

Auslegung, Bau und Betrieb von Biofiltern in Aquakultur- Kreislaufanlagen

Vortrag zum Innovationsforum Wasserwirtschaft
am 10. Oktober 2011, in Osnabrück
von Herrn Ulrich Spranger, Geschäftsführer der Kunststoff-Spranger GmbH



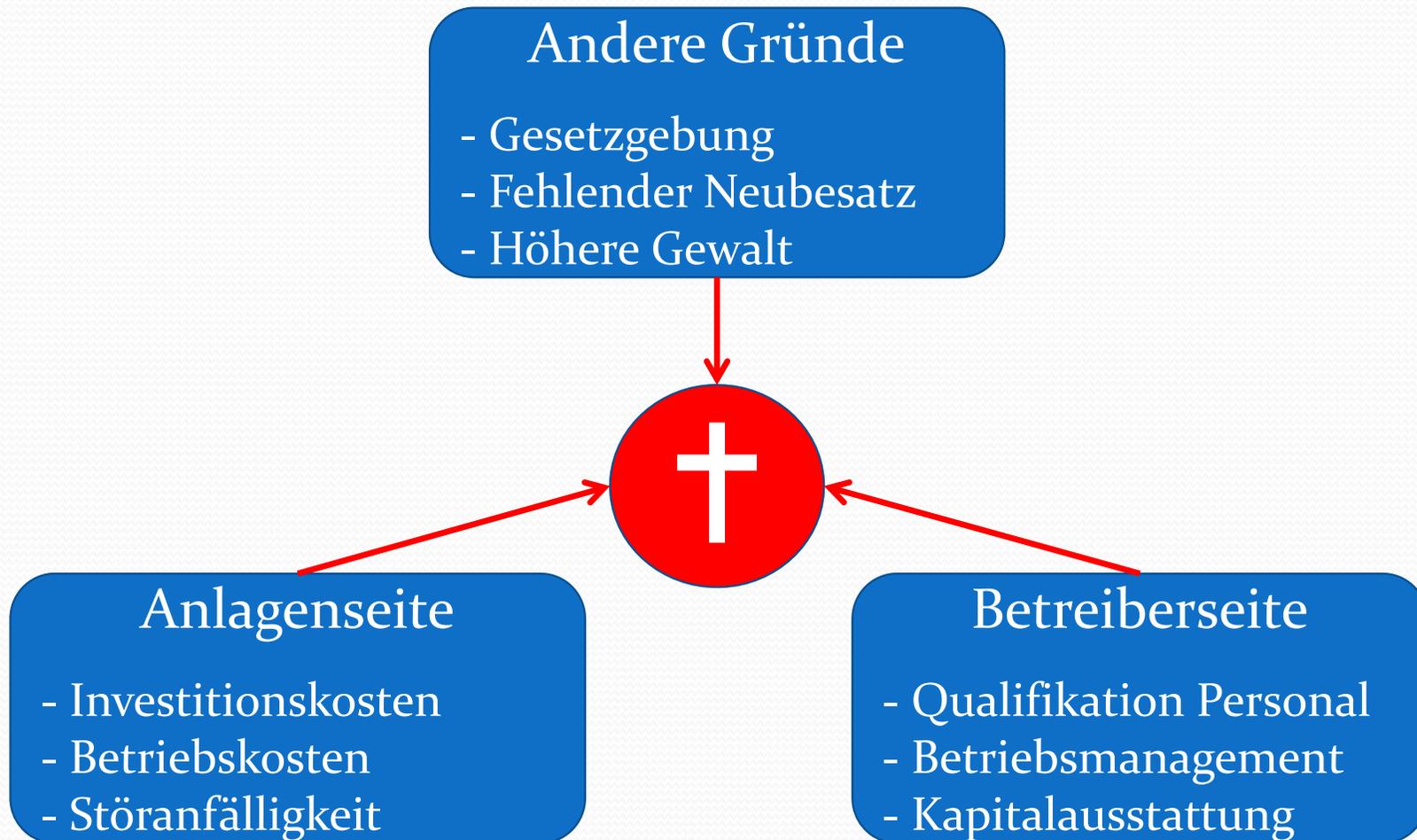
Gliederung

- Kreislaufanlagen als Organismus und Gründe für Ihr Scheitern
- Stickstoffkreislauf
- Nitrifikation / Denitrifikation
- Nitrifikationsreaktoren im Überblick
- Moving Bed Reaktoren zur Nitrifikation sowie Auslegung
- Denitrifikationsreaktoren im Überblick
- STED Reaktor zur Denitrifikation sowie Auslegung
- Fazit

