

Quantitative Beschreibung der Resilienz urbaner Wassersysteme

Andreas Matzinger, Malte Zamzow, Mathias Riechel, Pascale Rouault
Kompetenzzentrum Wasser Berlin

Erika Pawlowsky-Reusing
Berliner Wasserbetriebe

Allgemeine Definition:

Fähigkeit eines Systems, seine Struktur und Funktionalität im Falle von Veränderungen beizubehalten (Juan-Garcia et al. 2017)

Wege zu Resilienz („4 R’s“):

- Widerstandsfähigkeit gegenüber Veränderungen (“Robustness”)
- Redundanz / Flexibilität (“Redundancy”)
- Kommunikationssysteme / Abläufe (“Resourcefulness”)
- Schnelles Wiedererlangen voller Funktionalität nach Schadensfall (“Rapidity”)

Resilienz scheint wichtig zu sein....



„Resiliente Wasserinfrastruktur“ und „Resiliente Stadt“ als wichtige Schlagworte

- in Ausschreibungen, städtischen Entwicklungen, Konferenzen
- Google:
 - 500.000 Ergebnisse für „resilience to climate change“
 - 200.000 Ergebnisse für „resilient city“
 - vgl. 890.000 für „ice bucket challenge“



wissenschaftliche Veröffentlichungen zu Resilienz von Abwasserinfrastruktur:

- nur in 17 von 289 Arbeiten eine Auseinandersetzung mit Resilienz gefunden (Juan-Garcia et al. 2017)
- Nur eine Arbeit beschäftigt sich mit der Funktionalität der Stadtentwässerung im Falle von akuten Störungen durch Starkregen (Mugume et al. 2015)

4 Punkte-Regel



Laut Juan-Garcia et al. 2017 müssen 4 Punkte bekannt sein, um Resilienz zu definieren:

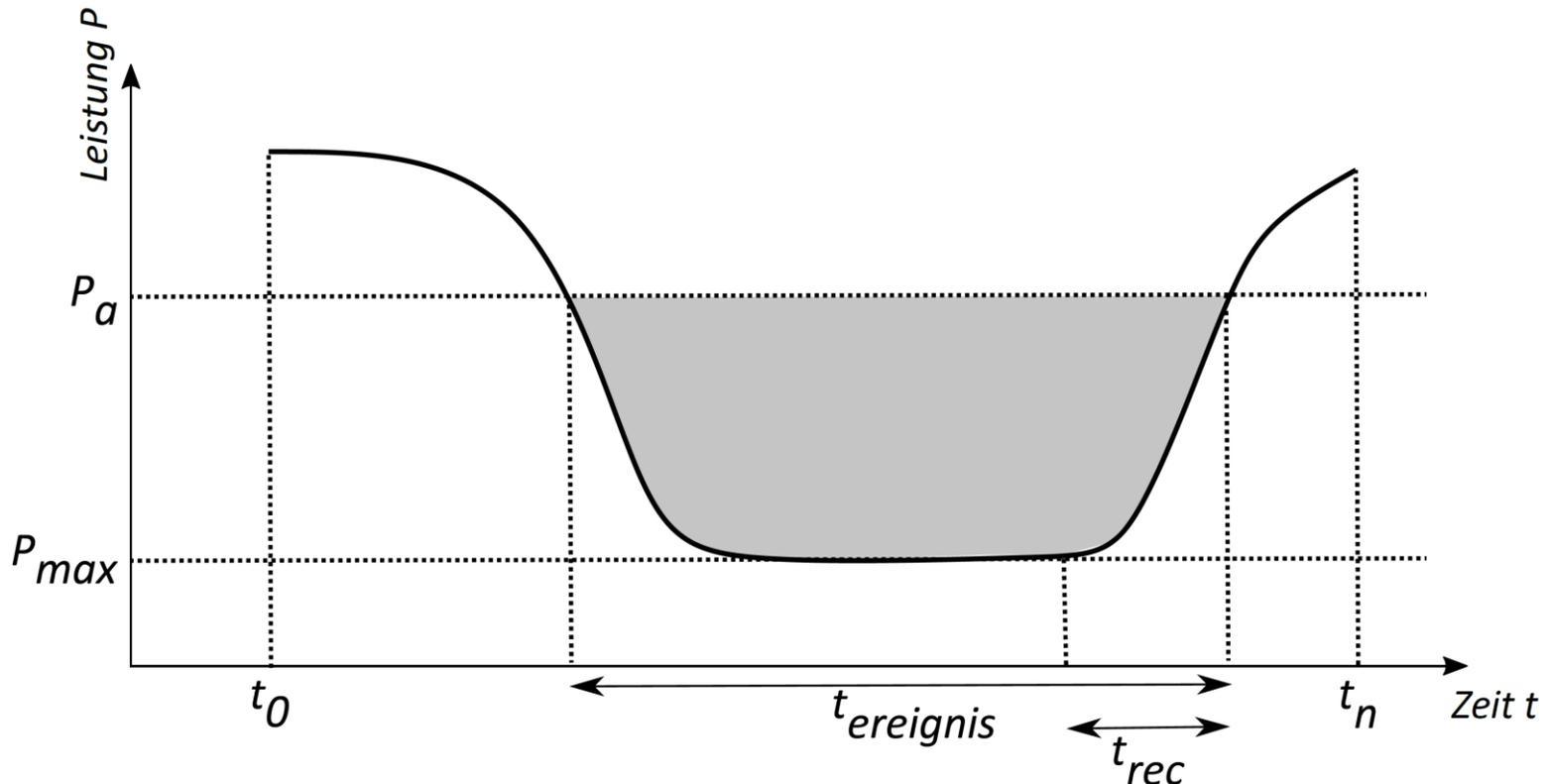
1. die Eigenschaften („properties“) des Systems
2. die Störung („stressor“) gegenüber der das System resilient sein soll
3. die angestrebte Leistung („performance“) des Systems (z.B. Überflutungsvorsorge)
4. eine Bewertungsmethode („metrics“), um die Leistung zu messen.

