

13. Mai 2025

Längsdämme entlang von Fließgewässern

Ein Leitfaden für die Praxis



hydrosuisse
Kommission für Hochwasserschutz (KOHS)

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Impressum

Auftraggeber

Schweizerische Eidgenossenschaft
Bundesamt für Umwelt BAFU
Abteilung Gefahrenprävention
3003 Bern

Auftragnehmer

hydrosuisse
Rütistrasse 3a
5400 Baden

Arbeitsgruppe Längsdämme:

KOHS	Dieter Müller (Projektleitung)
	Jürg Speerli
BAFU	Christian Holzgang
Planer	Peter Billeter (IUB Engineering AG)

Echoraum Längsdämme:

Adrian Schertenleib (BAFU)
Rocco Panduri (STK/AXPO)
Amin Askarinejad (BFE)
David Vetsch (VAW-ETHZ)
Daniel Dietsche (Rheinbauleiter)/Thomas Gasser (Rhein-
unternehmen)
Tim Wepf (Kanton TG)
Ralph Jud, Markus Jud (Linthingenieure)
Silvio Moser (Kanton AG)
Hansjörg Vogt (tragweite AG vogt ingenieure)
Falk Kortenhof (LTV Sachsen, Deutschland)
Fredy Elber (AquaPlus)
Rudi Pesch, Philipp Teysseire (VS)

Hinweis

Diese Studie wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Auflistung der Änderungen

Ver- sion	Datum	Änderungen	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
1.00	13.05.2025		D. Müller	AG Längs- dämme	D. Müller
1.10	02.07.2025	Anpassung Impressum	S. Lanz		D. Müller

Titelphoto: Längsdämme am Alpenrhein (Jürg Speerli)

Vorwort

Die rund 65'500 km langen Fliessgewässer in der Schweiz sind streckenweise durch Längsdämme entlang der Ufer geprägt. Viele dieser technischen Verbauungen gehen bis auf das 18. Jahrhundert zurück und dienen primär dem Hochwasserschutz und trugen so zu einer wirtschaftlichen Entwicklung der Schweiz bei.

Nicht wenige dieser Schutzbauten haben somit ein beträchtliches Alter erreicht und weisen je nach Unterhalt Defizite auf. Bei der Suche nach zukünftigen Massnahmen stellt sich die Frage, ob die Längsdämme ihre ursprüngliche Funktion noch wahrnehmen und wie die heutigen Anforderungen wie Sicherheit, Ökologie und Sozioökonomie umgesetzt werden können. Einige Hochwasserereignisse in den vergangenen Jahrzehnten zeigten, dass ein Versagen von Längsdämmen zu erheblichen Schäden führen können. Mit dem Ansatz des integralen Risikomanagements stehen heute nicht mehr nur rein bauliche Massnahmen im Fokus, sondern eine optimale Kombination aus raumplanerischen, organisatorischen, technischen und ingenieurbioologischen Massnahmen. Die Längsdämme müssen heute während der ganzen Lebensdauer neben den höheren Ansprüchen an Sicherheit und Nutzung auch einer Überlastung genügen und Anpassungen an den Klimawandel erlauben.

Längsdämme, die dem Hochwasserschutz dienen, sind trotz der hohen sozioökonomischen Relevanz kaum reglementiert und es fehlen hier Empfehlungen für einen einheitlichen Vollzug. Mit dem vorliegenden Leitfaden, der durch die Kommission für Hochwasserschutz (KOHS) der hydrosuisse in einer Arbeitsgruppe erarbeitet, von einer Echogruppe begleitet und vom Bundesamt für Umwelt finanziert wurde, können wiederkehrende Fragen aus dem Vollzug, zum integralen Risikomanagement und zum gesamten Lebenszyklus dieser Schutzbauten bearbeitet werden.

Zurzeit ist eine neue Vollzugshilfe «Planung von Wasserbauprojekten», welche die Wegleitung «Hochwasserschutz an Fliessgewässern» aus dem Jahr 2001 ersetzen soll, in Ausarbeitung. Nach deren Veröffentlichung wird es darum sehr wahrscheinlich Anpassungen an diesem Leitfaden geben.

Wir hoffen, dass dieser Leitfaden für Längsdämme entlang von Fliessgewässern den Planenden, Mitarbeitenden aus der Verwaltung, den zuständigen Werkeigentümerinnen und Werkeigentümern und den ausführenden Unternehmungen als wichtiges Hilfsmittel dienen wird.

Dieter Müller

Vorsitzender der KOHS, hydrosuisse

Zusammenfassung

Längsdämme müssen wie andere Bauwerke unterhalten und überwacht werden. Einige dieser Längsdämme sind in der Schweiz ans Ende ihrer Lebensdauer gekommen und müssen saniert, bzw. instand gestellt werden. Im Rahmen von Hochwasserschutz- und Revitalisierungsprojekten können Dammbrückungen notwendig und/oder sinnvoll sein, wodurch neue Dämme geplant und realisiert werden müssen. Fachpersonen aus Ingenieurbüros und der Verwaltung müssen sich in diesem Kontext mit vielfältigen Aufgaben und Fragestellungen auseinandersetzen. Hier setzt der vorliegende Leitfaden an, indem er komprimiert das aktuelle Wissen im Zusammenhang mit Längsdämmen beinhaltet und dem interessierten Lesenden die notwendigen Informationen zur Lösung dieser Aufgaben und Fragestellungen zur Verfügung stellt.

Der Leitfaden verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz in der Darstellung von Längsdämmen. Auf Basis des Lebenszyklusmanagements und in Bezug auf das integrale Risikomanagement wird das Thema Längsdämme in den Kapiteln für die verschiedenen Phasen des Bauwerks beleuchtet. Aufgegriffen werden nicht nur technische, sondern auch die ökologischen und ökonomischen Themen. Aus den Kapiteln lässt sich folgendes auf die einzelnen Phasen schliessen:

Bei der «Analyse und Bedürfnisformulierung» ist zu beachten, dass Längsdämme nicht nur dem Hochwasserschutz dienen, sondern viele weitere Schnittstellen aufweisen. Sie beeinflussen und werden beeinflusst von Bereichen wie Nutzung, Ökologie, Landschaft und Raumplanung. Diese vielfältigen Wechselwirkungen müssen berücksichtigt werden, um eine ganzheitliche und nachhaltige Planung zu gewährleisten.

Im Kapitel «Konzept und Machbarkeit» wird betont, wie wichtig es ist, die Projektziele frühzeitig zu definieren. Dies bildet die Grundlage für die weitere Planung. Erste Überlegungen zum Schutzkonzept und zur Systemsicherheit sollen angestellt werden, um Risiken zu reduzieren. Zudem wird die Machbarkeit durch die Prüfung verschiedener Varianten sichergestellt, um die optimale Lösung zu finden.

Mit der Phase «Planung und Bewilligung» werden die Bemessungsgrundlagen präzisiert, um eine fundierte Grundlage für die Ausführung zu schaffen. Eine eingehende Auseinandersetzung mit dem Baugrund sowie möglichen Versagensszenarien des Bauwerks ist notwendig, um Bauwerksrisiken frühzeitig zu identifizieren. Zudem soll die zulässige Nutzung des Damms festgelegt werden, um die Funktionalität und Sicherheit im Betrieb zu gewährleisten.

Zum Abschluss müssen klare Bestimmungen für die «Bewirtschaftung und den Unterhalt» des Längsdamms festgelegt werden. Ein bewusster Umgang mit Bewuchs und Bestockung ist entscheidend, um die Stabilität zu sichern. Zudem sind Interventionsgrundlagen für den Ereignisfall zu erarbeiten. All diese Aspekte müssen bereits in der Planungsphase berücksichtigt und abgestimmt werden, um langfristige Sicherheit und Funktionalität zu gewährleisten.

Der Leitfaden basiert auf den Erfahrungen der Verfasser bei der Planung und dem Bau von Längsdämmen entlang von Fliessgewässern in der Schweiz, die sich als besonders relevant erwiesen haben. Diese Empfehlungen wurden intensiv mit Fachleuten aus der kantonalen und Bundesverwaltung, der Forschung, Kraftwerksbetreibern sowie Planungsbüros besprochen. Der Austausch mit diesen Fachleuten ermöglichte es praxisnahe Empfehlungen zu entwickeln. Ergänzt werden diese Empfehlungen mit konkreten Beispielen, die unterschiedliche Elemente der erwähnten Phasen (Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung) aufgreifen. Diese veranschaulichen die Anwendung der Prinzipien und zeigen, wie Herausforderungen in der Planung erfolgreich gemeistert wurden. Zusätzlich wird auf relevante nationale und internationale Literatur verwiesen, die weiterführende Informationen zu spezifischen Themenschwerpunkten liefert.

Inhalt

1	Einleitung	7
2	Definition und Abgrenzung	9
3	Längsdämme als Teil des Integralen Risikomanagements	11
4	Lebenszyklusmanagement	13
5	Feststellung Handlungsbedarf und Handlungsoptionen	15
6	Phase (I): Analyse und Bedürfnisformulierung	17
6.1	Einleitung	17
6.2	Ziele und Produkte	17
6.3	Schwerpunkte	17
6.3.1	Grundsätzliches	17
6.3.2	Zuständigkeiten	18
6.3.3	Projektdefinition, Systemabgrenzung, Schnittstellen	18
6.3.4	Projektziele	19
6.3.5	Grundlagenerhebung	21
6.3.6	Wahl Lösungsansatz	22
6.4	Beispiele	23
7	Phase (II): Konzept und Machbarkeit	24
7.1	Einleitung	24
7.2	Ziele und Produkte	24
7.3	Schwerpunkte	24
7.3.1	Vereinbarung der Projektziele	24
7.3.2	Schutzkonzept	25
7.3.3	Systemsicherheit	26
7.3.4	Machbarkeitsstudie	28
7.3.5	Variantenstudium	29
7.3.6	Variantenwahl	29
7.4	Beispiele	29
8	Phase (III): Planung und Bewilligung	31
8.1	Einleitung	31
8.2	Ziele und Produkte	31
8.3	Schwerpunkte	32
8.3.1	Bemessungsgrundlagen	32

8.3.2	Bemessungshochwasser, Überlastfälle und Freibord	32
8.3.3	Baugrund und Baumaterial	33
8.3.4	Versagensmechanismen	33
8.3.5	Dammbemessung / Lastfälle	35
8.3.6	Geotechnische Dammkonstruktion	38
8.3.7	Nutzung und Bewirtschaftung	42
8.3.8	Bewuchs, Bestockung und Wühltiere	43
8.4	Beispiele	44
9	Phase (IV): Beschaffung und Realisierung	45
9.1	Einleitung	45
9.2	Ziele und Produkte	45
9.3	Schwerpunkte	45
9.3.1	Submission Baumeister	45
9.3.2	Qualitätskontrolle in der Ausführung	46
9.4	Beispiele	47
10	Phase (V): Betrieb und Unterhalt	48
10.1	Einleitung	48
10.2	Ziele und Produkte	48
10.3	Schwerpunkte	48
10.3.1	Nutzung und Bewirtschaftung	48
10.3.2	Unterhalt	49
10.3.3	Bewuchs, Bestockung und Wühltiere	50
10.3.4	Überwachung	51
10.3.5	Notfallplanung und Intervention im Ereignisfall	51
10.4	Beispiele	54
11	Literaturverzeichnis	55
12	Anhang A: Projektbeispiele	57
13	Anhang B: Weiterführende Literatur	97

1 Einleitung

Die rund 65'500 km langen Fließgewässer in der Schweiz sind streckenweise durch Längsdämme entlang der Ufer geprägt. Die grösseren Schweizer Flüsse (

Abbildung 1-1) sind zu rund 49 % mit Dämmen verbaut (VAW. 2018). Diese Dämme haben unterschiedliche Funktionen. Einige dienen zum Schutz vor Hochwasser, andere ermöglichen die Wasserkraftnutzung und dienen der Stauhaltung von Flusskraftwerken. Hochwasserschutz- und Stauhaltungsdämme haben daher auf ihre Weise eine sozioökonomische Relevanz. Wie vergangene Ereignisse zeigen, kann ein Versagen von Längsdämmen zu erheblichen Schäden führen.

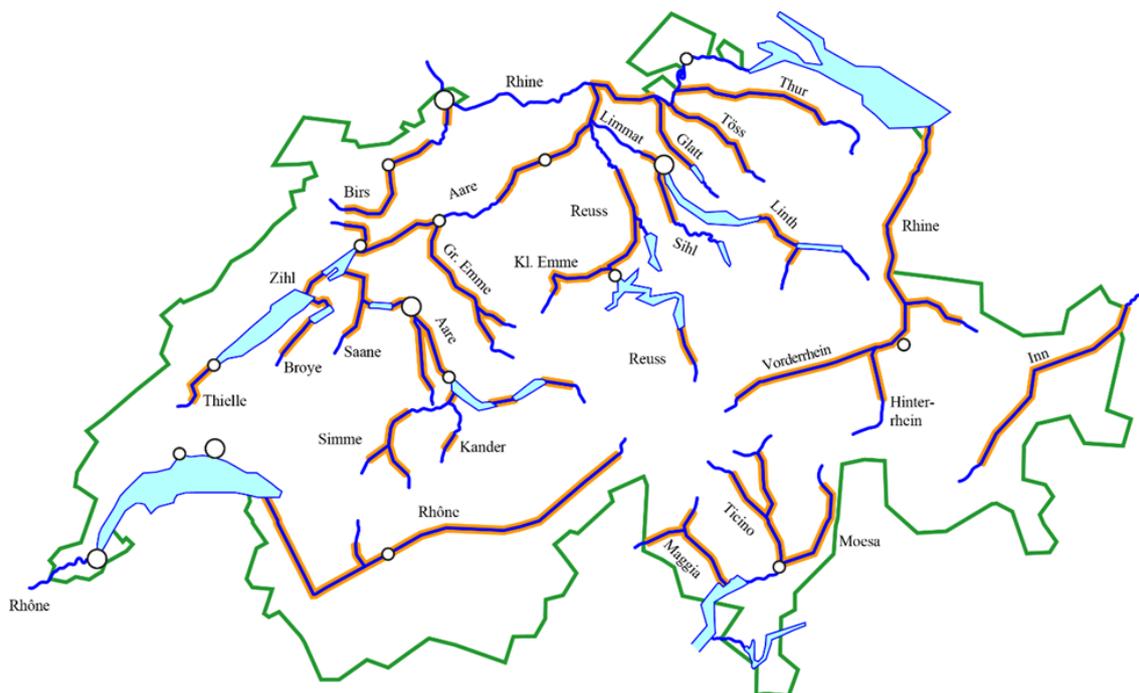


Abbildung 1-1 Flusskorrekturen in der Schweiz im 18. und 19. Jahrhundert, extensive Flusskorrekturen in orange gekennzeichnet (aus VAW. 2018). Ca. 49 % dieser Flüsse weisen Längsdämme auf.

Längsdämme, die der Nutzung und Stauhaltung von Flusskraftwerken dienen, sind durch die Sicherheitsrichtlinien der Stauanlagengesetzgebung reglementiert. Anders ist es bei Längsdämmen zum Schutz vor Hochwasser. Trotz der hohen sozioökonomischen Relevanz fehlen hier Empfehlungen für einen einheitlichen Vollzug. Das BAFU ist bestrebt, Hilfsmittel zum Umgang mit Längsdämmen zu erarbeiten, ähnlich wie es bereits Richtlinien zum Umgang mit Stauhaltungsdämmen (BFE) gibt.

Grundlagen dazu wurden in einer frühen Phase durch einen Beitrag der Schweiz im Bericht zu einer Arbeitsgruppe der ICOLD (VAW, 2018) erarbeitet. Darin wird eine Übersicht zu den Hochwasserschutzmassnahmen mit Längsdämmen gegeben und die Relevanz der Längsdämme für den Schutz der Bevölkerung und der Infrastruktur aufgezeigt.

In einer darauffolgenden Phase wurde durch die Arbeitsgemeinschaft IUB Engineering AG und Niederer + Pozzi Umwelt AG mit Unterstützung einer Arbeitsgruppe bestehend aus Vertretern

des BAFU, der KOHS, der Kantone, des BFE, der Kraftwerksbetreiber, der Hochschulen und Swissdams ein Bericht «Längsdämme – Grundlagen zur Abgrenzung und Schnittstellen, 21.12.2021» (nicht veröffentlicht) zur Evaluation und Konzeption einer Arbeitshilfe zum Umgang mit Längsdämmen erstellt.

In einer weiteren Phase hat das BAFU der hydrosuisse, vertreten durch die Kommission für Hochwasserschutz, Wasserbau und Gewässerpflege (KOHS) beauftragt, eine Grundlage für die Längsdämme zum Schutz vor Hochwasser zu erarbeiten und damit eine Lücke in der Gefahrenprävention von Fliessgewässern zu schliessen.

Mit dem vorliegenden Leitfaden können wiederkehrende Fragen aus dem Vollzug, zum integralen Risikomanagement und zum gesamten Lebenszyklus dieser Schutzbauten bearbeitet werden. Die Herausforderungen im Lebenszyklus werden dabei in den unterschiedlichen Phasen dargestellt. Heute haben die Längsdämme oft Mehrfachfunktionen zu erfüllen. Das heisst, dass sie neben der primären Schutzfunktion auch Landschaftselement sowie Lebensraum für Flora, Fauna und den Menschen sind. Das vorliegende Dokument setzt sowohl für bestehende als auch neue Längsdämme fachliche Schwerpunkte, ist jedoch nicht als allumfassend zu verstehen. Allgemeingültige Themen im Hochwasserschutz werden nur dann dargestellt, wenn spezifische Aspekte in Bezug auf die Längsdämme zu beschreiben sind.

Empfehlungen im Umgang mit Dämmen bei kleinen Stauanlagen sind zudem in der Fachpublikation «Kleine Stauanlagen» (STK. 2024) erarbeitet worden.

2 Definition und Abgrenzung

Als Längsdämme im Sinne von Hochwasserschutzdämmen werden Schutzbauten entlang von natürlichen oder künstlichen Gewässern, i.a. Fließgewässer betrachtet. Dazu gehören insbesondere auch Dämme bei Aufweitungen. Im Unterschied zu Stauhaltungsdämmen (Dämme bei Stauanlagen) sind diese Dämme nur bei Hochwasser und daher nicht dauernd eingestaut; die maximale hydraulische Belastung tritt je nach Auslegung und angestrebter Sicherheit selten auf.

Bei Flusstauhaltungen ist eine Abgrenzung zwischen den Längsdämmen für den Hochwasserschutz (im vorliegenden Dokument Längsdämme genannt) und Dämmen für die Stauhaltung zur Wasserkraftnutzung vorzunehmen, da diese Anlagentypen fließend ineinander übergehen. Eine solche Abgrenzung muss mit der Praxis des Bundesamts für Energie (BFE) übereinstimmen.

Das BFE nimmt in der Richtlinie über die Sicherheit von Stauanlagen Teil A (BFE, 2015) eine Abgrenzung vor, wie sie in der nachfolgenden Abbildung 2-1 dargestellt ist. Als Abgrenzung zwischen Hochwasserschutz- und Stauhaltungsdämmen wird der geometrische Schnittpunkt des Niederwasserspiegels (des Zuflusses Q_{347}) und der 1 m über dem Stauziel der Stauhaltung liegenden Horizontalen definiert. Sollten Längsdämme bei Wehrbauten und Hochwasserrückhaltebecken existieren, die nicht der StAV unterstellt sind, gilt diese Abgrenzung ebenfalls.

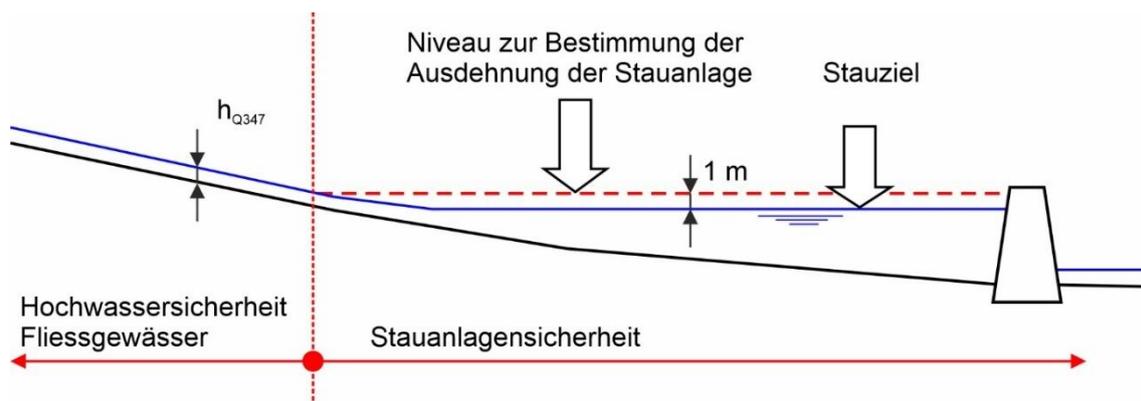


Abbildung 2-1 Abgrenzung Stauhaltungsdämme nach BFE (BFE, 2015, Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen. Teil A, Allgemeines, Fig. A13, modifiziert).

Die Längsdämme für den Hochwasserschutz an Fließgewässern werden durch Längen- und Querprofile beschrieben. Wichtige Begriffe und Bezeichnungen sind im Querprofil in der

Abbildung 2-2 definiert. Diese zeigt mögliche Ausführungsvarianten in einem Bild vereint. Je nach örtlichen Gegebenheiten (grosse/mittlere/kleine Dämme) entfallen evtl. Vorländer und wasser- oder landseitige Bermen. Die Interventionspiste kann sowohl auf einer Berme, dem Hinterland wie auch auf der Dammkrone liegen.

Dieser Leitfaden bezieht sich auf bestehende und neue Längsdämme an Fließgewässern, die beim Versagen eine wesentliche Gefährdung zur Folge haben. Diese Gefährdung ist also fallweise abzuklären (siehe Kapitel 8). Die effektive Dammhöhe über Terrain und die landseitige Neigung soll daher kein absolutes Kriterium darstellen. Bei Gebirgsbächen und -flüssen mit grossen Gefällen sind gegebenenfalls weitere Aspekte (Böschungssicherheit, Kolk-tiefen, Fließgeschwindigkeiten, etc.) zu berücksichtigen.

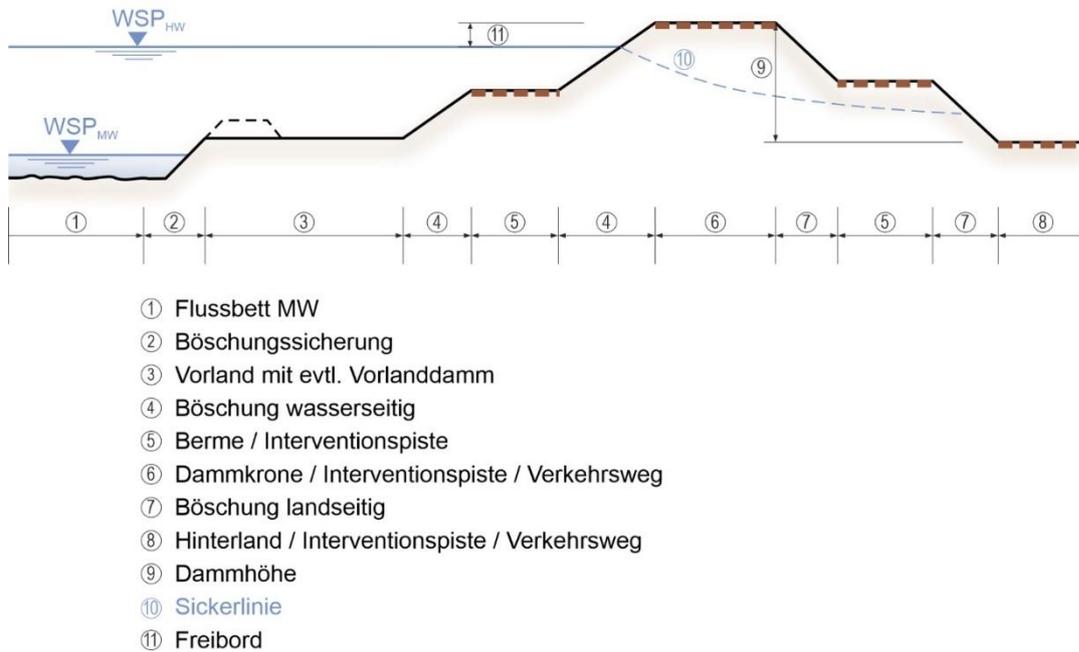


Abbildung 2-2: Bezeichnungen am Beispiel eines grossen Längsdammes.

Zudem ist zu beachten, dass je nach topographischer Situation auch quer angeordnete Schutzdämme die Funktion eines Längsdammes aufweisen können. Nachfolgende

Abbildung 2-3 zeigt eine solche Situation, wo der zum Gewässer querliegende Damm den Schutz des Siedlungsgebietes übernimmt.

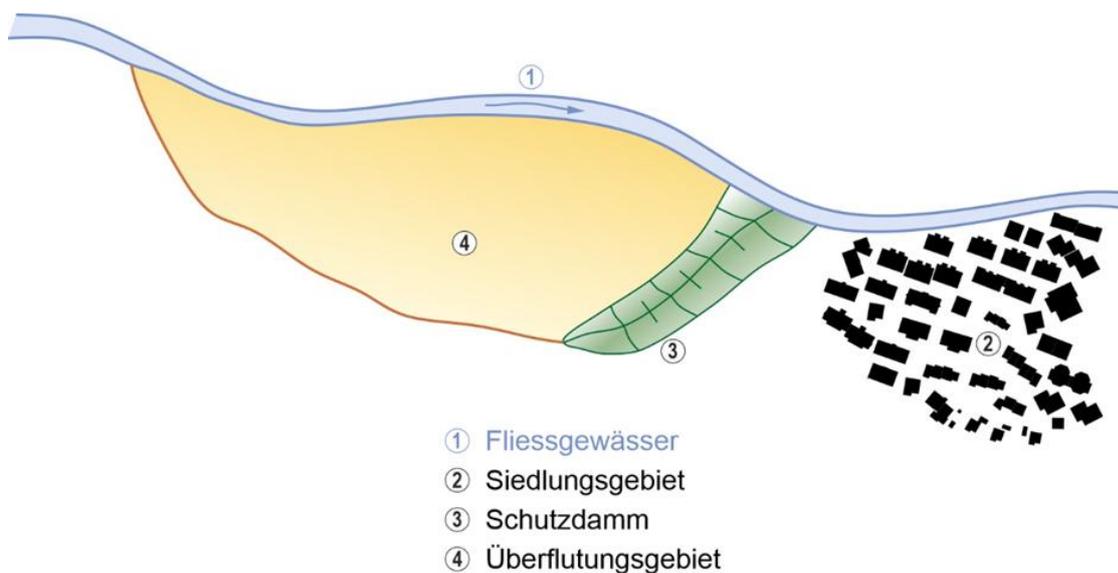


Abbildung 2-3: Schutzdamm mit der Funktion eines Längsdammes.

3 Längsdämme als Teil des Integralen Risikomanagements

Integrales Risikomanagement (IRM) ist die Gesamtheit der Massnahmen und Methoden, mit denen das angestrebte Sicherheitsniveau geschaffen und langfristig erhalten werden soll. Es umfasst die periodische Erfassung und Bewertung von Risiken hinsichtlich ihrer Tragbarkeit. Aus der Erfassung und Bewertung der Risiken werden der Handlungsbedarf und die Prioritäten abgeleitet. Mit geeigneten Massnahmen wird die Entwicklung der Risiken gesteuert, so dass künftige Risiken im Rahmen und bestehende Risiken auf ein tragbares Mass gemindert und verbleibende Risiken solidarisch getragen werden können.

Das integrale Risikomanagement (Abbildung 3 1) fordert Massnahmen, die ökologisch vertretbar, sozial verträglich und ökonomisch verhältnismässig sind und demzufolge erlauben, eine angemessene Sicherheit zu erreichen und zu erhalten.

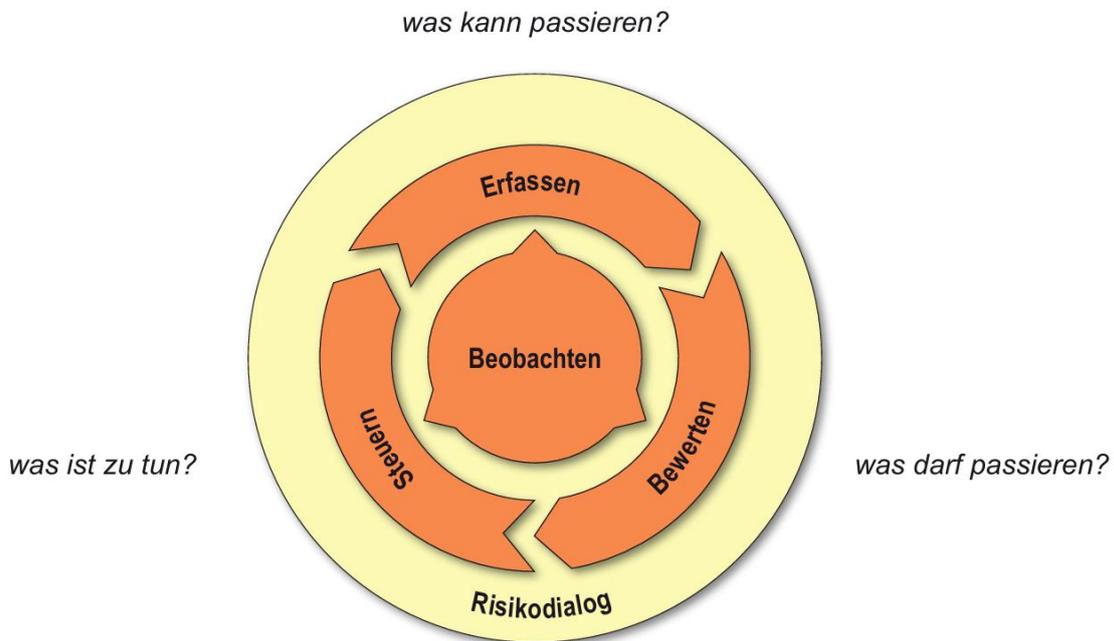


Abbildung 3-1: Integrales Risikomanagement (Quelle: PLANAT.2013).

Die Massnahmen zur Steuerung der Risiken sind vielfältig und müssen optimal kombiniert werden. Viele Fliessgewässer in der Schweiz wurden in der Vergangenheit korrigiert, mittels Uferschutzmassnahmen ausgebaut und oftmals mit Längsdämmen begrenzt. Längsdämme entlang von Fliessgewässern sind ein möglicher Ansatz, um Sicherheit zu schaffen und um Risiken auf ein tragbares Niveau zu begrenzen. Im Sinne eines integralen Risikomanagements sind die Fragen «Was kann passieren?», «Was darf passieren?» und «Was ist zu tun?» nicht nur bei Neubauten, sondern insbesondere auch bei bestehenden Bauwerken zu stellen.

Was kann passieren?

Risiken sind zu erfassen. Dies verlangt die Betrachtung aller einwirkenden Prozesse einschliesslich aller möglichen Ausprägungen. Dazu zählt auch das Verhalten des Bauwerkes. Entscheidend ist, dass die unterschiedlichen Szenarien hinsichtlich Tragbarkeit und Gebrauchstauglichkeit des Längsdamms beurteilt

werden. Auf diese Weise wird festgestellt, ab wann und wie die Funktion des Damms nicht mehr erfüllt oder die Tragwirkung nicht mehr gewährleistet ist und landseitig Schäden auftreten können. Letztere sind für verschiedene Schutzgüter systematisch zu erheben, um die resultierenden Risiken zu bestimmen. Da sich sowohl die Funktion als auch die Tragwirkung durch das Alter des Bauwerks verändern können, müssen die Grundlagen regelmässig aktualisiert sowie daraus folgend die Risiken neu bestimmt werden. Weitere Ausführungen sind insbesondere in Kapitel 5 beschrieben.

Was darf passieren?

Auf Basis der erfassten Risiken muss mit den Verantwortungs- und Risikotragenden gemeinsam entschieden werden, inwiefern die Risikosituation tragbar respektive untragbar ist. So kann zum Beispiel die Frage relevant sein, ob die geotechnischen Verhältnisse/das Versagen des Längsdammes in Bezug auf die erwartbaren, landseitigen Risiken tragbar sind oder allfällige Verstärkungsmassnahmen erforderlich werden. Weitere Ausführungen sind insbesondere in den Kapitel 5 und 6 beschrieben.

Was ist zu tun?

Die Schutzwirkung von Längsdämmen ist grundsätzlich begrenzt. Weitere Massnahmen sind daher immer notwendig. Dies in unterschiedlicher Art und Weise, sei es im Einzugsgebiet, in der Bewältigung, der Regeneration nach oder der Vorbeugung von Ereignissen. So haben beispielsweise die Intervention während eines Ereignisses (z.B. am Damm selbst oder im landseitigen Raum) oder der Unterhalt, die Instandstellung und die Erhaltung von Bauwerken auch ihre Bedeutung im integralen Risikomanagement. Weitere Ausführungen sind insbesondere in den Kapitel 6 bis 10 beschrieben.

Eine weiterführende Betrachtung der Aspekte des integralen Risikomanagements wird in den folgenden Kapiteln aufgezeigt.

4 Lebenszyklusmanagement

Längsdämme entlang von Fliessgewässern sind Schutzbauwerke und wurden resp. werden für eine Lebensdauer von mehreren Generationen erstellt. Sie sind Teil eines Schutzsystems. Ihre Funktionsfähigkeit soll langfristig erhalten bleiben, auch wenn bekanntlich der Zustand der Längsdämme sich mit dem Alter ändern kann. Sei es, weil es z.B. zu Setzungen oder Ufererosionen kommt. Dadurch wird zwingend eine Betrachtung über die gesamte Lebensdauer nötig (Abbildung 4-1). Die y-Achse in Abbildung 4-1 zeigt dabei die Funktionsfähigkeit bezüglich der Hochwassersicherheit und die x-Achse die Zeit. Mit dem Erreichen des kritischen Zustandes (roter Punkt links) werden zwingend Massnahmen an der bestehenden Schutzbaute nötig. Nach Hochwasserereignissen können dies Sofortmassnahmen (SOMA) sein. Die nachfolgende effektive Lebensdauer soll einige Jahrzehnte dauern und kann nach einer Ertüchtigung oder eines Neubaus der Längsdämme mit regelmässigem Unterhalt länger erhalten werden. Erreicht man den kritischen Zustand (roter Punkt rechts) beginnt der Zyklus von vorne. Eine nachhaltige Lösung umfasst daher eine transdisziplinäre Betrachtungsweise über möglichst den ganzen Lebenszyklus.

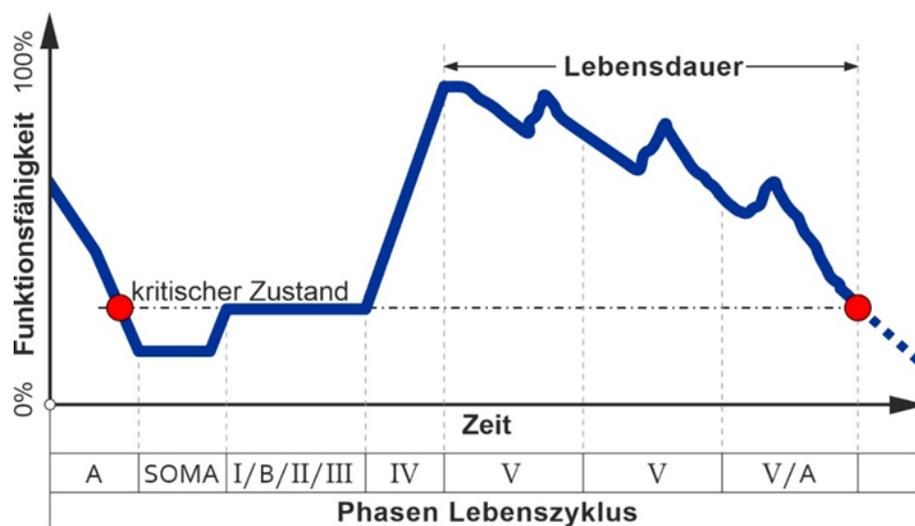


Abbildung 4-1: Lebenszyklusmodell von Längsdämmen (nicht massstäblich): durch Sofortmassnahmen (SOMA) lassen sich kurzfristig kritische Zustände stabilisieren. Für die Erhöhung der Funktionsfähigkeit von Längsdämmen sind danach aber die Phasen I bis III einzuleiten und Phase IV (Phasenerklärung siehe Abb. 4-2) umzusetzen, welche Massnahmen wie die Ertüchtigung oder den Neubau der Schutzbaute umfasst. (modifiziert von BAFU.2022a, Abb. 7)

In Anlehnung an das Prinzip des System Engineerings im «Umgang mit alternden Schutzsystemen in Wildbächen» (BAFU. 2022a) sowie an die Leistungsmodelle der SIA wurde ein angepasstes Konzept für die Längsdämme erstellt (

Abbildung 4-2). Die Phasen (I) bis (V) bilden den Lebenszyklus der Längsdämme ab, von der Konzeption über die Planung, Bewilligung, Beschaffung, Realisierung und den Unterhalt bis ans Ende der Lebensdauer des Bauwerks. In den Phasen (I) bis (IV) werden die notwendigen Massnahmen zur Entwicklung des Systems erarbeitet. Die Phase (V) umfasst die Massnahmen zur Systemerhaltung. Eine Qualitätsverbesserung kann zudem durch einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess nach dem PDCA-Prinzip (Plan-Do-Check-Act) in jeder Phase erreicht werden.

Mögliche Anpassungen/Verbesserungen des Systems erfolgen in der Phase (A) mit der Feststellung des Handlungsbedarfs für Massnahmen bzw. die Auseinandersetzung mit Veränderungen und eventuellen neuen Lösungsansätzen (B).

Die SIA Norm 112 Modell Bauplanung umfasst ebenfalls ein Phasenmodell, das sich über die gesamte Lebensdauer von Schutzbauten wie Längsdämme erstreckt. Die entsprechenden SIA-Phasen sind im Weiteren in der

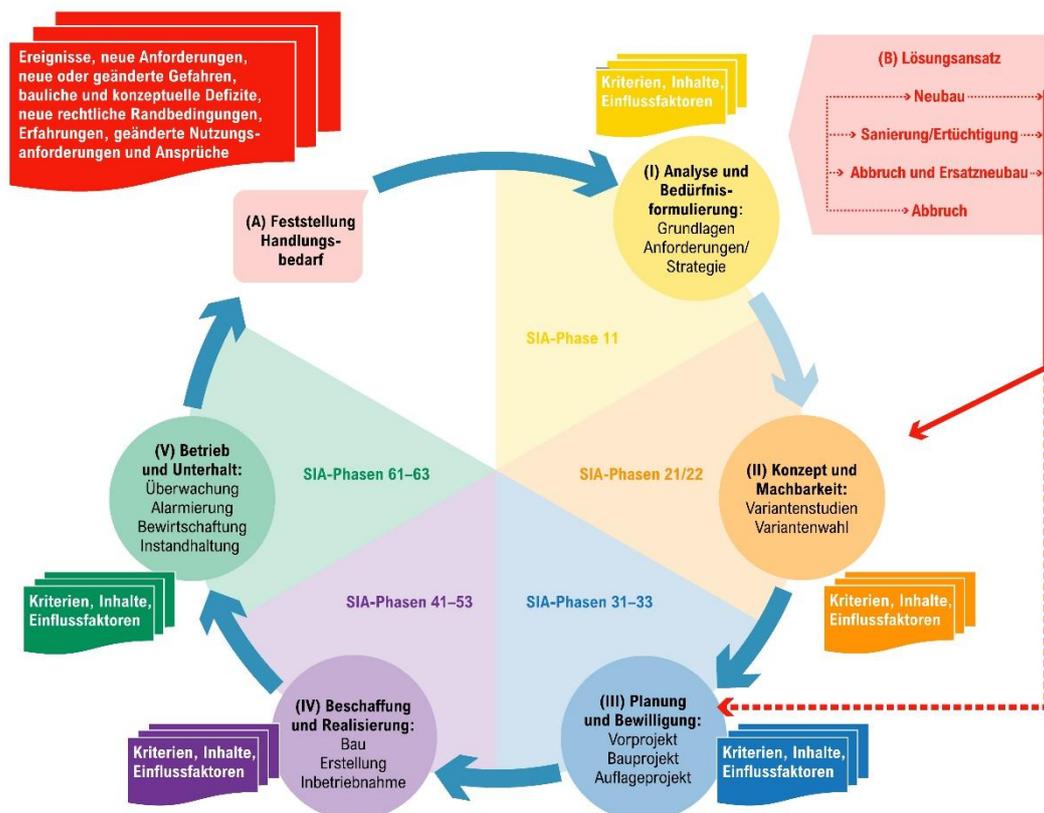


Abbildung 4-2 den Lebenszyklusphasen zugeordnet.

