

# Ist eine stabile simultane Nitrifikation und Denitrifikation möglich?

Fallbeispiel  
Kläranlage Malente

- Lena Drummer -

# Übersicht

1. Motivation und Ausgangssituation
2. Theoretische Grundlagen
3. Umsetzung
4. Ergebnisse
5. Fazit
6. Quellen

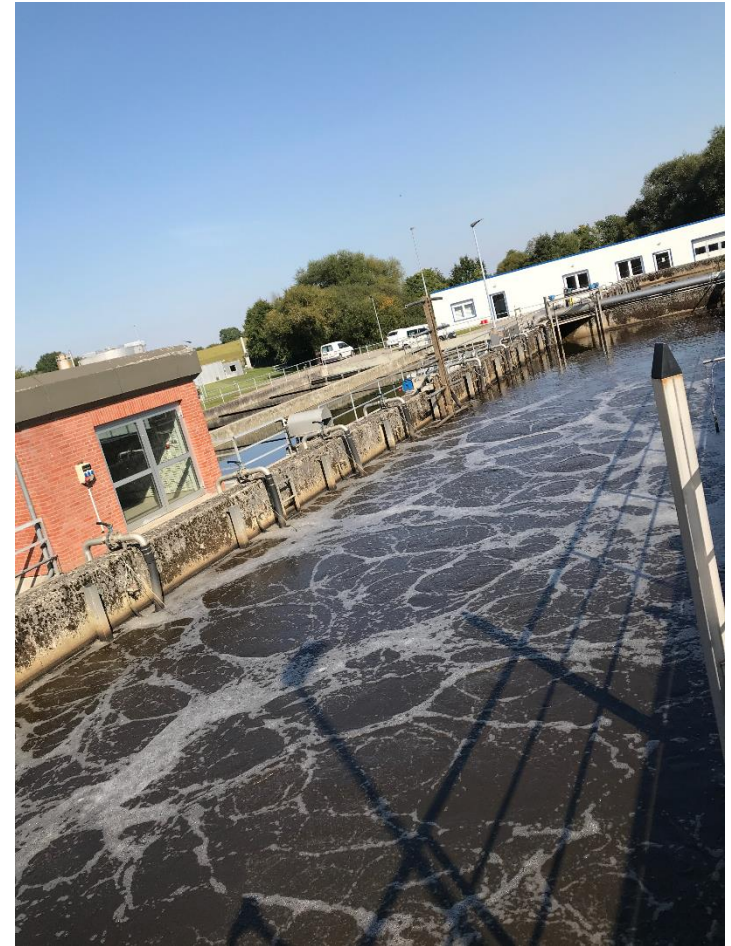


Bild 1: Belebungsbecken KA Malente



# 1. Motivation und Ausgangssituation

## Masterarbeit



ZWECKVERBAND OSTHOLSTEIN

Kläranlage Malente

INGENIEURBÜRO  
FRIEDRICH GmbH



Technische  
Universität  
Berlin

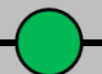
FG Siedlungswasserwirtschaft



Bild 2: Politische Karte Norddeutschland (Diercke, 2021)

### Titel der Masterarbeit:

„Entwicklung, Simulation und Optimierung eines Reglers für simultane Nitrifikation und Denitrifikation (SND) auf der Kläranlage Malente“



