

# **Staurationverlandung und Klimawandel: *alle sprechen davon, getan wird aber wenig!***

**Prof. em. Dr. Anton Schleiss**

**Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)**

**Honorary President ICOLD**

**Koordinator Hydropower Europe**



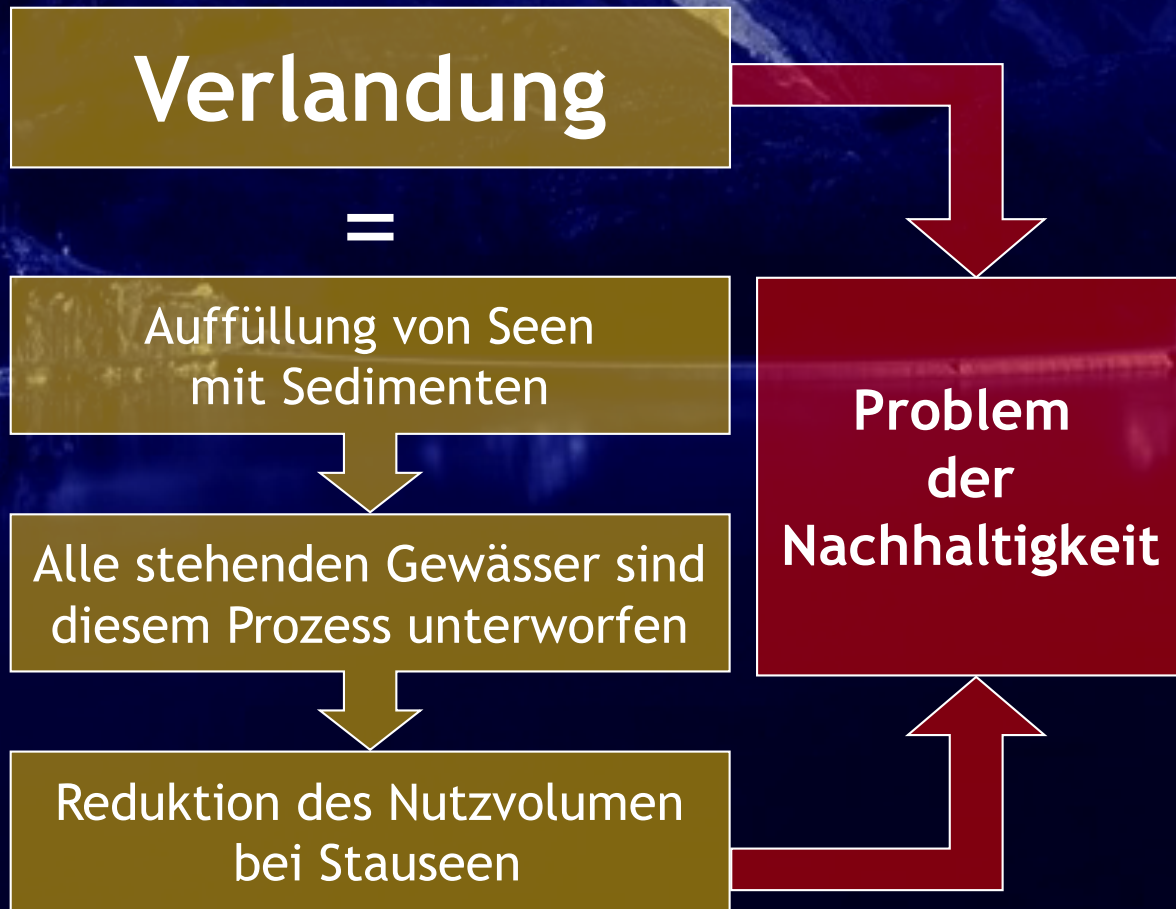
**3. INTERALPINE ENERGIE- & UMWELTTAGE  
Prutz 27.-28. Februar 2020**

The EPFL logo, consisting of the letters "EPFL" in a bold, red, sans-serif font.

# Inhalt des Vortrages

1. Weltweite Bedeutung und Ursache der Verlandung
2. Stauraumverlandung und Herausforderung des Klimawandels
3. Massnahmen gegen Verlandung - Was wissen wir seit wann?
4. Trübestrome als Hauptursache der Verlandung von alpinen Stauseen
5. Beherrschung von Trübestromen - Fallstudie Stausee Livigno
6. Neuere Forschungserkenntnisse: Einfluss von Pumpspeicherbetrieb, Durchleiten von Trübestromen und Aufwirbeln von Feinsedimenten in Stauseen
7. Schlussfolgerungen

# Bedeutung und Ursache der Verlandung



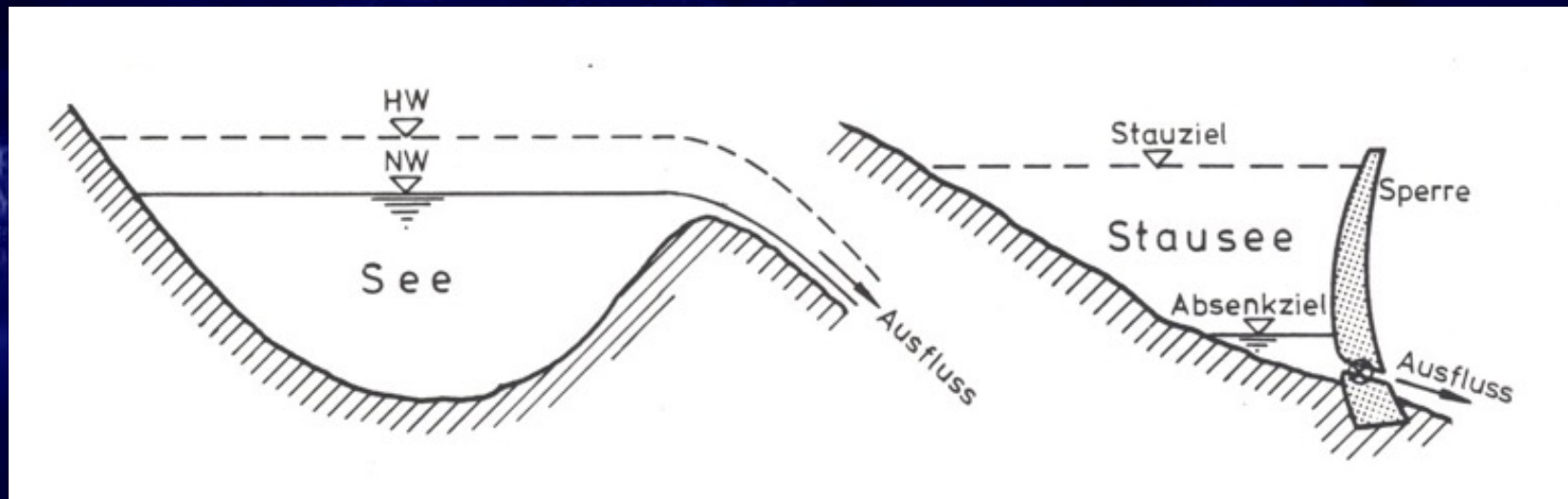
Staumauer Mauvoisin im Kt. Wallis



Sedimente vor Grundablasselinlauf bei Entleerung im Mai 1985

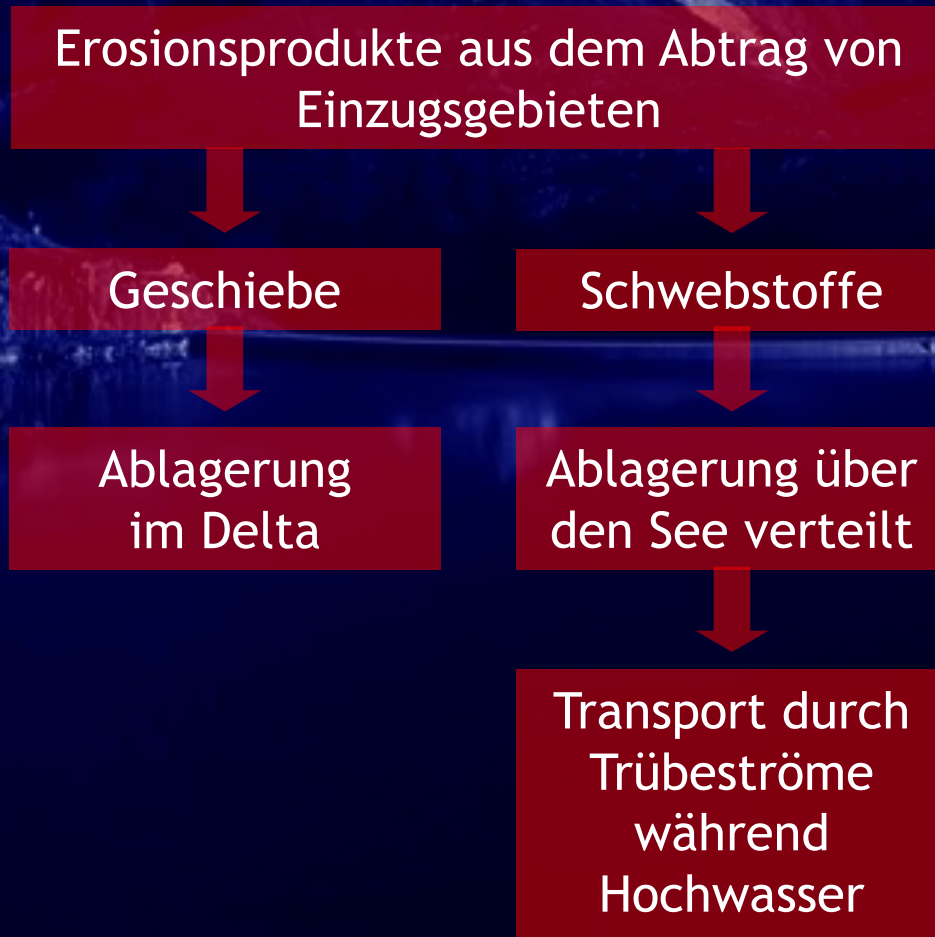
# Bedeutung und Ursache der Verlandung

- Morphologische und hydrologische Besonderheiten von Stauseen



- Ursache der Verlandung
  - Eintrag von Geschiebe und Schwebstoffen
  - Bildung von Sediment durch biologische Prozesse
  - Zuwachsen durch Vegetation (Moorbildung)

# Ursache der Verlandung und Prozesse

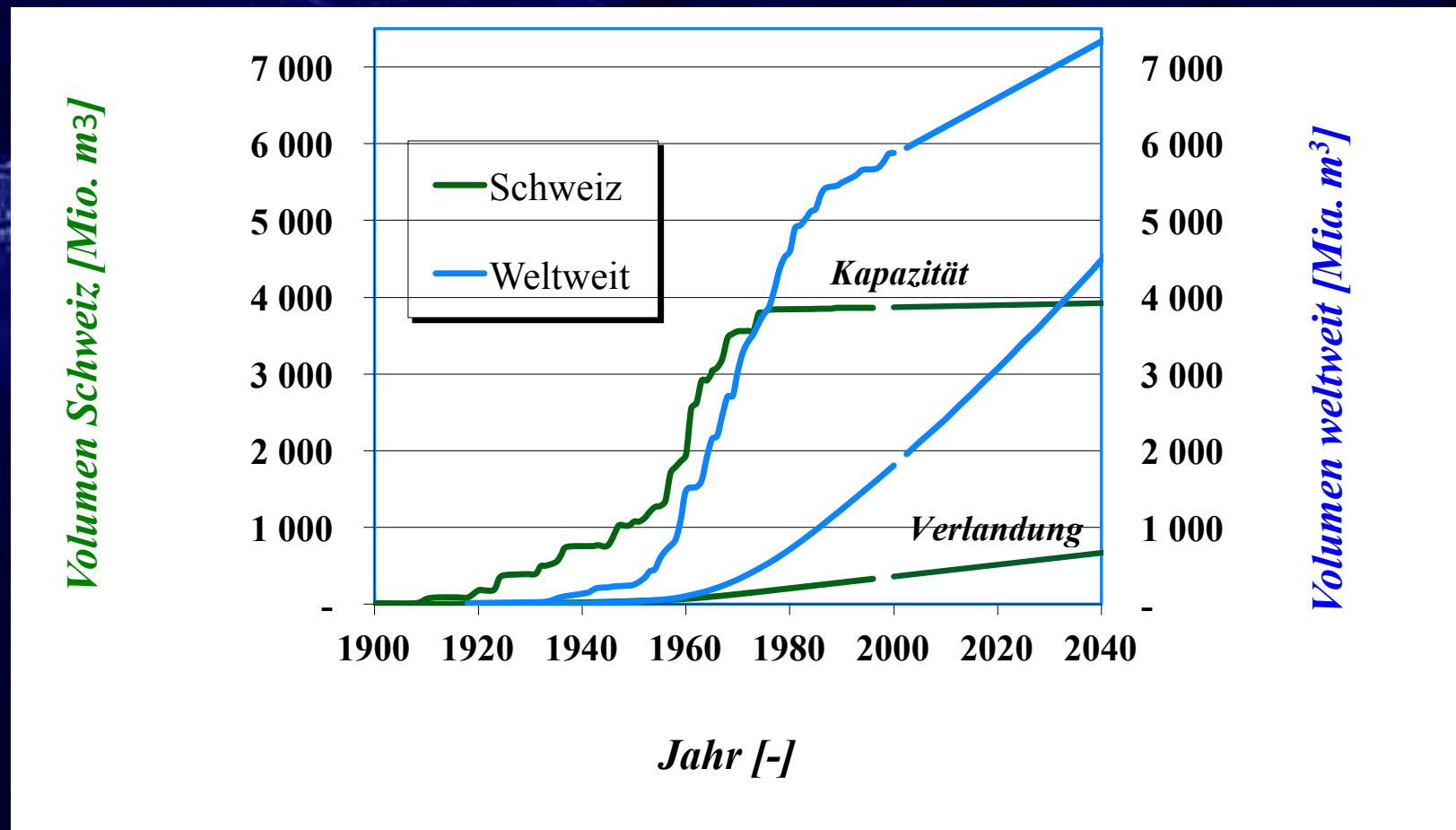


Stausee Mauvoisin während Entleerung im Mai 1985



# Bedeutung der Staauraumverlandung

Durchschnittliche Abnahme der Stauseevolumen durch Verlandung in der Schweiz (0.2%/Jahr) und weltweit (1%/Jahr)



Vergleich mit Zunahme der Kapazität durch Bautätigkeit

# Weltweite Bedeutung der Verlandung

Region	Speicher für Wasserkraftnutzung: Zeitpunkt wenn 80 % des Nutzvolumens verlandet ist	Sonstige Speicher: Zeitpunkt wenn 70% des Nutzvolumens verlandet ist
Afrika	2100	2090
Asien	2035	2025
Australasien	2070	2080
Mittelamerika	2060	2040
Europe und Russland	2080	2060
Mittlerer Osten	2060	2030
Nordamerika	2060	2070
Südamerika	2080	2060

Zeitpunkt wenn 80% des Nutzvolumens für die Wasserkraftnutzung (resp. 70% des Volumens für andere Verwendungszwecke) in den Speichern in verschiedenen Regionen durch Verlandung verloren gegangen ist (Basson, 2009)

# Weltweite Bedeutung der Verlandung

- Ersatzinvestition der jährlich verloren gegangenen Speicherkapazität von 1 %: 16 - 24 Billionen \$/Jahr.
- **Kosten für den Betrieb und Unterhalt der bestehenden Speicher: 60 Billionen \$/Jahr geschätzt.**
- Weltweite Ertrag der Speicher: 125 Billionen \$/Jahr für Elektrizitätsproduktion; 50 bis 100 Billionen \$/Jahr für Bewässerung resp. Nahrungsmittelproduktion.
- **Die jährlichen Investitionsverluste durch die Verlandung betragen also etwa 25% bis 40% der Unterhalts- und Betriebskosten.**
- Im Vergleich dazu werden aber für Massnahmen gegen die Verlandung bei weitem nicht soviel investiert.



# Stauraumverlandung und Herausforderung des Klimawandels

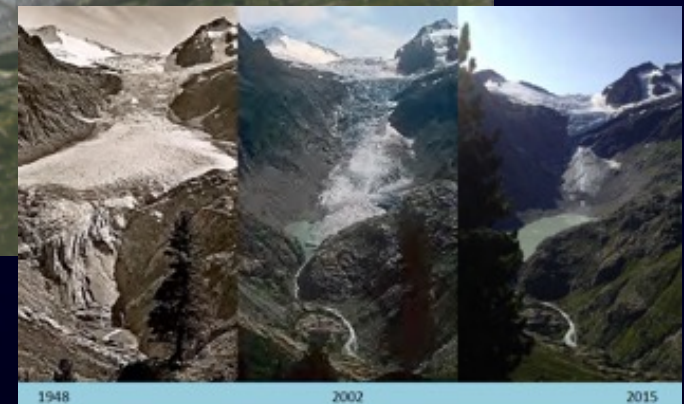
- Die nachhaltige Nutzung von Stauseen wird mehr und mehr durch die Verlandung gefährdet weil der Sedimenteintrag mit dem Klimawandel noch zunehmen wird.
- Dringende Massnahmen sind bereits heute bei vielen bestehenden Stauseen notwendig.
- Neue Stauseen müssen hinsichtlich ihrer Resilienz gegen Verlandung entworfen werden.