Abbildung 4-2: Lebenszyklusmanagement von Längsdämmen (eigene Darstellung).

Auf die einzelnen Phasen im Zusammenhang mit Längsdämmen wird in den folgenden Kapiteln spezifisch eingegangen.

5 Feststellung Handlungsbedarf und Handlungsoptionen

Ein Handlungsbedarf ergibt sich sowohl vor dem Neubau eines Längsdammes, während des Lebenszyklus als auch am Ende der Lebensdauer des Bauwerks, wo zu entscheiden gilt, ob es saniert, ertüchtigt, durch ein neues oder anderes Bauwerk ersetzt oder ersatzlos abgebrochen werden soll/kann (siehe Phase A und B in

Abbildung 4-2).

Der Auslöser für einen Handlungsbedarf (A) kann sein (nicht abschliessend):

- Lokale Reduktion der Sicherheit der Längsdämme aufgrund konkreter baulicher Defizite und Schäden, die entweder bei der Überwachung festgestellt wurden oder bei (Hochwasser-) Ereignissen auftraten. Dazu gehören z.B.:
 - Kriechen oder Rutschungen der Böschung auf der Wasser- oder Landseite
 - Sickerwasseraustritt landseitig und Vernässungen am Dammfuss
 - Grundwasseraufstösse landseitig im Bereich Dammfuss, mit oder ohne Materialaustrag
 - Breschen und unzulässiges Überströmen
 - Setzungen der Dammkrone und/oder der Bermen
 - Verletzung des Uferverbau und/oder des Erosionsschutzes
 - Nicht tolerierbare Sohlenveränderungen mit Kolken, Unterspülungen und Auflandungen im Flussbett
 - Windwurf
 - Schwächung durch grabaktive Tiere/Wühltiere, Bewuchs, Wurzeln
- Konzeptuelle Schutzdefizite aufgrund ungenügender Hochwassersicherheit, festgestellt aufgrund der Überwachung (z.B. durch Querprofilaufnahmen, Wasserspiegel- und/oder Sohlenlagenmessungen) oder aufgrund von Hochwasserereignissen (Hochwasserspuren, kritischer Ereignisse und/oder Ausuferungen)
- Reduzierte Sicherheit der Dammstabilität/Standssicherheit (z.B. bei Nachrechnung/Überprüfung, Bewuchs, Wurzeln, Wühltiere)
- Veränderung der hydrologischen Bedingungen (zum Beispiel grössere Hochwasserspitzen infolge des Klimawandels (BAFU. 2023).
- Erhöhung der erforderlichen Sicherheit infolge der Zunahme des Schadenspotentials und der Gefährdungen landseitig der Dämme
- Zunahme des Aufwandes für den Unterhalt
- Ökologische Aspekte im Zusammenhang mit Revitalisierungsprojekten (z.B. Dammrückverlegungen)
- Geänderte gesetzliche Vorgaben (Gesetze, Verordnungen, Vollzugshilfen) bzw. geänderte Gerichtspraxis
- Geänderte raumplanerische Vorgaben und geänderte Nutzungsanforderungen
- Geänderte technische Vorgaben und Empfehlungen (Normen, Merkblätter, Anpassung an Klimawandel, etc.)

Eine unmittelbare Konsequenz der Feststellung eines Handlungsbedarfs, d.h. der Erkenntnis, dass gehandelt werden muss, ist die Frage, wie gehandelt werden soll. Diese Frage wird in der Phase I bearbeitet, die als strategische Planung des neuen Lebenszyklus einer Schutzbaute zu verstehen ist. Dabei werden alle möglichen Lösungsansätze (B) studiert, die im Sinne des IRM zu einer optimalen Kombination von Massnahmen und zu einem langfristig tragbaren Risiko führen. Zu den technischen Massnahmen gehören u.a. folgende Ansätze (siehe Kapitel 0):

- Neubau der Längsdämme
- Sanierung der Längsdämme
- Erhöhung der Längsdämme
- Abbruch und Ersatzneubau (z.B. Rückversetzung der Längsdämme)
- Abbruch ohne Ersatz mit Längsdämmen

- Kombinationen dieser Massnahmen

6 Phase (I): Analyse und Bedürfnisformulierung

6.1 Einleitung

Entsprechend dem Phasenmodell der SIA-Norm 112 steht am Anfang jedes Bauprojekts die strategische Planung. Dabei sollen die Bedürfnisse formuliert und die Lösungsstrategien entwickelt werden. Bei raumgreifenden und viele Nutzer und Anspruchsgruppen betreffenden Bauwerken, wie das die Schutzbauten entlang von Fliessgewässern sind, müssen zu Projektbeginn im Allgemeinen die Aufgaben und Zuständigkeiten der verschiedenen Akteure geklärt werden.

Weiter ist die übergeordnete Zieldefinition vorrangig, die wiederum direkten Einfluss auf den Projektperimeter und den Lösungsansatz zum Umgang mit einem festgestellten Handlungsbedarf hat.

In der strategischen Planung sind der Projektumfang, die Perimeter und die Schnittstellen so zu definieren, dass die angestrebten Schutz- und Nutzungsziele erreicht werden können.

Eine strategische Planung erleichtert und verschlankt die eigentliche bautechnische Planung und Realisierung. Sie stellt sicher, dass die massgebenden Themen adressiert sowie die wesentlichen Beteiligten und Betroffenen von Projektbeginn an involviert sind. Dies erlaubt eine zielgerichtete Projektabwicklung und verhindert Zusatzschlaufen und Extrarunden.

6.2 Ziele und Produkte

Bezogen auf Längsdämme entlang von Fliessgewässern werden in der Phase I folgende Ziele verfolgt:

- Definition der Projektziele unter Berücksichtigung von Hochwasserschutz, Nutzung, Raumplanung, Ökologie etc.
- Klärung der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten
- Wahl des Lösungsansatzes
- Projektdefinition mit Festlegung des Projektperimeters, Klärung der Schnittstellen und Darstellung des Projektablaufs
- Klärung der Besitzverhältnisse hinsichtlich des Landerwerbs
- Klärung allfälliger Altlasten und Werkleitungen
- Vervollständigung der für die Entscheide in dieser und der Folgephase II relevanten Grundlagen und Identifikation der in späteren Phasen noch zu erhebenden Daten

Idealerweise liegen am Ende der Phase I folgende Dokumente vor:

- Projektdefinition mit Zuständigkeiten, Projektziele, Projektbasis resp. Nutzungsplan, Vorgehenskonzept (Projektplanung bzw. Projektablauf), Projektumfang und Projektperimeter sowie eine Definition der Schnittstellen
- Zusammenstellung der Grundlagen mit Identifikation allfälliger Informationslücken

6.3 Schwerpunkte

6.3.1 Grundsätzliches

Frühzeitig und als Grundlage der strategischen Planung und der konzeptuellen Phasen (Kapitel 0) sollen folgende strategischen Grundsätze den Lösungsansatz und die Projektdefinition bestimmen:

- Es gilt die Aussage «Der beste und sicherste Hochwasserschutzdamm (Längsdamm) ist der, den es nicht braucht». Im Umkehrschluss bedeutet das auch, dass - wenn es einen Damm braucht - die hydraulische und geotechnische Sicherheit andauernd erfüllt sein muss.
- In der dicht bebauten Schweiz ist ein raumgreifendes Bauwerk wie ein Längsdamm immer im Spannungsfeld konkurrierender Nutzungsansprüche. Das Ziel einer guten Planung muss sein, diese situationsgerecht zu ermitteln, zu bewerten und abzuwägen. Dazu sind Varianten zu erarbeiten, die den Nutzungsansprüchen möglichst gerecht werden und über die sich eine Interessenabwägung vornehmen lässt.
- Zusätzlich zu den Sicherheitsanforderungen sind auch weitere Funktionen und Nutzungen zulässig und vereinbar. Dies kann aber auch zu Widersprüchen hinsichtlich der rechtlichen Situation führen, wie z.B. Inventar von regionaler bzw. nationaler Bedeutung, Grundwasserschutz zonen, Wälder.

6.3.2 Zuständigkeiten

Der Bund hat eine umfassende Verfassungs- und Gesetzgebungskompetenz im Bereich des Hochwasserschutzes. Doch zuständig für die Umsetzung der entsprechenden Vorhaben sind die einzelnen Kantone. Diese Aufgabe ist breit gefächert und umfasst sowohl den natürlichen Rückhalt, den Gewässerunterhalt als auch raumplanerische und bautechnische Massnahmen. Die Kantone sind zudem verantwortlich für die temporären Massnahmen wie Notfallplanung und die Notfallorganisation. Entsprechend vollziehen die Kantone das Wasserbaurecht des Bundes und erlassen die erforderlichen Ausführungsvorschriften. Insbesondere regeln sie die innerkantonalen Zuständigkeiten (Aufgabenteilung zwischen dem Kanton, den Bezirken und den Gemeinden) und die anwendbaren Verfahren für die Planung und die Umsetzung der notwendigen Massnahmen.

Je nach Kanton gelten andere Regelungen betreffend Zuständigkeiten für Unterhalt und Pflege, Hochwasserschutz und Revitalisierungen, seien dies Kanton, Gemeinde, Wuhr- oder Schwellenkorporationen, Private.

Bei interkantonalen Gewässern ist eine Abstimmung unter den Kantonen notwendig, bei interstaatlichen Gewässern ist der Bund miteinzubeziehen. An Grenzgewässern muss man sich überlegen, ob vertragliche Grundlagen geschaffen werden müssen, welche die festzulegende Strategie oder das künftige Projekt beschreiben.

Infrastrukturen Dritter, wie beispielsweise Dammbauten der Eisenbahn oder Autobahn entlang von Fliessgewässern, können eine Schutzwirkung übernehmen. Dies ist in der Projektorganisation und in der Zuständigkeit zu berücksichtigen. Entsprechend sind auch das Eisenbahngesetz, bzw. das Nationalstrassengesetz zu beachten. Dies kann zu Widersprüchen führen und in diesem Fall ist eine Interessenabwägung durchzuführen.

Im Sinne des gesamten Lebenszyklus sind alle Akteure in der Projektorganisation zu berücksichtigen, die einen Beitrag an die langfristige Funktionsfähigkeit leisten.

6.3.3 Projektdefinition, Systemabgrenzung, Schnittstellen

Projektdefinition

In der Projektdefinition legt der Bauherr die Projektziele und den Projektperimeter fest. Er definiert die Systemabgrenzung und die Schnittstellen.

In Bezug auf die Längsdämme sind unter vielen Aspekten u.a. die folgenden zu beachten: hydrologische und hydraulische, morphologische und geotechnische Grundlagen, Zustand und Defizite der Bestandsbauten, die Erhebung des Handlungsbedarfs, der Betrachtungs- und Projektperimeter, die Dammgeometrie, die räumlichen Verhältnisse ausserhalb der Dammbauten, Schutztitel und Nutzungsansprüche sowie weitere Randbedingungen und Schnittstellen.

Systemabgrenzung

Längsdämme bei Fliessgewässern sind Bauwerke, welche im Rahmen eines Hochwasserschutzprojektes eingesetzt werden. Bei der Systemabgrenzung geht es darum, den Projektperimeter (räumliche Abgrenzung) festzulegen.

Schnittstellen

Bei Projekten an Fliessgewässern müssen generell die Randbedingungen im Ober- und Unterwasser des Projektperimeters berücksichtigt sowie die Auswirkungen des Projekts auf das Ober- und Unterwasser für den Zustand während und nach dem Bau überprüft werden. Dies gilt auch für die Längsdämme. Weitere Schnittstellen sind die Abgrenzung und die Koordination zu Drittprojekten, die mit dem entsprechenden Hochwasserschutzprojekt nicht direkt zu tun haben, beispielsweise Verkehrsprojekte längs oder quer zum Fliessgewässer.

6.3.4 Projektziele

Mit den Projektzielen müssen auch die angestrebte Sicherheit vor Naturgefahren und die Nutzungsziele festgelegt werden.

Projektziele zu bestimmen, erfolgt oft in einem partizipativen Prozess (Risikodialog). Bei den Projektzielen wird unterschieden zwischen übergeordneten, generellen Zielen über die gesamte Fliesslänge (z.B. Entwicklungsziele), welche für die Entwicklung des gesamten Fliessgewässers gelten. Für das eigentliche Hochwasserschutzprojekt, welches nur für einen bestimmten Abschnitt des Fliessgewässers erarbeitet wird, werden konkrete und individuelle Ziele definiert. Dabei kann unterschieden werden zwischen absoluten Erfüllungszielen, welche durch das Projekt zwingend zu erreichen sind wie der Hochwasserschutz, und Entwicklungszielen, welche durch das Projekt bestmöglich zu erreichen sind, z.B. Erholungsnutzung.

Projektziele in einem Hochwasserschutzprojekt in Bezug auf Längsdämme können beispielsweise unterteilt werden in:

- Projektziele Hochwasserschutz
- Projektziele Nutzungen (Wasserkraft, Bewirtschaftung der landseitigen Längsdämme, Verkehrswege, Versorgungs- und Entsorgungs-Infrastrukturen, Naherholung)
- Projektziele Raumplanung
- Projektziele Ökologie (Vernetzung, Lebensraum)
- Projektziele Grundwasser (Beeinflussung Grundwasserträger)
- Projektziele Landschaft (Linienführung, Gestaltung)
- Projektziele Wirtschaftlichkeit (Finanzielle Mittel, akzeptiertes Risiko)

Projektziele Hochwasserschutz

Hochwasser

Schutzziele dienen als Überprüfungskriterien hinsichtlich eines möglichen Handlungsbedarfs beziehungsweise als Richtgrösse beim Einstieg in die Frage nach der angestrebten Sicherheit. Auf Basis einer spezifischen und risikobasierten Betrachtung wird im Anschluss ein Bemessungshochwasser resp. eine angestrebte Sicherheit gegen Versagen (z.B. Überströmen oder Dammbruch) definiert. Für das Bemessungshochwasser werden der Abfluss, die dazugehörige Sohlenkote infolge Geschiebetrieb und die Wasserspiegelkote bzw. die Energiehöhenkote sowie die

Strömungsgeschwindigkeit und Schubspannungen berechnet. Neben dem Bemessungshochwasser werden auch Extremereignisse definiert, welche die bestehenden und die geplanten Schutzmassnahmen beziehungsweise Schutzsysteme deutlich überlasten. Dies sind somit Ereignisse, bei welchen die hydraulische Belastung über dem Bemessungsabfluss liegen. Im Rahmen der Betrachtung der Überlastung der Bauwerke werden Lastfälle untersucht, wie z.B. Abflussbehinderungen durch Verklausungen und Belastungen, die deutlich über der Kapazitätsgrenze des Schutzkonzeptes liegen.

Hinsichtlich der Längsdämme wird zwischen bestehenden und neuen Dämmen unterschieden. Bei Dämmen im Bestand werden entweder durch den Unterhalt die Dämme auf dem Stand des ursprünglichen Werkes gehalten oder bei Bedarf die Bestandsbauten saniert und/oder erhöht. Sowohl bei einer Sanierung eines bestehenden Dammes als auch bei einem Dammnneubau sind die aktuellen Normen und Standards zu berücksichtigen.

Prozessabhängigkeit

Die angestrebte Sicherheit hängt nicht nur davon ab, wie eine bestimmte, angrenzende Fläche, die beispielsweise durch Landwirtschaft oder als Siedlungsraum genutzt wird, sondern auch von der Häufigkeit und der Charakteristik der in diesem Gebiet vorkommenden Hochwasser. Neben dem Spitzenabfluss müssen deshalb immer auch andere, wichtige Gerinne- und Gefahrenprozesse berücksichtigt werden. Beispielsweise bei möglichen Ufererosionen oder Murgängen ist die Sicherheit entsprechend der Gefährlichkeit dieser Prozesse zu erhöhen. Mit entsprechenden **Szenarien** lassen sich die mit den verschiedenen Prozessen verbundenen massgebenden Parameter festlegen:

- Bei Überschwemmungen durch ausufernde Gewässer (**Ausuferungen**) sind das austretende Wasservolumen, die Dauer der Überflutung sowie die maximale Überflutungstiefe und Fließgeschwindigkeit und Intensität die massgebenden Grössen.
- Bei **Erosionen und Auflandungen** ist nicht allein die Abflussspitze die massgebende Grösse, sondern auch ihre Dauer. Die Sohlenlage muss sowohl während einem Hochwasserereignis wie auch langfristig berücksichtigt werden.
- Bei **Geschiebetrieb** sind neben der Hochwasserganglinie auch die Kornverteilung des Geschiebes sowie die Geschiebefracht (aus dem Oberlauf, aus Rutschungen und aus dem Gerinne) wichtige Parameter, welche einen Einfluss auf die Sohlenlage haben.
- Meistens muss die Sohlenlage langfristig auf einem gewissen Niveau gehalten werden, wozu ein **Geschiebemanagement** erforderlich sein kann.

Risiken

Es gibt zwei Arten von Risiken (Produkt aus der Wahrscheinlichkeit einer Gefahr und der Grösse eines möglichen Schadens): die Risiken im Projektperimeter und die Risiken am Bauwerk selbst. Die Risiken im Projektperimeter allenfalls auch darüber hinaus, sind aufzuzeigen. Die für die Längsdämme relevanten Risiken sind zu ermitteln und die akzeptierbaren Risiken sind im Rahmen eines partizipativen Prozesses festzulegen. Die Risiken am Bauwerk (Versagenswahrscheinlichkeit des Bauwerks) sind zu untersuchen und mit konstruktiven Massnahmen möglichst klein zu halten.

Projektziele Nutzungen

Die unterschiedlichen Bedürfnisse an ein Projekt können in den Nutzungszielen abgebildet werden. Die Nebennutzungsziele in einem Hochwasserschutzprojekt können sehr vielfältig sein. Im Folgenden werden vor allem Nebennutzungsziele aufgeführt, welche im Zusammenhang mit Längsdämmen eine Rolle spielen: Interventionen im Ereignisfall, Verkehr (Bahn, Strassen), Langsamverkehr (Fussgänger, Fahrradfahrer, Reiter), Grundwasser, Natur und Ökologie (Naturschutzgebiete), Naherholung, Bewirtschaftung, Landwirtschaft, Bewuchs, Vegetation, Infrastrukturen (Leitungen), Wald.

Bei diesen vielfältigen möglichen Nutzungszielen können sich Konflikte und widersprüchliche Anforderungen ergeben. Dem kann teilweise durch eine Entflechtung der Nutzungen entgegengewirkt werden. Beispielsweise können mit Vorranggebieten für die Natur und Vorranggebieten für die Naherholung eine Entflechtung zwischen Menschen und Natur erreicht werden. Eine Möglichkeit allfälligen Konflikten frühzeitig zu begegnen, ist der Einbezug von Interessierten und Betroffenen in der Partizipation (und im Risikodialog), beispielsweise durch die Bildung einer Begleitgruppe, welche im Dialog einen Kompromiss der unterschiedlichen Nutzungsansprüche sucht. Durch eine frühzeitige und bedarfsgerechte Information kann eine breite Akzeptanz erreicht werden.

Projektziele Raumplanung

Raumplanerisch muss bereits früh der benötigte Raum für Hochwasserschutzprojekte (Bauwerke und Entlastungskorridore) gesichert werden. Damit soll das Risiko im Hinterland begrenzt werden. Bei Längsdämmen ist dies wichtig, wenn auch Lösungsansätze mit Dammbauwerken (Zurückverlegung von bestehenden Dämmen) in Betracht gezogen werden.

Projektziele Ökologie

Ökologische Defizite sind zu ermitteln und durch eine entsprechende ökologische Zielsetzung aufzuheben. Zu den ökologischen Aspekten gehören insbesondere auch die Aspekte rund um das Grundwasser, terrestrische und aquatische Lebensräume und Vernetzung, der Landschaftsschutz und generell Umweltaspekte. Dies ist bei der Auslegung der Längsdämme z.B. bei der Festlegung der Böschungseigung zu berücksichtigen. Zudem muss beachtet werden, dass ein ökologischer Ersatz oder der Einbezug ökologischer Ziele oftmals zusätzliches Land benötigen.

6.3.5 Grundlagenerhebung

Bei Hochwasserschutzprojekten ist bereits in einer frühen Planungsphase die Beschaffung und die Erarbeitung der notwendigen Projektunterlagen anzugehen. Hierzu gehören in Bezug auf die Längsdämme nachfolgende (nicht vollständige) Grundlagen:

- Relevante Gesetze (Bund und Kantone)
- Verbaugungsgeschichte (Ursachen, Begründung)
- Bestandesaufnahme bestehender (Schutz-) Bauwerke (Schutzbautenkataster)
- Zustand bestehender (Schutz-) Bauwerke (bautechnisch inkl. geotechnisch, funktional)
- Details zu Fundation und Dammaufbau (siehe 8.3.3)
- Herleitung der natürlichen Sohlenbreite
- Alte Projektakten, Abschlussakten, geotechnische und statische Nachweise, Bewehrungspläne (untergeordnet)
- Überprüfungsberichte, Dokumente über den Werkzustand
- Inspektionsberichte, dokumentierte Beobachtungen, insbesondere auch während Hochwasserereignissen
- Werkleitungen und Kenntnisse der Benutzerinnen und Benutzer bzw. der Werkeigentümer
- Konzessionen, Bewilligungen
- Inventare
- Grundeigentumsverhältnisse
- Geschützte und schützenswerte Lebensräume und Schutzgebiete
- Landschaftsschutz wie z.B. BLN-Gebiete
- Abklärung Kompensationsmassnahmen
- Geologie
- Grundwasser
- Querungsbauwerke (z.B. Gas-, Fernwärme-, Abwasserleitungen)
- Ökologische Kartierung Ist-Zustand (Jahreszeit/mehrere Jahre)

Flussbauliche Dimensionierungsgrössen sind ebenfalls frühzeitig zu ermitteln, bzw. zu bestimmen, da diese für die Auslegung der Längsdämme zentral sind. Hierzu gehören:

- Massgebende Abflüsse (Hochwasserabflüsse, Nieder- und Mittelwasserabflüsse, Hochwasserganglinie zur Bestimmung des Abflussvolumens und der -dauer)
- Flussbauliche Grundlagen (Feststofftransport, Sohlenmorphologie, Sohlengefälle, Kornverteilung Sohlenmaterial (d_m laufendes Geschiebe, d_m Austauschschicht, d_{90} Austauschschicht, Kolkiefen und Bankhöhen, Geschiebefracht Vergangenheit und Zukunft, langfristige Entwicklung der Sohle)

6.3.6 Wahl Lösungsansatz

Gegenüber der früheren Strategie der reinen Schadensabwehr müssen heute alle möglichen Massnahmen berücksichtigt werden, die das Risiko reduzieren. Dazu gehören:

- Gewässerunterhalt
- Raumplanerische Massnahmen
- Ingenieurbiologische Massnahmen
- Bauliche Massnahmen
- Organisatorische Massnahmen (Vorhersage, Warnung, Alarmierung, Intervention (Hochwassereinsatz), Rettung sowie Sofortmassnahmen)

Das vorliegende Kapitel beschränkt sich inhaltlich auf die baulichen Massnahmen im Zusammenhang mit Längsdämmen.

Bauliche Massnahmen (Variantenstudium konzeptionell)

Für die baulichen Massnahmen wurden im Kapitel 5 bereits mögliche Lösungsansätze aufgeführt:

- Neubau der Längsdämme
- Sanierung (und Erhöhung) der Längsdämme
- Abbruch und Ersatzneubau (z.B. Rückversetzung der Längsdämme)
- Abbruch ohne Ersatz mit Längsdämmen
- Gerinne- bzw. Flussaufweitungen mit weniger hohen Dämmen oder Verzicht auf Dämme
- Kombinationen dieser Massnahmen

Diese Massnahmen können raumwirksam sein resp. einen zusätzlichen Raumbedarf erfordern und sind mit raumplanerischen Massnahmen (z.B. Ausscheiden von Gewässerraum) abzusichern.

Ein endgültiger Entscheid zur Wahl einer oder mehrerer oben aufgeführten baulichen Massnahmen ist in dieser Projektphase noch nicht möglich. Präferenzen für bauliche Massnahmen sind hingegen zu definieren. Im Rahmen eines Variantenstudiums (Kapitel 0) sind die baulichen Massnahmen (Bestvariante) in Abstimmung mit den Möglichkeiten im obenliegenden Einzugsgebiet und den anderen oben aufgeführten nicht baulichen Massnahmen zu ermitteln. Mögliche optimale Massnahmenkombinationen mit den daraus resultierenden tragbaren Risiken sind in dieser Projektphase gemäss Kapitel 0 zu erarbeiten und zu dokumentieren.

6.4 Beispiele

Siehe Anhang A:

Nr.	Projektbeispiel	Beispiel zur Phase				
		I	II	III	IV	V
P1	Hochwasserschutz Alpenrhein, Internationale Strecke km 65 - 91	x	x	x		

7 Phase (II): Konzept und Machbarkeit

7.1 Einleitung

In dieser Phase wird das Konzept für das Hochwasserschutzprojekt (bauliche Massnahmen) erarbeitet und dessen Umfang festgelegt. Eine Machbarkeitsstudie zeigt die Realisierbarkeit, bzw. die Machbarkeit des Hochwasserschutzprojekts. Mit einem Variantenstudium wird die Bestvariante ermittelt, welche die Anforderungen und Ansprüche am besten abdeckt.

7.2 Ziele und Produkte

Bezogen auf Längsdämme entlang von Fliessgewässern werden in der Phase II folgende Ziele verfolgt:

- Konkretisierung der Projektziele auf der Basis der Bedürfnisse und Rahmenbedingungen des Auftraggebers
- Analyse der Aufgabe
- Abklären der standortbezogenen Rahmenbedingungen
- Aufzeigen der Systemsicherheit
- Nachweis der Machbarkeit, Aufzeigen möglicher Konfliktsituationen und Handlungsalternativen
- Darstellen von planerischen und gestalterischen Lösungsansätzen
- Variantenstudium mit Ermittlung der Bestvariante (Kriterien und Gewichtung festgelegt) unter Berücksichtigung der diversen Nutzungsansprüche
- Abklären der Notwendigkeit und des Verfahrens für eine allfällig erforderliche UVP
- Kostenschätzung und Überprüfung der Wirtschaftlichkeit (Kosten-Nutzen-Verhältnis)

Idealerweise liegen am Ende der Phase II folgende Dokumente vor:

- Zusammenstellung der Grundlagen und Rahmenbedingungen
- Machbarkeitsbericht
- Entscheid über Notwendigkeit und Verfahren einer UVP
- Bericht zum Variantenstudium inkl. Plandokumentation
- Vereinbarung der Projektziele
- Evtl. Interessensabwägung

7.3 Schwerpunkte

7.3.1 Vereinbarung der Projektziele

Die Vereinbarung der Projektziele hat bei Hochwasserschutzprojekten konzeptuelle Ähnlichkeit mit einer Nutzungsvereinbarung nach SIA-260. In dieser werden die Anforderungen an das Schutzsystem und die einzelnen Schutzbauten festgelegt. Sie bilden die Grundlage für die Erstellung eines Bauwerks. Die in der Phase I anlässlich der Analyse und der Bedürfnisformulierung festgehaltenen Ziele (vgl. Abschnitt 6.3.4) werden hier wieder aufgenommen und konkretisiert. Bei raumgreifenden Anlagen, wie es Hochwasserschutzanlagen sind, kann sich eine Betrachtung der Nutzungsanforderungen nicht nur isoliert auf die rein technischen Ziele und Nutzungsanforderungen konzentrieren. Es ist ebenso der Einbettung der Anlage in Raum und Umwelt Rechnung zu tragen. Somit erhalten sog. Mehrfachnutzungen sowie der Lebensraumaspekt der Anlage prominente Bedeutung.

Die Vereinbarung der Projektziele beinhaltet alle vorgegebenen Nutzungsziele, Bedingungen, Anforderungen und grundlegenden Vorschriften von Seiten der Bauherrschaft für die Projektierung, den Bau und die Nutzung eines Bauwerks. Es müssen mindestens folgende Punkte aufgeführt werden:

- Zweck
- Standort
- Standortbedingungen
- Auslegungsgrundlagen
- Gesetzliche Grundlagen
- Technische Anforderungen und Grundlagen
- Bemessungsgrössen
- Nutzungsdauer und Nutzungsanforderungen

Der Teil der Projektzielvereinbarung, der sich auf die Längsdämme bezieht, hat neben den wasserbaulichen und geotechnischen Angaben weitere Vorgaben zur Berücksichtigung der Raum- und Umweltaspekte sowie der Nebennutzungen zu erbringen:

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

Nutzungsdauer

Die Nutzungsdauer wird von der Bauherrschaft für die einzelnen Bauwerke vorgegeben. Bei Längsdämmen sind dies in der Regel die folgenden Elemente und dazugehörigen Nutzungsdauer:

- Dämme: 100 Jahre
- Dammkrone mit Dammwegen: 20 Jahre
- Uferverbau und Kolkenschutz: 50 Jahre
- Allfällige Entlastungssektionen: 50 Jahre

Dazu sind eine systematische Überwachung und ein laufender Unterhalt erforderlich. Der Unterhalt muss in einem Unterhaltskonzept geregelt werden (Kapitel 10). Ein sachgerechter Unterhalt von Längsdämmen als Bestandteil einer Hochwassersicherungsmassnahme ist zentral. Denn nur durch einen gewährleisteteten und regelmässigen Unterhalt kann der Erhalt der Längsdämme und die Sicherstellung der Schutzwirkung, des Abflussprofils und der ökologischen Werte aufrecht erhalten bleiben.

7.3.2 Schutzkonzept

Das Schutzkonzept des Längsdamms ist so zu entwickeln, dass es bei einer Überbelastung einer Schutzmassnahme nicht zu deren Versagen führt. Hierzu können mehrstufige Schutzkonzepte mit möglichst robustem Verhalten der Längsdämme vorgesehen werden.

Abbildung 7-1 zeigt prinzipiell die Wirkung ein- und mehrstufiger Schutzkonzepte auf die Schadensentwicklung hinsichtlich resultierender Summen. Mehrstufige Schutzkonzepte zeigen bei der Schadensentwicklung in Abhängigkeit von der Belastung ein sehr viel günstigeres Verhalten als einstufige Konzepte. Robuste Schutzbauten führen nicht zu unkontrolliertem Versagen mit sprunghaft ansteigenden Schäden und die vorgesehene Wirkung bleibt auch bei einer Überlas-

tung erhalten. Das bedeutet, dass bei der Erarbeitung von Hochwasserschutzprojekten die Robustheit der Schutzkonzepte und der dazugehörigen Schutzbauten bei deren Überlastung stufengerecht und nachvollziehbar aufzuzeigen sind. Beispielsweise wird ein Uferschutz in Form eines Blocksatzes beim Austrag eines oder weniger Einzelblöcke plötzlich und domino-artig versagen. Demgegenüber wird bei einem Blockwurf das Austragen eines einzelnen Blockes durch Nachrutschen oberliegender Blöcke ausgeglichen und ein Totalversagen des Uferschutz verzögert sich massgeblich.

Bezogen auf Längsdämme können robuste Konzepte beispielsweise überströmbare Dämme beinhalten, bei welchen auch die landseitige Böschung gegen Erosion geschützt ist und/oder seitliche Notentlastungen in einem definierten Abschnitt eines Längsdamms gezielt Wasser aus dem Fliessgewässer ableiten.

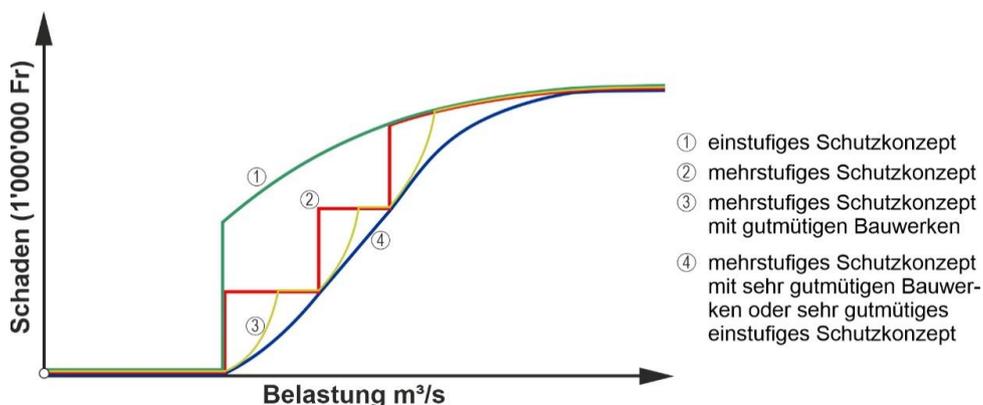


Abbildung 7-1: Schäden in Abhängigkeit des gewählten technischen Schutzkonzeptes.

So können mit überströmbare gestalteten Dammschnitten oder seitlichen Entlastungseinrichtungen gezielt Hochwasserspitzen gekappt und entlastet werden, welche die Abflusskapazität des eingedämmten Gewässers übersteigen. Diese Entlastungen wirken als «Sicherheitsventile» und schützen nicht überflutbar gestaltete Dammsrecken vor einem Überströmen. Solche Dämme würden bei entsprechender Einwirkung infolge Überströmens mit der Zeit erodieren und zu einem unkontrollierten Wasseraustritt führen.

7.3.3 Systemsicherheit

Übergeordnetes Ziel von Schutzmassnahmen muss immer eine sogenannte Systemsicherheit sein. D.h. es geht nicht ausschliesslich um die technische Sicherheit eines einzelnen Schutzbauwerks wie z.B. eines Längsdamms, sondern immer um eine Gesamtbetrachtung im grösseren räumlichen und zeitlichen Rahmen und damit auch um die optimale Kombination von Massnahmen. Der räumliche Rahmen ist bei Hochwasserschutzmassnahmen durch die Flussabschnitte (z.B. zwischen Seen oder Gefällsstufen) und die topographische Kammerung gegeben. Der zeitliche Rahmen spannt sich über die Nutzungs- bzw. Lebensdauer der Schutzbaute unter Berücksichtigung der zeitlichen Veränderung der Randbedingungen und Nutzungsanforderungen. Ein mögliches Konzept zur Gewährleistung einer Systemsicherheit ist in Abbildung 7-2 dargestellt.

Das Konzept basiert auf drei Standbeinen und lehnt sich konzeptuell bewusst an die Richtlinien des BFE an:

- Herstellen eines Sicherheitsniveaus: konstruktive Sicherheit
- Erhalten eines Sicherheitsniveaus über die Lebensdauer: betriebliche Sicherheit
- Überprüfen eines Sicherheitsniveaus: übergeordnete Sicherheit, Notfallplanung

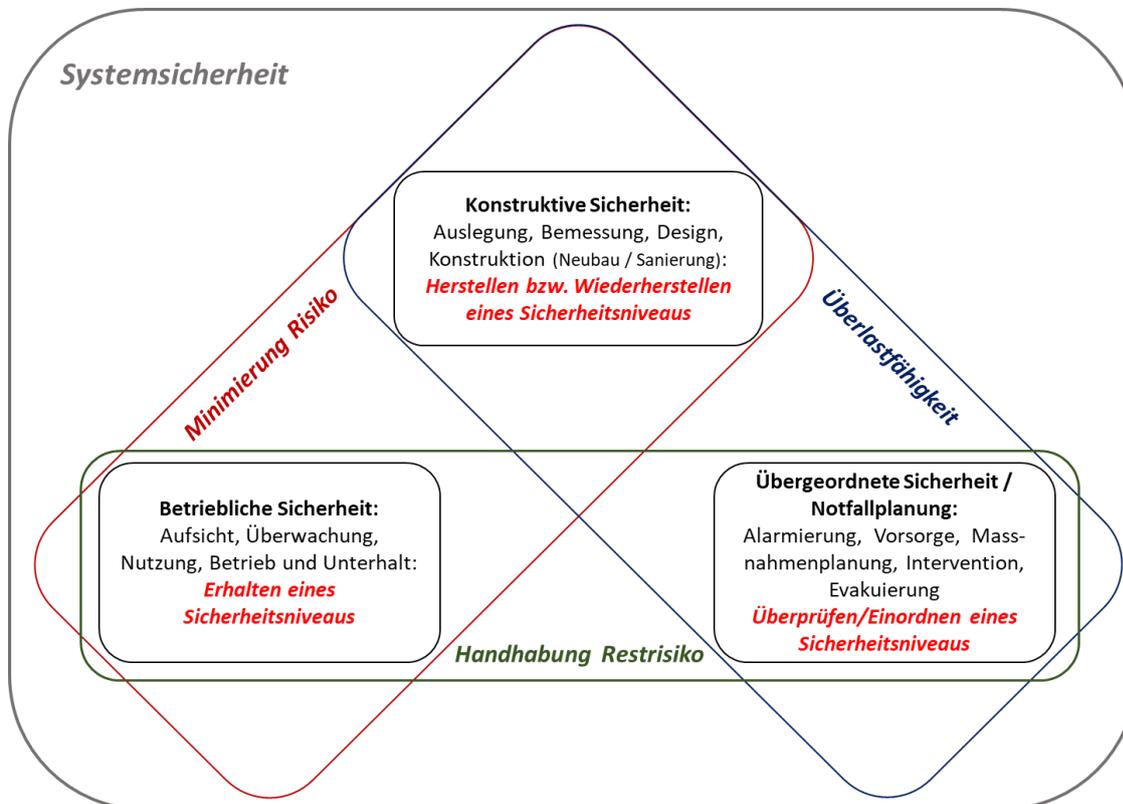


Abbildung 7-2: Grundkonzeption zur Herstellung einer Systemsicherheit. Diese ist immer in einem räumlichen und zeitlichen Kontext zu betrachten (eigene Darstellung).

Mit dem Konzept soll die Systemsicherheit gewährleistet werden, indem mit den Längsdämmen als Schutzbauten:

- [I] das Risiko eines Schadens bis zur oder über der angestrebten Sicherheit minimiert wird
- [II] eine Tragbarkeit des verbleibenden Risikos (bzw. der Umgang damit) erreicht wird, womit
- [III] das gesamte Schutzsystem überlastfähig wird.