Schwere des Leistungsausfalls („severity“) Sev:

Resilienzindex Res_0

$$Sev = \frac{1}{P_a - P_{max}} \times \frac{1}{t_n - t_0} \times \int_{t_0}^{t_n} P_a - P(t) dt$$

$$Res_0 = 1 - Sev$$



Leistungen von Regenwasser-/Abwasserinfrastruktur:

- Entsorgungssicherheit
- Überflutungsvorsorge
- Gewässerschutz
- Natürlicher Wasserhaushalt
- Hitzereduktion
- Biodiversität
-

Systeme:

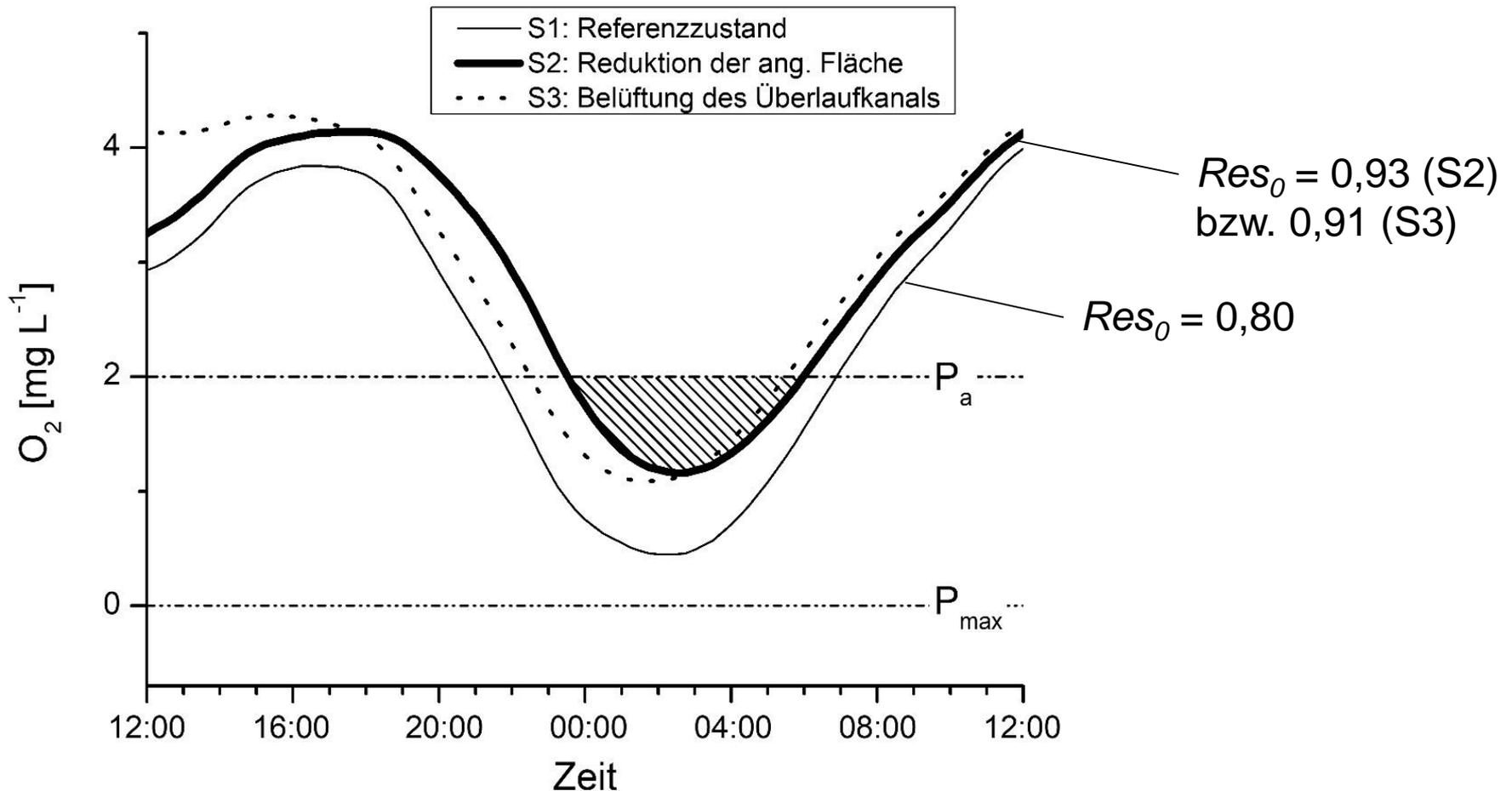
- Status quo
- Systemanpassungen
- Systemgrenzen!
-

Störungen:

- Klima
 - Starkregen
 - Trockenperiode
 - Klimaveränderung
 - Extremereignisse
- Technisch
 - Ausfälle
 - Stromausfall
-

Test 1: Sauerstoff im Gewässer

Störung	Systemeigenschaften	Leistung für das Gewässer	Berechnung von Sev	Grenzwert P_a
Starkregen	Mischkanal mit unterschiedlichen Maßnahmen	Schutz vor Sauerstoffmangel	Modellkette: InfoWorks – QSim	2 mg O ₂ L ⁻¹ (minimal)



