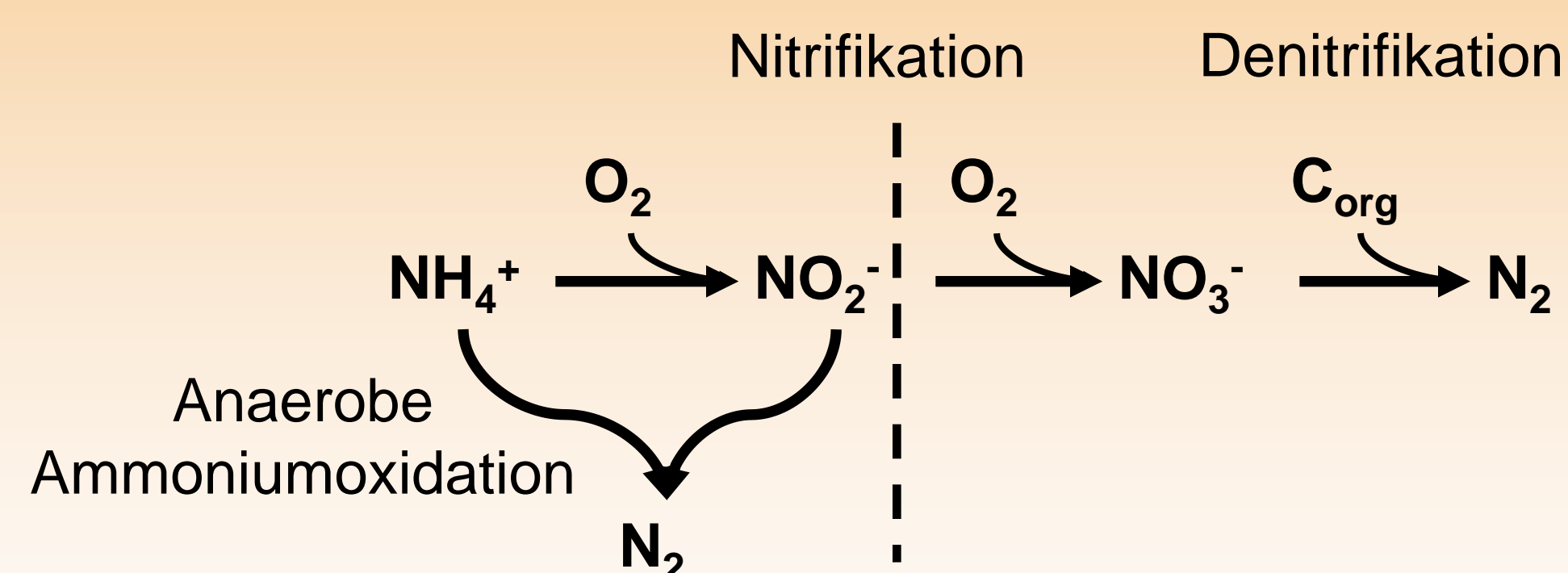


Ivonne Görtz, Fachgebiet Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft der
Universität Duisburg-Essen

Großtechnischen Einsatz der anaeroben Ammoniumoxidation

Für Abwässer mit ungünstigem Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis und gleichzeitig hohen Stickstofffrachten ist die anaerobe Ammoniumoxidation eine wirtschaftliche und ressourcensparende Alternative zur konventionellen Betriebsweise. Bei diesem Prozess setzen Bakterien Ammonium mit Nitrit direkt zu Stickstoff um, ohne einen Umweg über Nitrat zu nehmen. Im konventionellen Prozess über Nitrifikation und Denitrifikation muss aus Ammonium dagegen unter Sauerstoffzugabe zunächst Nitrat gebildet werden, das in einem zweiten Schritt unter Verbrauch organischen Kohlenstoffs zu Luftstickstoff reduziert und dem Abwasser entzogen wird.



Die so genannten Anammox-Bakterien haben im Vergleich zu den konventionell eingesetzten Bakterien eine niedrige Substratausbeute, sodass beim Abbau derselben Stickstofffracht weniger Zellschubstanz entsteht.