Zur Überlastfähigkeit gehört, dass Schutzbauten auf ihre Funktionsfähigkeit und konstruktive Sicherheit bei extremen Ereignissen grösser dem Bemessungshochwasser geprüft werden, d.h. das Verhalten der Massnahmen im Überlastfall muss für extreme Ereignisse untersucht werden. Idealerweise beinhaltet die Überlastfähigkeit auch ein robustes Verhalten. Ein Schutzsystem gilt als robust, wenn eine Überlastung einer Schutzmassnahme nicht zum Versagen der Schutzbaute führt, das Überlasten einer Schutzmassnahme nicht zu unkontrolliertem Versagen mit sprunghaft ansteigenden Schäden führt und die vorgesehene Wirkung auch bei einer Überlastung erhalten bleibt. Wenn ein Längsdamm ein Gebiet mit einem hohen Schadenpotential für Personen, Infrastrukturen und Sachwerten schützt, so bedeutet dies in der Regel, dass er auch bei Überlastung nicht brechen darf, und weiterhin seinen Beitrag zum kontrollierten Hochwasserabfluss leisten muss.

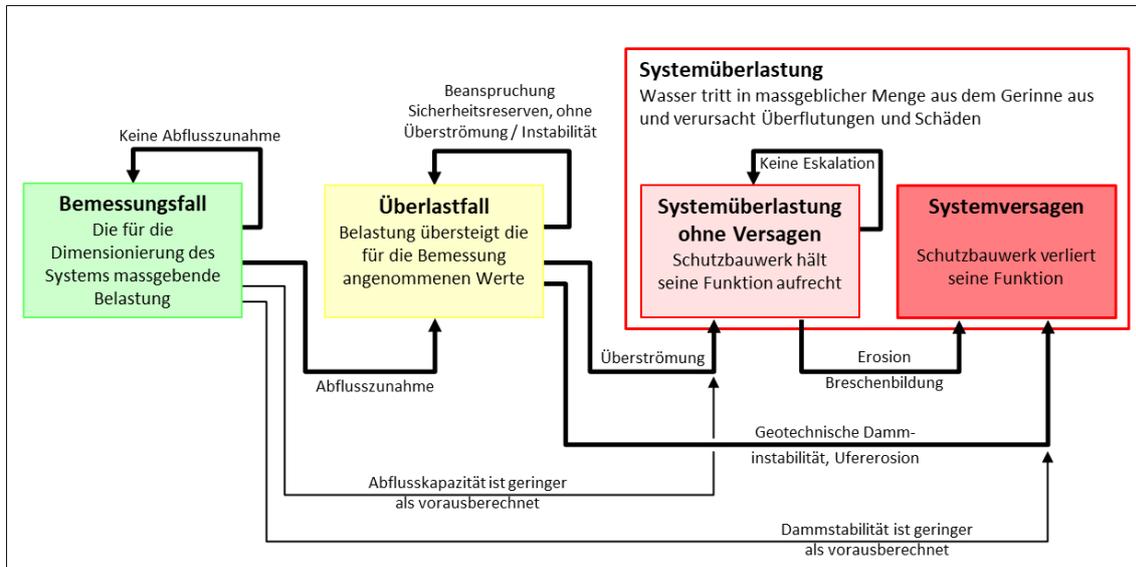


Abbildung 7-3: Konzeptüberlegungen für Auslegung und Bemessung von Längsdämmen (siehe auch Kap. 8). Mögliche Eskalation in einem Hochwasserschutzsystem bei zunehmender Belastung (Niederer + Pozzi Umwelt AG. 2019).

7.3.4 Machbarkeitsstudie

Basierend auf den Projektzielen und den Vorgaben aus der Systemsicherheit sind in einer Machbarkeitsstudie die bauliche, betriebliche und rechtliche Zweckmässigkeit des Hochwasserschutzprojekts zu beurteilen und nachzuweisen.

Unter Berücksichtigung der standortbezogenen Rahmenbedingungen sind insbesondere in Bezug auf die Längsdämme mögliche Lösungsvarianten aufzuzeigen. Bewertungskriterien und deren Gewichtung sind in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber zu definieren und allenfalls in einem partizipativen Prozess zu diskutieren und definitiv festzulegen.

Die Notwendigkeit einer Umweltverträglichkeitsprüfung und gegebenenfalls des anzuwendenden Verfahrens ist zu klären.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie sind folgende Arbeitsschritte in Bezug auf Längsdämme durchzuführen:

- Entwickeln und Darstellen von möglichen Lösungsansätzen
- Abklären von zu erhaltenden Werten
- Abklären von baulichen Massnahmen (siehe auch Abschnitt 6.3.6)
- Überprüfen der Machbarkeit unter den gegebenen Projektzielen
- Bewerten der Lösungsansätze
- Aufzeigen möglicher Konfliktsituationen und Handlungsalternativen
- Kosten und Terminplan

Die Machbarkeitsstudie wird mit einem Bericht und Plänen unter Darstellung der Lösungsansätze dokumentiert. Der Bericht verweist auf die offenen Punkte.

7.3.5 Variantenstudium

In der Phase I (gemäss Abschnitt 6.3.6) sind mögliche und favorisierte Lösungsansätze für bauliche Massnahmen getroffen worden. Im Rahmen eines Variantenstudiums ist die Bestvariante der baulichen Massnahmen zu ermitteln.

Mögliche bauliche Lösungsansätze sind im Kapitel 5 und Abschnitt 6.3.6 bereits aufgeführt worden:

- Neubau der Längsdämme
- Sanierung der Längsdämme
- Erhöhung der Längsdämme
- Abbruch und Ersatzneubau (z.B. Rückversetzung der Längsdämme)
- Abbruch ohne Ersatz mit Längsdämmen
- Gerinne- bzw. Flussaufweitung mit weniger hohen Dämmen oder einem Verzicht auf Dämme
- Kombinationen dieser Massnahmen

Im Variantenstudium können abschnittsweise auch Kombinationen von obigen baulichen Lösungsansätzen untersucht werden. Mit Bezug auf Längsdämme sind folgende alternative und/oder ergänzende Massnahmen und Punkte zu berücksichtigen: Längsverbau versus Querverbau (Buhnen, Leitwerke, Engineered Log Jams (lagestabile Totholzstruktur im Flussraum)), Instream-Massnahmen in Kombination mit Längsdämmen, Notentlastungssektionen, Dammquerschnitte, Dammgeometrie, Dammaufbau, Dammtyp sowie Landbedarf. Je nach den untersuchten Massnahmen müssen auch raumplanerische Massnahmen mitentwickelt werden, z.B. bei Entlastungssektionen mit Überflutungskorridoren.

7.3.6 Variantenwahl

Die Ermittlung der Bestvariante erfolgt mit einer Bewertung der verschiedenen Varianten unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien und entsprechender Gewichtung, wie z.B. Überlastfähigkeit, Umweltaspekte inkl. den Aspekten Grundwasser, Multifunktionalität, soziale Aspekte, Bewirtschaftung, Erholung etc. Hierzu ist eine Interessenabwägung (Raumplanungsgesetzgebung) durchzuführen.

7.4 Beispiele

Siehe Anhang A:

Nr.	Projektbeispiel	Beispiel zur Phase				
		I	II	III	IV	V
P1	Hochwasserschutz Alpenrhein, Internationale Strecke km 65 - 91	x	x	x		
P2	Hochwasserschutz Oberes Reusstal		x			
P3	Hochwasserschutz Pfaffnern		x			
P4	3. Rhonekorrektur – Prioritäre Massnahme von Visp		x	x		
P5	Hochwasserschutz und Renaturierung Aare-Gürbemündung		x	x		
P6	Elbe, Z 8.6 Deichrückverlegung Köllitsch		x	x		
P7	Hochwasserschutz Krummbach		x			x

P8	Hagneckkanal		x			x
P9	Hochwasserschutz Alte Aare		x	x		x
P10	HWS Linth 2000		x	x	x	x

8 Phase (III): Planung und Bewilligung

8.1 Einleitung

Die Phase III umfasst die Projektausarbeitung im klar abgegrenzten Perimeter eines Hochwasserschutzprojektes. Die Arbeiten entsprechen weitgehend den Teilphasen 31 bis 33 nach der SIA Norm 112 Modell Bauplanung.

Mit Bezug auf die Längsdämme zum Zweck des Hochwasserschutzes fokussieren sich die Bearbeitungsschwerpunkte in dieser Phase auf die eigentliche Bemessung und Konstruktion des Bauwerks. Dazu gehören einerseits die Einwirkungen, namentlich die Leiteinwirkungen Hochwasser und Auflasten, andererseits aber dort wo nötig auch die Erdbebenlasten sowie Prozesse, welche die Dauerhaftigkeit des Bauwerks beeinträchtigen könnten wie beispielsweise die Durchsickerung mit Materialtransport («innere Erosion») oder der Bewuchs. Im Weiteren wird die Dammgestaltung signifikant von den zugelassenen Nebennutzungen (Verkehr, Wald, Landwirtschaft, Freizeitnutzung, Netzinfrastrukturen) sowie den damm-spezifischen Umwelt- bzw. Lebensraumaspekten bestimmt.

Ergänzende Empfehlungen für die Bemessung und Konstruktion sind in der Fachpublikation «Kleine Stauanlagen» (STK. 2024) einsehbar.

8.2 Ziele und Produkte

Das Ziel der Phase III ist es, ein rechtsgültig bewilligtes Projekt für die Dammbauwerke innerhalb eines Hochwasserschutzprojekts zu erlangen. Die Mindestanforderung an ein Projekt für den Erhalt einer potenziellen Projektbewilligung sind:

- Parzellenschärfe (eigentumsrechtliche Aspekte)
- Bewilligungsfähigkeit (Gesetzeskonformität u.a. in Bezug auf Umweltauswirkungen)
- Kostengenauigkeit (Ausarbeitungstiefe eines Projekts)

Bei raumgreifenden Projekten ist zudem die politische und gesellschaftliche Akzeptanz von Bauwerken bedeutsam. Betreffend Neubauten und Ertüchtigungen/Sanierungen von Längsdämmen ist die bautechnische und bauverfahrensmässige Projektausarbeitung eine Konsequenz des Anspruchs an die Kostengenauigkeit, welche für Tiefbauten in der Schweiz in der Phase Bau- und Auflageprojekt typischerweise +/-10 % beträgt. Alternativ existieren Konzepte, in denen die Erstellungskosten sowie näher konkretisierte Risikokosten separat abgewogen werden. Aber auch dies bedingt eine entsprechende technische Bearbeitungstiefe.

Als Produkt dieser Phase ist ein vollständiges Dossier des Bau- und Auflageprojekts mit allen notwendigen Berichten und Plänen zu erstellen, welches die gesetzlichen Anforderungen erfüllt (Wasserbaugesetze von Bund und Kantonen, Umweltschutzgesetz (USG) (SR 814.01), Gewässerschutzgesetz (GschG) (SR 814.20) sowie zugehörige Verordnungen und Vollzugshilfen) und den normativen Ansprüchen genügt.

Zu erwähnen ist, dass grössere Hochwasserschutzprojekte ab einer Bausumme von CHF 10 Mio. UVP-pflichtig sind (Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV), SR 814.011). Auch bei kleineren Projekten wird im Wasserbau häufig ein Bericht zu den Umweltauswirkungen verlangt.

8.3 Schwerpunkte

8.3.1 Bemessungsgrundlagen

Die Wirkung und Beanspruchung von Längsdämmen entlang freier Flussstrecken und von Flussstauhaltungen sind miteinander vergleichbar, solange der zeitliche Aspekt der massgeblichen Einwirkung «Wasser» vernachlässigt wird. Folglich soll die Dammauslegung, die Bemessung und die Gestaltung der beiden Dammarten (Längs- und Flussstauhaltungsdämme) unabhängig von der regulativen Abgrenzung konsistent und vergleichbar sein.

Bei den Überlegungen zur Abgrenzung zwischen Hochwasserschutz- und Stauhaltungsdämmen ist auch die erwähnte Zeitdauer der Beanspruchung der Dämme relevant. Während die Stauhaltungsdämme, d.h. die Dämme, welche oberwasserseitig einer Wehranlage dauerhaft eingestaut sind und sich eine mehr oder weniger stationäre Sickerlinie durch den Damm einstellt, werden die reinen Hochwasserschutzdämme vergleichsweise kurzzeitig, d.h. nur während eines Hochwasserabflusses, beansprucht. Demzufolge kann sich je nach Hochwasserdauer bei diesen Dämmen nicht immer eine stationäre Sickerlinie im Dammkörper einstellen.

Diese Zeitaspekte sind bei der Auslegung und Bemessung der Längsdämme entsprechend zu berücksichtigen. Sie machen zudem deutlich, dass je nach Situation Längs- und Stauhaltungsdämme fließend ineinander übergehen können, was eben eine vergleichbare und konsistente Bau- und Betriebsweise erfordert.

Zu erwähnen ist, dass zu Gestaltung, Konstruktion und Bemessung von Längsdämmen eine grosse Menge an Fachliteratur besteht, so dass im vorliegenden Leitfaden in zusammengefasster Form nur ausgewählte Punkte behandelt werden, die gemäss den Erfahrungen der Autoren für die Anforderungen an Längsdämme in der Schweiz typisch sind. Für weitergehende Informationen zu den technischen Aspekten von Längsdämmen wird namentlich auf die SIA-Norm 267 (SIA 267. 2013), die Merkblätter der DWA (DWA. 2011) und der BAW (BAW. 2011), das International Levee Handbook (CIRIA. 2013) sowie auf die Standards des USACE (z.B. USACE. 2000, 2004) und des USBR (USBR. 1987) verwiesen. Im Zuge der Vorarbeiten für den Leitfaden wurde eine breite Literaturrecherche vorgenommen, die im Anhang dokumentiert ist.

8.3.2 Bemessungshochwasser, Überlastfälle und Freibord

Der hydraulischen Bemessung und Auslegung von Hochwasserschutzbauten an Fliessgewässern liegt in der Schweiz häufig das folgende Konzept zugrunde (siehe auch Abschnitt 7.2).

Es wird ein Bemessungsabfluss HQ_B (oder HQ_{dim}) festgelegt, für den ein vollständiger Schutz zu gewährleisten ist. Der Bemessungsabfluss kann gestützt auf Eintretenswahrscheinlichkeiten abgeleitet werden. Zur Sicherstellung des vollständigen Schutzes wird auf die Wasserspiegellage des Bemessungsabflusses ein Freibord aufgerechnet. Die KOHS der hydrosuisse hat Ansätze entwickelt, wie das Freibord je nach Situation berechnet werden kann (KOHS, 2013).

- (1) Für Abflüsse, die über dem Bemessungsabfluss liegen, kann ein reduzierter Schutz zugelassen werden (vermindertes Freibord oder bordvoller Abfluss).
- (2) Weiter werden sog. Überlastfälle (ÜLF) betrachtet, die aufgrund ausserordentlicher Situationen auftreten könnten (Extremszenarien). Solche Situationen sind für eine Dammauslegung immer zu berücksichtigen und erfordern möglicherweise Entlastungssektionen (überströmbare Abschnitte oder regulierte Entlastungen). Der Umgang mit Überlastsituationen, die u.a.

durch Klimaveränderungen begünstigt werden, ist auch ausserhalb der eigentlichen Längsdämme sicherzustellen (Flutkorridore, rückwärtige Dämme / Sekundärdämme, Notfall- und Interventionsplanung).

Für die Konstruktion von Längsdämmen und deren Bemessung ist nun relevant, welcher sogenannte Belastungswasserspiegel in welcher Bemessungssituation mit welchen für die geotechnische Bemessung relevanten Sicherheitsfaktoren angesetzt wird. Mögliche Ansätze sind in Abschnitt 835.3.5 dargelegt.

8.3.3 Baugrund und Baumaterial

Von zentraler Bedeutung für die Projektierung von Längsdämmen sind:

- Fundierte und belastbare Angaben zum Baugrund
- Verbindliche Spezifikationen der für den Dammaufbau und den Schutz der Dämme zu verwendenden Materialien.

Die Abklärungen zum Baugrund und die Ermittlung der notwendigen Bodenkennwerte sind zentraler Bestandteil der Grundlagenenerhebung (siehe Abschnitt 6.3.5). Konzise Materialspezifikationen werden bei der Bearbeitung des Bauprojekts im Zuge der Bemessung und Konstruktion detailliert festgelegt und in der Ausschreibung der Baumeisterarbeiten verbindlich verankert (vgl. Abschnitt 9.3.1).

In der Fachpublikation «Kleine Stauanlagen» des Schweizerischen Talsperrenkomitees (STK, 2024) sind für die Schweizer Verhältnisse geeignete Angaben zum Vorgehen und den Anforderungen bei Baugrunduntersuchungen sowie zu den Materialspezifikationen zu finden, weshalb hier auf weitere Ausführungen verzichtet wird. Weiterführende Angaben sind zudem im International Levee Handbook (CIRIA, 2013) zu finden.

8.3.4 Versagensmechanismen

Hinsichtlich möglicher Schadensszenarien verdient vorweg die Baugrundsituation ein spezielles Augenmerk. Die Gewässer mit grossem Schadenspotential liegen in der Schweiz generell in Tälern mit kiesiger oder kiesig-sandiger Sohle, die eine vergleichsweise hohe Durchlässigkeit aufweisen und eingetieft in Alluvionen verlaufen. Ausserhalb des eigentlichen Gewässers sind die Alluvionen häufig durch feinkörnige Schwemmsedimente überdeckt, die von früheren, postglazialen Ausuferungen stammen und in der Regel eher eine niedrige Durchlässigkeit aufweisen. Je nach Situation können diese Ablagerung gar nicht vorhanden oder sehr wenig mächtig sein. Häufig haben sie jedoch Mächtigkeiten von wenigen Metern. Ein für die Schweiz typisches Querprofil von Hochwasserschutzdämmen ist in Abbildung 8-1 dargestellt.

Bedingt durch diese Situation führt die Hochwassereinwirkung zu zwei massgebenden Auswirkungen:

- Die Durchsickerung des Dammkörpers mit Auswirkungen auf die Böschungstabilität der Dämme auf der Landseite (primär) und später beim abklingenden Hochwasser auch auf der Wasserseite.
- Ein Porenwasserüberdruck (Auftrieb) in den durch die Deckschicht (Schwemmsedimente) abgedeckten Alluvionen, der durch die relativ undurchlässige Deckschicht abgebaut wird. Bei geringer Deckschichtmächtigkeit oder zu geringer Auflast auf der Deckschicht kann diese Situation zu einem hydraulischen Grundbruch führen, der ein weiteres Stabilitätsversagen des Dammes oder des landseitigen Dammfusses auslösen kann. Wie in Abbildung

8-1 leicht zu erkennen ist, tritt dieser Grundbruch im Bereich des Dammfusses auf, wo in der Regel eine geringe Überdeckung der Deckschicht besteht.

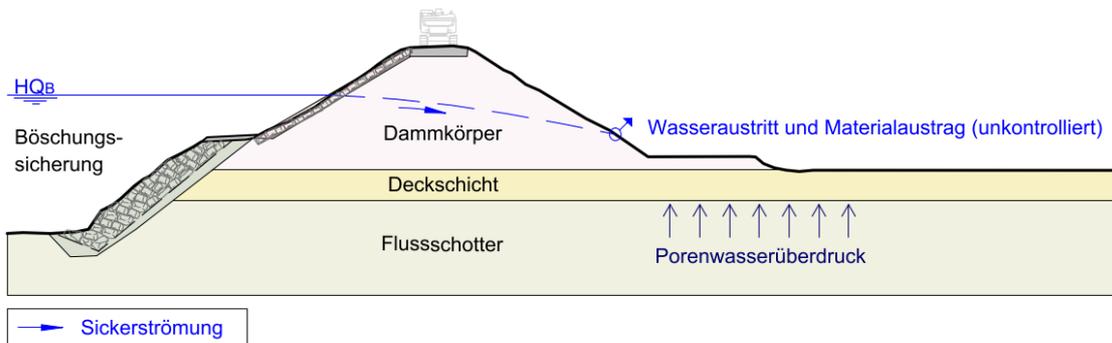


Abbildung 8-1 Querprofil eines Hochwasserschutzdamms auf typischem Baugrund der Talflüsse im Schweizer Mittelland (Beispiel Alpenrhein).

Für Längsdämme entlang kiesführender Flüsse wie oben skizziert, sind folgende Schadensszenarien möglich und bei deren Konstruktion sowie Bemessung zu berücksichtigen. Dies gilt sowohl bei einem Dammeubau aber auch bei einer Sanierung/Ertüchtigung eines bestehenden Dammes.

- 1) Beeinträchtigung der Dammoberfläche mit Verletzung der Dammintegrität durch äussere Einwirkung mit oder ohne Breschenbildung:
 - a) Überströmen und äussere Erosion landseitig mit anschliessender Breschenbildung
 - b) Kolkbildung, mit oder ohne Stabilitätsversagen und Breschenbildung (Auslösung des Stabilitätsversagens als Folge der Ufererosion)
 - c) Windwurf und Anprall
- 2) Stabilitätsversagen mit Breschenbildung durch Überschreiten des inneren Tragwiderstands:
 - a) Böschungsversagen auf der Landseite (lokal oder grossräumig), infolge Auflast, Sickerströmung, Erbeben oder Erosion, sowie ausgelöst durch einen hydraulischen Grundbruch am Dammfuss.
 - b) Böschungsversagen auf der Wasserseite (lokal oder grossräumig) infolge Auflast, Erdbeben, Erosion sowie Sickerströmung bei schnell absinkenden Hochwasserabflüssen
 - c) Auftrieb und hydraulischer Grundbruch (v.a. am Dammfuss)
 - d) Durch Materialtransport und innere Erosion verursachter Versagensprozess, mit oder ohne Breschenbildung
- 3) Schwächung des inneren Tragwiderstands (ohne Stabilitätsversagen oder Breschenbildung):
 - a) Sickerwasseraustritte an der landseitigen Böschung und am Dammfuss
 - b) Materialtransport und innere Erosion
 - c) Erdbeben
 - d) Setzungen (v.a. bei Neubauten auf nicht vorbelastetem Untergrund) mit Bezug zu den SIA-Normen 260, 261 und 267 sind die obigen Versagensmechanismen den

Grenzzuständen 1 und 3 zuzuordnen, solange sie Tragfähigkeitsaspekte wie Stabilitätsprobleme und hydraulischen Grundbruch betreffen (bei Stützmauern kommt auch Typ 2 dazu). Oder aber sie sind im Rahmen der Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit zu behandeln (z.B., äussere und innere Erosion). Die oben dargelegten Versagensmechanismen sind in den nachfolgenden

- e) Abbildung 8-2 schematisch dargestellt. Boden- und Dammaufbau entsprechen jeweils der Situation am Alpenrhein. Sie können aber stellvertretend für die anderen grossen Schweizer Talflüsse betrachtet werden. Auch an der Aare, der Reuss, der Limmat, der Sense, der Emme, der Kleinen Emme, der Rhone oder der Thur sind ähnliche Verhältnisse anzutreffen. Bei bindigen Böden kann Stabilitätsversagen auch durch Bodenverflüssigung infolge transienter Lasten v.a. bei Erdbeben auftreten (siehe Abschnitt 8.3.5).

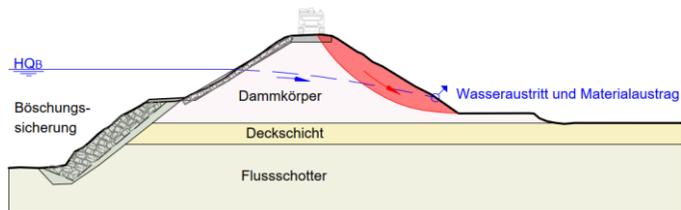
8.3.5 Dammbemessung / Lastfälle

Für die Dammbemessung bezüglich Stabilitätsversagen und die dazugehörigen geotechnischen Nachweise bestehen zwei verbreitete Vorgehensweisen und Methoden:

- (1) Für die Bemessung ist in der Schweiz die SIA-Norm 267 «Geotechnik» mit beiden Grundlage-Normen SIA 260 und SIA 261 relevant. Sie geben ein Nachweiskonzept auf dem sogenannten Bemessungsniveau vor, mit der Abminderung auf der Widerstandseite und Sicherheitszuschlägen auf der Last bzw. Einwirkungsseite (sog. Partialfaktoren). Ein solches Konzept auf Bemessungsniveau eignet sich bei Berechnungsansätzen nach der allgemeinen Lamellenmethode (allg. Gleitfläche) oder nach Janbu und Bishop (Gleitkreise), die in verschiedenen geotechnischen Programmen implementiert sind.
- (2) Weiter und inzwischen für etwas komplexere Situationen breit angewendet, ist die Bemessung mittels Finite-Elemente Berechnungen (FE) und einem geeigneten Materialgesetz (z.B. Mohr-Coulomb) und der Sickerströmung als Potentialfeld. Dabei wird ausgehend von den charakteristischen Bodenkennwerten z.B. über eine j'/c -Reduktion ein pauschaler Sicherheitsfaktor (FS) ermittelt.

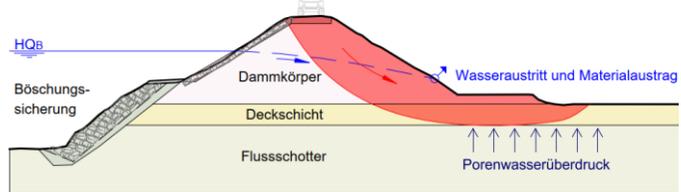
Für die Stabilitätsnachweise sind die massgeblichen, ungünstigen Porenwasserdrücke anzusetzen, in feinkörnigen Böden ist mit gesättigtem Zustand zu rechnen. Je nach Situation sind auch andere Bemessungsansätze und Berechnungsmethoden angezeigt, für welche aber auf die spezifische Fachliteratur verwiesen wird. Weiter bedeutsam sind die Zeitverhältnisse, die je nach Hochwasser- und Dammsituation eine differenziertere Betrachtung verlangen:

- Bei geotechnischen Bemessungen und Nachweisen wird i.d.R. von einer dauerhaften Belastung durch Hochwasser und entsprechend von einer stationären Sickerströmung ausgegangen. Häufig führt dieser Ansatz zu einer konservativen Bemessung der Dämme. Gerade bei Voralpenflüssen können Hochwasserspitzen nur wenige Stunden dauern, womit sich nicht immer eine stationäre Sickerströmung einstellt.
- Bei abklingenden Hochwässern kann der stationäre Ansatz aber auch ein mögliches Stabilitätsrisiko unterschätzen: Bei einem schnell absinken Wasserspiegel kehrt der Gradient der Sickerströmung von der Landseite gegen den Fluss hin, was die wasserseitige Böschungstabilität beeinträchtigen kann.



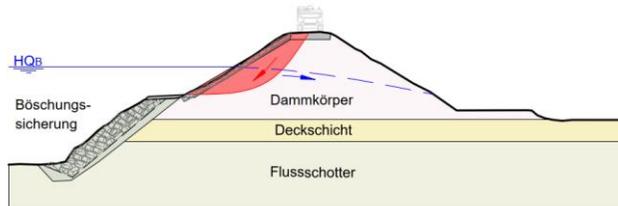
→ Sickerströmung

a) Stabilitätsversagen landseitig



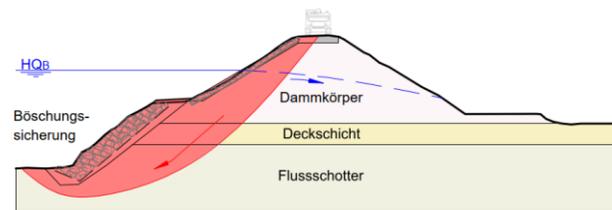
→ Sickerströmung

b) Böschungsgrundbruch landseitig



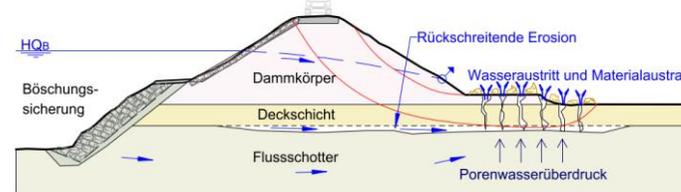
→ Sickerströmung

c) Stabilitätsversagen wasserseitig



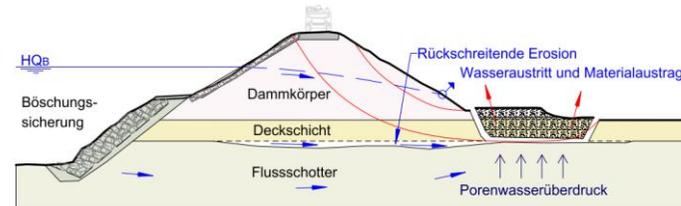
→ Sickerströmung

d) Stabilitätsversagen wasserseitig



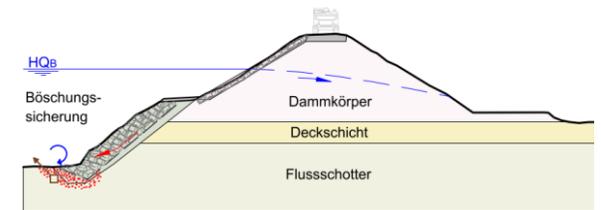
→ Sickerströmung

e) Wasseraustritte (u.a. inf. Piping), Schwächung Dammfuss



→ Sickerströmung

f) Hydraulischer Grundbruch

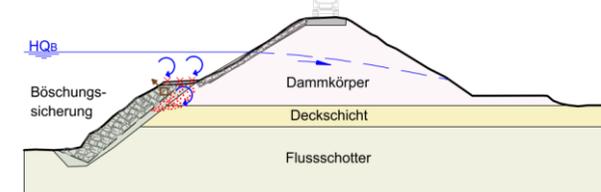


→ Sickerströmung

Materialaustrag

Erosion / Kolk

g) Unterkolkung Vorgrund

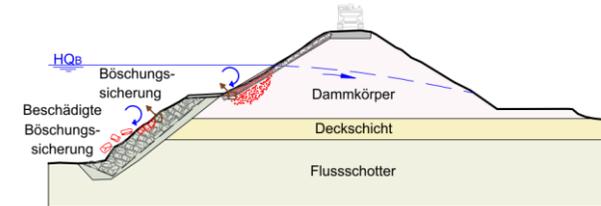


→ Sickerströmung

Materialaustrag

Erosion / Kolk

h) Hinterspülung Böschungssicherung



→ Sickerströmung

Materialaustrag

Erosion / Kolk

i) Versagen Ufer- bzw. Böschungssicherung

Abbildung 8-2: Schadensbilder und Versagensmechanismen bei Längsdämmen (Beispiel Dämme Alpenrhein).

Zentral bei der Bemessung von Hochwasserschutzdämmen sind folgende Schritte

- I. Die Festlegung eines Belastungswasserspiegels, der die Exposition der Längsdämme durch Hochwasserabflüsse unter Berücksichtigung eines hydraulischen Freibords berücksichtigt. Der Belastungswasserspiegel ist derjenige Wasserstand auf der Wasserseite des Dammes, welcher für die Bemessung der geotechnischen Stabilität (Dammkörper) und der Uferstabilität (Uferschutz) zur Anwendung kommt. Zudem soll das Freibord die Unsicherheiten und Unschärfen bei der Bestimmung des Bemessungswasserspiegels abdecken. Der Belastungswasserspiegel kann sich am hydraulischen Bemessungswasserspiegel oder der Schutzkote (Bemessungswasserspiegel mit Freibord) oder auch an den Wasserspiegeln der Extremabflüsse orientieren. Wie er dies tut, ist situativ festzulegen (siehe dazu auch III.).
- II. Festlegung der weiteren Einwirkungen, v.a. der Auflasten (Verkehr, Bauwerke, Schnee etc.) aber auch der Erbebeneinwirkung.
- III. Die Festlegung von risikobasierten Sicherheitsfaktoren. Ein Bemessungsabfluss muss eine höhere Sicherheit aufweisen als ein seltenes Extremereignis. Die Wahl der Sicherheitsfaktoren bzw. der Lastbeiwerte nach SIA ist auf die jeweiligen Belastungswasserspiegel abzustimmen. Dabei sei folgendes erwähnt: Sicherheits- oder Lastfaktor und das angesetzte Freibord dienen beide dazu, die Unsicherheit des Belastungswasserspiegel zu erfassen; wie diese beiden „Sicherheitsmargen“ aufeinander abzustimmen sind, verlangt grundsätzlich eine situative Abwägung der Eintretenswahrscheinlichkeiten und Risiken.
- IV. Wahl der Baumaterialien bzw. Festlegung der Eigenschaften der Baumaterialien, so dass die äussere und innere Integrität des Bauwerks Längsdamm dauerhaft gewährleistet ist (Materialkennwerte der Dammbaumaterialien unter Berücksichtigung der Filterkriterien, des Ufer- und Böschungsschutzes und der weiteren Dammoberflächen).

Diese Grundsätze gelten sowohl für neue Dämme als auch für Dammsanierungen. Wie ein Bemessungskonzept für Hochwasserschutzdämme aussehen kann, ist nachfolgend beispielhaft skizziert. Die Festlegung des erforderlichen Freibords f_e für einen vollständigen Schutz beim Bemessungsabfluss (HQ_B) richtet sich nach der Empfehlung der KOHS «Freibord bei Hochwasserschutzprojekten» (KOHS, 2013). Ein reduzierter Schutz und damit ein reduziertes Freibord $f_{e,red}$ in Extremabfluss- (HQ_E) oder Überlastsituationen ist projektspezifisch festzulegen. In Überlastsituationen kann der Damm auch überströmt werden, wenn die Integrität des Bauwerkes und/oder die Sicherheit des gesamten Hochwassersystems erhalten bleiben. Dieses Konzept ist Teil der Vereinbarung der Projektziele, d.h. der Nutzungsvereinbarung für die Dammbauten.

- Bemessungsereignis HQ_B : $WSP_{Bel} = WSP_{HQ_B} + f_e$
- Extremereignis HQ_E : $WSP_{Bel} = WSP_{HQ_E} + f_{e,red}$ oder Dammkrone bzw. Überströmhöhe

Auf Basis der Belastungswasserspiegel lassen sich nun zusammen mit den weiteren Einwirkungen (Verkehrslasten, weitere Auflasten, Erdbeben etc.) Bemessungssituationen und Bemessungsniveaus ableiten sowie die jeweiligen Sicherheitsfaktoren definieren. Ein Beispiel ist nachfolgend gegeben.

I) Bemessungsniveau der Dämme

- $WSP_{Bel} = WSP_{HQ_B} + f_e$ (volles Freibord)
- Verkehrslast = häufig z.B. 40 t auf eine Einwirkungsfläche verteilt
- Vollständiger Schutz und entsprechend volle Sicherheiten
 - Charakteristische Berechnung (FEM): $FS_{global} \geq 1.5$ z.B. ermittelt über eine j'/c Reduktion
 - Bemessungsniveau nach SIA-Norm: $\gamma_{R,Bem} \geq 1.2$ Partialfaktoren, $\gamma_Q = 1.30$ für Verkehrslast

II) Niveau Extremereignis (Extreme Hochwasserabflüsse) oder anderweitige Maximalbelastung

- WSP_{Bel} = $WSP_{HQE} + f_{e,red}$ oder Wasserspiegel auf Niveau Dammkrone bzw. Überströmhöhe
- Verkehrslast = 5 t (Auflast reduziert, als Beispiel) oder keine Verkehrslast
- Reduzierter Schutz und damit reduzierte Sicherheiten:
 - Charakteristische Berechnung (FEM): $FS_{global} \geq 1.3$ z.B. ermittelt über eine j'/c Reduktion
 - Bemessungsniveau nach SIA-Norm: $\gamma_{R,Bem} \geq 1.1$ Partialfaktoren, $\gamma_Q = 1.00$ für Verkehrslast
 - Sollten tiefere Sicherheiten angesetzt werden, sind die Versagensgefahr und die Versagensauswirkungen näher abzuschätzen und es ist eine Risikoabwägung vorzunehmen

Im obigen Beispiel nicht adressiert, sind folgende Bemessungssituationen, die noch besonders zu berücksichtigen sind:

Hydraulischer Grundbruch: Hier erfolgen die Nachweise i.a. nach SIA 267 mit einem hydraulischen Gradienten, der durch das Bemessungs- bzw. das Extremereignis bestimmt wird. Eine allfällige Abminderung der Sicherheitsfaktoren für das Extremereignis (entsprechend obigem Konzept) wird nur aufgrund sorgfältiger Risikoanalyse empfohlen, da ein hydraulischer Grundbruch zusätzlich Stabilitätsversagen auslösen kann.

Ufersicherung und Böschungsschutz: Die Schutzmassnahmen an der Strömungsberandung entlang der Längsdämme und namentlich im wasserseitigen Dammfussbereich (Vorgrund) sind für die massgebliche Strömungssituation festzulegen und zu bemessen (Blockwurf / Blocksatz, Bühnen, biologischer Verbau, etc.). Dabei sind v.a. auch die räumlichen Strömungsstrukturen zu berücksichtigen (Querströmungen, Wirbel, Kolke).

Erdbeben: Die Erdbebenbemessung der Längsdämme erfolgt anhand der aktuellen SIA-Normen 261 und 267. I.a. werden das Ersatzkraftverfahren oder verformungsbasierte Verfahren (z.B. nach Makdisi & Seed oder Newmark) angewandt. Dort wo die Dämme auf feinkörnigen, teilweise bindigen Deckschichten aus Schwemmsedimenten stehen, ist nachzuweisen, dass keine Bodenverflüssigung auftritt, die zusätzlich die Dammstabilität beeinträchtigt. Weiter sei darauf hingewiesen, dass beim Lastfall Erdbeben nicht immer die hohen Wasserspiegel massgebend sind, sondern jene, bei denen die stabilisierenden (rückhaltenden) Dammteile unter Auftrieb stehen.

Materialtransport durch Sickerströmungen (innere Erosion, Piping, usw.): Bei der Überprüfung bestehender Dämme, ist auch die Sicherheit gegen den inneren Materialtransport bei der Durchsickerung und der Unterströmung des Dammkörpers zu überprüfen. Bei neuen Dammbauten ist die Konstruktion so zu wählen, dass diese Prozesse z.B. durch geeignete Drainagen und die Einhaltung der Filterkriterien nachhaltig verhindert werden (vgl. dazu Abschnitt 8.3.6). Ganz besonders gefährdet und deshalb zu berücksichtigen sind dabei die Sickerwege entlang von Damm-querenden Werkleitungen.

Bestehende Längsdämme: Die Überprüfung der Sicherheit bestehender Bauwerke kann nach der SIA 269 «Erhaltung von Bauwerken» und namentlich der Teile 269/1 (Einwirkungen), 269/7 (Geotechnik) und 269/8 (Erdbeben) vorgenommen werden.

8.3.6 Geotechnische Dammkonstruktion

Da die meisten Hochwasserschutzdämme entlang Schweizer Fliessgewässern aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts und der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts stammen, sind Dammsanierungen häufiger als Neubauten. Solche sind v.a. dann erforderlich, wenn im Zuge einer Gewässerrevitalisierung ein Hochwasserschutzdamm zurückversetzt und neu gebaut wird (sog. Dammrückung). Der vorliegende Abschnitt gibt einige Beispiele für die Bauweisen neuer

Dämme sowie über die verbreitet angewandten Massnahmen zur Dammsanierung. Bei der Sanierung von Bestandsdämmen ist die teilweise sehr grosse Heterogenität der historischen Dammbaumaterialien bei der Festlegung der Materialeigenschaften der Sanierungsbauten und -materialien zu berücksichtigen (siehe z.B. STK. 2024).

