projekte interpretiert.

4.3 Projektphase 2 (ab Juni 2020)

Strategiebericht Der Strategiebericht fasst die Ergebnisse der Teilprojekte im Sinne einer Gesamtplanung zusammen. Der Strategiebericht ist eine von Fürstentum Liechtenstein und Kanton St.Gallen einvernehmlich ausgearbeitete Grundlage für die politische Entscheidungsfindung.

4.4 Projektphase 3 (ab 2021)

Sofortmassnahmen Die Dammsanierungen, welche unabhängig von weiteren (künftigen) Massnahmen realisiert werden können, sollen als Sofortmassnahmen gemäss den im Projekt «Sanierungsbaukasten Dämme» vereinbarten Grundsätzen weiter konkretisiert und anschliessend realisiert werden. Dabei ist jede Seite frei in der jeweiligen Festlegung der Prioritäten und Realisierung.

Abschnittsprojekte Mögliche Flussaufweitungen werden in separaten Projekten weiter geplant (Vorprojekt mit UVB-Voruntersuchung > Auflageprojekt mit UVB). Dammsanierungen, welche in einem solchen Projektperimeter liegen, werden zurückgestellt. Zeigt sich aber, dass das Projekt durch Einsprachen/Beschwerden über längere Zeit blockiert wird, ist eine vorgezogene Realisierung der Dammsanierungen möglich.

Bei Dammschnitten mit Priorität 1 wird zwecks Reduktion des Restrisikos der sofortige Bau von Kontroll- und Interventionspisten unabhängig von Abschnittsprojekten geprüft.

5 Ergebnisse Prüfung Dammsanierungen

5.1 Dammaufbau und Problematik

Dammgeometrie	Die bald 150-jährigen Dämme sind im Mittel 5,5 bis 7 Meter hoch (Differenz Krone zu luftseitigem Dammfuss). In wenigen Abschnitten wird eine maximale Höhe von rund 9 bis 10 Meter erreicht.
Dammaufbau	Die Dämme sind aus dem anstehenden Material geschüttet und nicht abgedichtet. Vielfach trennt eine durchgehende und für das Sickerwasser weitgehend undurchlässige Deckschicht aus Überschwemmungssedimenten die Dammschüttung vom Rheinschotter ab. Diese Deckschicht hat eine rasch wechselnde Mächtigkeit von mehrheitlich 0 bis 1 Meter und abschnittsweise von 2 bis 3 Meter. Der Rheinschotter ist gleichzeitig der Grundwasserleiter.
Problematik	Bei einem Hochwasser können im ungünstigen Fall die Sickerströmungen zu einer Böschungsinstabilität oder zu einem hydraulischen Grundbruch führen. Betreffend Grundbruch besonders gefährdet sind dabei Abschnitte mit einer wenig mächtigen Deckschicht (s. Abb. 6).

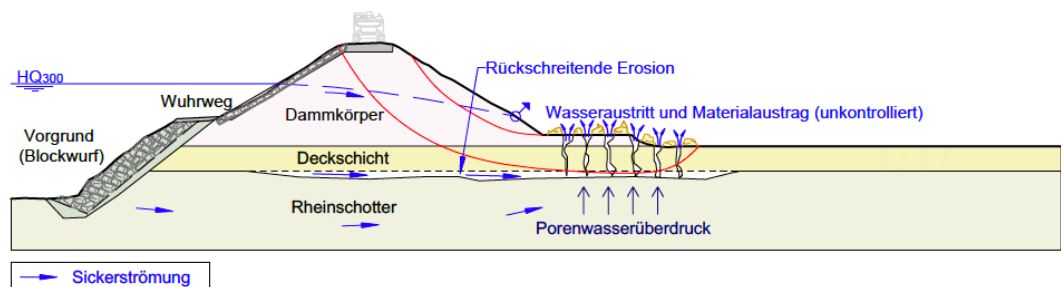


Abb. 6: Schematischer Querschnitt Dammaufbau mit Sickerströmungen und hydraulischem Grundbruch

5.2 Beurteilung Gefährdung

Gesamtbeurteilung	Mit dem Teilprojekt «Sanierungsbaukasten Dämme» wurden die vorhandenen geotechnischen Untersuchungen zusammengefasst und bewertet. Dabei wurden zusammen mit den Fachexperten Geotechnik die Gefährdungen harmonisiert und der Bedarf für weitergehende Abklärungen definiert. Das Teilprojekt bestätigt die abschnittsweisen unzulässigen Sicherheiten der Dämme bereits bei einem HQ100.
Feststellungen (1)	In den zwischen 2005 und 2019 durchgeführten geotechnischen Untersuchungen wurden primär die zwei im Bereich der landseitigen Böschung auftretenden Gefährdungen, nämlich die kritischen Prozesse «hydraulischer Grundbruch» und «Dammdurchsickerung», betrachtet. Nicht im gleichen Masse erfasst und berücksichtigt wurden jedoch der Einfluss der Böschungsnegungen (luft- und wasserseitig), das Szenario «wasserseitiger Böschungsbruch», sowie die Stabilität der Vorgrundsicherung (Blockwurf) und der Böschungsabdeckung (Pflasterung). Eine abschliessende Beurteilung für die Damminnenseite (Wasserseite) steht noch aus.
Feststellungen (2)	Im Weiteren basiert die Einordnung der Gefährdung der Dämme auf unterschiedlichen Untersuchungsintensitäten. Wurden auf Seite Liechtenstein im Zuge des Baus der Kontroll- und Interventionspisten zwischenzeitlich unzählige zusätzliche Sondagen ausgewertet, beschränken sich die Sondagen auf Seite St.Gallen weiterhin auf wenige Dutzend Aufschlüsse, wie sie im Rahmen der 2005 bis 2007 durchgeführten Dammsicherheitsbeurteilung erhoben wurden. Entsprechend sind die Beurteilungen der Gefährdungen nicht in jedem Fall vergleichbar. Eine abschliessende Beurteilung steht noch aus.

5.3 Sanierungsvarianten

Variantenprüfung

Mit dem Teilprojekt «Sanierungsbaukasten Dämme» wurden verschiedenste technische Sanierungsvarianten geprüft und in einer Wirkungsmatrix einander gegenübergestellt.

Basisvarianten

Als Basisvariante empfehlen die Planer robuste erdbauliche Massnahmen, kombiniert mit einer kontrollierten Ableitung des Sickerwassers und Massnahmen zur Grundwasserentspannung. Diese mit «Auflastfilter» bezeichnete Massnahme hat den Vorteil, dass sie konstruktiv relativ einfach und somit auch wirtschaftlich ist. Der grosse Nachteil ist der Platzbedarf, da einerseits die Böschungsneigung gegenüber heute abgeflacht werden muss (empfohlene Neigung max. 1 : 2, anzustreben ist 1 : 3) und andererseits eine Berme erforderlich ist.

