

HERAUSFORDERUNGEN AN DIE FORSCHUNG FÜR EINE FLEXIBLE WASSERKRAFTERZEUGUNG

- WISSENS- UND TECHNOLOGIETRANSFER FÜR DIE WASSERKRAFT -

Robert Boes

boes@vaw.baug.ethz.ch

SCCER-SoE Annual Conference 2019, Lausanne



In cooperation with the CTI

 Energy funding programme
Swiss Competence Centers for Energy Research

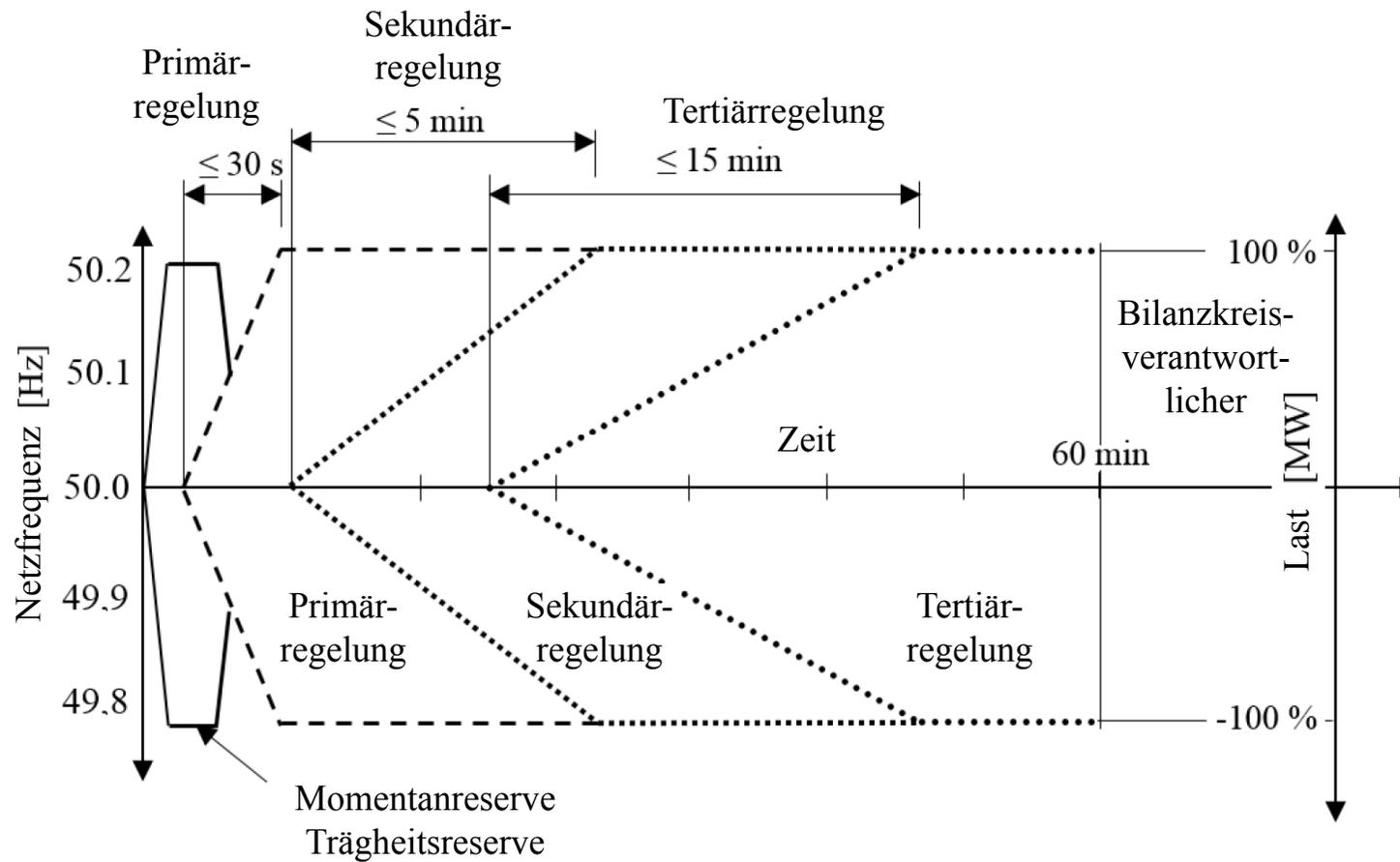
 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Commission for Technology and Innovation CTI

Was bedeutet Flexibilität?

