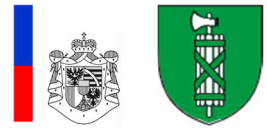


Fürstentum Liechtenstein  
Amt für Bevölkerungsschutz, Vaduz

Kanton St.Gallen  
Rheinunternehmen, Widnau



## Ertüchtigung Rheinbauwerk

FL: Rhein km 34.4 – 60.8

SG: Rhein km 27.0 – 65.0

## Vereinbarung der Projektziele (Nutzungsvereinbarung nach SIA 260)

Basisdokument, Stand 03.09.2021

3. September 2021

**IUB** Engineering

IUB Engineering AG  
Belpstrasse 48  
Postfach  
CH-3000 Bern 14

Bemerkung: Das vorliegende Basisdokument soll als Vorlage für die jeweils spezifischen Nutzungsvereinbarungen in den einzelnen Projektierungsabschnitten dienen. Die grundsätzlichen Nutzungsanforderungen müssen über den Gesamtabschnitt des Rheins einheitlich sein, wobei abschnittspezifische Grundlagen, Randbedingungen und Anforderungen noch zu ergänzen sind. **Letztere sind gelb hinterlegt.**

## Impressum

Auftraggeber	Fürstentum Liechtenstein Amt für Bevölkerungsschutz, 9490 Vaduz  Kanton St.Gallen Rheinunternehmen, 9443 Widnau
Berichtverfasser	M. Jud, Büro Meier und Partner AG, Lachen R. Kolb, Niederer+Pozzi AG, Uznach P. Billeter, IUB Engineering AG, Bern
Hinweis: Der Bericht wurde in enger Zusammenarbeit mit den Rheinbauleitern FL und SG, den Fachexperten Geotechnik (Dr. von Moos AG, Tragweite AG), dem Fachexperten Systemsicherheit (Niederer + Pozzi Umwelt AG) und der Bauherrenunterstützung (P. Meier & Partner AG) verfasst.	
Auftrag	Projekt «Ertüchtigung Rheinbauwerk» FL: Rhein km 34,4 – 60,8 / SG: Rhein km 27 – 65
Verteiler	xx
Version	2.0, Stand 03.09.2021

# Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	<b>3</b>
1.1	Projektumfang und Projektziele	3
1.2	Projektorganisation	3
1.3	Vorplanung und Konzepte	3
1.4	Untersuchungen	4
2	Grundlagen	<b>5</b>
2.1	Projektgrundlagen und Voruntersuchungen	5
2.2	Fachliche Grundlagen	5
2.3	Augenscheine und Besprechungen	5
3	Geltungsbereich und allgemeine Vorgaben	<b>6</b>
3.1	Geltungsbereich	6
3.2	Abgrenzung der zu ertüchtigenden Dämme	6
3.3	Abschnitte ohne Ertüchtigungsmassnahmen	7
3.4	Grundkonzept der Ertüchtigung	7
3.5	Typischer Dammquerschnitt mit Definitionen und Bezeichnungen	8
3.6	Nutzungsdauer	8
3.7	Abstimmung mit dem Entwicklungskonzept Alpenrhein	8
4	Systemsicherheit Alpenrhein	<b>9</b>
4.1	Grundsätze	9
4.2	Hochwasserabflüsse	10
4.3	Massnahmenkonzept Systemsicherheit im Projektabschnitt	10
5	Auslegungsgrundsätze Rheindämme	<b>12</b>
5.1	Bemessungsereignis	12
5.2	Prüfereignisse Überlastfall	12
5.3	Referenzwasserspiegel flussseitig	12
5.4	Wasserspiegel landseitig der Dämme	12
5.5	Freibord	12
5.6	Belastungswasserspiegel	13
5.7	Ufersicherung / Wuhrverbau und morphologische Prozesse	14
6	Vorgaben für die geotechnischen Nachweise	<b>15</b>
6.1	Normen	15
6.2	Lastfälle und Bemessungsgrössen Endzustand	15
6.3	Randbedingungen	19
6.4	Lastfälle und Bemessungsgrössen Bauzustand	19
7	Normenbezogene Bestimmungen	<b>20</b>
7.1	Grundlagen	20
7.2	Einwirkungen	20
7.3	Tragsicherheit	20
7.4	Gebrauchstauglichkeit	20
7.5	Akzeptiere Risiken	20

8	Grundwasser	<b>22</b>
9	Natur und Umwelt	<b>23</b>
9.1	Ausgangslage	23
9.2	Übersicht	23
9.3	Bewuchs und Bestockung	23
10	Drittnutzungen	<b>25</b>
10.1	Ausgangslage	25
10.2	Übersicht	25
10.3	Berücksichtigung	25
11	Bedürfnisse Betrieb und Unterhalt	<b>26</b>
11.1	Zugänglichkeit der Werkanlagen	26
11.2	Dammneigung	26
12	Bedürfnisse Notfallplanung	<b>27</b>
12.1	Erschliessung und Zugänglichkeit	27

Anhang:

- Anhang 1: Abkürzungen/Begriffe
- Anhang 2: xx
- Anhang 3: xx

# 1 Ausgangslage

## 1.1 Projektumfang und Projektziele

**Projektumfang** Das Fürstentum Liechtenstein und der Kanton St. Gallen (Rheinunternehmen) wollen auf der gemeinsamen Rheinstrecke die Hochwasserschutzdämme sanieren. Der Projektperimeter reicht vom Rheinkilometer 34,4 bis zum Rheinkilometer 60,8. Die betrachtete Flusslänge beträgt rund 26 km. In einem separaten Auftrag sollen auch der unmittelbar oberhalb (km 27,0 -34,4) resp. Unterhalb (km 60,8 – 65,0) des Projektperimeters liegenden Dammabschnitte, welche auf Hoheitsgebiet des Kantons St.Gallen liegen beurteilt werden. Es werden die gleichen Projektziele für diese beiden Abschnitte verfolgt.

**Projektziel** Primäres Ziel ist die baldmöglichste Sicherstellung der Dammstabilität und der Uferstabilität. Die Planungsarbeiten haben dabei die bestehenden Vorplanungen bzw. Konzepte zu berücksichtigen und sind über die Landesgrenzen hinweg zu koordinieren.

## 1.2 Projektorganisation

**Koordination FL-SG** Voraussetzung für eine erfolgreiche Planung ist, dass die beiden Bauherrschaften eine gemeinsame Handlungsstrategie haben. Aus diesem Grunde werden die Verfahren im Fürstentum Liechtenstein und im Kanton St. Gallen je für sich und über die Landesgrenzen hinweg festgelegt, die einzelnen Planungen koordiniert (Synergien, soweit sinnvoll) und die Projektannahmen aufeinander abgestimmt.

**Absprache mit AT** Bei der Projektentwicklung sind nach Möglichkeit auch die Anliegen der Republik Österreich zu berücksichtigen.

## 1.3 Vorplanung und Konzepte

**Entwicklungskonzept** Grundlage für die Massnahmenplanung am Alpenrhein ist das «Entwicklungskonzept Alpenrhein» von 2005 [P1]. Das Entwicklungskonzept ist ein verbindliches «Projektleitbild» für den ganzen Alpenrhein zwischen Reichenau und Bodensee und wurde durch die Internationale Regierungskommission Alpenrhein (IRKA) erarbeitet.

**Systemsicherheit** Die im Auftrag der IRKA erarbeitete Studie «Systemsicherheit Alpenrhein» [P2] beurteilt die im Hochwasserschutzsystem des Alpenrheins vorhandenen Restrisiken, untersucht das Verhalten des Hochwasserschutzsystems im Überlastfall und macht Vorschläge für eine möglichst kontrollierte Bewältigung des Überlastfalls bzw. Verringerung der Restrisiken am ganzen Alpenrhein. Das Variantenstudium empfiehlt zwei Bestvarianten zur weiteren Vertiefung.

**Interventionsweg SG** Entlang des linken Damms besteht ein Vorprojekt für einen Interventionsweg am Dammfuss. Auf der rechten Rheinseite (FL) besteht dieser heute schon.

