

Möglichkeiten und Grenzen flussbaulicher Massnahmen zur Reduktion von Schwall und Sunk

*Possibilités et limites de mesures d'aménagement
de cours d'eau pour réduire le marnage*

Tobias Meile

Lausanne – 07 / 11 /2007



Inhalt

Contenu

- Einleitung
- Massnahmen
- Modellversuche
- Resultate
- Beispiel
- Schlussfolgerungen

Introduction

Mesures

Essais sur modèle

Résultats

Exemple

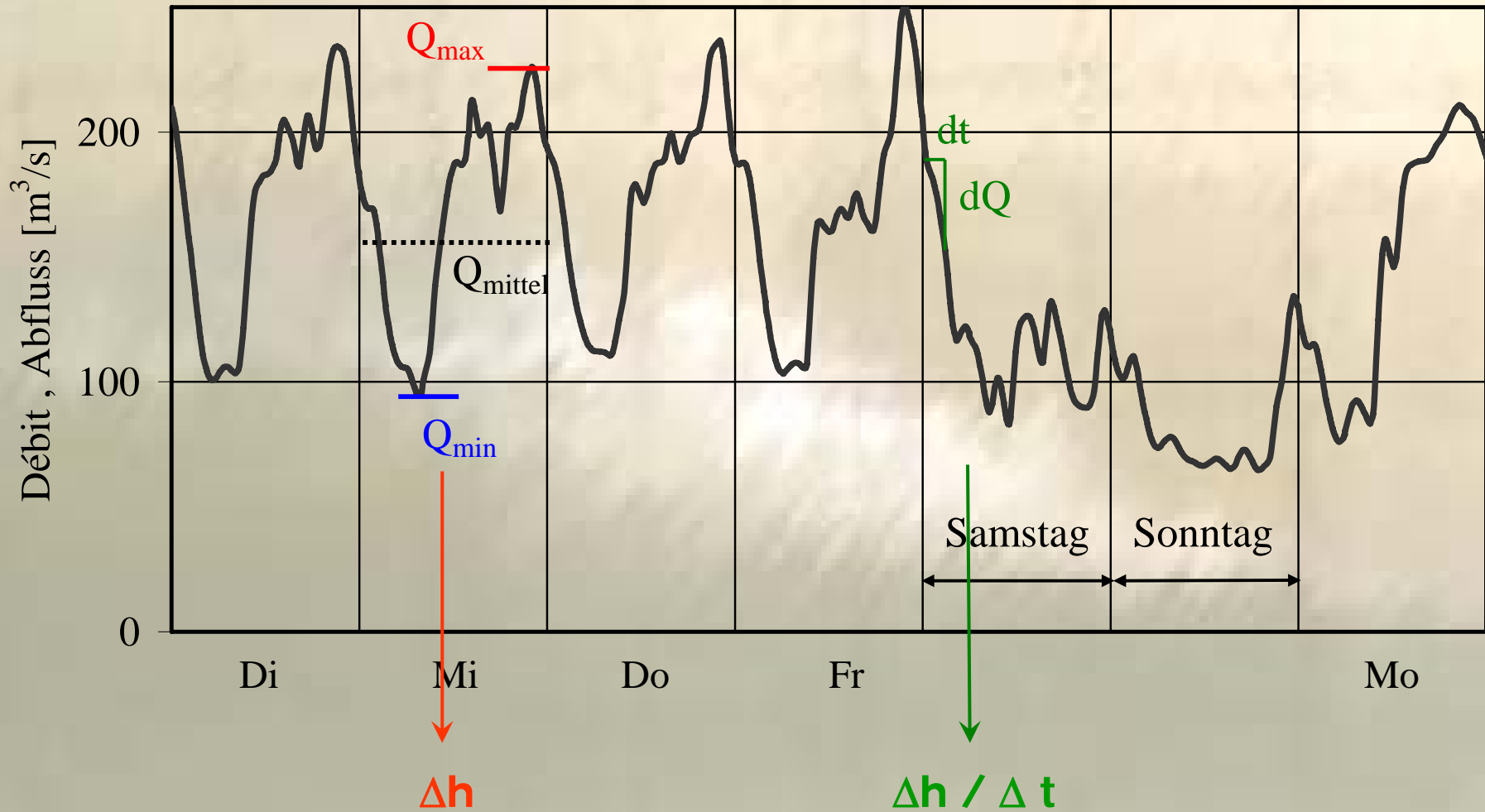
Conclusions

- Rasches Ansteigen / Abfallen des Wasserspiegels
- Deckung der Verbrauchsspitzen durch Speicherkraftwerke
- Vorwiegend alpine und voralpine Fließgewässer