# Einfluss der Klimaänderung Zunahme der Bodenerosion im alpinen Raum mit Rückzug der Gletscher

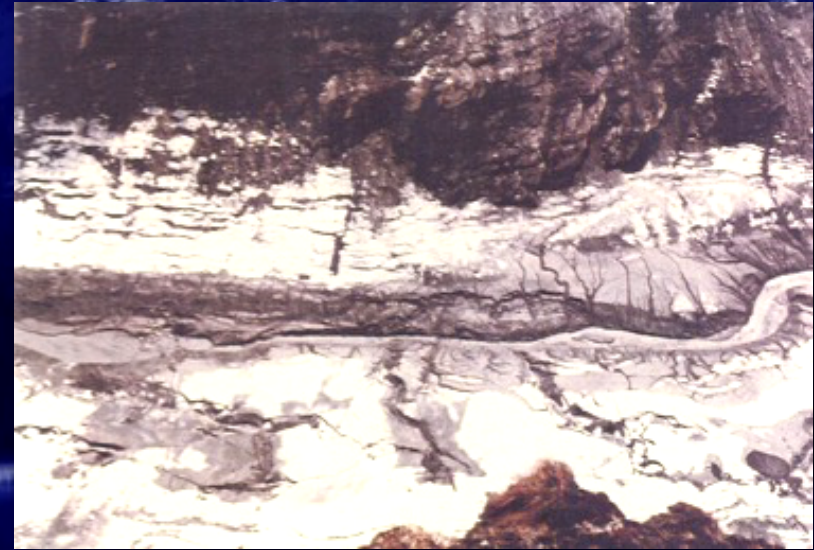


Zunge des Triftgletschers im September 2004 (OcCC - Kull)



# Massnahmen gegen die Verlandung

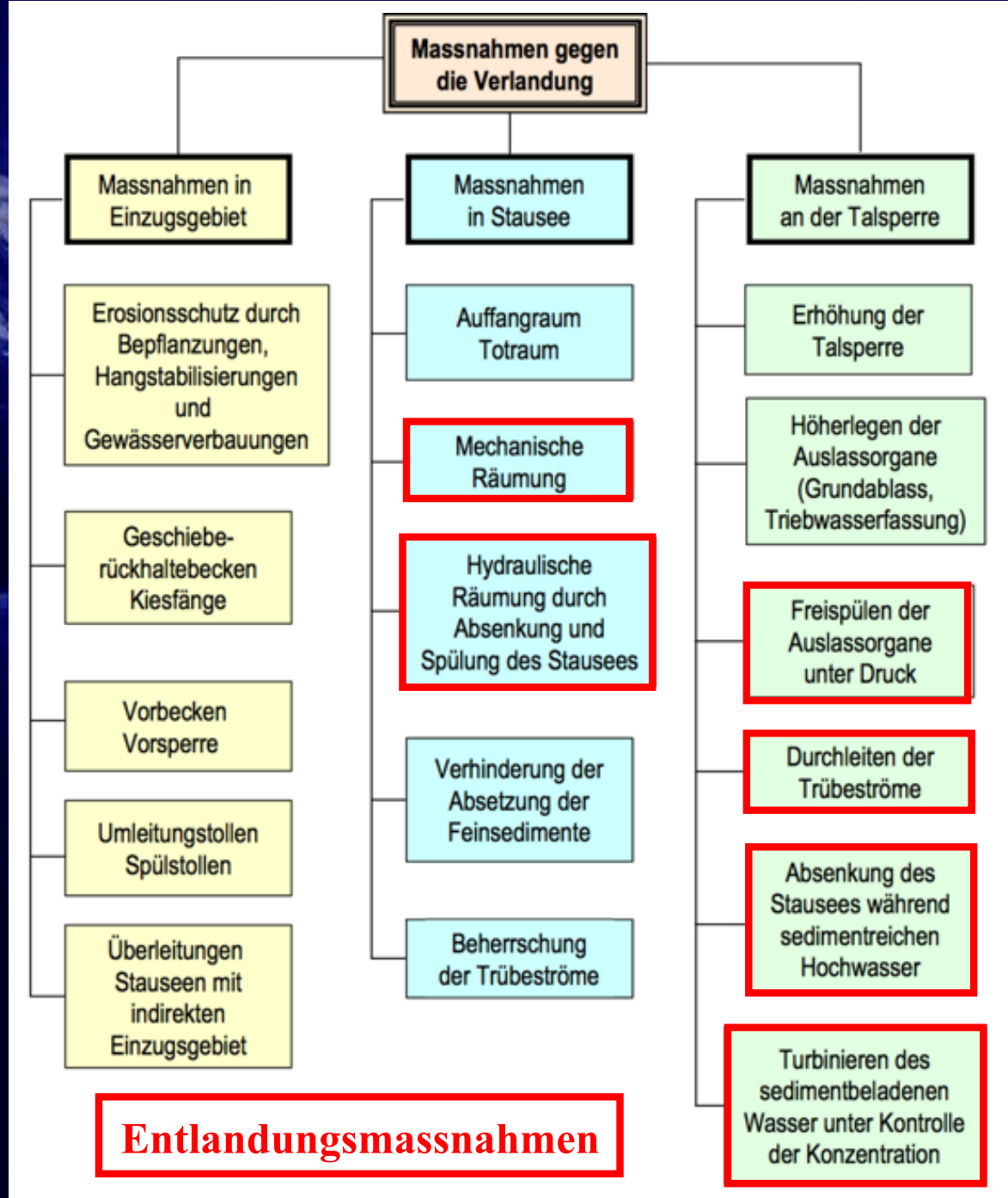
- Wann ?
  - Präventiv
  - Retroaktiv
- Wo ?
  - Einzugsgebiet
  - Stausee
  - Talsperre



Stausee Mauvoisin während Entleerung im Mai 1985



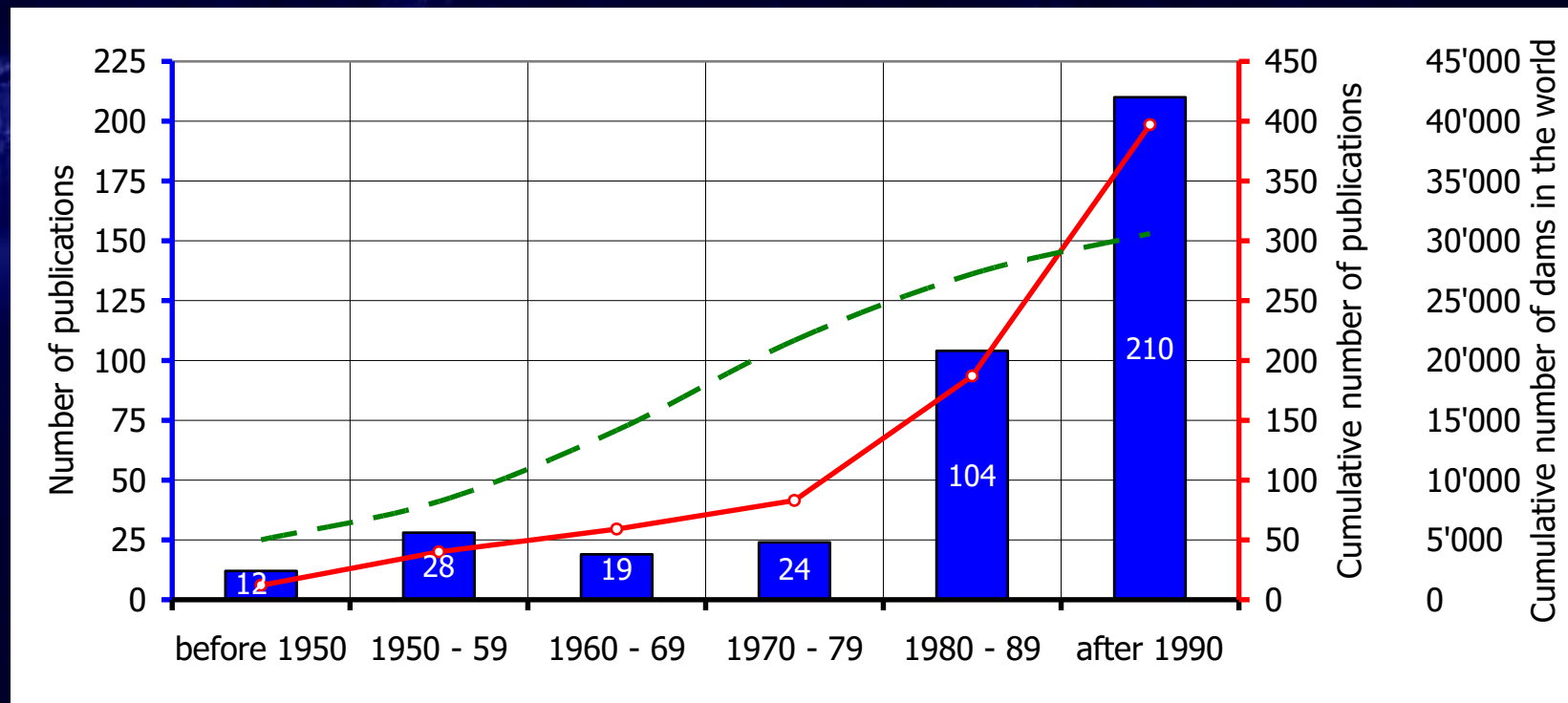
# Massnahmen gegen die Verlandung sind seit langem bekannt



# Problem der weltweiten Staauraumverlandung

## Was wissen wir seit wann?

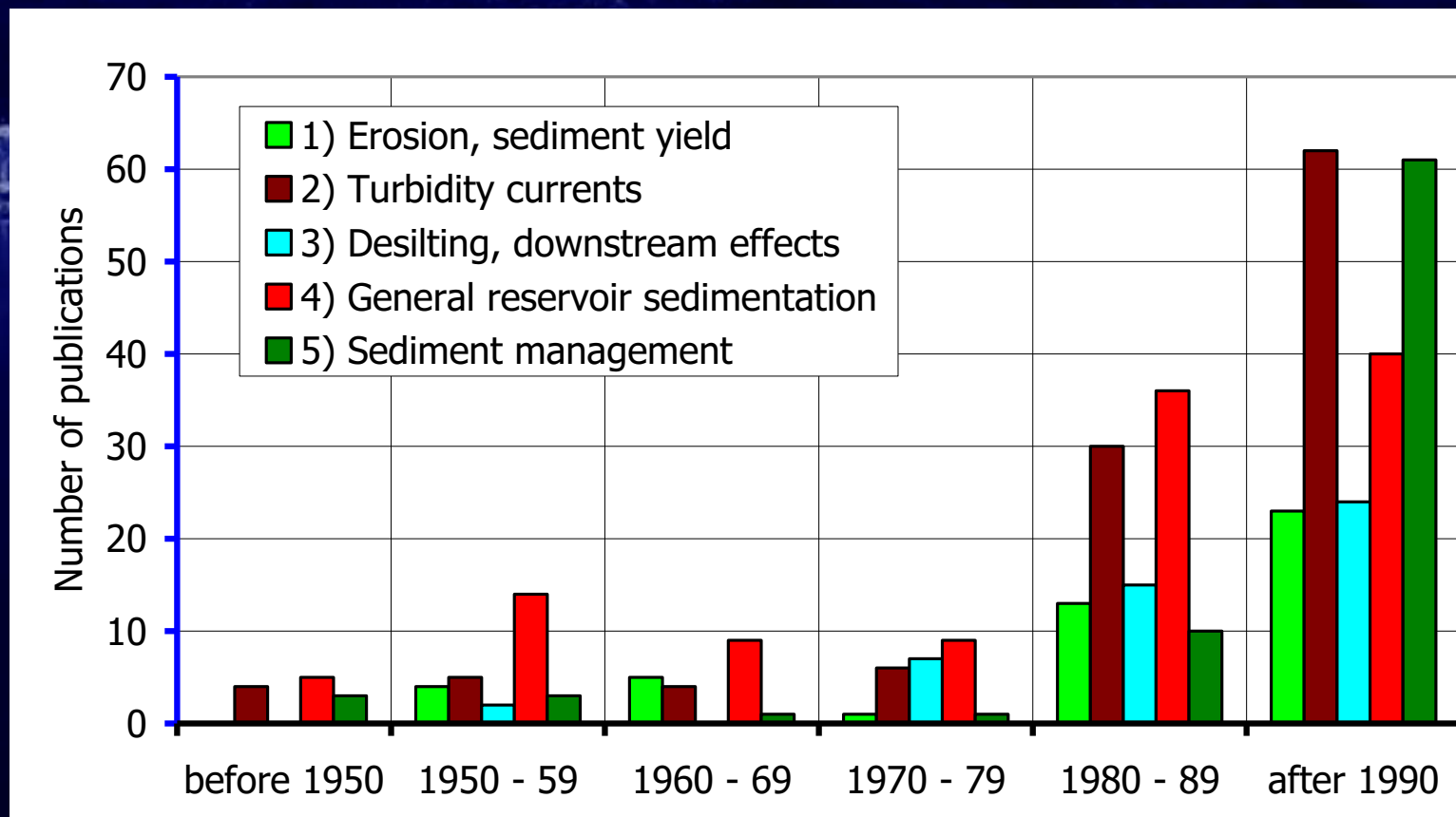
- Resultat der Analyse von 400 Publikationen seit Beginn de letzten Jahrhunderts bis 2005



# Problem der weltweiten Staurationverlandung

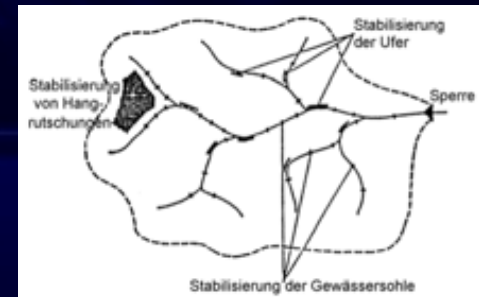
## Was wissen wir seit wann?

- Publikationen zu Themen Sedimenteintrag, Trübeströme, Entlandung und Effekte flussabwärts, allgemein Staurationverlandung und Sedimentbewirtschaftung

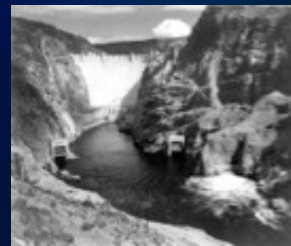


# Entwicklung der Kenntnisse

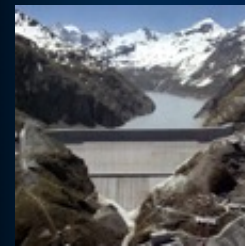
- **Massnahmen gegen Oberflächenerosion** in Einzugsgebieten waren bereits vor 1950 in einigen betroffenen Ländern gut entwickelt



Old Aswan  
Dam 1902



Hoover  
Dam 1935



Gd. Dixence  
Dam 1961

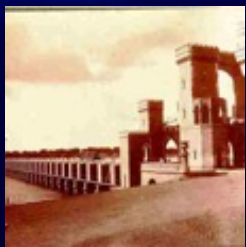


Tarbela  
Dam 1976



# Entwicklung der Kenntnisse Massnahmen

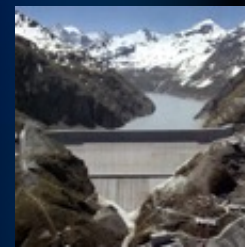
- Methoden zur Abschätzung von Oberflächenerosionen in Einzugsgebieten wurden zwischen 1960 und 1970 entwickelt



Old Aswan  
Dam 1902



Hoover  
Dam 1935



Gd. Dixence  
Dam 1961



Tajbela  
Dam 1976



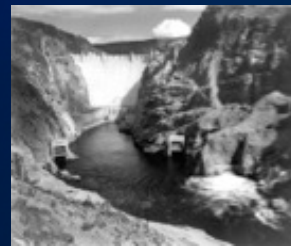


# Entwicklung der Kenntnisse

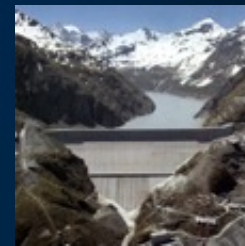
- Trübeströme wurden bereits vor 1950 beobachtet und die theoretischen Kenntnisse waren bereits vor 1980 vorhanden



Old Aswan  
Dam 1902



Hoover  
Dam 1935



Gd. Dixence  
Dam 1961



Tarbel  
Dam 1976

1900

1950

1980

2000

# Entwicklung der Kenntnisse Massnahmen

- Entlandungsmassnahmen wie Spülungen und Baggerungen wurden bereits zu Beginn des letzten Jahrhunderts angewandt.