Dammneubau

Solange die Platzverhältnisse ausreichend sind, werden aus morphologischen, ökologischen, technischen, baugelastischen Gründen und zur einfacheren Bewirtschaftung eher Dämme mit flachen Böschungen bevorzugt. Solche Dämme weisen in der Regel eine höhere Standsicherheit sowie eine bessere Erosionssicherheit beim Überströmen auf. In der Schweiz wird eine Böschungsneigung von beidseitig 1:3 empfohlen. Eine solche Neigung erlaubt die Verwendung von geeignetem, nicht aufbereitetem Schüttmaterial, bietet Raum für die terrestrische Längsvernetzung und ermöglicht den maschinellen Unterhalt. Weiter ist der Strömungsangriff auf flache Böschungen vergleichsweise geringer, so dass ein leichter Uferschutz gewählt werden kann. Häufig finden die folgenden Bautypen Anwendung:

- Homogene Erddämme mit Dammfussfilter (
- Abbildung 8-3)
- Zonierte Dämme mit Dicht- und Stützkörper sowie Dammfussfilter (Abbildung 8-4)

Gerade wenn Dämme teilweise oder ganz auf feinkörnigen Deckschichtmaterialien (Überschwemmungssedimente) zu liegen kommen, ist zu gewährleisten, dass am Dammfuss kein hydraulischer Grundbruch auftreten kann. D.h. dass entweder die Deckschicht genügend mächtig und/oder genügend überdeckt sein muss, oder dass der Dammfussfilter eine Entlastung des Porenwasserdrucks unter der Deckschicht durch einen direkten Anschluss an die darunter liegenden Alluvionen gewährleistet. Im Falle eines geplanten Wuhrweges ist dieser auch gegen Erosion zu schützen.

Die Abbildung 8-3 zeigt das Beispiel der geotechnischen Normalie eines homogenen Schüttdamms auf Deckschichtmaterial mit Dammfussfilter und Anschluss an die darunter liegenden Alluvionen.

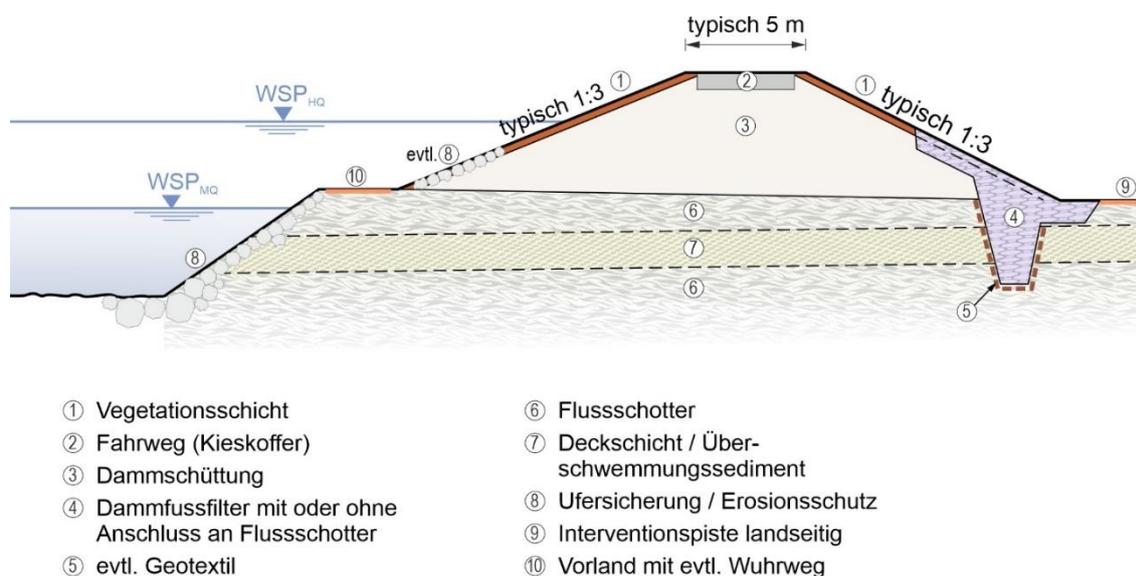
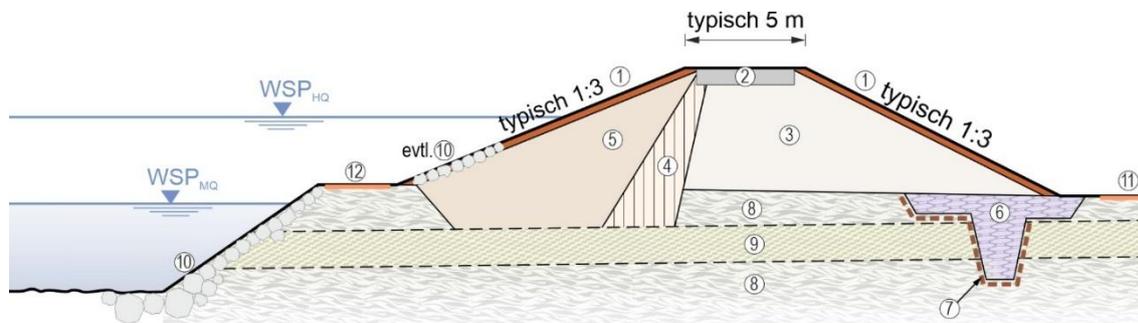


Abbildung 8-3: Schematisches Normalprofil eines homogenen Erddamms mit Dammfussfilter.

In Abbildung 8-4 ist eine mögliche geotechnischen Normalie eines zonierten Damms mit Dichtkörper, Trennschicht und Stützkörper dargestellt, bei gleichem, geschichtetem Untergrund und ebenfalls mit Anschluss an die Flussschotter.



- | | |
|---|---------------------------------|
| ① Vegetationsschicht | ⑦ evtl. Geotextil |
| ② Fahrweg (Kieskoffer) | ⑧ Flussschotter |
| ③ Stützkörper (oft Flussschotter) | ⑨ Deckschicht / Schwemmsediment |
| ④ Trennschicht (Filterschicht) | ⑩ Ufersicherung |
| ⑤ Dichtkörper (oft Deckschichtmaterial) | ⑪ Interventionspiste landseitig |
| ⑥ Dammfussfilter, je nach Deckschichtmächtigkeit mit oder ohne Anschluss an Flussschotter | ⑫ Vorland mit evtl. Wuhrweg |

Abbildung 8-4: Schematisches Normalprofil eines zonierten Längsdamms.

In dem Zusammenhang wird auf die Ausführungen zum inneren Materialtransport und zur inneren Erosion am Ende von Abschnitt 8.3.5 hingewiesen. Dammkörper müssen filterstabil aufgebaut sein, so dass ein Materialtransport bzw. eine innere Erosion dauerhaft verhindert werden kann. Wenn neue Dämme auf setzungsempfindlichem Untergrund (z.B. tonige Schwemmsedimente) zu liegen kommen, so sind die Grösse und der zeitliche Verlauf der Setzung näher zu untersuchen. Zudem ist der Damm angemessen zu überschütten.

Dammsanierungen

Ausgelöst durch die Hochwasser 1987, 1999, 2000, 2005, 2007 haben sich an verschiedenen, häufig über hundert Jahre alten Dammbauten entlang der Schweizer Talflüssen Defizite gezeigt. Dies nicht nur bezüglich deren Höhen, sondern v.a. auch bezüglich der Integrität des Bauwerks (Rutschungen, lokale Breschen, Durchsickerungen mit Materialtransport). Diese Feststellung hat verschiedene Sanierungsprojekte (u.a. Escher- und Linthkanal, Aare, Alpenrhein, Rhone, Reuss, Emme und Thur) ausgelöst, die in den letzten Jahren sukzessive realisiert wurden oder noch in Arbeit sind. Dabei haben sich für die Baugrundsituation bei geschiebeführenden Flüssen die folgenden landseitigen Sanierungsmassnahmen herausgeschält:

- Dammapflachung und Auflastfilter (bei ausreichenden Platzverhältnissen)
- Materialersatz oder landseitige Stützkonstruktion (bei eingegengten Platzverhältnissen)
- Sanierung mit Dichtwand (bei eingegengten Platzverhältnissen und Materialaustrag)

Die verschiedenen Sanierungsmethoden sind in den Abbildungen 8-5 bis 8-8 im geotechnischen Querprofil dargestellt. Wenn es die Platzverhältnisse erlauben, so erweist sich häufig die Dammabflachung mit Auflastfilter als Methode der Wahl. Sie bietet folgende Vorteile:

- Einfache, robuste und i.a. kostengünstige Lösung (einfache Bauvorgänge, günstige Baumaterialien)
- Verbesserung und Traglasterrhöhung der Zugänge zur und auf der Dammkrone sowie am Dammfuss
- Vereinfachter Unterhalt und Bewirtschaftung sowie verbesserte Interventionsmöglichkeiten
- Schaffung von terrestrischen Lebensräumen inkl. teilweise Zulassung einer Bestockung

Die technischen Lösungen Materialersatz und oder Stützmauer sowie die Lösung mit einer Dichtwand sind i.a. teurer und stellen höhere Anforderungen an die Bauausführung. Sie sollten v.a. dann zur Anwendung kommen, wenn es die spezifische Situation verlangt. Dies kann aufgrund beengter Platzverhältnisse sein oder weil der Zustand des bestehenden Damms eine solche Lösung erfordert.

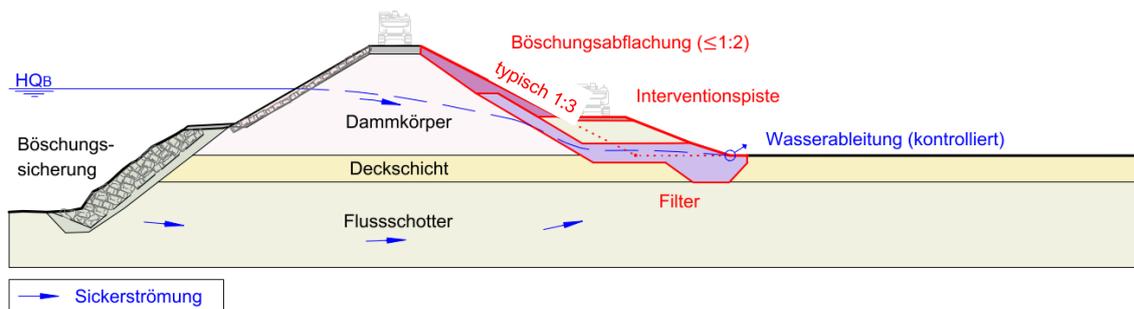


Abbildung 8-5: Typischer Dammquerschnitt für die Sanierungsmassnahme Auflastfilter (Filter-schicht in violett).

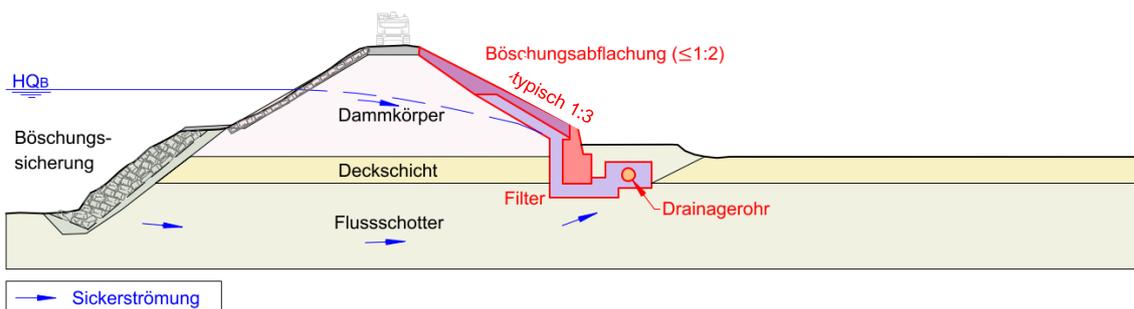


Abbildung 8-6: Typischer Dammquerschnitt für die Sanierungsmassnahme Stützmauer (Filter-schicht in violett).

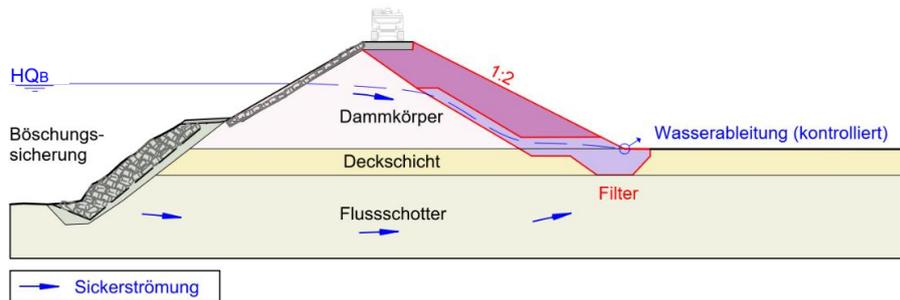


Abbildung 8-7: Typischer Dammquerschnitt für die Sanierungsmassnahme Materialersatz (Filterschicht in violett).

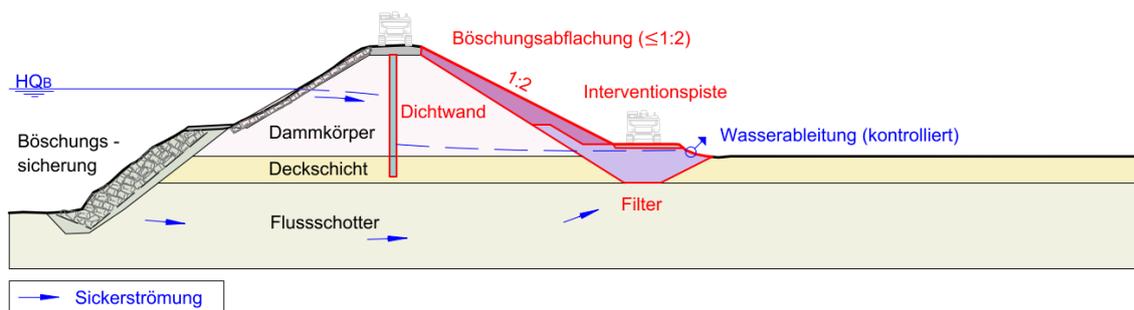


Abbildung 8-8 Dammquerschnitt für die Sanierungsmassnahme Dichtwand (Filterschicht in violett).

8.3.7 Nutzung und Bewirtschaftung

Die Flussräume der Talflüsse in der Schweiz sind häufig durch Siedlungsräume, Infrastrukturanlagen, die land- und forstwirtschaftliche sowie die energiewirtschaftliche Nutzung eng begrenzt. Daraus ergeben sich teilweise kollidierende Ansprüche an die Nutzung der Dämme und den Schutz von Flora und Fauna auf den Dämmen. Das Austarieren zwischen dem Primärzweck «Hochwasserschutz» (Sicherheit) den Nebenzwecken der energiewirtschaftlichen sowie land- und forstwirtschaftlichen Nutzung, des Umweltschutzes und der Ökologie sowie der Nutzung für die Naherholung und als Verkehrsträger ist eine der grossen Herausforderungen bei der Planung von Längsdämmen. Entsprechend vielfältig sind auch die Anforderungen an Längsdämme als Teile solcher Projekte.

Wesentliche Punkte, die bei der Projektierung von Längsdämmen zu berücksichtigen sind, werden nachfolgend stichwortartig angegeben. Die Aufzählung ist nicht abschliessend.

- Welcher Bewuchs und/oder welche Bestockung ist zugelassen?
- Wie erfolgen die Bewirtschaftung und der Unterhalt und wer ist dafür zuständig?
- Ist eine land- und/oder forstwirtschaftliche Nutzung zugelassen? Wie ist diese organisiert?
- Welcher Verkehr, welche Verkehrslasten, welche weiteren Auflasten sind wo zugelassen?
- Wie funktioniert eine Verkehrsführung bzw. die Besucherlenkung?
- Welche Infrastrukturen sind im Dammbereich zulässig oder akzeptiert (längs und quer zur Dammachse)?
- Sind solche Nutzungen mit Bezug GschG zulässig (v.a bezgl. GschG Art. 37)?

- Wo werden welche Schutzzonen ausgedehnt, wo haben Naturwerte Vorrang?
- Wie ist die Erschliessung der Dammbauten sichergestellt und ausgebildet (für Betrieb, Unterhalt und v.a. die Intervention im Ereignisfall), welche Zugänge sind wie auszubilden?

8.3.8 Bewuchs, Bestockung und Wühltiere

Das Thema der Bestockung, das für die Dauerhaftigkeit der Dammbauten ganz zentral ist, wird nachfolgend näher behandelt. Dies v.a. auch deshalb, weil hier die Praxis in der Schweiz von anderen Ländern abweicht, die häufig keine Bestockung der Dämme zulassen. Im Folgenden wird als Beispiel die für die Dämme am Alpenrhein entwickelte Handhabung wiedergegeben.

Es wird ein Mindestquerschnitt definiert, der technisch/statisch mindestens dem erforderlichen Dammquerschnitt entspricht und der auf keinen Fall 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 ca. 5 m breite Dammkrone, die mit einem Freibord von 1 m über dem Bemessungswasserspiegel HQ_B , mindestens aber auf dem Wasserspiegel EHQ liegt und an die landseitige Dammböschung anschliesst mit einer Neigung, die der Hälfte des Reibungswinkels des Dammschüttmaterials entspricht. Dieser Mindestquerschnitt gilt als Bereich, der nicht durchwurzelt werden darf.

Die Zonen mit Bewuchs oder einer Bestockung sind gemäss Abbildung 8-9 wie folgt festgelegt:

- B1: Wasserseite; im Mindestquerschnitt grundsätzlich gehölzfrei
- B2: Drainagezone; gehölzfrei, Grasbewuchs niedrig gehalten
- B3, B4: obere 2/3 der landseitigen Böschungshöhen; Bäume und Sträucher auf max. 50 % der Fläche, max. Höhe 5 m und ev. begrenzte Durchmesser
- B5: landseitige Böschung über der massgebenden Wasserlinie, Bäume und Sträucher bis 5 m Höhe
- DSS: Dammschutzstreifen (i.a. breiter als 5 m) mit ev. Interventionspiste

Die Bestockung mit Pappeln ist generell nicht zulässig. Zusätzlich ist am Dammfuss (land- und wasserseitig bei Vorländern) ein gehölzfreier Dammschutzstreifen sicherzustellen (Verlängerung Zone B4 am Dammfuss in das Hinterland). In Zonen mit eingebauten Filter- und Drainageschichten ist generell kein Gehölz zulässig. Ausserhalb des Dammschutzstreifens ist aus ökologischen und landschaftlichen Gründen landseitig das Anlegen eines Gehölzstreifens anzustreben. Dieser kaschiert gerade mit grossen Bäumen das Dammbauwerk und zeichnet den Flusslauf nach. Wasserseitig ist das Aufkommen von Weichholzaue ausserhalb des Dammschutzstreifens wünschenswert.

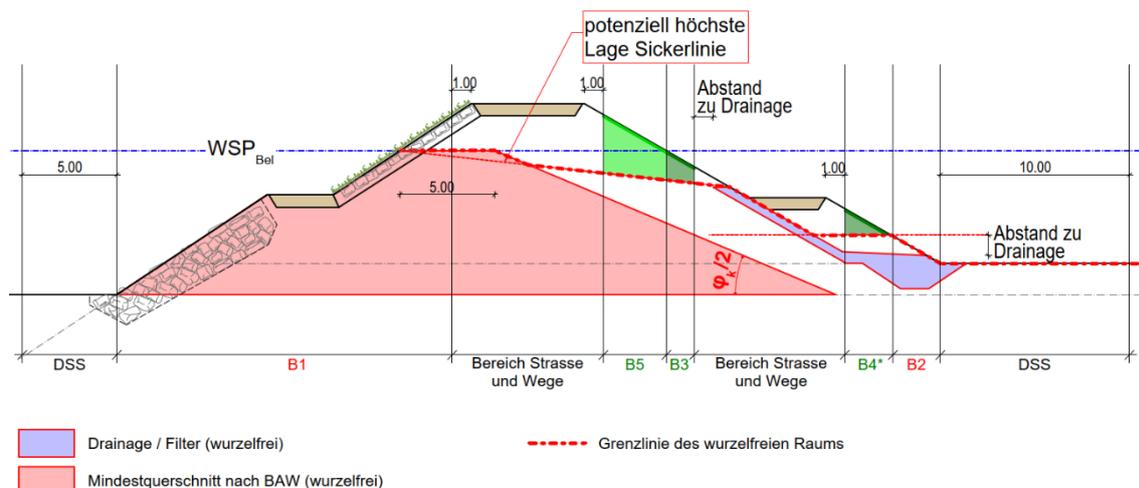


Abbildung 8-9 Bewuchs- bzw. Bestockungskonzept am Beispiel Alpenrhein. (Sanierung). Grün schraffiert sind die Wurzelbereiche von zulässigem Bewuchs und Bestockung.

Für die Dauerhaftigkeit der Längsdämme bedeutsam wird vermehrt auch der Schutz der Dämme vor Wühltieren. Diese können einerseits im Zuge des regelmässigen Unterhalts (vgl. Kapitel 10) ferngehalten werden, was aber aufwändig und nicht immer erfolgsversprechend sein kann oder gar mit dem Tierschutz im Konflikt steht. Andererseits können – namentlich bei Neubauten oder Sanierungen – bauliche Massnahmen in Form von Wühlsperrern (z.B. Gitter im Dammkörper) in Betracht gezogen werden. Die konkreten Massnahmen sind je nach spezifischer Situation zu planen und umzusetzen.

8.4 Beispiele

Siehe Anhang A:

Nr.	Projektbeispiel	Beispiel zur Phase				
		I	II	III	IV	V
P1	Hochwasserschutz Alpenrhein, Internationale Strecke km 65 - 91	x	x	x		
P4	3. Rhonekorrektur – Prioritäre Massnahme von Visp		x	x		
P5	Hochwasserschutz und Renaturierung Aare-Gürbemündung		x	x		
P6	Elbe, Z 8.6 Deichrückverlegung Köllitsch		x	x		
P9	Hochwasserschutz Alte Aare		x	x		x
P10	HWS Linth 2000		x	x	x	x
P11	Parco fluviale Boschetti-Saleggi, Bellinzona			x		
P12	Hochwasserschutz Buholzloch (Wildbach, Geschiebesammler)			x		
P13	Elbe, Z 8.5 Grundhafte Deichinstandsetzung			x	x	
P14	Gesteuerter Retentionsraum Polder Löbnitz			x	x	x

9 Phase (IV): Beschaffung und Realisierung

9.1 Einleitung

Die Phase (IV) umfasst die SIA-Phasen 41-53 (Ausschreibung und Realisierung). Die Kosten- und Termintreue der zu erstellenden Bauwerke wird massgeblich durch eine sorgfältige und durchdachte Ausschreibung (Phase 41), fehlerfreie und fristgerecht gelieferte Ausführungspläne (Phase 51) und eine straffe Bauleitung mit einem Augenmerk auf der Ausführungsqualität (Phase 52) bestimmt.

9.2 Ziele und Produkte

Die Ziele umfassen

- die Klärung des anzuwendenden Beschaffungsmodells (TU/GU/Allianz/Planer-Bauunternehmung)
- die Erstellung der Submissionsunterlagen einschliesslich des Werkvertrages im Entwurf, die Submission und die Wahl der Bauunternehmung/ARGE für die Realisierung → Submissionsunterlagen
- die Finalisierung und Unterzeichnung der Werkverträge für die Realisierung der Bauten zwischen Bauherrn und Bauunternehmer/Planer
- die Erstellung der detaillierten Ausführungsplanung → Ausführungsplanung, das Ausführungsprojekt oder zumindest Teile davon, können auch vor der Submission erstellt werden, damit ein genügend genaues Projekt für die Unternehmersubmission vorliegt
- die Ausführung gemäss, den Plänen, den besonderen Bestimmungen und den Qualitätsvorgaben im Kontroll- und Prüfplan im Rahmen des festgelegten Bauprogramms
- die Inbetriebnahme der Bauwerke inkl. Mängelbehebung, Dokumentation des ausgeführten Werkes und Abrechnung sowie Übergabe an den Bauherrn

9.3 Schwerpunkte

9.3.1 Submission Baumeister

Ziel ist es, das gesamtwirtschaftlich geeignetste Angebot (nicht zu verwechseln mit dem «günstigsten Angebot») zu bestimmen, dass die geforderten Randbedingungen und damit ein qualitativ angepasstes und nachvollziehbares Projekt garantiert. Der Preis ist darum nur eines unter vielen Zuschlagskriterien und nicht immer das Wichtigste.

Die Eignung des Anbieters (Eignungskriterien u.a. wie Organisation/Struktur, Leistungsfähigkeit, Firmenreferenzen, Ausbildung und Erfahrung der Schlüsselpersonen, Qualitätssicherung, finanzielle Leistungsfähigkeit) für den vorgesehenen Auftrag ist unabhängig vom Wert des Auftrages durch das Submissionsverfahren zu prüfen. Im Zusammenhang mit der Ausschreibung von Längsdämmen sind speziell folgende Punkte zu erwähnen:

- Technische Erfahrung mit dem Erstellen/der Ertüchtigung von (Längs)-dämmen oder Staudämmen
- Erfahrungen betreffend Logistik für Linienbaustellen, Bauen am/im Wasser, Bauabläufen
- Erfahrung mit ökologischer Baubegleitung
- Erfahrungen mit Besucherlenkung
- Kompetenzen für Nebennutzungen (Ökologie, Naherholung, etc.)
- Auftragsanalyse und Unternehmervarianten (v.a. Logistik, Bauabläufe, Materialflüsse)

Bei Längsdämmen ist der Leistungsumfang des Baumeisters insbesondere hinsichtlich folgender Punkte detailliert zu spezifizieren:

- Anforderungen an die Dammaufstandsfläche (tragfähiger Untergrund)
- Anforderungen an das Dammschüttmaterial: Materialverwertung vor Ort (Kornverteilungsband, Durchlässigkeit, Wassergehalt)
- Materialbeschaffung inkl. Beprobung an der Entnahmestelle
- Evtl. Anforderungen an die Aufbereitung und Transport des Dammschüttmaterials
- Einbau und Verdichtung des Dammschüttmaterials inkl. Einbaukontrollen zur Qualitätssicherung
- Dammhöhen und Dammgeometrie inkl. Überschüttungshöhen zur Setzungskompensation
- Anforderungen an die Dammkrone (Breite, Verkehrslasten)
- Bauabläufe
- Materialbewirtschaftungskonzept inkl. Wiederverwertung (Aushub-)Materialien
- Deponiekonzept (das Wasserbaugesetz enthält keinen Deponieartikel, folglich muss der Baumeister bestehende Deponien nutzen).
- Vollständiges Leistungsverzeichnis mit den Ausmassen und angemessenen Ausmassreserven
- Qualitätskontrolle der Dammbauten einschliesslich der Probeschüttung mit den nötigen geotechnischen Prüfungen
- Erschliessung (Zu- und Wegfahrten, ...) und Installationsplätze
- Besucherlenkung (Sicherheit: z.B. Entflechtung von Bautätigkeiten und Erholungsnutzung, Besucherlenkung im Betrieb)
- Festlegung Risikowassermenge (Haftungsabgrenzung Bauherrschaft – Unternehmung bei Baustellenhochwasser)
- Notfall-/Alarmierungskonzept
- Konkrete Anforderungen an Bauakten und Dokumentation des ausgeführten Bauwerks
- Umgang mit geänderten Randbedingungen und Beststellungsänderungen

Die submissionsrechtlichen Anforderungen verlangen die transparenten und vollständig erarbeiteten Zuschlagskriterien und deren Gewichtung in den Ausschreibungsunterlagen offen zu legen und zu begründen. Die Gewichtung hängt im Wesentlichen von der Komplexität und der erwarteten Qualität des Projektes ab. Um eine angemessene Bewertung zu garantieren, sind die Zuschlagskriterien (Preis, Qualifikation des Anbieters, Qualifikation des Schlüsselpersonals, Technische Aspekte, Termine, Technischer Wert, Optionen, etc.) für jedes spezifisches Projekt mit einer Gewichtung festzulegen. Insbesondere die Qualifikation des im Projekt eingesetzten Schlüsselpersonals (Referenzen von ähnlich ausgeführten (Längs)-dämmen entlang von Fließgewässern) soll entsprechend gewichtet, bewertet und durchgesetzt werden.

9.3.2 Qualitätskontrolle in der Ausführung

Die Submissionsunterlagen enthalten einen Prüf- und Kontrollplan, der während der Ausführung der Längsdämme evtl. anzupassen und umzusetzen ist. Das Einbringen des Schüttmaterials erfordert erfahrene Fachpersonen, die den Bauvorgang kontinuierlich begleiten.

Die Dokumentation soll mindestens folgende Punkte umfassen:

- Zustand/Aufbau der Dammaufstandsfläche
- Spezifikation des Dammschüttmaterials mit zugehörigen Attesten
- Protokolle der Einbaukontrollen während des Dammbaus mit allen Prüfergebnissen
- Niveauekontrollen (Quer- und Längenprofile des ausgeführten Bauwerkes)
- Weiteres Dokumentationsmaterial der Bauleitung (z.B. Fotos, etc.)

Es wird empfohlen, dass für jeden Längsdamm vom jeweiligen Betreiber eine Schlussdokumentation des ausgeführten Bauwerkes erstellt wird, die alle grundlegenden Informationen des entsprechenden Längsdammes enthält. Das heisst, die Dokumentation umfasst die relevanten Informationen der Projektierung, des Baus und des Betriebes, sowie evtl. Anpassungen seit der Inbetriebsetzung.

9.4 Beispiele

Siehe Anhang A:

Nr.	Projektbeispiel	Beispiel zur Phase				
		I	II	III	IV	V
P10	HWS Linth 2000		x	x	x	x
P13	Elbe, Z 8.5 Grundhafte Deichinstandsetzung			x	x	
P14	Gesteuerter Retentionsraum Polder Löbnitz			x	x	x
P15	Aufweitung Reuss Hinterleitschach, Erstfeld UR				x	

10 Phase (V): Betrieb und Unterhalt

10.1 Einleitung

Längsdämme sind technische Bauwerke und benötigen wie andere Bauwerke einen regelmässigen Unterhalt sowie eine Überwachung vor und während eines Ereignisses. Je nach Gestaltung der Längsdämme und allfälliger Vorländer ist eine Bewirtschaftung mindestens teilweise möglich. Da das Schadenpotential bei einem Dammbbruch gross sein kann, ist die Notfallplanung inkl. Intervention im Ereignisfall neben dem Unterhalt und der Überwachung ein wichtiges Instrument, um einem Versagen vorzubeugen und dieses zu verhindern.

10.2 Ziele und Produkte

Bezogen auf Längsdämme entlang von Flüssen werden in der Phase V folgende Ziele verfolgt:

- Klärung der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten im Rahmen der Bewirtschaftung
- Klärung der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten im Rahmen des Unterhalts
- Klärung der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten im Rahmen der normalen Überwachung (vor einem Ereignis)
- Klärung der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten während eines Ereignisses und danach (Notfallplanung)

Am Ende der Phase V sollen folgende Dokumente vorliegen:

- Bewirtschaftungskonzept
- Unterhaltskonzept, inkl. Pflegeplan bzw. Pflegekonzept (in Absprache zwischen den verantwortlichen Ämtern)
- Überwachungskonzept
- Notfallplanung (Intervention während eines Ereignisses)

10.3 Schwerpunkte

10.3.1 Nutzung und Bewirtschaftung

Die Nutzung und Bewirtschaftung der Längsdämme (land- und wasserseitig) sowie allfällige Vorländer und Übergangsbereiche landseitig der Längsdämme sind in einem Bewirtschaftungskonzept zu regeln. Im Schutzbautenkataster, bzw. Schutzbautenmanagement der Kantone sind die Zuständigkeiten auch zu erfassen.

Bei der Gestaltung des Gewässerraums sollen nach Möglichkeit Artikel 37 GSchG, bzw. Artikel 4 WBG gelten, d.h. die naturnahe Gestaltung soll gegenüber der landwirtschaftlichen Nutzung (Art. 41c GSchV) Vorrang haben. Falls die Bewirtschaftung der Längsdämme inkl. allfällige Vorländer (Gewässerraum) als Teil des Unterhalts dient, ist Art. 41c, Abs. 4 der GSchV zu beachten.

Falls der Standortkanton, die Standortgemeinde oder eine Wuhrkorporation die Nutzung und Bewirtschaftung nicht selbst übernimmt, kann das Land verpachtet werden. Hierzu ist ein Pachtvertrag für landwirtschaftliche Grundstücke abzuschliessen. Im Pachtvertrag muss die Bewirtschaftung im Zeitpunkt des Pachtantrittes (stehende Saaten, gepflügt/ungepflügt, Kunstwiese, Naturwiese, Weide) sowie die Randbedingungen und Vorgaben geregelt werden. Dazu gehören u.a.:

- Pachtobjekt (Parzelle, Fläche)
- Pachtzins

- Pachtdauer
- Vorgaben für die Bewirtschaftung (z.B. Ansaat, Schnittzeitpunkte, Gehölzpflege)
- Vorgaben zur Beweidung
- Allfällige Entschädigung im Hochwasserfall
- ggf. weitere Regelungen

Aus Sicht der Intervention im Ereignisfall sollte im Pachtvertrag geregelt werden, dass die untere Hälfte oder der untere Drittel der Böschung vor der Hochwasser-Saison geschnitten werden kann und dies durch den Schnittzeitpunkt nicht verunmöglicht wird.

Betreffend Pachtdauer, Kündigungsfrist und Pachtzins wird auf das Pachtrecht verwiesen (Bundesgesetz über die landwirtschaftliche Pacht, LPG).

10.3.2 Unterhalt

Gewässer, Ufer und Schutzbauten des Hochwasserschutzes müssen so unterhalten werden, dass der vorhandene Hochwasserschutz insbesondere die vorhandenen Abflusskapazitäten erhalten bleiben. So benötigen auch Längsdämme einen regelmässigen Unterhalt, um so ihre Funktionstüchtigkeit über die Nutzungsdauer zu erhalten. In einem Unterhaltskonzept ist der notwendige Unterhalt zu beschreiben sowie die Zuständigkeiten für den Unterhalt zu regeln.

Unterhaltskonzept

Das Unterhaltskonzept soll die für den Unterhalt zuständige Stelle unterstützen, beim Gewässerunterhalt systematisch vorzugehen und so die vielfältigen Funktionen des Gewässers zu fördern. Es erleichtert die Planung und Budgetierung der erforderlichen Personal-, Sach- und Finanzmittel. Das Unterhaltskonzept gewährt den Überblick und die Kontinuität beim Erfüllen der Zielsetzungen und priorisiert die verschiedenen Massnahmen.

Das Unterhaltskonzept hat soweit erforderlich folgendes festzulegen (Liste nicht abschliessend):

- die zu erreichende Ziele
- die Zuständigkeiten für die Kontroll- und Unterhaltsarbeiten
- die räumliche und zeitliche Planung der Unterhaltsarbeiten
- den Umfang der Arbeiten
- die Vegetationsflächen sowie die standortgerechte Bepflanzung

Dammunterhalt

Im Rahmen des Dammunterhalts sind nachfolgende Arbeiten (nicht abschliessend), je nach Situation auch nur ein Teil davon, durchzuführen:

- Instandstellung und Pflege der Ufer sowie falls vorhanden des Vorlandes
- Pflege der Ufervegetation
- Bekämpfung von Neophyten
- Regelmässiges Mähen der Böschungen, um Gehölzbewuchs zu unterdrücken und eine dichte Grasnarbe zu fördern, falls kein Gehölzbewuchs auf den Dammböschungen zulässig ist (Freihaltung)
- Falls ein Bewuchs zugelassen ist, ist das Bewuchskonzept umzusetzen. Ein entsprechender Gehölzunterhalt ist zu planen und umzusetzen.
- Entfernen von Abfall und grossen Schwemmholzansammlungen
- Entfernen von lokalen (nicht tolerierbaren) Auflandungen, insbesondere auf den Vorländern
- Umgang mit Wühltieren

- Wiederherstellung des Uferschutzes, sofern dieser bei einem Hochwasser Schaden genommen hat
- Instandstellung und Reparatur von Schwellen, Entwässerungsanlagen und Rampen nach Ereignissen
- Instandhaltung von allfälligen Bauwerken im, bzw. am Damm und an den Interventionswegen (Wuhrwegen, etc.)
- Wiederherstellen der Dammprofile bei Setzungen, Rutschungen, lokalen Schwachstellen
- Meldung von Missständen

Der Unterhalt wird in einem Unterhaltsplan festgehalten und ist laufend zu aktualisieren. Zudem erfolgen evtl. periodische Vermessungsarbeiten. Der Unterhaltsplan erfolgt vorzugsweise digital, allenfalls in einem Geportal der zuständigen Verwaltung.

10.3.3 Bewuchs, Bestockung und Wühltiere

Bewuchs und Bestockung

Falls in der Phase III ein Längsdamm mit einem Überprofil (überbreiter oder überhöhter Damm) geplant und dadurch ein Bewuchs, bzw. eine Bestockung bewusst zugelassen wird, ist ein Bewuchs-, bzw. Bestockungskonzept zu erstellen. Im Bewuchs-, bzw. Bestockungskonzept sind die zulässigen Bepflanzungen und die nicht zulässigen Bäume festzuschreiben. Im BAW Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstrassen (BAW. 2011) sind die zulässigen Bäume und Sträucher in Abhängigkeit des Bepflanzungsstandortes sowie nicht zulässige Bäume aufgelistet. Ein entsprechender Gehölzunterhalt ist zu planen und umzusetzen.

Wühltiere

Längsdämme bieten Tieren geeignete Lebensräume. Wühltiere können durch ihre Grabarbeit die Sicherheit eines Längsdammes lokal gefährden. Terrestrische Arten wie z.B. Dachs, Fuchs, Bismarrratte, Maulwurf, Schermaus können weitverzweigte Gangsysteme erstellen. Die Eingänge auf der Wasserseite liegen oberhalb der häufig vorherrschenden Wasserspiegelkoten und sind dadurch leichter zu erkennen. Auf der Landseite sind diese schwieriger zu orten. Semiaquatische Arten wie z.B. der Biber haben ihre Zugänge unterhalb der häufigen Wasserspiegellagen und sind daher schwierig zu erkennen. Der Bewuchs und die Bestockung der Längsdämme fördert die Ansiedlung von Wühltieren.

Bei einem Längsdamm mit Mindestquerschnitt sind Wühltiere im Dammquerschnitt nicht zugelassen und können z.B. mit dem Einbau von Wühlsperrern wie Schutzgitter vom Längsdamm ferngehalten werden. Sind trotzdem Wühltriebauten vorhanden, sind diese nach Möglichkeit zu entfernen und der Längsdamm Instand zu stellen.

Bei einem Längsdamm mit Überprofil (Überbreite) und Sicherstellung, dass die Wühltiere sich nicht bis in den Mindestquerschnitt ausbreiten, können oberflächennahe Bauten toleriert werden. Zudem besteht die Möglichkeit, dass der Mindestquerschnitt mit einer Wühlsperrung geschützt wird. Sind Wühltriebauten vorhanden, sind diese im Rahmen des Dammunterhalts zu dokumentieren und bei Bedarf sind die Wühlsperrern Instand zu stellen.

Für den Umgang mit Wühltieren gibt das Merkblatt DWA-M 608-1 (2017) weitere Informationen.

10.3.4 Überwachung

Bei der Überwachung wird unterschieden zwischen der Überwachung vor einem Ereignis, sprich die regelmässige Überwachung und die Überwachung während einem Ereignis im Rahmen der Notfallplanung.