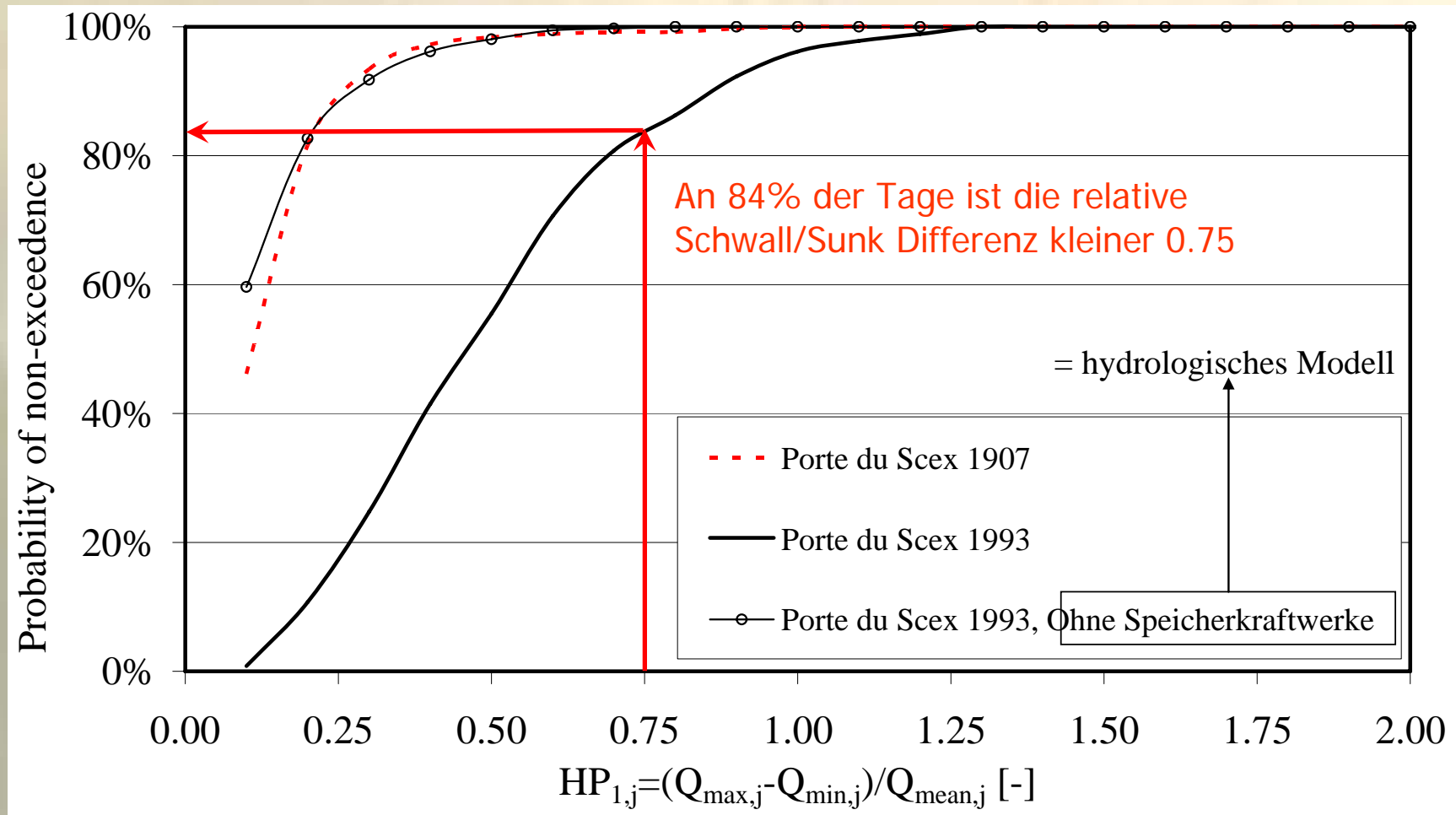
S/S im Querschnitt

Marnage ds. une section

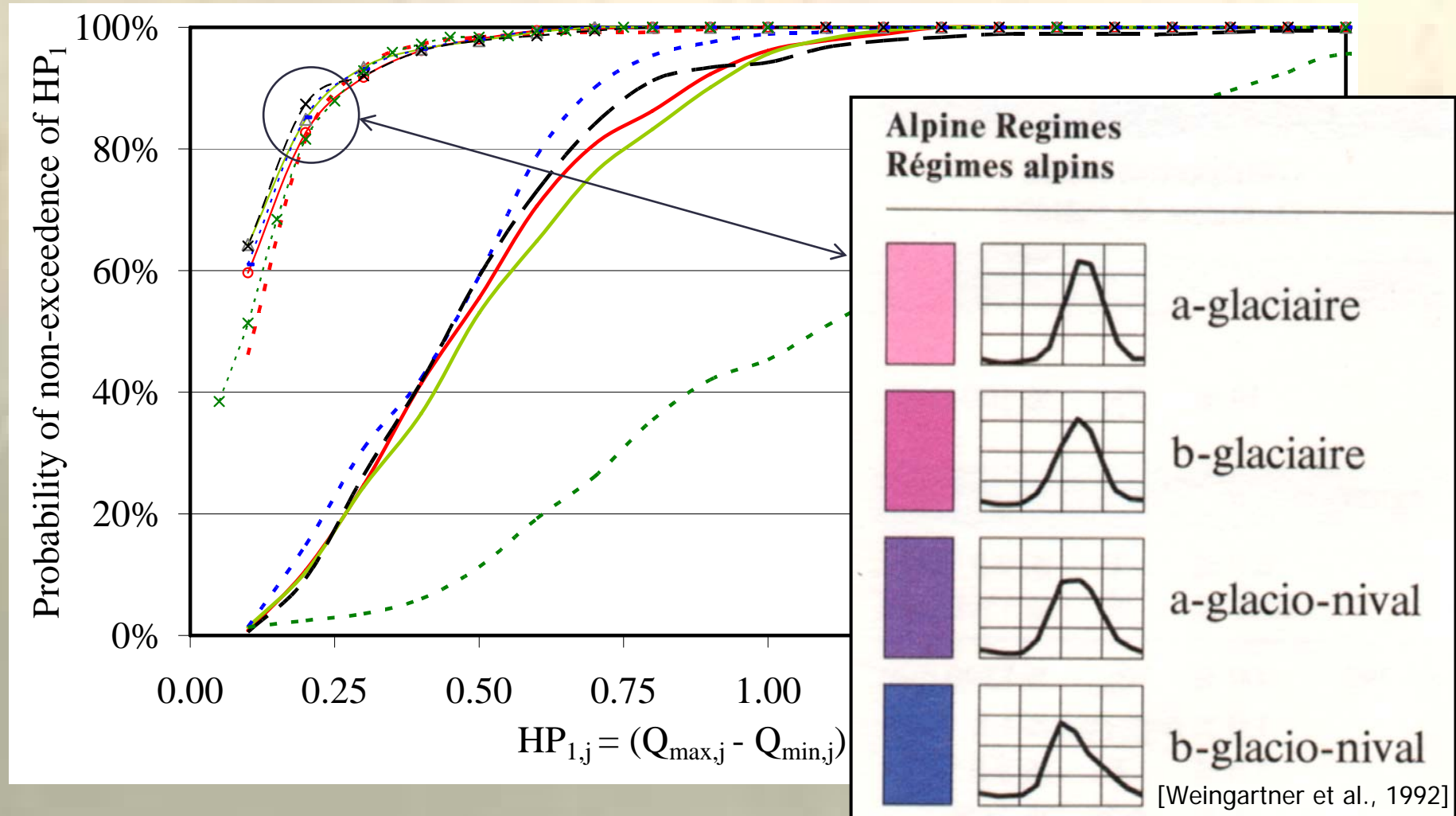


Relative Schwall/Sunk Differenz $(Q_{\max} - Q_{\min}) / Q_{\text{mittel}}$

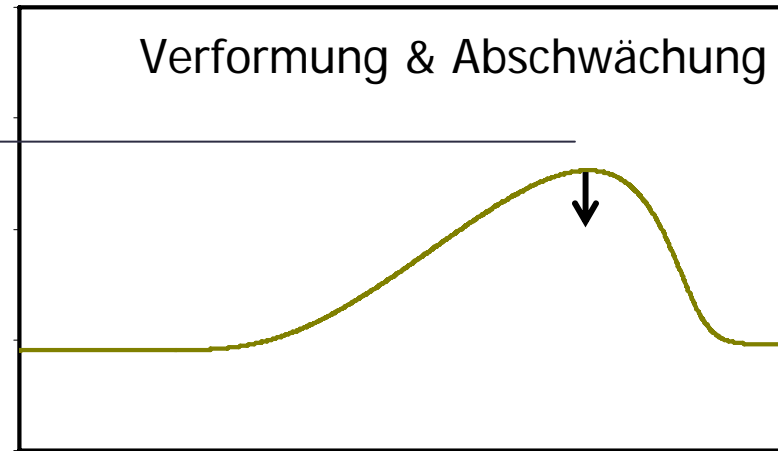
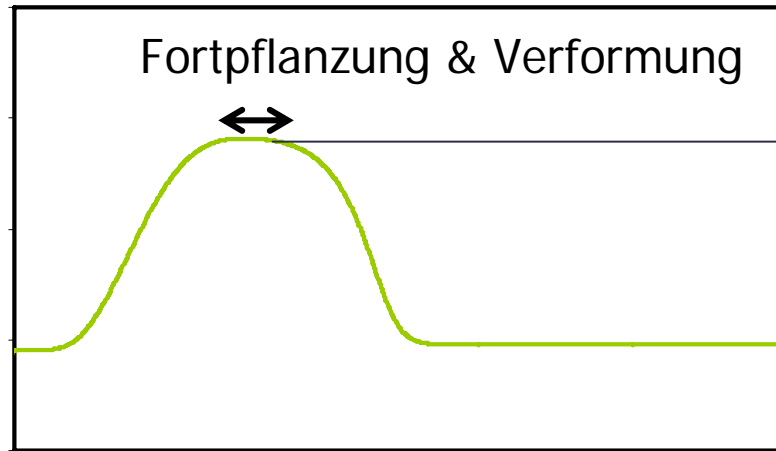
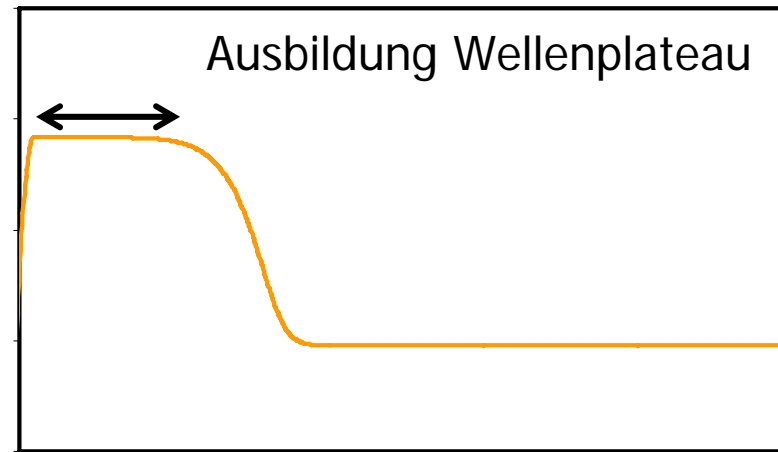