# 1. Motivation und Ausgangssituation

## Kläranlage Malente

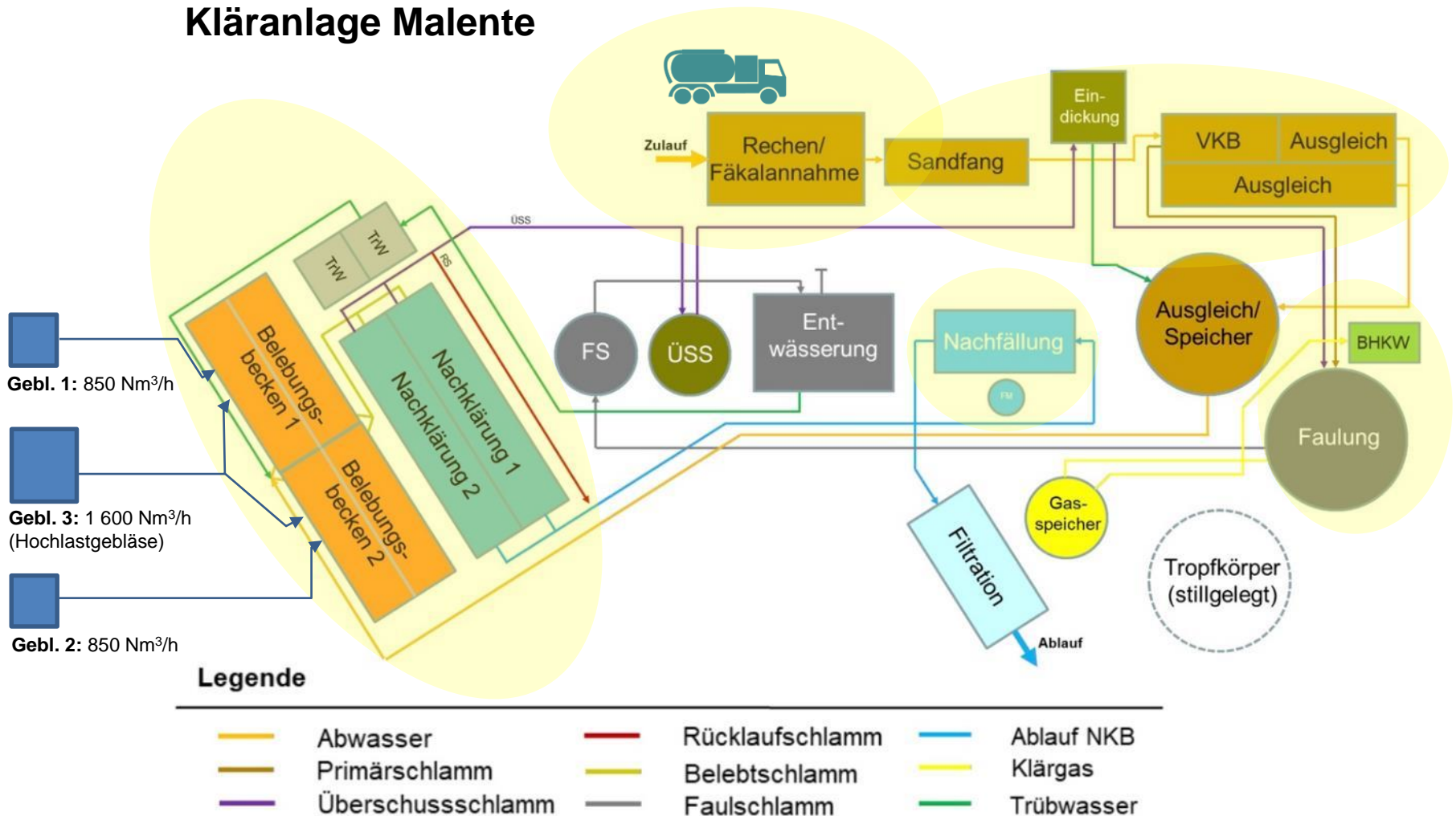


Bild 3: Schematische Darstellung der Kläranlage Malente (IBF, 2018)

