

Bei den Stadtwerken („Forsyningen“) in Frederikshavn/Dänemark liegt einer der Schwerpunkte auf der Einführung einer Methode, mit der die Treibhausgasemissionen aus verschiedenen Abwasserprozessen ihrer städtischen Kläranlagen besser erfasst und quantifiziert werden können.

	Kläranlage Frederikshavn
Einwohnergleichwert	130.000 (auf zwei Ströme verteilt)
Zulauf	300 m <sup>3</sup> /h
Anoxisches Vol	1195 m <sup>3</sup>
Belüftetes Vol	2290 m <sup>3</sup>
CSB, Nges, Pges	2800, 240, 40 Ton/yr

Die Stadtwerke betreiben sowohl Biofilm- als auch Rezirkulationsprozesse mit vorgeschalteter Denitrifikation. Wegen zunehmender Unsicherheiten bei der Verwendung von standardisierten Emissionskennzahlen kontaktierte der Versorger Unisense Environment, um Unterstützung bei der Bestimmung des tatsächlichen durch N<sub>2</sub>O verursachten CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks zu erhalten.

Als Grundlage der neuen Initiative wurden zunächst die N<sub>2</sub>O-Emissionen in der Biologie einer Kläranlage mit vorgeschalteter Denitrifikation überwacht.

measure  
to kN<sub>2</sub>O<sub>w</sub>

## Fallbeispiel: Stadtwerke Frederikshavn

### Überwachung von N<sub>2</sub>O-Emissionen leicht gemacht

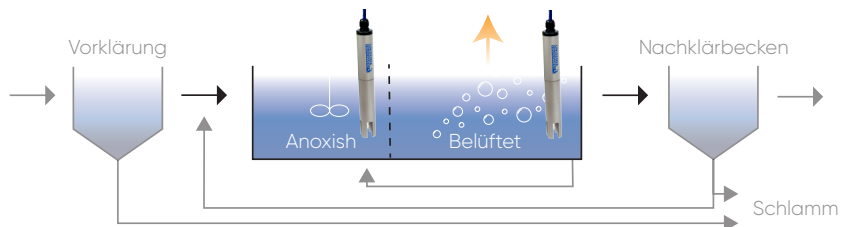
Um Energie zu sparen und die Kapazität der Stickstoffelimination zu erhöhen, wurde die aerobe Zone vormals intermittierend betrieben, um abhängig von der Ammoniumkonzentration eine Denitrifikation im belüfteten Bereich zuzulassen.

Unisense Environment installierte zwei N<sub>2</sub>O-Abwassersysteme – eines in der anoxischen-, das andere in der aeroben Zone. Um die Bildung von N<sub>2</sub>O besser zu verstehen, wurden die N<sub>2</sub>O Sensordaten durch Anbindung ans Leitsystem, gemeinsam mit allen anderen Daten der Anlage zeitgleich aufgezeichnet..



N<sub>2</sub>O Abwassersystem

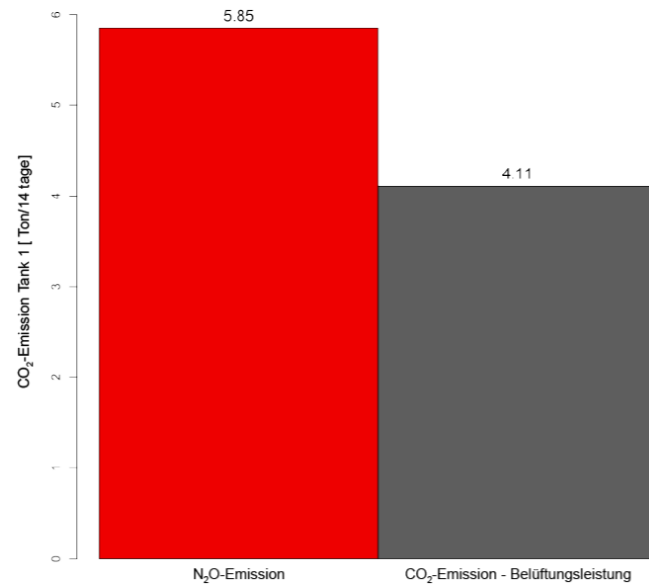
Nach einer einfachen Zweipunktkalibrierung überwachten die Sensoren das N<sub>2</sub>O-Niveau. Nach einem 14-tägigen Messzeitraum wurde ein kompletter Datensatz aus dem SCADA-System ausgelesen und zur Datenanalyse an Unisense Environment geschickt. Mithilfe verschiedener Datenmanagementtools wurden generelle Korrelationen und insbesondere die N<sub>2</sub>O-Produktion dokumentiert.