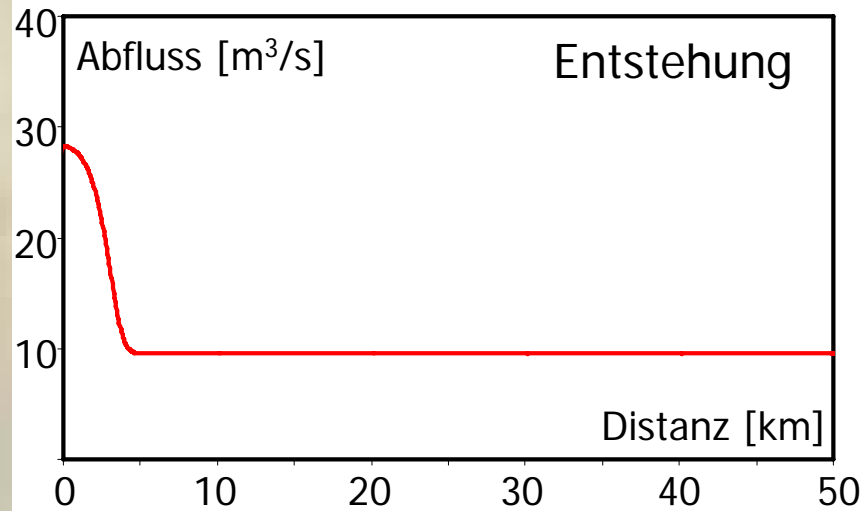
- Kenngrösse zur Quantifizierung der täglichen Abflussschwankungen



Einzugsgebiet der Rhone *Bassin versant du Rhône*



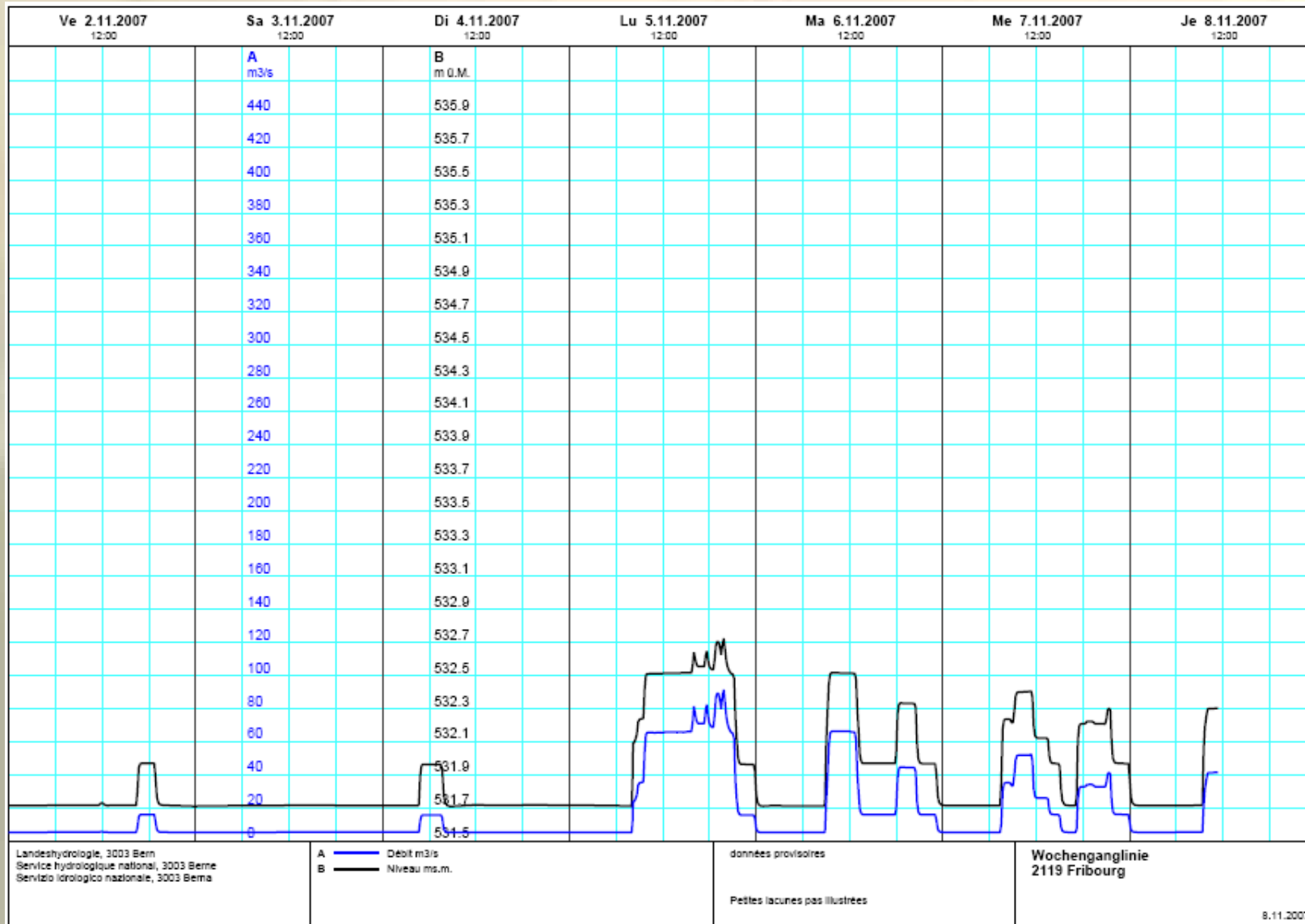
- Ähnliche Verteilung der natürlichen Referenz (alles Stationen: Alpine Regimes)