## 1.4 Untersuchungen

### Aktueller Stand

Die umfangreichen Untersuchungen der Geotechniker zeigen, dass einzelne Dammschnitte bei einem HQ300 eine ungenügende Stabilität aufweisen [P4] [P5]. Im Zuge der weiteren Planung werden – dort wo nötig - verschiedene Sanierungsvarianten geprüft und in einem «Sanierungsbaukasten» konkretisiert; immer mit dem Ziel einer schnellstmöglichen Ertüchtigung des Rheinbauwerks.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Projektgrundlagen und Voruntersuchungen

Berichte

- [P1] Internationalen Regierungskommission Alpenrhein (IRKA), Entwicklungskonzept Alpenrhein, 2005
- [P2] Niederer + Pozzi Umwelt AG, Projektstudie zur Systemsicherheit am Hochwasserschutz des Alpenrheins, Synthesebericht zu Handen IRKA, März 2019
- [P3] Internationalen Regierungskommission Alpenrhein (IRKA), Hydrologie Alpenrhein, Gesamtbericht 2000 und zusammenfassender Bericht, 2003
- [P4] Stabilität Rheindamm FL, Einfluss Extrem-Hochwasser, Stabilitätsbeurteilung km 34.4 bis 61.5; Bericht-Nr. 8060.6; 29.04.2011; Dr. von Moos AG / vogt ingenieure
- [P5] Stabilität linker Rheindamm km 23.5 - 65.0, Bad Ragaz bis Rüthi (SG); Bewertung Einfluss Extremhochwasser; Bericht-Nr. 12043.3; noch ausstehend; Dr. von Moos AG

### 2.2 Fachliche Grundlagen

Flussbau

- [F1] Hochwasserschutz an Fliessgewässern, Wegleitungen des BWG (heute: BAFU), Bern, 2001 (Stand 20. November 2006)
- [F2] Empfehlungen Raumplanung und Naturgefahren, BfR, BWG und BUWAL (heute: BAFU), Bern, 2005 (Stand 20. November 2006)
- [F3] Kommission für Hochwasserschutz KOHS des SWV. Empfehlung zum Freibord, 2013.

Geotechnik

- [G1] Normen SIA (260, 261, 261/1, 267, 267/1) und VSS (SN 640 576, SN 640 585b, SN 670 125A mit Vorgaben für Filterkriterien)
- [G2] DWA Merkblatt M 507-1, Deiche an Fliessgewässer

Gewässerraum

- [W1] Leitbild Fliessgewässer Schweiz, BUWAL, 2003
- [W2] Fachspezifische Erläuterungen zur Programmvereinbarung im Bereich Revitalisierungen, Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2016-2019, BAFU, 2015

### 2.3 Augenscheine und Besprechungen

Auftraggeber

- Augenschein Rheinbauwerk FL und SG (22. August 2019)
- Fürstentum Liechtenstein / Kanton St. Gallen; Planersitzung «Sanierungsbaukasten Dämme» vom 05.02.2020; Freigabe des bereinigten Entwurfs der «Vereinbarung der Projektziele»

### 3 Geltungsbereich und allgemeine Vorgaben

#### 3.1 Geltungsbereich

##### Dammertüchtigung

Vorliegende Vereinbarung der Projektziele gilt primär für die Dammertüchtigung im betrachteten Projektperimeter.

Neben den wasserbaulichen und geotechnischen Vorgaben werden Vorgaben gemacht für die Berücksichtigung der weitergehenden Aspekte:

- Grundwasser
- Natur und Umwelt
- Drittnutzungen
- Betrieb und Unterhalt
- Notfallplanung

#### 3.2 Abgrenzung der zu ertüchtigenden Dämme

##### Zu ertüchtigende Dämme

Gegenstand der Ertüchtigung sind Rheindämme mit einem generellen Potential von Instabilitäten, welche schadensverursachende Wasseraustritte zur Folge haben könnten.

Erhöhte Ufer, wo solche Prozesse aufgrund ihrer Geometrie mit genügender Sicherheit ausgeschlossen werden können, oder wo eine Zerstörung kaum Schaden verursachen würde, werden nicht als zu ertüchtigende Dämme betrachtet:

- Dämme, deren Bruch nur eine lokal begrenzte Geländemulde ohne wesentliches Schadenspotenzial betreffen würde.
- Dämme bzw. Flachufer, deren luftseitige Böschung ausgehend ab einer minimal notwendigen Dammkrone<sup>1</sup> nicht steiler als 1:10 ist (siehe folgende Abbildung).

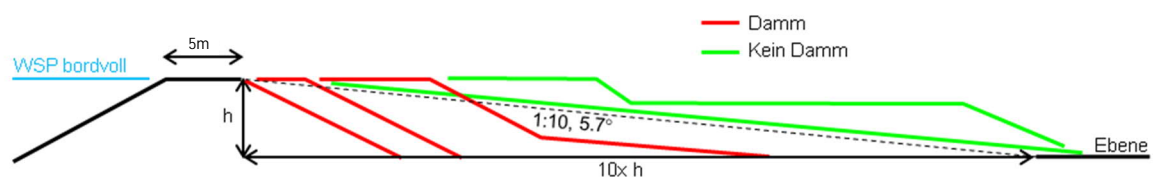


Abbildung 1: Abgrenzung Damm und "Nicht-Damm"

##### «Nicht-Damm»

Bei einer luftseitigen Böschungsneigung von 1:10 oder flacher können geotechnische Instabilitäten praktisch ausgeschlossen werden, sofern der Damm aus dem üblichen Lockergesteinsmaterial aufgebaut ist. Zudem verfügt der Dammquerschnitt über eine genügende Breite, sodass auch ein allfälliger hydraulischer Grundbruch am luftseitigen Dammfuss,

<sup>1</sup> Die Breite der minimal notwendigen Dammkrone beträgt 5 m, gemessen ab der wasserseitigen Böschungsoberkante bzw. der Wasseranschlagslinie bei bordvollem Abfluss.



welcher durch eine stark durchlässige, durchgehende Schicht im Untergrund theoretisch immer noch möglich ist, kaum zu einer Destabilisierung des ganzen Damms führen würde. Auch beim Auftreten von lokalen Ufererosionen ist ein Dammbruch aufgrund der grossen Breite bzw. dem grossen Dammvolumen unwahrscheinlich.

Falls trotz flachem und breitem Querschnitt dennoch ein schadensverursachender Bruch möglich ist, muss das Ufer in jedem Fall als zu ertüchtigender Damm betrachtet werden.

#### Uferlängsverbau

Der Uferlängsverbau und die Sicherung der wasserseitigen Böschung sind relevante Bauteile, die die Sicherheit der gesamten Dammbauten gewährleisten. Entsprechend sind sie in konzeptuelle Betrachtungen und konkrete Projektierungen zu Sicherungsmassnahmen an den Dämmen mit einzubeziehen.

### 3.3 Abschnitte ohne Ertüchtigungsmassnahmen

#### Abschnitte ohne Massnahmen

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie zur Erarbeitung eines Sanierungsbaukastens, d.h. vor der eigentlichen, abschnittswisen Projektausarbeitung (SIA Phasen 31 und folgende) werden auch die Abschnitte identifiziert, in denen keine Ertüchtigungsmassnahmen notwendig sind. In diesen Abschnitten gelten aber bezüglich Zugänglichkeit, Überwachung, Notfallplanung und Intervention die gleichen Anforderungen wie für die zu ertüchtigenden Abschnitte (siehe dazu auch Abschnitt 3.4). D.h. für die linke St.Galler Seite, dass die noch fehlende Interventionspiste am Dammfuss luftseitig in den kommenden Jahren sukzessive erstellt werden soll.

### 3.4 Grundkonzept der Ertüchtigung

#### Grundkonzept

Grundsätzlich muss das sicherheitsrelevante Bauwerk "Hochwasserschutzdamm" für den Unterhalt, die Intervention und die Ertüchtigung immer über einen Zugang längs zum Bauwerk verfügen. Diese Längserschliessung geschieht über den Dammweg auf der Krone, den wasserseitigen Wuhrweg oder die Interventionspiste am luftseitigen Dammfuss (vgl. auch Abschnitt 3.5). Letzterer ist für die Dammsicherheit am Alpenrhein von zentraler Bedeutung. Aufgrund der in den vorangegangenen Abschnitten vorgenommenen Definitionen und Abgrenzungen wird folgendes Grundgerüst für die räumliche Gliederung der Dammabschnitte sowie der Massnahmen und Priorität vorgesehen:

1. Sanierungsabschnitt mit Interventionspiste, priorisiert nach Priorität 1 (hoch) bis Priorität 3 (tief).
2. Sanierungsabschnitt ohne Interventionspiste: Nur zulässig, wenn aufgrund lokaler Begebenheit nicht möglich. An die Dammsicherheit werden erhöhte Anforderungen gestellt.
3. Keine Dammsanierung, mit Interventionspiste: Abschnitte in denen keine Ertüchtigungsmassnahmen vorgesehen sind, sind für die Überwachung, den Unterhalt und die Intervention zwingend mit einer Interventionspiste auszurüsten.
4. Nicht-Damm: Dammabschnitte, die der Definition nach Abschnitt 3.2 genügen.

