

22.SIMBA-Anwendertreffen, 6. & 7. Mai 2015, Potsdam

Dynamische Simulation von Regelenergie- und Speicherkonzepten auf Abwasserreinigungsanlagen

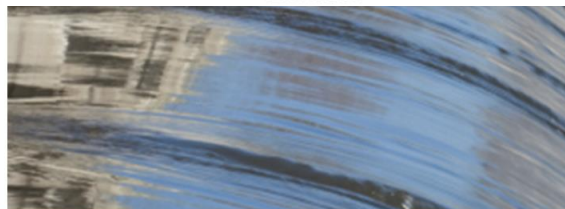
Inka Hobus*, Yannick Taudien*, Gerd Kolisch*, Oliver Gretzschel**

* Wupperverbandsgesellschaft für integrale Wasserwirtschaft

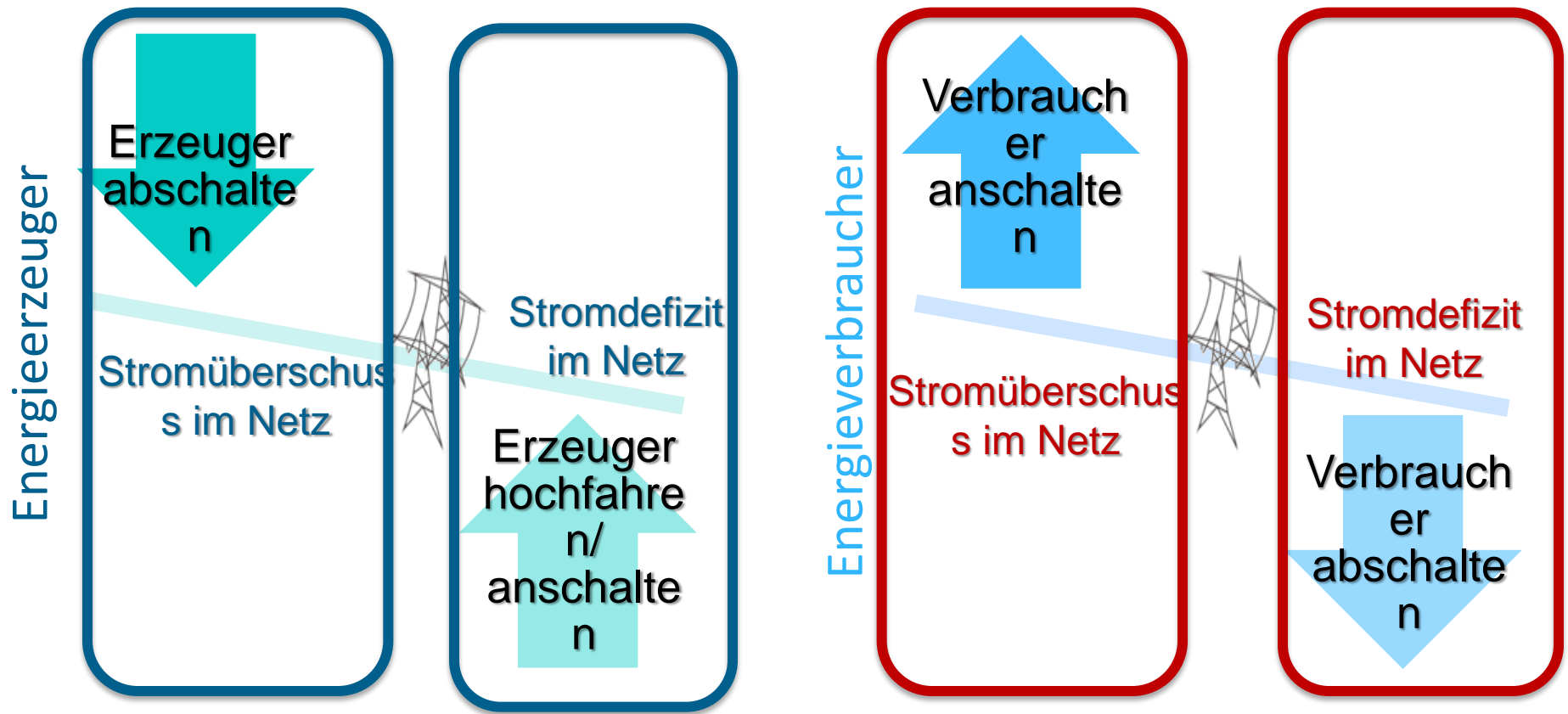
** Universität Kaiserslautern

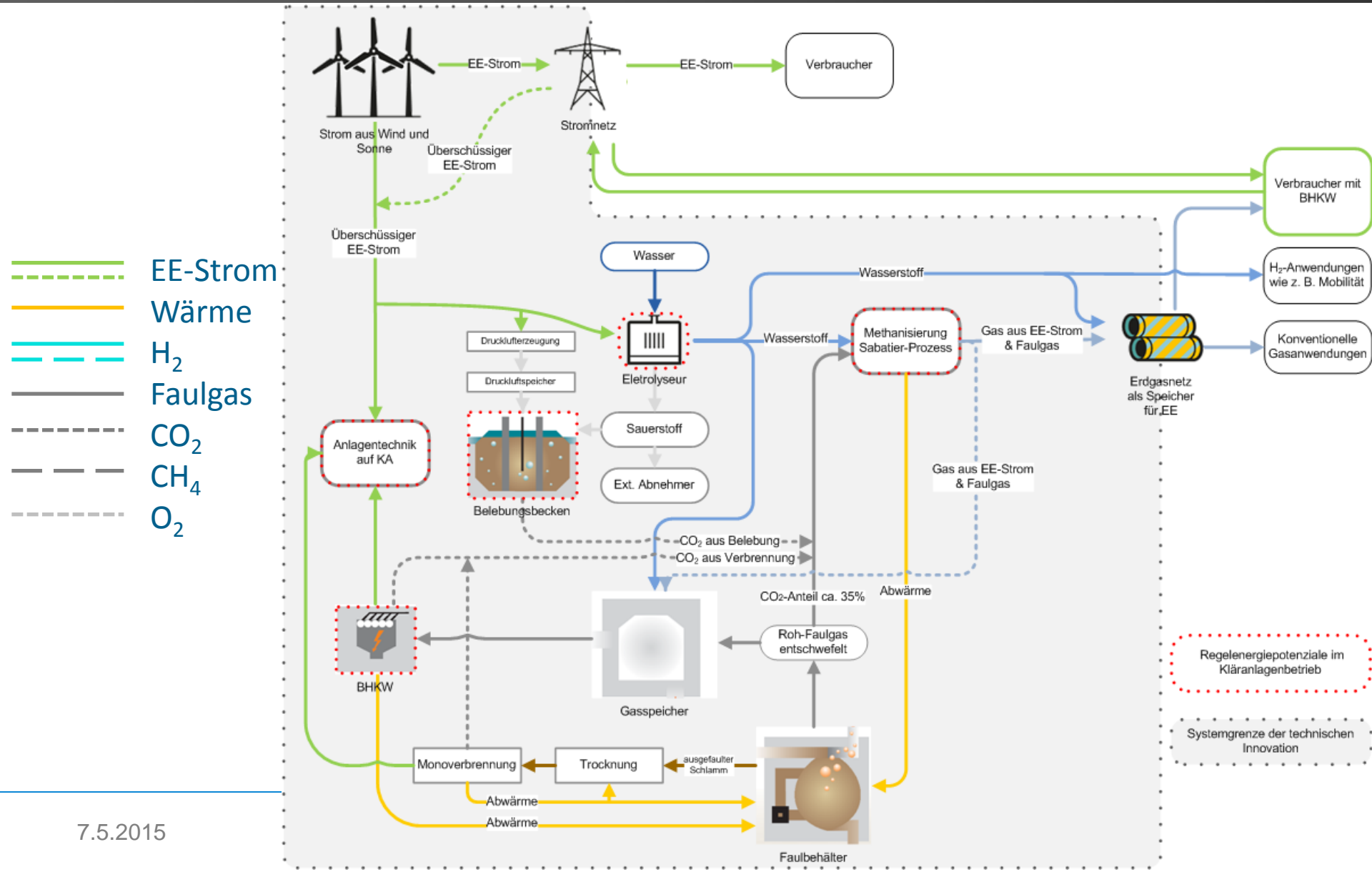


BECKER BÜTTNER HELD



- Regelenergie und Speicherkonzepte auf Kläranlagen
- Abschätzung Potential Lastabwurf
- Einfluss Lastabwurf auf die Reinigungsleistung der Kläranlage
- Zusammenfassung und Ausblick



