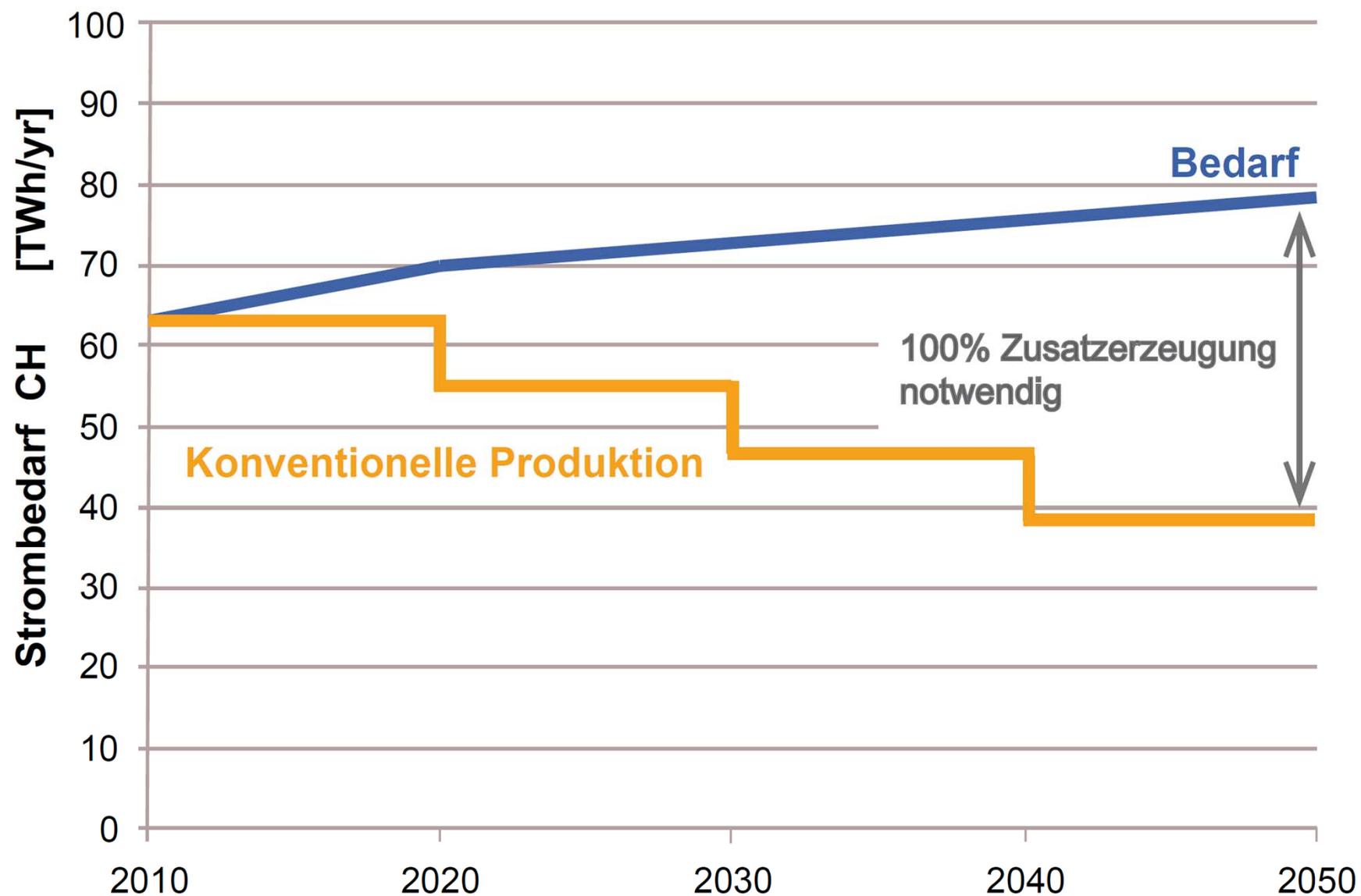


Aus- und Umbau der Wasserkraft: Potential und Grenzen

Alfred Wüest

Künftiger Strombedarf Schweiz



Inhalt

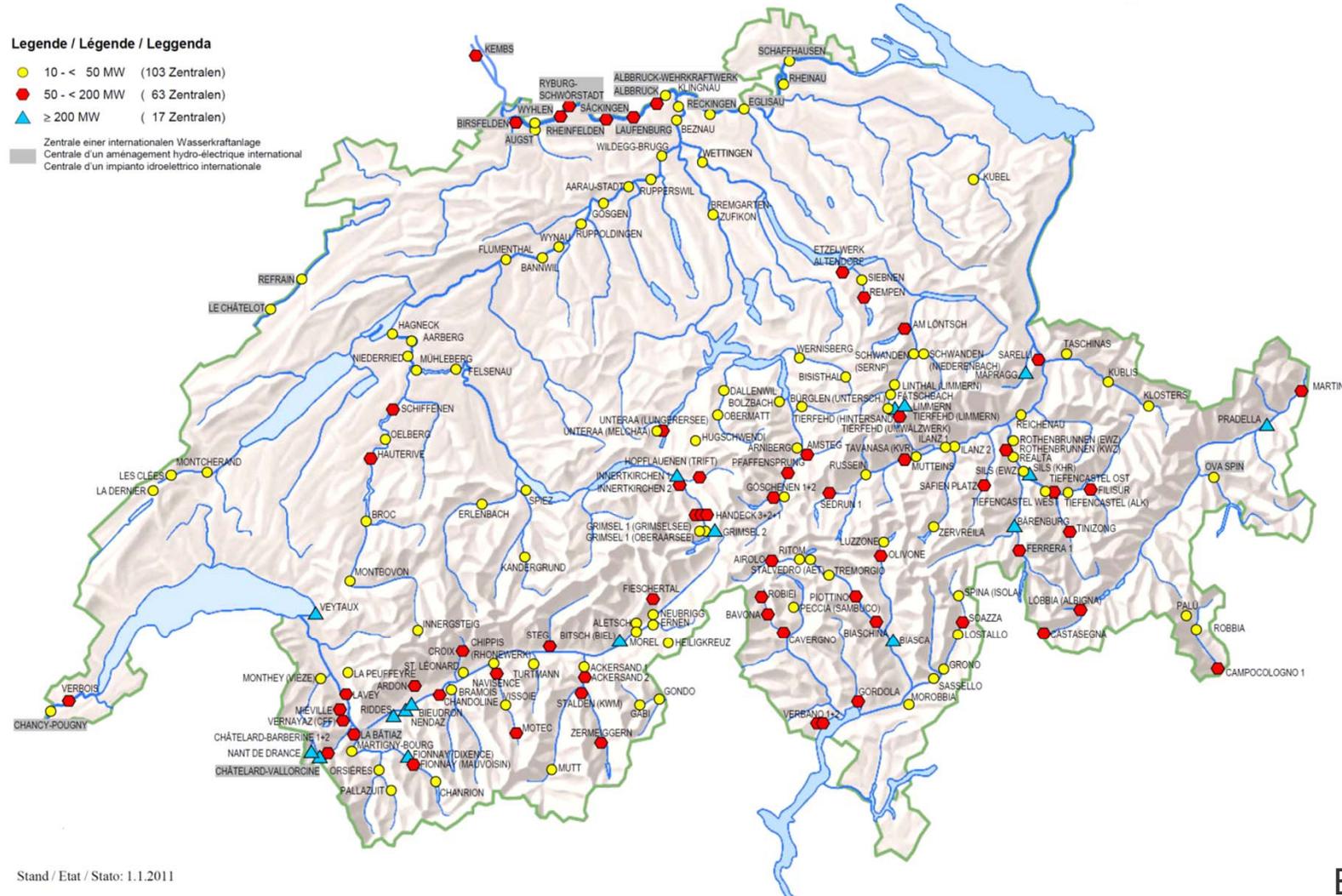
1. Was leistet die Wasserkraft heute?
2. Künftige Stromproduktion
3. Auswirkungen auf die alpinen Flüsse
4. Künftige Rolle der Wasserkraft
5. Ökologie UND Ökonomie?
6. Ausblick

