

# Hierarchische Regelungsalgorithmen zur praxistauglichen Abflussregelung von Entwässerungsnetzen

Lorenzo Garbani, Simon Schegg, Benjamin  
Mischler, Kilian Hesse, Markus Gresch,  
Jörg Rieckermann

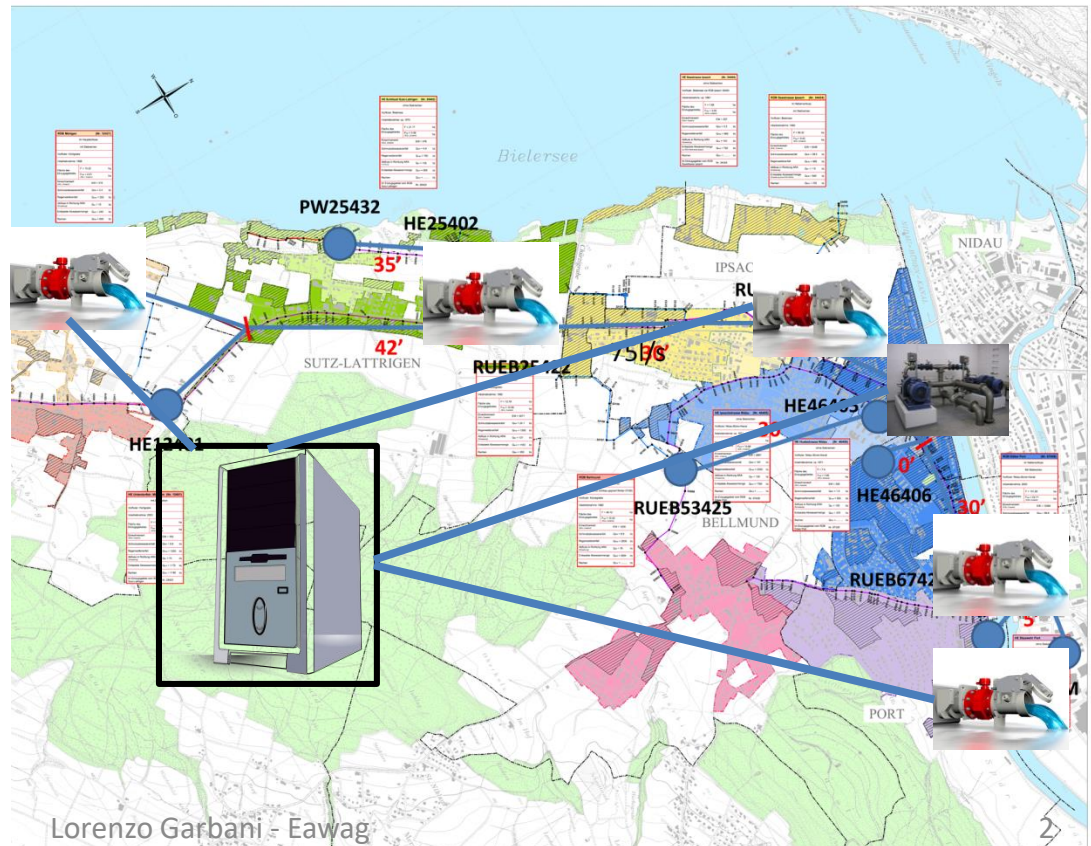


# Ziele und EZG

- Vorhandene Infrastruktur besser nutzen
- Zentralisierte Regelung

## Wohlen

- 42 Bauwerke
- 315 ha<sub>red</sub>
- ARA: 450 l/s
