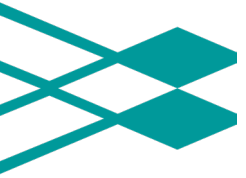


MODUL 12

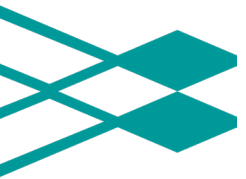
RAS Prozesstechnik 2

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

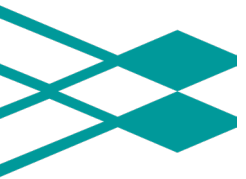
Partikel: Futterpellet → Faeces
Nährstoffe → Bakterien → Biomasse

Stickstoff: Futterpellet → elementarer (=gasförmigem) Stickstoff

Gase: Sauerstoffaufnahme (Adsorption) → Kohlendioxidabgabe (Desorption)

Sauerstoff → Ozon → Sauerstoff

Phosphor: Futterpellet → Abwasser



STOFFSTRÖME BZW. -KREISLÄUFE

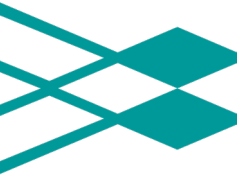
Technik

Partikel: Trommelfilter + Abschäumer

Stickstoff: aerober Biofilter + anaerober Biofilter

Gase: Low-Head-Oxygenator + Keramikausströmer + Airlifts
Ozongenerator + Abschäumer

