

# Denitrifikation - einige Verfahren



AquaCare GmbH & Co. KG  
Am Wiesenbusch 11 - D-45966 Gladbeck - Germany  
☎ 0 20 43 - 37 57 58-0 ☎ 0 20 43 - 37 57 58-90  
www.aquacare.de e-mail: info@aquacare.de



ADN autotropher Nitratfilter  
(Schwefel-Nitrat-Filter)



RBR  
heterotropher Nitratfilter



Nitratfilter aus Harzbasis  
(Ionenaustauscher)

## Nitratproblematik

Stickstoff im kommunalen Abwasser liegen vorwiegend als Eiweiß, Peptide, Aminosäure, Harnstoff und Ammonium/Ammoniak vor. Nach einer funktionierenden Nitrifikation ist es fast ausschließlich zum anorganischen Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) umgewandelt. Im Gegensatz zu Ammoniak und Nitrit ist Nitrat relativ ungiftig, trägt aber neben Phosphat durch die Düngewirkung zur Eutrophierung der Gewässer bei. Außerdem kann Nitrat unter bestimmten Umständen im Verdauungssystem von Säugern zu krebserregenden Nitrosaminen und zum Anämie-auslösenden Nitrit (Blue Babies) umgewandelt werden.

Deshalb ist es notwendig durch weitergehende Abwasserbehandlung das Nitrat zu umweltneutralem gasförmigen Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) umzuwandeln. Denn alle Verbindungen im Auslaufwasser einer Kläranlage landen früher oder später in den Brunnen der Wasserwerke.

## Methoden zur Nitratreduzierung

Es gibt eine Vielzahl von Nitrateliminierungsmethoden - sowohl physikalisch-chemische als auch biologische.

### 1. Physikalische Methoden zur Nitratreduzierung

- Umkehrosmose: hierbei wird das zu behandelnde Wasser durch eine semi-permeable (halbdurchlässige) Membran gedrückt.
- Elektrodialyse: in einem elektrischen Feld wandern die Ionen gemäß ihrer Ladung durch spezifische Membranen aus dem aufzubereitenden Wasser.
- Ionenaustausch: Nitrat wird an speziellen geladenen Harzen durch andere Anionen ausgetauscht (nur salzarmes Wasser, Süßwasser)
- Destillation: Wasser wird verdampft und durch Abkühlung wieder verflüssigt; Salze verbleiben in der Vorlage.

- enzymatische Umwandlung: durch spezielle Enzyme kann Nitrat zu Luftstickstoff umgewandelt werden.
- Verschneiden: der Nitratgehalt kann durch Verschneiden mit Nitrat-freiem oder -armen Wasser erniedrigt werden

### 2. Biologische Methoden zur Nitratreduzierung

Bei biologischen Methoden werden Mikroorganismen (Bakterien, Algen) und höhere Organismen (Pflanzen) eingesetzt. Die Nitrateliminierung findet durch Denitrifikation und Assimilation statt - in letzter Zeit ist ein direkter Weg gefunden worden. Die sogenannten Anammox-Bakterien wandeln Ammonium direkt in Luftstickstoff um.

Es werden je nach Anordnung des Denitrifikationsfilter in der gesamten Aufbereitungsanlage die vorgeschaltete, die nachgeschaltete, die simultane und die schubweise Denitrifikation unterschieden.

## 2.1. Heterotrophe Denitrifikation

Bei heterotrophen Verfahren werden Mikroorganismen mit einer C-Quelle versorgt. Unter anaeroben oder mikroaeroben Bedingungen sind viele Mikroorganismen dazu in der Lage, anstatt des Sauerstoffs Nitrat zu veratmen. Als Umwandlungsprodukt entsteht Luftstickstoff und Biomasse.