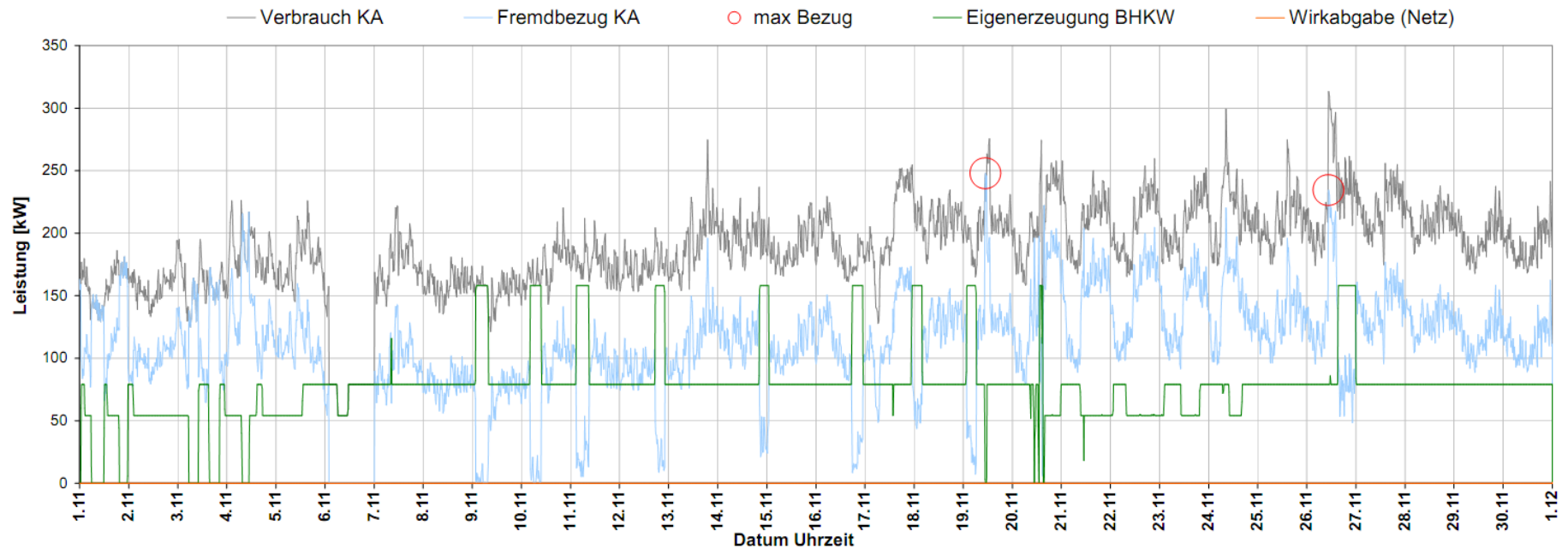




- **Angeschlossene EW: 69.000 E**
- **Belebungsbeckenvolumen: 19.500 m³**
- **Faulung: 2.930 m³**
- **Gasbehälter: 800 m³**
- **BHKW: 2*80 kW_{el}**



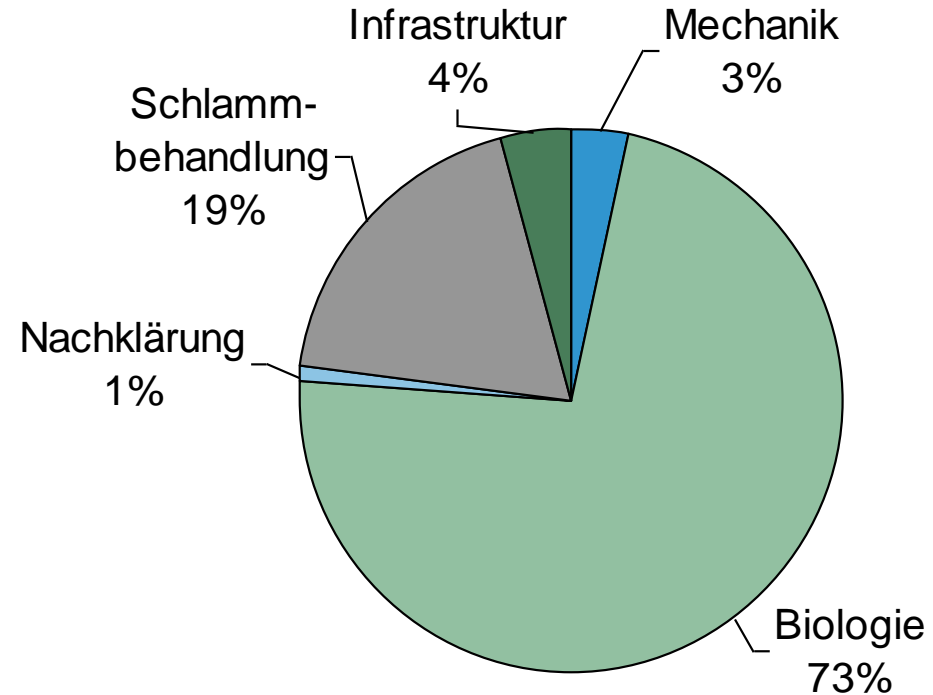
Monatslastgang (15-Minuten-Werte)



| Ausschaltzeiten Aggregate | Tiefe Belastung (Nacht) | | | | | Hohe Belastung (Tag) | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|----------------------|--------------|-------------|-------------|----------|
| | 15 min | 30 min | 1h | 2h | >2h | 15 min | 30 min | 1h | 2h | >2h |
| Hebewerk | Orange | Orange | Light Orange | | | Orange | Light Orange | | | |
| Sandfang Gebläse | Dark Blue | Dark Blue | | | | Dark Blue | | | | |
| Biologie Gebläse | Light Blue | Light Blue | Light Blue | Light Blue | | Light Blue | Light Blue | | | |
| Biologie Rührwerk | Blue | Blue | | | | Blue | | | | |
| Biologie RLS Pumpen | Blue | Blue | Blue | Blue | | Blue | Blue | Blue | | |
| Faulung Rührwerk | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green | |
| Faulung Umwälzpumpen | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green | Light Green | |
| Schlammverdickung und Entwässerung | | | | | | | | | Dark Red | Dark Red |

Müller 2013, Potential der Schweizer Infrastrukturanlagen zur Lastverschiebung

| Verfahrensgruppe | Aggregategruppe | Stromverbrauch | | Betriebsstunden (für Hauptverbraucher) | |
|-------------------|-----------------------------|------------------|-------------|--|-------|
| | | [kWh/a] | [kWh/(E*a)] | [h/d] | [h/a] |
| Mechanik | Rechen | 8.444 | 0,13 | 4 | 1.460 |
| | Sandfang | 16.903 | 0,26 | 12 | 4.380 |
| | Vorklärung (inkl. PS-Pumpe) | 31.714 | 0,48 | 4 | 1.460 |
| Biologie | Belüftung | 626.312 | 9,49 | 24 | 8.760 |
| | Umwälzung | 76.892 | 1,17 | 24 | 8.760 |
| | Rezirkulation | 25.130 | 0,38 | 24 | 8.760 |
| | Rücklaufschlammförderung | 282.000 | 4,27 | 24 | 8.760 |
| Nachklärung | Nachklärung | 8.783 | 0,13 | 24 | 8.760 |
| Sonstiges | Abwasserhebewerke | 0 | 0,00 | 24 | 8.760 |
| | Filtration | 0 | 0,00 | 24 | 8.760 |
| Schlammbehandlung | Voreindickung | 30.288 | 0,46 | 12 | 4.380 |
| | Stabilisierung / Faulung | 180.811 | 2,74 | 24 | 8.760 |
| | Nacheindickung | 1.916 | 0,03 | 12 | 4.380 |
| | Entwässerung | 41.369 | 0,63 | 8 | 2.920 |
| | Sonstiges | 0 | 0,00 | 8 | 2.920 |
| Infrastruktur | Lüftung | 100.050 | 1,50 | 24 | 8.760 |
| | Elektroheizung | 13.340 | 0,20 | 8 | 2.920 |
| | Allgemein (Licht, o.ä.) | 13.340 | 0,20 | 8 | 2.920 |
| | Brauchwasser | 28.680 | 0,43 | 8 | 2.920 |
| | Sonstiges | 129 | 0,00 | 8 | 2.920 |
| Summe | | 1.486.101 | 22,5 | | |