Phosphor: ---

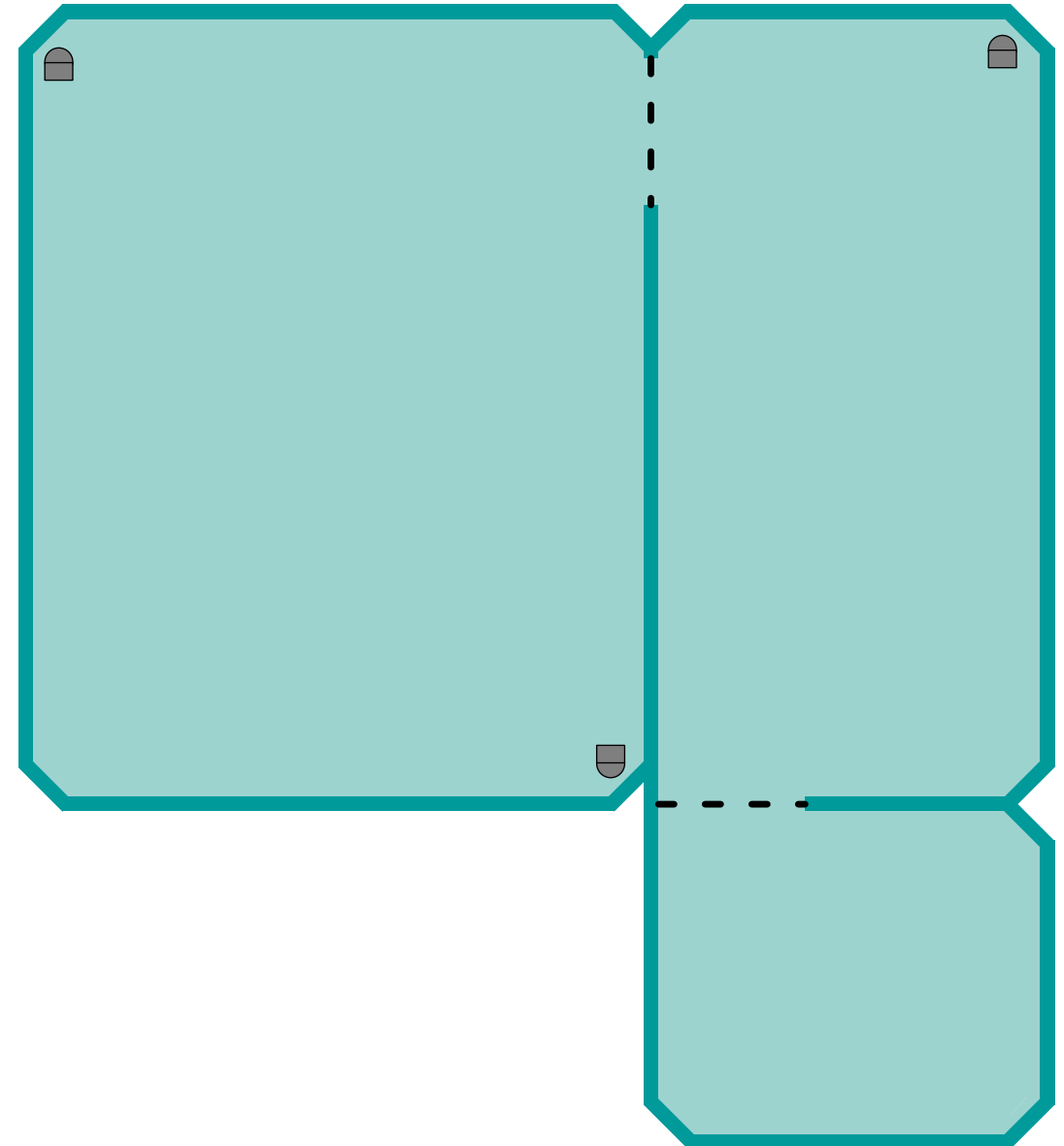


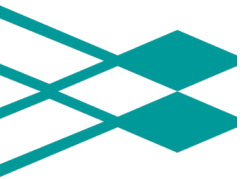
PARTIKEL

Hydrodynamik

Quellen: Futtermittel
Faeces
Abrieb Biomasse

Ziel: Transport zur
Filtertechnik durch
Strömung



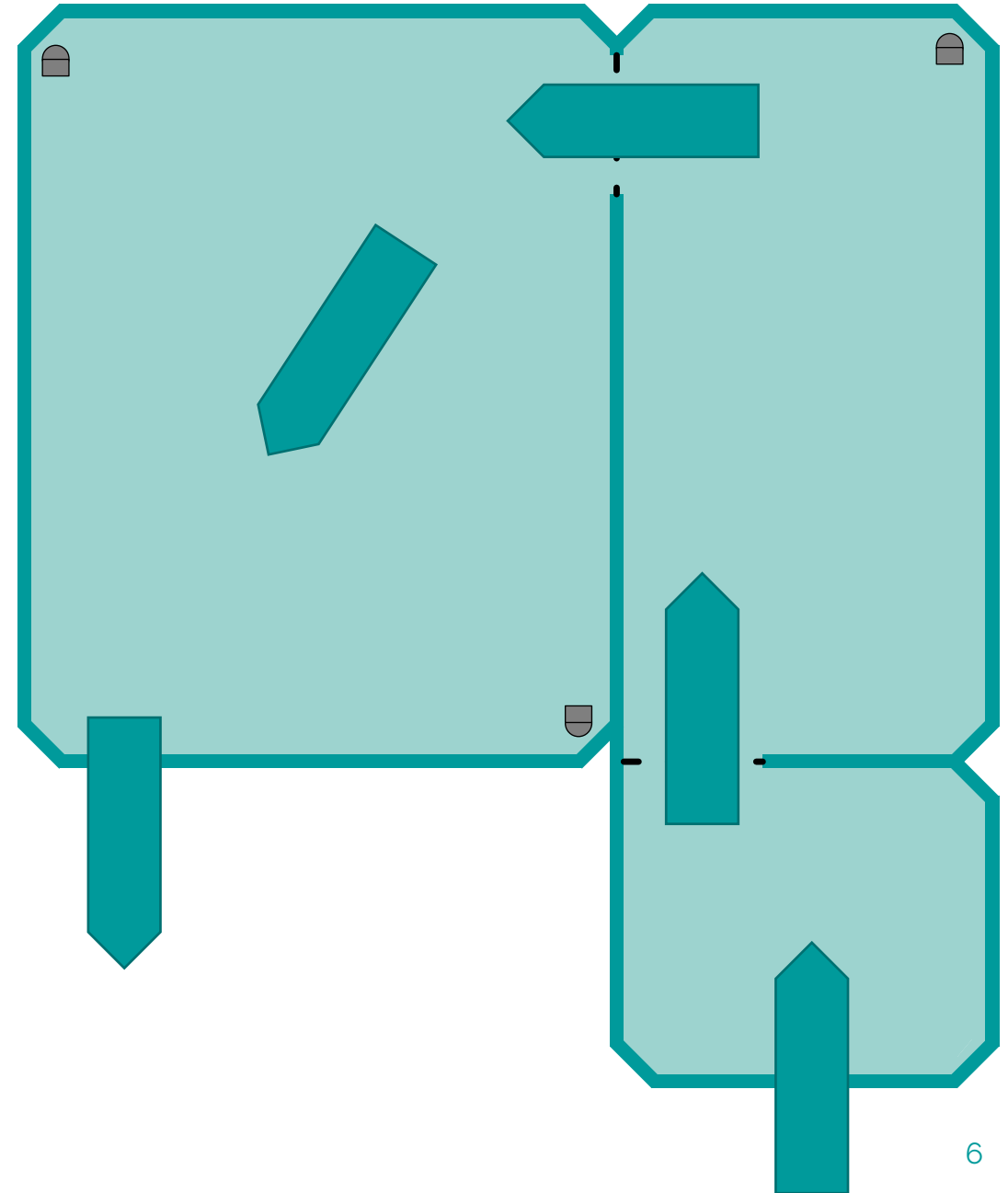


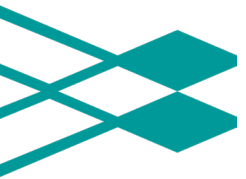
PARTIKEL

Hydrodynamik

