

# **Ermittlung von Lachgasquellen auf der Kläranlage Flensburg**



Jan Philipp Schnack & Robin Schauser

# Lachgas

- Bei der biologischen Abwasserreinigung entsteht neben Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) auch Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ )
- Atmosphärische Lebensdauer von 100 bis 200 Jahren
- Kann langfristig zum Treibhauseffekt in der Atmosphäre und Ozonzerstörung in der Stratosphäre führen
- $\text{N}_2\text{O}$  ist 300-mal klimaschädlicher als  $\text{CO}_2$



Quelle: Sümer, E., Benckiser, G., Ottow, J.C.G. (1996). Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ )-Freisetzung aus Belebungsbecken von Kläranlagen in Abhängigkeit von den Abwassereigenschaften. In: Ökologie der Abwasserorganismen. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-61423-1\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-642-61423-1_14)

# Problematik

- $\text{N}_2\text{O}$  ist ein Zwischenprodukt während der Stickstoffumwandlung
- bei unzureichender Kontrolle der Prozessbedingungen findet Umwandlung nicht ausreichend statt  $\rightarrow$   $\text{N}_2\text{O}$  wird emittiert
- Lachgasemissionen verantwortlich für einen Großteil der Gesamtemissionen von Kläranlagen

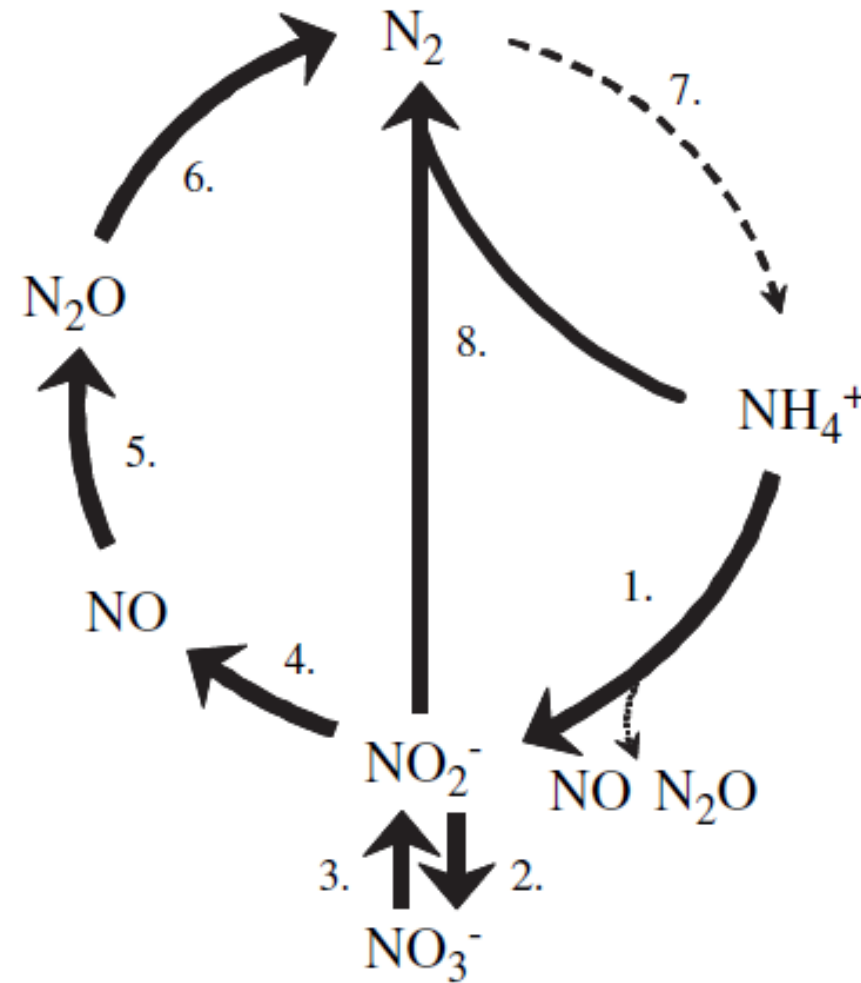


Abbildung 1: biologische Stickstoffumsetzung  
Kampschreur, M. (2009). Nitrous oxide emission during wastewater treatment.  
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.03.001>

# Motivation

- CO<sub>2</sub>-Bilanz der Flensburger Kläranlage auf lange Sicht verbessern
- Klimaneutralität
- CO<sub>2</sub>e-Bilanzierung
- Prozess- und Anlagenoptimierung
- Einsparung von Energie und Betriebsmitteln