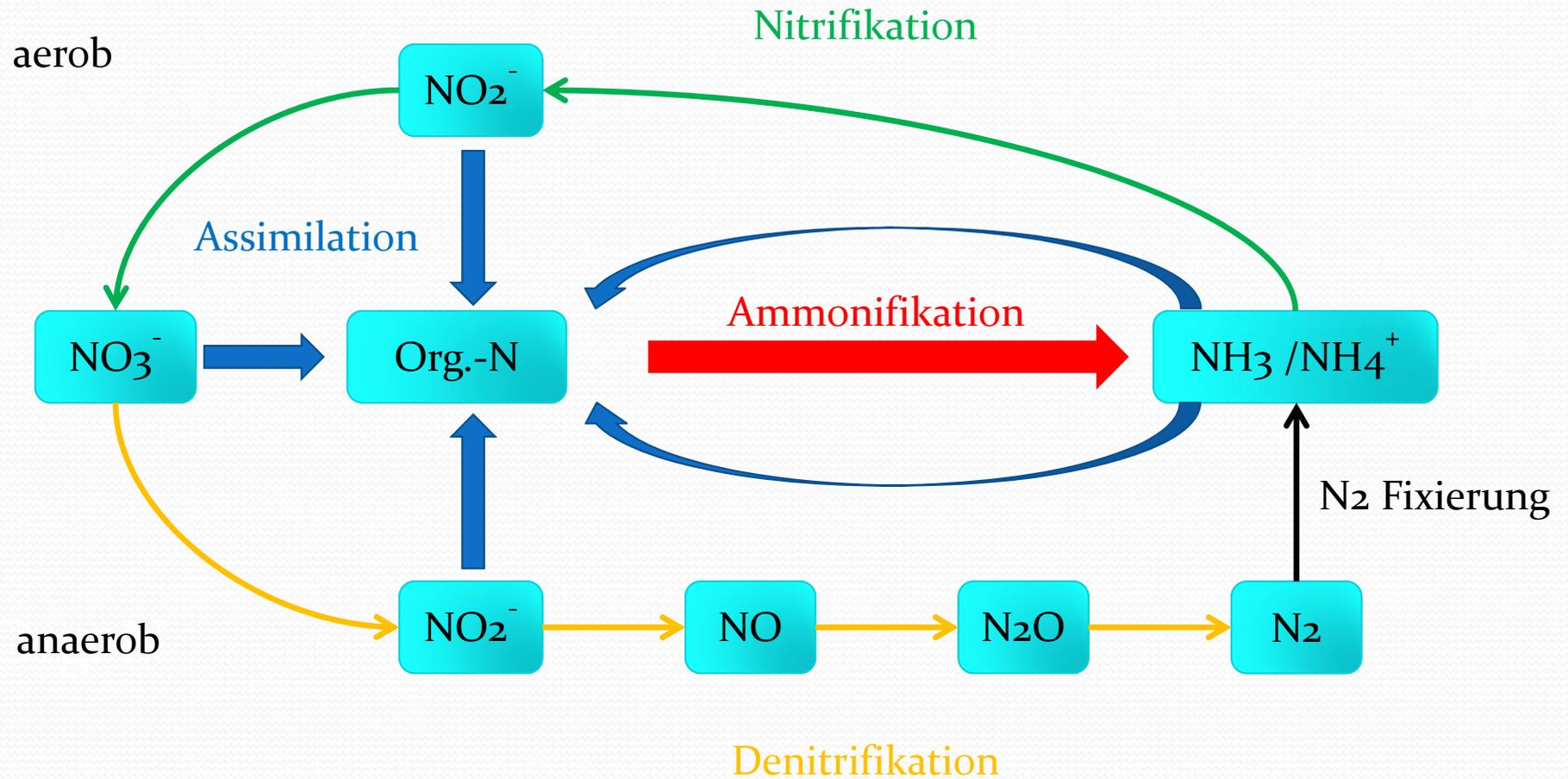
Kreislaufanlage als Organismus

Mensch	Kreislaufanlage	Wirkung bei Ausfall
Gehirn	Steuerung	Letal
Herz	Kreislaufpumpen	Letal
Lunge	Be- und Entgasung	Letal
Leber	Biofilter	Letal
Nieren	Mechanische Filter	Schwer schädigend
Milz	Desinfektion	Schwer schädigend
Sinne	Messsonden	Stark beeinträchtigend
Verhaltensweise	Betriebsweise	Beeinflusst Alles

Gründe für das Scheitern von Kreislaufanlagen



Aquatischer Stickstoffzyklus (vereinfacht)

