



Klimawandel – Auswirkungen auf den Geschiebehaushalt und Folgen für die Wasserkraft

Visp, Energie-Apéros 2016, 15. März 2016

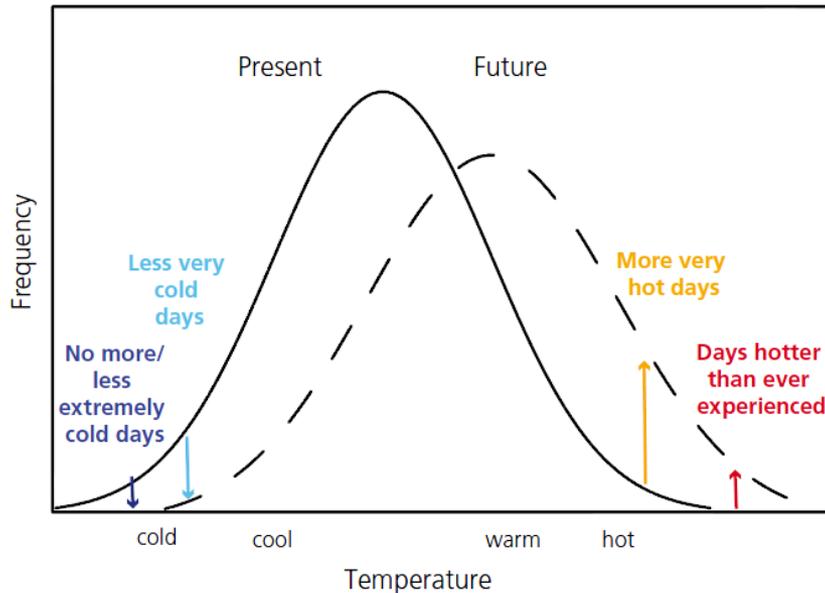
Marco Cortesi, Alpiq, SHS



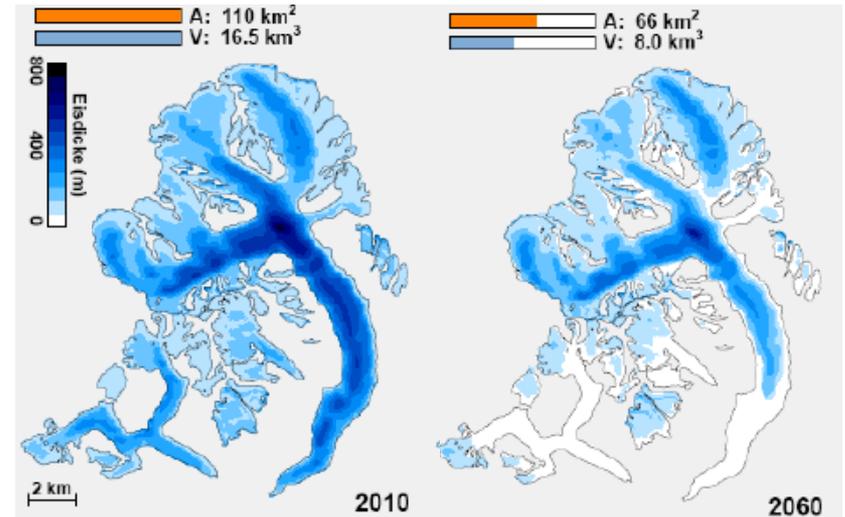
- 1. Einleitung**
- 2. Auswirkungen auf Wasserkraft**
- 3. Beispiel Electra-Massa**
- 4. Haut Glacier d'Arolla**
- 5. Schlussfolgerungen**

1. Einleitung

Warum verändert sich der Geschiebehaushalt?



CH2011 (2011), Swiss Climate Change Scenarios CH2011



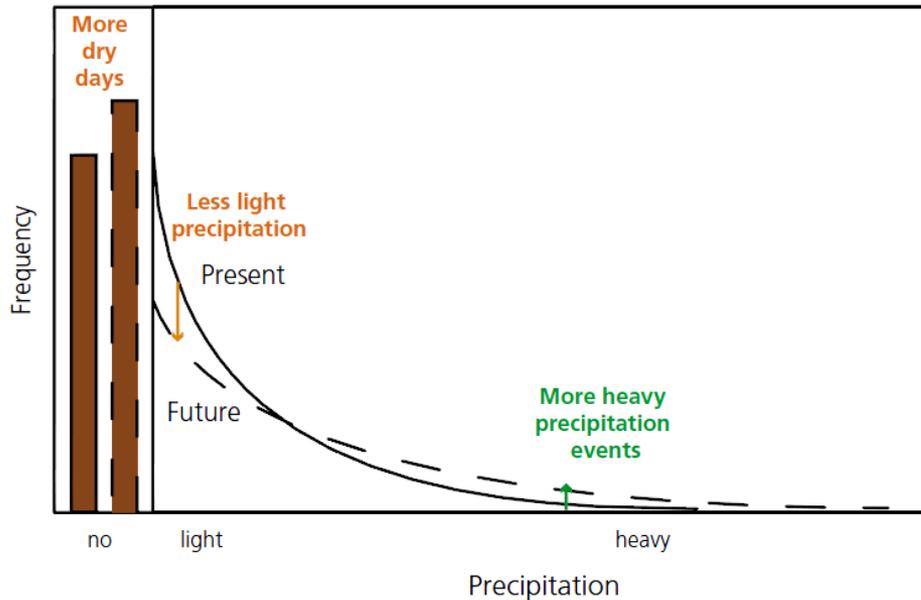
Abnahme des Gletschervolumens sowie der vergletscherten Oberfläche des Grossen Aletschgletschers (Quelle: VAW, Alpiq Suisse SA)

Zunahme der Geschiebeangebots:

- 1. Rückgang der Vergletscherung** → Die nach der Eisschmelze freigelegten Moränen und Schuttablagerungen führen zu erhöhten Geschiebefrachten
- 2. Degradierung Permafrost (Destabilisierung)** → Vermehrte Rutsch-, Sturz- und Murgangprozesse führen zu mehr Geschiebe in Wildbächen und Gebirgsflüssen

1. Einleitung

Warum verändert sich der Geschiebehaushalt?