Quellen: Futtermittel
Faeces
Abrieb Biomasse

Ziel: Transport zur
Filtertechnik durch
Strömung



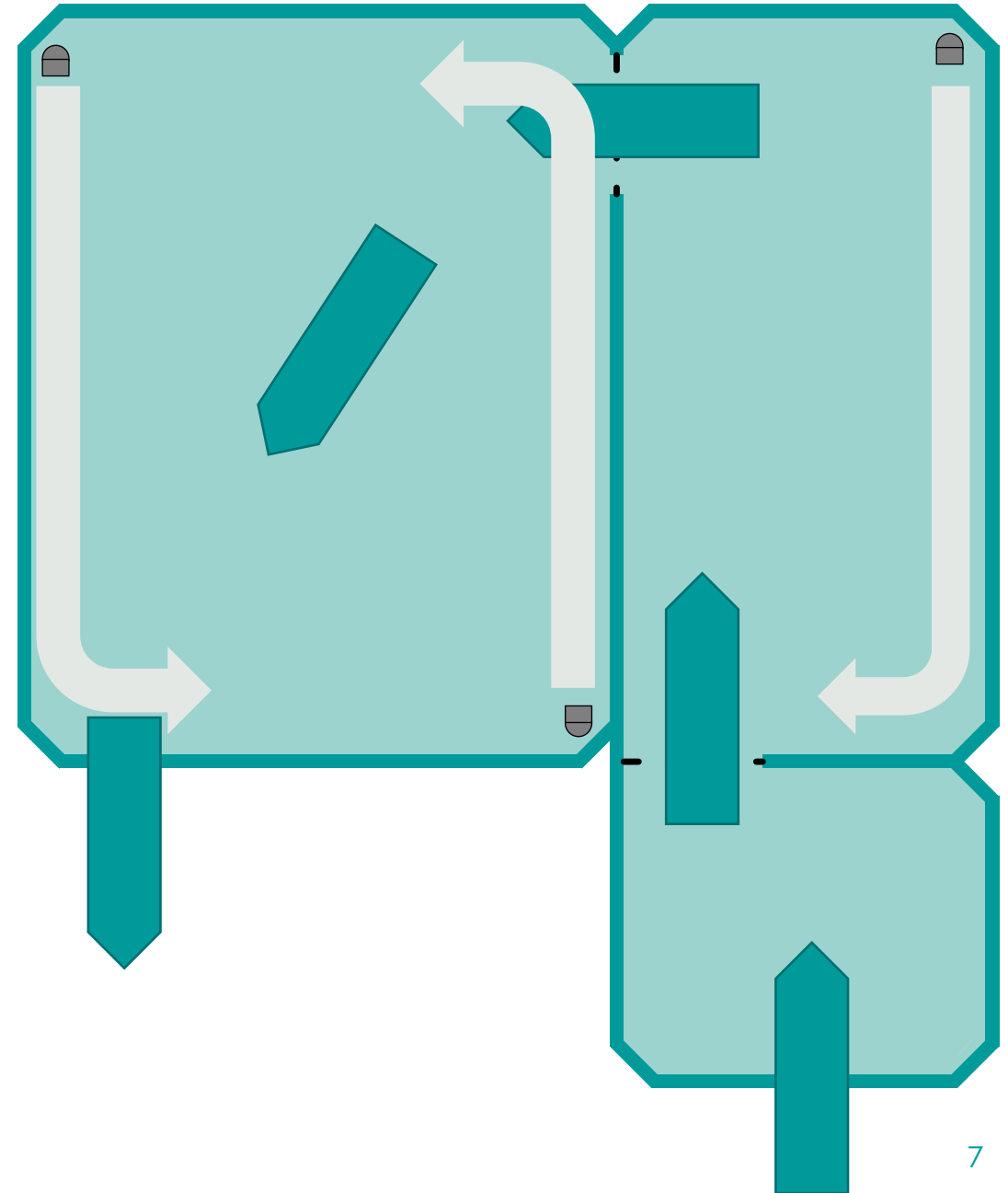


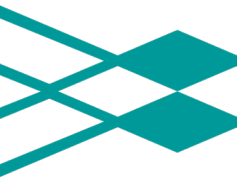
PARTIKEL

Hydrodynamik

Quellen: Futtermittel
Faeces
Abrieb Biomasse

Ziel: Transport zur
Filtertechnik durch
Strömung





PARTIKEL