Hydroelektrische Nutzung Schweiz

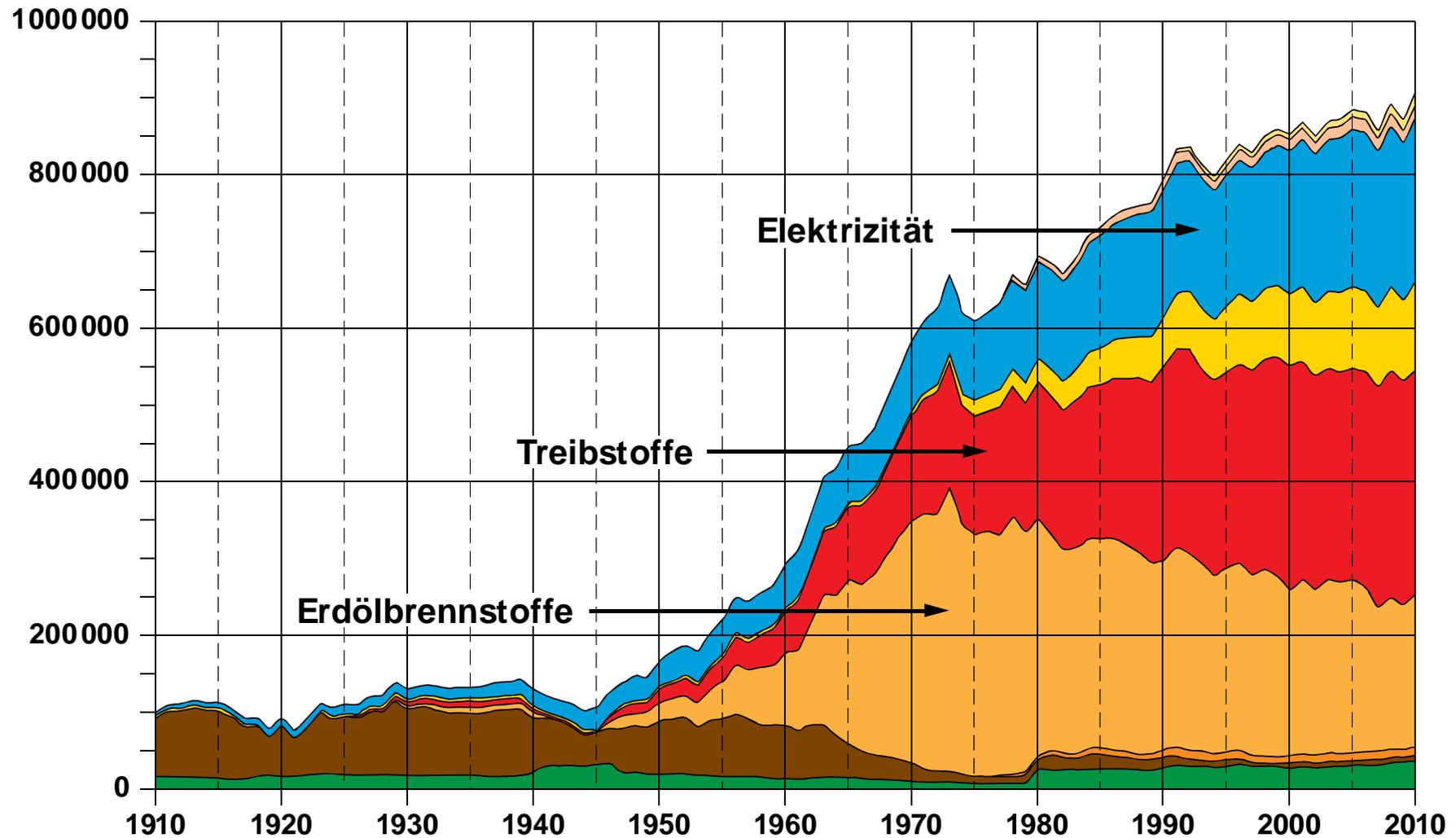
Legende / Légende / Leggenda

- 10 - < 50 MW (103 Zentralen)
- 50 - < 200 MW (63 Zentralen)
- ▲ ≥ 200 MW (17 Zentralen)

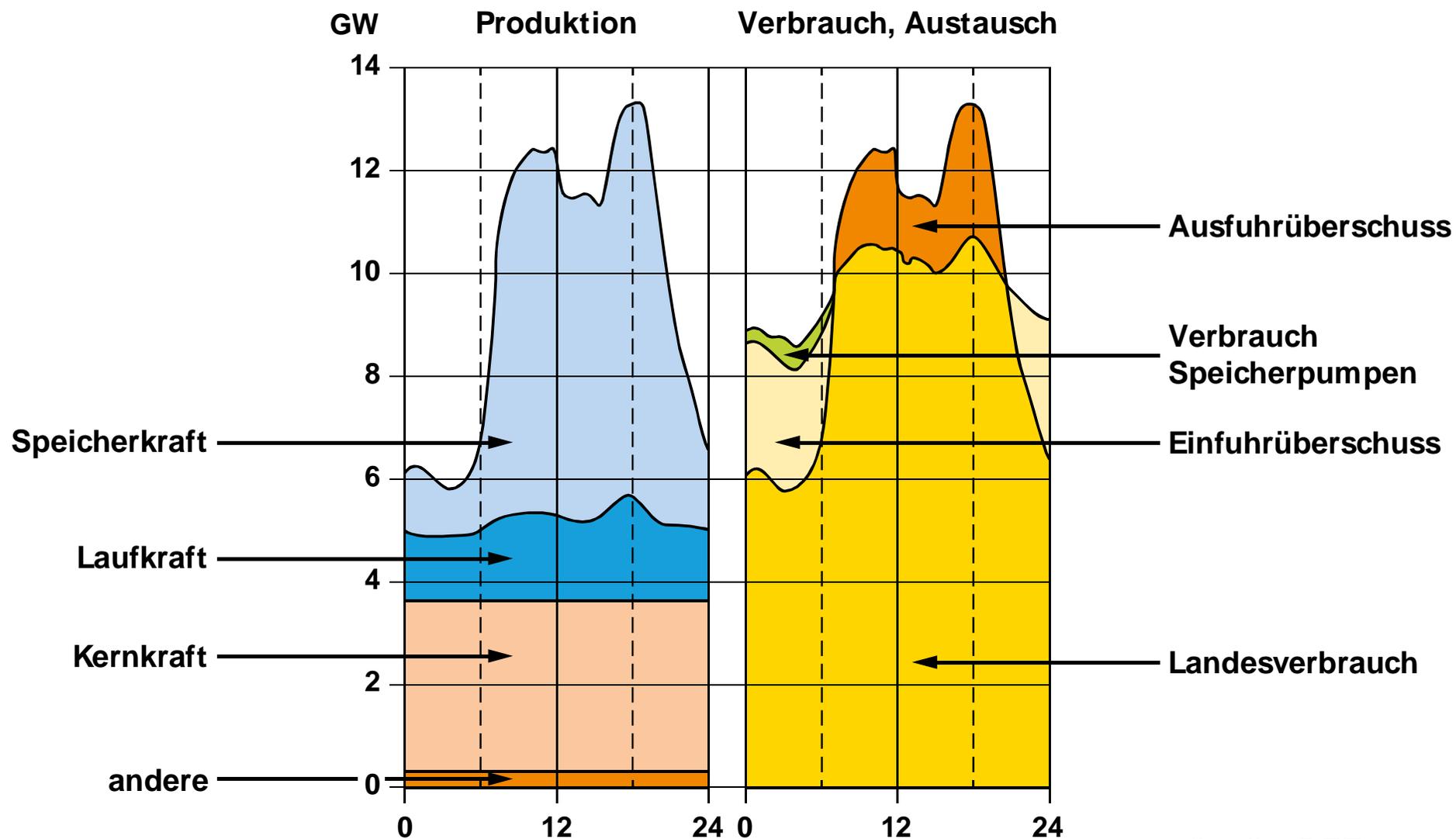
■ Zentrale einer internationalen Wasserkraftanlage
 Centrale d'un aménagement hydro-électrique international
 Centrale d'un impianto idroelettrico internazionale



Energieverbrauch Schweiz (TJ)



Tagesverlauf Stromproduktion / Konsum



Was leistet die Wasserkraft heute?