CH2011 (2011), Swiss Climate Change Scenarios CH2011



Gletschervorfeld Oberaletschgletscher, Bild: Marco Cortesi

Zunahme des Transportkapazität:

- 1. Rückgang der Vergletscherung** → Zunahme der Spitzenabflüsse in Einzugsgebieten mit hoher Vergletscherung
- 2. Zunahme von extremen Niederschlagsereignissen** → intensivere Niederschläge (z.B. durch Gewitter) führen zu erhöhter Transportkapazitäten

2. Auswirkungen auf Wasserkraft

Wie wirkt sich das Geschiebe auf den Betrieb aus?

- **Stauraumverlandung:** Eintrag von Sedimenten und Geschiebe führt zu Verlandung des Stauraums → **Volumenverlust/Desoptimierung** für die Nutzung zur Stromproduktion oder **Ausfall der Anlage**
- **Abrasion:** Geraten die Feinsedimente (Schwebestoffe) im Wasser durch die Druckleitung in die Turbinen, können diese «abgenutzt» werden → **Verringerung Wirkungsgrad** bis Ausfall der **Maschinen**
- **Unwetterschäden:** Führen die Niederschläge zu **extremen Hochwasser** können die Anlagen (z.B. Wasserfassungen, Entlastungsorgane) beschädigt oder sogar zerstört werden → **Ausfall der Anlage**



Fassungsbecken Clusanfe, Bild: HYDRO Exploitation SA



Pelton turbine Electra-Massa SA



Wasserfassung Grande Pente, Bild: HYDRO Exploitation SA

2. Auswirkungen auf Wasserkraft

Welche «Gegenmassnahmen» gibt es?

- **Spülungen:** gezielte Entleerung der Staubecken mit hohen Abflüssen für die Mobilisierung des Geschiebes
- **Geschiebeumleitung:** Umleitung des Geschiebes durch Bypass-Systeme (z. B. Geschiebeumleitstollen oder Ausschlagen von Wasserfassungen)
- **Mechanische Aushebung:** Ausgraben des Geschiebes mit schwerem Gerät
- **Setzungsbecken:** Vorschalten von Entsander/ Entkieser bei den Wasserfassungen oder Staumauern

Ziele der Massnahmen:

- Gewährleistung der **Sicherheit**
- Maximierung der **Verfügbarkeit**
- Minimierung der **Wasserverluste**



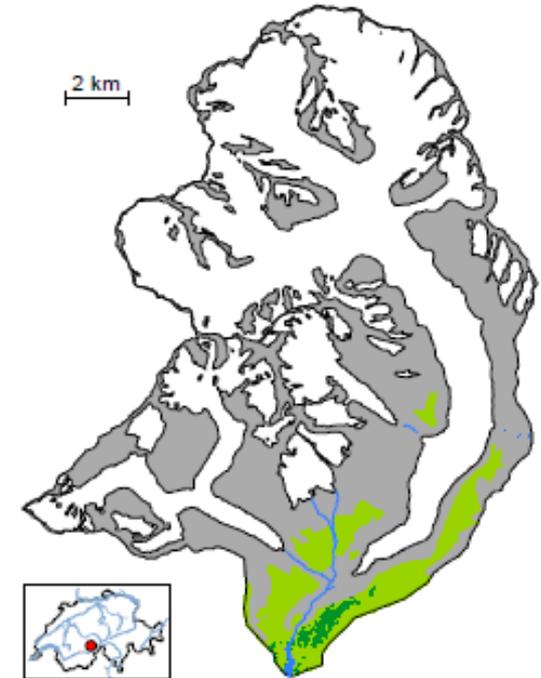
Spülung Electra-Massa SA, Bild: HYDRO Exploitation SA



Staubecken Sera, Bild: HYDRO Exploitation SA

3. Beispiel Electra-Massa

Rahmenbedingungen im Aletschgebiet



Kennzahlen:

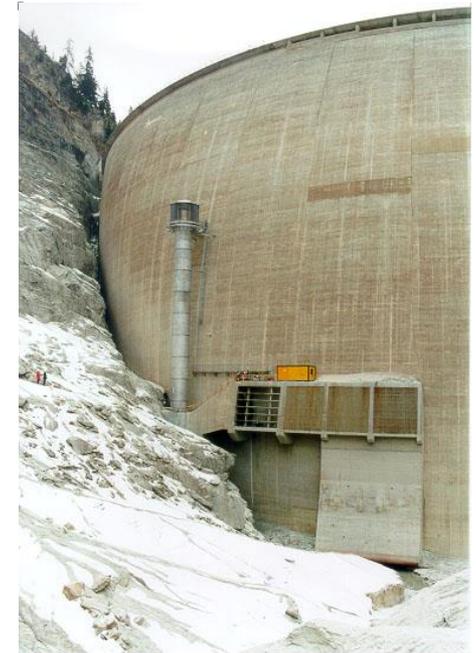
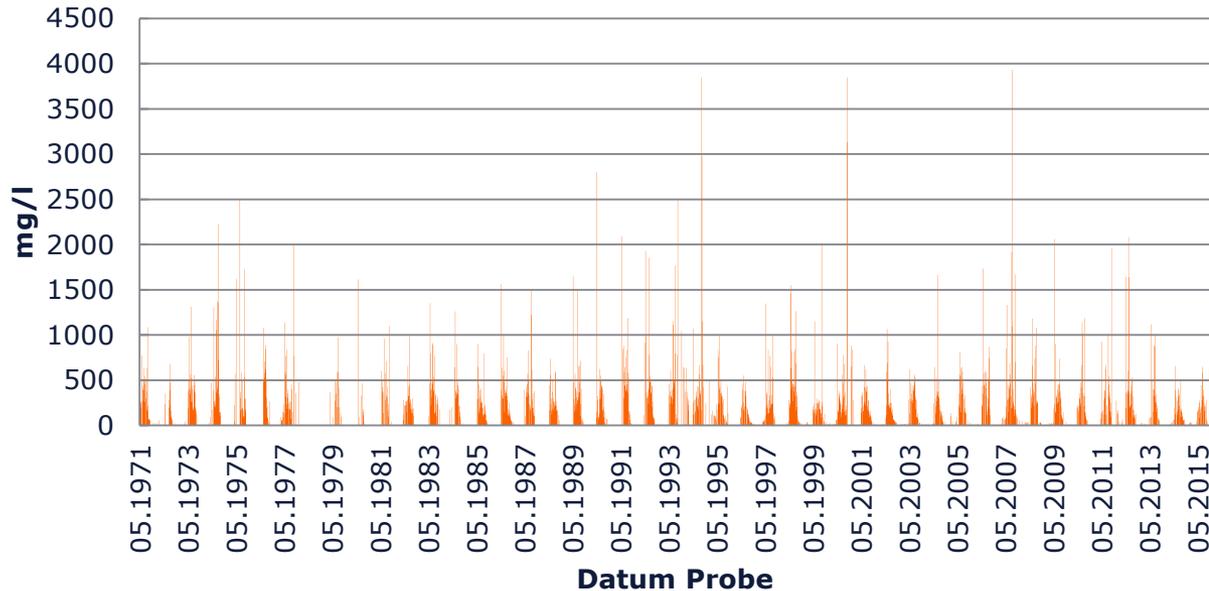
Einzugsgebiet: **198 km²**

