



Mauvoisin, Quelle: rhonefm.ch



Trift, Quelle: KWO

# Schweizerisches Wasserkraftpotenzial zur Stromerzeugung und -speicherung bis 2050

Prof. Dr. Robert Boes  
ETH Zürich, Versuchsanstalt für Wasserbau und Glaziologie (VAW)



## Gliederung

*Ergebnisse aus dem White Paper „Hydropower generation and storage“ des SCCER-SoE*

- Einleitung und Hintergrund
- Mögliche Änderungen in Wasserkraftproduktion und -speicherung
  - Exkurs Speichervermögen infolge Talsperrenerhöhungen
- Herausforderungen und Möglichkeiten der Wasserkraft
  - Exkurs Wasserkraftpotenzial nach Gletscherrückzug
- Zusammenfassung
- Empfehlungen

# Einleitung und Hintergrund

## Heutige Rolle der Wasserkraft

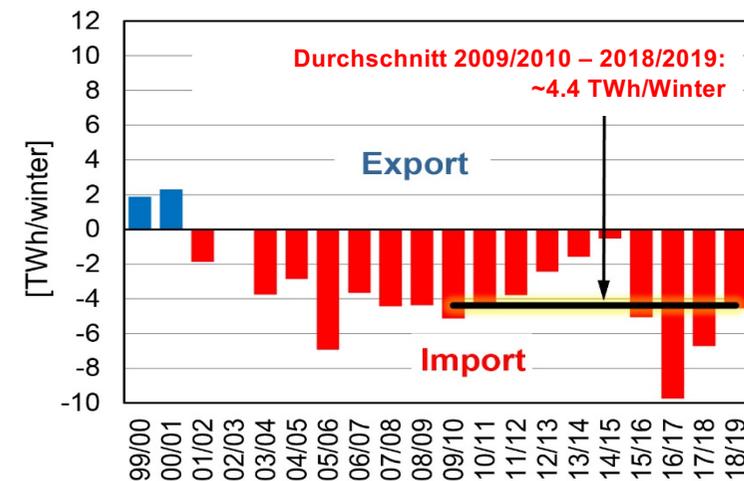
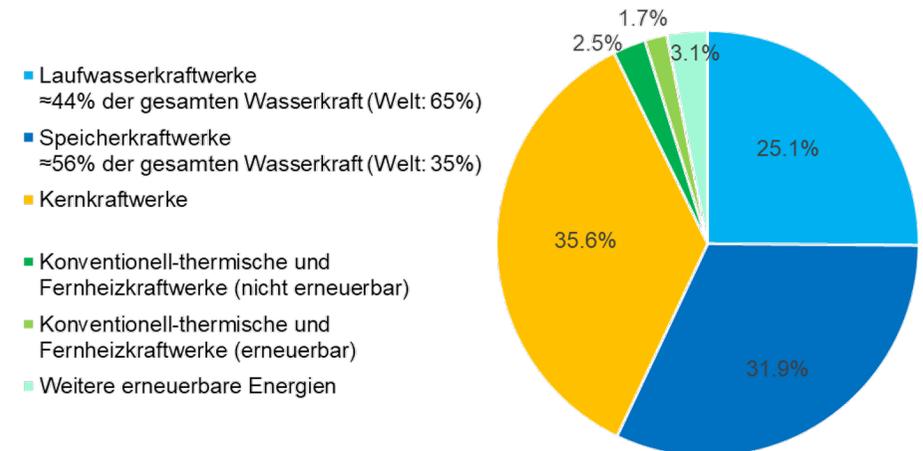
Zentrale Säule der Schweizerischen Stromversorgung

### Produktion

- Wasserkraft 38 TWh/a (Mittelwert 2010-2019)  
~ 60% der Netto-Stromerzeugung (~ 63 TWh/a)
- nominales Jahresarbeitsvermögen ~ 36 TWh/a  
(nach Abzug des Verbrauchs der Speicherpumpen,  
mit Kleinwasserkraft)
- in letzten Jahren/Jahrzehnten leicht höhere Produktion  
wegen Abschmelzen der Gletscher (vorübergehend)

### Speicher

- Im Winter grösserer Bedarf bei geringerer Produktion
- 8.85 TWh Energieinhalt der Speicherseen
- 6.5 TWh davon alljährlich im Mittel genutzt
- Stromimporte im Winterhalbjahr erforderlich

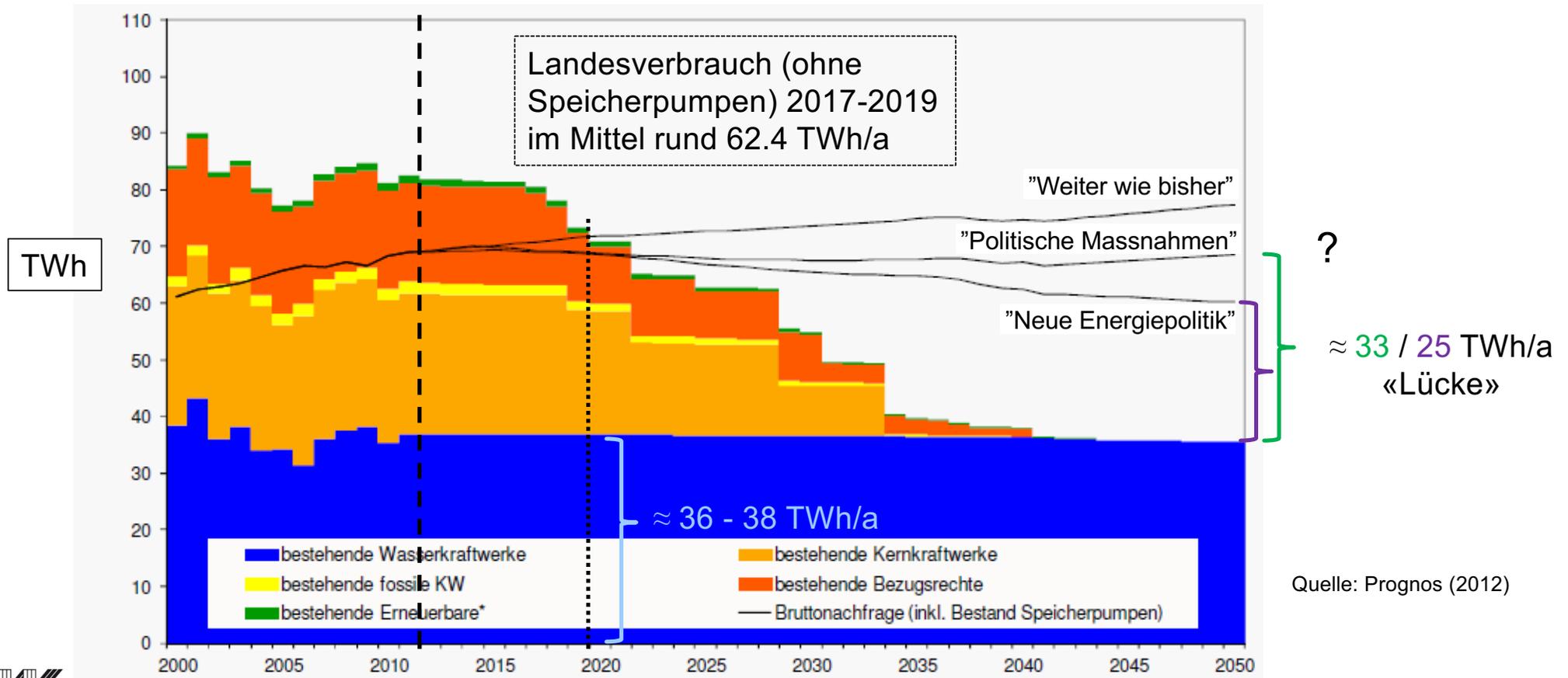


Datenquelle:  
Elektrizitäts-  
Statistik  
BFE



# Einleitung und Hintergrund

## CH-Energiestrategie 2050 – Entwicklung Produktion und Verbrauch



Quelle: Prognos (2012)



# Einleitung und Hintergrund

## Zukünftige Rolle der Wasserkraft

### Energiestrategie (ES) 2050

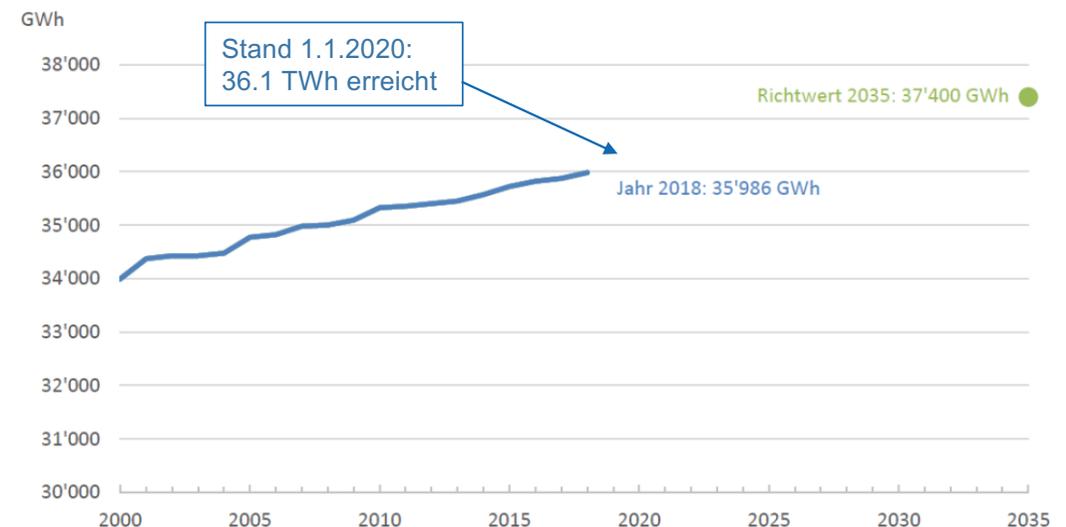
#### Produktionsziele Wasserkraft

- **≥ 37.4 TWh/Jahr bis 2035** (Energiegesetz)
- **38.6 TWh/Jahr bis 2050** (Bundesrat 2013)
- **Zubau von ≥ 5 TWh/Winter bis 2035**  
(Empfehlung ECom 2020, nicht nur durch Wasserkraft)
- **Zubau von 2 TWh/Winter bis 2040**  
(Medienmitteilung BFE 11.11.2020, laufende Revision StromVG)

Steigender Bedarf an Regelenergie infolge geplantem sehr starkem Ausbau der Photovoltaik (und Wind)

im Vergleich zur mittleren Produktionserwartung von ~ 36 TWh/a (Stand 2019)