5. Einzelobjekte wie Brückenanschlüsse, Zufahrten, Rampen, Werkleitungen, Damm-durchdringungen (z.B. ehemalige Kolmatierungsschleusen, Messstationen, Bunkeranlagen) etc., die später in weiteren Projektausarbeitung behandelt werden.

### 3.5 Typischer Dammquerschnitt mit Definitionen und Bezeichnungen

Die Abbildung 2 zeigt einen typischen Dammquerschnitt auf der gemeinsamen Rheinstrecke Liechtenstein – Schweiz. Darin sind die verschiedenen Bereiche und Elemente der Dämme sowie deren Bezeichnungen definiert.

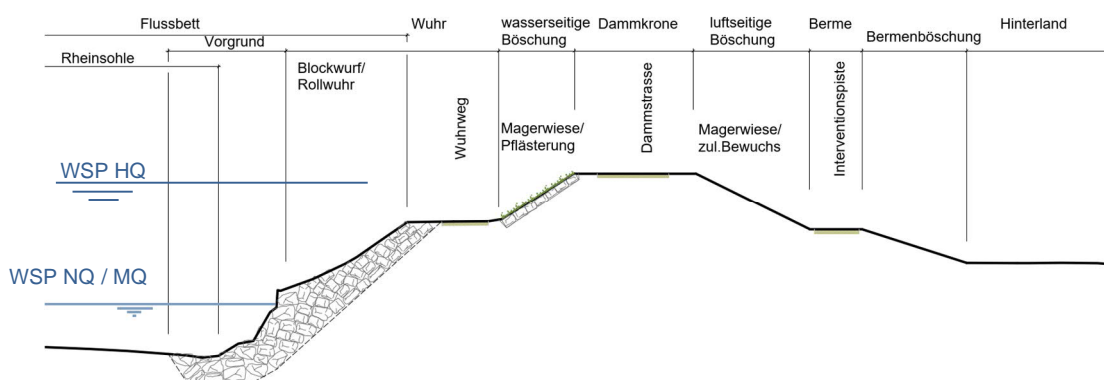


Abbildung 2: Typischer Dammquerschnitt mit Festlegung der Begriffe und Bezeichnungen

### 3.6 Nutzungsdauer

#### Grundsätze

Für Neukonstruktionen und Ertüchtigungen wird bei einem angemessenen Unterhalt die folgende Nutzungsdauer vorgegeben:

- |                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| - Hochwasserschutzdämme:         | 100 Jahre |
| - Stahlbetonbauwerke:            | 80 Jahre  |
| - Dammkrone:                     | 20 Jahre  |
| - Dammwege (Interventionspisten) | 20 Jahre  |
| - Uferverbau / Wuhrrverbau:      | 50 Jahre  |
| - Böschungssicherung:            | 50 Jahre  |

#### Unterhalt

Die geplante Nutzungsdauer wird durch angemessene Erhaltungsmassnahmen gewährleistet. Dazu werden eine systematische Überwachung und ein laufender Unterhalt erforderlich.

### 3.7 Abstimmung mit dem Entwicklungskonzept Alpenrhein

#### Vorgabe

Bei der Planung der Dammsanierungen und –neubauten sind mögliche Massnahmen des «Entwicklungskonzepts Alpenrhein» zu berücksichtigen. Bei einem Konflikt sind die Auswirkungen abzuschätzen.

## 4 Systemsicherheit Alpenrhein

### 4.1 Grundsätze

#### Definition

Das komplexe System des Hochwasserschutzes am Alpenrhein wird Belastungen ausgesetzt und reagiert darauf mit seinen Widerständen. Systemsicherheit bedeutet, dass das System auch bei extremen Belastungen nach Möglichkeit ohne Zusammenbruch und mit einem Minimum an Kontrollverlust funktionieren soll.

#### Eskalation

Die folgende Grafik verdeutlicht die möglichen Wege einer Eskalation in einem Hochwasserschutzsystem; bei von links nach rechts zunehmender Belastung des Systems.

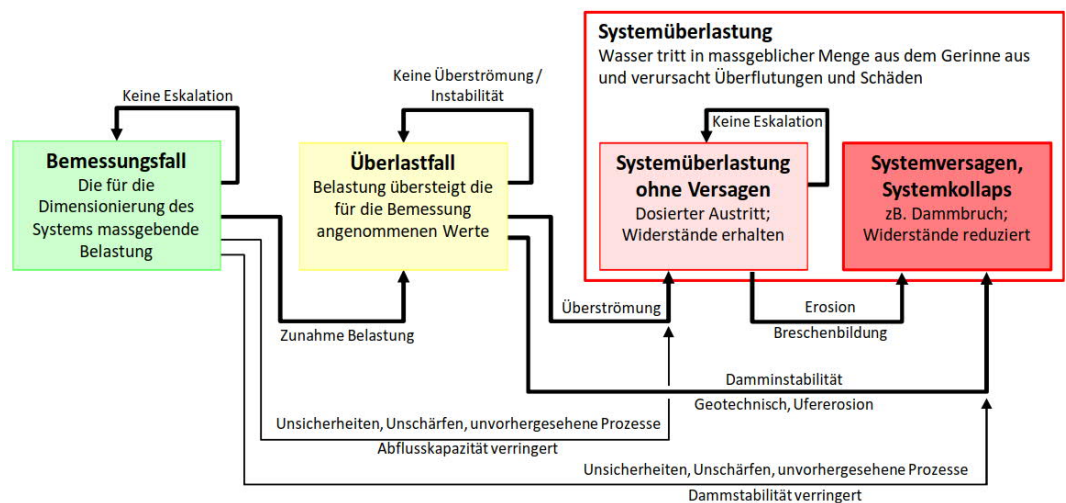


Abbildung 3: Mögliche Eskalation in einem Hochwasserschutzsystem bei zunehmender Belastung [P2]

Das Ziel ist, ein Systemversagen bzw. ein Systemkollaps zu verhindern (dunkelrotes Feld rechts). Typisches Beispiel eines Systemkollapses ist ein unkontrollierbarer Dammbruch, wie er sich z.B. 1927 in FL-Schaan ereignet hat.

#### Prozesse

Ein Dammversagen kann durch primär folgende Versagensmechanismen verursacht werden (Aufzählungen nicht abschliessend):

- Geotechnische Instabilitäten
- Ufererosion
- Überströmung eines nicht überströmsicheren Damms
- Durchsickerung mit innerer Erosion

Diese Mechanismen können wiederum durch Einwirkungen und Prozesse ausgelöst werden, wie z.B.

- Hydrologisches Extremereignis
- Abflussbehinderung durch Vegetation
- Verklausungen
- Brückeneinsturz und Versagen von Dammdurchdringungen

- Sohlenufahrungen
- Sohlenerosionen und Kolke
- Lokale Schwächungen des Dammkörpers z. B. durch Wühltiere, Windwurf etc.
- Auflasten (Verkehr, Interventionsfahrzeuge, Materialien, Schnee etc.)
- Erdbeben

4.2 Hochwasserabflüsse

Spitzenabflüsse

Für den Projektabschnitt gelten die Hochwasserspitzen des mittleren Sektors Landquart-Ilmmündung, welche im Rahmen der IRKA-Hydrologiestudie von 2000/2003 [P3] wie folgt ermittelt wurden:

Pegel	HQ <sub>HW 1987</sub> [m³/s]	HQ <sub>30</sub> [m³/s]	HQ <sub>100</sub> [m³/s]	HQ <sub>300</sub> [m³/s]	EHQ <sub>A</sub> [m³/s]	EHQ <sub>B</sub> [m³/s]
Domat/Ems	1'950	1'850	2'250	2'625	3'200	3'500
<b>Bad Ragaz</b>	<b>2'300</b>	<b>1'950</b>	<b>2'550</b>	<b>3'350</b>	<b>4'400</b>	<b>5'250</b>
Diepoldsau	2'650	2'450	3'050	4'300	5'800	6'500

