

Endbericht zum Auftrag Testreihe für das Filtersystem BioKat

30.11.2016

Angebot Nr.:	126.150911	Auftraggeber:	Bio-filter-development GmbH
Projekt:	DA98026001		Herr Hartmut Illmer
			An der Heide 14
			27327 Schwarme

Endbericht

1. Einleitung

Die Firma bio-filter-development-GmbH (BFD) entwickelt ein neues Filtersystem „BioKat“ und hat die Abteilung Aquakulturforschung des Alfred-Wegener Institutes Helmholtz Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) beauftragt, die Effektivität des Filtersystems zu bewerten.

Das Filtersystem „BioKat“ wurde dazu von BFD in den Räumlichkeiten des Zentrums für Aquakulturforschung (ZAF) aufgebaut und in Betrieb genommen. Anschließend übernahm das AWI den Betrieb des Filters und startete mit der Zugabe von Gärresten aus einer Biogasanlage sowie der Datenaufnahme zur Abbauleistung des Filtersystems.

Durch das AWI wurden die Parameter Ammonium (NH_4^+), Nitrit (NO_2), Nitrat (NO_3) und Phosphat (PO_4^{3-}) kontrolliert und bewertet.

Die Gärreste wurden von BFD aus einer Biogasanlage eines Kooperationspartners entnommen und dem AWI zur Verfügung gestellt.

In diesem Endbericht werden die Messdaten in den Abbildungen 1 bis Abb. 7 dargestellt. Die Bewertung umfasst nur das biologische System. Alle Daten und Grafiken befinden sich für die bessere Übersicht im Anhang.

Der Versuchsdurchlauf lief über 153 Tage. Die Temperatur des Systems wurde durch eine Heizung zwischen 34°C und 36°C gehalten.

2. Ergebnisse

2.1. Nitrifizierende Stufe – Hauptsystem

Der technische Aufbau des Filtersystems BioKat wurde zum 10.05.2016 durch BFD abgeschlossen und bestand aus einer nitrifizierenden Biofiltereinheit sowie eine Denitrifikationseinheit/stufe. Das System wurde mit Leitungswasser befüllt und die technische Funktionalität überprüft. Anschließend erfolgten noch Tests zur Einstellung des Dosiersystems.

Die erste Probenahme fand gemeinsam (BFD und AWI) am 31.05.2016 statt, um den „Nullwert“ des Systems aufzunehmen. Nach der Probenahme wurde 1 L Gärrest in das System gegeben, um eine Nährstoffgrundlage für die Bakterien vor zu legen.

Am 01.06.2016 wurde eine weitere Probe (AWI) aus dem System entnommen, diese Probe stellt den Start-Wert vor der Zugabe der Biologie dar. Anschließend wurde das Filtersystem durch die Firma Q-Bioanalytic GmbH (Dr. Oberheitmann) mit 11 Bakterienstämmen die eine Biofiltration von Stickstoffverbindungen bewirken sollten innokuliert, 8 Stämme Aerobier und 3 Stämme Anaerobier. Über die Versuchszeitlauf wurde die tägliche Zugabe an Gärresten langsam gesteigert, um die Abbau- bzw. Umsatzrate des Systems zu bilanzieren.

Die Veränderungen der Parameter Ammonium, Nitrit und Nitrat ist in den Abbildungen 1 bis 3 über die gesamte Projektlaufzeit dargestellt.

Tag 0 bis 87

Der Verlauf der Ammonium- und Nitritkonzentration zeigt einen schnellen und vollständigen Abbau des über die Gärreste eingetragenen Stickstoffes in das Biofiltersystem. Die auftretenden Peaks zu Beginn stellen einen typischen Verlauf bei der Inbetriebnahme von biologischen Filtersystemen dar. Der Ammoniumwert des Tages 2 zeigt den Anstieg von Tag 1 auf Tag 2 des Prozesswertes durch die Zugabe von 1 L Gärrest auf das Gesamtsystem an Tag 1. Die Innokulation des Systems mit den Bakterien kann daher als erfolgreich betrachtet werden, zudem konnten sich die Bakterien schnell akklimatisieren und das zugegebene Ammonium abbauen. Die Erhöhung der Zugabe an Gärresten an den Tagen 10 (0,168 L), 15 (0,384 L), 22 (0,768 L), 29 (1,153 L) und 35 (1,536 L) zeigt kaum Auswirkungen auf die Ammonium- und Nitritkonzentration im Prozesswasser. Die Bakterien konnten die ansteigende Belastung direkt abbauen.