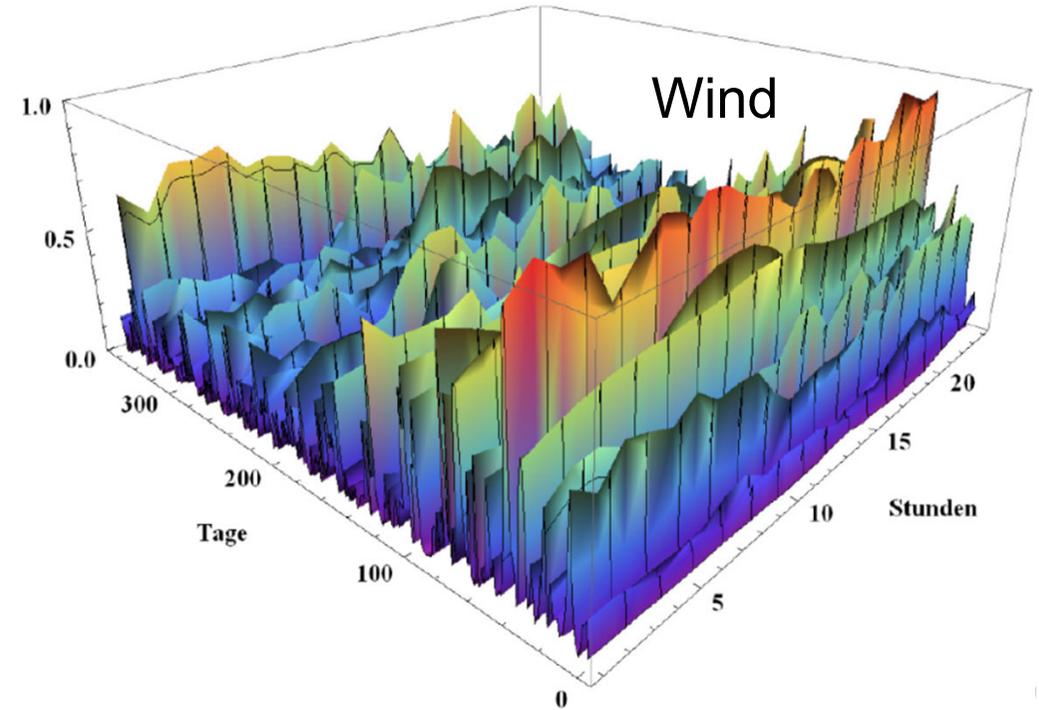
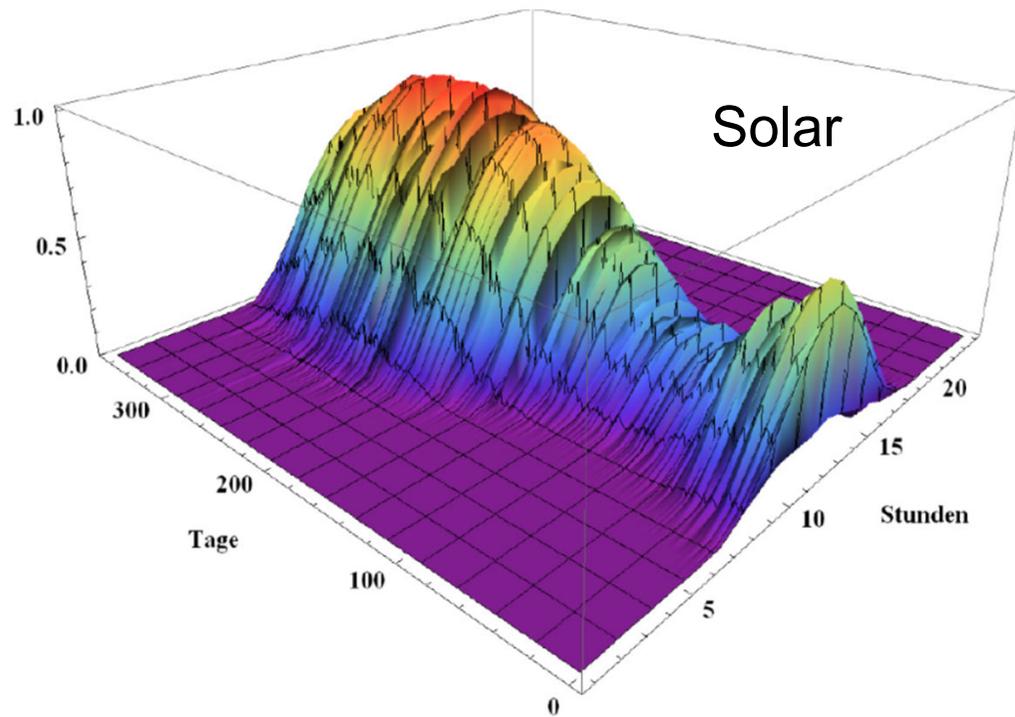
Stufen der Frequenzregelung zur Gewährleistung der Netzstabilität