Test 1: Sauerstoff im Gewässer



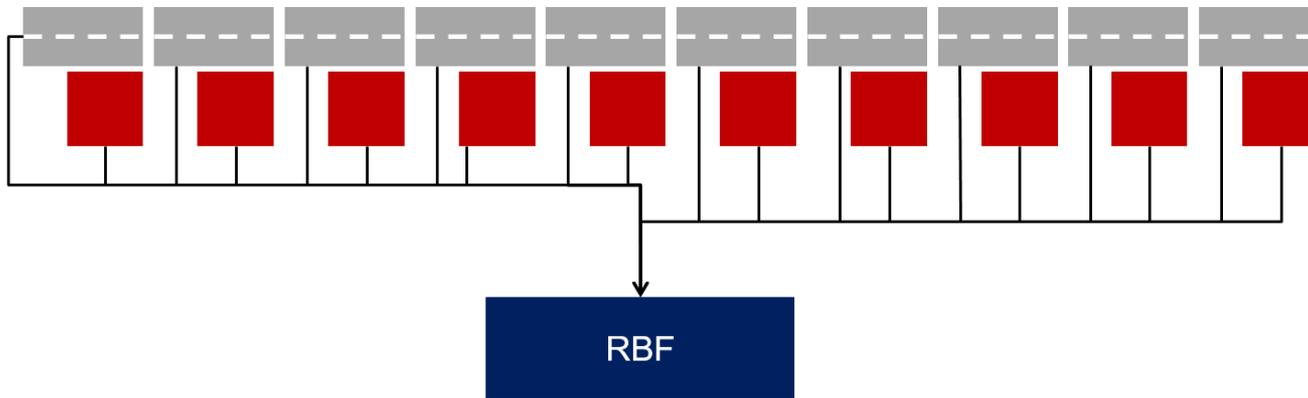
Jahresbetrachtung

Szenario	klassische Auswertung		
	Ereignisse < P _a	Gesamt- Dauer	min. O ₂ - Konz.
	[-]	[h]	[mg L ⁻¹]
S1	4	22	0,5
S2	2	7	1,2
S3	3	11	1,1

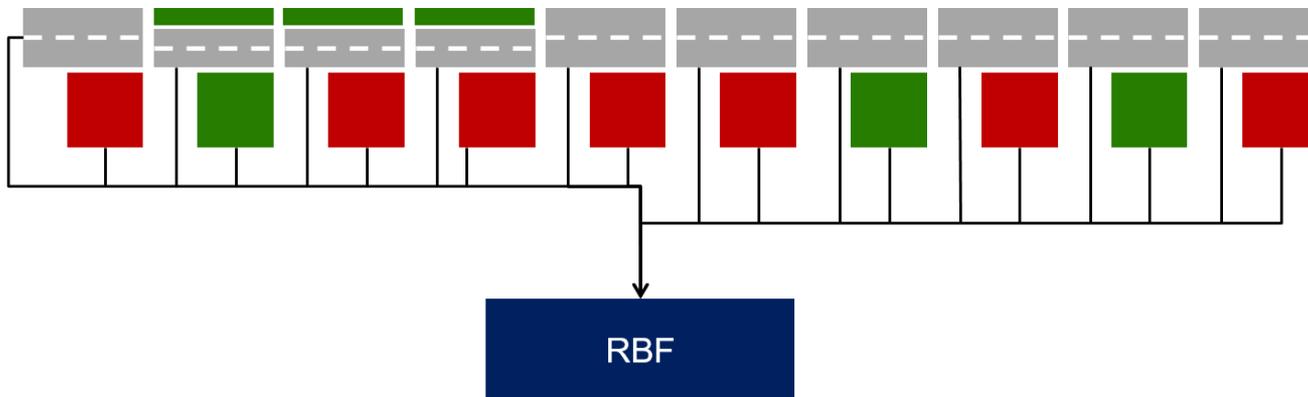
Test 2: Hydraulische Gewässerbelastung



Störung	Systemeigenschaften	Leistung für das Gewässer	Berechnung von Sev	Grenzwert P_a
Starkregen	Trenngebiet mit RBF, Mulden und Dachbegrünung	Schutz vor hydraulischer Belastung	Modell: KOSIM	$10 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ (maximal)