Der Verlauf der Nitratkonzentration zeigt ebenfalls einen typischen Verlauf bei der Inbetriebnahme von biologischen Filtersystemen zum Abbau von Ammoniumstickstoffen unter aeroben Bedingungen. Der Anstieg ab dem Tag 10 folgt durch die Umsetzung des Nitrits zu Nitrat. Der Anstieg entspricht der steigenden Belastung an Gärresten. In der Abbildung 5 ist die Erhöhung der Dosierung mit dem Verlauf der Ammoniumkonzentration aufgetragen.

Die Phosphatkonzentrationen (Abbildung 4) zeigen wie die Nitratkonzentration einen stetigen Anstieg. Da es keinen gezielten Phosphataustrag aus dem System gibt entspricht dieses einem typischen Verlauf.

Tag 88 bis 108

Zwischen den Tagen 88 bis 110 zeigte sich ein starker Anstieg der Ammoniumkonzentrationen und ebenfalls Schwankungen bei den Nitrit- und Nitratkonzentrationen. Am Tag 88 wurde eine neue Charge Gärreste aus der Biogasanlage zum ZAF gebracht. Da eine größere Menge für die folgende Laufzeit benötigt wurde, wurde diese in einem IBC-Container angeliefert. Bereits am Folgetag wurde ein Ammoniumanstieg in dem Prozesswasser sichtbar, welcher auf den Wechsel der Gärreste zurückzuführen ist. Da sich in den folgenden Tagen ein linearer Anstieg abbildete nahezu keine Reaktion des Systems auf die steigende Ammoniumlast zu sehen war, wurde zur Sicherheit die Charge der Gärreste als möglicherweise kontaminiert eingestuft und die Zugabe der Charge an Tag 106 gestoppt und eine neue Charge Gärrest angeliefert. Ein Teilwasserwechsel und eine Reinigung des Systems wurden durchgeführt.

Tag 109 bis 119

Am Tag 109 wurden der Betrieb der Anlage und die Zugabe der Dosierung wieder aufgenommen. Ein technischer Ausfall der Dosierpumpe führte allerdings zu weiteren Störungen. Die Zugabe der Gärreste war mit der installierten Dosierpumpe nicht mehr möglich und wurde daher auf eine manuelle Zugabe umgestellt.

Tag 120 bis 153

Ab dem Tag 120 wurde die Zugabe der Gärreste wieder Stufenweise gesteigert. Ab dem Tag 130 bei 4 L Zugabe zeigen sich vermehrt Schwankungen in den Ammonium- und Nitritkonzentrationen. Dieses deutete auf einen nicht mehr vollständigen Abbau der Stickstoffeintragungen aus den zugegebenen Gärresten hin.

Gesamtbetrachtung nitrifizierende Stufe

Die nitrifizierende Stufe des BioKat-Systems baute die ersten 87 Tage die zugegebene Stickstoffmenge in Form von Ammonium zuverlässig ab. Es konnte eine Zugabe von 3,36 L pro Tag an Gärresten erreicht werden (siehe Abbildung

5). Gemäß dem vorliegenden Prüfbericht der LUFA Nord-West vom 08.04.2016 beinhalten die Gärreste einen Ammonium-Stickstoffgehalt ($\text{NH}_4\text{-N}$) von $2,18 \text{ kg/m}^3 = 2,18 \text{ g/L} = 2180 \text{ mg/l}$. Messungen des AWI kamen auf einen Ammonium-Stickstoffgehalt von $2,16 \text{ g/L} = 2160 \text{ mg/l}$.

Mit den Werten der LUFA berechnet, konnte eine Abbauleistung von Ammonium zu Nitrat von $7,33 \text{ g NH}_4\text{-N/ Tag}$ erreicht werden.

