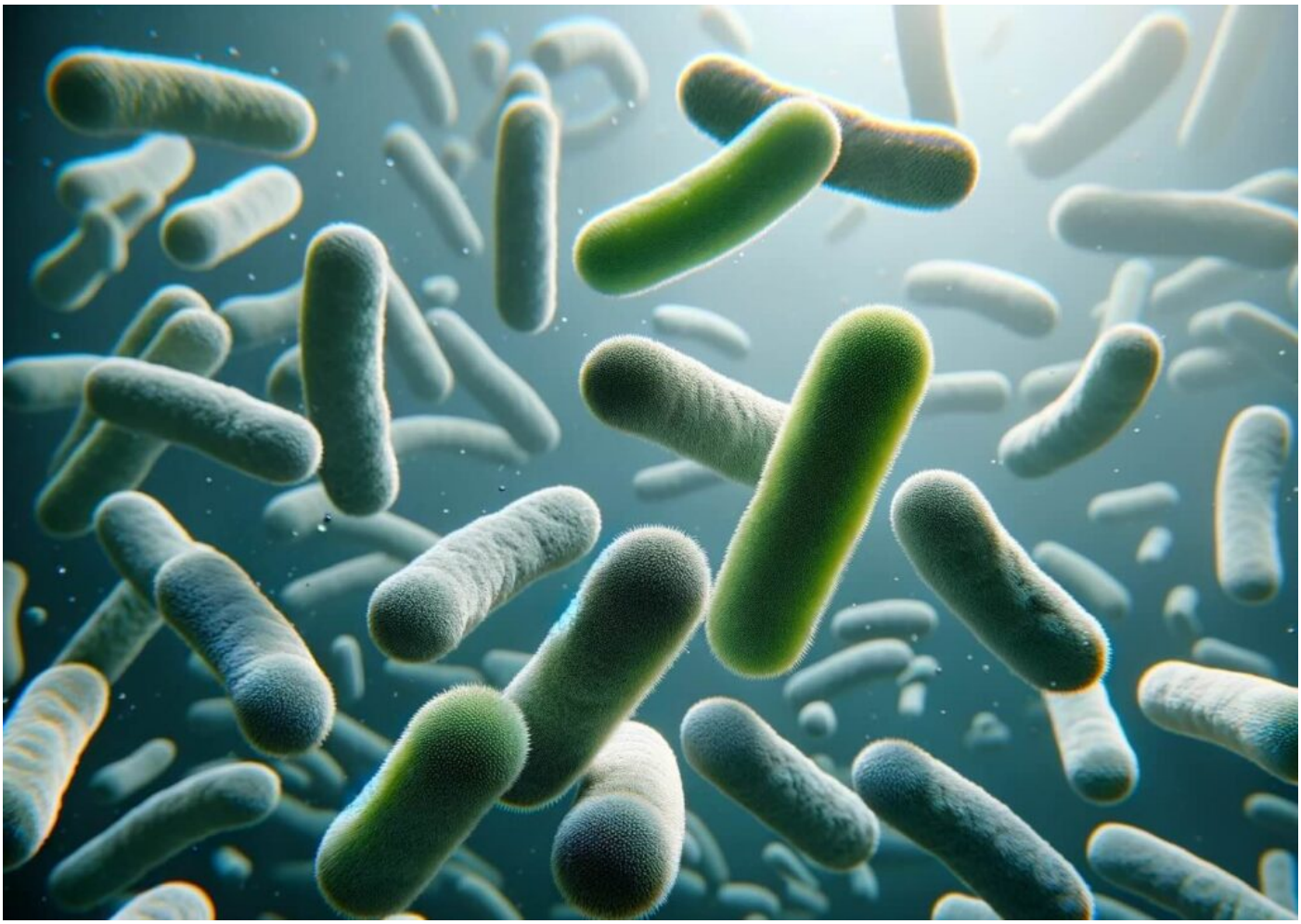
NOB – Nitritoxidierende Bakterien

Nitrifikation · https://www.dyena-genetics.de/docs/nob-nitritoxidierende-bakterien/

Vielseitiger als gedacht - und oft falsch eingeschätzt!



