

VERMINDERUNG VON SCHWALL UND SUNK: EINE INTEGRIERTE SYSTEMBETRACHTUNG

- KNOWLEDGE AND TECHNOLOGY TRANSFER FOR HYDROPOWER -

Philipp Meier, Pedro Manso, et al.

philipp.meier@meteoswiss.ch | pedro.manso@epfl.ch

SCCER-SoE Annual Conference 2019, Lausanne



SWISS COMPETENCE CENTER for ENERGY RESEARCH
SUPPLY of ELECTRICITY



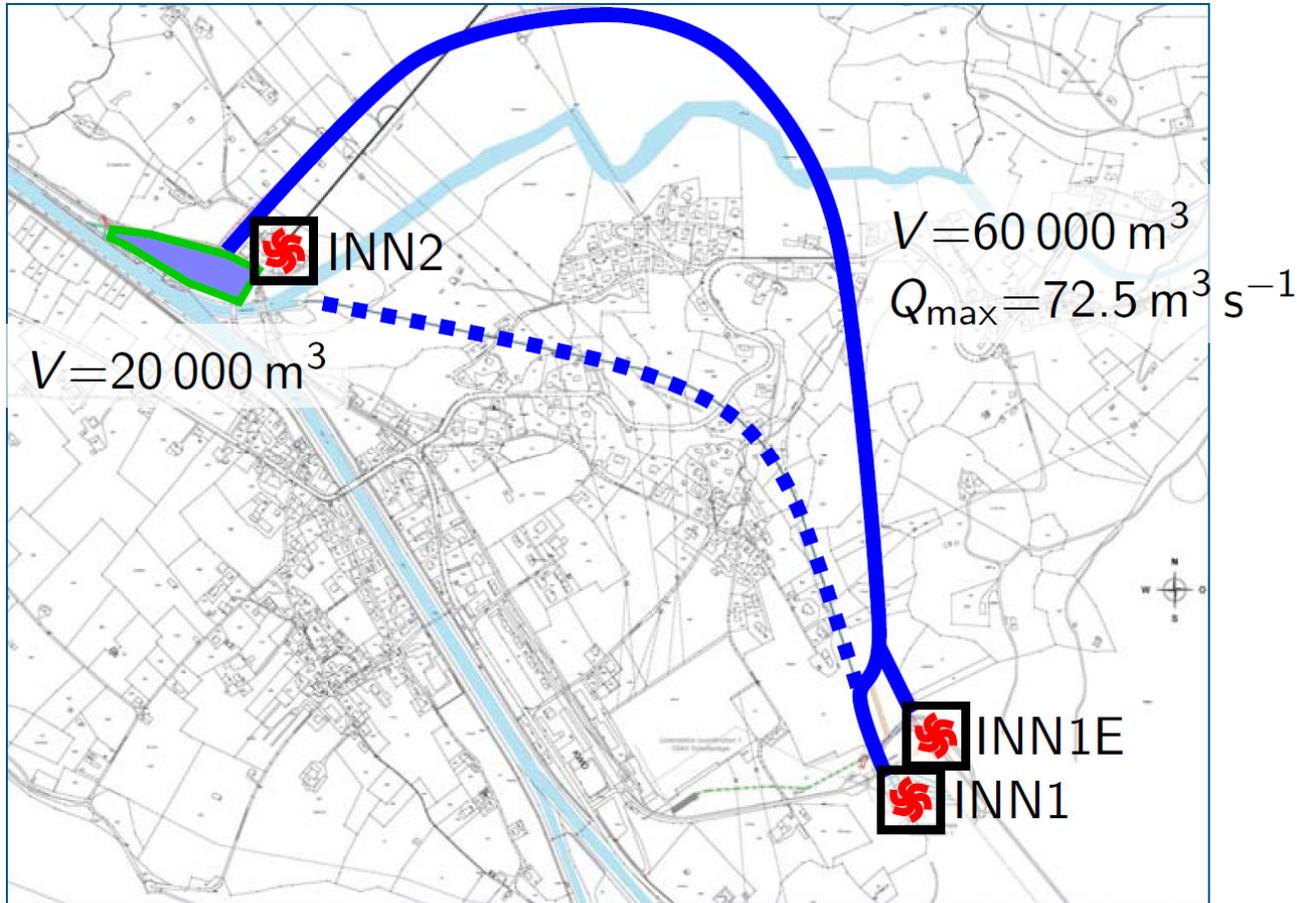
Motivation

- Erstes aktiv gesteuertes Ausgleichsbecken kurz vor Inbetriebnahme
 - Ausgleichsvolumen besteht aus Stollen und Becken
 - Verschiedene Regelungsorgane
- Massnahmen zum Schutz der Ökosysteme implementiert
- Geplanter Bau des Trift-Stausees
- Komplexes Gesamtsystem KWO

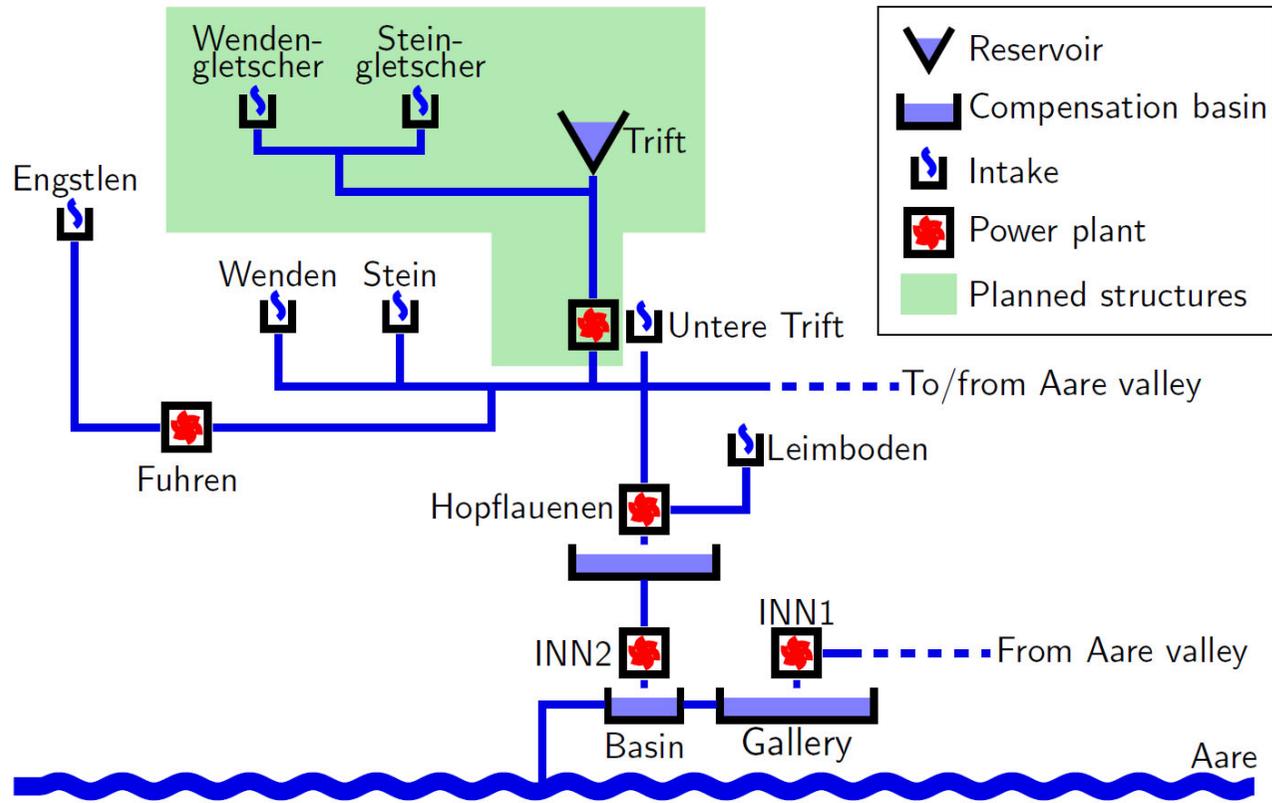
- Frage nach robustem Betrieb bei Änderungen im System:
 - Wie wirkt sich der geänderte Betrieb der Kraftwerksanlagen nach dem Bau des Trift-Stausees aus?
 - Was sind betriebliche Limiten für ein solch komplexes Becken?
 - Bisherige Studien basierten auf starker Vereinfachung