- + 1.4 TWh/a bis in 15 Jahren
- + 2.6 TWh/a bis in 30 Jahren



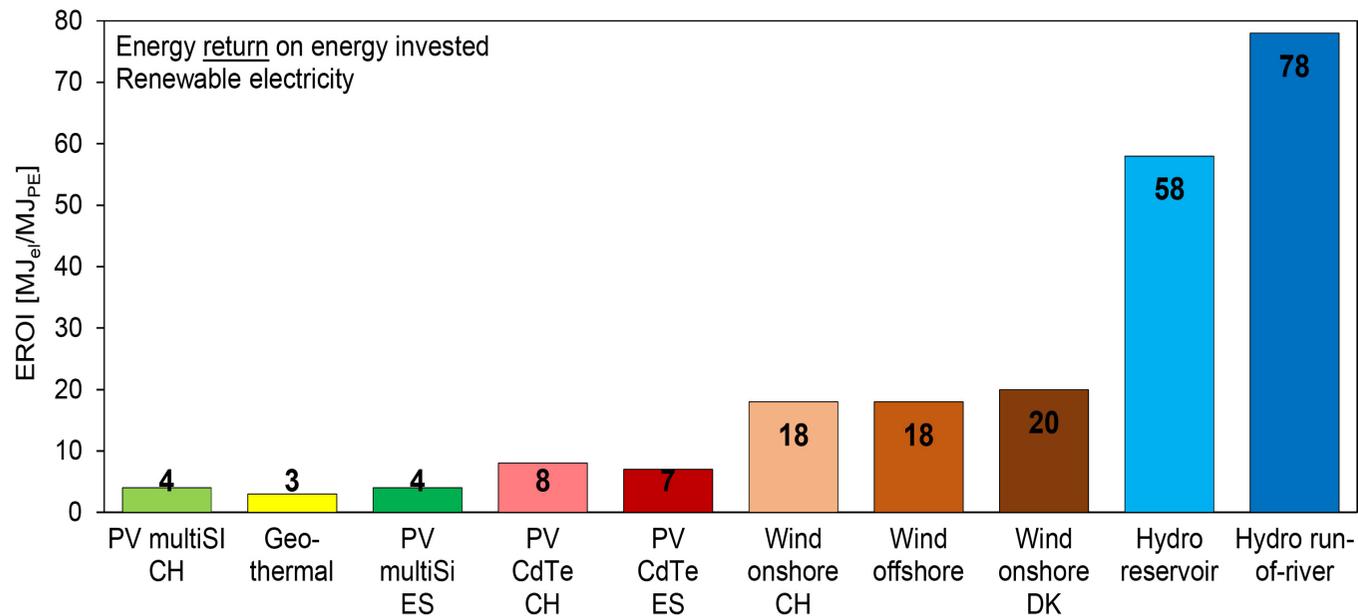
Quelle: BFE (2019), Monitoringbericht ES 2050

# Einleitung und Hintergrund

## Stärken und Schwächen der Wasserkraft

Wasserkraft ist sehr vorteilhaft in Bezug auf ...

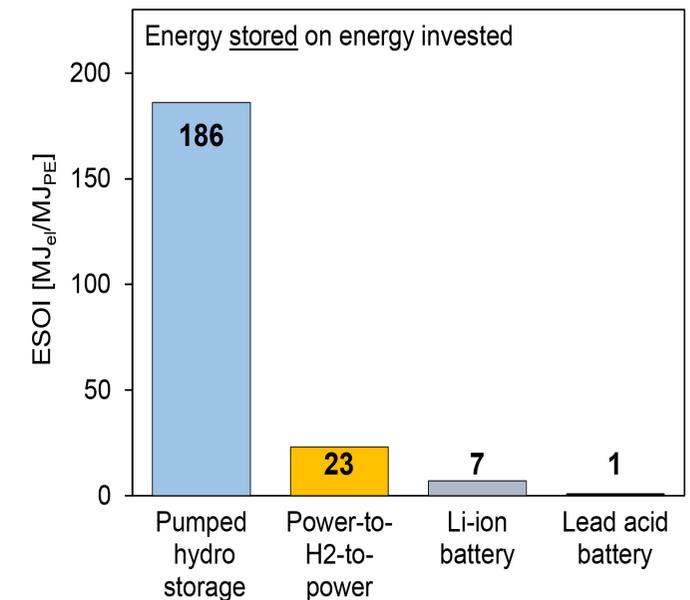
- Erntefaktor (EROI)



Quelle: Steffen *et al.* (2018)



- Speicher-Erntefaktor (ESOI)

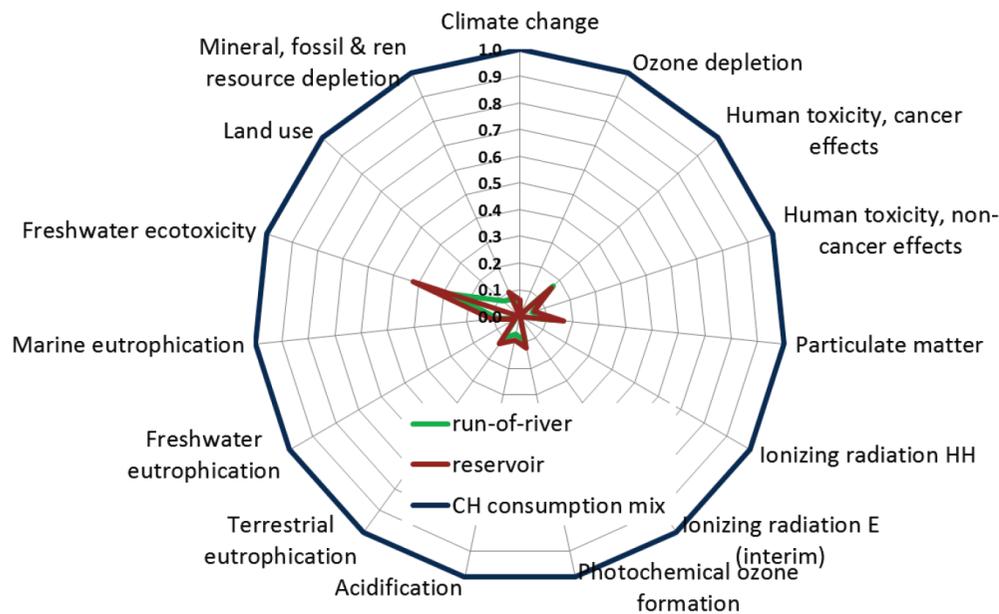


# Einleitung und Hintergrund

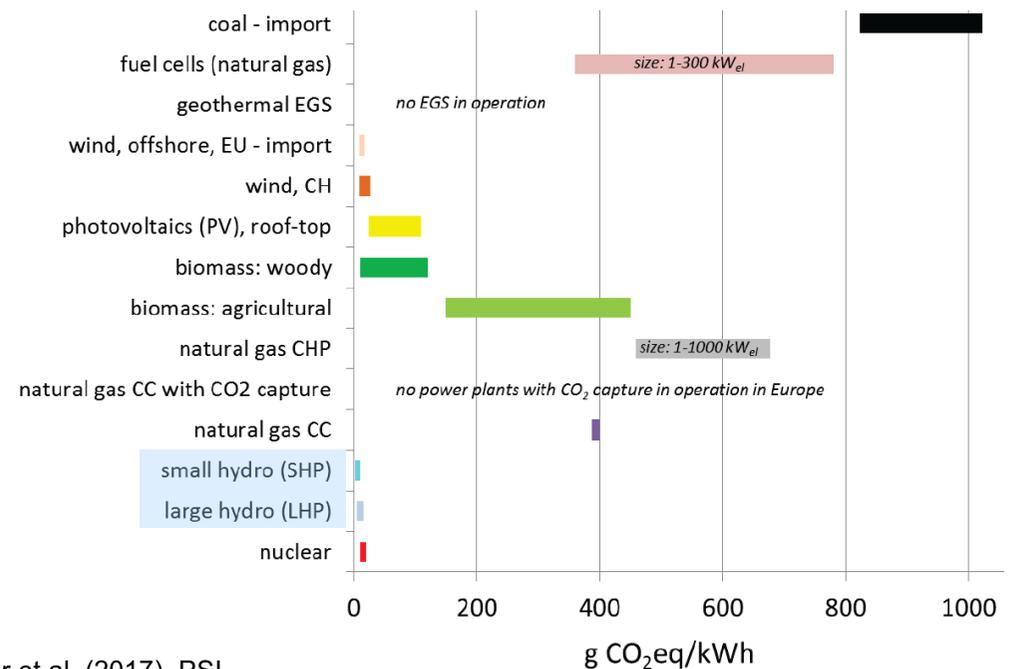
## Stärken und Schwächen der Wasserkraft

Wasserkraft ist sehr vorteilhaft in Bezug auf ...

- Lebenszyklusanalyse (LCA)



- Treibhausgas-Emissionen (GHG)



Quelle: Bauer et al. (2017), PSI



# Einleitung und Hintergrund

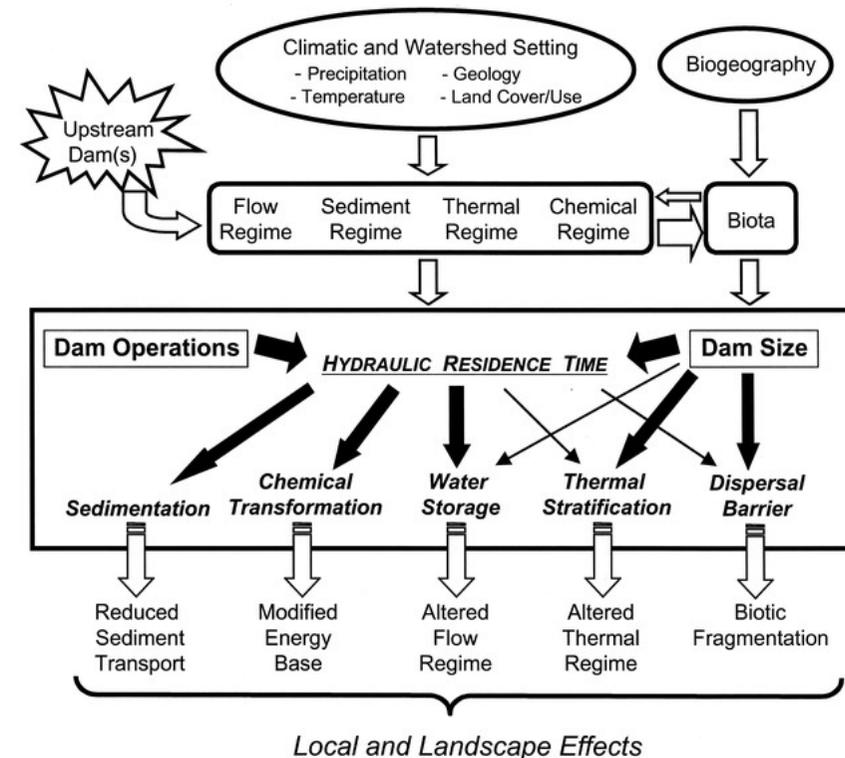
## Stärken und Schwächen der Wasserkraft

Wasserkraft hat zum Teil negative Auswirkungen auf aquatische und terrestrische Ökosysteme

- Längsvernetzung  
(z.B. Fisch- und Geschiebedurchgängigkeit)
- Restwasserstrecken
- Schwall- und Sunk