| Verfahrensgruppe | Aggregategruppe | Stromverbrauch | | Betriebsstunden (für Hauptverbraucher) | | spezifische Aggregateleistung [W/E] | Abschaltzeit [min] | minimale Laufzeit [min] | Gleichzeitigkeitsfaktor $g = Bh/8760$ [-] | Potential Lastabwurf [W/E] |
|-------------------|-----------------------------|------------------|-------------|--|-------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------|---|----------------------------|
| | | [kWh/a] | [kWh/(E*a)] | [h/d] | [h/a] | | | | | |
| Mechanik | Rechen | 8.444 | 0,13 | 4 | 1.460 | 0,09 | - | - | 0,17 | - |
| | Sandfang | 16.903 | 0,26 | 12 | 4.380 | 0,06 | 60 | 60 | 0,50 | 0,01 |
| | Vorklärung (inkl. PS-Pumpe) | 31.714 | 0,48 | 4 | 1.460 | 0,33 | 30 | 30 | 0,17 | 0,03 |
| Biologie | Belüftung | 626.312 | 9,49 | 24 | 8.760 | 1,08 | 30 | 30 | 1,00 | 0,54 |
| | Umwälzung | 76.892 | 1,17 | 24 | 8.760 | 0,13 | 30 | 30 | 1,00 | 0,07 |
| | Rezirkulation | 25.130 | 0,38 | 24 | 8.760 | 0,04 | 30 | 30 | 1,00 | 0,02 |
| | Rücklaufschlammförderung | 282.000 | 4,27 | 24 | 8.760 | 0,49 | 120 | 30 | 1,00 | 0,39 |
| Nachklärung | Nachklärung | 8.783 | 0,13 | 24 | 8.760 | 0,02 | | | 1,00 | |
| Sonstiges | Abwasserhebwerke | 0 | 0,00 | 24 | 8.760 | 0,00 | - | - | 1,00 | - |
| | Filtration | 0 | 0,00 | 24 | 8.760 | 0,00 | - | - | 1,00 | - |
| Schlammbehandlung | Voreindickung | 30.288 | 0,46 | 12 | 4.380 | 0,10 | - | - | 0,50 | - |
| | Stabilisierung / Faulung | 180.811 | 2,74 | 24 | 8.760 | 0,31 | 30 | 30 | 1,00 | 0,16 |
| | Nacheindickung | 1.916 | 0,03 | 12 | 4.380 | 0,01 | 30 | 30 | 0,50 | 0,00 |
| | Entwässerung | 41.369 | 0,63 | 8 | 2.920 | 0,21 | 120 | 120 | 0,33 | 0,04 |
| | Sonstiges | 0 | 0,00 | 8 | 2.920 | 0,00 | - | - | 0,33 | - |
| Infrastruktur | Lüftung | 100.050 | 1,50 | 24 | 8.760 | 0,17 | - | - | 1,00 | - |
| | Elektroheizung | 13.340 | 0,20 | 8 | 2.920 | 0,07 | - | - | 0,33 | - |
| | Allgemein (Licht, o.ä.) | 13.340 | 0,20 | 8 | 2.920 | 0,07 | - | - | 0,33 | - |
| | Brauchwasser | 28.680 | 0,43 | 8 | 2.920 | 0,15 | - | - | 0,33 | - |
| | Sonstiges | 129 | 0,00 | 8 | 2.920 | 0,00 | - | - | 0,33 | - |
| | Summe | 1.486.101 | 22,5 | | | 3,3 | | | | 1,3 |

Gesamtleistung:

$$P_{\text{Mittel}} = 220 \text{ kW}$$

$$P_{\text{Last}} = 80 \text{ kW}$$

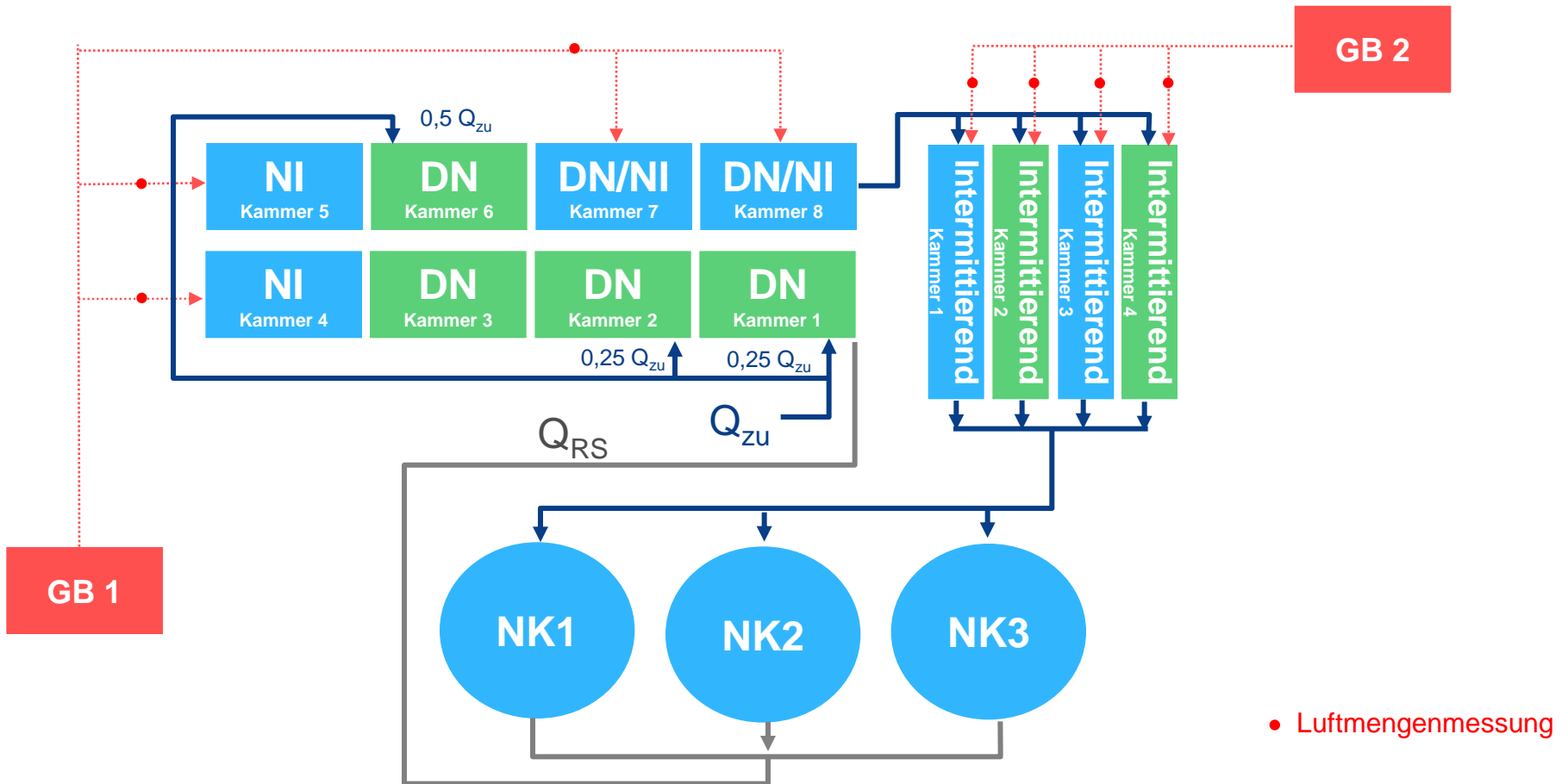
| | Zeitpunkt | Dauer | | | | abgeschaltetes Aggregat | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|--------|--------|--------|---------|-------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|--|
| | | 15 min | 30 min | 60 min | 120 min | BB1 | | | BB2 | | | | |
| | | | | | | GB 1 | GB 2 | GB 3 | GB 1 | GB 2 | GB 3 | GB 4 | |
| Gebälse | | | | | | | | | | | | | |
| Belebungsbecken 1 | | | | | | | | | | | | | |
| LF max | 11:00 | x | | | | x | x | x | | | | | |
| | | | x | | | x | x | x | | | | | |
| | | | | x | | x | x | x | | | | | |
| Belebungsbecken 2 | | | | | | | | | | | | | |
| LF max | 11:00 | x | | | | | | | x | x | x | x | |
| | | | x | | | | | | x | x | x | x | |
| | | | | x | | | | | x | x | x | x | |
| | Zeitpunkt | Dauer | | | | abgeschaltetes Aggregat | | | | | | | |
| | | 15 min | 30 min | 60 min | 120 min | RSP 1 | | | RSP 2 | | | | |
| | | | | | | RSP 1 | RSP 2 | RSP 3 | | | | | |
| Rücklaufschlammpumpe | | | | | | | | | | | | | |
| LF max | 11:00 | | x | | | x | x | x | | | | | |
| | | | | x | | x | x | x | | | | | |
| | | | | | x | x | x | x | | | | | |