Bei einer ausreichend mächtigen Deckschicht kann auch eine Innendichtung in Betracht gezogen werden (Variante «Schmaldichtwand»). Dabei sind jedoch die mit dieser Lösung verbundenen Auswirkungen auf das Grundwasser (u. a. Verminderung Durchflusskapazität) zu prüfen. Zudem muss die Mächtigkeit der Deckschicht genügend gross sein (min. 2 m).

Alternative Varianten

Wo die Verhältnisse den Bau der Basisvarianten nicht zulassen, wird als alternative Sanierungsvariante ein Stützbauwerk (Variante «Stützmauer») empfohlen. Diese Variante ist bautechnisch bedeutend anspruchsvoller und sollte nur dort angewendet werden, wo es die Platzverhältnisse verlangen. Eine weitere Alternative ist die Variante «Materialersatz». Diese kostenintensive Variante macht nur dort Sinn, wo das vorhandene Dammschüttmaterial eine ungenügende Festigkeit aufweist.

Schliesslich ist auch eine «Dammabrückung» (d. h. Verlegung des Dammes in Hinterland, z. B. bei einer künftigen Flussaufweitung) als eigenständige Sanierungsvariante zu betrachten.

Kontroll- und Interventionspisten

Die geplanten Kontroll- und Interventionspisten entlang des st.gallischen Dammfusses sind in die Sanierungsprojekte zu integrieren. Dabei kann die Interventionspiste durch ihre Stützwirkung die Stabilität des Dammes massiv erhöhen, wenn sie als Berme ausgebildet wird.

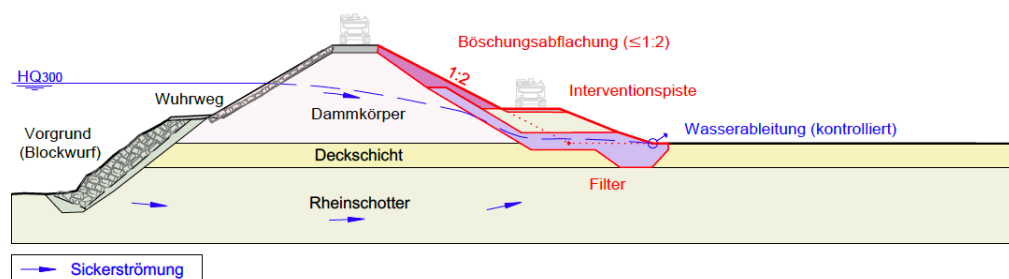


Abb. 7: Schematischer Querschnitt Sanierungsvariante «Auflastfilter»

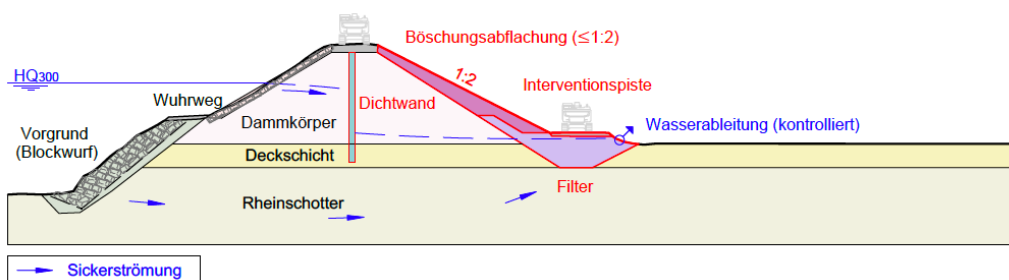


Abb. 8: Schematischer Querschnitt Sanierungsvariante «Schmaldichtwand»

5.4 Priorisierung

Vorgehen

Für die weitere Projektierung macht das Teilprojekt «Sanierungsbaukasten Dämme» eine Priorisierung der Abschnitte. Dabei werden die insgesamt 2 x 26,4 Kilometer Dammstrecke (mit wenigen Ausnahmen) einer Priorität 1 – 4 zugeteilt.