Vergletscherung: **65%**

Jahresabfluss 2015: **524 mio m³**

Jahresproduktion 2015: **660 GWh**

3. Beispiel Electra-Massa Feststoffkonzentration

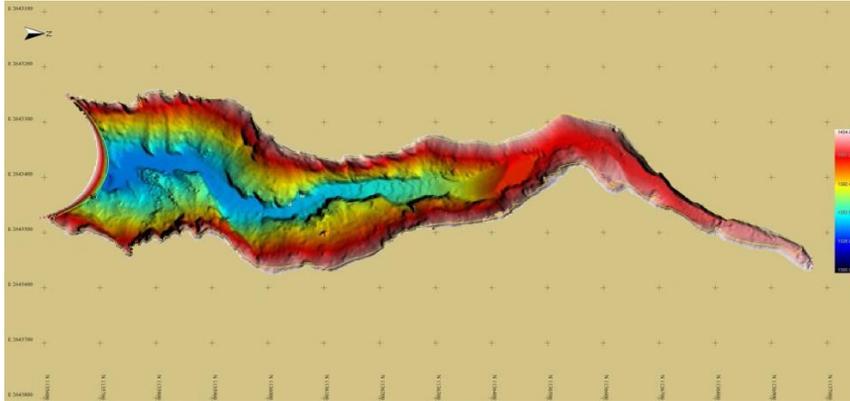


Feststoffkonzentration im Wasser mit einigen **100 mg/l** bis **4000 mg/l** (bis zu **800 t/h**). **Hoher Quarzanteil** (sehr abrasiv)

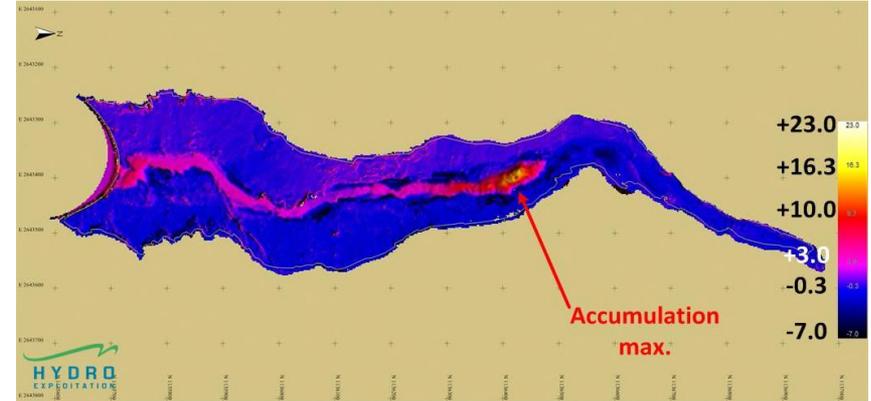
- **Erhöhung** Wasserfassung um 40 m
- **Geringerer** Feststoffgehalt im Bereich der Seeoberfläche
- Rund **20% weniger** Feststoffe im Turbinenweg



3. Beispiel Electra-Massa Verlandung



Bathymetrie Gebidem 2015, HYDRO Exploitation SA



Differenz Bathymetrie 2015- Lidar 2010 Gebidem Stausee, HYDRO Exploitation SA

	24.10.2013	13.07.2014	06.10.2015
<T> moyenne juillet-aout (Sion) ^[4]	21.2°C	18.9°C	22.5°C
H sur seuil V.F. [m]	8.3	5.5	10.3
<H> sur Talweg [m]	5.6	4.0	9.5
Période accumul [an]	1	1	2
$V_{TOT} rapporté [m^3]$	293'000	184'000	287'000
$V_{Z3} \cong 0.55 * V_{TOT} rapporté [m^3]$	161'000	101'000	158'000
$V_{TOT} corrigé [m^3]$	169'000	106'000	287'000
$V_{Z3} \cong 0.55 * V_{TOT} corrigé [m^3]$	93'000	58'000	158'000