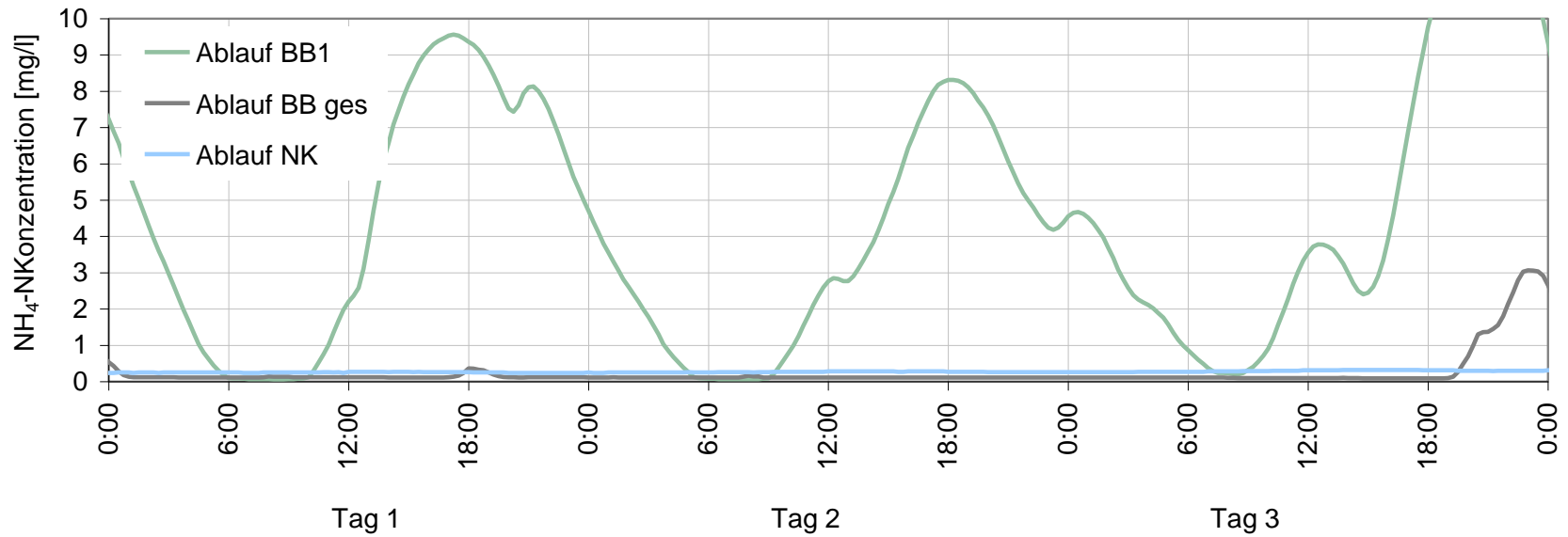
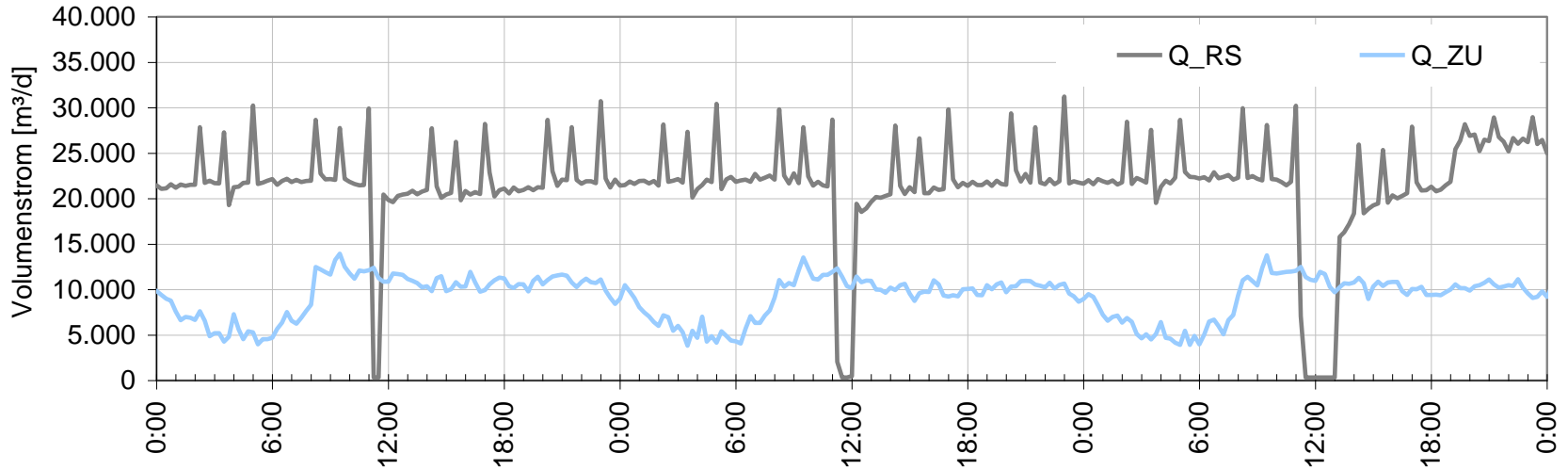
Belebungsbecken 1

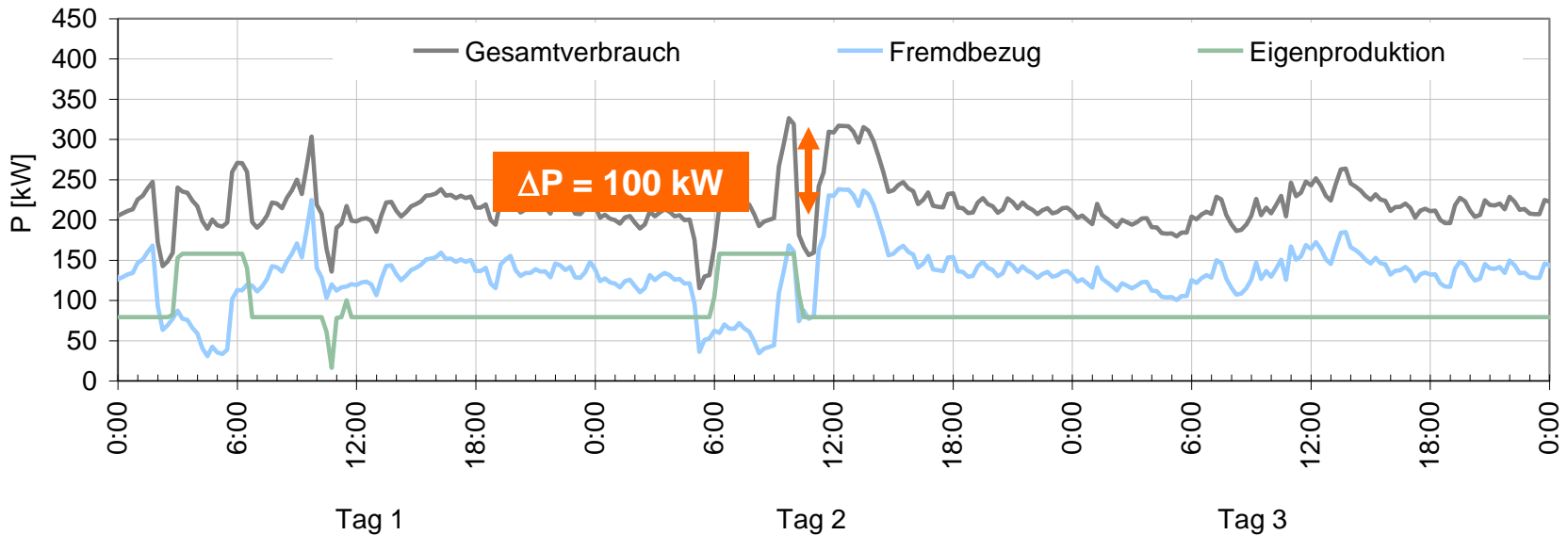
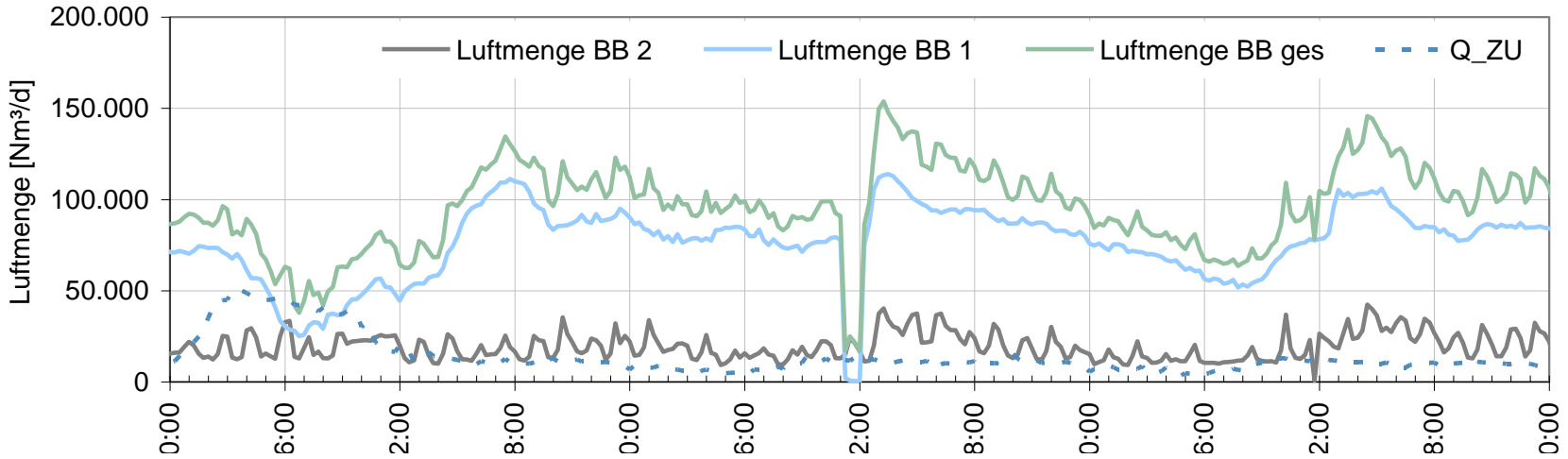
Kontinuierliche Belüftung
2er-Kaskade

