

# MODUL 12

# RAS Prozesstechnik 2

Redner: Christian Steinbach



# ROADMAP

- Welche Stoffströme gibt es?
- Welche Technik wird benötigt um diese zu managen?
- Was passiert mit Partikeln?
  - (Wassertransport/-tausch, Hydrodynamik, Partikelseparation, mechanische Filtration)
- Was passiert mit Stickstoff?
  - (biologische Filtration)
- Was passiert mit Gasen?
  - (Gasaustausch: Adsorption, Desorption)
- Was passiert mit Phosphor?



# STOFFSTRÖME BZW. -KREISLÄUFE

Kreislaufsysteme

**Partikel:** Futterpellet → Faeces

Nährstoffe → Bakterien → Biomasse

**Stickstoff:** Futterpellet → elementarer (=gasförmigem) Stickstoff

**Gase:** Sauerstoffaufnahme (Adsorption) → Kohlendioxidabgabe (Desorption)

Sauerstoff → Ozon → Sauerstoff

**Phosphor:** Futterpellet → Abwasser



# STOFFSTRÖME BZW. -KREISLÄUFE

Technik

**Partikel:** Trommelfilter + Abschäumer

**Stickstoff:** aerober Biofilter + anaerober Biofilter

**Gase:** Low-Head-Oxygenator + Keramikausströmer + Airlifts

Ozongenerator + Abschäumer

**Phosphor:** ---

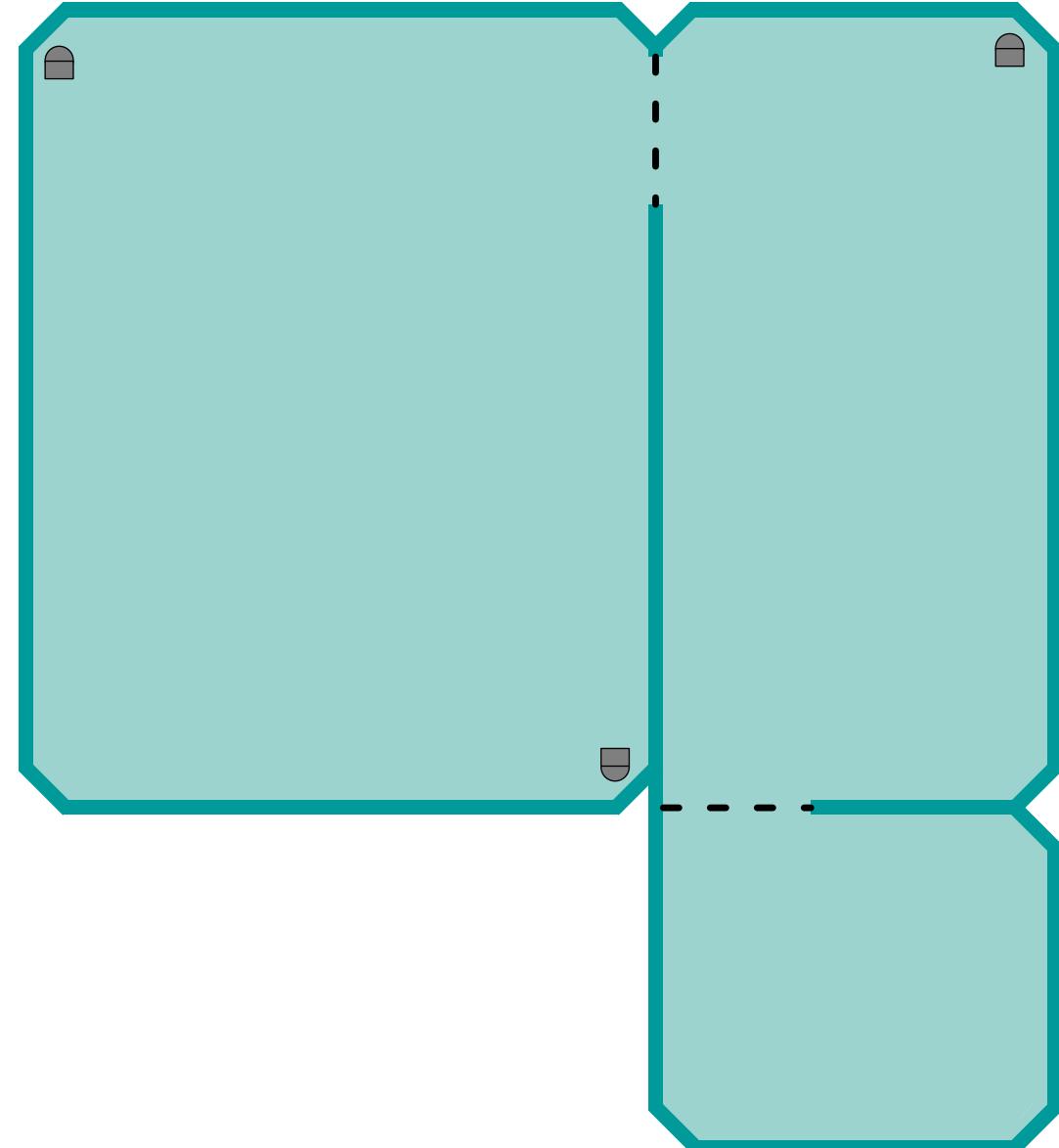