# 1. Motivation und Ausgangssituation

## Leistungsbedarf

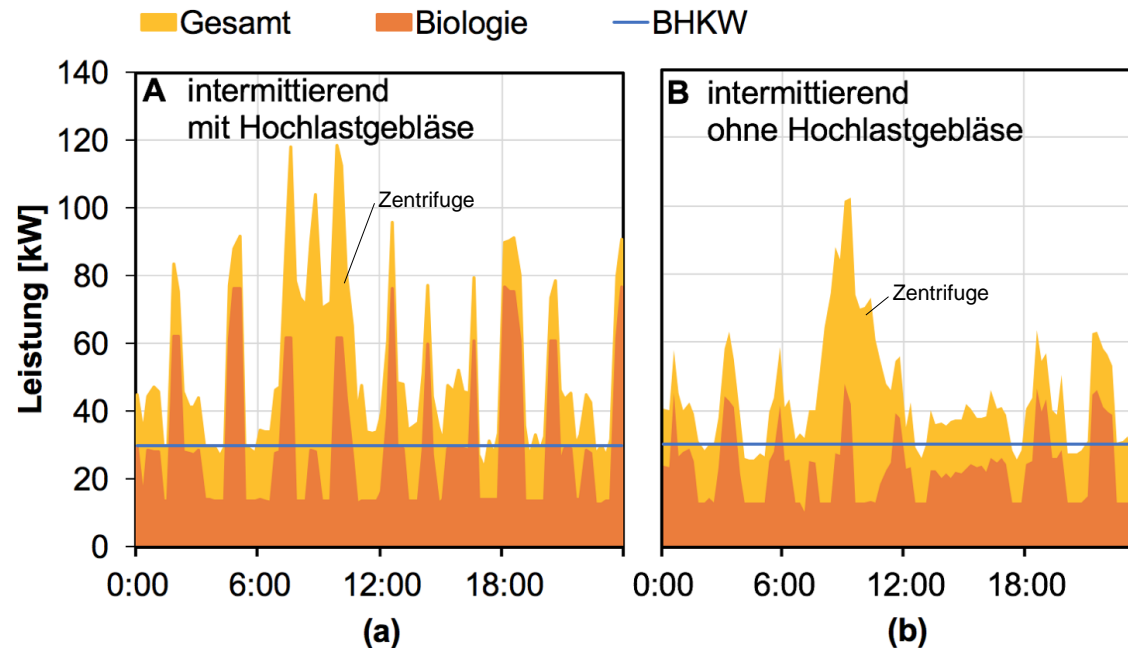


Bild 4: Lastgang der Kläranlage über 24 h

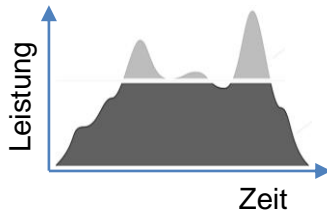
- Das Ein- und Abschalten der Gebläse ist charakteristisch für den Lastgang der gesamten Kläranlage

# 1. Motivation und Ausgangssituation

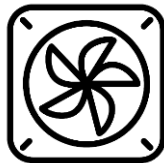
## Gründe für die Umstellung auf SND auf der KA Malente