Zusammenfassung

- 55 % der gesamten Stromproduktion (40% Kernkraft)
- installierte Leistung **13.4 GW** (Jahresproduktion 36 TWh/a)
- Laufkraftwerke: 47 % der Produktion
- Speicherkraftwerke: 49 % der Produktion
- Pumpspeicherkraftwerke: 4% der Produktion

Was leistet die Wasserkraft heute?

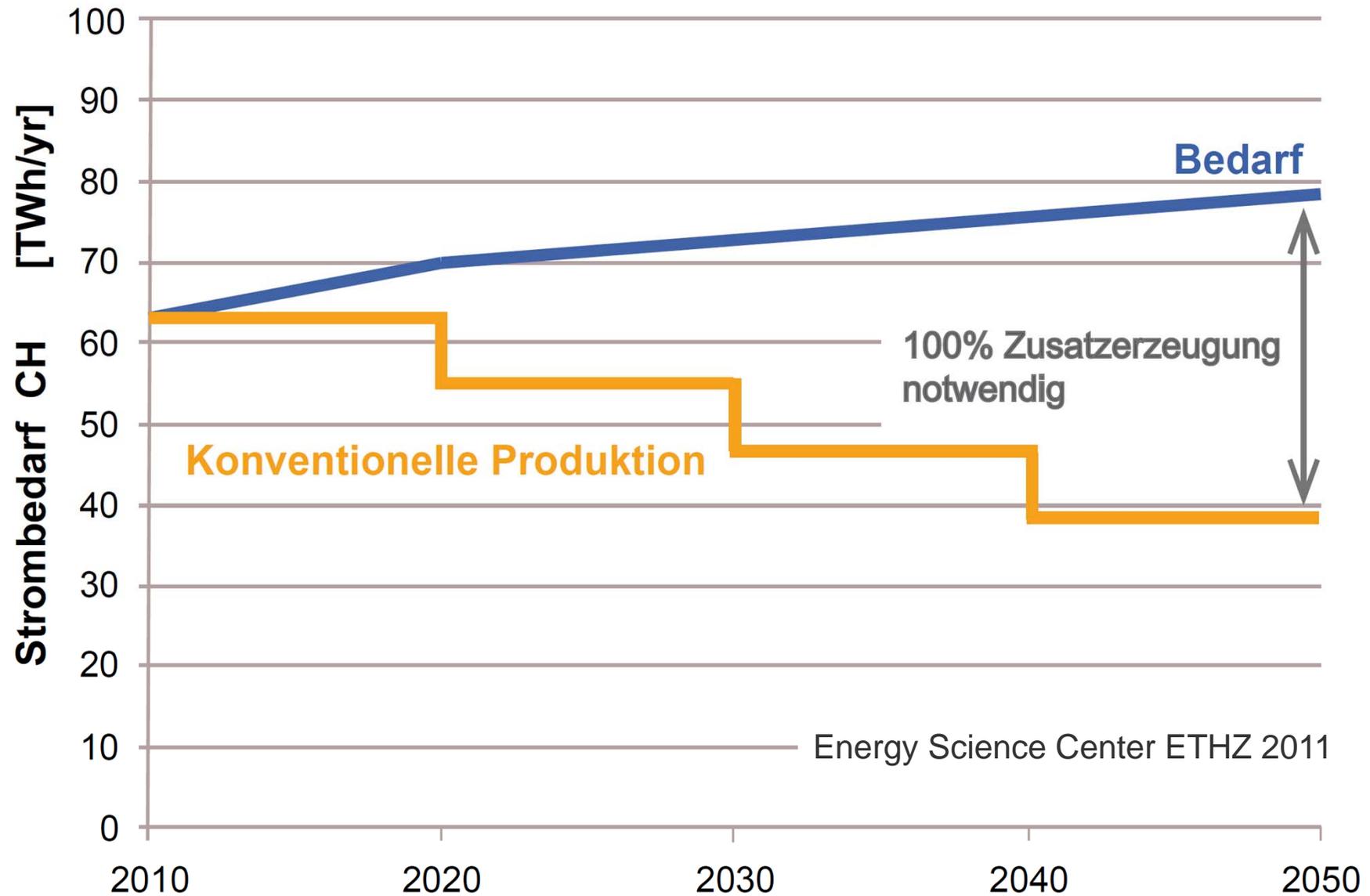
Schlussfolgerungen

- Laufkraftwerke erbringen $\sim 1/2$ der Stromproduktion-WK
- Regelung/Ausgleich durch Speicherkraftwerke hat Grenzen
- Notwendigkeit der Pumpspeicherkraftwerke
- Faktum: Schwall-Sunk

