



Schweizerisches Talsperrenkomitee

Comitato svizzero delle dighe

Comité suisse des barrages

Swiss Committee on Dams

STK Workshop 2025

Atelier CSB 2025

Olten, 15.01.2025

Thema:

Sicherheit von kleinen Stauanlagen
Empfehlungen zu Planung, Bau und Betrieb

Sujet:

Sécurité des petits barrages
Recommandations pour la planification,
la construction et l'exploitation



Stauanlage Isigs Brüggli

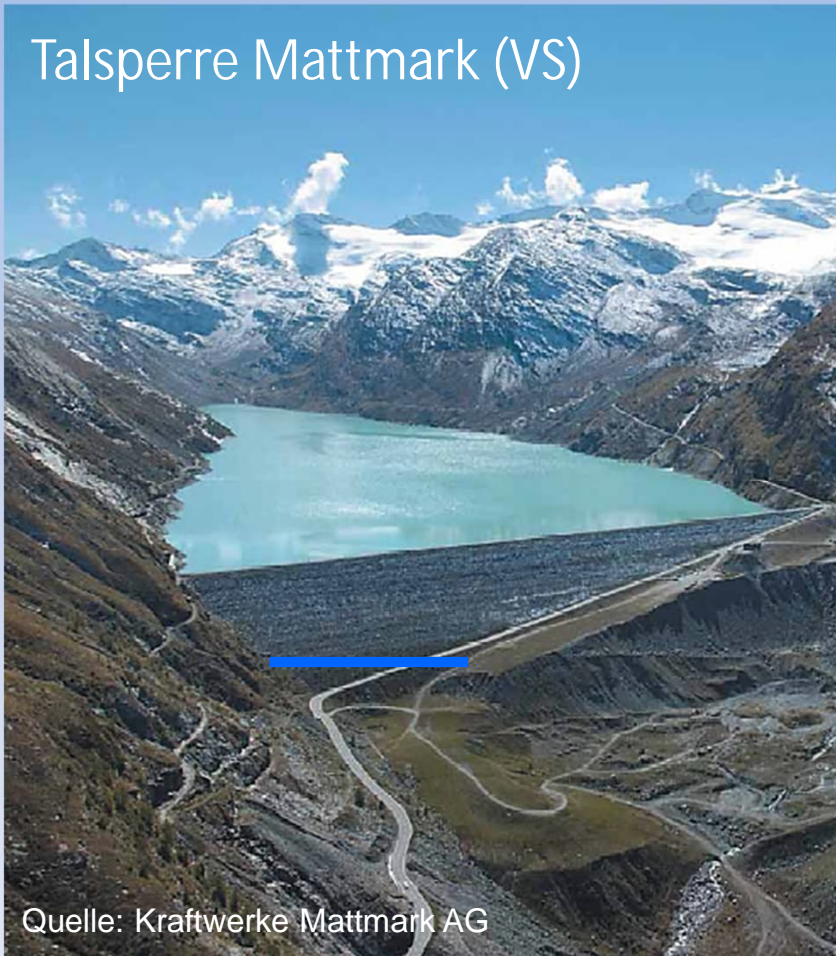
Definition Talsperre

- Stauanlage zum Aufstau oder zur Speicherung von Wasser und/oder Sedimenten, die den Talquerschnitt deutlich über dem höchsten Hochwasserstand absperrt



Definition Talsperre vs. Wehr

Talsperre Mattmark (VS)

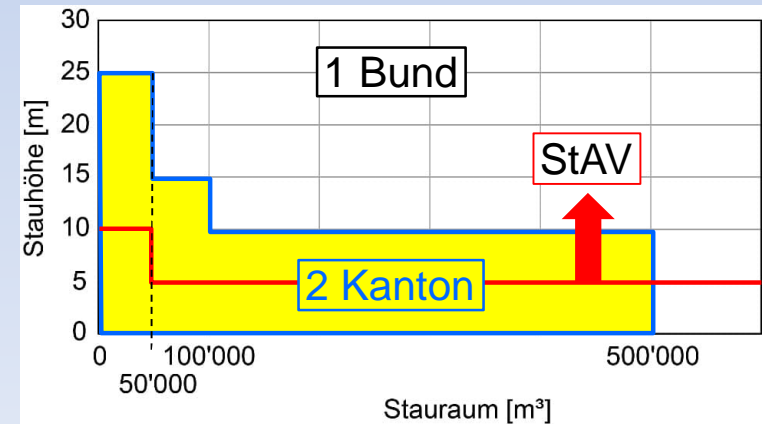


Wehr Wintrich (Mosel, DE)



Klassifizierung von Talsperren

- ICOLD:
 - Sperrenhöhe $H_T \geq 15$ m *oder*
 - $H_T \geq 10$ m und Stauvolumen $V \geq 3$ Mio. $\text{m}^3 = 3 \text{ hm}^3$
- Unterstellung unter CH-Stauanlagenverordnung (StAV):
 - Stauhöhe $H_R \geq 10$ m *oder* $H_R \geq 5$ m und $V \geq 50'000 \text{ m}^3$
 - bzw. bei „besonderer Gefahr für Personen oder Sachen“
- zuständige CH-Aufsichtsbehörde (Stand 2023):
 - 1 Bund (200 Anlagen)
Bundesamt für Energie BFE, Aufsicht Talsperren
 - 2 Kanton (182 Anlagen)
- Mehrere Tausend Kleinanlagen nicht der StAV unterstellt



Unterstellungskriterien von Stauanlagen

- Begriff des „besonderen Gefährdungspotentials“:

„Ein besonderes Gefährdungspotenzial besteht, wenn im Falle eines Bruches des Absperrbauwerks Menschenleben gefährdet oder grössere Sachschaden verursacht werden können.“

Quelle: Stauanlagenverordnung, StAV (2012)

- BFE-Richtlinie präzisiert:

- Anzunehmende Bruchszszenarien
- Vorgehensweise zur Abschätzung der Flutwelle
- Gefährdungskriterien für Mensch und Sachwerte

Quelle: BFE, Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen (2014)

Gefahrenbeurteilung

- kleine (homogene) Erdschüttdämme mit überproportionalem Anteil an Versagensfällen
- Bruch an Schüttdämmen ist nicht abrupt, sondern graduell / progressiv
- Phasen der Gefahrenbeurteilung:
 - i. Bestimmung der Abflussganglinie bzw. der max. Abflussspitze Q_{max} am Dammfuss
 - ii. Berechnung der Flutwellenausbreitung
 - iii. Beurteilung der Gefährdung von Mensch und Infrastruktur



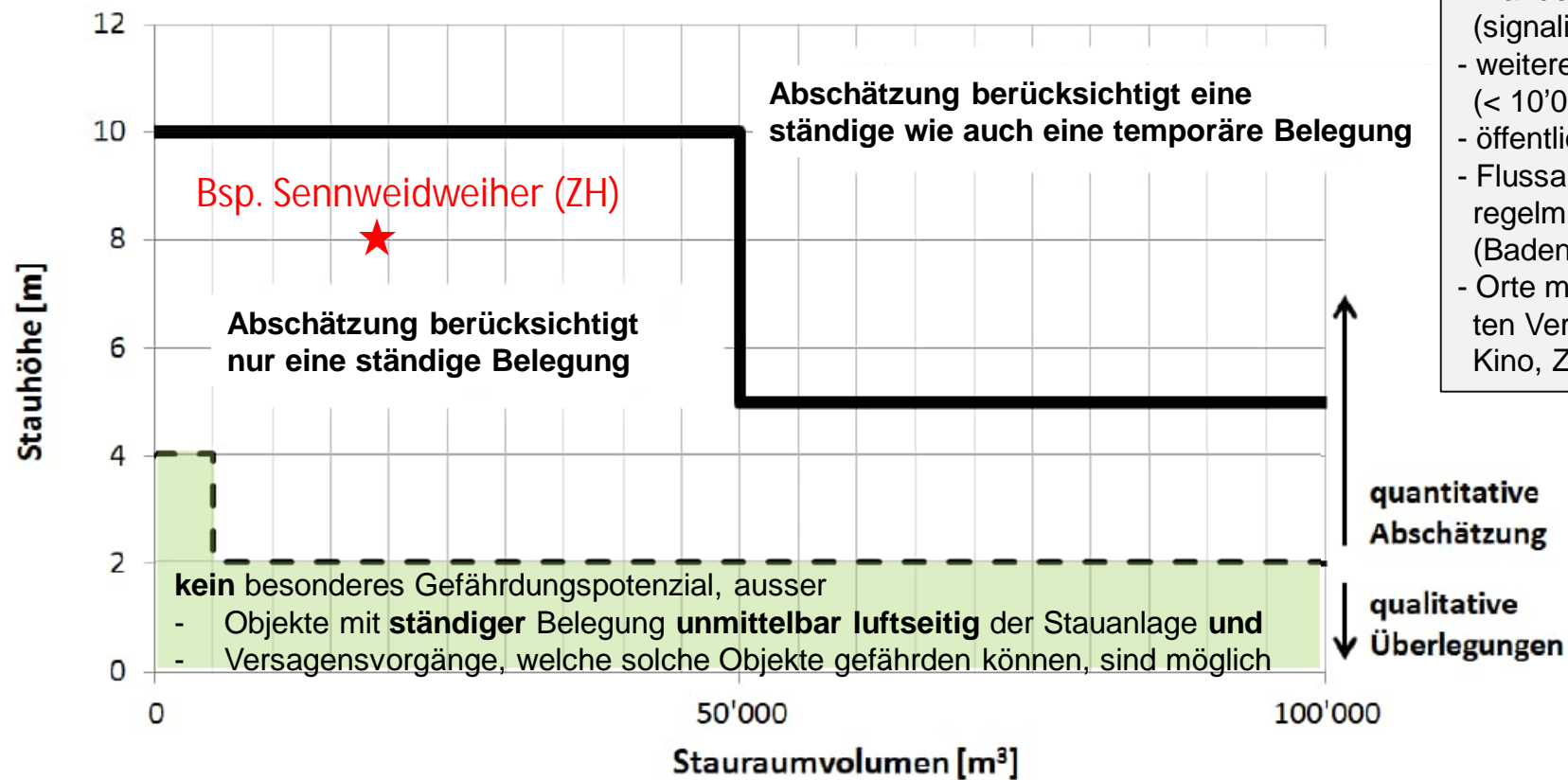
Quelle: Felix & Hochstrasser (2009)



Quelle: Felix & Hochstrasser (2009)

Unterstellungskriterien von Stauanlagen

Besonderes Gefährdungspotenzial



Temporäre Belegung:

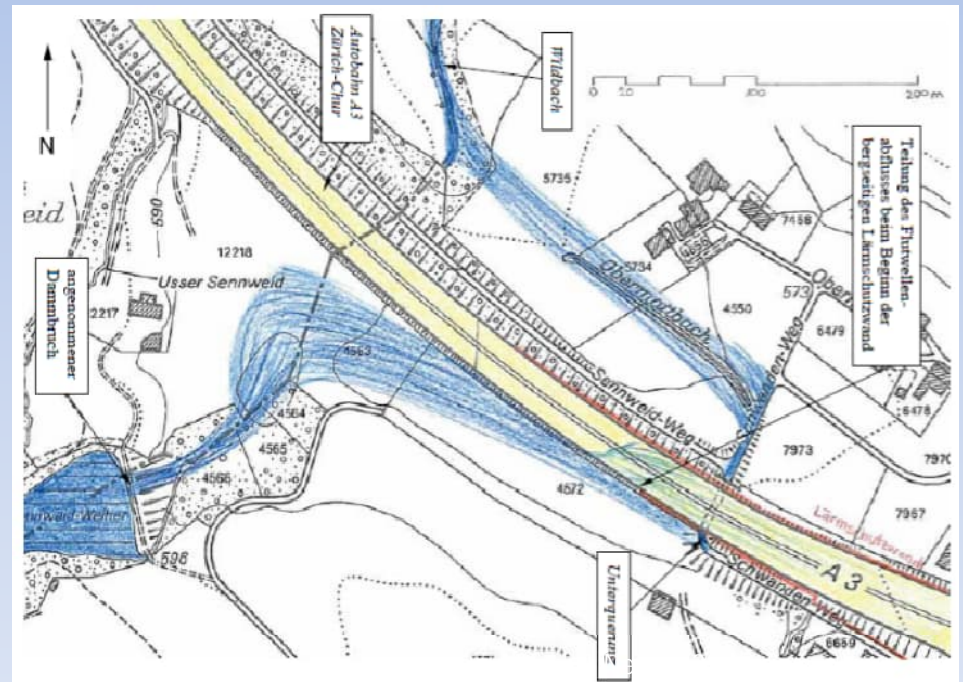
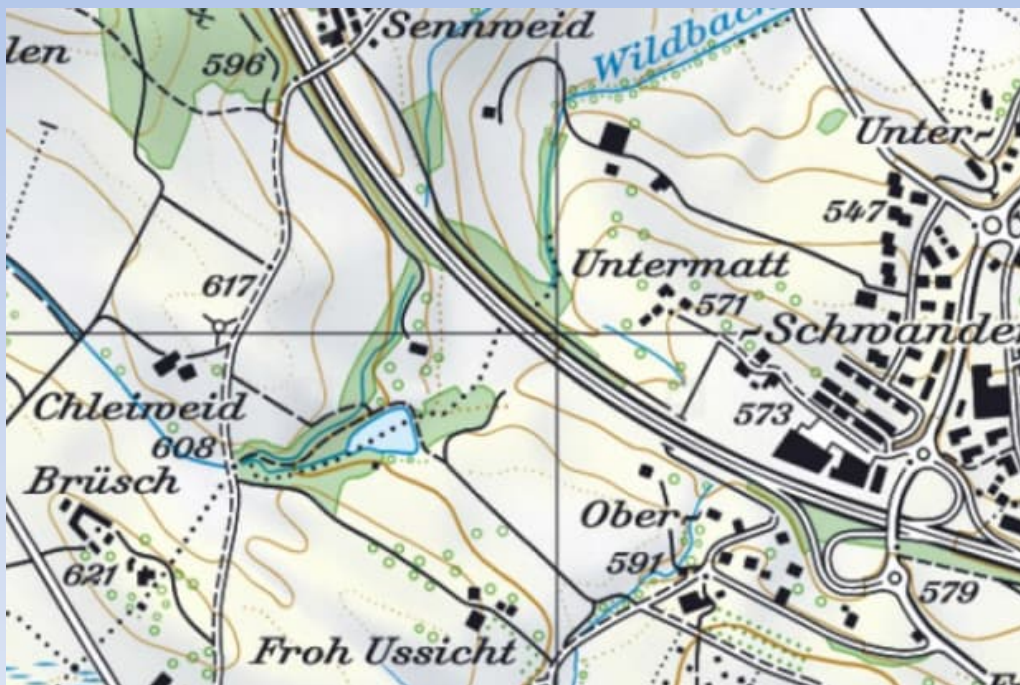
- Wanderwege (signalisierte Wanderrouten)
- weitere Verkehrswege (< 10'000 Fahrzeuge/Tag)
- öffentlich zugängliche Badeorte
- Flussabschnitte mit regelmässigen Aktivitäten (Baden, Bootsfahrten, Fischen)
- Orte mit gelegentlichen bewilligten Veranstaltungen (Konzerte, Kino, Zirkus im Freien)

Quelle: angepasst nach BFE, Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen (2014)

Unterstellungskriterien von Stauanlagen

Besonderes Gefährdungspotenzial

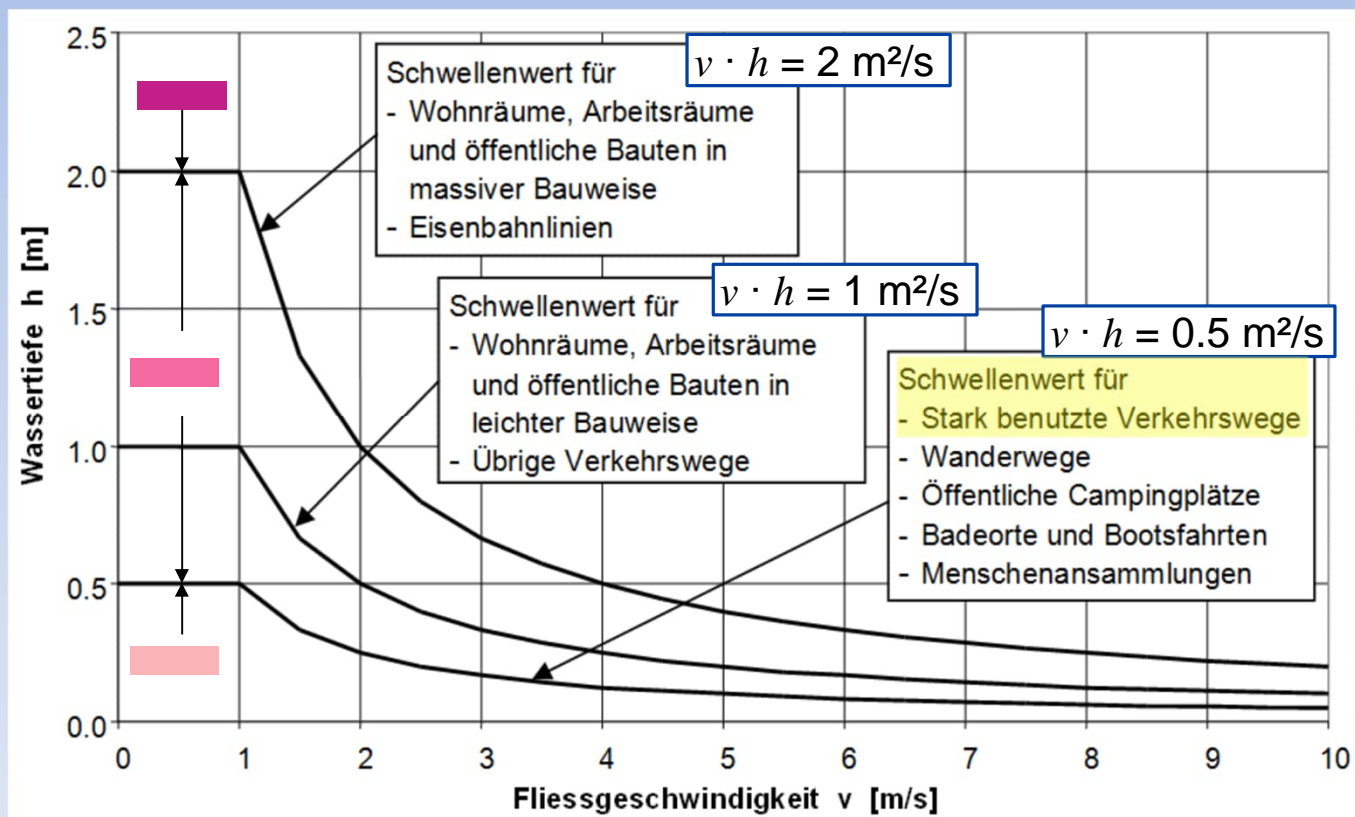
- Bsp. Bruch einer kleinen Stauanlage



Skizze der möglichen Flutwellenausbreitung am Sennweidweiher (Quelle: AWEL)

Unterstellungskriterien von Stauanlagen

Einteilung der Gefährdungsbereiche aufgrund der Intensität der Überflutung




Quelle: nach BFE (2014)



Kartierung der Intensitäten am Sennweidweiher
(Quelle: Nellen, 2017)

Legende:

- tiefe Intensität
($h \leq 0.5 \text{ m}$ oder $v \cdot h \leq 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$)
- mittlere Intensität
($0.5 \text{ m} < h \leq 2.0 \text{ m}$ oder $0.5 \text{ m}^2/\text{s} < v \cdot h \leq 2 \text{ m}^2/\text{s}$)
- hohe Intensität
($h > 2 \text{ m}$ oder $v \cdot h > 2 \text{ m}^2/\text{s}$)

An aerial photograph of a large dam in a mountain valley. The dam is a curved concrete structure that spans across a narrow valley, creating a large reservoir of turquoise water. The surrounding landscape is lush with green forests and rocky terrain. The sun is high, casting shadows on the slopes. The text "Vielen Dank!", "Grand merci!", and "Mille grazie!" is overlaid in white on the reservoir.

Vielen Dank!
Grand merci!
Mille grazie!

Foto: G. Favre

Sicherheit von kleinen Stauanlagen

Einführung kleine Stauanlagen in der Schweiz

Martin Aemmer

STK-Workshop, Olten

15. Januar 2025



Inhalt

1. Motivation sich mit «kleinen Stauanlagen» zu befassen
2. Arbeitsgruppe «kleine Stauanlagen» des STK
3. Ziel der Arbeitsgruppe und bisherige Aktivitäten
4. Situationsanalyse kleine Stauanlagen in der Schweiz

Erfahrungen auf dem Gebiet der kleinen Stauanlagen als beratender Ingenieur

- Seit anfangs 2005 hat AFRY (Pöyry & AF-Consult) für knapp 500 kleine Stauanlagen (in den Kantonen AR, BL, SG, TG und ZH) Zustandsbeurteilungen und Evaluationen des Gefahrenpotenzials hinsichtlich einer Unterstellung unter die Stauanlagenverordnung (StAV) durchgeführt.
- Eine Vielzahl von Unterstützungsmandaten und ergänzende Studien für die Beurteilung von Neubauten und Sanierungsprojekten kleiner Stauanlagen Dritter für die Aufsichtsbehörden in den Kantonen AG, BE, BL, TG und ZH durchgeführt.
- Projektverfasser und zuständiger PL für den Bau zweier kleinen Stauanlagen für den Hochwaserrückhalt (HWRB Isigs Brüggli, Allschwil BL und HRR Hegmatten, Winterthur ZH)

=> Ein Thema, das schweizweit Anlagenbetreiber, Anlagenbesitzer, Berater, Aufsichtsbehörden, etc. bewegt.

Arbeitsgruppe (AG) gemäss Statuten STK

Art. 9

Arbeitsgruppen

1. Auf Antrag des Vorstandes genehmigt die Hauptversammlung die Bildung von Arbeitsgruppen zur Bearbeitung bestimmter Fachgebiete und Probleme. Die Arbeitsgruppen bestehen aus maximal 15 Mitgliedern.
2. Die Technische Kommission umschreibt den Auftrag jeder Arbeitsgruppe und schlägt den Arbeitsgruppen-Präsidenten vor, der Mitglied oder Vertreter eines Kollektivmitglieds des STK sein muss. Dieser macht seinerseits Vorschläge für die personelle Besetzung der Arbeitsgruppe; ihr können auch Nichtmitglieder des STK angehören.
3. Eine Arbeitsgruppe wird grundsätzlich für **6 Jahre** eingesetzt. Eine Verlängerung ihres Mandates ist möglich. Der Arbeitsgruppen-Präsident wird von der Hauptversammlung, die Mitglieder der Arbeitsgruppe werden von der Technischen Kommission gewählt. Rücktritte müssen bis Ende des Kalenderjahres zu Händen der nächsten Hauptversammlung dem Präsidenten bekanntgegeben werden.

Art. 9

Groupes de travail

1. Sur proposition du Bureau, l'Assemblée générale autorise la constitution de Groupes de travail pour l'étude de thèmes ou de problèmes particuliers. Les Groupes de travail se composent au maximum de 15 membres.
2. La Commission technique définit le mandat de chaque Groupe de travail et en propose le président, qui doit être un membre individuel ou représentant d'un membre collectif du CSB. De son côté, celui-ci propose la composition du Groupe de travail, auquel peuvent aussi appartenir des personnes qui ne sont pas membres du CSB.
3. Le mandat d'un Groupe de travail dure en principe **6 ans**, mais il peut être prolongé. Le président d'un Groupe de travail est élu par l'Assemblée générale, les membres par la Commission technique. Les démissions éventuelles doivent être communiquées au Président jusqu'à la fin de l'année civile en vue de l'Assemblée générale qui suit.

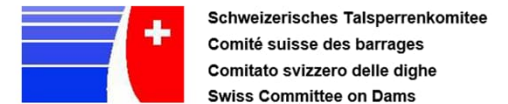
Mitglieder der Arbeitsgruppe

Name	Vorname	Arbeitgeber	Funktion Arbeitsgruppe
Aemmer	Martin	AFRY Schweiz AG	Präsident Arbeitsgruppe
Adam	Nicolas	Alpiq SA	Représentant groupe «jeunes professionnels du CSB»
Askarinejad	Amin	Bundesamt für Energie BFE, Sektion Aufsicht Talsperren	Vertreter BFE
Gander	Brigitta	Kanton Zürich, Baudirektion, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft	Vertreterin kantonale Aufsichtsbehörde (ZH)
Jenzer Althaus	Jolanda	Berner Fachhochschule, Institut für Infrastruktur und Umwelt	Vetreterin Hochschule
Marty	David	Igemetris Technologies SA	Vetreter Ingenieurbüro/Vermessung
Mico-Lopez	Angel	HYDRO Exploitation SA	Vertreter Betreiber
Perito	Gian Luigi	Repubblica e Cantone Ticino, Dipartimento del territorio, Divisione delle costruzioni, Ufficio dei corsi d'acqua	Vertreter kantonale Aufsichtsbehörde (TI)
Schlegel	Barbara	AFRY Schweiz AG	Sekretärin Arbeitsgruppe
Walti	David	IUB Engineering AG	Vetreter Ingenieurbüro

Ziel der Arbeitsgruppe

Das Ziel der Arbeitsgruppe ist die Erstellung einer Fachpublikation des STK mit einer Übersicht, Situationsanalysen, Empfehlungen und Praxisbeispielen als Resultat einer vertieften Auseinandersetzung mit dem Thema «Sicherheit von kleinen Stauanlagen» für die von der AG STK «kleine Stauanlagen» bearbeiteten Punkte und unter Anwendung der übergeordneten Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen (StAV).

Zudem befasst sich die Fachpublikation ausschliesslich mit der Thematik der Sicherheit von kleinen Stauanlagen und macht keine Angaben oder Empfehlungen zu den betrieblichen Aspekten.



Sicherheit von kleinen Stauanlagen

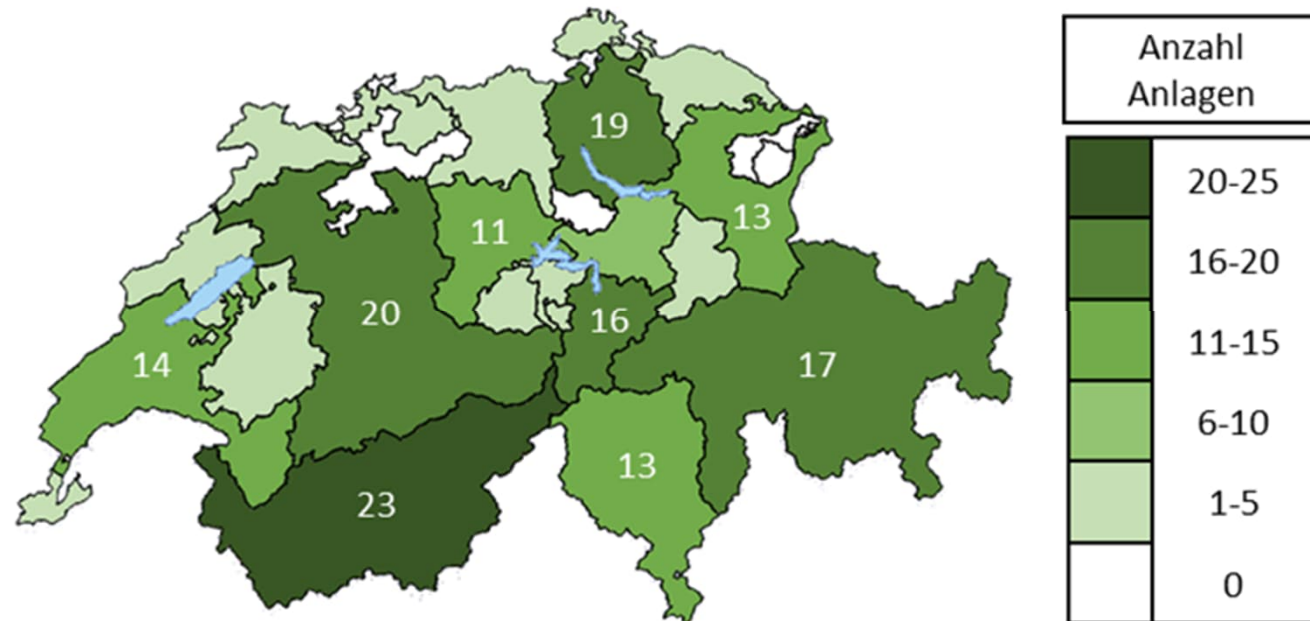
Empfehlungen des Schweizerischen Talsperrenkomitees STK zu Planung, Bau und Betrieb

Arbeitsgruppe Kleine Stauanlagen

September 2024

Bedeutung der kleinen Stauanlagen

- Von den kleinen Stauanlagen in der Schweiz sind aktuell **182 der StAV unterstellt** und werden durch die Kantone beaufsichtigt.
- Zusätzlich gibt es **mehrere Tausend kleine Stauanlagen**, die nicht der StAV unterstellt sind.



Bedeutung der kleinen Stauanlagen

- **Mehr als zweidrittel** der **nicht unterstellten** kleinen Stauanlagen weisen eine **Stauhöhe von kleiner als 5 m** auf.
- **Ungefähr die Hälfte** dieser **nicht unterstellten** kleinen Stauanlagen **ist keinem Wasserrecht** hinsichtlich der Nutzung des Standortgewässers **zugeordnet**.
- Die kleinen Stauanlagen befinden sich oft **nahe am urbanen Raum** oder sogar in besiedelten Gebieten.
- Gemäss StAG, Art. 2 sind Stauanlagen Einrichtungen zum Aufstau oder zur Speicherung von **Wasser** oder **Schlamm**.
- **Als Stauanlagen gelten auch Bauwerke für den Schutz von Naturgefahren** wie den Rückhalt von Geschiebe, Eis und Schnee oder für den kurzfristigen Rückhalt von Wasser (Hochwasserrückhaltebecken).



Geschichte der kleinen Stauanlagen

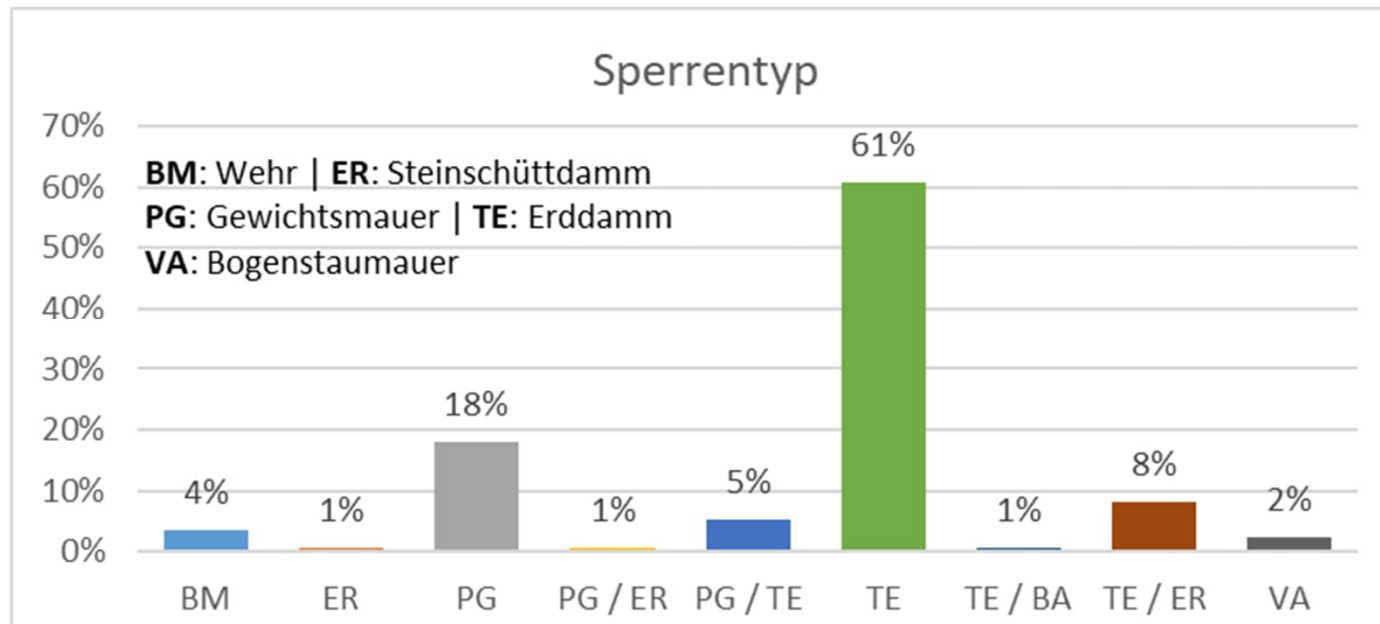
- Eine Vielzahl dieser kleinen Stauanlagen wurden **im Zuge der Industrialisierung gebaut**, und deren Ursprünge reichen somit oft mehrere hundert Jahre zurück.
- Im Weiteren fand die Industrialisierung durch Wasserkraftnutzung mittels kleiner Stauanlagen mehrheitlich im **Voralpengebiet** und im **Jurabogen** statt.
- Ergänzend dazu wurden die kleinen Stauanlagen im Kanton VS unter anderem auch für **Bewässerungszwecke** gebaut.
- In der jüngeren Zeit wurden kleine Stauanlagen mehrheitlich zum **Schutz von Naturgefahren** (Hochwasserrückhaltenbecken und Geschiebesammler) und für **Beschneigungszwecke** gebaut.



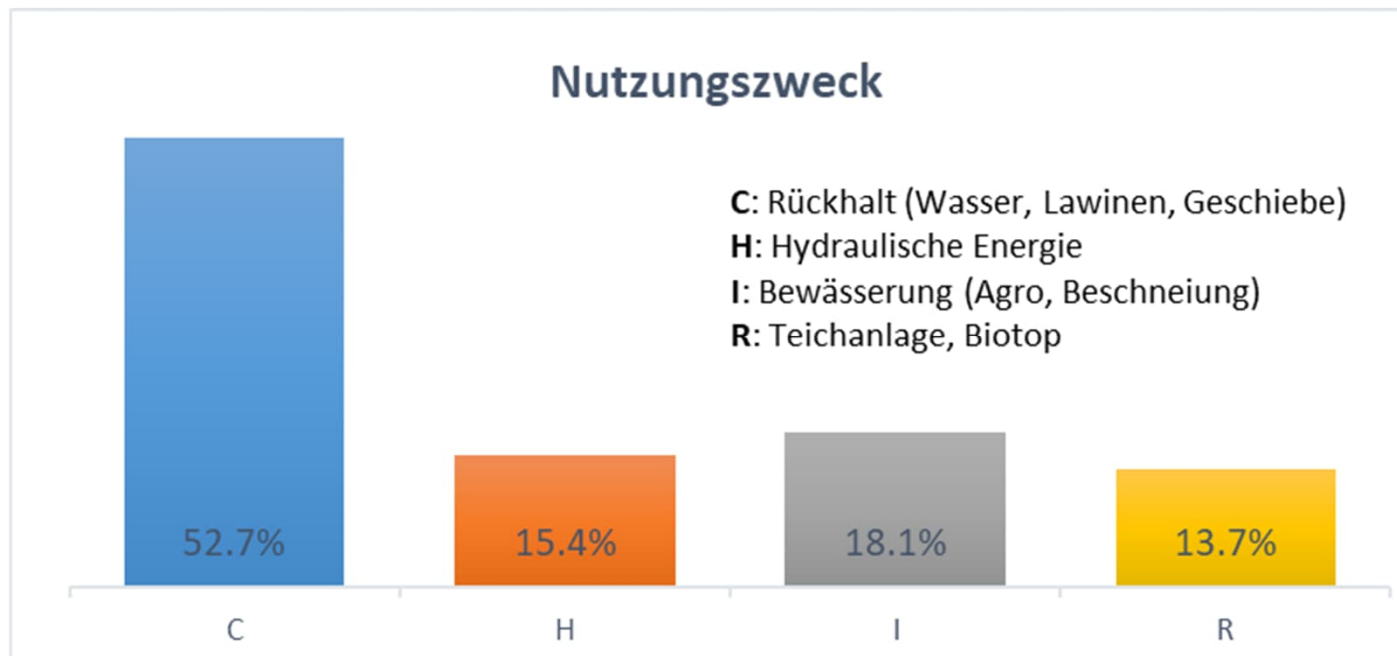
Eigentümer kleiner Stauanlagen

- Die **Eigentümer der kleinen Stauanlagen** sind
 - die öffentliche Hand (Zweckverbänden, Gemeinden und Kantone)
 - Privatpersonen
 - Vereine (Naturschutzvereine, Quartiervereine, etc.)
 - privatrechtliche oder öffentlich-rechtliche Gesellschaften (Kraftwerksbetreiber, Bergbahnen mit Beschneigungsbecken, etc.)
- Die **Eigentümer** kleiner Stauanlagen sind auf dem Gebiet der Stauanlagensicherheit und als Betreiber **häufig unerfahren**.
- Zudem ist das **Unterhaltsbudget** der Eigentümer kleiner Stauanlagen **meist sehr limitiert**.
- Bei den **kleinen Stauanlagen bestehen oft Interessenkonflikte** zwischen den Fragen der Stauanlagensicherheit und den Anforderungen an
 - den Naturschutz
 - den Denkmalschutz
 - den Interessen der Jagd- und Fischereiverbänden sowie
 - den gesellschaftlichen Ansprüchen an die Naherholung.