Ausgleichsbecken



Kraftwerks-Kaskade Trift

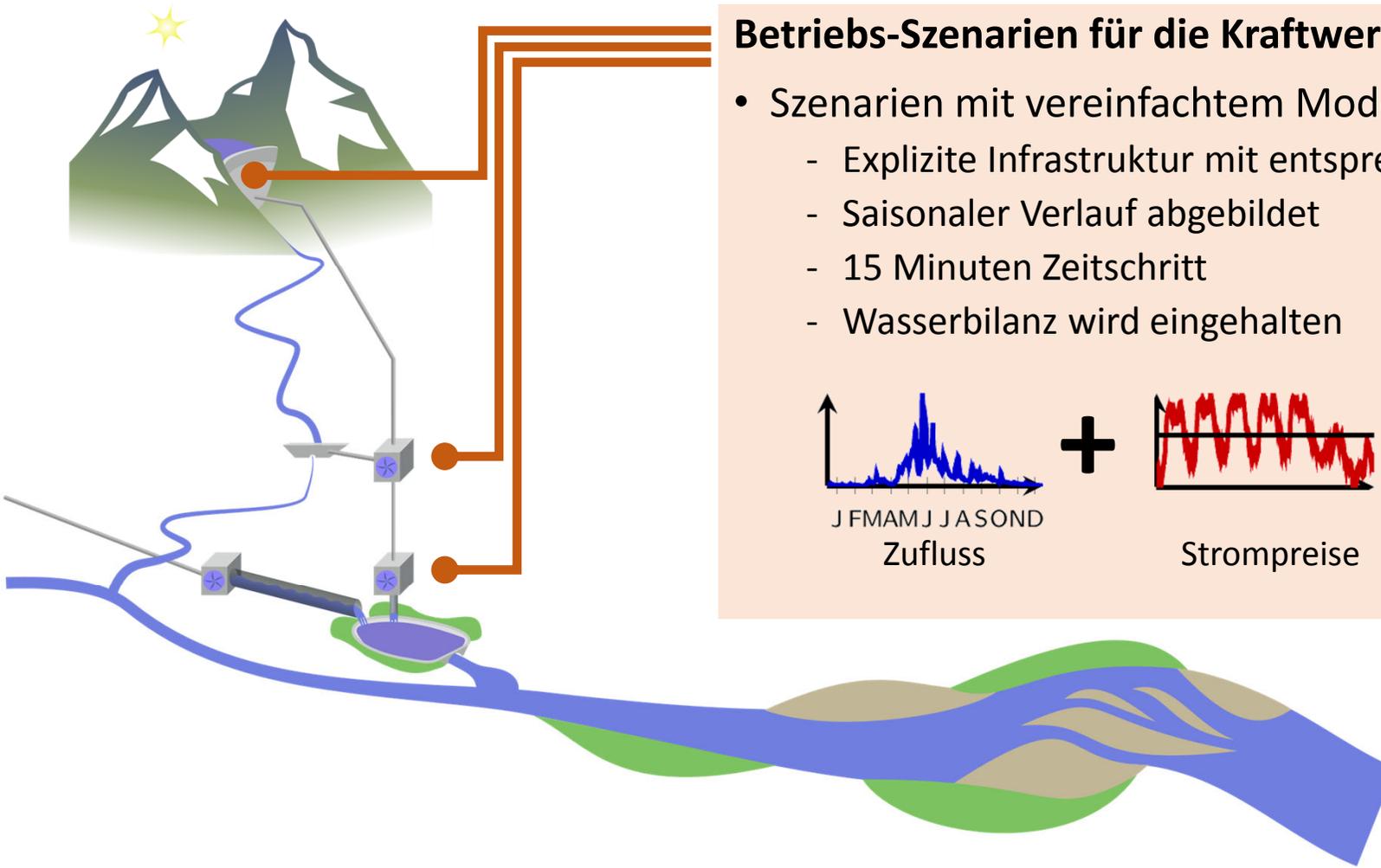


Grenzwerte für Schwall und Sunk

- Restwassermenge: $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
- Regel für Abflussgradienten
 - $-2.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ min}^{-1} < \frac{dQ}{dt} < 2.5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ min}^{-1}$
 - $\frac{dQ}{dt} < 0.7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ min}^{-1}$
 - wenn $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} < Q < 8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$:
 $\frac{dQ}{dt} > -0.14 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ min}^{-1}$
- Aktive und kontinuierliche Steuerung des Abflusses nötig

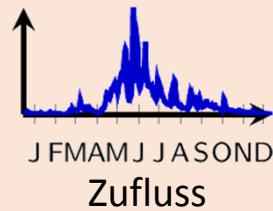


Integrierte Systembetrachtung

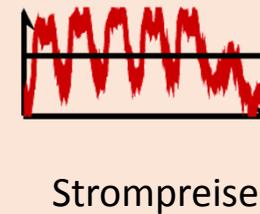


Betriebs-Szenarien für die Kraftwerks-Kaskade

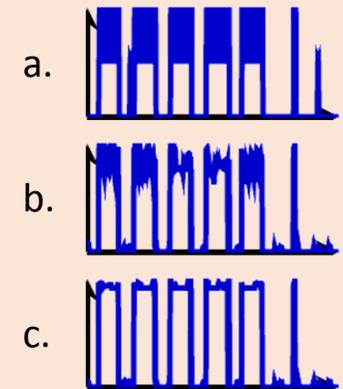
- Szenarien mit vereinfachtem Modell generiert
 - Explizite Infrastruktur mit entsprechenden Kapazitäten
 - Saisonaler Verlauf abgebildet
 - 15 Minuten Zeitschritt
 - Wasserbilanz wird eingehalten