# PARTIKEL

## Hydrodynamik

**Quellen:** Futtermittel  
Faeces  
Abrieb Biomasse

**Ziel:** Transport zur  
Filtertechnik durch  
Strömung



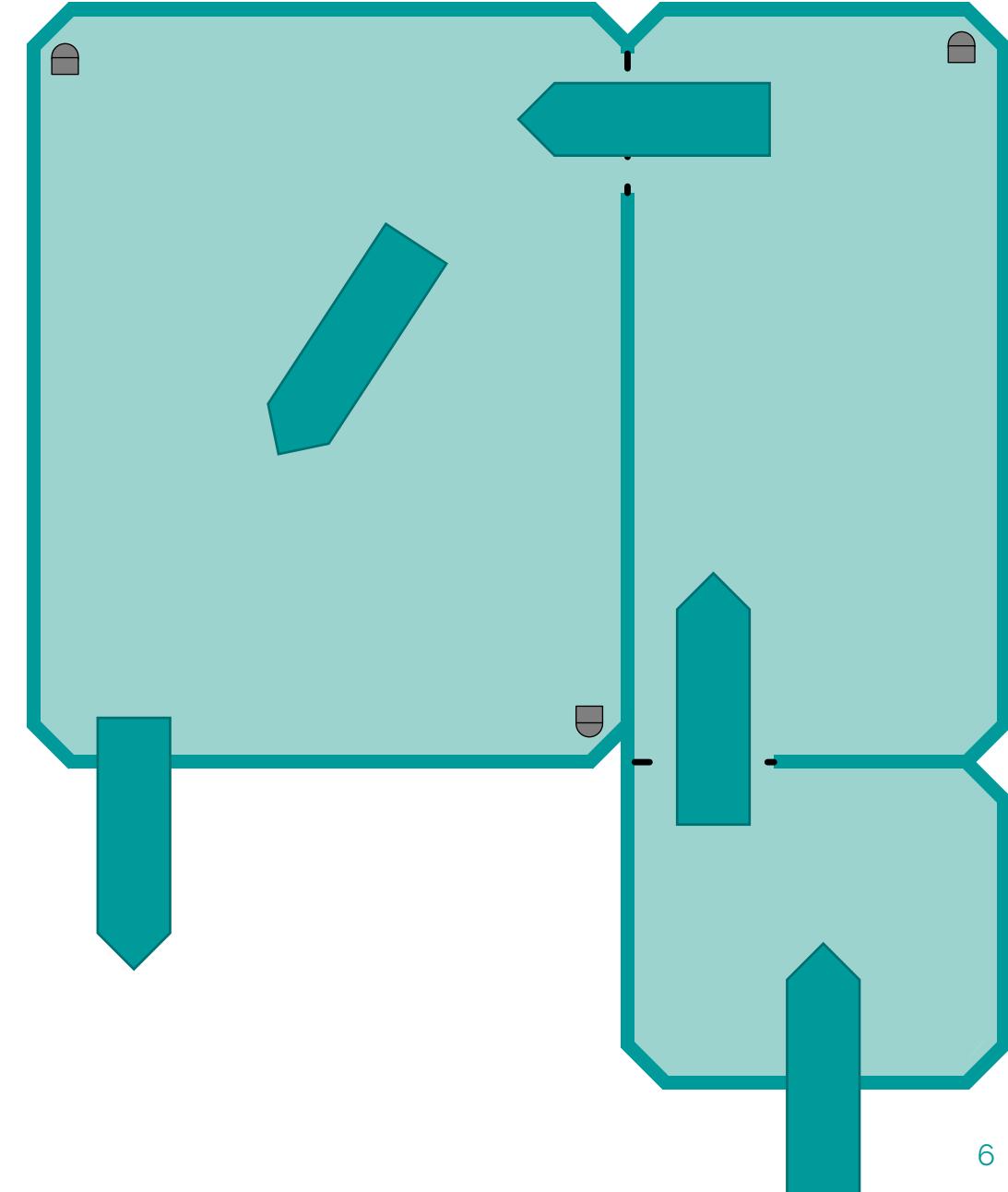


# PARTIKEL

## Hydrodynamik

**Quellen:** Futtermittel  
Faeces  
Abrieb Biomasse

**Ziel:** Transport zur  
Filtertechnik durch  
Strömung



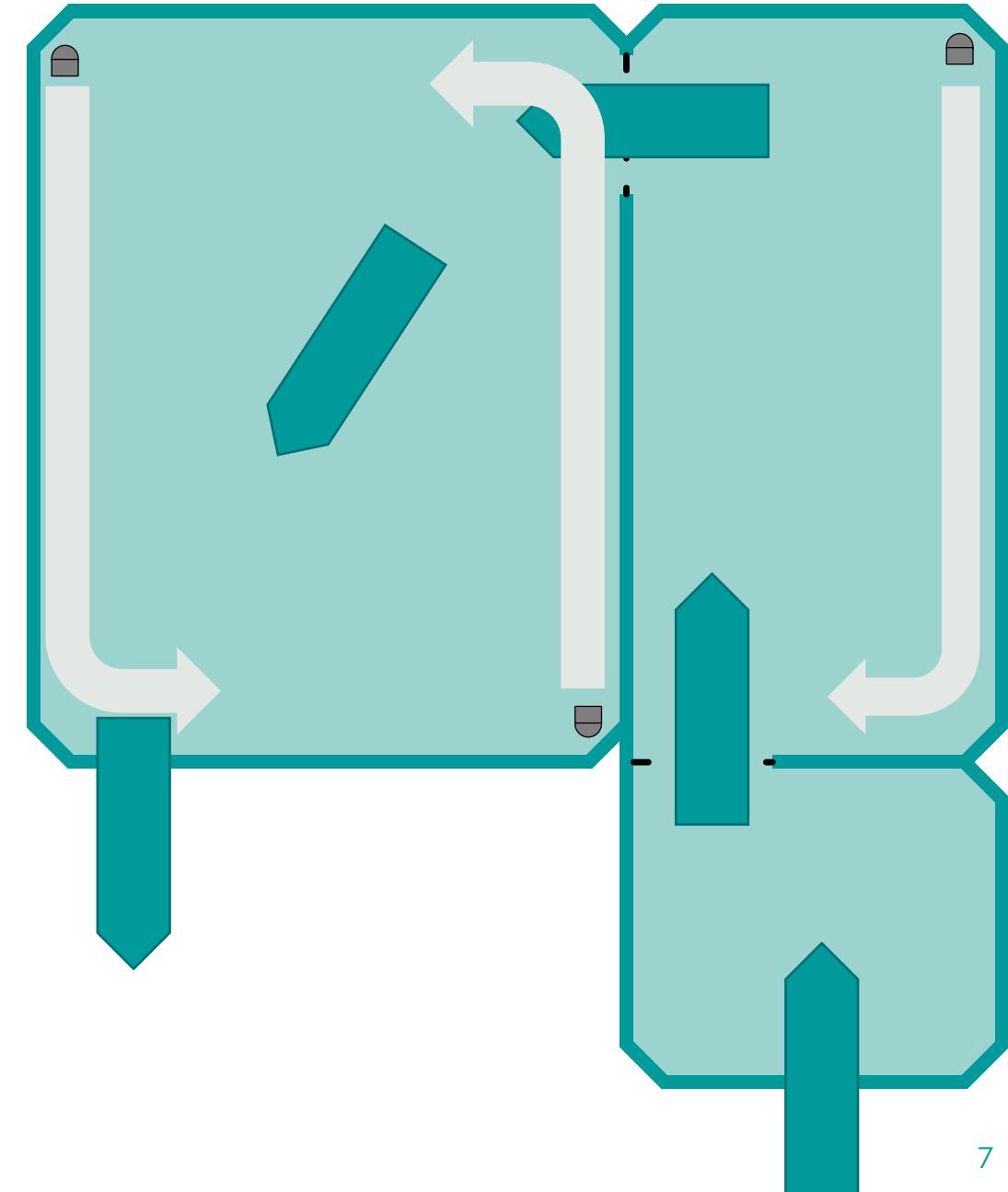


# PARTIKEL

## Hydrodynamik

**Quellen:** Futtermittel  
Faeces  
Abrieb Biomasse

**Ziel:** Transport zur  
Filtertechnik durch  
Strömung





# PARTIKEL

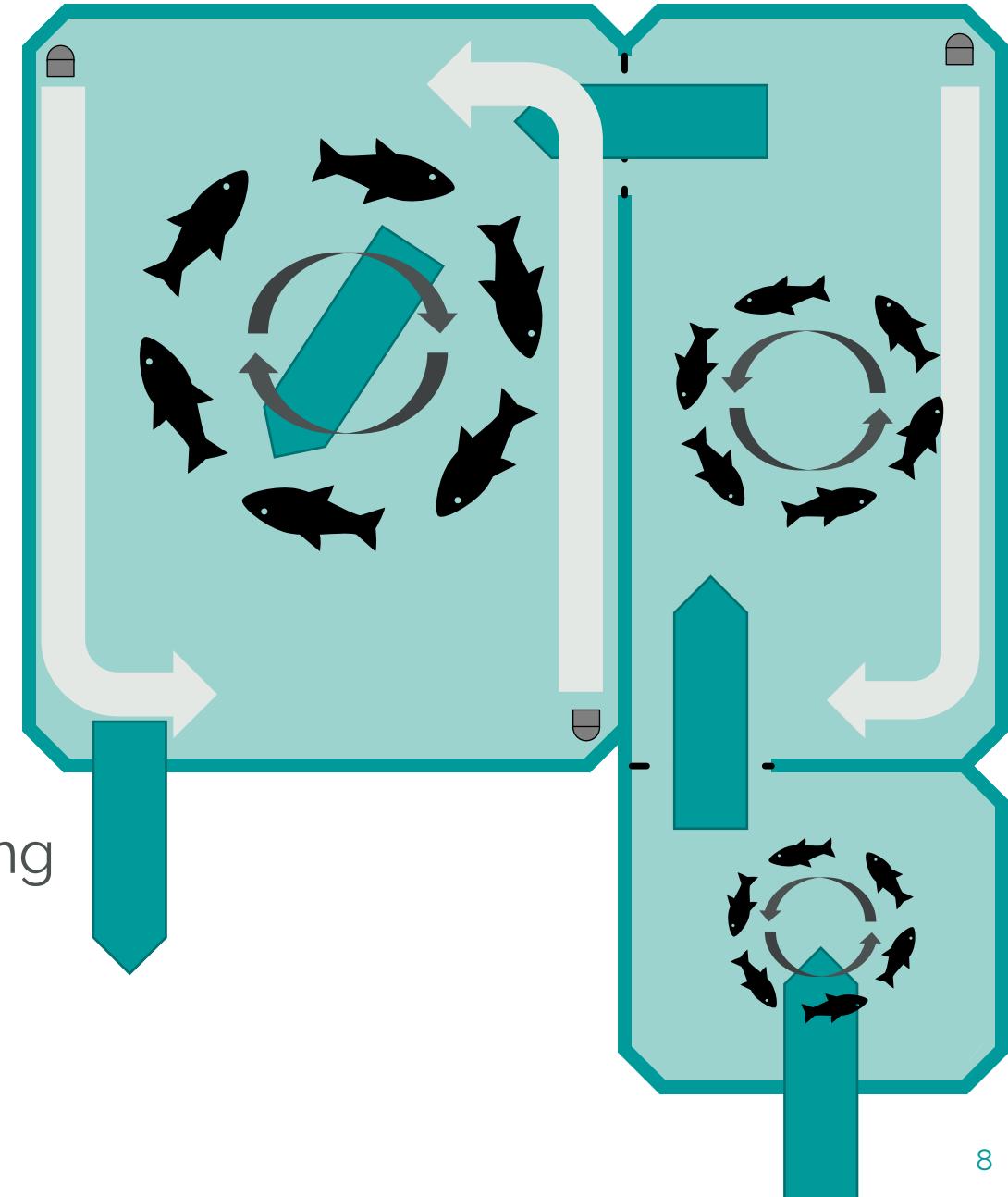
## Hydrodynamik

**Quellen:** Futtermittel  
Faeces  
Abrieb Biomasse

**Ziel:** Transport zur  
Filtertechnik durch  
Strömung

Pfropfenströmung vs. Kreisströmung

**Ergebnis:** „turbulentes“ Wasser  
keine Sedimentation



## TAKE AWAYS

Mehrere Strömungen überlagern sich!

Hohe Turbulenz verhindert Sedimentation!

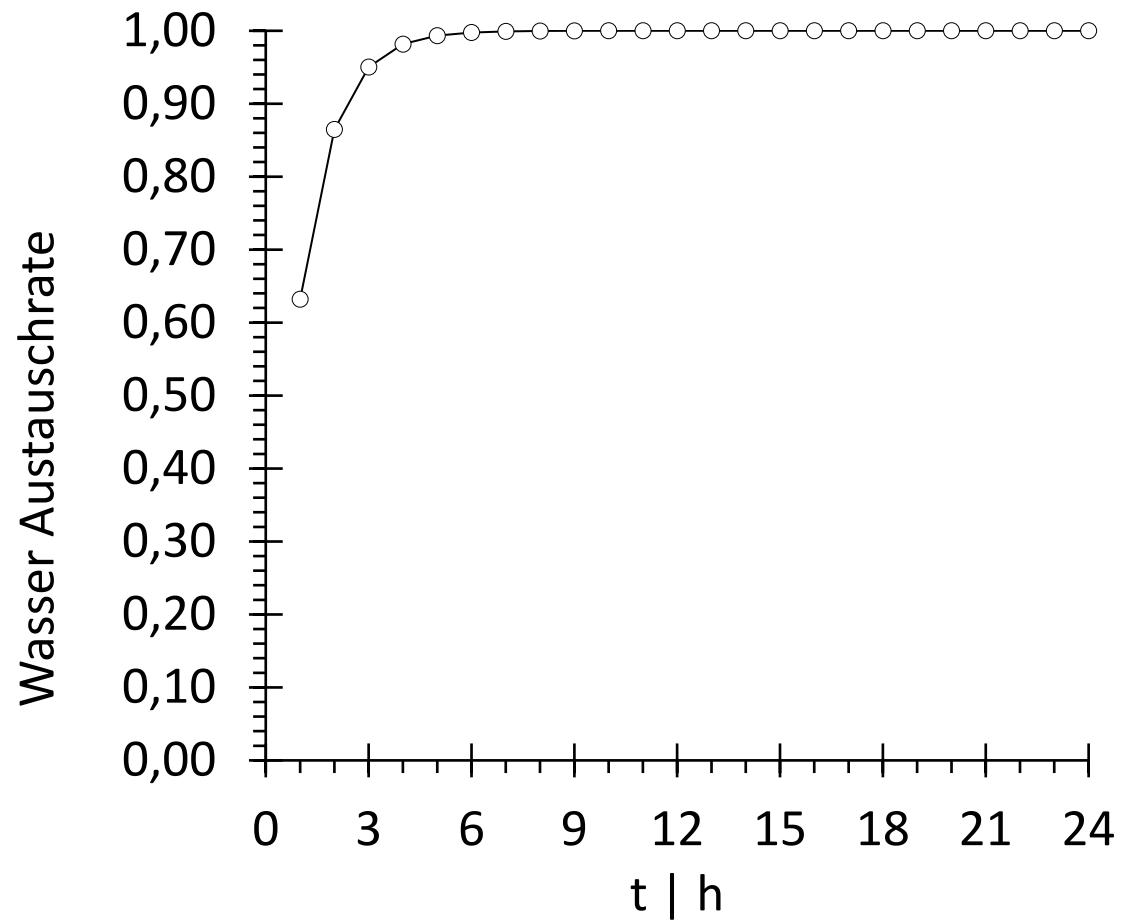


# PARTIKEL

## Wasseraustausch

$$\text{Wasser Austauschrate} = \frac{V_{ersetzt}}{V_{Becken}}$$
$$= 1 - e^{(-t \cdot \frac{\dot{V}}{V_{Becken}})}$$