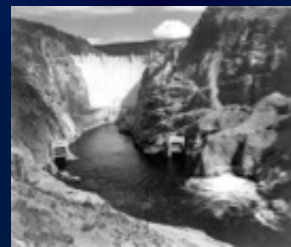


# Entwicklung der Kenntnisse Massnahmen

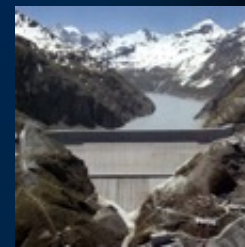
- Methoden zur Abführung von eingetragenen Sedimenten wie Durchschleusen oder Durchleiten von Trübeströme (Venting) wurden bereits zu Beginn des letzten Jahrhunderts angewandt mit starken Zunahme seit 1970



Old Aswan  
Dam 1902



Hoover  
Dam 1935



Gd. Dixence  
Dam 1961



Tarbela  
Dam 1976

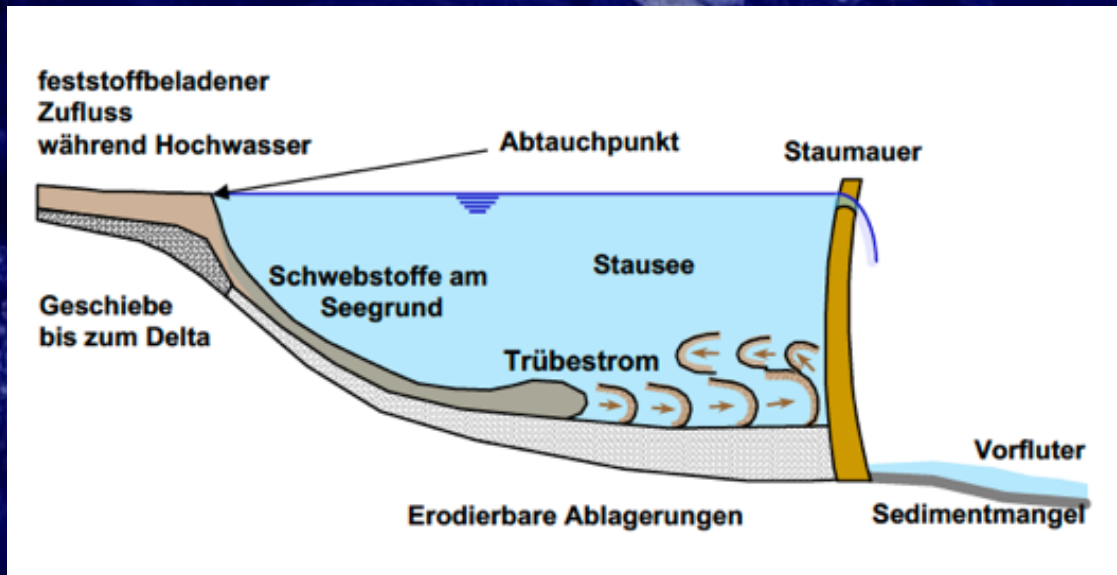
1900

2000

# Beitrag von ICOLD hinsichtlich Staurationverlandung

- ❖ 1936 2<sup>nd</sup> Congress, Washington. Communication 5 "Silting of reservoirs"
- ❖ 1951 4<sup>th</sup> Congress, New Delhi. Q14 "Sedimentation in reservoirs and related problems"
- ❖ 1973 11<sup>th</sup> Congress, Madrid. Q40 "The consequences on the environment of building dams"
- ❖ 1976 12<sup>th</sup> Congress, Mexico. Q47 "The effect on dams and reservoirs of some environmental factors"
- ❖ 1982 14<sup>th</sup> Congress, Rio de Janeiro. Q56. "Reservoir sedimentation and slope stability..."
- ❖ 1997 19<sup>th</sup> Congress, Florence. Q74, "...Sedimentation including effects on structures, equipment, water quality and river downstream"
- ❖ 2009 23<sup>th</sup> Congress Brasilia. Q89 "Management of siltation in existing and new reservoirs"
- ❖ 2018 26<sup>th</sup> Congress Vienna. Q100 "Sedimentation and sustainable management"

# Trübestrome als Hauptursache für den Sedimenttransport in alpinen Stauseen



Schematische Darstellung eines Trübestroms in einem Stausee

Abtauchen eines Trübestroms in den Lac Léman



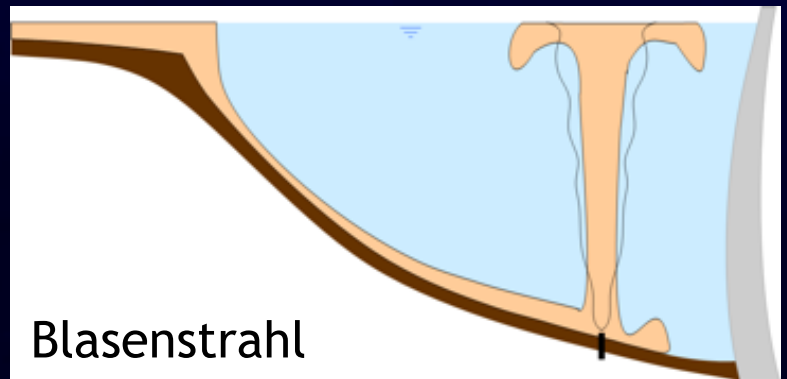
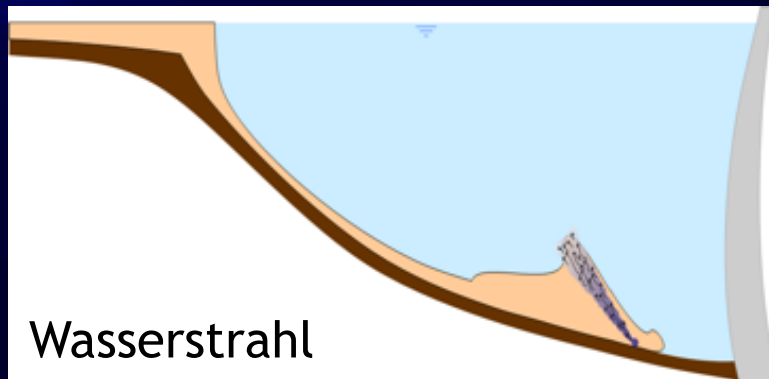
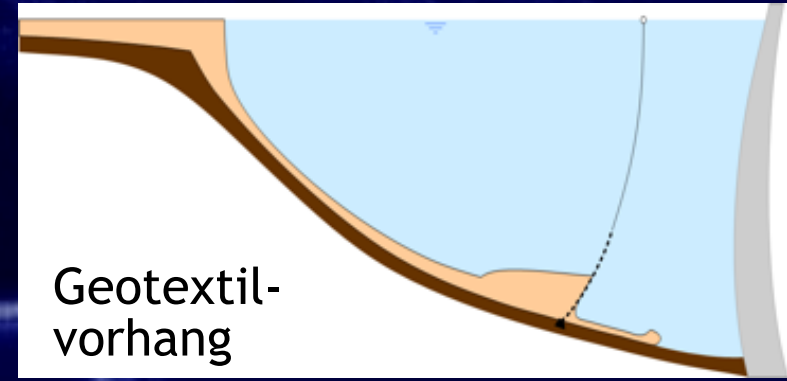
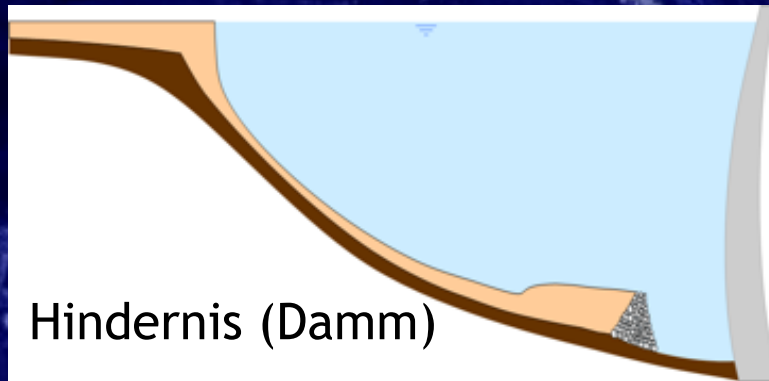
# Beherrschung von Trübeströmen in Stauseen

- Technische Massnahmen und ihre Wirkung

Massnahme	Hindernisse	Rauhigkeits- elemente	Zuführung von Fremdenergie
Wirkung			
Stoppen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Damm oder Mauer</li> <li>• Schwimmender oder fixer Geotextilvorhang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gitter, Rechen</li> <li>• Buhnen</li> <li>• Schwellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftschleier</li> <li>• Wasserschleier</li> </ul>
Verdünnen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufgelöste Gitterwände</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gitter, Rechen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftschleier</li> <li>• Wasserschleier</li> <li>• Mechanischer Mixer</li> <li>• Düsenmischer</li> </ul>
Umleiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leitdamm oder Leitmauer</li> <li>• Geotextilleitung</li> <li>• Schwimmender Geotextilvorhang</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geotextilleitung</li> <li>• Schwimmender Geotextilvorhang</li> <li>• Gitter, Rechen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokale Wasserinjektion</li> </ul>

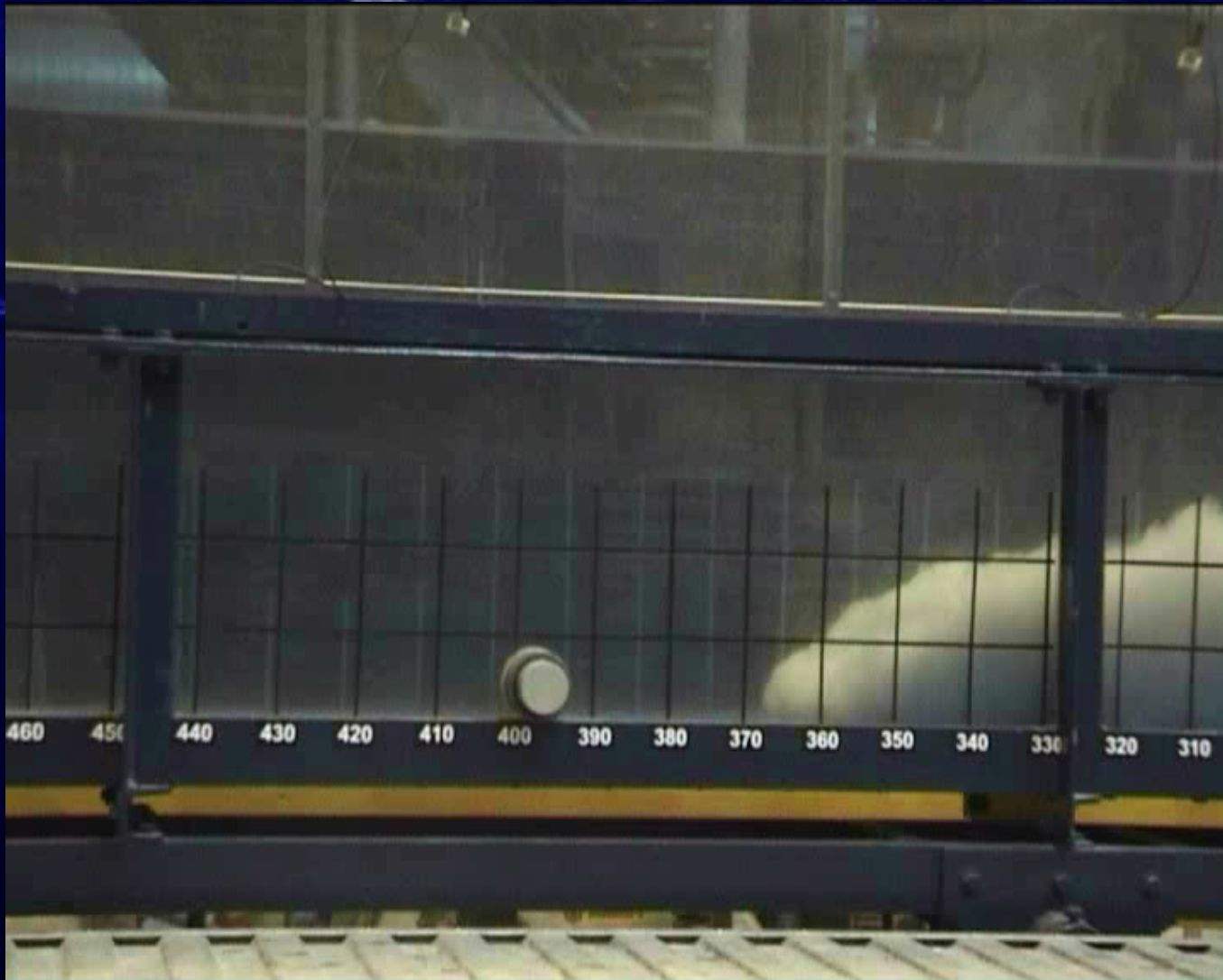
# Beherrschung von Trübeströmen in Stauseen

- Mögliche und erforschte Lösungsansätze



# Beherrschung von Trübeströmen

- Wirkung von Hindernissen im Stausee  
Modellversuch im Kanal





# Numerische Simulation eines Trübestromes über ein Hindernis

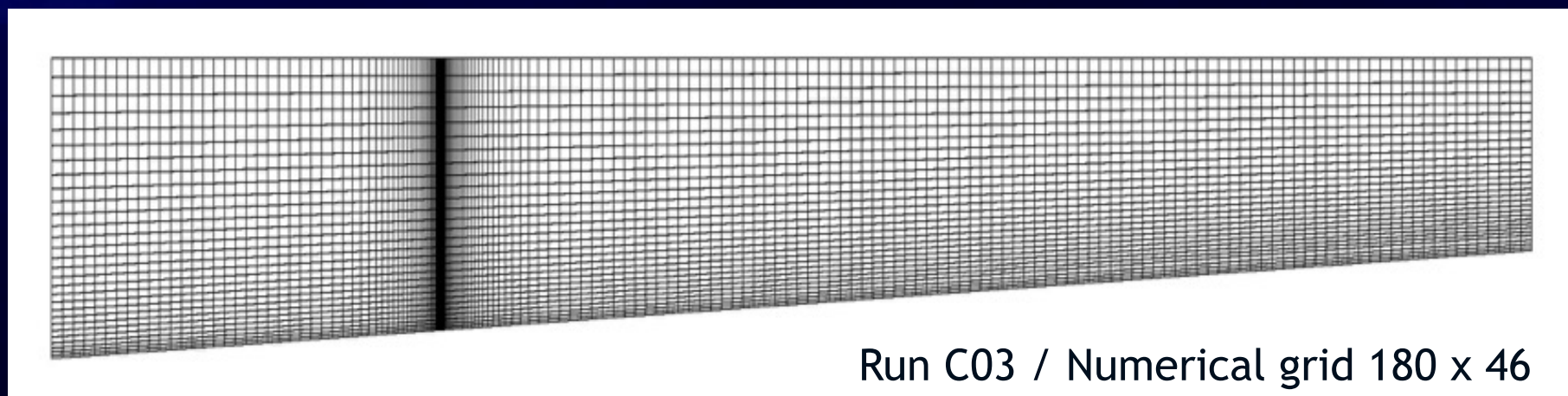


# Beherrschung von Trübeströmen

- Wirkung von Gitter/Geotextilvorhang im Stausee  
Modellversuch im Kanal



# Nummerische Simulation eines Trübestromes durch einen Geotextilvorhang



Run C03 / Numerical grid 180 x 46

# Technische Massnahmen zur Beeinflussung von Trübeströmen - Empfehlungen

## Hindernisse (Damm oder Mauer)

- ⇒ strömende Trübeströme
- ⇒ Hindernishöhe mindestens  
2-fache Höhe des  
Trübestromes (10 - 20 m)

## Geotextilvorhang

- ⇒ strömende und schiessende  
Trübeströme
- ⇒ Porosität nicht grösser  
als 30%

## Wasserstrahl

- ⇒ strömende Trübeströme
- ⇒ entgegenwirkende Stützkraft  
mindestens 1.5x Stützkraft  
des Trübestromes

## Blasenstrahl

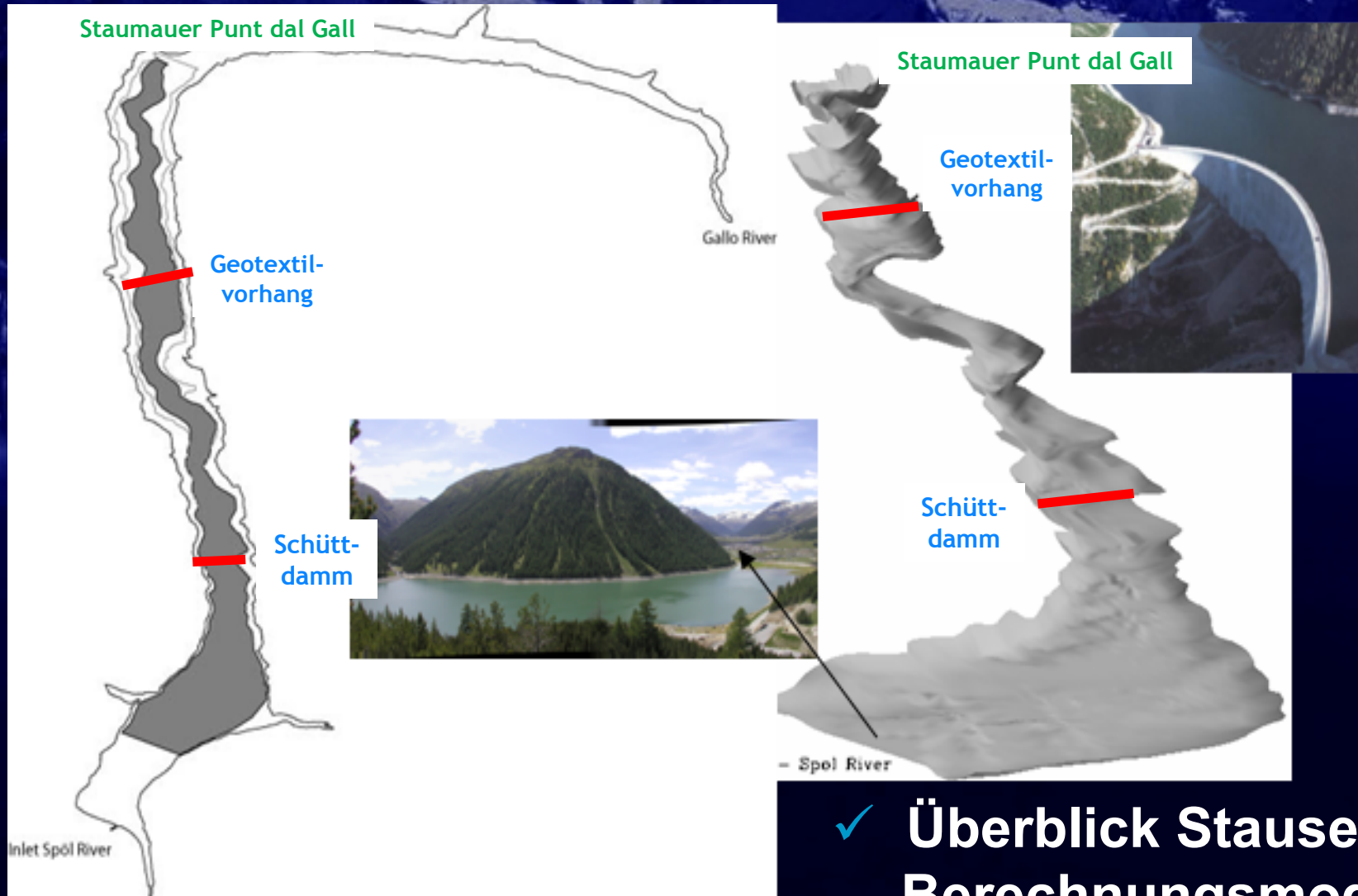
- ⇒ nur bei seichten Stauseen  
wirtschaftlich