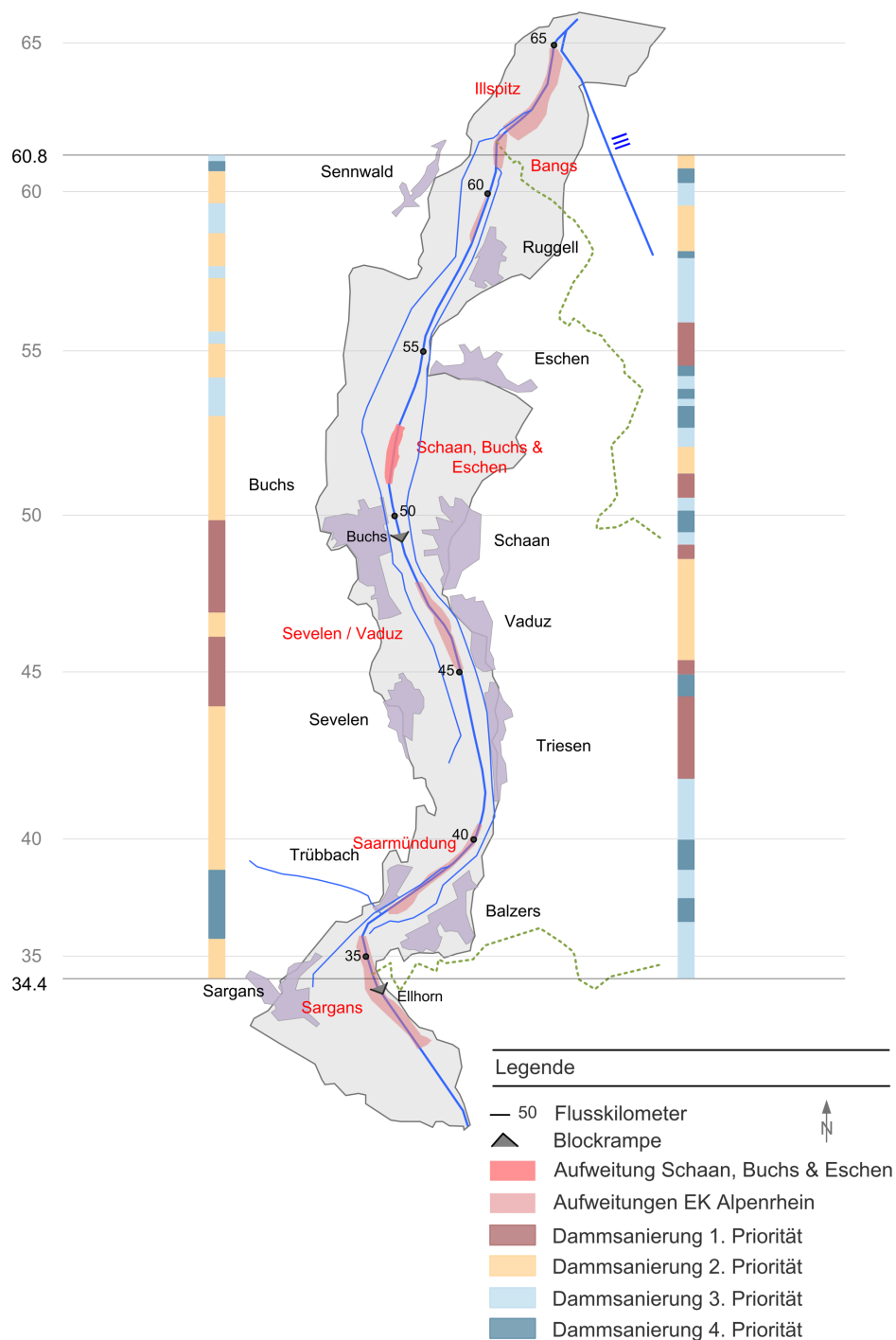


Abb. 9: Übersichtsplan mit Priorisierung der Dammabschnitte

Priorität 1	Abschnitten, die für die Abführung eines HQ100 ungenügende Sicherheitsreserven bezüglich hydraulischem Grundbruch und ungenügende bzw. bedingt genügende Sicherheitsreserven bezüglich Gesamtstabilität aufweisen, wird die höchste Priorität 1 zugeordnet. In diese Kategorie fallen auf beiden Seiten je 5 Kilometer Dammstrecke (18%).
Priorität 2	Abschnitten, die für die Abführung eines HQ100 ungenügende Sicherheitsreserven bezüglich hydraulischem Grundbruch, aber genügende Sicherheitsreserven bezüglich Gesamtstabilität aufweisen, wird die zweithöchste Priorität 2 zugeordnet. Bei einem HQ300 sind in diesen Abschnitten in der Regel die Sicherheitsreserven bezüglich Gesamtstabilität nur noch bedingt genügend. In diese Kategorie fallen auf Seite Liechtenstein 7,8 Kilometer (29%) und auf Seite St.Gallen 15,7 Kilometer (58%).
Priorität 3	Abschnitte, die für die Abführung eines HQ100 genügende Sicherheitsreserven aufweisen, aber in denen die Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch bei einem HQ300 ungenügend wird, werden in die Prioritätsstufe 3 eingeordnet. In diese Kategorie fallen auf Seite Liechtenstein 8,8 Kilometer (32%) und auf Seite St.Gallen 3,2 Kilometer (12%).
Priorität 4	Mit Priorität 4 werden alle Dammabschnitte eingeteilt, die bis und mit HQ300 eine genügende Sicherheit aufweisen (Liechtenstein: 5,6 Kilometer, St.Gallen 3,2 Kilometer). Die Sanierung dieser Abschnitte ist nicht dringlich.

5.5 Vereinbarung der Projektziele

Vorleistung	Im Hinblick auf die einzelnen Bauprojekte wurde im Rahmen des Projekts «Sanierungsbaukasten Dämme» eine allgemein verbindliche Vereinbarung der Projektziele (bzw. Nutzungsvereinbarung) erarbeitet. Mit dieser Vereinbarung wird ein für alle künftigen Bauprojekte einheitliches, und für beide Seiten geltendes, Bemessungskonzept definiert (s. Anhang 4).
-------------	--

5.6 Kosten

Dammsanierung	Die Kosten für die beidseitigen Dammsanierungen bewegen sich in der Grössenordnung von CHF 90 Mio. (Seite Fürstentum Liechtenstein) bzw. CHF 60 Mio. (Seite Kanton St.Gallen, exkl. Erstellung geplante Interventionspisten). Dabei handelt es sich um eine erste Grobkostenschätzung mit einer Genauigkeit von +/- 25 %. Die effektiven Kosten sind zudem stark abhängig von der gewählten Sanierungsvariante. So ist die Variante «Stützmauer» fünf Mal teurer als die Variante «Auflastfilter».
---------------	--

6 Ergebnisse Prüfung ökologische Massnahmen

6.1 Generelle Feststellungen

Raum und Nutzungen	Der Alpenrhein befindet sich im betrachteten Abschnitt in einem engen Korsett. Die Nationalstrasse auf Seite St.Gallen sowie Siedlungen und Sportanlagen auf Seite Liechtenstein reichen teilweise nur wenige Meter an den Dammfuss heran. Hinzu kommen die verschiedenen Nutzungen Dritter in den ehemaligen Altlaufschlaufen.
Morphologie	Die heutige Bettbreite von rund 95 m führt zu alternierenden Bänken. Die Bildung eines verzweigten Gerinnes mit entsprechenden aquatischen und terrestrischen Lebensräumen, wie bei den Mastrilser Rheinauen, ist in diesem engen Korsett nicht möglich. Entsprechend klein ist die Artenvielfalt.

6.2 Machbarkeitsstudie Flussaufweitung «Schaan, Buchs & Eschen»

Entwicklungskonzept	Das «Entwicklungskonzept Alpenrhein» sieht in der Eschener Au eine Flussaufweitung vor. Der Projektperimeter der Aufweitung liegt in den Gemeinden Buchs und Sennwald (Seite St.Gallen) sowie Eschen, Schaan und Gamprin (Seite Liechtenstein).
Fläche	Für die Machbarkeitsstudien wurde eine Aufweitung zwischen km 51,0 und km 52,7 betrachtet. Bei der Annahme einer maximalen Sohlenbreite von rund 225 Metern ergibt sich ein Aufweitungsperimeter (inkl. Gerinne) von rund 41 Hektaren (s. Abb. 10).
Beurteilungen	Mit zwei aufeinander abgestimmten Studien wurden die Sohlenentwicklung (Hunziker, Zarn & Partner AG, April 2020) und die Auswirkungen auf das Grundwasser (TK Consult AG, Mai 2020) beurteilt. In einer weiteren Studie wurden zudem die bestehenden Nutzungen zusammengestellt und bewertet (Renat GmbH, Juni 2019).
Ergebnisse (1)	<p>Die Modellierungen zeigen, dass die Verbreiterung des Gerinnes den bereits vorhandenen Auflandungstrend der Flusssohle begünstigt. Eine Anhebung der Flusssohle führt zu einer Abminderung der Abflusskapazität (im Oberlauf) und zu einem unzulässigen Grundwasseranstieg (im Umland). Um diesen ungünstigen Prozessen entgegenzuwirken, wird eine Geschiebemanagementstrecke im Bereich der geplanten Aufweitung empfohlen (Annahme: Entnahme von 10'000 – 15'000 m³ pro Jahr).</p> <p>Zu beachten ist auch, dass die Flusssohle bereits heute auflandet und sich damit der Abflussquerschnitt sukzessive verringert. Mit einer Geschiebeentnahmestelle kann eine weitere Sohlenerhebung auch flussabwärts der Aufweitung verhindert werden. Diese mit den Vorgaben des Gewässerschutzes verträgliche Geschiebeentnahme leistet somit einen direkten Beitrag zur Gewährleistung des Hochwasserschutzes.</p>
Ergebnisse (2)	<p>Das Gebiet der geplanten Flussaufweitung weist verschiedene Nutzungen auf, welche vielfach nicht standortgebunden sind. Auf Seite St.Gallen befinden sich im potenziellen Aufweitungsperimeter eine Kompost-Aufbereitungsanlage und ein Retentionsbecken der Nationalstrasse A13 sowie eine Erdgashochdruckleitung und eine Hochspannungsleitung.</p> <p>Der Bericht kommt zum Schluss, dass die Machbarkeit einer Aufweitung grundsätzlich gegeben ist. So sind auf Seite St.Gallen keine Ansprüche Dritter vorhanden, welche eine Realisierung grundsätzlich verhindern können, und auf Seite Liechtenstein sind nur wenige Nutzungen vorhanden. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die Verlegung der Infrastrukturanlagen und Werkleitungen einige Zeit in Anspruch nehmen wird (v. a. auf Seite St.Gallen). Zu beachten ist aber auch die Chance, welche sich bei einer Sanierung der Nationalstrasse ergibt (Verlegung Retentionsbecken, Wildbrücke).</p>