Verlandungsrate von rund
140'000 m³/a

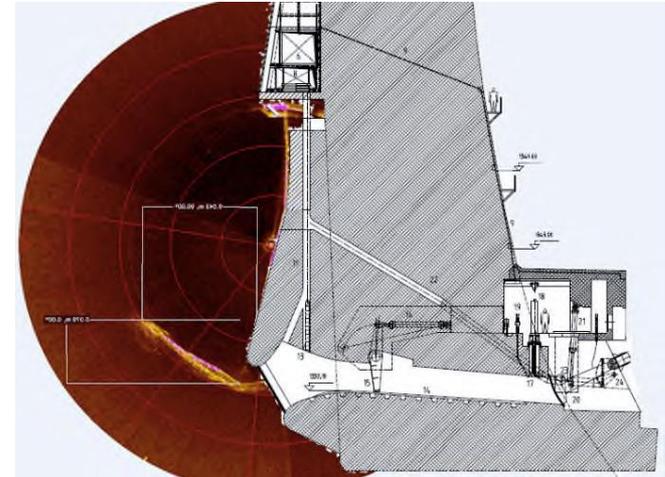
→ Seereinigung durch
**jährlich
wiederkehrende
Spülung !**

3. Beispiel Electra-Massa

Auswirkungen auf die Anlagen

Mögliche Auswirkungen auf den Betrieb:

- **Funktionsstörungen** der Betriebsorgane → Bildung von Sedimentablagerungen bei Grundablass
- **Stauraumverlandung** → Zunahme der Wasserverluste durch Spülvorgänge
- **Zunahme Abrasion** → Einschränkungen auf Verfügbarkeit der Turbinen (durch Zunahme der Erosion)
- **Spülungen** → Verlust von Wasser für die Seespülung



Unterwasseraufnahme Grundablass Gebidem Staumauer, HYDRO Exploitation SA

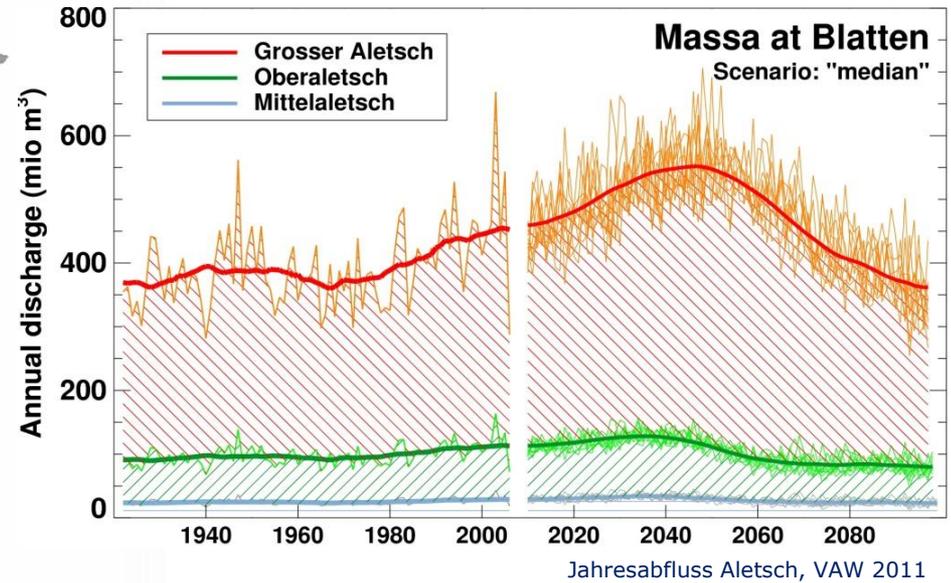
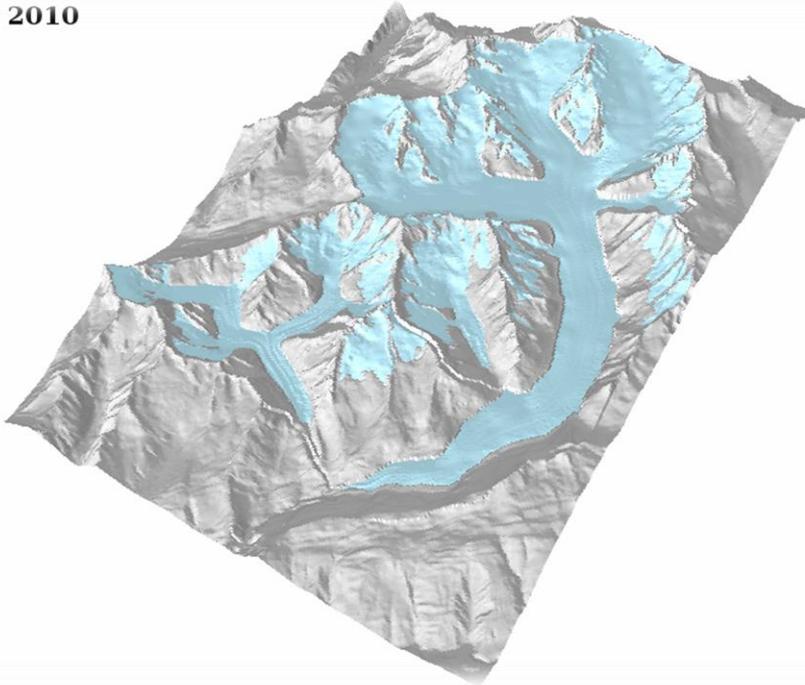


Nahaufnahme Schaufelrad Pelton turbine, HYDRO Exploitation SA

3. Beispiel Electra-Massa

Wie sieht die Zukunft aus?

Year 2010



Modellierung Aletschgletscher, VAW 2011

↑ **Abflusszunahme** bis Mitte des Jahrhunderts

↓ Sukzessive **Abnahme** der mit Eis bedeckten Fläche

→ Voraussetzungen für eine **Veränderung des Geschiebehaushalts** sind gegeben!