Überwachung vor Ereignis

Ein Schutzbauwerk an einem Fliessgewässer ist regelmässig und systematisch zu kontrollieren bzw. zu überwachen. Hierzu gehören insbesondere die Längsdämme. Die Form der Kontrollen, die Beteiligten, die Häufigkeit und die Art der Dokumentation ist in einem Überwachungskonzept festzuhalten und ist mit dem zuständigen Amt, bzw. Personen abzustimmen. Die Häufigkeit und Regelmässigkeit der Kontrollen richtet sich nach der Höhe, dem Alter, dem Zustand der Längsdämme, sowie den Tieraktivitäten im Dammbereich. Zusätzlich ist nach jedem Hochwasserereignis eine Kontrolle durchzuführen.

Die Kontrollen sind zu protokollieren. Schadstellen werden in einem Formular dokumentiert und müssen der jeweils verantwortlichen Stelle gemeldet werden. Zweckmässig sind vorgegebene Formblätter als eine Art Checkliste, um eine einheitliche Kontrolle zu unterstützen sowie eine einfache und lückenlose Dokumentation zu ermöglichen. Die Anwendung von digitalen Tools für die Kontrolle und Instandsetzung von Längsdämmen wird empfohlen.

Bei hohen Längsdämmen und/oder Längsdämmen mit einem hohen Schadenspotential empfiehlt es sich jährlich einen Sicherheitsbericht zu verfassen sowie eine visuelle Inspektion zusammen mit einer erfahrenen Fachperson durchzuführen, wo u. a. die Beobachtungen des Unterhaltsteams behandelt werden. Das Resultat ist ein Jahressicherheitsbericht über den Zustand der Längsdämme und das Festhalten getroffener Massnahmen.

Da auch mit einer guten Überwachung nicht alle Schadstellen festgestellt werden können, braucht es für den Hochwasserfall zwingend eine Notfallplanung und die Möglichkeit einer Intervention (siehe Abschnitt 10.3.5). Insbesondere versteckte Prozesse (Grundbrucherscheinungen, innere Erosion) können im Rahmen der normalen Überwachung vor einem Ereignis kaum erkannt werden.

Im Rahmen der Überwachung sollen nachfolgende Arbeiten durchgeführt werden (nicht abschliessend):

- Monitoring der Gewässersohlenlage und Zustand der Böschungen und des Uferschutzes
- Überwachung der Kote der Dammkronen (werden Setzungen festgestellt, sind diese je nach Ausmass auszugleichen)
- Erfassen von Infiltrationen und Sickerwasser
- Erhebung von Tierbauten
- Werden Messinstrumente eingesetzt, sind die Messdaten auszulesen, zu dokumentieren und zu interpretieren

Überwachung während Ereignis

Die Überwachung während eines Ereignisses ist in der Notfallplanung festzuschreiben (siehe Abschnitt 10.3.5).

10.3.5 Notfallplanung und Intervention im Ereignisfall

Die Intervention im Ereignisfall basiert auf einer kommunalen Notfallplanung (BAFU/BABS. 2010). Bei grossen Anlagen wie z.B. für den Alpenrhein, die Linth oder den Hagneckkanal kann eine

separate Notfallplanung für die Längsdämme angezeigt sein. Bei kleineren und mittleren Gewässern sind die Längsdämme in der kommunalen Notfallplanung integriert. In der Notfallplanung müssen mindestens nachfolgende Punkte geregelt werden:

- Organisationsstruktur
- Einsatzdokumentation
- Alarmierung
- Dammüberwachung, Prognoseinstrumente
- Ausrüstung
- Bauliche Interventionen
- Notfallplanung (Evakuation)
- Schulung und Übungen

Organisationsstruktur

Eine Organisationsstruktur ist notwendig, um im Hochwasserfall auf ein drohendes, grösseres Hochwasser rechtzeitig und angemessen reagieren zu können. Die Einrichtung und Bereithaltung der erforderlichen Organisationsstruktur und Einsatzkräfte, die Aktivierung dieser Einsatzkräfte, deren Führung und Schulung inkl. Übungen sind wesentliche Voraussetzungen für eine erfolgreiche Arbeit unter den oft extremen Bedingungen während eines grösseren Hochwassers.

Die Organisationsstruktur besteht aus einer Organisationseinheit, welche sich um den Schutz des eigentlichen Werkes, wozu auch die Längsdämme gehören, kümmert. Oberstes Ziel ist die Funktionalität des Werkes im Hochwasserfall zu gewährleisten und dadurch vor einer Überschwemmung ausserhalb des Werkes zu schützen. Eine weitere Organisationseinheit kümmert sich um den Bevölkerungsschutz für den Fall, dass eine Überschwemmung eintritt. In die Organisationsstruktur sind auch die zuständigen kantonalen Ämter und die Bundesbehörden sowie die politischen Entscheidungsträger eingebunden. Eine mögliche Organisationsstruktur am Beispiel des Linthwerkes ist im Anhang A als Projektbeispiel 17 aufgeführt.

Alarmierung

Im Hochwasseralarmplan ist festgelegt, welche Massnahmen ab bestimmten Pegelständen von den jeweiligen Einsatzkräften durchgeführt werden müssen. Der Beginn der Schutzmassnahmen ist im Hochwasseralarmplan als Schwellenwert festgelegt. Mit steigenden Wasserständen folgen aufeinander abgestimmt die vorgesehenen Schutzmassnahmen.

Die Massnahmen gemäss Hochwasseralarmplan beginnen an einer unteren Schwelle (Grenzpegel) des Wasserstandes und reichen über den gesamten planbaren Bereich. Die obere Grenze, d. h. das Ende des planbaren Hochwasserschutzes, ist der Bemessungshochwasserstand zuzüglich des ausgeschöpften Freibords (bordvoller Abfluss).

Beim Hochwassereinsatz spielt die Alarmierung der Einsatzkräfte eine wichtige Rolle. Sie basiert auf der Hochwasservorhersage (sowie durch die lokalen Naturgefahrenberater (LNGB)) und soll sicherstellen, dass alle benötigten Kräfte rechtzeitig vor Ort zur Verfügung stehen, um die im Hochwasseralarmplan vorgesehenen Schutzmassnahmen vor dem Eintreffen der vorausgesagten Wasserstände durchzuführen. Für die Alarmierung der Einsatzkräfte sind entsprechende Alarmierungspläne aufzustellen. Die Alarmierungspläne sind ständig zu aktualisieren und fortzuschreiben. Der Meldefluss *Warnung und Alarmierung* sowie ein Phasenschema sind am Beispiel des Linthwerkes im Anhang A als Projektbeispiel 17 aufgeführt.

Dammüberwachung während Ereignis

Ein Längsdamm ist in geeignete Abschnitte einzuteilen, welche durch mind. zwei Dammwachen zu Fuss kontrolliert werden. Eine bis zwei Dammwachen, die auf der Dammkrone patrouillieren, kontrollieren den Kronenbereich und die wasserseitige Böschung auf Erosionsschäden oder Rutschungen der Böschung. Die entlang dem landseitigen Böschungsfuss gehende Dammwache kontrolliert die landseitige Böschung sowie das dammnahe Gelände auf Durchsickerung und Rutschungen der Böschung, Spaltenbildungen, Böschungseinrisse sowie Wasseraustritte. Beispielsweise besteht am Alpenrhein die Dammüberwachung (Patrouille) aus 3 Personen mit Schwimmwesten: 1x Dammkrone mit Rucksack und Funk, 1x Interventionspiste/landseitiger Bermenweg mit Wurfsack, 1x Dammfussbereich und bis 10 m landseitig.

Einsatzkräfte

In der Notfallplanung ist die notwendige Anzahl Personen je nach Alarmstufe festzuhalten. Hierfür ist ein entsprechender Pikettdienst bzw. Bereitschaftsdienst vorzusehen. Insbesondere ist auch das Vorhandensein von wasserbaulicher und geotechnischer Fachkompetenz zu regeln.

Ausrüstung

Eine geeignete Ausrüstung der Einsatzkräfte ist eine notwendige Voraussetzung, um den Auswirkungen eines Hochwassers wirksam begegnen zu können. Zur Ausstattung zählen Ausrüstungsgegenstände sowie Hilfs- und Verbrauchsmaterialien. Geräte und notwendiges Material müssen in vernünftiger Distanz zur Verfügung stehen.

Eine minimale Ausstattung beinhaltet: Markierungsmaterial, Dokumentationsmaterial, Kommunikationsmittel, Beleuchtung, persönliche Schutzausrüstung (PSA) inkl. Schwimmweste/Wurfsack.

Schulung und Übungen

Eine zentrale Rolle ist die Vorbereitung und Koordination aller Massnahmen. Hierzu sind entsprechende Schulungen und Übungen unter möglichst realitätsnahen Bedingungen durchzuführen. Dadurch bekommen die Einsatzkräfte eine Routine und Schwachstellen können ausfindig gemacht werden.

Übungen dienen der Überprüfung und Optimierung der notwendigen Abläufe im Hochwassermanagement. Die optimale Zusammenarbeit von Einsatzkräften verschiedener Institutionen mit einem schnellen, qualitativ guten Informationsfluss trägt entscheidend dazu bei, dass alle Hochwasserschutzanlagen im Bedarfsfall zeitgerecht und vollständig zur Verfügung stehen.

Die einzelnen Massnahmen der Notfallplanung sind immer mittels Übungen zu evaluieren und zu verbessern. Die bisherigen Hochwassereinsätze als auch die Übungserfahrungen sind als permanenter Lernprozess zu verstehen.

Bauliche Interventionen (Sofortmassnahmen)

Bei Sofortmassnahmen handelt es sich um bauliche Interventionen während eines Hochwasserereignisses, die der Stabilisierung des Dammes bis zur endgültigen Instandsetzung nach dem Ereignis dienen. Das Ziel ist die Verhinderung eines Dammversagens. Hierzu müssen die Zugänglichkeit (Interventionspisten) und die notwendigen Geräte, Hilfsmittel und Materialien zur Verfügung stehen.

Mögliche Massnahmen zur Dammverteidigung (bauliche Intervention):

- Stützung des Dammes von der Landseite aus
 - Auflastfilter mit durchlässiger Vorschüttung

- Auflastfilter mit Sandsäcken
- Stützung mit Kies bei Rutschung
- Stützung mit Sandsäcken bei Rutschung
- Stabilisierung von Rissen
- Abdichten und Sichern von Wassereintrittsstellen und Böschungsrutschungen
 - Lokale Abdichtung mit Folie
 - Auffüllen von wasserseitigen Rutschungen
- Schutz gegen Erosion
- Dammerhöhung
- Sicherung im Dammhinterland
- Dambruch, Bruchstelle schliessen mittels Schüttungen, Sandsäcken, Pfählen, Faschinen, Big Bags

10.4 Beispiele

Siehe Anhang A:

Nr.	Projektbeispiel	Beispiel zur Phase				
		I	II	III	IV	V
P7	Hochwasserschutz Krummbach		x			x
P8	Hagneckkanal		x			x
P9	Hochwasserschutz Alte Aare		x	x		x
P10	HWS Linth 2000		x	x	x	x
P14	Gesteuerter Retentionsraum Polder Löbnitz			x	x	x
P16	Risikobasierter Unterhalt der Hochwasserdämme					x
P17	Notfallplanung und Intervention im Ereignisfall					x

11 Literaturverzeichnis

- BAFU. 2010. *Erfolgreiche Intervention bei aussergewöhnlichen Naturereignissen Zusammenarbeit von Bund und Kantonen*, 31. März 2010 BAFU (Bundesamt für Umwelt).
- BAFU.2020. *Einsatzplanung gravitative Naturgefahren - Leitfaden für Gemeinden*, Version 1.0 - Oktober 2020. BAFU (Bundesamt für Umwelt).
- BAFU. 2022a. *Umgang mit alternden Schutzsystemen in Wildbächen - Erfahrungen und Empfehlungen*. Schweiz: BAFU (Bundesamt für Umwelt). Leitfaden.
- BAFU. 2022b. *Anhang Umgang mit alternden Schutzsystemen in Wildbächen*. Schweiz: BAFU (Bundesamt für Umwelt). Fallbeispiele.
- BAFU. 2023. *Umgang mit dem Klimawandel im Bereich gravitative Naturgefahren in der Schweiz*. BAFU (Abteilung Gefahrenprävention).
- BAW. 2011. *Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD)*. Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe
- BFE. 2015. *Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen*. Schweiz: Bundesamt für Energie BFE. Richtlinie.
- Bielitz, E. 2005. *Deiche und Deichunterhaltung im Freistaat Sachsen*. Deutschland, Freistaat Sachsen: Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen. Präsentationsfolien.
- CIRIA. 2013. *The International Levee Handbook*. Grossbritannien, Frankreich, USA. Handbuch. www.ciria.org.
- Conrad, Margit. 2005. *Hochwasservorsorge Hinweise für die Wasserwehren*. Deutschland, Rheinland-Pfalz: Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz. Richtlinie.
- DWA. 2011. *Deiche an Fließgewässern*, Teil 1: Planung, Bau und Betrieb. Merkblatt DWA-M 507-1, DGGT, DTK und DWA, Hrsg. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef
- DWA. 2017. *Bisam, Biber, Nutria Teil 1: Erkennungsmerkmale und Lebensweisen*. Merkblatt DWA-M 608-1.
- Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich, und Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW). 2020a. *Abschlussbericht Studie zu Einlassbauwerken von Flutpoldern und Seitenentlastungen an Fließgewässern Empfehlungen für Bauwerkstypen und Bauweisen*. Schweiz und Deutschland: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). Studie.
- Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich, und Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW). 2020b. *Kurzfassung Studie zu Einlassbauwerken von Flutpoldern und Seitenentlastungen an Fließgewässern Empfehlungen für Bauwerkstypen und Bauweisen*. Schweiz und Deutschland: Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). Studie.
- Freistaat Thüringen. 2003. *Anleitung für die Verteidigung von Flussdeichen, Stauhaltungsdämmen und kleinen Staudämmen*. Deutschland, Freistaat Thüringen: Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt. Leitfaden.
- Göttle, A. 2003. *Hinweise zur Deichverteidigung und Deichsicherung*. Deutschland, Landesamt Bayern: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft. Leitfaden.
- Grauduschus, Saskia, und Katja Last. 2019. *Handlungskonzept für den Umgang mit bestehendem Gehölz auf Stauhaltungsdämmen*. Wasserwirtschaft 5: 34–37.

- Kanton Thurgau. 2018. *Merkblatt für die Planung und den Unterhalt von kleinen Stauanlagen, die nicht der Stauanlagengesetzgebung unterstehen*. Schweiz, Thurgau: Amt für Umwelt - Thurgau. Merkblatt.
- Lfu. 2005. *Flussdeiche Überwachung und Verteidigung*. Deutschland, Baden-Württemberg: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Leitfaden. www.lfu.baden-wuerttemberg.de.
- LUBW. 2006. *Flussdeiche - Deichverteidigung im Hochwasserfall*. Deutschland, Baden-Württemberg: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Publikation. <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.
- KOHS. 2013. *Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen*, Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS). «Wasser Energie Luft» —105. Jahrgang, 2013, Heft 1, CH-5401 Baden.
- Makdisis FI, Seed HB. 1978. *Simplified procedure for estimating dam and embankment earthquake-induced deformations*. Journal of the Geotechnica Engineering Division, ASCE, Vol 104, No. GT7, pp 849-867.
- Niederer + Pozzi Umwelt AG. 2019. *Projektstudie zur Systemsicherheit am Hochwasserschutz des Alpenrheins*, Synthesebericht zu Händen IRKA.
- Oplatka, Matthias et al. 2023. *Reise zum akzeptierten Risiko - Gemeinsame Risikobetrachtung von Naturgefahren*. Trägerschaft ab 2023: WSL Institut für Schnee und Lawinenforschung SL.
- PLANAT. 2013. *Sicherheitsniveau für Naturgefahren*. Nationale Plattform für Naturgefahren, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern
- SIA-Norm 260. 2003. *Grundlagen der Projektierung von Tragwerken*.
- SIA-Norm 261. 2020. *Einwirkungen auf Tragwerke*.
- SIA-Norm 267. 2013. *Geotechnik*. SN 505267:2013 de
- SIA-Norm 269. 2017. *Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken*.
- STK. 2024. *Sicherheit von kleinen Stauanlagen - Empfehlungen zu Planung, Bau und Betrieb*.
- VAW. 2018. *Levees and Flood Defences in Switzerland*. Schweiz: EUROPEAN LEVEES AND FLOOD DEFENCES Inventory of characteristics, risks and governance. Studie.
- USACE. 2000. *Design and Construction of Levees*. US Army Corps of Engineers. Manual No. 1110-2-1913
- USACE. 2004. *General Design and Construction Considerations for Earth and Rock-Fill Dams*. US Army Corps of Engineers. EM 1110-2-2300
- USBR. 1987. *Design of Small Dams*. A water resources technical publication. 3rd. Ed. United States Dept. of the Interior, Bureau of Reclamation

12 Anhang A: Projektbeispiele

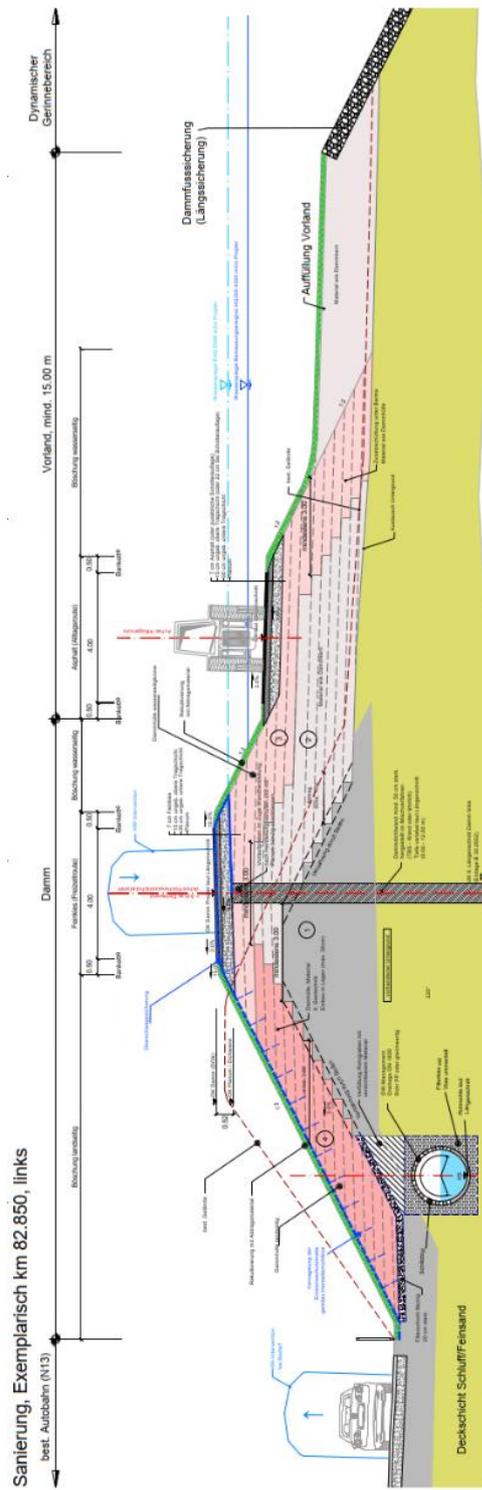
Übersichtstabelle zu den Projektbeispielen

Nr.	Projektbeispiel	Beispiel zur Phase				
		I	II	III	IV	V
P1	Hochwasserschutz Alpenrhein, Internationale Strecke km 65 - 91	x	x	x		
P2	Hochwasserschutz Oberes Reusstal		x			
P3	Hochwasserschutz Pfaffnern		x			
P4	3. Rhonekorrektio – Prioritäre Massnahme von Visp		x	x		
P5	Hochwasserschutz und Renaturierung Aare-Gürbemündung		x	x		
P6	Elbe, Z 8.6 Deichrückverlegung Köllitsch		x	x		
P7	Hochwasserschutz Krummbach		x			x
P8	Hagneckkanal		x			x
P9	Hochwasserschutz Alte Aare		x	x		x
P10	HWS Linth 2000		x	x	x	x
P11	Parco fluviale Boschetti-Saleggi, Bellinzona			x		
P12	Hochwasserschutz Buoholzbach (Wildbach, Geschiebesammler)			x		
P13	Elbe, Z 8.5 Grundhafte Deichinstandsetzung			x	x	
P14	Gesteuerter Retentionsraum Polder Löbnitz			x	x	x
P15	Aufweitung Reuss Hinterleitschach, Erstfeld UR				x	
P16	Risikobasierter Unterhalt der Hochwasserdämme					x
P17	Notfallplanung und Intervention im Ereignisfall					x

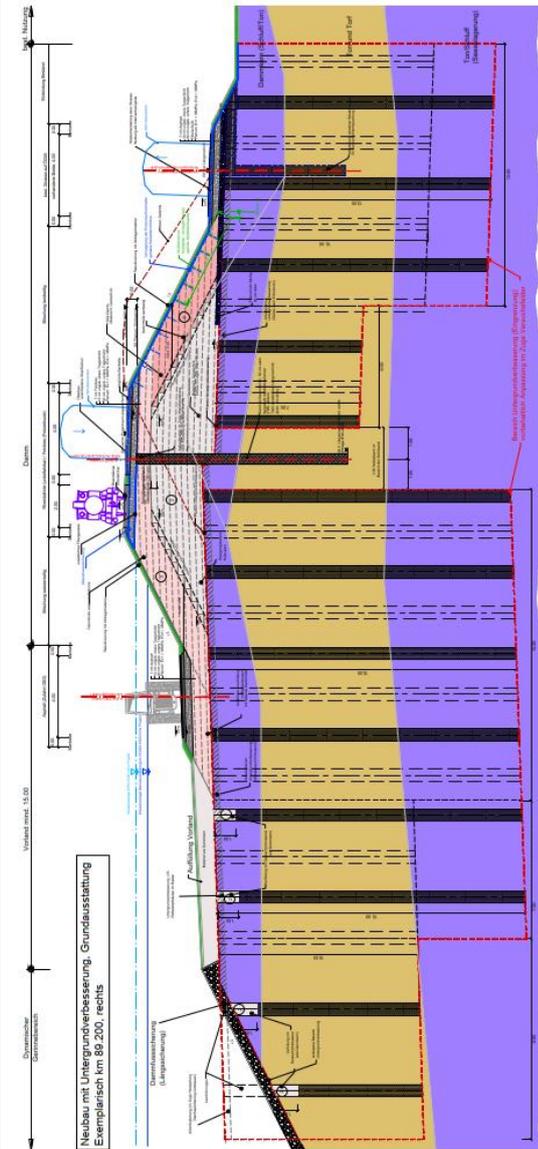
Projekt 1: Hochwasserschutz Alpenrhein, Internationale Strecke km 65 - 91	Gewässer: Alpenrhein
Projektphase: <input checked="" type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen, Bedürfnisformulierung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input checked="" type="checkbox"/> Phase (III), Planung und Bewilligung <input type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung, Intervention	Jahr: Planung: 2011 – 2025 Bewilligungsverfahren ab 2026 Realisierung ab ca. 2030 Kanton: St.Gallen
Charakteristische Grössen der Längsdämme: Dammhöhen: von 2 bis 10 m Dammtyp: homogener Erddamm mit schurfester Hülle und Dichtwand Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): 1:2 bis 1:3	
Link zu weiteren Informationen zum Projekt: www.rhesi.org	
Schwerpunkte: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz- und Nutzungsziele ▪ Grundlagenerhebung ▪ Bewuchs und Bestockung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dammbemessung ▪ Geotechnische Aspekte ▪ Systemsicherheit
Beschreibung: Hydraulische Bemessung der Dämme auf Bemessungsereignis von 4'300 m ³ /s (HQ ₃₀₀) -> volles Freibord nach KOHS auf OK Dichtwand, Berücksichtigung des Überlastfalls durch volles Freibord auf OK Dammkrone beim EHQ resp. reduziertes Freibord auf OK Dammkrone mit gleichzeitiger Überschwappsicherung der Dämme beim EHQ. Anspruchsvoller Standsicherheitsnachweis bei Erdbeben aufgrund abschnittsweise schlechtem Baugrund -> Massnahmen zur Verbesserung des Baugrunds unter den Dämmen. Restriktive Anforderungen seitens Geotechnik an Bestockung: keine Bestockung innerhalb des geotechnischen Mindestquerschnitts, Bestockung nur auf Überprofilen an Dämmen zulässig unter Einhaltung von Einschränkungen bei Stammhöhe und Stammdurchmesser.	

Abbildungen:

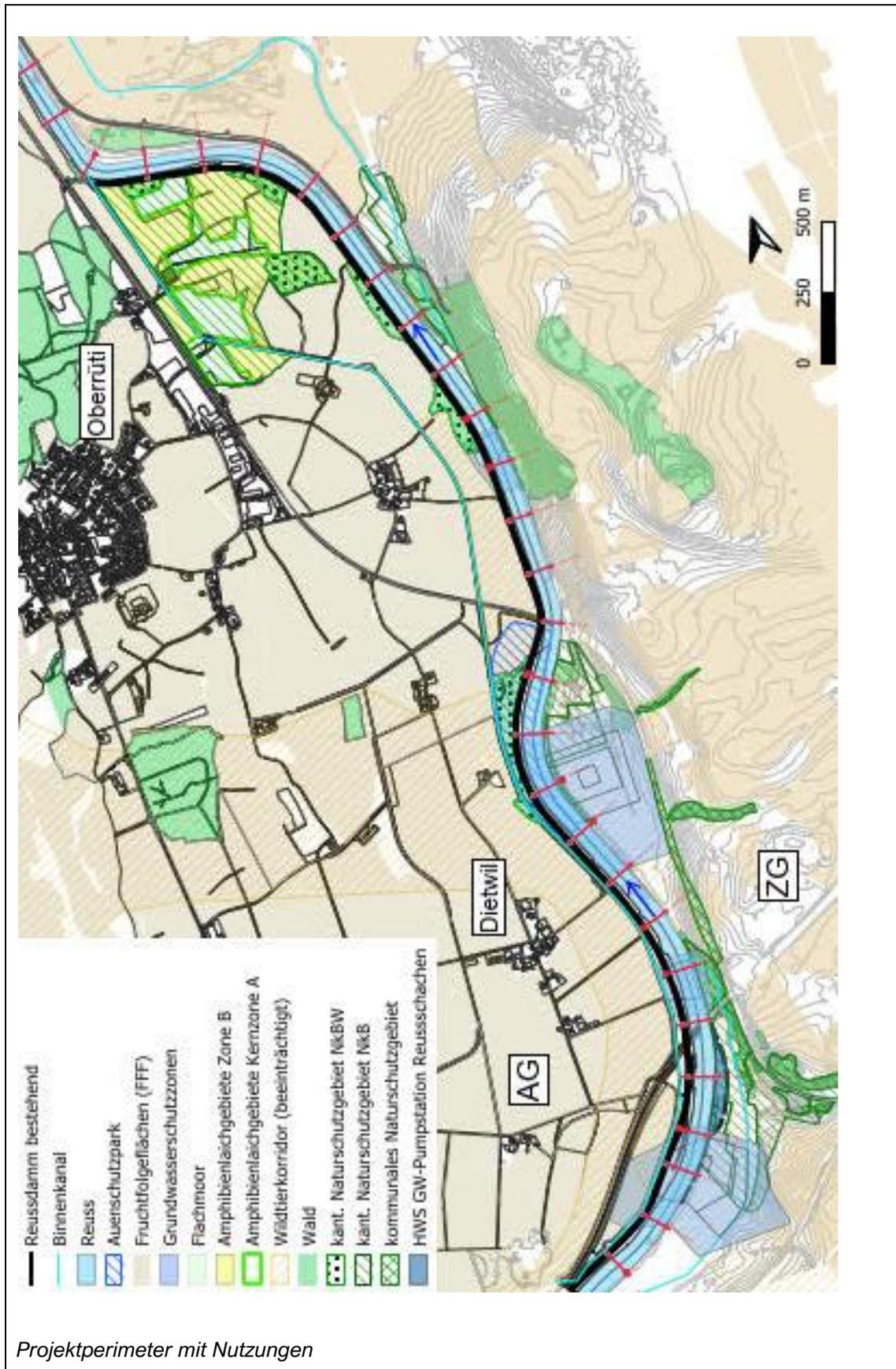
Bautyp Dammsanierung



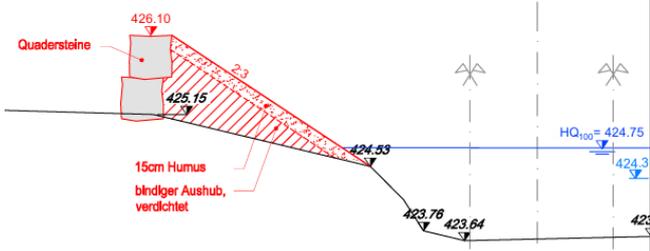
Bautyp Dammneubau (mit Untergrundverbesserung)



Projekt P2: Hochwasserschutz Oberes Reusstal		Gewässer: Reuss																		
Beispiel zu Projektphase:		Jahr: 2018-2023																		
<input checked="" type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen und Bedürfnisformulierung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input type="checkbox"/> Phase (III), Planung und Bewilligung <input type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung und Intervention		Kanton: Aargau																		
Charakteristische Grössen der Längsdämme:																				
Damfstrecke: 5.4 km (Abschnitt Dietwil-Oberrüti) Dammhöhen: von 2 m bis 3 m Dammtyp: homogen Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): ca. 1:2 Alter des Damms: 80-100 Jahre																				
Link zu weiteren Informationen zum Projekt:																				
Schwerpunkt(e):																				
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lösungsansätze/Variantenstudium ▪ Nutzungsinteressen 																				
Beschreibung:																				
<p>Im Rahmen des Hochwasserschutzkonzepts für das Obere Reusstal im Kanton Aargau wurde für den südlichsten Abschnitt Dietwil-Oberrüti ein Variantenstudium zur Frage der neuen Dammlinienführung für den sanierungsbedürftigen Reussdamm durchgeführt. Dabei prallten die verschiedensten Nutzungsinteressen aufeinander: Hochwasserschutz inkl. Revitalisierung, Schutz von Fruchtfolgefächern, Naturschutzgebiete, Wald, Trinkwasserfassungen, Öffentliche Infrastruktur, Erholungsnutzung.</p> <p>Die Varianten wurden anhand einer Bewertungsmatrix mit gewichteten Kriterien unter Berücksichtigung der vorhandenen Nutzungsinteressen beurteilt. Die Bestvariante wurde schliesslich auf Basis einer Interessenabwägung nach dem in der Raumplanungsverordnung festgehaltenen Vorgehen ermittelt. Das Variantenstudium wurde von einem intensiven partizipativen Prozess begleitet.</p>																				
Abbildungen:																				
<i>Bewertungskategorien mit Gewichtung:</i>																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Gewichtung</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Hochwassersicherheit</td> <td>20 %</td> </tr> <tr> <td>2. Bau- und Unterhalt</td> <td>10 %</td> </tr> <tr> <td>3. Landbeanspruchung</td> <td>25 %</td> </tr> <tr> <td>4. Natur und Wasser</td> <td>25 %</td> </tr> <tr> <td>5. Grundwasser, Raumplanung</td> <td>10 %</td> </tr> <tr> <td>6. Akzeptanz</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td>7. Erholung</td> <td>5 %</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="border-top: 1px solid black;">100 %</td> </tr> </tbody> </table>			Kategorie	Gewichtung	1. Hochwassersicherheit	20 %	2. Bau- und Unterhalt	10 %	3. Landbeanspruchung	25 %	4. Natur und Wasser	25 %	5. Grundwasser, Raumplanung	10 %	6. Akzeptanz	5 %	7. Erholung	5 %		100 %
Kategorie	Gewichtung																			
1. Hochwassersicherheit	20 %																			
2. Bau- und Unterhalt	10 %																			
3. Landbeanspruchung	25 %																			
4. Natur und Wasser	25 %																			
5. Grundwasser, Raumplanung	10 %																			
6. Akzeptanz	5 %																			
7. Erholung	5 %																			
	100 %																			



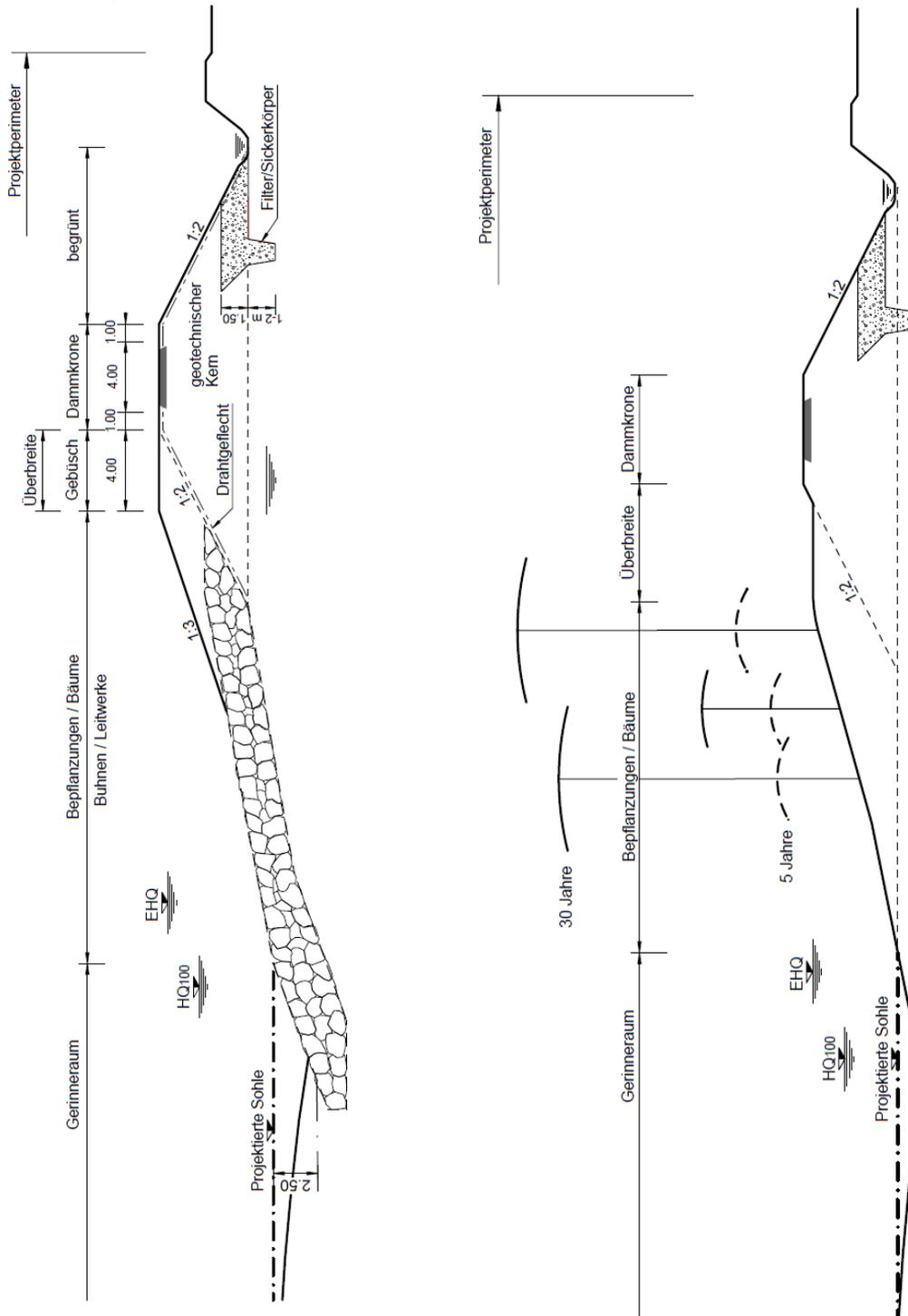
Projektperimeter mit Nutzungen

Projekt P3: Hochwasserschutz Pfaffnern		Gewässer: Pfaffnern
Beispiel zu Projektphase:		Jahr: 2020
<input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen, Bedürfnisformulierung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input type="checkbox"/> Phase (III), Planung und Bewilligung <input type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung, Intervention		Kanton: Aargau
Charakteristische Grössen der Längsdämme:		
Dammhöhen: von 0.5 m bis 1.5 m Dammtyp: Halbdamm mit Kern aus Blocksteinen Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): 2:3 / fast senkrecht		
Link zu weiteren Informationen zum Projekt:		
Schwerpunkte:		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz- und Nutzungsziele ▪ Bewuchs und Bestockung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lösungsansätze/Variantenstudium 	
Beschreibung:		Abbildungen:
<p>Für den Hochwasserschutz an der Pfaffnern wurden die Liegenschaften abschnittsweise mit Dämmen geschützt. Um den Flächenverbrauch in den privaten Gärten zu reduzieren, wurde ein Halbdamm erstellt, der nur wasserseitig eine Böschung aufweist und landseitig durch Blocksteine stabilisiert wird.</p> <p>Vorteile dieser Dammausführung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - der geringere Flächenbedarf - Damm mit sehr geringer Durchlässigkeit durch den Aufbau mit bindigem Aushub auf der Böschungsseite - der Damm kann dicht bestockt werden - falls gewünscht können die Steine so angeordnet werden, dass sie als Sitzsteine dienen. <p>Die Dammgestaltung in den privaten Gärten war sehr herausfordernd. Durch verschiedene vorhandene Ufergestaltungen musste der vorgesehene Neigungswinkel der wasserseitigen Böschung teilweise variiert werden.</p>		 <p><i>Konzeptskizze Dammaufbau</i></p>  <p><i>Blick auf das ausgeführte Bauwerk</i></p>

Projekt P4: 3. Rhonekorrektio		Gewässer: Rhone
Beispiel zu Projektphase:		Jahr: 2009 - 2019
<input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen und Bedürfnisformulierung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input checked="" type="checkbox"/> Phase (III), Planung und Bewilligung <input type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung und Intervention		Kanton: Wallis
Charakteristische Grössen der Längsdämme:		
<p>Dammhöhen: ca. 5 m ab Terrainhöhe Dammtyp: Kerndamm mit geotechnischem Kern und Überbreite Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): max. 1:2 Kronenbreite: min. 4 m Dammweg: Deckschicht 5-10 cm, kalkgebunden oder stabilisiert mit geringer Durchlässigkeit Drainagefilter und Entlastungsschlitze landseitig</p>		
Link zu weiteren Informationen zum Projekt:		www.vs.ch/rhone
Schwerpunkte:		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umweltaspekte ▪ Bewuchs und Bestockung ▪ Systemsicherheit 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dammbemessung ▪ Geotechnische Aspekte ▪ Ausführung ▪ Überwachung/Dokumentation
Beschreibung:		
<p><i>Kornverteilung:</i> Überschwemmungssedimente und Rhoneschotter <i>Festigkeitseigenschaften:</i> $j' = 35^\circ$ (Anteil Kies < 30 %), $c' = 0$, $\Psi = 0^\circ$ <i>Raumgewicht:</i> $g = 18 - 20 \text{ kN/m}^3$ <i>Durchlässigkeiten:</i> $k_{\text{Kies}}: 1.10^{-3} \text{ m/s}$, $k_{\text{Silt}}: 1.10^{-6} \text{ m/s}$, $k_{\text{Damm}}: < 1.10^{-5} \text{ m/s}$ <i>Auflasten:</i> Auflasten auf Dammkrone min. 10 kN/m^2 <i>ME-Modul:</i> M_{E1} (Erstbelastung) min. $50'000 \text{ kN/m}^2$, M_{E2} (Wiederbelastung)/M_{E1} falls $M_{E2} < 150'000 \text{ kN/m}^2 < 3.3$ <i>Seismik:</i> gemäss BWK II mit Bedeutungsfaktor $g_f = 1.2$. Mikrozonierung gemäss CREALP; zulässige Verschiebungen $s_{zul} > 50 \text{ mm}$: $q = 2.0$; bei mittlerem Sommerabfluss <i>Bewuchskonzept:</i> wasserseitig eine zusätzliche Aufschüttung (ausserhalb des geotechnischen Kerns als Überbreite). Tiefgründende Bäume, welche den geotechnischen Kern massgebend tangieren, sind nicht zulässig. In den Abbildungen sind die zeitlichen Auswirkungen eines gewählten Bewuchses dargestellt. Landseitig sind nur in der oberen Hälfte, oberhalb einer möglichen Sickerlinie, Sträucher erlaubt. Der tieferliegende Bereich muss zugänglich und sichtbar bleiben. <i>Wildtiere:</i> Drahtgeflecht auf geotechnischem Kern <i>Einbaubedingungen:</i> Einbaumaterial soll möglichst homogen eingebaut werden (Kies / Silt). Bei verschiedenen Materialien ist eine gute Durchmischung für den Einbau zu gewährleisten. Dokumentation des eingebauten Materials: Pro km 3 Siebkurven (Kontrollplan).</p>		

Beim Dammaufbau sind min. 2 M_E-Messungen pro 1 m Dammaufbau durchzuführen, ca. alle 100 m gemäss Kontrollplan und Erfassung auf dem Verdichtungsgerät. Die Schichtdicke beträgt ca. 0.3 m. Der Einbau erfolgt erdfucht (w_{opt}) und wird ständig überwacht (Gefahr Wind!). Die Durchlässigkeiten (k-Werte) werden nicht spezifisch kontrolliert.