Die Biomasse kann fixiert sein (Festbettverfahren) oder frei im Wasser schwimmen (Belebtschlammverfahren). Bei geringeren Belastungen haben Bakterien und Algen die Eigenschaft, sich an Oberflächen zu heften oder sich zu größeren Verbänden (Belebtschlammflocken) zusammen zu schließen. In diesem Zustand kann das zu behandelnde Wasser an den Mikroorganismen entlang fließen und die Wasserinhaltsstoffe werden durch die Biomasse aufgenommen (assimiliert) oder umgewandelt. Bei sehr hohen Belastungen neigen Mikroorganismen dazu, frei zu schwimmen (suspendiert). Eine Rückhaltung der Biomasse ist in diesem Fall sehr aufwendig.

*einige Festbettsysteme:*

- **RBR-Verfahren:** in einer sich drehenden Trommel (verhindert Verblockung des Festbettes) wird das Wasser ohne Rücklauftrate an Blähtonkörpern vorbeigeführt. Als Substrat setzen die Firmen AQUACARE und AMROTEC Ethanol ein.
- **DENIPOR-Verfahren:** im Aufstromverfahren wird das Wasser an mit Bakterien bewachsenen Styroporkugeln entlangeleitet. Rück-

laufführungsraten von 200-500% sind notwendig, damit einerseits der Stoffübergang verbessert ist, andererseits die Kugeln durch Bakterien nicht zusammenwachsen. Als Substrat wird Ethanol verwendet. Verfahren der Firma PREUSSAG.

- **NITRAZUR-Verfahren:** ebenfalls im Aufstromverfahren wird das Wasser an ein blähtonartiges Material (BIOLITE) entlanggeführt. Die Firmen DEGREMONT und PHILIPP MÜLLER verwenden Ethanol als Substrat.
- **OTV-Verfahren (OMNIUM DE TRAITEMENTS ET DE VALORISATION):** im Abstrombetrieb strömt das Wasser an blähtonartigem Trägerkörper (BIO-DAMINE) entlang. Substrat: Ethanol.
- **DVGW-Verfahren:** mit Ethanol als Substrat wird das Wasser in einem Aktivkohlefestbett (1-3 mm) denitrifiziert und durch eine Bodenpassage nachbehandelt.
- **Scheibentauchkörper:** poröse Scheiben sind teilweise im Wasser eingetaucht und drehen sich stetig. Im Inneren kann bei höheren Belastungen eine Denitrifizierung stattfinden. Hauptsächlich wird das Verfahren zum CSB-Abbau und Nitrifikation eingesetzt. Eine zusätzliche C-Quelle wird nicht eingesetzt (passive Denitrifikation).
- **PHB-Verfahren:** das Wasser wird an einem Festbett aus PHB-Füllkörpern (Polybetahydroxibuttersäure) entlanggeführt. Das Festbett

dient sowohl als Aufwuchskörper als auch als C-Quelle. Firma AQUAMEDIC setzt das Verfahren in der Aquaristik ein.

*einige Varianten des Belebtschlammverfahrens:*

- **vorgeschaltete Denitrifikation:** bei der vorgeschalteten Denitrifikation wird vor dem belüfteten Hauptbecken ein Denitrifikationsbecken gebaut, in dem die CSB-Fracht ohne Sauerstoffzugabe das vorhandene Nitrat (und Nitrit) veratmet. Der Ammonium/Ammoniakanteil bleibt unberührt.
- **nachgeschaltete Denitrifikation:** hinter ein aerob betriebenes Belebtschlammbecken wird in einem zweiten Becken denitrifiziert, indem ein Teil des Rohabwassers direkt in das zweite Becken geleitet wird.
- **simultane Denitrifikation:** in einem Becken existieren aerobe und anaerobe Teile; das Wasser durchläuft mehrmals die verschiedenen Zonen.
- **schubweise Abwasserzugabe:** durch schubweise Zugabe des Abwassers in das Belebtschlammbeckens findet zuerst ein aerober Abbau des CSBs und die Nitrifikation statt. Ist der gelöste Sauerstoff verbraucht, wird Nitrat denitrifiziert. Ist kein Nitrat mehr vorhanden wird das Wasser wieder belüftet und der Rest-CSB abgebaut. Das Verfahren erniedrigt die Gefahr der Blähschlamm-bildung drastisch.