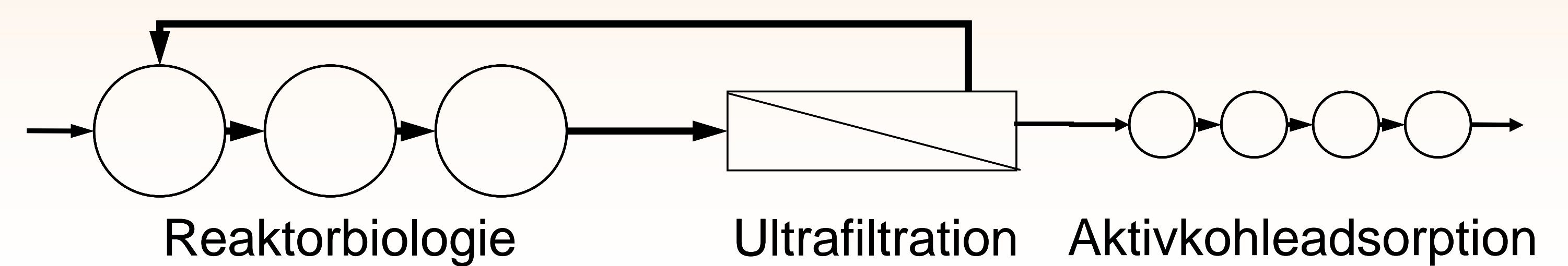
Für den Einsatz in der Abwasserbehandlung ergeben sich folgende Vorteile gegenüber dem

klassischen Verfahren:

- geringerer Energieeinsatz für die Belüftung des Abwassers
- keine Zugabe zusätzlichen organischen Kohlenstoffs bei Mangel im Rohabwasser
- wesentlich geringere Überschussschlammproduktion

Ist bereits eine biologische Behandlungsstufe vorhanden, ist es mit geringen Investitionskosten möglich, den biologischen Prozess auf anaerobe Ammoniumoxidation umzustellen und hohe Einsparungen zu erzielen. Die kritische Phase sind dabei die ersten Monate nach dem Schlammkreislauf bzw. Impfen mit Anammox-Bakterien, in denen die Anlagentechnik und Betriebsweise ohne Einbußen in der Reinigungsleistung der neuen Biozönose angepasst werden muss. Die Parameter, die zu einer stabilen Betriebsweise führen, wurden in dieser Arbeit anhand einer großtechnischen Sickerwasserbehandlungsanlage ermittelt.

Bei der Anlage handelte es sich um eine Membranbiologie mit nachgeschalteter Aktivkohleabsorption, die seit der Errichtung mit Nitrifikation/Denitrifikation betrieben wurde. Zu Beginn wurde dafür der vorhandene Belebtschlamm mit einer geringen Menge von Anammox-Bakterien angeimpft. Als zweite Stufe wurde die Aktivkohleabsorption durch Animpfen mit granulärem Schlamm ebenfalls als biologische Stufe nutzbar gemacht.



Kombination von klassischen Analysemethoden und FISH zum Anlagenmonitoring

Für die Überwachung der Anlage im untersuchten Zeitraum wurde zusätzlich zur vorhandenen MSR-Technik und der Laboranalytik die Fluoreszenz in situ Hybridisierung (FISH) eingesetzt. Die Methode ermöglicht eine direkte Bestimmung der Zellzahl eines Zielorganismus im System neben der Gesamtzellzahl, so dass ein Durchsetzen oder Verdrängen der Zielorganismen frühzeitig erkennbar wird.

Die FISH-Technik wurde insbesondere verwendet, um die Entwicklung der Anammox-Bakterien zu beobachten, wodurch der Einfluss der Betriebsparameter abgelesen werden konnte. Die untenstehende Abbildung zeigt den Verlauf der Anammox-Zellzahl während und nach der Umstellung. Daneben sind beispielhaft Fluoreszenzaufnahmen der Biomasse im ersten Monat (orange) und im zweiten Jahr nach dem Animpfen (grün) zu sehen. Die blauen Aufnahmen zeigen die Gesamtzellmasse, während in den roten Aufnahmen nur die Zielorganismen, die Anammox-Bakterien, zu sehen sind.