Abbildung 4: Hochwasserspitzen des Alpenrheins im mittleren Sektor (rote Zeile)

Gemäss dem Vorschlag der Studie Systemsicherheit [P2] werden für das Extremereignis zwei Werte ausgewiesen:

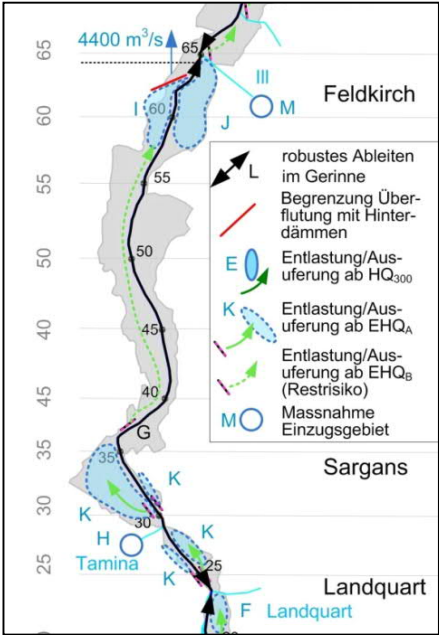
- EHQ<sub>A</sub> mit Jährlichkeit rund 300-1'000
- EHQ<sub>B</sub> mit Jährlichkeit ≥1'000

4.3 Massnahmenkonzept Systemsicherheit im Projektabschnitt

Vorgeschlagene Massnahmen

Die Studie Systemsicherheit schlägt innerhalb des mittleren Sektors (Landquart-Ilmmündung) die folgenden Massnahmenelemente G – K vor und empfiehlt, diese in Folgeprojekten weiter zu prüfen bzw. zu konkretisieren:

Mittlerer Sektor		
G	Robustes Ableiten im Gerinne	EHQ <sub>A</sub>
H	Ausnutzung Rückhalt Speicherseen Einzugsgebiet Tamina	ja
Entlastung und Rückhalt		
J	- Notentlastungsraum Ruggell – Bangs, ab:	EHQ <sub>A</sub>
Dosierte Ausuferung in bestehende Überflutungsgebiete, ab:		
I	- Notentlastungsraum Sennwald, ab:	EHQ <sub>A</sub>
K	- Bei Maienfeld, Bad Ragaz, Sargans, Fläsch; ab:	EHQ <sub>A</sub>



Im betrachteten Projektabschnitt unterhalb der Ellhornschwelle wird bei beiden Varianten vorgeschlagen, den im Gerinne verbleibende EHQ-Abfluss mit möglichst geringem Restrisiko eines Dammbbruchs durchzuleiten («robustes Abführen im Gerinne»; Element G), wobei die heute sehr grosse Abflusskapazität des Gerinnes unterhalb der Ellhornschwelle ohne wesentliche Anpassung der heutigen Dammhöhen ausgenutzt wird. Dies bedeutet:

- Vollständiger Schutz bis Schutzziel/Bemessungsabfluss: ein Bemessungsereignis<sup>2</sup> ist mit Sicherheit vollständig und schadlos abzuleiten (volle Sicherheit)
- Ein Überlastfall >> Bemessungsereignis ist mit einem Maximum an Kontrolle und mit vertretbar kleinem Restrisiko<sup>3</sup> abzuleiten
- Die Versagensgefahr bei bordvollem Abfluss soll abgeschätzt werden.

Im Abschnitt Reichenau bis zur Ellhornschwelle (Element K und Bündner Abschnitt) sowie bei den Mündungen des Spirsbachs und des Werdenberger Binnenkanals (Elemente I und J) werden für höchste EHQ-Abflüsse dosierte Ausuferungen weiterhin zugelassen und damit ein Dämpfungs- und Begrenzungseffekt auf den EHQ-Eintrag in die Internationale Rheinstrecke erreicht. Diese Ausuferungen betreffen Gebiete, welche im heutigen Zustand bei EHQ ohnehin mit hoher Wahrscheinlichkeit überflutet oder sogar von Dammbbrüchen betroffen sind.

---

<sup>2</sup> Im gegenständlichen Abschnitt in der Regel HQ<sub>300</sub>, siehe Kap. 5.1

<sup>3</sup> Das vertretbare Restrisiko kann im weiteren Sinne mit dem "begrenzten Schutz" gemäss Schutzzielmatrix (z.B. in Wegleitung BAFU "Hochwasserschutz an Fliessgewässern" 2001) verglichen werden. Sie bezieht sich hier aber konkret auf die Versagenswahrscheinlichkeit der Hochwasserdämme bzw. Ufersicherungen.

## 5 Auslegungsgrundsätze Rheindämme

### 5.1 Bemessungsereignis

HQ300

Das Bemessungsereignis im Projektabschnitt ist das HQ<sub>300</sub> für beide Uferseiten. Für dieses Ereignis ist ein vollständiger Hochwasserschutz gemäss Kap. 4.3 zu gewährleisten.

### 5.2 Prüfergebnisse Überlastfall

Überlastfall

Der hydrologische Überlastfall Innerhalb des Projektperimeters berücksichtigt eine Eskalation von Extremereignissen in folgenden drei Stufen:

- EHQ<sub>A</sub> bzw. EHQ<sub>B</sub> entlastet<sup>4</sup> (der höhere Abfluss entscheidet), bei dem eine Restsicherheit bezüglich Versagens gefordert wird.
- EHQ<sub>B</sub> nicht entlastet: dito
- Bordvoller Abfluss ( $> > \text{EHQ}_B$  ab der Ellhornschwelle), für den keine Vorgabe bezüglich Restsicherheit mehr besteht, aber die Versagensgefahr dennoch abgeschätzt werden soll

### 5.3 Referenzwasserspiegel flussseitig

Referenz-WSP

Der Referenzwasserspiegel ist diejenige Wasserspiegellage, welche beim entsprechenden hydrologischen Szenario wahrscheinlich ist. Er wird mit den hydraulischen Modellen unter möglichst plausiblen und wahrscheinlichen Annahmen z.B. bezüglich Sohlenlage, Rauigkeit und Vegetation berechnet.

### 5.4 Wasserspiegel landseitig der Dämme

WSP landseitig

Der für die geotechnische Auslegung massgebliche Wasser- bzw. Grundwasserspiegel ist situativ festzulegen. Im Grundsatz wird der Wasserspiegel auf Höhe des landseitigen Terrains angesetzt.

### 5.5 Freibord

f<sub>e</sub> nach KOHS

Die Festlegung des erforderlichen Freibords f<sub>e</sub> für einen vollständigen Schutz beim Bemessungsabfluss richtet sich nach der Empfehlung der KOHS «Freibord bei Hochwasserschutzprojekten» [F3], wobei unterschieden wird zwischen:

- Überströmbare Ufer/Dämme:  $f_{e\_ü} = f_w$
- Nicht überströmbare Dämmen:  $f_{e\_nü} = (f_w^2 + f_v^2)^{0.5}$
- Brückenunterseiten:  $f_{e\_b} = (f_w^2 + f_v^2 + f_t^2)^{0.5}$

Dabei bezeichnet f<sub>w</sub> das Freibord aufgrund von Unschärfen in der Bestimmung der Wasserspiegellage, f<sub>v</sub> das Freibord aufgrund von Wellenbildung und Rückstau an Hindernissen (kinetische Energiehöhe der Strömung) sowie f<sub>t</sub> das Freibord aufgrund von zusätzlich benötigtem Abflussquerschnitt unter Brücken.

<sup>4</sup> Spitzenabfluss EHQ<sub>B</sub>, der durch die oberhalb liegenden Ausuferungen gedämpft wird.

Überströmbare Dämme sind so auszubilden, dass sie bis zur massgeblichen Überströmhöhe erosionssicher ausgebildet sind. Solche Dämme gelten als überströmsicher.

Neben den Standard-Fehlern  $\sigma_{wz}$  und  $\sigma_{wh}$  müssen bei Bedarf noch weitere Unsicherheitsfaktoren berücksichtigt werden, wie z.B. erhöhte Sohlenlage infolge erhöhtem Geschiebeintrag oder Einengungen durch Vegetation.

Je nach hydrologischem Szenario resultieren verschiedene Unschärfen, verschiedene Fliessgeschwindigkeiten und somit auch verschiedene erforderliche Freiborde. Letztere sind daher für die Abflüsse des Überlastfalls generell höher als für das Bemessungsereignis.