t (h)	ExR
1	0,63
2	0,86
3	0,95
4	0,98
5	0,99
6	1,00



## TAKE AWAYS

Mehr Wasseraustausch = besserer Partikelabtransport

Mindestens 2-facher Wasserwechsel pro Stunde ist Voraussetzung!



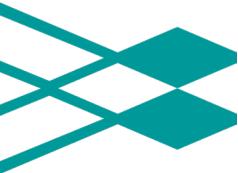
# PARTIKEL

## Partikelseparation

<https://www.hydrogroup.de/fileadmin/redakteur/pdf/Produkthandbuch/filtration-grundlagen-r1i1-de.pdf>



Trennverfahren	Sieb-Filtration	Fein-Filtration	Partikel-Filtration	Mikro-Filtration (MF)	Ultra-Filtration (UF)	Nano-Filtration (NF)	Umkehr-Osmose (RO)
<b>Trenngrenzen</b>	> 500 µm	5 - 500 µm	1 - 10 µm	0,1 - 1 µm	0,01 - 0,1 µm	0,001 - 0,01 µm	< 0,001 µm
<b>abtrennbare Stoffe</b>	Körner, Sand, Fasern	Größere Partikel, Algen	Kleine Partikel, Keime, Bakterien, Algen	Kleinstpartikel, Keime, Bakterien, Viren	Viren und makromolekulare Substanzen	niedermolekulare Substanzen und Huminstoffe	Ionen
<b>Verfahren in der Wassertechnik</b>	Siebung, Zykloone, Sedimentation, Klärung	Gewebefilter, Tuchfilter, Spaltfilter	Mehrschicht-Schnellfilter, Membran-Filtration (MF)	Mehrschicht-Langsamfilter, Membran-Filtration (MF)	Membranfiltration (UF)	Membran-Filtration (NF)	Umkehr-Osmose (RO)
<b>Trenngrenzen</b>	> 1 mm	500 µm	10 µm	1 µm	100 nm	10 nm	1 nm

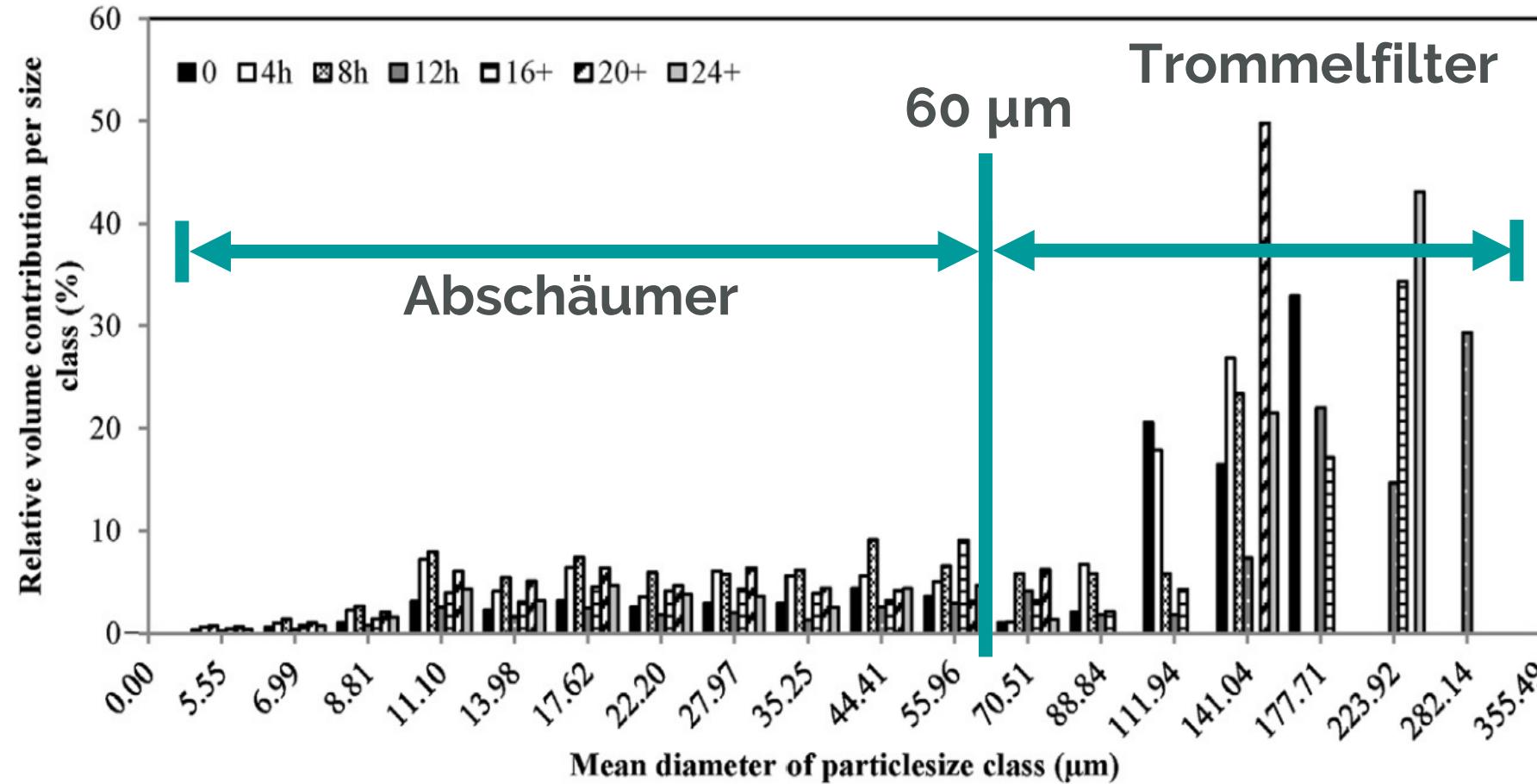


Daily micro particle distribution of an experimental recirculating aquaculture system—A case study



Paulo Mira Fernandes\*, Lars-Flemming Pedersen, Per Bovbjerg Pedersen

Technical University of Denmark, DTU Aqua, Section for Aquaculture, The North Sea Research Centre, P.O. Box 101, DK-9850 Hirtshals, Denmark



## TAKE AWAYS

Mehr Wasseraustausch = besserer Partikelabtransport

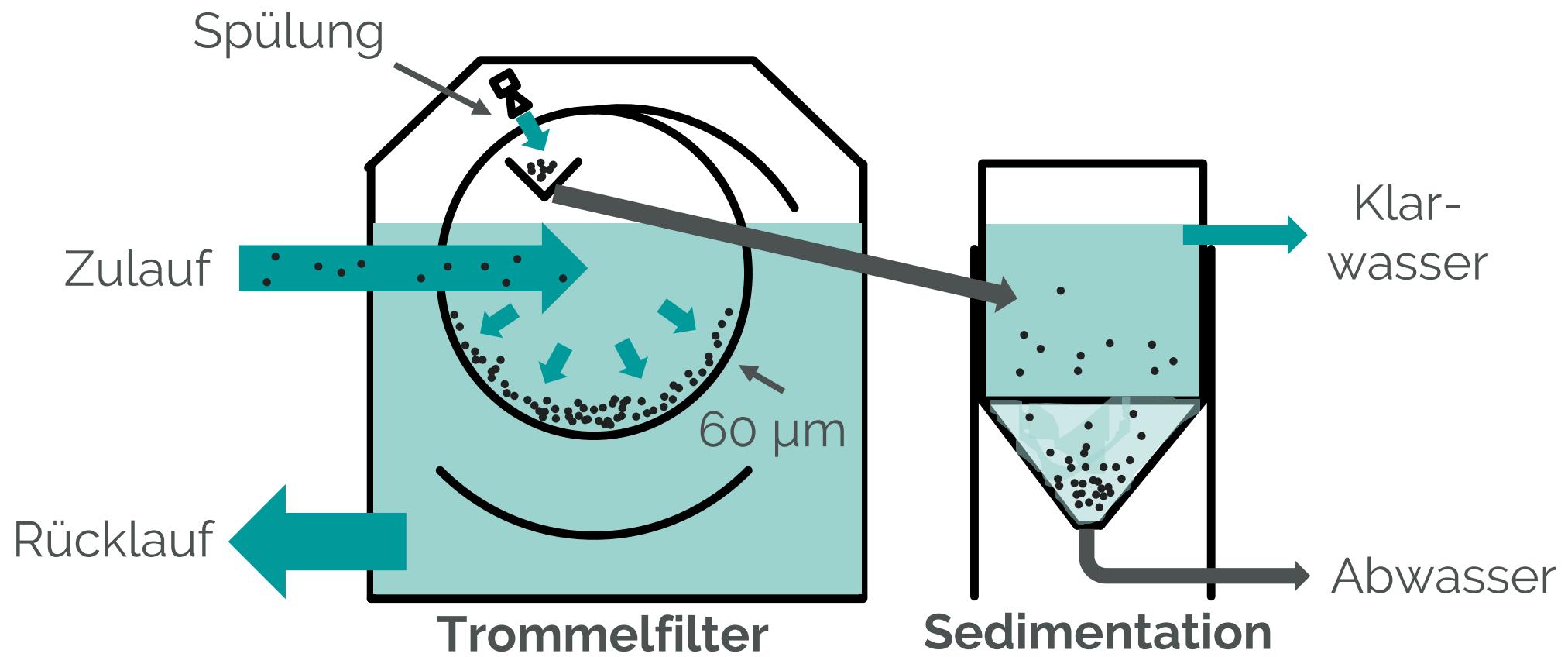
Mindestens 2-facher Wasserwechsel pro Stunde ist Voraussetzung!