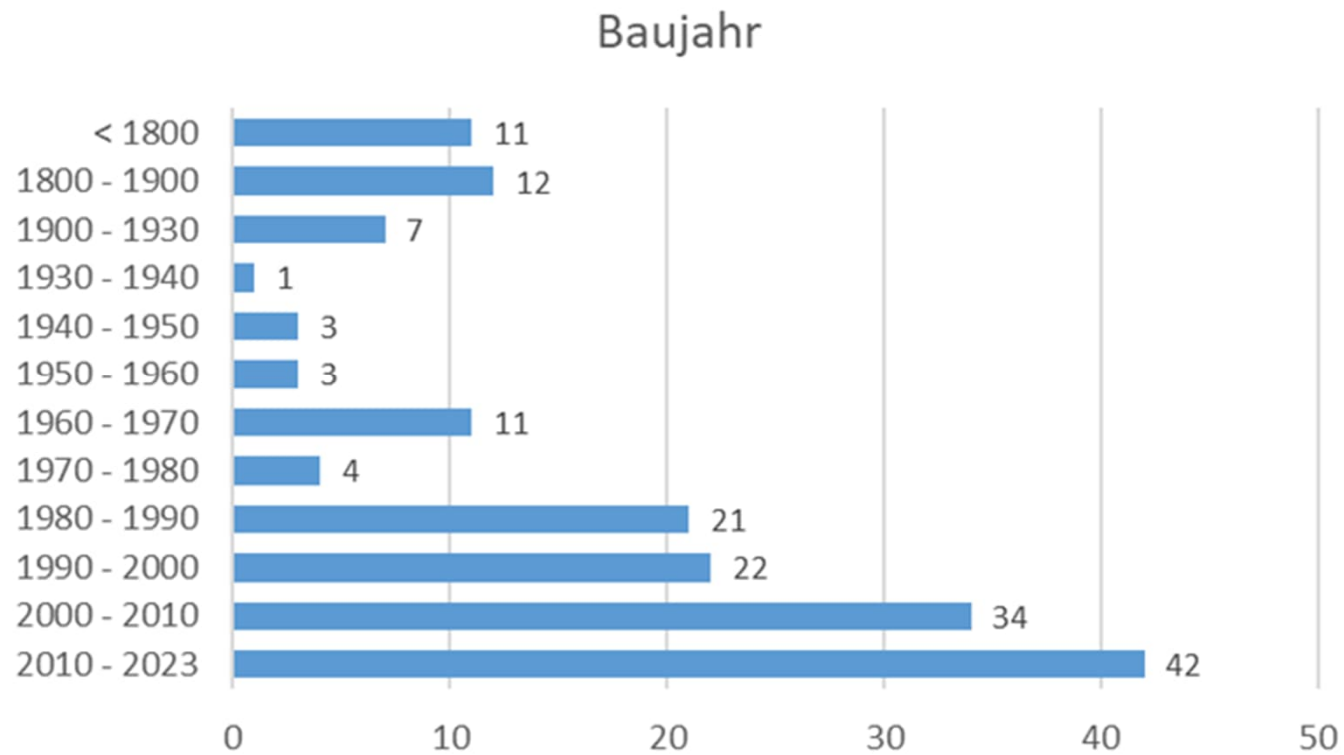
Sperrentypen, Nutzungszweck und Alter



Sperrentypen, Nutzungszweck und Alter



Sperrentypen, Nutzungszweck und Alter





AFRY

AF PÖYRY



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN
Ufficio federale dell'energia UFE
Uffizi federal d'energia UFE



Bachtelweither, Wald, Kt. ZH, Ganoder (2021)

STK WORKSHOP: SICHERHEIT VON KLEINEN STAUANLAGEN, EMPFEHLUNGEN ZU PLANUNG, BAU UND BETRIEB

VERSAGENSMECHANISMEN VON STAUDÄMMEN

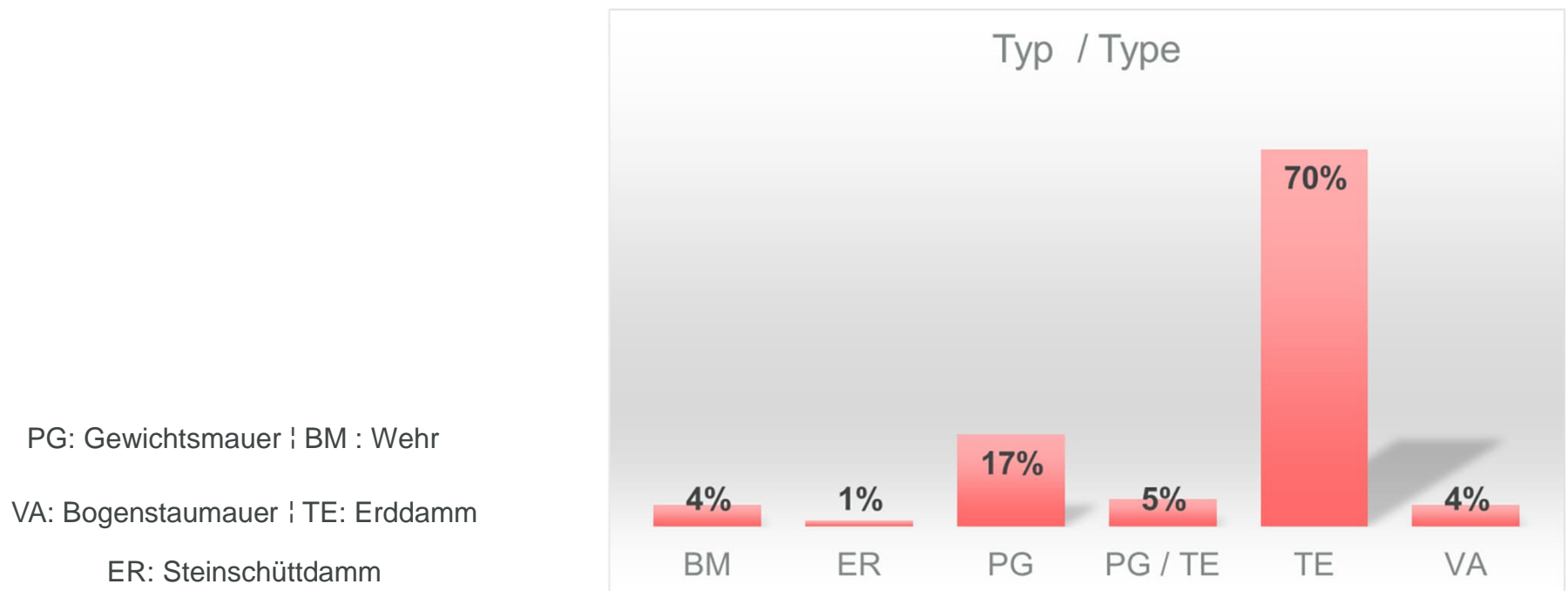
BESTIMMUNG DER GEOTECHNISCHEN MATERIALKENNWERTE

SICHERHEIT VON KLEINEN STAUANLAGEN • BFE – AUFSICHT TALSPERREN • A. ASKARINEJAD & B. SCHLEGEL • 15.01.2025



AUSGANGSLAGE

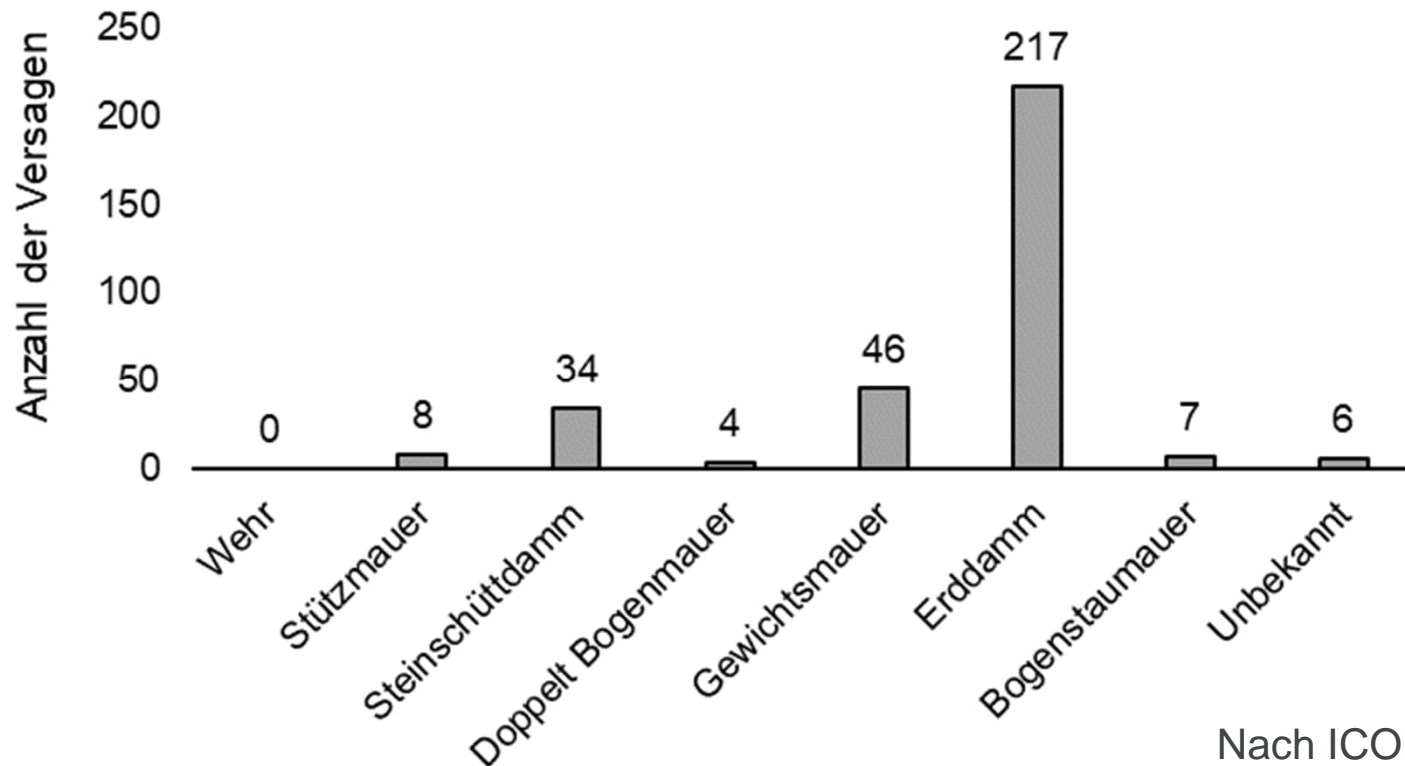
- Rund 70% der unterstellten kleinen Stauanlagen in der Schweiz haben einen Schüttdamm als Absperrbauwerk.





AUSGANGSLAGE

- Anzahl der Absperrbauwerkbrüche nach Bauwerktyp (1900 - 2010)



Nach ICOLD Bull. 99, (2020) & Statkraft (2022)



INHALT

- Versagensmechanismen von Staudämmen
- Bestimmung der geotechnischen Materialkennwerte
- Bauausführung und Baukontrollen von Schüttdämmen



VERSAGENSMECHANISMEN VON STAUDÄMMEN

- **Oberflächenerosion**
 - Überströmung
 - Wellenerosion
 - Erosion am Dammfuss

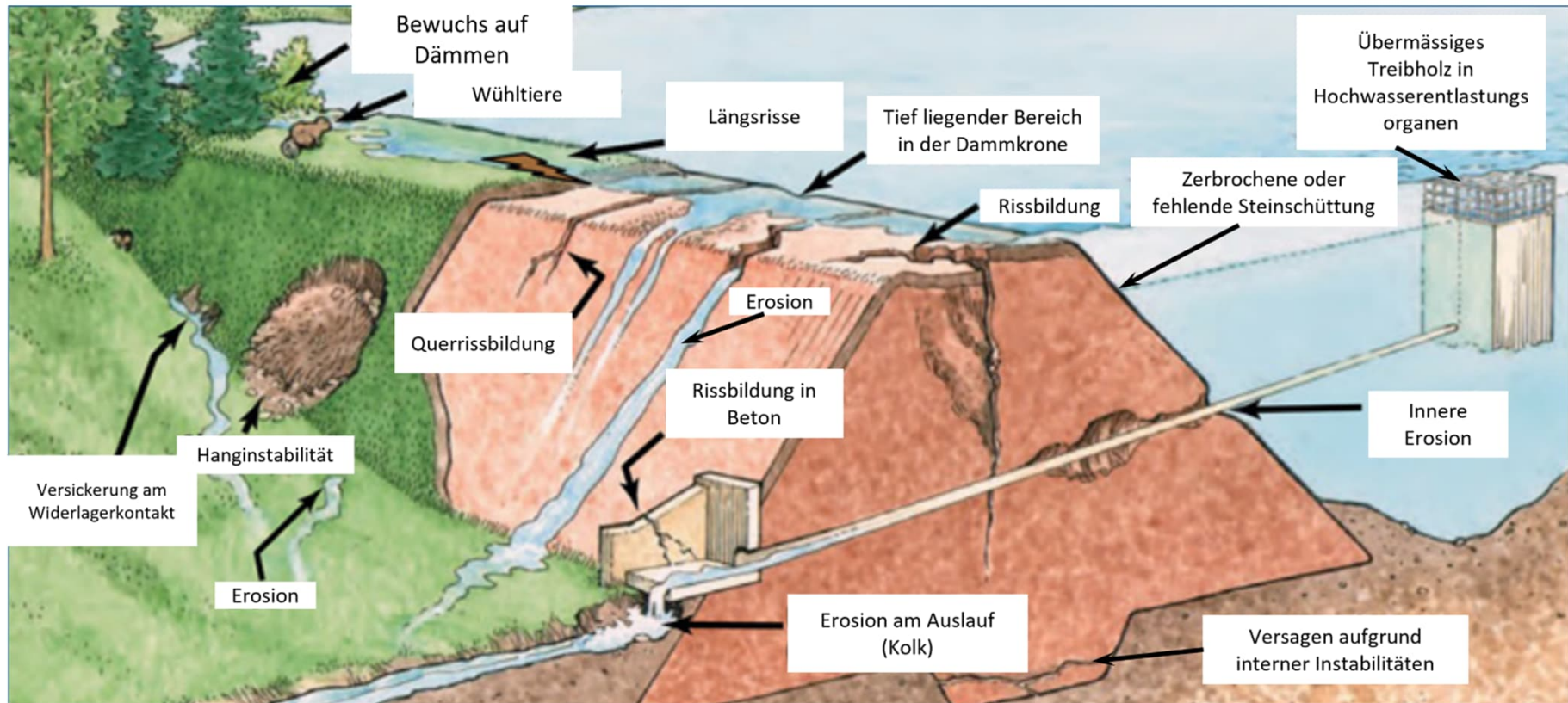
- **Versagen durch innere Erosion**
 - Konzentrierte Leckagen
 - Kontakterosion
 - Rückschreitende Erosion
 - Suffosion

- **Strukturelle Instabilität**





VERSAGENSMECHANISMEN VON STAUDÄMMEN

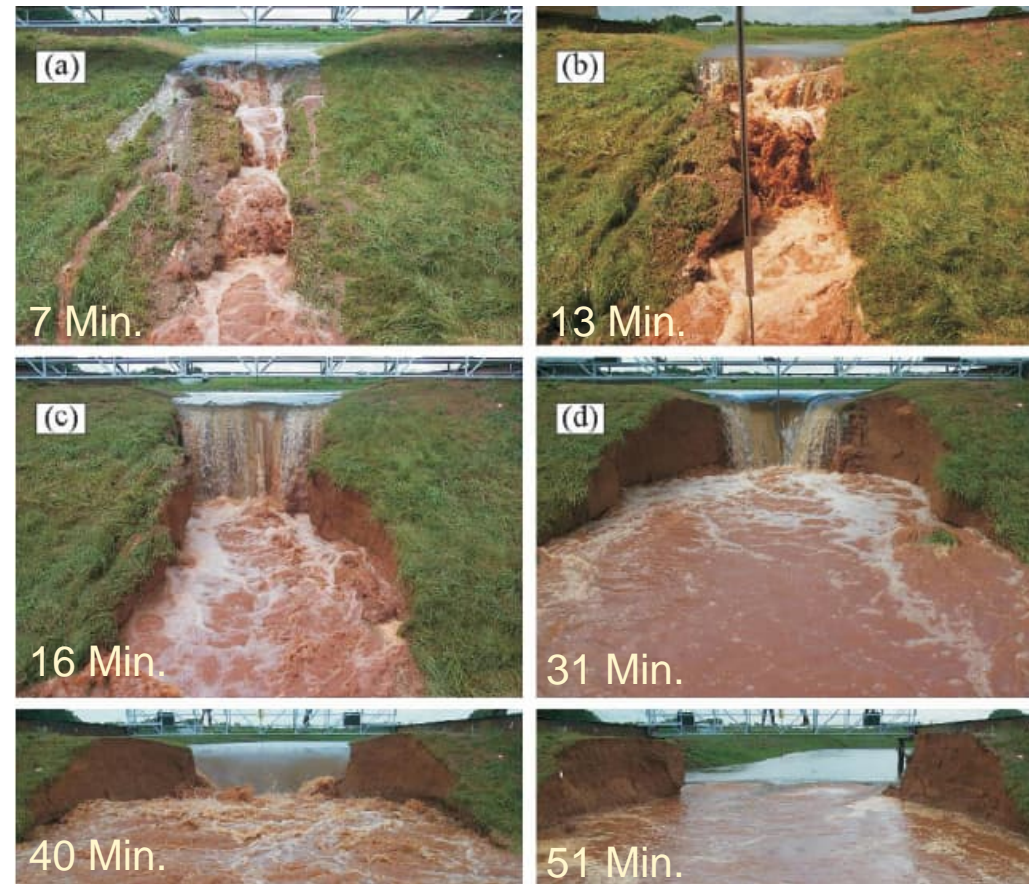


(nach FEMA, 2016)



VERSAGEN DURCH OBERFLÄCHENEROSION

- Erddämme sind nicht dafür konzipiert, überströmt zu werden, da dieser Dammtyp besonders anfällig für Versagen durch Oberflächenerosion ist. Das Versagen wird durch die unkontrollierte, erosive Wirkung des Oberflächenabflusses auf den Dammkörper und ggf. durch seitliche Widerlager verursacht.



Hanson et al. (2005)



VERSAGEN DURCH OBERFLÄCHENEROSION

- Mögliche Ursachen für eine Überströmung
 - unzureichende Bemessung der Hochwasserentlastung
 - unzureichende Bemessung des Freibordes
 - grosse Setzungswerte des Dammes oder der Fundation aufgrund von Konsolidierung oder Bewegungen in den Böschungen.



Überströmen des Chalabre Damm (FERC, January 2020)



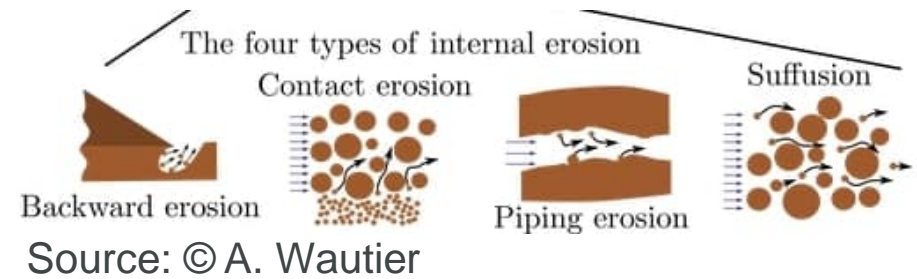
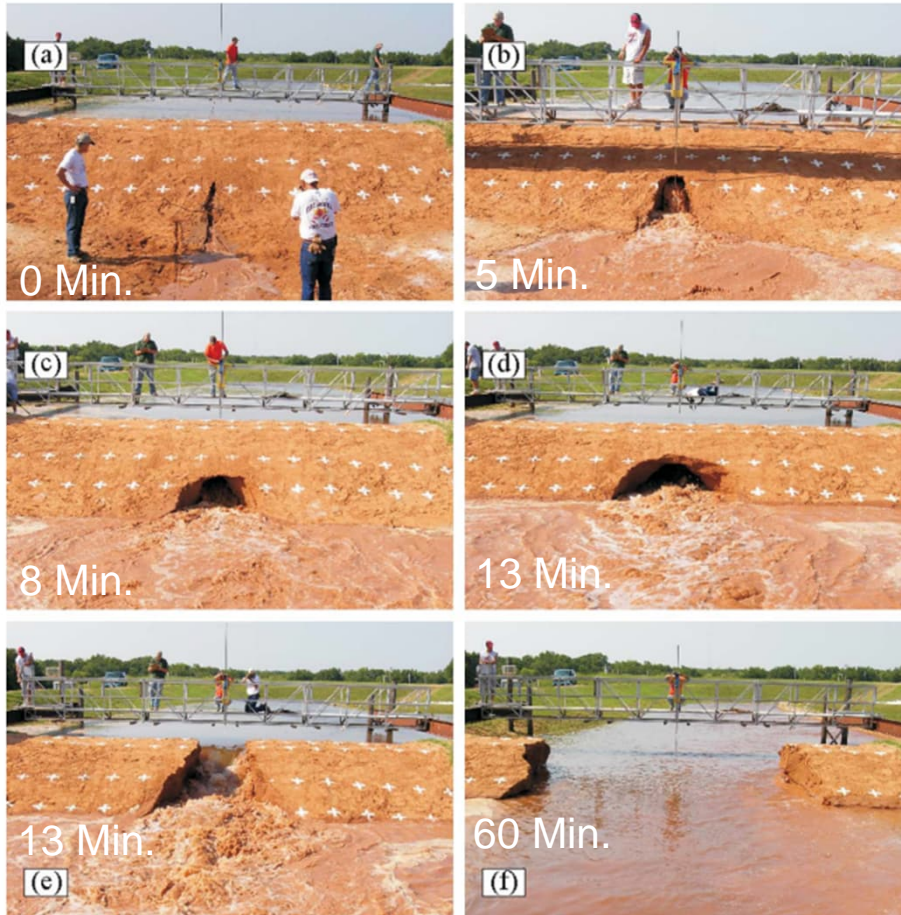
VERSAGEN DURCH OBERFLÄCHENEROSION

- Der Entwurf eines Hochwasserentlastungsorgans, das in einen Teil eines Dammes integriert ist, mit kontrolliertem Überlauf im Hochwasserfall muss nach strengen Regeln und geprüften Kriterien entworfen werden.





VERSAGEN DURCH INNERE EROSION

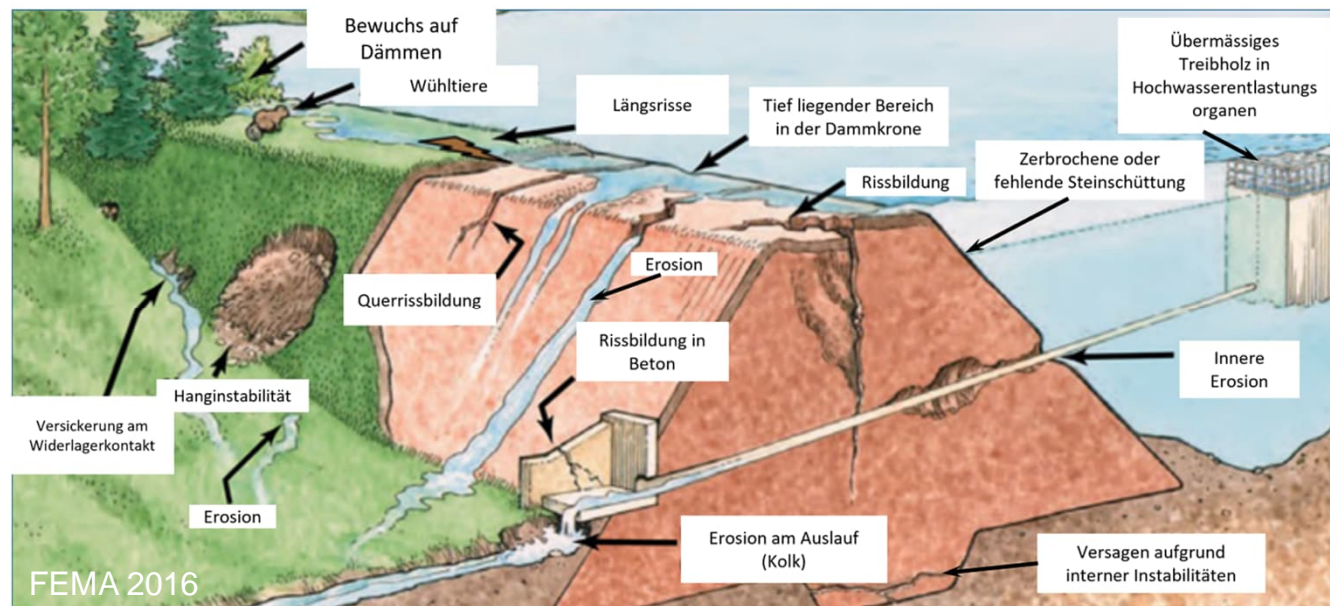


Hanson et al. (2010)



VERSAGEN DURCH INNERE EROSION

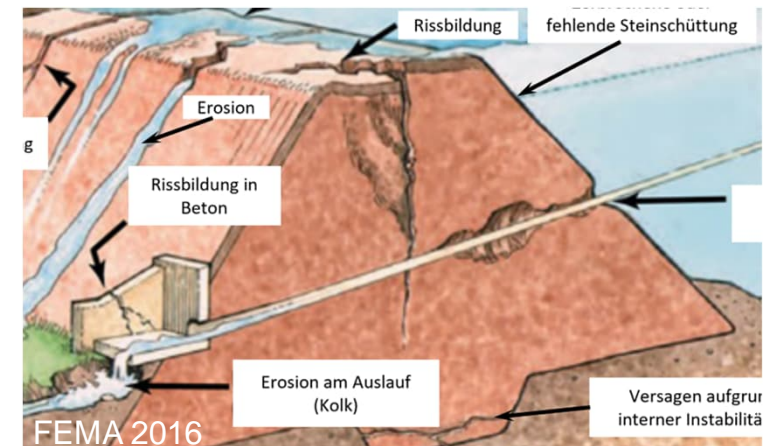
- Baumwurzeln können präferenzielle Sickerwege für das Sickerwasser bilden. Wenn Bäume absterben, können ihre verrottenden Wurzeln Hohlräume im Dammkörper hinterlassen, die dann als präferenzielle Sickerwege dienen, welche innere Erosion fördern und zur Instabilität des Bauwerks führen können.





VERSAGEN DURCH INNERE EROSION

- Im Dammkörper oder in der Dammböschung liegende Rohrleitungen (z.B. Grundablass), Rohrblöcke und / oder andere starre Bauten können aufgrund ihrer glatten Oberflächen oder einer mangelnden Verdichtung der unmittelbar umgebenden Einbettung zu präferenziellen Sickerwasserwegen führen, entlang deren innere Erosion auftreten kann.
- **Es wird daher dringend empfohlen, vom Einbau von Leitungen und anderen starren Strukturen in einen Damm abzusehen.**





VERSAGEN DURCH INNERE EROSION

- Sickerwasser muss **regelmässig** in Bezug auf seinen **Abfluss** und ggf. auf seine **Trübung** mindestens visuell kontrolliert werden.
- Innere Erosion ist eine der Hauptursachen für Dammversagen und muss sorgfältig überwacht und kontrolliert werden. Details zu den Ursachen, zur Risikoanalyse und zu Massnahmen zur Vermeidung innerer Erosion finden sich im ICOLD Bulletin 167 (ICOLD 2017).





VERSAGEN DURCH STRUKTURELLE INSTABILITÄT

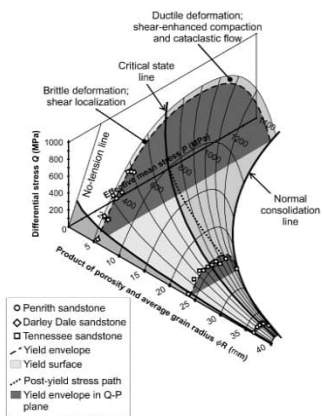
- Strukturelles Versagen eines Schüttdammes tritt in der Form eines **Abrutschens** oder einer **Materialverschiebung** entweder auf der Wasser- oder der Luftseite auf.
- Visuell erkennbare **Erosionsrinnen, Ausbuchtungen, Setzungsmulden**, (lokale) **Böschungsrutsche, Risse** sowie andere Unregelmässigkeiten im Damm, wie z.B. ein **erhöhter Sickerwasseranfall**, sind im Allgemeinen Anzeichen für eine ernsthafte Instabilität und können auf ein potenzielles strukturelles Versagen hinweisen.



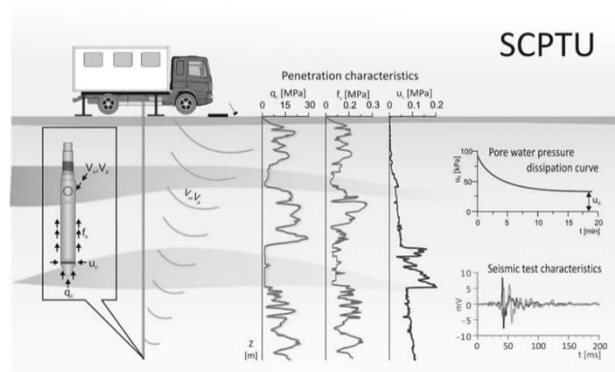


BESTIMMUNG VON MATERIALKENNWERTEN

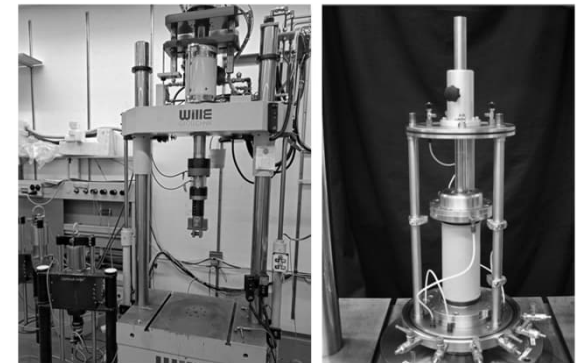
- Zwecke der Bestimmung von Materialkennwerten
- Erkundung Dammkörper und Baugrund
- In-situ und Labortests
- Zuverlässigkeitskategorien



[R.J Cuss et al., 2003]



[Tschuschke et al., 2020]



[ETHZ – IGT, 2022]



BESTIMMUNG VON MATERIALKENNWERTEN (ZWECKE)

- Projektierung und/oder Bau einer neuen kleinen Stauanlage
- Analyse der Stabilität eines bestehenden Staudammes für verschiedene Lastfälle, wie z.B.:
 - Statische Analyse des Dammes
 - Rasche Absenkung des Wasserspiegels im Stausee
 - Nachweis der Erdbebensicherheit des Staudammes
- Projektierung für die Sanierung oder Erhöhung des Dammes



ERKUNDUNG DAMMKÖRPER UND BAUGRUND

- Sondiertiefe mittels Baggerschlitzten oder Bohrungen:
 - (i) bis zum Niveau der kompetenten Foundationsschicht, oder
 - (ii) bis zu einer Tiefe von 1.3- bis 1.5-fachen Dammhöhe, oder
 - (iii) bis zum 1.5-fachen der maximalen hydraulischen Druckhöhe.

- Bohrungen müssen auch seitlich die Widerlager erkunden bis zu einer Tiefe von nicht weniger als der 1.5-fachen Dammhöhe.

- Es ist zu beachten, dass selbst dünne Schichten (z.B. Sand) für die Stabilität (z.B. Verflüssigung) und Durchlässigkeit von Dammkörper und Foundation von grosser Bedeutung sein können.



ERKUNDUNG DAMMKÖRPER UND BAUGRUND

- Bei neuen Stauanlagen sollten Baugrunduntersuchungen in der Regel **in mehreren Phasen** durchgeführt werden, um die Informationen über den Baugrund und das Dammschüttmaterial laufend zu ergänzen.
- Es wird empfohlen, den horizontalen Abstand der Erkundungspunkte nicht grösser als 30 - 50 m zu wählen. Bei zu erwartender Zonierung oder Heterogenität der Schichten muss dieser Abstand jedoch entsprechend verkleinert werden.
- Gegebenenfalls ist auch im **Stauraum** eine Baugrunduntersuchung durchzuführen, um die Eignung von allenfalls dort vorhandenem Dammschüttmaterial, die Dichtigkeit des Stauraums, sowie potenzielle Instabilitäten der Hänge abzuklären.



ERKUNDUNG DAMMKÖRPER UND BAUGRUND

- Es wird empfohlen, in den Bohrlöchern SPT-Versuche (Standard Penetration Test) durchzuführen, um
 - die Lagerungsdichte zu bestimmen,
 - die undrainierte Scherfestigkeit zu korrelieren, und
 - das Verflüssigungspotential abschätzen zu können.



LABORUNTERSUCHUNGEN

- Materialklassifizierung: Korngrossverteilung und die plastischen Eigenschaften (Plastizitätsgrenzen nach Atterberg).
- Die Bestimmung der drainierten und undrainierten Scherfestigkeit idealerweise mit CD (konsolidiert, drainiert) und CU (konsolidiert, undrainiert) Triaxialversuchen.
- Alternativ mit CU-Versuchen unter direkter Bestimmung der undrainierten Scherfestigkeit und Bestimmung der drainierten Scherparameter mittels Auswertung des Spannungspfad (Berücksichtigung des Porenwasserdruckaufbaus).



LABORUNTERSUCHUNGEN

- Bestimmung des Konsolidationsverhaltens mit dem Ödometerversuch.
- Die Ergebnisse aus dem Ödometerversuch können Hinweise auf die Vorbelastung (OCR) und damit hilfreiche Informationen für die Abschätzung der undrainierten Scherfestigkeit liefern (mittels Critical State Soil Mechanics).



LABORUNTERSUCHUNGEN

- Bei Materialien mit grossen Körnern wird die Korngrössenverteilungskurve des Materials normalerweise basierend auf den Abmessungen der Testausrüstung durch Aussieben der Körner, die grösser als eine bestimmte Grösse sind, angepasst.



ZUVERLÄSSIGKEITSKATEGORIEN

Kategorie des Tests	Beschreibung
Kategorie A	Diese Methodik ermöglicht eine direkte Messung der Materialeigenschaften, und die Ergebnisse gelten als verlässliche Werte (vorausgesetzt, die entsprechenden Normen werden bei der Durchführung der Tests genau eingehalten).
Kategorie B	Diese Methoden beruhen entweder auf direkten Messungen, die jedoch empfindlich auf die Störung der Probe reagieren, oder auf indirekten Messungen . Es gibt jedoch einen grossen internationalen Erfahrungsschatz und gut etablierte systematische Forschungsarbeiten zur Entwicklung zuverlässiger Korrelationen zwischen den Testdaten und den Materialeigenschaften.
Kategorie C	Diese Methoden basieren entweder auf indirekten Messungen , die empfindlich auf die Störung der Probe und die Repräsentativität der getesteten Probe (aufgrund des geringen Probenumfangs / geringe Anzahl) reagieren, oder die Dateninterpretationsmethode hat eine geringe Zuverlässigkeit oder es gibt möglicherweise ein hohes Mass an Streuung in den Korrelationsdiagrammen .



LISTE DER MATERIALEIGENSCHAFTEN UND DER ENTSPRECHENDEN TESTS

Gesuchte Materialeigenschaft	Parameter/ Charakteristik	Versuch	Anwendbarkeit *	akzeptable Probestörung	Kategorie
Klassifizierung	Korngrößenverteilung	Siebanalyse	C1	gestört	A
		Schlammanalyse	F1	gestört	A
	Konsistenz und Konsistenzgrenzen	Konsistenzgrenze	F1	gestört	A
		Bestimmung des Wassergehalts	F1	gestört	A
	Organischer Gehalt	Oxidation		gestört	A
		Lichterfelder Methode		gestört	A
		Glühverlust		gestört	A
	Lagerungsdichte	Sandersatzmethode		In-situ	A
		Nuclear Density Gauges (z.B. Troxler-sonde)		In-situ	A
		SPT (z.B. Bowles 1977)	C1 F2	In-situ	B



SONSTIGE ÜBERLEGUNGEN

- **Abminderungsfaktoren für die Scherfestigkeit**
 - Gemäss dem Kapitel 4.6.3. «Bestimmung der Materialeigenschaften» der Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen, Teil C1 (BFE, 2017) dürfen die **Scherfestigkeitskennwerte** des Bodens aus der **Literatur** entnommen werden. Dies ist jedoch nur für bestehende Stauanlagen der Stauanlagenklasse III vorgesehen und es sind Abminderungsfaktoren auf diese angenommenen Werte anzuwenden (Kap. 4.6.3 der Richtlinie, Teil C1). Zu dieser Reduktion kommen noch die partiellen Widerstandsfaktoren nach Kapitel 4.6.5 der Richtlinie, Teil C1 hinzu.
 - Zusätzlich ist zu beachten, dass für den Erdbebennachweis die zyklische undrainierte Scherfestigkeit für die Stauanlagen der Klasse III vereinfachend mit 80% der statischen undrainierten Scherfestigkeit angenommen werden kann (gemäss BFE Richtlinie Teil C3).



SONSTIGE ÜBERLEGUNGEN

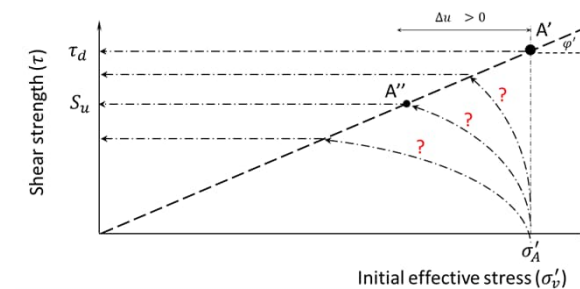
- Anzahl der Proben / Tests pro Schicht

Bodeneigenschaft	Benötigte Parameter	Versuch	Vorgeschlagene Mindestanzahl der zu untersuchenden Proben in einer Bodenschicht (EC7)
Klassifizierung	Korngrössenverteilung	Siebanalyse	4 - 6
		Schlämmanalyse	4 - 6
	Konsistenzgrenzen	Konsistenzgrenze	4-6
		Bestimmung des Wassergehalts	
	Organischer Gehalt	Oxidation	3 - 5
		Lichterfelder Methode	
Glühverlust			
Scherfestigkeit	Drainierte Scherfestigkeit	CD / CU Triaxialversuch	2 -4 *
		Direkter Scherversuch	
	Undrainierte Scherfestigkeit	CU Triaxialversuch	3 - 6 †
		UU Triaxialversuch	
		Freier Druckversuch	
		Taschen- und Laborflügelsonde	



ZU BEACHTENDE PUNKTE

- Grundsätzlich sind der effektive Spannungspfad und die Spannungs- oder Dehnungsrate sehr wichtige Parameter bei der Bestimmung der Scherfestigkeit des Materials.
- Es wird empfohlen, die Tests nach nationalen oder internationalen Standards durchzuführen und dabei die Details der In-situ- und Labor-Testmethoden zur Bestimmung der Scherfestigkeit genau zu beachten.
- **Die Baugrunduntersuchungen müssen von einem Team erfahrener und mit der Dammenthematik vertrauten GeotechnikerInnen und GeologInnen geplant und begleitet werden.**





SCHLUSSBEMERKUNG

- Generell wird eine Redundanz der Messverfahren und idealerweise eine Kombination aus verschiedenen Punktmessungen (z. B. Feldflügel- und CU-Triaxialversuche), 1D-Profilmessungen (z. B. SPT oder CPT) und 2D-Profilmessungen (seismische Geophysik) empfohlen (**1 Test \approx 0 Test!**).



Draft report dated November 2022

Methods to determine undrained shear strength of soils

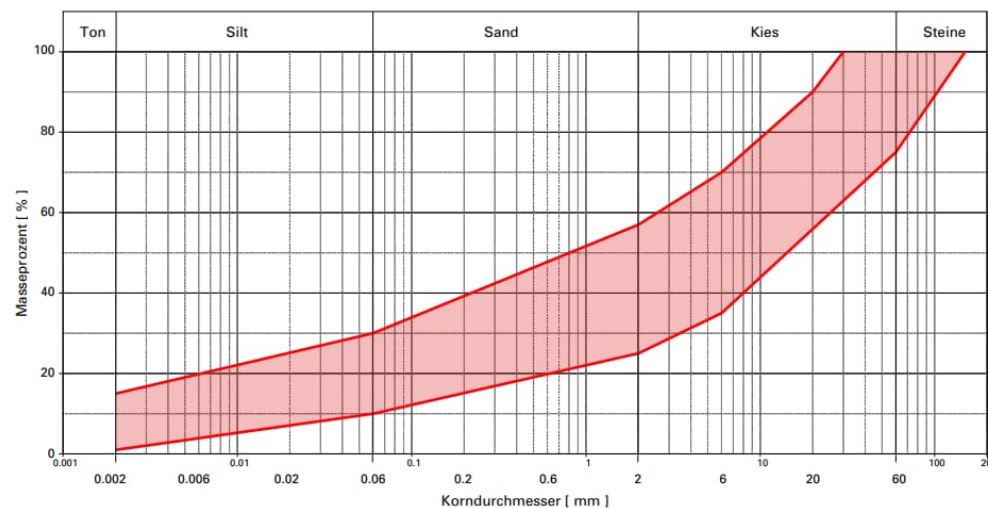


Inhalt

1. Projektierung – Empfehlung der erforderlichen Eigenschaften des Dammschüttmaterial
2. Bauausführung
 - Prüf- und Kontrollplan
 - Empfehlungen an die Anforderungen an die Dammaufstandsfläche
 - Empfehlungen für den Einbau des Dammschüttmaterials

Projektierung – Eigenschaften Dammschüttmaterial

- Erstellung eines Baugrundmodells auf Basis der durchgeführten Baugrunduntersuchungen
- Planung des Schüttdammes richtet sich in der Regel nach dem verfügbaren Material.
- Gut abgestufte Kornverteilungslinie ist vorteilhaft bezüglich Dichtigkeit, Verarbeitbarkeit und Sicherheit gegen innere Erosion
- Nachweis der Stabilität des Materials des Schüttdammes und der Foundation gegen alle möglichen Formen der inneren Erosion und die Filterstabilität angrenzender Dammzonen und zum Untergrund



Projektierung – Eigenschaften Dammschüttmaterial

- Spezifikation des erforderlichen Dammschüttmaterials, d.h. Stützkörper, Filterzonen und Kern in der Ausschreibung nach USCS-Klassifikation, Kornverteilungsband und Durchlässigkeit
- Der Bereich der geforderten Eigenschaften sollte jenen des der Planung zugrunde liegenden Schüttmaterials entsprechen.
- Begrenzung des Grösstkorn damit die Schichtstärke für Einbau und Verdichtung begrenzt werden kann und übliche Baumaschinen zur Anwendung kommen können.