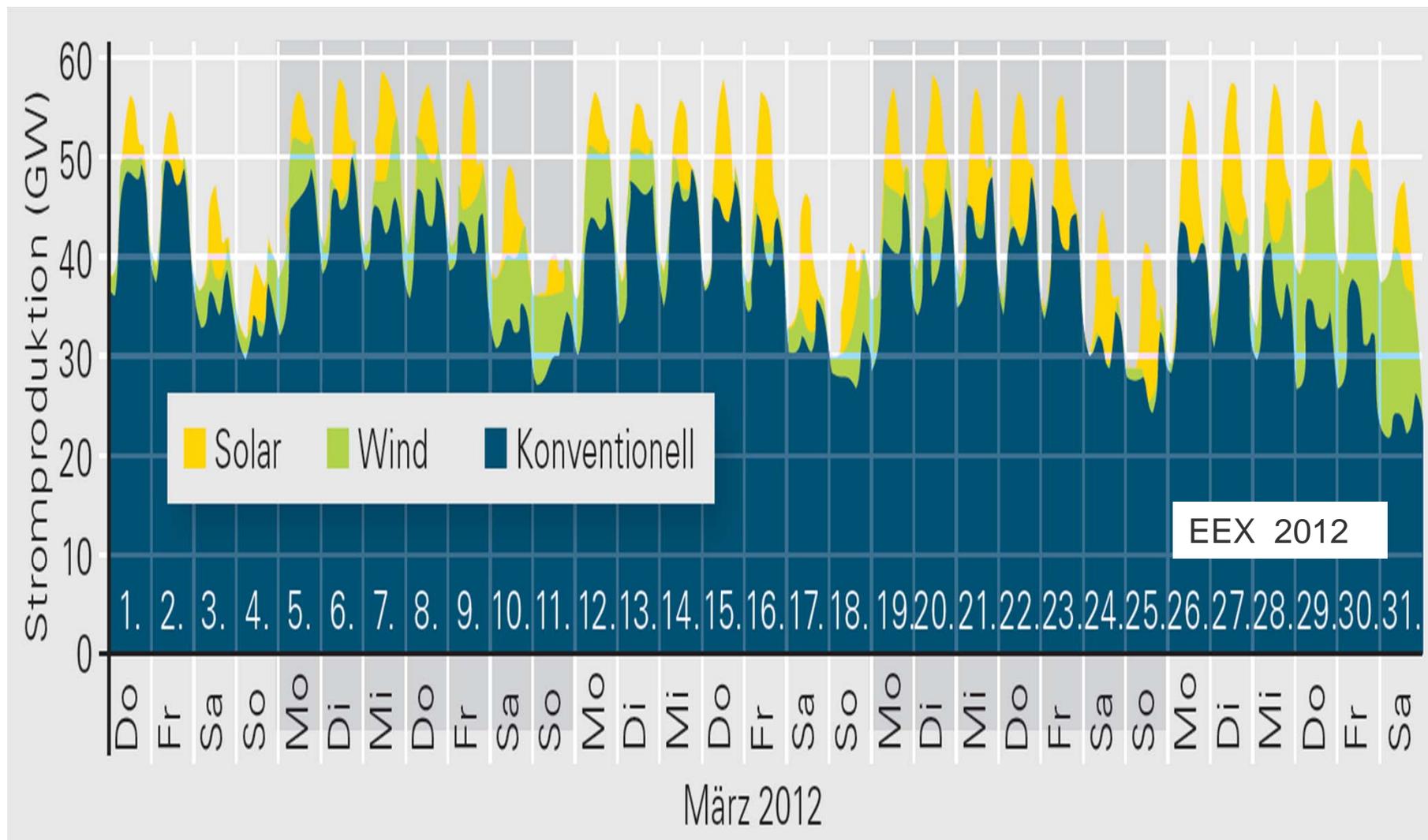
Inhalt

1. Was leistet die Wasserkraft heute?
2. **Entwicklung künftige Stromproduktion**
3. Auswirkungen auf die alpinen Flüsse
4. Künftige Rolle der Wasserkraft
5. Ökologie UND Ökonomie?
6. Ausblick

Künftiger Strombedarf Schweiz



Stromproduktion Deutschland März 2012



Die solare Zukunft?

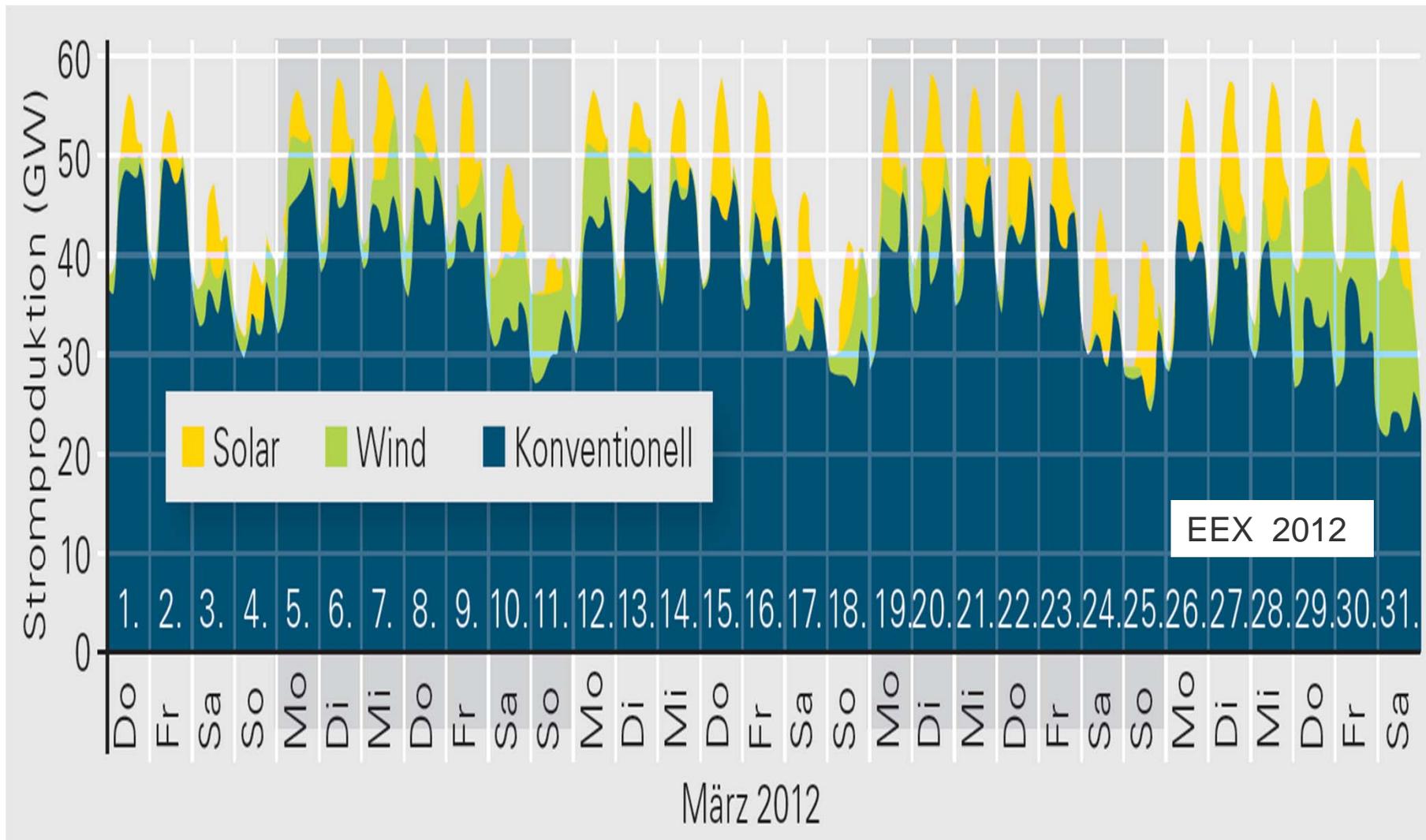
Solare Zukunft – Utopie oder Wirklichkeit?

- Verzicht Kernkraft: **-24 TWh/a** (von total 60 TWh/a)
- steigender Stromverbrauch
- Strom Neue Erneuerbare Energien (NEE): ~40 TWh/a
- Zusätzliche NEE: Wind, WK, Geothermie →
nur einige TWh/a