Auf einen Blick:

Nitritoxidierende Bakterien (NOB) oxidieren Nitrit zu Nitrat und schließen damit die Nitrifikation ab. In Belebtschlamm übernimmt diese Aufgabe meist die Gattung *Nitrospira*, *Nitrobacter* spielt in der Regel eine untergeordnete Rolle. NOB wachsen langsam und reagieren auf einige Störfaktoren empfindlicher als die ammoniumoxidierenden Bakterien (AOB). Eine Störung der NOB zeigt sich

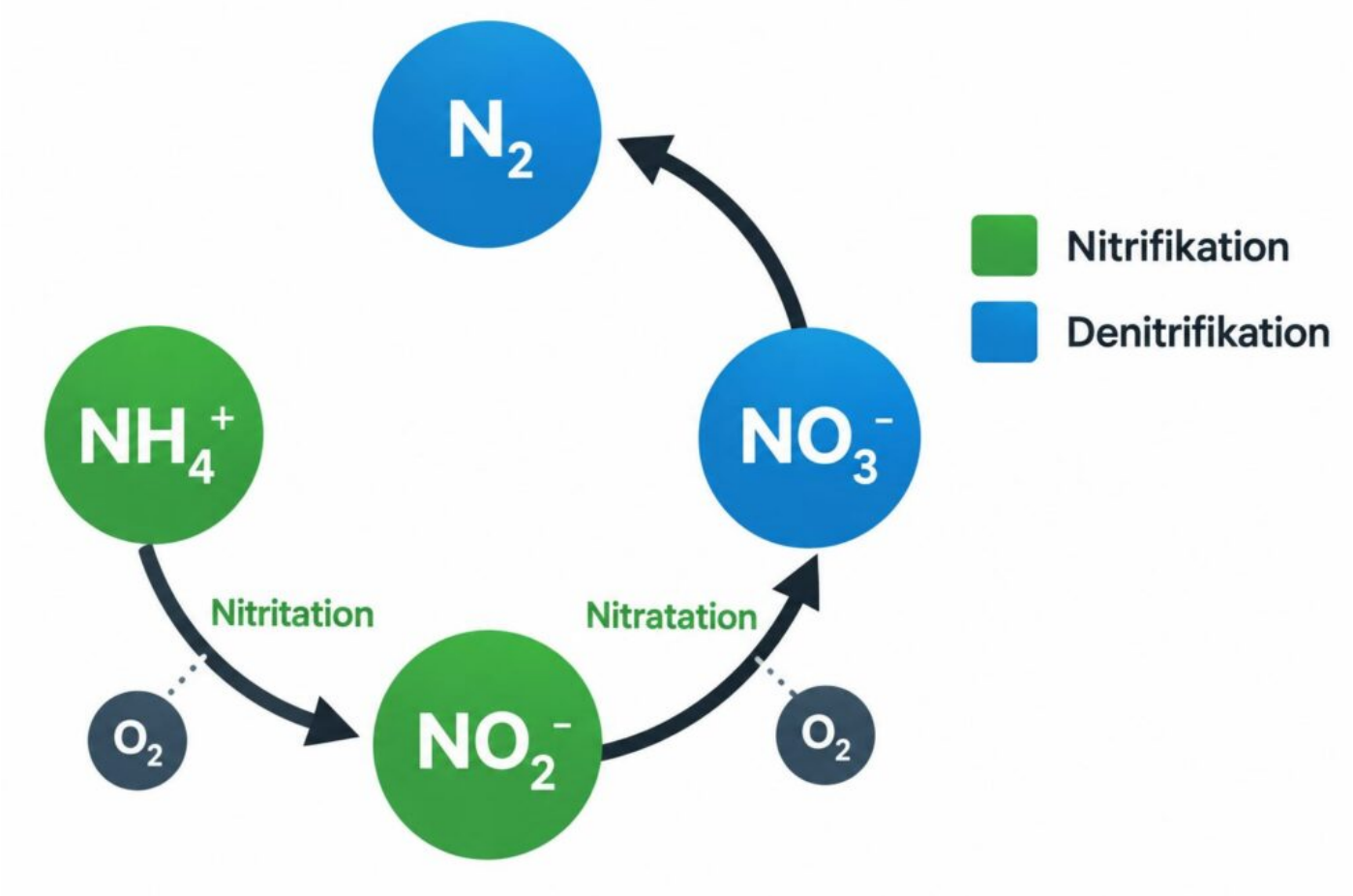
meist zuerst als Nitrit im Ablauf. Die Lebendzellzahl zeigt, ob dahinter eine Hemmung bei intakter Population steht oder ein Verlust der NOB.