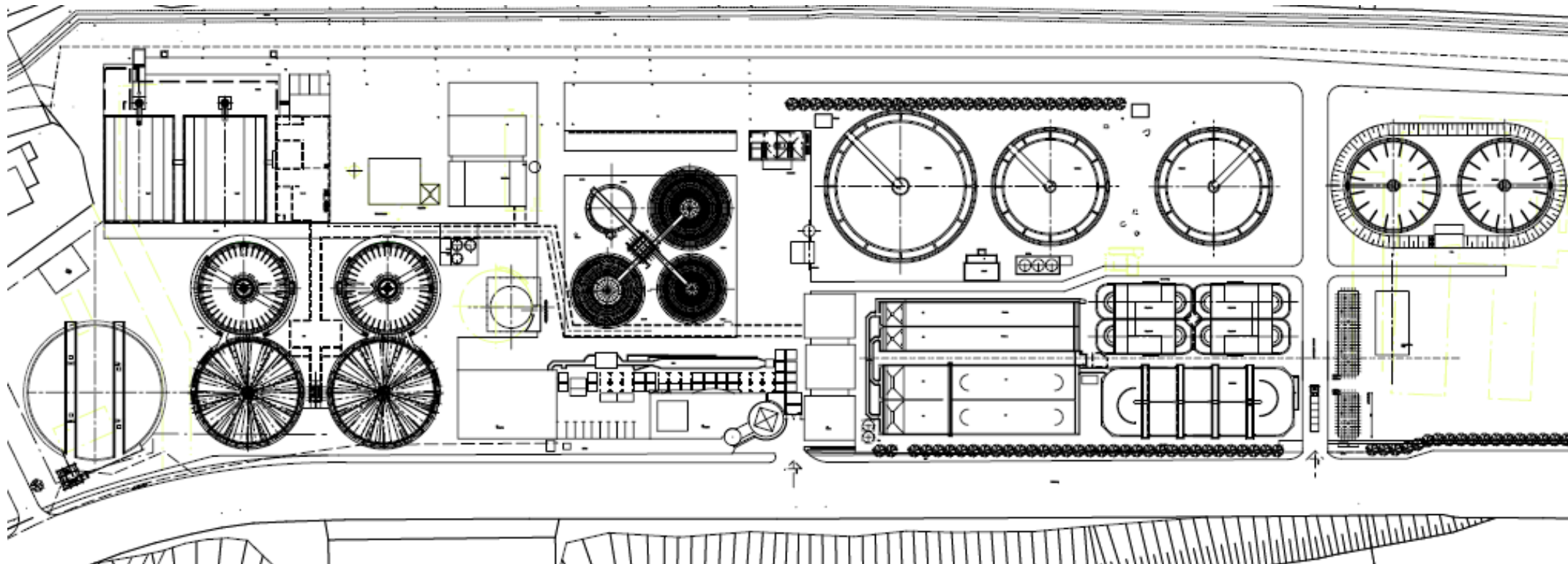
# Klärwerk Flensburg

- Ausbaugröße: 224.000 EW
- ca. 10 Mio. m<sup>3</sup> anfallendes Abwasser / Jahr
- Verfahrenskombination:
  - Vorklärung, Belebtschlammverfahren, weiterführende Reinigung (Tropfkörper, Schlammbedtreaktor, 2-stufige Filtration), Trübwasserbehandlung
- **Besonderheiten:**
  - 2 Straßen
    - A-Stufe (2/3 des Abwasserstroms): C-Abbau
    - B-Stufe (1/3 des Abwasserstroms): RS-Deni, N-Abbau