Quellen: Gobmaier et al. (2012), Konstantin (2013)

Volatilität von Solar- und Windenergie

Elektrizitätserzeugung CH 2008



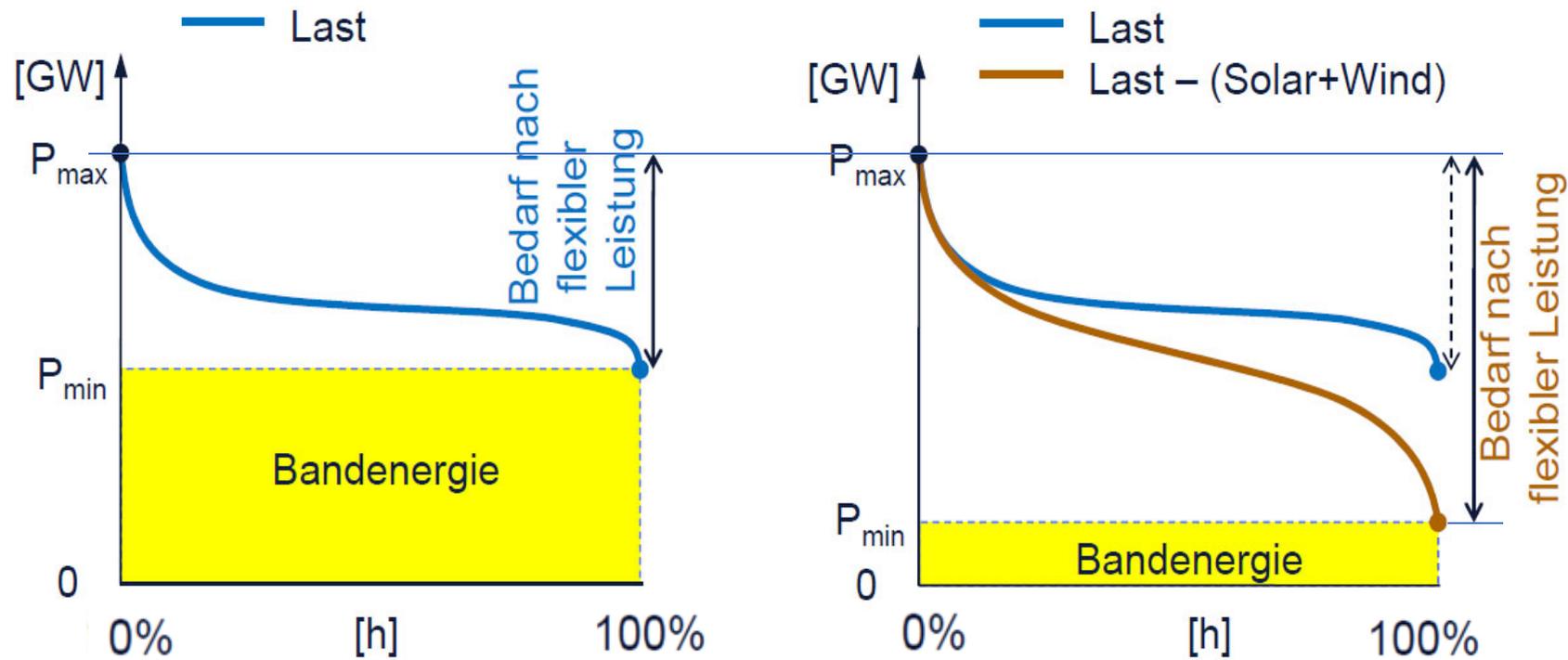
Winter vs. Sommer
Tag vs. Nacht

→ Energiespeicherung

Quelle: Prognos (2012)

