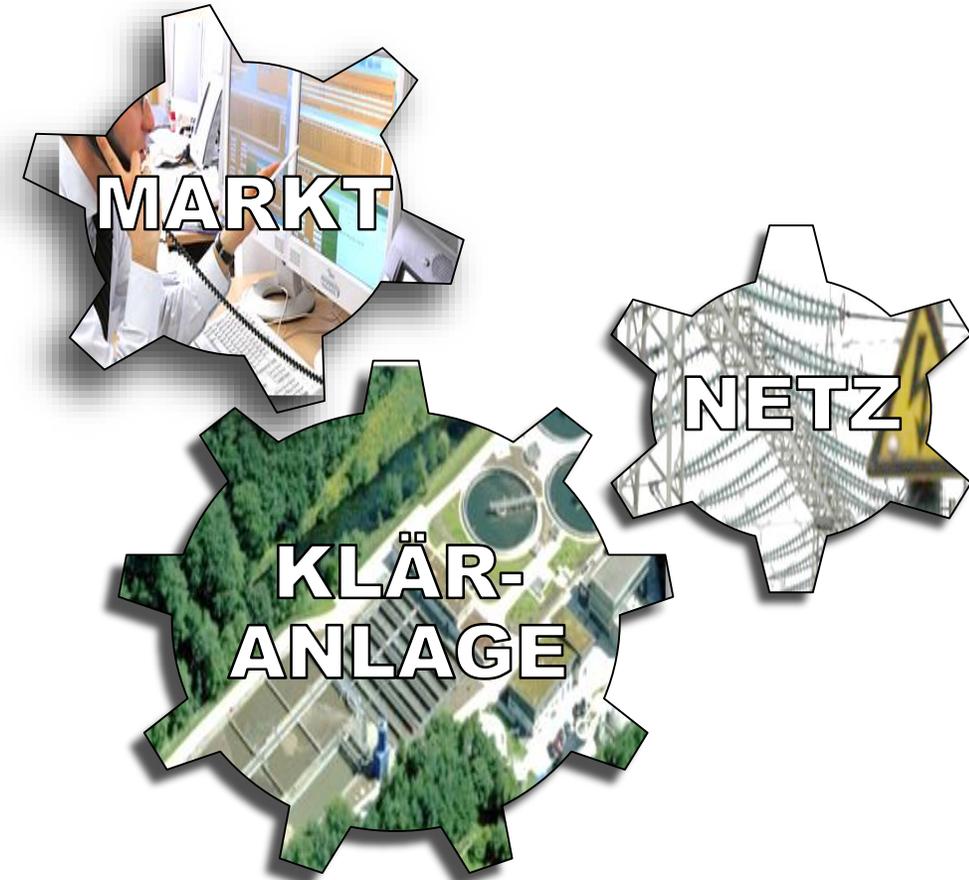


Dynamische Simulation zur Bereitstellung von Flexibilität durch Abwasserreinigungsanlagen

Philipp Pyro, Inka Hobus, Gerd Kolisch

E-Mail: ppo@wupperverband.de

Tel.: 0202 / 583 109



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



FONA
Nachhaltiges
Wassermanagement
BMBF

NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



ERWAS

Grundlagen

- Motivation und Vorgehen
- Definition Flexibilität
- Vorstellung KA Radevormwald

Simulation

- Modellaufbau
- Restriktionen
- Ergebnisse Langzeitsimulation
- Schnittstelle: Simulation Verteilnetz

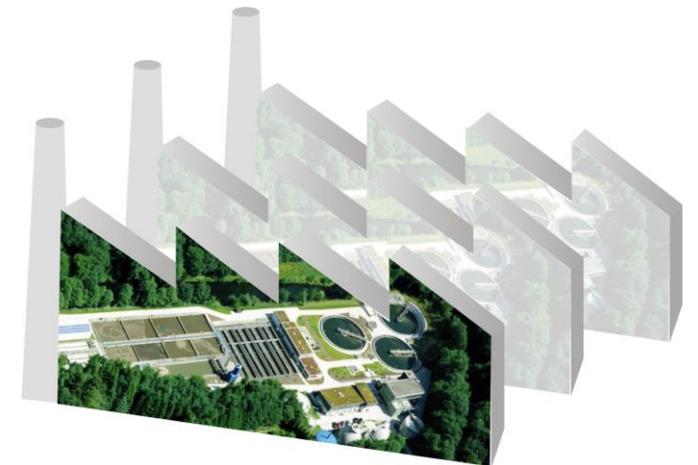
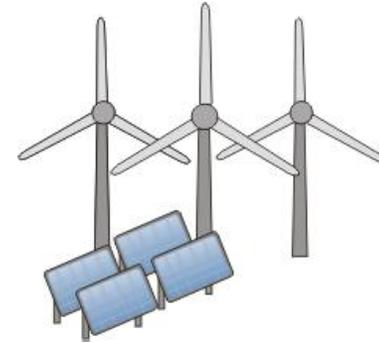
Fazit

- Ausbau **erneuerbarer Energien**

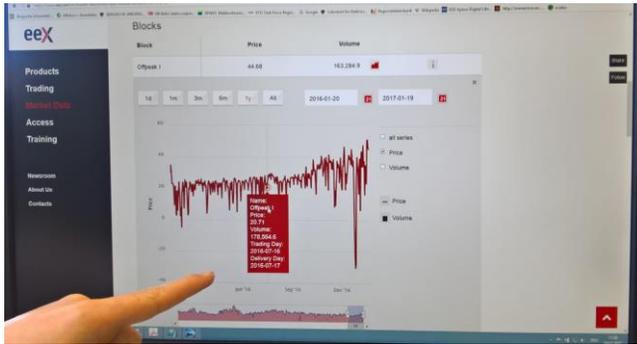
→ führt zu Schwankungen bei der Stromproduktion

→ daraus ergibt sich ein Bedarf an Flexibilität

→ Zielsetzung daher: Kläranlagen als Dienstleister für Flexibilität im virtuellen Kraftwerk