## 5.6 Belastungswasserspiegel

Belastungs-WSP

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. Für das erforderliche Freibord werden je nach Kriterium verschiedene Teilfreiborde berücksichtigt:

a) Für den vollständigen Schutz bis zum Bemessungsabfluss,  $WSP_{Ref} = WSP(HQ_{300})$ :

- Geotechnische Stabilität:  $WSP_{bel} = WSP_{Ref} + f_{e\_n\ddot{u}}$
- Uferstabilität:  $WSP_{bel} = WSP_{Ref} + f_{e\_n\ddot{u}}$
- Dammhöhe bzw. Abflusskapazität:
  - für nicht überströmbare Dämme:  $WSP_{bel} = WSP_{Ref} + f_{e\_n\ddot{u}}$
  - für überströmbare Dämme:  $WSP_{bel} = WSP_{Ref} + f_{e\_ü}$
- Verklausungsgefahr an Brückenunterseiten:  $WSP_{bel} = WSP_{Ref} + f_{e\_b}$

b) Für die Prüfereignisse Überlastfall Stufe 1 und 2,  $WSP_{Ref} = WSP(EHQ_A \text{ bzw. } EQ_{B, \text{entlastet}})$ :

- Geotechnische Stabilität:  $WSP_{bel} = WSP_{Ref} + f_{e\_ü}$
- Uferstabilität:  $WSP_{bel} = WSP_{Ref} + f_{e\_ü}$
- Dammhöhe bzw. Abflusskapazität:
  - für nicht überströmbare Dämme:  $WSP_{bel} = WSP_{Ref} + f_{e\_ü}$
  - für überströmbare Dämme:  $WSP_{bel} = WSP_{Ref}$
- Verklausungsgefahr an Brückenunterseiten:  $WSP_{bel} = WSP_{Ref} + f_{e\_b}^5$

b) Für die Prüfereignisse Überlastfall Stufe 3,  $WSP_{Ref} = WSP_{bordvoll}$ :

- Geotechnischer Nachweis bordvoll:  $WSP_{bel} = \text{Dammkrone}$

<sup>5</sup> Im Überlastfall:  $f_{e\_b} = (f_w^2 + f_t^2)^{0.5}$

Bei den Kriterien geotechnische Stabilität und Uferstabilität wird beim Bemessungsabfluss das dynamischen Teilfreibords  $f_r$  ebenfalls berücksichtigt und  $f_{\text{dyn}}$  verwendet, da bei konservativer Betrachtung eine Wellenbildung oder ein kinetischer Aufstau zu einer Wasserspiegelerhöhung führen können, die nicht nur zu einer kurzfristigen und lokalen geotechnischen Belastung des Dammkörpers oder des Uferverbau führt und somit bemessungsrelevant sein kann.

#### 5.7 Ufersicherung / Wuhverbau und morphologische Prozesse

##### Ufersicherung

Die Ufer des Alpenrheins sind unterhalb des Wuhwegs mit einem schweren, aber relativ steilen Blockwurf bis in den Vorgrund hinein verbaut (sogenanntes Rollwuh). Die Integrität dieses Uferschutzes ist für die Sicherheit der Hochwasserschutzdämme entlang des Alpenrheins von zentraler Bedeutung. Es ist deshalb nachzuweisen, dass der Uferverbau intakt bleibt, auch wenn morphologische Prozesse, namentlich Sohleintiefungen und Kolke, die lokale Sohlenhöhe verändern. Die Stabilität des Uferverbau ist mit den üblichen Verfahren nachzuweisen (Stevens & Simons oder Ishbash). Dabei ist ein Sicherheitsfaktor von mindestens 1.2 anzusetzen und die mittlere Geschwindigkeit ist zur Abdeckung von lokalen Geschwindigkeitszunahmen um mindestens 10 % zu erhöhen.



## 6 Vorgaben für die geotechnischen Nachweise

### 6.1 Normen

Ausgabe

Die geotechnischen Nachweise und Berechnungen der Dämme erfolgen grundsätzlich nach SIA Normen 260 (2013), 261 (2020) und SIA 267/267-1 (2013) [G1].

### 6.2 Lastfälle und Bemessungsgrössen Endzustand

Hochwasser

Hochwasser (Einwirkung hydrostatischer Wasserdruck und Durchsickerung) mit folgenden Belastungswasserspiegeln  $WSP_{bel}$  (siehe Abschnitt 5.5):

- Bemessungsereignis  $HQ_{300}$  :  $WSP_{bel} = WSP_{300} + f_{e300-n\ddot{u}}$
- Überlastfall  $EHQ_A$  bzw.  $EHQ_B$  entlastet:  $WSP_{bel} = WSP_{EHQ} + f_{eEHQ-\ddot{u}}$  ;
- Überprüfung bordvoll<sup>6</sup>:  $WSP_{bel} = \text{Dammkrone}$ ;

Verkehrslasten

Verkehrslasten:

Bei einem Ereignis muss mit geeignetem Gerät an den Dämmen gearbeitet werden können. Die Einwirkungen entstehen aus den Geräten, die diese Anforderungen erfüllen. Für die Dammstabilität ist ein grossräumiger Bruch bis in den Dammfussbereich massgebend. Ein solcher kann sich nur bei einer Belastung über eine ausgedehnte Länge (ca. Böschungslänge) einstellen. Für die Arbeitssicherheit wird ein lokaler (kleinerer) Bruch massgebend, welcher für das Dammversagen eine untergeordnete Relevanz hat und die Lasten aus Arbeitssicherheitsgründen über einen sauberen Strassenkoffer verteilt werden müssen.

- Bemessungsfall: Einwirkung Verkehrslast: 40 t auf einer Fläche von  $10 \times 1.5$  m
- Überlastfall: Einwirkung Verkehrslast: Kleinfahrzeuge 5 t auf einer Fläche  $2.5 \times 4$  m

Erhöhte Sicherheiten

Für die folgenden Abschnitte gemäss dem Grundkonzept nach Abschnitt 3.4 gelten erhöhte Sicherheitsanforderungen:

1. Sanierungsabschnitt ohne Interventionspiste: erhöhte Anforderung an die Robustheit und Dauerhaftigkeit der Sanierungsmassnahmen
2. Keine Dammsanierung, mit Interventionspiste: es sind für die Nachrechnung des Ist-Zustands konservativere Partialfaktoren anzusetzen.

Sicherheitsfaktoren

Die Bemessungen können mit zwei unterschiedlichen Nachweiskonzepten geführt werden:

- a) Auf Niveau der charakteristischen Werte: mit globalen Sicherheitsfaktoren  $FS_{global}$  z.B. über eine  $\tan(\phi)$ -c-Reduktion (v.a. bei FEM Modellierungen)
- b) Auf Bemessungsniveau mit den Partialfaktoren nach SIA260, 261 und 267

Bemessungskonzept

Für die Auslegung und die geotechnische Dimensionierung der Dämme wird grundsätzlich folgendes Bemessungs- und Nachweiskonzept vorgesehen:

<sup>6</sup> Z.B. bei einem  $EHQ_B$  nach einer allfälligen massiven langfristigen Wiederauflandung der Sohle.

## Lastfälle

### Bemessungsereignis HQ<sub>300</sub>

- $WSP_{Bel} = WSP_{ref, HQ300} + (f_w^2 + f_v^2)^{0.5}$
- 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:  $\gamma_{R, Bem} \geq 1.2$  Partialfaktoren nach Norm,  $\gamma_Q = 1.30$  für Verkehrslast

### Überbelastung EHQ A (Überlastfall Stufe 1)

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

### Überbelastung EHQ B (Überlastfall Stufe 2)

- $WSP_{Bel} = WSP_{ref, EHQ B \text{ nicht entlastet}}$
- Verkehrslast = 5 t
- Reduzierte Sicherheiten
  - Referenzwasserspiegel
  - Charakt. Berechnung (FEM):  $FS_{global} \geq 1.2$  z.B. ermittelt über  $\tan(\phi)$ -c Reduktion
  - Bemessungsniveau:  $\gamma_{R, Bem} \geq 1.0$  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

Abweichungen vom Bemessungskonzept, Sicherheit gegen die Wasserseite

Die wasserseitigen Dammneigungen sind in gewissen Abschnitten deutlich grösser als die luftseitigen. Wie vertiefende FEM-Berechnungen und eine breite Parametervariation an typischen Dammquerschnitten gezeigt haben, können die nach obigen Bemessungskonzept geforderten Sicherheiten bzw. Sicherheitsfaktoren hinsichtlich des Stabilitätsversagens gegen Innen bzw. die Wasserseite hin im Ist-Zustand nicht erreicht werden. Dies würde bedeuten, dass abschnittsweise häufig eine Dammsanierung auf der Innenseite oder eine Gesamtsanierung der Dämme innen und aussen mit einer Verbreiterung der Dämme und einer Verschiebung der Dammachse gegen die Luftseite hin nötig wäre. Da aber die Damm-Innenseite unterhalb des Wuhrwegs mit einem massiven Blockwurf gesichert ist und die Böschung zwischen dem Wuhrweg und der Dammkrone durchgängig mit einer gut verwachsenen Pflasterung geschützt ist, würden Sanierungsmassnahmen auf der Innenseite eine Schwächung des gewachsenen Erosionswiderstands nach sich ziehen.