Im ersten Jahr der Umstellung verlief der Anstieg der Zellzahl relativ flach und im zweiten Jahr steil. Dies spiegelt sich auch in der Stickstoffabbauleistung der Anlage (Abbildung 3) wider. Negative Einflüsse wie Schädigung durch toxische Substanzen können mit Hilfe der Methode an einer Abnahme der Zellzahl erkannt werden.

Obwohl die partielle Nitrifikation in der untersuchten Zeit durch eine stark schwankende Stickstoffbelastung ebenfalls starke Schwankungen aufwies, konnte durch Einstellen der Luftzufuhr jederzeit ein geeignetes Verhältnis von Ammonium zu Nitrit für die anaerobe Ammoniumoxidation sichergestellt werden. In Phasen geringerer Stickstoff- und Luftzufuhr konnte mit derselben Methode die schlechtere Versorgung der Nitrifikanten an einer schwächeren Fluoreszenz und kleineren Clustern abgelesen werden. Insgesamt veränderte sich deren Zellmasse im beobachteten Zeitraum schneller als die der Anammox-Bakterien.

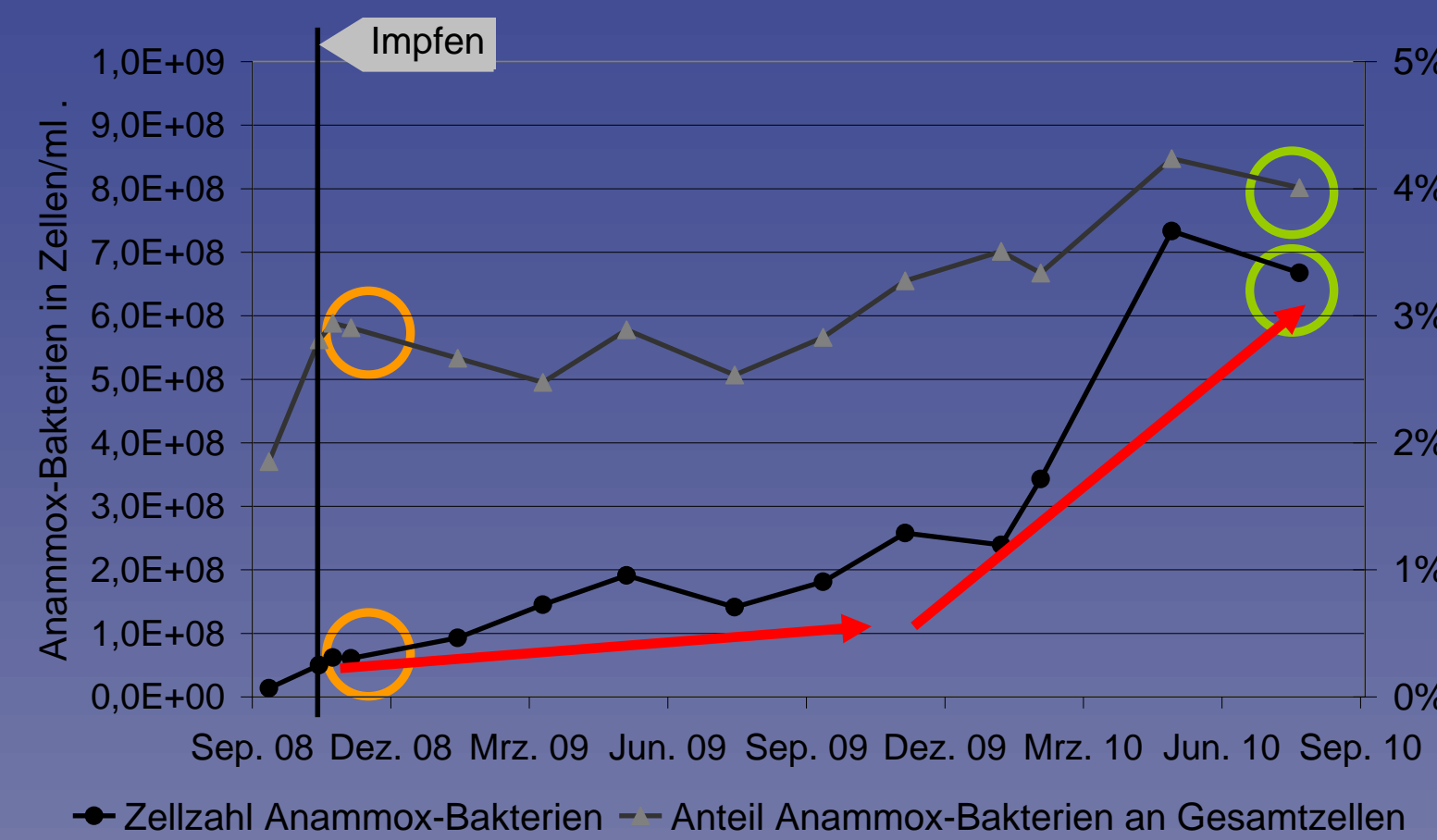


Abb. 1: Entwicklung der Anammox-Zellen im Vergleich zur Gesamtzellzahl in 2 Jahren nach der Umstellung.