- Fließretention = Funktion ($S_0, K_{st}, B, Q_b, T, \Delta Q$)

Saane Freiburg

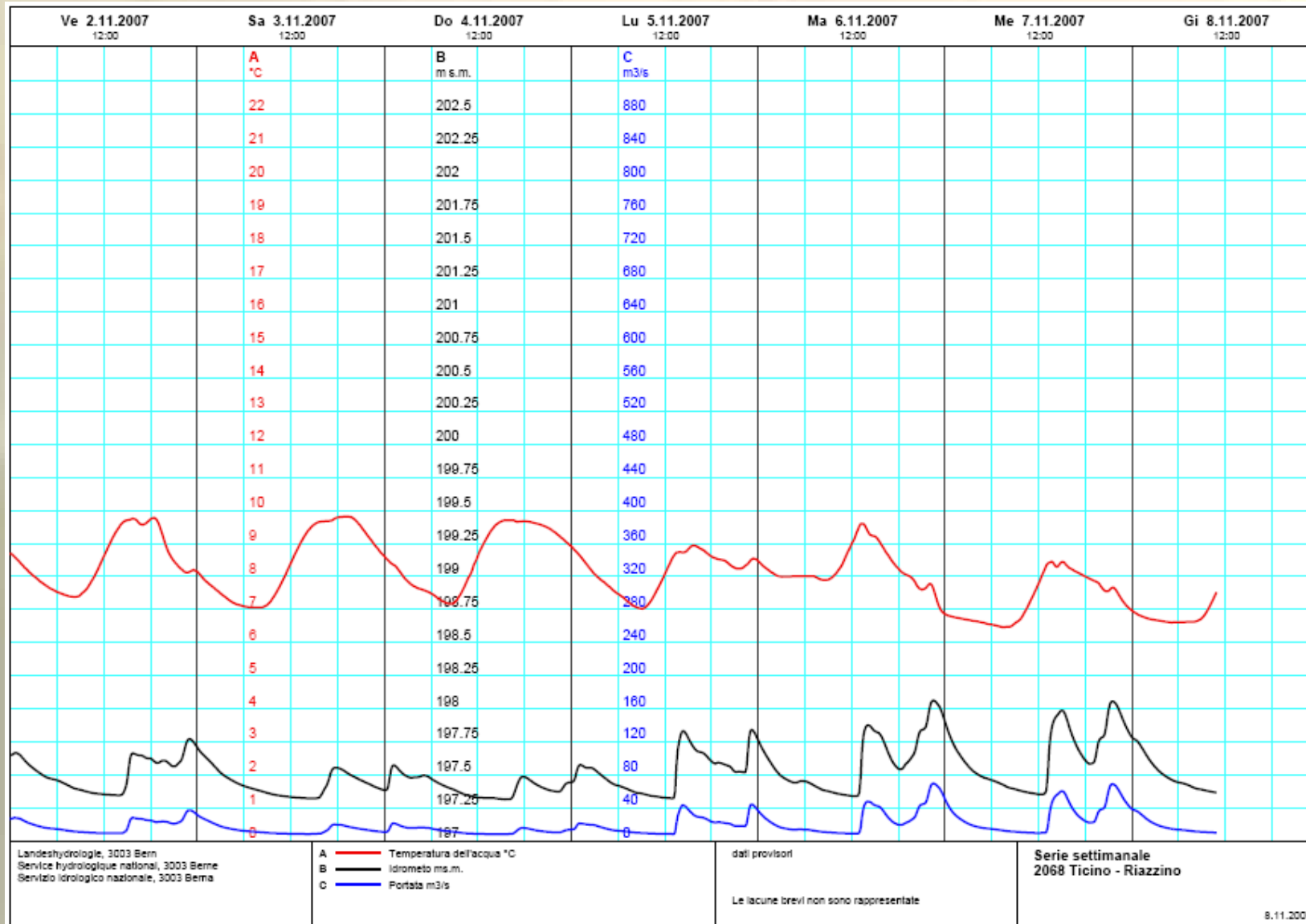
Saane Fribourg



[BAFU]

Tessin Riazzino

Tessin Riazzino



[BAFU]

Elektrizitätsproduktion:

Versorgungssicherheit;
Flexibilität zu turbinieren



Gewässerökologie:

Beeinträchtigt durch das
geänderte Abflussregime

Massnahmen:
Wirksamkeit, Kosten,
Machbarkeit (z.B. Platz)

Wasserbauliche:

- Rückhaltebecken
- Mehrzweckbecken
- Seeeinleitung
- separates Fliessgewässer

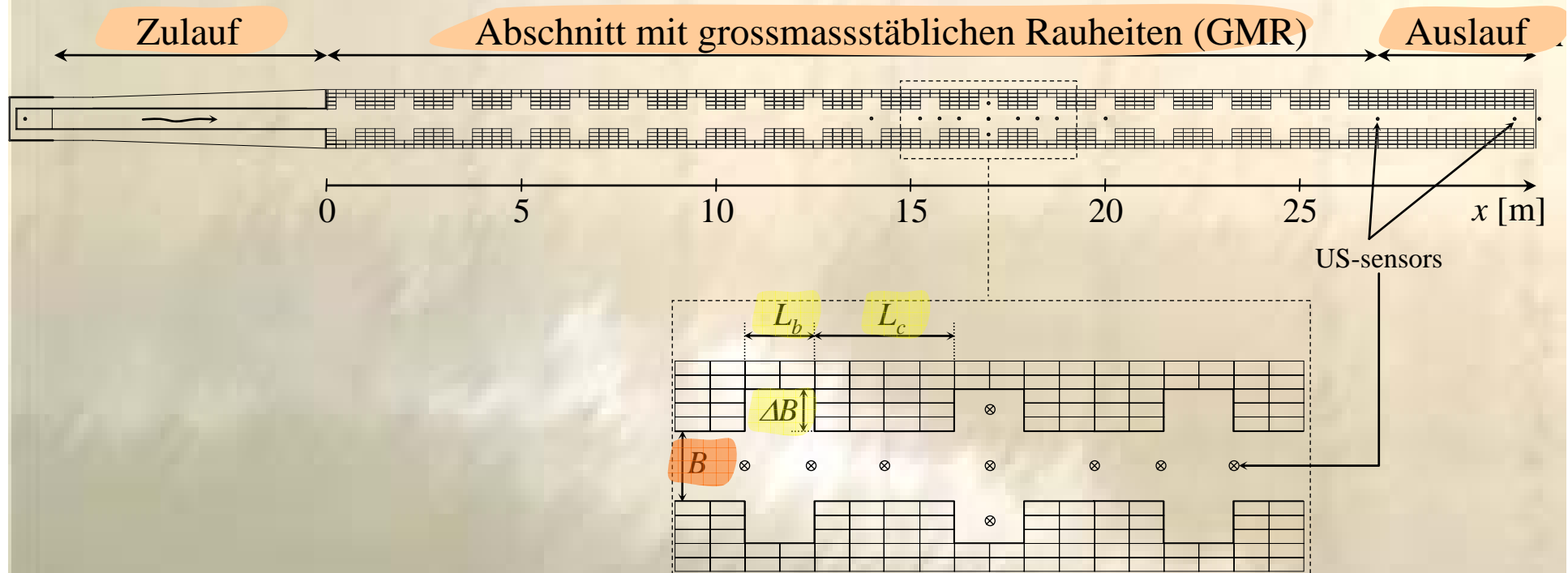
Flussbauliche:

- "Verbesserung" Morphologie
- Erhöhung Rauheit
- passive Retention

- **Ziel der Arbeit:** Wirkung flussbaulicher Massnahmen auf die
 - ✓ Rauheit eines Gewässerabschnittes
 - ✓ Retentionswirkung eines Gewässerabschnittes
- **Ansatz:** Modellversuche in idealisierten Geometrien von Uferformrauheiten mit Buchten & 1D numerische Berechnungen
- **Objectifs du travail:** *Effet d'un aménagement morphologique sur*
 - ✓ *la rugosité d'un tronçon*
 - ✓ *l'effet de rétention d'un tronçon*
- **Méthodologie:** *Expériences dans des géométries idéalisées contenant des macro-rugosité des rives et des volumes de rétention passifs & calculs numériques 1D*

Modellversuche

Essais sur modèle



- **Zwei Effekte**


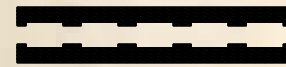

































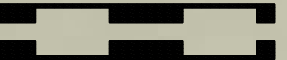
- ✓ Erhöhung der Rauheit
- ✓ Passive Retention

- **Deux effets**

- ✓ *Augmentation de la rugosité*
- ✓ *Rétention passive*

Idealisierte Geometrien

Géométries idéalisées

 111	 211	 411
 112	 212	 412
 113	 213	 413
 114	 214	 414
 121	 221	 421
 122	 222	 422
 123	 223	 423
 124	 224	 424
 141	 241	 441
 142	 242	 442
 143	 243	 443
 144	 244	 444



Prismatisch



Zufällig

Ausgangslage

Massnahmen

Modellversuche

Resultate

Beispiel

Folgerungen 13

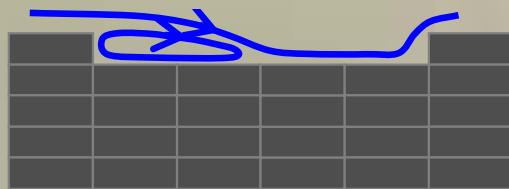
Stationärer Abflüsse:

1. Staukurvenberechnung
2. Identifikation von Fließwiderstandsbeiwerten der GMR
3. Entwicklung von Fließwiderstandsgesetzen für f_{GMR}

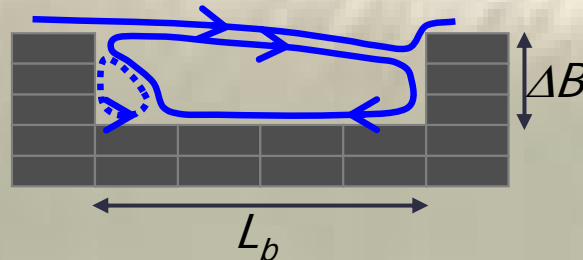
Écoulement stationnaire:

1. Calcul des courbes de remous
2. Identification de coefficients de frottement macro-rugueux
3. Établissement de loi de frottement macro-rugueux