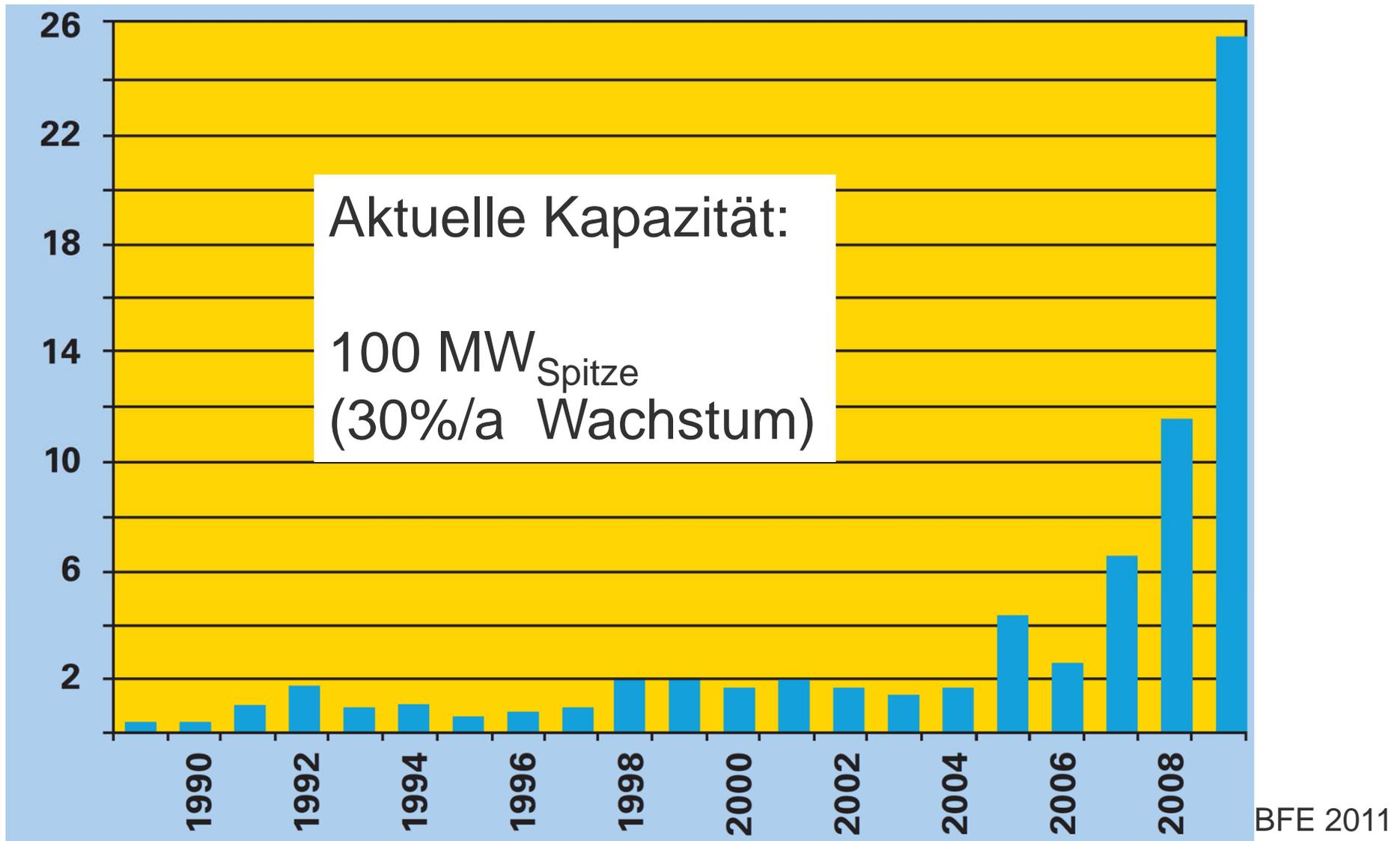
Schlussfolgerungen

- PV installierte Leistung von ~40 GW Spitze nötig
(für ~30 TWh/a)
- kurzfristig zu erwartende Schwankungen ~20 GW
- könnte von Wasserkraft heute NICHT ausgeglichen werden

Stromproduktion Deutschland März 2012



Solarstrom Schweiz – Zubau Leistung pro Jahr (MW)



Inhalt

1. Was leistet die Wasserkraft heute?
2. Entwicklung künftige Stromproduktion
3. **Auswirkungen auf die alpinen Flüsse**
4. Künftige Rolle der Wasserkraft
5. Ökologie UND Ökonomie?
6. Ausblick