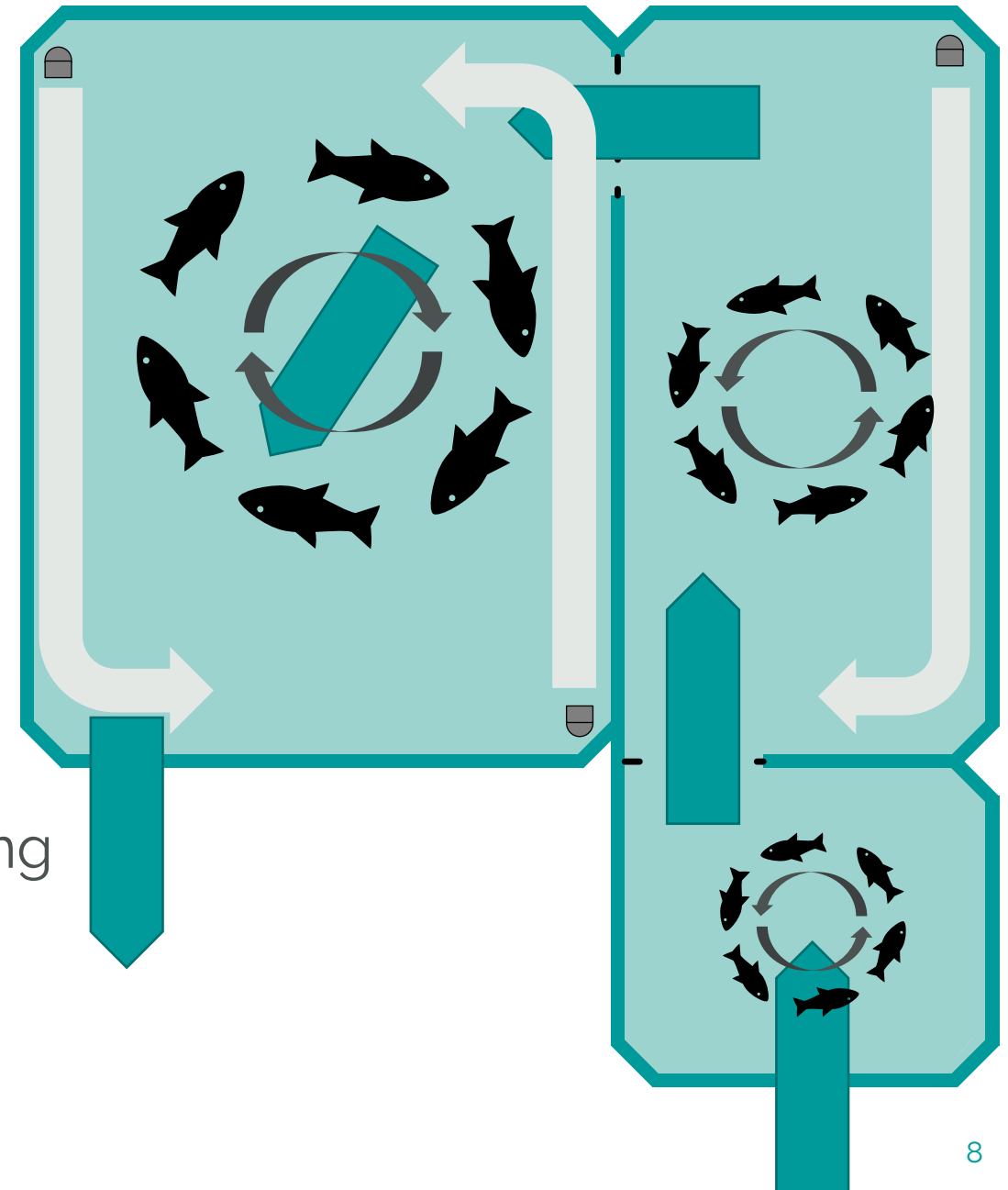
Hydrodynamik

Quellen: Futtermittel
Faeces
Abrieb Biomasse

Ziel: Transport zur
Filtertechnik durch
Strömung

Pfropfenströmung vs. Kreisströmung

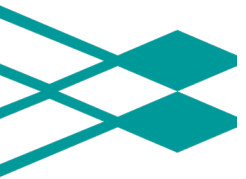
Ergebnis: „turbulentes“ Wasser
keine Sedimentation



TAKE AWAYS

Mehrere Strömungen überlagern sich!