- Mischsystem





# Parallelen mit Regelungstechnik



Zustand

Yaw, pitch,  
roll,  $x$ ,  $y$ ,  $z$

Füllstände,  
Durchflüsse

Modell

Linear

Linear

Steady state

Hovering

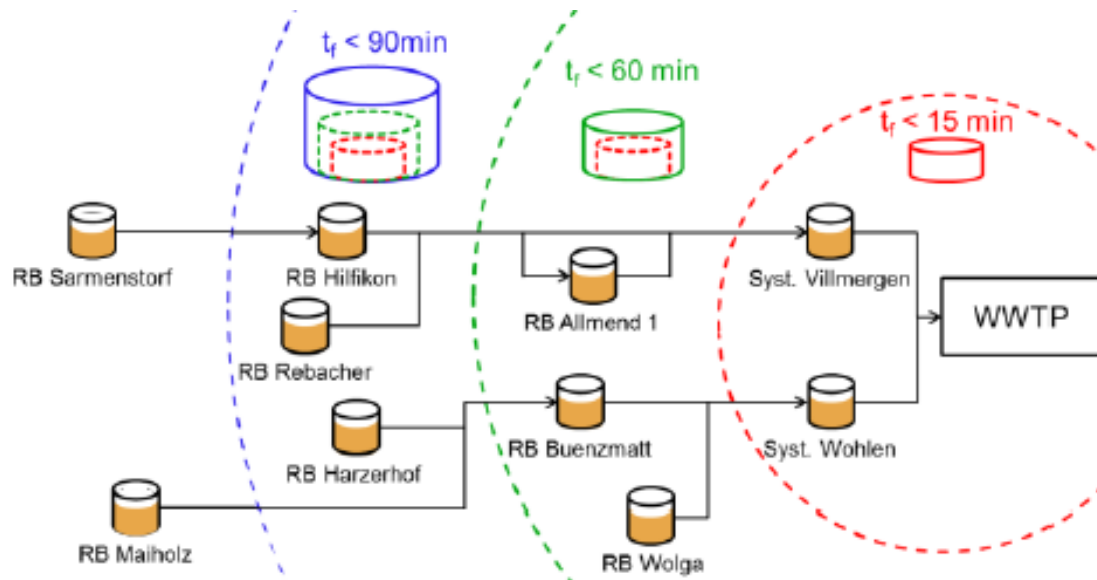
Trockenwetter

Sollwerte

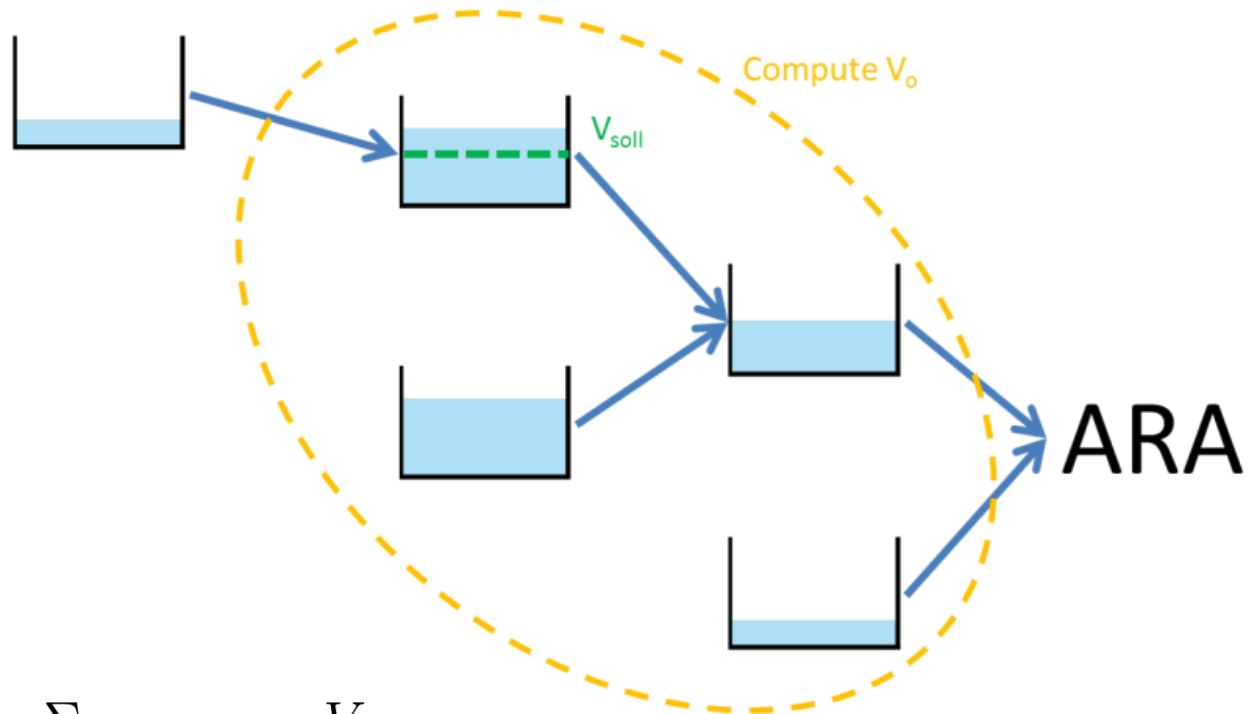
$X$ ,  $y$ ,  $z$ , Energie

# Homogene Beckenfüllung

1. ARA Zufluss maximieren
2. Homogene Füllung der Becken