*Einfluss von Speichersystemen auf die wesentlichen bio-physikalischen Prozesse in Flüssen*

Quelle: Poff & Hart (2002)



## Gliederung

*Ergebnisse aus dem White Paper „Hydropower generation and storage“ des SCCER-SoE*

- Einleitung und Hintergrund
- Mögliche Änderungen in Wasserkraftproduktion und -speicherung
  - Exkurs Speichervermögen infolge Talsperrenerhöhungen
- Herausforderungen und Möglichkeiten der Wasserkraft
  - Exkurs Wasserkraftpotenzial nach Gletscherrückzug
- Zusammenfassung
- Empfehlungen

# Mögliche Änderungen in Wasserkraftproduktion und -speicherung

*Produktion:* Neubauten, Ausbauten und Erneuerungen

- Mehr als 90% des Schweizerischen Wasserkraftpotenzials wird bereits genutzt
- Mehrere Studien zum zusätzl. nutzbaren Wasserkraftpotenzial durch SWV, BFE, SCCER-SoE

Zusätzl. Potential:	Jährliche Produktion [TWh/Jahr]	Produktion im Winterhalbjahr [TWh/Winter]
Neue kleine & grosse Anlagen	0.7 – 1.7	0.3 – 0.7
Ausbau / Erweiterung	0.4 – 1.5	0.2 – 0.6
Erneuerung / Sanierung	0.5 – 1.0	0.2 – 0.4
Periglaziale Wasserkraft	0.0 – 0.8	0.0 – 0.5
Talsperreenerhöhungen	0.0 – 0.2	0.2 – 1.5

→ Talsperreenerhöhungen könnten signifikant zur Produktion im Winterhalbjahr beitragen

# Mögliche Änderungen in Wasserkraftproduktion und -speicherung

*Speicherung: periglaziale Wasserkraft und Talsperrenerhöhungen*

Zusätzl. Potential:	Gespeicherte Energie [TWh]
Talsperrenerhöhungen	0.2 – 1.5
Periglaziale Wasserkraft	0.0 – 1.0
Erneuerung / Sanierung	0.1 – 0.2
Neue kleine & grosse Anlagen	–
Ausbau / Erweiterungen	–



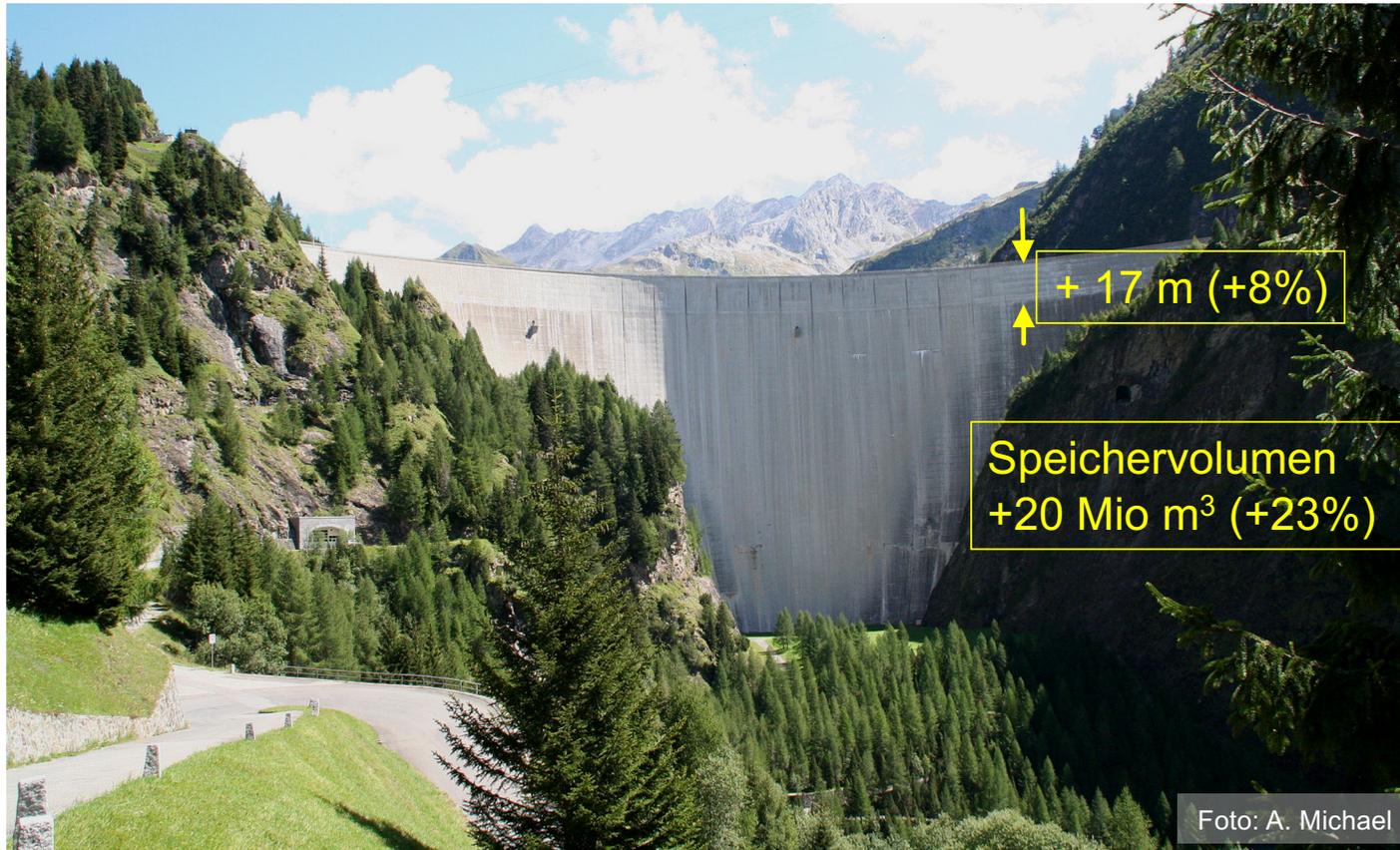
Erhöhung der Talsperre Vieux Emosson (2012-2015) um +21.5 m (39%)  
→ +93% Volumenzunahme



Periglazialer Speicher Triftgletscher  
145 GWh/Jahr; 215 GWh Speicher

# Exkurs Talsperreenerhöhungen

Beispiel Luzzzone (TI, 1997–1998)



# Talsperreenerhöhungen: Methodik für Potenzialstudie

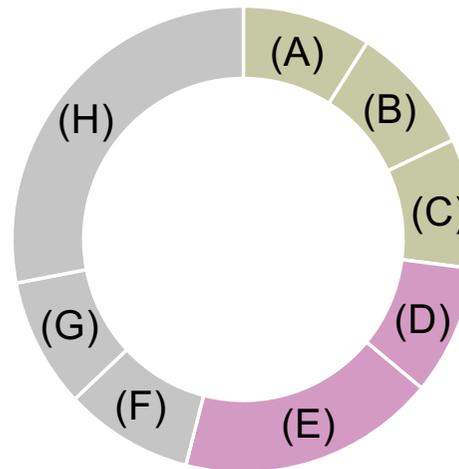
- (1) Erstellen einer **Bewertungsmatrix**
- (2) **Systematische Bewertung** von 38 Schweizer Wasserkraftspeichern (> 20 Mio. m<sup>3</sup>) für drei relative Erhöhungsmasse: 5%, 10% und 20% der max. Sperrenhöhe
- (3) **Auswählen der Erhöhungsoptionen** mit Höchstpunktzahl und Einteilung in vier Szenarien
- (4) **Abschätzen der erreichbaren zusätzlichen Speichervolumina und der Elektrizitätsproduktion**, die zusätzlich in den Winter umgelagert werden kann

# Bewertungsmatrix

0 - 4 Punkte für jedes Kriterium, mit folgender Gewichtung  
(0 = Ausschlusskriterium):

**KRAFTWERKSSYSTEM (46%)**

- (F) Wasserwirtschaft (9%)
- (G) Anpassungen hydr. System (9%)
- (H) Erhöhung der Stromproduktion im Winter (28%)



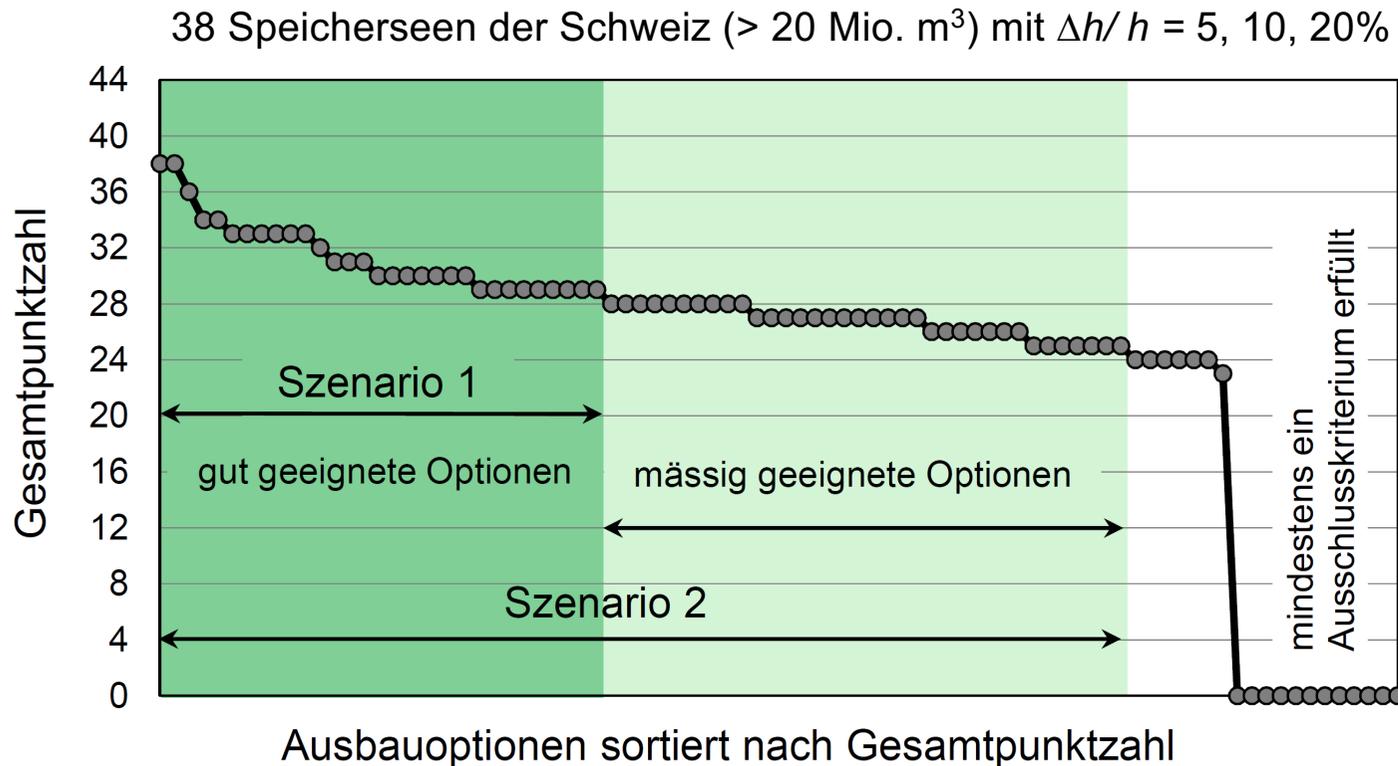
**ZUKÜNFTIGER STAURAUM (27%)**

- (A) Schutzgebiete (9%)
- (B) Bodennutzung und Gebäude (9%)
- (C) Infrastrukturanpassungen (9%)