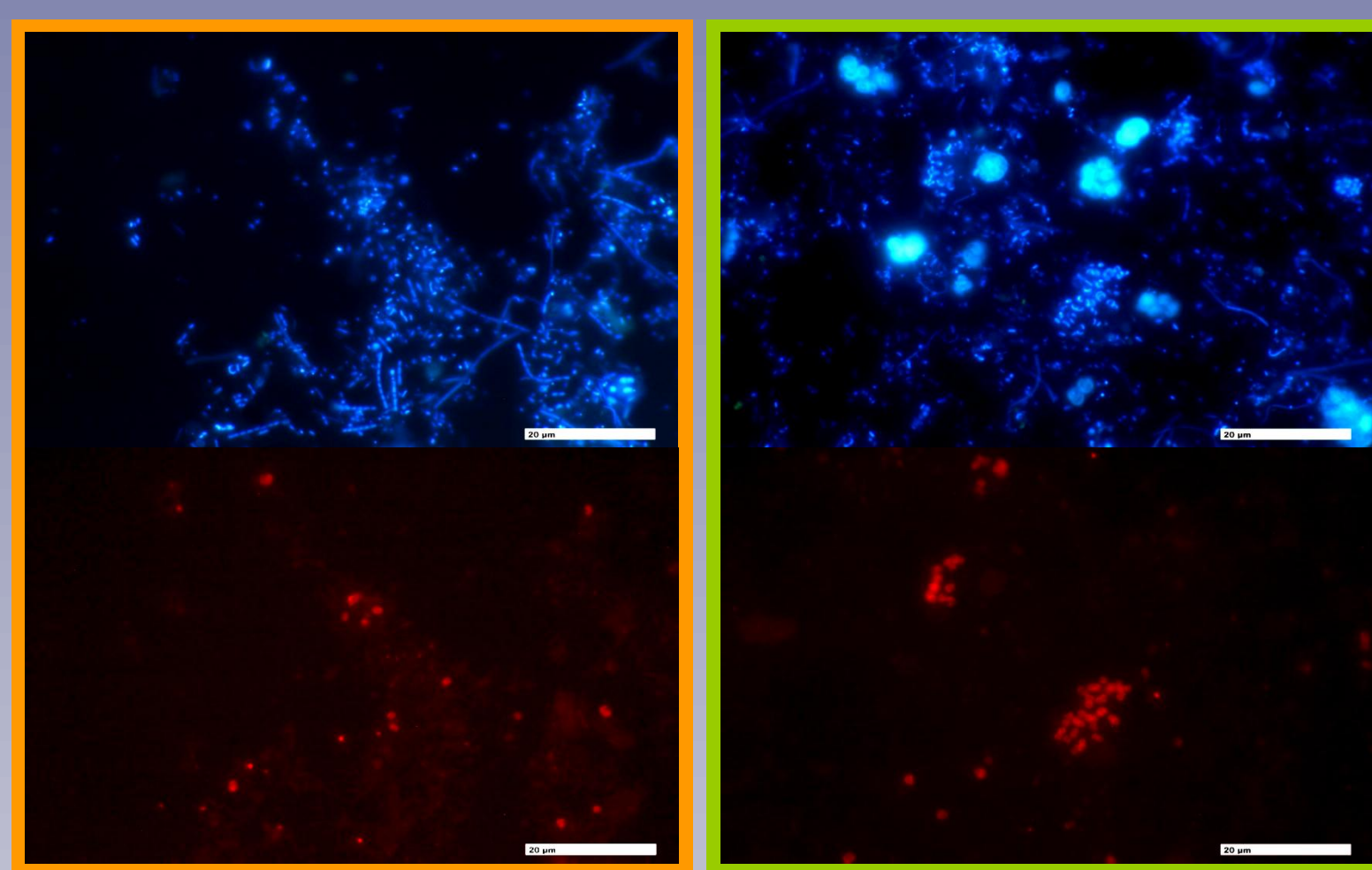


Abb. 2: FISH-Aufnahmen aus dem ersten Monat und dem zweiten Jahr nach Animpfen der Reaktorbiologie. Blau: gesamte Biomasse. Rot: Anammox-Bakterien.