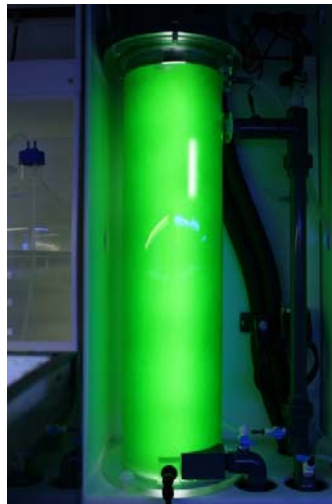
## 2.2. autotrophe Denitrifikation

- ADN-Filter: dieses von AQUACARE alternativ zum RBR eingesetzte Verfahren ist wegen der wesentlich vereinfachten MSR-Technik preisgünstig und nahezu wartungsfrei.
- DENITROPUR-Verfahren: in druckfesten Bioreaktoren der Firma SULZER strömt das Wasser an einen Festkörperbett vorbei. Die Bakterien "ernähren" sich von gasförmigem Wasserstoff und veratmen das Nitrat.

## 2.3. autotrophe Assimilation

- HIRAP: in sogenannten Hochleistungsklärteichen (HIGH Rate Algae Pond) können Stickstoffverbindungen wie Ammonium, Nitrit und Nitrat direkt von den im Teich befindlichen Mikroalgen assimiliert (aufgenommen) werden.

Enthalten die Abwässer keine Schwermetalle oder andere persistente Stoffe kann die erzeugte Algenbiomasse weiter verwendet werden. Aufgrund des hohen Licht- und Platzbedarfs lohnen sich solche Anlagen nur in Ländern mit dementsprechendem Sonnenschein und nicht zu unterschiedlichen Jahreszeiten.



Algen können in sehr hohen Dichten kultiviert werden.

- Schönungsteich: dieses Verfahren ist nur als letzte Sicherheitsmaßnahme oder bei extrem niedrig belastetem Wasser sinnvoll. Die Nährstoffe werden durch Algen und höhere Pflanzen (Sumpfpflanzen) aufgenommen und in Biomasse gespeichert. Die Effektivität diese Methode ist ebenfalls stark abhängig von der Jahreszeit.
- Pflanzenkläranlagen: ein ähnliches Verfahren wie der Schönungsteich sind Pflanzenkläranlagen. Einerseits werden Nährstoffe direkt in pflanzliche Biomasse aufgenommen, aber andererseits sind im Bodengrund Denitrifikationsprozesse durch die dementsprechenden Bakterien möglich. Die Methode ist ebenfalls nur für schwach belastete Abwässer einsetzbar.

autotropher „Schwefel“-Filter (z.B. ADN-Filter von AquaCare)		heterotropher „Ethanol“-Filter (z.B. RBR-Filter von AquaCare)	
	benötigt keine gleichmäßige Zufuhr eines Nährmediums		benötigt gleichmäßige Zufuhr der Nährlösung (außer "Deni-Balls")
	Überdosierung nicht möglich		Überdosierung möglich und kann zu Trübungen und Sauerstoffmangel im Aquarium führen
	Risiko zur Sulfatreduktion niedrig		Risiko zur Sulfatreduktion und Schwefelwasserstoffbildung (stinkt nach faulen Eiern) erheblich größer
	lange Einfahrphasen von mehreren Wochen möglich; durch Animpfen kann dieses Phase aber erheblich gekürzt werden		kurze Einfahrphase von wenigen Tagen
	längere Anpassungszeit bei schwankenden Reaktionsbedingungen (Belastung, Temperatur, pH, etc.)		schnelle Adaptation möglich
	geringeres Bakterienwachstum und damit geringere Verstopfungsgefahr		hohes Bakterienwachstum und damit hohe Verstopfungsgefahr (außer RBR)
	das Ablaufwasser hat einen niedrigeren pH-Wert		das Ablaufwasser hat einen höheren pH-Wert
	geringere laufende Kosten (eine Filterfüllung reicht für mehrere Jahre)		hohe laufende Kosten (Nährmedium)
	relativ neues System mit geringen Erfahrungen		lang bekanntes System
	geringere Investition		höhere Investition