Was NOB machen

Die Nitrifikation läuft in zwei Schritten ab. AOB oxidieren Ammonium zu Nitrit, NOB oxidieren Nitrit zu Nitrat:

Reaktionsgleichung: $NO_2^- + ½\ O_2 \rightarrow NO_3^-$

Das zentrale Enzym dieser Reaktion ist die Nitritoxidoreduktase (NXR). Den Kohlenstoff für ihre Zellsubstanz gewinnen NOB aus CO_2.



Die Nitritoxidation liefert wenig Energie. NOB wachsen deshalb langsam und bilden wenig Biomasse. Sie bleiben nur dann im System, wenn das Schlammalter ausreicht.

Lange galt *Nitrobacter* als typischer NOB in Kläranlagen. Der Grund war, dass *Nitrobacter* früher entdeckt wurde und sich leicht in Reinkultur bringen lässt. Kultivierungsunabhängige Untersuchungen zeigten später, dass in nitrifizierenden Kläranlagen meist *Nitrospira* vorherrscht

(Lücker et al. 2015). In älteren Lehrunterlagen steht häufig noch *Nitrobacter*.

Beteiligte Organismen

	Nitrospira	*Nitrobacter*	*Nitrotoga*
Bedeutung in Kläranlagen	meist vorherrschender NOB	meist untergeordnet	in manchen Anlagen bedeutend
Nitritangebot	an niedrige Nitritkonzentrationen angepasst	im Vorteil bei Nitritüberschuss	im Vorteil bei erhöhtem Nitrit, gehemmt bei sehr hohen Nitritwerten
Besonderheit	vielseitiger Stoffwechsel, umfasst auch Comammox	hohe Maximalumsätze	überwiegend an Kälte angepasst

Nitrospira und *Nitrobacter* verfolgen unterschiedliche Strategien. *Nitrospira* ist an starke Nitritlimitierung angepasst. *Nitrobacter* nutzt Nitrit deutlich schlechter, wenn wenig davon vorhanden ist, erreicht bei Nitritüberschuss aber höhere Umsatzraten (Nowka et al. 2015). Im stabilen Betrieb mit wenig Rest-Nitrit ist deshalb *Nitrospira* im Vorteil. Nitritspitzen verschieben die Konkurrenz in Richtung *Nitrobacter*.

Nitrospira kann mehr als Nitrit oxidieren. Einige Vertreter spalten Harnstoff zu Ammoniak und CO_2, versorgen damit AOB und erhalten im Gegenzug deren Nitrit. Mehrere *Nitrospira* können außerdem mit Wasserstoff oder Formiat wachsen. Diese Befunde stammen aus Kulturversuchen (Koch et al. 2014, 2015). Sie erklären, warum NOB-Zahlen die AOB-Zahlen übersteigen können.

Nitrotoga ist vor allem in kalten Habitaten gegenüber anderen NOB konkurrenzfähig. In Kokultur mit *Nitrospira* setzte sich *Nitrotoga* bei niedriger Temperatur und neutralem pH-Wert durch (Wegen et al. 2019).