# Fallstudie Livigno - Punt dal Gall

- ❖ Analyse des Effektes der Trübeströme auf die Verlandung
- ❖ Vorschlag von technischen Lösungen



# Fallstudie Livigno - Punt dal Gall



# Fallstudie Livigno - Punt dal Gall

## ✓ Szenarios

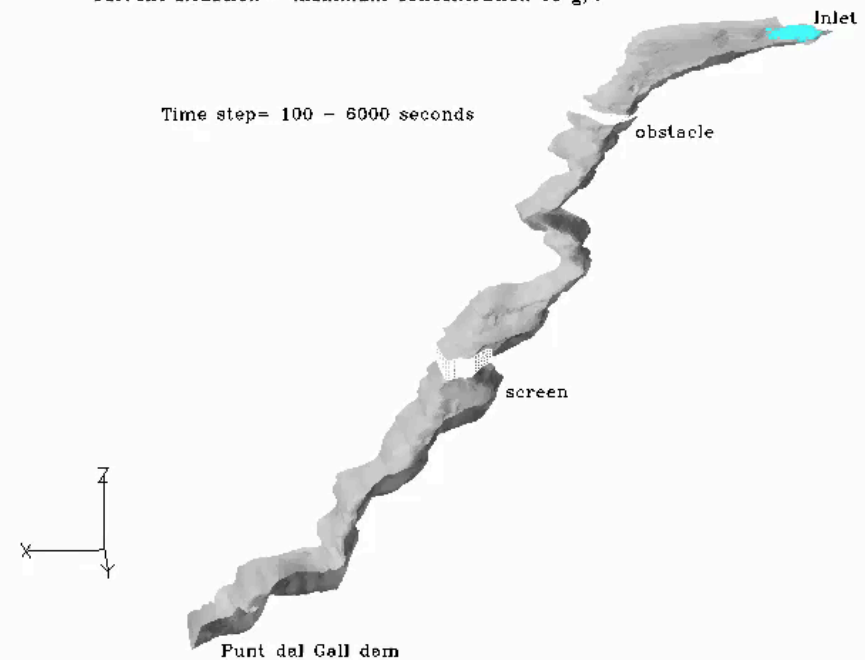
Konzentration (g/l)	Untersuchte Hochwasser	Massnahme
15	Jährlich	Hindernis 12 m
	Oktober 2000	Hindernis 8 m
	1960	Hindernis 4 m
	100 - jährlich	Geotextilvorhang 20% Porosität
30	Oktober 2000	Geotextilvorhang 30% Porosität
	1960	
	100-jährlich	

# Fallstudie Livigno - Punt dal Gall

✓ Heutiger Zustand

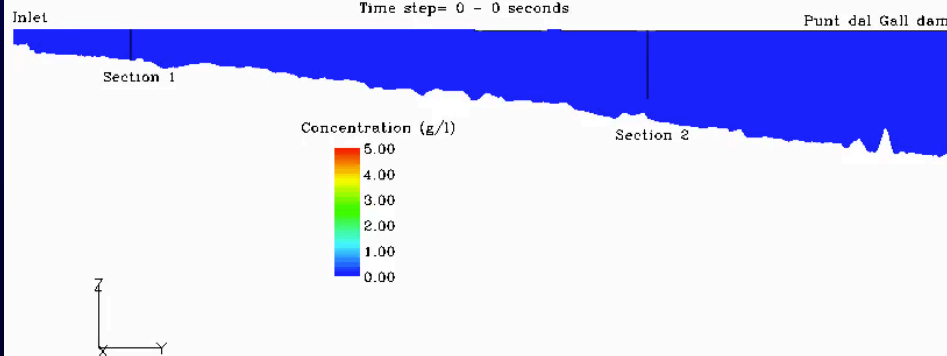
Livigno reservoir - 2000 october flood event  
Current situation - maximum concentration 15 g/l

Time step= 100 - 6000 seconds



Livigno reservoir - 2000 october flood event  
Current situation - maximum concentration 15 g/l

Time step= 0 - 0 seconds





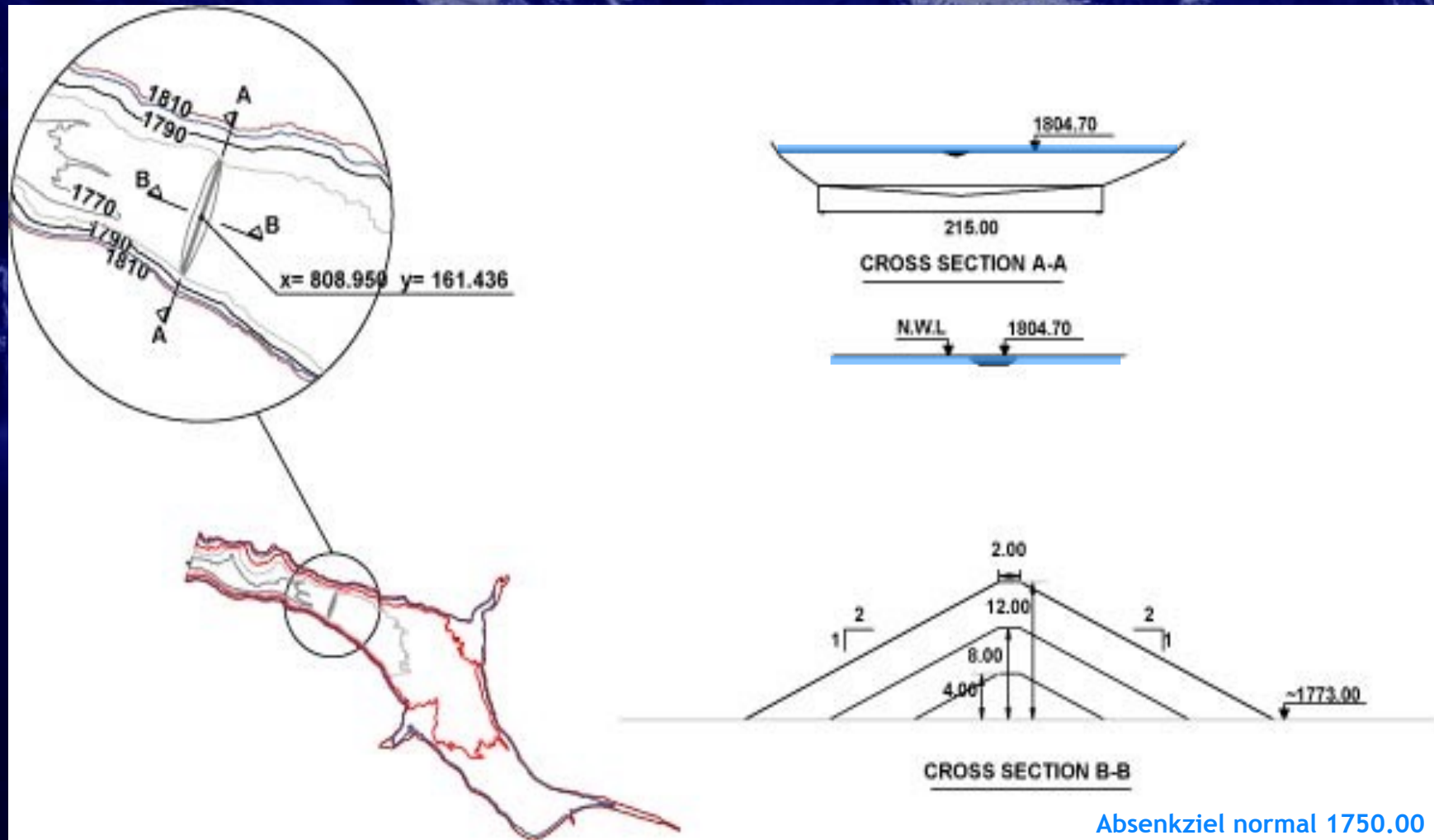
# Fallstudie

## Livigno - Punt dal Gall

<i>Hochwasser- ereignis</i>	<i>Maximale Zufluss- konzentration (g/l)</i>	<i>Sediment- zufluss(m<sup>3</sup>)</i>	<i>Absetzung oberhalb Querprofil 1</i>	<i>Absetzung oberhalb Querprofil 2</i>
<i>Jährlich</i>	<i>15</i>	<i>4'730</i>	<i>74%</i>	<i>98%</i>
<i>Oktober 2000</i>	<i>15</i>	<i>16'900</i>	<i>63%</i>	<i>94%</i>
	<i>30</i>	<i>33'755</i>	<i>60%</i>	<i>92%</i>
<i>1960</i>	<i>15</i>	<i>26'485</i>	<i>60%</i>	<i>92%</i>
	<i>30</i>	<i>52'971</i>	<i>58%</i>	<i>91%</i>
<i>100 - jährlich</i>	<i>15</i>	<i>31'593</i>	<i>59%</i>	<i>91%</i>
	<i>30</i>	<i>63'187</i>	<i>58%</i>	<i>90%</i>

**Problem:** Bei tiefem Speicherstand am Ende des Winters werden die abgelagerten Feinsedimente allenfalls (falls nicht gefroren) murgangartig zur Talsperre transportiert.

# Fallstudie Livigno - Punt dal Gall



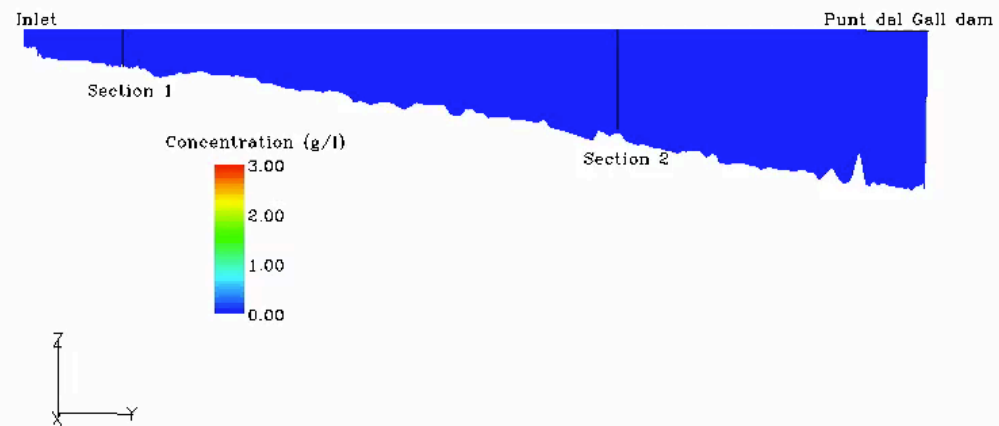
Schüttdamm (Hindernis) bei Querprofil 1

# Fallstudie Livigno - Punt dal Gall

## ❖ Querprofil 1: Schüttdamm 12 m

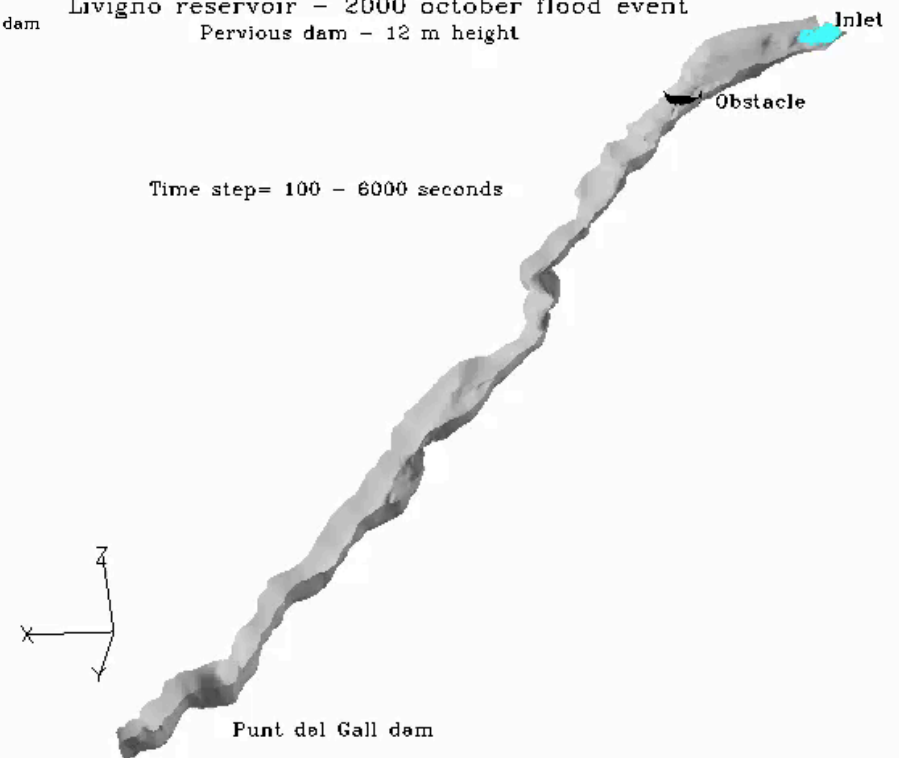
Livigno reservoir - 2000 october flood event  
Pervious obstacle - 12 m height

Time step= 0 - 0 seconds



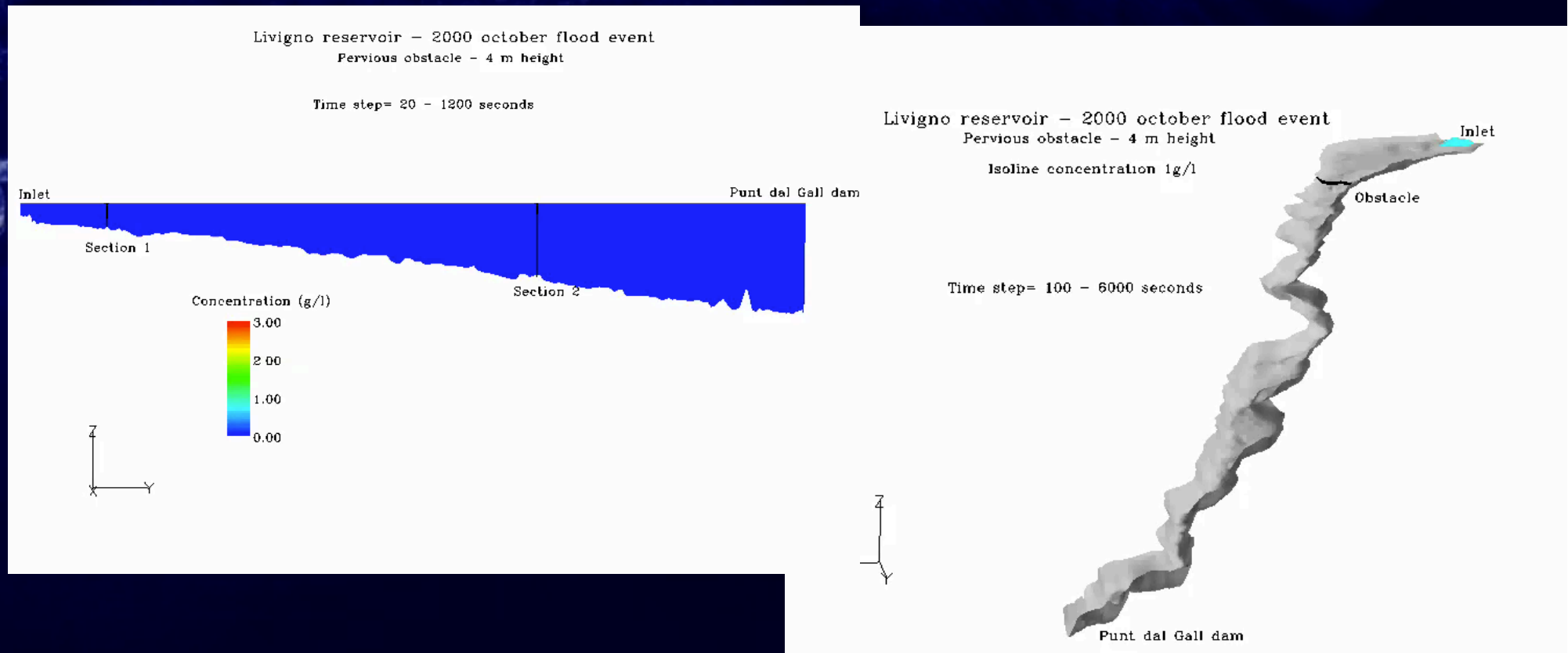
Livigno reservoir - 2000 october flood event  
Pervious dam - 12 m height