Ab dem Tag 88 unterlag das System mehreren Schwankungen und Störungen. Nach dem Wechsel der Gärrestchargen und der Umstellung auf eine manuelle Zugabe der Gärreste konnte die Zugabemenge wieder auf $3,6 \text{ L/Tag}$ erhöht werden. Die Ammonium- und Nitritkonzentrationen zeigten jedoch Schwankungen die auf eine nicht mehr vollständige Umsetzung des Ammoniums zu Nitrat deuten. Dieses kann auch auf das Zusetzen des Filters zurückgeführt werden. Über ein Manometer wurde der notwendige Druck ermittelt, um das Wasser durch den Keramikblock zu pumpen, dieser stieg über den Verlauf des Projektes auf $0,2 \text{ bar}$ an.

2.2. Denitrifizierende Stufe

Zusätzlich zu dem Hauptsystem des Filtersystems „BioKat“ wurde auch die Denitrifikationsstufe betrachtet. Der Überlauf des Systems, das überschüssige und abzuführende Prozesswasser, wurde durch die Denitrifikationsstufe geleitet. In einem kontinuierlichen Betrieb würde die Menge des abgeleiteten Wassers der Menge an zudosierten Gärresten entsprechen.

Die Parameter in der Denitrifikationsstufe zeigen eine sehr gute Reaktion auf die Zugabe der Kohlenstoffquelle ab Tag 43. Vorher schwanken die Nitratwerte in der Denitrifikationsstufe stark und es kommt zu keinem geregelten Abbauprozess. In diesem Zeitraum wurde die Denitrifikationsstufe erst in einem ersten Testbetrieb betrieben (siehe Zwischenbericht vom 22.07.2016). Zwischen Tag 46 und 70 kommt es anschließend zu einem vollständigen Abbau des Nitrates. Anschließend zeigt sich wieder ein Anstieg an Nitrat sowie der Abbauprodukte Nitrit und Ammonium. Dieses deutet auf einen unvollständigen Nitratabbau hin und ist eine Folge der steigenden Nitratlast in dem Prozesswasser. Um den Abbau erneut zu verbessern wurde an Tag 85 die Kohlenstoffdosierung auf 3 ml/h erhöht, anschließend kommt es zu einer Reduzierung der Nitrat-, Nitrit- und Ammoniumkonzentration. In der Folge wurde die Kohlenstoffzugabe weiter erhöht, auf 5 ml/h an Tag 106 und 9 ml/h an Tag 128.

In der Abbildung 7 sind zur Veranschaulichung die Nitratwerte des Prozesswassers und in der Denitrifikationsstufe zusammen aufgetragen. Hier ist gut zu erkennen, dass die Nitratwerte in der Denitrifikationsstufe sehr gut abgebaut werden und eine vollständige Entfernung des Nitrates aus dem Ablaufwasser möglich war. Ausgehend von dem Stickstoffeintrag von $7,33 \text{ g N / Tag}$ konnte diese Menge von der denitrifizierenden Stufe vollständig abgebaut.

Hier ist davon auszugehen, dass ein noch höherer Abbau möglich ist.

3. Gesamtbetrachtung

Zusammenfassend ist das BioKat-System, bestehend aus einem nitrifizierenden und denitrifizierenden Biofilter, in der Lage Gärreste biologisch aufzuarbeiten und den Anteil an eingetragenen Stickstoff in der Form von Ammonium bis zu einer Menge von $3,36 \text{ L/Tag}$ ($7,33 \text{ g N / Tag}$) sicher entfernen. Das Ablaufwasser aus der denitrifizierenden Stufe war unter den vorhandenen Voraussetzungen nitratfrei ($\text{NO}_3\text{-N} < 0,05 \text{ mg/L}$) und enthält nur geringe Konzentrationen an Ammonium ($\text{NH}_4\text{-N} < 1 \text{ mg/l}$) und Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N} < 0,5 \text{ mg/l}$).

Die hohe Feststofffracht in den Gärresten führte in dem System teilweise zu einem Verblocken der Filterfläche, wodurch eine Leistungsreduzierung hervorgerufen worden sein könnte.