Bauausführung – Prüf- und Kontrollplan

Für die Bauausführung ist ein Prüf- und Kontrollplan vorzusehen und umzusetzen.

Bauteil	Beschreibung	Verfahren	Verantwortlich		Frequenz	Anforderung
			UN	Geol./ Geot.		
Dammaufstandsfläche	Vermessung	Geodätisch	X	
	Kartierung Geologie	Kartierung		X
	Abnahme Geotechniker	Visuell		X
Schüttkörper	Lastplattenversuche	SN 670317	X		...	$E_{V1} \geq 22.5 \text{ MN/m}^2$
	Visuelle Kontrolle				
	Verdichtungskontrolle				
	Scherfestigkeit	...				
	Kornverteilung				
.....						

Bauausführung – Dammaufstandsfläche

Anforderungen an die Dammaufstandsfläche

- Alle organischen Bestandteile sind vollständig zu entfernen
- Kontrolle der Dammaufstandsfläche vor Erstellung der Schüttung (geologische Kartierung, visuelle Kontrolle)
- Aufschluss der Eigenschaften des Baugrunds und Überprüfung der in der Projektierung angenommenen Bodenparameter durch entsprechende Versuche (Tragfähigkeit, Durchlässigkeit, Bodenklassifikation, Scherfestigkeit)



Bauausführung – Dammaufstandsfläche

Anforderungen an die Dammaufstandsfläche

- Empfehlungen zur Mindesttragfähigkeit in Fachpublikation
- Die Foundation ist entsprechend zu verdichten
- Anschluss der Schüttung an bestehenden Damm oder natürliches Widerlager ist schichtweise abzutrepfen, um Verzahnung mit neuer Dammschüttung sicherzustellen

Bauausführung – Dammaufstandsflächen

Beispiele von Abweichungen zwischen Projektierung und Bauausführung sowie mögliche Ausgleichsmassnahmen

1. Bei unerwartet ungeeigneten Fundationsbedingungen allenfalls zusätzlicher Aushub und Materialersatz durch geeignetes und ausreichend verdichtbares Dammschüttmaterial
2. Bei Fundationsbedingungen mit unerwartet hoher Durchlässigkeit (Lockergesteinslinsen) allenfalls Einsatz von Geotextilen oder einer zusätzlichen Filterschicht
3. Bei unerwartet auftretenden Klüften oder Auswaschungen der Felsfundation allenfalls Einsatz von Injektionen zur Vermeidung allfälliger Umläufigkeiten im Fundationsbereich



Bauausführung - Dammschüttmaterial

- Untersuchung des potenziellen Dammschüttmaterials an repräsentativen Mischproben auf:
 - Klassifizierung (gemäss USCS)
 - Bestimmung des Feinkornanteilss
 - Bestimmung natürlicher Wassergehalt
 - Proctorversuch für optimalen Einbauwassergehalt und erzielbare Trockendichte
 - Scherfestigkeit
 - Durchlässigkeit
 - Setzungs- und Konsolidationsverhalten
 - Indikation für organische Bestandteile
- Sicherstellung der Homogenität des Dammschüttmaterials jeder Dammmzone



Bauausführung – Dammschüttung

- Anforderungen an Dammschüttung in der Fachpublikation:
 - Trockendichte
 - Wassergehalt
 - Mindesttragfähigkeit

- Einbau und Verdichtung Dammschüttung
 - Nachweis der Eignung der Verdichtungsgeräte vor Beginn der Bauarbeiten auf Versuchsfeld (=Probeschüttung)
 - Bestimmung der Anzahl Passen
 - Schichtstärke entspricht mindestens dem dreifachen Grösstkorn
 - Empfehlungen für Methoden zur Kontrolle der Verdichtung der Dammschüttung in der Fachpublikation



Bauausführung – Dammschüttmaterial

Beispiele von Abweichungen zwischen Projektierung und Bauausführung sowie mögliche Ausgleichsmassnahmen

1. Aufbereitung bzw. Stabilisierung bei bindigen bzw. feinkörnigem Material, das deutlich zu feucht ist ($w_{\text{vorh}} \gg w_{\text{opt}}$)
2. Entfernen von Überkorngrossen über dem Grenzkorn durch manuelles Ausscheiden oder Aussieben

Bauausführung – Dammschüttmaterial

Aufbereitung bzw. Stabilisierung bei bindigen bzw. feinkörnigem Material, das deutlich zu feucht ist ($w_{\text{vorh}} \gg w_{\text{opt}}$)

Priorität der möglichen Massnahmen aus Sicht der Dammbauqualität:

1. Wechsel der Materialquelle bzw. der Entnahmestelle
2. Lageweises Ausbreiten und Trocknen des zur Verfügung stehenden Materials auf der Einbaustelle
3. Stabilisierung des zur Verfügung stehenden Materials mit, in der Regel, ungelöschtem Kalk

Kalkstabilisierung:

- Verbesserte Tragfähigkeit
- Reduzierte Durchlässigkeit
- Steif und rissanfällig

Zementstabilisierung:

- Für Stauanlagen eher ungeeignet
 - Starke Zunahme des Steifemoduls bzw. Verformungsmoduls
- Eignung der Stabilisierungsmassnahmen sind vorgängig durch Versuche (Scherversuche) zu belegen.
- Probeschüttungen sind in jedem Fall erforderlich

Schlussbemerkung

- Empfehlungen dienen als Hilfsmittel bei Planung, Erstellung der Ausschreibung und Spezifikation sowie zur Qualitätskontrolle bei der Ausführung
 - Jeder Damm ist ein Prototyp, der gemäss den vorherrschenden Randbedingungen (Baugrund, verfügbares Dammschüttmaterial, Erdbebenbelastung, etc.) zu projektieren bzw. den lokalen Verhältnissen anzupassen ist.
- => projektspezifische Abweichungen können sinnvoll und zweckmässig sein

Fragen und Diskussion

DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN
Ufficio federale dell'energia UFE
Uffizi federal d'energia UFE

Prof. Dr. Amin Askarinejad

Leiter Forschungsprogramm
Stauanlagensicherheit

Fachspezialist Aufsicht Talsperren

UVEK BFE TS

amin.askarinejad@bfe.admin.ch

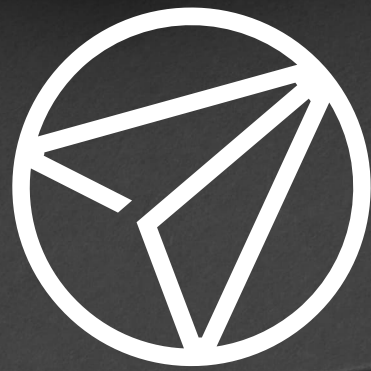


Barbara Schlegel

Dipl. Bauingenieurin ETH

Leitende Ingenieurin
Abteilung Hydraulik und Wasserwirtschaft
Wasserkraft

barbara.schlegel@afry.com



AFRY

AF PÖYRY



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences



Sicherheit von kleinen Stauanlagen

Hochwassersicherheit

Empfehlungen des Schweizerischen Talsperrenkomitees STK zu
Planung, Bau und Betrieb

Jolanda Jenzer Althaus & Martin Aemmer

► Workshop STK 15. Januar 2025

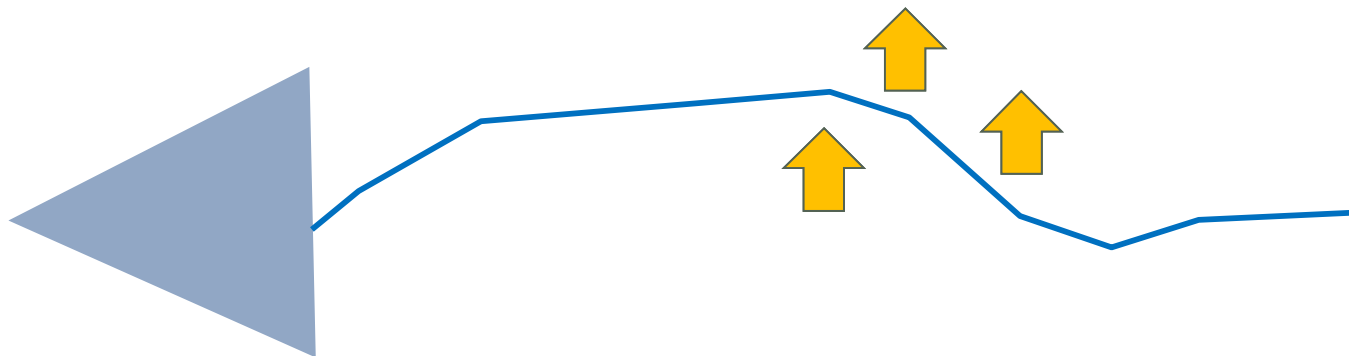


Inhalt

1. Anforderungen Hochwassersicherheit Stauanlage versus Hochwasserschutz
2. Hochwassersicherheit bei unterstellten Anlagen
 - Hydrologische Abschätzungen
3. Hochwassersicherheit bei nicht unterstellten Anlagen
4. Hochwasserentlastungsanlagen
5. Überströmbarer Dammbereich (trapezförmiges Transportgerinne)
6. Ausführungsbeispiele

Hochwassersicherheit versus Hochwasserschutz

- ▶ Für nicht Fachkundige ist dieser Unterschied oft schwierig zu verstehen.
- ▶ Die Sicherheit gegen ein **durch den Menschen geschaffenes Ereignis** (Dammbruch infolge unkontrollierten Überströmens) muss wesentlich höher sein als **gegen ein Naturereignis** (natürliches Hochwasser).
- ▶ Zusammenfassend **darf das Risiko** für das durch den **Menschen geschaffene Ereignis äusserst klein sein**.
- ▶ Somit sind für die **Hochwassersicherheit von Stauanlagen** Hochwasser mit **sehr grossen Wiederkehrperioden** zu verwenden.



Hochwassersicherheit versus Hochwasserschutz

Ziel Hochwassersicherheit

- ▶ **Sicherstellung Hochwassersicherheit der Stauanlage**
- ▶ **Anforderungen Auslegung Hochwasserentlastungsanlage**
 - ▶ Bruch infolge unkontrollierten Überströmens verhindern
 - ▶ katastrophale Folgen für Mensch und erhebliche Sachwerte im Unterlieger verhindern

Ziel Hochwasserschutz

- ▶ **Schutz** von Menschen und erheblichen Sachwerten **vor natürlichen Hochwasserereignissen**

Hochwassersicherheit versus Hochwasserschutz

- Hochwassersicherheit von Stauanlagen weisen gegenüber dem Hochwasserschutz deutlich grössere Wiederkehrperioden (höhere Jährlichkeiten) auf.
- Ein Hochwasserschutzprojekt im Unterlieger einer Stauanlage weist vergleichsweise kleine Wiederkehrperioden (tiefere Jährlichkeiten) auf.

Schutz vor Risiko	Versagen eines durch den Menschen geschaffenes Bauwerk	Natürliche Hochwasser
Zuständig für die Sicherheit	Betreiberin der Stauanlage	Behörde, Kooperation oder Gesellschaft, welche für den entsprechenden Gewässerabschnitt zuständig ist, in welchem das Hochwasser auftritt.
Zuständige Behörde	BFE oder Kantone gemäss Aufteilung der Zuständigkeiten nach StAG	Gemäss WBG ist der Hochwasserschutz Sache der Kantone. Zuständigkeit im Sinne der Planung und Umsetzung können auch Gemeinden etc. sein. Der Bund hat die Rolle der strategischen Führung und der finanziellen Unterstützung.
Bandbreiten Hochwasserabflusswerte (HQ)	<p>Bei Stauanlagen wird zwischen dem Bemessungshochwasser (BHQ) und dem Sicherheitshochwasser (SHQ) gemäss der Richtlinie Teil C2 (BFE, 2018) unterschieden.</p> <p>Bei kleinen Stauanlagen können diese von der Aufsichtsbehörde festgelegt werden und sollten in den folgenden Bandbreiten liegen:</p> <p>BHQ: zwischen HQ₃₀₀ und HQ₁₀₀₀ SHQ: zwischen HQ₁₀₀₀ und 1.5 x HQ₁₀₀₀</p>	<p>Der Bemessungsabfluss oder -volumen bei einem Hochwasserschutzprojekt orientiert sich an den Schutzziele. Gleichzeitig werden auch Abflusszenarien betrachtet, die deutlich über dem Bemessungsabfluss liegen (Überlastung der Schutzmassnahme). Hinweise dazu gibt die Wegleitung des (BWG, 2001)</p> <p>Für Siedlungsgebiete liegt der Bemessungsabfluss in der Regel zwischen HQ₃₀ und HQ₃₀₀</p>

Hochwassersicherheit bei unterstellten Anlagen

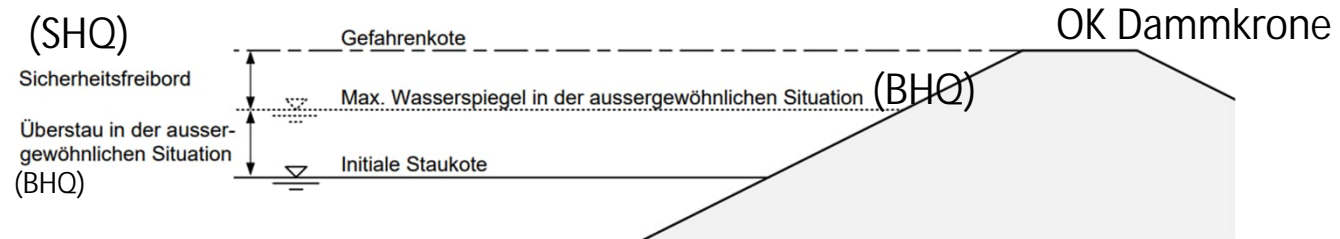


Abbildung 2: Gefahrenkote und Sicherheitsfreibord bei homogenen Schüttdämmen.

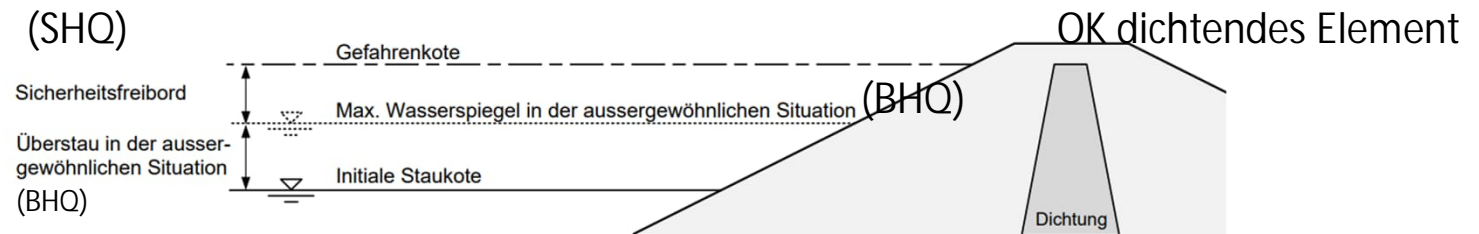


Abbildung 3: Gefahrenkote und Sicherheitsfreibord bei nicht-homogenen Schüttdämmen.

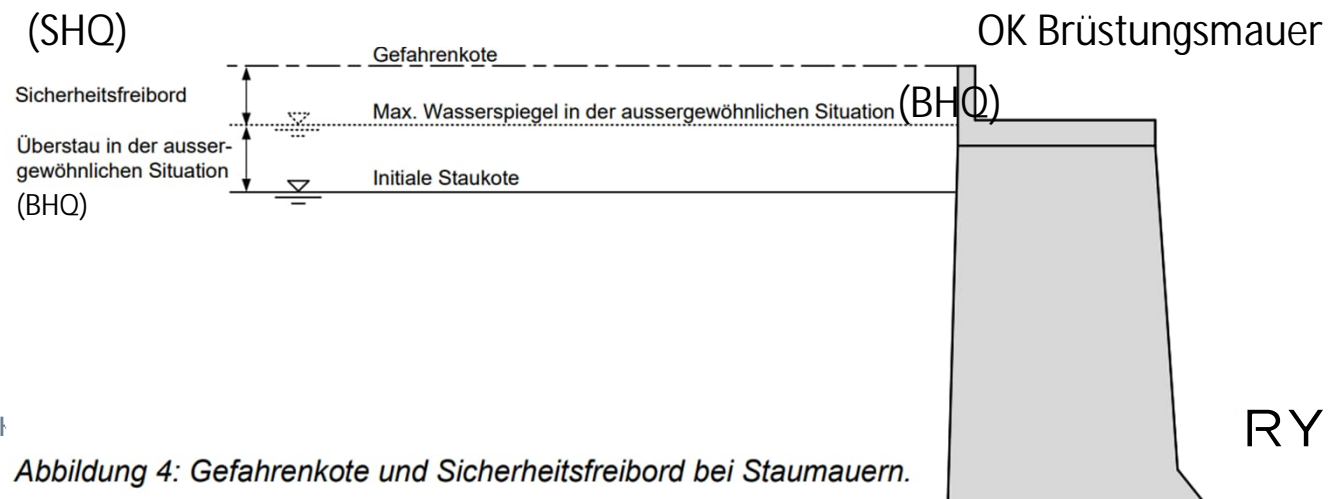
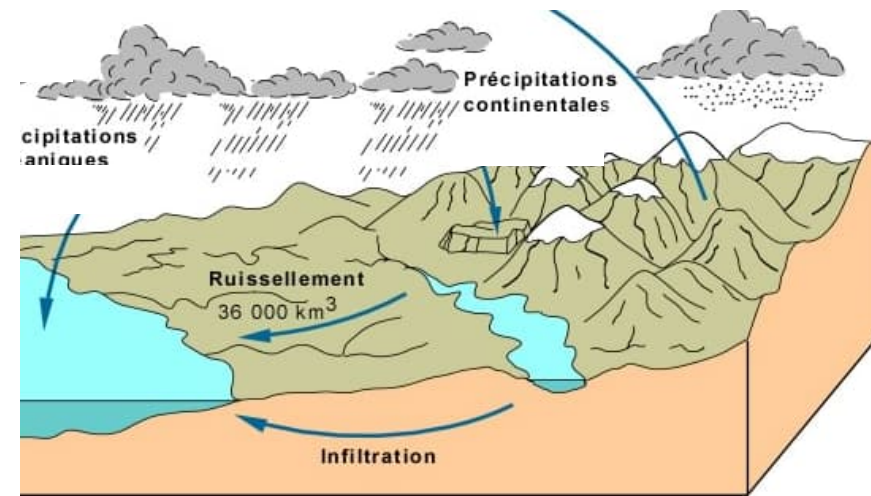


Abbildung 4: Gefahrenkote und Sicherheitsfreibord bei Staumauern.

Hydrologische Abschätzungen für Hochwassersicherheit

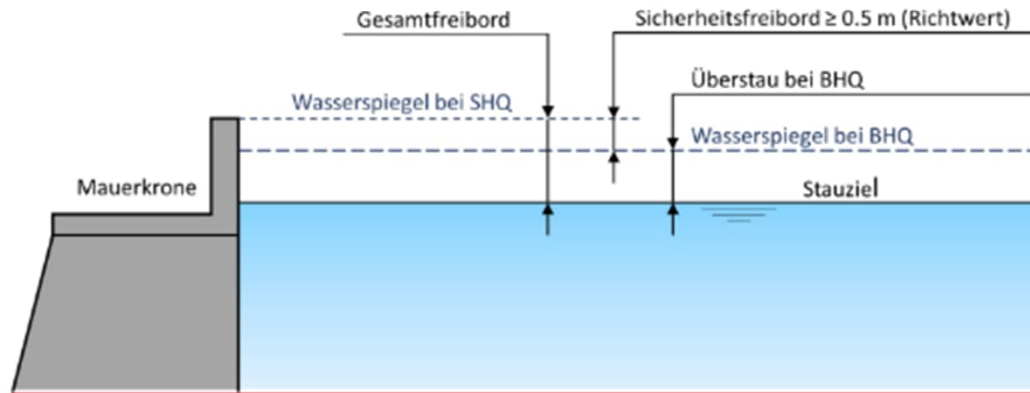
- ▶ Falls synthetische Hochwasserganglinien auf Basis von Niederschlägen verwendet werden:
 - ▶ Hyp: dass das gesamte Niederschlagsvolumen zum Zuflussvolumen in den Stauraum beiträgt.
 - ▶ Abfluss i.d.R. viel höher als Hochwasserschutzprojekt am gleichen Gewässer.



Volumen-Abfluss-Koeffizient $\gamma = 1.0$

<http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/eaux/ruissellement.html>

Hochwassersicherheit bei nicht unterstellten Anlagen



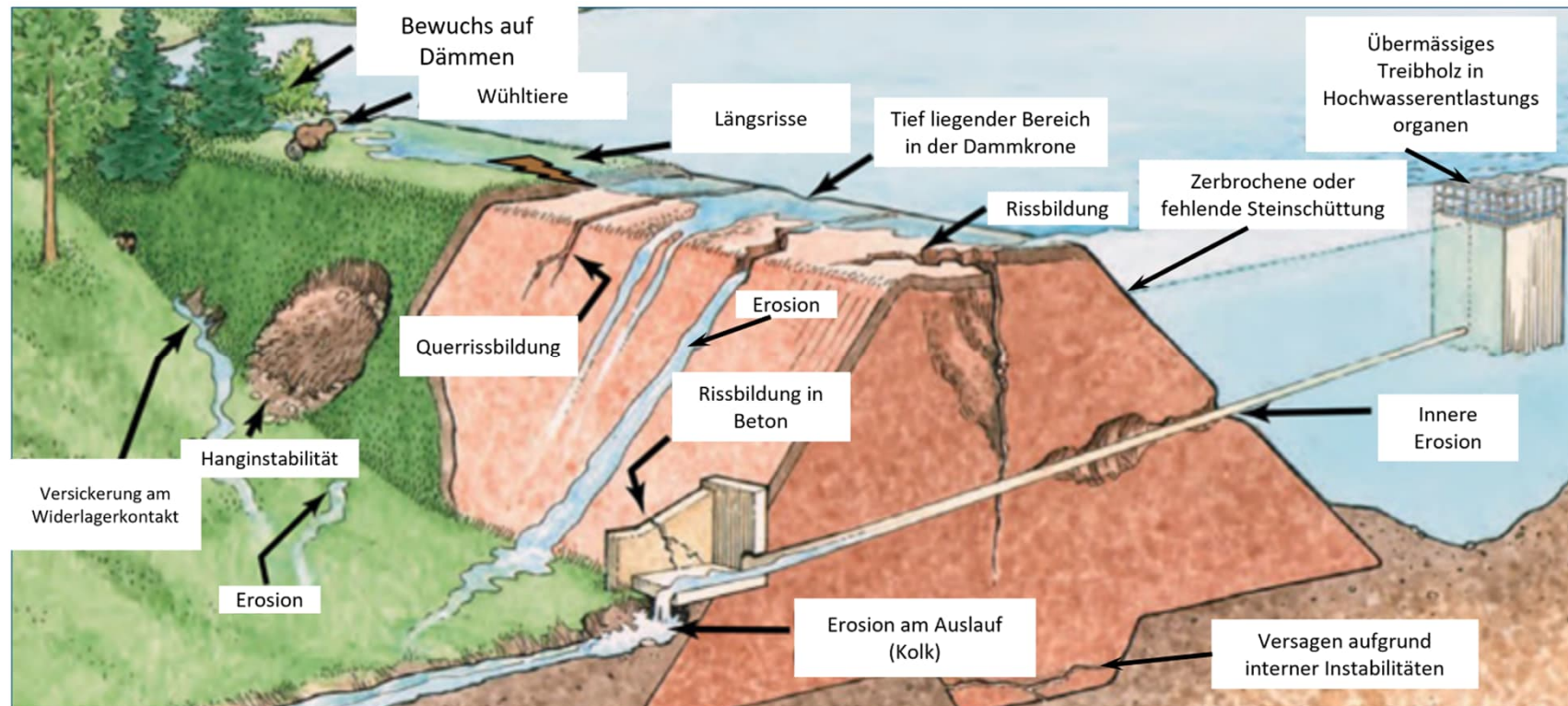
Kote Stauziel + Überstau bei BHQ
+ 0.5 m Sicherheitsfreibord
(Richtwert)
 \leq Kote Damm-/Mauerkrone

Kote Stauziel + Überstau bei SHQ
 \leq Kote Damm-/Mauerkrone

Nicht unterstellte Anlagen

- ▶ Hochwasser schadlos abführen
- ▶ Hochwasserentlastung:
 - ▶ unkontrolliertes Überströmen der Anlage verhindern
 - ▶ Verklausung der Hochwasserentlastung verhindern
 - ▶ Vorzugsweise freie Überfälle und offene Gerinne
 - ▶ Dimensionierung:
 - ▶ Abgestimmt auf Schutzziel des Unterliegers
 - ▶ Bemessungshochwasser BHQ (z.B. HQ100)
 - ▶ Sicherheitshochwasser SHQ (z.B. HQ300)
 - ▶ Hochwasserspitzen aus Gefahrenkarten ableiten
 - ▶ Freibord:
 - ▶ Anströmgeschwindigkeit nicht vernachlässigbar (Geschiebe, Geröll, Blöcke, Eis / Schnee)
 - ▶ $\max(\text{KOHS}; 0.5 \text{ m})$





Versagensmechanismen von Staudämmen



(nach FEMA, 2016)

Hochwasserentlastungsanlagen

- ▶ Bauwerkstypen, auch in Kombination, als Hochwasserentlastungsanlagen für kleine Stauanlagen (nicht abschliessend):

- a) Feste Überfälle ohne Verschlüsse, auch mit Sammel- und Schussrinnen (u.a. Mönchsbauwerke, Tulpenüberfälle)
- b) Überströmbarer Dammbereich (Dammscharte) 
- c) Nicht verschliessbare Öffnungen (Durchlass, Stollen, Schlitze) 
- d) Verschliessbare Öffnungen unterhalb des Vollstaus 
- e) Überfälle mit aufgesetzten beweglichen Verschlüssen 



Überströmbarer Dammbereich (Dammscharte - trapezförmiges Transportgerinne)

- ▶ Schüttdämme jeglicher Bauweise hoch sensitiv gegenüber Überströmung
- ▶ Überströmung: eine der wichtigsten Ursachen für Dammbüche von Schüttdämmen
- ▶ Luftseite dieses Dammtyps (üblicherweise ohne Erosionsschutz) gegenüber strömungsinduzierter Erosion verletzlich
- ▶ Damm im Ereignisfall kontrolliert überströmt
- ▶ Überströmung nur über eine eigens dafür konzipierte und ausgebildete Dammscharte (trapezförmiges Transportgerinne)
 - ▶ Dammkrone, der Stützkörper inkl. der luftseitigen Böschung und der Dammfuss mit sogenannten Deckwerken erosionssicher ausgebildet
 - ▶ Filterschicht unter dem Deckwerk anordnen
 - ▶ filterstabiler Aufbau
 - ▶ Auftriebsdrücke auf das Deckwerk infolge Sickerströmungen durch den Damm vermeiden

Überströmbarer Dammbereich (Dammscharte)

Deckwerkstyp	Referenz	Beispiel, Experiment oder Empfehlung	Max. Dammhöhe	Max. spezifischer Abfluss	Max. Überfallhöhe	Max. Fließgeschwindigkeit	Max. Sohlschubspannung τ	Böschungneigung 1 (V) : X (H)	Bemerkung
			[m]	[m ² /s]	[m]	[m/s]	[N/m ²]		
RCC	Lempérière (1993)			<10					1
	FEMA (2014)	Empfehlung	30 - 60	30	6	6 - 9		1:1.5 bis 1:3	2
	Powledge (1989)	Beispiel	5.79	<10	4.3				3
	Albert (1992)	Beispiel	23.5	8 bis 10					4
Konventioneller Beton	Albert (1992)	Beispiel		12	3.7				5
	FEMA (2014)	Empfehlung	45 - 60	22 - 26	6	24		1:1.5 bis 1:3	6

Grenzen der Anwendbarkeit (als Richtwerte für die Dimensionierung) bezüglich:

- maximaler Dammhöhe,
- maximaler Fließgeschwindigkeit auf der Luftseite,
- maximalen spezifischen Abflusses,
- maximaler Überfallhöhe,
- maximaler Schubspannung.
- Wichtig: Quellen studieren, da die Herkunft der Angaben unterschiedlicher Natur sind!

Steinschüttung / Klapprap	Frizell (1996)			3.7				1 : 5	31
	Bosshard (1991)						80-240		32
Steinsatz	LfU (2004)	Empfehlung	<10	< 1.0				1 : 6	33
	Bosshard (1991)							1:2.5-1:8	34
Vorgefertigte Betonteile	Manso (2003)	Experiment		< 15		< 13.3		1 : 3	35

Deckwerkstypen

- ▶ RCC (roller-compacted concrete / Walzbeton)
- ▶ Konventioneller Beton
- ▶ Vorgefertigte Betonteile
- ▶ Gabionen (Steinkörbe)
- ▶ Grasbewuchs
- ▶ Zusammenhängende Deckwerke und Grasbewehrungsmatten
 - ▶ Geotextile
 - ▶ Geogittermatratzen
 - ▶ Mastixschotterdeckwerk (Einkornsplitt mittels bituminösen Mörtels bebunden)
 - ▶ Verbundene Rasengittersteine
 - ▶ Geomembrane
- ▶ Rasengittersteine
- ▶ Deckwerke in Lockerbauweise (Steinschüttung und Steinsatz - Riprap)
- ▶ Bodenverfestigung

Beispiel HRB Isigs Brüggli, Allschwil (BL)

Dammschüttarbeiten mit verschiedenen Zonen und luftseitigem Transportgerinne

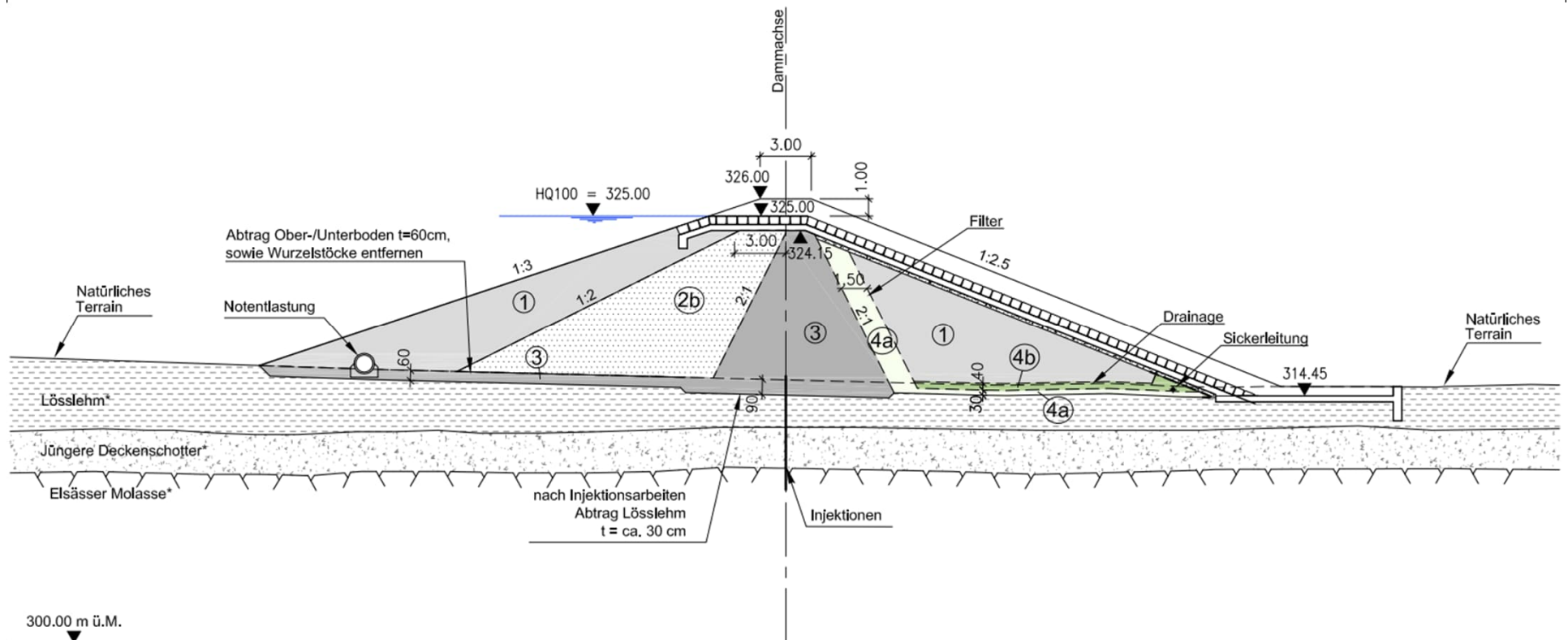


Trapezförmiges Transportgerinne mit anschliessendem Tosbecken als Hochwasserentlastung



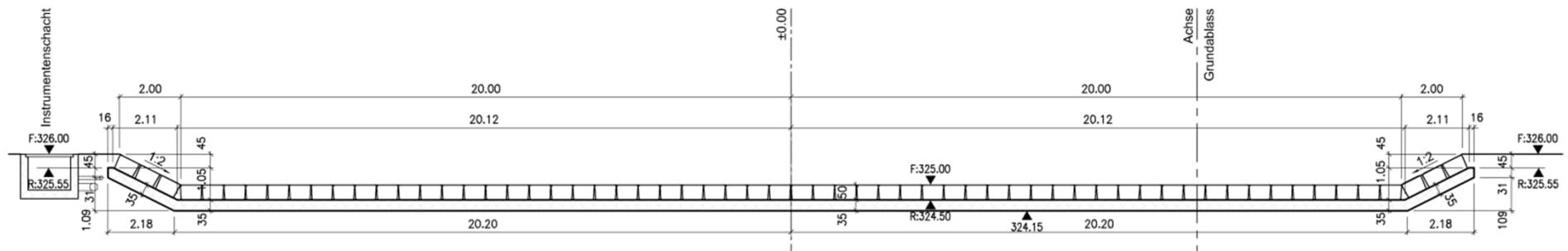
Beispiel HRB Isigs Bruggli, Allschwil (BL)

Schnitt durch den Rückhaltedamm mit überströmbarem Bereich als Hochwasserentlastung



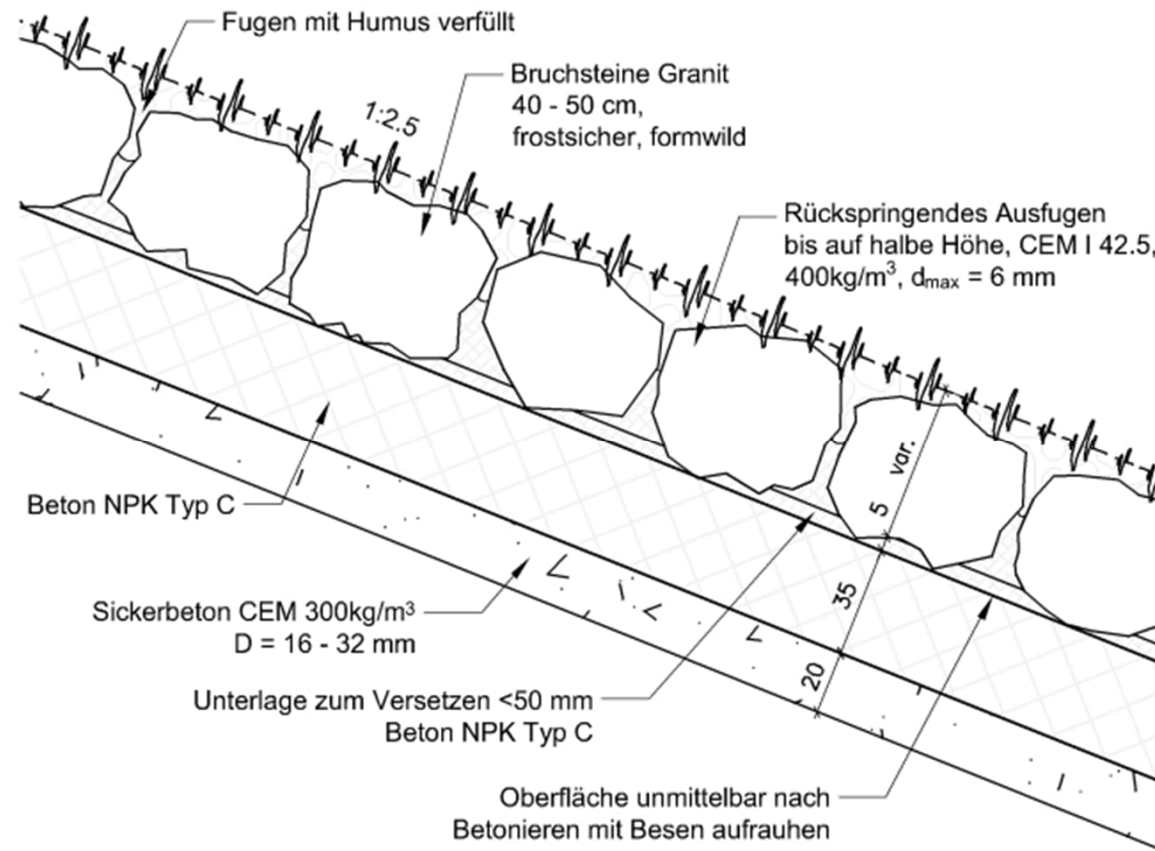
Beispiel HRB Isigs Brüggli, Allschwil (BL)

Trapezförmiges Transportgerinne als Hochwasserentlastung



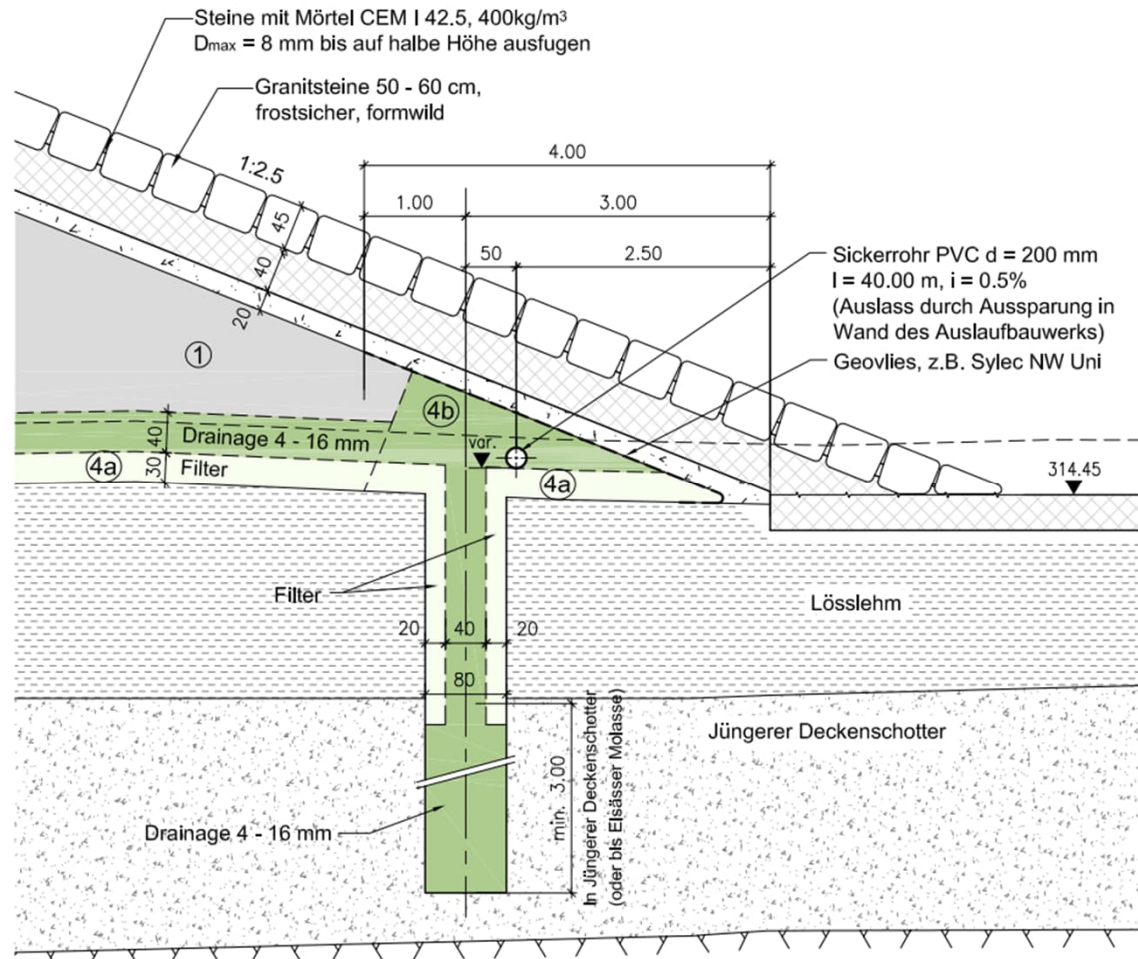
Beispiel HRB Isigs Brüggli, Allschwil (BL)

Konstruktive Ausbildung Transportgerinne



Beispiel HRB Isigs Brüggli, Allschwil (BL)

Konstruktive Ausbildung Übergang Transportgerinne zum Tosbecken



Beispiel HRR Hegmatten, Winterthur (ZH)

Norddamm mit überströmbarem Bereich als Hochwasserentlastung

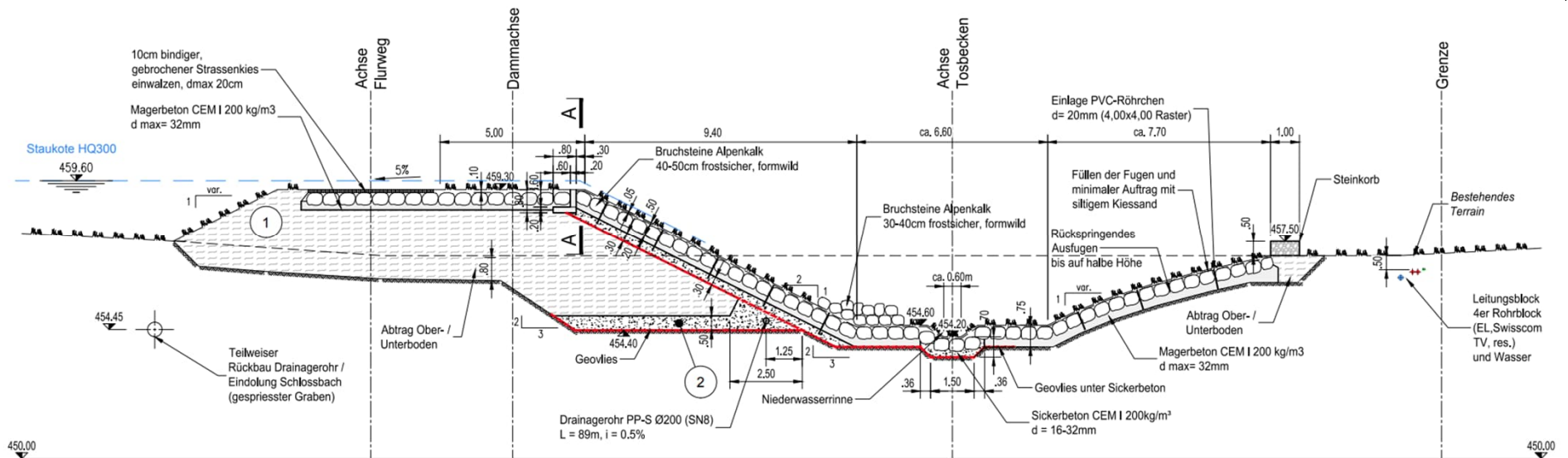


Aufbau der 40 m breiten Schussrinne

1. 20 cm Magerbeton
2. 40-50 cm Wasserbausteine zyklopisch; Fugen bis zur halben Höhe mit Beton verfüllt
3. Extensive Begrünung durch Auffüllen der Fugen mit kiesigem Material.