Schwall-Sunk unterhalb Restwasserstrecke



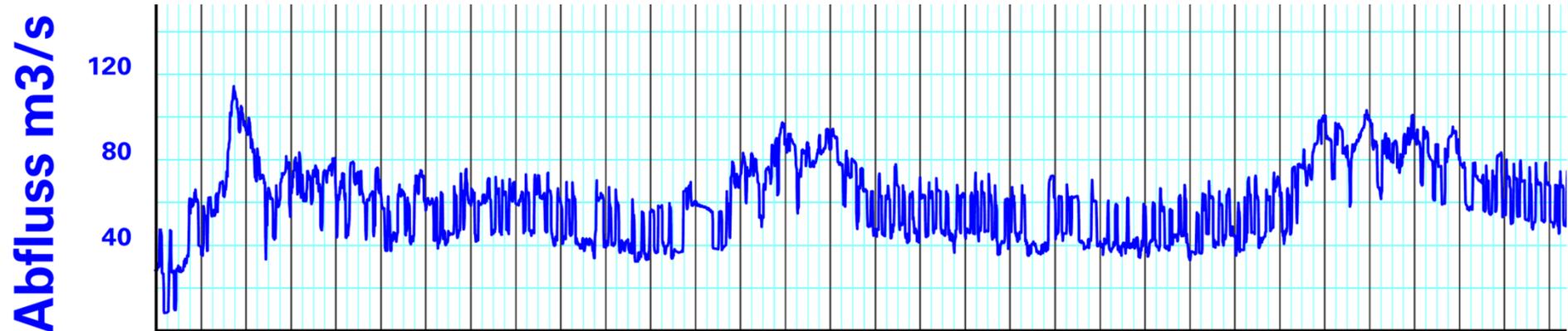
Bild: A. Peter 2011



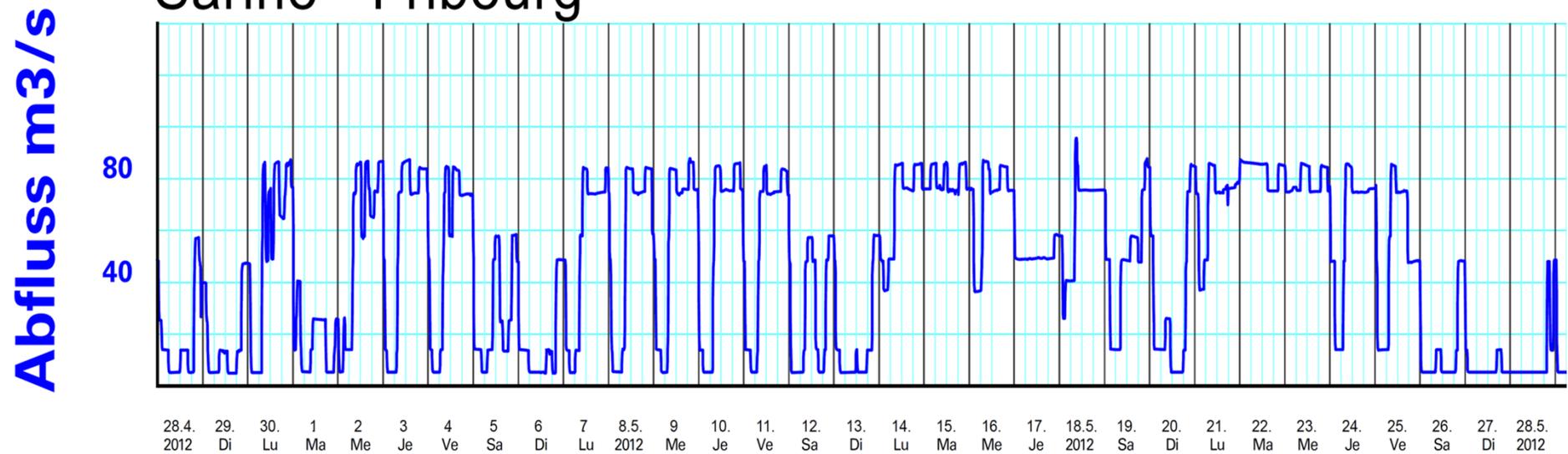
Bild: A. Peter 2011

Schwall-Sunk: Beispiele

Vorderrhein - Ilanz



Sarine - Fribourg



Schwall-Sunk in natürlicher Morphologie



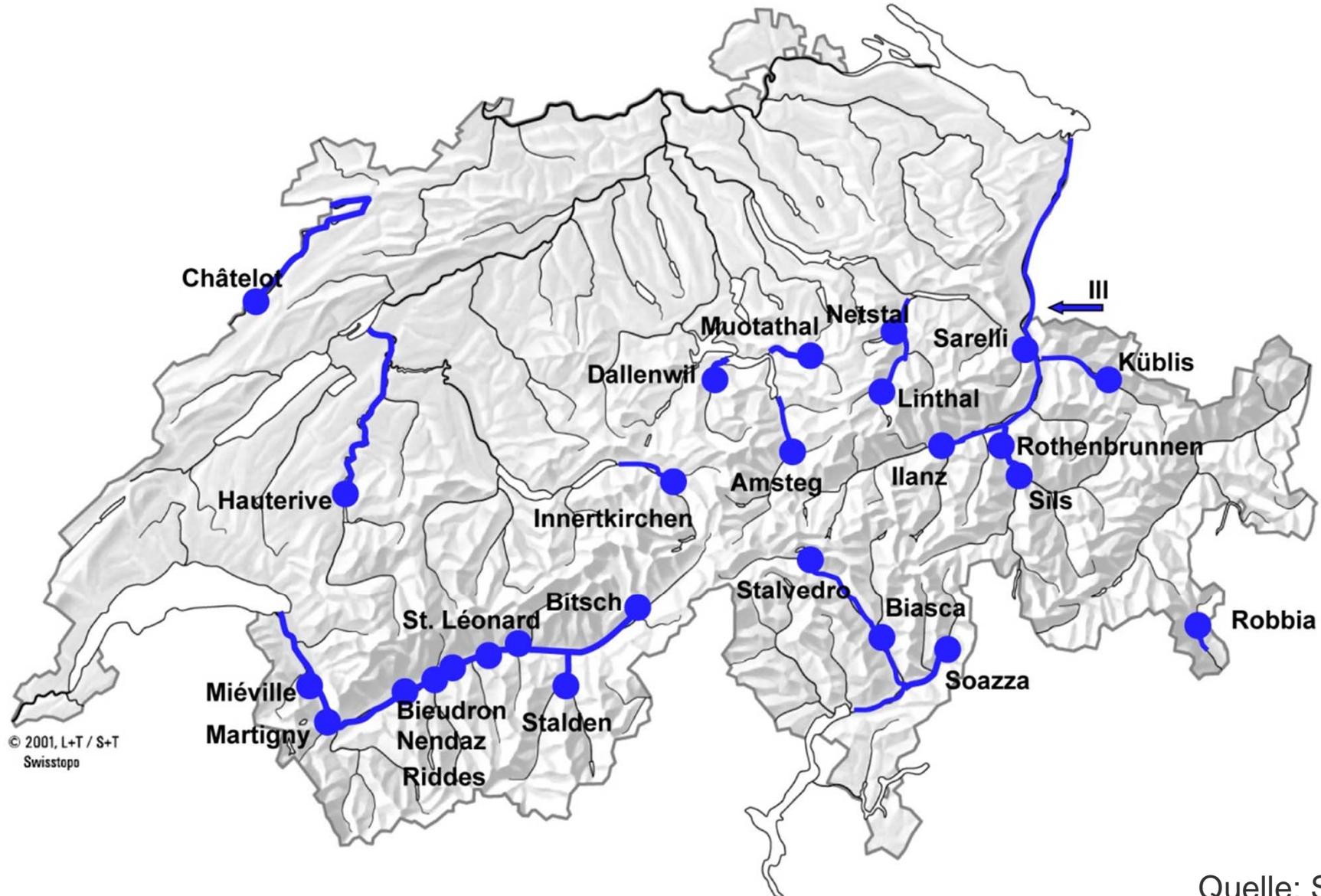
Bilder: A. Peter 2012



G. Unfer, BoKu Wien 2011



Bedeutende Schwall-Sunk Strecken



Inhalt

1. Was leistet die Wasserkraft heute?
2. Entwicklung künftige Stromproduktion
3. Auswirkungen auf die alpinen Flüsse
4. **Künftige Rolle der Wasserkraft**
5. Ökologie UND Ökonomie?
6. Ausblick

Künftige Rolle Wasserkraft – solare Zukunft?

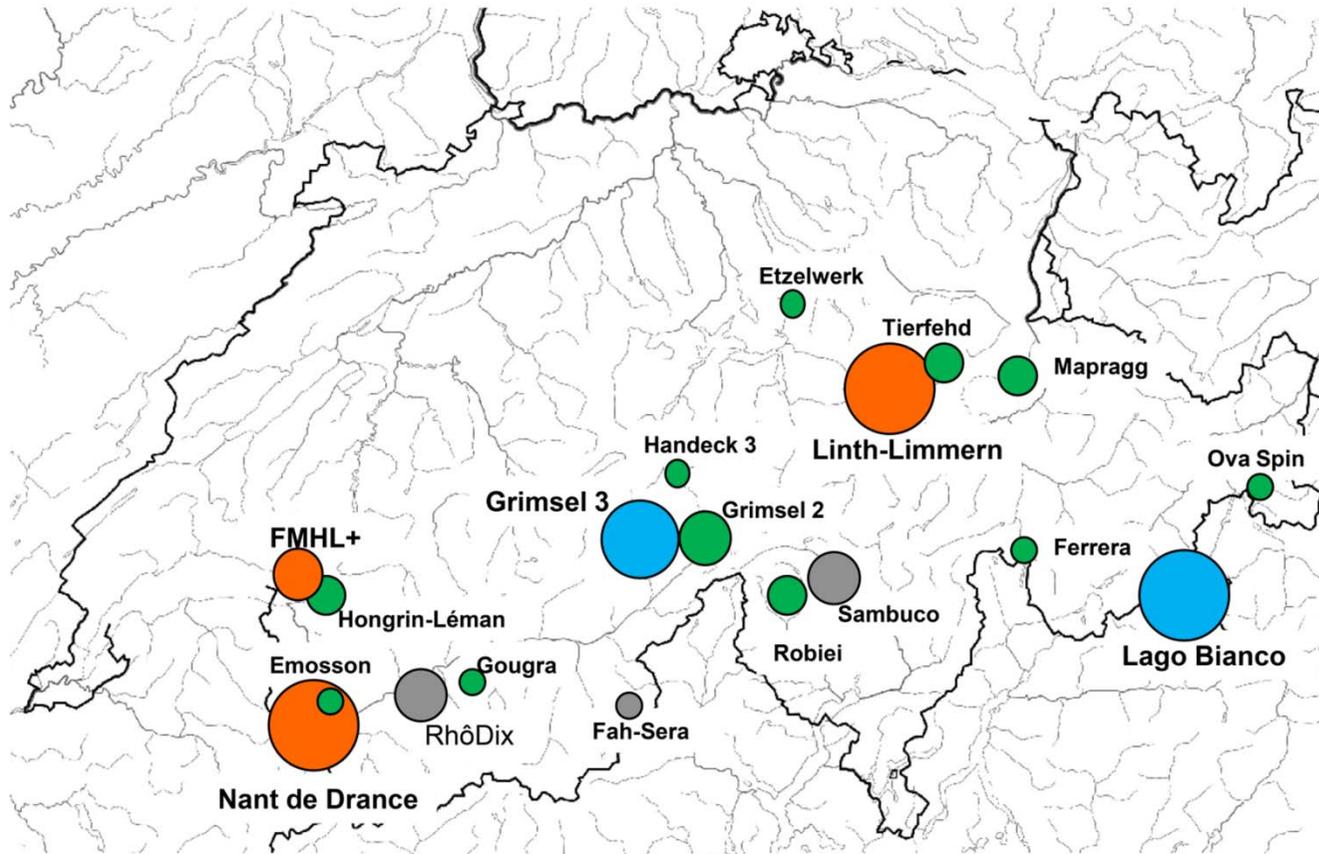
Zur Erinnerung

- PV installierte Leistung von $\sim 40 \text{ GW}_{\text{Spitze}}$ nötig ($\sim 30 \text{ TWh/a}$)
- Kurzfristig zu erwartende Schwankungen $\sim 20 \text{ GW}$
- Könnte von WK heute nicht ausgeglichen werden

Künftige Rolle Wasserkraft – zusätzliches Potential

Anpassungen	Geschätztes Potenzial (TWh/a)
Effizienzsteigerung, Optimierungen, Renovationen	1,0 bis 1,8
Grosswasserkraft	0,7 bis 1,4
Kleinwasserkraft	0,7 bis 1,7
Einhaltung minimale Restwassermenge	-2 bis -1,4
Klima	± 0
Total	0,5 bis 3,5

Künftige Rolle Wasserkraft – Pumpspeicherkraftwerke



● bestehend [1.4 GW]

● im Bau [2.14 GW]

● laufende Konzessionsverfahren [1.63 GW]

● Projektideen



- ① Portal / Fassung / Apparetekammer Lago Bianco ② Fassung Palù ③ Portal Motta Rossa ④ Fassung / Portal Cancian ⑤ Apparetekammer / Wasserschloss Plan di Laghett
 ⑥ Druckschacht Plan di Laghett - Camp Martin ⑦ Zentrale Camp Martin A Lago di Poschiavo B Pizzo Scalino C Poschiavo D Piz Bernina E Lago Bianco