# PARTIKEL

## Grobfiltration - Trommelfilter

„Sieb“ - Schwerkraftprinzip - energieeffizient - Partikel  $>60\mu\text{m}$

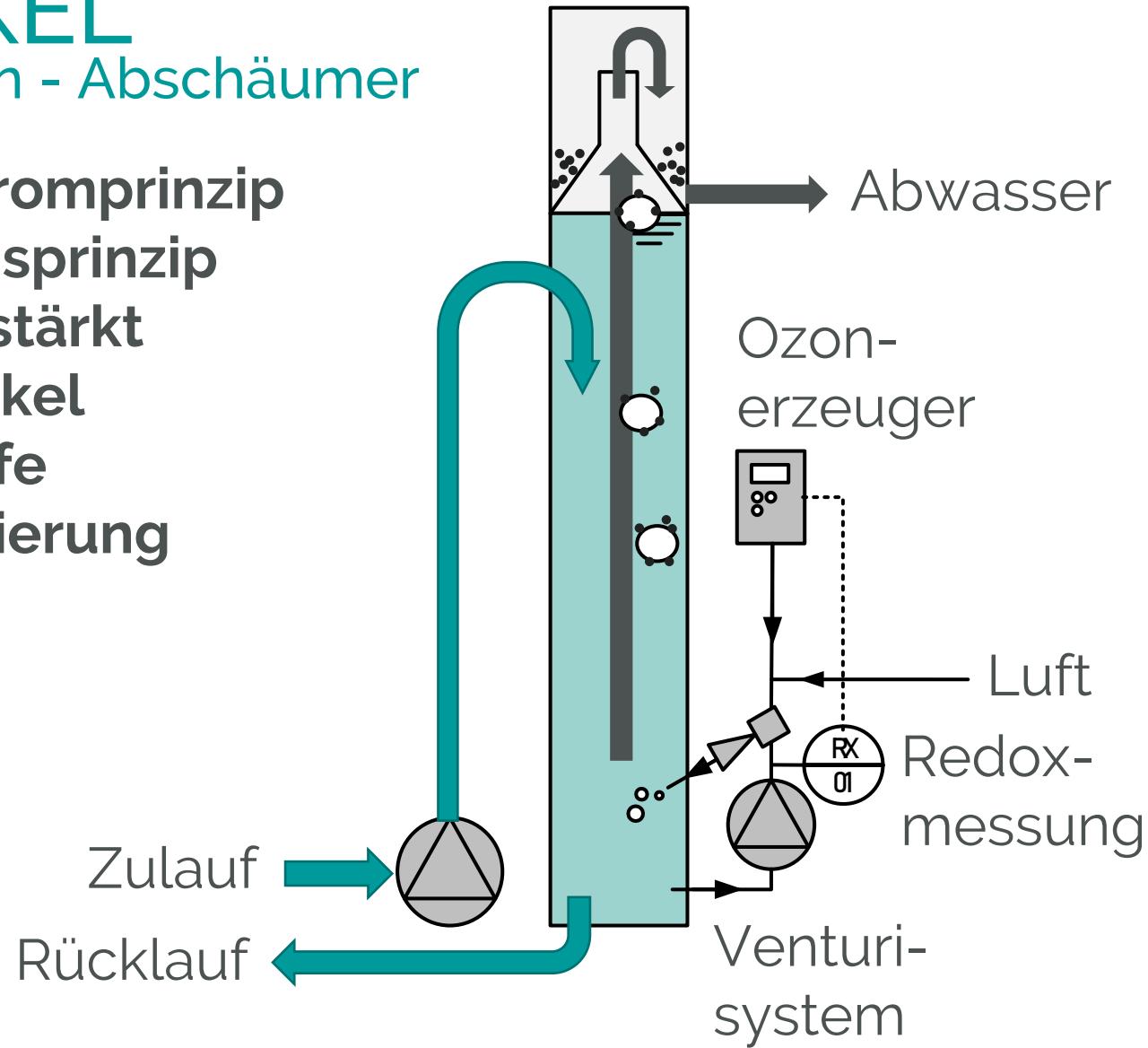




# PARTIKEL

## Feinfiltration - Abschäumer

- Gegenstromprinzip
- Flotationsprinzip
- Ozonverstärkt
- Feinpartikel
- Trübstoffe
- Hygienisierung

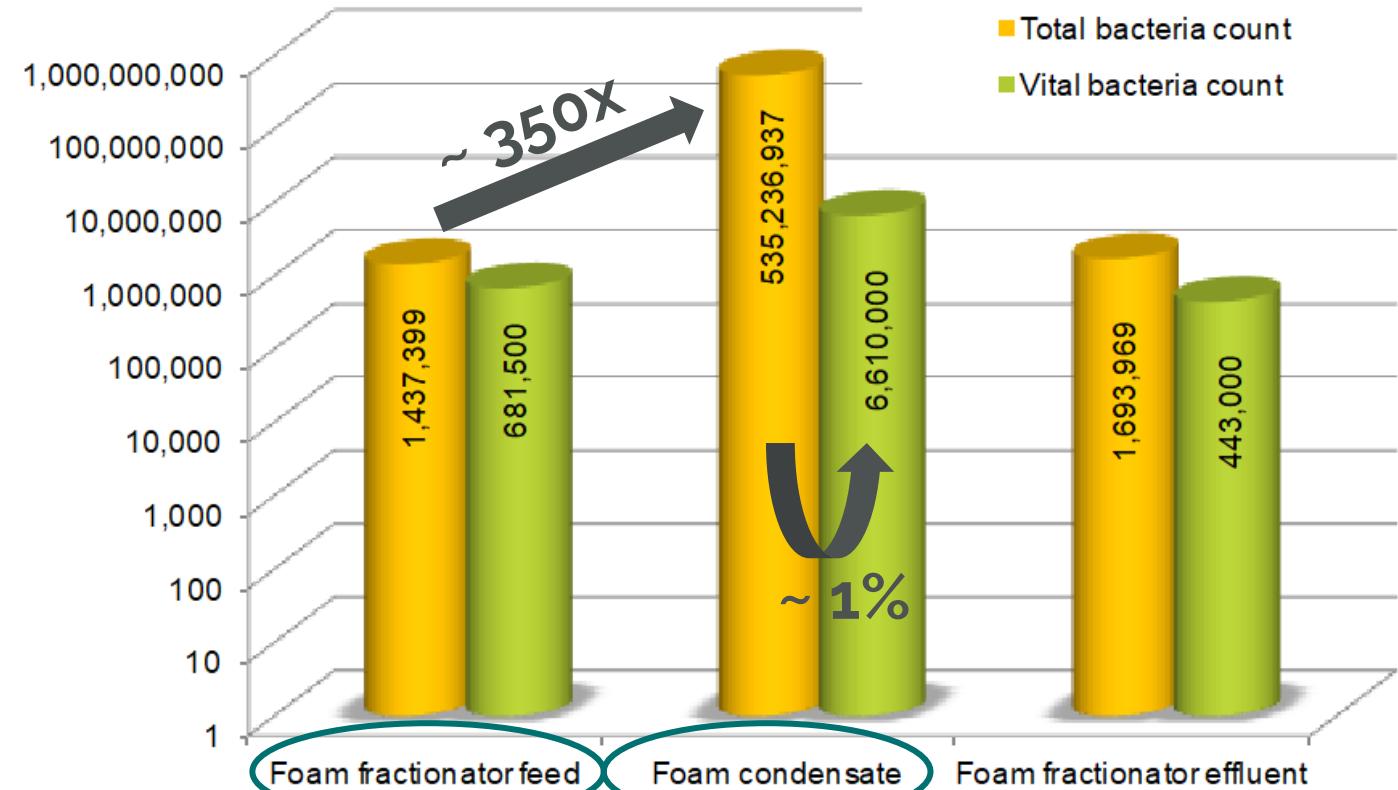




# PARTIKEL

## Feinfiltration - Abschäumer

- Ozon ist hochreakтив!
- Ozon inaktiviert Bakterien!
- Ozon wirkt gegen „Off-Flavor“!
- Ozon unterstützt Schaumbildung!



ACHTUNG! Logarithmische Skala

## TAKE AWAYS

Partikelentfernung durch Kombination aus Grob- und Feinfiltration!

= Trommelfilter + Abschäumer

Abschäumer hygienisiert zusätzlich durch Inaktivierung der Bakterien!