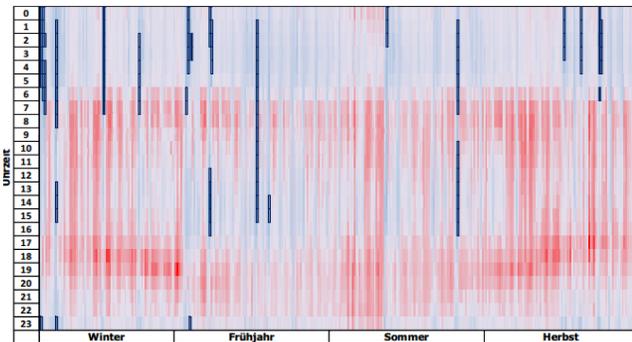


Marktanalyse



Ziel Preis-Optimierung und Anreizsignale

Methode Zeitreihen-Analyse

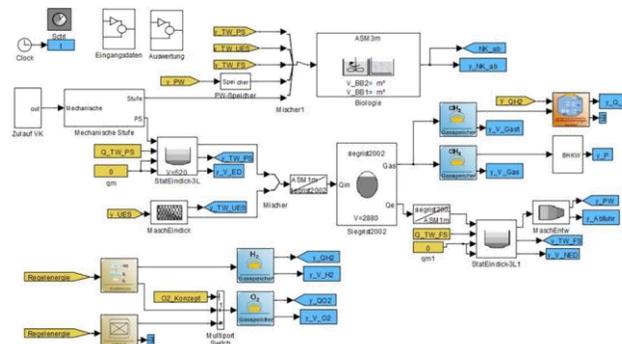


Kläranlagen-Simulation



Ziel Flexibilitäts-Regelung mit Anlagen-Restriktionen

Methode ASM

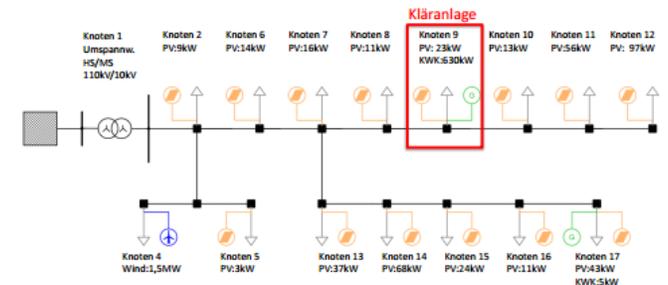


Stromnetz-Simulation

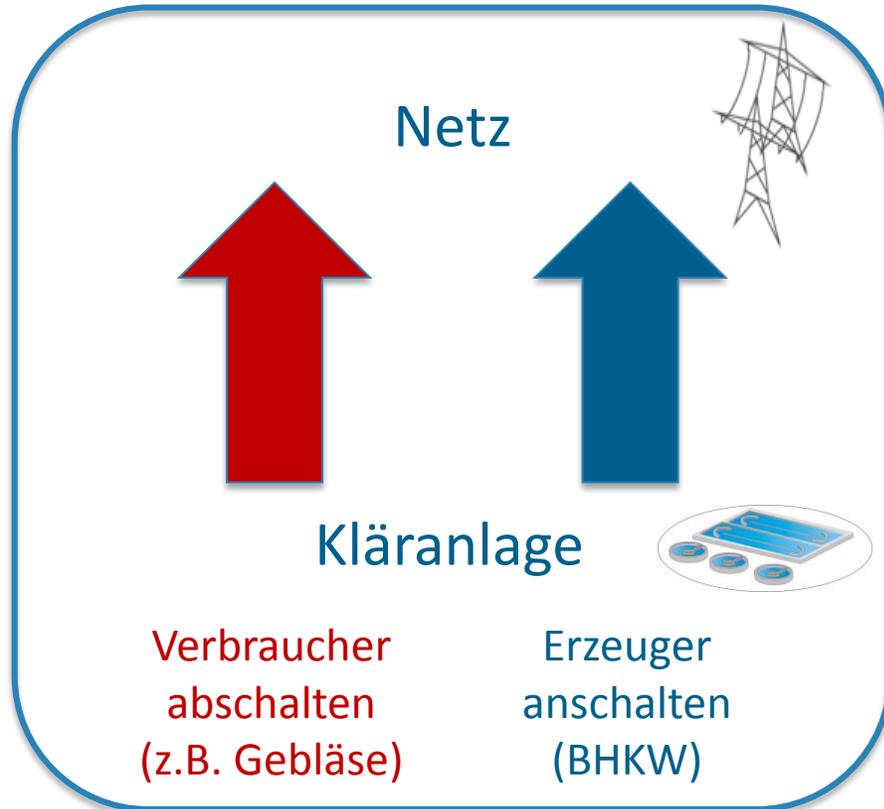


Ziel Analyse von Grenzwertverletzungen und Flex-Bedarf

Methode Lastflussberechnungen

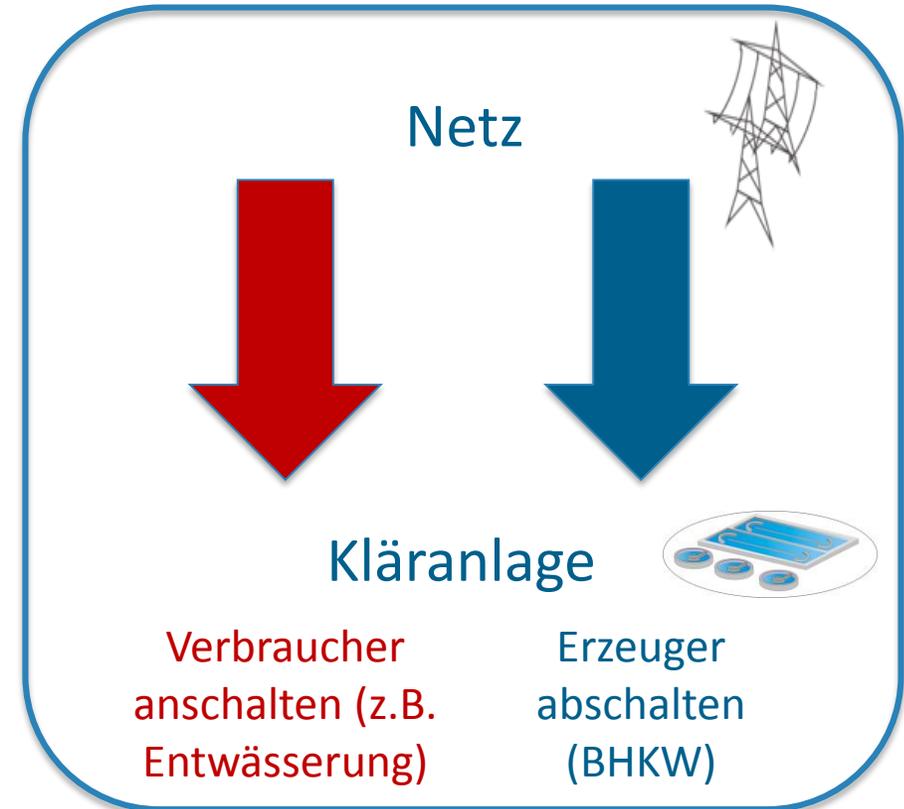


Strom- defizit



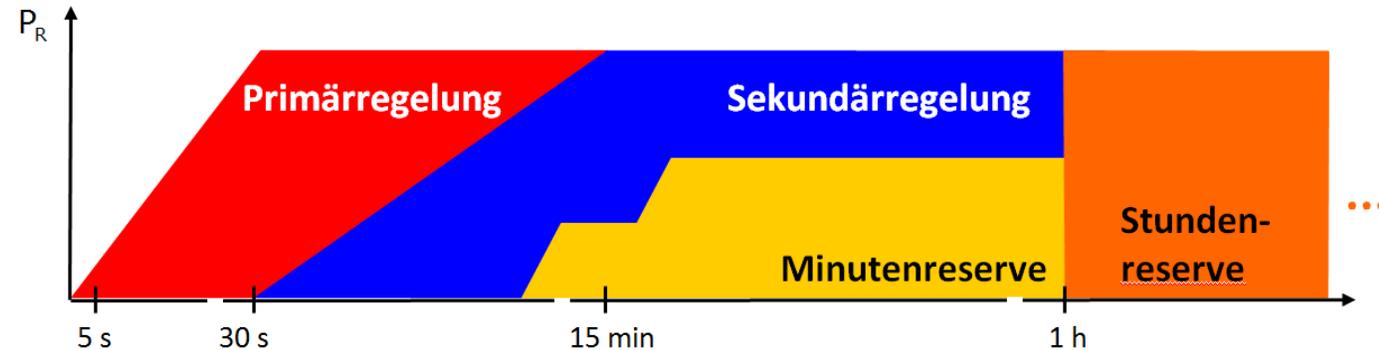
Positive Flexibilität

Strom- überschuss

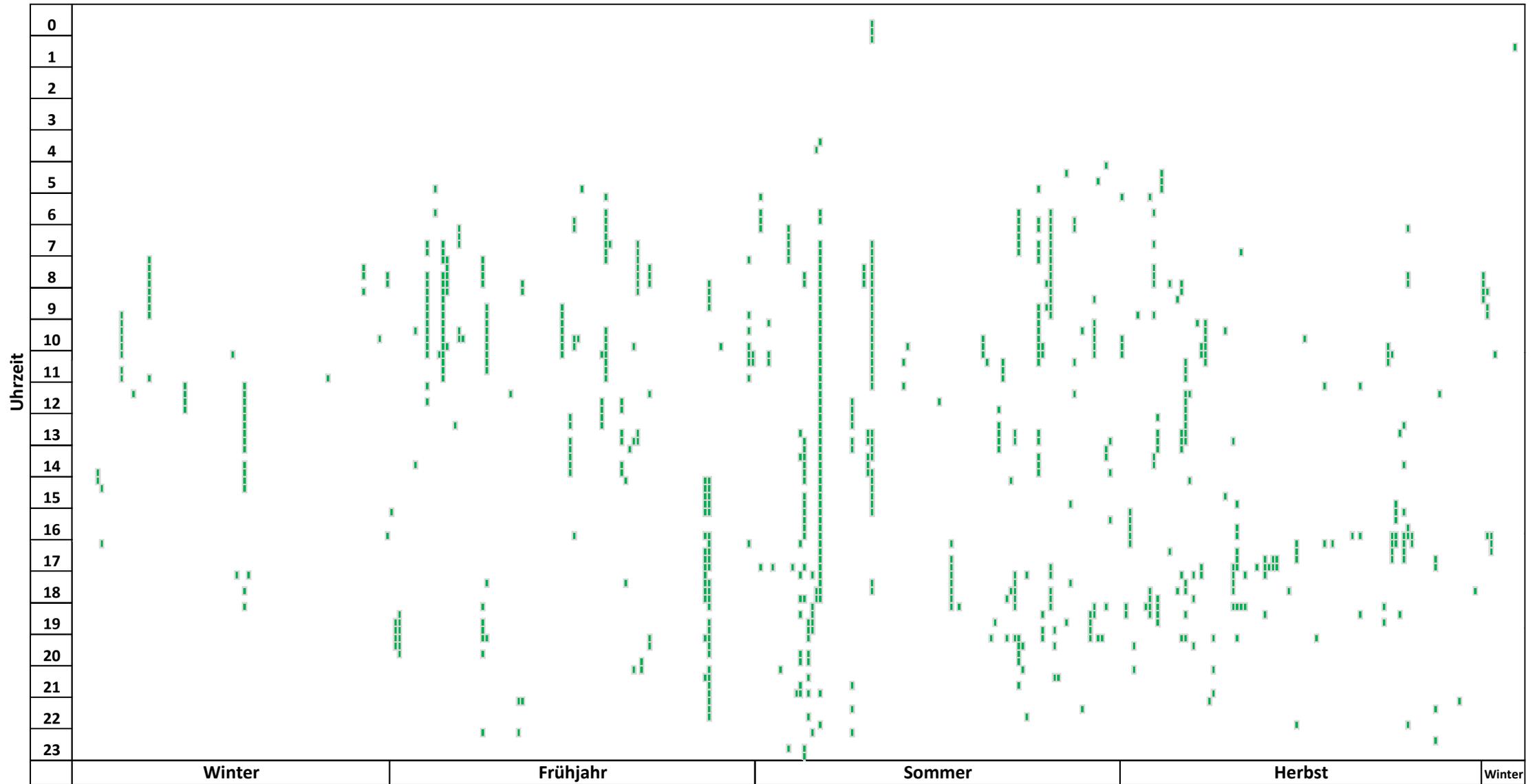


Negative Flexibilität

- **Primärregelung (PRL)**