Lago Poschiavo

H = 962

V = 110

Verbleib = 40 bis 90 Tage
(natürlich: ½ Jahr)

Lago Bianco

2234 m üM

22 Mio m³

10 bis 30 Tage
(natürlich: 1 Jahr)

Kritische Faktoren bei PSKW

Beide Becken = künstliche Stauseen

Beispiele: Emosson - Vieux Emosson

Räbo - Oberaarsee

- unkritisch
- kaum Effekte auf unterliegende Gewässer



Oberes Becken = natürlicher See

Beispiel: Limmern - Muttsee

- gewaltige Seespiegelschwankungen
- kaum Effekte auf unterliegende Gewässer



Kritische Faktoren bei PSKW

U-Becken = natürlicher kleiner See

Beispiel: Lagi Poschiavo - Bianco

- Seespiegelschwankungen
- Zusätzliche Erwärmung, Trübung



U-Becken = natürlicher grosser See

Beispiel: Brienzensee - Râbo

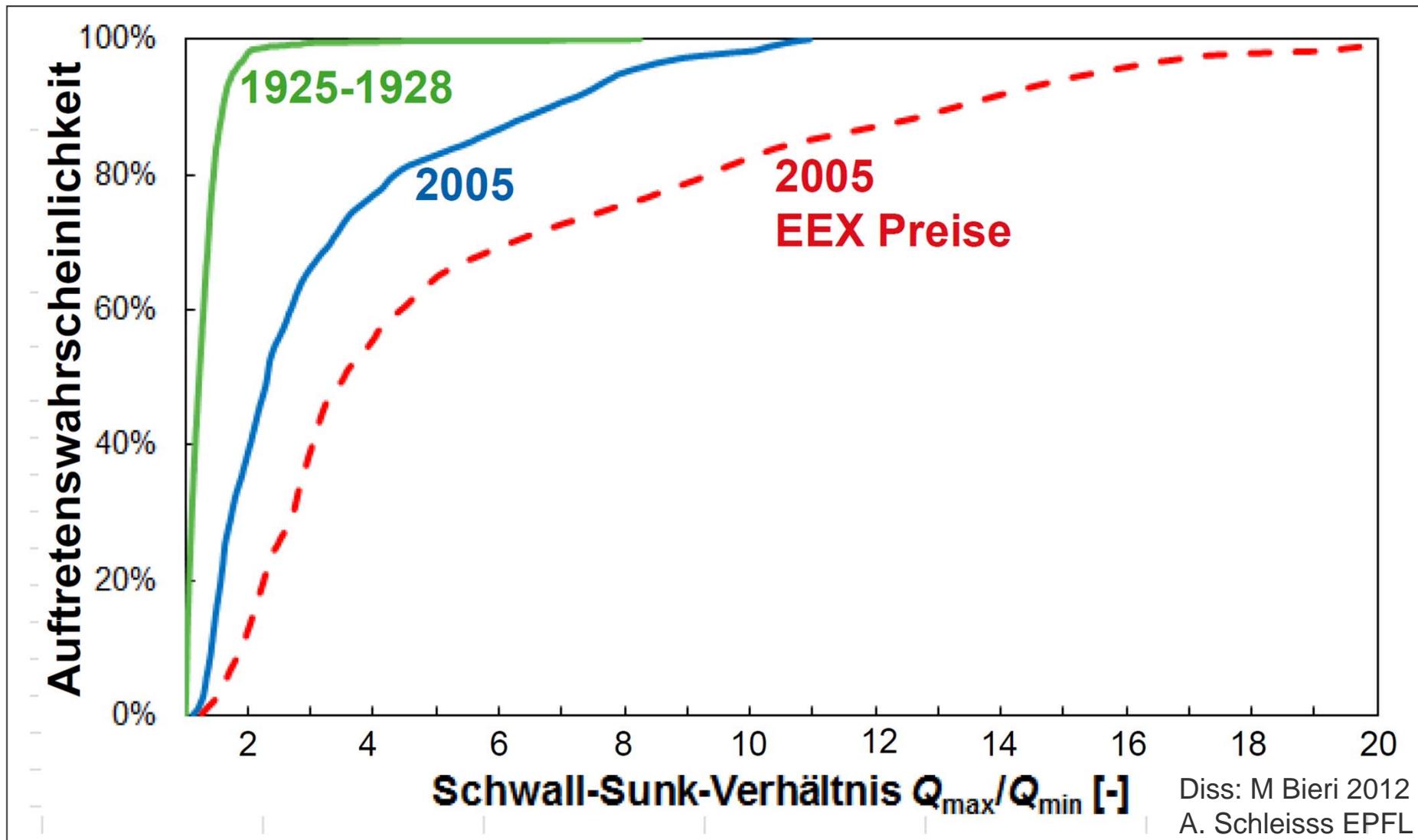
- Geringe Effekte auf See
- Effekte auf unterliegenden Fluss



Inhalt

1. Was leistet die Wasserkraft heute?
2. Entwicklung künftige Stromproduktion
3. Auswirkungen auf die alpinen Flüsse
4. Künftige Rolle der Wasserkraft
5. **Ökologie UND Ökonomie?**
6. Ausblick

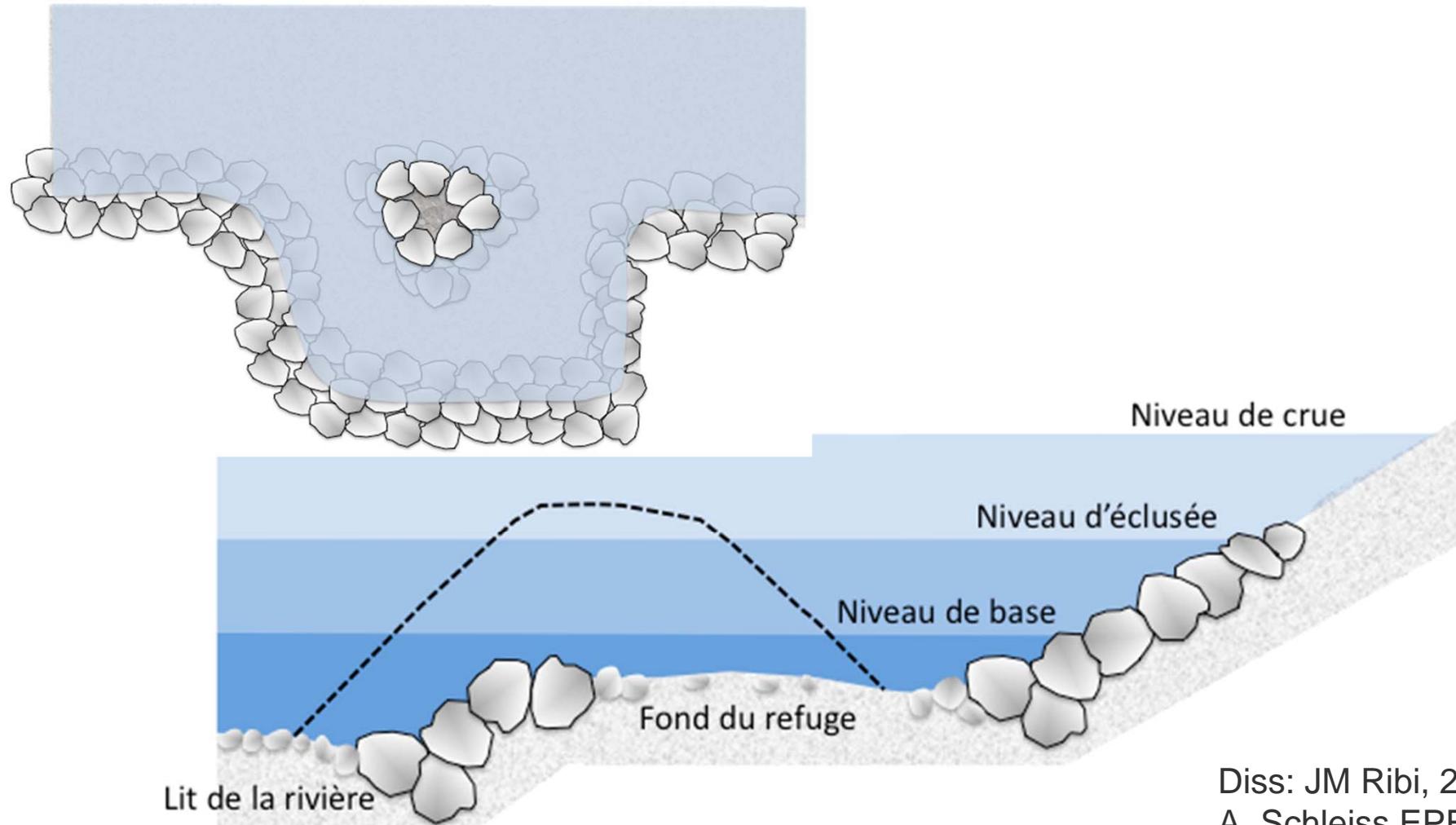
Zusammenhang Schwall-Sunk \leftrightarrow Markt