Belebtschlammanlage mit Rezirkulation zur vorgeschalteten Denitrifikation auf der Kläranlage Fredrikshavn

Auf Grundlage des 14-tägigen Messzeitraums wurde deutlich, dass die N<sub>2</sub>O-Emission erheblichen Schwankungen unterliegt. Der Hauptanteil (53%) der N<sub>2</sub>O-Emission über diesen 14-tägigen Zeitraum, entfiel auf zwei insgesamt 42 Stunden dauernde Spitzenlastphasen. Außerdem führten niedrige Sauerstoffsollwerte

N<sub>2</sub>O-Emission des belüfteten Beckens in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.



Aus der berechneten N<sub>2</sub>O-Emission und der für die Belüftung verwendeten Energiemenge berechnete CO<sub>2</sub>-Gesamtemission des 14-tägigen Zeitraums. Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Äquivalente wurden folgende Faktoren verwendet: 296kg CO<sub>2</sub>/kg N<sub>2</sub>O und 0,418 kg CO<sub>2</sub>/verwendete Kilowattstunde.

zum Beginn des Messzeitraums zu einem signifikanten Anstieg der N<sub>2</sub>O-Konzentration, was den Zusammenhang zwischen niedrigem Sauerstoffgehalt und der Bildung von N<sub>2</sub>O deutlich unterstreicht. Während des untersuchten Zeitraums wurde in der anoxischen Zone nur sehr wenig N<sub>2</sub>O gebildet. Lediglich während eines Zeitraums mit hohem Ammoniumgehalt stieg die N<sub>2</sub>O-Konzentration 30 Stunden lang auf 0,3 N-mg/l an.

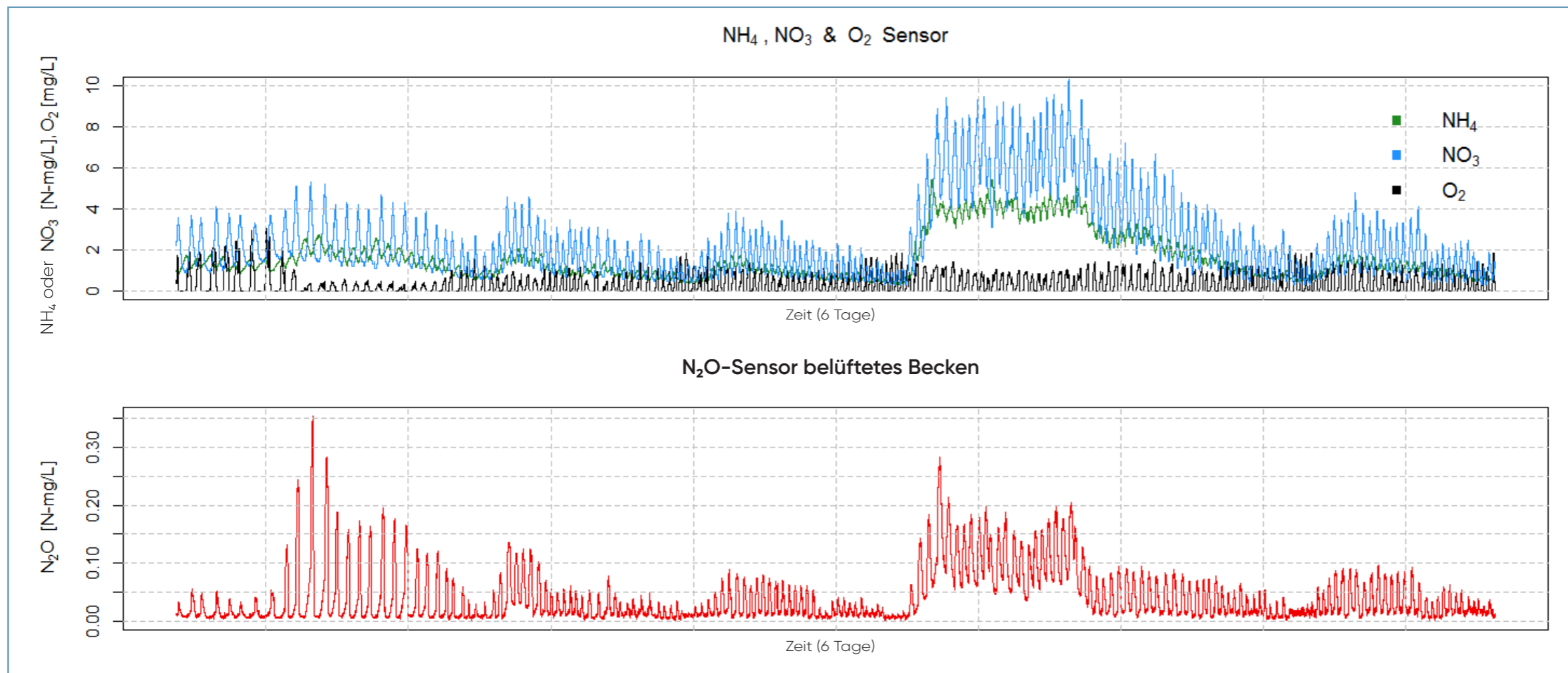
In der zuvor rein aeroben Zone wurde N<sub>2</sub>O in erster Linie während der anoxischen Phasen, die durch die intermittierende Fahrweise entstanden, produziert und nachfolgend während der aeroben Phasen durch die Belüftung an die Atmosphäre abgegeben.