- **Sekundärregelung (SRL)**
 - Aktivierungszeit: < 5 min.
 - Dauer: Wenige Sekunden bis Minuten



- **Minutenregelung (MRL)**
 - Aktivierungszeit: < 15 min.
 - Dauer: 15 Minuten bis mehrere Stunden



Anschlussgröße: 67.000 E

Anaerobe Stabilisierung

Maßgebliche Verbraucher:

- Gebläse: Σ 445 kW
- Rücklaufschlammumpen 3 x 30 kW

Energieerzeugung:

- BHKW: 2 x 80 kW

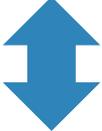


- Integration in ein **virtuelles Kraftwerk**
- **3x technische Einheiten**
(Gebläse, Rücklaufschlammumpen, BHKW)
- Versuche über mehrere Tage nach **externen MRL-Signalen**

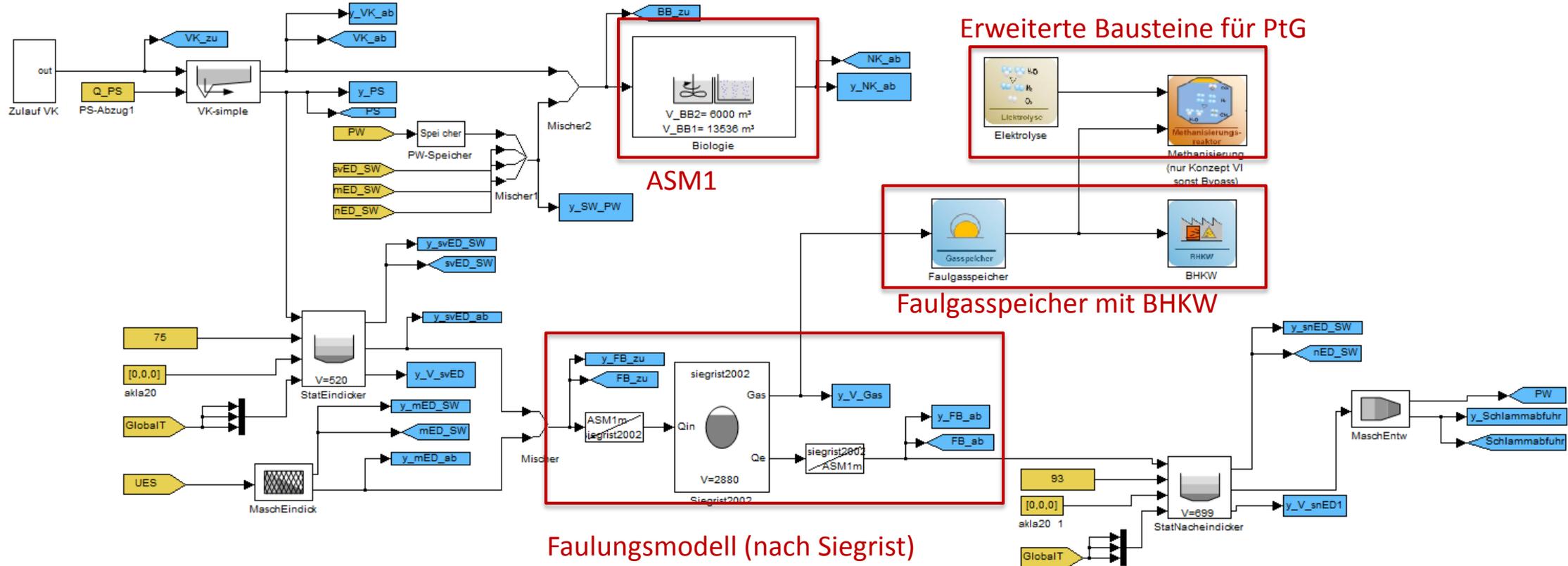
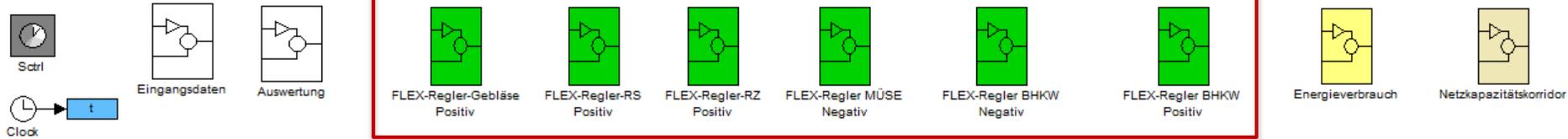
→ Präqualifikation erfolgreich