Time step= 100 - 6000 seconds

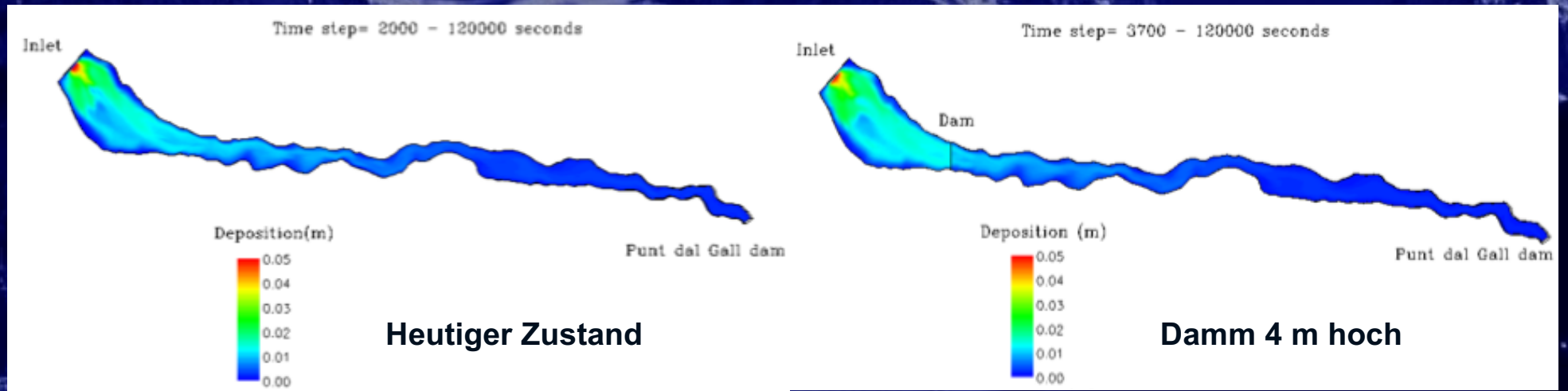


# Fallstudie Livigno - Punt dal Gall

## ❖ Querprofil 1: Schüttdamm 4 m

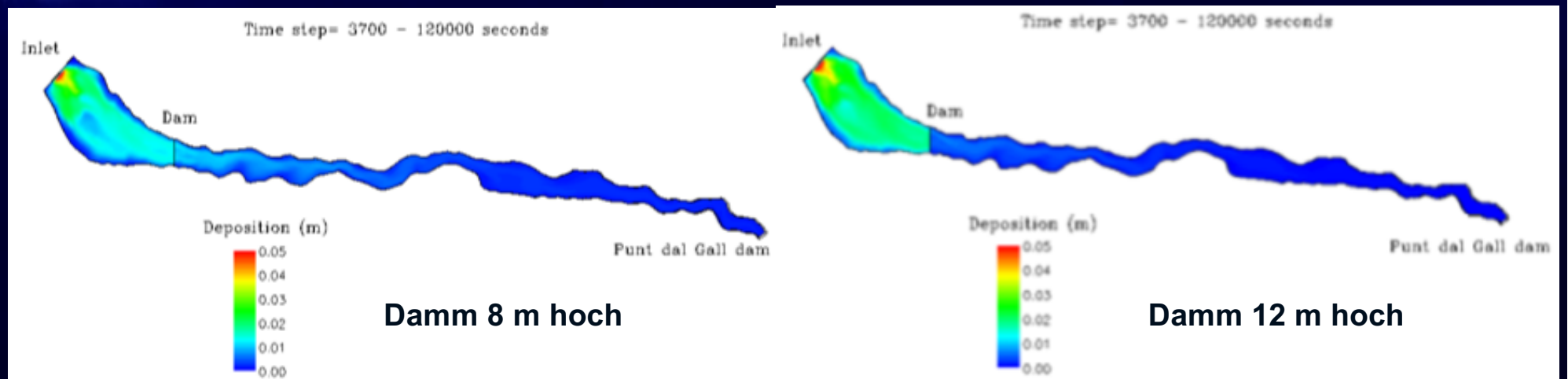


# Fallstudie Livigno - Punt dal Gall



Absetzung oberhalb Querschnitt 1: 63%

Absetzung oberhalb Querschnitt 1: 69%



Absetzung oberhalb Querschnitt 1: 76%

Absetzung oberhalb Querschnitt 1: 87%

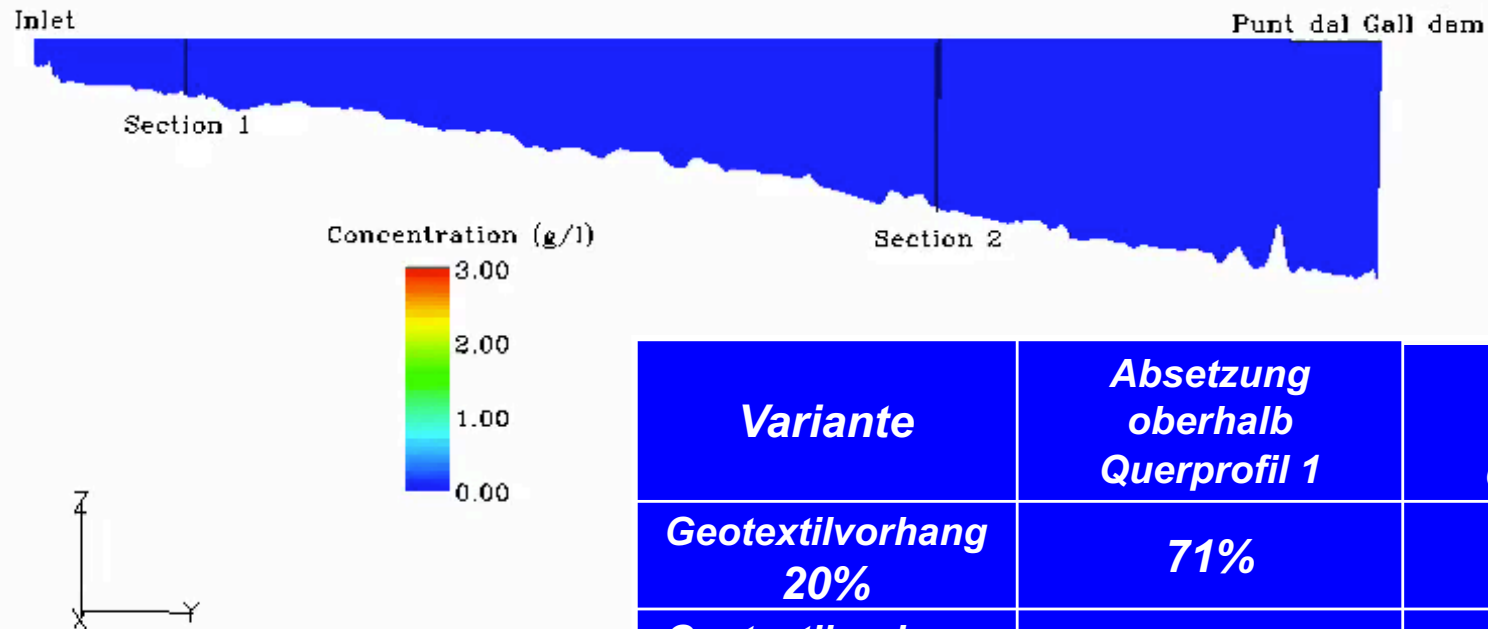
# Fallstudie Livigno - Punt dal Gall

## ❖ Profil 2: Geotextilvorhang

Livigno reservoir - 2000 october flood event

Geotextile screen - 20% porosity

Time step= 0 - 0 seconds



<i>Variante</i>	<i>Absetzung oberhalb Querprofil 1</i>	<i>Absetzung oberhalb Querprofil 2</i>
<i>Geotextilvorhang 20%</i>	<i>71%</i>	<i>96%</i>
<i>Geotextilvorhang 30%</i>	<i>69%</i>	<i>95%</i>

# Einfluss des Pumpspeicherbetriebs auf Staurationverlandung

(Forschungsprojekt Michael Müller)



Tourtemagne  
Reservoir, Switzerland

Kann die Pumpspeicheraktivität  
die Verlandung des oberen und  
des unteren Stausees günstig  
beeinflussen?



Eggberg Reservoir  
Säckingen, Germany

# Einfluss des Pumpspeicherbetriebs auf Staurationverlandung

(Forschungsprojekt Michael Müller)

Was ist der Einfluss von raschem und regelmässigem Wechsel zwischen Pump- und Turbinierbetrieb

- Strömungsverhältnisse und Turbulenz im Stausee
- Absetzungsprozess der Feinsedimente?

Wie beeinflussen die Parameter

- Abfluss
- Dauer der Pumpspeicherzyklen
- Standort der Einläufe und Ausläufe des Stausees (Fassungen)

den Verlandungsprozess?



Pumpspeicherwerk Grimsel II



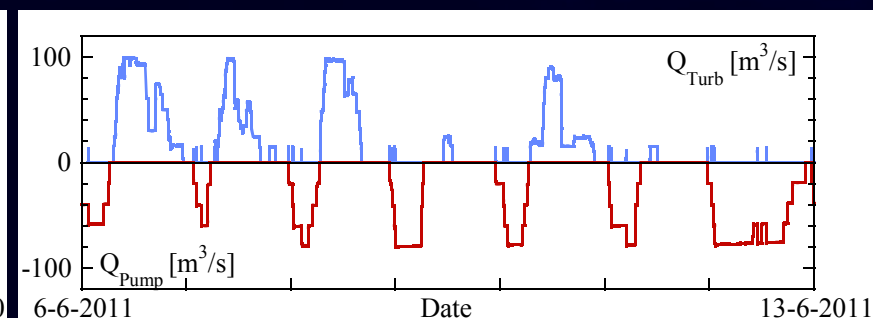
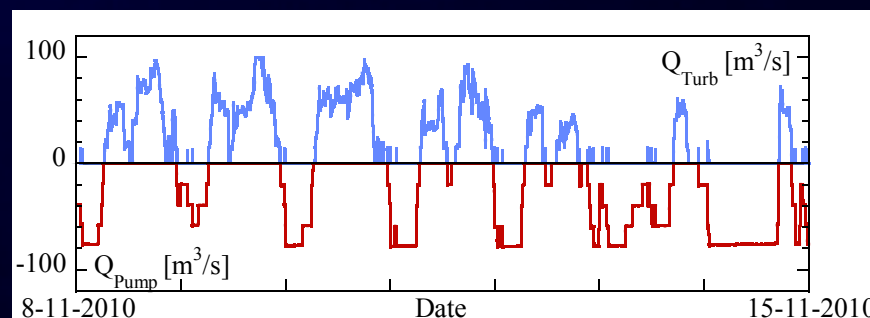
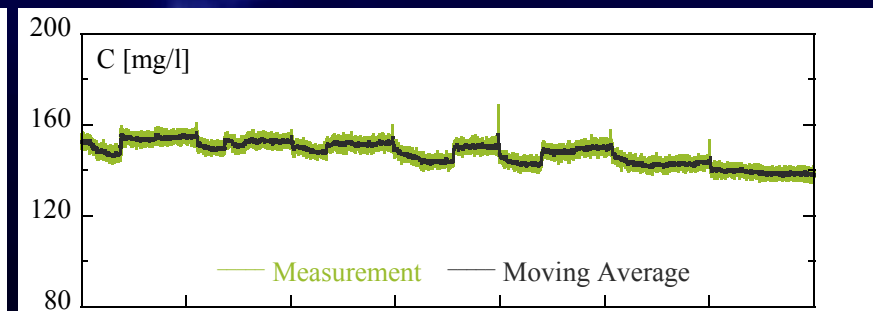
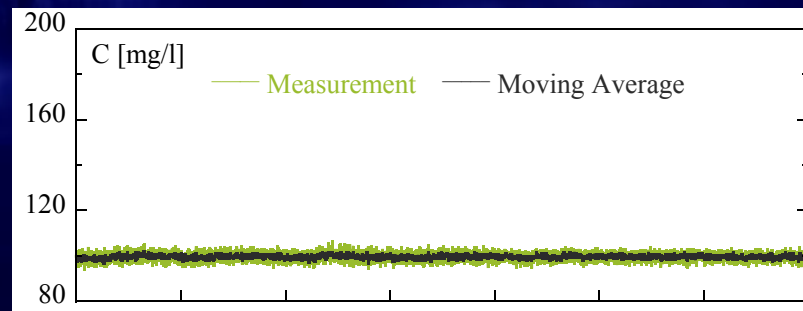
# Einfluss des Pumpspeicherbetriebs auf Staurationverlandung

Sechs Monate kontinuierliche Messung der Trübung im Druckschacht des Pumpspeicherwerkes Grimsel II

→ Sedimentbilanz zwischen oberem (Oberaar) und unterem Stausee (Grimsel)

Saisonale Unterschiede der Sedimentkonzentration

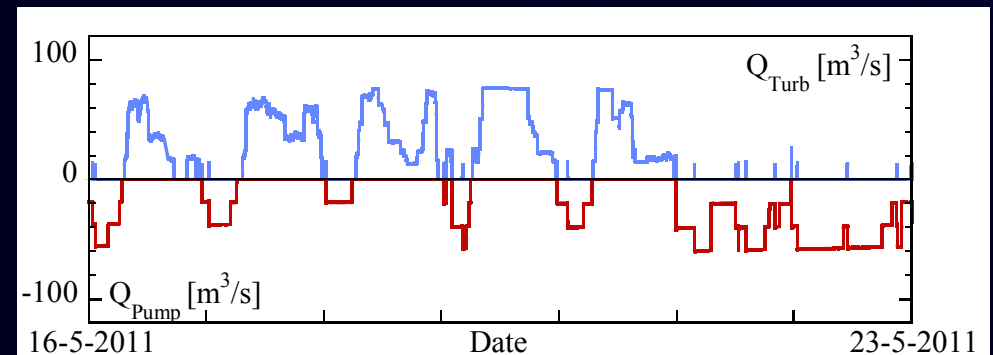
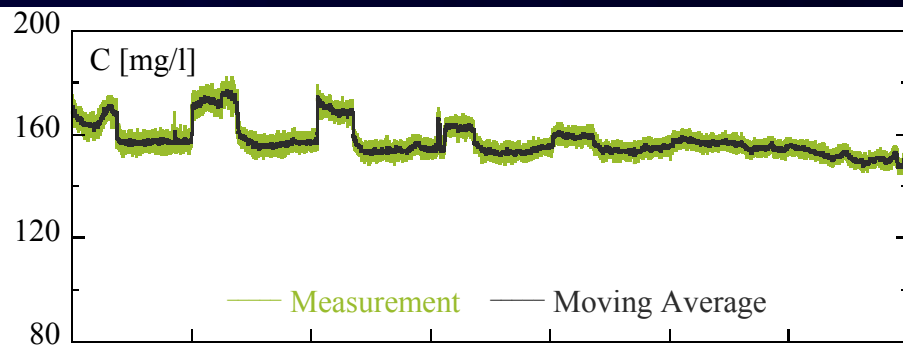
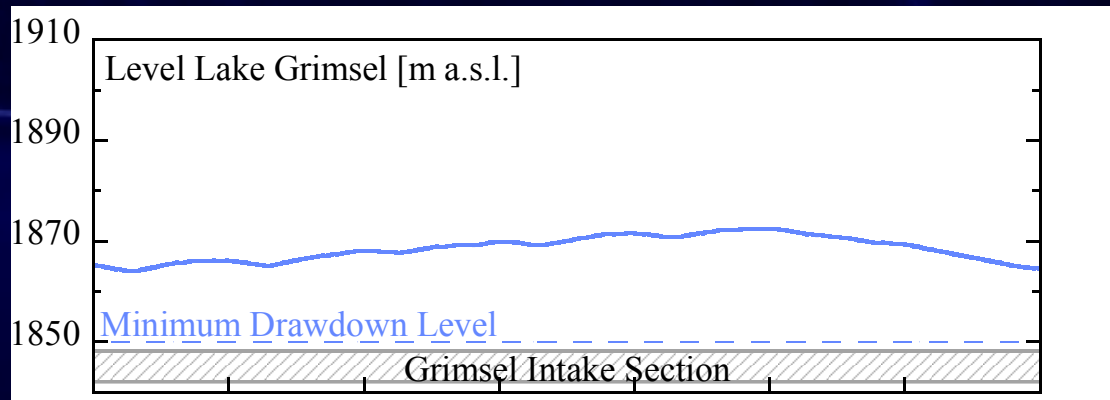
- Winter: kleine Werte (Schnee, Gletscher)  $80 < C < 100$  mg/l
- Frühjahr/Sommer: höhere Werte wegen Zuflüssen  $150 < C < 180$  mg/l



# Einfluss des Pumpspeicherbetriebs auf Staurationverlandung

## Trübungsmessung im Druckschacht

Pumpspeicheraktivität ist sichtbar aber abhängig vom Speicherspiegelstand,  
Tiefer Grimselseestand : Sedimenttransport zum Speicher Oberaar



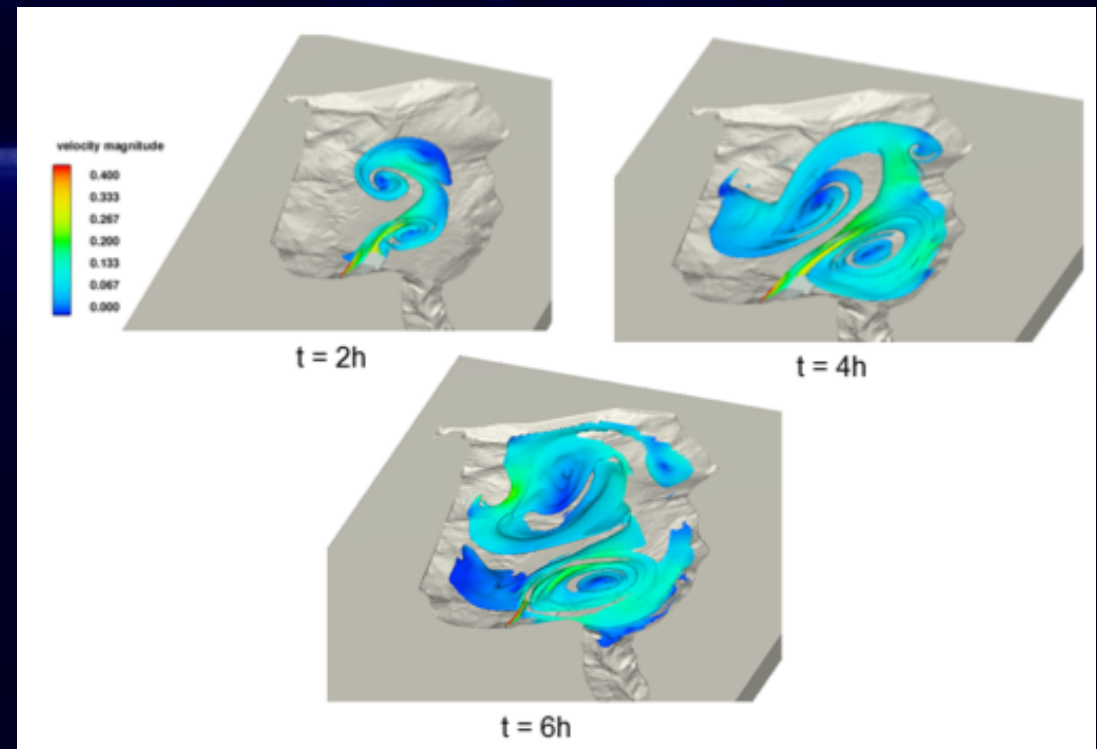
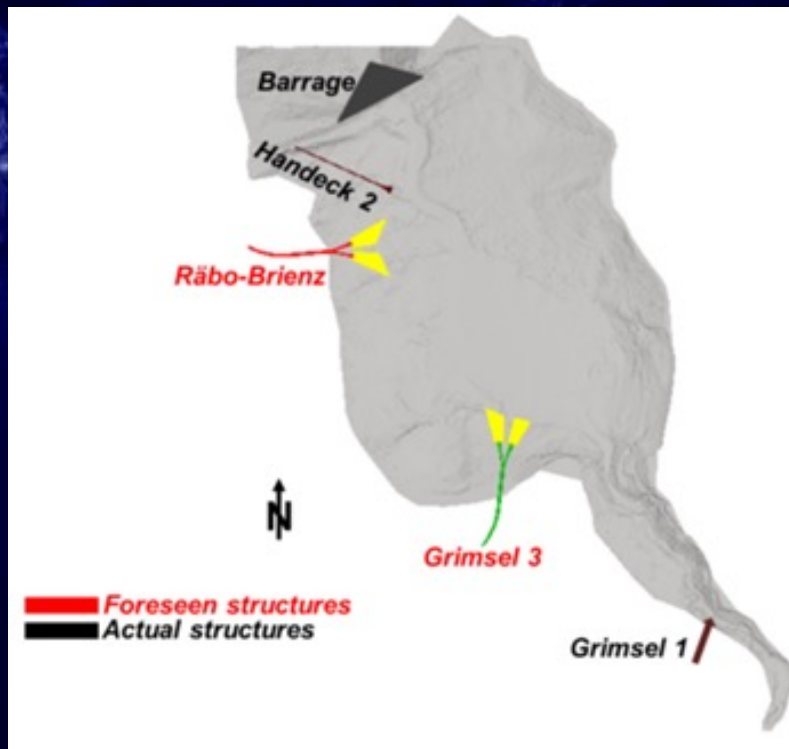
# Verringerung der Absetzung von Feinsedimenten durch optimale Anordnung von Einläufen und Ausläufen von Pumpspeicherwerken in einem Speicher