**SPERRE (27%)**

- (D) Bautechnische Eignung (9%)
- (E) Relativer Aufwand (18%)

# Auswahl Erhöhungsoptionen



## Ausgeschieden (12), davon:

Wegen bestehenden Siedlungen und Bebauung wenig über Stauziel (6):  
Lac de Gruyere,  
Schiffenensee, Sihlsee,  
Wägitalersee, Lago di Livigno, Lago di Vogorno

Wegen Moorschutz (2):  
Räterichsbodensee und  
Göscheneralpsee

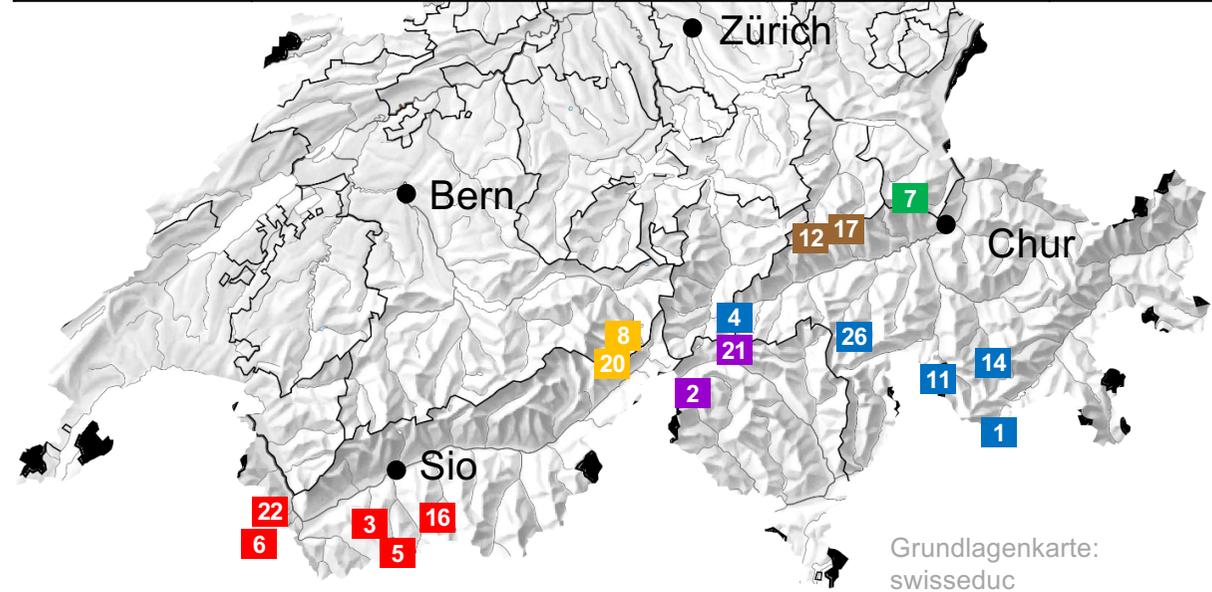
Wegen Bautechnik (1):  
Zeuzier

Weil schon erhöht (3):  
Mauvoisin, Luzzzone,  
Vieux Emosson

# Gesamt-Umlagerungspotenziale (1)

Speicher (alphab., Farben = Kanton)			in GWh
Szenario 1			
1	Albigna (+20%)	GR	74
2	Cavagnoli (+10%/+20%)	TI	24
3	Cleuson (+10%/+20%)	VS	17
4	Curnera (+20%)	GR	76
5	Gde. Dixence (+10%)	VS	525
6	Emosson (+20%)	VS	425
7	Gigerwald (+5%)	SG	11
8	Grimsel * (+20%)	BE	204
9	Hongrin (20%)	VD	
10	Klöntal (20%)	GL	
11	Lago di Lei (+10%)	GR/VI	206
12	Limmern (+20%)	GL	120
13	Lucendro (+10%)	TI	
14	Marmorera (+20%)	GR	61
15	Mattmark (+20%)	VS	
16	Moiry (+10% / +20%)	VS	82
17	Muttsee (+20%)	GL	17
18	Nalps (+20%)	GR	
19	Naret (+20%)	TI	
20	Oberaar (+20%)	BE	152
21	Ritom (+10%/+20%)	TI	13
22	Salanfe (+20%)	VS	69
23	Sambuco (+20%)	TI	
24	Sta. Maria (+5%)	GR	
25	Toules (+20%)	VS	
26	Zervreila (+20%)	GR	133
<b>Total</b>			<b>2210</b>

um $\Delta h/h =$	Anzahl Stauseen erhöht				$\Delta$ Volumen [Mio. m <sup>3</sup> ]	$\Delta$ Energie [TWh]
	5%	10%	20%	total		
<b>Szenario 1</b>	1	6	10	17	700	2.2



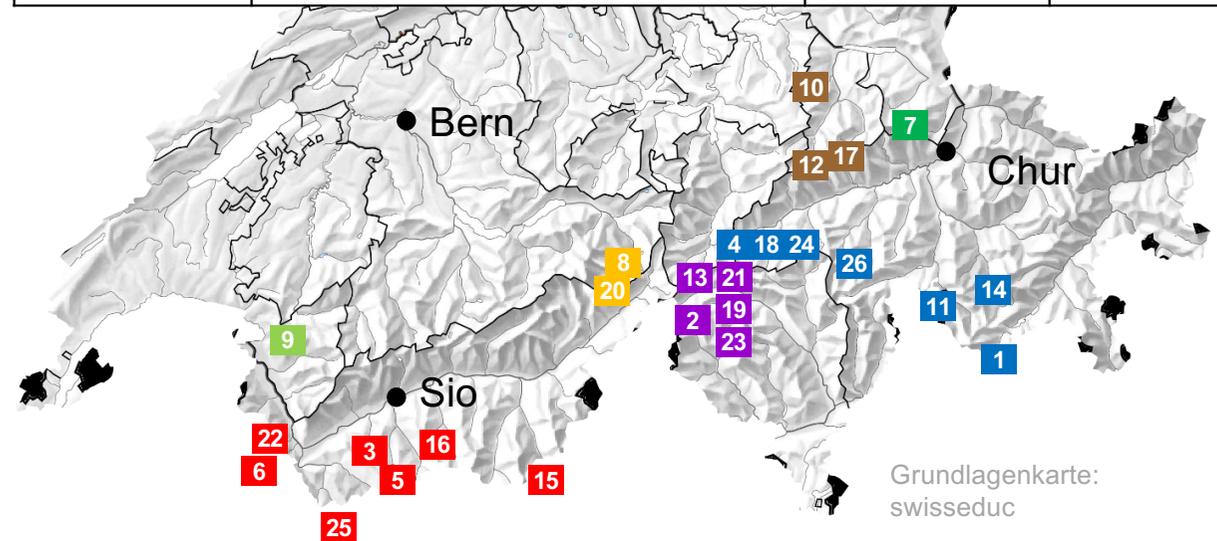
Quelle: Felix *et al.*, Wasser, Energie, Luft, 2020, 1, 1-10

\* 240 GWh gemäss <https://www.grimselstrom.ch/ausbauvorhaben/zukunft/vergroesserung-grimselsee/> | 16

# Gesamt-Umlagerungspotenziale (2)

			in GWh	
Speicher (alphab., Farben = Kanton)			Szenario 1	Szenario 2
1	Albigna (+20%)	GR	74	74
2	Cavagnoli (+10%/+20%)	TI	24	47
3	Cleuson (+10%/+20%)	VS	17	37
4	Curnera (+20%)	GR	76	76
5	Gde. Dixence (+10%)	VS	525	525
6	Emosson (+20%)	VS	425	425
7	Gigerwald (+5%)	SG	11	11
8	Grimsel* (+20%)	BE	204	204
9	Hongrin (20%)	VD		94
10	Klöntal (20%)	GL		17
11	Lago di Lei (+10%)	GR/I	206	206
12	Limmern (+20%)	GL	120	120
13	Lucendro (+10%)	TI		15
14	Marmorera (+20%)	GR	61	61
15	Mattmark (+20%)	VS		149
16	Moiry (+10% / +20%)	VS	82	175
17	Muttsee (+20%)	GL	17	17
18	Nalps (+20%)	GR		72
19	Naret (+20%)	TI		54
20	Oberaar (+20%)	BE	152	152
21	Ritom (+10%/+20%)	TI	13	26
22	Salanfe (+20%)	VS	69	69
23	Sambuco (+20%)	TI		81
24	Sta. Maria (+5%)	GR		30
25	Toules (+20%)	VS		33
26	Zervreila (+20%)	GR	133	133
<b>Total</b>			<b>2210</b>	<b>2905</b>