Zunahme des Bedarfs an flexibler Speicherkapazität

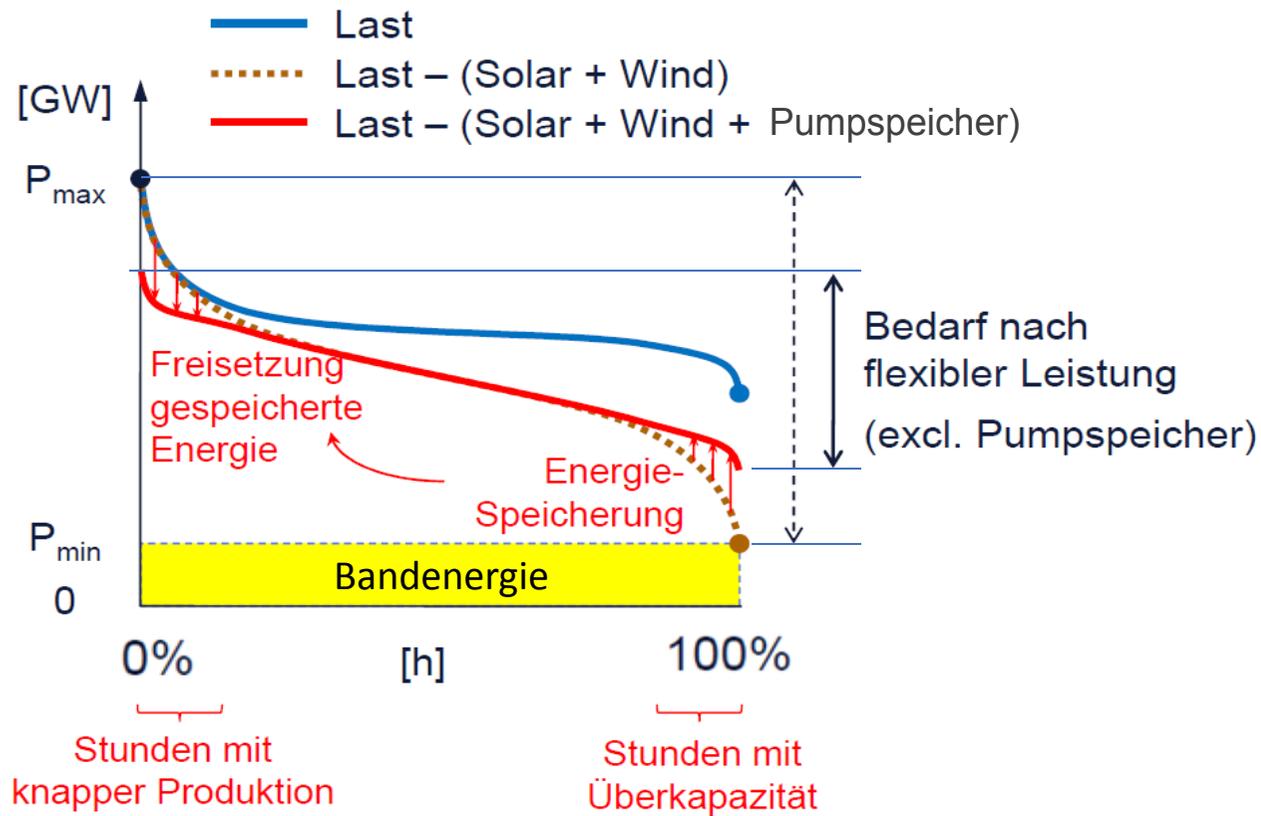
Effekt der zunehmenden Integration erneuerbarer Energiequellen



Quelle: Poncet, Alpiq (2012)

Flexible Speichermöglichkeit: Pumpspeicherkraftwerke (PSW)