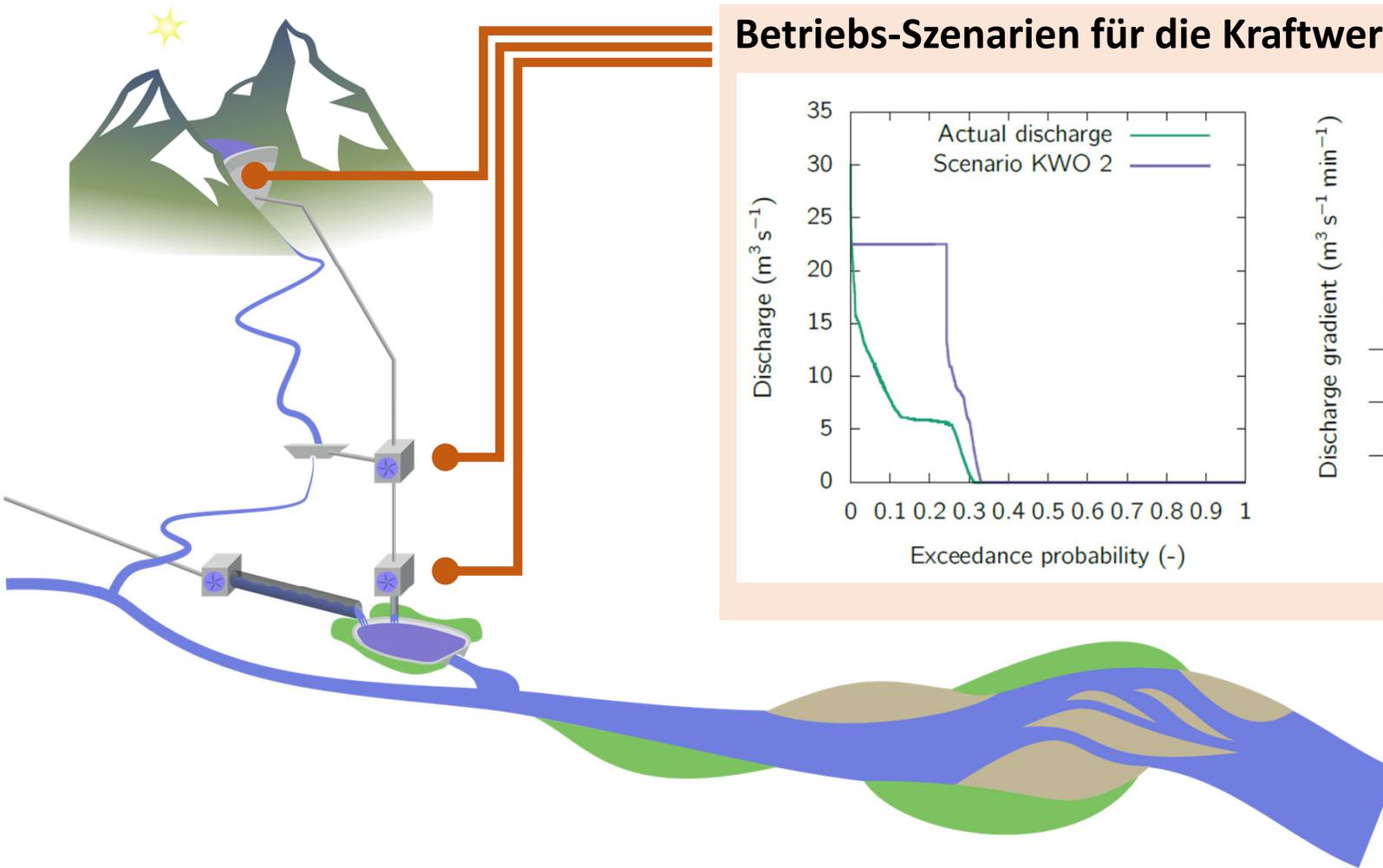
+



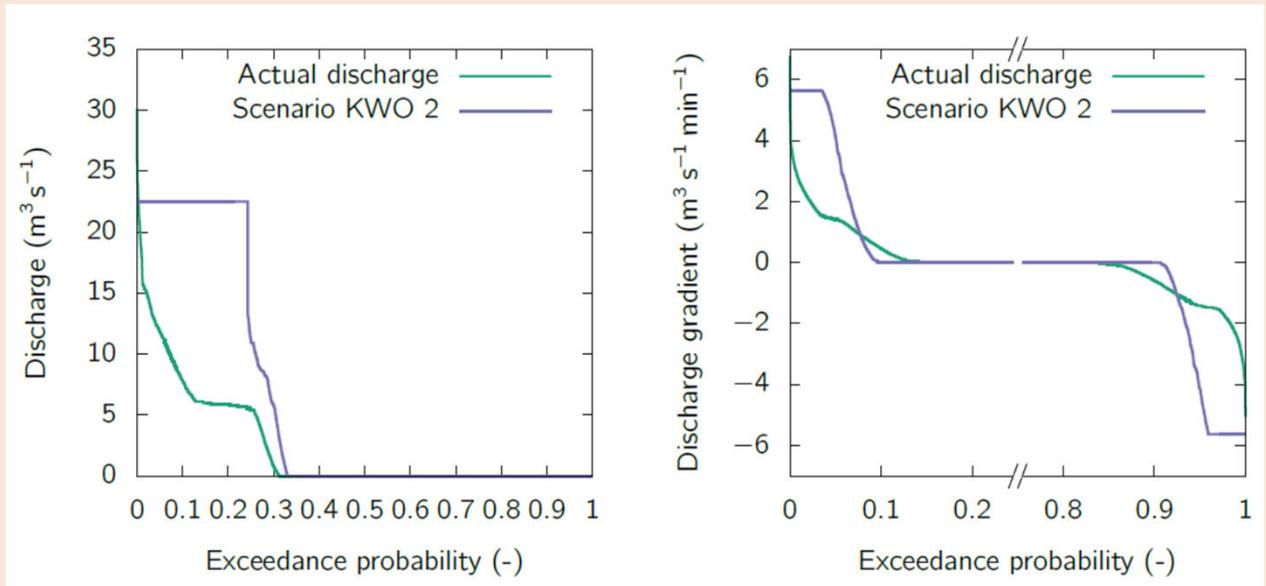
=



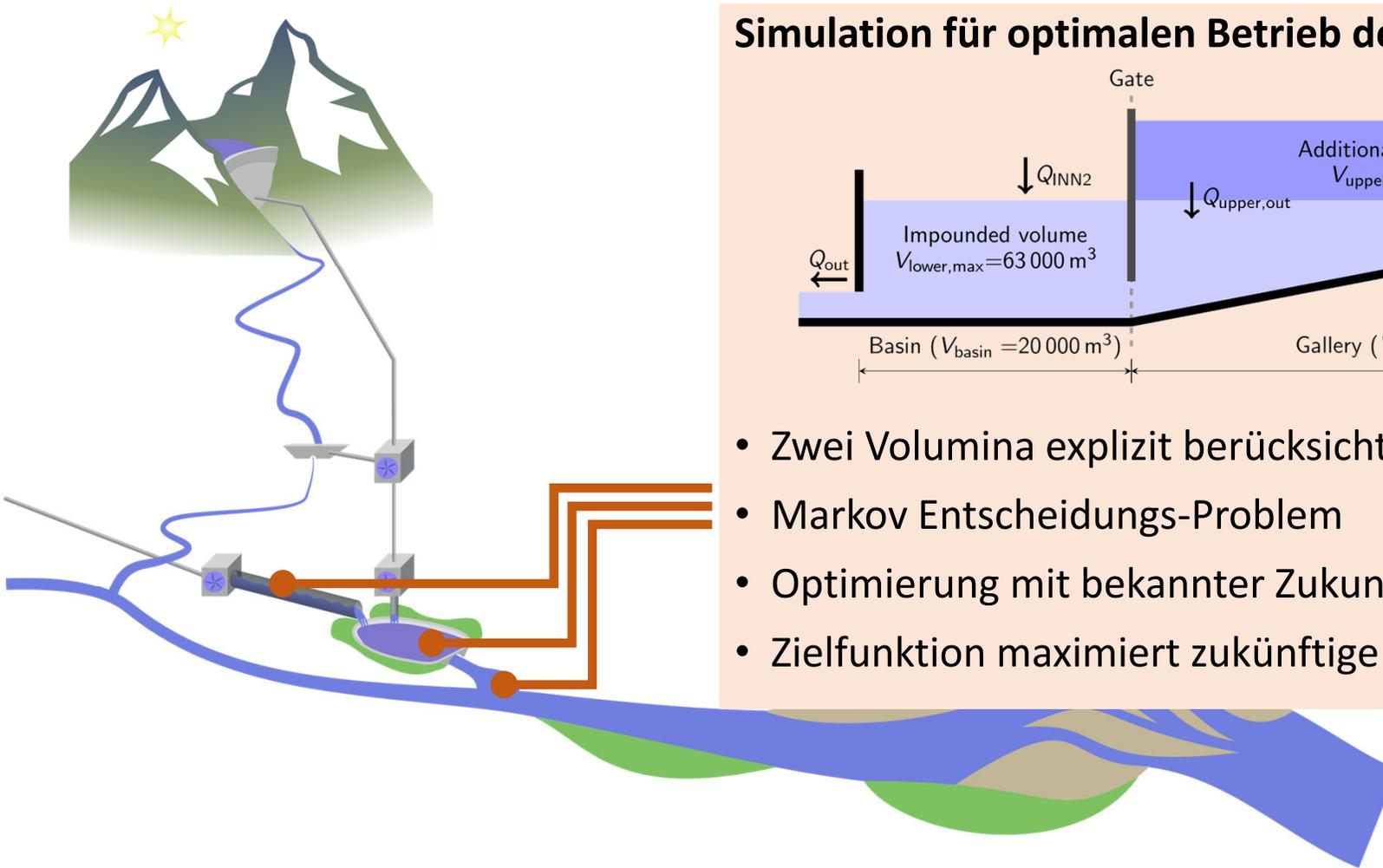
Integrierte Systembetrachtung



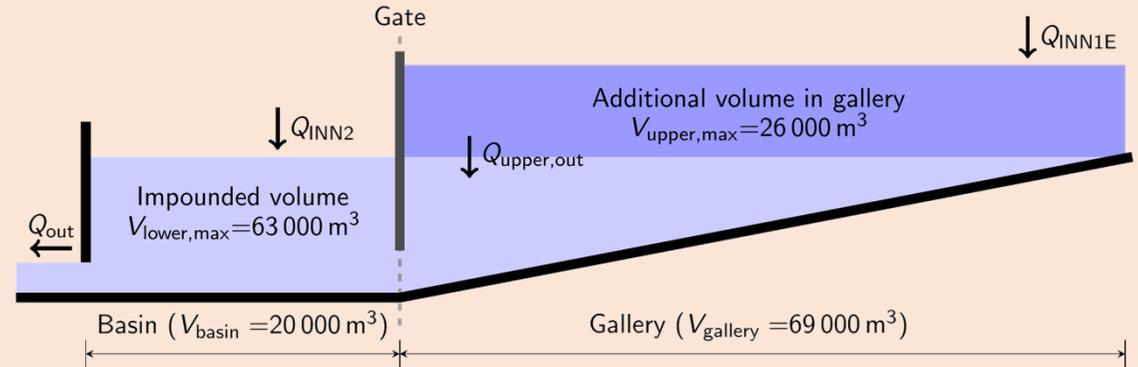
Betriebs-Szenarien für die Kraftwerks-Kaskade



Integrierte Systembetrachtung