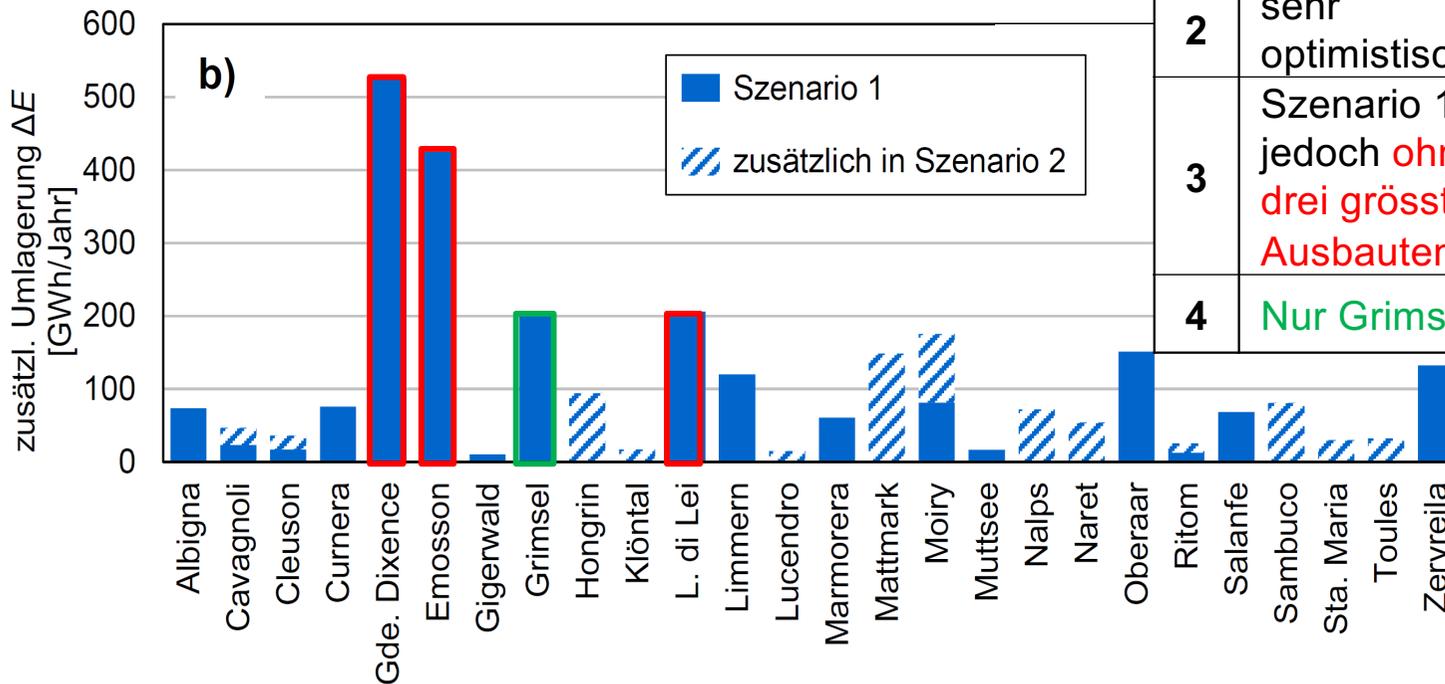
um $\Delta h/h =$	Anzahl Stauseen erhöht				$\Delta$ Volumen [Mio. m <sup>3</sup> ]	$\Delta$ Energie [TWh]
	5%	10%	20%	total		
<b>Szenario 1</b>	1	6	10	17	700	2.2
<b>Szenario 2</b>	2	3	21	26	950	2.9



Quelle: Felix *et al.*, Wasser, Energie, Luft, 2020, 1, 1-10

\* 240 GWh gemäss <https://www.grimselestrom.ch/ausbauvorhaben/zukunft/vergroesserung-grimselesee/> | 17

# Gesamt-Umlagerungspotenziale (3)



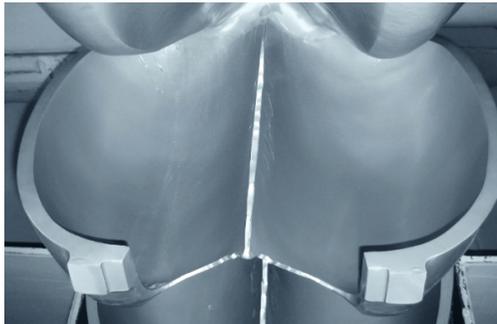
Szenario		Anzahl ausgebaute Speicher	Zusätzl. Speicherkapazität [TWh]
1	optimistisch	17	2.2
2	sehr optimistisch	26	2.9
3	Szenario 1, jedoch <b>ohne drei grösste Ausbauten</b>	14	1.1
4	<b>Nur Grimsel</b>	1	0.2

Quelle: Felix *et al.*, Wasser, Energie, Luft, 2020, 1, 1-10

# Mögliche Änderungen in Wasserkraftproduktion und -speicherung

## Betriebliche Verbesserungen

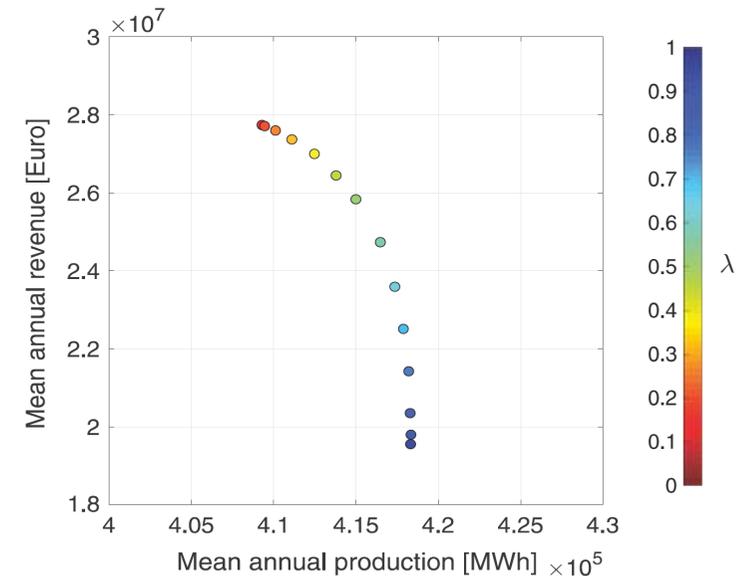
- Abflussvorhersage über mehrere Wochen kann Wasserverluste reduzieren, die Speicherbewirtschaftung verbessern und die Produktion erhöhen
- Schwebstoffmonitoring in Echtzeit zur Reduktion von Hydroabrasion (Wirkungsgrade)
- Dualismus zwischen Produktions- und Erlösmaximierung  
→ Neue Anreize erforderlich (z.B. flexible Wasserzinsen)?



Felix (2016)



VAW (2018)



Anghileri et al. (2018)

# Mögliche Änderungen in Wasserkraftproduktion und -speicherung

## Umweltaspekte

Schweizerisches Gewässerschutzgesetz (GSchG) erfordert (bis 2030):

- Restwassermengen
    - Dynamische Abgabe je nach Abflussregime kann vorteilhaft sein für die Ökologie und Wasserkraft
  - Reduktion von Schwall/Sunk und *Thermopeaking*
  - Verbesserung bzgl. Fischwanderung (Auf- und Abstieg)
    - Neue technische Lösungen für den Fischabstieg erforderlich
  - Eingriffe in den Geschiebehaushalt reduzieren
    - Spülung, Umleitung, Ausbaggerung, Geschiebeanreicherung
- keine Schätzungen bezüglich Produktionseinbussen, da die Massnahmen noch nicht festgelegt wurden

	Jährliche Produktion [TWh/Jahr]	Produktion im Winter [TWh/Winter]	Quelle
Erhöhte Restwassermengen	-3.6 to -1.9	-1.5 to -0.8	u.a. Pfammatter & Semadeni Wicki (2018)
Massnahmen Fischabstieg	-1.0 to -0.2	-0.4 to -0.1	Abschätzungen VAW (SCCER-SoE 2020)

# Mögliche Änderungen in Wasserkraftproduktion und -speicherung

## Auswirkungen des Klimawandels

Energiewende fällt mit signifikanten Änderungen des Klimas zusammen, welche

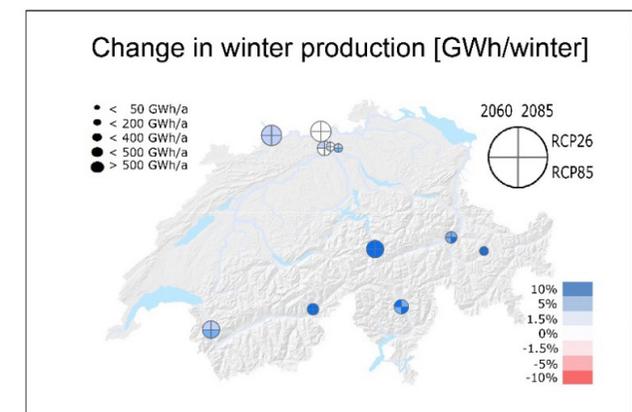
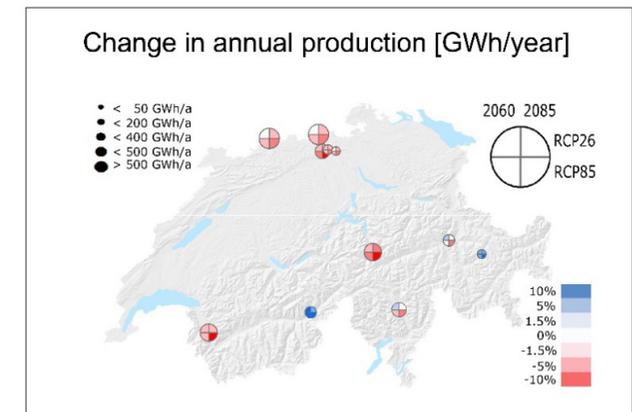
- die jährliche und saisonale Wasserkraftproduktion beeinflussen
- die Sedimentzufuhr verändern
- die Naturgefahren-Situation verändern

Laufwasserkraftwerke (Werte bezogen auf 2060)

- Jährlich: -0.3% (RCP2.6), -2.9% (RCP8.5)
- Winter: +6.4% (RCP2.6), +8.4 (RCP8.8)

Speicherkraftwerke

- Keine signifikanten Änderungen der jährlichen Niederschlagsmengen
- Signifikanter Rückgang der heute überdurchschnittlichen Produktion in durch Eisschmelze dominierten Einzugsgebieten



## Gliederung

*Ergebnisse aus dem White Paper „Hydropower generation and storage“ des SCCER-SoE*

- Einleitung und Hintergrund
- Mögliche Änderungen in Wasserkraftproduktion und -speicherung
  - Exkurs Speichervermögen infolge Talsperrenerhöhungen
- Herausforderungen und Möglichkeiten der Wasserkraft
  - Exkurs Wasserkraftpotenzial nach Gletscherrückzug
- Zusammenfassung
- Empfehlungen