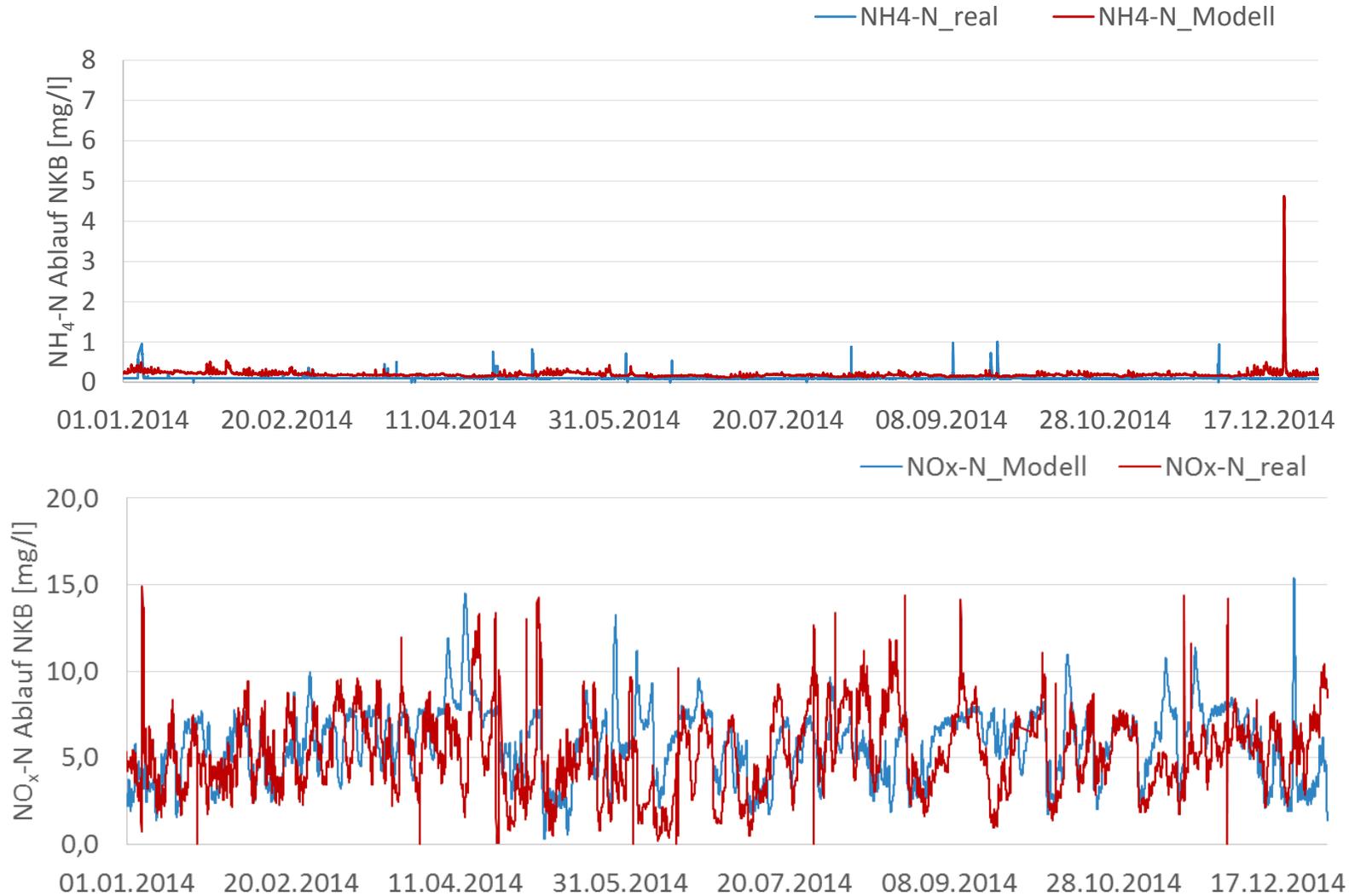
→ Ablaufqualität nicht beeinträchtigt



- Welche Leistung wird ab/angeschaltet?
 - Welche Restriktionen greifen wie oft?
 - Restriktionen sinnvoll gewählt?
- 
- Auswirkungen auf Reinigungsleistung?

Bausteine für Verarbeitung Flexibilität





Simulierter und gemessener Stromverbrauch

Verfahrensgruppe	Aggregategruppe	Rade 2014 Energieanalyse		Simulation_Ist-Zustand 2014	
		Verbrauch kWh/a	Leistung kW	Verbrauch kWh/a	Leistung kW
Mechanik	Rechen	2.612	0,30	2.628	0,30
	Sandfang	19.274	2,20	18.967	2,17
	Vorklärung (inkl. PS-Pumpe)	14.203	1,62	13.578	1,55
Biologie	Belüftung	799.373	91,25	793.549	90,59
	Umwälzung	86.678	9,89	87.892	10,03
	Rezirkulation	52.773	6,02	48.913	5,58
	Rücklaufschlammförderung	218.174	24,91	218.533	24,95
Nachklärung	Nachklärung	48.770	5,57	48.793	5,57
Fällmittel-dosierung	Fällmitteldosierung	1.782	0,20	1.752	0,20
Schlamm-behandlung	Voreindickung (PS)	1.994	0,23	2.015	0,23
	ÜSS-Abzug und Voreindickung*	37.657	4,30	23.460	2,68
	Faulung	190.606	21,76	193.314	22,07
	Nacheindickung	1.648	0,19	1.664	0,19
	Entwässerung	34.587	3,95	35.960	4,10
Sonstiges		112.575	12,85	126.932	14,49
	Summe	1.622.708	185,24	1.617.951	184,70

Gute Übereinstimmung

*Real wird kontinuierlich ÜSS in die VK gefördert, dieser Mehrverbrauch wird im Modell unter "Sonstiges" mitberücksichtigt

	Positive Flexibilität	Negative Flexibilität
Verbraucher:		
Gebläse	✓	-
Rücklaufschlammumpen	✓	-
Rezirkulationspumpen	✓	-
Mech. ÜSS-Eindickung	-	✓
Erzeuger:		
BHKW	✓	✓

REZI-PUMPEN

t_{Reg}: 30 min.

Rest. 1: Nitrat
(C_{BBab,NO3})

GEBLÄSE

t_{Reg}: 15 min.

t_{max}: 120 min.

Rest. 1: Ammonium
(C_{BBab,NH4})

Rücklaufschlammumpen

t_{Reg}: 60 min.

t_{max}: 120 min.

Rest. 1: Wassermenge

Mech. ÜSS-Eindickung

t_{Reg}: 15 min.

t_{min}: 120 min.

Rest. 1: TS-Gehalt BB

Rest. 2: max. Schaltvorgänge

Rest. 2: Uhrzeit

Blockheizkraftwerk (BHKW +/-)