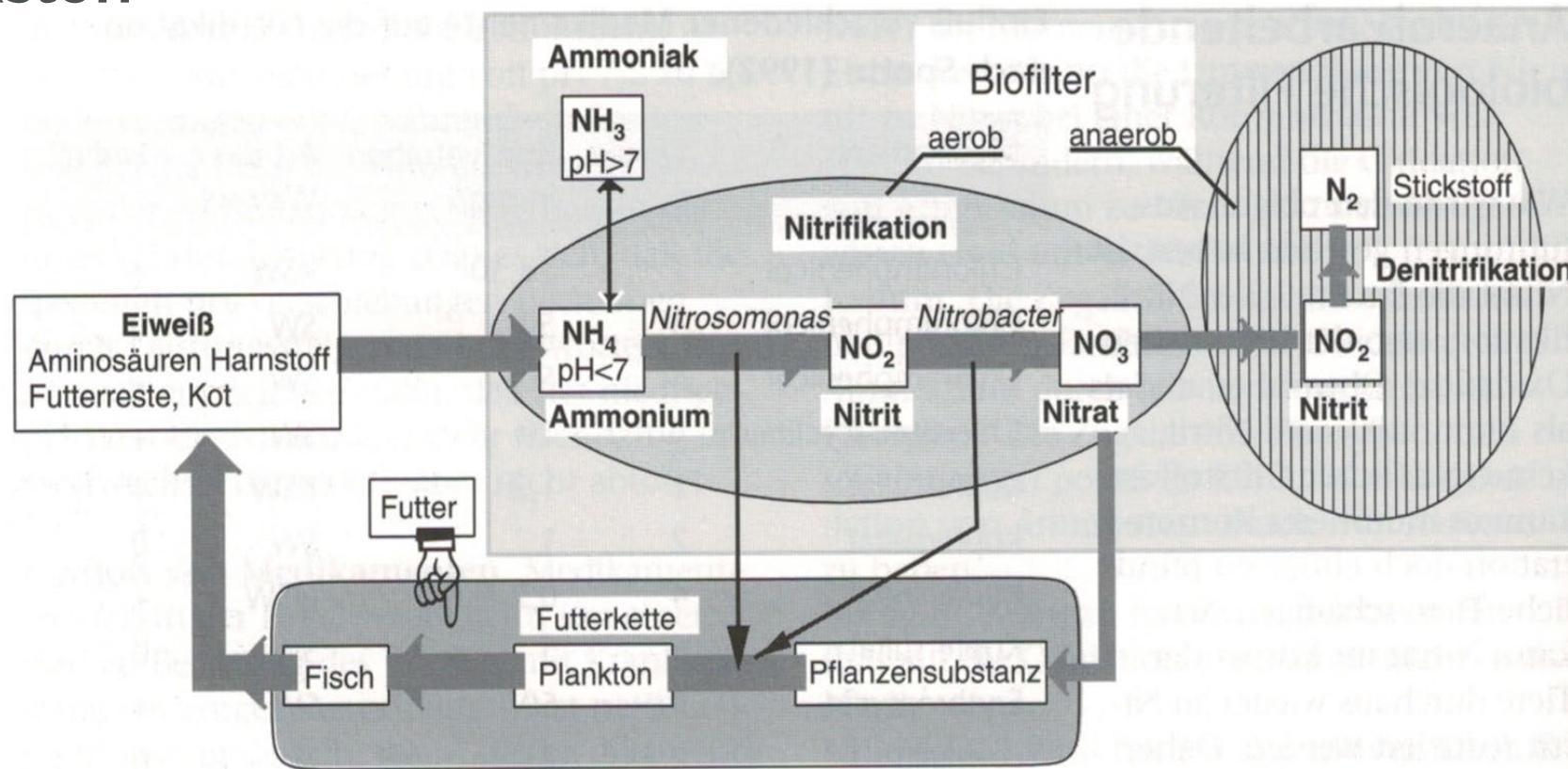


# STICKSTOFF

## Stickstoffkreislauf



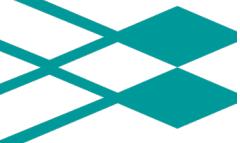
Proteine → aerobe Prozess → anaerober Prozess → elementarer Stickstoff



## TAKE AWAYS

Stickstoffentfernung ist ein zweistufiger, biologischer Prozess!

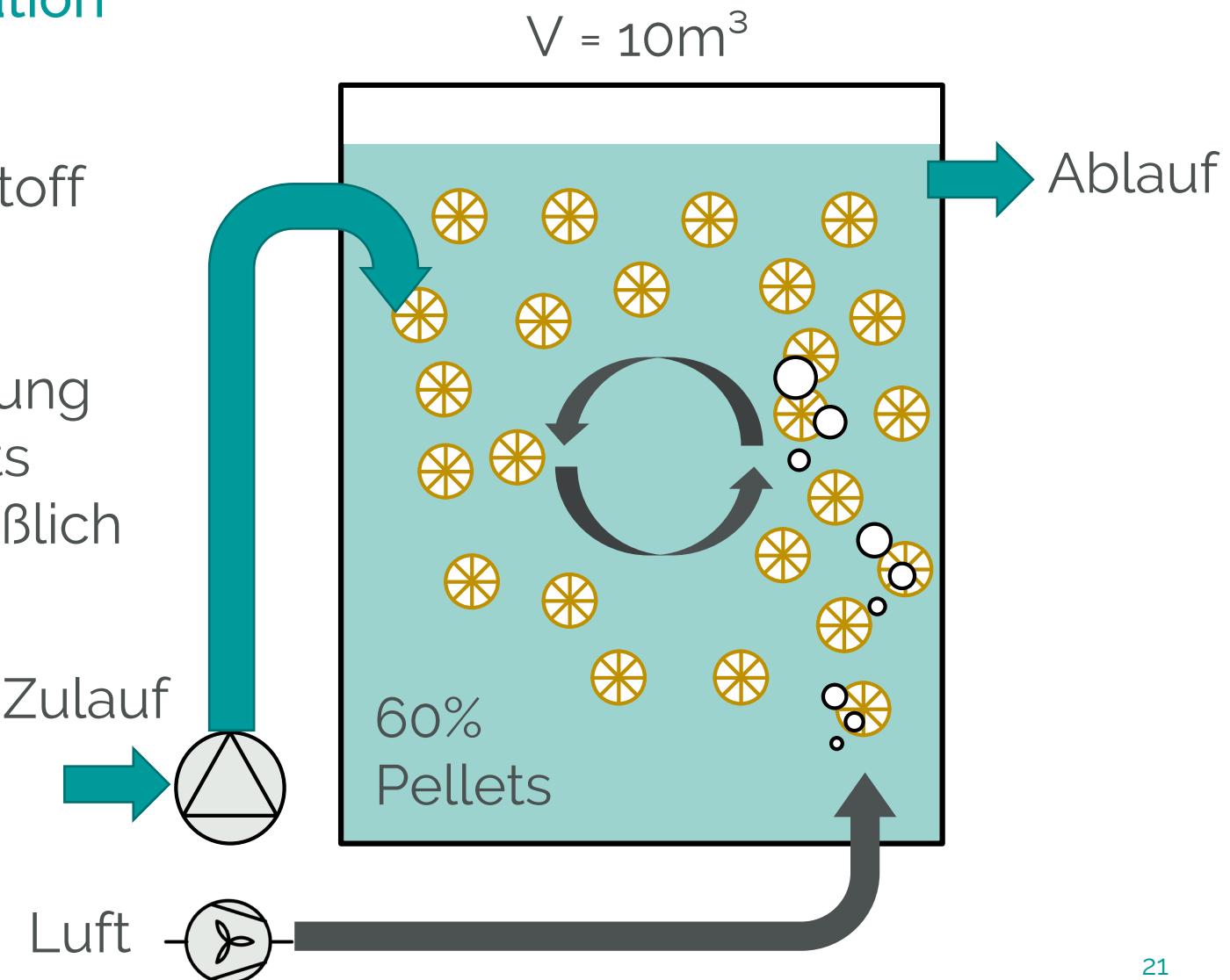
Proteine → aerobe Prozess → anaerober Prozess → elementarer Stickstoff



# STICKSTOFF

## aerober Biofilter - Nitrifikation

- autotropher Prozess
- aerob = benötigt Sauerstoff
- Füllung 60% → Hydrodynamik
- homogene Durchmischung
- Filterfläche durch Pellets
- Biomasse fast ausschließlich an Pellets gebunden





# STICKSTOFF

## aerober Biofilter - Nitrifikation

JOURNAL ARTICLE

Nitrification of Municipal  
Wastewater in Moving-  
Bed Biofilm Reactors

Water Environment  
Research  
Vol. 67, No. 1 (Jan. -  
Feb., 1995), pp. 75-86  
(12 pages)  
Published By: Wiley