Option

Vorausgesetzt die Eigentümer stimmen einer Aufweitung zu, ist auf Seite Liechtenstein eine zeitnahe Realisierung grundsätzlich ohne grosse Verzögerungen möglich. Als Option kann daher auch eine temporär einseitige Aufweitung geprüft werden.

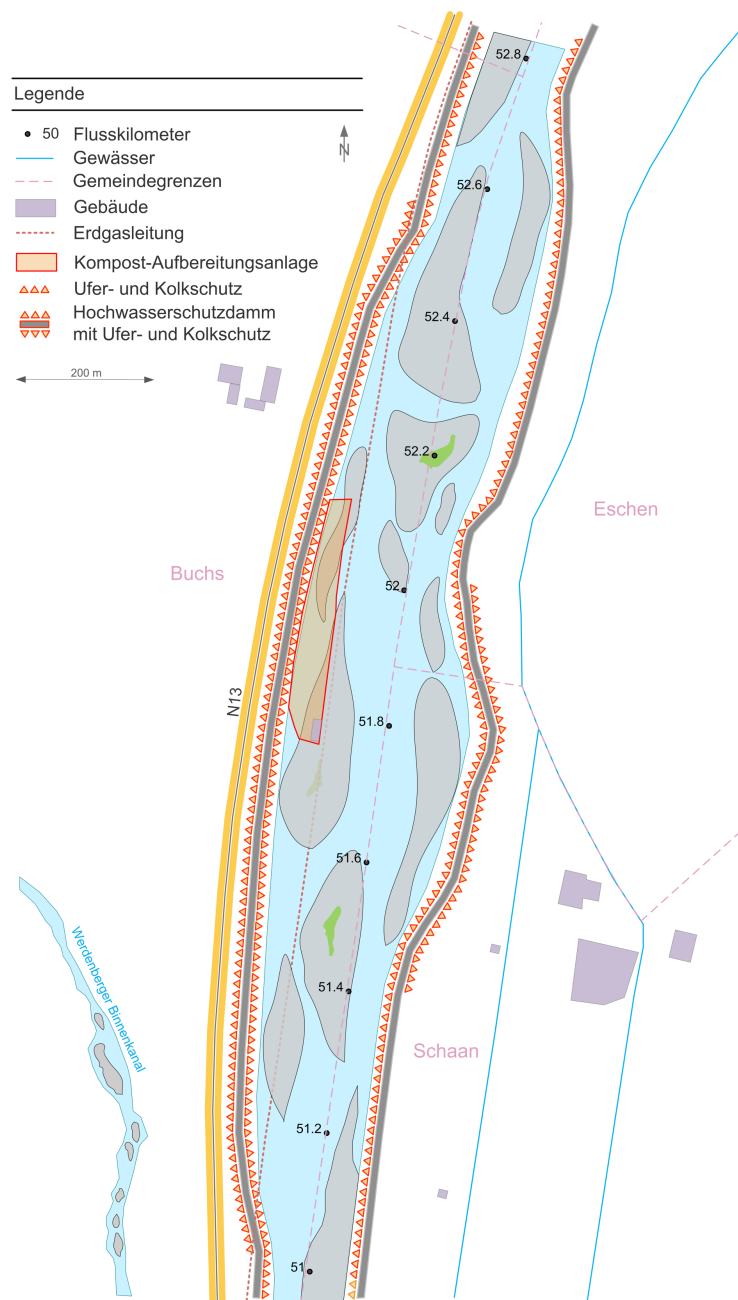


Abb. 10: Schematische Darstellung Aufweitung Schaan, Buchs & Eschen

6.3 Instream-Massnahmen

Anlass	Flussaufweitungen am Alpenrhein sind aufgrund der angrenzenden Nutzungen nur auf einzelnen, wenigen Abschnitten möglich. Für die übrigen Gerinneabschnitte sind daher alternative ökologische Aufwertungsmassnahmen zu definieren, welche trotz beschränktem Raum eine gewisse Wirkung erzielen.
Zweck	Mit lokalen Instream-Massnahmen wird das Abflussgerinne strukturiert, um primär die Fischhabitate zu fördern. Dazu werden Holz oder Blocksteine eingebaut, welche vielfältige Strömungsverhältnisse ergeben und Unterstände für die Fische ermöglichen.
Beurteilung	Die im Rahmen dieses Teilprojekts gemachten Abklärungen zeigen, dass der Bau von Instream-Massnahmen am Alpenrhein sehr anspruchsvoll ist (Hunziker, Zarn & Partner AG, Juni 2020). Neben der hydraulischen Belastung sind die alternierenden Kiesbänke und Kolke zu beachten. Diese verändern sich laufend und können die Instream-Massnahmen zerstören (überdecken). Stabile Instream-Massnahmen können aber auch dazu führen, dass alternierende Bänke stabilisiert werden, was dazu führt, dass diese einwachsen.
Koordination	Im Rahmen des Projektes «Rhesi» wird die Machbarkeit von Instream-Massnahmen ebenfalls diskutiert. Eine projektübergreifende Koordination dieser Thematik ist geplant.

6.4 Kosten

Aufweitung	Die Gesamtkosten einer Aufweitung «Schaan, Buchs & Eschen» werden auf rund CHF 25 Mio. (+/- 25 %) geschätzt. Nicht enthalten in diesen Kosten sind die Aufwendungen für die Verlegung von Infrastrukturanlagen und Werkleitungen.
Instream-Massnahmen	Keine Angaben können derzeit zu den Kosten von Instream-Massnahmen gemacht werden.

7 Ergebnisse Prüfung Rechtsrahmen

7.1 Staatsverträge

Staatsverträge FL-SG

Als erster Staatsvertrag zwischen dem Kanton St.Gallen und dem Fürstentum Liechtenstein kann das Wuhrprovisorium von 1837 bezeichnet werden. Mit diesem Vertrag wurde die Basis für partnerschaftliche «Uferbauten am Rhein längs der ganzen beidseitigen Gränze» gelegt. Im Jahr 1848 haben die beiden Staatsgebilde einen Folgevertrag über die Ufer- und Wuhrlinien, die längs der beiderseitigen Rheingrenze einzuhalten sind, abgeschlossen. Darin wurde u.a. festgelegt, dass das Eigentum der Schweizer Gemeinden an den Wuhrlinien endet, die Landesgrenze in der Mitte der Wuhrlinien verläuft und die Breite des Flussbettes 120 Meter beträgt.