„RBF“

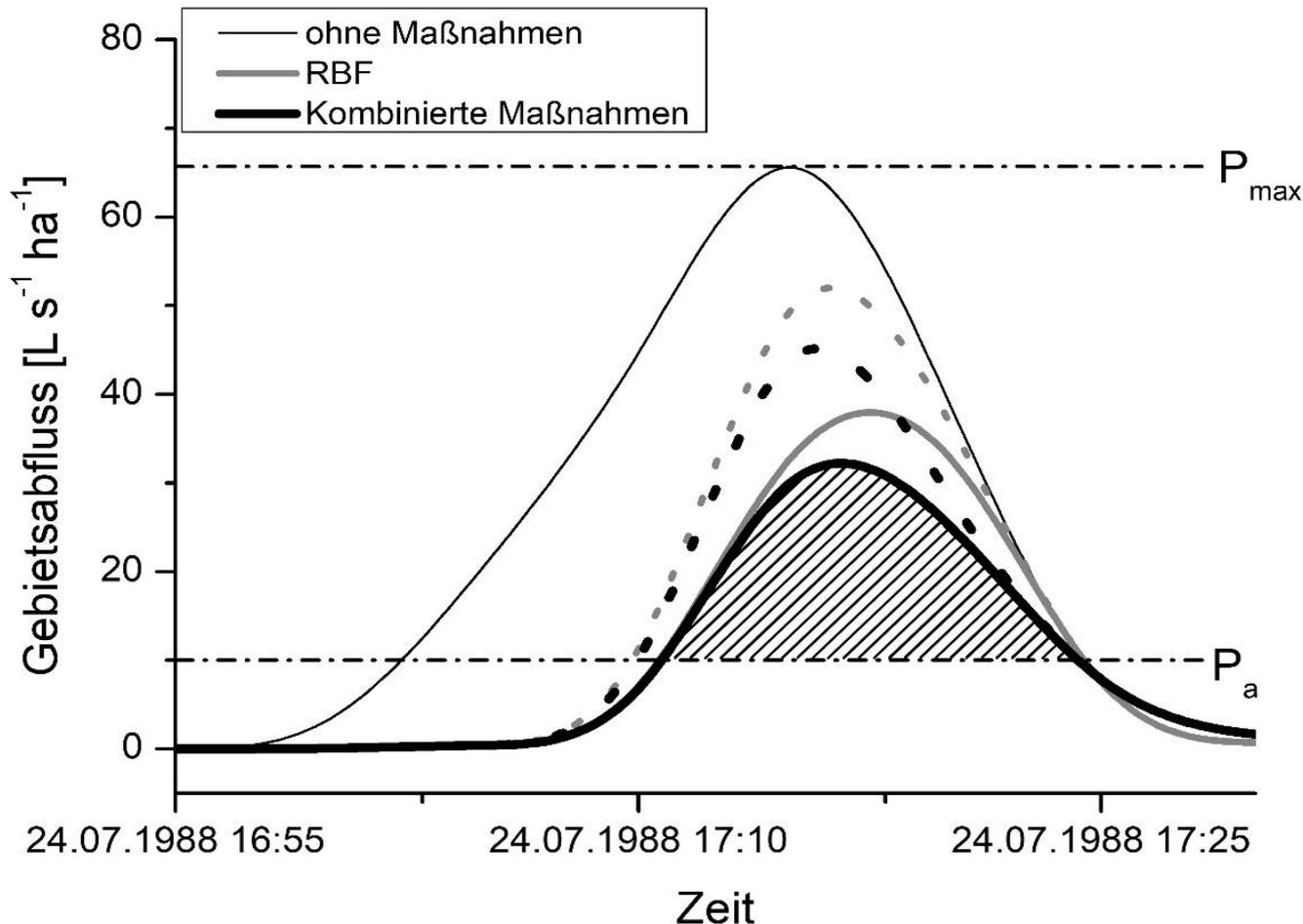


„Komb“

Test 2: Hydraulische Gewässerbelastung



Störung	Systemeigenschaften	Leistung für das Gewässer	Berechnung von Sev	Grenzwert P_a
Starkregen	Trenngebiet mit RBF, Mulden und Dachbegrünung	Schutz vor hydraulischer Belastung	Modell: KOSIM	$10 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ (maximal)



teilweiser Ausfall des RBF:
 Reduktion von Res_0 um

- 9 % für "RBF" und
- 7 % für "Komb".

- Resilienz kann durch Res_0 für unterschiedliche Leistungen quantifiziert werden.
- Dauer und Ausmaß einer Belastung berücksichtigt
- Die Normierung von Res_0 bzw. Sev ermöglicht den Vergleich sehr unterschiedlicher Leistungen
- Durch den Einfluss der Randbedingungen bleibt Res_0 ein abstrakter Wert. Transparenz über Methode und Eingangswerte zentral.

- -> Bitte ausprobieren / kritisch diskutieren! (R-Funktion verfügbar)

- -> Bitte denken Sie an 3 (+1) Punkte:
 1. die Eigenschaften („properties“) des Systems
 2. die Störung („stressor“) gegenüber der das System resilient sein soll
 3. die angestrebte Leistung („performance“) des Systems (z.B. Überflutungsvorsorge)
 4. eine Bewertungsmethode („metrics“), um die Leistung zu messen.