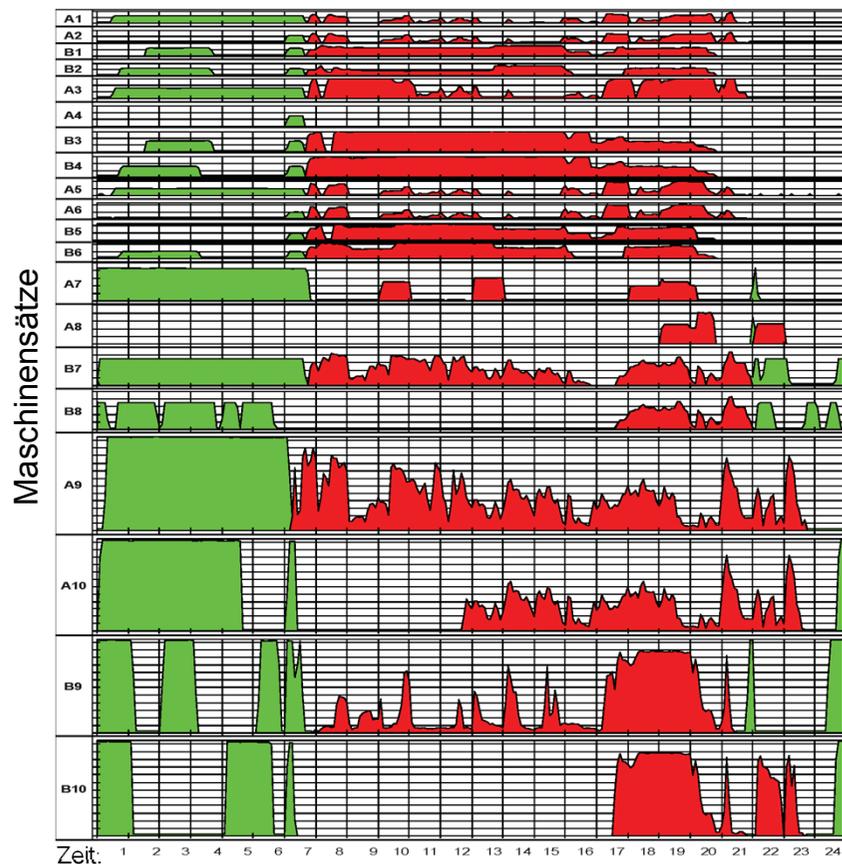
Ausgleich von Energiedargebot und -bedarf



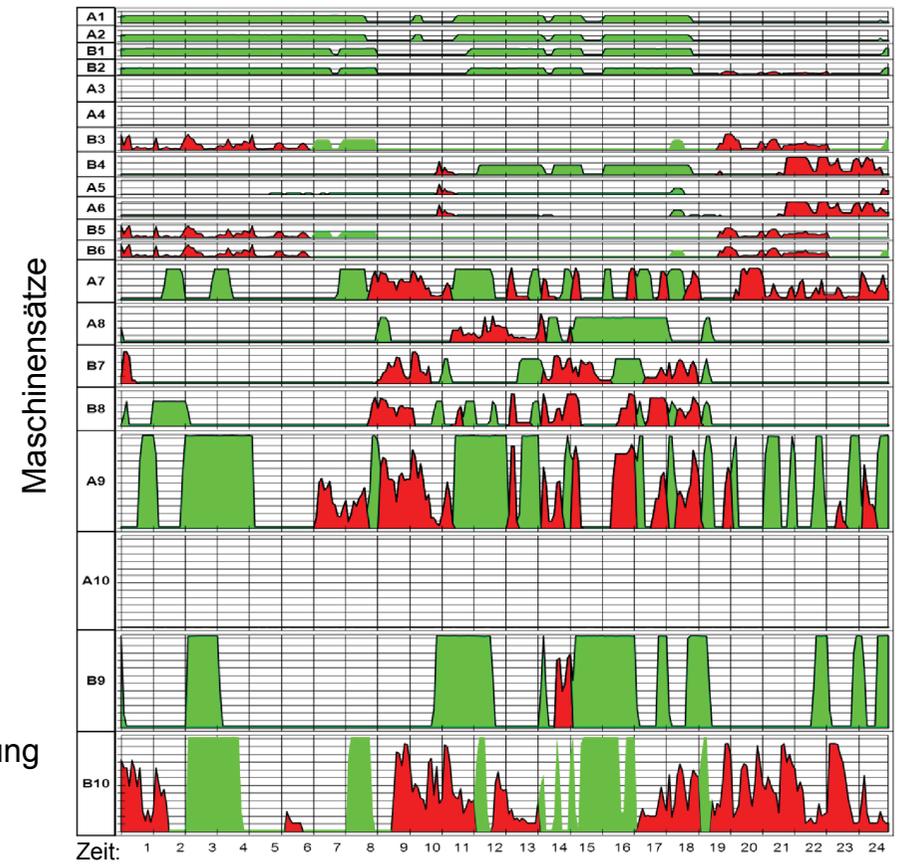
Quelle: Poncet, Alpiq (2012)

Erhöhte Flexibilitätsanforderungen an die Wasserkraft

Niedriger vs. hoher Anteil volatiler erneuerbarer Energie (Fallstudie Schluchseewerke, DE)