Abbildungen:



Dammgeometrie

Bewuchskonzept



Uferschutz



Dammbau

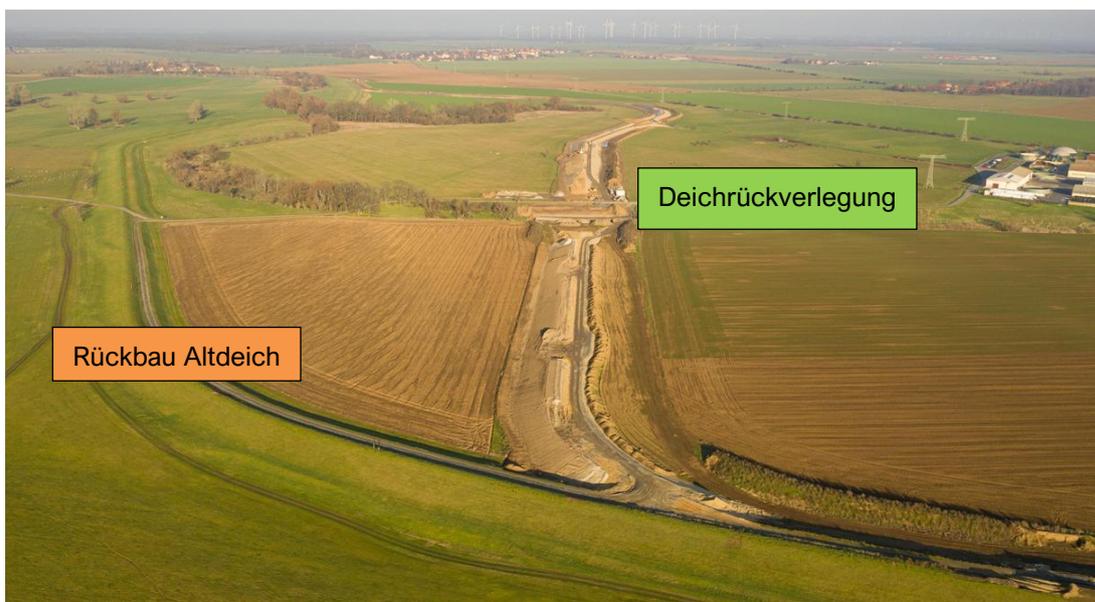
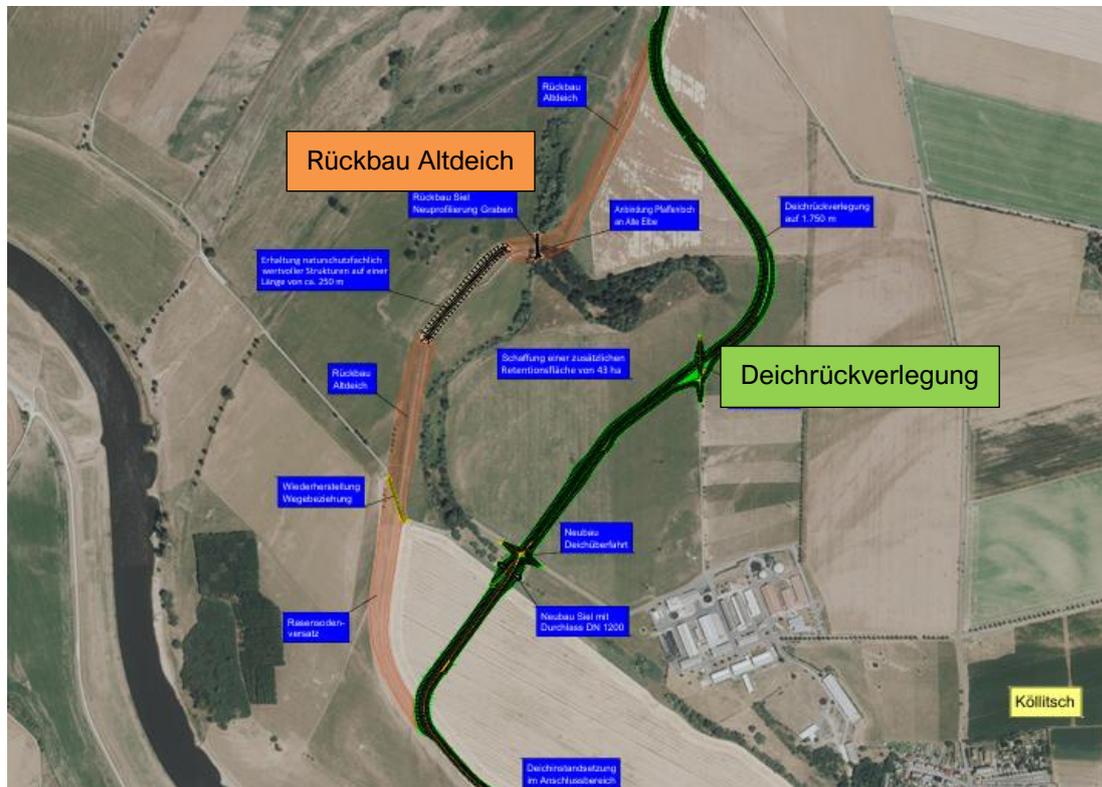
Projekt P5: Hochwasserschutz und Renaturierung Aare-Gürbemündung		Gewässer: Aare (km 22.2 bis 24.8) und Gürbe (km 3.7 bis 0.0)
Beispiel zu Projektphase:		Jahr: 2002 - 2017
<input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen, Bedürfnisformulierung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input checked="" type="checkbox"/> Phase (III), Planung und Bewilligung <input type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung, Intervention		Kanton: Bern
Charakteristische Grössen der Längsdämme:		
Dammhöhen: häufig ca. 3 m (von 1 m bis 3.5 m)		
Dammtyp: i.a. homogene Schüttdämme mit Dammfussfilter und lokalen Entlastungssektionen		
Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): 1:2 bis 1:10 (bewirtschaftbare Flachdämme)		
Link zu weiteren Informationen zum Projekt:		
Müller. M. et al (2016), «Modern flood protection and rehabilitation concepts at pre-alpine alluvial rivers», <i>Proc. Interpraevent 2016</i> , Lucerne, pp. 797-805		
Aare - Gürbemündung (Bau- und Verkehrsdirektion des Kantons Bern)		
Schwerpunkte:		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz- und Nutzungsziele ▪ Lösungsansätze/Variantenstudium ▪ Umweltaspekte 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schadensszenarien/Versagensmechanismen ▪ Dammbemessung ▪ Geotechnische Aspekte ▪ Interessenabwägung 	
Beschreibung:		
<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtprojekt Hochwasserschutz und Renaturierung von Aare und Gürbe im Bereich Belpmoos, inkl. Sofortmassnahmen 2005 • Wiederanbindung der Aue «Selhofen Zopfen» an die Aare durch Zurückverlegung HWS-Damm • Interessenabwägung Auenschutz – Trinkwassernutzung • Dammsanierung und Dammneubauten an Aare und Gürbe (siehe Abbildungen). • Flussaufweitungen und Uferabflachungen Aare, neuer Uferschutz (Buhnen und ondulierender Uferverbau) • Entlastung Prallhang und bessere Durchströmung Gleitufer und Auenzone mittels Lenkbuhnen (nachgewiesener Ausgleich des Geschwindigkeitsprofil) • Aufwertung Gürbe durch Gerinneverbreiterung und -strukturierung • EHQ-Entlastung durch überströmbare Dämme, Entleerung Retentionsraum über Entlastungsorgan und Flurdrainage • Umlegung und Renaturierung Giesse und Lehnenkanal 		



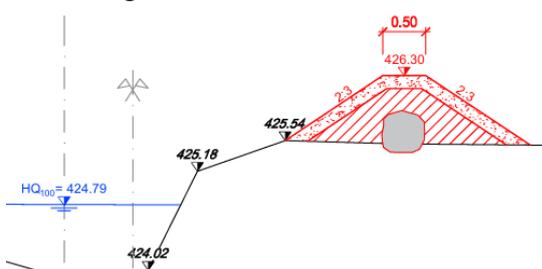
Dammbau zwischen Aare (links) und Giesse (rechts), Blick gegen Fliessrichtung.

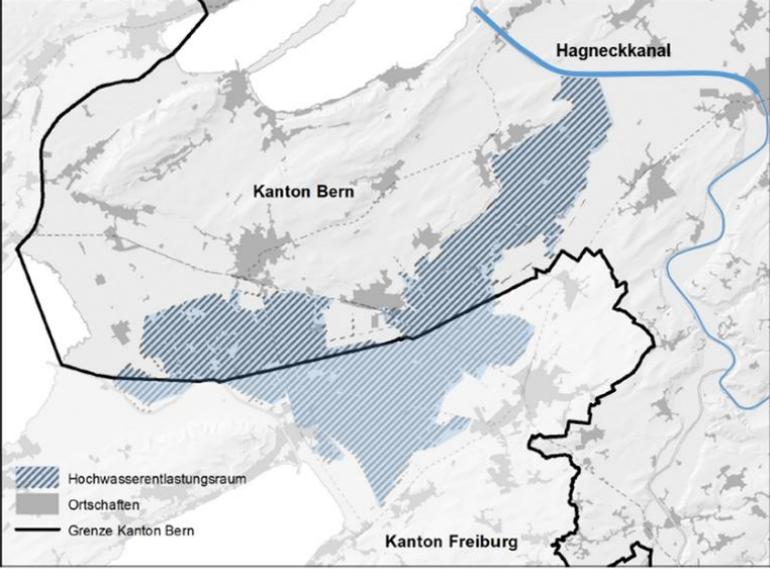
Projekt P6: Elbe, Z 8.6 Deichrückverlegung Köllitsch		Gewässer: Elbe (D)
Beispiel zu Projektphase:		Jahr: 2018
<input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen und Bedürfnisformulierung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input checked="" type="checkbox"/> Phase (III), Planung und Bewilligung <input type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung und Intervention		Freistaat Sachsen, D
Charakteristische Grössen der Längsdämme:		
Dammhöhen: von 4 m bis 5 m Dammtyp: Neubau als 3 Zonendeich mit Filterberme Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): 1:3 mit 3 m Kronenbreite		
Link zu weiteren Informationen zum Projekt:		
Schwerpunkte:		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz- und Nutzungsziele ▪ Lösungsansätze/Variantenstudium ▪ Umweltaspekte 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geotechnische Aspekte ▪ Systemsicherheit 	
Beschreibung:		
<p>Die Längsdämme schützen die hinterliegende Infrastruktur und die ansässige Bevölkerung vor einem Hochwasser HQ₁₀₀. Der Deich ist eine wasserwirtschaftliche Anlage und wird nicht touristisch genutzt.</p> <p>Nach Vorgaben der hydraulischen Modellierung wurde eine bestimmte Rückverlegungstrasse gewählt, um ungünstige Abflussverhältnisse zu vermeiden und gleichzeitig eine grösstmöglichen Retentionsfläche zu erhalten.</p> <p>Die Längsdämme befinden sich in einem ausgewiesenen Naturschutzgebiet, wodurch an die Baumassnahme besondere Anforderungen hinsichtlich Naturschutz gestellt werden. Durch die Dammrückverlegung erfolgt eine Vergrösserung der Retentionsfläche und eine Reaktivierung der Elbaue. Während der Planung wurden verschiedene Massnahmenblätter im Rahmen des landschaftspflegerischen Begleitplanes erstellt, um die Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Umwelt zu minimieren bzw. zu vermeiden.</p> <p>Im Rahmen der statischen Bemessung in Bezug auf die Ausgestaltung als 3-Zonen Damm wurde die Systemsicherheit des Längsdammes nachgewiesen. Geotechnische Aspekte spielten eine Rolle in Bezug auf bodenmechanischen Eigenschaften des Einbaumaterials der einzelnen Konstruktionsschichten.</p>		

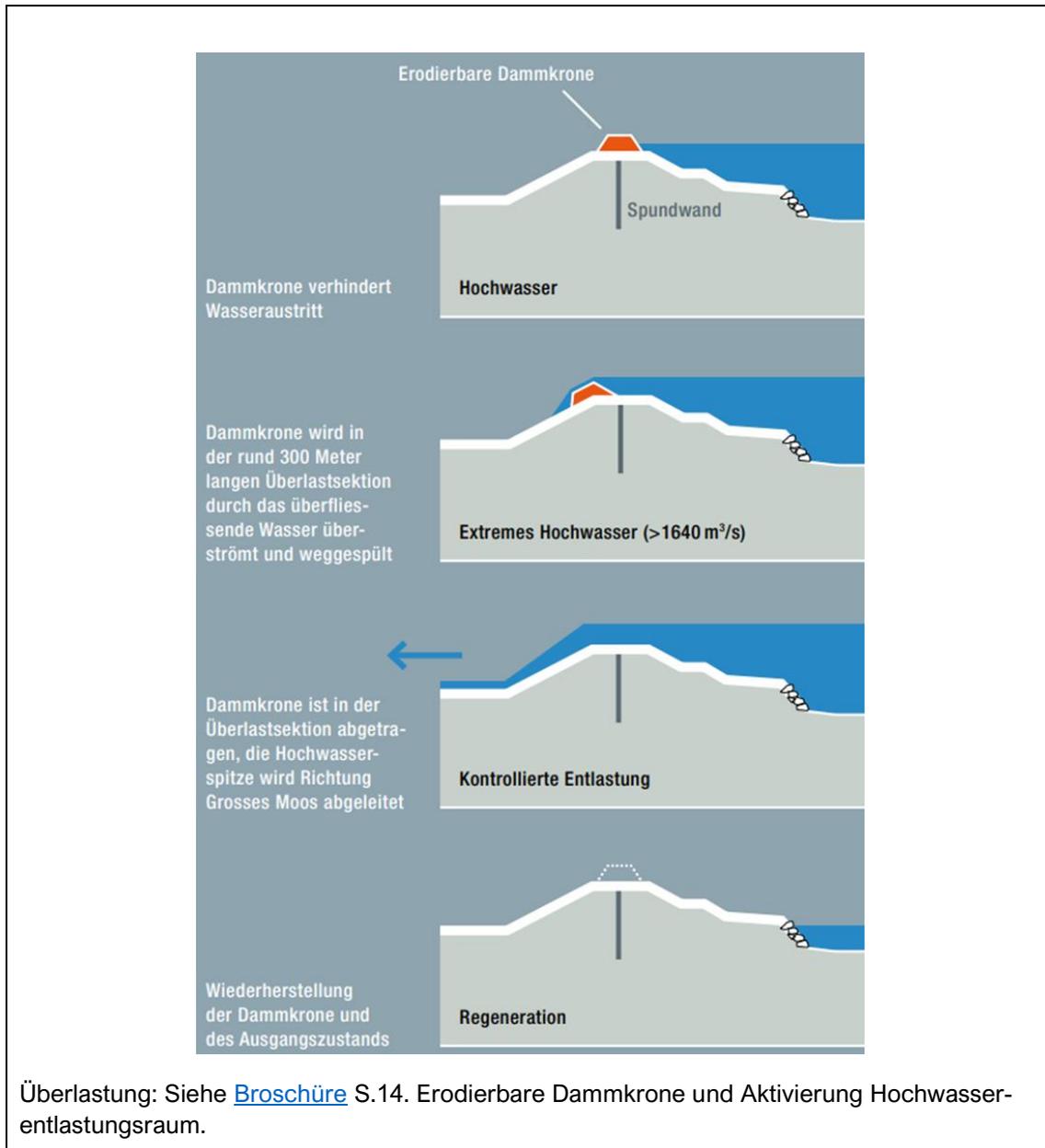
Abbildungen:



Deichrückverlegung (1750 m) mit Erweiterung des Retentionsraumes (+43 ha)

Projekt P7: Hochwasserschutz Krummbach	Gewässer: Krummbach
Beispiel zu Projektphase: <input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen und Bedürfnisformulierung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input type="checkbox"/> Phase (III), Planung und Bewilligung <input type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input checked="" type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung und Intervention	Jahr: 2023 Kanton: Aargau
Charakteristische Grössen der Längsdämme: Dammhöhen: von 0.5 m bis 1 m Dammtyp: gezont mit Kern aus Blocksteinen Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): 2:3	
Link zu weiteren Informationen zum Projekt:	
Schwerpunkt(e): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lösungsansätze/Variantenstudium ▪ Bewuchs und Bestockung 	
Beschreibung: <p>In der Vergangenheit wurden bei kleinen homogenen Erddämmen im Siedlungsgebiet teilweise schlechte Erfahrungen hinsichtlich dauerhaften Bestehens gemacht. Es wurde nach einem Weg gesucht, sie stabiler zu gestalten resp. menschlich verursachte Dammdurchbrüche (z.B. für erleichterten Zugang zum Wasser) zu verhindern. Folge dessen wurde für den Hochwasserschutz am Krummbach ein Damm mit einem Kern aus Blocksteinen realisiert.</p> <p>Ursprünglich war vorgesehen den Dammkern aus Blocksteinen bis zur Dammkrone auszuführen, was aber aus verschiedenen Gründen (Kosten, Ökologie, Unterhalt) verworfen wurde.</p> <p>Dieser Entscheid hat auch Auswirkungen auf die Bestockung. Ohne den bis zur Dammkrone reichenden Dammkern aus Blocksteinen sollen keine Bäume und Sträucher auf dem Damm gepflanzt werden.</p>	Abbildungen:  <p><i>Konzeptskizze Dammaufbau</i></p>  <p><i>Blick auf das ausgeführte Bauwerk</i></p>

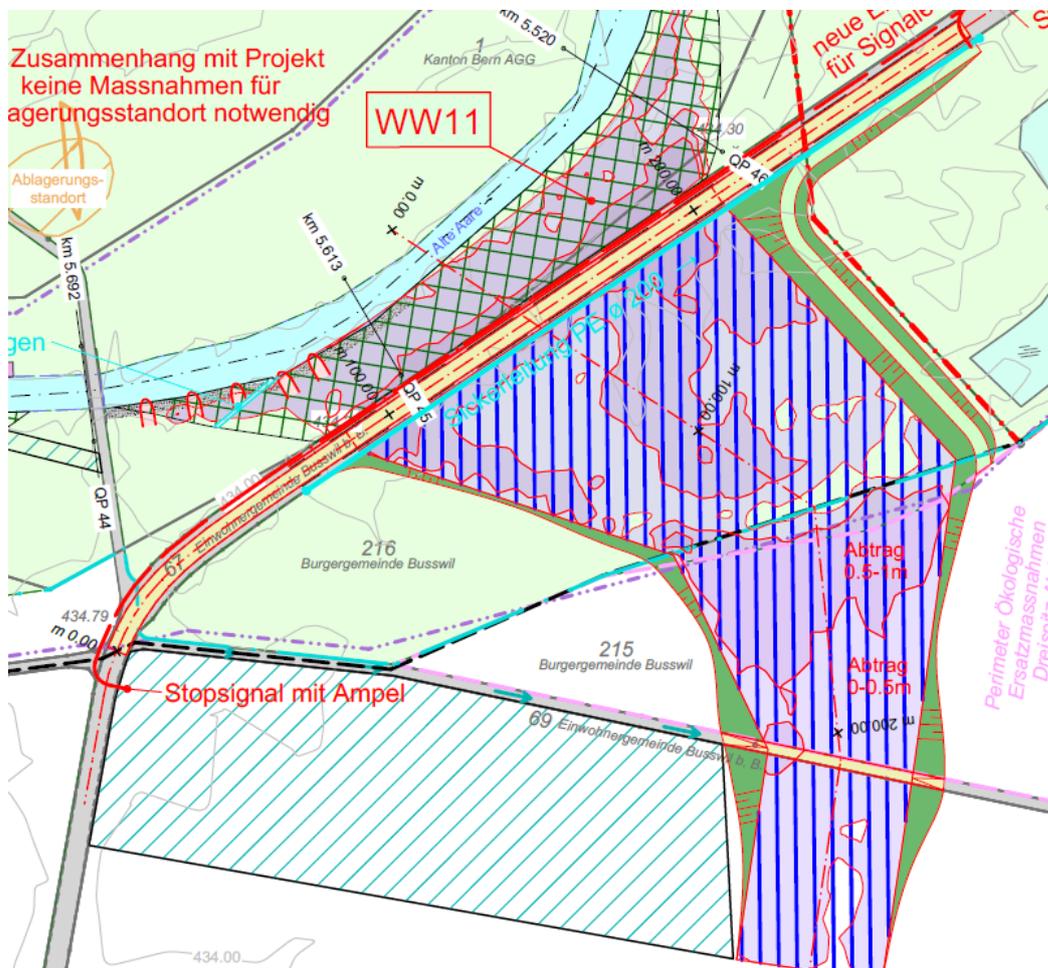
Projekt P8: Hagneckkanal	Gewässer: Aare
Beispiel zu Projektphase: <input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen und Bedürfnisformulierung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input type="checkbox"/> Phase (III) Planung und Bewilligung <input type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input checked="" type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung und Intervention	Jahr: 2004-2015 Kanton: Bern
Charakteristische Grössen der Längsdämme: Dammhöhen: bis zu mehreren Meter Dammtyp: bestehende inhomogene Dämme, die landseitig verbreitert wurden Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): 1:3	
Link zu weiteren Informationen zum Projekt: Bauherrschaft: Kanton Bern, Amt für Wasser und Abfall AWA Sanierung Hagneck Kanal Plattform Renaturierung (plattform-renaturierung.ch)	
Schwerpunkt(e): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lastfälle ▪ Raumplanerische Sicherung 	
Beschreibung: Die Überflutungsflächen der gezielten Entlastung wurden ermittelt und in die Raumplanungsinstrumente überführt (u.a. Naturgefahrenkarten). Zudem greifen die Richtpläne der Kantone Bern und Freiburg den Hochwasserentlastungsraum Aare-Hagneckkanal auf (in Bern Massnahme R_11). Auf diese Weise wird die langfristige Sicherung und die Relevanz in der räumlichen Abstimmung sichergestellt.	
Abbildungen: Massnahme R_11: Rückseite Hochwasserentlastungsraum Aare-Hagneckkanal 	



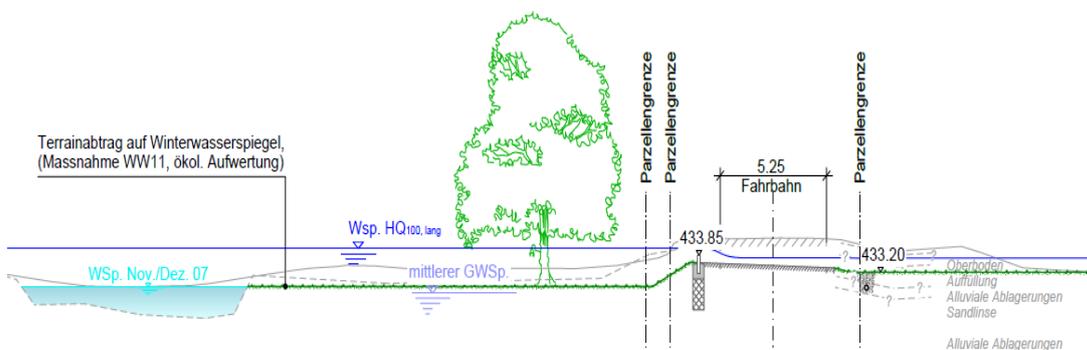
Überlastung: Siehe [Broschüre](#) S.14. Erodierbare Dammkronen und Aktivierung Hochwasserentlastungsraum.

Projekt P9: Hochwasserschutz Alte Aare		Gewässer: Alte Aare
Beispiel zu Projektphase:		Jahr: 2010 - 2021
<input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen und Bedürfnisformulierung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input checked="" type="checkbox"/> Phase (III) Planung und Bewilligung <input type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input checked="" type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung und Intervention		Kanton: Bern
Charakteristische Grössen der Längsdämme:		
Dammhöhen: von 0.4m bis ca. 3m Dammtyp: homogen Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): variabel		
Link zu weiteren Informationen zum Projekt:		
Bauherrschaft: Wasserbauverband Alte Aare, Lyss		
Schwerpunkt(e):		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bewuchs und Bestockung ▪ Dammbemessung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Intervention 	
Beschreibung:		
<p>Die Alte Aare wurde zwischen Lyss und Büren an der Aare hochwassersicher ausgebaut. Bestandteil des Schutzsystems sind unter anderem auch Dämme.</p> <p>Dammkonstruktion: Bestehende Dämme aus einem vorhergehenden Hochwasserschutzprojekt aus dem 70er Jahren, die sich in der Lage als richtig erwiesen, wurden auf die Funktionsfähigkeit (inkl. Q_{dim}) geprüft und wo nötig ergänzt (ertüchtigt, erhöht). Teilweise wurden die Dämme auch neu gebaut.</p> <p>Bestockung: Einige Dämme liegen im Waldareal. Wie genau der Waldrand verläuft, musste ausgehandelt werden.</p> <p>Intervention: Bei Ereignissen grösser Q_{dim} ist vorgesehen, dass die Hochwasserspitze an einer definierten Stelle austritt. Zu diesem Zweck wurde ein Damm mit einer Strasse abgesenkt und ein Entlastungskorridor ausgeschieden. Dieser wurde mit Leitdämmen begrenzt. Im Ereignis muss die Strasse gesperrt werden.</p>		

Abbildungen:



Darstellung des Entlastungsbereichs (Situation) in einer aussen Kurve der alten Aare.



Querschnitt durch den Damm (mit Strasse), wo das Wasser gezielt austreten kann.

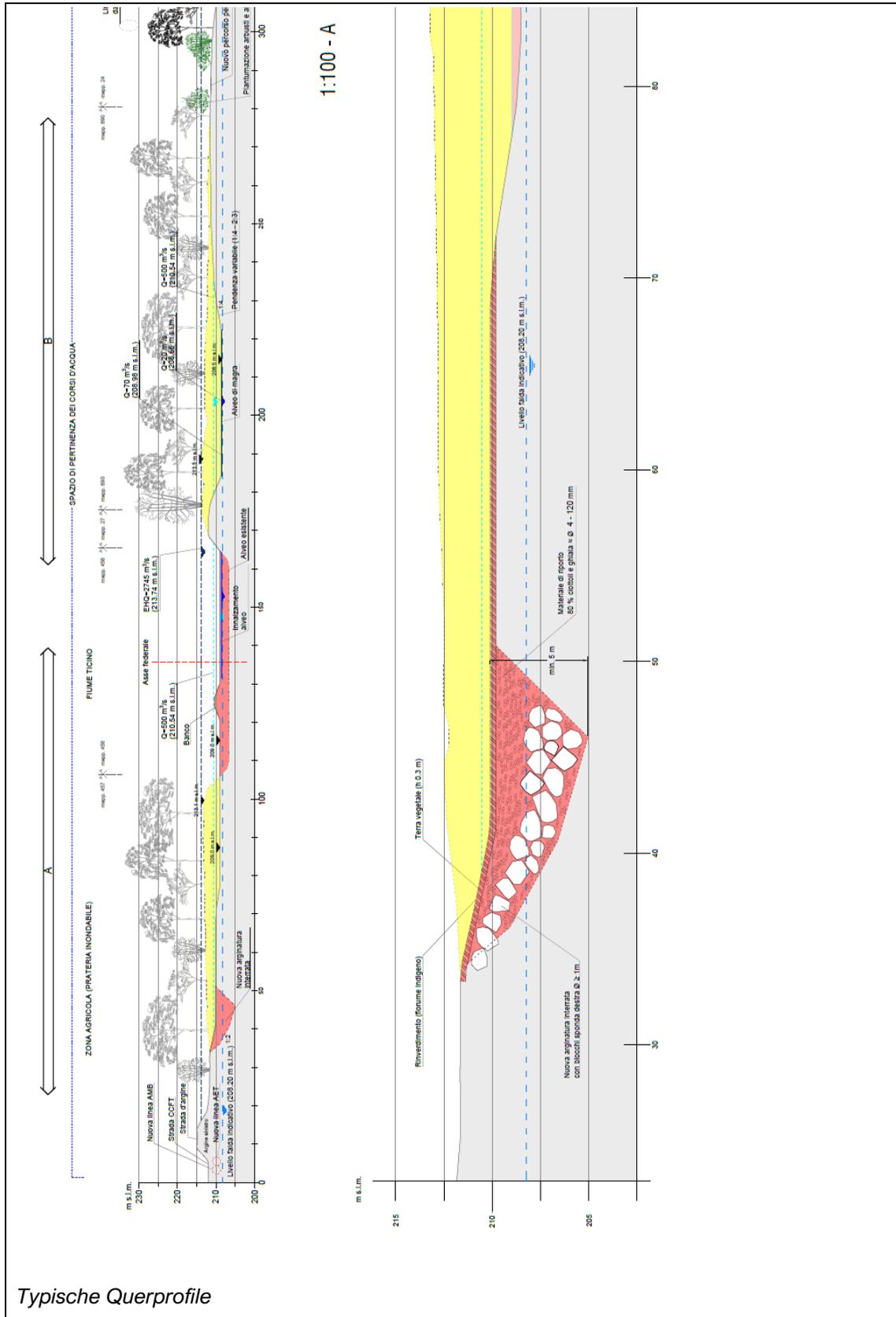
Projekt P10: HWS Linth 2000		Gewässer: Linth (Escherkanal und Linthkanal)
Beispiel zu Projektphase:		Jahr: 2003 - 2014
<input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen, Bedürfnisformulierung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input checked="" type="checkbox"/> Phase (III), Planung und Bewilligung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input checked="" type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung, Intervention		Kantone: St.Gallen, Glarus, Schwyz, Zürich
Charakteristische Grössen der Längsdämme:		
<p>Dammhöhen: von 2 m bis 5 m</p> <p>Dammtyp: i.a. gezont, Dammsanierung mit Auflastfilter oder Materialersatz</p> <p>Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): Neu: i.a. Auflastfilter mit Neigung 2:5 und Mittelberme, in engen Abschnitten Materialersatz mit Neigung 2:3 und lokal Stützmauer</p>		
Link zu weiteren Informationen zum Projekt:		
www.linthwerk.ch / Linthwerk - 1. Gesamtanierung Das Linthwerk (2013). <i>Projekt Hochwasserschutz Linth 2000</i> . Proc. Symp. HSR, 6./7. Juni 2013		
Schwerpunkt(e):		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz- und Nutzungsziele ▪ Grundlagenerhebung ▪ Lösungsansätze/Variantenstudium ▪ Umweltaspekte ▪ Nutzungsvereinbarung ▪ Bewuchs und Bestockung ▪ Lastfälle ▪ Systemsicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schadensszenarien/Versagensmechanismen ▪ Dammbemessung ▪ Geotechnische Aspekte ▪ Submission ▪ Ausführung ▪ Unterhalt ▪ Überwachung/Dokumentation ▪ Intervention 	
Beschreibung:		
<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtanierung und ökologische Aufwertung des Linthwerks bestehend aus dem Escherkanal (Mollis bis Walensee) und dem Linthkanal (Walen- bis Zürichsee) sowie der Hintergräben zur Entwässerung der Zwischeneinzugsgebiete. Länge Hauptgewässer: 23.5km • Dammsanierungen und Dammbaubauten auf rund 14 km Länge (Methode siehe oben) • Schaffung von grossräumigen Flussaufweitungen an Haupt- und Nebengerinnen • Umgestaltung Ufer und Ufersicherung (Flachufer, Bühnen). 		

Abbildungen:



Luftbild Sanierung Linthkanal

Projekt P11: Parco fluviale Boschetti-Saleggi, Bellinzona		Gewässer: Ticino
Beispiel zu Projektphase:		Jahr: 2014-2030
<input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen und Bedürfnisformulierung <input type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input checked="" type="checkbox"/> Phase (III), Planung und Bewilligung <input type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung und Intervention		Kanton: Tessin
Charakteristische Grössen der Längsdämme:		
Dammhöhen: 5 m bis 7 m Dammtyp: homogen/gezont, schlafende Ufer Böschungsneigung: - Äusserer Damm, linksufrig, bestehend, wasser- und landseitig: 2:3 bis 1:1 - Innere Dämme, innere Böschung, recht- u. linksufrig, mit neuen Aufweitungen: 1:10 bis 2:3		
Link zu weiteren Informationen zum Projekt:		
www.ilmiofiume.ch ; Pilotstrecke Torretta schon realisiert!		
Schwerpunkte:		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Umweltaspekte 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bewuchs und Bestockung 	
Beschreibung:		
Eigendynamik wird gefördert durch:		
<ul style="list-style-type: none"> • Äusserer Damm rechte Seite bestehend • Grosse Aufweitung mit neuem Arm rechte Seite (50 m bis 250 m) • Neue innere Uferlinie mit Aufweitung linke Seite • Schlafende Ufer bei Aufweitungen (rechte u. linke Seite) 		
Abbildungen:		
<i>Übersichtsplan der Massnahmen</i>		

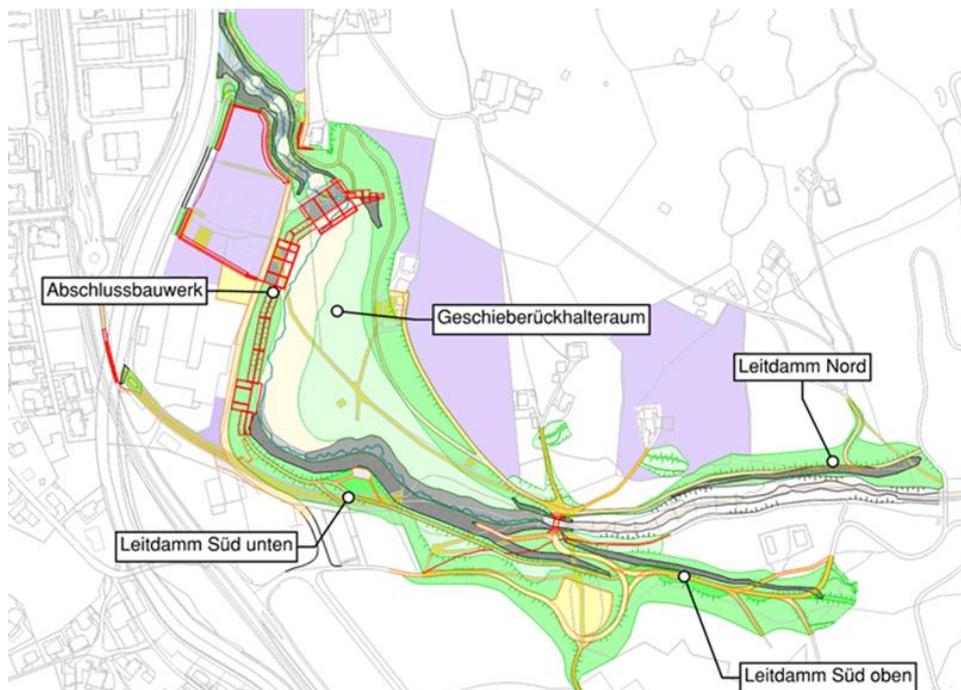


Projekt P12: Hochwasserschutz Buoholzbach (Wildbach, Geschiebesammler)	Gewässer: Buoholzbach
Beispiel zu Projektphase: <input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen, Bedürfnisformulierung <input type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input checked="" type="checkbox"/> Phase (III) Planung und Bewilligung <input type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung, Intervention	Jahr: 2023
	Kanton: Nidwalden
Charakteristische Grössen der Längsdämme: <i>Leitdamm Süd unten:</i> Dammhöhen h: bis 13 m Dammtyp: Kiesiges Dammschüttmaterial (aus Aushub) mit erhöhter Tragfähigkeit und wenig Feinanteil, grosse Blöcke aus dem Aushub entfernen, Erdbewehrung Sytec LS 80 PET, Lagenabstand 1.20 m, landseitig: Auftrag Waldboden, wasserseitig: Abdichtung mit Bentonitmatten (auf Höhe WSP SHQ). Erosionsschutz: Überdeckter Blocksatz ca. 2 - 3 to / Stk, Überdeckung mit anstehendem Aushubmaterial, Dammschüttung in Etappen, schichtweiser Einbau, sauber verdichtet, Verzahnung mit dem bestehenden Untergrund Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): 1:2 - 2:3 / 1:2 - 2:3 <i>Leitdamm Süd oben:</i> Dammtyp: Kiesiges Dammschüttmaterial (aus Aushub) mit erhöhter Tragfähigkeit und wenig Feinanteil, grosse Blöcke aus dem Aushub entfernen, wasserseitig und landseitig: Auftrag Waldboden Erosionsschutz: Überdeckter Blocksatz ca. 1-3 to / Stk, Überdeckung mit anstehendem Aushubmaterial Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): 1:3 / 1:4	
Link zu weiteren Informationen zum Projekt: www.buoholzbach.ch	
Schwerpunkte: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bewuchs und Bestockung ▪ Lastfälle 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dammbemessung ▪ Geotechnische Aspekte
Beschreibung: Durch einen hohen Geschiebeeintrag vom Buoholzbach in die Engelbergeraa besteht eine grosse Ausbruchgefahr der Engelbergeraa in Richtung Stans. Die Geschiebetransportkapazität der Engelbergeraa ist auch im Hochwasserfall zu gering, um die anfallenden Geschiebefrachten des Buoholzbachs zu transportieren. Mit einem neuen Geschieberückhalteraum vor der Mündung in die Engelbergeraa soll der Geschiebeeintrag stark reduziert werden. Das notwendige Rückhaltevolumen wird durch grossflächige Geländeabsenkungen, neue, meist überschüttete Stahlbetonbauten sowie seitliche Dämme oberhalb des Industriegebiets Hofwald geschaffen. Die seitlichen Dämme weisen nicht nur Rückhalte- sondern auch Leitfunktionen auf.	