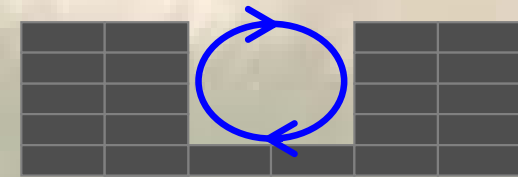
$$f_m = f_{prism} + f_{GMR}$$



$$\Delta B / L_b < 0.1$$

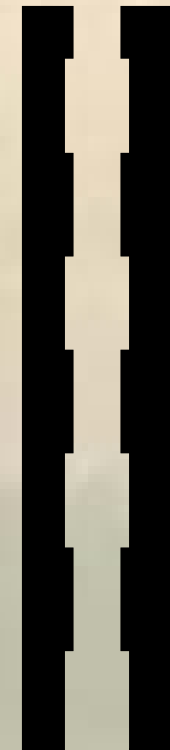
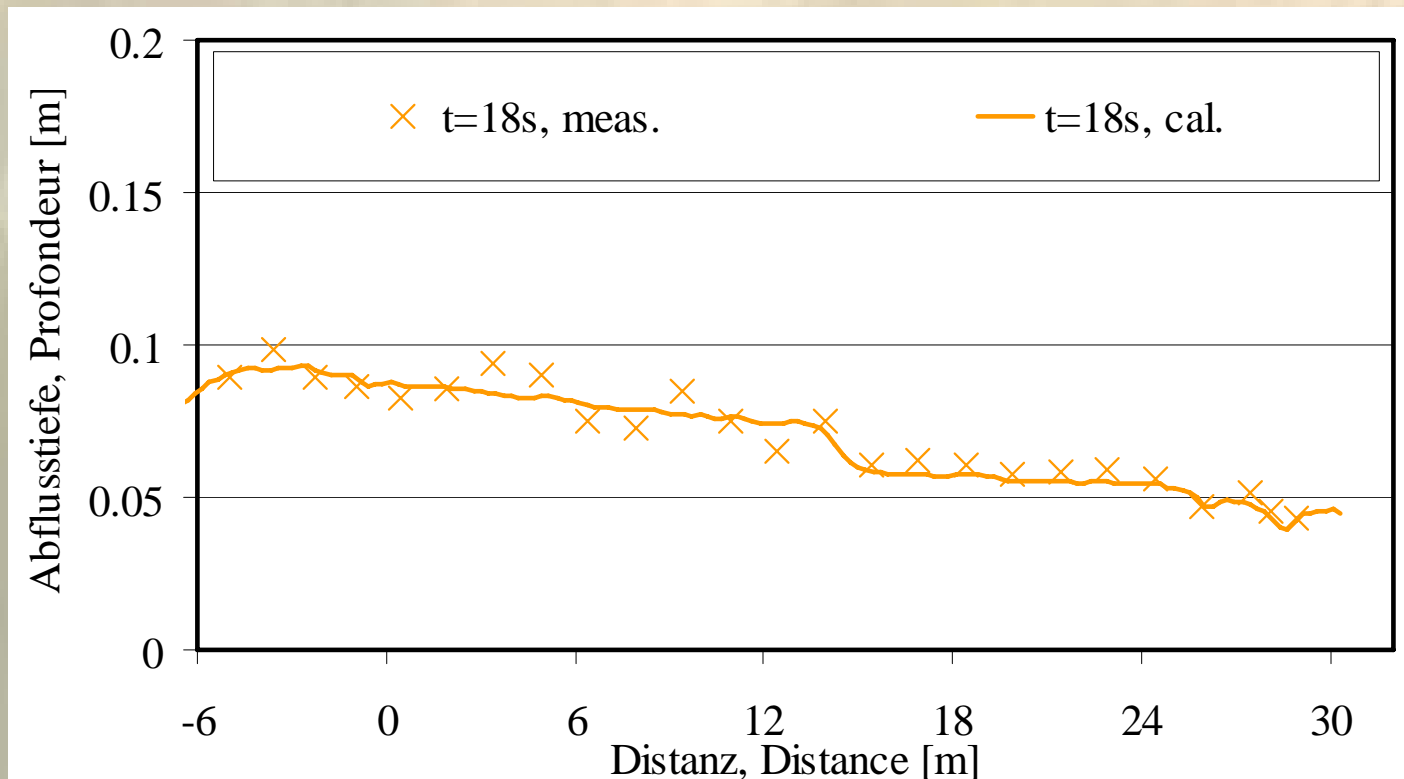


$$0.1 < \Delta B / L_b < 0.75$$



$$0.75 < \Delta B / L_b < 1.0$$

- **Schwallwellen im 1D Modell** (prismatisch) nachgerechnet:
 1. Berücksichtigung des zusätzlichen Fließwiderstandes f_{GMR} in der Reibungsneigung (Quellterm der **dynamischen Gleichung**)
 2. Berücksichtigung des passiven Rückhalts in der **Kontinuitätsgleichung**



Beispiel : Situation

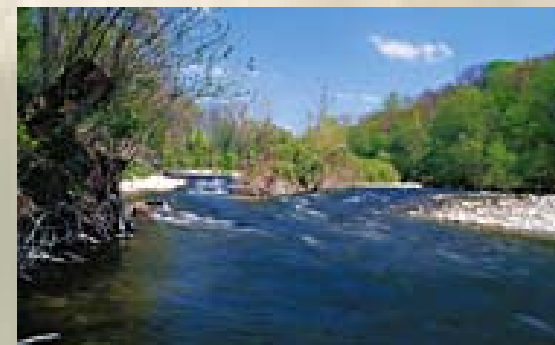
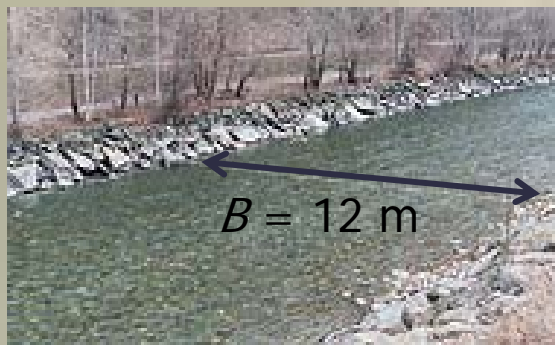
Exemple : Situation

- Ausgangslage:

- ✓ Gewässergeometrie: $B = 12 \text{ m}$, $S_0 = 1.5 \text{ ‰}$, $K_{st} = 35 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$, $L = 20 \text{ km}$
- ✓ Speicherzentrale bei km 0.0: $Q_{total} / Q_b = 58.8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} / 9.8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} = 6 / 1$
- ✓ Turbinierdauern: $T = 2 \text{ h}$ respektive $T = 0.5 \text{ h}$



- Zieldefinition: $Q_{max} / Q_{min} = 2$

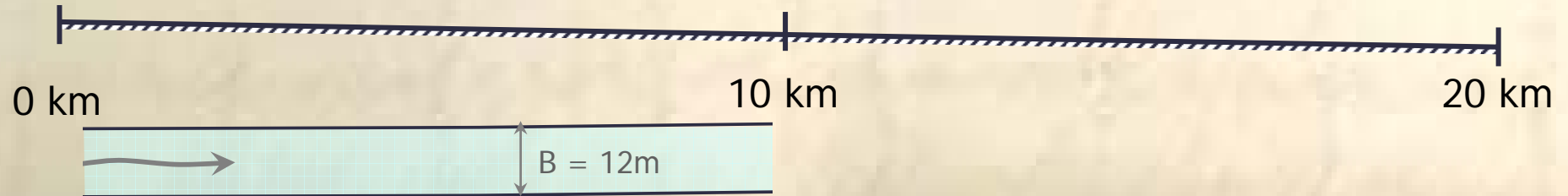


Bilder: [rivermanagement.ch]