In verschiedenen Handlungen kann zukünftig das vorhandene Defizit an den wasserseitigen Böschungen beseitigt werden. Für einen Dammabschnitt fallen je nach Zustand verschiedene Handlungen an. In Abhängigkeit vom Zustand sind reduzierte Sicherheitsfaktoren gegenüber dem Stabilitätsversagen kurz- bis mittelfristig akzeptabel, solange mittels Betriebs- und Unterhaltsmassnahmen gewährleistet werden kann, dass die Damminnenseite durch den Strömungsangriff nicht beschädigt und weiter geschwächt wird. D.h. Bewuchs (Gehölz) auf der Damminnenseite ist zu vermeiden (vgl. Abschnitt 9.3) oder niedrig zu halten (maximal zulässige Stammdurchmesser von 5 cm). Die Dämme sind regelmässig zu überwachen und lokale Schadstellen sind durch Unterhaltsmassnahmen zeitnahe Instand zu stellen. Weiter sind dort wo möglich die Verkehrslasten zu beschränken oder entlang des landseitigen Strassenrands zu führen.

Mittel- bis langfristig ist durch geeignete Massnahmen eine Erhöhung der Sicherheitsfaktoren gegen Innen anzustreben. Dabei zeigen v.a. die folgenden Massnahmen ein relativ günstiges Nutzen Verhältnis aufweisen:

- (1) Verstärkung des Böschungsfusses oberhalb Wuhrweg und Anhebung Wuhrweg,
- (2) Verschiebung der Dammstrasse gegen die Landseite mit Abflachung Innenböschung
- (3) Absenkung der Dammkrone mit Verschiebung der Dammstrasse gegen die Landseite (nur wenn die Freiborde weit über den Anforderungen liegen)

Bezüglich Stabilitätsversagens der Rheindämme gegen die Wasserseite hin gelten folgende Mindestwerte der globalen Sicherheitsfaktoren für den Bemessungslastfall (HQ<sub>300</sub> mit Freibord und Verkehrslast, siehe oben):

- Ist-Zustand (bei verstärkter Überwachung und Unterhalt)  $SF_{global} \geq 1.2$
- Nach Sanierungsmassnahmen  $SF_{global} \geq 1.4$

Voraussetzung für die Zulässigkeit reduzierter Sicherheitsfaktoren bezüglich Stabilität gegen innen ist, dass der Wuhrverbau und die verwachsene Pflasterung über dem Wuhrweg intakt und unverletzt sind und dass dieser Zustand durch Überwachung und Unterhalt dauerhaft gewährleistet ist.

#### Erdbeben

##### Erdbeben:

- Die Auswirkungen von Erdbeben sind auf der Grundlage der aktuellen SIA-Normen 261 und 267 sowie den Richtlinien des BFE zu bestimmen
- Einwirkung Erdbeben: Erdbebenlast nach Norm SIA 261:2020
  - > Bemessungserdbeben E475 (Referenz-Wiederkehr-Periode von 475 Jahren)
  - > Wasserspiegel HQ<sub>10</sub>,
  - > keine Verkehrslast
- Die Hochwasserschutzdämme in der Rheinebene gehören i.a. zur Bauwerksklasse III (BWK III). abschnittsweise Abweichungen von diesem Grundsatz sind zu begründen
- Die Berechnung erfolgt nach den Richtlinien des BFE zur Sicherheit von Stauanlagen (Teil C3) und der Norm SIA 267:2013
  - Ersatzkraftverfahren
  - Verformungsbasierte Verfahren (z.B. nach Makdisi & Seed oder Newmark)
- Die Überprüfung der Erdbebensicherheit von bestehenden Bauwerken kann nach der Norm SIA 269/8 in folgenden Schritten erfolgen:
  1. Zustandserfassung
  2. Untersuchung der konzeptionellen Gestaltung und konstruktiven Durchbildung des Bauwerks

3. Rechnerische Überprüfung der Erdbebbensicherheit mit einer kraft- und/oder verformungsbasierten Analyse des Tragwerks
4. Beurteilung der Erdbebbensicherheit
5. Massnahmenempfehlung und Beurteilung der Verhältnismässigkeit von Massnahmen anhand des Erfüllungsfaktors

In der Regel ist es zweckmässig, zuerst eine generelle Überprüfung mit einem kraftbasierten Verfahren (z.B. Ersatzkraftverfahren) durchzuführen. Ergibt sich darauf ein Erfüllungsfaktor, der Massnahmen erfordert, so sind die Vereinfachungen und die Genauigkeit der Berechnung zu beurteilen. Gegebenenfalls sind weitere Untersuchungen z.B. die Überprüfung mit einem verformungsbasierten Verfahren angezeigt, die eine genauere, unter Umständen günstigere Beurteilung ermöglichen. Weiter ist folgendes zu beachten:

- Bei hohen Dämmen ist das Eigenschwingverhalten des Dammes und die Amplifikation der Beschleunigung über die Dammhöhe zu berücksichtigen
- Dort wo die Rheindämme nicht direkt auf den anstehenden Rheinschottern stehen, sondern auf feinkörnigen, teilweise bindigen Deckschichten von Schwemmsedimenten, ist nachzuweisen, dass keine Bodenverflüssigung auftritt, die die Schutzwirkung der Dämme beeinträchtigt.
- Beim verformungsbasierten Verfahren müssen bleibende Deformationen beurteilt werden. Oberflächennahe Verschiebungen bis 20 cm und Verschiebungen bis 35 cm bei tiefgründigen Gleitkreisen werden als zulässig erachtet.

Hydraulischer Grundbruch

Der Nachweis für die Sicherheit gegen den hydraulischen Grundbruch geschieht nach der Norm SIA 267(2013)

Materialtransport (Erosion, Suffosion)

Bei Dammabschnitten, die überprüft und/oder saniert werden, ist auch die Sicherheit gegen (inneren) Materialtransport bei der Durchsickerung und Unterströmung zu überprüfen (Suffosion, Kontakterosion und Fugenerosion). Für die Überprüfung der Sicherheit gegenüber Kontakterosion wird das Verfahren nach Lafleur empfohlen, für die Überprüfung von Kornfiltern die Filterregeln nach Terzaghi (vgl. SN 670-125a Kapitel 5. Einfache Filter), für rückschreitende Fugenerosion das Verfahren nach Selmeijer und für Suffosion das nach Kenney und Lau (evtl. in Kombination mit Burenkova). Je nach Situation sind auch andere angemessene Verfahren zulässig.

Bei der Auslegung von Sanierungsmassnahmen ist mit einer geeigneten Wahl der Kornverteilungen der geotechnischen Schichten und Zonen sowie der Einhaltung der Filterkriterien (vgl. SN 670-125a Kapitel 5. Einfache Filter) zu gewährleisten, dass infolge der Durchsickerung kein Materialtransport entsteht. Die Sicherheit gegenüber innerer Erosion (Kontakterosion und rückschreitende Fugenerosion) und Suffusion sind mit den oben genannten Verfahren nachzuweisen.

### 6.3 Randbedingungen

#### Randbedingungen

Berechnung unter stationären Bedingungen, insbesondere bezüglich Durchsickerung und Porenwasserüberdruck.