Anhang

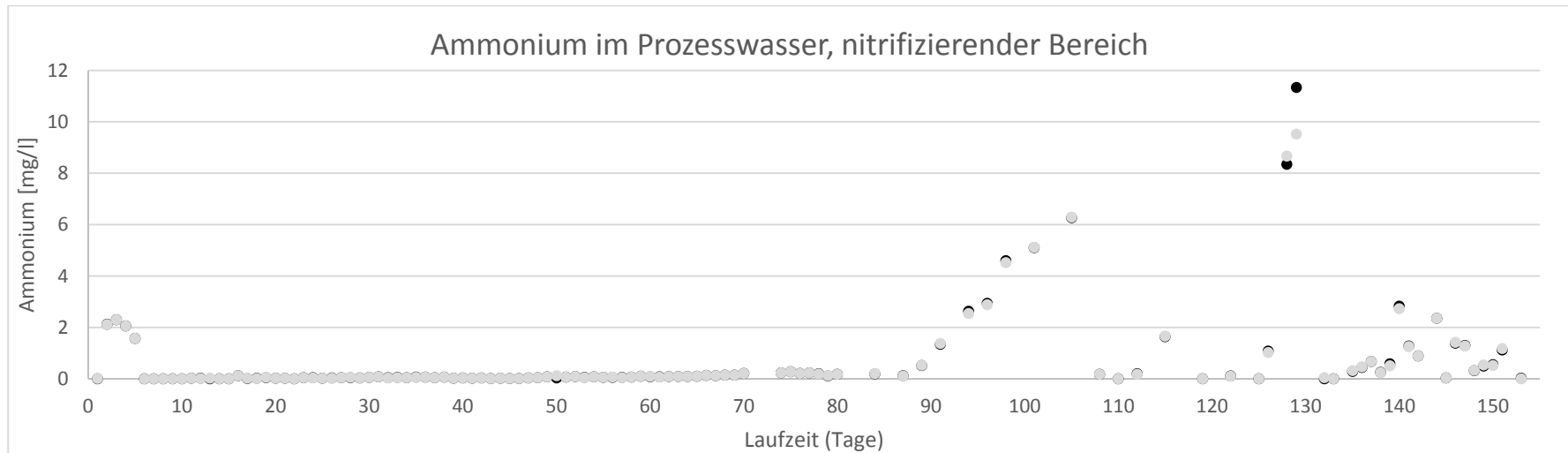


Abbildung 1: Verlauf der Ammoniumkonzentration im Prozesswasser des nitrifizierenden Bereichs in mg/l. Die Proben wurden doppelt bestimmt (grau und schwarz).