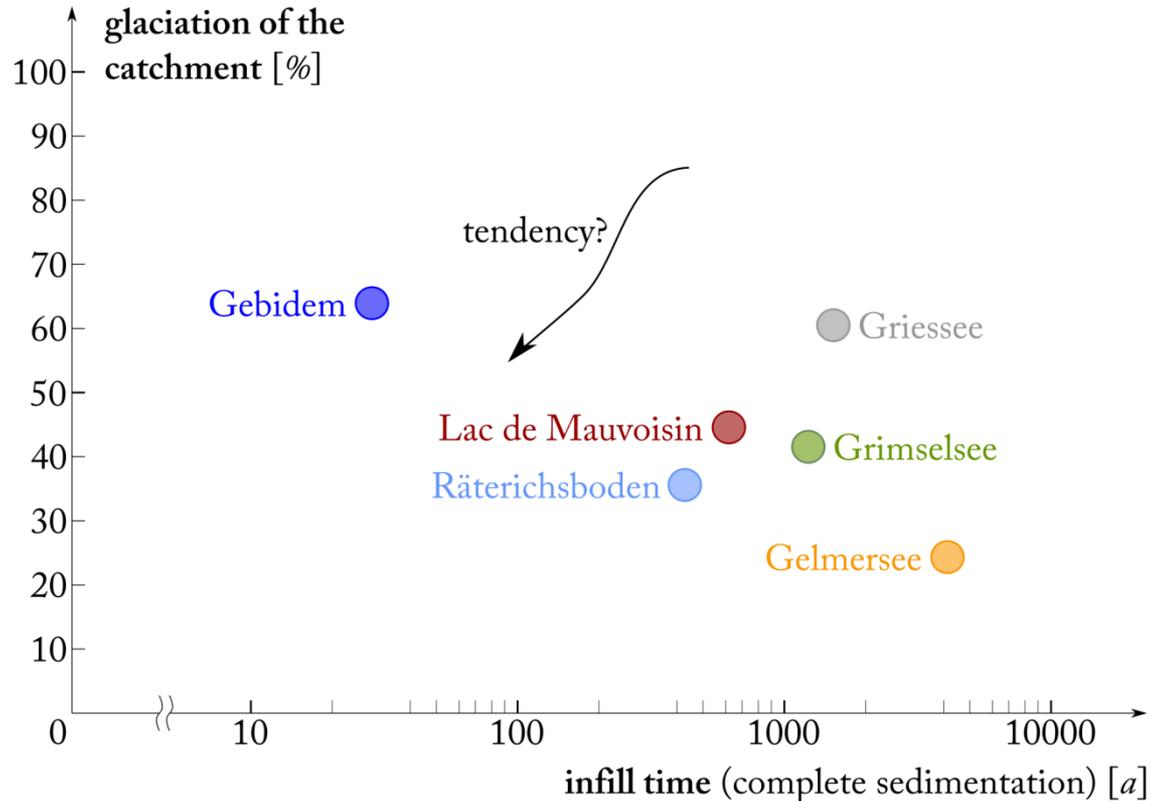
3. Beispiel Electra-Massa

Forschungsprojekt NFP 70

Wie verändert sich der Geschiebeeintrag in Zukunft?

Gegenstand der aktuellen Forschung im Rahmen des NFP 70 bzw. Swiss Competence Center for Energy Research – Supply of Electricity (SCCER-SoE):

«*Potential for future hydropower plants in Switzerland: a **systematic analysis in the periglacial environment (PHP)***» (Boes, Funk, Ehrbar, Delaney)



Verlandungsrate Schweizer Stauseen, Daniel Ehrbar, VAW 2016

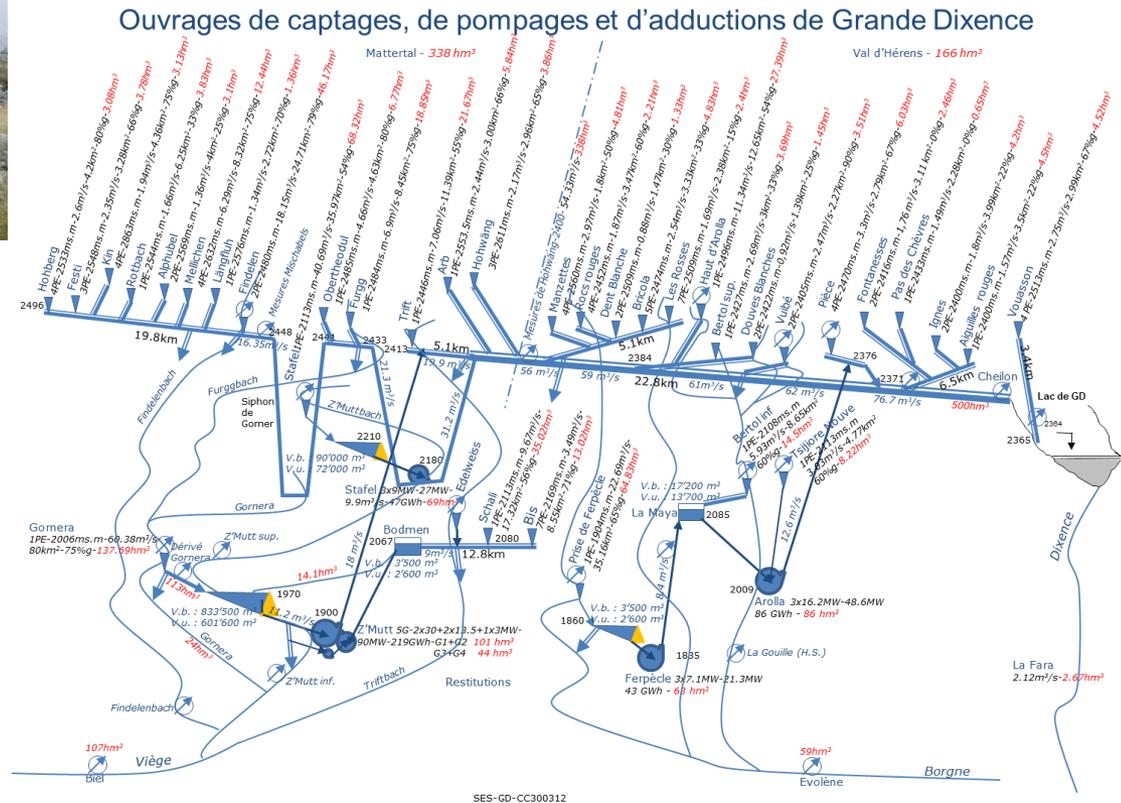
→ Wie wirken sich diese Veränderungen auf den **Betrieb der Anlage** aus?