Belebungsbecken 2

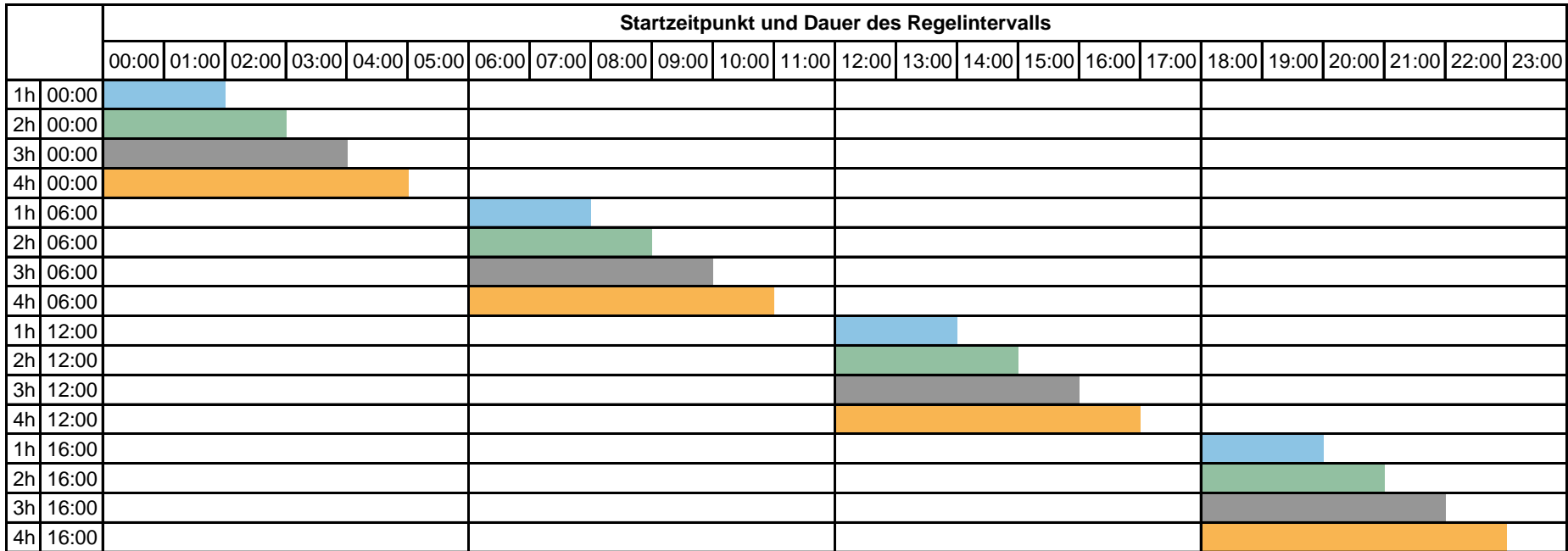
Intermittierende Belüftung
Parallelbetrieb



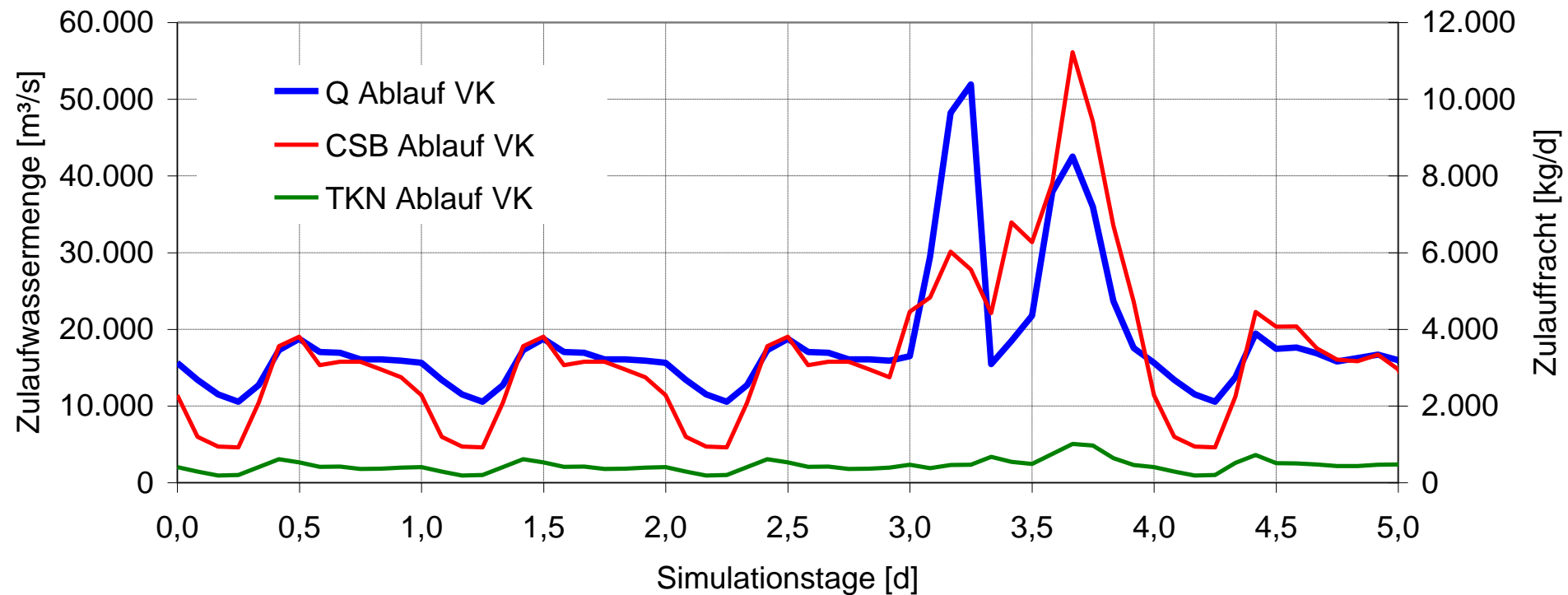


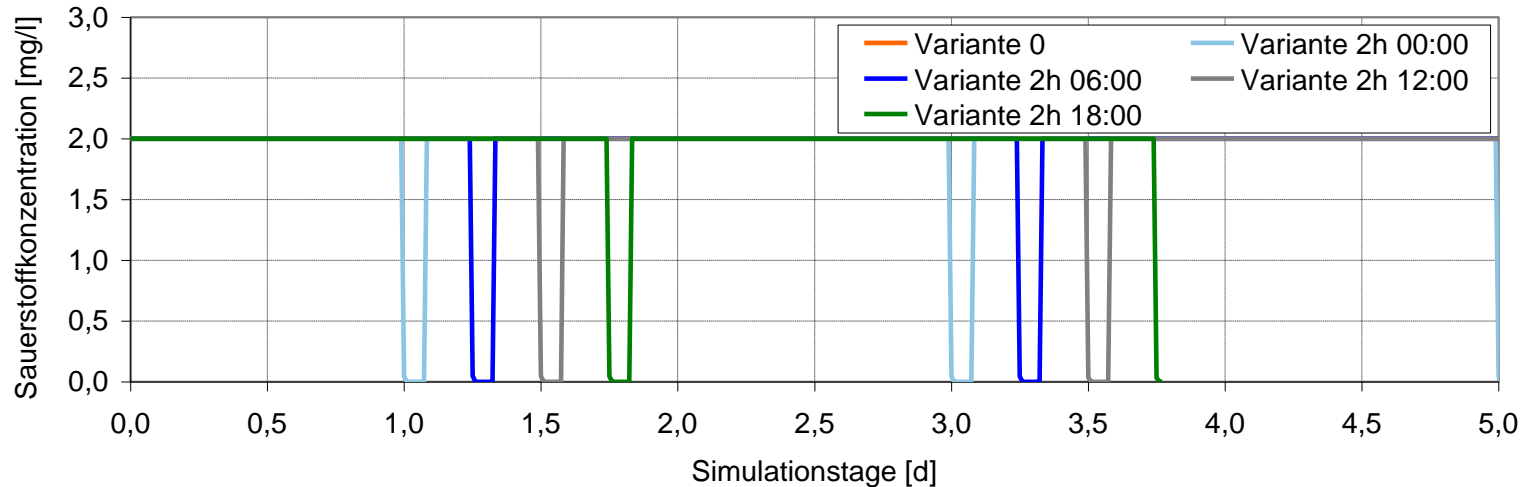
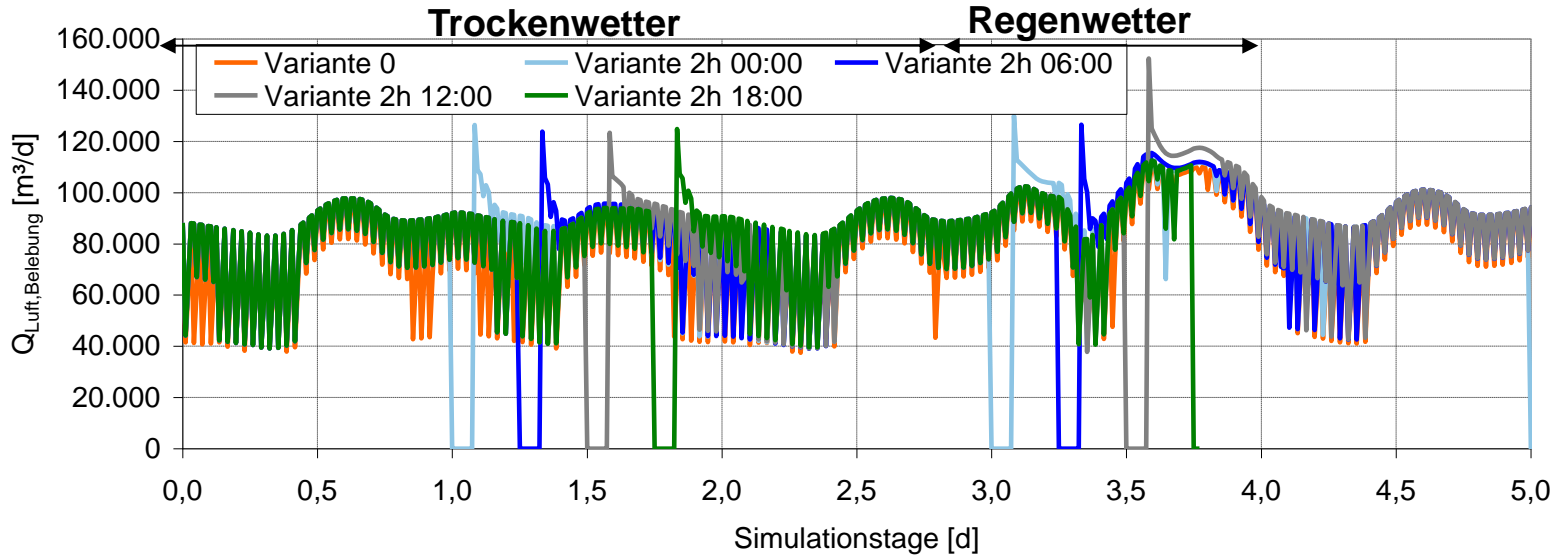