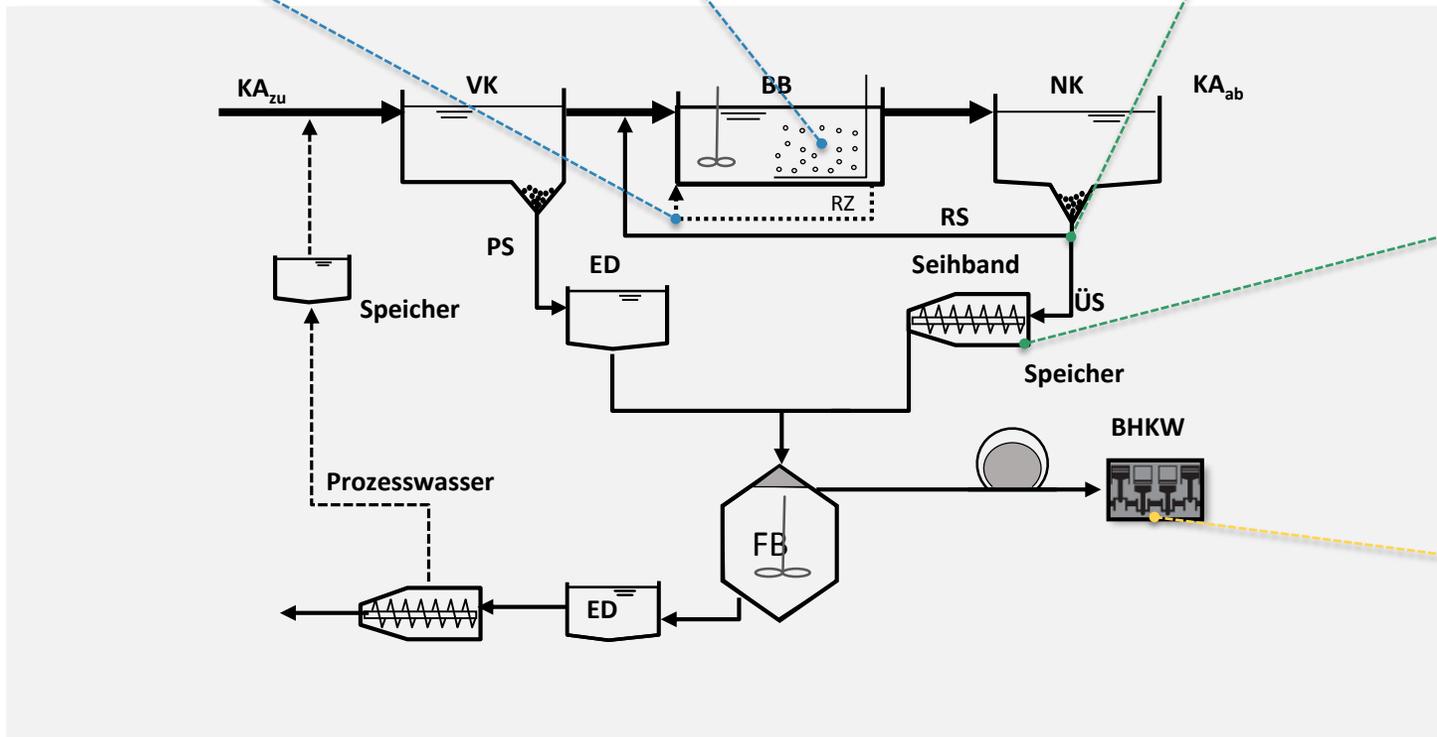
t_{Reg}: 5 / 30 min.

t_{min}: 60 / 5 min.

Rest. 1: max. Füllstand Speicher

Rest. 2: min. Füllstand Speicher

Rest. 3: max. Schaltzyklen

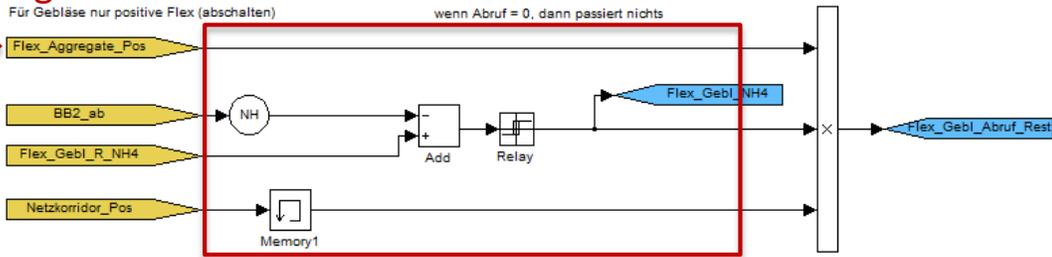


Flexibilitätsbaustein (Bsp. Gebläse)

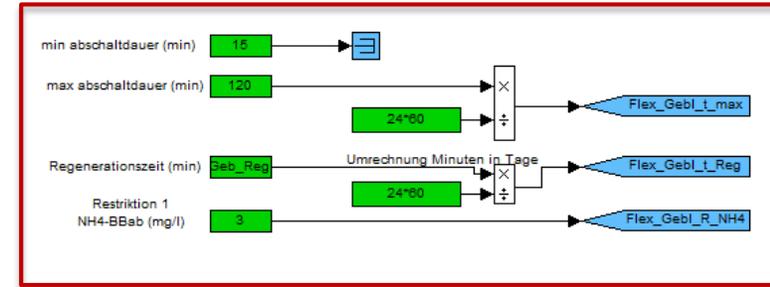
Ext. Signal



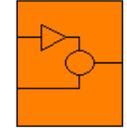
GEBLÄSE



Prüfung NH4

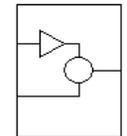


Festlegung Restriktionen

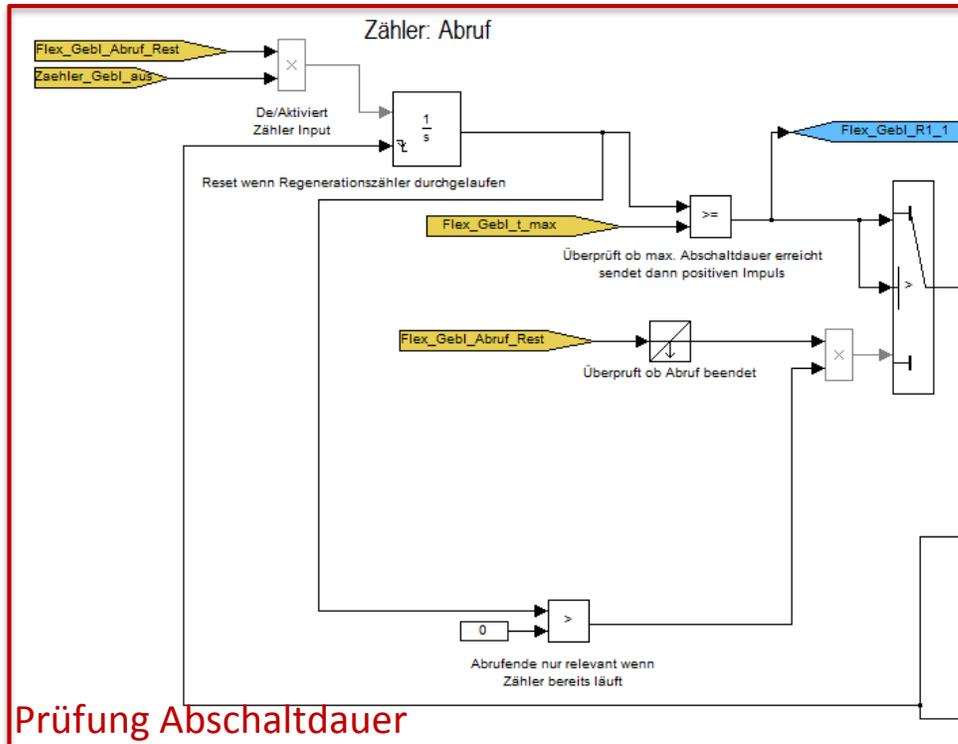


Restriktionen Gebläse

Restriktion 1: Max. Abschaltdauer
Restriktion 2: Regenerationszeit
Restriktion 3: NH4-Grenzwert