Reduzierung des Stromverbrauchs



Vergleichmäßigung des Stromverbrauchs und Senken der Vorhalteleistung beim EVU

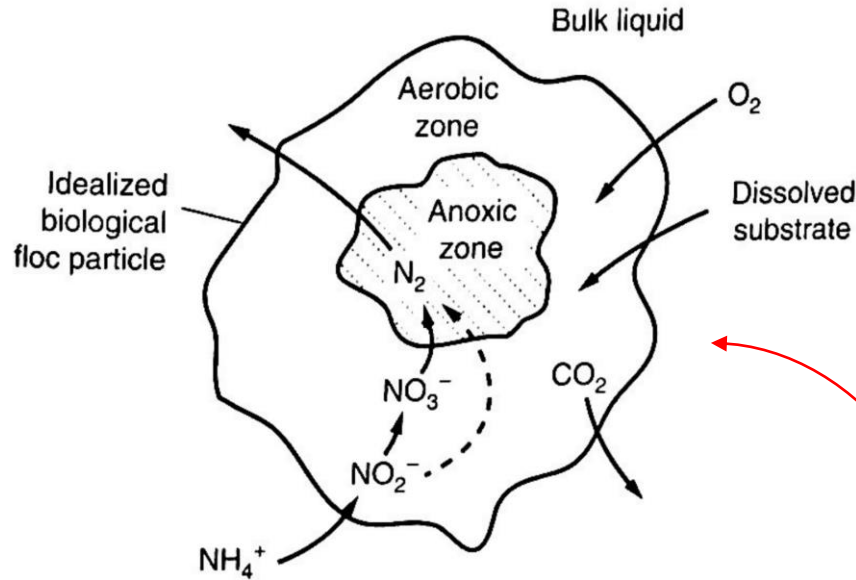


Bessere Nutzung der vorhandenen Gebläse



# 2. Theoretische Grundlagen

## Bau und Betriebsweise von Belebungsbecken



**Forschungsfrage:** Welche Regelstrategie erlaubt eine stabile SND auf der Kläranlage Malente?

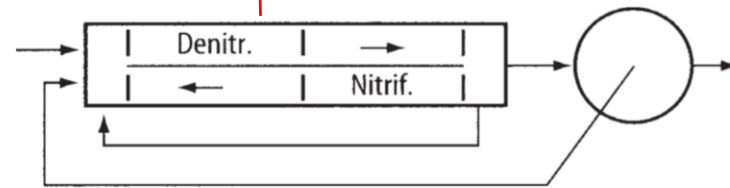


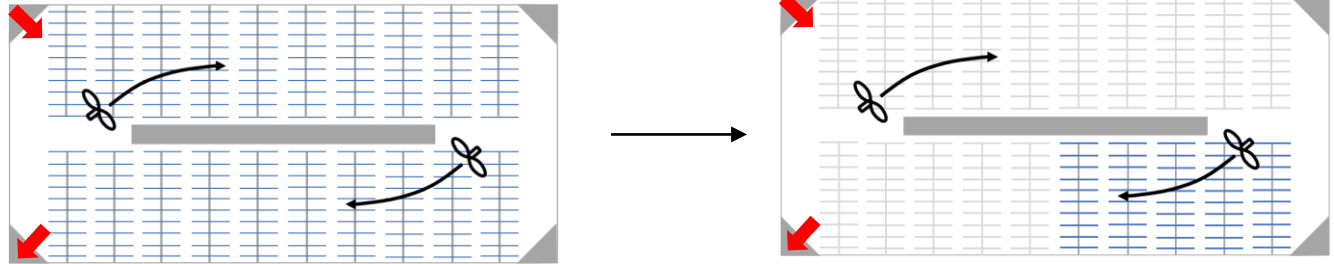
Bild 6: Schematische Darstellung einer Belebtschlammflocke (METCALF & EDDY, 2013)

Bild 5: Schematische Darstellung der Bau- und Betriebsweisen von Belebungsbecken (ATV, 1997)

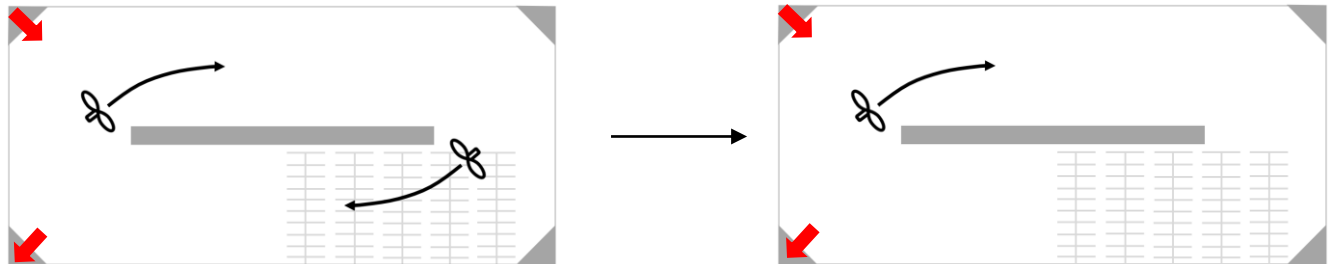
# 3. Umsetzung

## Vorbereitung des Belebungsbeckens auf SND

Reduzierung der Belüfter-Stränge:



Reduzierung der Umlaufgeschwindigkeit:



$$v_{\text{Umlauf}} = 0,27 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{Umlauf}} = 0,18 \text{ m/s}$$