*Fallstudie PSP Grimsel III*



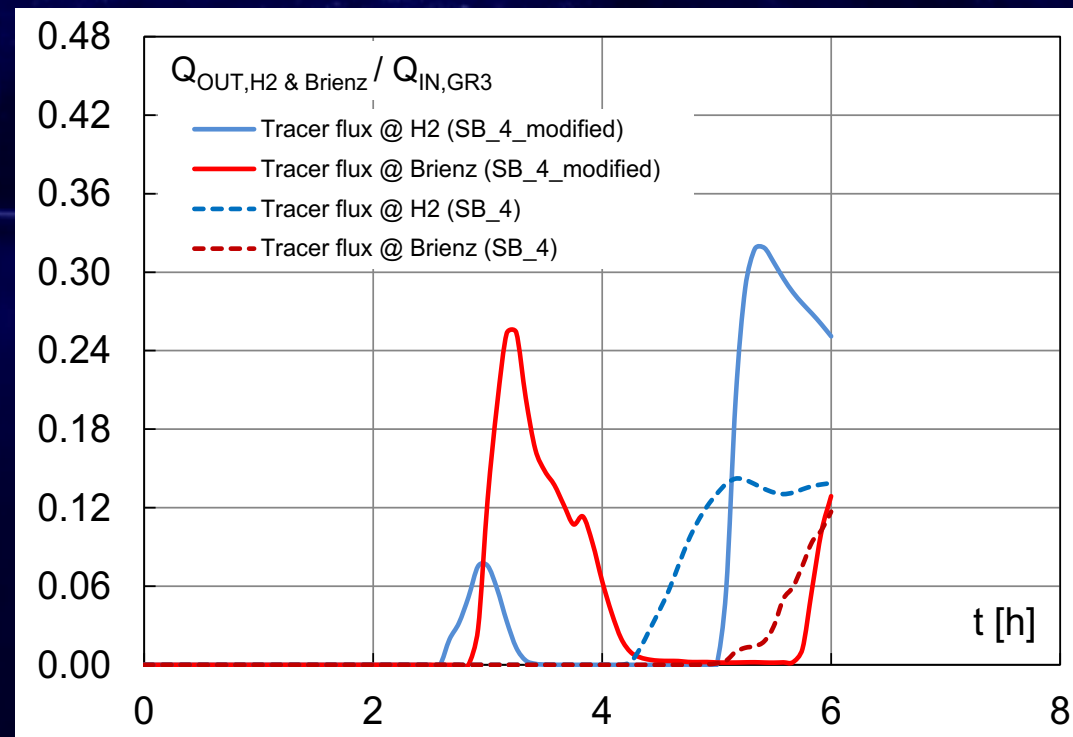
# Verringerung der Absetzung von Feinsedimenten durch optimale Anordnung von Einläufen und Ausläufen von Pumpspeicherwerken in einem Speicher

## Fallstudie PSP Grimsel III



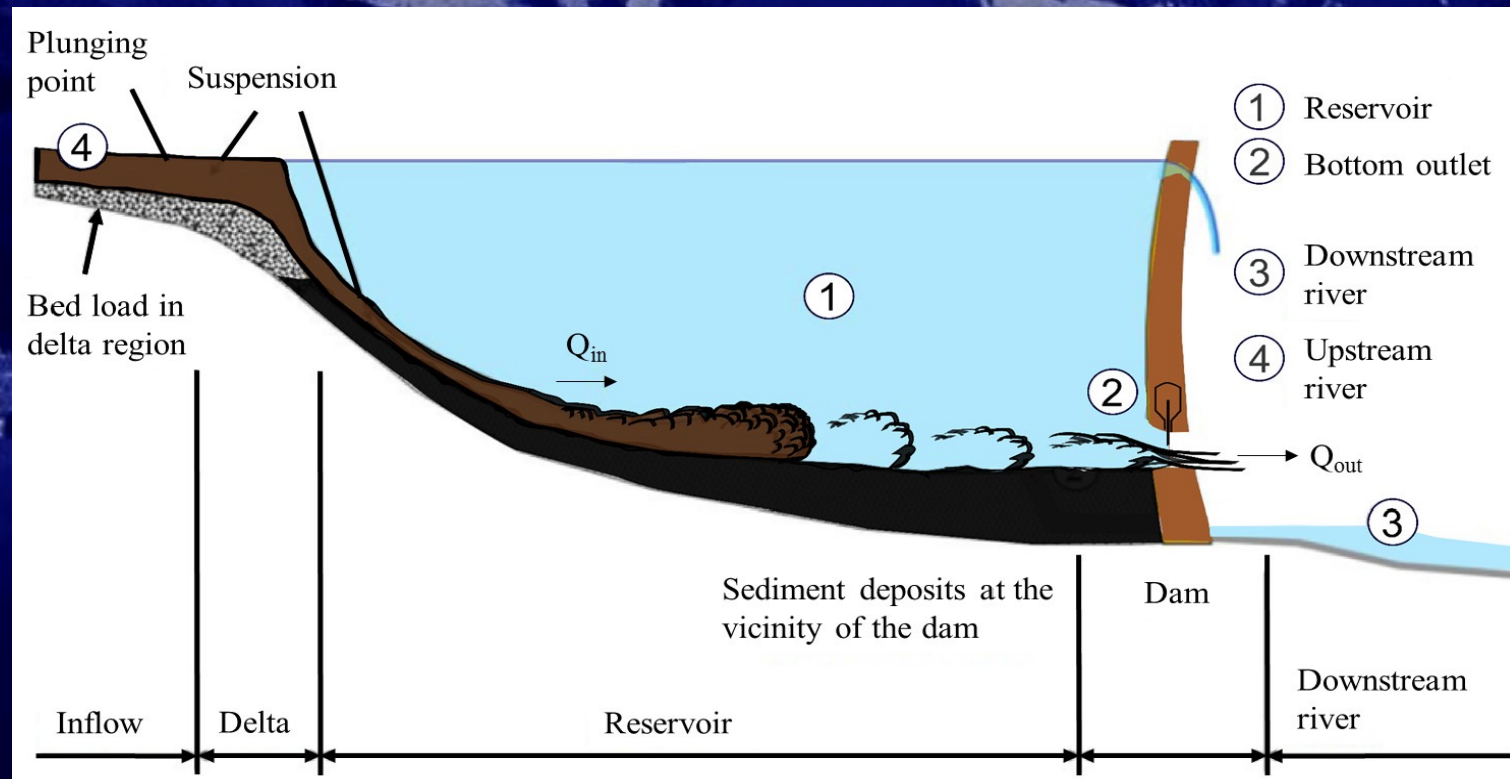
# Verringerung der Absetzung von Feinsedimenten durch optimale Anordnung von Einläufen und Ausläufen von Pumpspeicherwerken in einem Speicher

## Fallstudie PSP Grimsel III



Kurzschluss von Ausfluss von Grimsel III in Stausee Råbo und dessen Ausfluss in die unterliegenden zwei Kraftwerksstufen dank optimierter Anordnung der Einläufe und Ausläufe

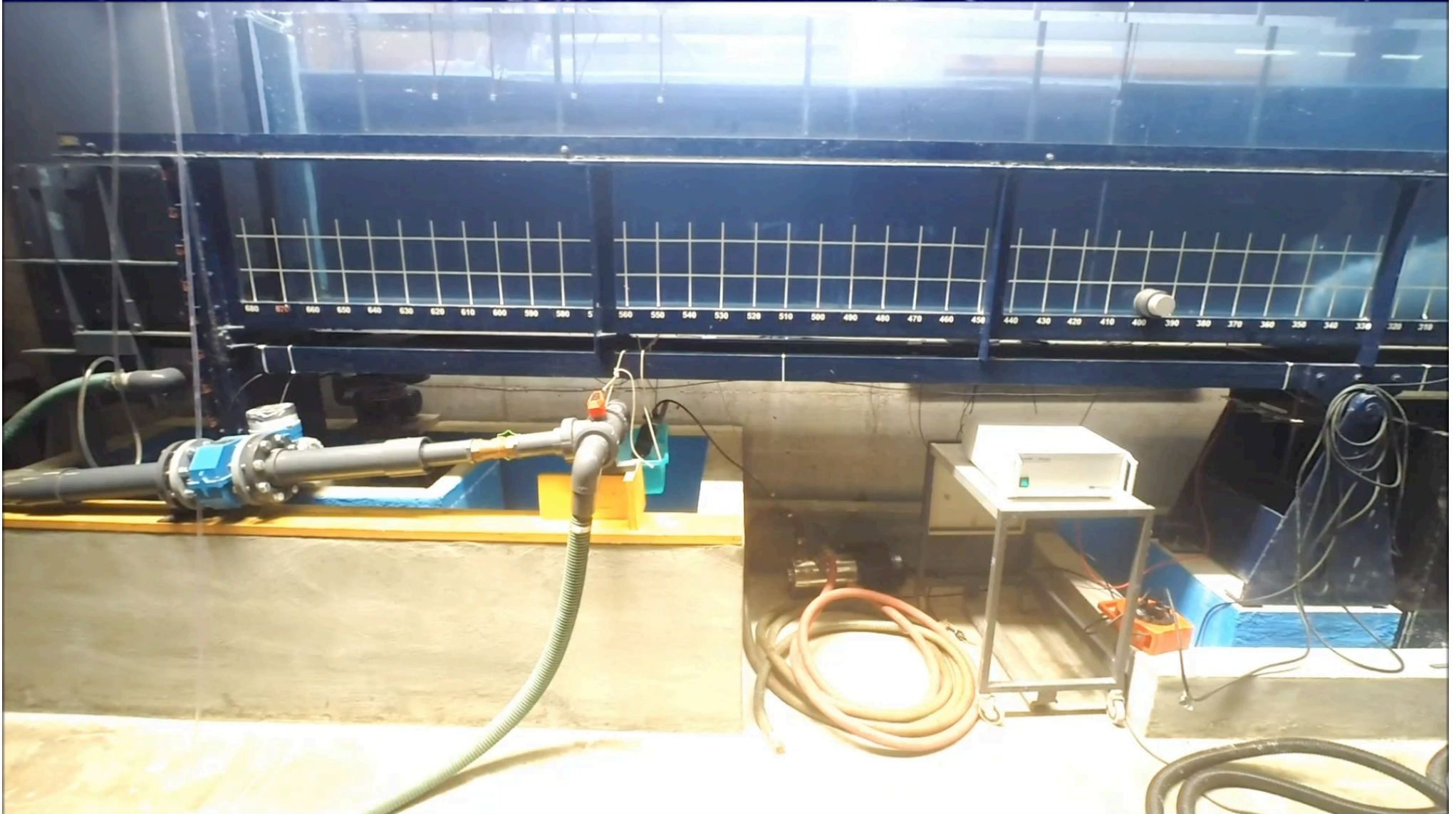
# Durchleiten von Trübestrome (venting)



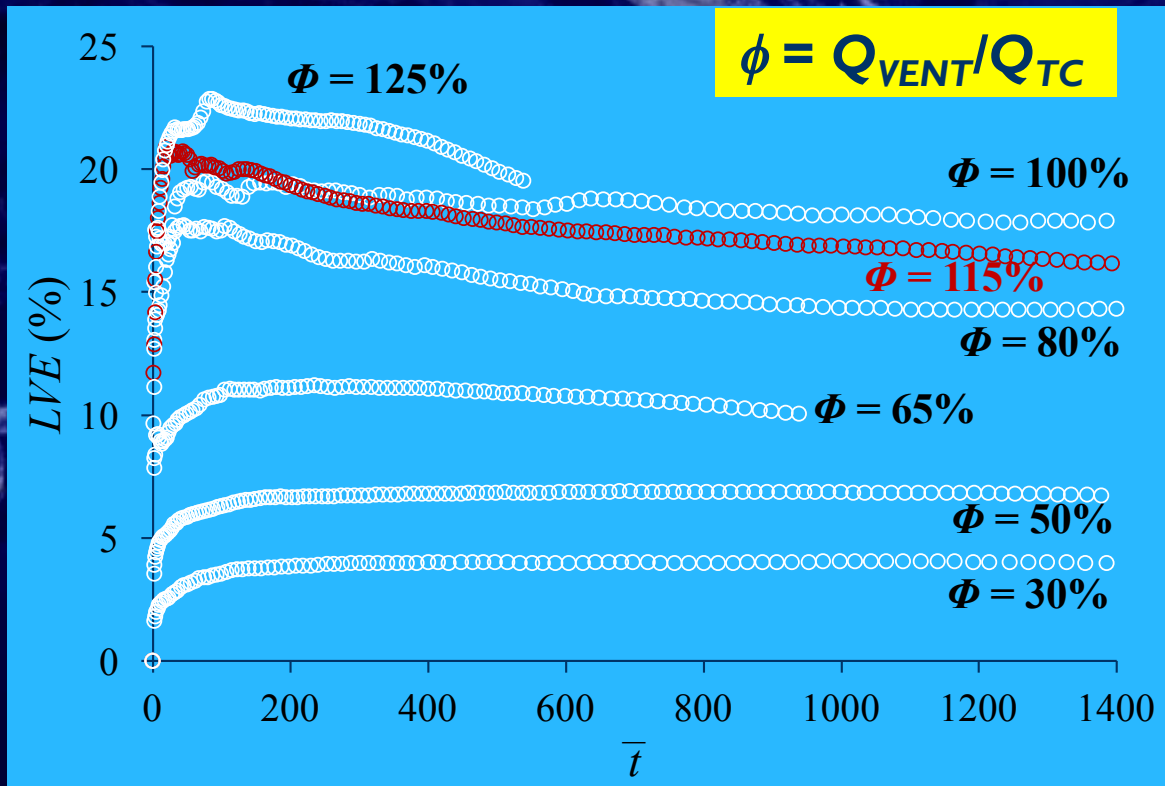
**Durchleiten der Feinsedimente von Trübestrome durch den Grundablass. Feinsedimente während Hochwasser sind auch wichtig für die Erhaltung der Auenwälder.**

# Systematische Laborversuche

Forschungsprojekt Sabine Chamoun



# Durchleiten von Trübestrome unter begrenzter Öffnung oder Kapazität des Grundablasses



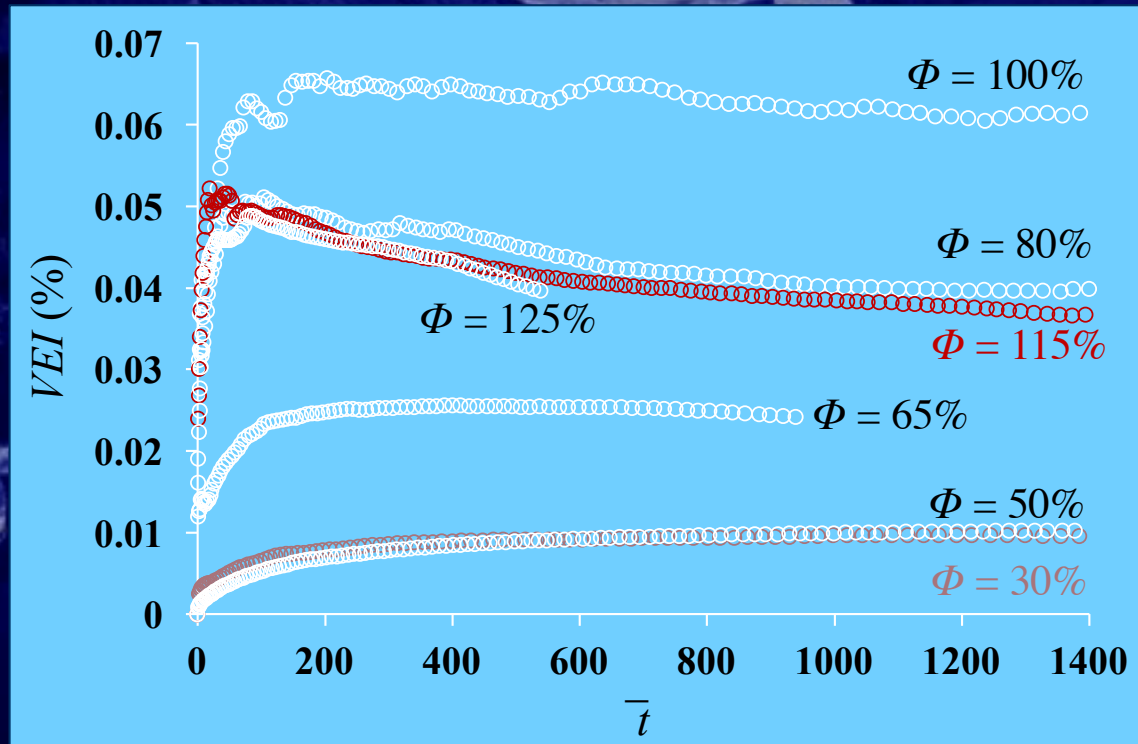
$$VE = \frac{M_{VENT}}{M_{TC}} = \frac{\int_{t=0}^{t=T} C_{VENT} Q_{VENT} dt}{\int_{t=0}^{t=T} C_{TC} Q_{TC} dt}$$