Hohe Turbulenz verhindert Sedimentation!

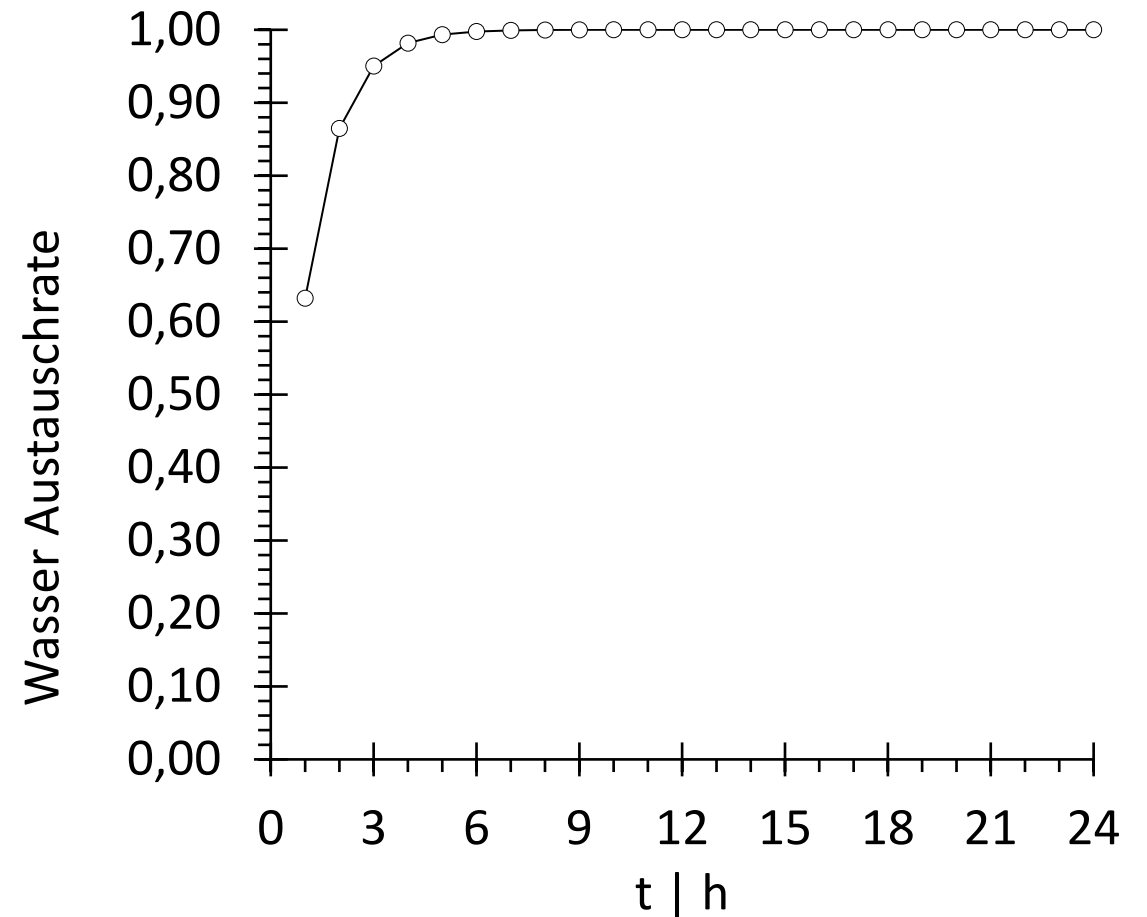


PARTIKEL

Wasseraustausch

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

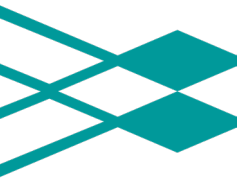
t (h)	ExR
1	0,63
2	0,86
3	0,95
4	0,98
5	0,99
6	1,00



TAKE AWAYS

Mehr Wasseraustausch = besserer Partikelabtransport


Mindestens 2-facher Wasserwechsel pro Stunde ist Voraussetzung!