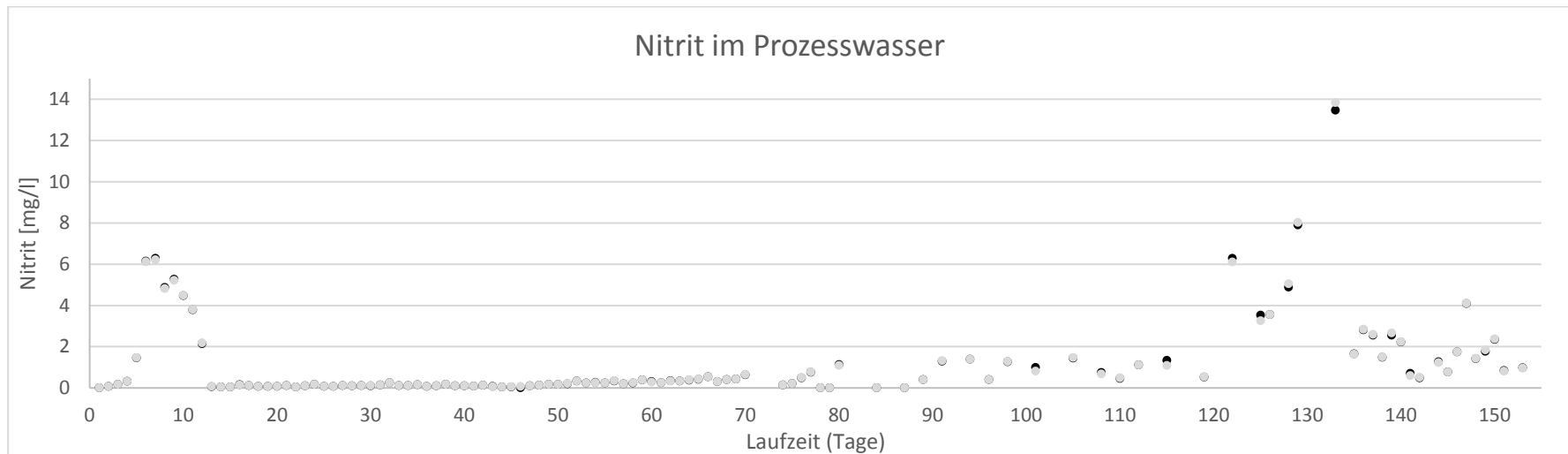


Abbildung 2: Verlauf der Nitritkonzentration im Prozesswasser des nitrifizierenden Bereichs in mg/l. Die Proben wurden doppelt bestimmt (grau und schwarz).

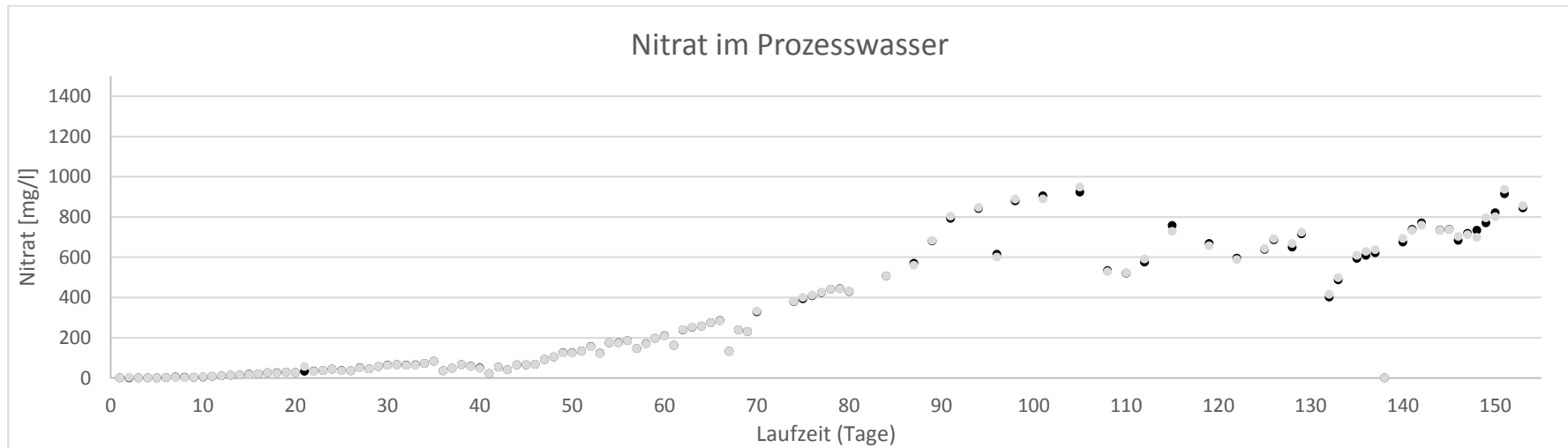


Abbildung 3: Verlauf der Nitratkonzentration im Prozesswasser des nitrifizierenden Bereichs in mg/l. Die Proben wurden doppelt bestimmt (grau und schwarz).