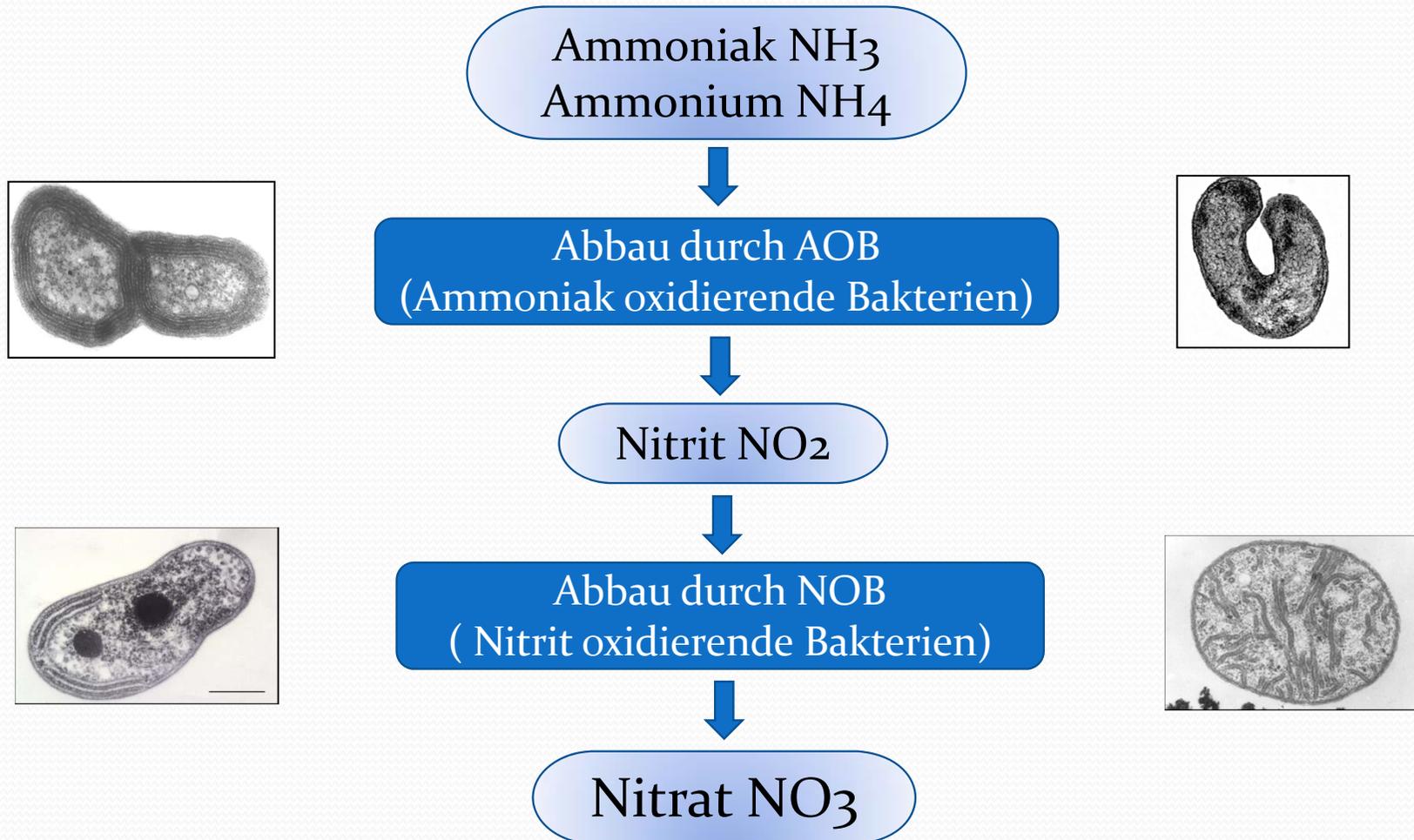


Notwendigkeit von Biofiltersystemen in der Kreislaufanlagen

- Ammoniak, Ammonium und Nitrit sind bereits bei geringen Konzentrationen starke Gifte für aquatische Lebewesen
→ **Nitrifikation notwendig**
- Nitrat wirkt in überhöhten Konzentrationen, (abhängig von der Tierart) ebenfalls stark negativ
→ **Denitrifikation notwendig**

**Gifte und Schadstoffe müssen unterhalb
der jeweiligen Toleranzgrenze gehalten
werden !**

Nitrifikation (im aeroben Milieu)



Denitrifikation (im anaeroben Milieu)

Nitrat NO_3

(Produkt aus Nitrifikation)



mehrstufiger Prozess durch heterotrophe
Bakterien unter Zugabe von organisch gebundenem Kohlenstoff



$\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$



Anforderungen an Bioreaktoren zur Nitrifikation

- Höchste Betriebssicherheit
 - Verhinderung von Tot- bzw. Faulzonen
 - Größtmögliche Aufwuchs-bzw. Kontaktfläche
 - Kompakte Bauweise
 - Niedriger Energieverbrauch