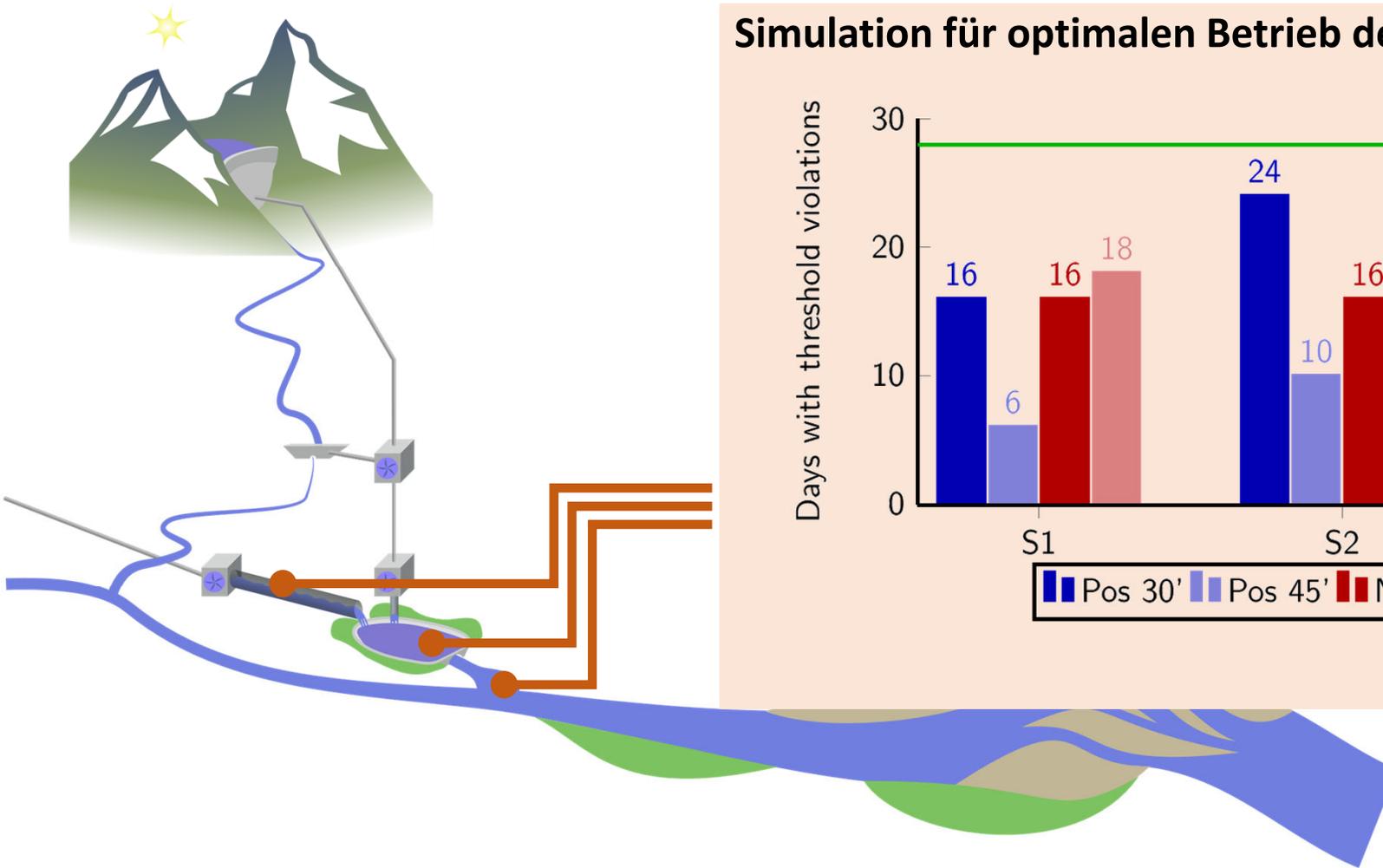


Simulation für optimalen Betrieb des Ausgleichsvolumens

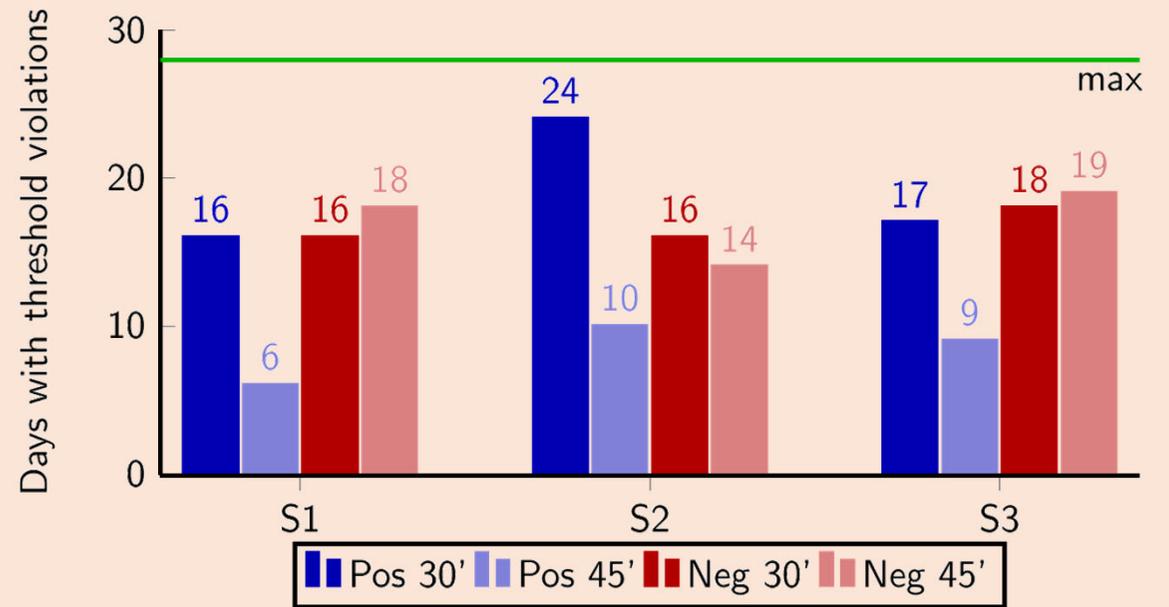


- Zwei Volumina explizit berücksichtigt
- Markov Entscheidungs-Problem
- Optimierung mit bekannter Zukunft von 30' und 45'
- Zielfunktion maximiert zukünftige Flexibilität