4. Haut-Glacier d'Arolla Geschiebemanagement im Val d'Arolla



«Automatische» Wasserfassungen (Tyrolerwerhr):

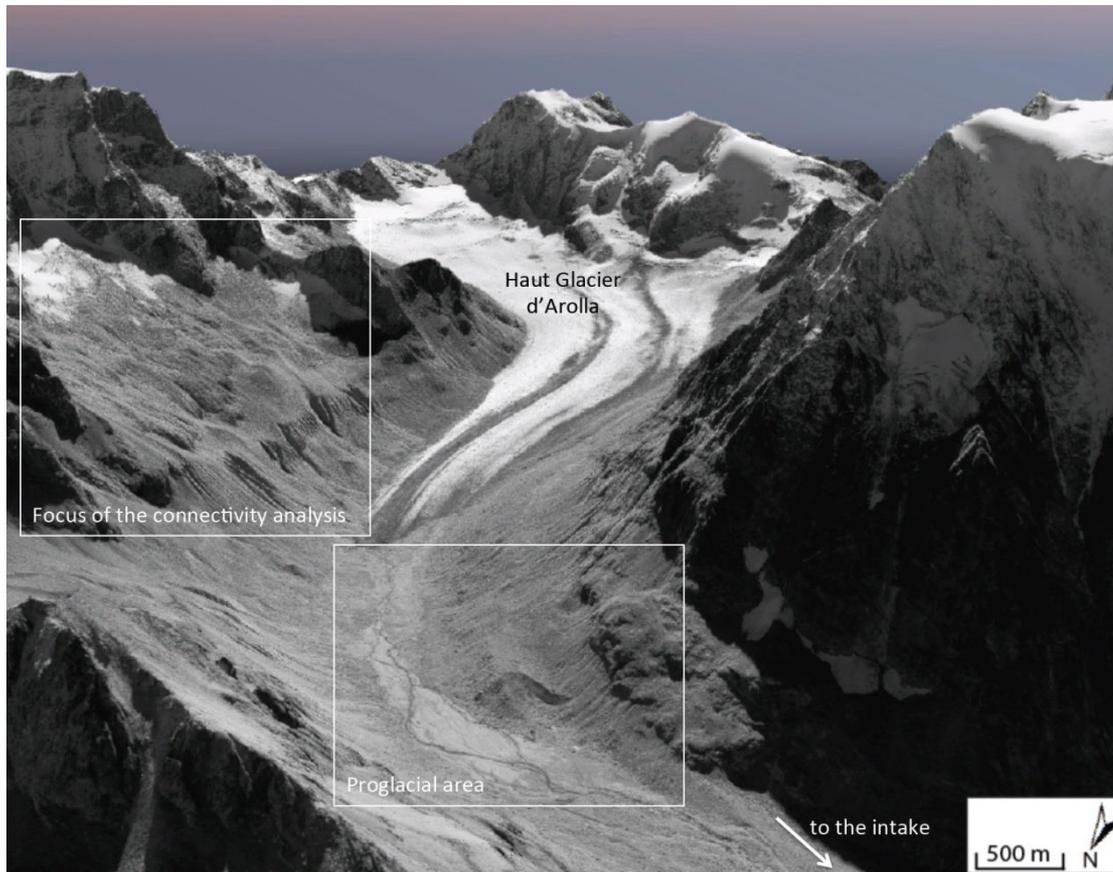
Die Wasserfassungen werden in Abhängigkeit des «gefassten» Geschiebes **regelmässig gespült** → in gewissen Perioden des Jahres und an einigen Standorten **mehrmals täglich**.



4. Haut-Glacier d'Arolla

Forschungsprojekt NFP70

NFP 70: Optimizing Environmental Flow Releases under Future Hydropower Operation (HydroEnv) (Stuart Lane & Chrystelle Gabbud & UNIL)



Ansicht Haut-Glacier d'Arolla, S. Lane, UNIL (2016)

- Wie verändern sich die **Prozesse** im **Gletschervorfeld**?
- Welche **Geschiebemengen** können mobilisiert werden?
- Wie ist der **zeitliche Ablauf** dieser Vorgänge?