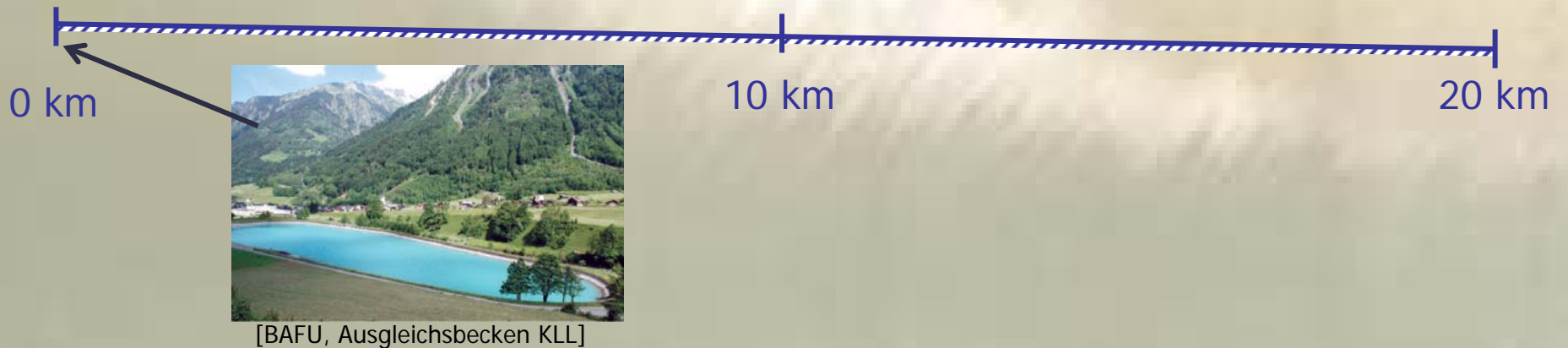
Beispiel : 4 Fälle

Exemple : 4 cas

1) **Status quo** = Fließretention prismatisches Gerinne



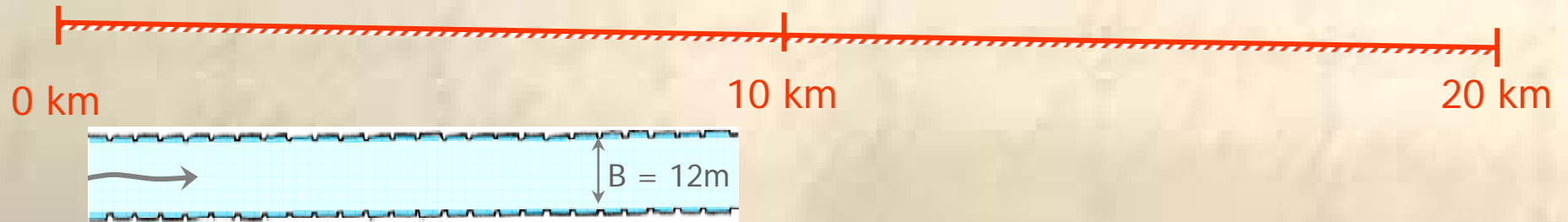
2) **Retentionsbecken** unmittelbar nach Zentrale



Beispiel : 4 Fälle

Exemple : 4 cas

3) Ufer mit GMR (ohne signifikante passive Retention)

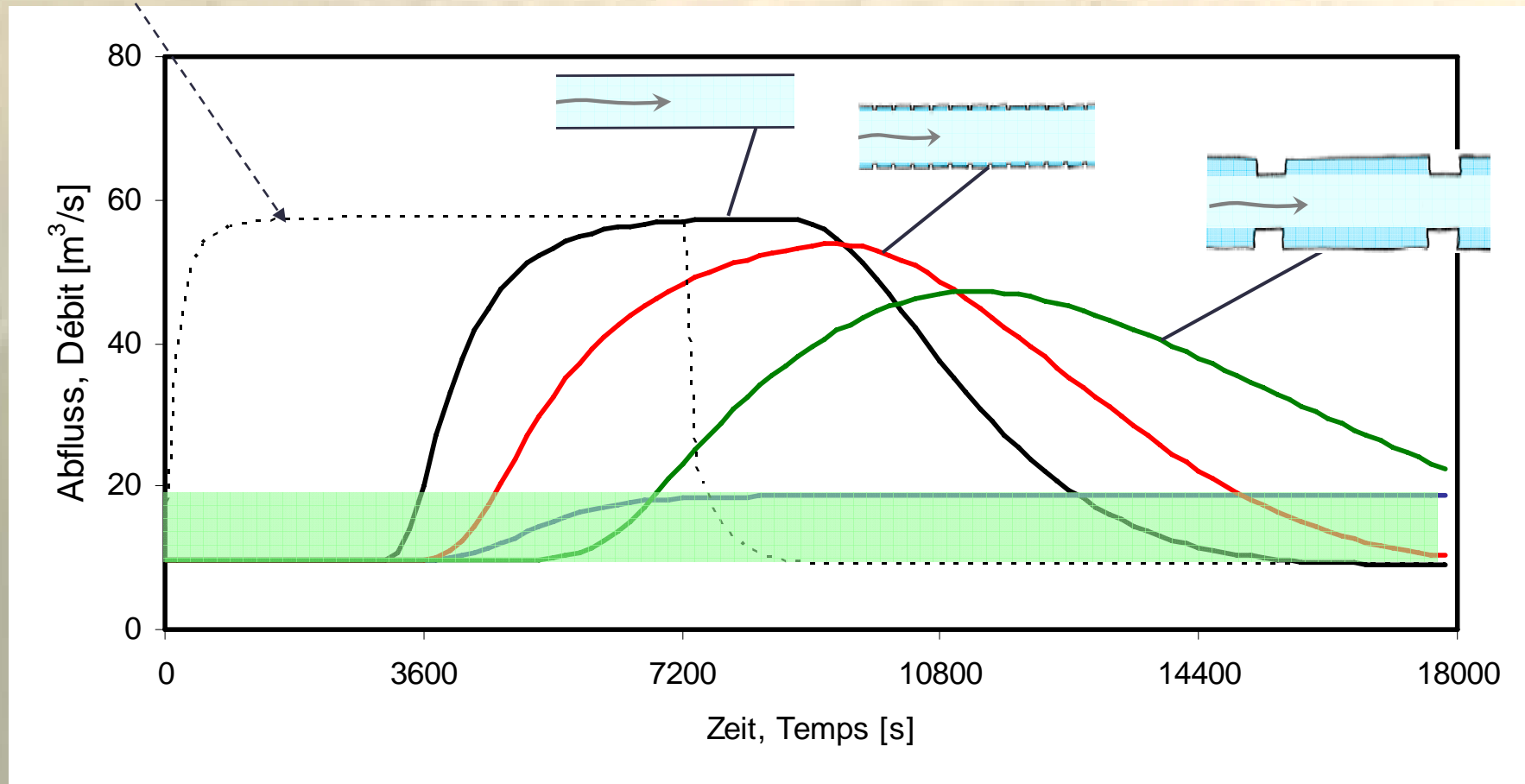


4) Ufer mit GMR (inklusive passive Retentionsflächen)