Bild 7: Schematische Darstellung der Veränderungen am Belebungsbecken





# 3. Umsetzung

## Entwicklung und Optimierung des Reglers für die SND

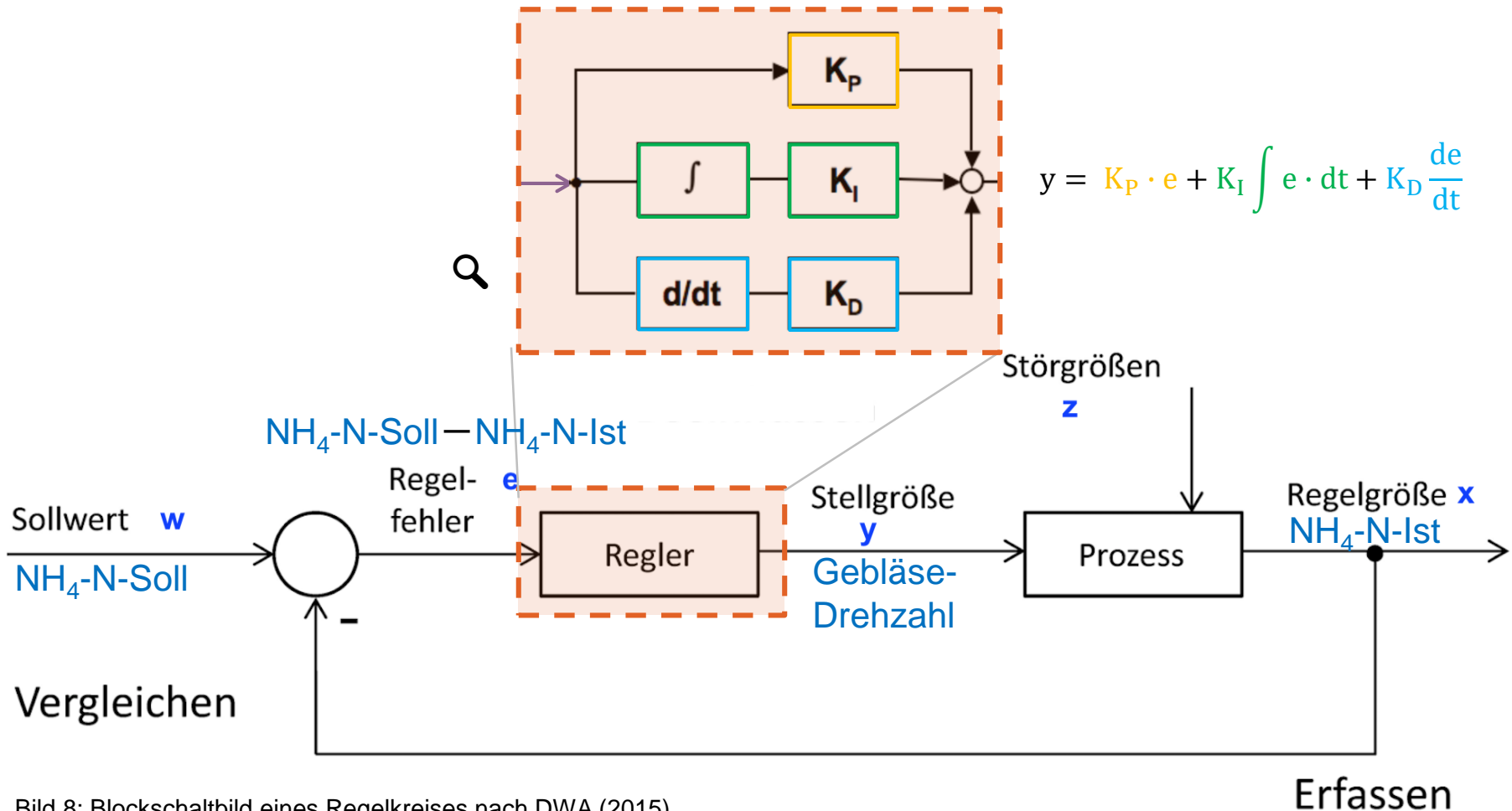


Bild 8: Blockschaltbild eines Regelkreises nach DWA (2015)

# 4. Ergebnisse

Ist eine stabile simultane Nitrifikation und Denitrifikation möglich? Ja!