Einflussfaktoren

Freies Ammoniak (NH_3): NH_3 entsteht bei hohem pH-Wert und hohem Ammoniumgehalt. NOB reagieren darauf empfindlicher als AOB (Anthonisen et al. 1976). Die Folge ist, dass sich Nitrit anreichert. Verfahren der **Deammonifikation** nutzen genau diesen Effekt, um NOB gezielt zu unterdrücken.

Freie salpetrige Säure (HNO_2): HNO_2 entsteht bei niedrigem pH-Wert und erhöhtem Nitrit. Sie hemmt die Nitritoxidation (Anthonisen et al. 1976). Damit kann sich eine bestehende Nitritanreicherung selbst verstärken.
Schlammalter: Ist das Schlammalter zu kurz, werden die langsam wachsenden NOB ausgetragen.
Temperatur: Bei hohen Temperaturen wachsen AOB schneller als NOB. Bei niedrigen Temperaturen gewinnt *Nitrotoga* an Bedeutung.
Sauerstoff: Sauerstoffmangel bremst die Nitritoxidation. Wie stark, hängt von der NOB-Gattung ab.
Hemmstoffe aus dem Zulauf: Sie sind im Artikel Hemmstoffe – und Störstoffe der Nitrifikation beschrieben.

Was Betriebsdaten zeigen – und was nicht

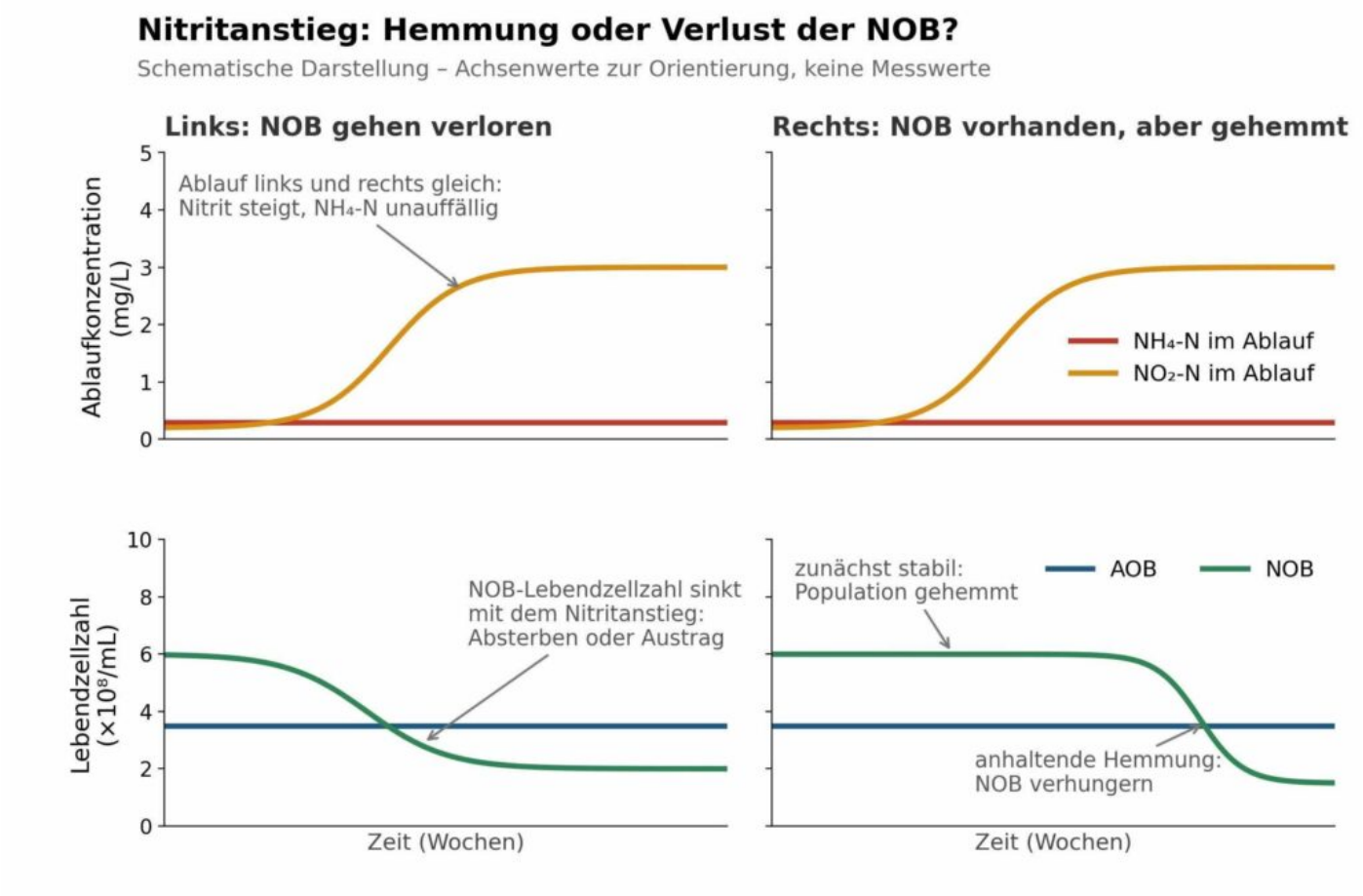
NO_2^--N im Ablauf zeigt, dass die Nitritoxidation nicht mit der Nitritbildung Schritt hält. Die Ursache lässt sich NO_2^--N im Ablauf zeigt, dass die Nitritoxidation nicht mit der Nitritbildung Schritt hält. Möglich sind eine Hemmung, zu wenige NOB oder eine Überlast nach einer Frachtspitze. Welche Ursache vorliegt, lässt sich mit den Routinemethoden auf der Kläranlage nicht unterscheiden. Ablaufwerte zeigen nur das Symptom. Unter dem Lichtmikroskop sind NOB nicht von anderen Bakterien zu unterscheiden.