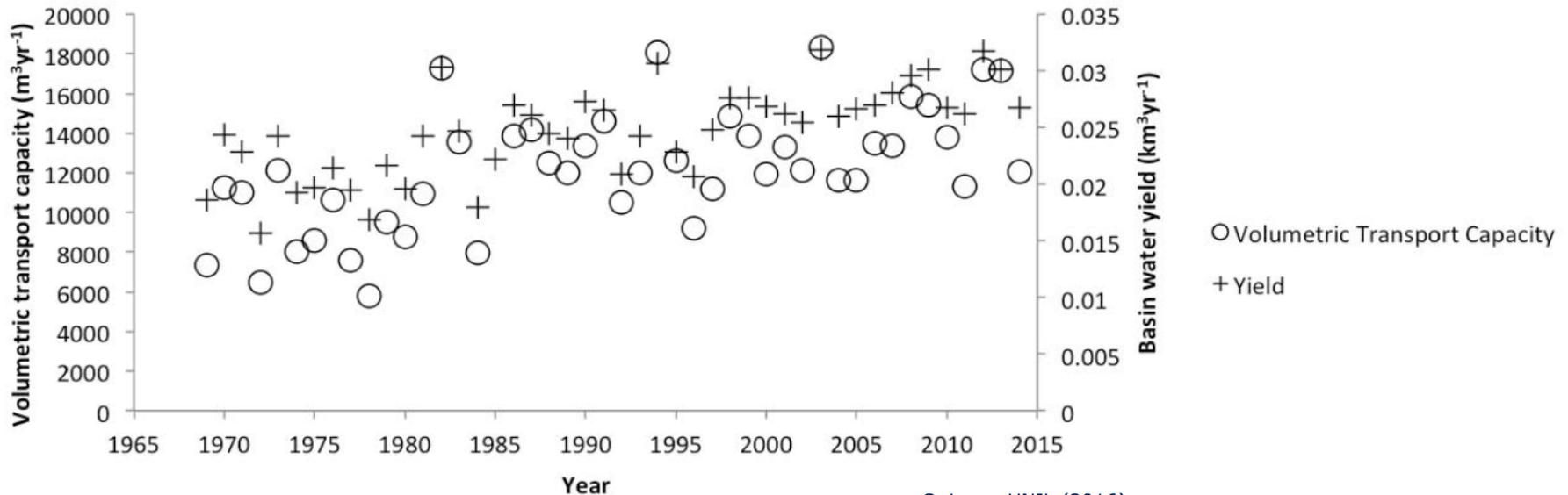
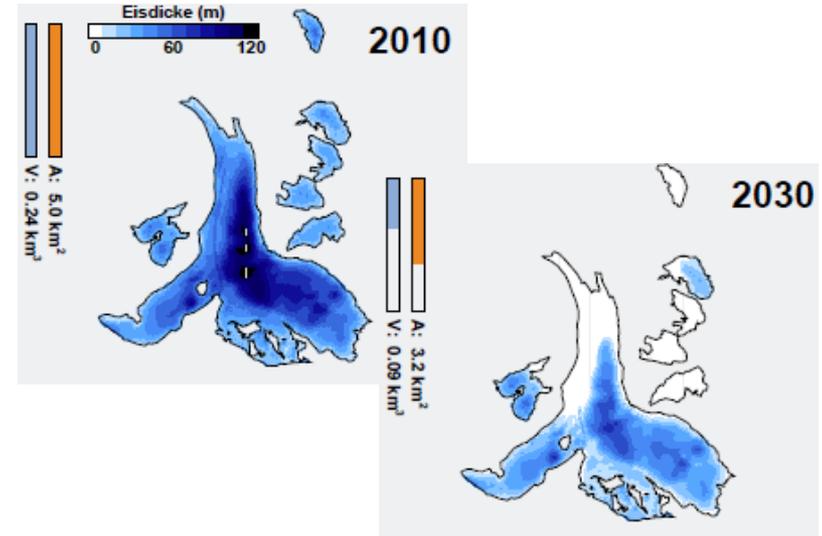
Für ALPIQ: **Auswirkungen auf Betrieb?**

4. Haut-Glacier d'Arolla

Transportkapazität

Transportkapazität :

→ Gewässer können Geschiebe **schneller** Transportieren als Gletscher, zudem führt die durch die Gletscherschmelze bedingte Abflusszunahme zu einer höheren Transportkapazität der Gewässer



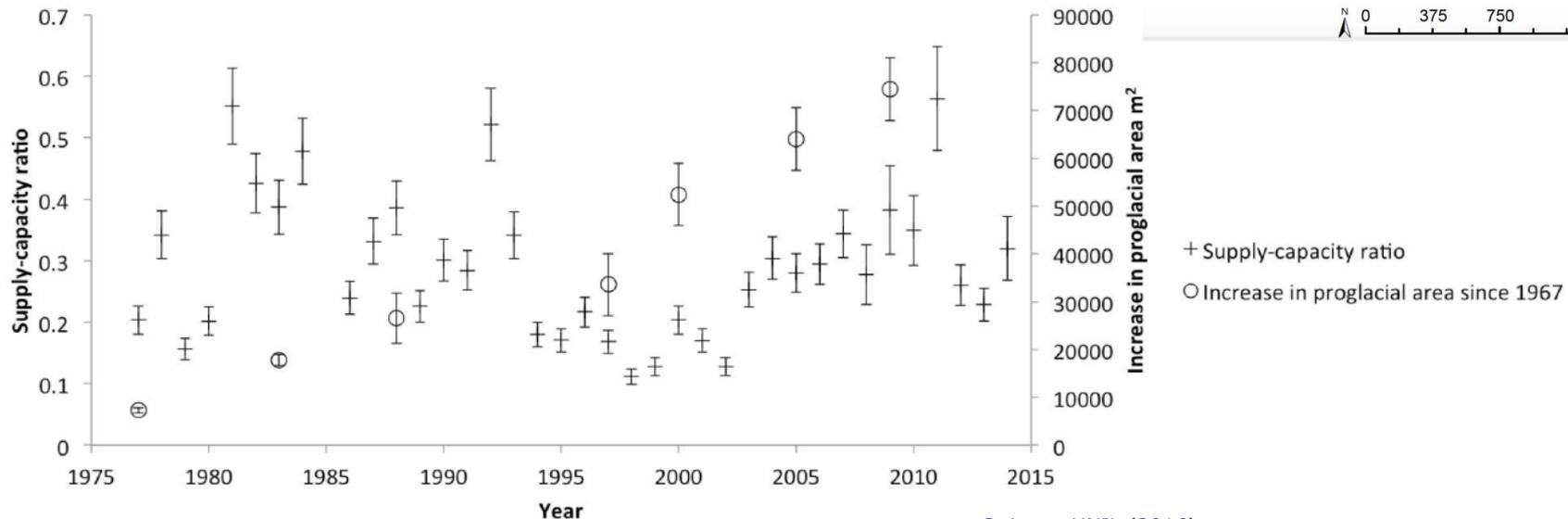
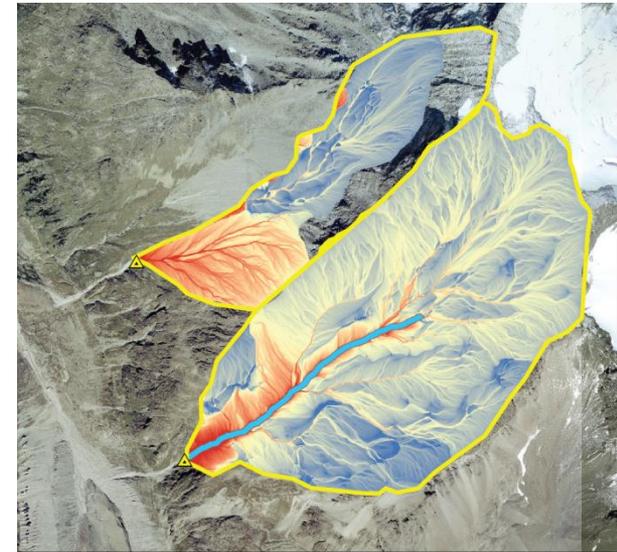
4. Haut-Glacier d'Arolla