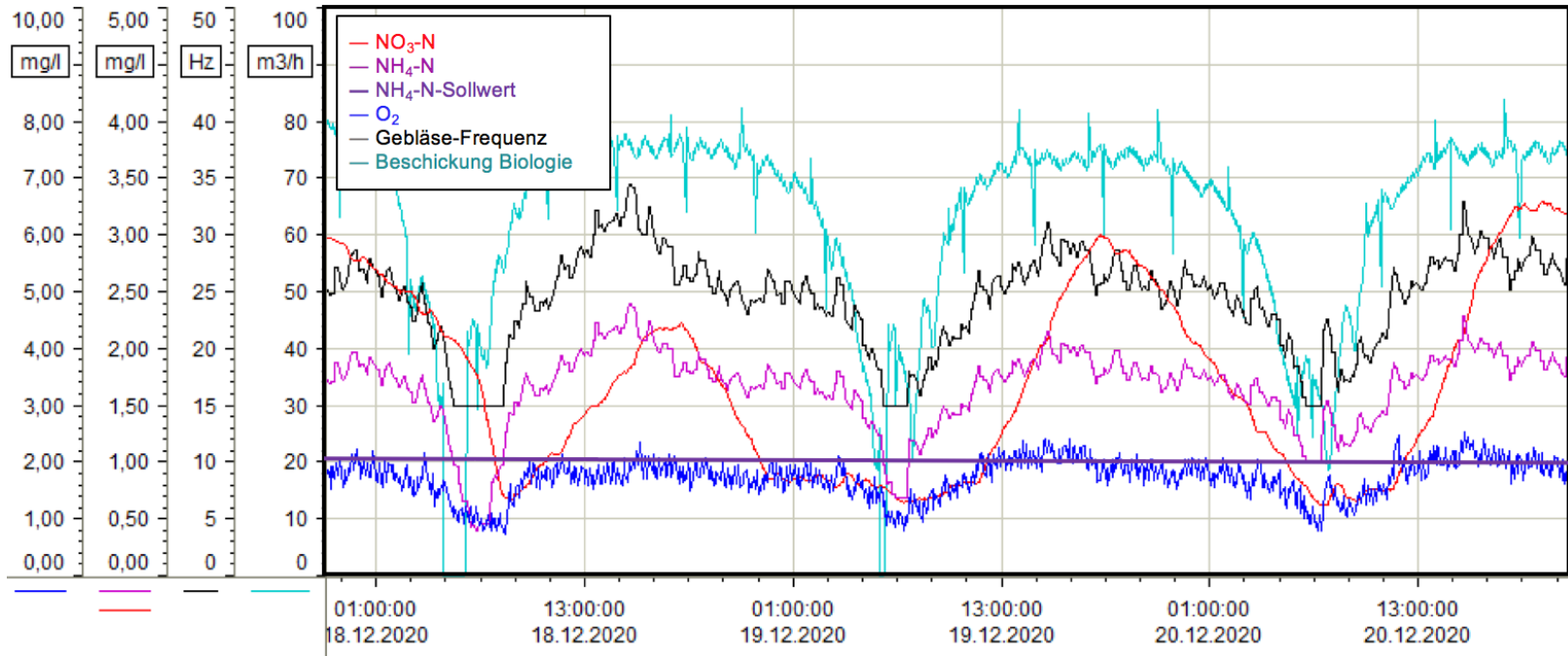


Bild 9: NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, O<sub>2</sub>, sowie Gebläsefrequenz und Beschickung der Biologie (Screenshot aus dem PLS der KA Malente)

- NH<sub>4</sub>-N kann zwischen 0,5 und 2,5 mg/l gehalten werden, der Regler verhindert weiteres Ansteigen
- NO<sub>3</sub>-N bleibt unterhalb von 3,5 mg/l
- Anstieg und Absinken im Tagesverlauf sind Abhängig von der Beschickung der Biologie

# 4. Ergebnisse

## Störgrößen

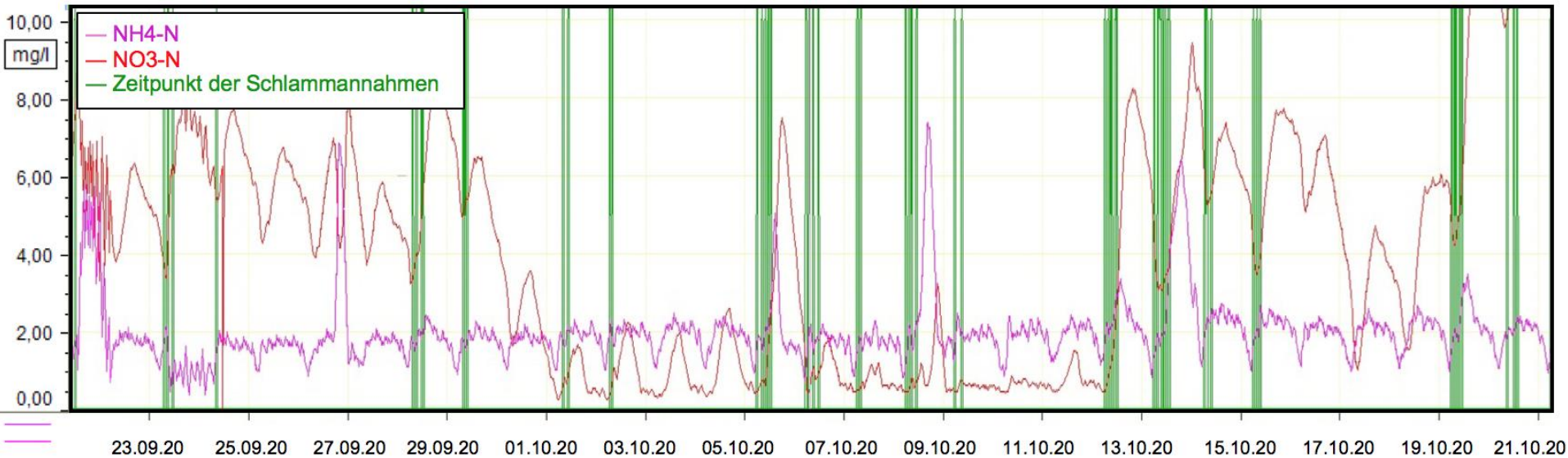


Bild 10:  $\text{NH}_4\text{-N}$ - und  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentration, sowie Zeitpunkte der Schlammannahmen (Screenshot aus dem PLS der KA Malente)