Die Lebendzellzahl schließt diese Lücke. Sie zeigt, ob die NOB-Population erhalten bleibt oder zurückgeht, und grenzt damit eine Hemmung von einem Verlust der NOB ab (siehe Situation A).

Hält die Störung an, gelangt Nitrit auch in die Denitrifikation. Dort hemmt die freie salpetrige Säure vor allem die Reduktion von Lachgas (N_2O). Die Hemmung ist reversibel, die Erholung hängt von der Konzentration ab, der die Biomasse ausgesetzt war (Zhou et al. 2008). Die Folge können erhöhte N_2O-Emissionen sein. Auch die Phosphataufnahme denitrifizierender Bio-P-Bakterien kann gehemmt werden (Zhou et al. 2007

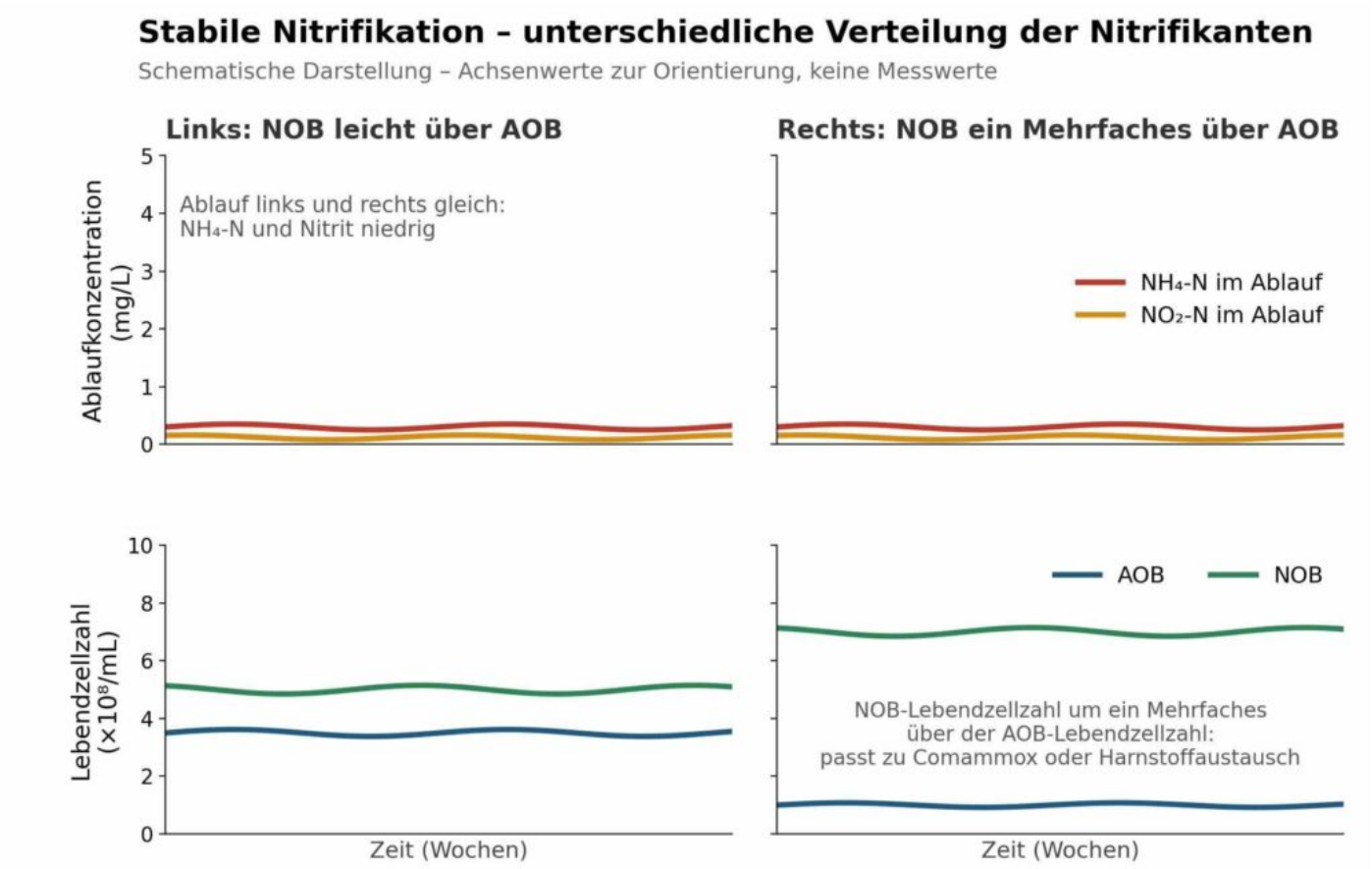
Typische Betriebssituationen

Situation A – Nitrit im Ablauf steigt, Ammonium bleibt unauffällig



Der Ablauf ist in beiden Fällen gleich: Nitrit steigt, Ammonium bleibt unauffällig. Den Unterschied zeigt die NOB-Lebendzellzahl. Links sinkt sie mit dem Nitritanstieg, weil die NOB absterben oder ausgetragen werden. Rechts bleibt sie zunächst stabil, weil die NOB vorhanden, aber gehemmt sind. Hält die Hemmung an, "verhungern" die NOB und gehen verzögert ebenfalls zurück.