# Übersicht der Kläranlage

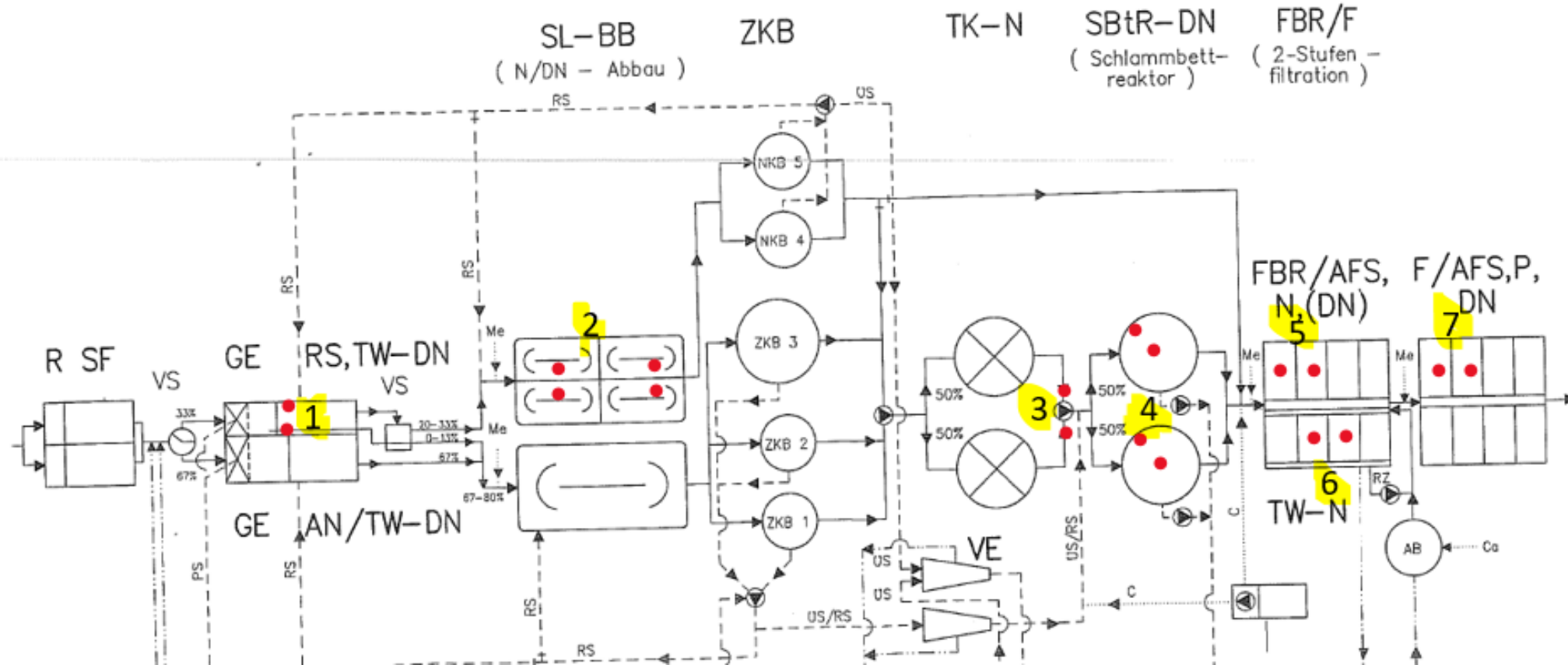


# Auswahl der Messpunkte

- Hauptentstehungswege von  $\text{N}_2\text{O}$  während Nitrifikation und Denitrifikation
- Darauf basierend Anlagenteile ausgewählt, in welchen Stickstoffabbau stattfindet
- Ausgewählte Messpunkte wurden zwischen Oktober 2022 – Februar 2023 untersucht
- Messdauer pro Messstelle 1 – 2 Wochen

Reaktor	Hauptauswahlkriterium
1: vorgeschaltete Denitrifikation	Denitrifikation
2: Belebungsbecken	Nitrifikation
3: Tropfkörper	Nitrifikation
4: Schlammbedreaktor	Denitrifikation
5: Festbettreaktor Hauptstrom	Nitrifikation
6: Festbettreaktor Teilstrom	Nitrifikation, hohe $\text{NH}_4$ Konzentration
7: Feinfiltration	Denitrifikation

# Übersicht der Messpunkte





# Übersicht der Ergebnisse

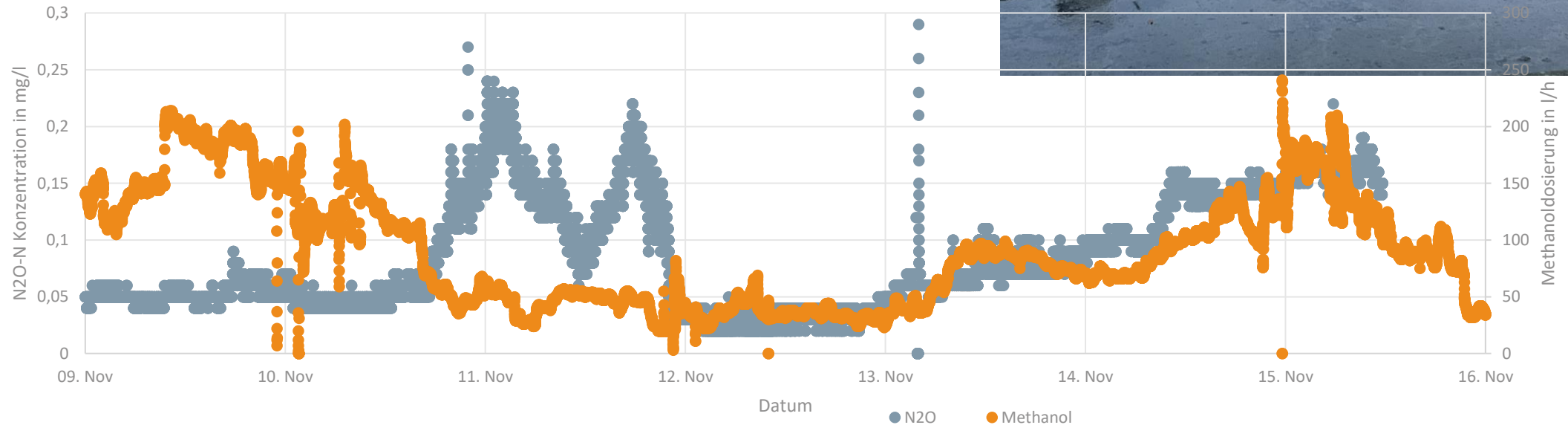
Reaktor	Ø N <sub>2</sub> O-N Konzentration in mg/l	maximale N <sub>2</sub> O-N Konzentration in mg/l
1: vorgeschaltete Denitrifikation	0,018	0,09
2: Belebungsbecken	0,021	0,11
3: Tropfkörper	0,018	0,02
4: Schlammbedreaktor	0,087	1,80
5: Festbettreaktor Hauptstrom	0,049	0,17
6: Festbettreaktor Teilstrom	0,178	1,21
7: Feinfiltration	0,014	0,28