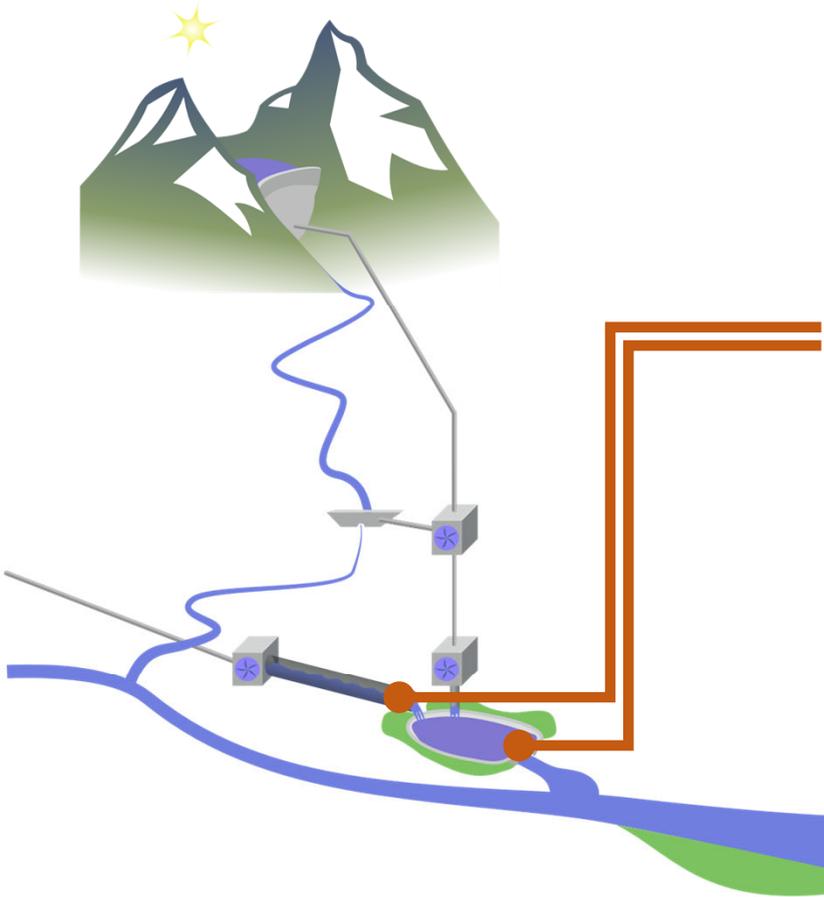
Integrierte Systembetrachtung



Simulation für optimalen Betrieb des Ausgleichsvolumens



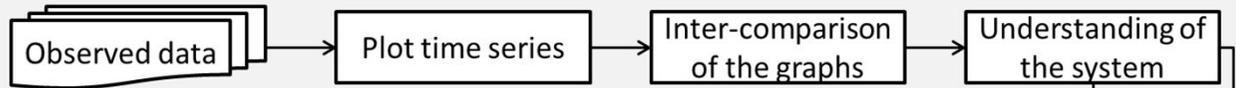
Integrierte Systembetrachtung



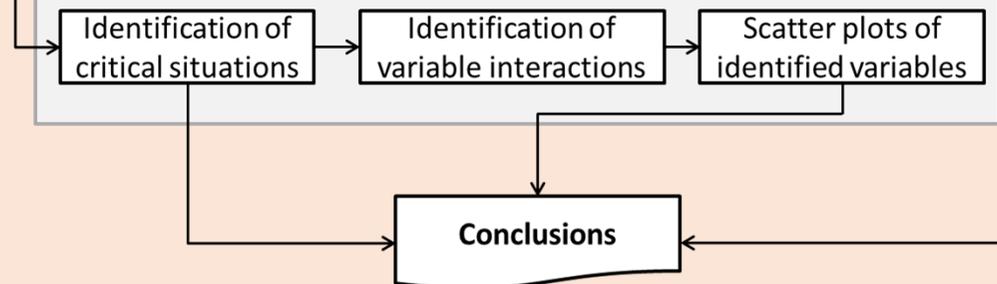
Hydraulische Stabilität des Beckenbetriebs

- Analyse der Tests vor Inbetriebsetzung
- Erfassen von potentiell kritischen Situationen
 - Kritische Kombination von Zuständen der Regelorgane
 - Herausarbeiten von ungenügend gestesteten Zuständen