 - Geringer Wartungsaufwand



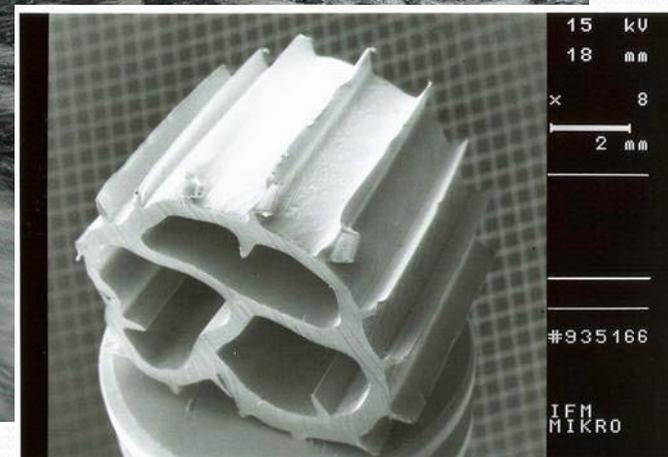
Übersicht meist verwendeter Nitrifikationsreaktoren in Kreislaufanlagen

1. Getauchter Festbettreaktor
2. Fließbettreaktor
3. Tropfkörperreaktor
4. Moving Bed Reaktor

Vor- und Nachteile der Systeme

	Festbett	Fließbett	Tropfkörper	Moving bed
Investitionskosten	+	+	+	-
Energieverbrauch	+	-	-	+
Wasserverbrauch	-	+	+	+
Abbauleistung	-	+	-	+
Entgasung	-	-	+	+
Wartungsaufwand	-	-	-	+
Kontinuierlicher Betrieb	-	-	-	+
Totzonenbildung	-	-	-	+
Betriebssicherheit	-	-	+	+

Auslegung von Moving Bed Reaktoren zur Nitrifikation



Grundlagen für die Auslegung

Fixwerte

- Mindestverweilzeit im Biofilter 10 Minuten,
- Verhältnis von Carrier- zu Gesamtvolumen Biofilter maximal 60 %
- Biocarrier mit Dichte unter 1 g/cm^3

Spezifische Werte

- Hälterungsvolumen,
- Besatzdichte,
- Fütterungsrate,
- Proteingehalt des Futters
- Art der Biocarrier (geschützte / ungeschützte Oberfläche)
- Wassertemperatur