Maschineneinsatz eines «typischen» Tages in 2004

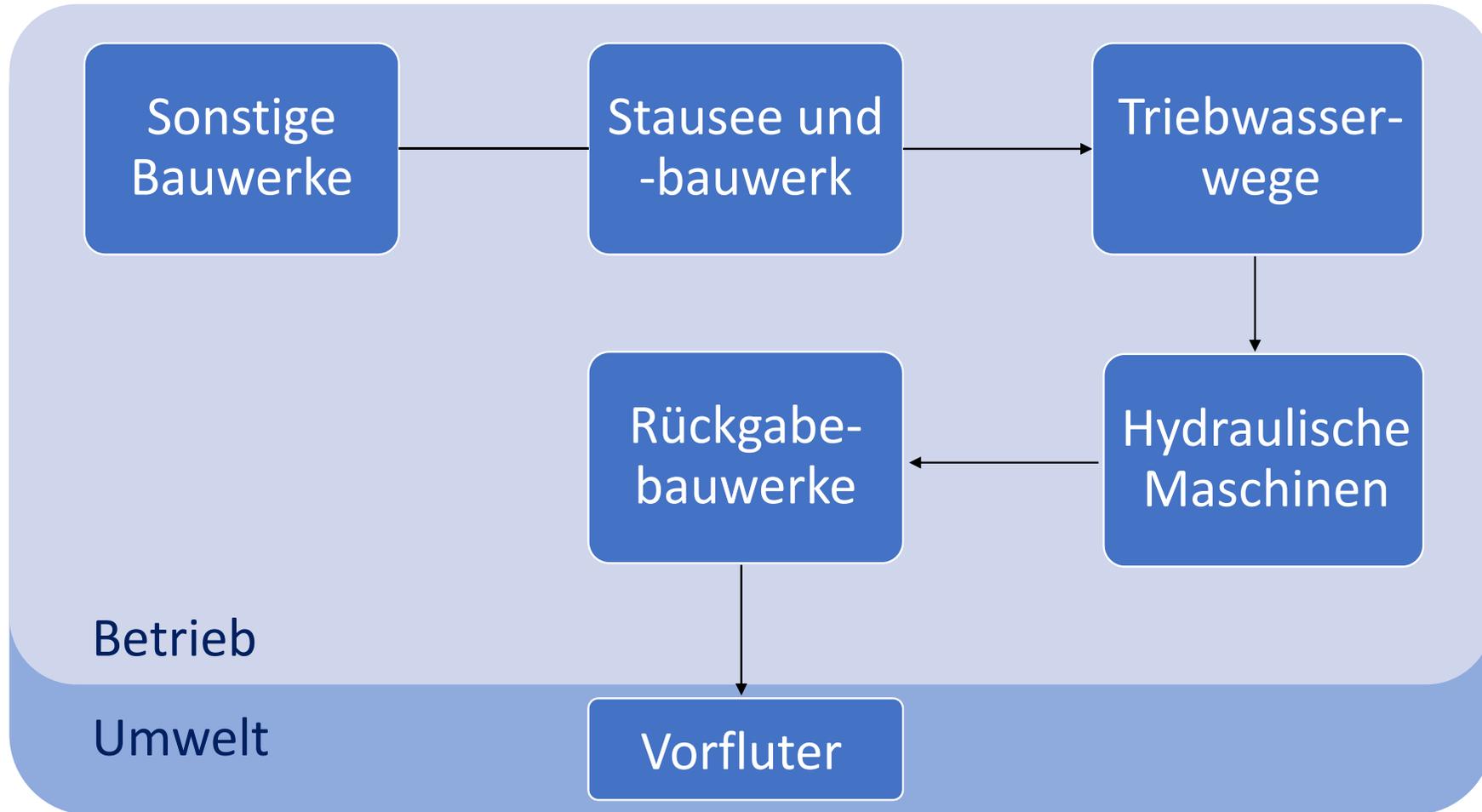


Maschineneinsatz eines «typischen» Sommertages in 2013

■ Pumpleistung
■ Turbinenleistung

Quelle: Klebsattel (2015)

Was bedeutet Flexibilität für Wasserkraft- und Pumpspeicheranlagen?