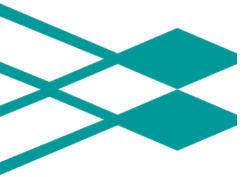
PARTIKEL

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)
Trenngrenzen	> 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
abtrennbare Stoffe	Körner, Sand, Fasern	Größere Partikel, Algen	Kleine Partikel, Keime, Bakterien, Algen	Kleinstpartikel, Keime, Bakterien, Viren	Viren und makro-molekulare Substanzen	nieder-molekulare Substanzen und Huminstoffe	Ionen
Verfahren in der Wassertechnik	Siebung, Zyklone, Sedimentation, Klärung	Gewebefilter, Tuchfilter, Spaltfilter	Mehrschicht-Schnellfilter, Membran-Filtration (MF)	Mehrschicht-Langsamfilter, Membran-Filtration (MF)	Membran-Filtration (UF)	Membran-Filtration (NF)	Umkehr-Osmose (RO)
Trenngrenzen	> 1 mm	500 µm	10 µm	1 µm	100 nm	10 nm	1 nm



PARTIKEL

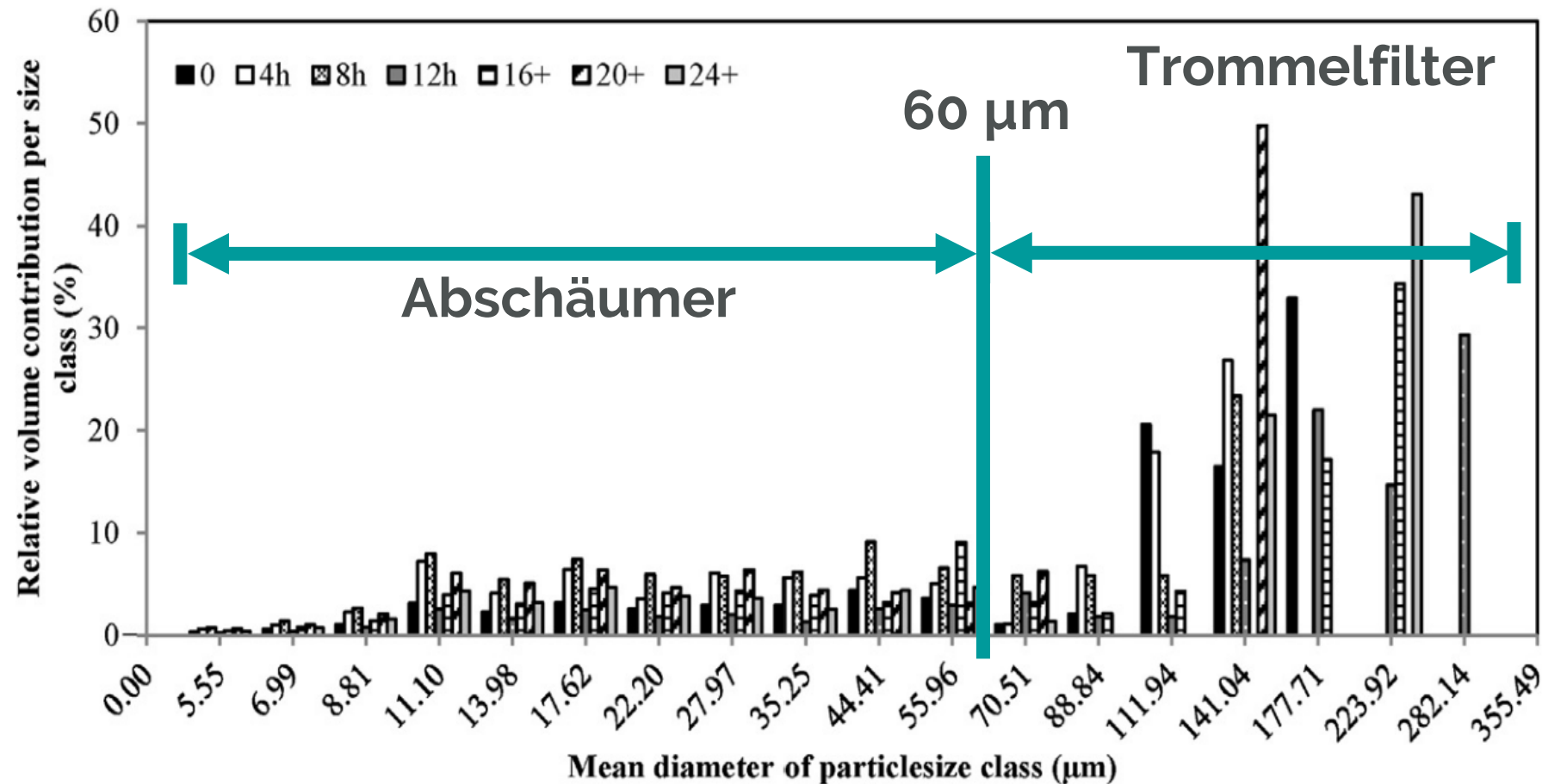
Partikelseparation



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

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

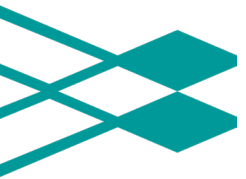
Technical University of Denmark, DTU Aqua, Section for Aquaculture, The North Sea Research Centre, P.O. Box 101, DK-9850 Hirtshals, Denmark



TAKE AWAYS

Mehr Wasseraustausch = besserer Partikelabtransport

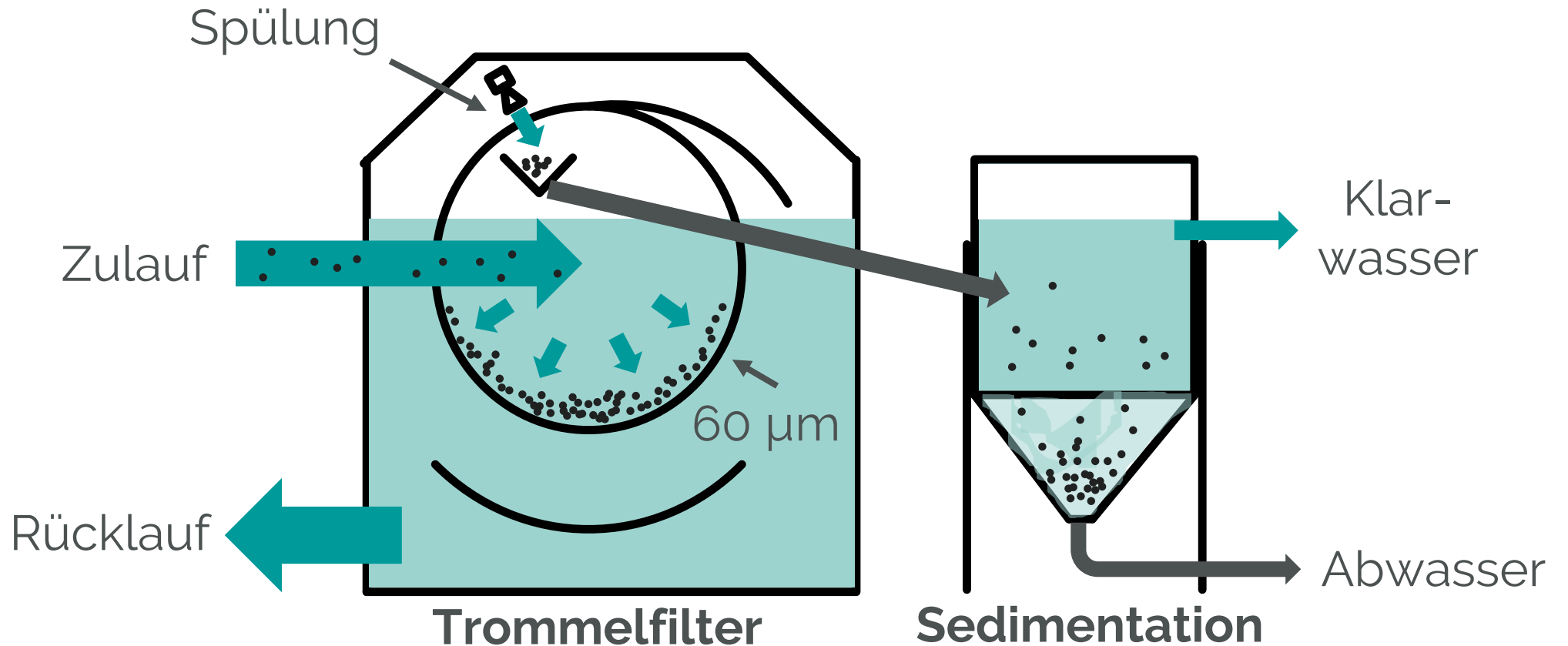
Mindestens 2-facher Wasserwechsel pro Stunde ist Voraussetzung!