3. Bestimmung Entlastungsort



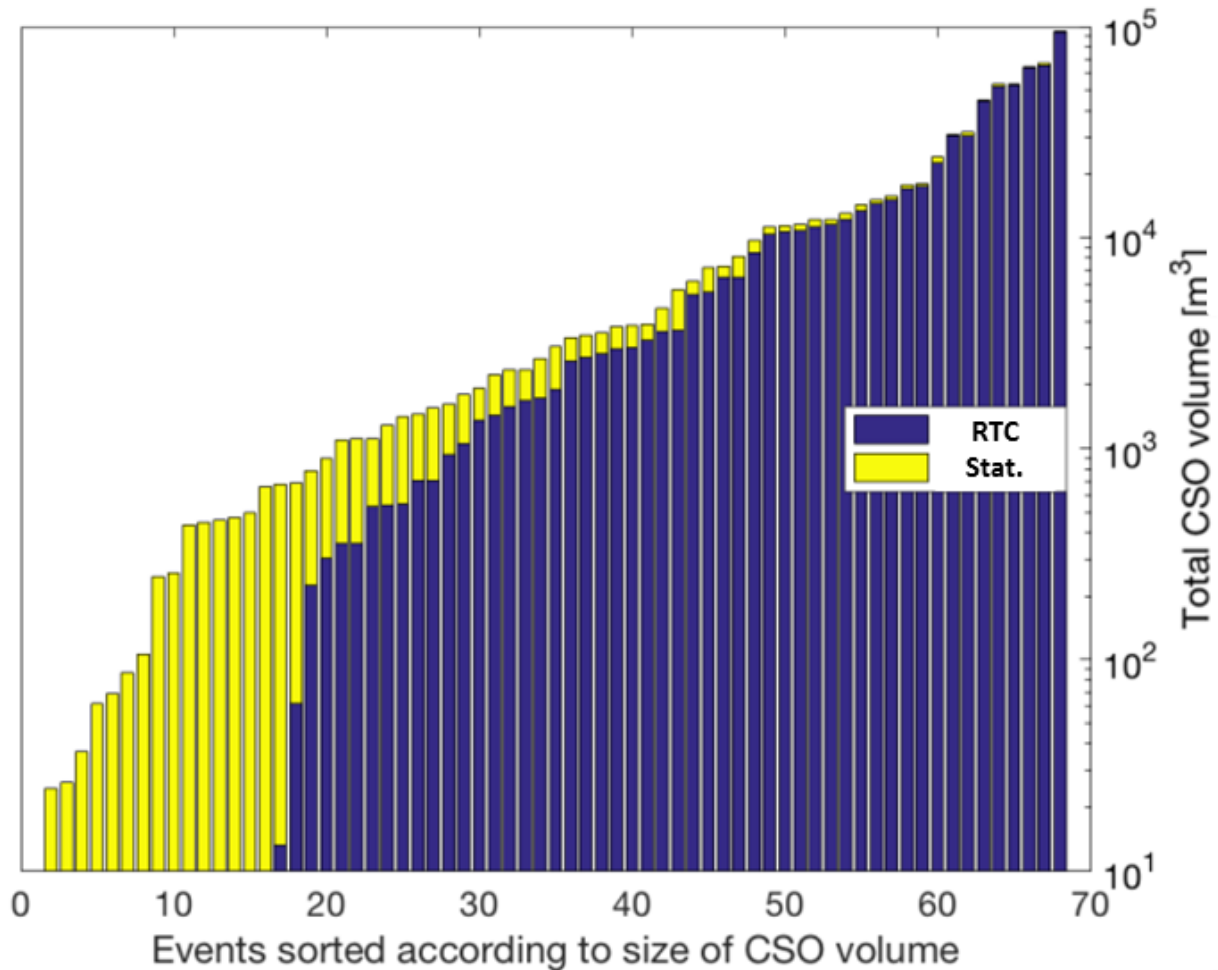
# Homogene Beckenfüllung



$$V_{soll,i} = \frac{\Sigma_{downstream} V}{\Sigma_{downstream} V_{max}} V_i$$

$$Q_{out} = Q_{statisch} + K_p(V_{soll} - V_{ist})$$

# Homogene Beckenfüllung

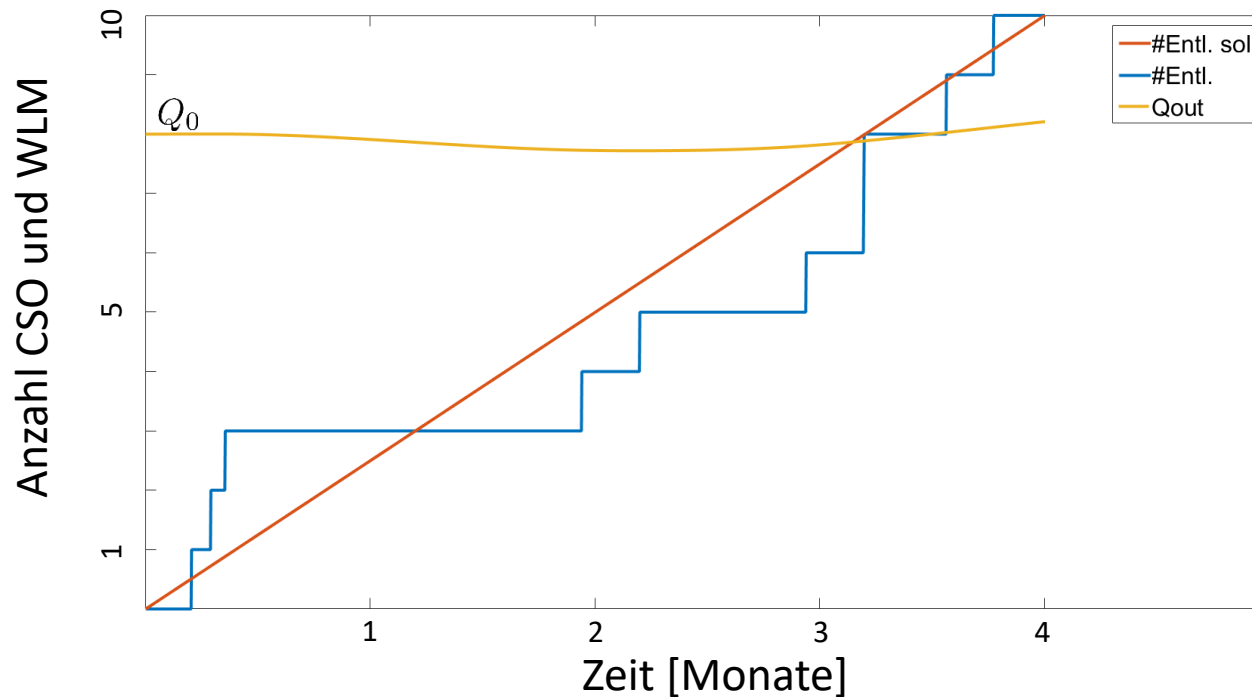


# Selbst adaptierende Weiterleitmengen

$$Q_{out} = Q_{statisch}$$

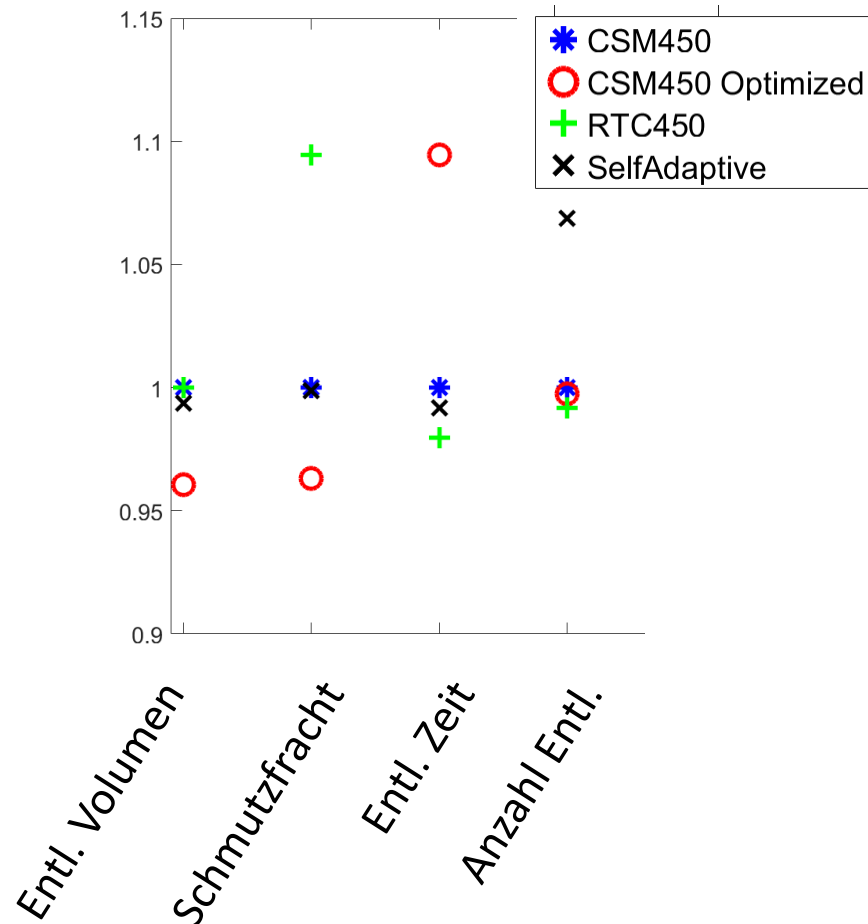
↓

$$Q_{out} = Q_0 + K_i \int \#CSO - \#CSO_{soll} dt$$





# Selbst adaptierende Weiterleitmengen



# Leistungsbeurteilung / Erfolgskontrolle

- Berechnung der Entlastungswahrscheinlichkeit von jedem Regenereignis im ungeregelten System
- Vergleich mit Entlastungswahrscheinlichkeit im geregelten System

# Regen Kategorien

- Die Regenereignisse werden durch ihre Dauer und Wassermenge kategorisiert

Menge [mm]	Dauer [min]			
	<30	30-60	60-120	>120
	<1	Small rain		Zürich
	1-2			
	2-5			
	>5	Gewitter		

# Leistungsbeurteilung / Erfolgskontrolle

Entlastungsergebnisse Ereignisse

Regenevent Dauer [h, Kategorie]

20/35	21/10	1/2	0/0
8/12	20/24	8/10	1/1
0/0	12/12	21/21	13/13
0/0	2/2	12/12	33/33

Regen Menge [mm, Kategorie]

REGLER 1

Regenevent Dauer [h, Kategorie]