- Nach Schlammannahmen steigt  $\text{NO}_3\text{-N}$  zeitweise auf  $> 10$  mg/l
- C/N-Verhältnis wird durch Schlammannahmen bis auf 4 abgesenkt → Denitrifikation wird gebremst
- Eingreifen über den Regler nicht möglich, da nur  $\text{NH}_4\text{-N}$  eine Regelgröße ist

# 4. Ergebnisse

## Energetische Betrachtung

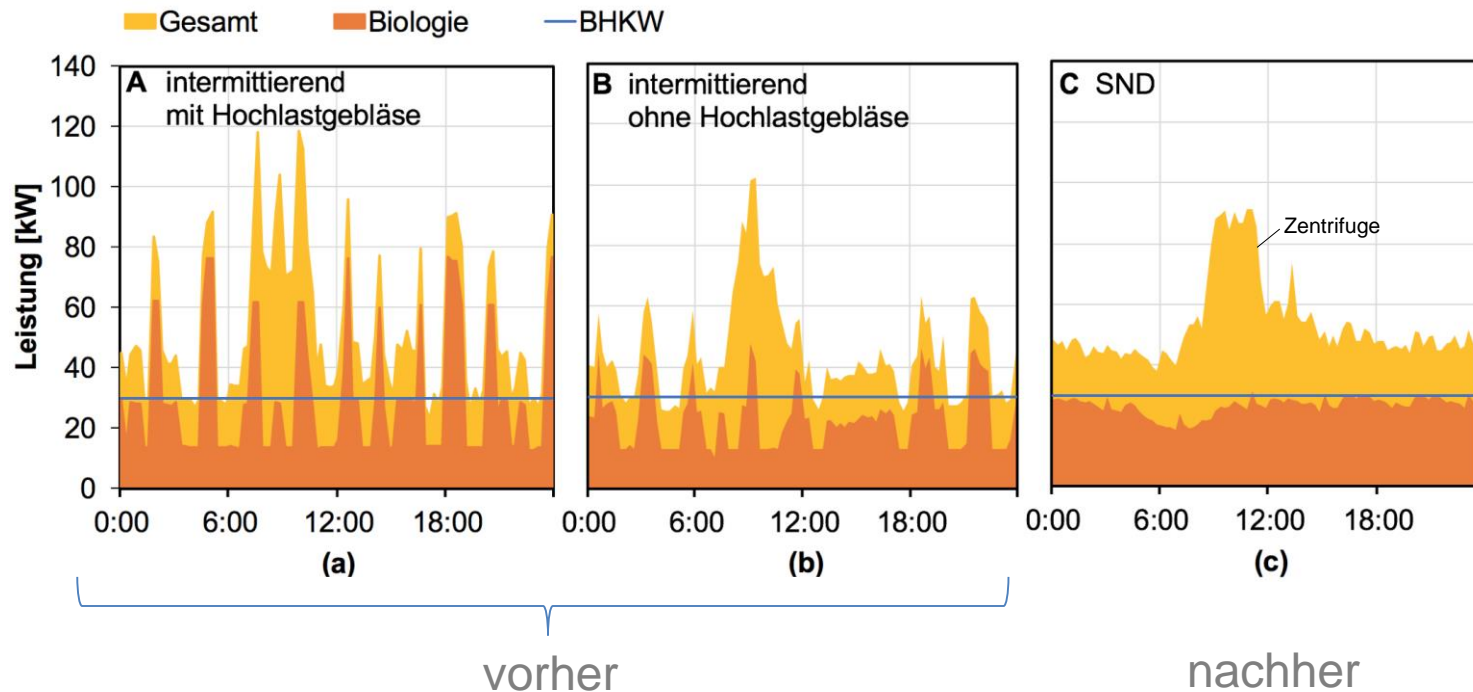


Bild 11: Lastgang der Kläranlage über 24 h für drei Varianten (exportierte Daten aus dem PLS der KA Malente)

- Deutliche Vergleichmäßigung des Leistungsbedarfs
- Biologische Stufe dauerhaft < 30 kW