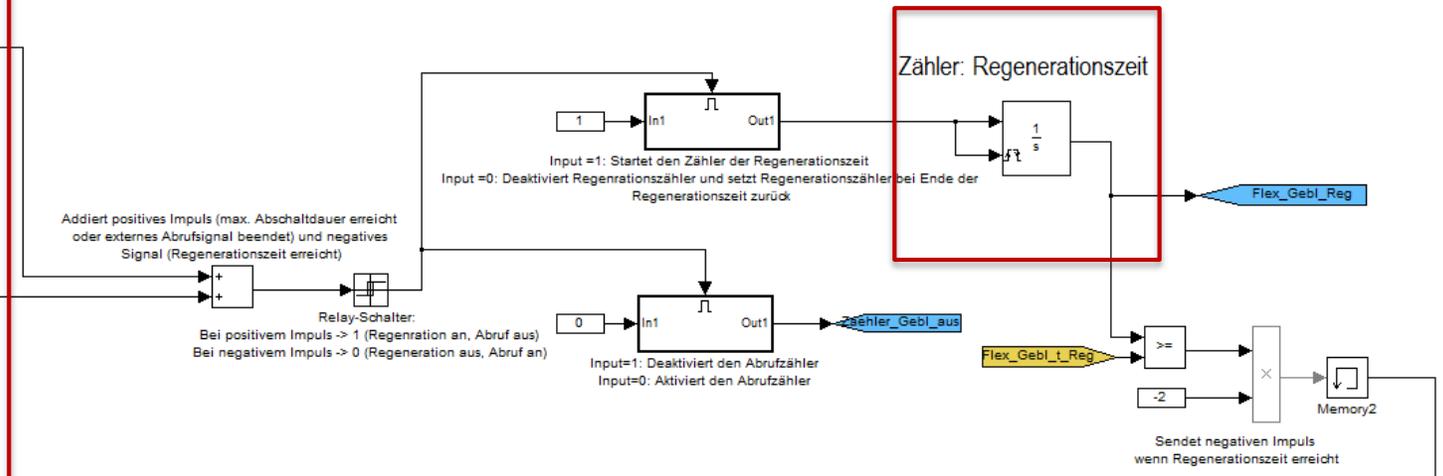


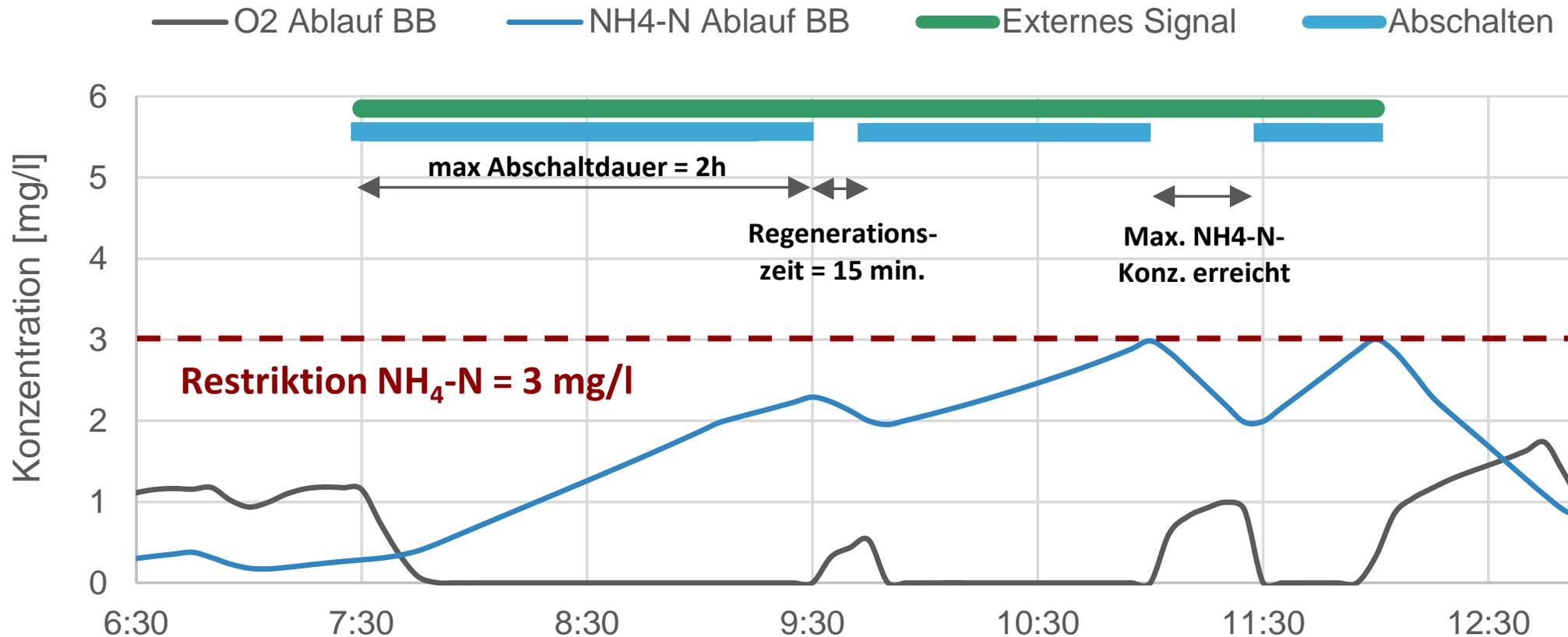
Datenausgabe Gebläse



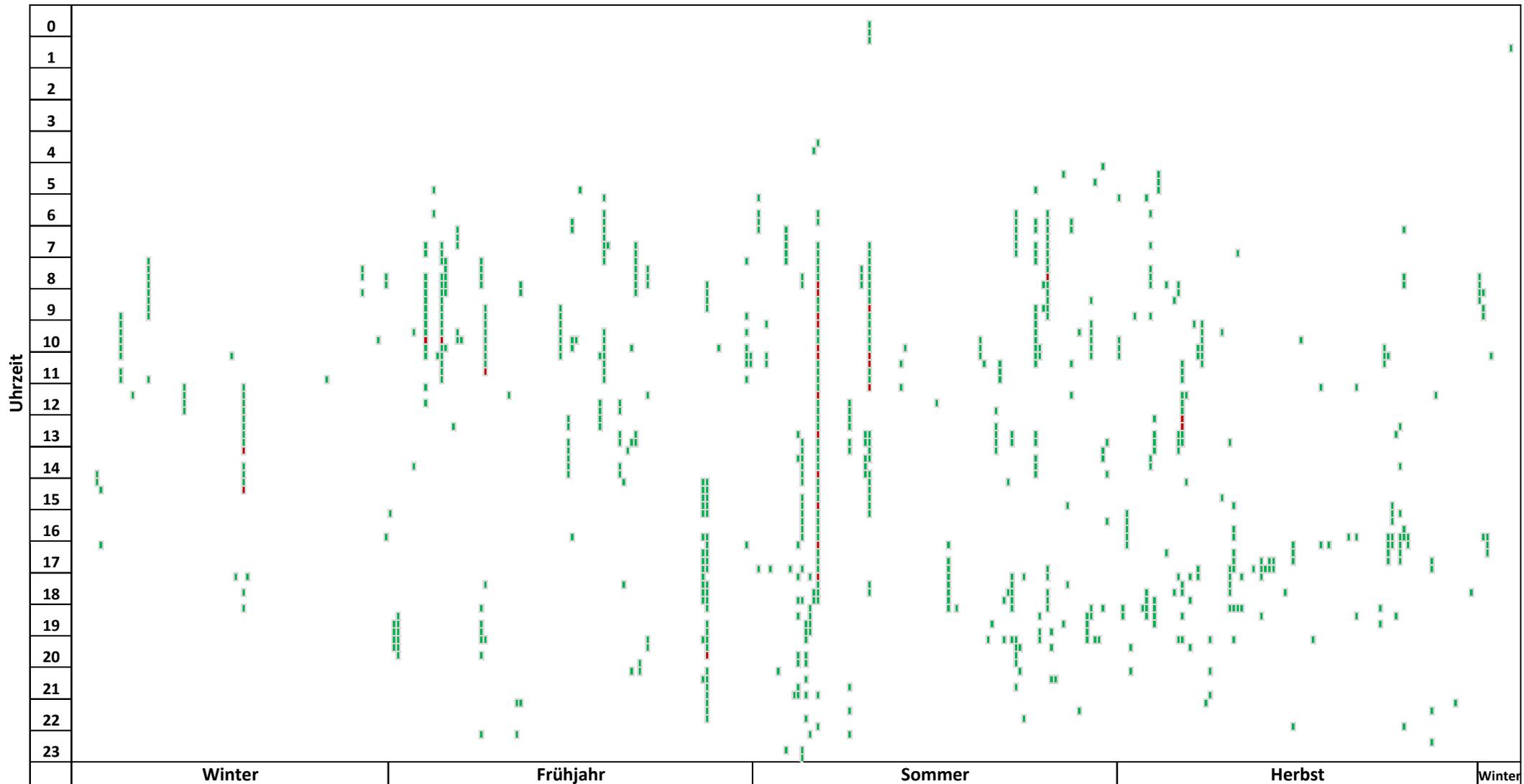
Prüfung Abschaltdauer

Prüfung Regeneration



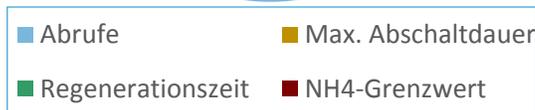
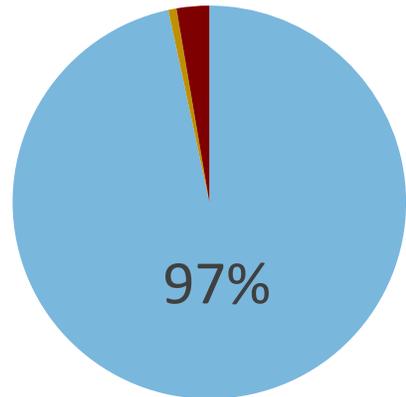