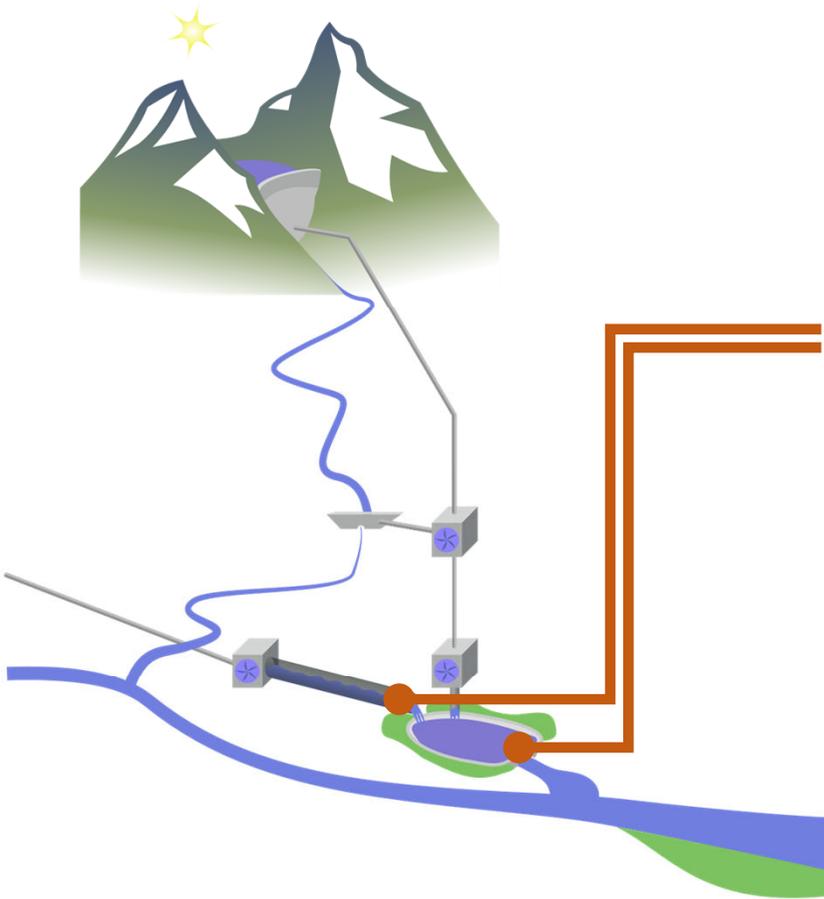
1. Preparation of the analysis



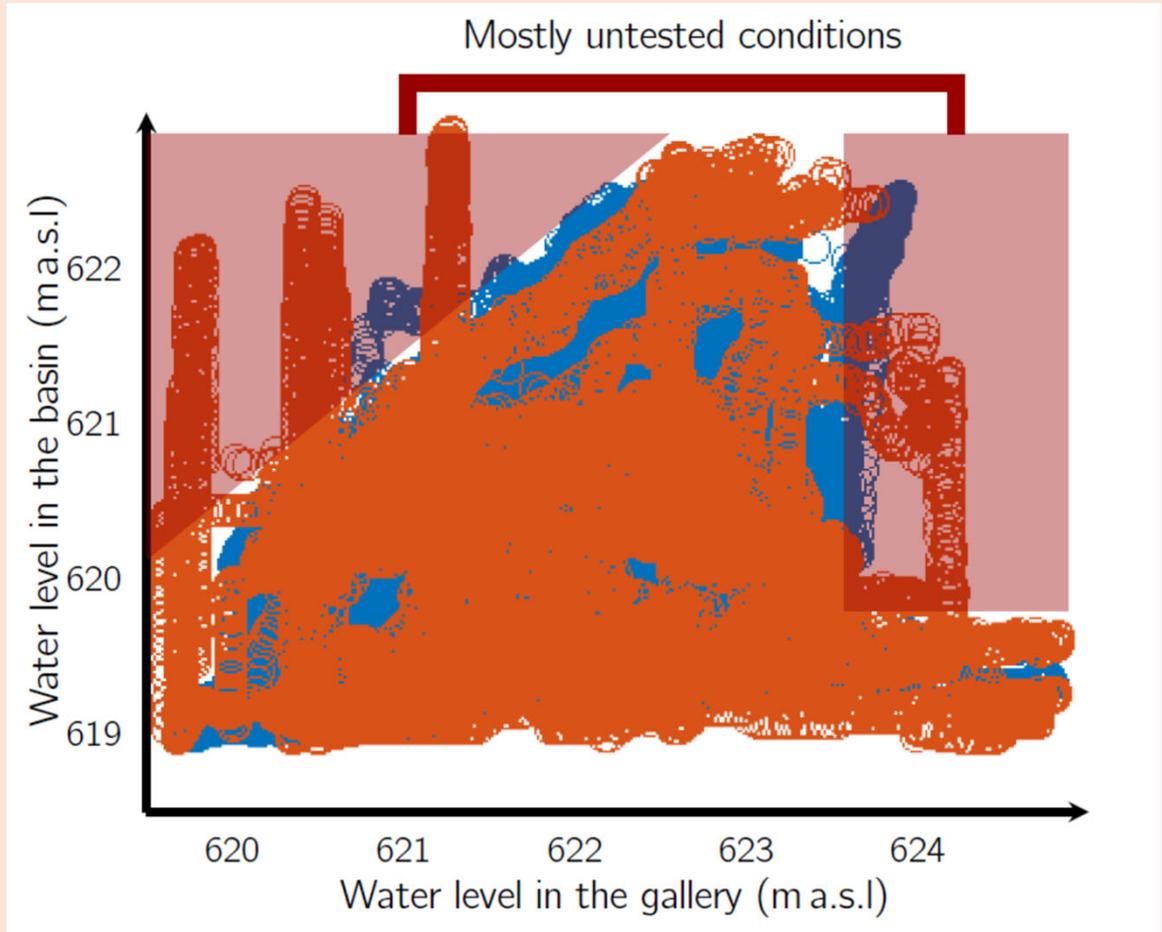
2. Core of the analysis



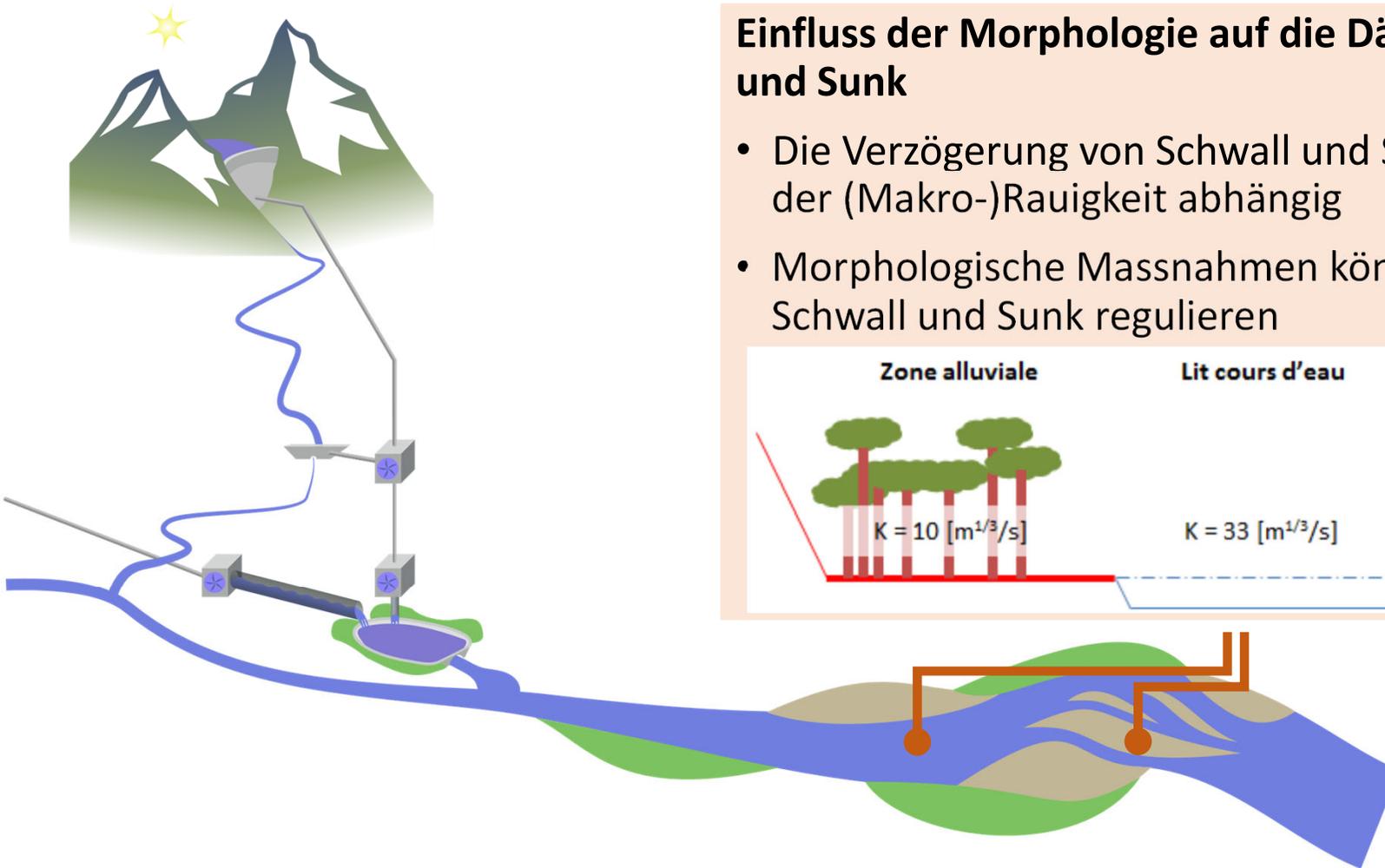
Integrierte Systembetrachtung



Hydraulische Stabilität des Beckenbetriebs

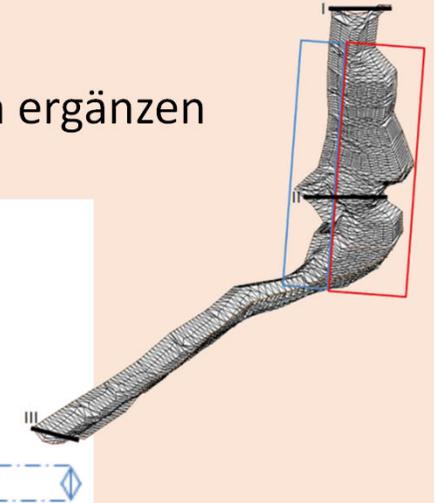
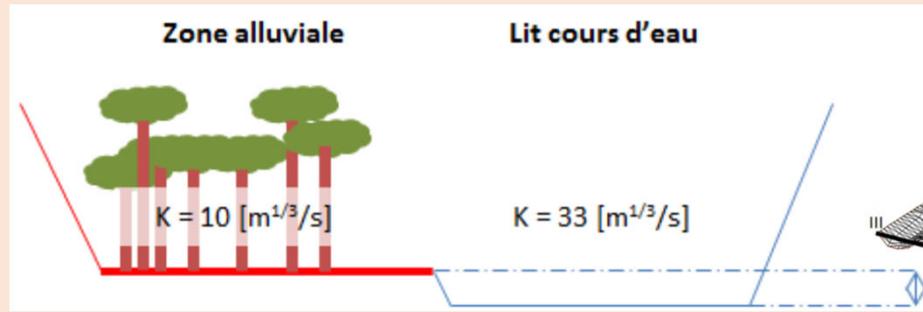