0/35	1/10	0/2	0/0
2/12	12/24	4/10	1/1
0/0	12/12	21/21	13/13
0/0	2/2	12/12	33/33

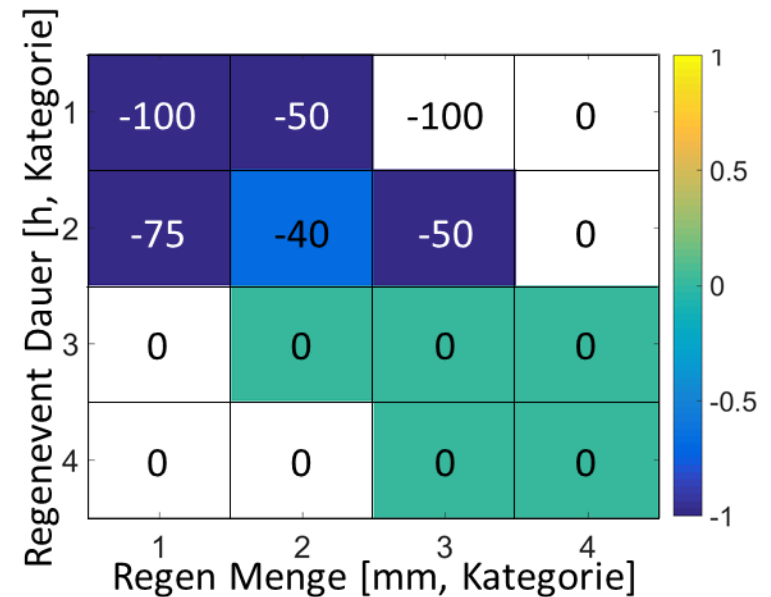
Regen Menge [mm, Kategorie]

REGLER 2

# Leistungsbeurteilung / Erfolgskontrolle

Vergleich

Regenevent Dauer [h, Kategorie]	-20	-1	-1	-
	-6	-8	-4	0
	-	0	0	0
	-	0	0	0
Regen Menge [mm, Kategorie]				



$$P(CSO) = \frac{\#CSO}{\#Evente}$$

$$\sigma^2 = \#CSO \cdot P(CSO) \cdot (1 - P(CSO))$$

# Leistungsbeurteilung / Erfolgskontrolle

## Beispiel

Regler 1: 18 CSO, 36 Ereignisse

$$P(CSO) = 50\%$$

$$\sigma(CSO) = 3$$

Regler 2: 5 CSO, 20 Ereignisse

$$\#CSO = 10 \pm 2.24$$

→ Mehr als 2 Standardabweichungen

→ Sehr hohe Wahrscheinlichkeit, dass Regler 2 hat weniger CSO verursacht

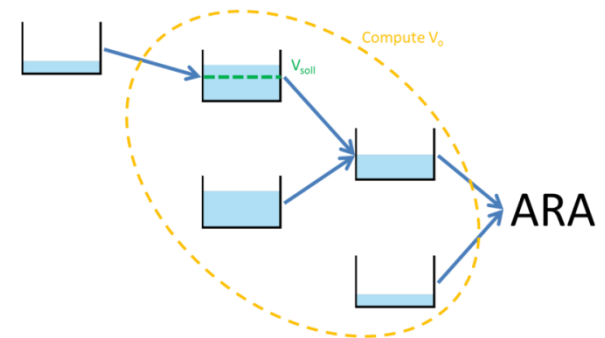
# Diskussion

- Was sind gute Parameter um Regen zu kategorisieren?
- Was sind gute Sollwerte für Weiterleitmengen?

Regenevent Dauer [h, Kategorie]

35	10	2	0
12	24	10	1
0	12	21	13
0	2	12	33

Regen Menge [mm, Kategorie]



# Produkt verkaufen



- Gewicht
- Leistung
- Payload
- Batterie
- Entlastungsmengen
- Schmutzfracht
- Unterhalt
- ?



# Schlussfolgerungen

- RTC kann gute Resultate bringen, auch mit einfachen Regeln
- Es ist möglich eine selbst-adaptive Abflussregelung zu implementieren
- Es geht mehr um die Sollwerte, als um die Regelungstechnik

# Ende

Danke für eure Aufmerksamkeit!