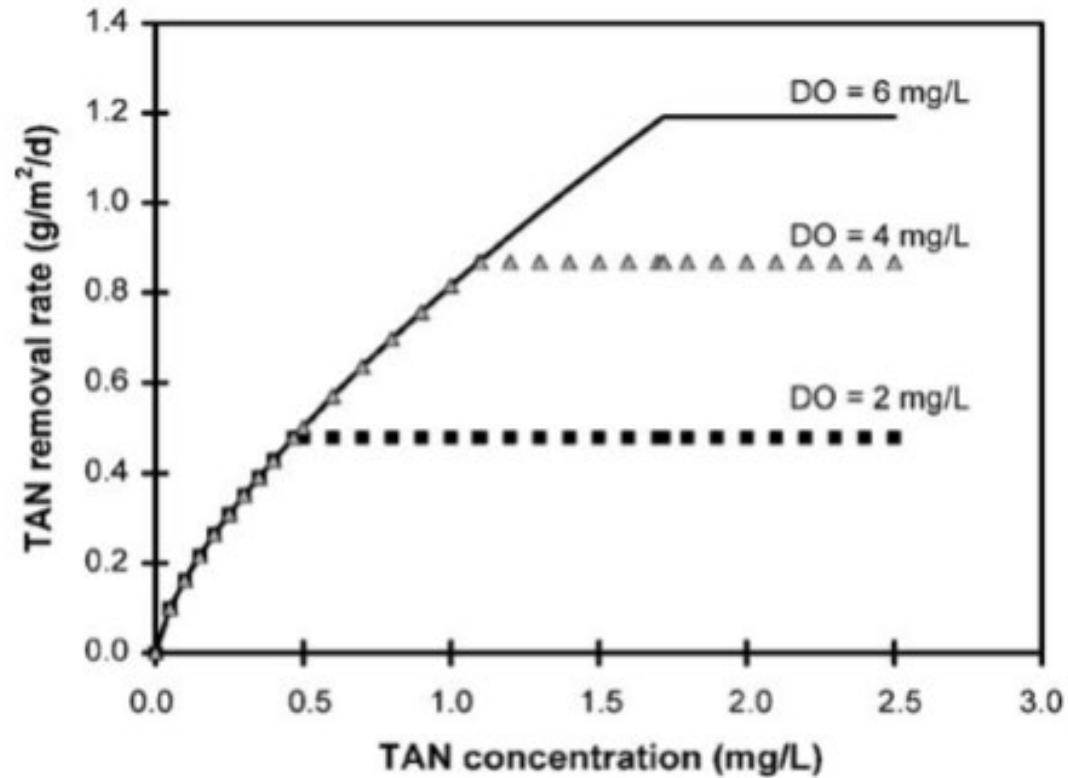


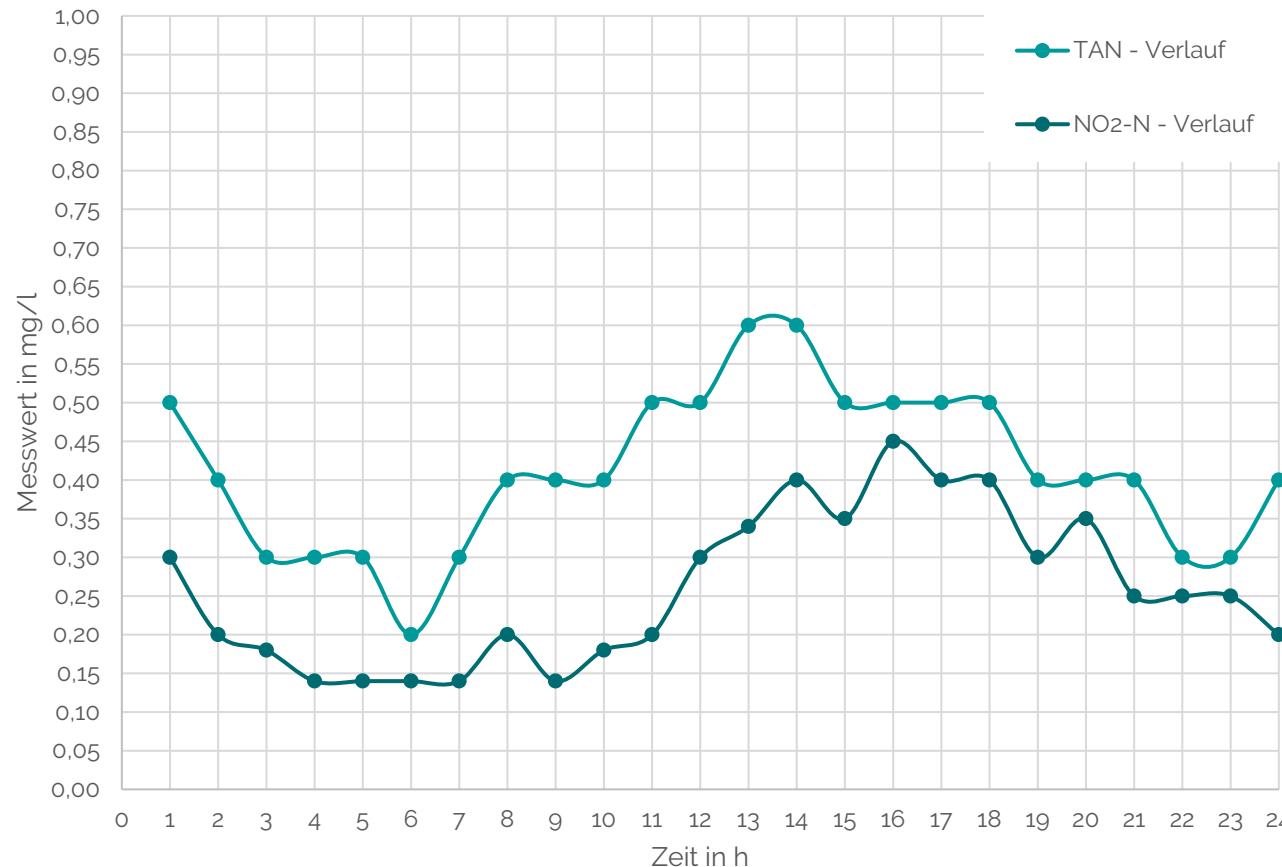
Fig. 4. Influence of TAN and DO concentrations on TAN removal in a Kaldnes MBBR at 15 °C and 0.4 g BOD<sub>5</sub>/(m<sup>2</sup> d) organic load. Based on reaction rate equation and data from Rusten et al. (1995a).





# STICKSTOFF

## aerober Biofilter - Nitrifikation



### Messkampagne Biofilter Prototyp über 24h zur Prüfung der Ammoniakpeaks

- Anlage seit ca. 3 Wochen stabil auf etwa 20 kg(Futter)/Tag
- Deni läuft stabil und produziert kein Nitrit
- Ozongenerator wird gegen 20 Uhr bis etwa 7 Uhr ausgeschaltet (keine Nitritsenke)

## TAKE AWAYS

Die Abbauleistung variiert mit der TAN-Konzentration im Zulauf und der verfügbaren Sauerstoffmenge.

Wichtig: gute Durchmischung und Sauerstoffversorgung.

Totzonen (= anaerobe Zonen) können zur Schwefelwasserstoffbildung ( $H_2S$ ) führen

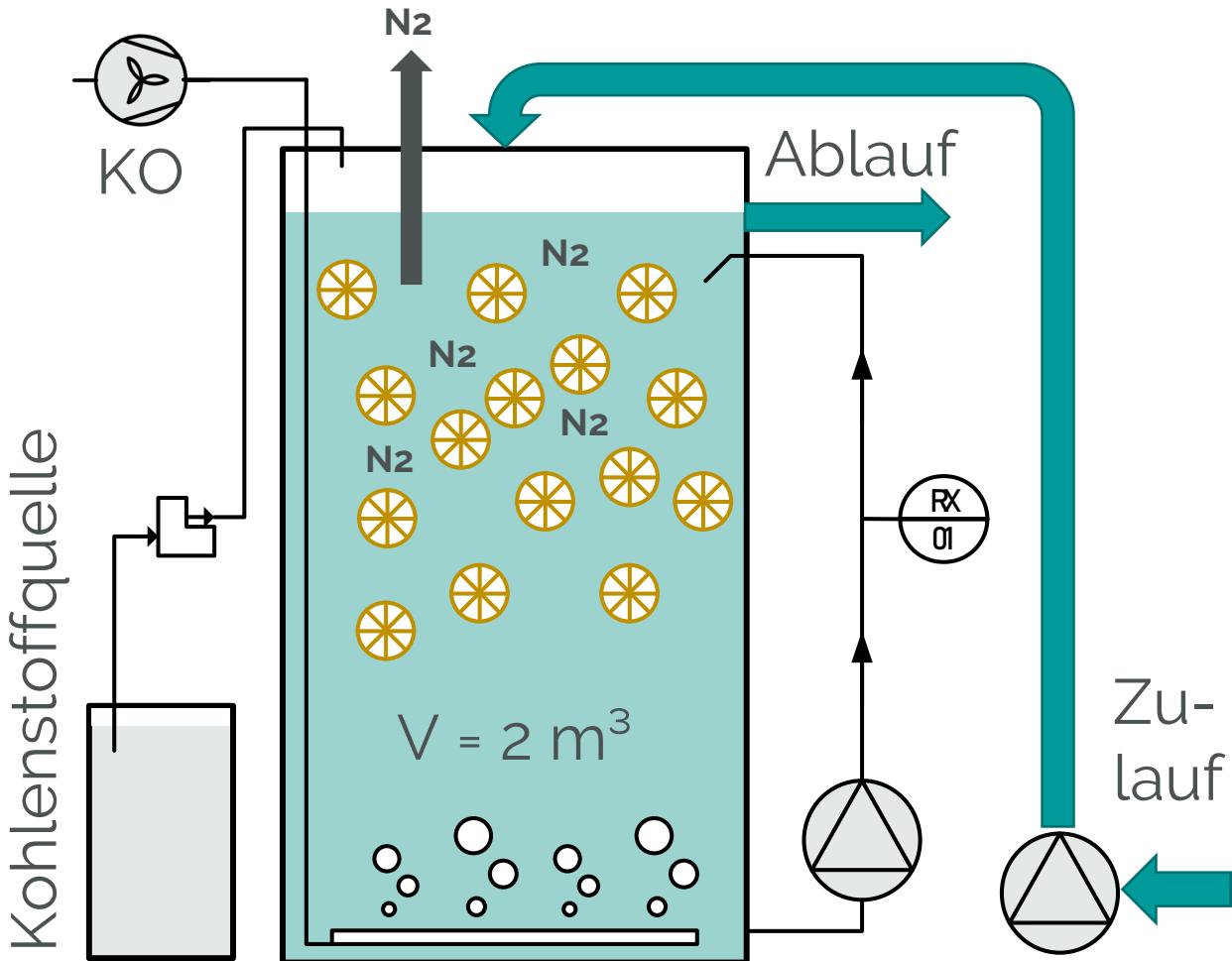
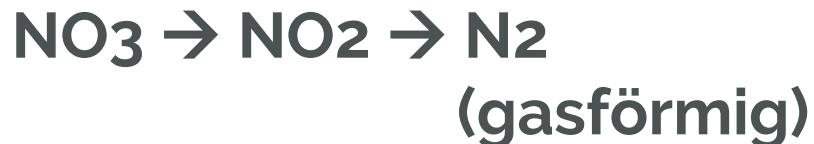
→ sehr giftig!



# STICKSTOFF

## anaerober Biofilter - Denitrifikation

- heterotropher Prozess = benötigt Substrat
- anaerob = unter Sauerstoffabschluss
- Füllung 60% → Hydrodynamik
- Biomasse an Pellets und frei im Wasser
- Auslauf in Abschäumer



## TAKE AWAYS

Denitrifikation wird benötigt, um <10% Wasseraustausch zu realisieren!