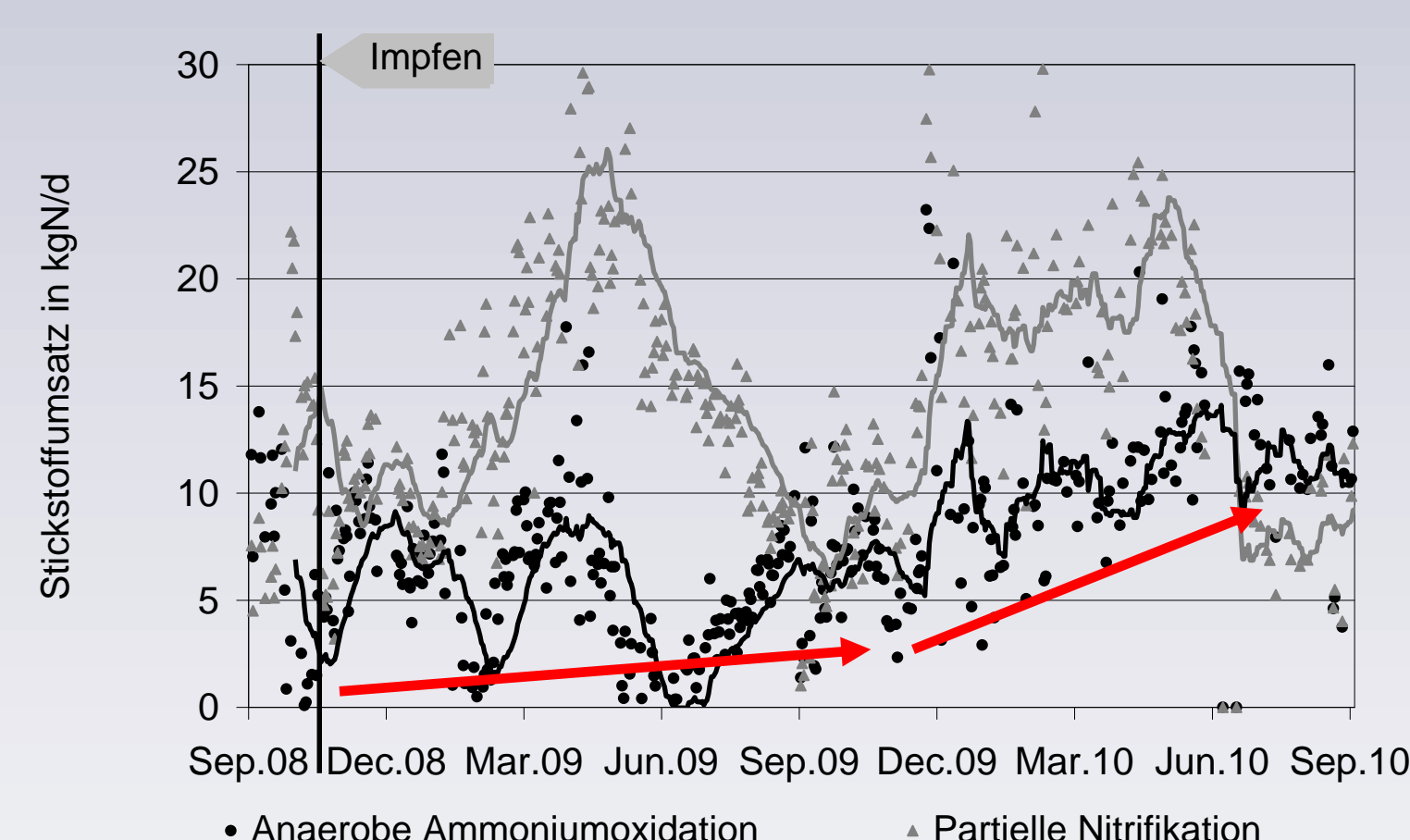


Abb. 3: Stickstoffumsatz durch Anammox und durch partielle Nitrifikation während und nach der Umstellung. Der Anstieg der Anammox-Zellmasse spiegelt sich im Anstieg der Umsatzleistung wider.