# 4. Ergebnisse

## Status quo: Ein Jahr nach der Umstellung

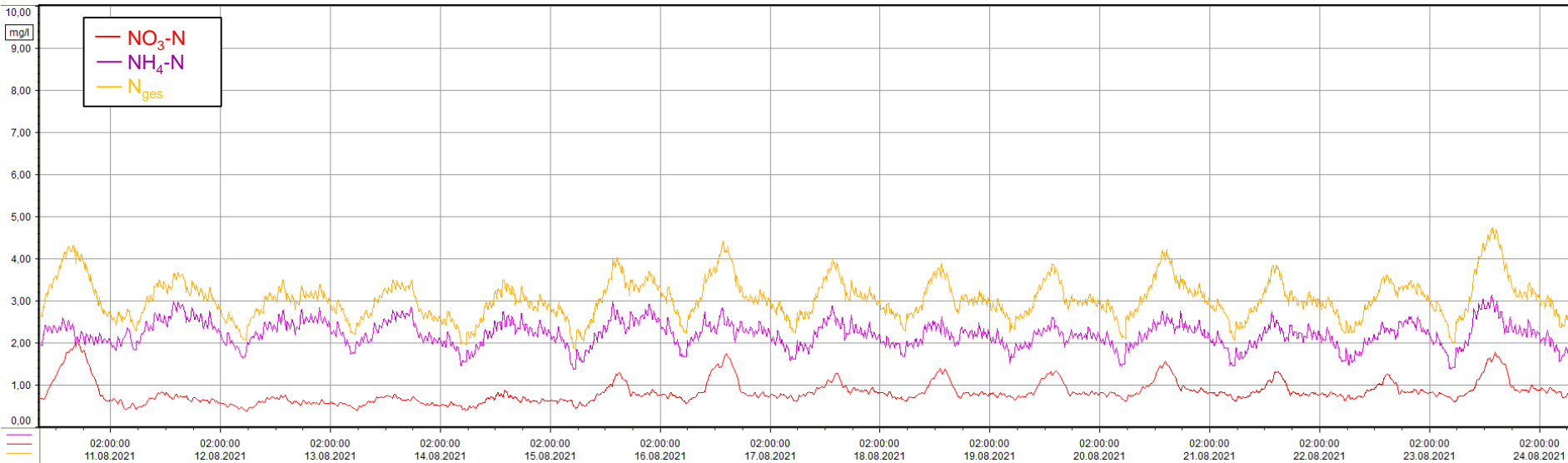
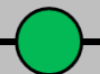


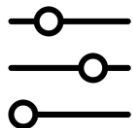
Bild 12: NH<sub>4</sub>-N-, NO<sub>3</sub>-N und N<sub>ges</sub>-Konzentration über 14 Tage (Screenshot aus dem PLS der KA Malente)

- N<sub>ges</sub> dauerhaft < 5 mg/l
- NO<sub>3</sub>-N die meiste Zeit < 1 mg/l
- Stabiler Betrieb seit August 2020



# 5. Fazit und Ausblick

## Ist eine stabile simultane Nitrifikation und Denitrifikation möglich?



Der  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Regler erlaubt eine flexible Einstellung der  $\text{O}_2$ -Konzentration, bei der eine simultan ablaufende Nitrifikation und Denitrifikation gewährleistet wird



Das C/N-Verhältnis hat sich als wichtiger Faktor für das Gelingen der SND gezeigt



- Vergleichmäßigung des Stromverbrauchs
- Verbesserte Deckung des Strombedarfs mit der Eigenstromproduktion
- Reduzierter Stromverbrauch
- Großes Gebläse wird nicht mehr eingesetzt



Ist eine stabile simultane Nitrifikation und Denitrifikation auch in volldurchmischten Becken möglich?

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

---

# Quellen

ATV (1997)	ATV: Biologische und weitergehende Abwasserreinigung. 4. Aufl. Abwassertechnische Vereinigung - Handbuch (ed) Berlin: Ernst & Sohn Verlag, 1997.
DWA (2016)	DWA: Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen. Juni 2016. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, 2016.
Diercke (2021)	Diercke Weltatlas, Westermann Schulbuch, 2021.
IBF (2018)	IBF: Belastungsstudie Kläranlage Malente. Schwerin: Ingenieurbüro Friedrich, 2018.
METCALF & EDDY (2013)	Metcalf & Eddy: Wastewater engineering: treatment and reuse. 4th ed. Boston: McGraw-Hill, 2013.
UBA (2018)	UBA: Energieeffizienz kommunaler Kläranlagen. Fachgebiet III 2.5 – Überwachungsverfahren, Abwasserentsorgung. p. 10. 2008.
Icons:	The Noun Project, <a href="https://thenounproject.com/">https://thenounproject.com/</a>