Beispiel HRR Hegmatten, Winterthur (ZH)

Norddamm mit überströmbarem Bereich als Hochwasserentlastung



Beispiel HRR Hegmatten, Winterthur (ZH)

Norddamm mit überströmbarem Bereich als Hochwasserentlastung



Beispiel Sülbachweiher, Bauma (ZH)

Sanierung durch Reduktion der Dammkrone



Beispiel Sülibachweiher, Bauma (ZH)

Neubau trapezförmiger Hochwasserüberlauf





Angel Micó

Olten, 15.01.2024

SURVEILLANCE ET ENTRETIEN
*ÜBERWACHUNG UND
UNTERTHALT*

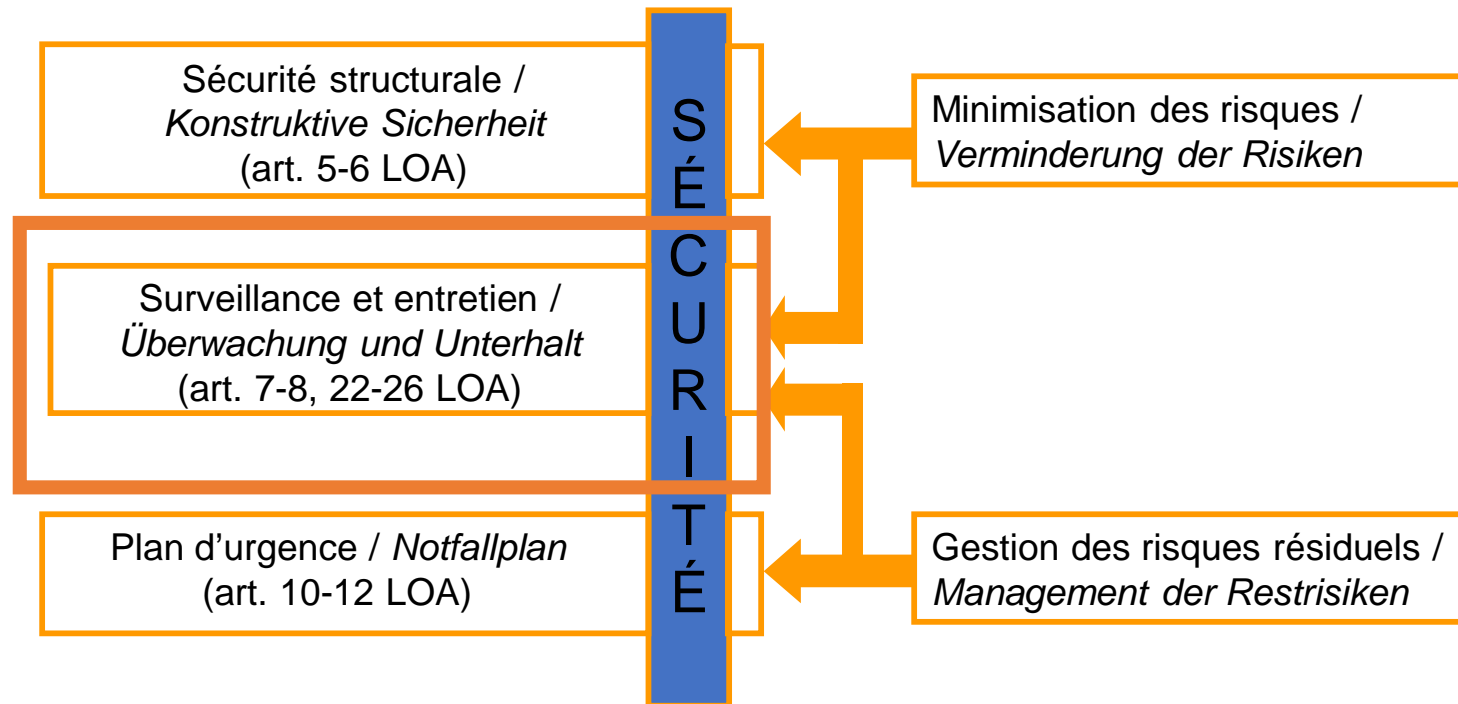
Table de matières

- 1. Introduction
- 2. Surveillance
 - Organisation
 - Contrôle visuel
 - Mesures
- 3. Contrôle des organes de décharge et de vidange
- 4. Entretien
- 5. Rapport annuel
- 6. Conclusions

- 1. *Einleitung*
- 2. *Überwachung*
 - *Organisation*
 - *Visuelle Kontrolle*
 - *Messungen*
- 3. *Prüfung der Funktionstüchtigkeit der Entlastungs- und Ablassvorrichtungen*
- 4. *Unterhalt*
- 5. *Jahresbericht*
- 6. *Zusammenfassung*

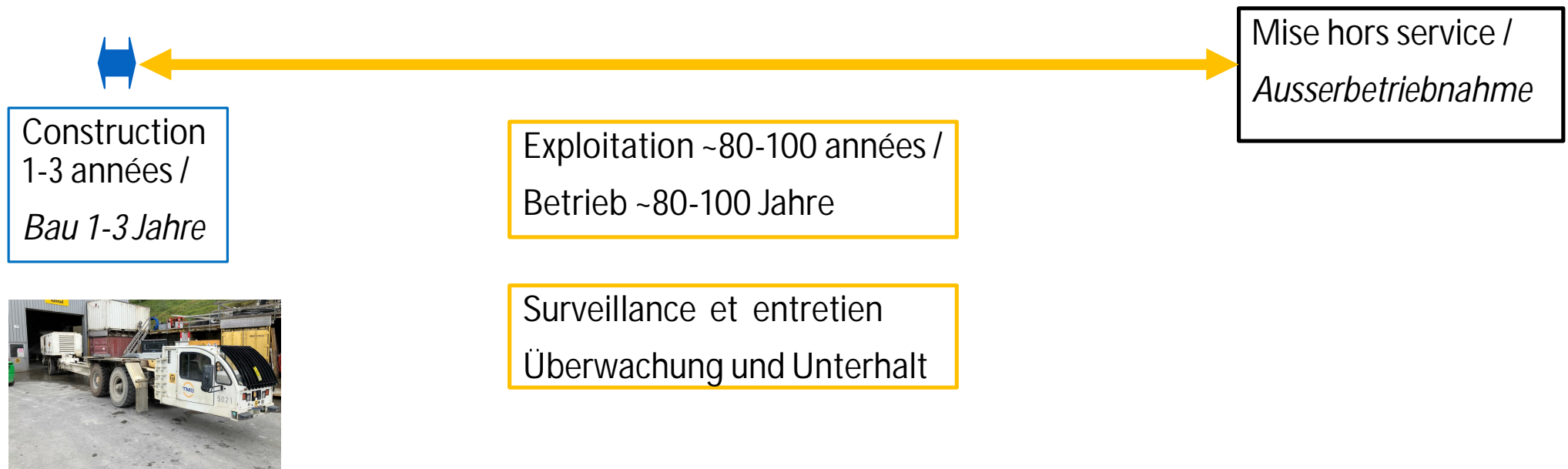
1. Introduction / Einleitung

Les 3 axes de la sécurité des ouvrages / Die 3 Achsen der Stauanlagensicherheit



1. Introduction / Einleitung

Exploitation / *Betrieb*



2. Surveillance / Überwachung

Législation (Loi sur les ouvrages d'accumulation) / Gesetz (Stauanlagengesetz)



- L'exploitant opère les contrôles, les mesures et les examens nécessaires pour juger de l'état et du comportement de l'ouvrage d'accumulation et fait procéder sans délai à l'évaluation des résultats (art 8. al. 2 LOA)
- *Die Betreiberin führt die Kontrollen, Messungen und Prüfungen durch, die zur Beurteilung des Zustands und des Verhaltens einer Stauanlage erforderlich sind, und lässt die Ergebnisse unverzüglich auswerten. (Art 8. al. 2 StAG)*

2. Surveillance / Überwachung

Organisation

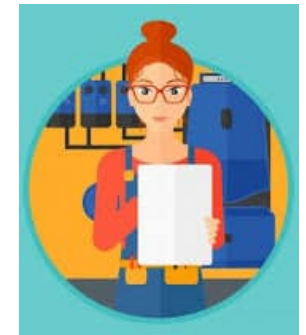
Niveau 1

**BARRAGISTES /
TALSPERRENWÄRTER**



Niveau 2

**Professionnel expérimenté
/ Erfahrene Fachperson**



**Autorité de Surveillance /
Aufsichtsbehörde**

**Canton/OFEN
Kanton/BFE**



2. Surveillance

Barragistes / Talsperrenwärter



Le barragiste procède aux

- contrôles visuels de l'ouvrage d'accumulation,
- à l'exécution des mesures d'auscultation,
- aux essais et contrôles des organes de décharge et de vidange équipés de vanne
- et le suivi des travaux d'entretien.

Der Talsperrenwärter nimmt

- die visuellen Kontrollen der Stauanlage vor,
- führt die Messungen aus,
- führt die Funktionskontrollen an den mit beweglichen Organen versehenen Entlastungs- und Ablassvorrichtungen durch
- und verfolgt die Unterhaltsarbeiten.

2. Surveillance

Barragistes. Contrôle visuel



Contrôle visuel:

- du barrage,
- des ouvrages annexes,
- des environs

Visuellen Kontrollen:

- *der Talsperre,*
- *ihrer Nebenbauwerke,*
- *der Umgebung*



2. Surveillance

Barragistes. Mesures



3. Contrôle des organes de décharge et de vidange / *Prüfung der Funktionstüchtigkeit der Entlastungs- und Ablassvorrichtungen*



4. Entretien / *Unterhalt*

Legislation / *Gesetz*

- L'exploitant doit entretenir correctement l'ouvrage d'accumulation et réparer immédiatement les dommages (art. 8 al. 3 a LOA)
- *Die Betreiberin muss die Stauanlage ordnungsgemäss unterhalten sowie Schäden und Sicherheitsmängel unverzüglich beheben (Art. 8 al. 3 a StAG)*



4. Entretien / *Unterhalt*

Exemple: Fauchage / Beispiel : Mahën



4. Rapport annuel / Jahresbericht



Le professionnel expérimenté établit un rapport annuel:

- Contrôles visuels
- Résultats et analyse des mesures
- Résultats du contrôle des organes de décharge et vidange
- Synthèse et recommandations

Die erfahrene Fachperson erstellt einen Jahresbericht:

- *Visuelle Kontrollen*
- *Ergebnisse und Auswertung der Messungen*
- *Ergebnisse der Prüfung der Entlastungs- und Ablassvorrichtungen*
- *Synthese und Empfehlungen*

6. Conclusions / Zusammenfassung

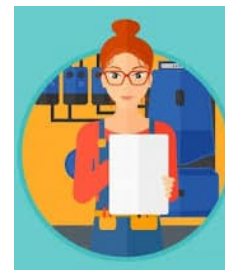
- Loi / Gesetz



- Barragistes /
Talsperrenwärter



- Professionnel expérimenté /
Erfahrene Fachperson



HYDRO

angel.mico@hydro.ch

HYDRO

Angel Micó
Ingénieur civil

027 328 44 11
Rue de l'Industrie 10, CP 315, CH-1950 Sion
www.hydro.ch



HYDRO

Sécurité des petits ouvrages d'accumulation

Géodésie

David Marty

15.01.2025



Place du Nord 6, 1071 Chexbres
Route de Chandoline 25b, 1950 Sion
Sur la Brassière 3, 2605 Sonceboz-Sombeval
info@gemetris.ch / www.igemetris.ch



Contenu

1. Base de documentation
2. But et définition
3. Instruments utilisés et type de mouvement
4. Points de reference
5. Calculs
6. Exemples de réseau
7. Conclusion

Documentation déjà existante

1. Dispositif d'auscultation des barrages – Concept, fiabilité et redondance (3 parties) STK2005
2. Instruments de mesure; contrôle et calibrage STK 2013
3. Géodésie pour la surveillance des ouvrages d'accumulation STK 2013

Buts et définition

- les petits ouvrages ne sont pas nécessairement équipés d'instruments internes
 - ⇒ les mesures géodésiques sont donc souvent le seul moyen de contrôler les mouvements de l'ouvrage
- Le dispositif de mesure doit être établi en étroite collaboration avec l'auteur du projet ou l'ingénieur responsable.
 - Nombre et emplacement des points de contrôle
 - Type de mouvement à déterminer : 1D, 2D, surfacique (laserscan)
 - Précision requise pour la détermination des mouvements
- Le géomètre est responsable de la conception du réseau pour arriver aux exigences définies :
 - Nombre et emplacement des points de référence
 - Type d'instruments

Instrumentation et type de mouvement

- 1 dimension (altimétrie) : mesures par nivellement géométrique,
 - Moyen peu onéreux et facile de mise en œuvre
 - Précision : +/- 0.2 mm
 - Exemple : Leica LS15 avec mire en Invar
- 2 dimensions (planimétrie XY) : mesures par station totale
 - Précision distances : 0.6 mm + 1ppm
 - Précision angulaire : $\leq 1''$
 - Exemple : Leica TS60, MS60 ; Trimble S7
- 3 dimensions (surfaique) : mesures par laserscan
 - Uniquement pour les ouvrages en béton (pas de végétation)
 - Attention à ne pas avoir une trop grande distance $< 70\text{m}$
 - Précision : +/- 2mm
 - Exemple : Leica RTC360, Riegl



Points de référence

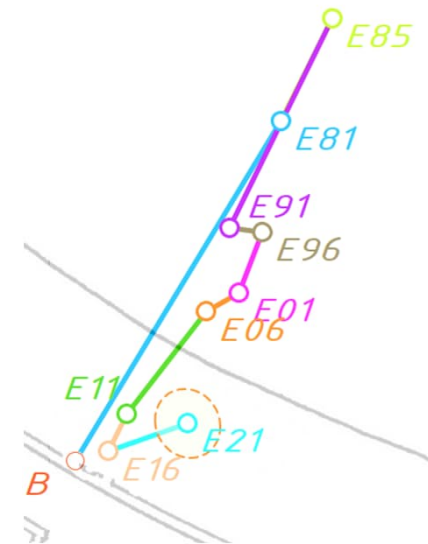
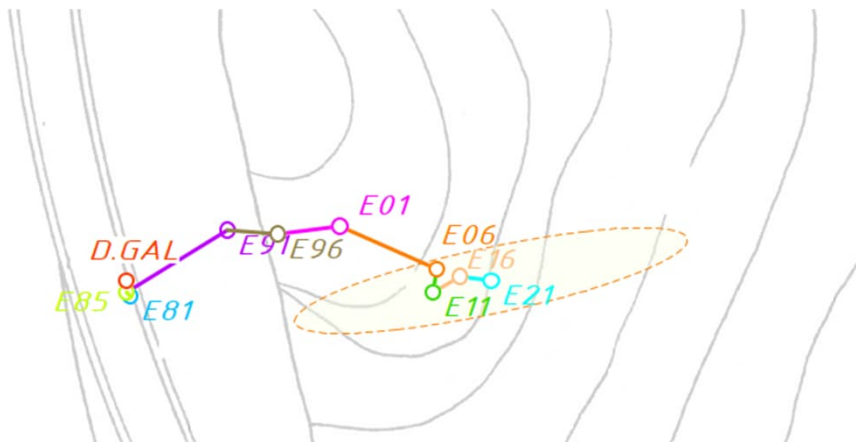
- Doivent être disposés hors des zones à contrôler
- Doivent être bien répartis sur la zone
- Doivent être surabondants pour pouvoir s'autocontrôler et détecter un éventuel mouvement
 - ≥ 3 points pour du nivellement



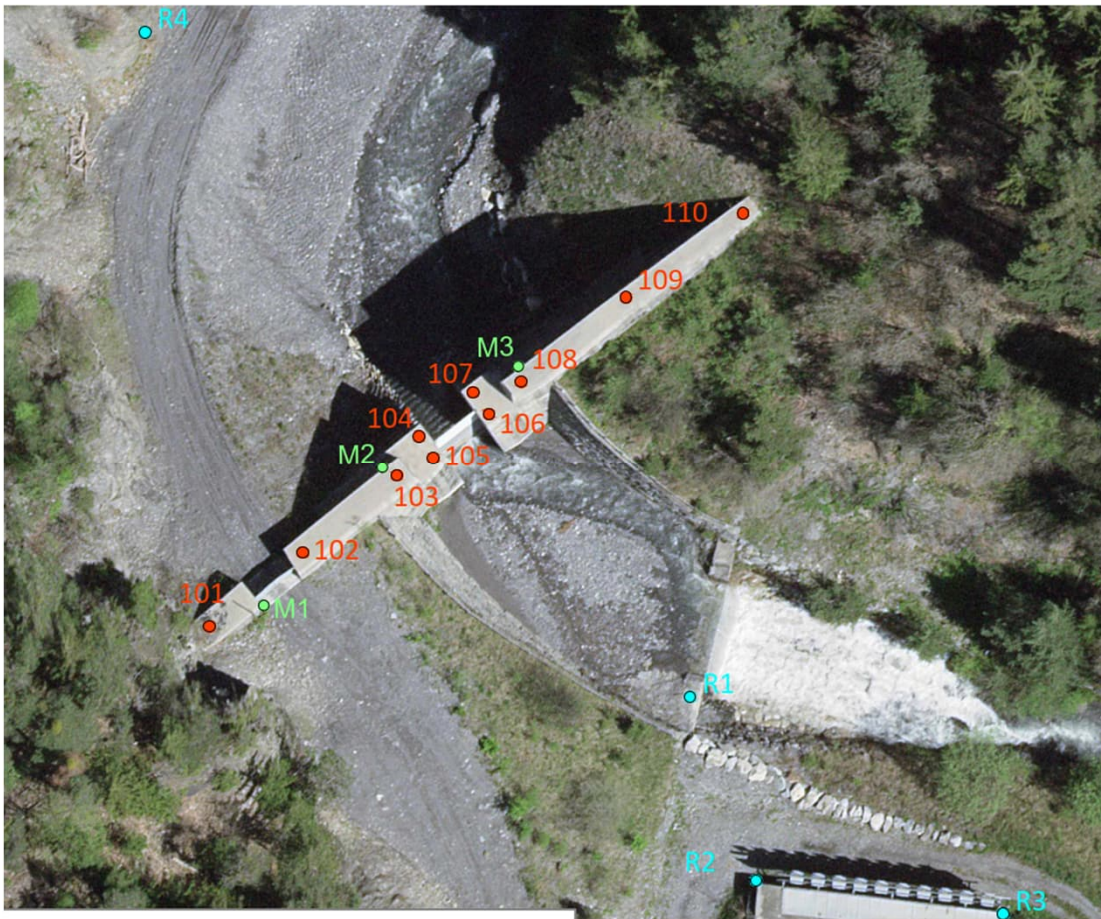
- +/- 4 points pour des mesures par station totales et laserscan

Calculs

- Les mesures doivent être surabondantes pour s'autocontrôler
- Les calculs doivent se faire par un logiciel de moindre carré : LTOP, Leica Infinity, RM data
- Des indicateurs statistiques (précision) doivent être utilisés pour déterminer si un mouvement est significative ou non
 - => utilisation des ellipses de confiance



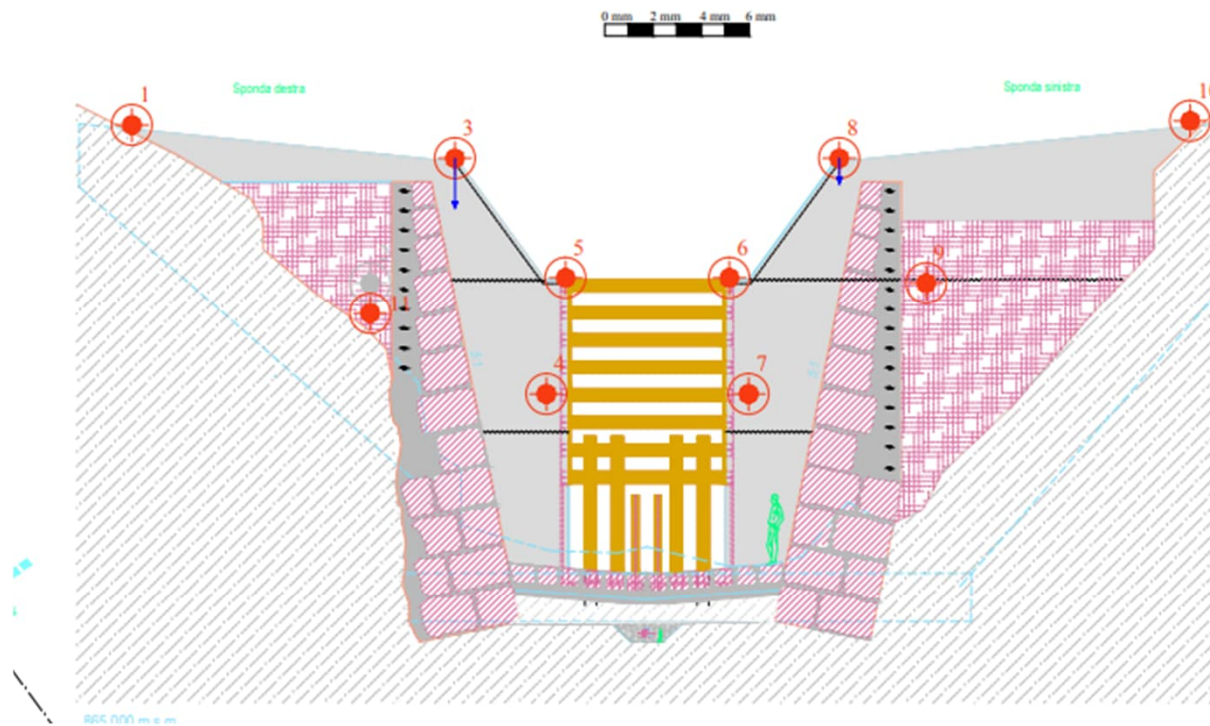
Exemple de réseau



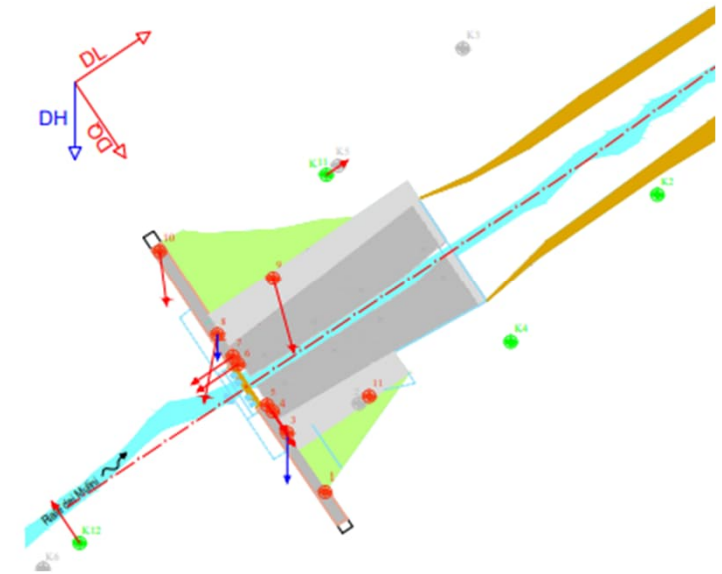
Ajouter un pied de page

- Mesures de nivellement
- Uniquement sur le couronnement
- Les paires de points 104-105 et 106-107 permettent de voir une éventuelle «bascule»

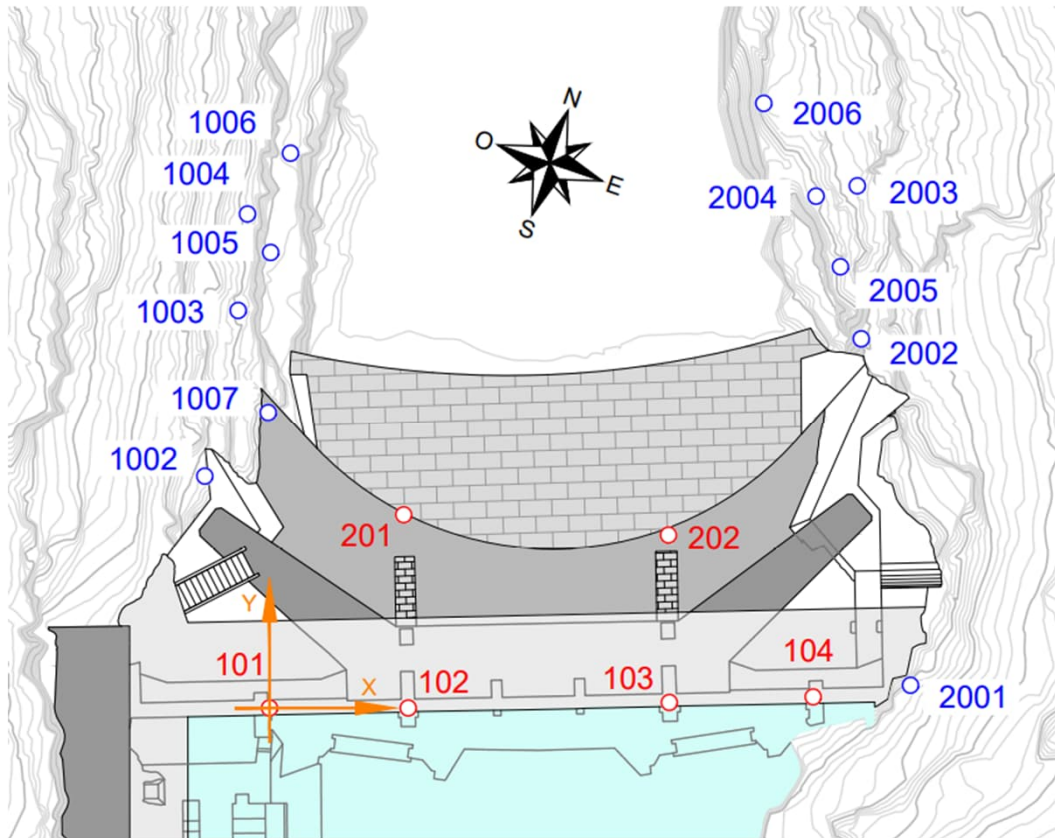
Exemple de réseau



- Mesures par station totale
- Points de référence pas bien répartis
- 2 points de référence supplémentaires seraient bien



Exemple de réseau



- Mesures par station totale
- Suffisamment de points fixes (bleus)

Conclusion

- La conception des réseaux de surveillance doit se faire en collaboration avec l'ingénieur
- Le nivellement permet souvent de détecter des mouvements pertinents à un coup plus faible
- Les points fixes doivent être suffisants pour s'auto-contrôler et détecter si un mouvement apparaît



Repubblica e Cantone
Ticino

Exploitation, entretien, assainissement et démantèlement de petits barrages, avec des exemples tirés du canton du Tessin

Comité suisse des barrages Sécurité des petits barrages Recommandations pour la planification, la construction et l'exploitation

Olten, 15. Janvier 2025

Repubblica e Cantone Ticino
Dipartimento del territorio
Divisione delle costruzioni
Ufficio dei corsi d'acqua



Barrage Ai Dragoni in Airolo

Sommaire

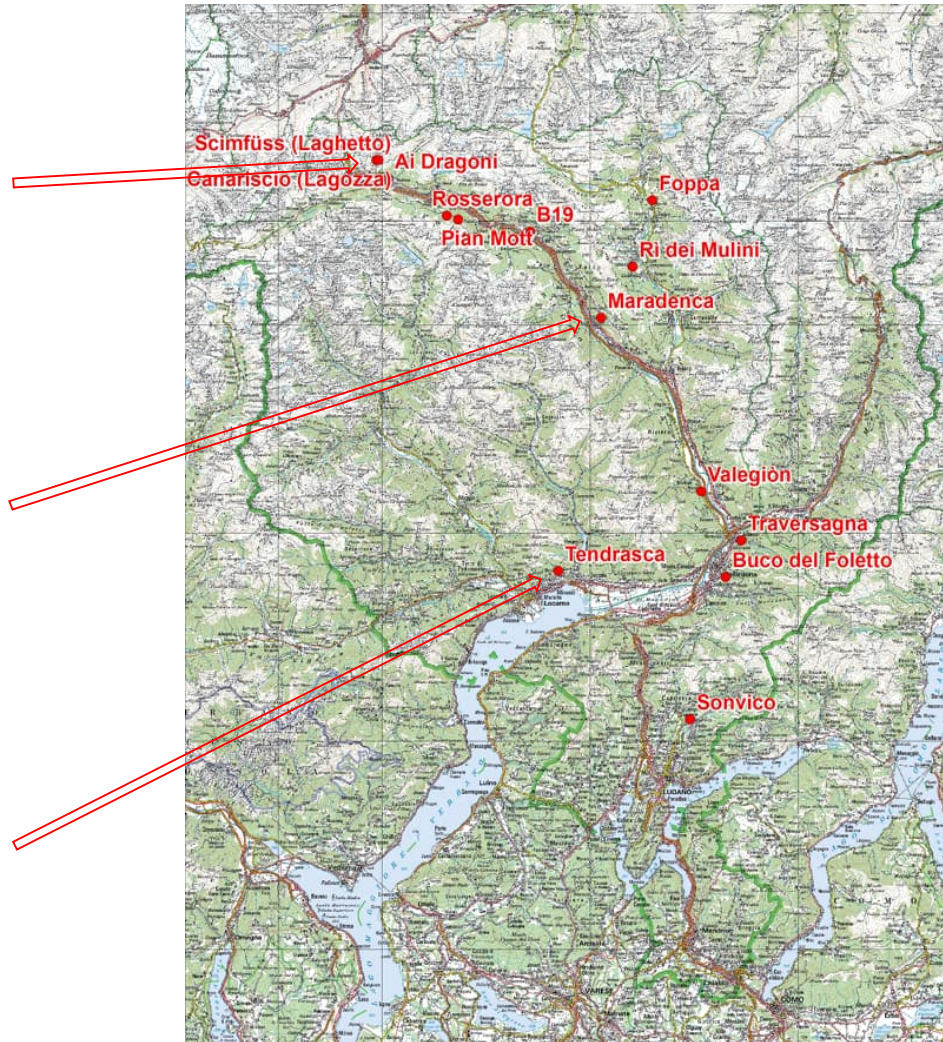
1. Emplacement des barrages
2. Construction de l'ouvrage de retenue Ai Dragoni à Airolo
3. Construction du barrage de Maradenca à Cavagnago
4. Assainissement du barrage de Tendrasca à Brione sopra Minusio
5. Démantèlement, exceptions et erreurs
6. Surveillance et entretien
7. Conclusions
8. Questions et/ou remarques

1. Emplacement des barrages



USA, Michigan - Edenville Dam 19. Mai 2020

1. Emplacement des barrages



2. Construction du barrage Ai Dragoni



Commune : Airolo

Année de construction : 2005

Objectif : Digue de retenue des avalanches

Couronne = 1'283 m d'altitude

$H_{\text{retenue}} = 15.00 \text{ m}$

$H_{\text{max}} = 20.65 \text{ m}$

$V = 50'000 \text{ m}^3$

Longueur couronnement = 265 m

Type de construction :

Digue en terre avec voile d'armature sur le talus côté eau.

2. Construction du barrage Ai Dragoni



Avalanche du 12 février 1951

Hauteur de neige au sol : > 2 m

10 février 1951 : 71 cm

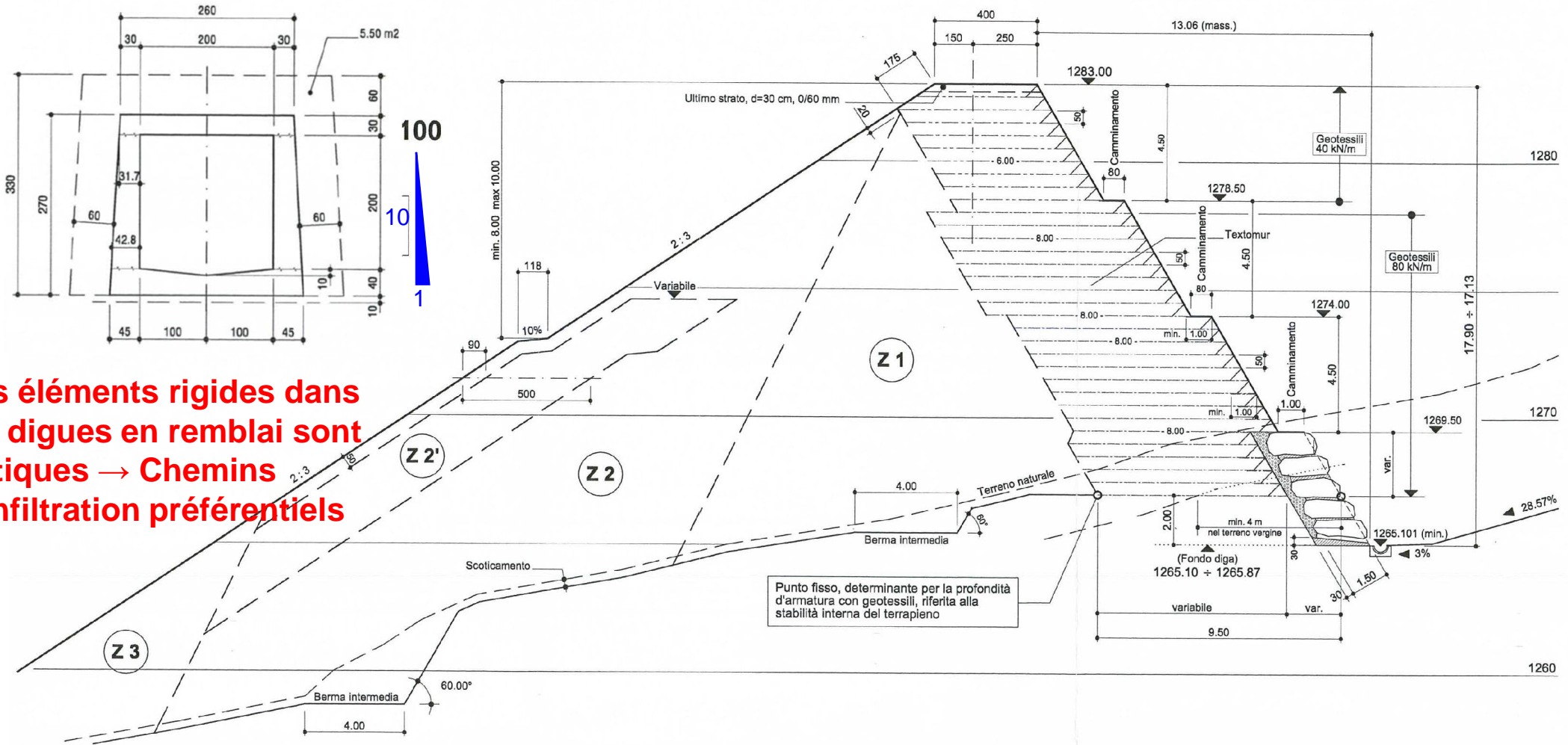
11 février 1951 : 33 cm

12 février 1951 : 34 cm

Durant l'hiver 1951, une quantité de neige cumulée de 14,29 m a été mesurée à Airolo.