Konnektivität

Transportkapazität ≠ eff. Transport

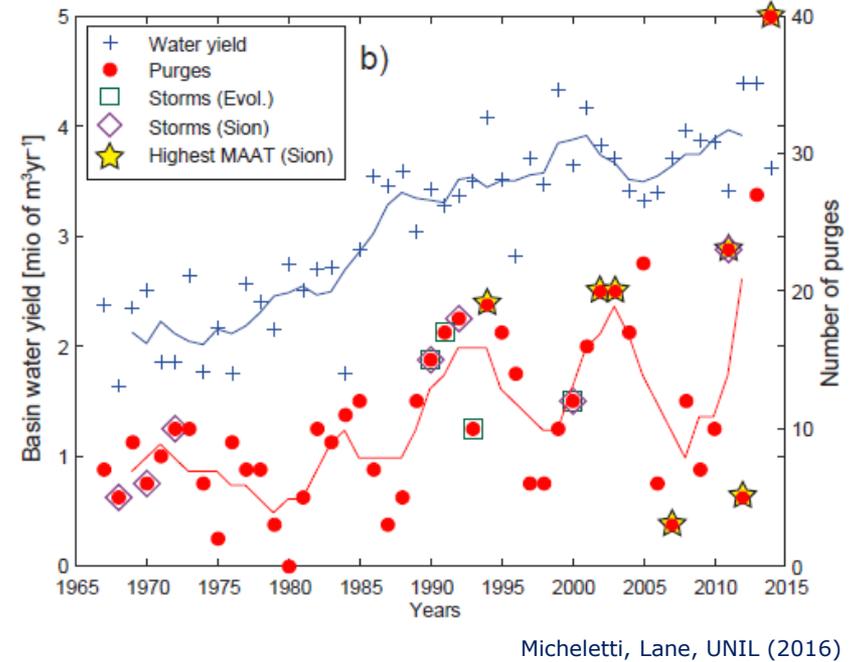
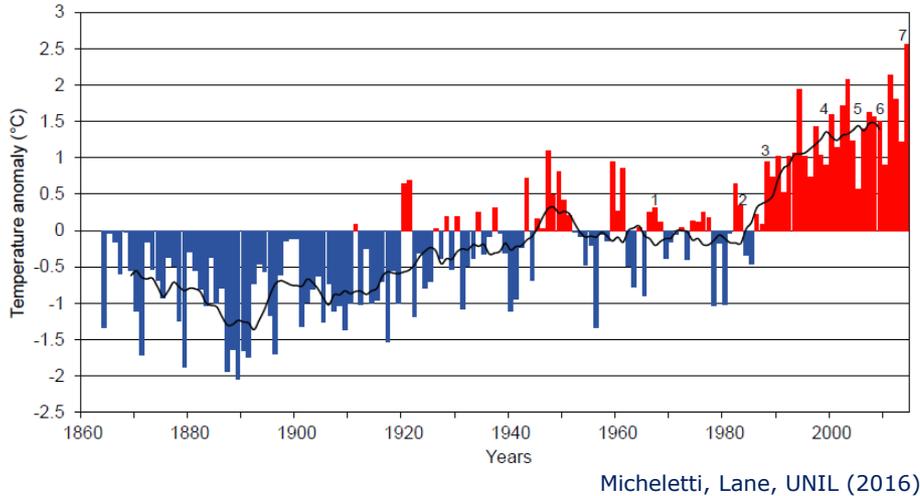
→ Geschiebeangebot **stimmt nicht** zwingend mit lokaler hoher Transportkapazität überein: «**Konnektivität**»

→ **Topographische** Eigenschaften der freigelegten Fläche und **Rückzugsrate** der Gletscher beeinflussen tatsächlichen Geschiebetransport massgeblich



4. Haut-Glacier d'Arolla

Extremereignisse



Temperatur und Niederschlag:

→ Zunahme der **Geschiebefracht korreliert teilweise** mit zunehmender **Temperatur** und auch mit Frequenz von **Extremereignissen** (Starkniederschläge).

-
- Geschiebe-Prozesse **sind** (teilweise) **bekannt**: die Wasserkraft ist bereits an viele Prozesse «angepasst» und die Vorgänge werden bereits stark **vom Betrieb berücksichtigt**.
 - Klimainduzierte Veränderungen betreffen vor allem Einzugsgebiete mit **grosser Vergletscherung**.
 - Einzelne Gebiete sind von Änderungen **stark betroffen**. Die Auswirkung auf die Wasserkraftwerke muss in diesen Gebieten weiter abgeklärt werden.
 - **Umwelteinwirkungen**: Geschiebedefizite aufgrund von Wasserkraftwerken zur Zeit Gegenstand der Renaturierung der Gewässer, Klimaeinflüsse müssen berücksichtigt werden.
 - **Betrieb der Anlagen** muss sich fortlaufend an die sich verändernden Rahmenbedingungen **anpassen**.



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Marco Cortesi, Alpiq Suisse SA
marco.cortesi@alpiq.com
+41 21 341 23 03