# Herausforderungen und Chancen

## Herausforderungen

### Marktlage und regulatorische Rahmenbedingungen

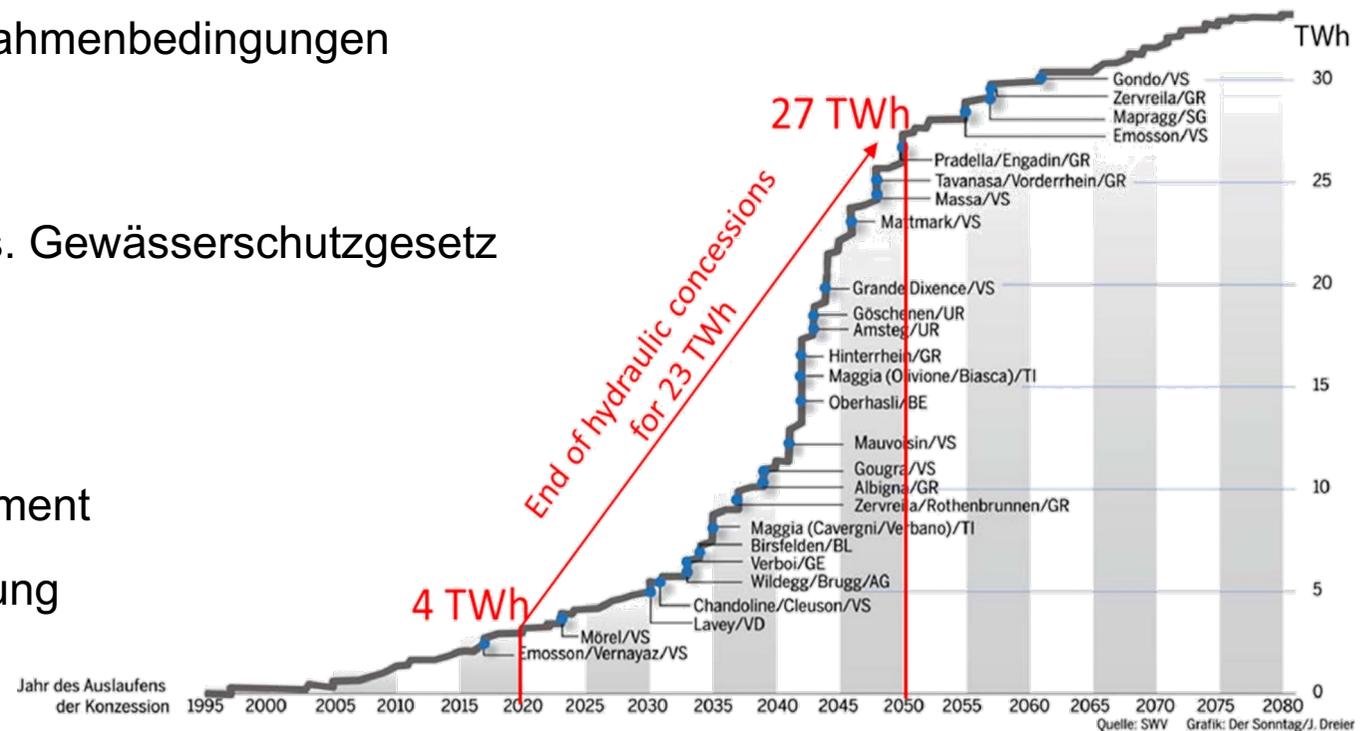
- Konzessionserneuerungen
- Amortisationsvereinbarungen

### Interessenskonflikte ES 2050 vs. Gewässerschutzgesetz

- Restwasser
- Auenschutz
- Hydrologische Effekte

### Nachhaltiges Sedimentmanagement

### Unsicherheiten in der Abschätzung des Wasserkraftpotenzials



# Herausforderungen und Chancen

## *Chancen*

### Neu entstehende Gletscherseen

- Zeitspanne?
- Nutzungsmöglichkeiten?

### Schutz vor Naturgefahren

- Hochwasserschutz
- Schutz gegen Massenbewegungen

### Mehrzweckspeicher

- Bewässerung (Aare / Seeland, Val de Bagnes)
- Tourismus

→ Wie sollen diese Aspekte monetarisiert werden?



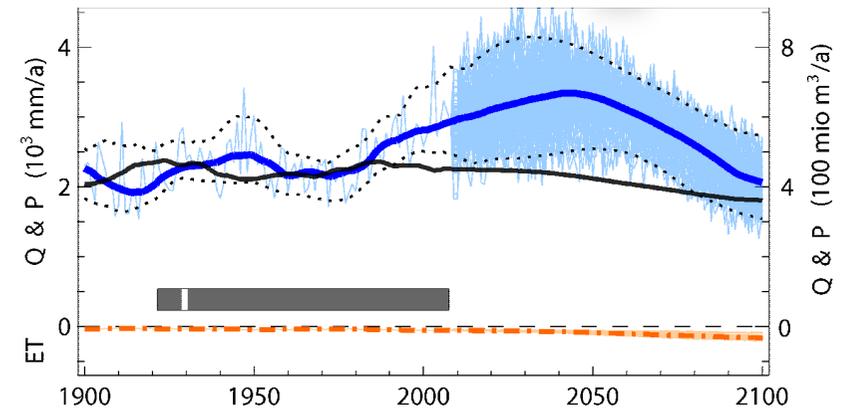
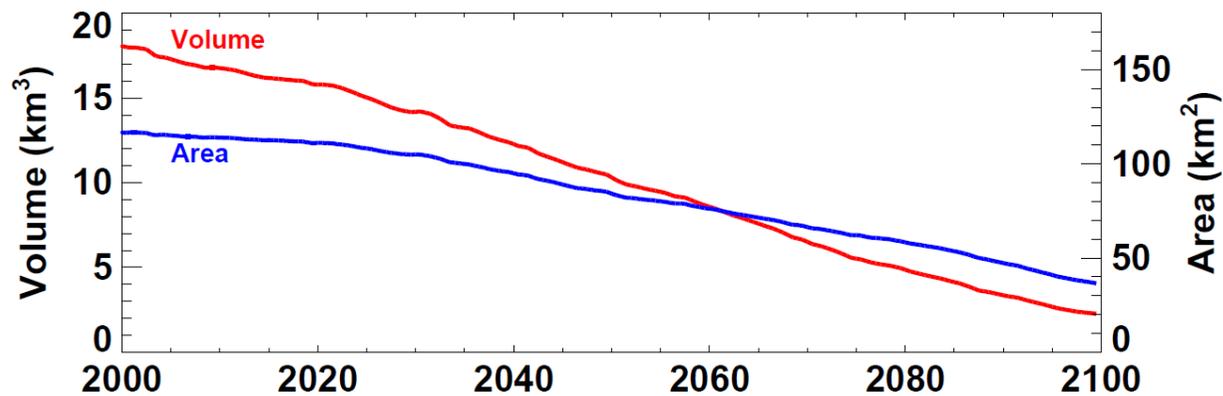
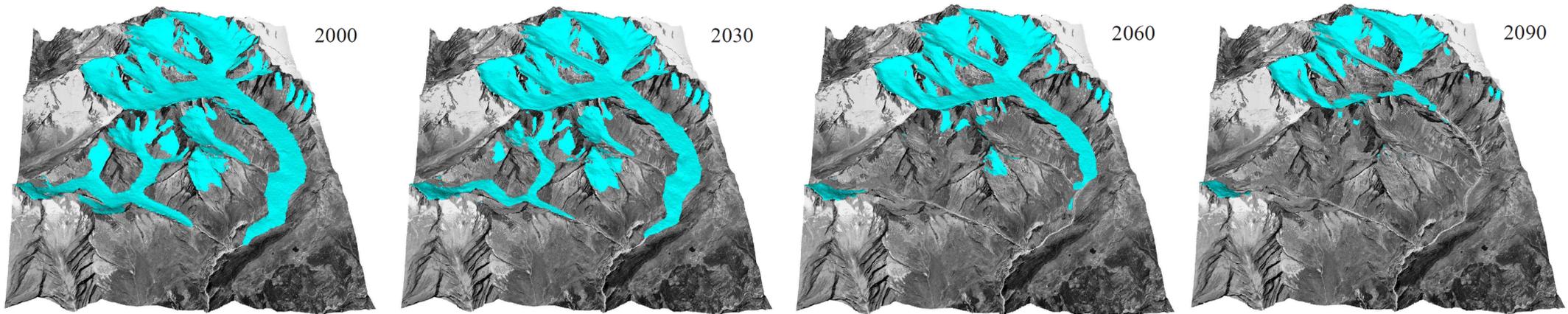
Unterer Grindelwaldgletscher (2009)

Quelle: Häberli et al. (2012)



# Exkurs: Wasserkraft bei Gletscherrückgang

Zeitlicher Verlauf am Bsp. des Einzugsgebiets der Massa (Aletschgletscher, VS)