Integrierte Systembetrachtung

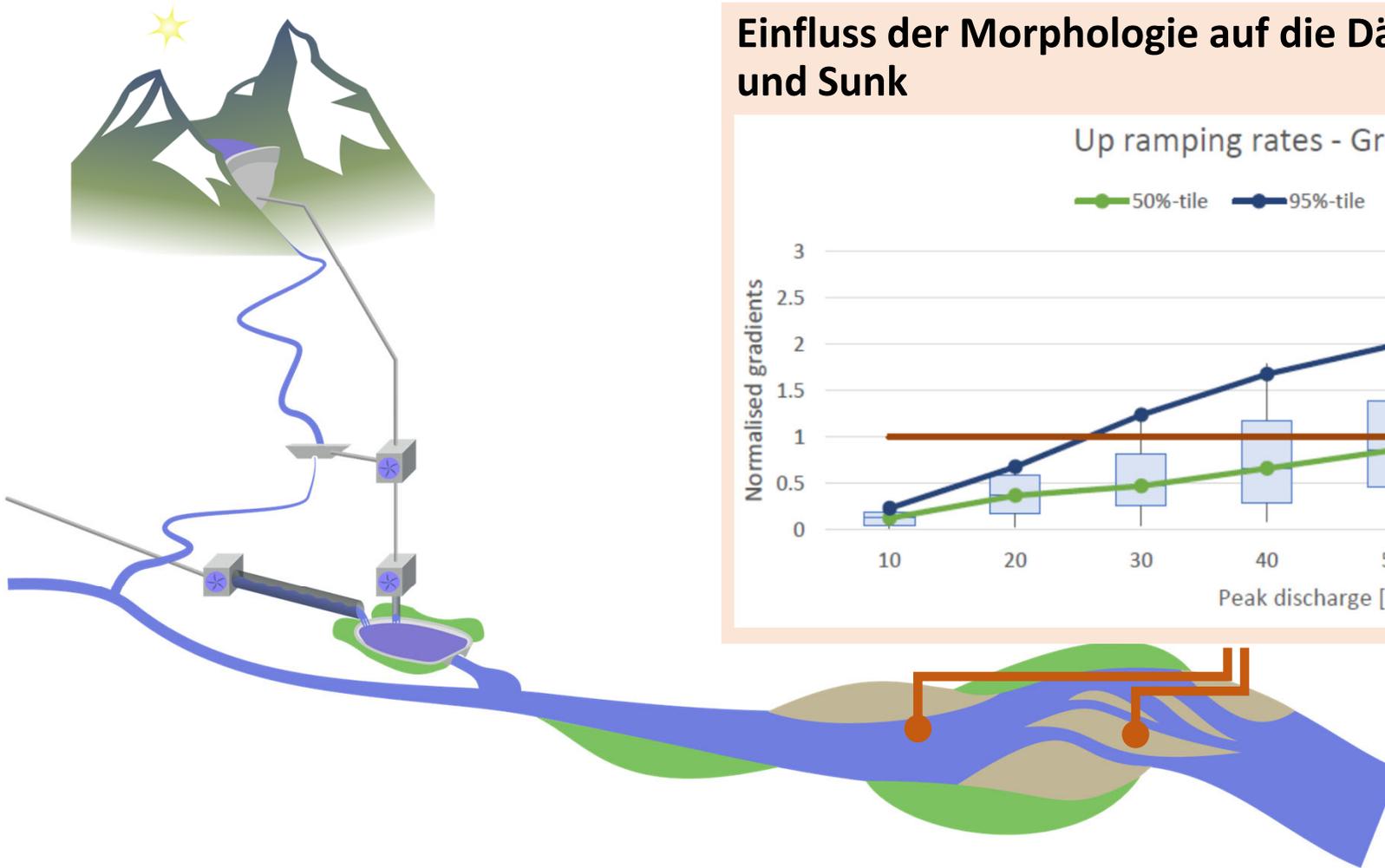


Einfluss der Morphologie auf die Dämpfung von Schwall und Sunk

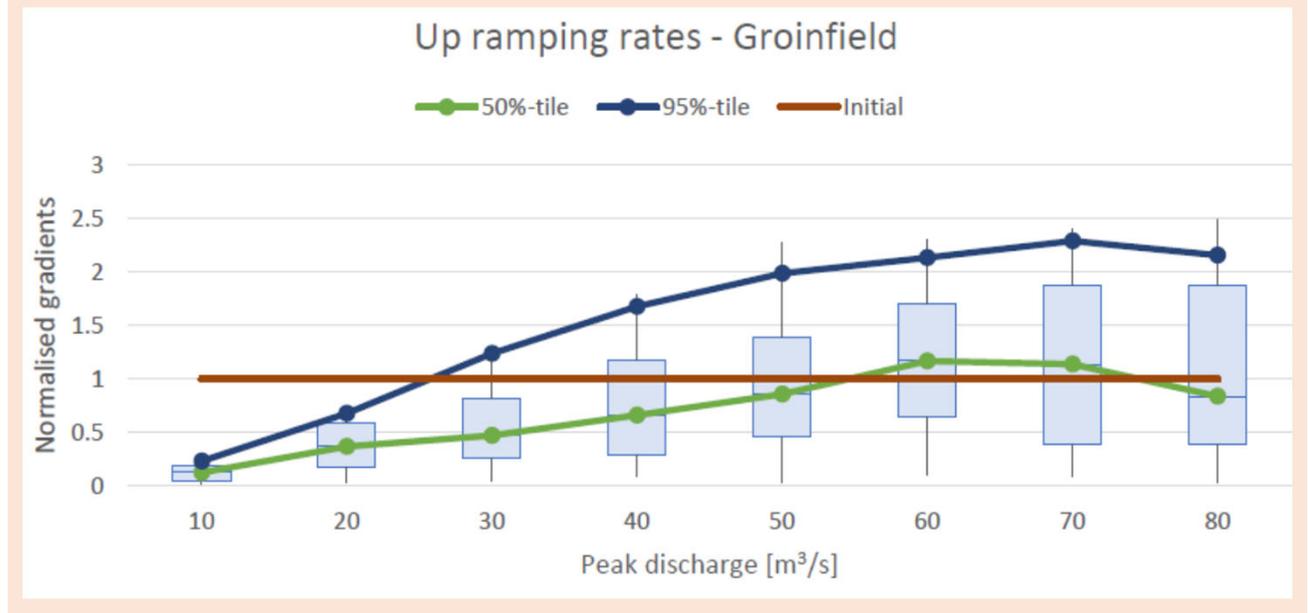
- Die Verzögerung von Schwall und Sunk ist vom Gefälle und der (Makro-)Rauigkeit abhängig
- Morphologische Massnahmen könnten ergänzen Schwall und Sunk regulieren