Zeitpunkte der Restriktionen über ein Jahr

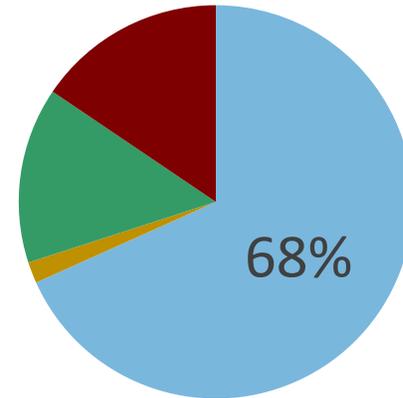


Anteil der Flexibilität und Restriktionen über ein Jahr

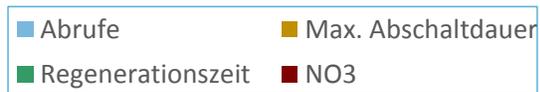
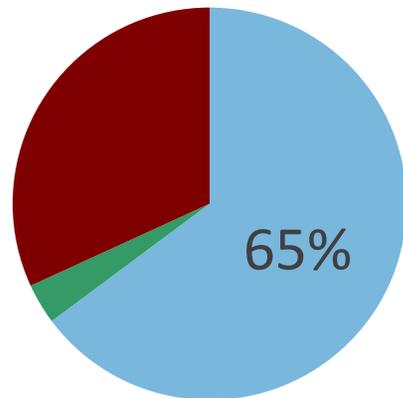
Gebläse



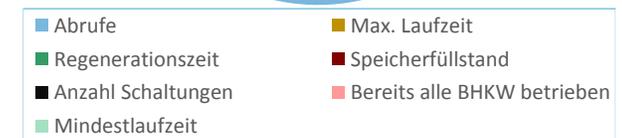
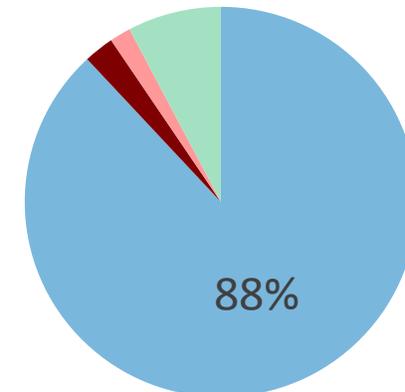
Rücklaufschlammumpwerk



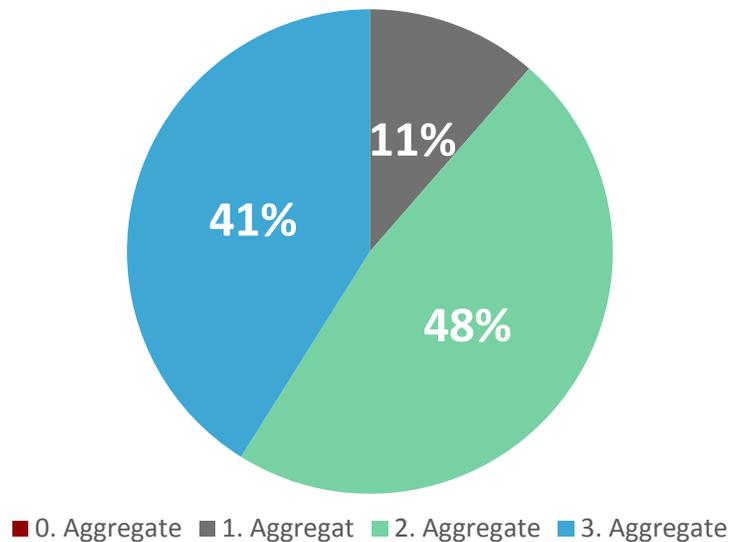
Rezirkulationspumpen



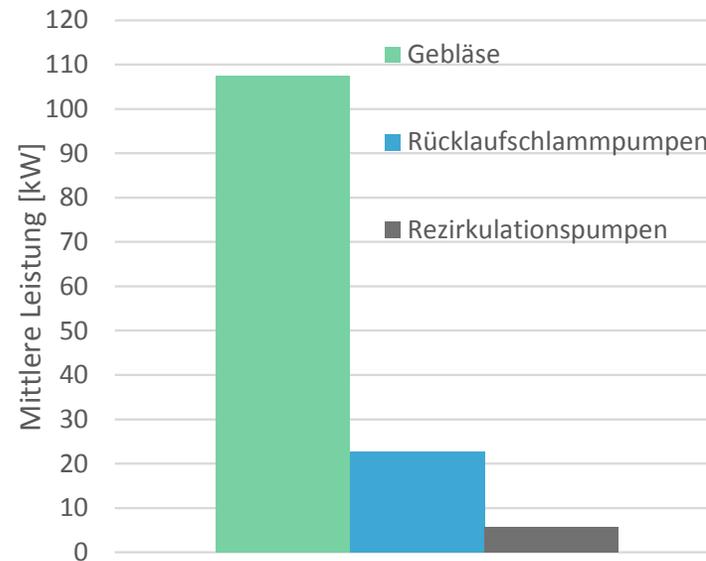
BHKW positiv (zuschalten)



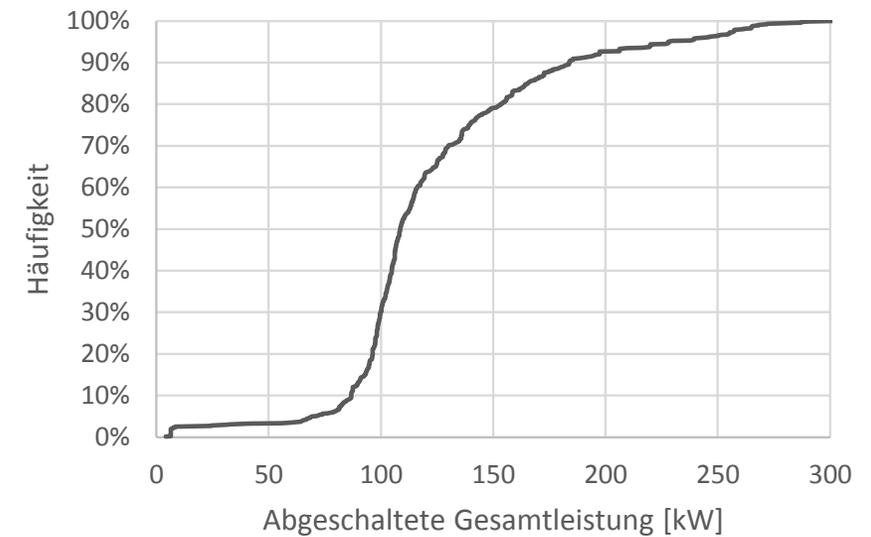
Anzahl der abgeschalteten Aggregate bei Marktsignal (MRL 2035)