10 personnes ont perdu la vie.

2. Construction du barrage Ai Dragoni



Les éléments rigides dans les digues en remblai sont critiques → Chemins d'infiltration préférentiels

2. Construction du barrage Ai Dragoni



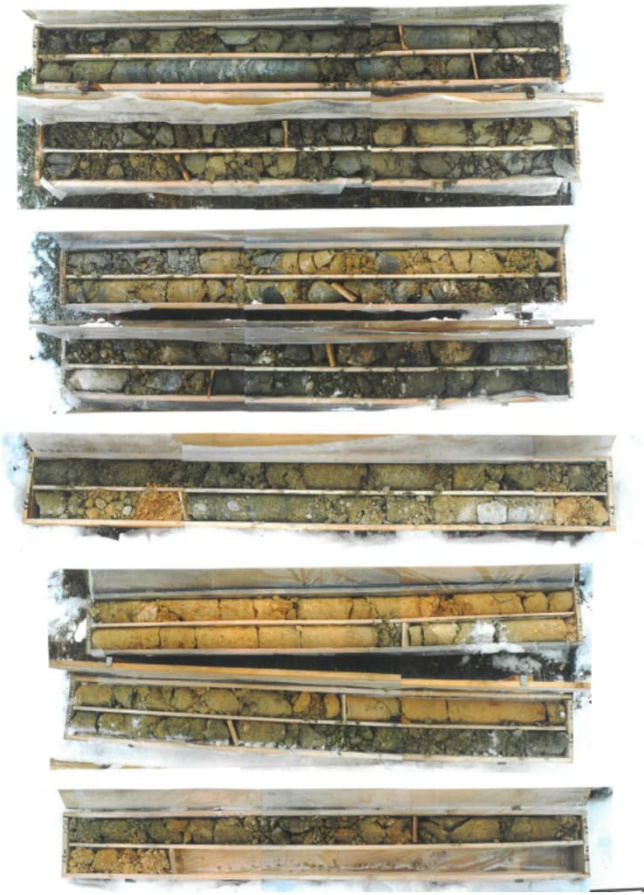
Chenal de la Linth
Ziegelbrücke-Schmerikon



Foto: Linthwerk

Les ouvrages rigides dans le corps de la digue peuvent conduire à des voies d'infiltration préférentielles et à des sous-pressions élevées.

2. Construction du barrage Ai Dragoni



Études préliminaires

- Géologie, hydrologie, etc.
- Matériaux de construction (agrégats, par exemple la réaction RAG (OFEN: «[Quand le béton des barrages se met à gonfler](#)»)).
- Faire appel à des spécialistes pour l'élaboration du projet et éventuellement à des experts.
- Infrastructure (accès au chantier, eau, énergie, futures décharges, etc.).

Assurance qualité et surveillance

- Contrôle continu des matériaux de construction.
- Prendre en compte le concept de surveillance pendant la construction.

2. Construction du barrage Ai Dragoni



- Exécuter les travaux dans les règles de l'art.
- Contrôler régulièrement l'humidité et le compactage du matériau mis en place (laboratoire de chantier). Enlever et remplacer les matériaux trop humides et mal compactés (p. ex. après un événement pluvieux).

2. Construction du barrage Ai Dragoni



Prévoir l'instrumentation pour la surveillance du barrage dès le projet et ne pas la planifier après coup (compliqué et coûteux).

2. Construction du barrage Ai Dragoni



- Prévoir l'instrumentation pour la surveillance du barrage dès le projet.
- Protéger contre les dommages pendant les travaux de construction.

3. Construction du barrage Maradencia



Commune: Faido

Année de construction: 2005

Objectif: Bassin de rétention

Couronne = 908.80 m d'altitude

$H_{\text{retenue}} = 11.00 \text{ m}$

$H_{\text{max}} = 14.00 \text{ m}$

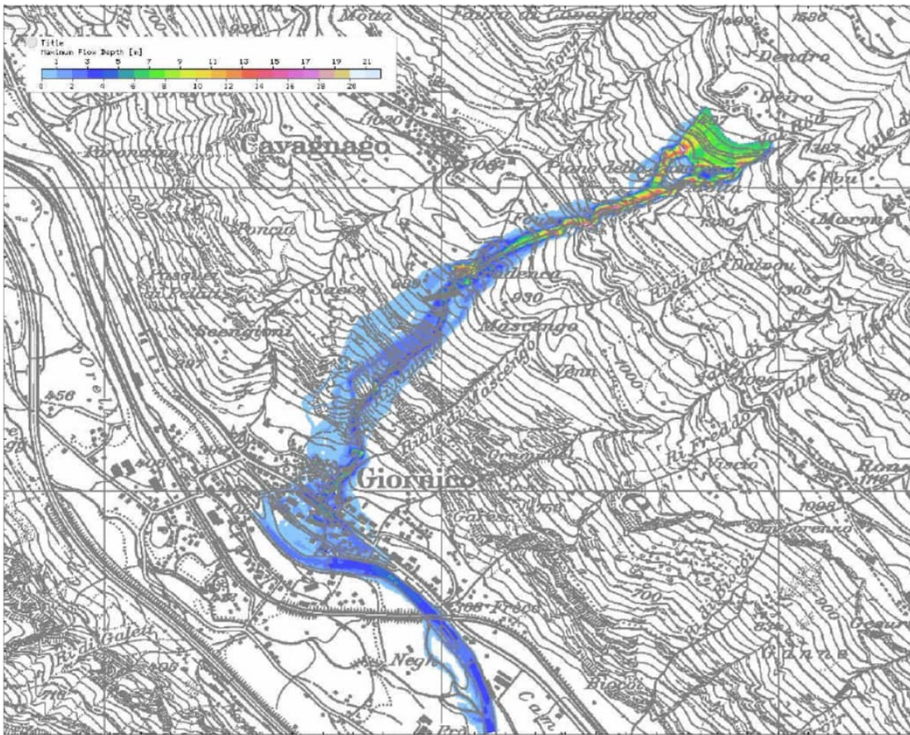
$V = 9'000 \text{ m}^3$

L couronnement = 100 m

Type de construction:

Mur poids avec matériau terreux
comme charge supplémentaire.

3. Construction du barrage Maradencia



Processus de danger (laves torrentielles et éboulement)

Scénario A: Séparation de 160'000 m³. Glissement puis lave torrentielle de la partie la plus active. La surface touchée est d'environ 20'000 m² avec une épaisseur moyenne d'environ 8.00 m.

Scénario B: Glissement de 80'000 m³. En particulier, il n'y a pas de formation de dépôts le long du Ri Mulino.

Scénario C: Détachement de 2*10⁶ m³. Cela correspond à l'effondrement de toute la zone frontale (A ≈ 117'000 m²) avec une épaisseur de couche d'environ 17.00 m (danger résiduel).

3. Construction du barrage Maradencia



Fonction: retenue sédiments

$V_{\text{déversoir}} = 9'000 \text{ m}^3$ ($V = 15'700 \text{ m}^3$ pour une pente de 10% du débris)

$V_{\text{couronnement}} = 17'800 \text{ m}^3$ ($V = 27'700 \text{ m}^3$ pour une pente de 10% du débris)

3. Construction du barrage Maradencia



Bassin versant : $A = 1.9 \text{ km}^2$

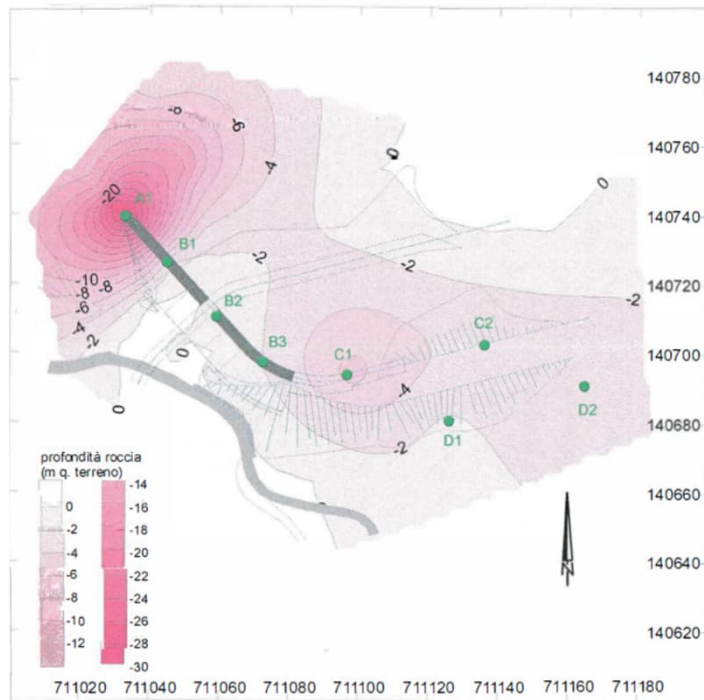
$HQ_{1000} : 34 \text{ m}^3/\text{s}$

Débit spécifique : $q=17.9 \text{ m}^3/\text{s},\text{km}^2$

Prévoir un passage pour les animaux sauvages (chevreuils, boucs, etc.), et une ouverture variable pour le râteau. Prévoir des zones de dépôt pour la vidange du gravier.

3. Construction du barrage Maradencia

PROFONDITÀ DELLA SUPERFICIE ROCCIOSA



Études préliminaires

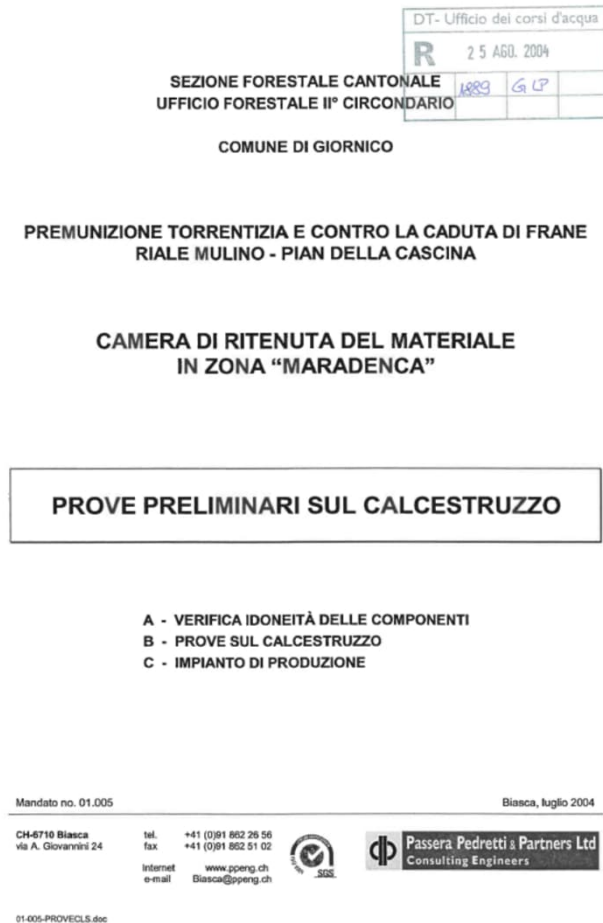
- Géologie, hydrologie, etc.
- Matériaux de construction (agrégats, par exemple la réaction RAG (OFEN: «[Quand le béton des barrages se met à gonfler](#)»)).
- Faire appel à des spécialistes pour l'élaboration du projet et éventuellement à des experts.
- Infrastructure (accès au chantier, eau, énergie, futures décharges, etc.).

Assurance qualité et surveillance

Contrôle continu des matériaux de construction.

Prendre en compte le concept de surveillance pendant l'élaboration du projet et la construction.

3. Construction du barrage Maradencia



Études préliminaires

- Géologie, hydrologie, etc.
- Matériaux de construction (agrégats, par exemple la réaction RAG (OFEN: «[Quand le béton des barrages se met à gonfler](#)»)).
- Faire appel à des spécialistes pour l'élaboration du projet et éventuellement à des experts.
- Infrastructure (accès au chantier, eau, énergie, futures décharges, etc.).

Assurance qualité et surveillance

Contrôle continu des matériaux de construction.

Prendre en compte le concept de surveillance pendant la construction.

3. Construction du barrage Maradencia



Planifier les étapes et prévoir un traitement ultérieur, pour les digues en béton ainsi que pour les digues en terre.



Bloc avec sonde de température pour déterminer l'évolution de la température (→ ev. prévoir tube de refroidissement).

3. Construction du barrage Maradencia



Veiller à ce que les travaux soient réalisés dans les règles de l'art (fondation, drainage, éventuellement injections de contact ecc.) et prévoir des contrôles des matériaux de construction.

3. Construction du barrage Maradencia



- Prévoir l'instrumentation pour la surveillance du barrage dès le projet (p. ex. inclinomètre, piézomètre, eau d'infiltration, etc.).
- Protéger contre les dommages pendant les travaux de construction.

3. Construction du barrage Maradencia



Bassin versant : $A = 1.9 \text{ km}^2$

$HQ_{1000} : 34 \text{ m}^3/\text{s}$

Débit spécifique : $q = 17.9 \text{ m}^3/\text{s}, \text{km}^2$

4. Assainissement du barrage Tendrasca



Commune : Brione s/Minusio

Année de construction : 1890
(assainissement : 2013)

Fonction : retenue sédiments
(1893-1973 : hydroélectrique)

Couronne = 690.55 m d'altitude

$H_{\text{retenue}} = 9.00 \text{ m}$

$H_{\text{max}} = 9.50 \text{ m}$

$V = 8'000 \text{ m}^3$

L couronnement = 20 m

Type de construction :

Mur en arc de cercle pierres naturelles
et béton.

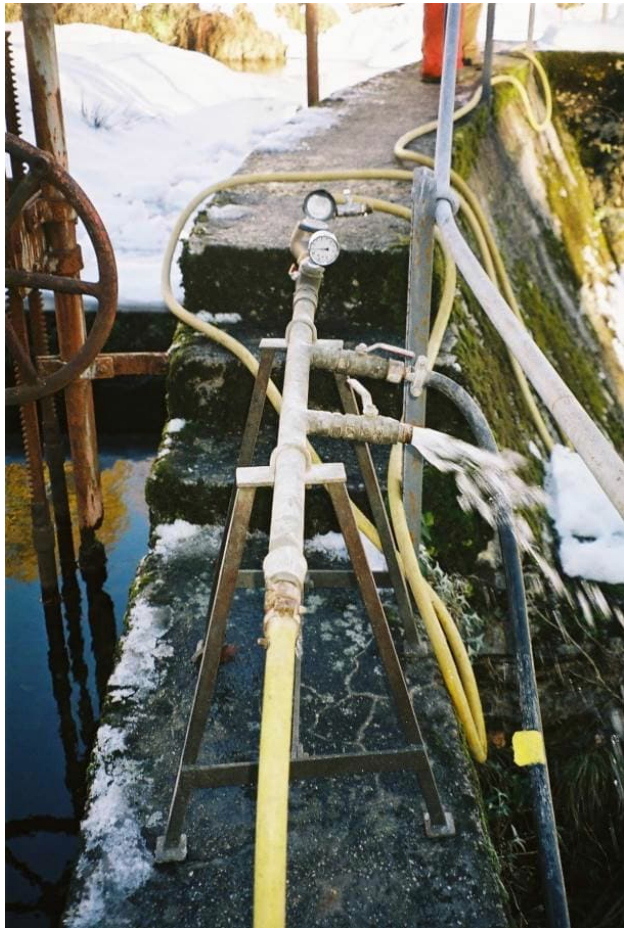
4. Assainissement du barrage Tendrasca



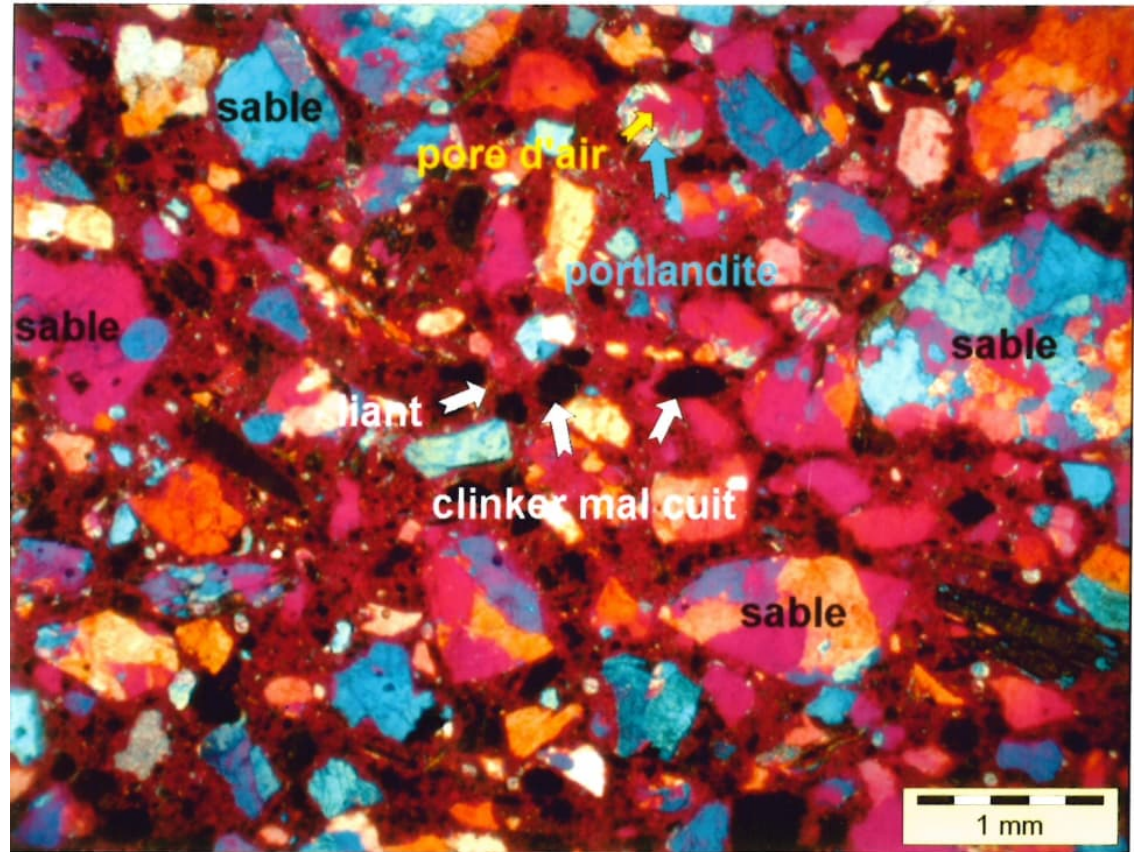
Études préliminaires

- Documents existants (rapports, expertises, projets et plans, etc.).
- Déterminer les caractéristiques des matériaux.
- La sécurité en matière de stabilité et de protection contre les inondations est-elle encore garantie?

4. Assainissement du barrage Tendrasca



Permabilité: Test Lugeon



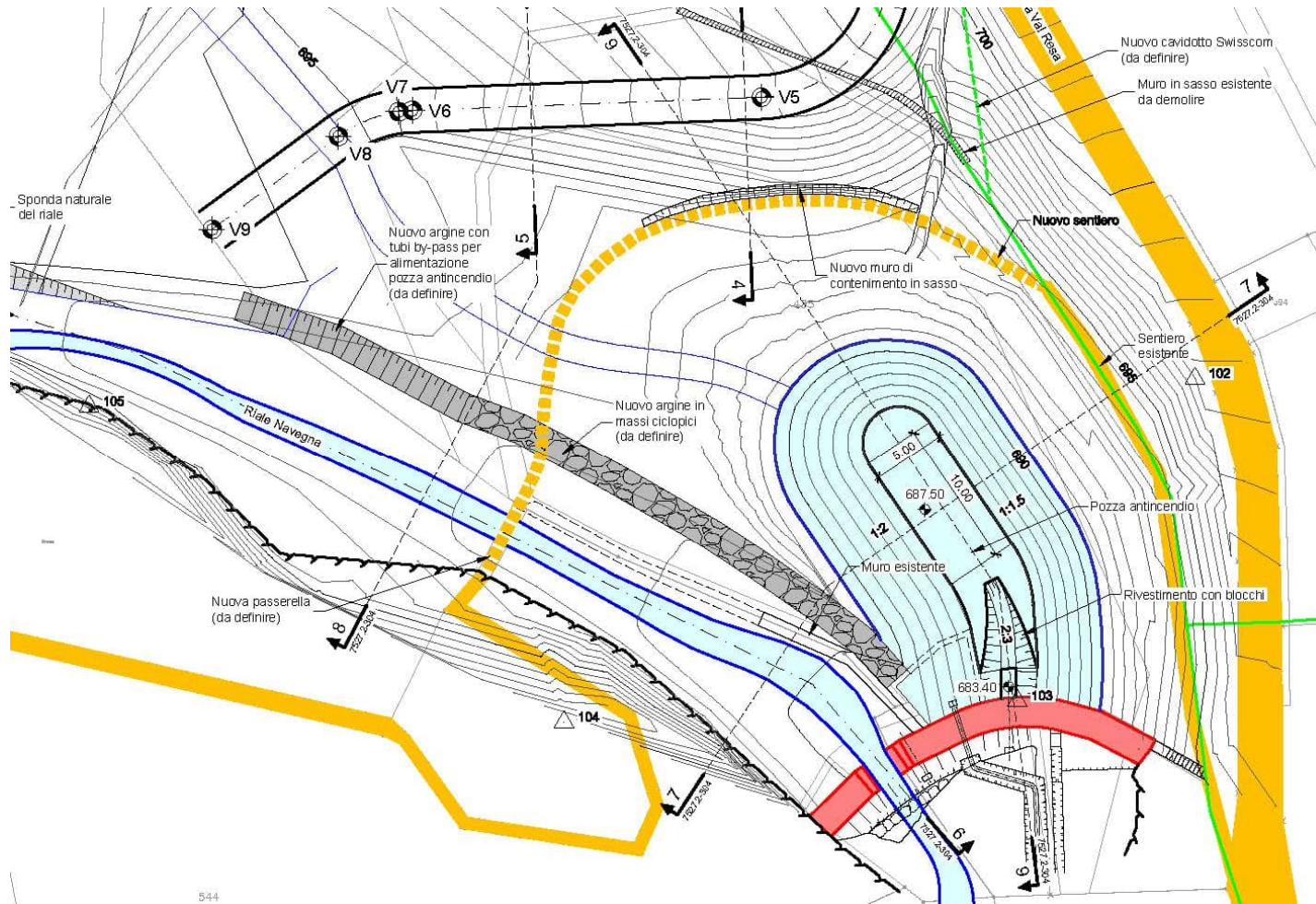
Matériaux de construction: lame mince et échantillons de laboratoire

4. Assainissement du barrage Tendrasca



- Renforcement du barrage (hauteur réduite).
- Projet de protection contre les inondations.
- Réserve incendie.
- Transfert sélectif des sédiments jusqu'à HQ_{20} .

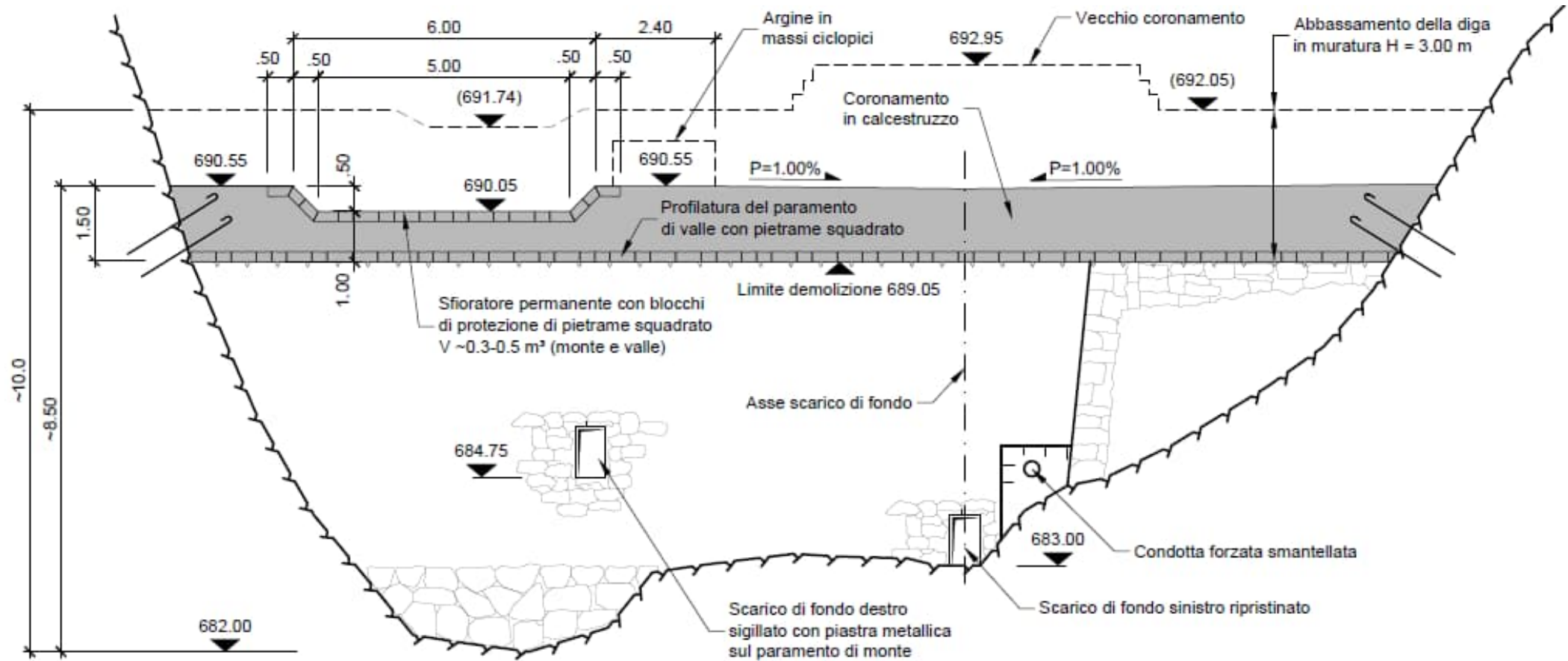
4. Assainissement du barrage Tendrasca



Exigences et objectif Mesures de construction

- Assainissement ou démolition
- Déterminer la multifonction du barrage (production d'énergie, protection contre les crues, tourisme, protection de l'environnement et fonction écologique)
- Financement (OFEV, canton, commune et propriétaire).

4. Assainissement du barrage Tendrasca



5. Déconstruction, exceptions et erreurs



Barrage de Pian Pizz-Motto del Toro (Bedretto), retenue des avalanches
Démolition avec réduction de la hauteur de retenue et du volume.
géom. critères non remplis (pas d'obstruction possible, cars au-dessus de la limite des arbres)

5. Déconstruction, exceptions et erreurs



Barrage de Valascia (Piotta), retenue des avalanches

Pas d'assujettissement, car l'eau peut s'écouler latéralement et n'est pas accumulée

5. Déconstruction, exceptions et erreurs



Barrage Buco del Folletto (commune de Bellinzona, localité Giubiasco)

Fonction : bassin de retenue des sédiments (béton armé)

Couronnement: 406.35 d'altitude, $H = 19.00$ m, $V = 10'000$ m³

5. Déconstruction, exceptions et erreurs



Erosion possible de la butée!



6. Surveillance et entretien



Barrage de Pian Pizz-Motto del Toro (Bedretto), retenue des avalanches

Couronnement: 2'005 d'altitude

H = 13.50 m (après démantèlement H = 9.50 m ; V = 95'000 m³)

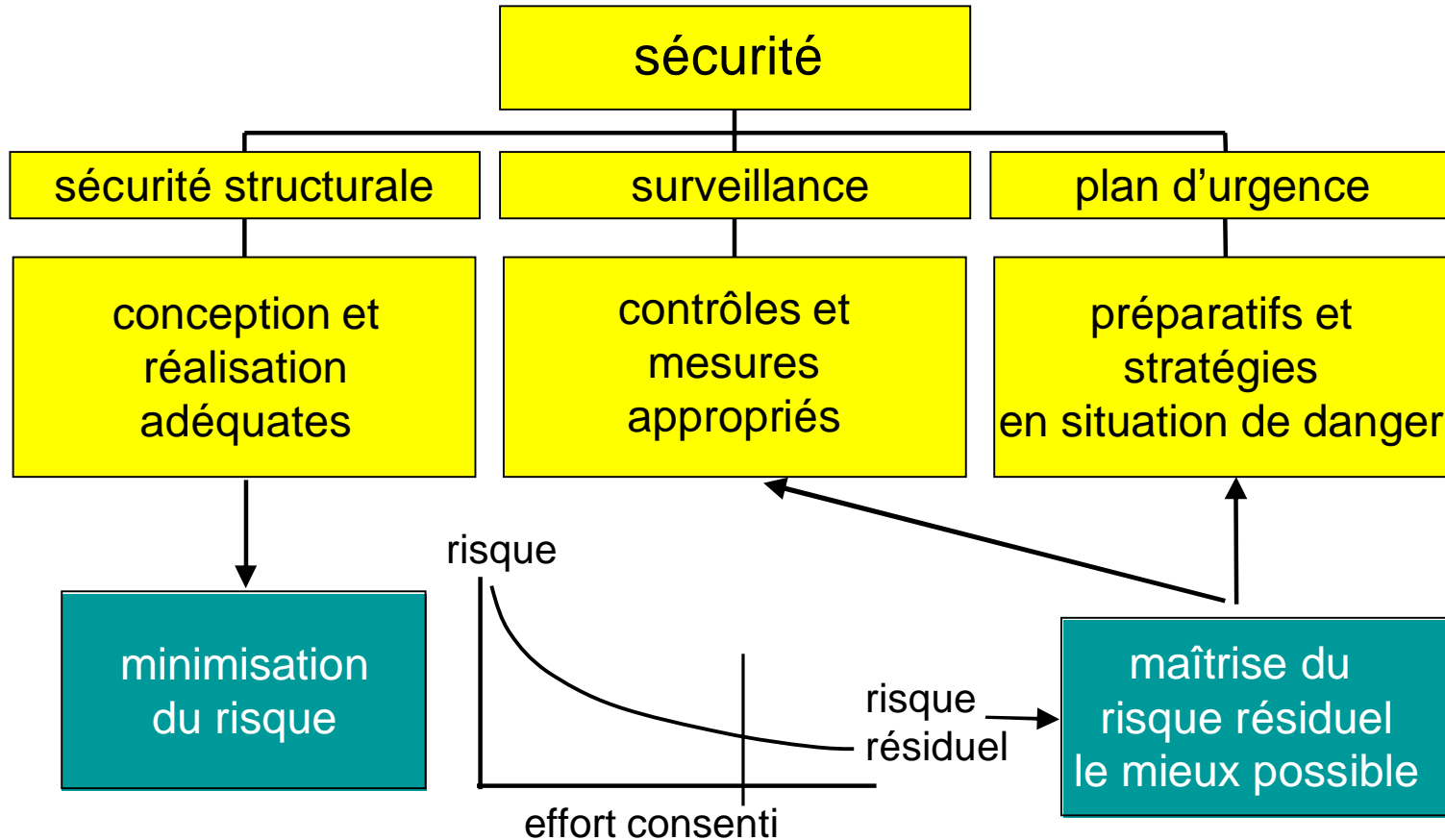
6. Surveillance et entretien



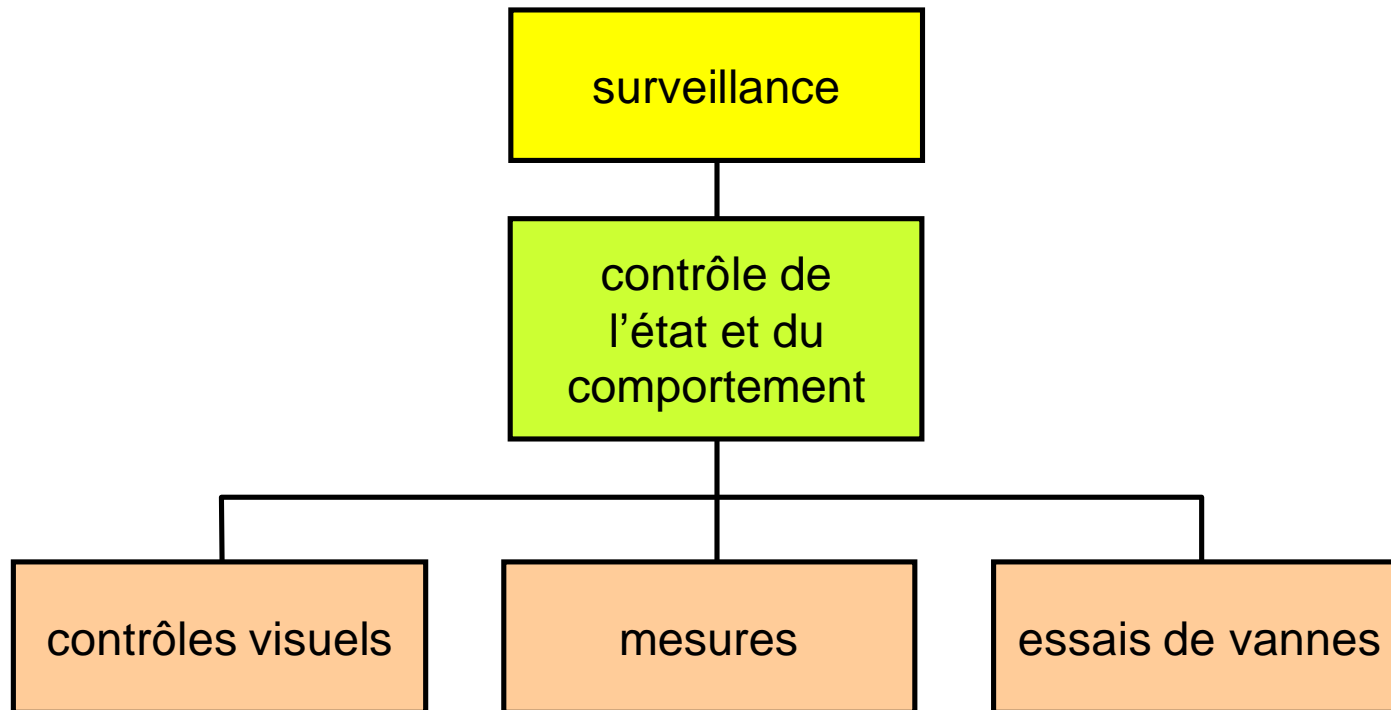
Entretien insuffisant
Stabilité non garantie!



6. Surveillance et entretien



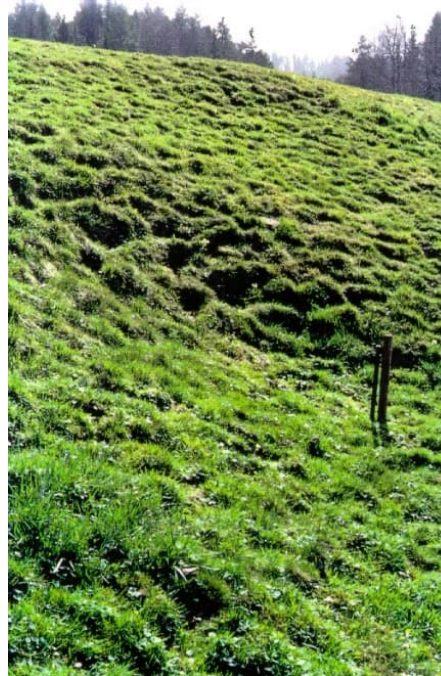
6. Surveillance et entretien



6. Surveillance et entretien

Inspections régulières pour détecter des changements de l'état, tels que

- déformations
- fissures
- nouvelles venues d'eau ou sources
- dégradations



6. Surveillance et entretien

Mesures régulières de paramètres pour mettre en évidence des changements de comportement

- déformations et déplacements
- venues d'eau, percolations
- sous-pressions, pressions interstitielles
- températures



6. Surveillance et entretien

Essais de vannes

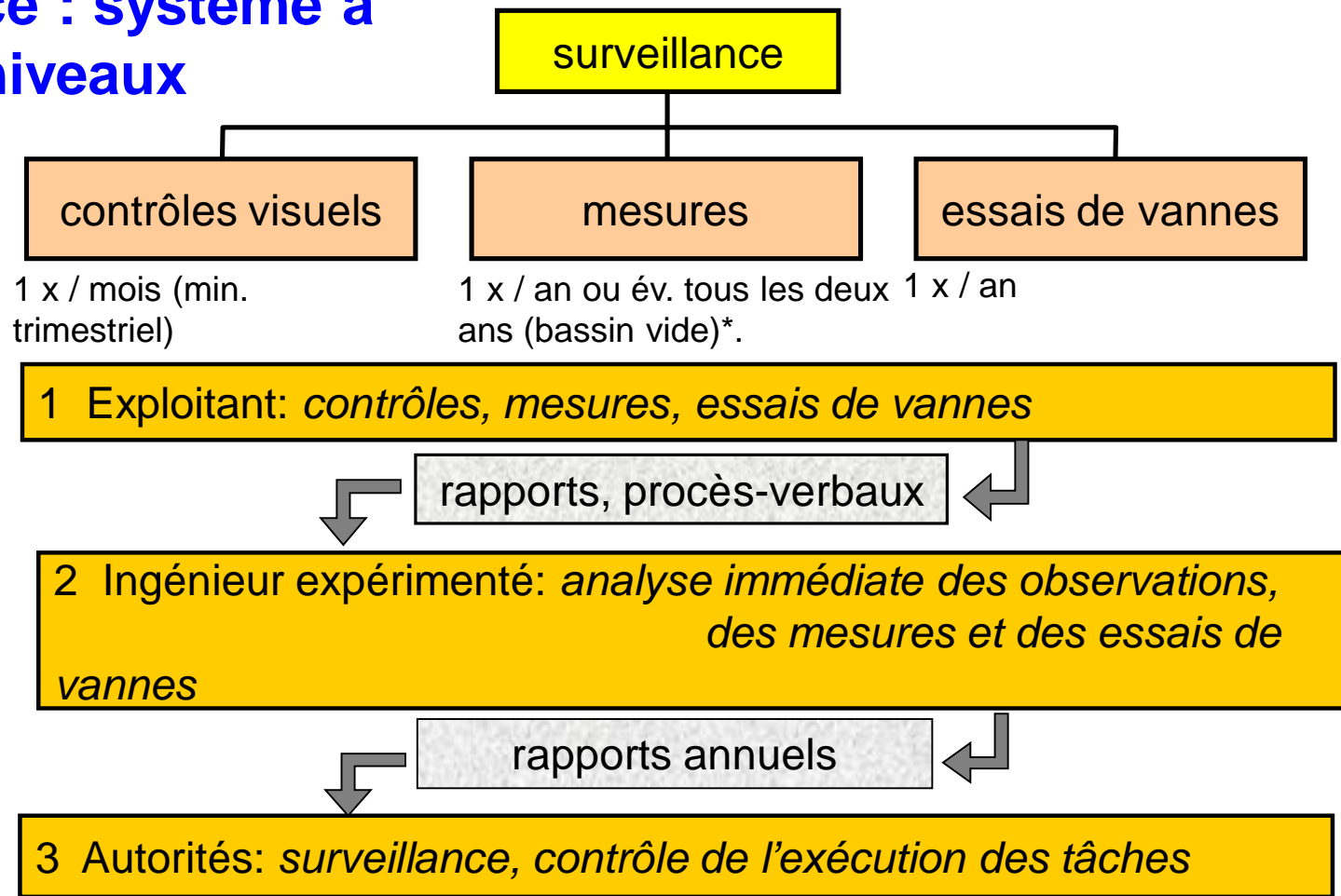
- vidange de fond
- évacuateur de crues



Coordination des purges et des vidanges de réservoirs avec les autorités cantonales → Risque de turbidité excessive des cours d'eau et respect de la période de frai des poissons

Surveillance: organisation à niveaux multiples

Surveillance : système à plusieurs niveaux



* Nouvelle digue en terre tous les 6 à 12 mois pour évaluer le comportement de tassement..