# Gletscherseen und Gletschervorfelder



Proglazialer See am Rhonegletscher in 2016

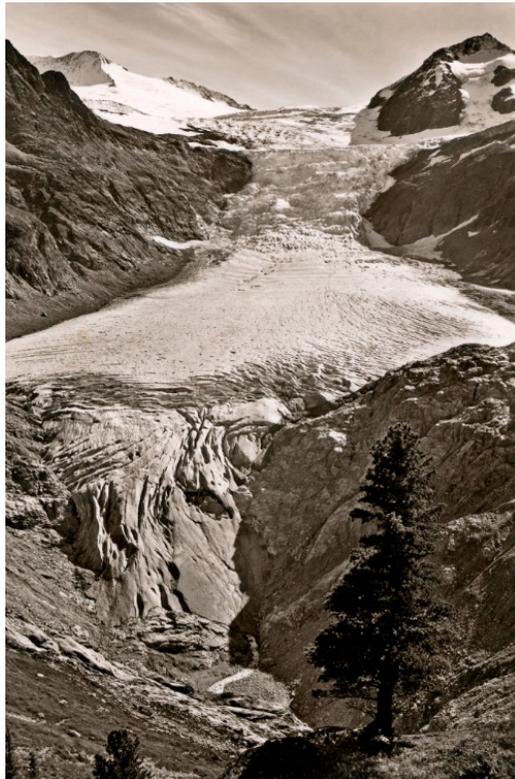
Year 2007 Rhone glacier



VAW-ETHZ & IACS-EPFL

# Gletscherseen und Gletschervorfelder

*Standorte für neue Stauseen und Speicherkraftwerke am Bsp. Triftgletscher (BE)*



**Trift Glacier 1948**



**2008**

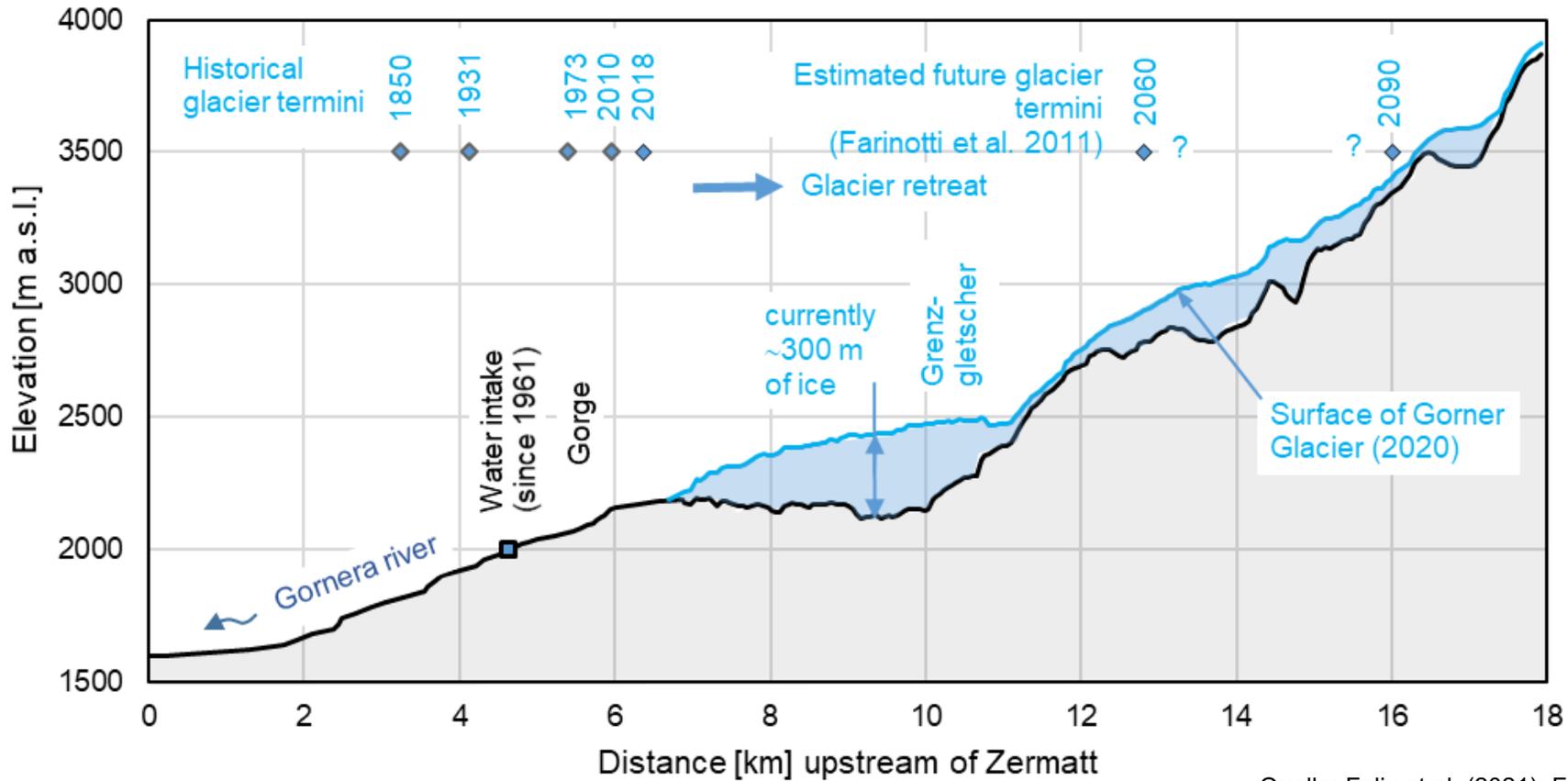


**2032**

Quelle: KWO



# Beispiel Rückzug des Gornergletschers (VS, Längsschnitt)



Quelle: Felix et al. (2021), Fachartikel in Begutachtung



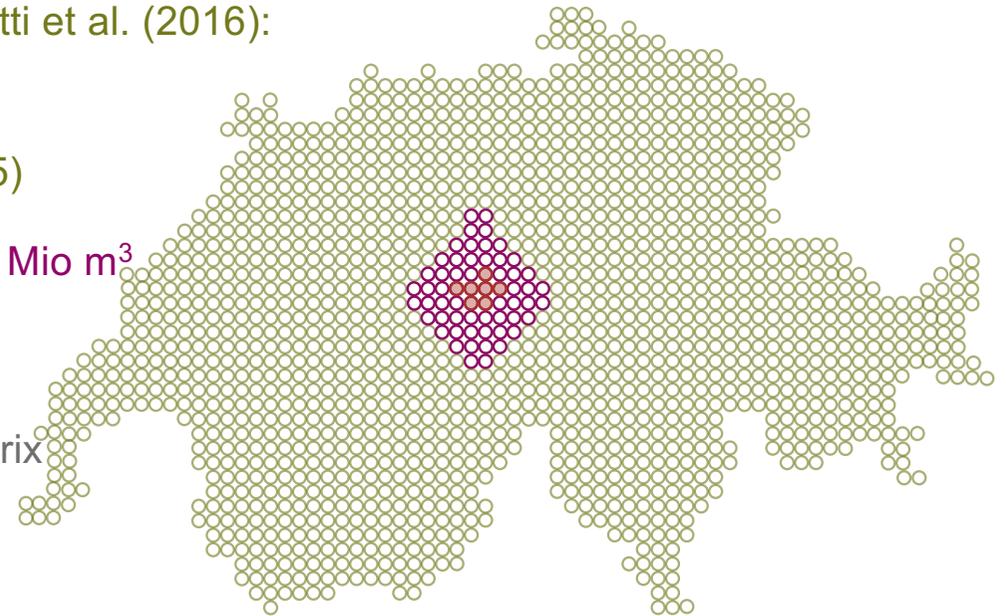
# Periglaziale Wasserkraft: Methodik für Potenzialstudie

- ① Auswerten von Abflussprognosen (bis 2100) von Farinotti et al. (2016):
- 1576 Gletscher in der Schweiz
  - 14 Globale Zirkulationsmodelle (GCM)
  - 3 Emissionsszenarien (RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5)

- ② Ausgewählte Beispiele mit mittlerem Jahresabfluss  $>10 \text{ Mio m}^3$  (im Mittel von 2017-2035)

- ③ Systematische Bewertung von 62 Standorten, die **bis 2035 (weitgehend) eisfrei** sind, mittels Evaluationsmatrix (Doktorarbeit D. Ehrbar 2018)

- ④ Potentialermittlung neuer periglazialer Reservoirs zur Elektrizitätserzeugung und Vergleich mit Zielen des Energiesetzes bzw. der ES 2050

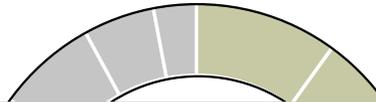


# Bewertungsmatrix

1 - 3 Punkte für jedes Kriterium, mit folgender Gewichtung (Modell A):

## GESELLSCHAFT (15%)

- Schutzzonen (7%)
- Landnutzung (5%)
- Tourismus (3%)



Zu den Schutzzonen:

**0 Punkte, falls Lage in Biotopen von nationaler Bedeutung** nach Artikel 18a des Bundesgesetzes vom 1. Juli 1966 über den Natur- und Heimatschutz (NHG) und in Wasser- und Zugvogelreservaten nach Artikel 11 des Jagdgesetzes vom 20. Juni 1986

→ **Ausschlusskriterium insbesondere infolge Auenschutz (Gletschervorfelder)**

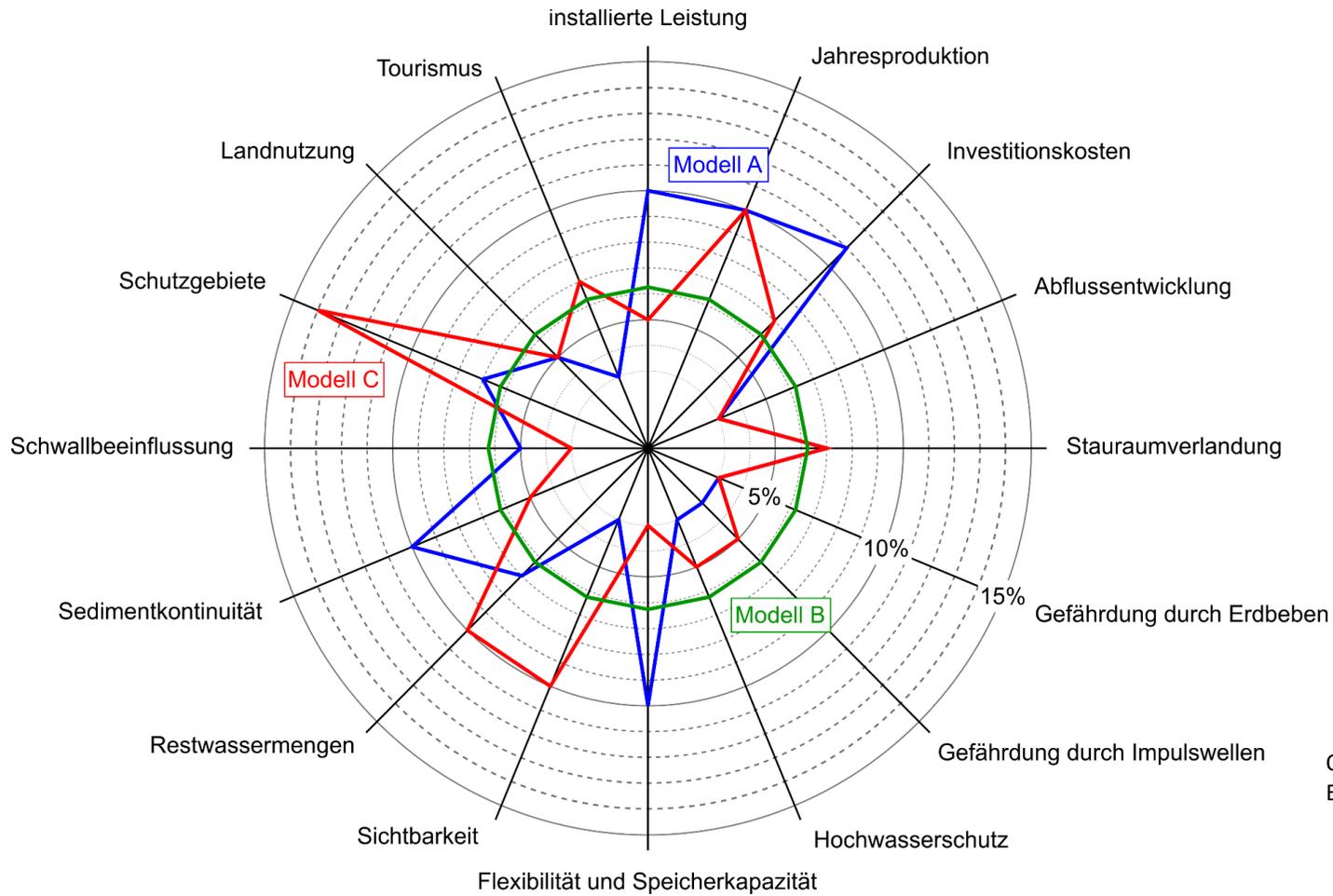
## WIRTSCHAFT (60%)

- Installierte Leistung (10%)
- Stromproduktion (10%)
- Investitionskosten (11%)
- Zuflussentwicklung (3%)
- Speicherverlandung (7%)
- Erdbeben (3%)
- Impulswellen (3%)
- Hochwasserschutz (3%)
- Flexibilität und Speicherkapazität (10%)

## UMWELT (25%)

- Sichtbarkeit von Siedlungen aus (3%)
- Restwasser (7%)
- Sedimentdurchgängigkeit (10%)
- Schwall/Sunk und *Thermopeaking* (5%)