Mit den beiden Verträgen von 1837 und 1848 wurden ein Doppelwuhrsystem mit Mittelgerinne, überströmbare Innenwuhren und durch Binnendämme abgeschlossene Vorländer eingeführt. Damit hatte man eine einheitliche Regelung geschaffen. Im Verlaufe der Bauarbeiten wurde von diesem vereinbarten Doppelwuhrsystem Abstand genommen. Der Verlauf des Rheins wurde aber trotzdem mit den Verträgen von 1837 und 1848 definitiv festgeschrieben.

Die bestehenden Wuhrverträge beinhalten weder für die Dammsanierungen noch für die Flussaufweitungen konkrete Rahmenbedingungen. Das Ziel der zwischenstaatlichen Verträge ist die Verständigung, wie man gemeinsam den Gefahren des Rheins begegnen kann. Die im Projekt «Ertüchtigung Rheindämme» vorgesehenen Dammsanierungen und Flussaufweitungen dienen genau diesem Ziel. Somit spricht aus Sicht dieser Verträge nichts gegen das Vorhaben.

Einschätzung

Die St.Galler und die Liechtensteiner Behörden sind sich einig, dass es für die gegenständlichen Projektvorhaben keinen neuen Staatsvertrag braucht, sondern dass nationale Projekte auf Grundlage der vorliegenden Strategie (bzw. der in diesem Zusammenhang erarbeiteten Grundlagen) selbständig angegangen werden können. St.Gallen und Liechtenstein werden einander dabei fortlaufend über die geplanten Sofortmassnahmen informieren. Im Gegensatz dazu sollen Flussaufweitungen gemeinsam erarbeitet werden, da diese zwangsläufig Auswirkungen auf beide Uferbereiche haben werden und daher ein koordiniertes UVP-Verfahren notwendig sein wird.

Vergleich mit Projekt «Rhesi»

Die Ausgangslage beim Projekt «Rhesi» in Bezug auf die Staatsverträge ist nicht vergleichbar. Das Projekt «Rhesi» ist ein Ausbauprojekt, bei dem der im Staatsvertrag vereinbarte Bemessungsabfluss erhöht wird.

Für die Gewährleistung des Hochwasserschutzes des Rheins von der Illmündung bis zum Bodensee wurden zwischen der Schweiz und der Republik Österreich in den Jahren 1892, 1924 und 1954 insgesamt drei Staatsverträge abgeschlossen. Als Basis für die Realisierung des aktuellen Projekts wird nun ein vierter Staatsvertrag ausgearbeitet. Für die Ertüchtigung der Rheindämme gibt es hingegen keinen Anlass, einen neuen Staatsvertrag abzuschliessen, da sich die im Gesamtprojekt vorgesehenen Massnahmen im Rahmen der aktuellen Staatsverträge bewegen.

7.2 Zuständigkeiten und Grundsätze der Gesetzgebungen

Übersicht

In Bezug auf die Zuständigkeiten gibt es zwischen dem Fürstentum Liechtenstein und dem Kanton St.Gallen einige Unterschiede. Die sachbezogenen Bestimmungen in der Schweiz bzw. im Kanton St.Gallen und in Liechtenstein sind oft etwas anders formuliert, aber im Wesentlichen miteinander kompatibel. Sinn und Zweck der Vorgaben stimmen weitgehend überein. Was die verfahrensrechtlichen Bestimmungen betrifft, ergeben sich naturgemäss Unterschiede. Sofern nicht grenzüberschreitende Verfahren mit Beteiligung der Behörden und der Öffentlichkeit des jeweils anderen Staates durchzuführen sind (z. Zt. lediglich bei Umweltverträglichkeitsprüfungen), sind die Bewilligungsverfahren in den einzelnen Ländern und Kantonen abzuwickeln.

Zuständigkeiten	<p>Im Fürstentum Liechtenstein haben die jeweilige Rheingemeinde und die Regierung auf Antrag der Rheinkommission über die Errichtung oder Sanierung von Rheinschutzbauten sowie die Ausführung weiterer Massnahmen im Bereich des Rheins zu entscheiden (Art. 6 Abs. 1 Rheingesetz-FL). Im Kanton St.Gallen entscheidet das Baudepartement (Genehmigung) bzw. die Regierung (Finanzierung) über das Vorhaben, nachdem die Standortgemeinden angehört worden sind (Art. 16 und 32 Wasserbaugesetz-SG).</p>
Ökol. Anforderungen	<p>Das Schweizer Bundesgesetz über den Wasserbau (SR 721.100) legt den Zweck und die ökologischen Anforderungen bei Bau und Unterhalt fest, während das kantonale Wasserbaugesetz (sGS 734.1) die wasserbaulichen Massnahmen regelt. Liechtenstein hat kein Wasserbaugesetz, sondern regelt den Hochwasserschutz über das Rheingesetz. Inhaltlich korrespondieren die Bestimmungen insofern, als mit dem Hochwasserschutz das gleiche Ziel verfolgt wird.</p> <p>Das Schweizer Natur- und Heimatschutzgesetz (SR 451) regelt in den zentralen Bestimmungen den Schutz von Tier- und Pflanzenarten, die Biotope von nationaler, regionaler und lokaler Bedeutung, den ökologischen Ausgleich sowie den Schutz der Ufervegetation. Die Formulierung der entsprechenden Bestimmungen des Liechtensteiner Naturschutzgesetzes (LR 451.0) lautet zwar anders, aber die Stossrichtung ist durchaus vergleichbar.</p> <p>Das Schweizer Gewässerschutzgesetz (SR 814.20) enthält Vorgaben über die Gewässerschutzbereiche und Grundwasserschutzzonen, die bei der Projektierung zu berücksichtigen sind. Zudem muss der Gewässerraum grundeigentümerverbindlich festgelegt werden und die Grundwasservorkommen sind zu erhalten. Inhaltlich kennt das Liechtensteiner Gewässerschutzgesetz (LR 814.20) vergleichbare Vorgaben.</p> <p>Das Schweizer Bundesgesetz über die Fischerei (SR 923.0) regelt in den massgebenden Gesetzesartikeln die Massnahmen zum Schutz von Lebensraum und Lebensgemeinschaften. Liechtenstein kennt entsprechende Bestimmungen auch im Fischereigesetz (LR 923.0).</p>
Einschätzung	<p>Diese rechtlichen Rahmenbedingungen sind grundsätzlich sowohl bei den Dammsanierungen wie auch bei den Flussaufweitungen zu beachten.</p>
Umweltverträglichkeitsprüfung	<p>In Bezug auf die Umweltverträglichkeitsprüfung muss hingegen differenziert werden. Vorausgesetzt das Grundwasser wird nicht beeinflusst, können die im Rahmen der Dammsanierungen vorgeschlagenen Massnahmen sowohl in der Schweiz wie auch in Liechtenstein ohne vorgängige Umweltverträglichkeitsprüfung bewilligt werden. Für Flussaufweitungen wird es aber in jedem Fall eine in beiden Staaten koordinierte Umweltverträglichkeitsprüfung brauchen.</p>

8 Strategie «Ertüchtigung Rheindämme»

8.1 Grundsatzentscheid Massnahmenplanung

Vorgabe Der Hochwasserschutz ist in erster Linie durch den Unterhalt der Gewässer sowie durch raumplanerische und organisatorische Massnahmen sicherzustellen. Reicht dies nicht aus, so müssen bauliche Massnahmen getroffen werden.