Situation B – Hohe NOB-, niedrige AOB-Lebendzellzahl bei stabiler Nitrifikation



Der Ablauf ist in beiden Fällen gleich: Ammonium und Nitrit bleiben niedrig. Den Unterschied zeigt das Verhältnis der Lebendzellzahlen. Links liegen die NOB leicht über den AOB, das ist der übliche Fall. Rechts liegen sie um ein Mehrfaches darüber. Das passt zu Comammox-*Nitrospira*, die Ammonium selbst oxidieren, oder zu *Nitrospira*, die Harnstoff spalten und die AOB mit Ammonium versorgen. Eine Störung liegt dabei nicht vor.

Bezug zur Lebendzellzahl

In Belebtschlamm dominiert in der Regel *Nitrospira*. Die NOB-Lebendzellzahl spiegelt dort deshalb vor allem *Nitrospira* wider.

NOB-Lebendzellzahl	NO_2^--N im Ablauf	mögliche Bedeutung
stabil oder steigend	niedrig	Population stagniert oder vergrößert sich ggf. nach Schädigung, Nitritoxidation funktioniert

stabil oder steigend	steigend	Population stagniert oder vergrößert sich, ggf. Hemmung oder beginnender Zellzahlaufbau nach Schädigung
sinkend	niedrig	Anpassung der Populationsgröße an limitiertes Nitritangebot
sinkend	steigend	Anzeichen für Störung da Zellzahlverlust durch Absterben

Bei der Interpretation sind drei Dinge zu beachten:

Eine akute Hemmung verändert die Lebendzellzahl zunächst kaum. Erst anhaltende Störungen, Absterben oder Austrag zeigen sich darin.

Die Lebendzellzahl ist keine Umsatzrate. Aussagekräftig wird sie im Verlauf und zusammen mit den Betriebsdaten.

Das Verhältnis von AOB zu NOB zeigt, welcher Schritt der Nitrifikation die Engstelle bildet.

Auch externe Einflüsse prägen das Bild: Frachtspitzen, Rückläufe aus der Schlammentwässerung mit hohem Ammoniumgehalt, Temperaturwechsel und pH-Schwankungen.

Literatur

Literatur

- Anthonisen AC, Loehr RC, Prakasam TBS, Srinath EG (1976): Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. J Water Pollut Control Fed 48(5): 835–852.
- Koch H, Lücker S, Albertsen M, Kitzinger K, Herbold C, Spieck E, Nielsen PH, Wagner M, Daims H (2015): Expanded metabolic versatility of ubiquitous nitrite-oxidizing bacteria from the genus Nitrospira. PNAS 112(36): 11371–11376.
- Lücker S, Schwarz J, Gruber-Dorninger C, Spieck E, Wagner M, Daims H (2015): Nitrotoga-like bacteria are previously unrecognized key nitrite oxidizers in full-scale wastewater treatment plants. ISME J 9(3): 708–720.
- Nowka B, Daims H, Spieck E (2015): Comparison of oxidation kinetics of nitrite-oxidizing bacteria: nitrite availability as a key factor in niche differentiation. Appl Environ Microbiol 81: 745–753.
- Zhou Y, Pijuan M, Yuan Z (2007): Free nitrous acid inhibition on anoxic phosphorus uptake and denitrification by poly-phosphate accumulating organisms. Biotechnol Bioeng 98: 903–912.

- Zhou Y, Pijuan M, Zeng RJ, Yuan Z (2008): Free nitrous acid inhibition on nitrous oxide reduction by a denitrifying-enhanced biological phosphorus removal sludge. Environ Sci Technol 42: 8260–8265.
- Daims H et al. (2015): Complete nitrification by Nitrospira bacteria. Nature 528: 504–509.

Hinweis zur Einordnung dieses Artikels

Dieser Artikel dient als fachliche Orientierungshilfe zur Interpretation von qPCR-Ergebnissen. Er ersetzt keine anlagenspezifische Auswertung und stellt keine verbindliche Handlungsempfehlung dar.

Bei Fragen zur Interpretation Ihrer individuellen Ergebnisse sprechen Sie uns gerne an.

Tel.: 09721 9486610 E-Mail: info@dyena-genetics.de Web: www.dyena-genetics.de

---