Forschungsherausforderungen (nicht abschliessend) (1/5)

- Stausee und -bauwerk
 - **Bauwerkeralterung**
 - z.B. Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR)
 - Abnutzung/Verschleiss
 - Entwicklung von **Werkzeugen zur Gefahrenanalyse**
 - **Anpassung von Auslassbauwerken** (HWE, Grundablass, Wasserfassung, ...) für
 - Grössere Abflüsse (z.B. Kapazitätserhöhung),
 - Grössere Fallhöhen (z.B. Bauwerkserhöhung)
 - Erhöhten Verschleiss durch Sedimente
 - Stauseespülung

WP2 impulse waves
 WP3 storage / demand
 WP4 cascade flushing



Forschungsherausforderungen (nicht abschliessend) (2/5)

- Triebwasserwege / Hydraulische Maschinen
 - **Minimierung von Anfahr- und Regelzeiten**
 - Erhalt der **Lebensdauer der Maschinensätze** trotz vermehrter Lastwechsel
 - **Anpassung von Wasserschlossern** an verkürzte Lastwechsel

WP5 turbine abrasion,
WP6 turbine instability

	Thermische Kraftwerke	Gasturbinen	Wasserkraft (Standard)	Wasserkraft (neue Technologie)
Leistungsgradient (%/min)	2 - 4	8 - 12	50 - 100	100% in < 30s
Minimallast (% von P _N)	40	40	40 (F), 20 (K,P)	0 - 5 (alle Typen)
Anfahrzeit	2 - 5 h	< 15 min	< 10 min	< 5 min
Reduktion der Lebensdauer (infolge vermehrter Lastwechsel, Teillast)	stark	stark	merklich	akzeptabel

F: Francis, K: Kaplan, P: Pelton

Quelle: adaptiert von Sick, ANDRITZ Hydro (2013)

Forschungsherausforderungen (nicht abschliessend) (3/5)

- Rückgabe- und sonstige Bauwerke
 - **Bauwerksalterung**
 - z.B. Alkali-Kieselsäure-Reaktion (AKR)
 - Abnutzung/Verschleiss
 - **Klimawandel**
 - Erhöhte Belastung (Abfluss, Sedimentfracht, Geschwemmsel)



WP5 hydroabrasion



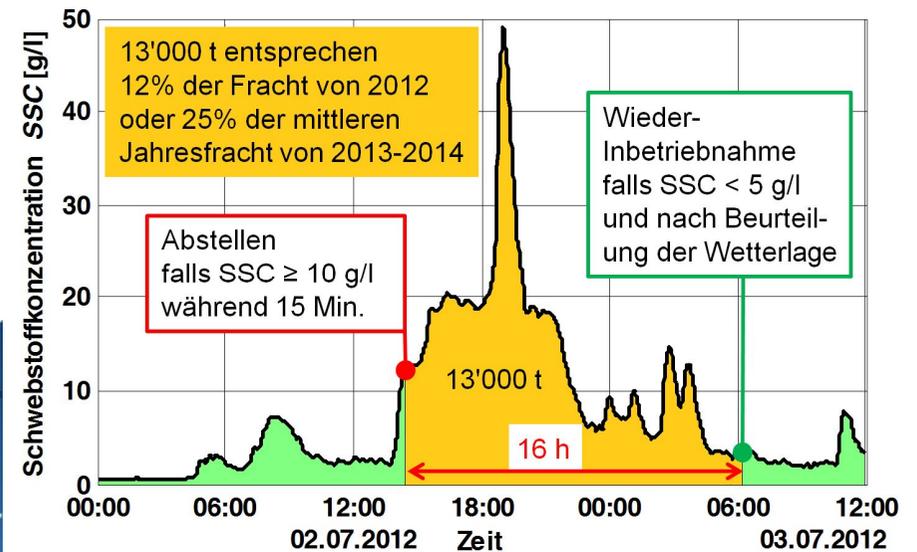
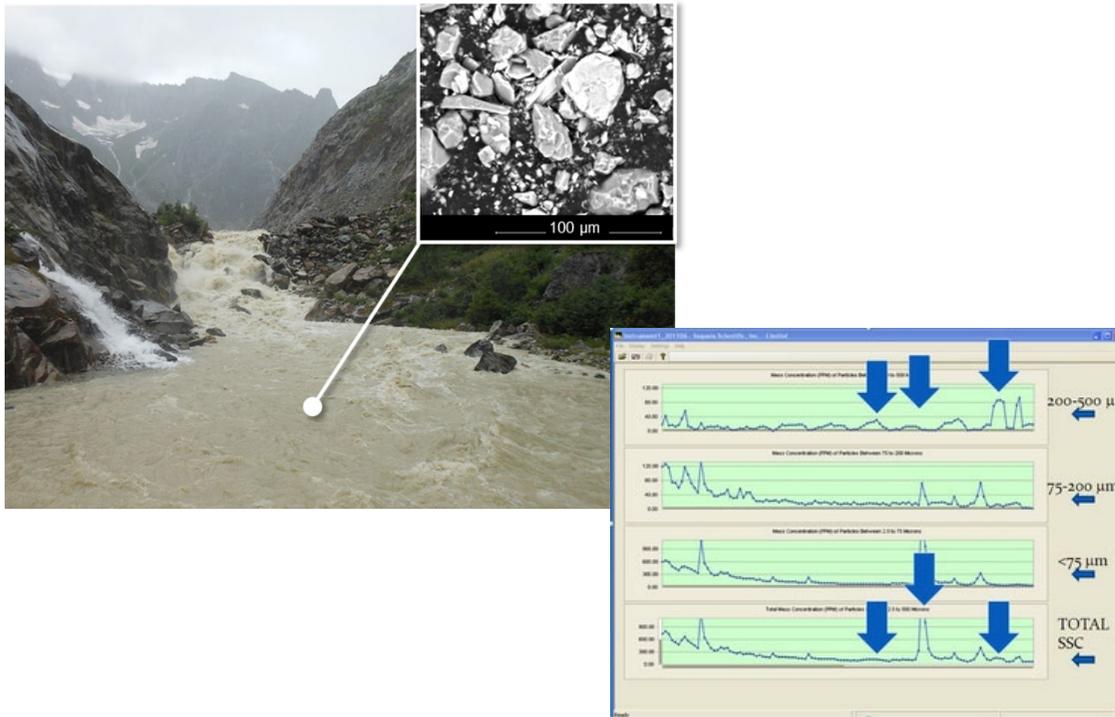
- **Widerstandsfähige Bauwerksdimensionierung** für
- Erhöhte Belastungen (z.B. erhöhte Hochwasserintensitäten)
 - Grössere Fallhöhen (z.B. Bauwerkserhöhung)
 - Erhöhte Sedimentfrachten (z.B. Entsander)
 - Energiedissipation