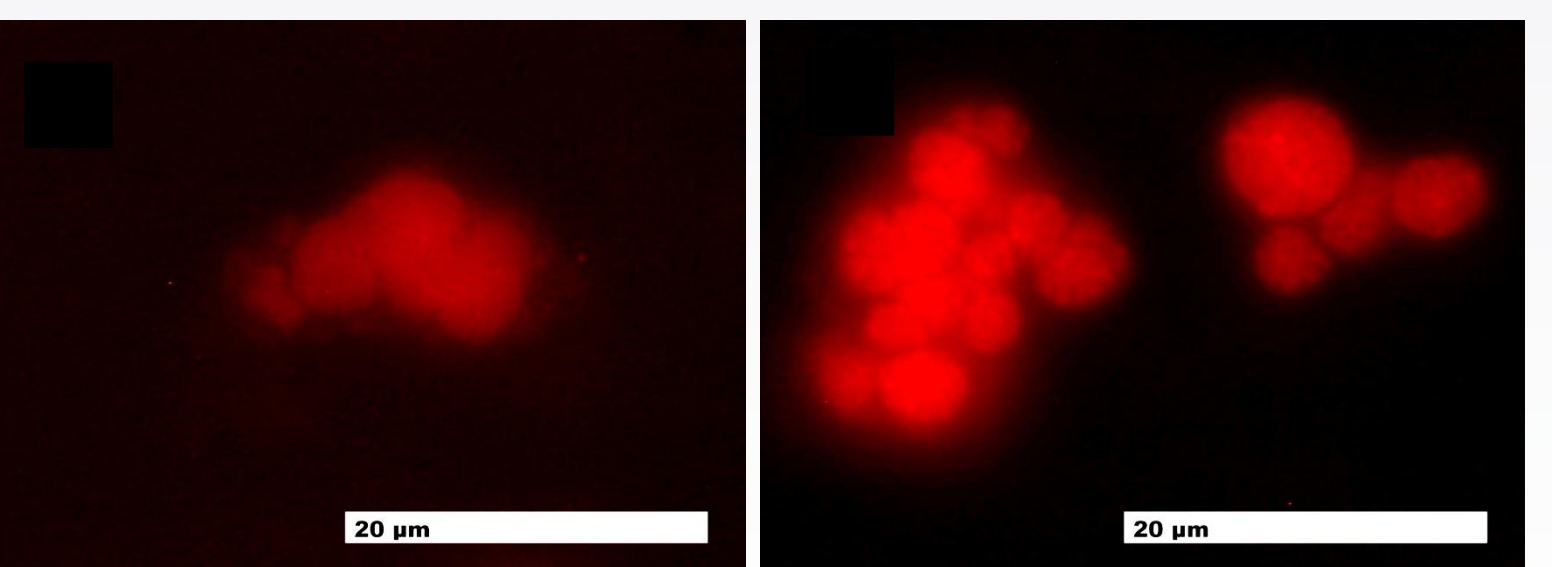


Abb. 4: Cluster aerober Ammoniumoxidierer in einer schwach (links) und stark (rechts) belüfteten Phase.

Wirtschaftlichkeit durch Optimierung der Betriebsweise

Der Einsatz der anaeroben Ammoniumoxidation ist für Abwässer sinnvoll, deren Anteil gut abbaubaren Kohlenstoffs für eine Denitrifikation nicht mehr ausreicht. Durch Änderung der Betriebsweise wird die Denitrifikation während einer Umstellung nach und nach aus der Abwasseranlage verdrängt. Dabei fallen Anpassungen der Anlagentechnik hauptsächlich an

- Sauerstoffmesstechnik
- Ammoniummesstechnik
- Luftmessung und -Regelung

an. Durch Umstellung des biologischen Prozesses konnten in der untersuchten Anlage von Beginn an Betriebsmittel eingespart werden. Als Referenzzeitraum wurden die Jahre vor der Umstellung 2004 und 2005 gewählt.

Zusammen mit dem Umbau der Verdichterstation bewirkte der geringere Sauerstoffbedarf des neuen Prozesses einen verminderten Druckluftverbrauch von unter 20 % des Referenzwertes. Der Verbrauch von zusätzlichem organischen Kohlenstoff (Methanol) sank dagegen auf Null. Der Überschussschlammanteil reduzierte sich ebenfalls auf unter 20 % des Referenzwertes. In der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten Betriebsmittelverbräuche für den Referenzzeitraum und das zweite Jahr nach der Umstellung aufgeführt.

Verbrauch pro kg eliminierten Stickstoff	Referenz 2004/2005	2. Jahr nach Umstellung 2010