➤ **Selbst für  $\phi = 65\%$  bis  $\phi = 80\%$  kann ein erheblicher Anteil der Feinsedimente durch Venting abgeführt werden.**

$\bar{t}$  : Normalisierte Dauer des Venting  
 LVE : Lokale Venting - Effizienz



# Venting Effizienzindikator *VEI*



**Unter Berücksichtigung  
der Wasserverluste**

***Venting hat die grösste  
Effizienz bei  $\phi = 100\%$   
aber mit  $\phi = 65-80\%$   
erzielt man schon gute  
Resultate***

$\bar{t}$  : Normalisierte Dauer des Venting  
LVE : Lokale Venting - Effizienz

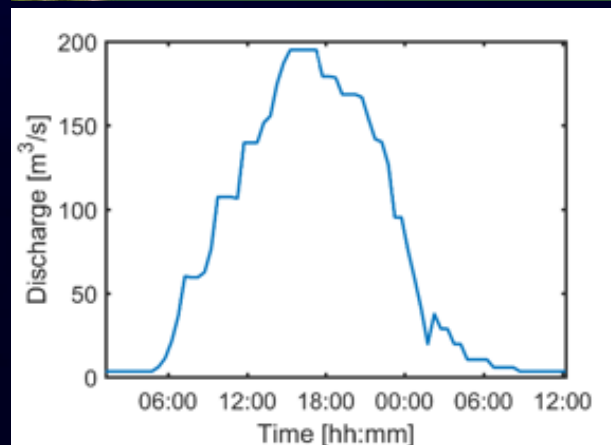
**VEI = Total ausgetragenes Sedimentvolumen /  
Totaler Ausfluss von Reinwasser während Venting**

# Wann soll mit Venting begonnen und wann gestoppt werden?

*Der Beginn des Venting sollte mit der Ankunft des Trübestromes bei der Talsperre synchronisiert werden (Messquerschnitt etwa 300 m im Stausee oberhalb Grundablass)*

*Venting sollte mindestens solange dauern wie ein Trübestrom noch zur Talsperre fließt. Anschliessend sollte Venting noch solange aufrecht erhalten werden, bis die Feinsedimente vor dem Grundablass evakuiert sind (« sauberes Wasser »).*

# Synergien von Spülungen und Venting mit künstlichen Hochwasser und Geschiebeschüttungen?



Staumauer Rossens in der Schweiz

# Künstliches Hochwasser mit Geschiebeschüttungen

## Staumauer Rossens in der Schweiz

4 Geschiebedepots wie  
alternierende Kiesbänke  
geschüttet, welche sich auch  
Clusterartig nach unten  
fortpflanzen

4 x 250 m<sup>3</sup>

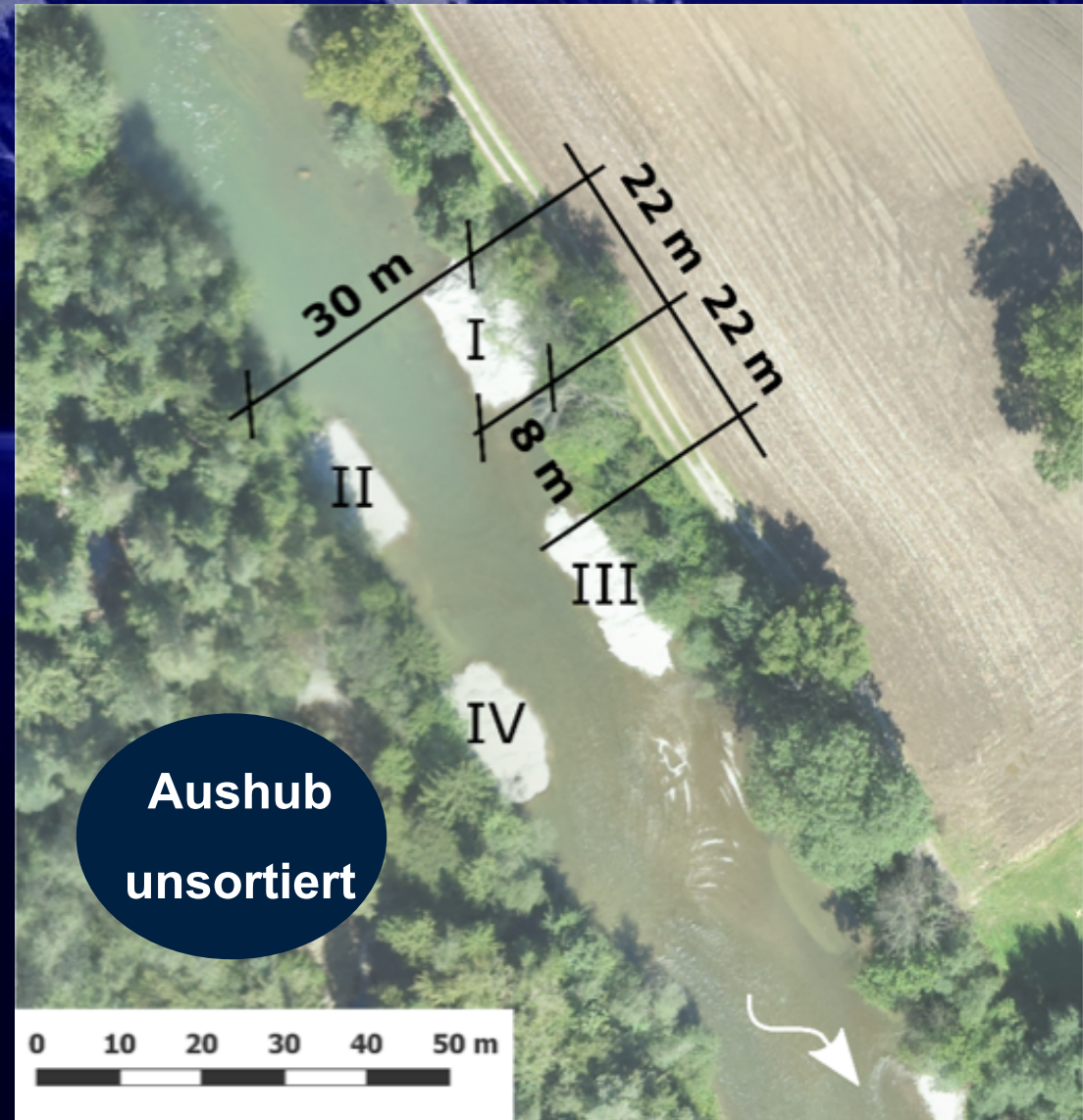
Länge: 22 m

$d_m = 57 \text{ mm}$

Breite: 8 m

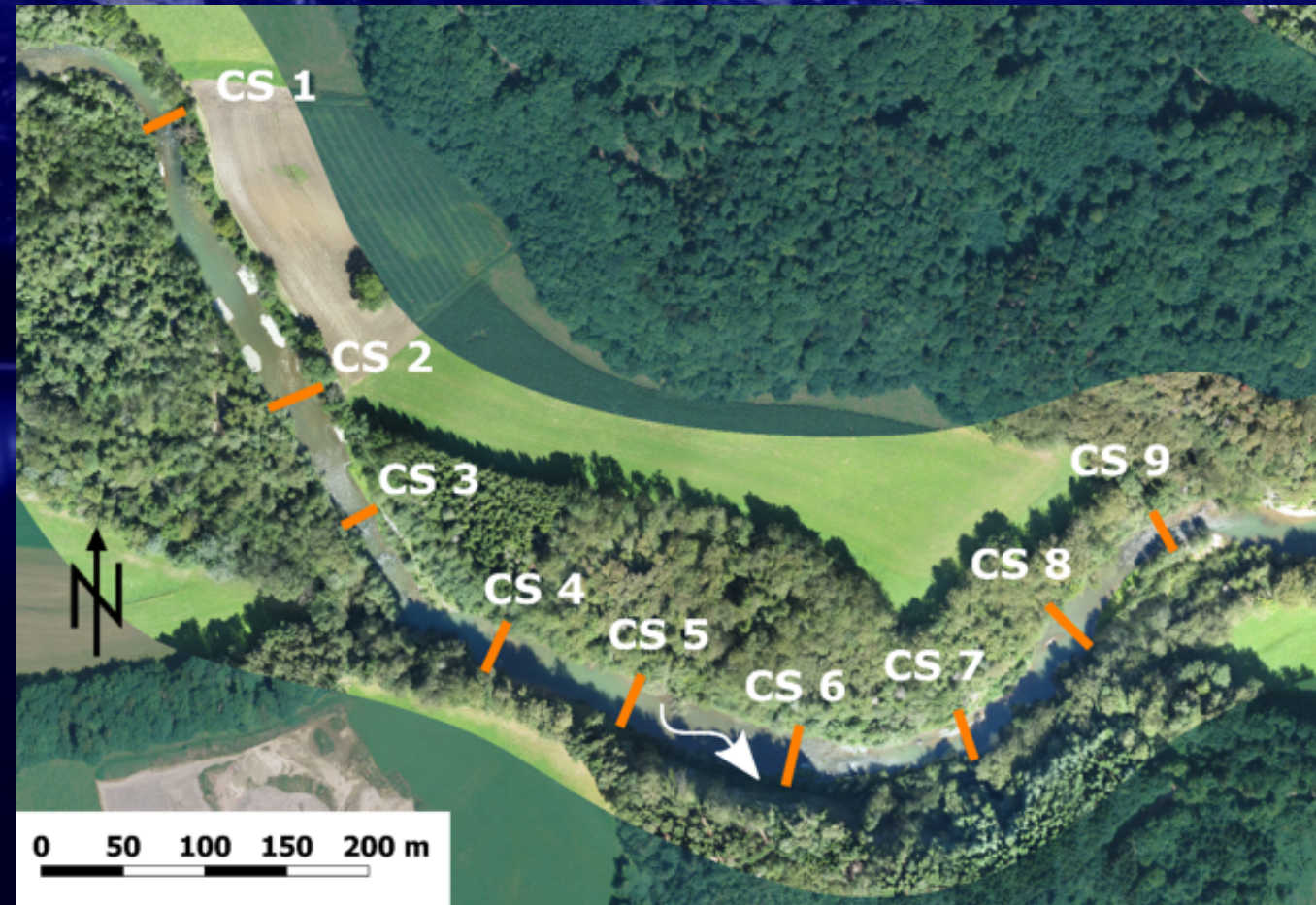
$d_{90} = 113 \text{ mm}$

Höhe 1.5 m

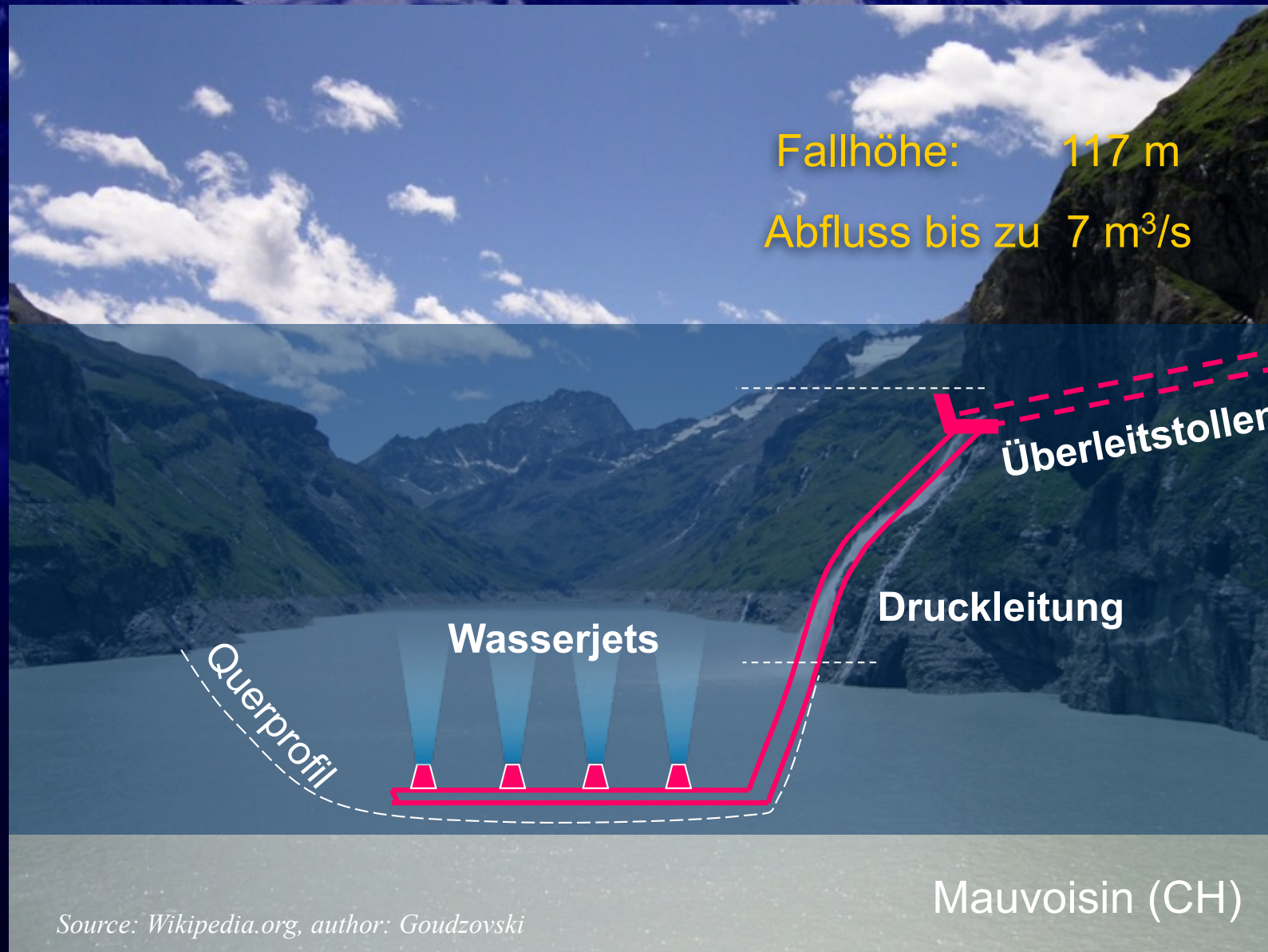


# Künstliches Hochwasser mit Geschiebeschüttungen

Überprüfung der  
ökologischen  
Wirkung vor und  
nach Hochwasser  
durch Vergleich  
des Hydraulisch-  
morphologischen  
Index der  
Vielfältigkeit  
(HMID) sowie TAXA  
- Aufnahmen