6. Conclusions

- Analyse des conditions effectives sur place (volume de la retenue, quantités d'eau, facteurs supplémentaires, etc.)
- Éventuellement, combinaison de différents objectifs, tels que la protection contre les crues, la protection de la nature, les loisirs de proximité et le tourisme.
- Analyse coûts/bénéfices et éventuellement démantèlement du barrage.



Repubblica e Cantone
Ticino

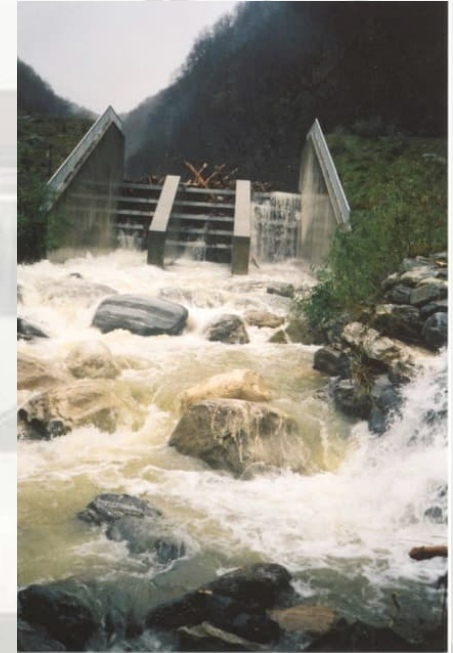
Grazie della vostra attenzione
Merci de votre attention
Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit

Ufficio dei corsi d'acqua
Via Franco Zorzi 13

6500 Bellinzona
++41 (0)91 814 26 91

gianluigi.perito@ti.ch

Repubblica e Cantone Ticino
Dipartimento del territorio
Divisione delle costruzioni
Ufficio dei corsi d'acqua



Barrage Traversagna 2000



Repubblica e Cantone
Ticino

Betrieb, Unterhalt, Sanierung und Rückbau von kleinen Stauanlagen mit Beispielen aus dem Kanton Tessin

**Schweizer Talsperrenkomitee
Sicherheit von kleinen Stauanlagen
Empfehlungen zu Planung, Bau und Betrieb**

Olten, 15. Januar 2025

Repubblica e Cantone Ticino
Dipartimento del territorio
Divisione delle costruzioni
Ufficio dei corsi d'acqua



Lawinenauffangdamm Ai Dragoni in Airolo

Inhaltsverzeichnis

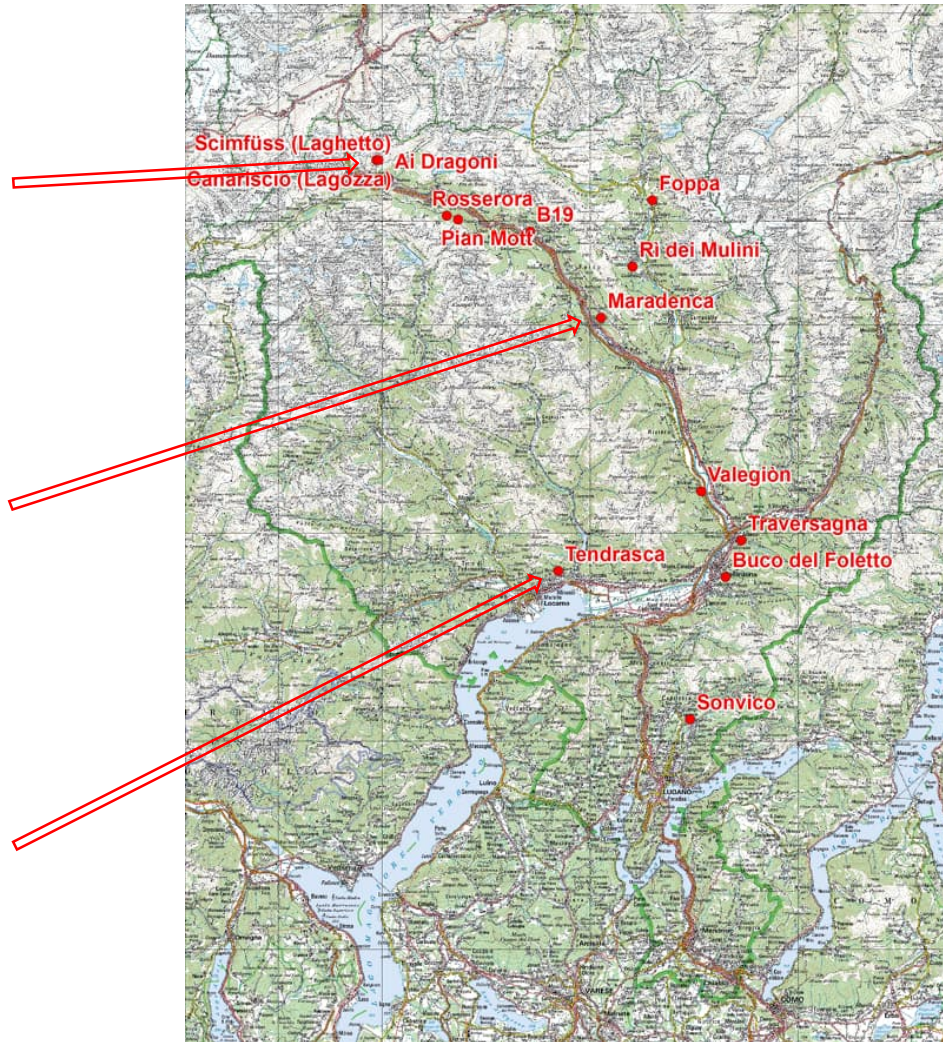
1. Standort der Stauanlagen
2. Neubau der Stauanlage Ai Dragoni in Airolo
3. Neubau der Stauanlage Maradenca in Cavagnago
4. Sanierung der Stauanlage Tendrasca in Brione sopra Minusio
5. Rückbau, Ausnahmen und Fehler
6. Überwachung und Unterhalt
7. Schlussfolgerungen
8. Fragen und/oder Bemerkungen

1. Standort der Stauanlagen



USA, Michigan - Edenville Dam 19. Mai 2020

1. Standort der Stauanlagen



2. Neubau Stauanlage Ai Dragoni in Airolo



Gemeinde: Airolo

Baujahr: 2005

Zweck: Lawinenauffangdamm

Krone = 1'283 m.ü.M

H_{Einstau} = 15.00 m

H_{Max} = 20.65 m

V = 50'000 m³

Kronenlänge = 265 m

Konstruktionart:

Erddamm mit Armierungsvliese an der Wasserseitigen Böschung.

2. Neubau Stauanlage Ai Dragoni in Airolo



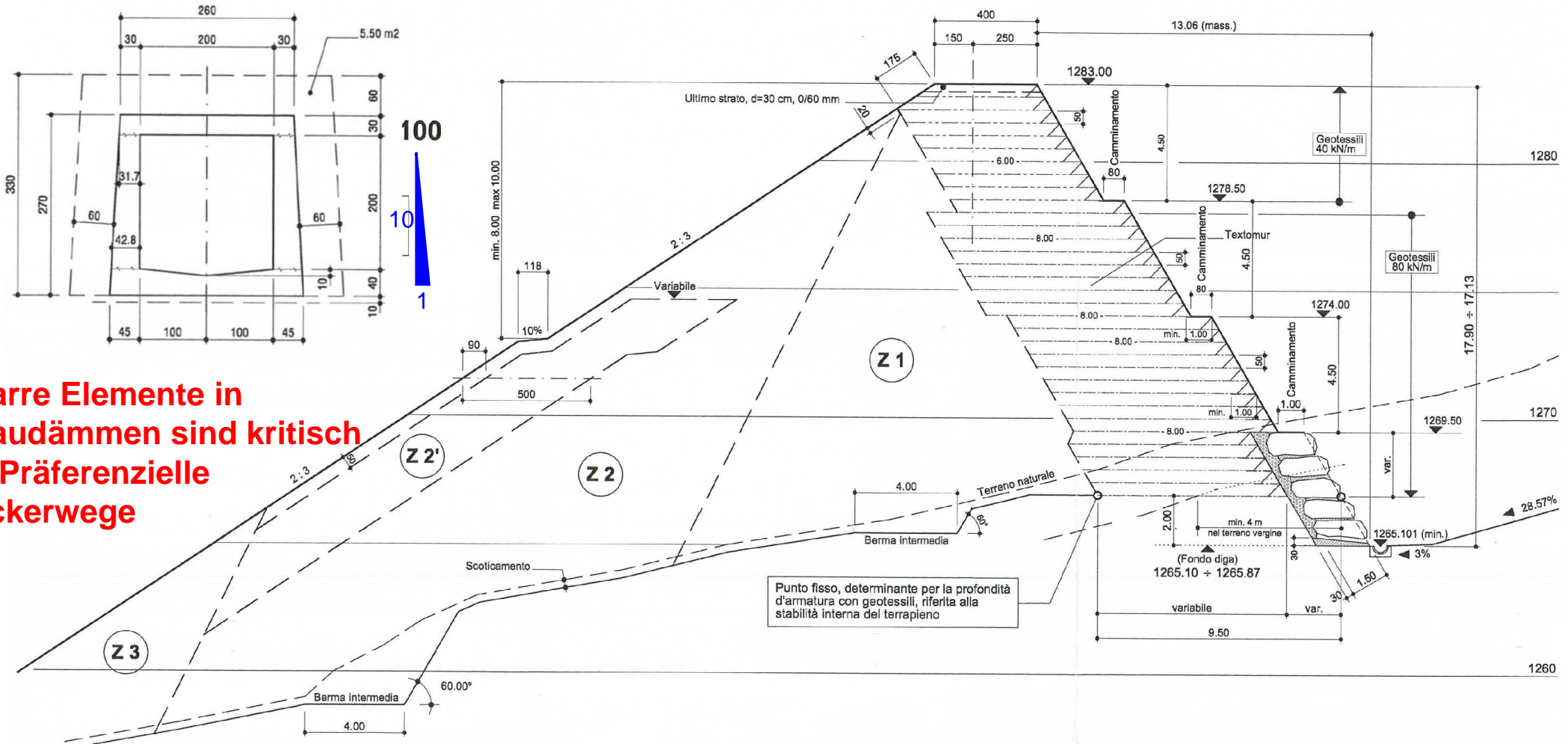
Lawine vom 12. Februar 1951

Schneehöhe am Boden:	> 2 m
10. Februar 1951:	71 cm
11. Februar 1951:	33 cm
12. Februar 1951:	34 cm

Im Winter 1951 wurde in Airolo eine kumulierte Schneemenge von 14.29 m gemessen.

10 Menschen verloren ihr Leben.

2. Neubau Stauanlage Ai Dragoni in Airolo



Starre Elemente in Staudämmen sind kritisch → Präferenzielle Sickerwege

2. Neubau Stauanlage Ai Dragoni in Airolo



Beispiel Linthkanal
Ziegelbrücke-Schmerikon



Foto: Linthwerk

Starre Bauwerke im Dammkörper können zu präferenziellen Sickerwegen und zu hohen Auftriebskräften führen.

2. Neubau Stauanlage Ai Dragoni in Airolo



Voruntersuchungen

- Geologie, Hydrologie etc..
- Baumaterialien (Zuschlagstoffe, z.B. AAR-Reaktion (BFE energieia 5/2009 „[Beton-quellerscheinungen setzen Staumauern zu](#)“).
- Fachpersonen für die Projektierung und ev. Experten beiziehen.
- Infrastruktur (Baustellenzufahrt, Wasser, Energie, zukünftige Deponieplätze etc.).

Qualitätssicherung und Überwachung

- Fortlaufende Prüfung der Baumaterialien.
- Überwachungskonzept während Bau berücksichtigen.

2. Neubau Stauanlage Ai Dragoni in Airolo



- Fachgerechte Ausführung der Arbeiten.
- Feuchtigkeit und Verdichtung des eingebauten Materiale regelmässig überprüfen (Baustellenlabor). Zu nasses, schlecht verdichtbares Material wieder abtragen und ersetzen (z.B. nach Regenereignis).

2. Neubau Stauanlage Ai Dragoni in Airolo



Instrumentierung für die Überwachung der Stauanlage bereits im Projekt vorsehen und nicht im nachhinein projektieren (umständlich und teuer).

2. Neubau Stauanlage Ai Dragoni in Airolo



- Instrumentierung für die Überwachung der Stauanlage bereits im Projekt vorsehen (z.B. Inklinometer, Piezometer, Sickerwasser etc.).
- Vor Beschädigungen während den Bauarbeiten schützen.

3. Neubau Stauanlage Maradenca in Cavagnago



Gemeinde: Faido

Baujahr: 2005

Zweck: Rückhaltebecken

Krone = 908.80 m.ü.M

H_{Einstau} = 11.00 m

H_{Max} = 14.00 m

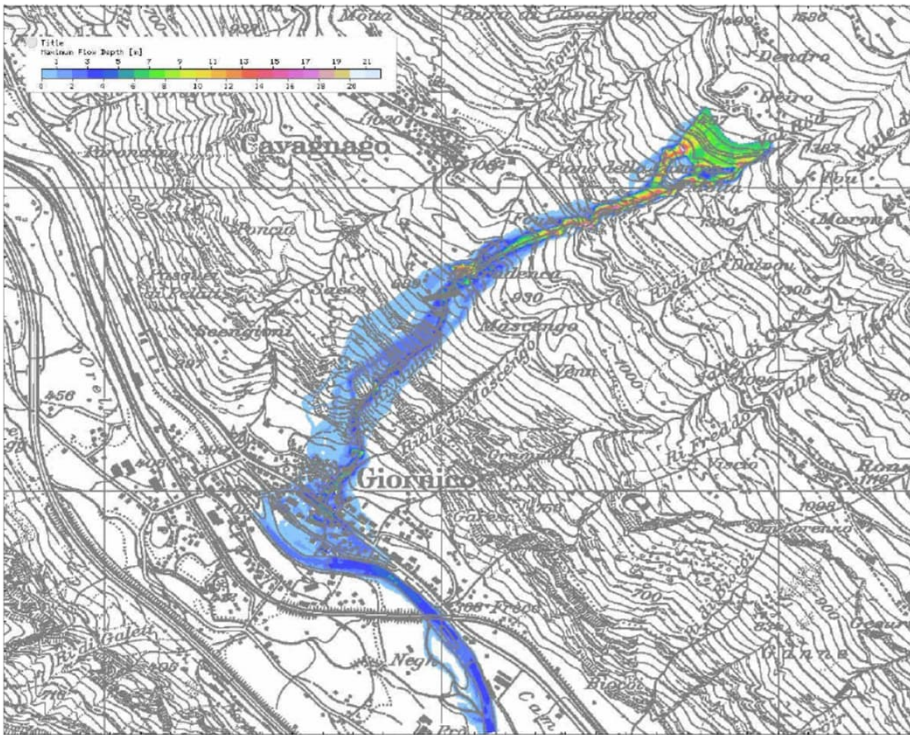
V = 9'000 m³

Kronenlänge = 100 m

Konstruktionart:

Schwergewichtsmauer mit
Erdmaterial als zusätzliche Auflast.₁₃

3. Neubau Stauanlage Maradenca in Cavagnago



Gefahrenprozesse (Murgänge und Bergsturz)

Szenario A: Abtrennung von $160'000 \text{ m}^3$. Abgleiten und anschliessender Murgang des aktivsten Teils. Die betroffene Fläche beträgt ca. $20'000 \text{ m}^2$ mit einer durchschnittlichen Dicke von ca. 8.00 m .

Szenario B: Abgang von $80'000 \text{ m}^3$. Insbesondere kommt es nicht zur Bildung von Ablagerungen entlang des Rì Mulino.

Szenario C: Abtrennung von $2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Dies entspricht dem Einsturz der gesamten Frontalzone (A $\approx 117'000 \text{ m}^2$) mit einer Schichtstärke von ca. 17.00 m (Restgefahr).

3. Neubau Stauanlage Maradencia in Cavagnago



Zweck: Rückhaltebecken

$V_{\text{HWE}} = 9'000 \text{ m}^3$ ($V = 15'700 \text{ m}^3$ bei 10% Gefälle des Schuttmaterials)

$V_{\text{Krone}} = 17'800 \text{ m}^3$ ($V = 27'700 \text{ m}^3$ bei 10% Gefälle Schuttmaterials)

3. Neubau Stauanlage Maradenca in Cavagnago

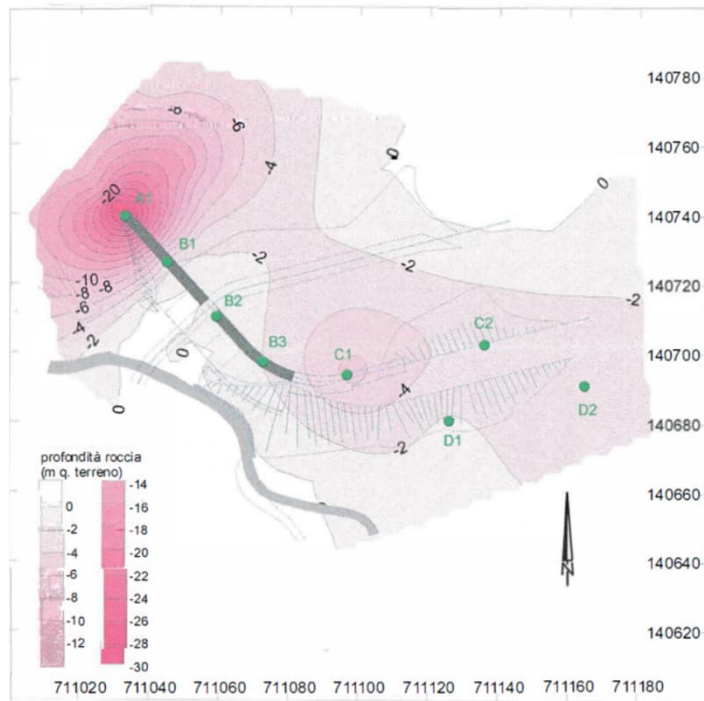


Einzugsgebiet: $A = 1.9 \text{ km}^2$
HQ₁₀₀₀: $34 \text{ m}^3/\text{s}$
Spez. Abfluss: $q = 17.9 \text{ m}^3/\text{s}, \text{km}^2$

Durchgang für Wildtiere (Rehe, Geisböcke etc.), und variable Öffnung für den Rechen vorsehen. Deponieflächen für die Entleerung des Kiesmaterials.

3. Neubau Stauanlage Maradenca in Cavagnago

PROFONDITÀ DELLA SUPERFICIE ROCCIOSA



Voruntersuchungen

- Geologie, Hydrologie etc..
- Baumaterialien (Zuschlagstoffe, z.B. AAR-Reaktion (BFE energiea 5/2009 „[Beton-quellerscheinungen setzen Staumauern zu](#)“).
- Fachpersonen für die Projektierung und ev. Experten beiziehen.
- Infrastruktur (Baustellenzufahrt, Wasser, Energie, zukünftige Deponieplätze etc.).

Qualitätssicherung und Überwachung

- Fortlaufende Prüfung der Baumaterialien.
- Überwachungskonzept während Bau berücksichtigen.

3. Neubau Stauanlage Maradenca in Cavagnago

DT- Ufficio dei corsi d'acqua	
R	25 AGO. 2004
SEZIONE FORESTALE CANTONALE	1889 G LP
UFFICIO FORESTALE II° CIRCONDARIO	

COMUNE DI GIORNICO

PREMUNIZIONE TORRENTIZIA E CONTRO LA CADUTA DI FRANE
RIALE MULINO - PIAN DELLA CASCINA

CAMERA DI RITENUTA DEL MATERIALE
IN ZONA "MARADENCA"

PROVE PRELIMINARI SUL CALCESTRUZZO

A - VERIFICA IDONEITÀ DELLE COMPONENTI
B - PROVE SUL CALCESTRUZZO
C - IMPIANTO DI PRODUZIONE

Mandato no. 01.005 Biasca, luglio 2004

CH-6710 Biasca
via A. Giovannini 24
tel. +41 (0)91 862 26 56
fax +41 (0)91 862 51 02
Internet www.ppeng.ch
e-mail Biasca@ppeng.ch

Passera Pedretti & Partners Ltd
Consulting Engineers

01-005-PROVECLS.doc

Voruntersuchungen

- Geologie, Hydrologie etc..
- Baumaterialien (Zuschlagstoffe, z.B. AAR-Reaktion (BFE energiea 5/2009 „[Beton-quellerscheinungen setzen Staumauern zu](#)“).
- Fachpersonen für die Projektierung und ev. Experten beiziehen.
- Infrastruktur (Baustellenzufahrt, Wasser, Energie, zukünftige Deponieplätze etc.).

Qualitätssicherung und Überwachung

- Fortlaufende Prüfung der Baumaterialien.
- Überwachungskonzept während Bau berücksichtigen.

3. Neubau Stauanlage Maradenca in Cavagnago



Etappen planen und Nachbehandlung vorsehen, sowohl bei Betonmauern als auch bei Erddämmen.



Probekblock mit Temperaturfühler für die Bestimmung der Temperaturentwicklung (→ ev. Kühlrohre vorsehen).

3. Neubau Stauanlage Maradenca in Cavagnago



Auf fachgerechte Ausführung der Arbeiten achten (Fundation, Drainage, ev. Kontaktinjektionen ecc.) und Kontrollen der Baumaterialien vorsehen.

3. Neubau Stauanlage Maradenca in Cavagnago



- Instrumentierung für die Überwachung der Stauanlage bereits im Projekt vorsehen (z.B. Inklinometer, Piezometer, Sickerwasser etc.).
- Vor Beschädigungen während den Bauarbeiten schützen.

3. Neubau Stauanlage Maradenca in Cavagnago



Einzugsgebiet: $A = 1.9 \text{ km}^2$

HQ₁₀₀₀: $34 \text{ m}^3/\text{s}$

Spez. Abfluss: $q = 17.9 \text{ m}^3/\text{s}, \text{km}^2$

4. Sanierung Stauanlage Tendrasca in Val Resa



Gemeinde: Brione sopra Minusio

Baujahr: 1890 (Sanierung: 2013)

Zweck: Rückhaltebecken

(1893-1973: Wasserkraftwerk)

Krone = 690.55 m.ü.M

H_{Einstau} = 9.00 m

H_{Max} = 9.50 m

V = 8'000 m³

Kronenlänge = 20 m

Konstruktionart:

Bogenmauer Natursteinen und Beton.

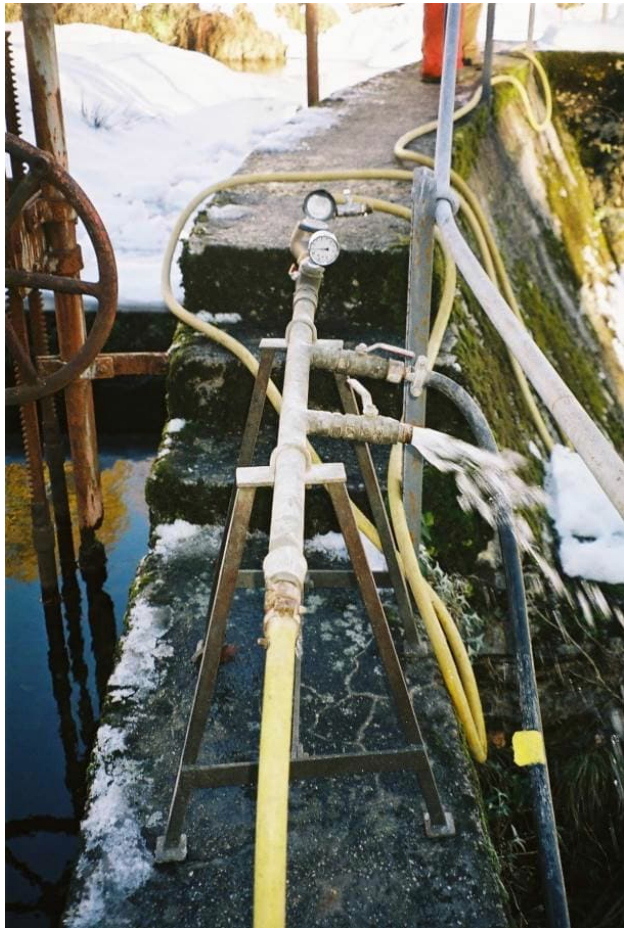
4. Sanierung Stauanlage Tendrasca in Val Resa



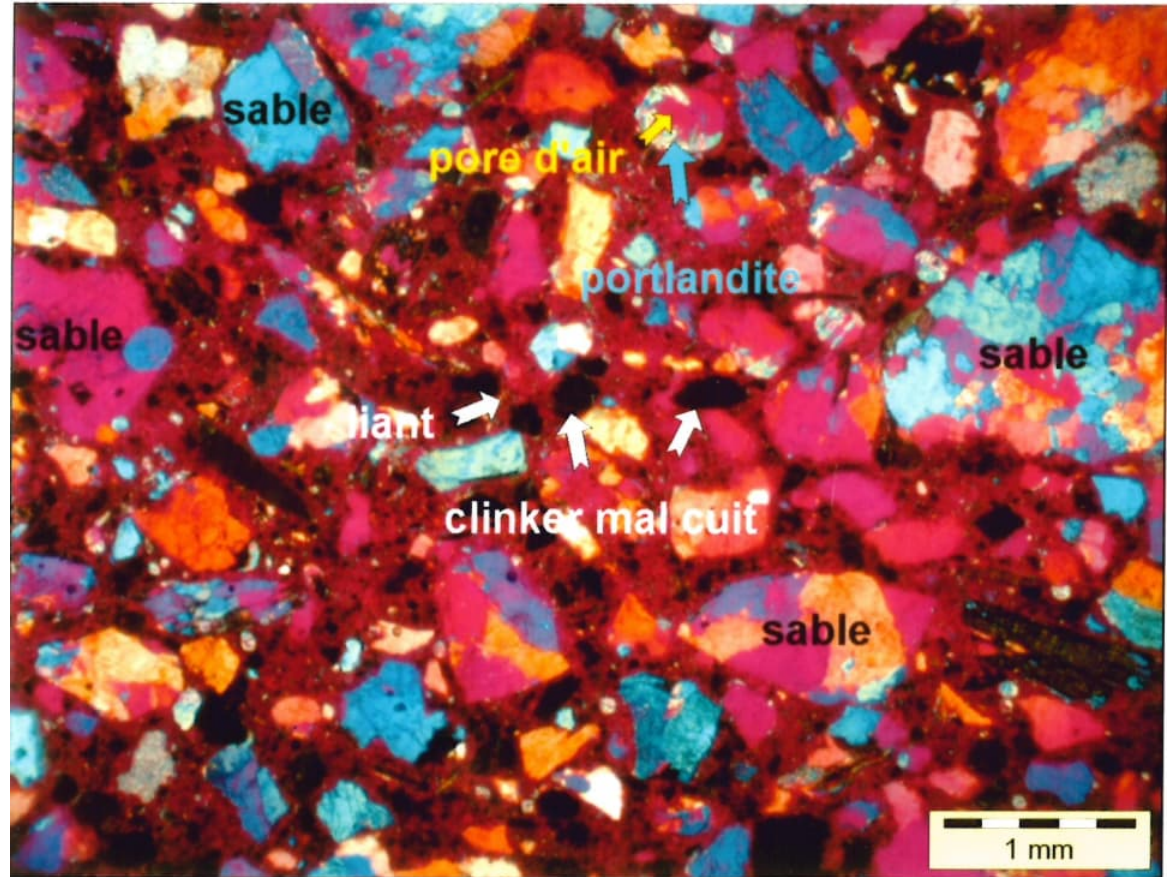
Voruntersuchungen

- Vorhandene Unterlagen (Berichte, Expertisen, Projekte und Pläne etc.).
- Bestimmen der Materialkenndaten.
- Stand- und Hochwassersicherheit noch zeitgemäss?

4. Sanierung Stauanlage Tendrasca in Val Resa



Permeabilität: Lugeon-Test



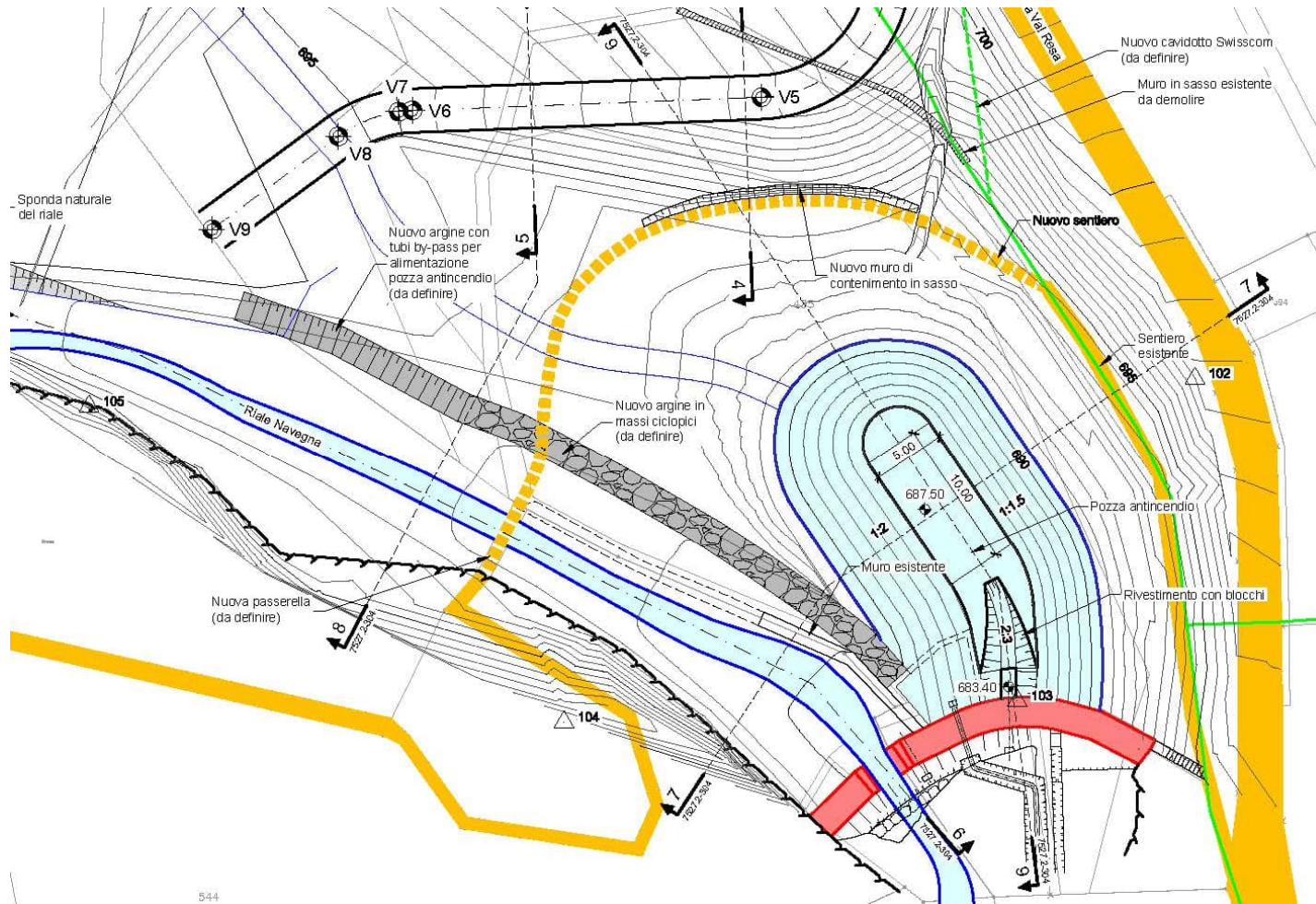
Baumaterialien: Feinschliff und Laborproben

4. Sanierung Stauanlage Tendrasca in Val Resa



- Ertüchtigung der Stauanlage (geringere Höhe).
- Hochwasserschutzprojekt.
- Löschwasserreserve durch Forstamt.
- Selektives durchleiten von Geschiebe bis HQ_{20} .

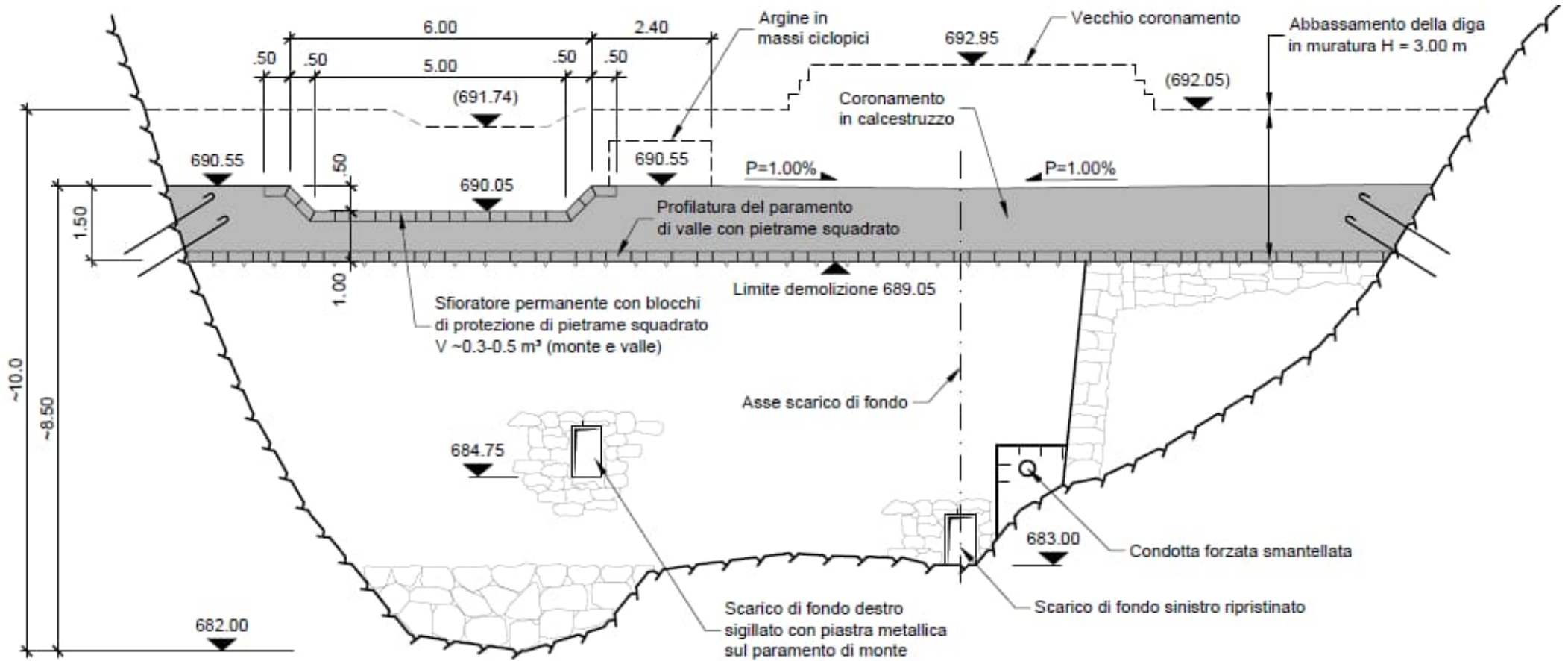
4. Sanierung Stauanlage Tendrasca in Val Resa



Anforderungen und Zweck Baumassnahmen

- Sanierung oder Abbruch.
- Multifunktion der Stauanlage bestimmen (z.B. Energieerzeugung, Hochwasserschutz, Freizeit/Tourismus, Löschreserve, Umwelt-schutz und ökologische Funktion etc.
- Finanzierung (BAFU, Kanton, Gemeinde und Eigentümer).

4. Sanierung Stauanlage Tendrasca in Val Resa



5. Rückbau, Ausnahmen und Fehler



Stauanlage Pian Pizz-Motto del Toro (Bedretto), Lawinenauffangdamm

Rückbau mit Reduktion der Einstauhöhe und des Volumens

→ geom. Kriterien nicht erfüllt (keine Verklausung möglich, da über der Baumgrenze)

5. Rückbau, Ausnahmen und Fehler



Lawinenauffangdamm Valascia in Piotta

Keine Unterstellung, da das Wasser seitlich abfließen kann und nicht aufgestaut wird.

5. Rückbau, Ausnahmen und Fehler



Stauanlage Bucco del Folletto (Gemeinde Giubiasco)

Zweck: Geschieberückhaltebecken (armierter Beton)

Krone: 406.35 m.ü.M, H = 19.00 m, V = 10'000 m³

5. Rückbau, Ausnahmen und Fehler



Erosion der Widerlager möglich!