Im Normalfall wird die Bemessung ohne zusätzliche Schwächung durch Wühltiergänge, Windwurf, Fundamente, Werkleitungen, Dammdurchdringungen, Hohlräume usw. vorgenommen. Solche, durch geeignete Überwachung und den Unterhalt vermeidbare Schäden, werden als akzeptierte Risiken bezeichnet (vgl. Abschnitt 7.5)

Eine wasserseitige Abpflasterung aus Magerbeton oder teilweise vermörtelten Steinblöcken, welche nur im Verband der Erosion standhalten, kann bei Grossereignissen auf einer grossen Fläche aufgerissen werden. Sie darf daher für den Bemessungsfall nicht als zusätzlich abdichtendes Element berücksichtigt werden.

### 6.4 Lastfälle und Bemessungsgrössen Bauzustand

#### Bauzustände

Bauarbeiten:

- Einwirkung Baufahrzeuge bis 40 t: Dieser Nachweis entfällt, da dieser Lastfall bereits im Endzustand mit  $Q_{Dim}$  geprüft wird.
- Abgrabungen am Dammfuss und an der Dammböschung sind zu berücksichtigen, wenn sie zu einer Schwächung des Damms führen.

## 7 Normenbezogene Bestimmungen

### 7.1 Grundlagen

Normen	Bei der Sanierung von Hochwasserschutzdämmen gelten grundsätzlich die einschlägigen Bestimmungen der schweizerischen Baunormen. Weitere Europäische Regelwerke können situativ Anwendung finden. Der Nachweis der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit erfolgt nach den massgebenden Tragwerksnormen der SIA sowie nach Abschnitt 6.2.
--------	--

### 7.2 Einwirkungen

Ständige Auflasten	Ständige Auflasten sind Masten von Hochspannungsleitungen und militärische Anlagen wie z.B. Bunker.
Verkehrslasten	Für die Verkehrslasten (temporäre Auflasten) werden grundsätzlich die Lastmodelle für Strassenverkehr der Norm SIA 261, Einwirkungen auf Tragwerke, verwendet. Für die Auflasten auf die Dammkrone werden die Verkehrslasten entsprechend Abschnitt 6.2 verwendet.
Wasserdruck	Der Wasserdruck auf die Dämme resultiert aus den Belastungswasserspiegeln gemäss der hydraulischen Berechnung und der Freibordabschätzung (vgl. Abschnitt 5.5 und 6.2). Ebenfalls berücksichtigt werden Strömungsdruck, Auftrieb und ein schnelles Absenken der Wasserspiegel im Rhein.

### 7.3 Tragsicherheit

Lastmodelle	Für den Nachweis der Tragsicherheit sind die verschiedenen Nutzungszustände mit den zugehörigen relevanten Gefährdungsbildern zu berücksichtigen. Das Nachweiskonzept folgt Abschnitt 6.2.
Nutzungszustände	Als Nutzungszustände werden die Bauphasen, die Normal- bzw. Niedrigwasserabflüsse sowie die definierten Abflüsse betrachtet (vgl. Kap. 5).

### 7.4 Gebrauchstauglichkeit

Setzungen	Bei den Hochwasserschutzdämmen sind unzulässige Setzungen zu vermeiden. Planmässige Setzungen werden mit einer während dem Bau angeordneten Überhöhung der Dämme berücksichtigt.
Kontrolle	Im Rahmen der Dammüberwachung sind diese Setzungen periodisch zu kontrollieren. Eine spätere Erhöhung der Dämme auf die Sollkote gehört zum Unterhalt.

### 7.5 Akzeptiere Risiken

Allgemein	Schäden und Schwächungen der Bauwerke durch die Einwirkung menschlicher Gewalt gelten als akzeptierte Risiken, insbesondere infolge der Einwirkungen aus: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kriegerischen Ereignissen</li> </ul>
-----------	---

- Terror
- Umfällen von Verkehrsmitteln (Flugzeug, Strassen, Bahnverkehr)
- Feuerbrünsten
- Schwächungen durch Windwurf

Wühltiere, Unterhalt,  
Leitungen

Als weitere Risiken werden Schäden an den Dämmen und entsprechende Dammschwächungen akzeptiert, die die innere Erosion begünstigen können. So z.B. die Fliesswege im Damminnern, die durch Wühltiere verursacht sind, oder die entlang von Transportleitungen (Gas, Strom, Wasser etc.) in den Dämmen entstehen. Diese Risiken müssen durch eine angemessene Überwachung und den Unterhalt minimiert werden.

## 8 Grundwasser

Grundsatz	Durch die Massnahmen zur Dammsanierung darf der Grundwasserspiegel ausserhalb der Dämme nicht signifikant beeinträchtigt werden.
Längsabdichtung	Abdichtungsmassnahmen in und längs der Dämme (wie z.B. Schmaldichtwände) sind in die Feinsedimentschicht einzubinden, dürfen maximal bis unterkant der Feinsedimentschicht reichen und die darunter liegenden Grundwasserleiter nicht tangieren. In der Zone S2 ist zwischen Unterkante Schmaldichtwand und durchlässigem Grundwasserleiter ein Sicherheitsabstand von mindestens 0.5 m einzuhalten.
Einzelobjekte	Bezüglich lokaler Einbauten und Massnahmen gilt die Regel, dass der Grundwasserleiter maximal bis zu maximal 10% des Fliessquerschnitts (Querschnitt rechtwinklig zum Strömungsvektor) eingeschnürt werden darf.
Bauarbeiten	Bauarbeiten, die ins Grundwasser eingreifen, dürfen nur bei tiefen oder allenfalls mittleren Grundwasserständen ausgeführt werden.
Überwachung	Die Auswirkungen von Massnahmen, die das Grundwasser beeinträchtigen können, sind vor, während und nach den Bauarbeiten zu überwachen.



## 9 Natur und Umwelt

### 9.1 Ausgangslage

Allgemeines

Abschnittsspezifisch in Absprache mit Bauherrschaften SG und FL zu ergänzen

### 9.2 Übersicht

Projektgebiet

Abschnittsspezifisch in Absprache mit Bauherrschaften SG und FL zu ergänzen

### 9.3 Bewuchs und Bestockung

Vegetation,  
Grundkonzept

Insgesamt ist die Auswirkung von Gehölzen auf die Standsicherheit als negativ zu bewerten. Aus diesem Grund ist ein Gehölzbewuchs auf nicht überdimensionierten Dämmen (Abbildung 5) grundsätzlich nicht zulässig. Die Zulässigkeit von Bewuchs und Bestockung auf den Dämmen orientiert sich im Allgemeinen am Konzept des Merkblatts Standsicherheit von Dämmen (an Bundeswasserstrassen) der Bundesanstalt für Wasserbau BAW in Karlsruhe. Dabei wird eine Mindestquerschnitt definiert, der nicht durchwachsen oder durchwurzelt werden darf. Ausserhalb dieses Mindestquerschnitts werden Zonen mit dem dort zulässigen Bewuchs definiert. Dabei werden folgende Bezeichnungen verwendet:

- Bewuchs: Gehölz und Grasnarbe
- Gehölz: Bäume (bis max. 5 m Höhe) und Sträucher (= Bestockung)
- Grasnarbe: Gräser und Kräuter
- Gehölzfrei: Gräser und Kräuter zugelassen

Der Mindestquerschnitt wird definiert durch eine 5 m Breite Dammkrone, die mit einem Freibord von 1 m über dem Bemessungswasserspiegel  $HQ_{300}$ , mindestens aber auf dem Wasserspiegel  $EHQ_B$  liegt und an die luftseitig eine Dammböschung mit der Neigung der Hälfte des Reibungswinkels des Dammschüttmaterials (i.a. Rheinschotter) anschliesst. Dieser Mindestquerschnitt gilt als Bereich, der nicht durchwurzelt werden darf

Die Zonen mit Bewuch oder einer Bestockung sind gemäss Abbildung 5 wie folgt festgelegt:

- B1: Wasserseite; im Mindestquerschnitt grundsätzlich gehölzfrei
- B2: Drainagezone; gehölzfrei, Grasbewuchs niedrig halten
- B3, B4: obere 2/3 der luftseitigen Böschungshöhen; Bäume und Sträucher auf maximal 50 % der Fläche, maximale Höhe 5 m
- B5: luftseitige Böschung über der massgebenden Wasserlinie, Bäume und Sträucher bis 5 m Höhe

Die Bestockung mit Pappeln ist generell nicht zulässig.

Zusätzlich ist am Dammfuss (luft- und wasserseitig) ein gehölzfreier Dammschutzstreifen von 10 m Breite sicherzustellen (Verlängerung Zone 4 am Dammfuss in das Hinterland). In Zonen mit eingebauten Filter- und Drainageschichten ist generell kein Gehölz zulässig.