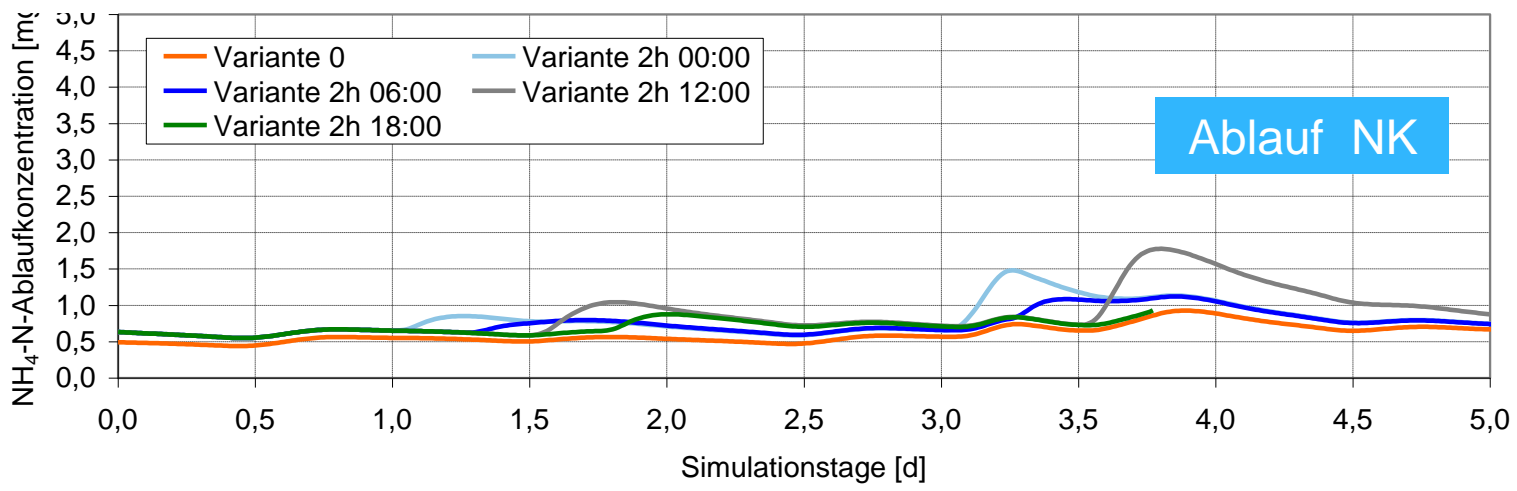
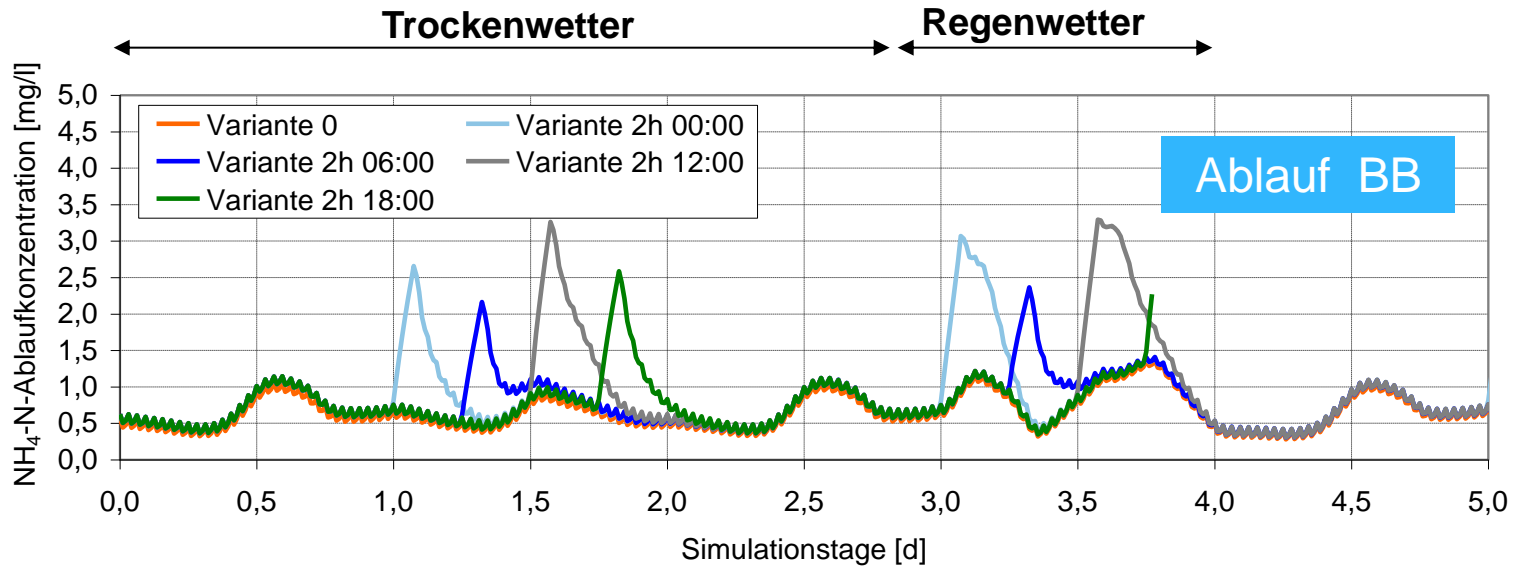
- Simulation Lastabwurf für Gebläse und RS-Förderung
- Variation der Dauer (1h-4h) und des Zeitpunktes des Lastabwurfs