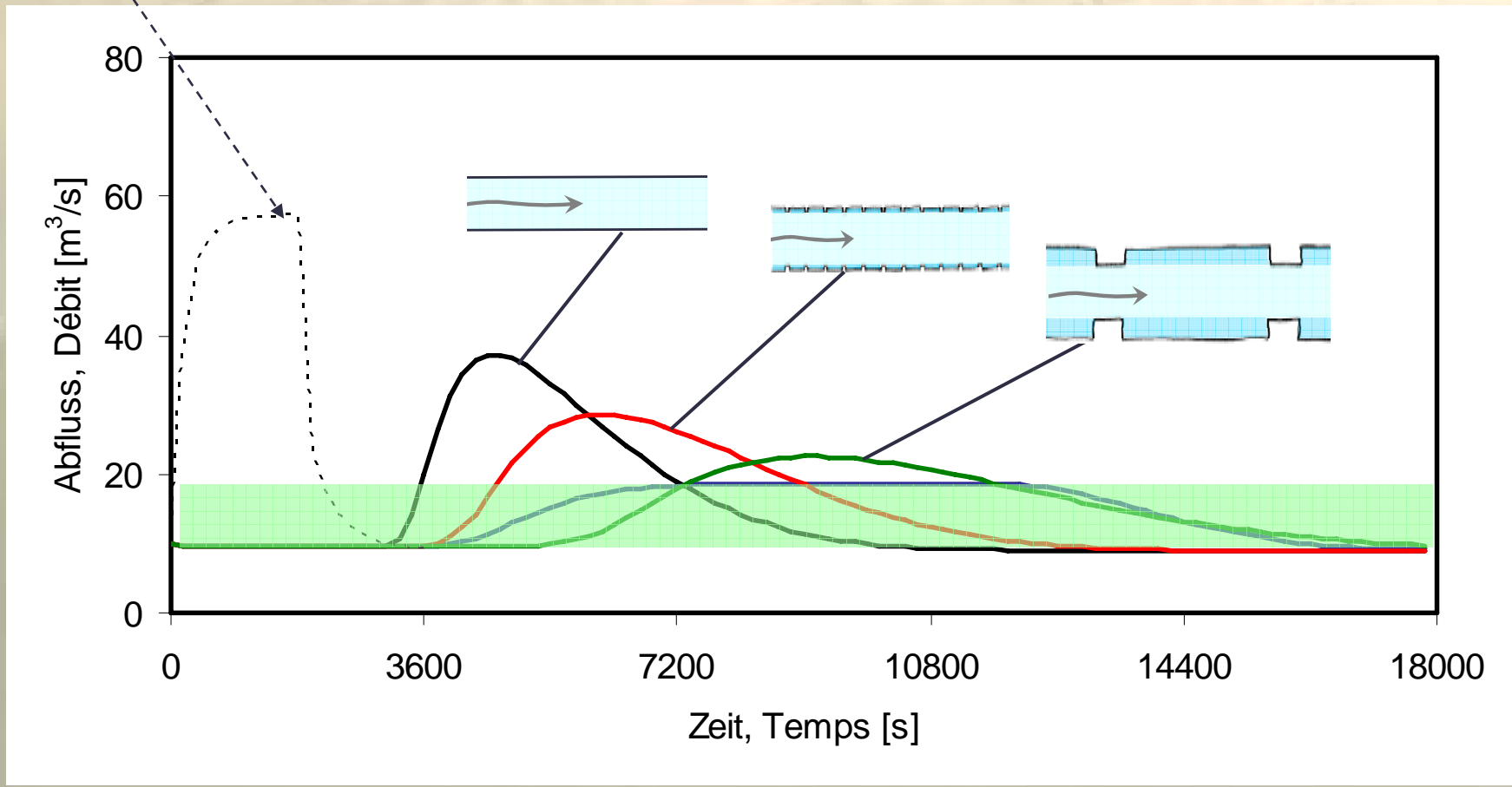
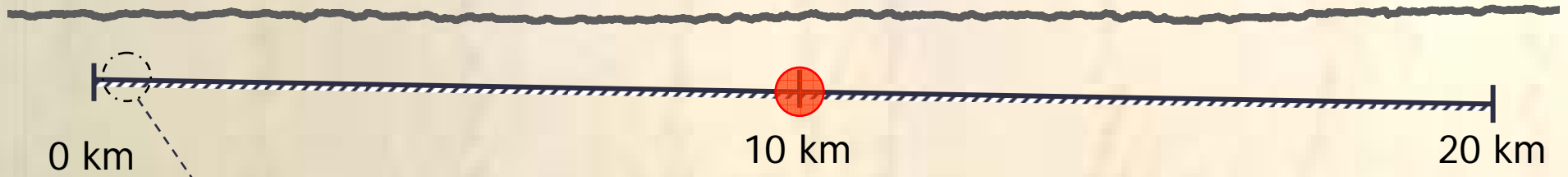
T = 2 Stunden

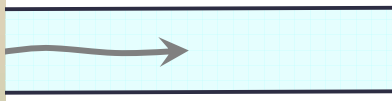

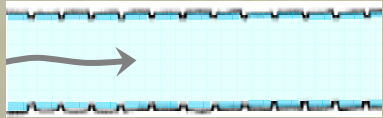
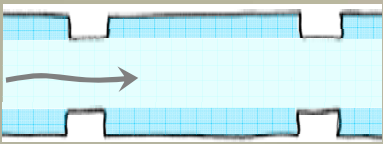
T = 2 heures



$T = 30 \text{ min}$

$T = 30 \text{ min}$



	T = 2 h Q_{max} / Q_{min}	T = 30 min Q_{max} / Q_{min}	Massnahme
	6 / 1	3.9 / 1	Status quo
	2 / 1	2 / 1	$\nabla = 280'000 \text{ m}^3$ (2h) $\nabla = 70'000 \text{ m}^3$ (30min)
	5.6 / 1	3 / 1	Gewässerumbau zur Erhöhung der Uferrauheit ; 10 km
	4.9 / 1	2.3 / 1	Idem & Bereitstellung von passiven Retentionsflächen 64'000 m ²

- Einfluss von T ist gross
- Optimierung der Massnahmen

- *Influence de T est importante*
- *Optimisation des mesures*

- **Jedes Gewässer ist spezifisch**
 - ✓ Belastung durch Schwall / Sunk
 - ✓ Auswirkungen (Querschnitt & Ablauf der Welle)
 - ✓ Schwallreduz. Massnahmen (Festlegen eines gewässerspezifischen Ziels)
- **Grossmasstäbliche Rauheiten und Buchten unterstützen Flieβsretention**
 - ✓ Effizienz kleiner als gesteuerter Rückhalt
- **Berechnung der Wirkung von Massnahmen mit 1D-Modell möglich**
 - ✓ Interaktion verschiedener Zentralen & Massnahmen entlang einem Gewässer
 - ✓ Lange Turbiniersequenzen, kurzes Gewässer : vereinfachte Rechnung
 - ✓ Indikatoren in Form von Wahrscheinlichkeit
- **Verbesserung der Morphologie & schwallreduzierende Massnahmen sind komplementär**
 - ✓ Verbesserung Morphologie am interessantesten wenn / wo wenig Schwall
 - ✓ Schwallreduktion am interessantesten in morphologisch wertvollen Strecken

Danke

Merci



Partnern der Rhone-Thur Projektes:

- EAWAG
- WLS
- VAW
- LCH



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

tobias.meile@epfl.ch