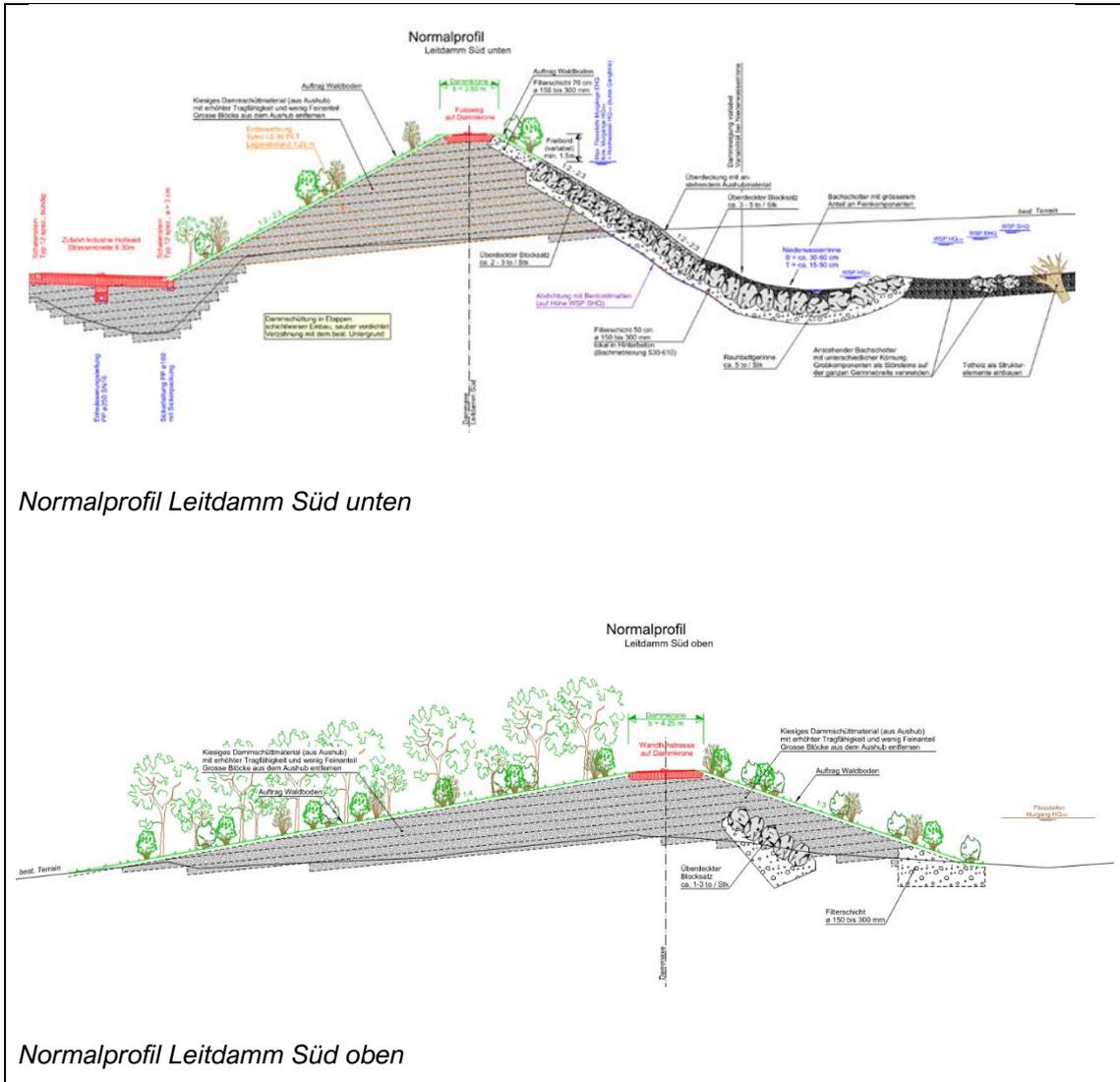
Neuer Leitdamm Süd:

- Ca. 600 m langer neuer Damm mit geeignetem Schüttmaterial aus dem Aushub des Geschieberückhalteraums.
- Erhöhungen des bestehenden Terrains um 4-8 m (innerhalb des heutigen Geschiebesammlers bis zu 13 m).
- Die Dammkrone weist eine minimale Breite von 3.5 m auf. Unterhalb der Brücke Buholz verläuft ein Fussweg auf der Dammkrone, welcher für Unterhaltsfahrzeuge befahrbar ist. Der Zugang auf den Damm ist mittels Treppe vorgesehen.
- Oberhalb der Brücke Buholz verläuft mehrheitlich die neue Wandfluhstrasse auf der Dammkrone, weshalb in diesem Bereich die Dammkrone grundsätzlich breiter ist.
- Die Böschungsneigungen sind variabel und betragen zwischen 1:8 bis 2:3
- Wasserseitig wird der Damm mit Blocksätzen in Filterschicht vor Erosion geschützt. Die Blocksätze sind überdeckt. Sie berücksichtigen die Höhen der erwarteten Murgänge (EHQ) bzw. die maximalen Fliesstiefen von einem 300-jährlichen Murgangereignis und einem nachgelagerten Hochwasserereignis HQ₁₀₀.
- Lokal ist eine Erdbewehrung mit Lagenabständen von 1.20 m zur Gewährleistung der Dammstabilität notwendig (Einstaubereich). Die Bewehrung ist über die gesamte Dammbreite vorgesehen.
- Sickerströmungen werden im Bereich der möglichen Seenbildung (unterste 100 m) durch Bentonitmatten unterbunden.
- Die Dammböschungen werden oberhalb der Blocksätze gruppenweise leicht bestockt. Landseitig werden die Flächen flächig wieder bestockt.

Abbildungen:



Situation Geschieberückhalteraum mit Leitdamm Süd unten und oben.

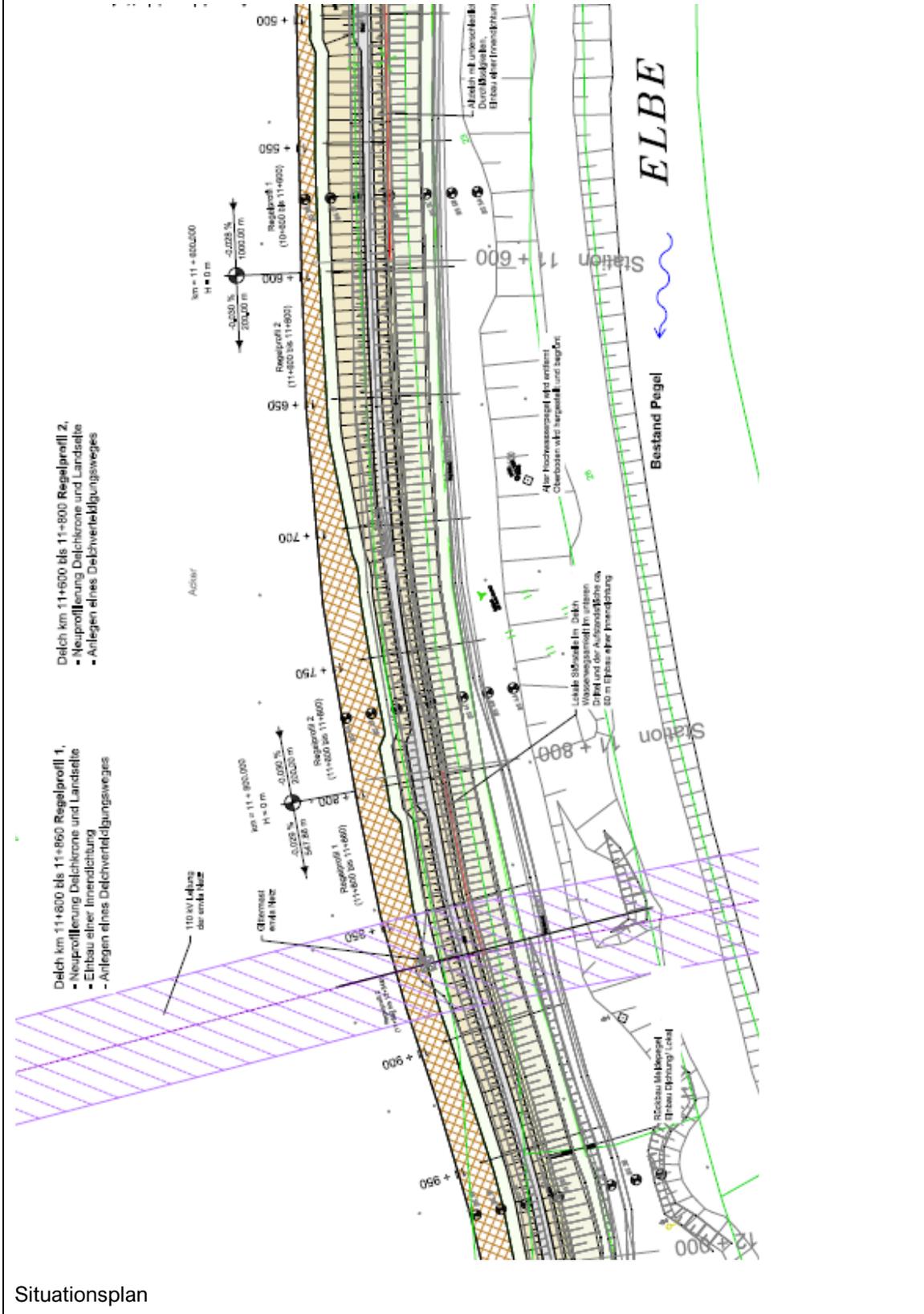


Normalprofil Leitdamm Süd unten

Normalprofil Leitdamm Süd oben

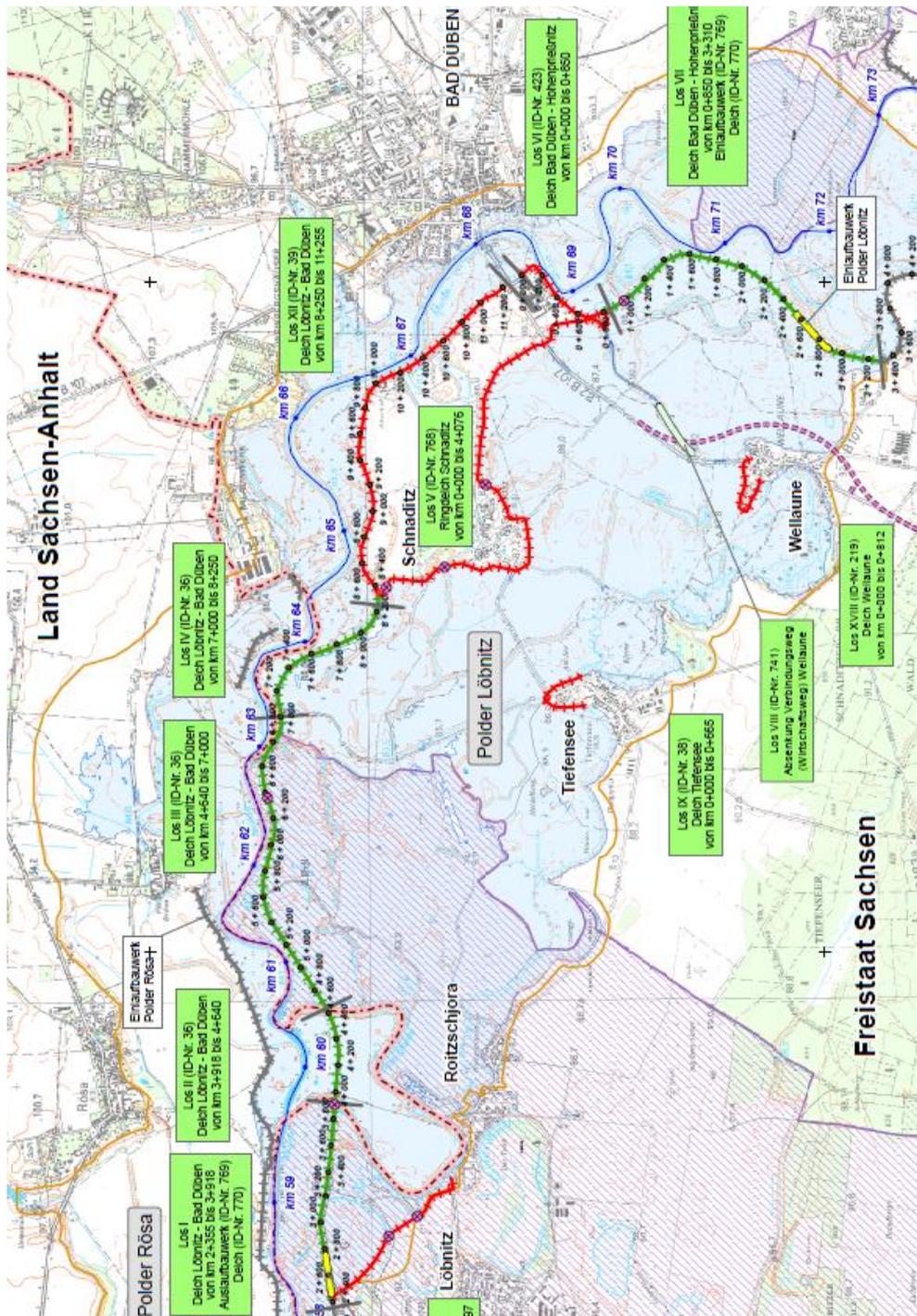
Projekt P13: Elbe, Z 8.5 Instandsetzung Deiche (Längsdämme)		Gewässer: Elbe
Beispiel zu Projektphase:		Jahr: 2018
<input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen und Bedürfnisformulierung <input type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input checked="" type="checkbox"/> Phase (III) Planung und Bewilligung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung und Intervention		Land: Freistaat Sachsen, D
Charakteristische Grössen der Längsdämme:		
Dammhöhen: 4 m bis 5 m Dammtyp: Instandsetzung mit Einbau statisch wirksamer Spundwand Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): 1:3 mit 3 m Kronenbreite		
Link zu weiteren Informationen zum Projekt:		
Schwerpunkt(e):		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz- und Nutzungsziele ▪ Lösungsansätze/Variantenstudium ▪ Systemsicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geotechnische Aspekte ▪ Ausführung ▪ Umweltaspekte 	
Beschreibung:		
<p>Die Deichbaumassnahme schützt die hinterliegende Infrastruktur und die ansässige Bevölkerung vor einem Hochwasser HQ₁₀₀. Der Deich ist eine wasserwirtschaftliche Anlage und wird nicht touristisch genutzt.</p> <p>In Abstimmung mit der Naturschutzbehörde wurden um die Eingriffe in die wertvollen Rasenstrukturen zu minimieren, Spundwände als Innendichtung eingebracht.</p> <p>Die Deichbaumaßnahme befindet sich in einem ausgewiesenen Naturschutzgebiet, wodurch an die Baumassnahme besondere Anforderungen hinsichtlich Naturschutz gestellt werden. Während der Planung wurden verschiedene Massnahmenblätter im Rahmen des landschaftspflegerischen Begleitplanes erstellt, um die Auswirkungen der Baumassnahme auf die Umwelt zu minimieren bzw. zu vermeiden.</p> <p>Im Rahmen der statischen Bemessung in Bezug auf die Spundwandinnendichtung wurde die Systemsicherheit des Deiches nachgewiesen. Geotechnische Aspekte spielten eine Rolle in Bezug auf die Rammpbarkeit des Bodens.</p> <p>Einbau Innendichtung mit bis zu 15 m langen Spundwänden auf 1.5 km Trassenlänge, Anbau Deichverteidigungsweg auf Landseite.</p>		

Abbildungen:



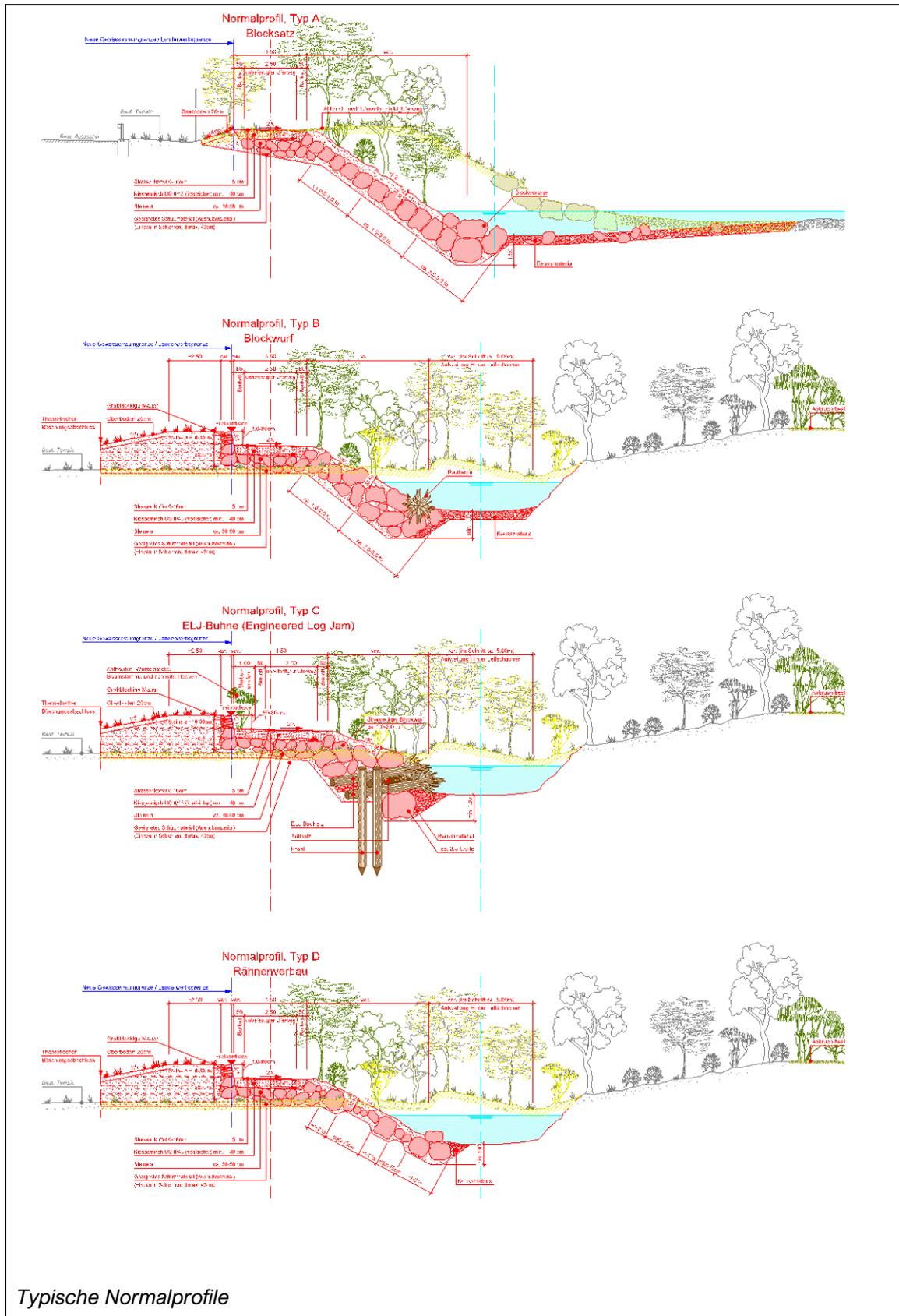
Projekt P14: Einrichtung des gesteuerten Polders Löbnitz		Gewässer: Vereinigte Mulde
Beispiel zu Projektphase:		Jahr: im Bau seit 2011
<input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen und Bedürfnisformulierung <input type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input checked="" type="checkbox"/> Phase (III) Planung und Bewilligung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input checked="" type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung und Intervention		Land: Freistaat Sachsen (D)
Charakteristische Grössen der Längsdämme: Dammhöhen: ca. 1 m bis ca. 4 m Dammlänge: ca. 11.5 km (Ortsdeiche) ca. 9.2 km (Polderaussendämme) Dammtyp: verschiedene Konstruktionen, teilweise mit Spundwand als Innendichtung (z. T. statisch wirksam) Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): <ul style="list-style-type: none"> - 1:3/ 1:3, 3 m Kronenbreite - im Bereich der Überströmstrecken 1:3 / 1:8, 3 m Kronenbreite 		
Link zu weiteren Informationen zum Projekt: www.polder-loebnitz.de		
Schwerpunkt(e): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz- und Nutzungsziele ▪ Umweltaspekte ▪ Nutzungsvereinbarung 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Systemsicherheit ▪ Unterhalt
Beschreibung: Das Vorhaben befindet sich in einem naturschutzfachlich/-rechtlich sehr hochwertigen und sensiblen Umfeld Die Gegend ist zudem geprägt von sehr fruchtbaren Ackerböden. Zudem ist das Schutzgut Mensch in Form dr lokal zu schützenden 4 Ortslagen, touristischen Interessen (Mulderadwanderweg) und überregionalen Schutzwirkungen bis Bitterfeld-Wolfen prioritär. Von grösster Wichtigkeit ist nicht nur die Funktionssicherheit der einzelnen Komponenten, wie die Ortsdeiche und die beiden gesteuerten Bauwerke (Einlauf- und Auslaufbauwerk) sondern das technische Zusammenspiel sowie die erforderlichen Vorbereitungen für den Betriebsfall (Hochwasser der vereinigten Mulde grösser HQ25 bezogen auf das HWSK Mulden [2004], entspricht 1'100 m³/s). Hier sind insbesondere die Evakuierung des Polderraumes und Abspernung von Strassen und Wegen zu nennen. Dabei ist ein Zusammenwirken mehrerer Gemeinden, dem Landkreis Nordsachsen und des Landestourismusverbandes Sachsen erforderlich.		

Abbildung:



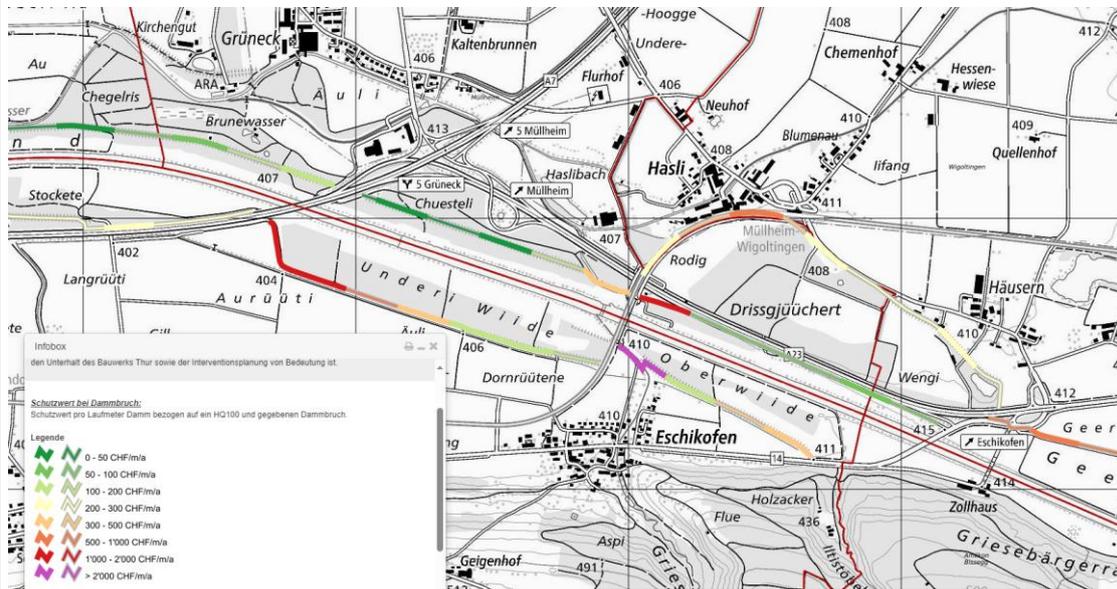
Übersichtsplan: grüne Linie – Polderaussendeich (HQ25, Vereinigte Mulde); rote Linie – Ortsdeich (HQ100, Vereinigte Mulde).

Projekt P15: Aufweitung Reuss Hinterleitschach, Erstfeld UR	Gewässer: Reuss
Beispiel zu Projektphase: <input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen, Bedürfnisformulierung <input type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input type="checkbox"/> Phase (III) Planung und Bewilligung <input checked="" type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung, Intervention	Jahr: 2023 / 2024 Kanton: Uri
Charakteristische Grössen der Längsdämme: Dammhöhen: ca. 7 m Dammtyp: homogen Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): 1:2 / 1:5	
Link zu weiteren Informationen zum Projekt: Bauherrschaft: Amt für Tiefbau, Uri https://www.ur.ch/dienstleistungen/8458	
Schwerpunkte: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Umweltaspekte ▪ Bewuchs und Bestockung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausführung ▪ Strukturierung
Beschreibung: Unterschiedliche Ausgestaltung der Dammsicherung (Blocksatz, Blockwurf, Rähnenverbau, ELJ), diese ist mit Geröll und Kies überdeckt und wird bestockt und mit Strukturelementen (Stein-/Asthaufen, Wurzelstöcken) versehen.	
Abbildungen: <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p><i>Blocksatz und Strukturelemente</i></p>	



Projekt P16: Risikobasierter Unterhalt der Hochwasserdämme	Gewässer: Thur (Abschn. Thurgau)
Beispiel zu Projektphase: <input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen und Bedürfnisformulierung <input type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input type="checkbox"/> Phase (III) Planung und Bewilligung <input type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input checked="" type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung, Intervention	Jahr: 2023
	Kanton: Thurgau
Charakteristische Grössen der Längsdämme: Dammhöhen: 1.0 m bis 5.8 m Dammtyp: Material unbekannt; sandig siltig z.T. mit Kies >mehrheitlich ungeeignetes Material! Böschungsneigung (wasserseitig/landseitig): 39%-57% / 46%-61%	
Link zu weiteren Informationen zum Projekt: Notfallplanung gravitativer Naturgefahren Leitfaden für Gemeinden und Fachbüros, 16.08.2019 Notfallplanung gravitativer Naturgefahren Umsetzung Notfallplanung, 16.02.2022	
Schwerpunkte: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schutz- und Nutzungsziele ▪ Bewuchs und Bestockung 	
Beschreibung: Risikobasierte Priorisierung der Unterhaltsarbeiten abschnittsweise: <i>Baulicher Unterhalt:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Unterhalt Strasse auf Krone • -Entfernung Tierbauten im Dammkörper • Instandstellung Kronengeometrie <i>Betrieblicher Unterhalt:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Gehölzpflege in Absprache mit Forst und Natur- und Auenschutz: <ul style="list-style-type: none"> ○ -Einsichtigkeit ○ Bevorzugung Pfahlwurzler ○ Windwurf: ausser Eichen keine Bäume mit mehr als 30 cm Durchmesser zugelassen • Erhalt einer geschlossenen Grasnarbe, (wenn möglich trotz stat. Waldgrenze) <i>Interventionsplanung:</i> <ul style="list-style-type: none"> • abschnittsweise Überwachung im HW-Fall • Interventionsplanung mit kommunale FW 	

Abbildungen:



Unterhaltsplan



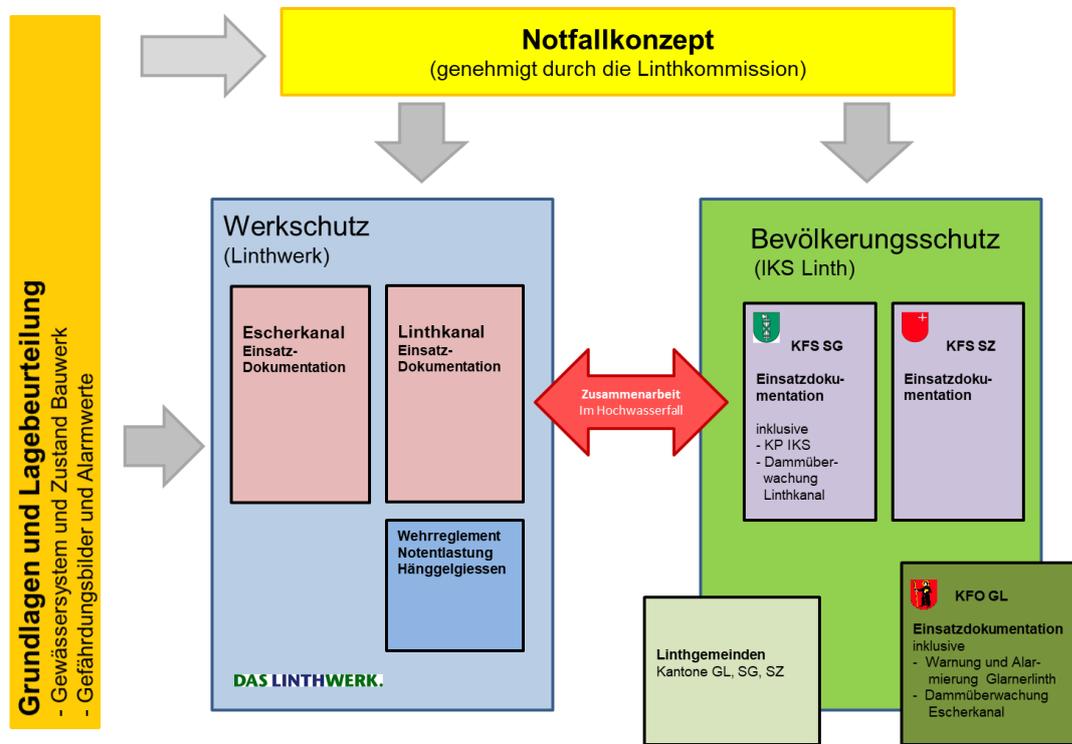
Bewuchs und Bestockung



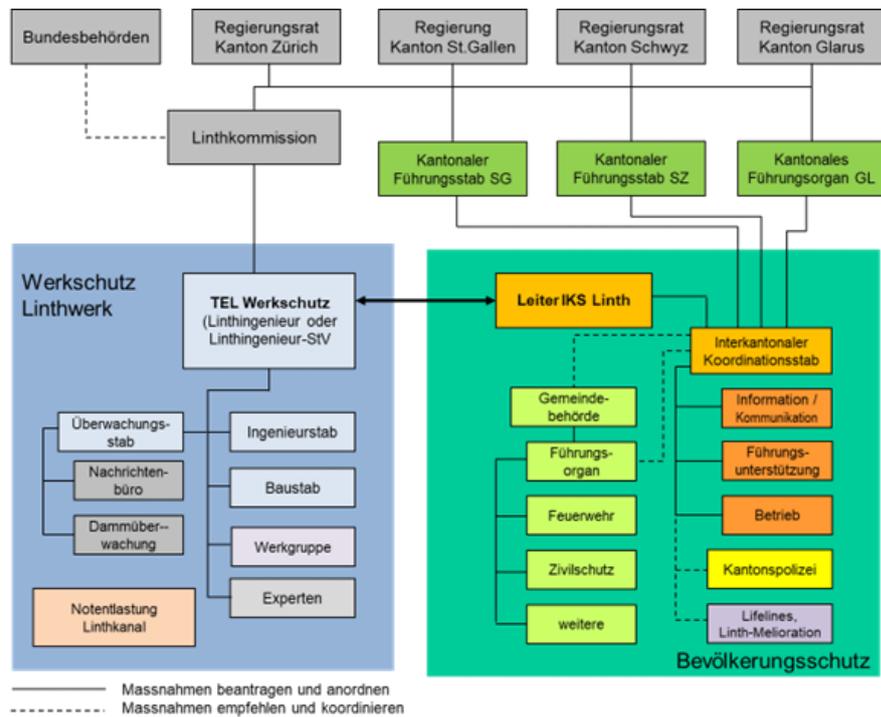
Unterhalt

<p>Projekt P17: Notfallplanung und Intervention im Ereignisfall</p>	<p>Gewässer: Linth (Escherkanal und Linthkanal)</p>
<p>Projektphase:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Phase (I), Grundlagen, Analysen, Bedürfnisformulierung <input type="checkbox"/> Phase (II), Konzept und Machbarkeit <input type="checkbox"/> Phase (III), Planung und Bewilligung <input type="checkbox"/> Phase (IV), Beschaffung und Realisierung, IBS <input checked="" type="checkbox"/> Phase (V), Betrieb, Unterhalt, Überwachung, Intervention 	<p>Jahr: 2023</p> <p>Kantone: St.Gallen, Glarus, Schwyz, Zürich</p>
<p>Charakteristische Grössen der Längsdämme:</p> <p>Dammhöhen: 2 m bis 5 m</p>	
<p>Link zu weiteren Informationen zum Projekt:</p> <p>www.linthwerk.ch Notfallplanung Linthwerk – Notfallkonzept 2024, 07.12.2023 Einsatzdokumentation Linthkanal, April 2020</p>	
<p>Schwerpunkte:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Überwachung/Dokumentation ▪ Intervention 	
<p>Beschreibung:</p> <p><i>Bauliche Aspekte zum Linthwerk</i></p> <p>Die Hochwassersicherheit am Linthwerk wird vor allem durch die Längsdämme gewährleistet, auf den Abschnitten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escherkanal > auf gesamter Länge (ca. 6 km) • Linthkanal > zwischen Rotebrücke und Zürichsee (ca. 11 km) <p><i>Aufbau Notfallplanung Linthwerk</i></p> <p>Die Notfallplanung Linthwerk besteht aus den vier Teilbereichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Notfallkonzept (als übergeordnetes Dokument) • Werkschutz (mit Einsatzdokumentationen Escher- und Linthkanal) • Bevölkerungsschutz (mit Einsatzdokumentationen je KFS (kantonaler Führungsstab)) • Grundlagen und Lagebeurteilung <p>Das Linthwerk stellt den Hochwasserschutz in der Linthebene sicher. Die Linthkommission ist oberstes Organ des Werkes und entspricht dem Verwaltungsrat. Die Linthkommission hat die Aufgabe, im Fall drohender Gefahr alles zu unternehmen, um Schäden so gering wie möglich zu halten. Die Linthkommission kann im Ereignisfall sowohl dem Werkschutz wie dem Interkantonalen Koordinationsstab direkt Aufträge erteilen, soweit diese im Zusammenhang mit einer Gefährdung durch das Linthwerk stehen.</p>	

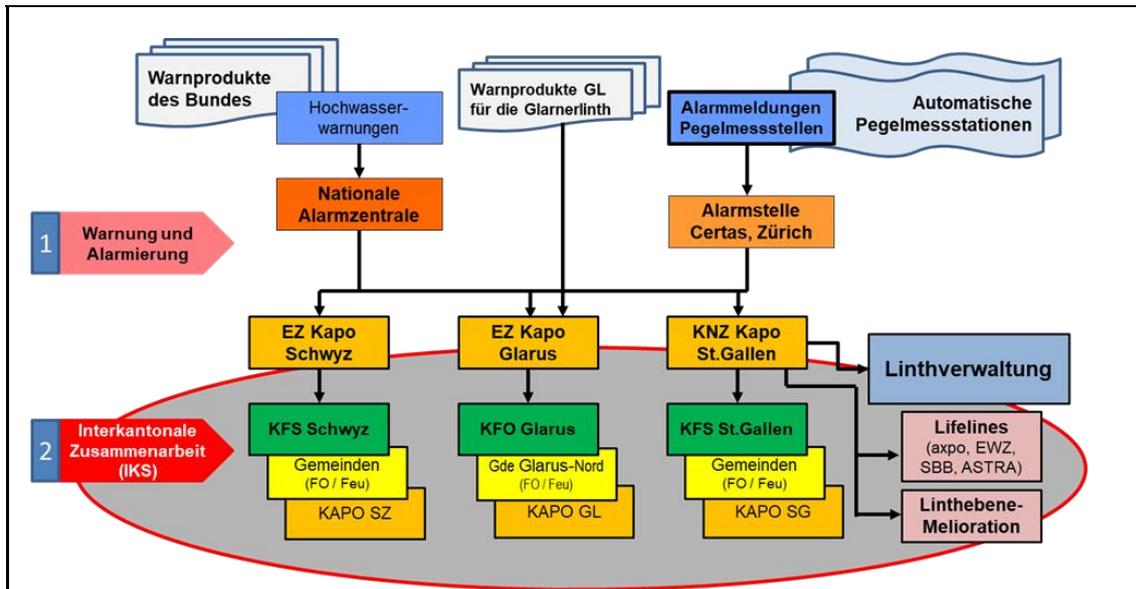
Abbildungen:



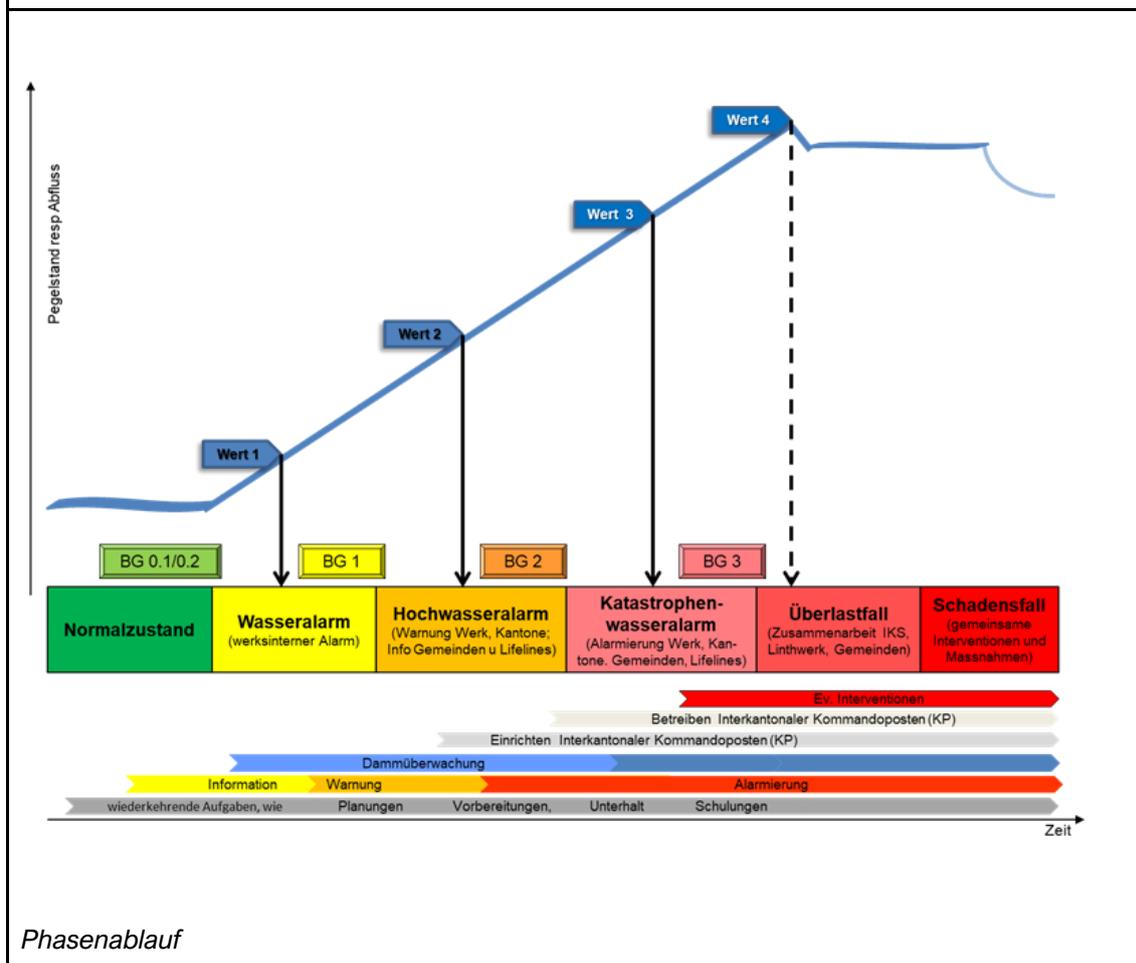
Notfallplanung Linthwerk



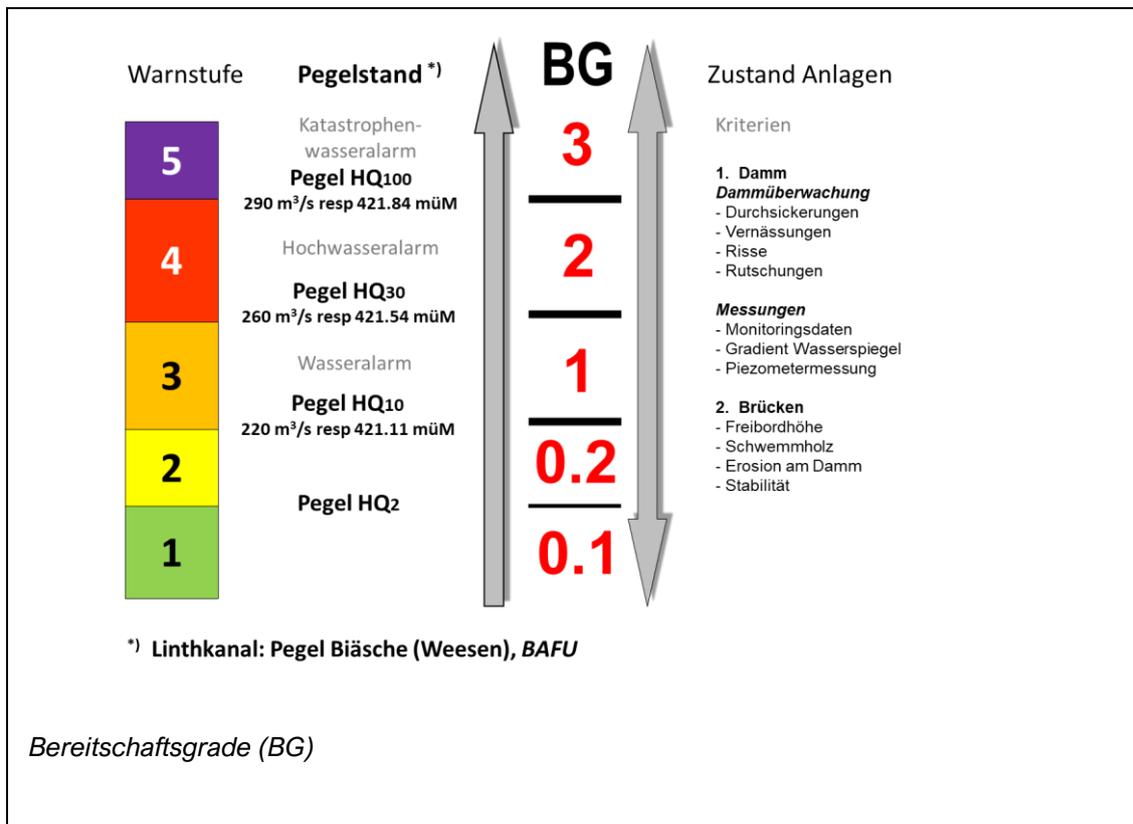
Organigramm (Zusammenarbeit im Rahmen der Notfallplanung Linthwerk)