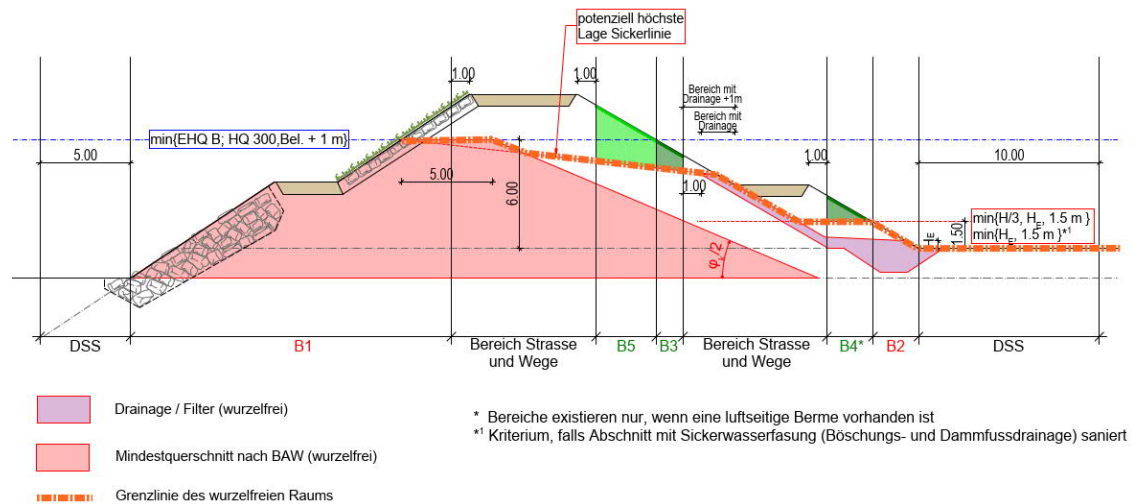


Abbildung 5: Definition des Mindestquerschnitts und der für Gehölz zulässigen Zonen (in grün)

Vegetation,  
Abweichungen vom  
Grundkonzept

In Absprache mit der Bauherrschaften SG und FL kann bei ausgewiesenem Bedarf abschnittsweise von diesem Grundkonzept abgewichen werden, solange der Nachweis erbracht werden kann, dass durch den Bewuchs keine unzulässige Gefährdung der Dammsicherheit entsteht. Falls Gehölze aus Gründen des Natur- und Artenschutzes oder zur Kompensation von Eingriffen auf dem Damm geduldet werden, haben die Aspekte der Dammsicherheit immer Vorrang.

Nach heutiger Praxis wird ein Bewuchs durch Gehölz auf den Rheindämmen unterschiedlich zugelassen:

- FL: Im Grundsatz kein Gehölz innen und aussen an den Dämmen zulässig
- SG: Ein leichter, mit dem Unterhalt zu kontrollierender und klar spezifizierter / begrenzter Bewuchs mit Gehölz ist zugelassen bei Überbreite der Dämme und im Rahmen von planerischen Vorgaben. Wald bis maximal 10 m an den Dammfuss hin.

Wie oben erwähnt, sind solche situations- bzw. abschnittbezogenen Abweichung zulässig, solange die Sicherheitsauswirkungen der Bestockung abgeklärt worden sind.

## 10 Drittnutzungen

### Abschnittsspezifisch noch näher zu definieren

#### 10.1 Ausgangslage

Ausgangslage

Entlang dem Rhein gibt es zahlreiche Schnittstellen zu vielfältigen Nutzungen (z.B. Siedlungsraum, Landwirtschaft, Naherholung, Strassen, Werkleitungen usw.). Diese Nutzungen sind im Normal mit Anforderungen an das Rheinbauwerk verknüpft und müssen bei der Projektierung berücksichtigt werden.

#### 10.2 Übersicht

Nutzungen

Die Nutzungen entlang dem Rhein (Anlagen) und in seinem Umfeld (Nachbarparzellen, Zuflüsse) sind:

- Erholung und Freizeit (Radweg, xxx)
- Landwirtschaft und Forstwirtschaft
- Siedlungen
- Sportanlagen
- Werkleitungen (Hochspannungsleitungen, Erdgashochdruckleitung etc.)
- Jagd und Fischerei
- Militär (Bunker und Sperranlagen als ehemalige Nutzung)
- Strassen
- Grundwasserfassungen mit Schutzzonen S1, S2 und S3 sowie Grundwasserareale
- Gewerbliche Nutzung, z.B. Deponieflächen, Umschlagplätze, Aufbereitungen etc.

#### 10.3 Berücksichtigung

Berücksichtigung

Die Nutzungen müssen berücksichtigt werden, soweit dies den Projektzielen nicht widersprechen bzw. diese nicht behindern.

## 11 Bedürfnisse Betrieb und Unterhalt

### Abschnittsspezifisch noch näher zu definieren

#### Zugänglichkeit

#### 11.1 Zugänglichkeit der Werkanlagen

Die Werkanlagen müssen mit Bau- und Unterhaltsmaschinen zugänglich sein. Diese Anforderung führt zu den Vorgaben:

- Die Befahrbarkeit der sanierten Hauptdämme in Längsrichtung muss mit Fahrzeugen (Lastwagen und Baugeräte) der Lastklasse 40 t bei begrenzter Geschwindigkeit möglich sein.
- Die Breite der Fahrbahn der Dammstrassen, Interventionspisten und Unterhaltsstrassen soll nach Möglichkeit minimal 5.0 m betragen (Koffer 4.00 m, mit links und rechts einem Bankett von 0.5m).
- Die Quersugänglichkeit vom aussenliegenden Weg- und Strassennetz auf die Dammwege muss in einem Abstand von jeweils rund 1 km bis 3 km sichergestellt werden. Die Quersugänge sind dabei auf das bestehende Strassen- und Wegnetz abzustimmen.
- Für die Bewirtschaftung, Überwachung und den Unterhalt der Dämme ist ein Dammweg auf der Krone, ein Wuhrweg wasserseitig und eine Interventionspiste luftseitig vorzusehen. Im Interesse eines sicheren und schnellen Transportes sollte der Interventionsweg am landseitigen Dammfuss oder auf der landseitigen Berme angeordnet werden. Die Befahrbarkeit muss mit schweren Bau- und Landwirtschaftsmaschinen möglich sein. Die Befahrbarkeit muss auch bei möglichen landseitigen Wasserständen zuverlässig gewährleistet werden (erhöhte Fahrbahn).

#### 11.2 Dammneigung

Die Dammneigung sollte im Allgemeinen in der Grössenordnung von 1:3 und kleiner liegen, namentlich die Dammneigung gegen innen. Wenn es die räumliche Situation verlangt und es die geotechnischen Nachweise erlauben sind Dammneigungen bis maximal 2:3 zulässig. Steilere Dammneigungen sind besonders zu begründen.

## 12 Bedürfnisse Notfallplanung

### Abschnittsspezifisch noch näher zu definieren

#### 12.1 Erschliessung und Zugänglichkeit

Ergänzend zu den Vorgaben für den Betrieb und Unterhalt gelten die zusätzlichen Vorgaben für die Zugänglichkeit im Ereignisfall:

- Die Zugänglichkeit zu den Haupt- und Sekundärdämmen sowie die Verschiebungsmöglichkeit auf den Dämmen selbst muss auch bei einem Hochwasser möglich sein und zwar (vgl. auch Abschnitt 6.2):
  - Bis Bemessungsabfluss  $HQ_{300}$  mit 40 to
  - Bis  $EHQ_A$  bzw.  $EHQ_{B,entlastet}$  mit 5 to
- Am luftseitigen Dammfuss wird beidseits eine durchgängige Interventionspiste vorgesehen

Genehmigung:

Ausstehend, geschieht im jeweiligen Projekt

Fürstentum Liechtenstein

Kanton St. Gallen

Ort/Datum:

Unterschrift:

---

# Anhang 1

Projektspezifisch zu ergänzen

## Abkürzungen

BAFU	Bundesamt für Umwelt
BFE	Bundesamt für Energie
EHQ	Extremabfluss
HQ <sub>Dim.</sub>	Bemessungsabfluss
KOHS	Kommission für Hochwasserschutz
SIA	Schweizerischer Ingenieure und Architektenverein
WSP	Wasserspiegel

XX

## Begriffe

XXX      XXX