Denitrifikation ist einer der heikelsten Prozesse im RAS.

Gute Kontrolle, gute Automatisierung und gutes Verständnis sind Pflicht.



Atlantic Salmon Federation  
Fédération du Saumon Atlantique

UNDERCURRENT NEWS

# Atlantic Sapphire loses 227000 salmon in Denmark RAS facility

JASON HUFFMAN

Mar 2, 2020



## Atlantic Sapphire reports another mass mortality

• RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS (RAS) • WATER QUALITY • WELFARE • HUSBANDRY



by The Fish Site  
12 July 2021, at 11:09am

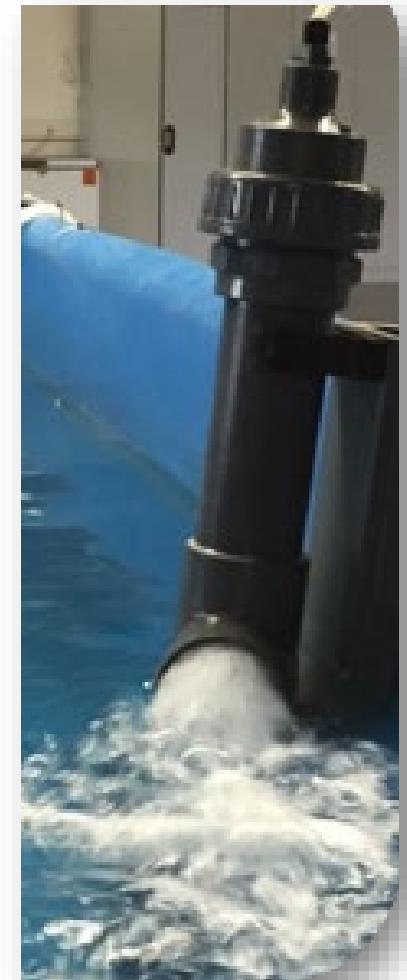
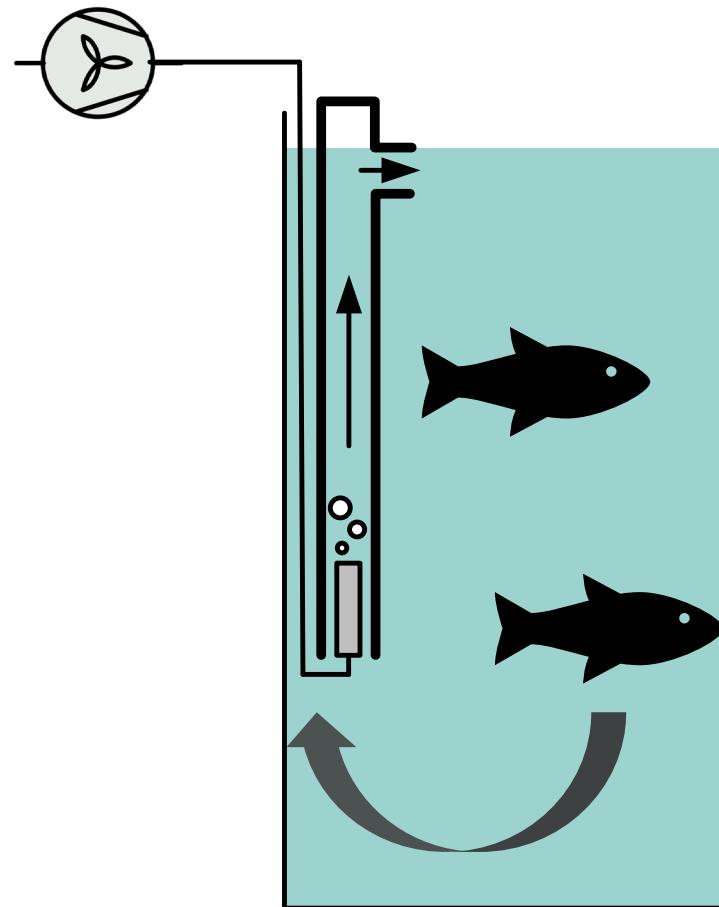
In March, [the company lost round 500,000 salmon](#), averaging 1kg each from its RAS in Florida - an incident that was blamed on an issue related to the drum filters which resulted in elevated turbidity and possibly gasses. It followed on from an incident in the Danish facility, in February, in which 227,000 fish were lost, after elevated nitrogen levels were detected in the system.



# GASE

## CO<sub>2</sub>-Desorption - Airlift

- Umgebungsluft  
(Umgebungssauerstoff)
- CO<sub>2</sub>-Stripping  
(=Desorption)
- Bewegung/Strömung
- Partikeltransport
- Luftmenge und Grad des  
Eintauchens bestimmen  
Durchflussmenge

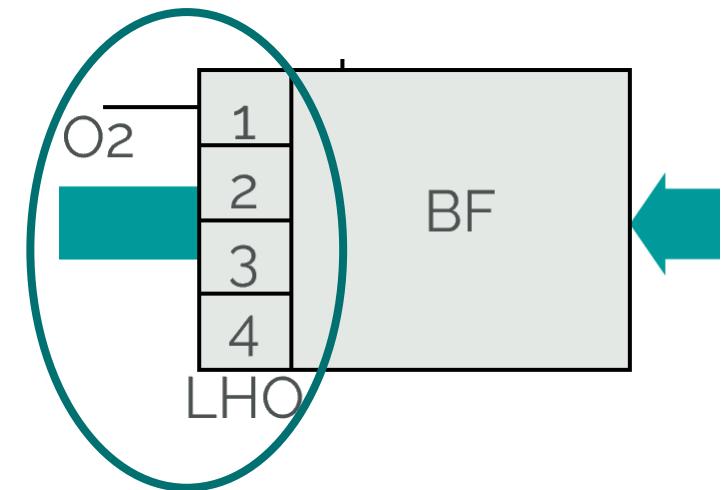




# GASE

## Sauerstoff-Adsorption – Low Head Oxygenator

- „Grundlastabdeckung“
- Sehr effizienter Sauerstoffeintrag
- Wirkungsgrad von >80%
- Einsatz von technischem O<sub>2</sub> (>90% Reinheit)
- Sauerstoffquelle: Mini-PSA (onsite production)
- CO<sub>2</sub>-Stripping als Nebeneffekt

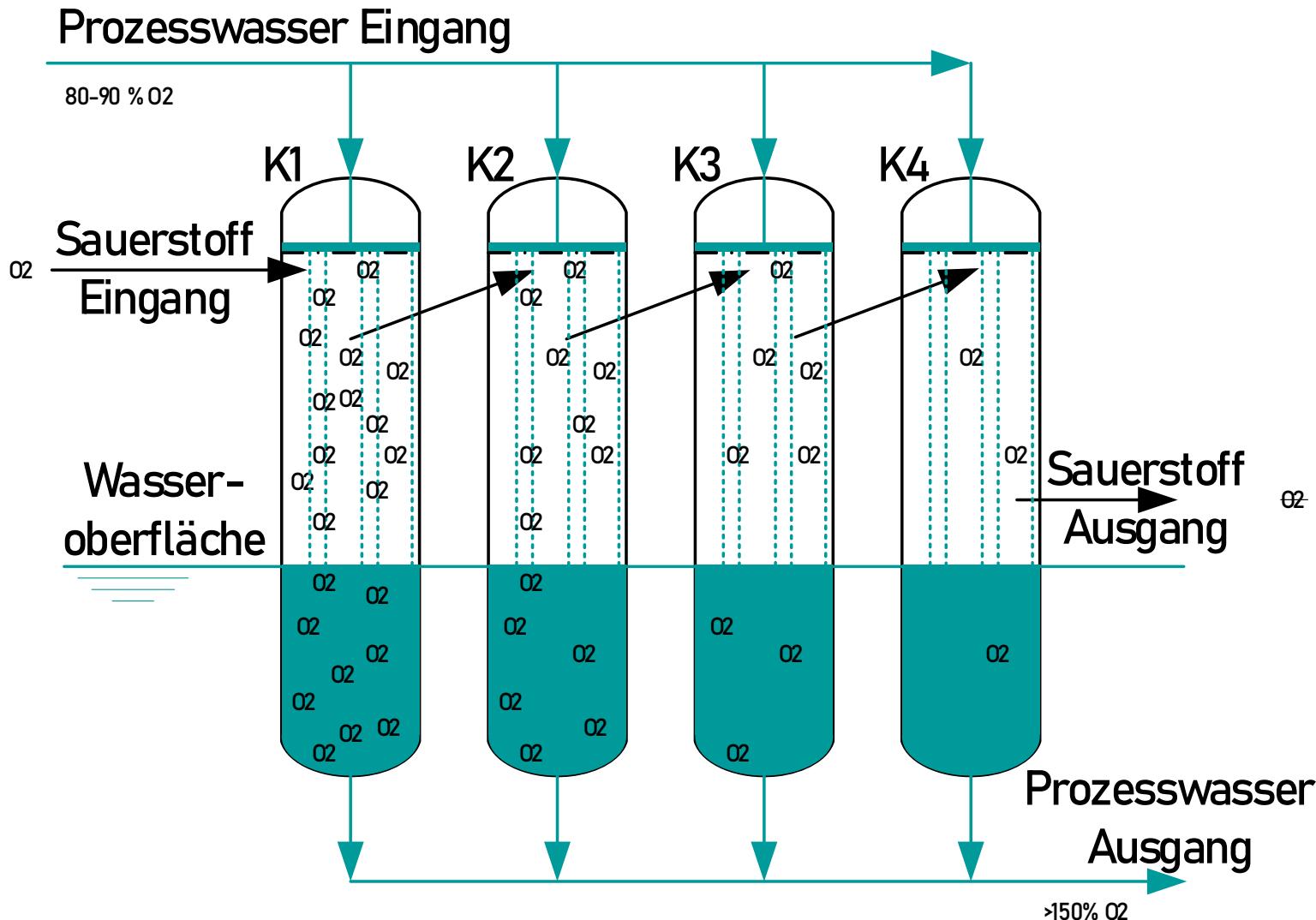


Ausschnitt aus  
Übersichts-  
Zeichnung Modul 11



# GASE

## Adsorption – Low Head Oxygenator





# GASE

## Adsorption – technischer Sauerstoff / Keramikausstömer

- „Spitzenlastabdeckung“
- hoher Wirkungsgrad durch Mikroblasen ( $\mu\text{m}$ )
- Sauerstoffquelle: Druck-Flaschen-System
- „NOT-Sauerstoff“



Quelle: senect.de

## TAKE AWAYS

Bei „hohen“ Besatzdichten ist technischer Sauerstoff notwendig!