Meldefluss Warnung und Alarmierung



Phasenablauf



13 Anhang B: Weiterführende Literatur

Internationale Literaturrecherche
Alphabetische Liste der Fichen und Zuordnung zu den Kriterien

X: Thema wird angesprochen
XX: Themenschwerpunkt

Nr.	Kurzbezeichnung	Land	Art des Dokuments	Inhalt des Dokuments	Grundbedingungen des Bauwerks			Randbedingungen von Natur und Landschaft			Design der Schutzbauwerke			Bauweise		Kosten und Wirtschaftlichkeit		Zustand	Betrieb	
					Hydrologie	Schutzziel inkl. Systemverhalten	Nutzungen / Veränderungen	Umwelt und Ökologie	Land- und Forstwirtschaft	Beanspruchung	Nährstoff- und Freisetzung	Hydraulische Dimensionierung	Geotechnische Dimensionierung	Technische Konzeption, inkl. Entlastung	Zugänglichkeit	Bauweise	Schadenspotenziale		Wirtschaftlichkeit	Eigentumsverhältnisse
ABG	Aanleg en beheer van grasland op rivierdijken	NL	Richtlinie	Grasvegetation auf Dämmen			X		X											XX
ARI	Inondations – Analyse de risque des systèmes de protection	F	Leitfaden, Buch	Umfassender Leitfaden für Risikoanalysen an HWS-Systemen	X							X							X	
BFE	Publikationen zu Stauanlagen, namentlich der Klasse 3	CH	Richtlinie	Richtlinien, Wegleitungen, Hilfsmittel rund um Stauungssicherheit (Stauhaltungspläne)	X							X							X	X
CDP	Colloque sur les digues maritimes et fluviales de protection contre les inondations	F	Tagungspublikation	Viele Erfahrungsbereiche an französischen Dämmen. Themenbereich weit abgedeckt.					X			X							X	X
CSA	Channel Stability Assessment for Flood Control Projects	USA	Leitfaden	Allgemein über HWS an Flüssen	X															
DAF	Merkbart DWAM 507-1; Deiche an Fließgewässern	D	Leitfaden	Umfassendes Regelwerk ausschließlich für Flussteeche	X														X	X
DDF	Überstrombare Dämme, Dammschichten und Flusssedimente	D	Tagungspublikation	Empfehlungen/Bemessungsgrundlagen für überstrombare Dämme (v.a. bei HRB)	X															
DEC	Décret n° 2015-528, règles de sûreté des ouvrages hydrauliques	F	Gesetzeswerk	Gesetzliche Basis in Frankreich für Wasserbauwerke	X														X	X
DEF	Digues de protection et systèmes d'endiguement	F	Tagungspublikation	Allgemeine Klassifikation von HWS-Dämmen. Ein Dammsystem als natürliches Element.				X												
DET	Detection of animal burrows by remote sensing and geophysical techniques	I	Forschungspublikation	Fernerkundung von Makroporen und Wühlertgängen																XX
DEV	Les déversoirs sur digues fluviales	F	Leitfaden	Hochwasserentlastungen als Sicherheitsventile oder zum HW-Rückhalt	X														X	
DGL	Design Guidance on Levees	USA	Richtlinie	Vorgabe von Werten für die Sicherheitsfaktoren gegen Unterströmung von Längsdämmen.																
DQH	Deichquerschnitte Hochwasserschutzdämme	A	Leitfaden	Allgemeiner Überblick über alle technischen Themen, Kurzvergleich mit Staudämmen	X														X	X
DSD	Design of Small Dams	USA	Richtlinie	US-Regelwerk zu Stauhaltungsstämmen	X														X	X
EDE	Massnahmen zur Erfrischung von Flusssedimenten	D	Tagungspublikation	Umfassender Überblick über Deichsammungen															X	
EDH	Erodierbarer Damm Hagnockkanal	CH	Studie	Erodierbarer Dammaufbau zur Kontrolle des Überbausfalls, Modellversuche																XX
ELB	Entwicklung landschaftverträglicher Bauweisen für überstrombare Dämme	D	Dissertation	Bauweisen Übersichts- und Mastlöcher vertrieft	X															
EUC	Levees and Flood Defences Characteristics, Risks and Governance (EUCCOLD)	Europa, USA	Dokumentation int. Arbeitsgruppe	Erfahrungssammlung aus 11 Ländern	X														X	X
FBD	Coupled hydro-mechanical analysis of pre-tensioned failure behaviour of a dyke on soft soil	Europa, NL	Tagungspublikation	1:1-Feldversuch eines Dammbrochs auf Torflurgrund	X														XX	X
FCC	Hydraulic Design of Flood Control Channels	USA	Leitfaden	Hydraulische Bemessungsgrundlagen und Bemessungsregeln	X															XX
FEM	Nachweise zur Standsicherheit von Dammschnitten	D	Forschungspublikation	Standardsicherheitsnachweise nach Eurocode 7 mittels Berechnung FEM																

Nr.	Kurzbezeichnung	Land	Art des Dokuments	Inhalt des Dokuments	Grundanforderungen Bauewerk		Randbedingungen von Natur und Landschaft			Design der Schutzbauwerke			Bautechnische Randbed.		Kosten und Wirtschaftlichkeit		Zustand in- digität	Betrieb, Überwachung, Erhaltung		
					Hydrologie	Schutzziel inkl. Systemverhalten	Nutzungen / Anforderungen	Umwelt und Öko- logie in KLV	Land- und Forstwirtschaft	Land + Eigentum	Naherholung und Freizeinutzung	Hydraulische Freisetzung	Geometrische Dimensionierung	Technische Konzeption, inkl. Entz.	Erdrückung, Zugänglichkeit	Baugestalt		Kosten	Schadenspotenzial	Wirtschaftlichkeit
FRD	Association Nationale des gestionnaires de digues France Dignes	F	Website mit Links	Vernetzung aller Zuständigen; Organisation Wissensaustausch; Benutzbar, SIRS Digue			X	X	X	X	X	X	X				XX	X	X	X
GBB	Bemessung Böschungs- und Sohlsicherungen an Binnenwasserstrassen	D	Merklblatt	Bemessung von Böschungen unter Wellen- und Soraubrasterbelastung			X					X								
GDC	General Design and Construction Considerations for Earth and Rock-Fill Dams	USA	Leitfaden	Bau von Erdstaudämmen. Explizit auch für Levees gültig.	X		X					X	XX	X	X				X	
GEV	Gestion de la végétation des ouvrages hydrauliques en remblai	F	Leitfaden	Umfassendes Dokument zur Vegetation auf geschüttelten Längsdämmen			X	X				X	X						X	X
GHB	Grondslagen voor hoogwaterbescherming	NL	Richtlinie	Umfassendes Dokument über den HWS in NL	X	XX	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X
GHD	Gehölzstrukturen an Hochwasserschutzdämmen	A	Masterarbeit	Wachstum von Weidenpflägen untersucht.			X													
GHW	Geotechnik im Hochwasserschutz	D	Vorlesungsskript	Geotechnik von Erd-Stadämmen und -HWS-Deichen									XX	X						
GLP	Landscape Planning and Vegetation Management at Levees etc.	USA	Leitfaden	Vegetationsfreie Zone bei Dämmen			X	X					X						X	X
GPS	Geophysikalische Verfahren Strukturkundung / Schwachstellenanalyse	D	Forschungspublikation	Diskussion verschiedener geophysikalischer Untersuchungsverfahren									XX						XX	
HDC	Design and Construction of Levees	USA	Leitfaden	Allgemeine Vorgaben für Konstruktion von Erd-Levees.									X	XX	X	X				
HFV	Hochwasserschutz an Fließgewässern	CH	Vollzugshilfe	Umfassendes Dokument zum CH-HWS	X	X	X	X	X				X				X	X	X	X
HWD	Hochwasserschutzische an Fließgewässern und ihre Durchsickerung	D	Forschungspublikation	Umfassendes Dokument zur Durchsickerung, auch instabilisier									XX	X						
HWH	Hochwasser-Handbuch	D	Lehrbuch	Umfassendes Lehrbuch zum HWS	X	X	X	X	X				X	X	X	X				
IED	Internal Erosion of Existing Dams, Levees and Dykes, and their Foundations	Welt	Handbuch	ICOLD-Bulletin 164: Umfassende Analyse der internen Erosion an Erdämmen									XX	X					X	X
IEE	Levees and Dikes, and their Foundations	Europa	Forschungspublikation	Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten aus dem EWG IE 20th Annual Meeting 2018									XX	X						
IMP	IMPACT-investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty	Europa	Website mit Links	Dokumentation des EU-Forschungsprojekts No. EVG1-CT2001-60639									X	X					XX	
JTD	Journée technique Dignes et systèmes d'engouements	F	Tagungspublikation	Fransbeispiele (Rhône, Saône, Loire...) an HWS-Tagung	X	X	X						X	X				X	X	X
LHB	The International Levee Handbook	Europa USA	Handbuch	Allumfassendes Handbuch über Hochwasserschutzdämme				X					X	X	X	X			X	X
LKB	Leidraad keuzemethodiek dijk en oeverbedekking deel 1 en 2	NL	Leitfaden	Erosionsschutzmaterialien und -techniken auf Dammoberflächen.									XX	X	X	X				
LOR	Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken	NL	Leitfaden	Entwurf und Dimensionierung von Flussdämmen									X	X	X					
MAD	Méthode d'analyse de la défaillance_2015	F	Fachartikel	Analyse von Versagensmechanismen									X	X	X				X	
MAG	BAW Merkblatt – Anwendung von geotextilen Filtern an Wasserstrassen	D	Merklblatt	Leitfaden für den Einbau von Geotextilien.									X	XX	X					
MAK	BAW Merkblatt – Anwendung von Kornfiltern an Binnenwasserstrassen	D	Merklblatt	Leitfaden für den Einbau von Kornfiltern (Flieberschichten)									X	XX	X					
MAR	Regelbauweisen für Böschungs-/Sohlsicherungen an Binnenwasserstrassen	D	Merklblatt	Deckschicht als Erosionsschutz									XX	X						
MAV	Hydraulisch gebundene Stoffe zum Vergleich von Wasserbausteinen	D	Merklblatt	Pflasterung als Erosionsschutz									XX	X						

Nr.	Kurzbezeichnung	Land	Art des Dokuments	Inhalt des Dokuments	Grundanforderungen Bauwerk		Randbedingungen von Natur und Landschaft				Design der Schutzbauwerke		Bau technische Randbed.		Kosten und Wirtschaftlichkeit		Zuständigkeit	Betrieb, Überwachung, Erhaltung		
					Hydrologie	Schutzverhalten	Nutzungen / Anforderungen	Umwelt und Okologie inkl. GW	Land- und Forstwirtschaft	Beanspruchung Land + Eigentum	Näherung und Freisetzung	Hydraulische Dimensionierung	Geotechnische Dimensionierung	Technische Konzeption, inkl. Entz.	Erschließung, Zugänglichkeit	Baugestalt		Schadenspotenzial	Kosten	Wirtschaftlichkeit
MDI	BAW Merkblatt - Dammspektion	D	Merkblatt	Versagen von Dammbauten verhindern		X	X											XX	X	
MHD	Modellversuch zur Unterströmung von Hochwasserschutzdämmen	A	Masterarbeit	Naumassstablicher Modellversuch zur Unterströmung								XX								
MMB	BAW Merkblatt - Materialtransport im Boden	D	Merkblatt	Sulfosion, Kontaktkorrosion und Fugenerosion in nicht kohäsiven und kohäsiven Böden								XX								
MSD	BAW Merkblatt - Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstrassen	D	Merkblatt	Standheitsnachweise und zugelasener Bewuchs				X				X	XX	X						X
NLD	National Levees Database: monitoring, vulnerability assessment and management	I	Fachartikel	Entwicklung einer italienischen Levee Datenbank (INLED)															XX	X
NWW	Waterwet (Wassergesetz)	NL	Gesetzeswerk	Regelt den HWS, insbesondere die Schutzbauwerke 1. Ordnung	X	X								X	X					
ODI	Cadre réglementaire, Ouvrages de protection, Décret « digues »	F	Tagungspublikation	Erläuterungen zum décret "digue" (Dokument DEC), Organisation HWS in Frankreich														XX	X	X
OGT	Oesterreichische Geotechniktagung	A	Tagungspublikation	Geokunststoffe, Filterkriterien, Versagensmechanismen, etc.									XX	X						
OIT	Handreiking ontwerpen met overstromingskans	NL	Leitfaden	Anleitung für den Entwurf der Schutzbauwerke 1. Ordnung	X							X	X	XX						
PFD	Probabilistic flood defence assessment tools	NL	Tagungspublikation	Zusammenfassung von Dokument RFD	X	X						X	X	X					X	X
PRH	Plan Rhône, bassin Rhône Méditerranée (Projekt, Fluss)	F	Projektbeschreibung	Übergeordnetes Projekt ab Genéve bis Meer, inkl. Sabie, Zahlreiche Teilprojekte.	X			X	X			X	X	X	X				X	X
PWS	PLANAT - Wirkung von Schutzmassnahmen, Teil F: Flüsse	CH	Vollzugshilfe	Wirkung, Gefährdungsbilder usw. einer Uferstabilisierung (nL, Damm)	X							X								
RAL	The risk analysis of levee systems	Europa	Tagungspublikation	Risikoanalyse an eingedämmten Flüssen	X	X						X	X							
REM	Réalisation des remblais et des couches de forme	F	Handbuch	Material und Einbau von Schüttungen und Tragschichten									XX							
RFD	Implementing risk based flood defence standards	NL	Statusbericht	Beschrieb des seit 2014 neu organisierten HWS in NL	X	X						X	X	X				X	X	X
RFW	Retaining and Flood Walls	USA	Leitfaden	HWS-Mauern aus Beton etc.								X	X	X						
RID	Risk-informed Decision-Making for the Safety of Dams and Levees	Welt	Handbuch	ICOLD-Bulletin 189: current state-of-practice. Noch nicht verfügbarer preprint.	(X)	(X)						(X)	(X)					(X)	(X)	(X)
RSS	Risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques	F	Vollzugshilfe	Sicherheit von Dämmen bezüglich Erdbeben. Schwerpunkt barrages.										XX	X					
RTD	Référentiel technique digues maritimes et fluviales	F	Handbuch	Umfasst Handbuch zu HWS-Dämmen	X							X	X	X	X				X	X
RTS	Cause del collasso dell'argine del fiume Secchia	I	Ereignisanalyse	Detaillierte Analyse eines Dammbrochereignisses	X							XX							X	
SED	Earth Dikes under Influence of Precipitation and Vegetation	D	Dissertation	Einfluss Regen und Vegetation, Kohäsion durch Wurzeln				X				XX								
SIA	Tragwerksnormen 200, 201 und 207	CH	Normenwerk	Projektion von Tragwerken allgemein und geotechnischen Bauwerken im Speziellen	X							X	XX	XX						
SLS	Slope Stability	USA	Leitfaden	Allgemein Böschungsstabilität und Erstdämmen										XX						
SMD	Surveillance, Maintenance and Diagnosis of Flood Protection Dykes	F	Handbuch	Praxishandbuch für Besitzer und Betreiber von Längsdämmen				X				X	X						XX	XX

- ABG und Unie van Waterschappen. 1992. *Aanleg en beheer van grasland op rivierdijken*. Niederlande: Unie van Waterschappen und Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. Richtlinie.
- ARI, Bruno Beullac Irstea, Ur Recover, Aix-En-Provence, und Rémy Tourment. 2019. *Inondations – Analyse de risque des systèmes de protection, Application aux études de danger*. Frankreich: Éditions Lavoisier (neu JLE). Buch. <https://www.lavoisier.fr/livre/sciences-du-risque/inondations-analyse-de-risque-dessystemes-de-protection/tourment/descriptif-9782743023652>.
- BFE. 2014. *Publikationen BfE / BWG zu Stauanlagen, namentlich kleinen Anlagen*. Schweiz: BfE - Bundesamt für Energie. Vollzugshilfen. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/aufsicht-undsicherheit/talsperren/richtlinien-und-hilfsmittel.html>.
- CDF. 2019. *Colloque sur les digues maritimes et fluviales de protection contre les inondations*. Frankreich: Irstea - 3ème Colloque sur les digues maritimes et fluviales de protection contre les inondations. Präsentationsfolien. <https://dignes2019.irstea.fr/oral/>.
- CSA. 1994. *Channel Stability Assessment for Flood Control Projects*. USA: USACE. Leitfaden. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.
- DAF. 2011. *Merkblatt DWA-M 507-1; Deiche an Fließgewässern*. Deutschland: DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. Merkblatt. <https://de.dwa.de/de/>.
- DDF, und Rüdiger Siebel. 2003. *Überströmbare Dämme, Dammscharten und Flussdeiche*. Deutschland: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg. Sammlung von Fachbeiträgen.
- DEC. 2015. *Décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques*. Frankreich: Légifrance - Le service public de la diffusion du droit. Gesetz. https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cid-Texte=JORFTEXT000030591_079&categorieLien=id.
- DEF, Rémy Tourment, Irstea, und Bruno Beullac. 2018. *Digues de protection et systèmes d'endiguement : Définitions, objectifs et fonctions*. Frankreich: DREAL - Auvergne-Rhône-Alpes im Rahmen des Plan Rhône. Präsentationsfolien. <https://www.plan-rhone.fr/objectifs/agir-sur-l-alea/journee-technique-digues-etsystemes-d-endiguements-459.html>.
- DET, E. Forte, A. Mocnik, R. Zambrini, F. Cervi, D. Martinucci, F. Pellegrini, u. a. 2017. *Detection and Characterization of Animal Burrows within River Embankments by Means of Coupled Remote Sensing and Geophysical Techniques: Lessons from River Panaro (Northern Italy)*. Italien: Engineering Geology. Forschungsbericht. http://esplorasrl.it/wp-content/uploads/2018/02/ENGEO_Borgatti-et-al.pdf.
- DEV, und Gérard Degoutte. 2012. *Les déversoirs sur digues fluviales*. Frankreich: Éditions Quæ. Handbuch. https://www.quae.com/produit/1150/9782759219490/les-deversoirs-sur-diguesfluviales?_ga=2.55214063.591791365.1574840829-346490218.1574840829.
- DGL. 1997. *Design Guidance on Levees*. USA: USACE. Richtlinie. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.

- DQH, und Werner Hinterleitner. 2007. *Deichquerschnitte Hochwasserschutzdämme*. Österreich: BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Sektion Wasser, A-1012 Wien, Stubenring 1. Leitfaden. <https://docplayer.org/38907559-Deichquerschnitte-hochwasserschutzdaemmeempfehlungen-fuer-die-ausbildung-fassung-2007.html>.
- DSD, C.W. Huntley, J.C. Hokenstrom, A.G. Cudworth Jr., T.N. McDaniel, H.K. Blair, und W.C. Dunkin. 1987. *Design of Small Dams*. USA: USBR. Richtlinie. <https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/mands/mands-pdfs/SmallDams.pdf>.
- EDE, und Ronald Haselsteiner. 2013. *Massnahmen zur Ertüchtigung von Flussdeichen*. Deutschland: DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall. Seminar Beitrag. <http://www.dr-haselsteiner.de/ver%C3%B6ffentlichungen/>.
- EDH, L. Schmocker, V. Weidbrecht, P.A. Mayor, R. Herzog, und E. Rühli. 2010. *Erodierbarer Damm Hagneckkanal VAW-Bericht Nr. 4285 / IGT-Bericht Nr. 4752*. Schweiz: VAW - Versuchsanstalt für Wasserbau der ETHZ, IGT Institut für Geotechnik der ETHZ, im Auftrag des Amtes für Wasser und Abfall des Kantons Bern (AWA). Studie.
- ELB, und Jan Queisser. 2006. *Entwicklung landschaftsverträglicher Bauweisen für überströmbare Dämme*. Deutschland: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Franz Nestmann Mitteilungen des Instituts für Wasser und Gewässerentwicklung – Bereich Wasserwirtschaft und Kulturtechnik – der Universität Karlsruhe (TH); Heft 233. Dissertation. <https://epdf.pub/entwicklung-landschaftsvertraglicher-bauweisen-fur-uberstrombaredamme-german.html>.
- EUC. 2018. *European and US Levees and Flood Defences Report Characteristics, Risks and Governance*. USA/Europa: EUCOLD Working Group on Levees and Flood Defences. Arbeitsbericht. https://www.barragescfr.eu/IMG/pdf/lfd_inventory_of_characteristics_risks_and_governance_full_report_final_20190308.pdf.
- FBD, D. Sterpi, T. de Gast, S. Muraro, E. Ponzoni, H. van Hemert, und C. Jommi. 2019. *Coupled Hydro-Mechanical Analysis of Pre-Failure and Failure Behaviour of a Dyke on Soft Subsoil*. Niederlande: ICOLD - 15th International Benchmark Workshop on Numerical Analysis of Dams, Theme C. Ereignisbericht. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-51085-5_36.
- FCC. 1994. *Hydraulic Design of Flood Control Channels*. USA: USACE. Leitfaden. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.
- FEM, Ulrich Schneider, und Eugen Perau. 2009. *Nachweise zur Standsicherheit von Dammböschungen – Ein Vergleich zwischen klassischen Verfahren und der FEM*. Deutschland: Universität Duisburg Essen. Wissenschaftliche Arbeit/Empfehlung. <https://www.uni-due.de/geotechnik/>.
- FRD. 2013. *Association Nationale des gestionnaires de digues France Dignes*. Frankreich: France digues - Association nationale des gestionnaires de digues. Präsentationsfolien. <http://www.france-digues.fr/>.
- GBB. 2011. *Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstrassen*. Deutschland: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Merkblatt.
- GDC. 2004. *General Design and Construction Considerations for Earth and Rock-Fill Dams*. USA: USACE. Leitfaden. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.

- GEV, P. Mériaux, C. Zanetti, und M. Vennetier. 2015. *Gestion de la végétation des ouvrages hydrauliques en remblai*. Frankreich: Cardère éditeur, Irstea Aix-en-Pce. Merkblatt. <https://www.irstea.fr/fr/gestion-de-la-vegetation-des-ouvrages-hydrauliques-enremblai-guide-technique>.
- GHB, Melanie, und Melanie Schultz van Haegen. 2017. *Grondslagen voor hoogwaterbescherming / Fundamentals of flood protection*. Niederlande: ENW - Expertisenetwerk waterveiligheid (gehörend zum Rijkswaterstaat). Richtlinie.
- GHD, und Josef Schönleitner. 2013. *Gehölzstrukturen an Hochwasserschutzdämmen*. Österreich: BOKU - Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau Department für Bau-technik und Naturgefahren Universität für Bodenkultur Wien. Masterthesis. https://zidapps.boku.ac.at/abstracts/download.php?dataset_id=11285&property_id=107.
- GHW. *Geotechnik im Hochwasserschutz*. Deutschland: Institut für Bodenmechanik und Grundbau, Universität der Bundeswehr München. Vorlesungsskript.
- GLP. 2014. *Guidelines for Landscape Planting and Vegetation Management at Levees, Floodwalls, Embankment Dams and Appurtenant Structures*. USA: USACE. Leitfaden. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.
- GPS, Uwe Hoffmann, Ronald Lewis, Tina Martin, Marcus Möller, Kai Musfeldt, Ernst Niederleithinger, u. a. 2008. *Geophysikalische Verfahren zur Strukturerkundung und Schwachstellenanalyse von Flussdeichen – ein Handbuch*. Deutschland: BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung. Forschungsbericht.
- HDC. 2000. *Design and Construction of Levees*. USA: USACE. Leitfaden. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.
- HFV. 2001. *Hochwasserschutz an Fliessgewässern Wegleitung des BWG*. Schweiz: BWG (heutiges BAFU). Vollzugshilfe.
- HWD, und Ronald Haselsteiner. 2007. *Hochwasserschutzdeiche an Fliessgewässern und ihre Durchsickerung*. Deutschland: Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, TU München. Wissenschaftliche Arbeit.
- HWH, Walter Binder, Wolfgang Breit, Jansjörg Brombach, Markus Disse, Klaus-D. Fröhlich, Robert Jüpner, u. a. 2013. *Hochwasser-Handbuch*. Deutschland: Prof. Dr.-Ing. habil. Heinz Patt, Prof. Dr. rer. Nat. Robert Jüpner. Handbuch. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-28191-4>.
- IED. 2017. *ICOLD-Bulletin 164: Internal Erosion of Existing Dams, Levees and Dikes, and Their Foundations / L'érosion Interne Dans Les Digues, Barrages Existants et Leurs Fondations*; Welt: ICOLD, comité des barrages en remblai, Jean-Pierre Tournier 7. Bulletin. <https://www.icold-cigb.org/GB/publications/bulletins.asp?IDA=248> Kurzzusammenfassung.
- IEE. 2019. *Internal Erosion in Earthdams, Dikes and Levees*. Europa: European Working Group on Internal Erosion (EWG-IE). Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-319-99423-9#toc>.
- IMP. 2005. *IMPACT-Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty, Final Technical Report – January 2005*. Europa. Arbeitsbericht. www.impact-project.net.
- JTD. 2018. *Journée technique Digues et systèmes d'endiguements Land: Frankreich*. Frankreich: DREAL - Auvergne-Rhône-Alpes im Rahmen des Plan Rhône. Präsentationsfolien.

<https://www.plan-rhone.fr/objectifs/agir-sur-l-alea/journee-technique-digues-etsystemes-d-endiguements-459.html>.

- LHB. 2013. *The International Levee Handbook*. Grossbritannien, Frankreich, USA. Handbuch. www.ciria.org.
- LKB. 1988. *Leidraad keuzemethodiek dijk en oeverbekleding deel 1 en 2*. Niederlande: TAW - Technische adviescommissie voor de waterkeringen (TAW). Leitfaden.
- LOR. 1985. *Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken, deel 1 - bovenrivierengebied*. Niederlande: TAW - Technische adviescommissie voor de waterkeringen (TAW). Leitfaden.
- MAD, Bruno Beullac, Gérard Degoutte, und Rémy Tourment. 2015. *Études de dangers des systèmes de protection contre les inondations : une méthode d'analyse de la défaillance*. Frankreich: La Houille Blanche, n° 1. Publikation. <https://www.shf-lhb.org/fr/articles/lhb/abs/2015/01/contents/contents.html>.
- MAG. 2013. *BAW Merkblatt – Anwendung von geotextilen Filtern an Wasserstrassen*. Deutschland: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Merkblatt. <https://henry.baw.de/handle/20.500.11970/102456>.
- MAK. 2013. *BAW Merkblatt – Anwendung von Kornfiltern an Bundeswasserstrassen*. Deutschland: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Merkblatt. <https://henry.baw.de/handle/20.500.11970/102458>.
- MAR. 2008. *Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstrassen*. Deutschland: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Merkblatt.
- MAV, Markus Weissmann, und Jürgen Stein. 2017. *Anwendung von hydraulisch gebundenen Stoffen zum Verguss von Wasserbausteinen an Wasserstrassen*. Deutschland: BAW. Merkblatt. https://izw.baw.de/publikationen/merkblaetter/0/BAWMerkblatt_Anwendung_hydraul_Verguss_MAV_2017.pdf.
- MDI. 2017. *BAW Merkblatt - Damminspektion*. Deutschland: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Merkblatt. <https://henry.baw.de/handle/20.500.11970/102482>.
- MHD, und Dominik Johannes Dorner. 2012. *Naturmaßstäblicher Modellversuch zur Untersuchung der Unterströmung von Hochwasserschutzdämmen*. Österreich: Technischen Universität Wien - Fakultät für Bauingenieurwesen Institut für Geotechnik - Forschungsbereich für Grundbau, Boden- und Felsmechanik. Masterthesis. https://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_233072.pdf.
- MMB. 2013. *BAW Merkblatt – Materialtransport im Boden*. Deutschland: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Merkblatt. <https://henry.baw.de/handle/20.500.11970/102471>.
- MSD. 2011. *BAW Merkblatt – Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstrassen*. Deutschland: BAW - Bundesanstalt für Wasserbau. Merkblatt. <https://henry.baw.de/handle/20.500.11970/102478>.
- NLD, S. Camici, P. Maccioni, T. Moramarco, und S. Barbeta. 2015. *National Levee Database: Monitoring, Vulnerability Assessment and Management in Italy*. Italien: Geophysical Research Abstracts, Vol. 17. Forschungsbericht. <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2015/EGU2015-10170.pdf>.
- NWW. 2018. *Waterwet (Wassergesetz)*. Niederlande: Niederländische Regierung. Gesetz.
- ODI, DRWAL/SPRNH/POH, und Jean-Luc Barrier. 2018. *Cadre réglementaire, Ouvrages de protection, Décret « digues » du 12/05/2015*. Frankreich: DREAL - Auvergne-Rhône-

- Alpes im Rahmen des Plan Rhône. Präsentationsfolien. <https://www.plan-rhone.fr/objec-tifs/agir-sur-l-alea/journee-technique-digues-etsystemes-d-endiguements-459.html>.
- OGT, F. Saathoff, und G. Heerten. 2005. *Oesterreichische Geotechniktagung - mit Vienna-Terzaghi-Lecture und Verleihung des österreichischen Grundbaupreises TAGUNGSBEITRÄGE*. Österreich: OIAV - Österreichischer Ingenieur- und Architekten-Verein A-1010 Wien, Eschenbachgasse 9. Tagungspublikation. <http://www.geosynthe-tica.com/Uploads/5thAustrianTerzaghiLecGiroud.pdf>.
- OIT. 2017. *OI2014v4 Handreiking ontwerpen met overstromingskans*. Niederlande: Niederländische Regierung. Leitfaden.
- PFD, Han Knoeff, Alessandra Bizzarri, Marcel Bottema, Wout de Vries, und Robert Slomp. 2016. *FLOODrisk 2016 Conference – Probabilistic Flood Defence Assessment Tools*. Niederlande: Rijkswaterstaat, Ministry of Infrastructure and the Environment. Tagungspublikation.
- PRH. 2015. *Plan Rhône, bassin Rhône Méditerranée (Projekt, Fluss)*. Frankreich: DREAL - Auvergne-Rhône-Alpes im Rahmen des Plan Rhône. Proktbericht.
- PWS. 2008. *Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren als Grundlage für ihre Berücksichtigung in der Raumplanung, Teil F: Flüsse*. Schweiz: PLANAT (heutig BAFU). Vollzugshilfe.
- RAL, M. Wallis, B. Beullac, A. Kortenhaus, D.M. Schaaf, H. Schelfhout, und R. Tourment. 2014. *The Risk Analysis of Levee Systems*. Porto: 3rd IAHR Europe Congress, Europäische Union. Tagungspublikation.
- REM, und SETRA/LCPC. 1992. *Réalisation des remblais et des couches de forme (GTR) - Fascicule 1 - principes généraux*. Frankreich: Cerema (ehemals Setra). Handbuch. <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/realisation-remblais-couchesforme-gtr-fascicule-1-principes>.
- RFD, und Robert Slomp. 2014. *Implementing risk based flood defence standards*. Niederlande: Rijkswaterstaat, Ministry of Infrastructure and the Environment. Statusbericht.
- RFW. 1989. *Retaining and Flood Walls*. USA: USACE. Leitfaden. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.
- RID. 2021. *Current State-of-Practice in Risk-Informed Decision-Making for the Safety of Dams and Levees*. Welt: ICOLD. Bulletin.
- RSS. 2014. *Risque sismique et sécurité des ouvrages hydrauliques*. Frankreich: CTPBOH - Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE). <https://www.barrages-cfbr.eu/IMG/pdf/gtbarragesseismes2014.pdf>.
- RTD, Irstea Bordeaux, und Daniel Poulain. 2015. *Référentiel technique digues maritimes et fluviales*. Frankreich: Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE). https://www.barragescfbr.eu/IMG/pdf/referentiel_technique_digues_maritimes_et_fluviales.pdf.
- RTS, A. Brath, A. Mater, V. Fioravante, G. Gottardi, P. Mignosa, S. Orlandini, und L. D'Alpaos. 2014. *Relazione tecnico-scientifica sulle cause del collasso dell'argine del fiume Secchia avvenuto il giorno 19 gennaio 2014 presso la frazione San Matteo*. Italien: Università degli Studi di Padova. Ereignisbericht. http://www.comune.bastiglia.mo.it/files/file/doc_relazione_Secchia_lug14.pdf.

- SED, und Jinxing Guo. 2015. *Stability Analysis of the Earth Dams and Dikes under the Influence of Precipitation and Vegetation*. Deutschland: Technische Universität Dresden. Wissenschaftliche Arbeit.
- SIA. 2013. *Tragwerksnormen; 260 Grundlagen, 261 Einwirkungen, 267 Geotechnik*. Schweiz: SIA. Norm.
- SLS. 2003. *Slope Stability*. USA: USACE. Leitfaden. <https://www.publications.usace.army.mil/USACE-Publications/Engineer-Manuals/>.
- SMD, Paul Royet, und Patrice Mériaux. 2007. *Surveillance, maintenance and diagnosis of flood protection dikes*. Frankreich: Éditions Quæ. Handbuch. <https://www.quae.com>.
- SRA. 2019. *US Best Practices in Dam and Levee Safety Risk Analysis*. USA: U.S. Army Corps of Engineers und U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation. Präsentationsfolien. <https://www.usbr.gov/ssle/damsafety/risk/methodology.html>.
- TLW, D. Arosio, A. Hojat, L. Longoni, M. Papini, L. Zanz, und G. Tresoldi. 2017. *Tech-Levee-Watch: Experimenting an Integrated Geophysical System for Stability Assessment of Levees*. Italien: Rendiconti della Società Geologica Italiana, Vol. 46. Forschungsbericht. <https://rendiconti.socgeol.it/297/article-4002/tech-levee-watch-experimenting-an-integrated-geophysical-system-for-stability-assessment-of-levees.html>.
- TRK. 1996. *Technisch rapport klei voor dijken (Lehmmaterial für HWS-Dämme)*. Niederlande: TAW - Technische adviescommissie voor de waterkeringen (TAW). Leitfaden.
- UHD, und Sasa Zivkovic. 2011. *Untersuchungen der Unterströmung von Hochwasserschutzdämmen an kleinmaßstäblichen Dammmodellen*. Österreich: Technischen Universität Wien - Fakultät für Bauingenieurwesen Institut für Geotechnik - Forschungsbereich für Grundbau, Boden- und Felsmechanik. Masterthesis. https://publik.tuwien.ac.at/files/Pub-Dat_233229.pdf.
- ULD. 2012. *Urban Levee Design Criteria*. USA, Kalifornien: State of California; The Natural Resources Agency – Department of Water Resources. Leitfaden. https://water.ca.gov/LegacyFiles/floodsafe/leveedesign/ULDC_May2012.pdf.
- VAW, P.-J. Frank, S. Peter, und L. Schmocker. 2011. *VAW-Mitteilungen; 218 Deichbruchhydraulik, 236 Dambruchhydraulik Und 241 Dambruch-Analyse Mit Unsicherheiten*. Schweiz: VAW - Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETHZ. Studie.
- VSH, Marek Szabo, Ivan Paulmichl, und Dietmar Adam. 2010. *Einsatz von innovativen Verdichtungstechnologien zur Sanierung von Hochwasserschutzdämmen in «Ideen werden Wirklichkeit - 50 Jahre Ingenieurleistungen»*. Österreich: FCP - Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH, wien; Eigenverlag. Publikation. https://publik.tuwien.ac.at/files/Pub-Dat_188374.pdf.
- WBI. 2016. *Publicatie regeling veiligheid primaire waterkeringen*. Niederlande: Niederländische Regierung. Tool.
- WHG. 2009. *Wasserhaushaltsgesetz des Bundes*. Deutschland: BMJ - Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, Bundesamt für Justiz. Gesetz. http://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/.
- WIK. 2015. *WikiBarDig, unité de recherche Ouvrages Hydrauliques*. Frankreich: Unité de recherche Ouvrages Hydrauliques et Hydrologie d'Irstea basée à Aix-en-Provence, en collaboration avec l'unité de recherche Technologies et Systèmes d'informations pour

les agrosystèmes d'Irstea Clermont-Ferrand. Internetseite. <http://wikibardig.developpement-durable.gouv.fr/index.php/Portail:Wikibardig>.

WRR. 2014. *Water Resources Reform and Development Act Public Law 113-121*. USA: GPO; US-Congress. Gesetz.

ZDB. 2011. *Zustandsmonitoring von Dammbauwerken Leitfaden zur Festlegung der Erfordernisse hinsichtlich Überwachung, Kontrolle und Prüfung, Fassung Juni 2011*. Österreich: BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Leitfaden. https://www.bmnt.gv.at/wasser/wasseroesterreich/foerderungen/foerd_hochwasserschutz/dammbauwerk.html.