Integrierte Systembetrachtung

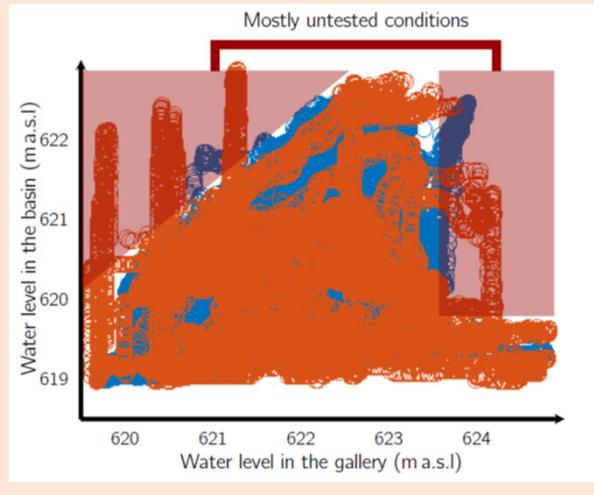


Einfluss der Morphologie auf die Dämpfung von Schwall und Sunk

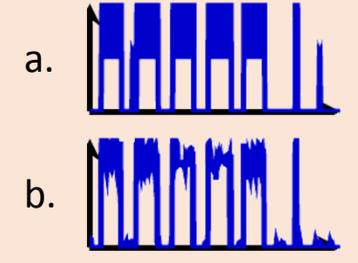


FlexSTOR Toolbox

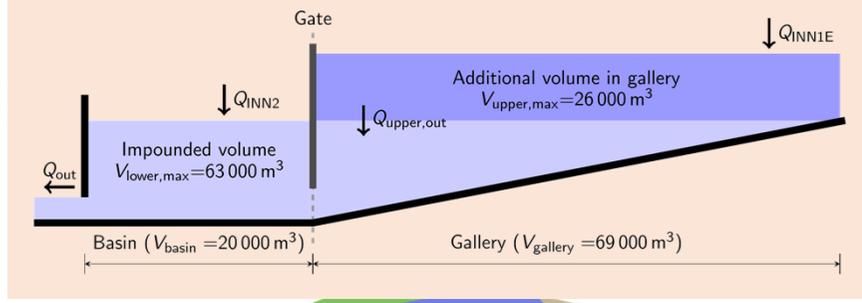
Analyse des Testbetriebs



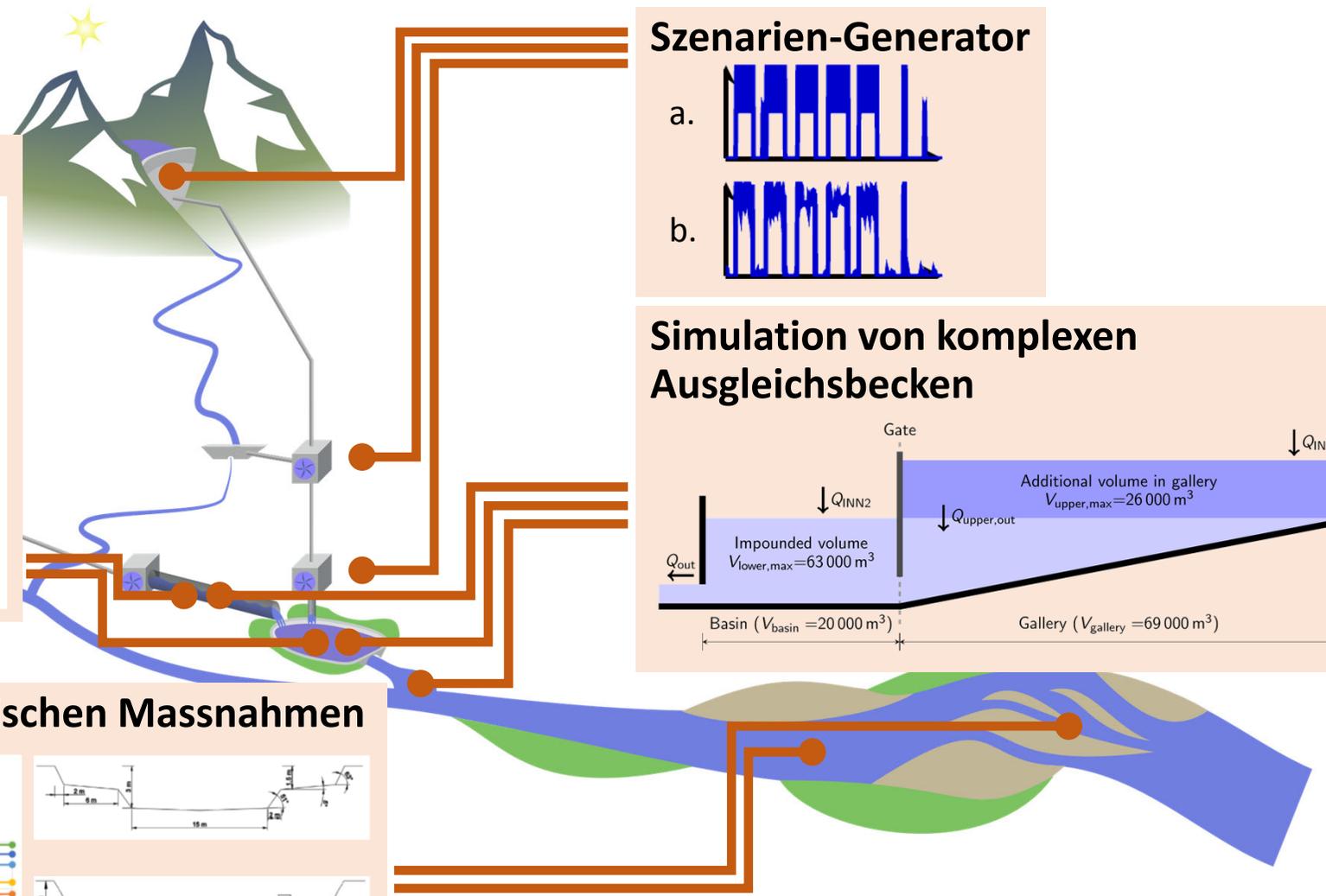
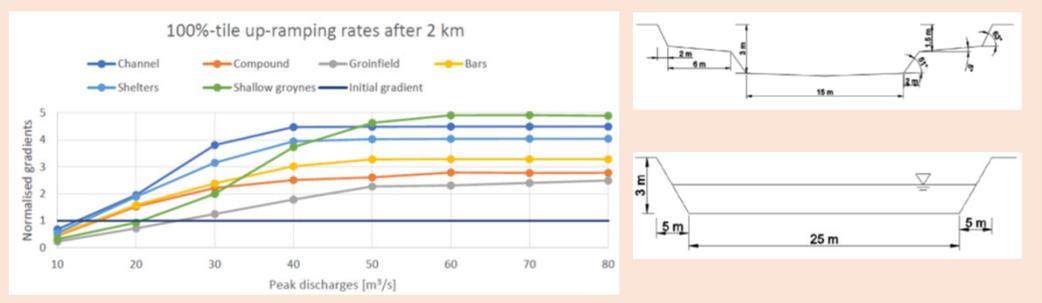
Szenarien-Generator



Simulation von komplexen Ausgleichsbecken



Bewertung von morphologischen Massnahmen



Zusammenfassung

- Der Ausbau eines Wasserkraft-Systems, aber auch ein geänderter Betrieb, hat immer auch Auswirkungen auf die Ökosysteme unterhalb der Kraftwerke
- Indem alle relevanten Infrastruktur-Elemente in einem Modell abgebildet werden, können Massnahmen bewertet werden.
- Die hier vorgestellten Werkzeuge helfen bei der Planung von Massnahmen in anderen Systemen