Umsetzung Am Alpenrhein wurden im Rahmen der Erarbeitung der «Systemsicherheit Alpenrhein» organisatorische Massnahmen diskutiert. Angesichts des aktuellen Bauwerkszustands sowie der Höhe des Schadenpotenzials erwiesen sich diese (alleine) als zu wenig zuverlässig und wirksam. Deshalb stehen entlang dem ganzen Alpenrhein bauliche Konzepte zur Erhöhung der Robustheit und der Überlastfähigkeit des Gesamtsystems im Vordergrund. Es handelt sich hier um einen Grundsatzentscheid, welcher auch beim Projekt «Ertüchtigung Rheindämme» befolgt wird.

8.2 Übergeordnete Koordination

Projektvorgaben Die Strategie «Ertüchtigung Rheindämme» berücksichtigt die übergeordneten Ziele des «Entwicklungskonzepts Alpenrhein» und der «Systemsicherheit Alpenrhein». Mit der Berücksichtigung dieser Ziele wird gewährleistet, dass das Projekt insbesondere auch für die Unterlieger (v. a. Projekt «Rhesi») keine nachteiligen Auswirkungen hat.

Gesetze Die Koordination der Verfahren ist mit den Abklärungen der «Arbeitsgruppe Rechtsrahmen» schon weit fortgeschritten. Die Ausgangslage ist daher soweit bekannt. Für die weiteren Schritte sind die Verfahren auf Grundlage der konkreten Projekte im Detail festzulegen.

8.3 Sicherung des Gewässerraums

Planerische Massnahme Ein wichtiges Postulat ist die Sicherung des Gewässerraums für den Alpenrhein. Dieser sollte behördenverbindlich ausgeschieden werden.

Empfehlung E1 Auf Grundlage der vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) erlassenen Empfehlungen soll der Gewässerraum ausgeschieden und in den jeweiligen Richtplanungen verankert werden.

8.4 Dammsanierungen

Ergebnisse Das Teilprojekt «Sanierungsbaukasten Dämme» bestätigt, dass grössere Dammschnitte bereits bei einem HQ100 eine ungenügende rechnerische Sicherheit aufweisen. Diese Dammschnitte sind in 1. Priorität zu sanieren. Als Basisvarianten werden die Varianten «Auflastfilter» und «Schmaldichtwand» empfohlen.

Gesamtbetrachtung Gefährdung Die entsprechenden Stabilitätsberechnungen umfassen erstmals das Gesamtsystem «Vorgrundsicherung – Böschungssicherung – Dammgeometrie – Dammaufbau». Dabei zeigte sich, dass die Dämme nicht nur hinsichtlich eines Versagens auf der Dammaussenseite gefährdet sind. Vielmehr muss auch auf der Damminnenseite, d. h. wasserseitige Böschung oder Vorgrundsicherung, aufgrund verschiedener Prozesse mit einer Instabilität gerechnet werden.

Sofortmassnahmen Dringend saniert werden müssen die Dämme auf Seite Liechtenstein und auf Seite St.Gallen auf einer Strecke von je rund 5 Kilometern (Abschnitte mit Priorität 1).

Empfehlung E2 Die Dammschnitte mit der Priorität 1 sind im Sinne von baulichen Sofortmassnahmen baldmöglichst zu sanieren (Schiene «Dammsanierung»). Dabei sind in einem nächsten Schritt innerhalb der Priorität 1 Baulose in Abstimmung mit den geplanten Interventionspisten (Seite St.Gallen) und weiteren laufenden Projekten (v. a. Seite Liechtenstein mit Verbindungsstrasse Vaduz – Triesen) festzulegen.

Empfehlung E3 Um ein komplettes Bild der Dammszustände und deren Gefährdung zu erhalten, müssen die Gefährdungsklassen alle wichtigen Einflussfaktoren und relevanten Prozesse umfassen. Dafür sind weitere Abklärungen und Erhebungen wie zusätzliche Sondagen, Erhebung Zustand der Vorgrundsicherung (Blockwurf) und der Böschungsabdeckung (Pflasterung) notwendig. In diesem Zusammenhang soll auch der Einfluss der Sohlenentwicklung auf die Stabilität der Vorgrundsicherung speziell angeschaut werden. Die Ergebnisse sind schliesslich länderübergreifend zu harmonisieren.

8.5 Flussaufweitungen

Ergebnisse Die Abklärungen zeigen, dass eine Flussaufweitung im betrachteten Projektperimeter nur mit einer Geschiebemanagement möglich ist, da anderweitig eine stabile Flusssohle nicht gewährleistet werden kann.

Sohlenauflandung Die Sohlenauflandung ist auf diesem Flussabschnitt aber auch ohne Flussaufweitung ein Thema. Die Studie «Geschiebemanagement» empfiehlt deshalb im Gebiet Eschnerau eine aktive Geschiebemanagement.

Nutzungen Problematisch sind die Nutzungen (Infrastrukturbauten, Werkleitungen) innerhalb der ehemaligen Flussschlaufe, v. a. auf Seite St.Gallen. Auch wenn die Nutzer grundsätzlich keinen raumplanerischen Anspruch geltend machen können, bestehen doch in den meisten Fällen Verträge. Eine Verlegung der Nutzungen aus dem Gewässerraum ist die Voraussetzung für eine ökologische Aufwertung des Raums.

Weitere Aufweitungen Das «Entwicklungskonzept Alpenrhein» weist neben der betrachteten Aufweitung «Schaan, Buchs & Eschen» auch die Aufweitungen «Sevelen-Vaduz», «Saarmündung», «Sargans» und «Bangs» auf (wobei die beiden letztgenannten nur noch zum Teil im Projektperimeter liegen). Es kann davon ausgegangen werden, dass für diese Aufweitungen grundsätzlich dieselben morphologischen Randbedingungen und dieselben Einschränkungen gelten.

Empfehlung E4 Die Flussaufweitung «Schaan, Buchs & Eschen» soll mit der Planung eines Vorprojekts (mit UVP-Voruntersuchung) konkretisiert werden. Dabei soll auch die Option einer einseitigen Aufweitung geprüft werden. Zudem sind die Nutzungen im Projektperimeter frühzeitig und systematisch zu regeln.

Empfehlung E5 Für die im «Entwicklungskonzept Alpenrhein» aufgeführte Flussaufweitung «Sevelen/Vaduz» wird eine analoge Prüfung der Machbarkeit empfohlen, wie sie für die Aufweitung «Schaan, Buchs & Eschen» gemacht wurde.