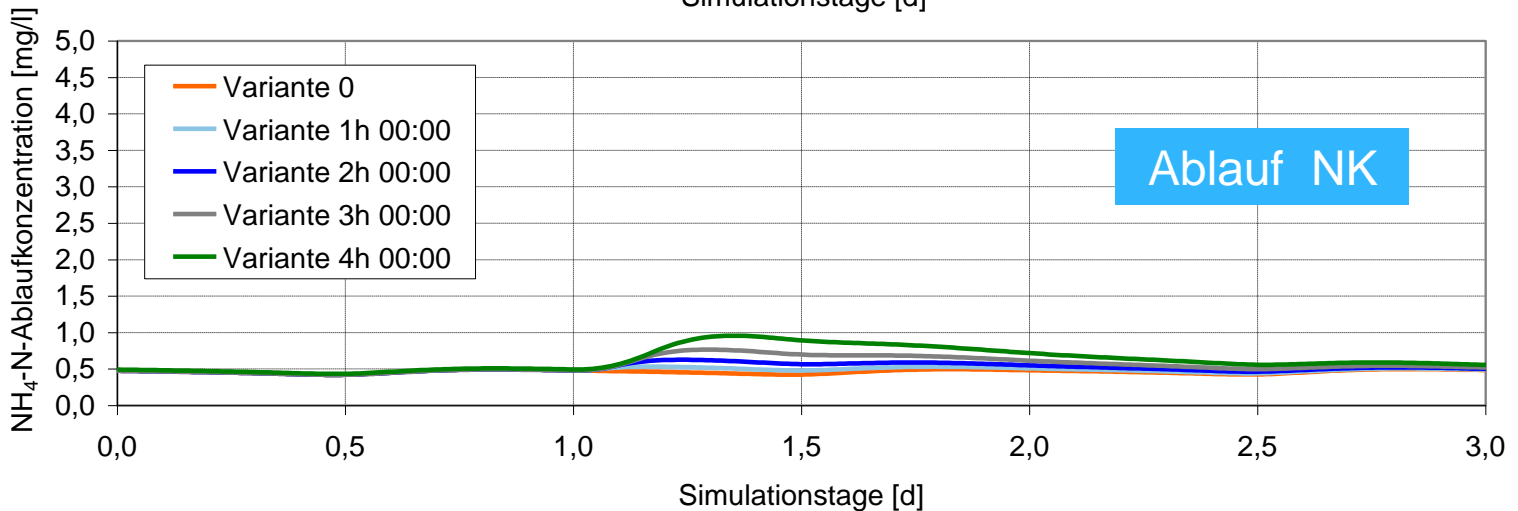
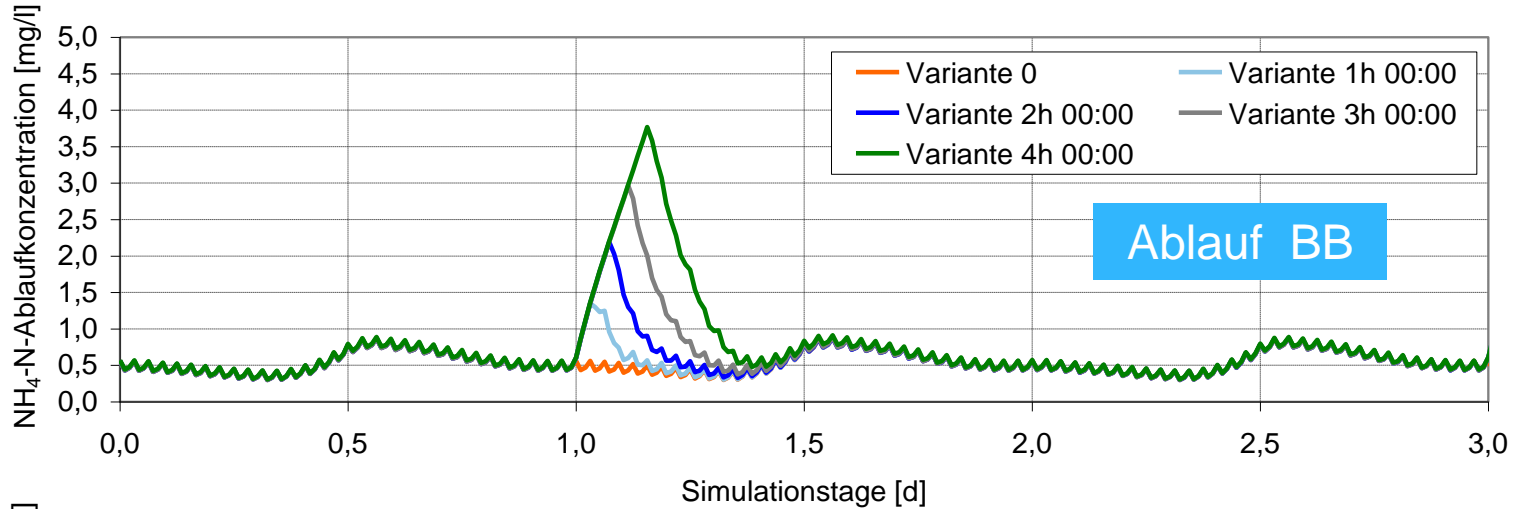


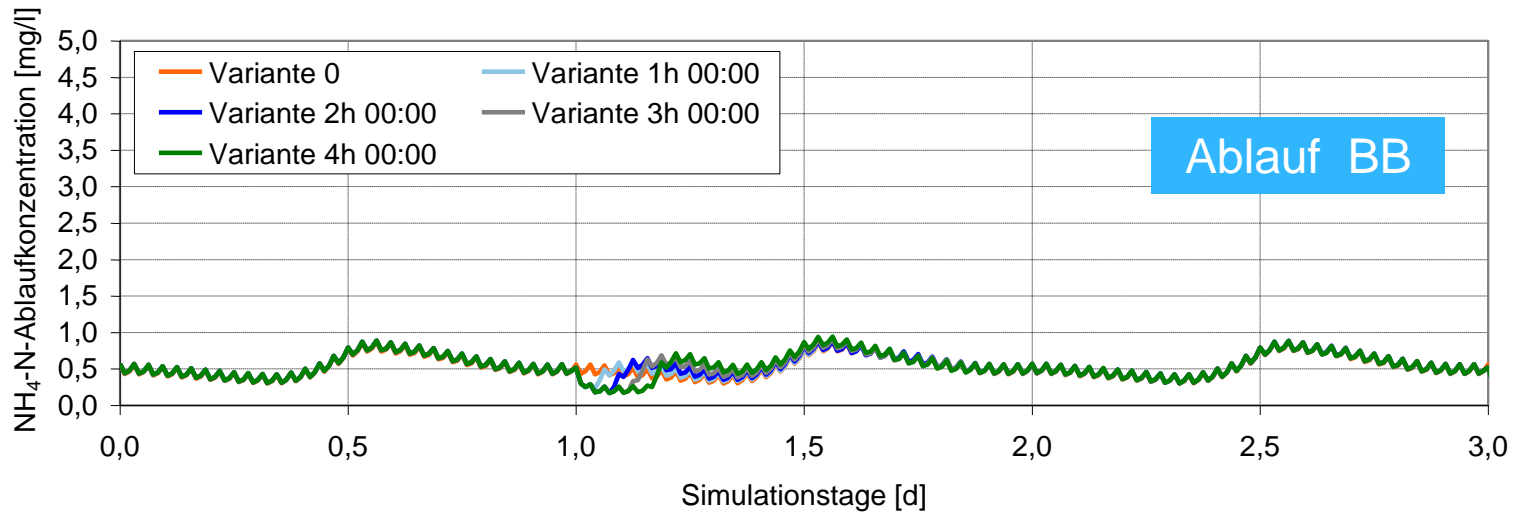
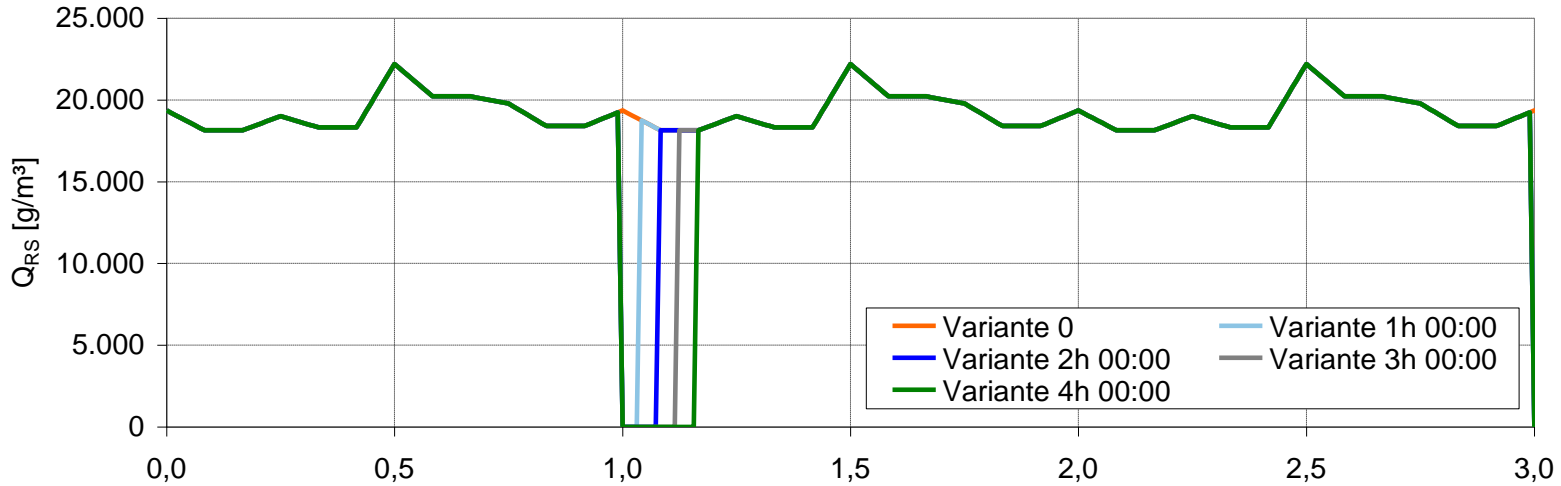
- 3 TW-Tage + 1 RW-Tag
- Mittlere Temperatur: 15°C