6. Überwachung und Unterhalt



Stauanlage Pian Pizz-Motto del Toro (Bedretto), Lawinenauffangdamm

Krone: 2'005 m.ü.M., H = 13.50 m (nach Rückbau H = 9.50 m)

V = 95'000 m³

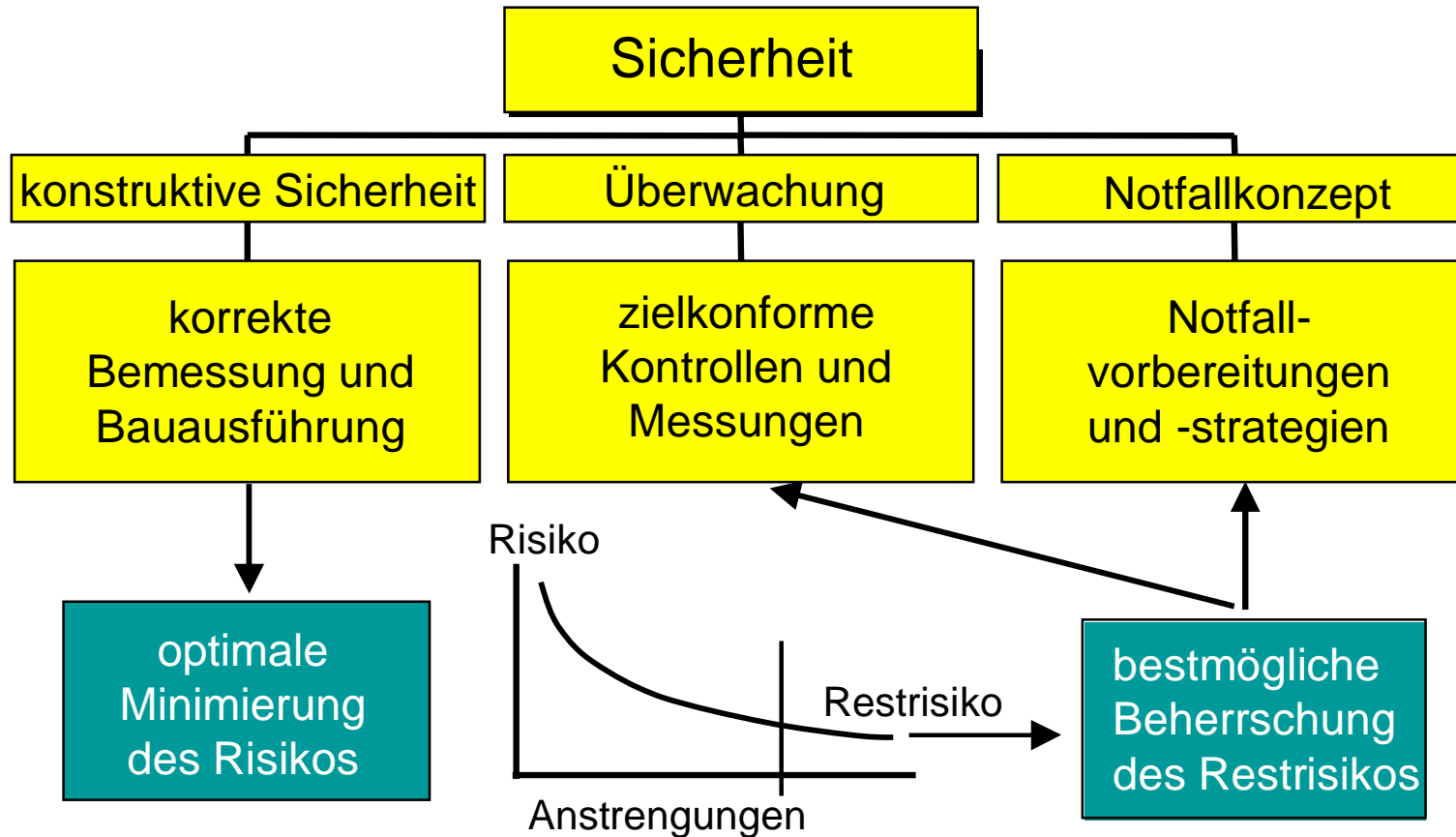
6. Überwachung und Unterhalt



Mangelhafter Unterhalt
Standicherheit nicht
gewährleistet!

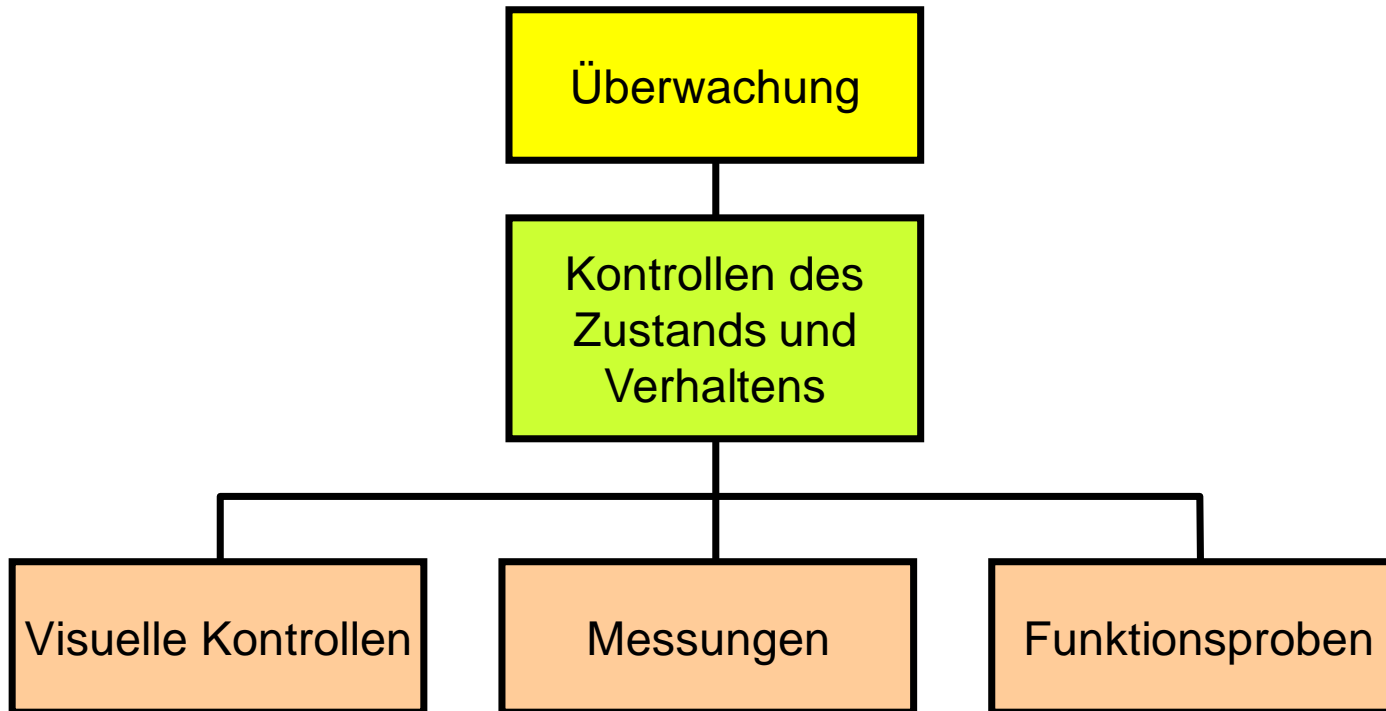


6. Überwachung und Unterhalt



6. Überwachung und Unterhalt

Überwachung: Kontrollen



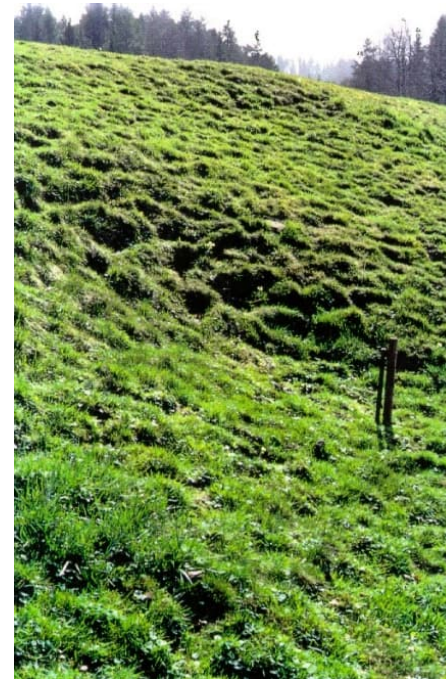
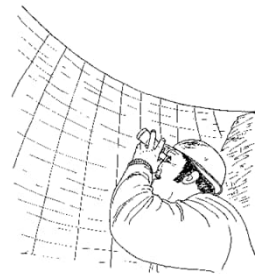
6. Überwachung und Unterhalt

Überwachung: visuelle Kontrollen

Regelmässige Rundgänge zwecks
Feststellung von Zustandsveränderungen

- Verformungen
- auftretende Risse
- neue Sickerstellen oder Quellen
- Materialschäden

Visuelle Kontrollen nur möglich sofern kein
Bewuchs (kein Wald gemäss Art. 2 Abs. 3
WaG)



6. Überwachung und Unterhalt

Überwachung: Messungen

Regelmässige Erhebung von Messgrössen zwecks Feststellung von Verhaltensveränderungen

- Verformungen und Verschiebungen
- Sickerwassermengen
- Auftrieb bzw. Porenwasserspannungen
- Temperaturen



6. Überwachung und Unterhalt

Überwachung: Funktionsproben

Funktionsproben an den beweglichen
Ablassorganen

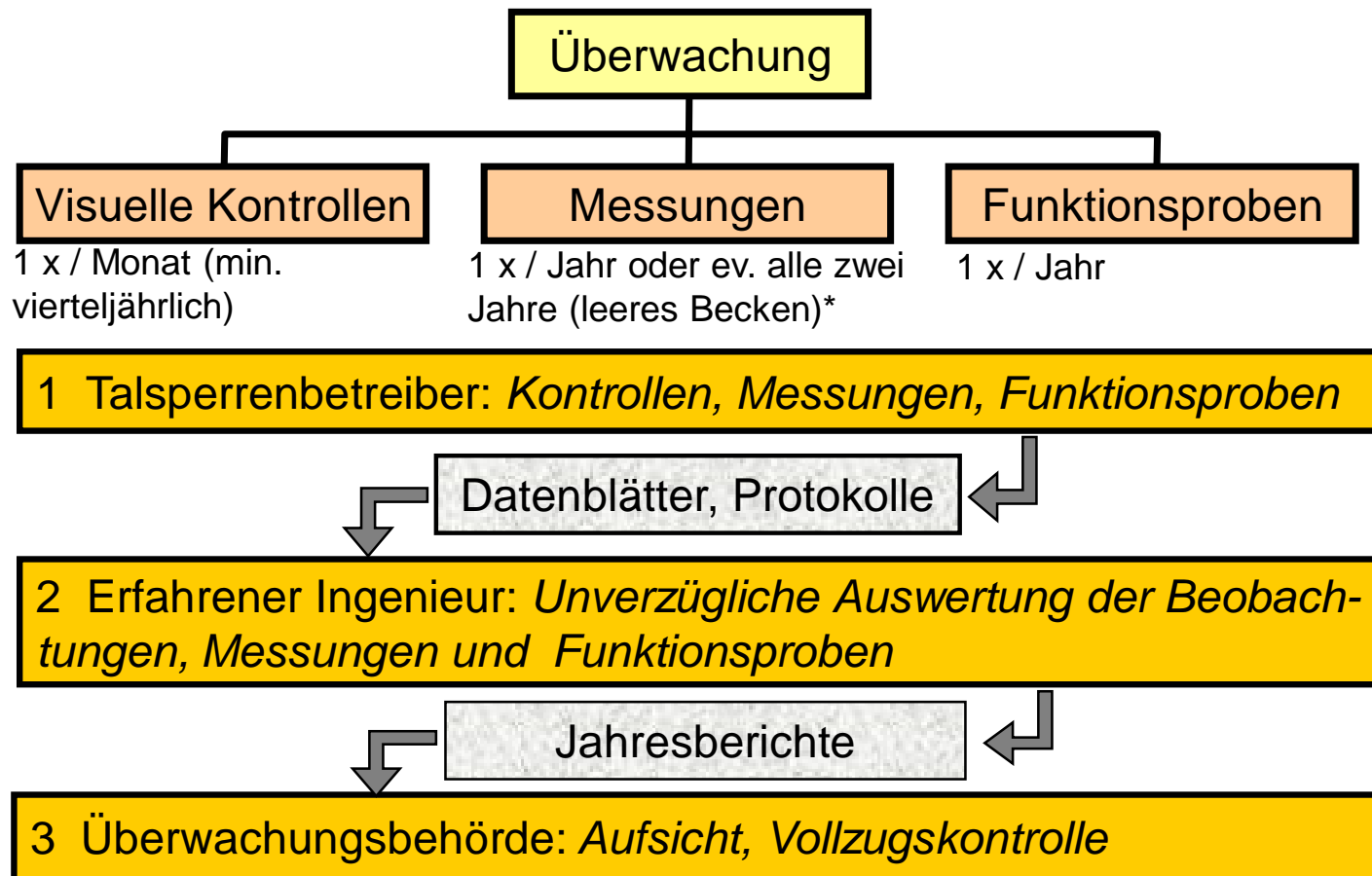
- Grundablass
- Hochwasserentlastung



**Spülungen und Entleerungen von Staubecken
mit den kantonalen Fachstellen koordinieren
→ Gefahr zu hoher Trübung der Vorfluter und
Laichzeit der Fische**

6. Überwachung und Unterhalt

Überwachung: mehrstufiges System



Visuelle Kontrollen
1 x / Monat (min. vierteljährlich)

Messungen
1 x / Jahr oder ev. alle zwei Jahre (leeres Becken)*

Funktionsproben
1 x / Jahr

* Neuer Erddamm alle 6-12 Monate um das Setzungsverhalten zu beurteilen.

1 Talsperrenbetreiber: *Kontrollen, Messungen, Funktionsproben*

Datenblätter, Protokolle

2 Erfahrener Ingenieur: *Unverzügliche Auswertung der Beobachtungen, Messungen und Funktionsproben*

Jahresberichte

3 Überwachungsbehörde: *Aufsicht, Vollzugskontrolle*

7. Schlussfolgerungen

- Analyse der effektiven Gegebenheiten vor Ort (Stauvolumen, Zuflussmengen, zusätzliche Einwirkungen etc.).
- Eventuell zusammenführen von verschiedenen Zielen, wie zum Beispiel Hochwasserschutz, Naturschutz, Naherholung und Tourismus.
- Kosten-Nutzen Analyse und eventuell Rückbau der Stauanlage.



Repubblica e Cantone
Ticino

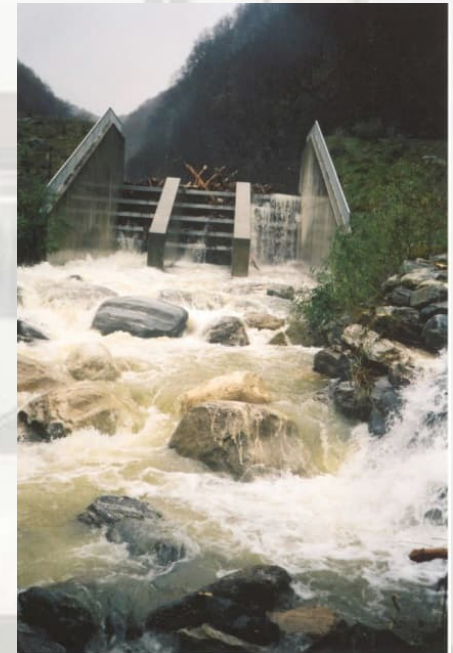
Grazie della vostra attenzione
Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit
Merci de votre attention

Ufficio dei corsi d'acqua
Via Franco Zorzi 13

6500 Bellinzona
++41 (0)91 814 26 91

gianluigi.perito@ti.ch

Repubblica e Cantone Ticino
Dipartimento del territorio
Divisione delle costruzioni
Ufficio dei corsi d'acqua



Stauanlage Traversagna 2000, Arbedo

Sicherheit von kleinen Stauanlagen

Besonderheiten bei Stauanlagen zum Schutz vor Naturgefahren

15. Januar 2025

Inhalt

- Allgemeines
- Unterstellungskriterien
- Gefahrenbeurteilung
- Planung und Bau
- Hochwassersicherheit
- Inbetriebnahme
- Betrieb und Unterhalt
- Notfallplanung

Allgemeines

- Stauanlagen zum Schutz vor Naturgefahren dienen dem Rückhalt von:
 - Hochwasser
 - Geschiebe und Geröll
 - Blöcken
 - Eis
 - Schnee
- Häufig handelt es sich um Anlagen ohne Entlastungs- und Ablassvorrichtungen mit beweglichen Verschlussorganen oder diese dienen nicht dem sicherheitsrelevanten Einsatz.
 - › I.d.R. werden **keine Wehrreregimente** benötigt.



Allgemeines

- Die **aktuellen Richtlinien** über die Sicherheit der Stauanlagen weisen einen **Vertiefungsbedarf** für Anlagen zum Schutz vor Naturgefahren auf. Zu erwähnen sind Fragestellungen zu:
 - Abweichung von Reinwasserannahme
 - Remobilisierung von abgelagertem Geschiebe/Geröll
 - Vorbelastung des Gewässers
 - Lastfälle resp. Lastfalltypen
 - Innere Erosion bei seltenen und kurzfristigen Einstauereignissen
 - Jährlichkeiten von BHQ und SHQ
- Für Anlagen zum Schutz vor Naturgefahren erarbeitet das Bundesamt für Energie BFE derzeit einen **eigenen Richtlinieneteil**.

Unterstellungskriterien

- Grundsätzlich gelten **dieselben Anforderungen** wie bei den restlichen kleinen Stauanlagen.
- Eine **andere Annahme als die «Reinwasser»-Annahme** darf getroffen werden, sofern diese mit wissenschaftlich fundierten Methoden begründbar ist.
 - › **Anpassung der Ausgangsbedingungen und Schwellenwerte** in Absprache mit der Aufsichtsbehörde
- Über die Unterstellung oder die Ausnahme einer Stauanlage befindet das BFE.

Gefahrenbeurteilung

- **Gefahrenarten**
 - Technische Gefahren, welche von der Stauanlage im Falle eines Versagens ausgehen
 - Naturgefahren, deren Abwehr die Anlage dient
- Das **Massnahmenpaket zur Risikoprävention** soll auf Grundlage beider Gefahrenarten umgesetzt werden. Dabei sollen sich Massnahmen zum Schutz einer Gefährdungsart nicht nachteilig auf die andere Gefährdungsart auswirken.

Grundsatz: Die Sicherheit gegen ein durch den Menschen geschaffenes Ereignis (Versagen Stauanlage) sollte wesentlich höher sein als gegen ein Naturereignis.

Planung und Bau

- Bemessung erfolgt nach der Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen
 - Massnahmen zum Schutz vor Naturgefahren sind darauf abzustimmen
- **Stahlbetonsperren** und **bewehrte Anlagenteile** dürfen nach SIA-Normen bemessen werden.
- Bemessungssituationen nach SIA sind mit der Aufsichtsbehörde abzusprechen. Beispiel Geschiebesammler:
 - Schutzziel vor Naturgefahr (z.B. HQ100) = andauernde (statische Lastfälle) oder vorübergehende (dynamische Lastfälle) Bemessungssituation nach SIA
 - Überlastfall Naturgefahr (z.B. HQ300) = BHQ = aussergewöhnliche Bemessungssituation nach SIA
 - SHQ (z.B. HQ1'000) = aussergewöhnliche Bemessungssituation nach SIA
 - Erdbeben = aussergewöhnliche Bemessungssituation nach SIA (**Definition der Erdbebeneinwirkung nach StAG**)



Planung und Bau

- **Einwirkungen** aus Naturgefahren
 - Lawinen und Murgängen: gemäss Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen
 - Div. Naturgefahren: u.a. Norm SIA 261/1 sowie Website «Schutz vor Naturgefahren».
- Aufgrund der teilweise kurzen Einstauzeit kann sich u.U. gar keine signifikante Sickerlinie durch den Rückhaltedamm entwickeln. Für Erdbebensicherheitsnachweise dürfen für die **nachweislich trocken bleibenden Teile** des Dammkörpers **drainierte Scherfestigkeitskennwerte** verwendet werden.

Hochwassersicherheit

- Zusätzlich Sicherheitsfreibord nach KOHS (Fließgeschwindigkeiten!)
 - Erosionen der luftseitigen Böschung und der Sperrenwiderlager etc. infolge eines Überströmens der Stauanlage verhindern
- Die Hochwassersicherheit bei Stauanlagen zum Schutz vor Naturgefahren ist i.d.R. mit verklaustem Grundablass nachzuweisen



[Brienz nach dem Unwetter: Als der Bach zur Naturgewalt wurde | Berner Oberländer](#)

Inbetriebnahme

- Sobald sich ein **Einstau** ereignen kann
 - Möglich schon während Bau > Sicherheitsmassnahmen treffen
 - › Häufig organisatorische Massnahmen (z.B. Notfallkonzept)
 - › Sicherheit der Anlage im Bau gewährleisten
 - › Gefährdung der Unterlieger minimieren
- Nach Fertigstellung der Anlage (nicht kontrollierbarer Einstau)
 - Aufsichtsbehörde erteilt Inbetriebnahmebewilligung, falls
 - › alle von Aufsichtsbehörde erlassenen Auflagen und Bedingungen erfüllt sind
 - › die Sicherheit es zulässt
 - › das Abnahmeprotokoll erstellt ist
 - › sämtliche Reglemente genehmigt sind
- Empfehlung: Kontrollierter Ersteinstau mittels Dammbalken, Plattenschieber zur Prüfung des Verhaltens unter Belastung und der Entlastungsorgane (Machbarkeit prüfen: Umwelt, Landwirtschaft,...)

Betrieb und Unterhalt

- **Visuelle Kontrolle:** Überwachungsintervall
 - jährlich, vor der jeweiligen Saison (Gewitter-/Hochwassersaison resp. Lawinensaison)
 - Begehung nach jedem bedeutenden Ereignis schnellstmöglich
 - › Schäden beheben
 - › Entleerung in die Wege leiten
- Unterhalt der **Zufahrt** zur Stauanlage
 - dauerhaft gewährleisten, im Ereignisfall rasche und einfache Intervention

Betrieb und Unterhalt

- Überwachung **Füllstand**
 - Hochwasserrückhaltebecken
 - › Z.B. Lattenpegel
 - Geschiebesammler, Murgangsperrn, Lawinenschutzdämme etc.
 - › Häufig nicht überwacht – periodische und ereignisbasierte Begehung
 - › Bei Murgangsperrn und Lawinenschutzdämmen auch schlagartige Verfüllung möglich



Betrieb und Unterhalt

- Bewirtschaftung der zu erwartenden **Geschiebeablagerungen** regeln
 - Festhalten, ab welchem Verlandungsgrad ausbaggern
 - › Schutzziel im Unterlauf gewährleisten
 - › Vorhandene Tot- oder Reservevolumen beachten
 - Mögliche Abnehmer des abgelagerten Materials in Erfahrung bringen
 - › Primärmaterial in Baustoffherstellung
 - › Verwendung in Grund-/Wasserbau
 - je nach Zusammensetzung des Materials
 - nach entsprechender Aufbereitung
 - › teilweise, dosierte Weitergabe in den Unterlauf ggf. denkbar und ökologisch sinnvoll, sofern
 - keine nachteiligen Auflandungen zu erwarten sind
 - die Behörden Geschiebezufuhr im Unterwasser zustimmen

Betrieb und Unterhalt

- Empfohlene Häufigkeit der Messungen von **Deformationen** sowie **Sicker- und Drainagewassermengen**

	Staudamm	Staumauer	Zahl der Messstellen
Sicker- und Drainagewassermengen (Trübung)	Min. 1-mal pro Jahr vor oder nach jeder Ereignissaison und während/kurz nach jedem relevanten Ereignis	Min. 1-mal pro Jahr vor oder nach jeder Ereignissaison und während/kurz nach jedem relevanten Ereignis	Je 1 Messpunkt pro Sperrenseite
Deformation und Setzungen	Min. 1-mal pro Jahr vor oder nach jeder Ereignissaison und während/kurz nach jedem relevanten Ereignis	Min. 1-mal pro Jahr vor oder nach jeder Ereignissaison und während/kurz nach jedem relevanten Ereignis	Auf der Dammkrone alle 50 m – 100 m

Notfallplanung

- Notfallreglement
- Einsatzdossier mitsamt Überflutungskarte
- Die Notfallorganisation ist in die Einsatzplanung für Naturgefahrenereignisse zu integrieren.

Fragen und Diskussion

ALPIQ

IUB Engineering

Sécurité des petits barrages / Sicherheit von kleinen Stauanlagen

Plan d'urgence / Notfallplanung

Nicolas Adam & David Walti
15. Januar 2025

Un plan d'urgence: pourquoi ?

Objectif

Minimiser les conséquences de la rupture ou du dysfonctionnement d'un barrage pour la population en aval

Initialement pour les moyens et grands barrages mais

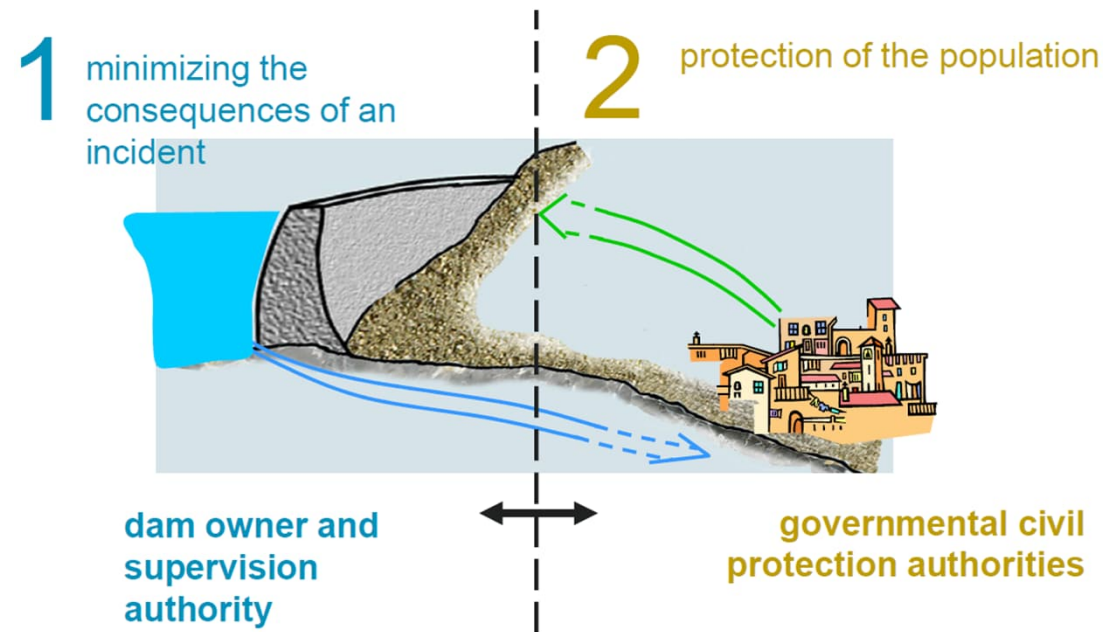
- Le taux de rupture des petits barrages ($H < 30\text{m}$) peut être estimé à 2% au niveau mondial.
- 87 % des victimes de ruptures de barrages aux USA de 1970 à 1997.

Sources:

CIGB (2016), Petits barrages – Conception, Surveillance et Réhabilitation (Bulletin 157)

CIGB (1999), Barrages de moins de 30 m de hauteur (Bulletin 109)

15. Januar 2025



Un plan d'urgence: pourquoi ?

Des ruptures de barrages ont toujours lieu...

Question 105 – Incidents et accidents concernant les barrages (XXVII° Congrès des Grands Barrages, juin 2022)

REX des ruptures récentes :

[...]

En résumant les analyses développées dans ce chapitre, le principal enseignement à tirer des incidents survenus ces 25 dernières années est le suivant: ces incidents se produisent de plus en plus dans un contexte de crues et, de ce fait, il faut chercher leurs causes dans des défaillances de l'exploitation ou de la maintenance. Dans ces contextes, les causes profondes liées aux facteurs humains sont très présentes.

[...]

Mais les causes profondes sont les plus importantes et sont liées à l'organisation, au facteur humain, etc. Les deux récents bulletins 154 et 175 relatifs au management de la sécurité des barrages pour toutes leurs phases de vie fournissent alors des éléments fondamentaux que tous les propriétaires et exploitants de barrages devraient mettre en œuvre. Cela limiterait considérablement les risques d'incidents graves et de ruptures.

[...]

15. Janvier 2025

3

Anticiper les cas d'urgence

Préparer le fonctionnement de l'organisation et les réactions

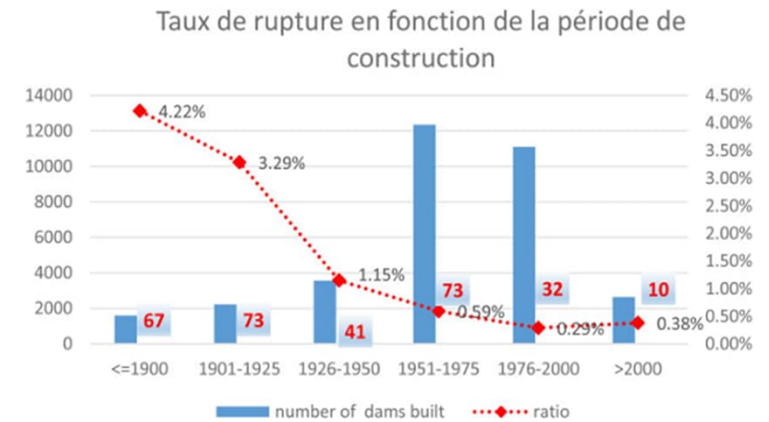


Fig. 1
Taux de rupture en fonction de la période de construction

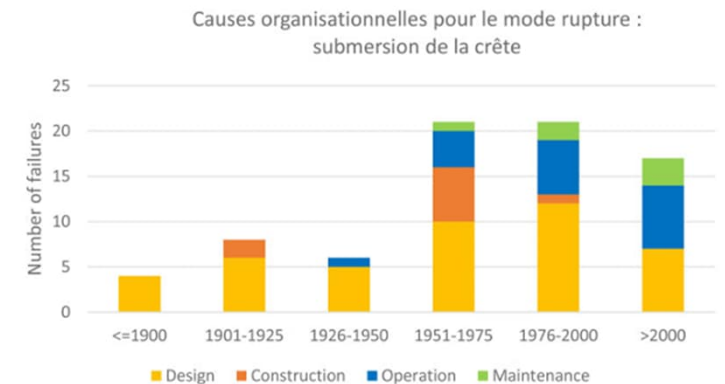
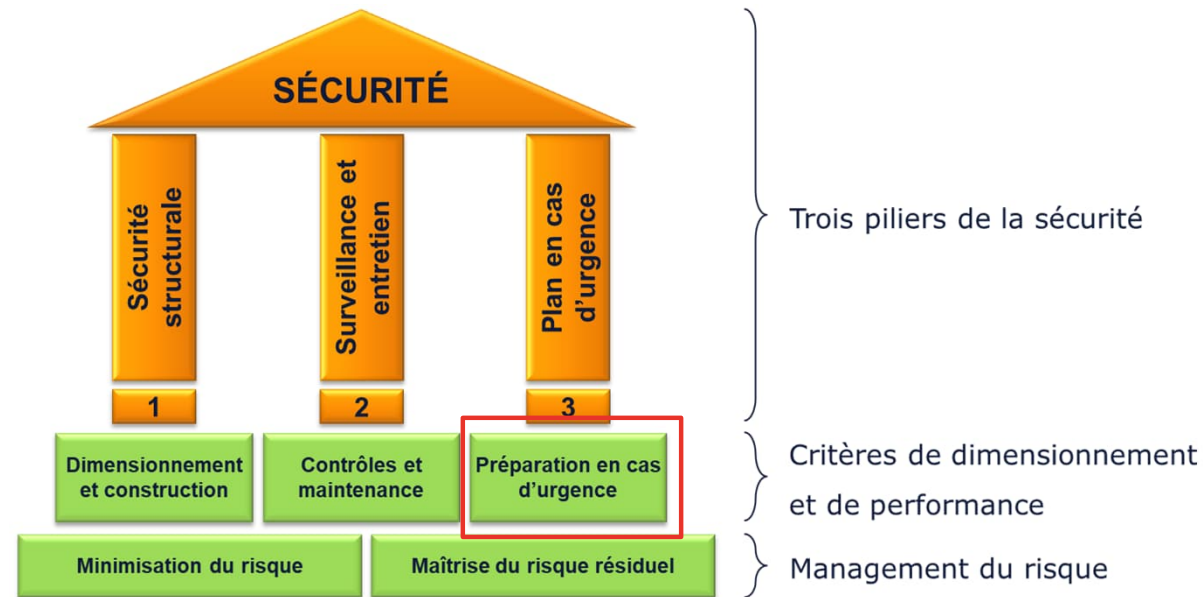
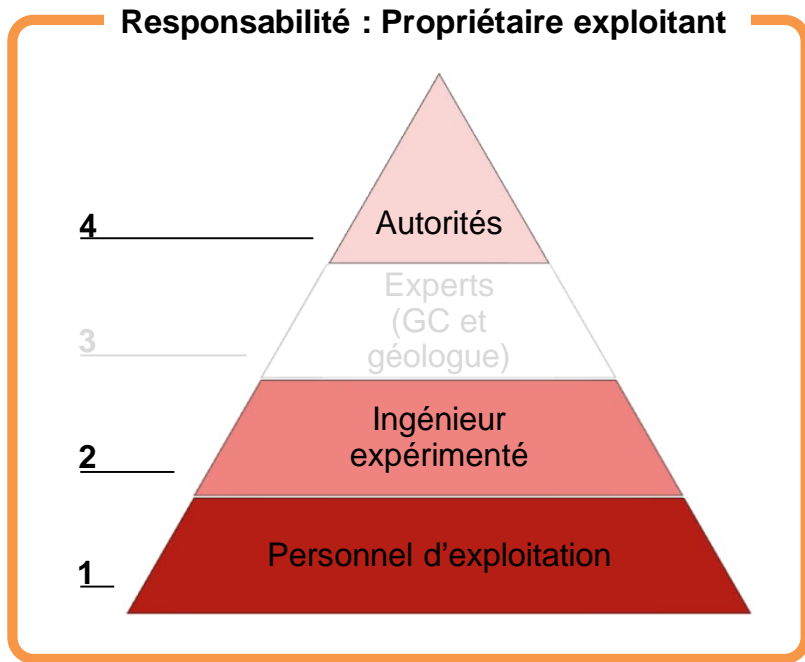


Fig. 2
Causes organisationnelles pour différentes époques de rupture mode de rupture par surverse de la crête

Concept général de sécurité



Plan en cas d'urgence

Plan en cas d'urgence

Directive E : Plan en cas d'urgence

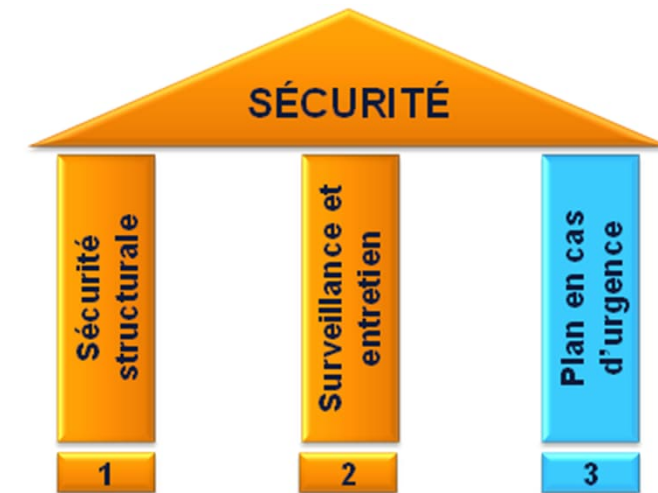
→ Risque résiduel

→ Stratégie si la sécurité de l'ouvrage n'est plus garantie

Règlement en cas d'urgence

Il contient au minimum (Art 25 OSOA):

- Le dossier d'engagement
 - Organisation (organigramme + liste de contact)
 - Fiches de tâches
 - Déroulement de l'alarme
 - Formulaires et protocoles pour la communication
- La carte d'inondation



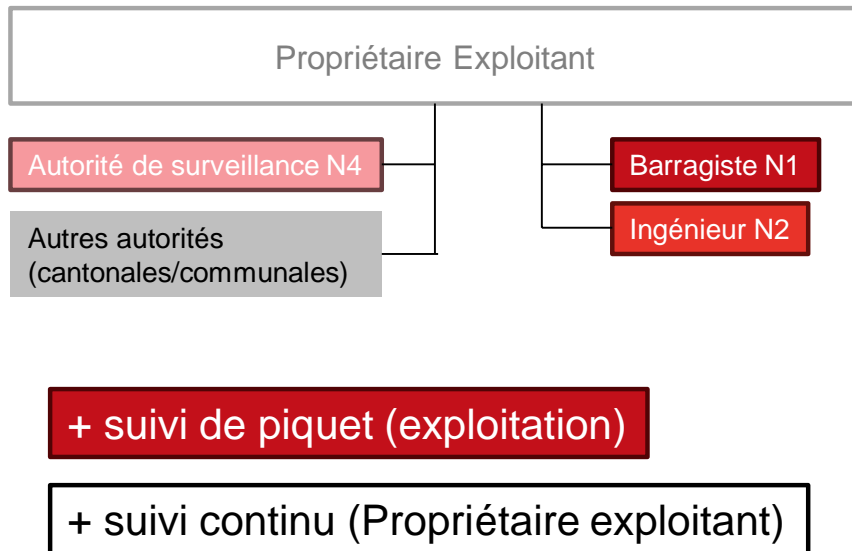
<input type="checkbox"/>	Niveau de danger 1 : aucun danger significatif identifié à court terme
<input type="checkbox"/>	Niveau de danger 2 : danger limité <ul style="list-style-type: none">- Conditions d'exploitation exceptionnelles avec nécessité d'informer.- Anomalie ou danger potentiel identifié.
<input type="checkbox"/>	Niveau de danger 3 : danger marqué, situation maîtrisable <ul style="list-style-type: none">- Danger existant. Une amélioration de la situation est généralement obtenue avec les mesures prises.- Le danger est passé. L'ouvrage d'accumulation n'a pas subi de dommages notables.
<input type="checkbox"/>	Niveau de danger 4 : danger fort, situation momentanément maîtrisable <ul style="list-style-type: none">- Danger existant. Les mesures prises ne conduisent pas forcément à l'amélioration souhaitée de la situation.- Le danger est passé. L'ouvrage d'accumulation a subi des dommages qui n'engendrent aucun danger de rupture imminent.
<input type="checkbox"/>	Niveau de danger 5 : danger très fort, situation plus maîtrisable <ul style="list-style-type: none">- Danger existant. Les mesures prises ne conduisent pas à l'amélioration souhaitée de la situation.- L'écoulement incontrôlé d'une grande masse d'eau a eu lieu.- L'ouvrage d'accumulation a subi d'importants dommages qui peuvent conduire à une rupture.