Natürliche Morphologie \leftrightarrow Schwall-Sunk

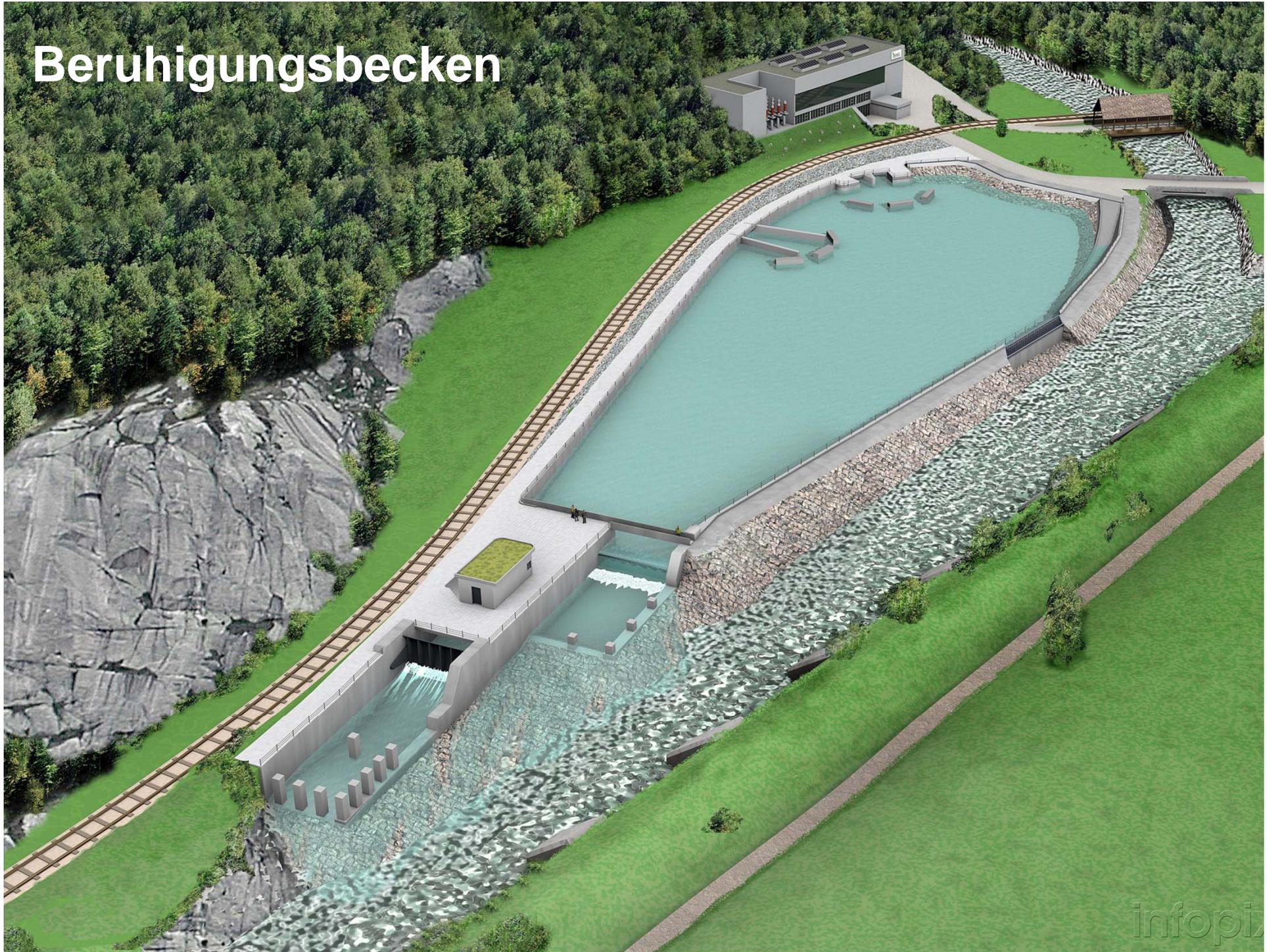


Fischrefugien in Böschungen bei Schwall-Sunk



Diss: JM Ribí, 2011
A. Schleiss EPFL

Beruhigungsbecken



Ausgleichsbecken

KTI-Forschungsprojekt «Synergie»
Schleiss EPFL

Dimensionen

Fläche	1 km²
Volumen	8 Mio m³
Kosten:	200 Mio Chf.
Zus. Energie	0.04 TWh/a

Ausgleichsbecken

Landbedarf (grosse alp Flüsse)

für $Q_{\max} / Q_{\min} = 5:1$

Volumen 4 Mio m³ / 32 Mio m³

Fläche ~ 1 km² / viele km²

Quelle: VAW-EPFL 2006

Praktische Forschungsfragen Schwall-Sunk

Alpine Flüsse

Welche zeitliche Dynamik ist akzeptabel?

Maximale Sohl-Schubspannung?

Welche Verhältnisse Q_{\max} / Q_{\min} ?

Randbedingungen bei Revitalisierung?

Beruhigungs- / Ausgleichsbecken

Minimalanforderungen (Grösse, Wirtschaftlichkeit, etc)?

Pumpspeicherkraftwerke

Minimalanforderungen (Seespiegel, Temperatur, Partikel)

Verbesserungen für parallele Flüsse?

Inhalt

1. Was leistet die Wasserkraft heute?
2. Entwicklung künftige Stromproduktion
3. Auswirkungen auf die alpinen Flüsse
4. Künftige Rolle der Wasserkraft
5. Ökologie UND Ökonomie?
6. **Ausblick und Herausforderungen**

Ausblick – Prioritätenliste

1. Ausbau des Leitungsnetzes
2. Aufbau PV
3. PSKW
4. Massnahmen Schwall-Sunk
5. Ausbau WK Spitzenproduktion
6. Elimination der «Winterlücke»

Kosten des Umbaus



Leitungsnetz 18 Mia

FV 60 Mia

Kap-Ausbau 40 Mia

PSKW 10 Mia

Schwall-Sunk 1 Mia

Investitionen Stromsektor

3 bis 4 Mia / a

Schlussfolgerung

Win-Win Situation ist möglich

1. Künftige Kombination WK-Solar → möglich
2. In nächsten 30 a → gewaltige Investitionen
3. Massnahmen gegen Schwall-Sunk → im Vergleich günstig
4. Ausbau Spitzenproduktion und PSKW → nötig
5. Ausgleich Sommer/Winter → ruft nach Vision

Ein Dankeschön!

Armin Peter

Stefan Vollenweider, WA21

Steffen Schweizer, KWO

Tony Schleiss, EPFL

Bernhard Wehrli

Martin Schmid

Matteo Bonalumi

Ralf Kägi

Flavio Anselmetti, UniBe