Auslegung am Beispiel

Hälterungsvolumen	-	100 cbm
Besatzdichte	-	100 kg/cbm
Fütterungsrate bei Endbesatz	-	1,5 %
Proteingehalt des Futters	-	50 %
Biocarrier max.	-	850 qm/cbm
Wassertemperatur	-	20 °C

 **Besatz = 10.000 kg**

 **Futtereinsatz = 150 kg**

Auslegung Biofilter über gesicherte Erfahrungswerte

$$\text{Granulatmenge}_{\text{geschätzt}} [\text{m}^3] = \frac{150 [\text{kg}/\text{d}] * 150 [\text{m}^2/\text{kg} * \text{d}]}{850 [\text{m}^2/\text{m}^3]} = 26,5 \text{ m}^3$$

Auslegung Biofilter anhand Proteingehalt des Futters (TAN = Total Ammonium Nitrogen)

$$\text{TAN} [\text{g}/\text{d}] = \frac{150.000 [\text{g}/\text{d}] * 50 \%}{6,25} = 12.000 \text{ g}/\text{d}$$

Abbauraten im Süßwasser 0,5 – 1 g TAN /m² *d (bei T = 18-25°C)

$$\text{Granulatmenge}_{\text{berechnet}} [\text{m}^3] = \frac{12.000 [\text{g}/\text{d}]}{0,5 [\text{g}/\text{m}^2 * \text{d}] * 850 [\text{m}^2/\text{m}^3]} = 28 \text{ m}^3$$

**Daraus ergibt sich bei 60 % Füllrate ein Biofiltervolumen
bzw. ein Reaktionsraum von 46,5 cbm**

Auslegung der Luftversorgung

Parameter zur Auslegung

- Lufteintrag nie unterhalb 1,5 m Wassertiefe (N₂ – Eintrag)
- Bedarf zur Durchmischung der Carrier (Schlaufe)
- Bedarf zur Gasabstrippung (CO₂, N₂)
- Bedarf zur Sauerstoffstabilisierung