Forschungsherausforderungen (nicht abschliessend) (4/5)

- Betriebliche Aspekte

- Digitalisierung
- Einsatz fortgeschrittener Messtechniken und -instrumente (z.B. Partikelgrößen und Sedimentfrachten)
- Echtzeitbetrieb (z.B. basierend auf Abflussdaten, Sedimentfracht, Geschwemmsel, etc.)

WP1 hydropeaking, WP2 impulse waves, WP3 storage / demand, WP4 cascade flushing, WP5 turbine abrasion, WP6 turbine instability



Quellen: Mikkelsen et al. (2012), Abgottspon et al. (2016)

Forschungsherausforderungen (nicht abschliessend) (5/5)

• Umwelt / Ökologie

erhöhte Anforderungen des Gewässerschutzgesetzes bzgl.

- Schwall/Sunk, «Thermopeaking»
- Fischdurchgängigkeit
 - Fischaufstieg
 - Fischschutz und -abstieg
- Restwasserabflüsse
- Geschiebe- und Sedimentdurchgängigkeit

WP1 hydropeaking
WP4 cascade flushing

⊔ = Fischaufstieg

⊓ = Fischabstieg

ROT = Sanierung notwendig

WEISS = saniert oder unproblematisch

Swiss River System 



Quelle: BAFU

Schlussfolgerungen und Fazit

- Die **Wasserkraft** nimmt eine **Schlüsselrolle** in der Energiestrategie 2050 ein.
- Die **Rahmenbedingungen sind** komplizierter bzw. **anspruchsvoller geworden** (Marktumfeld, Umweltauflagen, politische Rahmenbedingungen, Klimawandel).
- Um das volle Potential der Wasserkraft auszuschöpfen, müssen **technologische Innovationen und fortgeschrittene Anpassungsstrategien** entwickelt werden.
- Die Energieerzeugung aus Wasserkraft in der Schweiz kann auch bei einer gleichzeitig verbesserten Umweltverträglichkeit erhöht werden, wenn die **Forschungsherausforderungen** erfolgreich bewältigt werden und der **gesellschaftspolitische Entscheidungsprozess** den erforderlichen Rahmen schafft.