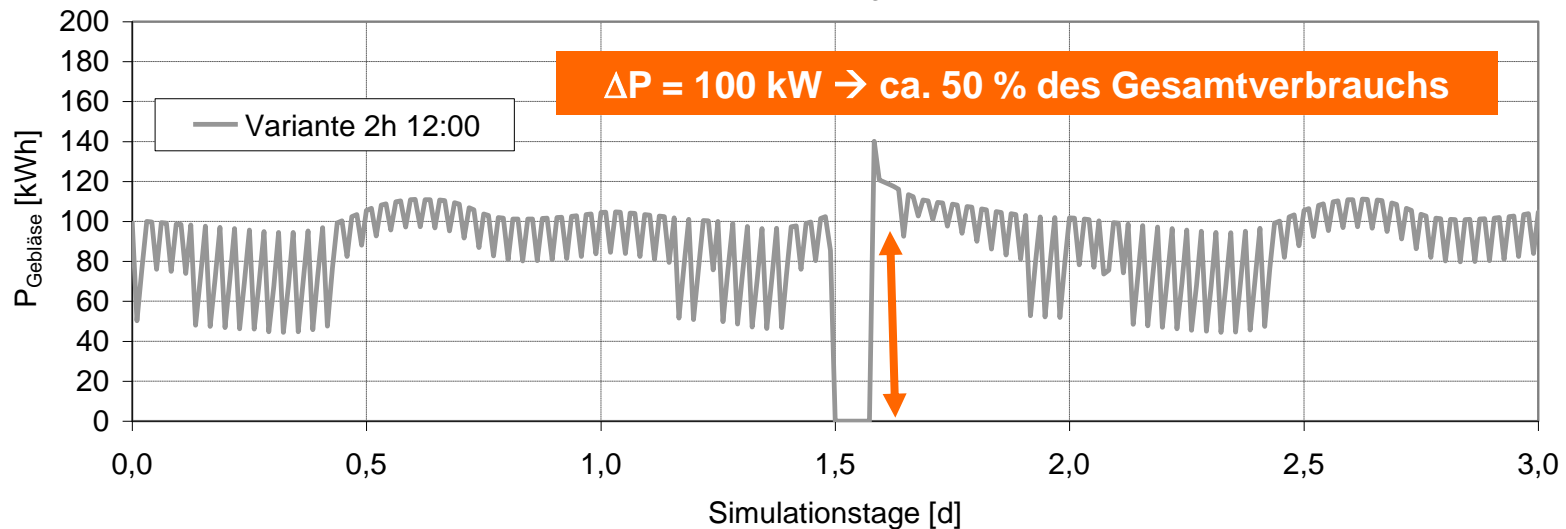
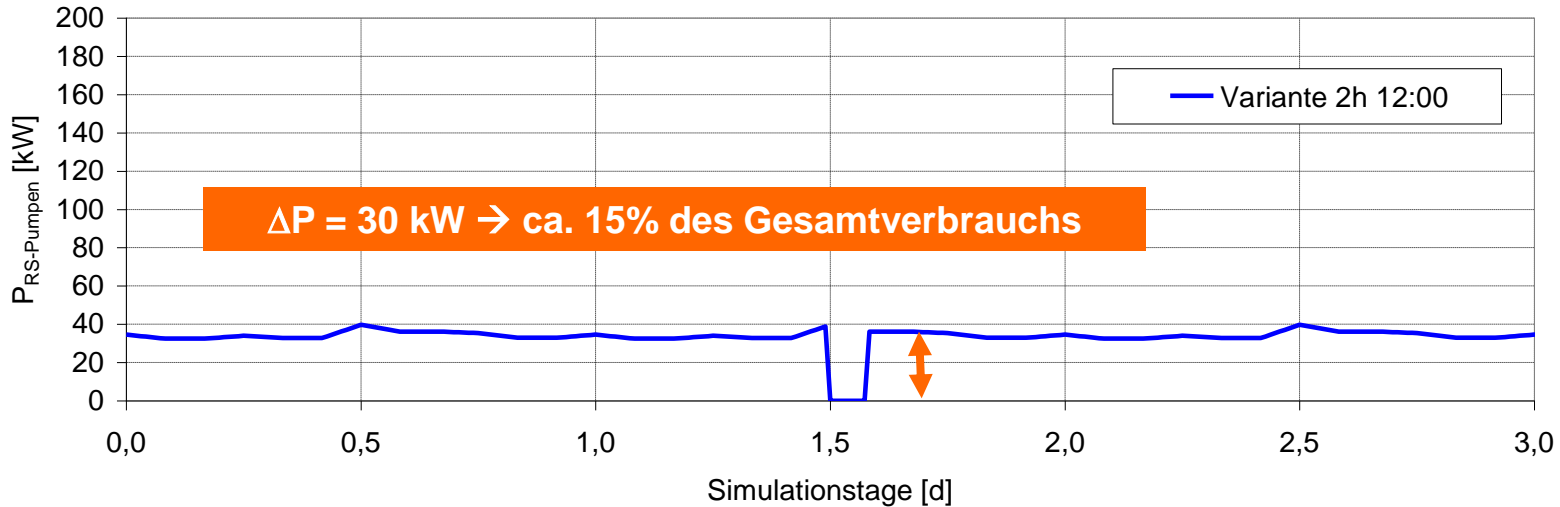














- **Auf der Kläranlage Radevormwald besteht ein Regel- und Speicherpotential**
- **Das Wegschalten der Gebläse und der Rücklaufschlammumpfen hat bei Trockenwetterbedingungen nur einen geringen Einfluss auf die Reinigungsleistung**
- **Das Wegschalten der Gebläse führt zu einer Verschiebung der Lastspitze hier wird eine Begrenzung der Startleistung der Gebläse empfohlen**

- **Erweiterung des Simulationsmodell um die Schlammbehandlung**
- **Einbindung weiterer Regel- und Speicherbausteine für die KA Radevormwald in das Simulationsmodell**
- **Ermittlung des Regelpotential in Abhängigkeit von der schwankenden Zulaufbelastung**
- **Ableitung von Regelkonzepten für die Bereitstellung von Regelenergie unter Gewährleistung einer ausreichenden Ablaufqualität**
- **Testen von automatisierten Regeleingriffen auf der Kläranlage**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Abschlussveranstaltung Interreg-Projekt INNERS:

Der Wasserkreislauf als Energielieferant am 2.6.2015 in Wuppertal



WUPPERVERBAND
für Wasser, Mensch und Umwelt

WiW
Wuppertal Wasserwirtschaft mbH



BECKER BÜTTNER HELD

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

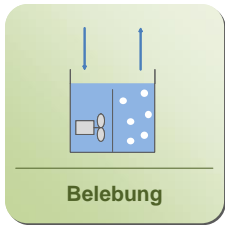


NaWaM
Nachhaltiges Wassermanagement



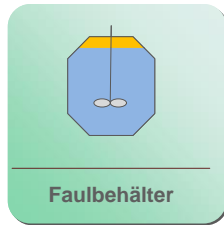
ERWAS

Vorhandene Energiebausteine einer Kläranlage und optionale Weiterentwicklungen



Die notwendige Belüftung des Belebungsbeckens stellt den größte Stromverbraucher dar.

Regelmöglichkeiten:
-intermittierende Fahrweise
-Einsatz von Reinsauerstoff statt verdichteter Luft



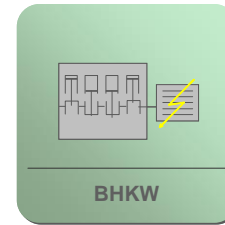
Kläranlagen mit anaerober Schlammstabilisierung erzeugen kontinuierlich Klärgas mit 65% Methananteil.

Regelmöglichkeit:
-gezielte Co-Vergärung von biolog. abbaubaren Reststoffen
-Methan/H₂ Zugabe



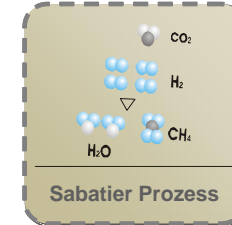
Kläranlagen verfügen über Gasspeicher in denen das anfallende Klärgas im Mittel über etwa 12 Std. gespeichert werden kann.

Regelmöglichkeit:
- Voraussetzung für geregelten betrieb des BHKW



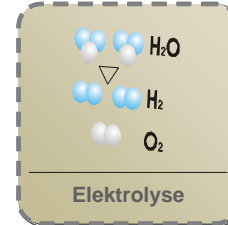
Blockheizkraftwerke zur Verstromung des Klärgases versorgen über die Abwärme die Faulung mit notwendiger Wärme.

Regelmöglichkeit:
- strom-/wärme- oder gasgeführt jeweils nach internen oder externen Vorgaben



Chemische Reaktion bei der Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff in Methan und Wasser umgewandelt werden.

Regelmöglichkeit:
- Steuerung nach externen Vorgaben (Netzsituation)



Unter Einsatz von Strom wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff umgewandelt.

Regelmöglichkeit:
- Steuerung nach externen Vorgaben (Netzsituation)
- produzierter Sauerstoff kann in der Belebung verwendet werden.