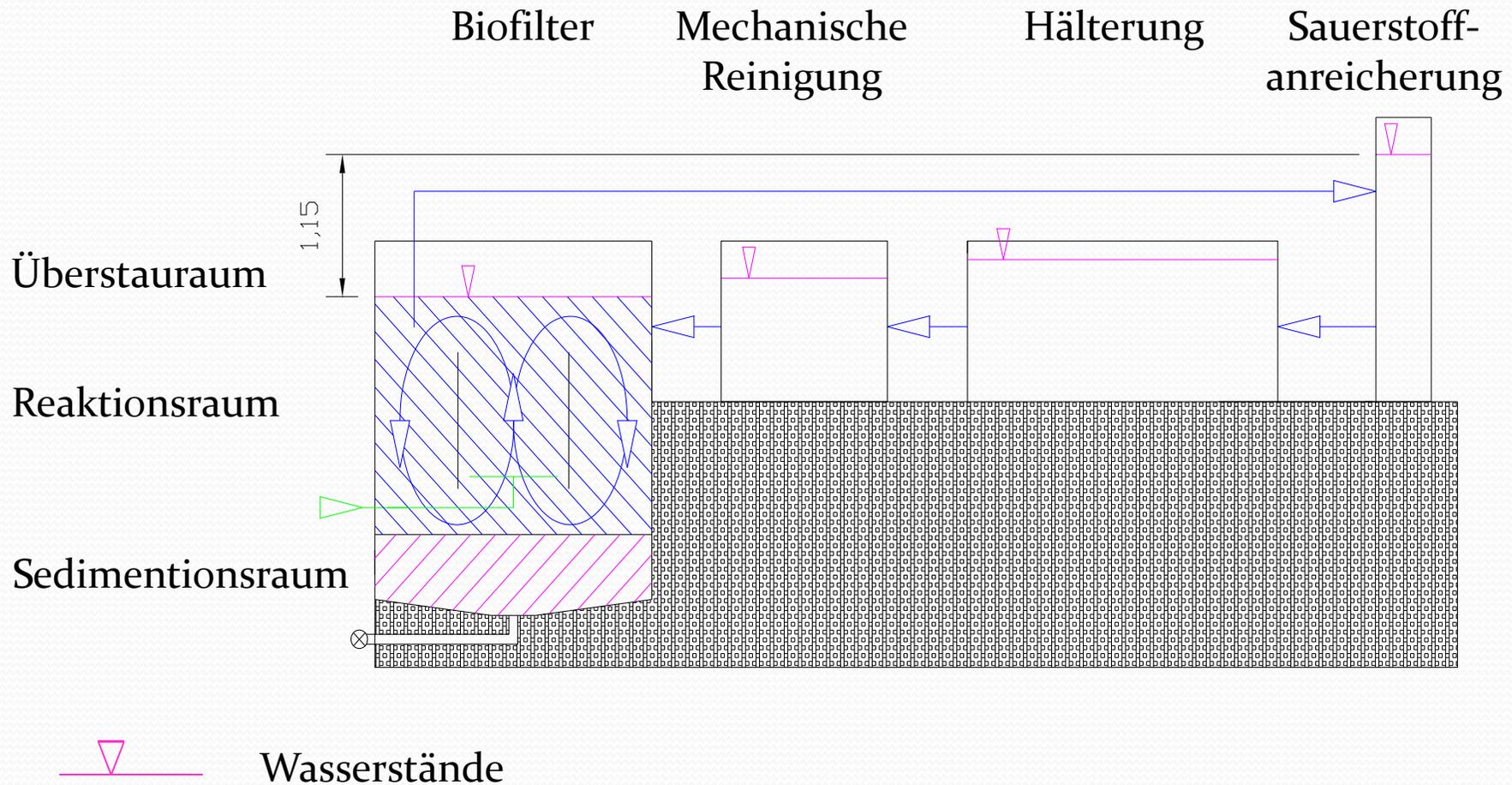
Aus Erfahrung ergibt sich

- Verhältnis Luft zu Reaktoroberfläche circa **7 m³/h * m²**
- Installation von FU gesteuerten Gebläsen um auf Änderungen von Parametern optimal reagieren zu können.

Konstruktive Besonderheiten

- Hydrodynamische Erzeugung der notwendigen Scherkräfte und der Umwälzung durch Gebläseluft, eingeblasen in möglichst geringe Wassertiefen (Energieeffizienz)
- Ausbildung eines Sedimentationsraumes unterhalb des Reaktorraumes zur Erfassung von Stoffpartikeln
- Zusätzliche Erhöhung des Stauraumes zur Pufferung zurückfließenden Überstauwassers (automatische Wiederinbetriebnahme nach Stromausfall)

Schematischer Aufbau im System



Anforderungen an Bioreaktoren zur Denitrifikation

- Möglichst kontinuierlicher Betrieb
 - Möglichst geringe Verschlammung
 - Möglichst hoher Automatisierungsgrad
 - Kompakte Bauweise
 - Niedriger Energieverbrauch
 - Geringer Wartungsaufwand
 - Effektiver Stoffverbrauch

Übersicht üblicher Verfahren zur Denitrifikation, sowie Ihre Schwächen

1. Wirbelschichtreaktor
2. Vakuumentgasung
3. UASB Reaktor (Blähschlamm)
4. Autotrophe Schwefel Denitrifikation
5. sowie die Konzentrationssenkung durch Ausdünnung (häufig)

Nachteile

- Schwierige Schlammabtrennung und/oder
- Hoher Energieverbrauch und/oder
- Kein kontinuierlicher Betrieb und/oder
- Hoher Wasserverbrauch durch Rückspülung und/oder
- Meist Nicht automatisierbar