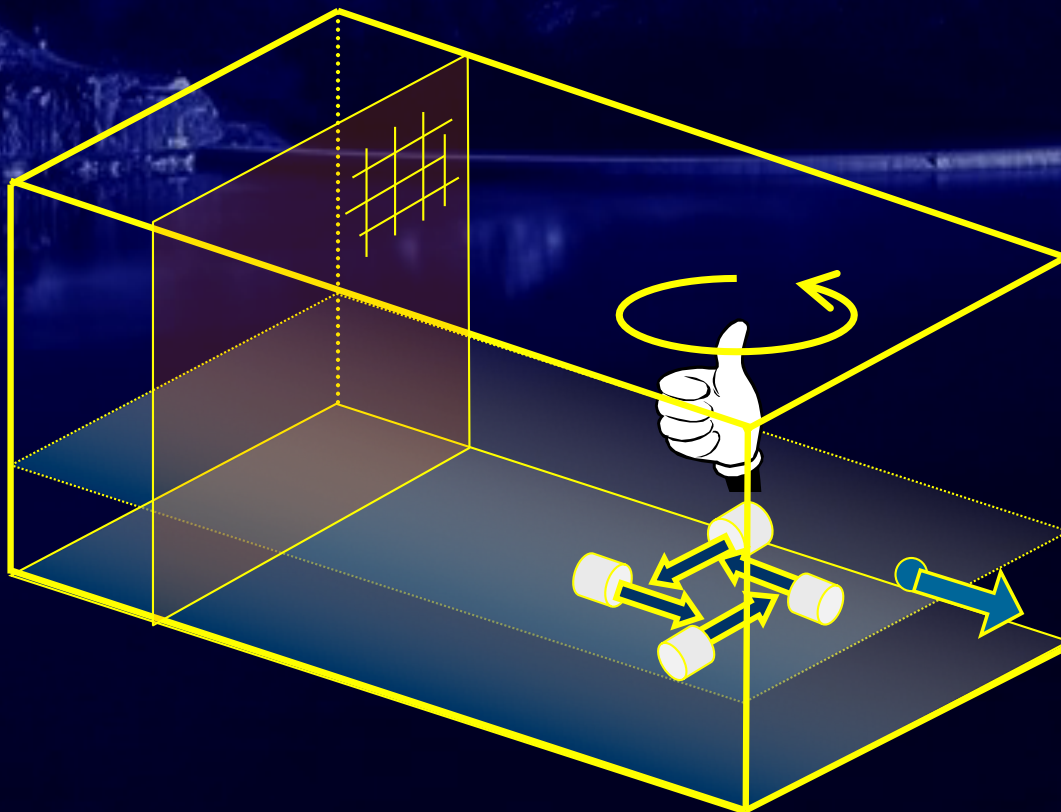


# Abführung von Feinsedimenten über Triebwassersysteme

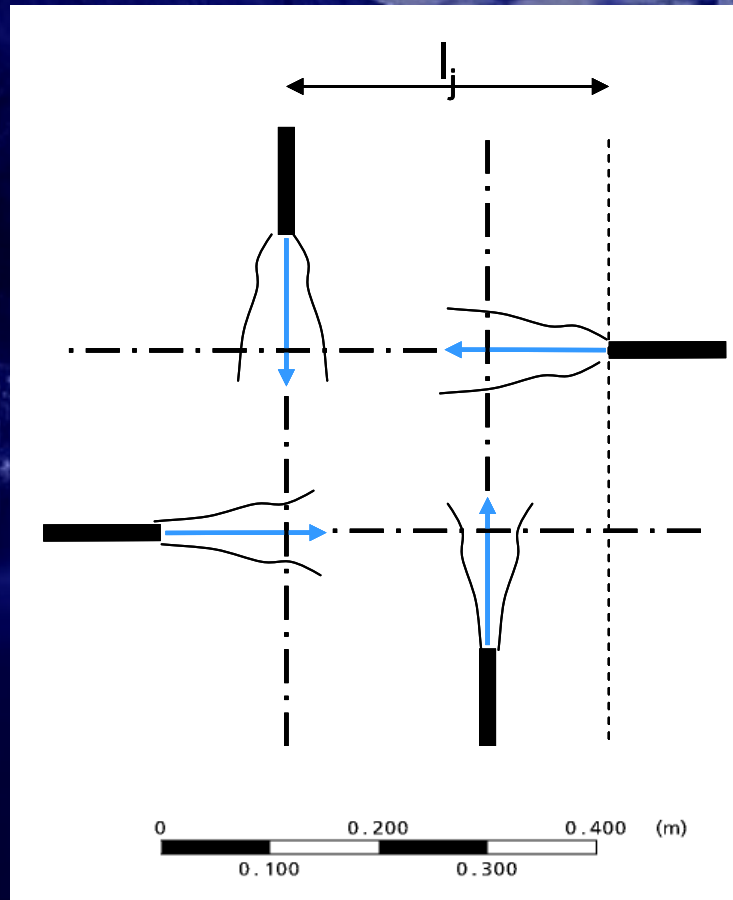


# Abführung von Feinsedimenten über Triebwassersysteme Systematische Laborversuche

Aufwärtsströmung durch eine kreisförmige  
Düsenkonfiguration vor der Triebwasserfassung



# Abführung von Feinsedimenten über Triebwassersysteme



## Kreisförmige Jetanordnung



Jenzer-Althaus J., De Cesare G., & Schleiss A. J. (2014). Sediment evacuation from reservoirs through intakes by jet-induced flow. *Journal of Hydraulic Engineering*, 141 (2),  
 Jenzer-Althaus J., De Cesare G., & Schleiss A. J. (2016). Release of suspension particles from a prismatic tank by multiple jet arrangements. *Chemical Engineering Science*, 144, 153-164.

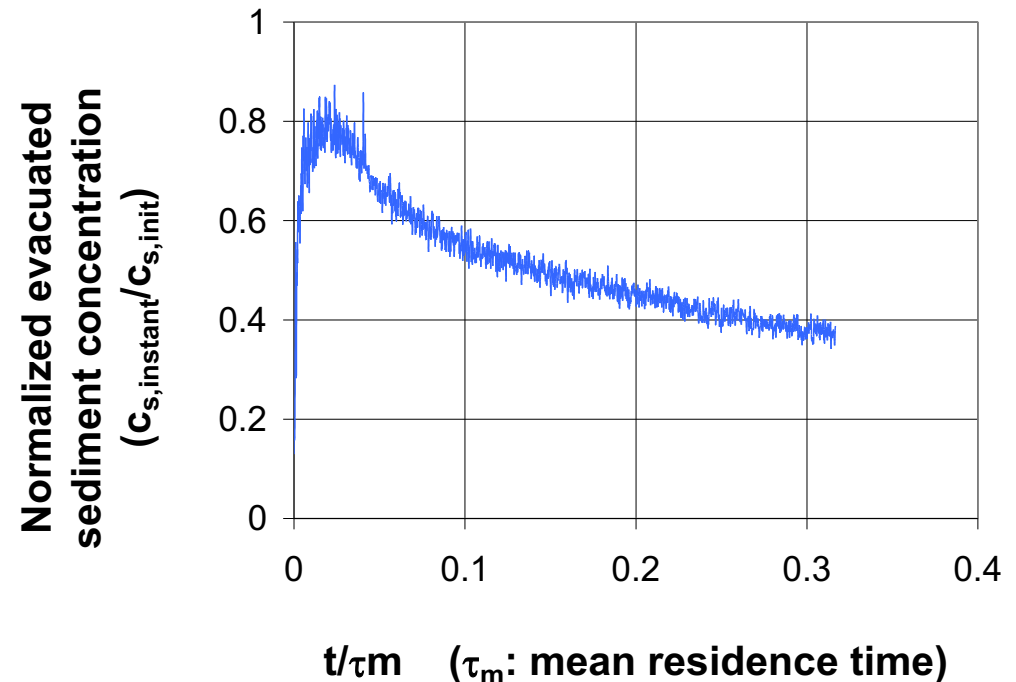


# Abführung von Feinsedimenten über Triebwassersysteme

Systematische  
Laborversuche

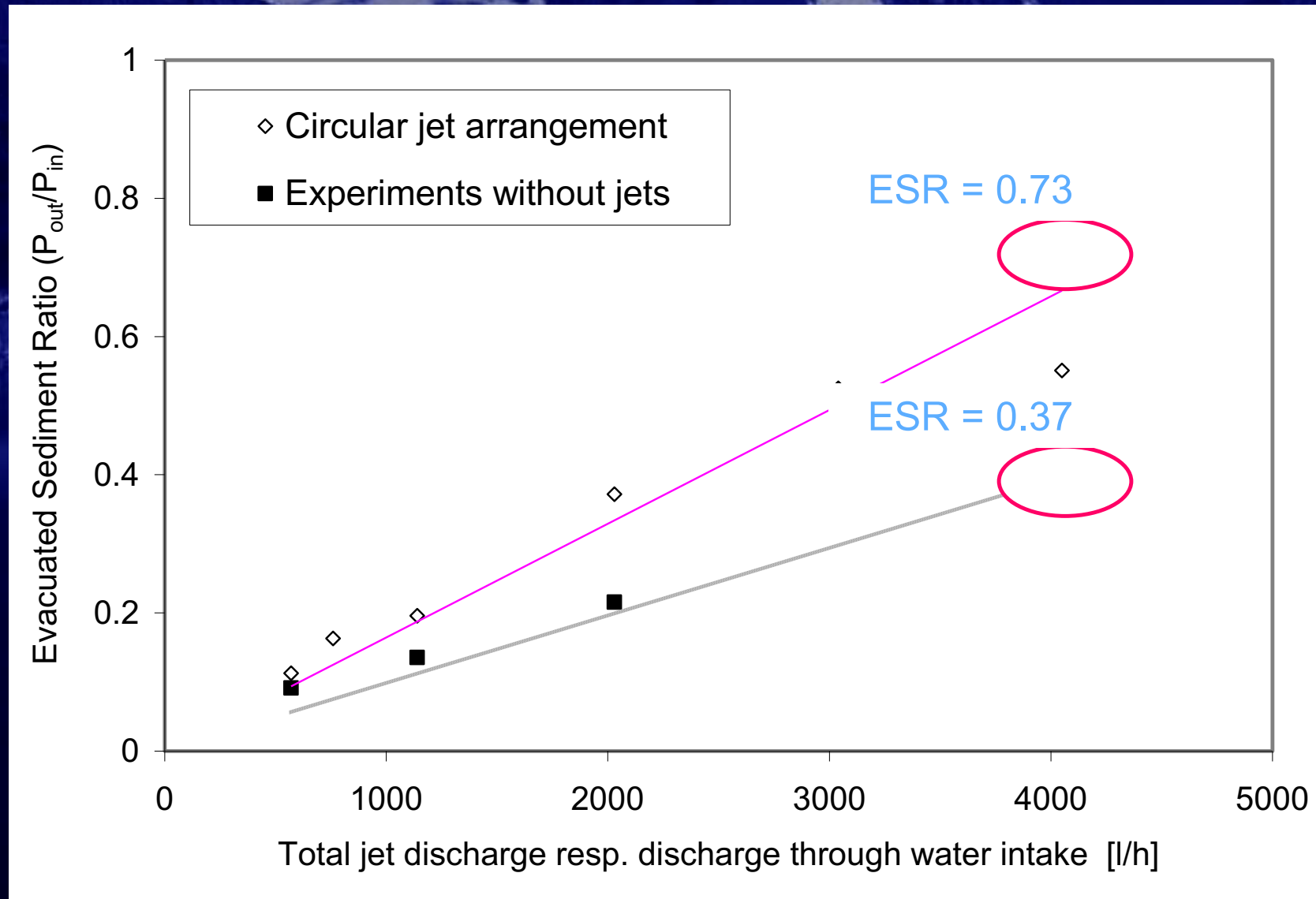
Sedimentaustrags-  
effizienz

ESR

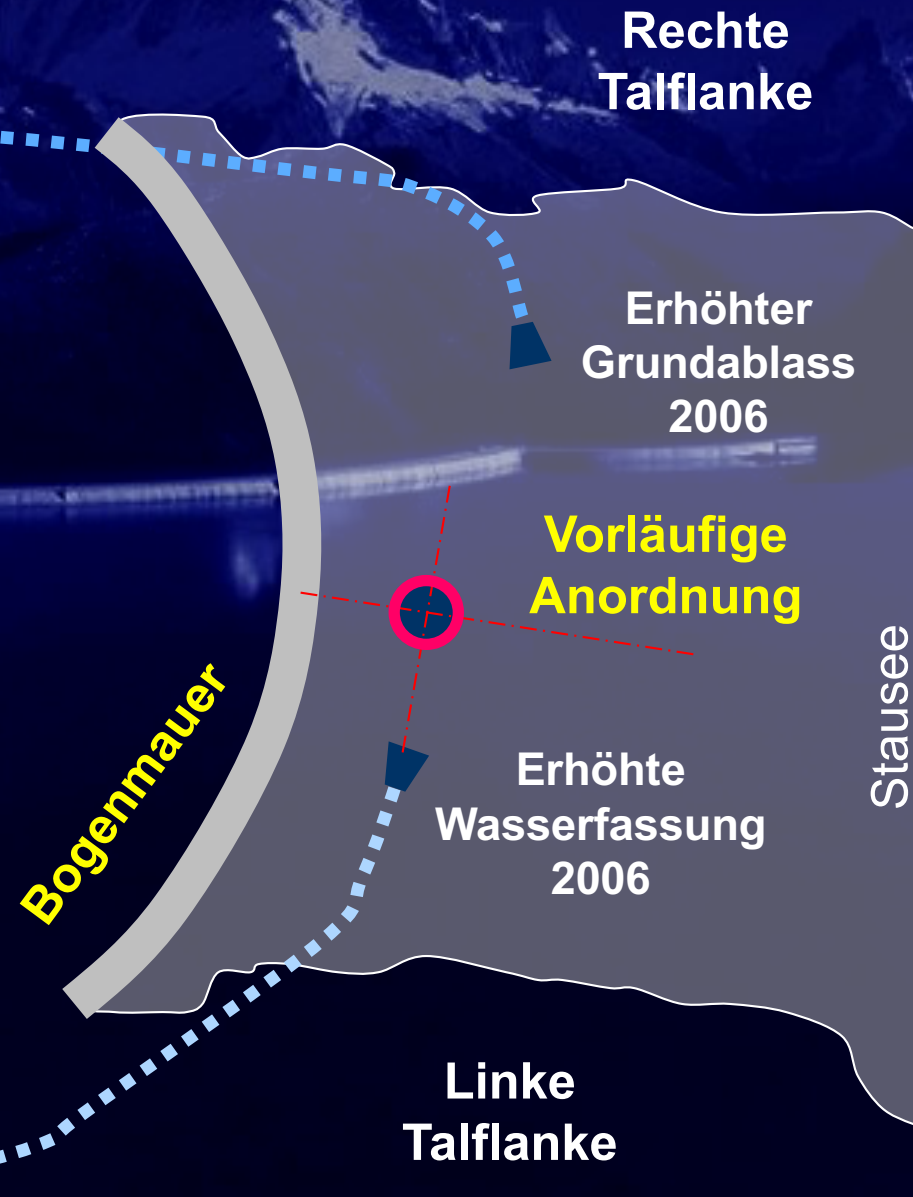


$$ESR = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{\sum c_{s,i} [g/l] \cdot Q_{out} [l/s] \cdot \Delta t [s]}{P_{in} [g]}$$

# Sedimentaustragseffizienz als Funktion des Fassungsabflusses



# Fallstudie Mauvoisin, Schweiz



# Fallstudie Mauvoisin, Schweiz - Vorstudie zur Anordnung

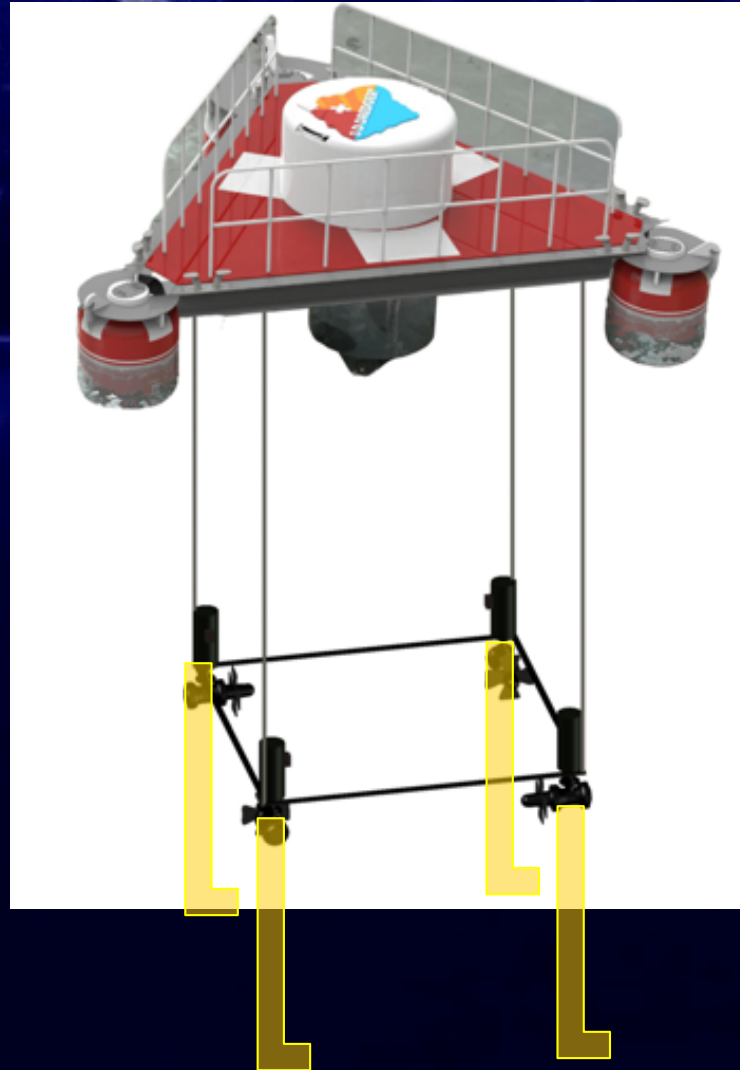
Kostenschätzung der Jetanlage zum Aufwirbeln der Feinsedimente vor der Triebwasserfassung ca. 1 Mio. CHF

	Ohne Jets	Mit Jets
<b>Jahreskosten</b> [10 <sup>6</sup> CHF]	<b>1.4 – 4.6</b> (konventionelle Saugbaggerung)	<b>0.08</b> (20 Jahre Rückzahldauer)
	<b>1.27</b> (Erhöhung Grundablass und Fassung mit 20 Jahre Rückzahldauer)	

**Falls nur 7 % der jährlichen eingetragenen Feinsedimente durch Trübestrome abgeführt werden können, ist die Jetanlage wirtschaftlich und empfehlenswert für die Nachhaltigkeit des Stausees**

# Forschungsprojekt: SEDMIX

## Grossversuch in Staubecken



# Schlussfolgerungen

- Verlandung beeinflusst die Nachhaltigkeit von Stauseen in entscheidendem Masse, **Verschärfung mit Klimawandel**
- Die physikalischen Prozesse und die Problematik der Verlandung sind seit langem bekannt; **Massnahmen werden aber oft zu spät getroffen**
- Für die nachhaltige Nutzung der tiefen alpinen Speicher ist die Beherrschung der Trübestrome die wichtigste Herausforderung; **innovative Ansätze sind erprobt**
- Aufwirbeln von Feinsedimenten und Abführen über Triebwassersystem ist sehr effizient und nachhaltig und **kostengünstig**
- Venting über Grundablass kann mit ökologischen Hochwasser und allenfalls Geschiebeschüttungen kombiniert werden **Win-Win Situation**
- Die richtige Wahl der Ein- und Auslaufbauwerke bei PSW kann die Verlandung stark verringern

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Du Vernex Lake  
Shallow reservoir sedimentation.