Methanol	2,74 kg	0 kg
Luft	175 m ³	17 m ³
Überschussschlamm	18,2 kg	2,8 kg
Aktivkohle	0,87 kg	0,91 kg
el. Strom	0,08 kWh	0,09 kWh

Insgesamt summierten sich der verminderte Betriebsmittelverbrauch und die geringeren Entsorgungskosten für Überschussschlamm auf über 3 €/kgN_{eliminiert}.

Ausblick

Für Abwässer mit ungünstigem Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis und hohen Stickstofffrachten ist der Einsatz der anaeroben Ammoniumoxidation sinnvoll. Die erforderlichen Anpassungen der Betriebsparameter sind weitgehend mit der vorhandenen Anlagentechnik durchführbar und es entstehen nur geringfügige Investitionskosten. Innerhalb von ca. 6 Monaten nach der Unterdrückung der Nitrifikation und dem Impfen mit Anammox-Schlamm wurde in der untersuchten großtechnischen Sickerwasseranlage ein stabiler Betrieb bei Abbauraten von 10 bis 45 kgN pro Tag erreicht.

Für eine sichere Anlagenüberwachung und -Steuerung wäre es sinnvoll, die gewonnenen Ergebnisse in ein Mess- und Steuerkonzept umzusetzen, mit dem Störungen frühzeitig erkannt und beseitigt werden können.

Kontakt

Dr.-Ing. Ivonne Görtz, email: Ivonne.goert@bayer.com, Bayer Technology Services, 51368 Leverkusen

PD Dr. Martin Denecke, email: martin.denecke@uni-due.de, Fachgebiet Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft, Universität Duisburg-Essen, Universitätsstraße 15, 45141 Essen
Volker Rekers, email: vrekere@lambda.de, LAMBDA GmbH, Hertener Mark 3, 45699 Herten