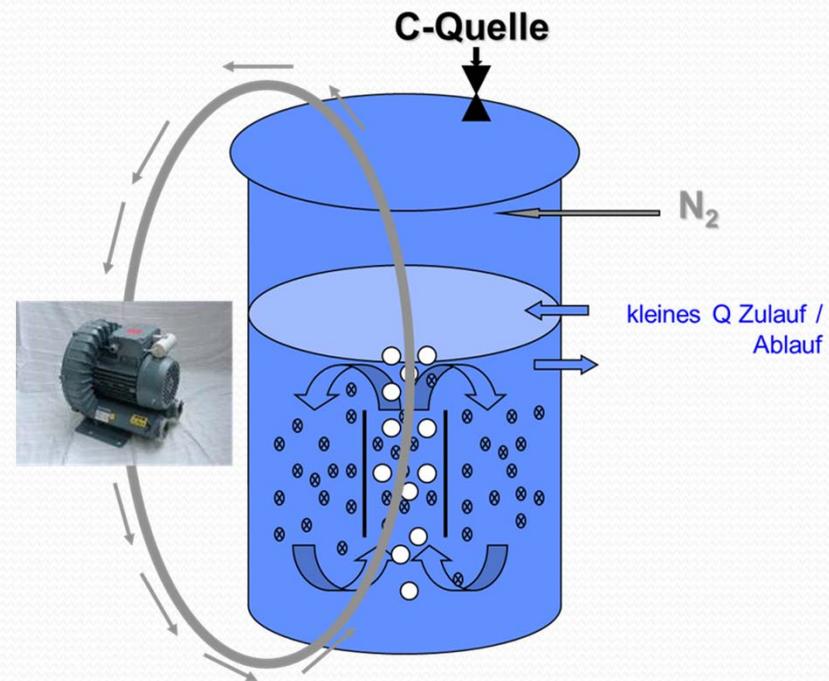
Neuer Ansatz

(Spranger – Dr. Müller-Belecke – DBU)

Selbstreinigender - Temporärbelüfteter - Eigengas - Denitrifikations - Reaktor (STED -Reaktor)

Vorteile

- kontinuierlicher Prozess
- automatisierbar
- hohe Effizienz
- geringer Wasserverbrauch





Auslegung von STED – Reaktoren zur Denitrifikation

- Abhängig von der zu haltenden Tierart (tolerierte NO_3 Konzentration)
- Abhängig von Menge und Proteingehalt des Trockenfutters (N-Gehalt)
- Abhängig von verwendeter Kohlenstoffquelle (z. B. Methanol)
- Abhängig vom verwendeten Biocarrier (Aufwuchsfläche)
- Abhängig von Wassertemperatur

Grundlagen für die Auslegung

Fixwerte

- Optimale Verweilzeit in STED - Reaktor 6 h
- Verhältnis von Carrier- zu Gesamtvolumen maximal 60 %
- Volumenstrom $180 \text{ l} / \text{kg}_{\text{Futter}}$ um $1000 \text{ mg} / \text{l}$ Nitrat zu halten
- Volumenstrom $600 \text{ l} / \text{kg}_{\text{Futter}}$ um $300 \text{ mg} / \text{l}$ Nitrat zu halten
- Methanolbedarf circa $0,1 \text{ kg} / \text{kg}_{\text{Futter}}$
- Biocarrier mit Dichte unter $1 \text{ g}/\text{cm}^3$

Spezifische Werte

- Futtermenge

Auslegung am Beispiel (empirisch)

Futtermiteinsatz	-	150 kg /d
Maximaler Nitratwert	-	300 mg/l

$$\text{Volumenstrom} = 600 \text{ l/kg} * 150 \text{ kg/d} = \mathbf{90 \text{ m}^3/\text{d}} = \mathbf{3,75 \text{ m}^3 / \text{h}}$$

$$\text{Gesamtvolumen}_{\text{Deni}} = 3,75 \text{ m}^3/\text{h} * 6 \text{ h} = \mathbf{22,5 \text{ m}^3}$$

$$\text{Granulatvolumen}_{\text{Deni}} = 22,5 \text{ m}^3 * 0,6 = \mathbf{13,5 \text{ m}^3}$$

$$\text{Methanolbedarf} = 0,1 \text{ kg /kg}_{\text{Futter}} * 150 \text{ kg}_{\text{Futter}}/\text{d} = \mathbf{15 \text{ kg/d}} = \mathbf{0,625 \text{ kg/h}}$$



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

KUNSTSTOFF-
SPRANGER GmbH

- *individuelle Planung und Entwicklung*
- *fachgerechte Produktion und Montage*