Identification d'un cas d'urgence

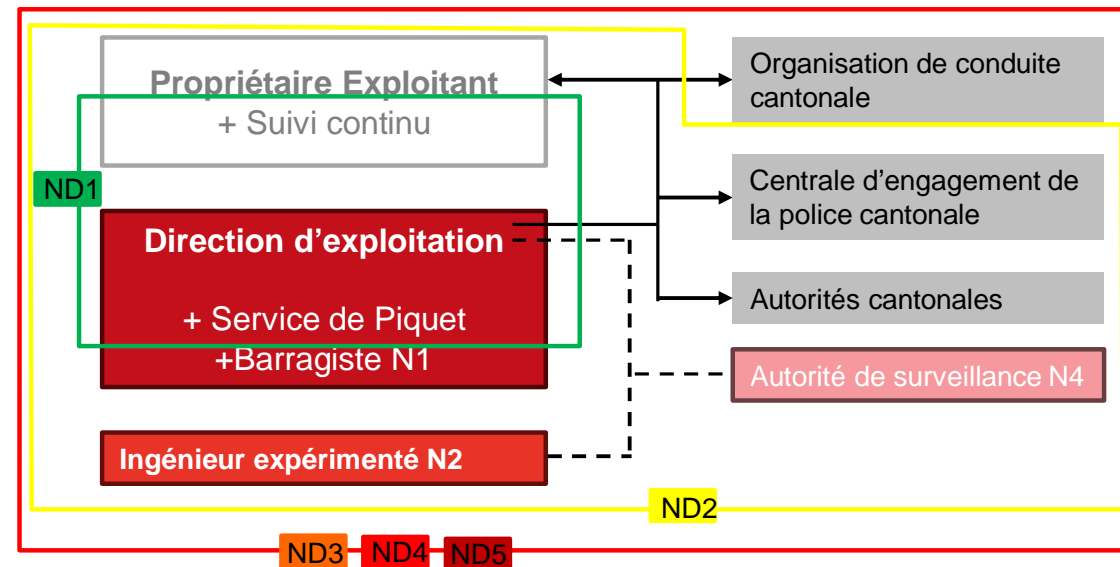
Défis pour les petits ouvrages sans suivi continu

– Organisation d'un ouvrage **avec** suivi continu

Règlement de surveillance (ND1)



Règlement d'urgence (ND2 à 5)

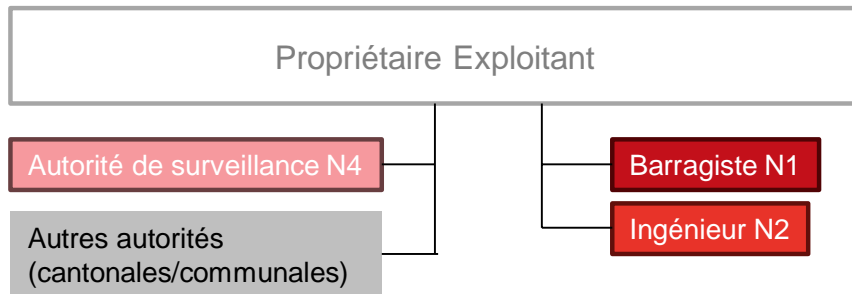


Identification d'un cas d'urgence

Défis pour les petits ouvrages sans suivi continu

- Organisation d'un ouvrage **sans** suivi continu

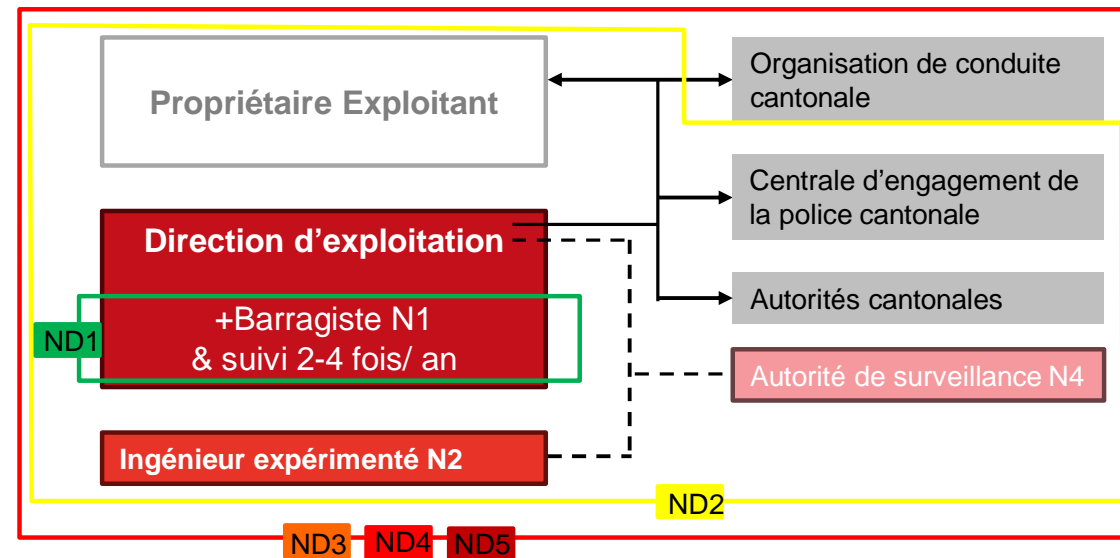
Règlement de surveillance (ND1)



Qui et comment est initié le cas d'urgence ?

→ Exemple dans le canton d'Uri

Règlement d'urgence (ND2 à 5)



Praxisbeispiel

Notfallplanung Geschiebesammler Unteralpreuss, Andermatt



Hauptcharakteristiken

- Baujahr: 2014 - 2015
- Max. Sperrenhöhe: 12.9 m
- Stauhöhe: 7.7 m
- Kronenlänge: 47 m
- Stauvolumen (Wasser): 13'000 m³
- Rückhaltevolumen (Geschiebe): 20'000 m³
- Betreiberin: Kanton Uri, Amt für Tiefbau, Abteilung Infrastruktur
- Aufsichtsbehörde: Kanton Uri, Amt für Tiefbau, Abteilung Projekte

Praxisbeispiel

Notfallplanung Geschiebesammler Unteralpreuss, Andermatt

Inhalt Notfallreglement Stauanlage:

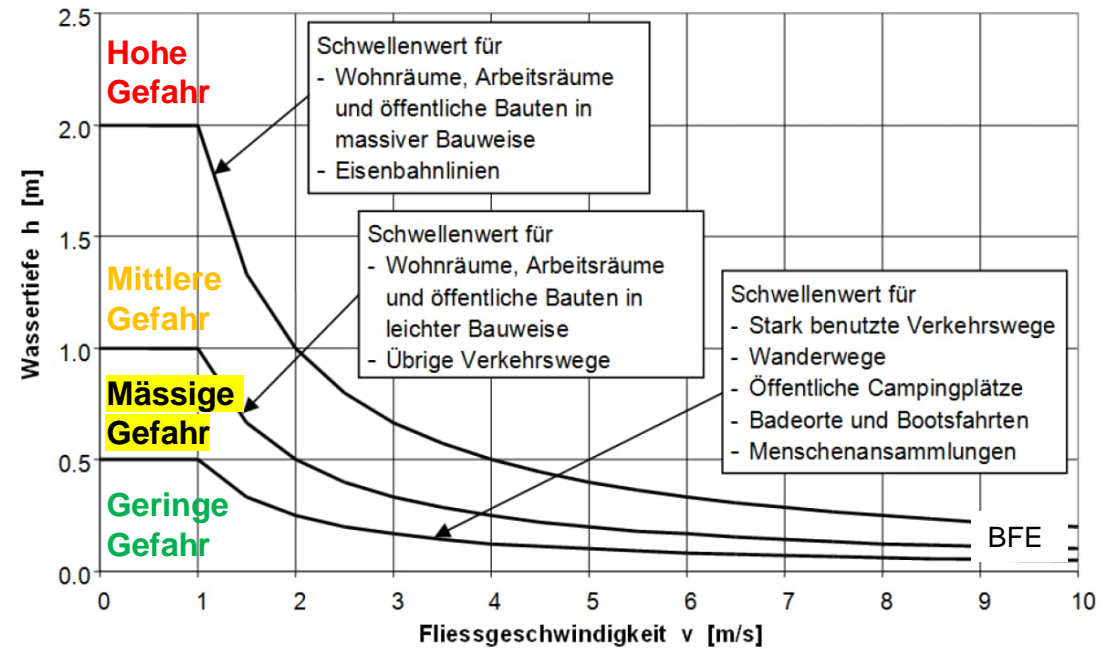
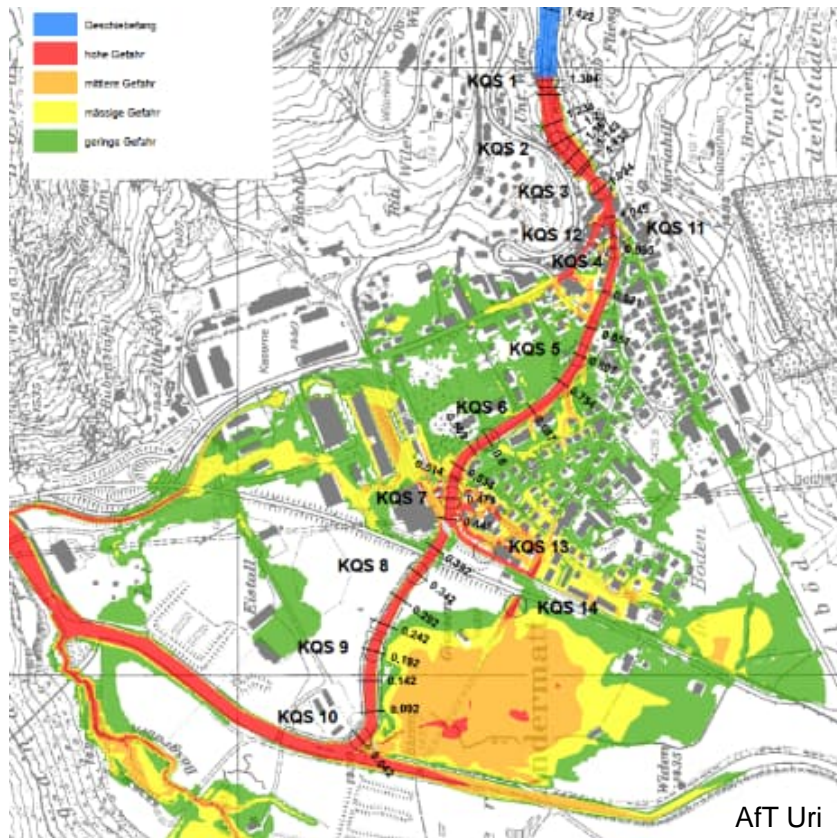
1. Anlagenbeschreibung
2. Überflutungskarte
3. Gefahrenanalyse (entfällt)
4. Notfallstrategie (entfällt)
5. Notfallorganisation (Beschrieb)
6. Einsatzdossier
 1. Notfallorganisation (graphische Darstellung)
 2. Anlagenkennwerte und Bauwerkspläne
7. Nachführung

Unterlagen Notfallplanung Naturgefahren:

- Übersichtsplan Hochwasser
- Ablaufschema Hochwasser
- Übersicht Beobachtungsgebiet
→ ergänzt mit Geschiebesammler
- Interventionspunkt Geschiebesammler
→ neu erstellt

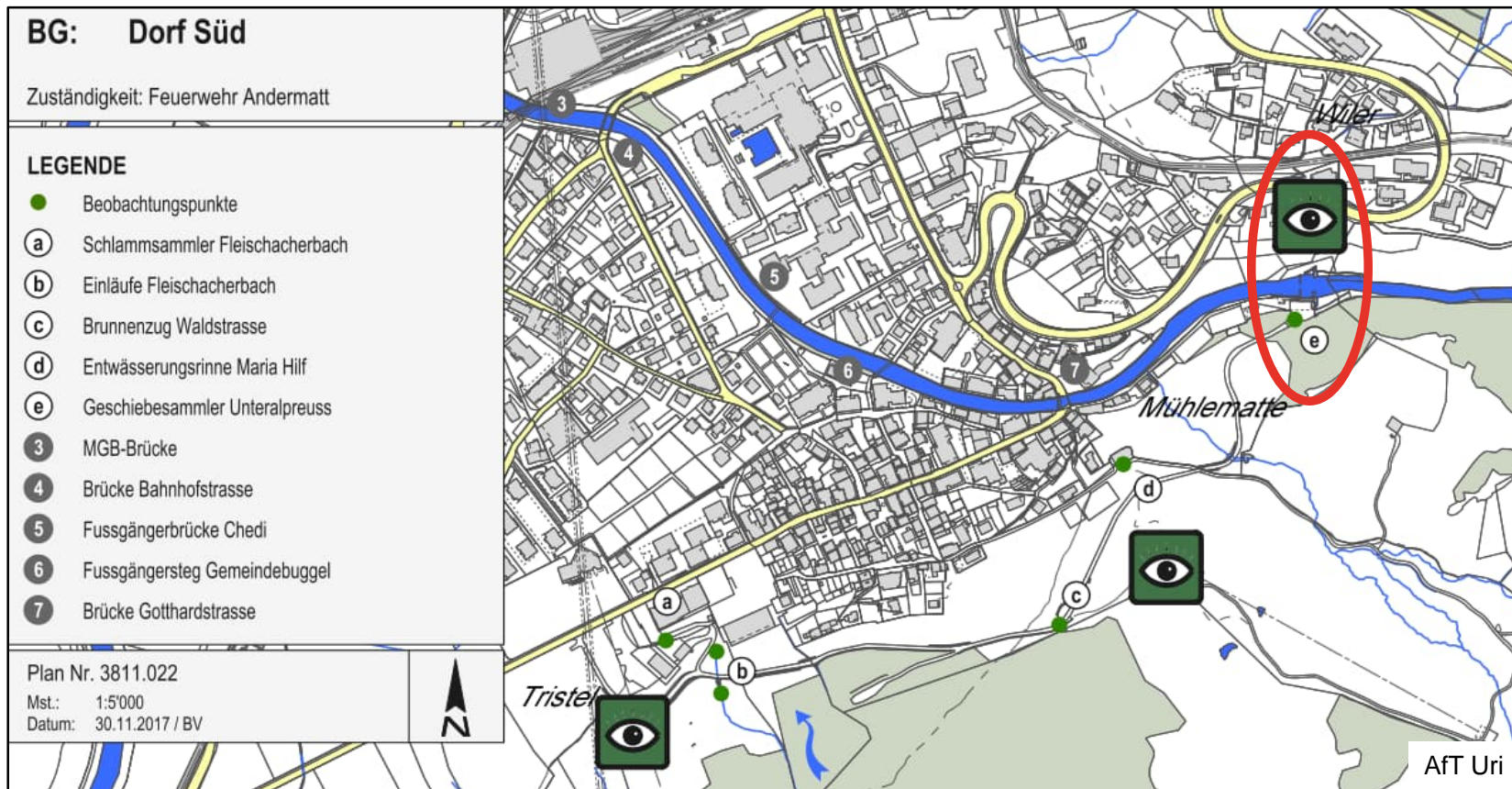
Praxisbeispiel

Notfallplanung Geschiebesammler Unteralpreuss, Andermatt



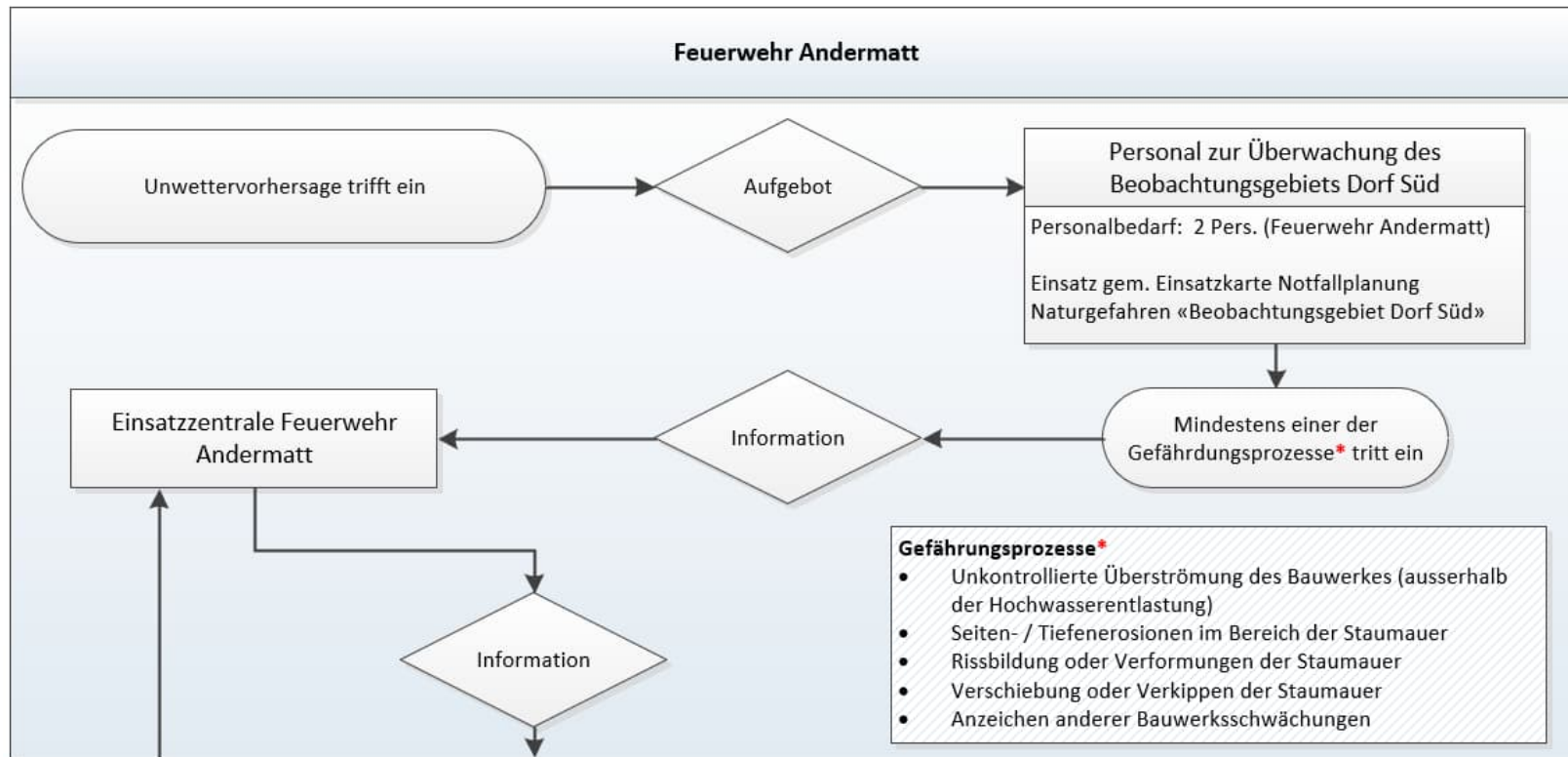
Praxisbeispiel

Notfallplanung Geschiebesammler Unteralpreuss, Andermatt



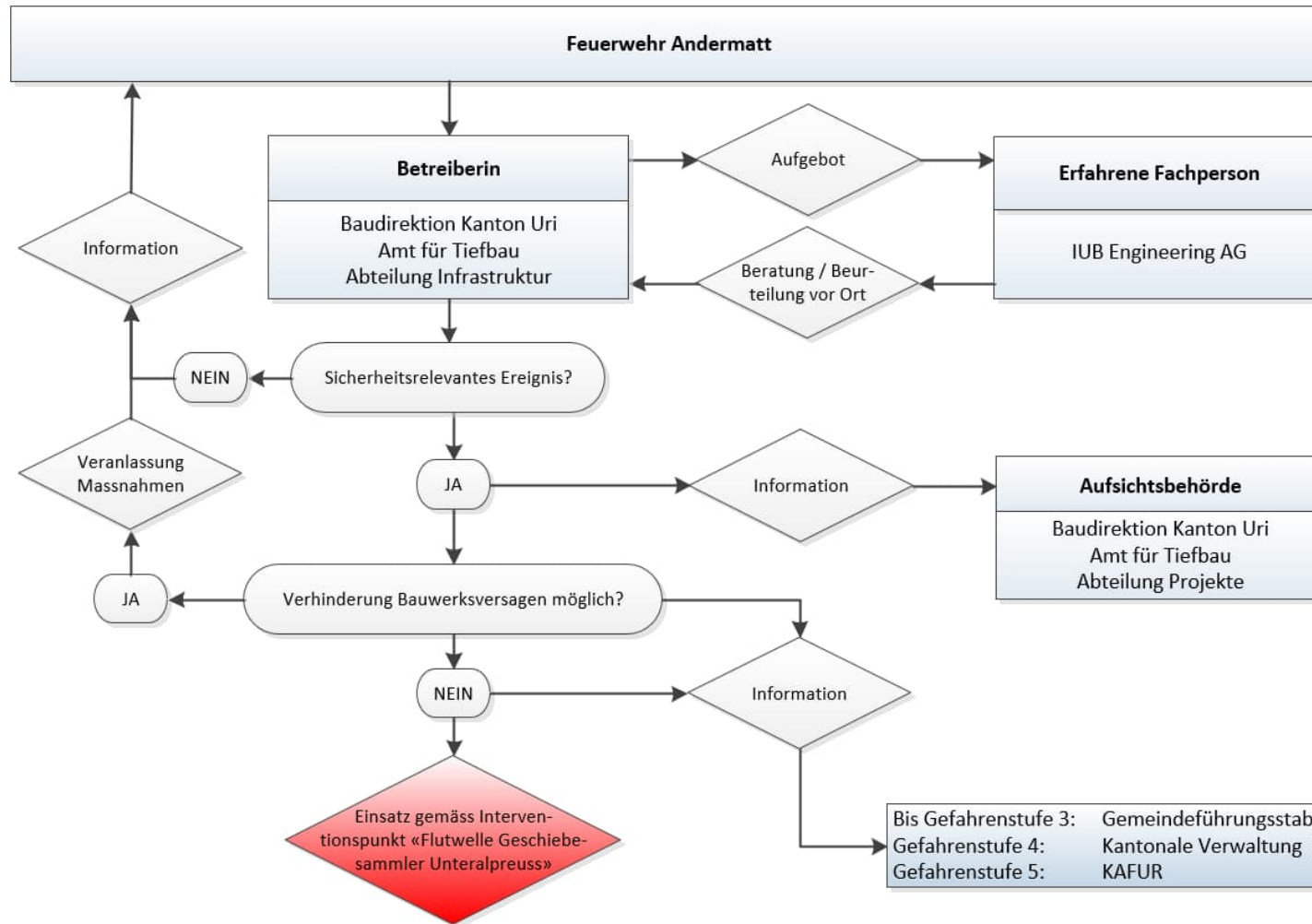
Praxisbeispiel

Notfallplanung Geschiebesammler Unteralpreuss, Andermatt



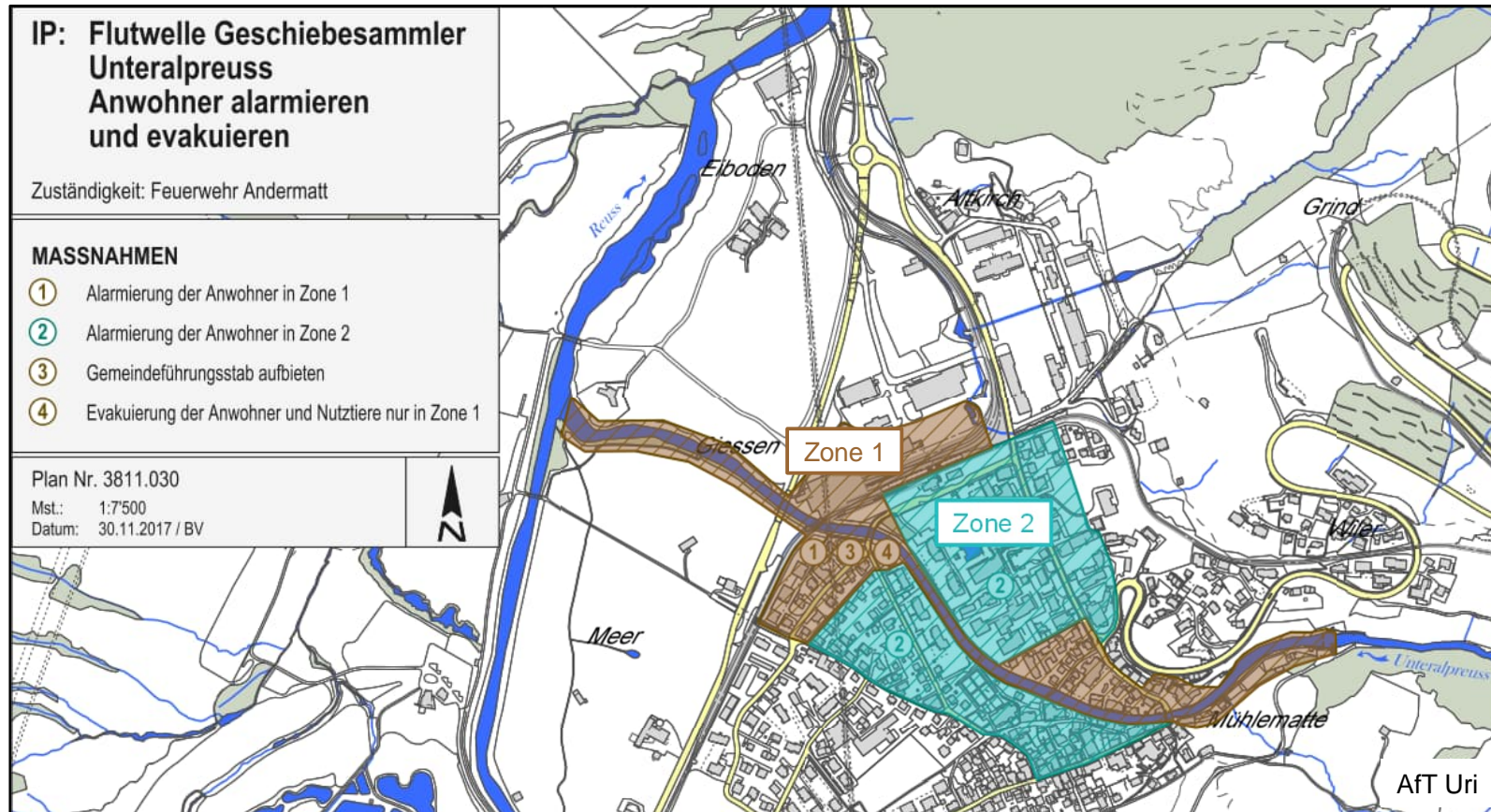
Praxisbeispiel

Notfallplanung Geschiebesammler Unteralpreuss, Andermatt



Praxisbeispiel

Notfallplanung Geschiebesammler Unteralpreuss, Andermatt



Conclusion / Folgerungen

- Les petits ouvrages sont **statistiquement** responsables d'un **grand nombre de victimes**.
- Cependant, le **suivi réduit** (2 à 4 fois par année et après évènements) rend **l'identification des situations d'urgence plus difficile** (que pour les grands barrages).
- Il est proposé d'impliquer les forces d'**intervention locales** (police, pompiers etc.) afin d'avoir un **suivi visuel et une intervention rapide lors d'évènements exceptionnels**.
- Des exercices d'urgence réguliers avec tous les services impliqués pour assurer la sécurité et la confiance dans les procédures.
- Kleine Stauanlagen sind **statistisch** gesehen für eine **grosse Anzahl von Opfern** verantwortlich.
- Aufgrund der **reduzierten Überwachung** (2-4 Mal pro Jahr und nach Ereignissen) ist es **anspruchsvoller Notsituationen** zu erkennen (als bei grossen Stauanlagen).
- Es wird empfohlen, die **lokalen Einsatzkräfte** (Polizei, Feuerwehr etc.) einzubeziehen, um bei ausserordentlichen Ereignissen eine **visuelle Überwachung und rasche Intervention** zu ermöglichen.
- Regelmässige Notfallübungen mit sämtlichen involvierten Stellen schaffen Sicherheit und Vertrauen in die Abläufe!

Questions et Discussion / Fragen und Diskussion

Workshop Sicherheit von kleinen Stauanlagen

Umgang mit besonderem Gefährdungspotenzial

Barbara Schlegel & Martin Aemmer
15. Januar 2025



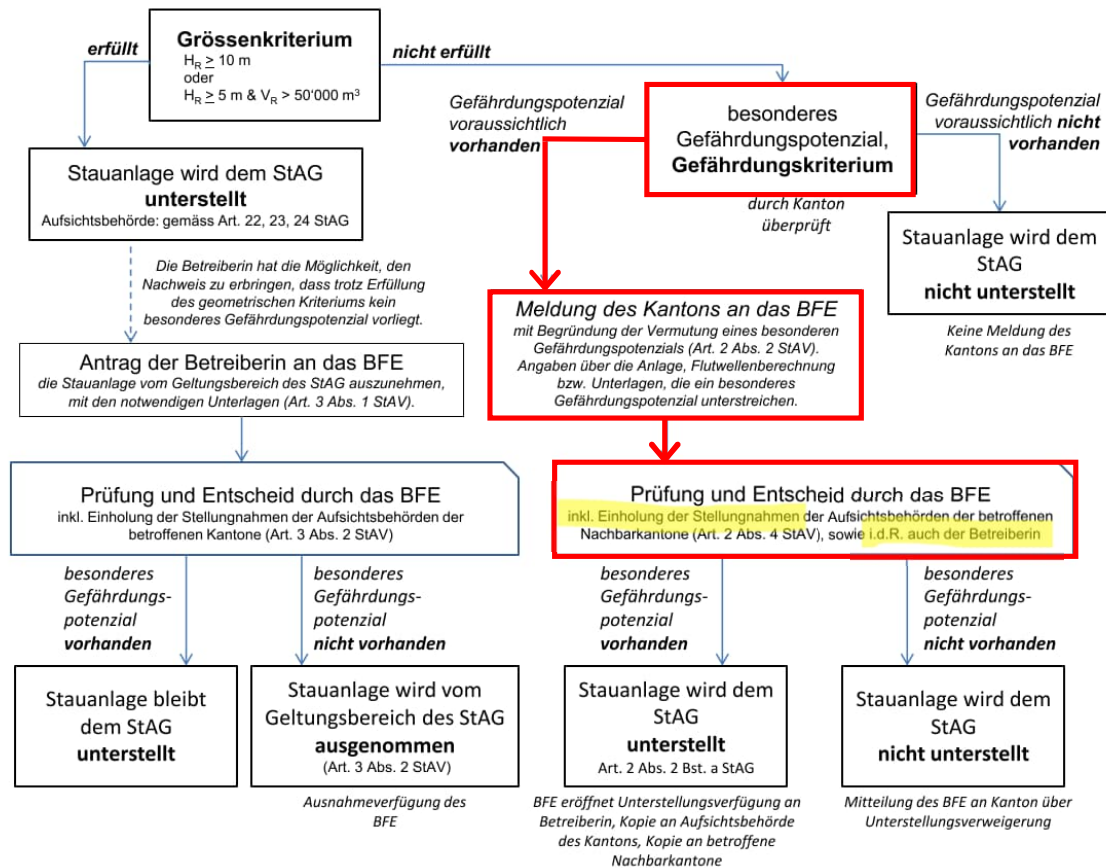
Quelle: AWEL

Inhalt

1. Regulatorische Grundlagen
2. Möglichkeiten das besondere Gefährdungspotenzial herabzusetzen
3. Progressive Bresche
4. Anpassungen an der Stauanlage
5. Festinstallierte Schutzsysteme für gefährdete Objekte
6. Schlussfolgerung und Empfehlungen

Regulatorische Grundlagen

Prozess der Unterstellung einer Stauanlage mit besonderem Gefährdungspotenzial gemäss Richtlinie des BFE, Teil B



Regulatorische Grundlagen

Optionen der Betreiberin

- a) Das besondere Gefährdungspotenzial ist unbestritten und die Stauanlage wird durch das BFE dem StAG unterstellt.
- b) Die Betreiberin zeigt dem BFE auf, dass bei der bestehenden Stauanlage kein besonderes Gefährdungspotenzial vorliegt, bzw. die Situation derart verändert wird, dass keines mehr vorliegt.

Möglichkeiten das besondere Gefährdungspotenzial herabzusetzen

- Methode Flutwellenabschätzung – Progressive Bresche
- Anpassungen an der Stauanlage
- Festinstallierte Schutzsysteme für gefährdete Objekte

Flutwellenabschätzung – Progressive Bresche

Vorgaben Richtlinie über die Sicherheit der Stauanlagen, Teil B zu den Anfangsbedingungen der Flutwellenberechnung bei Staudämmen:

- Plötzlicher und partieller Dambruch mit Standardbresche
- Für homogene Schüttdämme darf eine progressive Breschenbildung angenommen werden, sofern dies mit wissenschaftlich fundierten Methoden begründbar ist.
z.B. Abschätzverfahren «Breach_Macchione» (VAW, 2011),
bei Erfüllung der Anforderungen des BFE
(siehe BFE-Merkblatt «Kriterien für die Anwendbarkeit der progressiven Breschen-Berechnung bei Fragen der Unterstellung von Stauanlagen»)



Quelle: https://www.youtube.com/watch?v=FXn_AqAYyPU

Flutwellenabschätzung – Progressive Bresche

Kriterien des BFE zur Anwendung von Modellen zur progressiven Breschenabschätzung

Dammgeometrie

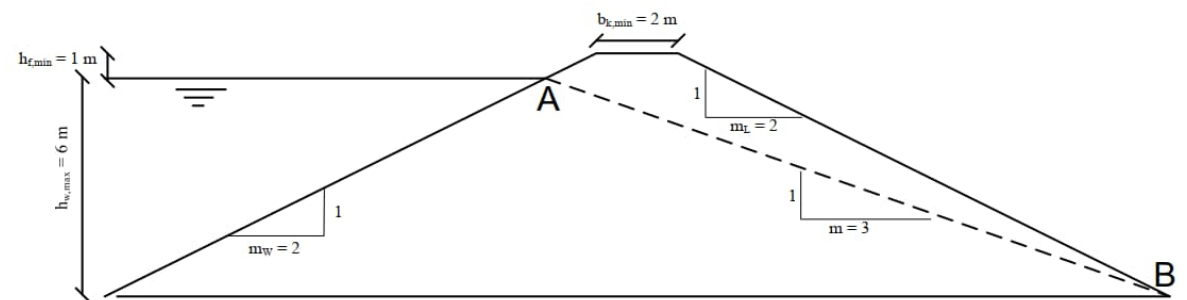
Luftseitige Böschung (1:m _L)	mindestens	m _L = 2
Wasserseitige Böschung (1:m _W)	mindestens	m _W = 2
Neigung der Verbindungslinie A – B (kritischer Bruch) (1:m _{crit})	mindestens	m _{crit} = 3
Stauhöhe	maximal	6 m
Freibord	mindestens	1 m
Kronenbreite	mindestens	2 m
Stauvolumen	maximal	200'000 m ³

Bauart

homogener Erdschüttdamm aus Moränenmaterial (Material darf nicht durch Feinmaterial dominiert sein)

Region

Nur anwendbar in den Erdbebenzonen 1a und 1b nach SIA 261 (2020)



Flutwellenabschätzung – Progressive Bresche

	Plötzlicher und partieller Dammbbruch mit Standardbresche	Progressiver Dammbbruch (gemäss Breach_Macchione [VAW, 2011])
Eingabegrössen zur Berechnung des maximalen Breschenabflusses	- Stauhöhe	- Stauvolumen - Dammhöhe - Böschungsneigungen - Kronenbreite - Hochwasserzufluss

Vergleich plötzlicher und progressiver Dammbbruch:

- ⇒ Tendenzielle Überschätzung des max. Breschenabflusses bei grossen Stauhöhen und kleinen Stauvolumina unter Annahme eines plötzlichen und partiellen Dammbbruchs mit Standardbresche
- ⇒ Tendenzielle Unterschätzung des max. Breschenabflusses bei grossen Stauvolumina und kleinen Stauhöhen unter Annahme eines plötzlichen und partiellen Dammbbruchs mit Standardbresche

Flutwellenabschätzung – Progressive Bresche

Beispiel

		Stauanlage 1	Stauanlage 2
Stauhöhe	[m]	4.8	2.5
Stauvolumen bei Stauziel	[m ³]	15'000	45'000
Stauvolumen auf Kronenhöhe	[m ³]	18'000	49'000
Max. Dammhöhe	[m]	6.0	3.5
Kronenbreite	[m]	2.5	2.5
Böschungsneigung 1:m	[-]	2	2
Hochwasserzufluss Q_{in}	[m ³ /s]	6.0	6.0
Maximaler Breschenabfluss Plötzlicher Dambruch	[m ³ /s]	130	25
Maximaler Breschenabfluss Progressiver Dambruch	[m ³ /s]	59	73

Anpassungen an der Stauanlage

1. Reduktion der Stauhöhe und/oder des Stauvolumens zur Reduktion des Breschenabflusses (Beispiel Sülibachweiher ZH)
2. Umbau zu einem nicht verstopfungsanfälligen Überlauf und/oder Neubau einer nicht verstopfungsanfälligen Hochwasserentlastung zur Reduktion der Referenzhöhe für den Breschenabfluss
3. Rückbau der Stauanlage und Wiederherstellung des ursprünglichen Zustands



Beispiel:
Sülibachweiher ZH

vorher ⇒ nachher



Anpassungen an der Stauanlage

Beispiel Sülibachweiher ZH

1. Absenkung der Dammhöhe



Anpassungen an der Stauanlage

Beispiel Sülibachweiher ZH

2. Ausgleich der luftseitigen Dammböschung



Anpassungen an der Stauanlage

Beispiel Sülibachweiher ZH

3. Abdichtung der wasserseitigen Dammböschung mit Lehmschicht



Anpassungen an der Stauanlage

Beispiel Sülibachweiher ZH

4. Neues Auslaufbauwerk auf tieferem Niveau



Anpassungen an der Stauanlage

Beispiel Sülibachweiher ZH

5. Absenkung des Einlaufs der Hochwasserentlastung



Anpassungen an der Stauanlage

Beispiel Sülibachweiher ZH

Umgebaute Anlage



Quelle der Bilder: AWEL

Festinstallierte Schutzsysteme für gefährdete Objekte

Schutz gefährdeter Objekte im Abflussgebiet der Flutwelle mit baulichen Massnahmen
(Objektschutzmassnahmen = fest installierte Schutzsysteme)

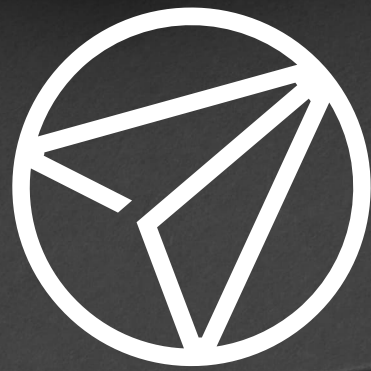
- Fixe Installationen, z.B. Mauer, um die Flutwelle abzulenken
- Schutzdamm analog zu einem Lawinenschutzdamm, um die Flutwelle abzulenken

⇒ Mobile Schutzsysteme sind aufgrund der beschränkten Vorwarnung bzw. Vorwarnzeit nicht akzeptabel

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

- Die Betreiberin ist unabhängig einer Unterstellung jederzeit für die Sicherheit ihrer Stauanlage verantwortlich.
- Empfehlungen zur Sicherheit von Stauanlagen, die nicht dem StAG unterstellt sind, befinden sich in Kapitel 9 der Fachpublikation "Sicherheit von kleinen Stauanlagen".
- Es wird empfohlen, dass Stauanlagen, welche aus der Unterstellung ausgenommen werden:
 - die Nachweise zur Hochwasser-, Stand- und Erdbebensicherheit gemäss Kapitel 9 der Fachpublikation erfüllen (Regeln der Baukunde).
 - die sicherheitsrelevanten Betriebsvorschriften weiterhin auf dem neusten Stand gehalten werden.

⇒ Regelmässige Überprüfung des besonderen Gefährdungspotenzials ist gemäss Richtlinie des BFE, Teil B erforderlich.



AFRY

AF PÖYRY



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN
Ufficio federale dell'energia UFE
Uffizi federal d'energia UFE

BFE-PROJEKTE BETREFFEND KLEINE STAUANLAGEN

STAND DER ARBEITEN UND AUSBLICK



LAUFENDE PROJEKTE

- Richtlinie Teil C3 → 2025
- Richtlinie Teil G «Sicherheitsanforderungen für Stauanlagen zum Schutz vor Naturgefahren» → 2026*
- Die Überarbeitung der Richtlinie, Teile B und E, wird sich voraussichtlich auf die Methoden und Annahmen bezüglich der Entwicklung von Überflutungskarten auswirken → 2026*
- Bericht über die Definition von „Stark Befahrenen Verkehrswegen“ (Permanente Belegung für die Frage der Unterstellung aufgrund besonderen Gefährdungspotenzials, RL. T. B) → 2025

* Das angekündigte Programm entspricht dem vorgesehenen internen Zeitplan.



DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT



Prof. Dr. Amin Askarinejad

Leiter Forschungsprogramm
Stauanlagensicherheit
Fachspezialist Aufsicht Talsperren

UVEK BFE TS

amin.askarinejad@bfe.admin.ch

energieplus.com