8.6 Ökologische Aufwertungen im Gerinne

Ergebnisse Mit Instream-Massnahmen können die Strömungsverhältnisse lokal beeinflusst und je nach Bautyp auch Deckungsmöglichkeiten für Fische geschaffen werden. Der Bau von solchen Massnahmen ist am Alpenrhein jedoch sehr anspruchsvoll. Die offenen Fragen können nur begrenzt mit rechnerischen Ansätzen geklärt werden. Auch gibt es bis jetzt keine praktischen Erfahrungen mit Einbauten im Gerinne. Mit analogen Fragestellungen beschäftigt sich derzeit ebenfalls das Projekt «Rhesi».

Empfehlung E6 Damit das Verhalten von Instream-Massnahmen beurteilt werden kann, wird der Bau von Versuchsstrecken mit verschiedenen Bautypen empfohlen. Diese Versuchsstrecken sollen vorgezogen realisiert und anschliessend über einen längeren Zeitraum beobachtet werden. Bei der Projektierung sollen die beim Projekt «Rhesi» gemachten Überlegungen mitberücksichtigt werden.

Anhang 1

Übersicht Empfehlungen

E1	Ausscheidung Gewässerraum Ausscheidung des Gewässerraums gemäss den vom BAFU erlassenen Empfehlungen.	ab 2021
E2	Sofortmassnahmen Dämme Konkretisierung der Sanierungsabschnitte unter Berücksichtigung weiterer Aspekte (wie Kontroll- und Interventionspisten und Projekte Dritter) auf Stufe Bau- und Auflageprojekte und je Los.	ab Herbst 2020
E3	Grundlagenvertiefung Gefährdung Dämme Weitere Abklärungen für abschliessende Beurteilung der Dammsicherheiten (v. a. Damminnenseite mit Vorgrundsicherung und Pflästerung) mit zusätzlicher Beurteilung des Einflusses der Sohlenentwicklung auf die Vorgrundsicherung und abschliessender länderübergreifender Harmonisierung.	2020 – 2021
E4	Vorprojekt Flussaufweitung «Schaan, Buchs & Eschen» Konkretisierung der Flussaufweitung im Rahmen eines Vorprojekts; inkl. Option einer einseitigen Aufweitung; inkl. frühzeitige Regelung der Nutzungen im Projektperimeter.	ab 2021
E5	Klärung Machbarkeit Flussaufweitung «Sevelen/Vaduz» Analoge Klärung der technischen und organisatorischen Machbarkeit wie bei der Flussaufweitung «Schaan, Buchs & Eschen».	ab 2022
E6	Versuchsstrecken Instream-Massnahmen Planung und Realisierung von Versuchsstrecken verschiedener Instream-Massnahmen; in Koordination mit Projekt «Rhesi», inkl. Beobachtung.	ab 2021

Anhang 2

Massgebende Berichte und Dokumente Vorplanung

(zitiert nach Auftraggeber)

- A01 IRKA & IRR, Entwicklungskonzept Alpenrhein, Dezember 2005
- A02 IRKA, Projektstudie zur Systemsicherheit am Hochwasserschutz des Alpenrheins, Synthesenbericht zuhanden IRKA, März 2019
- A03 IRKA, Feststofftransportmodell Alpenrhein, Projekt Nr. A-814, Entwurf November 2016
- A04 Amt für Bevölkerungsschutz Fürstentum Liechtenstein & Rheinunternehmen, Entwicklung eines Geschiebemanagementskonzepts zur Stabilisierung der Rheinsohle, in Bearbeitung
- A05 Tiefbauamt des Fürstentums Liechtenstein & Rheinunternehmen St.Gallen, Stabilität Rheindamm – Gesamtbeurteilung km 34,0 – 61,5, Mai 2007

Berichte und Dokumente Projektphase 1

(zitiert nach Auftragnehmer)

- B01 IUB Engineering AG, Sanierungsbaukasten Dämme, Rhein km 34,4 – 60,8, Vereinbarung der Projektziele, 6. Januar 2020
- B02 IUB Engineering AG, Sanierungsbaukasten Dämme, Rhein km 34,4 – 60,8, Projektdossier, 3. Juni 2020
- B03 P. Meier & Partner AG, Projekt «Sanierungsbaukasten Dämme» | Rhein km 34,4 – 60,8, Vorgehen Bereinigung Gefährdung, Papier, 24. März 2020
- B04 Hunziker, Zarn & Partner AG, Aufweitung Alpenrhein Schaan, Buchs & Eschen, Konzeptstudie, 1. April 2020
- B05 TK Consult AG, Aufweitung Alpenrhein Schaan, Buchs & Eschen, Grundwassermodellierung, 4. Mai 2020
- B06 Renat GmbH, Rheinaufweitung Abschnitt Schaan-Buchs-Eschen, Machbarkeitsabklärung, Bericht, 25. Juni 2019
- B07 Hydra AG, Instream-Massnahmen am Alpenrhein, Möglichkeiten zur gewässerökologischen Optimierung, Bericht, Januar 2020
- B08 Hunziker, Zarn & Partner AG, Instream-Massnahmen am Alpenrhein, Stellungnahme zum Vorschlag Hydra AG, Papier, 4. Juni 2020
- B09 Arbeitsgruppe FL-SG, Arbeitspapier «Rechtsrahmen», Juni 2020

Anhang 3

Abkürzungen

BAFU	Bundesamt für Umwelt
EHQ	Extremes Hochwasserereignis mit einer Jährlichkeit von grösser als 300 Jahren. Beim Alpenrhein wird unterschieden in EHQ _A (Hydrologie Alpenrhein, IRKA 2000; «äusserst seltenes Ereignis mit einer Wiederkehrperiode von 300 – 1000 Jahren») und EHQ _B (Vertiefung Notentlastung Alpenrhein, IRKA 2009; «äusserst seltenes Ereignis mit einer Wiederkehrperiode von > 1000 Jahren»).
EKA	Entwicklungskonzept Alpenrhein
HQ300	300-jährliches Hochwasser
IRKA	Internationale Regierungskommission Alpenrhein
IRR	Internationale Rheinregulierung
SUP	Strategische Umweltverträglichkeitsprüfung (FL)
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung mit Voruntersuchung und Hauptuntersuchung (CH)