Für den Hauptstrom  
 < 0,1 mg/l: niedrig  
 0,1-0,3 mg/l: typisch  
 0,3-0,6 mg/l: erhöht  
 > 0,6 mg/l: hoch

Für den Teilstrom  
 > 0,5 mg/l: typisch

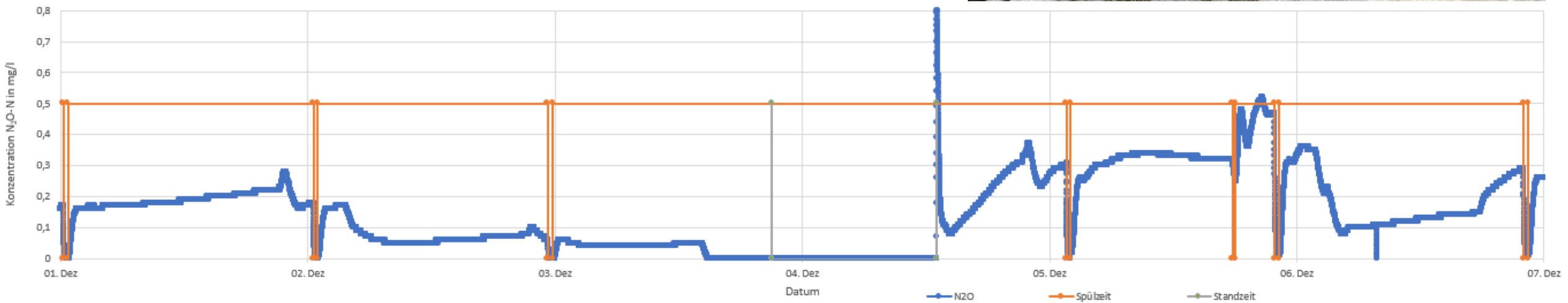
# Schlammbedreaktor

- Einige Peaks, bis zu 1,8 mg/l  $\text{N}_2\text{O}$ -N (hier nicht abgebildet)
- CSB/N-Verhältnis spielt eine entscheidende Rolle bei der Denitrifikation
- Steuerung der Methanoldosierung in Zukunft über Lachgaswert
- Haupteinflussfaktoren zurzeit  $\text{NO}_x$  Zu- und Ablauf SBtR



# Trübwasserbehandlung

- Zwei Festbettreaktoren zur Behandlung des Teilstroms in Verwendung
- Ammoniumkonzentration um 1000 mg/l  $\text{NH}_4\text{-N}$
- Hier höchste gemessene Lachgasproduktion
- $\text{NH}_4$  Schockbeladung bei Inbetriebnahme,  $\text{N}_2\text{O}$  Produktion steigt
- Ø  $\text{N}_2\text{O-N}$  Konzentration beträgt 0,18 mg/l



# Fazit

- Niedrige Lachgasbildung im Hauptstrom
- Niedrige bis typische Lachgasbildung in der Teilstrombehandlung
- N<sub>2</sub>O Produktion weist starke saisonale Unterschiede auf, optimalerweise Überwachung über ein Jahr

# Ausblick

- Messung in der B-Stufe zur Überwachung
- Steuerung der C-Quelle über Lachgasmessung
- Bilanzierung CO<sub>2</sub>e
  - Ermittlung der Lachgasemissionen
  - Erfassung der Methanemissionen



**Jan Philipp Schnack**  
TBZ Flensburg AÖR  
Kielseng 17  
24937 Flensburg  
Tel.: 0461 85-8414  
[jan.schnack@tbz-flensburg.de](mailto:jan.schnack@tbz-flensburg.de)

**VIELEN DANK!**

**Robin Schauser**  
Hochschule Flensburg