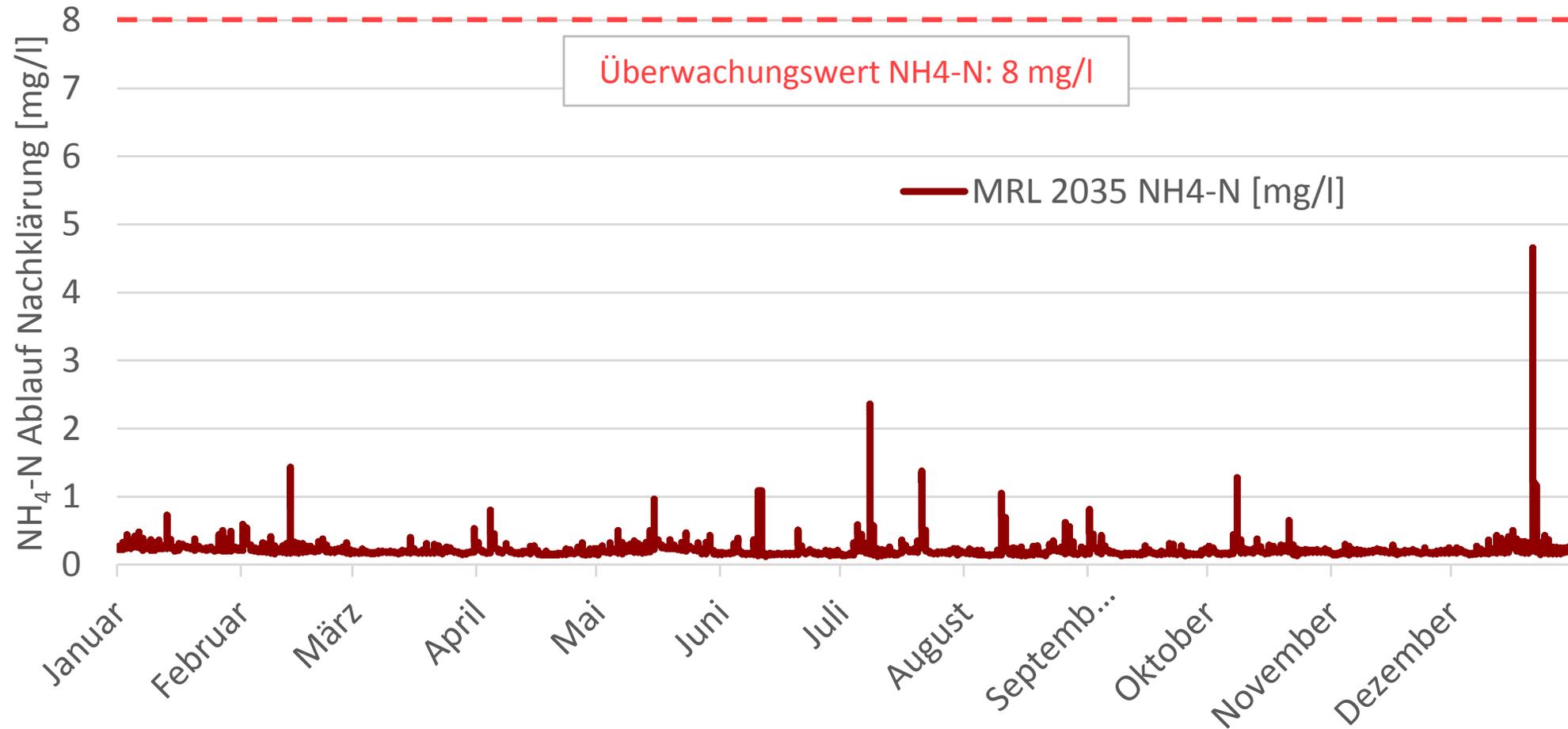
Mittlere abgeschaltete Leistung (pro Aggregat)



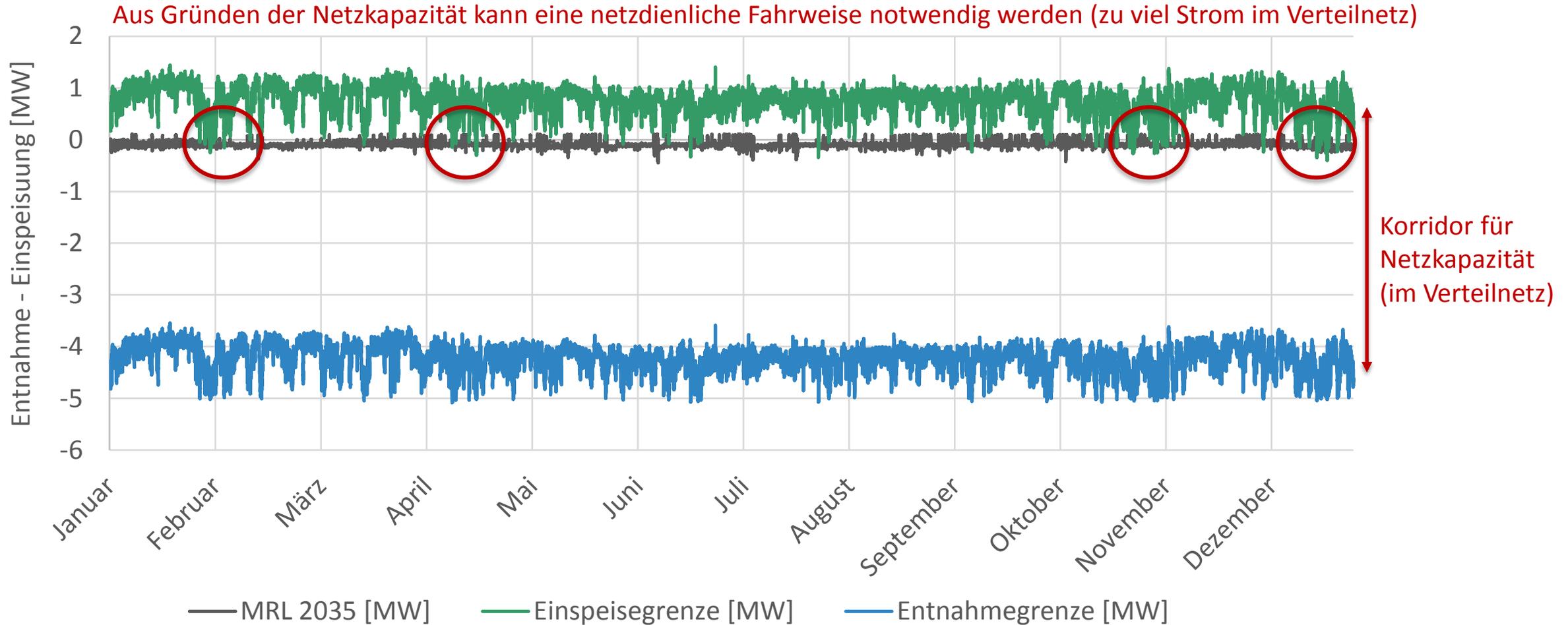
Aggregatemanagement: Abgeschaltete Gesamtleistung



Bei den gewählten Restriktionen ausreichende Ablaufqualität



- Simulation des örtlichen Verteilnetz durch Uni Wuppertal
 - Übergabe des Leistungsbedarfs aus dem KA Modell
- Auswirkungen des flexibilisierten Betriebs auf das lokale Netz



- Mit Praxisversuchen kann die Machbarkeit einer Flexibilisierung gezeigt werden
- **Mit der Simulation** wird das **Potential im Dauerbetrieb** aufgezeigt
- Aus dem Potential kann ein wirtschaftlicher **Nutzen** berechnet und dieser den **Kosten** für die Flexibilisierung gegenübergestellt werden
- Ausblick:
Effekte auf das Verteilnetz können durch die Kopplung der KA Simulation mit der Netzsimulation untersucht werden

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Anschrift Verfasser:

Wupperverbandsgesellschaft
für integrale Wasserwirtschaft

M.Sc Philipp Pyro

Untere Lichtenplatzer Str. 100
42289 Wuppertal

Tel.: 0202 / 583 109

E-Mail: ppo@wupperverband.de