Fachbegriffe

Abflusskapazität	Maximale Wassermenge, welche durch das Gerinne (Rhein) abfliessen kann.
Bemessungsabfluss	Wassermenge, welche für die Auslegung des Gerinnes angewendet wird (Alpenrhein FL-SG: HQ300).
Berme	Absatz in der Dammböschung (horizontal oder schräg).
Blockrampe	Fixpunkt im Fluss aus Blöcken, damit sich die Sohle flussaufwärts nicht weiter eintieft.
Böschungsabdeckung	Pflasterung aus Steinen zur Sicherung der Böschung vor Erosion.
Dammabrückung	Abtrag des bestehenden Hochwasserschutzdammes und Wiederaufbau weiter weg vom Gewässer. Zwischen dem Gerinne und dem neuen Damm entsteht so eine Überflutungsfläche oder eine Flussaufweitung.
Flussaufweitung	Revitalisierung eines eingeeengten Flusses, damit sich ein dynamisches, möglichst verzweigtes Gerinne entwickeln kann (auch Aufweitung oder Rheinaufweitung).
Freibord	Senkrechter Abstand zwischen gerechnetem Wasserspiegel und Oberkante eines Ufers (Alpenrhein: Dammkrone) als zusätzliche Sicherheit gegen Überströmen. Das Freibord berücksichtigt die Unschärfen der Berechnung des Wasserspiegels sowie Prozesse wie Wellenbildung, Staudruck an Hindernissen und Transport von Treibgut.
Geschiebe	Steine, Kies und Sand, welche vom Fluss talwärts transportiert und dabei verkleinert werden.
Geschiebebewirtschaftungsstrecke	Flussabschnitt, welcher räumlich so eingerichtet wird, dass Geschiebe entnommen oder hinzugegeben werden kann.
Hydr. Grundbruch	Plötzliche Bodenbewegung auf der Luftseite des Dammes durch stark strömendes Grund- oder Sickerwasser.
Instream-Massnahme	Ökologische Massnahme innerhalb des Gerinnes, vor allem zur Verbesserung des aquatischen Lebensraums (alternative Bezeichnung für «Instream-River-Training»).
Kiesbank	Ablagerung von Geschiebe im Flussbett, vielfach alternierend.
Kolk	Durch die Wasserströmung (Strudel) entstandene grosse, lokale Eintiefung im Flussbett oder bei einem Bauwerk.

Flussmorphologie	Gestaltungsvorgänge des Flusses (Bankbildung, verzweigtes Gerinne).
Überlastfall	Bei der Überschreitung des Bemessungsabflusses tritt der Überlastfall ein. Das System ist dabei so auszulegen, dass die Überlastung nicht zu einem sprunghaften Anstieg des Schadenpotenzials führt.
Schadenpotenzial	Schaden, der an Personen, an Sachwerten und an der Landschaft eintreten kann (d. h. Verlust aller in einem betroffenen Gebiet vorhandenen Werte).
Schmaldichtwand	Dichtende Wand aus Tonmineralien, damit das Wasser nicht durch den Hochwasserschutzdamm sickern kann.
Sohlenabsenkung	Abtiefung der Sohle infolge Geschiebedefizit (führt zu einer Unterkolkung der Vorgrundsicherung).
Sohlenauflandung	Erhöhung der Sohle durch Geschiebeablagerungen (führt zu einer Verringerung der Abflusskapazität).
Vorgrundsicherung	Blockwurf zur Sicherung des Ufers beim Übergang vom Wasser zum Land.
Wuhr	Alter Begriff für Ufersicherung oder allenfalls eines Dammes (beim Rhein: Vorgrundsicherung).

Anhang 4

Bemessungskonzept Hochwasserschutzdämme

(Auszug aus B01 «Vereinbarung der Projektziele»)

Bemessungssituationen

Bemessungsereignis HQ₃₀₀

- $WSP_{Bel} = WSP_{ref, HQ300} + f_{e300_n\ddot{u}} = WSP_{ref, HQ300} + (f_w^2 + f_v^2)^{0.5}$
- Verkehrslast = 40 t
- Volle Sicherheiten
 - Inkl. "vollem Freibord"
 - Charakt. Berechnung (FEM): $FS_{global} \geq 1.5$ z.B. ermittelt über $\tan(\phi)$ -c Reduktion
 - Bemessungsniveau: $\gamma_{R,Item} \geq 1.2$ Partialfaktoren nach Norm, $\gamma_Q = 1.30$ für Verkehrslast

Überbelastung EHQ A (Überlastfall Stufe 1)

- $WSP_{Bel} = \max(WSP_{ref, EHQA} + f_{eEHQA_ü}, WSP_{ref, EHQB\ entlastet} + f_{eEHQB,entlastet_ü})$
 $= \max(WSP_{ref, EHQA} + f_w, WSP_{ref, EHQB\ entlastet} + f_w)$
- Verkehrslast = 5 t
- Reduzierte Sicherheiten
 - Inkl. f_v aber ohne f_v
 - Charakt. Berechnung (FEM): $FS_{global} \geq 1.3$ z.B. ermittelt über $\tan(\phi)$ -c Reduktion
 - Bemessungsniveau: $\gamma_{R,Item} \geq 1.1$ Partialfaktoren nach Norm, $\gamma_Q = 1.00$ für Verkehrslast

Überbelastung EHQ B (Überlastfall Stufe 2)

- $WSP_{Bel} = WSP_{ref, EHQB\ nicht\ entlastet}$
- Verkehrslast = 5 t
- Reduzierte Sicherheiten
 - Referenzwasserspiegel
 - Charakt. Berechnung (FEM): $FS_{global} \geq 1.2$ z.B. ermittelt über $\tan(\phi)$ -c Reduktion
 - Bemessungsniveau: $\gamma_{R,Item} \geq 1.0$ Partialfaktoren nach Norm, $\gamma_Q = 1.00$ für Verkehrslast

Überbelastung bordvoll (Überlastfall Stufe 3)

- $WSP_{Bel} = \text{Dammkrone}$
- Keine Verkehrslast
- Aussage zur Sicherheit (Reserven) treffen, Versagensgefahr abschätzen

Belastungswasserspiegel

Der Belastungswasserspiegel ist derjenige Wasserstand am Damm, welcher für die Kriterien geotechnische Stabilität, Uferstabilität, Dammüberströmung und Verklausungsgefahr an Brücken zur Anwendung kommt. Er soll die in mit dem erforderlichen Freibord abgedeckten Unsicherheiten und Unschärfen miteinbeziehen. Die Festlegung des erforderlichen Freibords f_e für einen vollständigen Schutz beim Bemessungsabfluss richtet sich nach der Empfehlung der KOHS «Freibord bei Hochwasserschutzprojekten», wobei unterschieden wird zwischen:

- Überströmbare Ufer/Dämme: $f_{e_ü} = f_w$
- Nicht überströmbare Dämmen: $f_{e_n\ddot{u}} = (f_w^2 + f_v^2)^{0.5}$
- Brückenunterseiten: $f_{e_b} = (f_w^2 + f_v^2 + f_r^2)^{0.5}$

Für die Belastungswasserspiegel der verschiedenen Belastungswasserspiegel gilt:

- Bemessungsereignis HQ₃₀₀: $WSP_{Bel} = WSP_{ref, HQ300} + f_{e300_n\ddot{u}}$
- Überlastfall EHQA bzw. EHQB entlastet: $WSP_{Bel} = WSP_{ref, EHQA} + f_{eEHQA_ü}$
- Überprüfung bordvoll¹: $WSP_{Bel} = \text{Dammkrone}$

¹ z.B. bei einem EHQB nach einer allfälligen massiven langfristigen Wiederauflandung der Sohle.