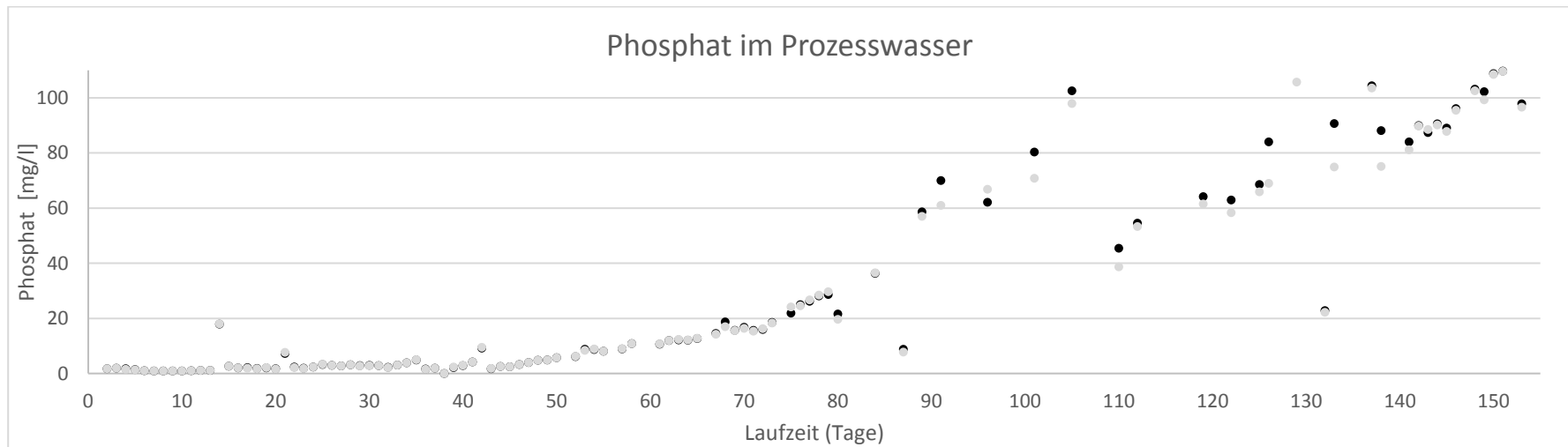


Abbildung 4: Verlauf der Phosphatkonzentration im Prozesswasser des nitrifizierenden Bereichs in mg/l. Die Proben wurden doppelt bestimmt (grau und schwarz).

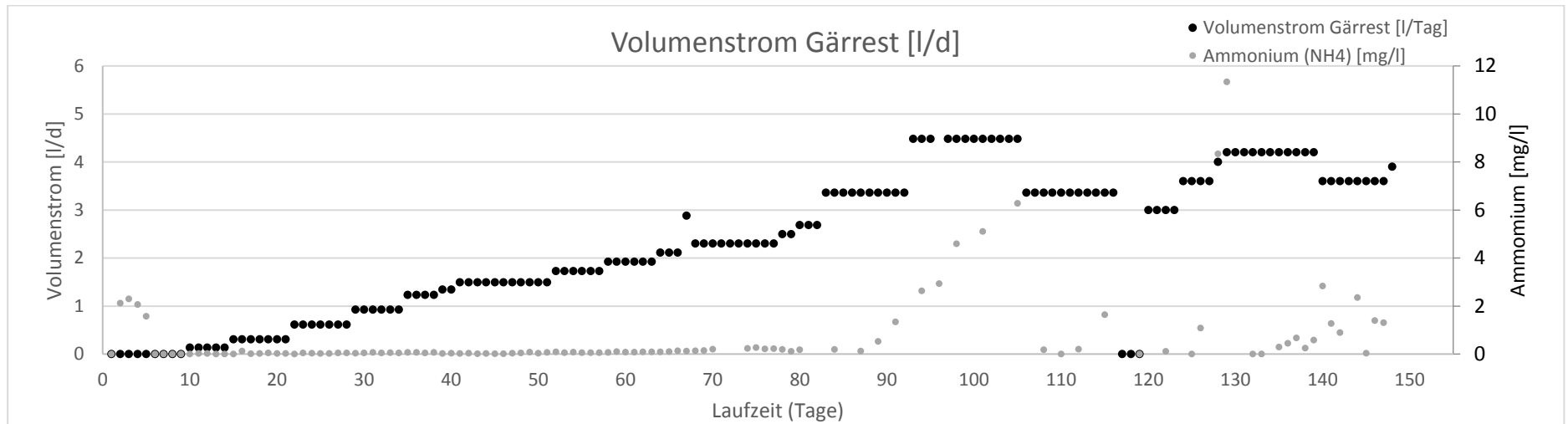


Abbildung 5: Ammonium-, Nitrit- und Nitratkonzentration in mg/l in der Denitrifikationsstufe