# Gewichtungen und Sensitivitätsanalyse



Quelle: Ehrbar *et al.*, Wasser, Energie, Luft, **2019**, 4, 205-212



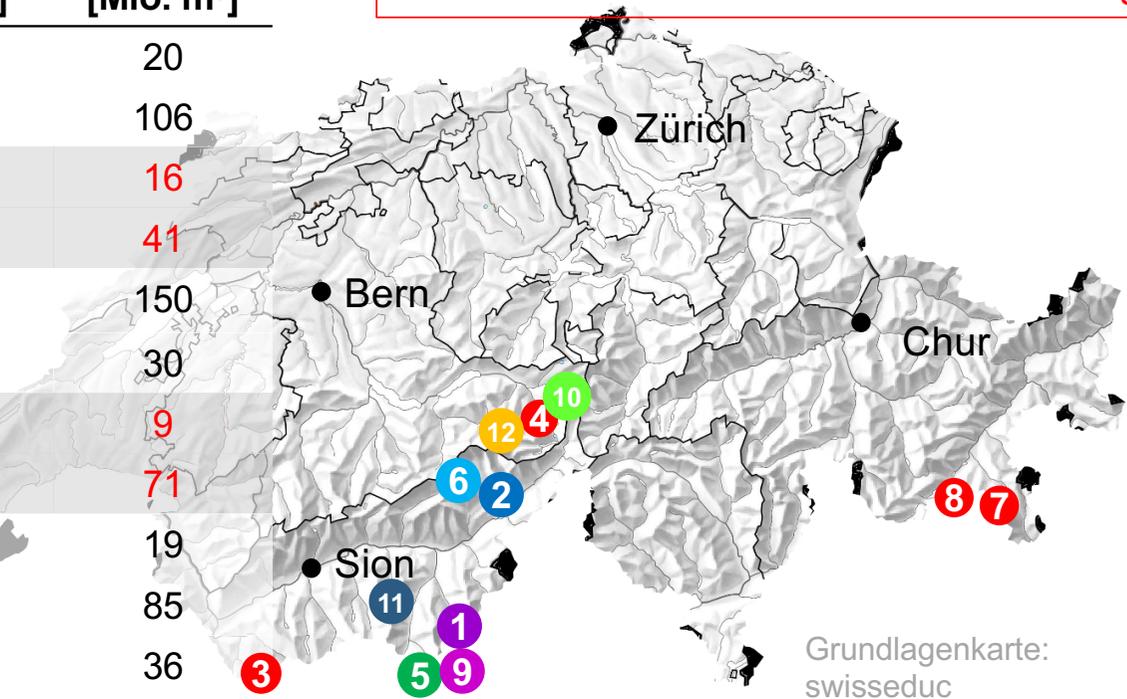
## Bsp. Sensitivitätsanalyse

Standort (Gletscher)	Modell A (Produktions-orientiert)		Modell B (gleiche Gewichtungen)		Modell C (Akzeptanz-orientiert)	
	Punkte	Rang	Punkte	Rang	Punkte	Rang
Aletschgletscher	211	3	200	6	198	8
Gornergletscher	204	7	187.5	10	192	9
Triftgletscher	210	4	206.25	3	211	2

# Neue periglaziale Wasserkraft: Potential der «Top 12» Standorte

	Gletscher (alphabetisch, Standortkanton)	Jahres- produktion [GWh/a]	Energie- inhalt [GWh]	Speicher- inhalt [Mio. m <sup>3</sup> ]
1	Allalin (VS)	32	47	20
2	Aletsch (VS)	200	216	106
3	Corbassière (VS)	57	33	16
4	Gauli (BE)	16	75	41
5	Gorner (VS) *	220	550	150
6	Oberaletsch (VS)	105	60	30
7	Palü (GR)	14	19	9
8	Roseg (GR) **	95	159	71
9	Schwarzberg (VS)	19	41	19
10	Trift (BE) ***	145	215	85
11	Turtmann (VS)	36	78	36
12	Unt. Grindelw. (BE)	112	150	84
	<b>Total (ohne 3,4,7,8)</b>	<b>1051 (869)</b>	<b>1643 (1357)</b>	<b>667 (530)</b>

in rot: Standorte mit Gletschervorfeld im Aueninventar des Bundes (Biotope von nationaler Bedeutung)



Quelle: adaptiert nach Ehrbar *et al.*, Sustainability, 2018, 10(8), 2794

\* nach Lehmann (2020) \*\* nach Baumann (2020) \*\*\* <https://www.grimselestrom.ch/ausbauvorhaben/zukunft/kraftwerk-trift/>

## Gliederung

*Ergebnisse aus dem White Paper „Hydropower generation and storage“ des SCCER-SoE*

- Einleitung und Hintergrund
- Mögliche Änderungen in Wasserkraftproduktion und -speicherung
  - Exkurs Speichervermögen infolge Talsperrenerhöhungen
- Herausforderungen und Möglichkeiten der Wasserkraft
  - Exkurs Wasserkraftpotenzial nach Gletscherrückzug
- Zusammenfassung
- Empfehlungen

# Zusammenfassung

Increased or reduced generation and storage (with reference to 2019) due to ...	annual generation [TWh/year]			winter semester generation [TWh/winter]			stored energy / storage volume [TWh / Mio m <sup>3</sup> ]						
	scenario	lower	interm.	upper	lower	interm.	upper	lower	interm.	upper	lower	interm.	upper
... new small- and large-scale HP plants (except periglacial HP)	0.7	1.2	1.7	0.3	0.5	0.7	-	-	-	-	-	-	-
... new HP storage plants in periglacial environment	0	0.4	0.8	0	0.2	0.5	0	0	0.5	200	1.0	400	
... upgrade and extension of existing HP plants	0.4	1.0	1.5	0.2	0.4	0.6	-	-	-	-	-	-	-
... dam heightening	0	0.1	0.2	0.2	0.8	1.5	0.2	80	0.8	280	1.5	470	
... renewal and refurbishment of existing HP schemes	0.5	0.8	1.0	0.2	0.3	0.4	0.1	-	0.1	-	0.2	-	
... increased residual flow releases according to Waters Protection Act	-3.6	-2.5	-1.9	-1.5	-1.0	-0.8	-	-	-	-	-	-	
... fish protection and downstream migration measures at run-of-the-river low-head HP plants	-1.0	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.1	-	-	-	-	-	-	
<b>Total changes</b>	<b>-3.0</b>	<b>0.5</b>	<b>3.1</b>	<b>-1.0</b>	<b>1.1</b>	<b>2.8</b>	<b>0.3</b>	<b>80</b>	<b>1.4</b>	<b>480</b>	<b>2.7</b>	<b>870</b>	

- Ziele der Energiestrategie 2050 können nur im «**Obergrenzwert**»-Szenario erreicht werden
- In einem realistischeren «**mittleren**» Szenario stehen der Produktionszunahme durch Aus- und Neubauten die Produktionsverluste infolge Umwelt-Ausgleichsmassnahmen gegenüber
  - nur geringe Nettozunahme der jährlichen Wasserkraftproduktion
  - Zunahme der Produktion im Winterhalbjahr um ~1.1 TWh/Winter

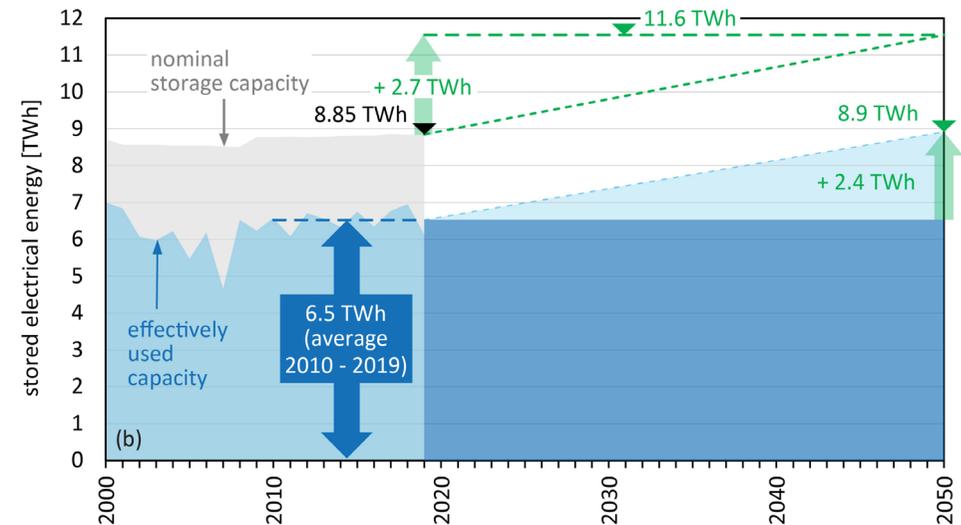
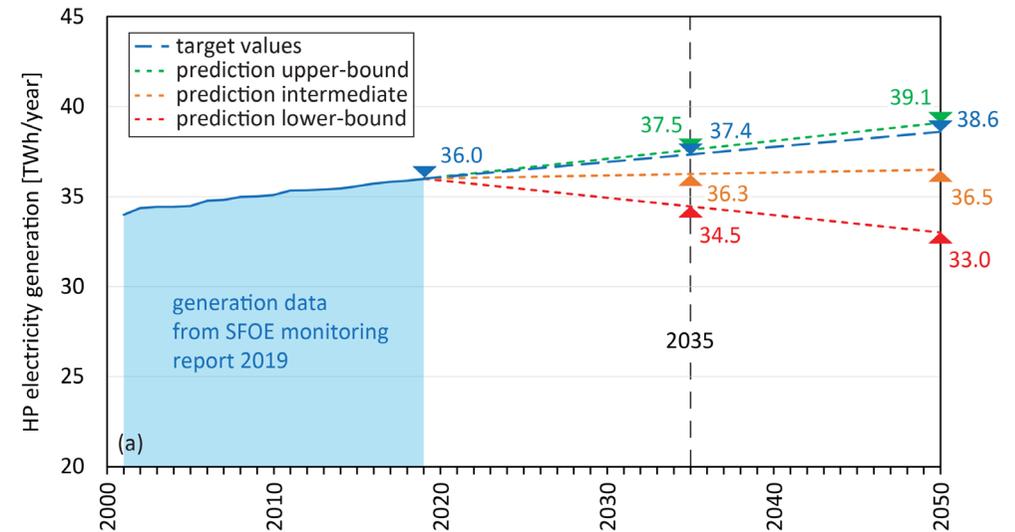
# Synthese

## Jährliche Wasserkraftproduktion

- auf Kurs für das «Obergrenzwert»-Szenario
- Seitwärtsbewegung für das mittlere Szenario
- Abnahme im «Untergrenzwert»-Szenario

## Wasserkraft-Speicherenergie

- Abbildung hier für das «Obergrenzwert»-Szenario
- +2.4 TWh effektive Speicherkapazität (~55% der Winterimporte 2010-2019)



## Empfehlungen

- Priorisierung von **Ausbau, Erneuerungen und Erweiterungen von bestehenden Wasserkraftanlagen** (inklusive Erhöhung der Speicherkapazität durch Talsperreerhöhungen)
- Berücksichtigung von **neuen Speicherkraftwerken** in Gletscherrückzugsgebieten (periglaziale Standorte) unter Abwägung von unterschiedlichen Interessen
- Die Realisierung von potenziellen Projekten sollte anhand eines **Priorisierungsschemas basierend auf Nachhaltigkeitskriterien** erfolgen
- **Jetzt handeln!** – Die Planung, Genehmigung und Realisierung von grossen Wasserkraftanlagen erfordert mindestens 15 Jahre
- **Zusätzliche Massnahmen** sind erforderlich, um die Ziele der Energiestrategie 2050 zu erreichen (Rahmenbedingungen und Anreize)

**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!**



**Herzlichen Dank allen Mitwirkenden!!**



SWISS COMPETENCE CENTER for ENERGY RESEARCH  
SUPPLY of ELECTRICITY