Abschließend wurden auf Basis von wissenschaftlich fundierten Methoden Berechnungen der N<sub>2</sub>O Emissionen und der daraus abgeleiteten CO<sub>2</sub> Äquivalenten durchgeführt. Dies wurde mit den CO<sub>2</sub>-Äquivalenten verglichen, die die Energie für die Belüftung verursacht, und der Leitung der Stadtwerke als Teil einer zweitägigen Beratungsdienstleistung vorgelegt. Es wurde berechnet, dass der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des Zeitraums 10 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente betrug, wobei N<sub>2</sub>O 59 % der Emissionen verursachte.

Auf Grundlage des kurzen Überwachungs- und Datenanalysezeitraums entstand eine kurze Liste der daraus ableitbaren Problemerkennnisse und möglichen Lösungen.

- N<sub>2</sub>O-Konzentration und -Emission schwanken stark. Im Mittel übersteigen sie die von der Belüftung verursachten CO<sub>2</sub>-Äquivalente.
- Es ist wichtig, den gelösten Sauerstoff zu überwachen, um eine erhöhte N<sub>2</sub>O-Produktion und -Emission zu vermeiden.
- Ammonium-Hochlastphasen sollten durch Ausgleich der Zulaufast vermieden werden.
- Kontrollstrategien, bei denen die Denitrifikation durch erhöhtes CSB verbessert wird, können möglicherweise die N<sub>2</sub>O-Emissionen reduzieren (Folgeprojekt).
- Energieoptimierung durch Strategien mit zeitweiser Belüftung sollte mit einer N<sub>2</sub>O-Überwachung gekoppelt werden, um übermäßige N<sub>2</sub>O-Emissionen zu vermeiden.

Dank einer geringfügigen Investition haben die Stadtwerke Einsicht in die tatsächlichen Quellen und Ursachen ihrer N<sub>2</sub>O Emissionen erhalten und können nun Maßnahmen ergreifen, um ihren durch N<sub>2</sub>O verursachten Treibhauseffekt und die Schädigung der Ozonschicht zu minimieren.



6 Tage des 14-tägigen Messzeitraums. NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, O<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O Datenreihen in graphischer Darstellung, welche eine niedrige O<sub>2</sub>-Sollwertphase und eine von 2 Hochlastphasen einschließen.

Version: April 2024

*Lachgas-Prozess-Sensor zur Optimierung  
der Abwasserreinigung, kostengünstigen  
Senkung von Klimagasen, und zuverlässigen  
Nachhaltigkeitsbilanzierung*

**Unisense Environment A/S**

**Web:** [www.unisense-environment.com](http://www.unisense-environment.com)

**LinkedIn:** [Unisense Environment](https://www.linkedin.com/company/unisense-environment)


**E-mail:** [sales@unisense.com](mailto:sales@unisense.com)

**Telefon:** +45 8944 9500

**Bürozeiten:**

Montag-Donnerstag 8 Uhr bis 16 Uhr (CET)

Freitag 8 Uhr bis 15.30 Uhr (CET).

measure   
to kN<sub>2</sub>Ow 