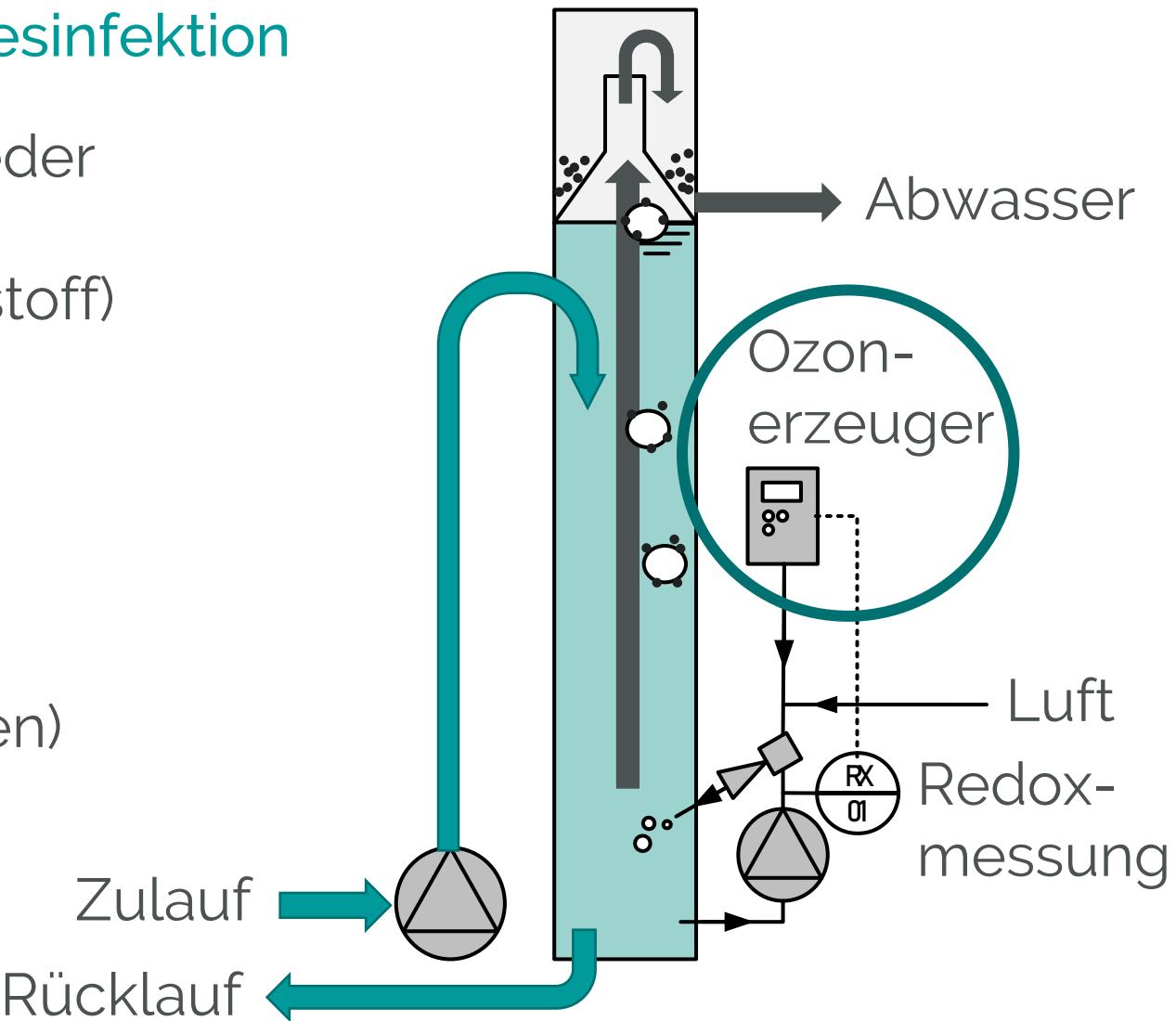
Sauerstoff ist das Backupsystem bei Systemausfällen!  
→ Druck-Flaschen

Effiziente Eintragssysteme sparen Geld (→Sauerstoffkosten).

# GASE

## Ozon – Abschäumer / Desinfektion

- Ozonerzeugung entweder durch Umgebungsluft(sauerstoff) oder technischen Sauerstoff
  - Elektrische Energie:  
 $O_2 \rightarrow O_3$
  - Ozon ist sehr reaktiv
  - zerstört Bakterien(hüllen)
  - zerfällt in Sauerstoff



## TAKE AWAYS

Ozon ist hochreakтив und ein Gefahrenstoff → Vorschriften

Ozon dient der Hygienisierung des Wassers.



# PHOSPHAT

- Phosphat-Kreislauf nur wenig untersucht → keine hohe Relevanz bei Fischgesundheit
- Phosphat steckt in Partikeln
- Phosphat steckt in Biomasse
- mit Entfernung der Partikel/Biomasse, wird auch das Phosphat aus der Anlage entfernt

## TAKE AWAYS

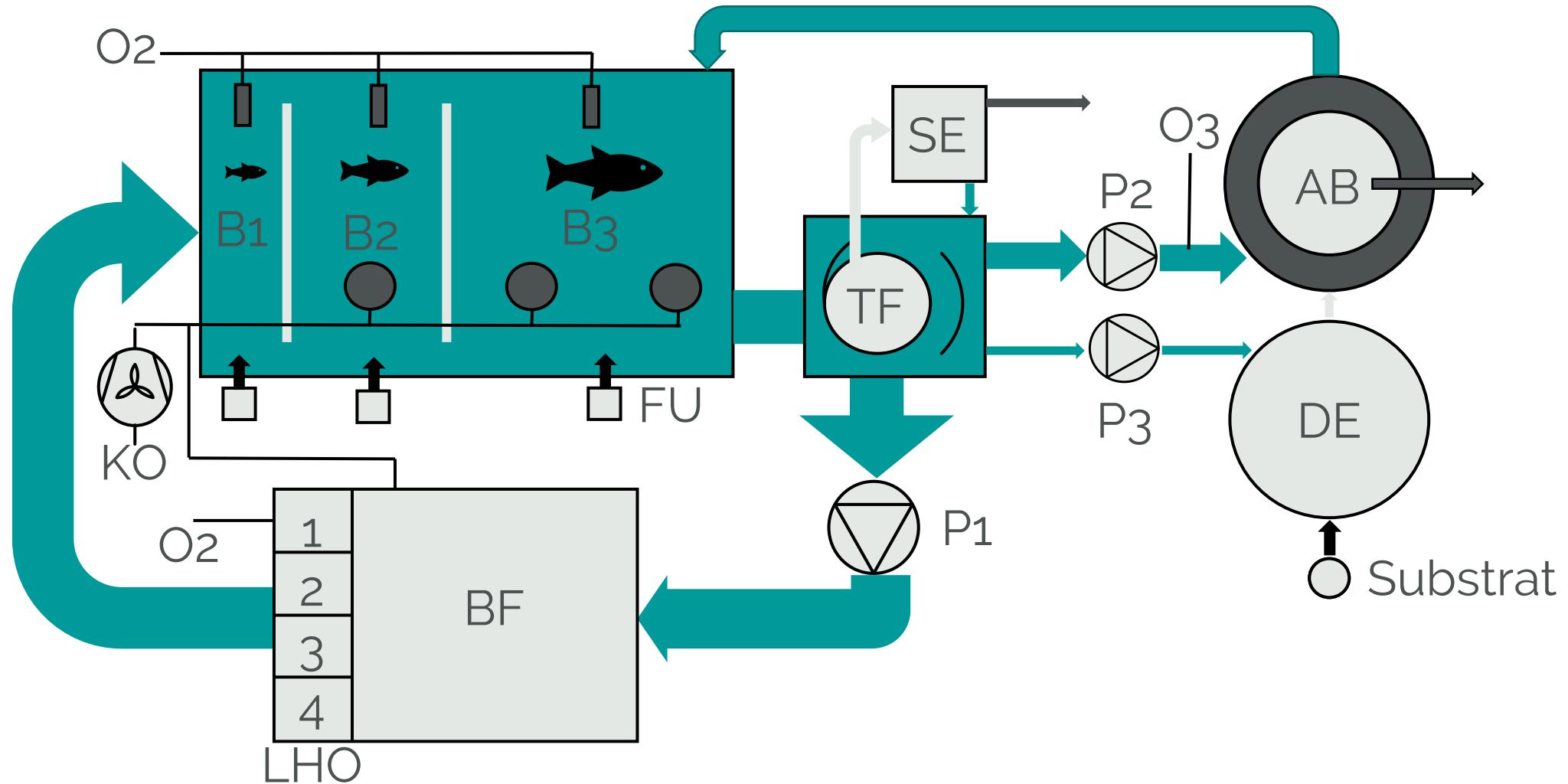
Aus Sicht der Fischgesundheit ist Phosphat nicht besonders relevant.

Selbstregulierendes System durch ständigen  
Partikel/Biomasseaustrag.

Wichtig, wenn man Aquaponic betreiben will.



# RAS ÜBERSICHT





# LITERATUR

Forschungsdaten aus dem Labor Aquakultur der htw saar

Food and Agriculture Organization of the United Nations (fao.org)

<https://www.hydrogroup.de/fileadmin/redakteur/pdf/Produkthandbuch/filtration-grundlagen-r1i1-de.pdf>

Vielen Dank für Eure  
Aufmerksamkeit!