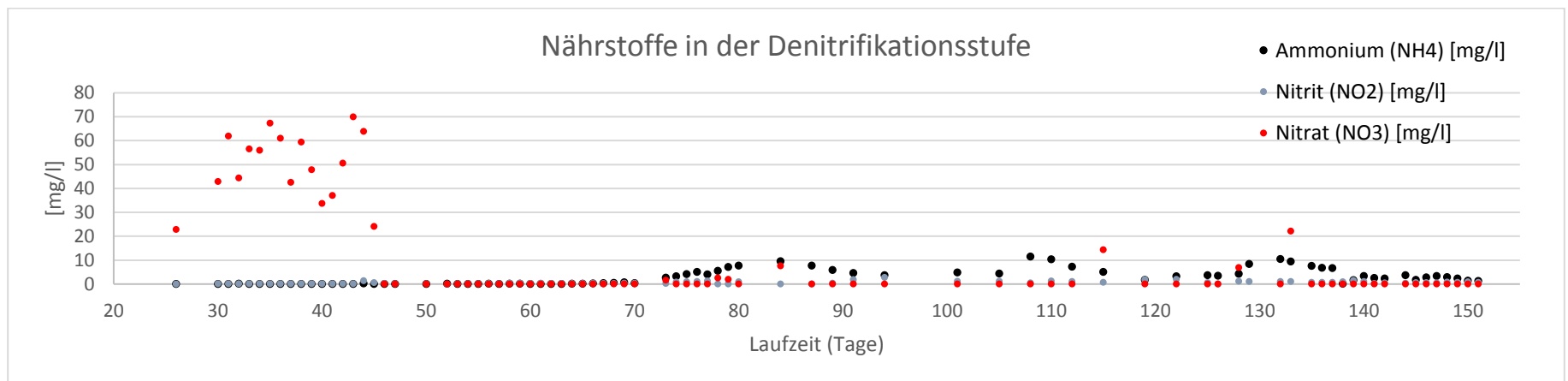


Abbildung 6: Ammonium-, Nitrit- und Nitratkonzentration in mg/l in der Denitrifikationsstufe

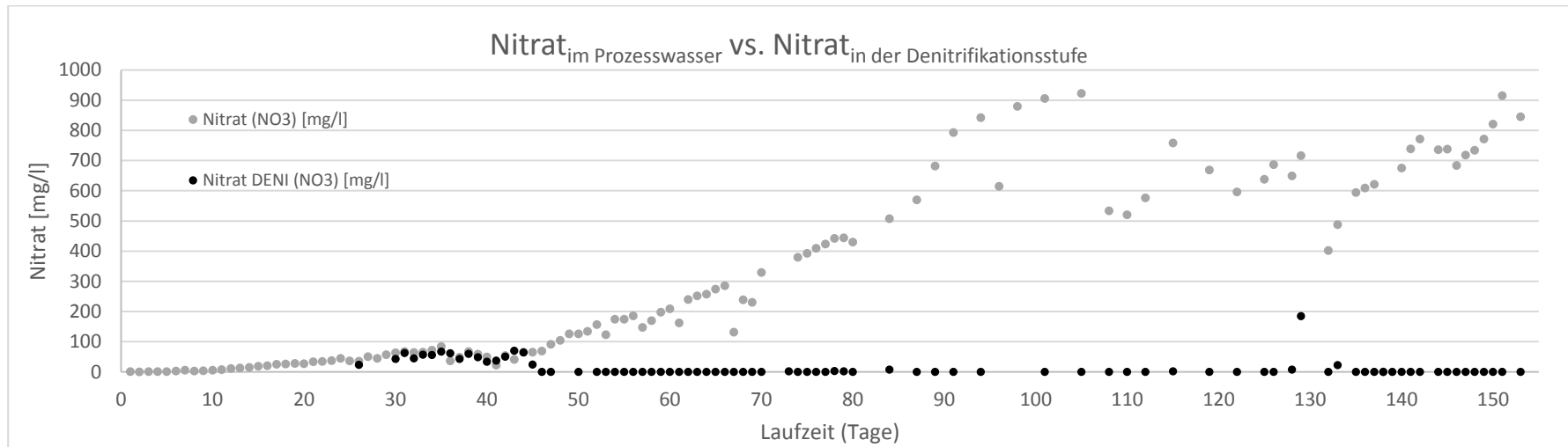


Abbildung 7: Nitratkonzentration in mg/l in der Denitrifikationsstufe und in der nitrifizierenden Stufe im Vergleich