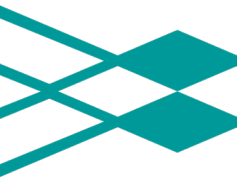


PARTIKEL

Grobfiltration - Trommelfilter

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

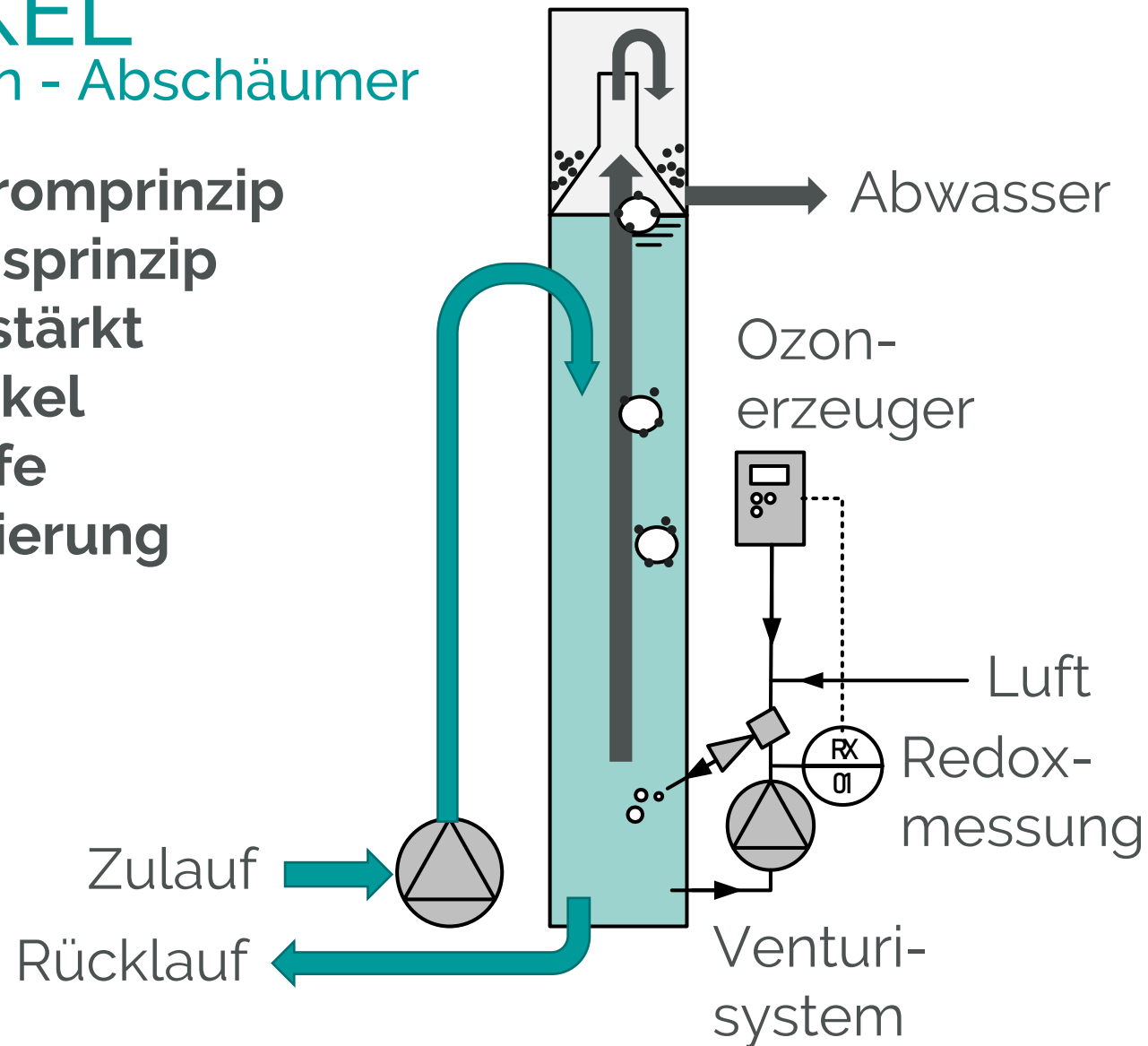


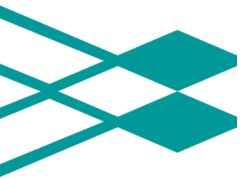


PARTIKEL

Feinfiltration - Abschäumer

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

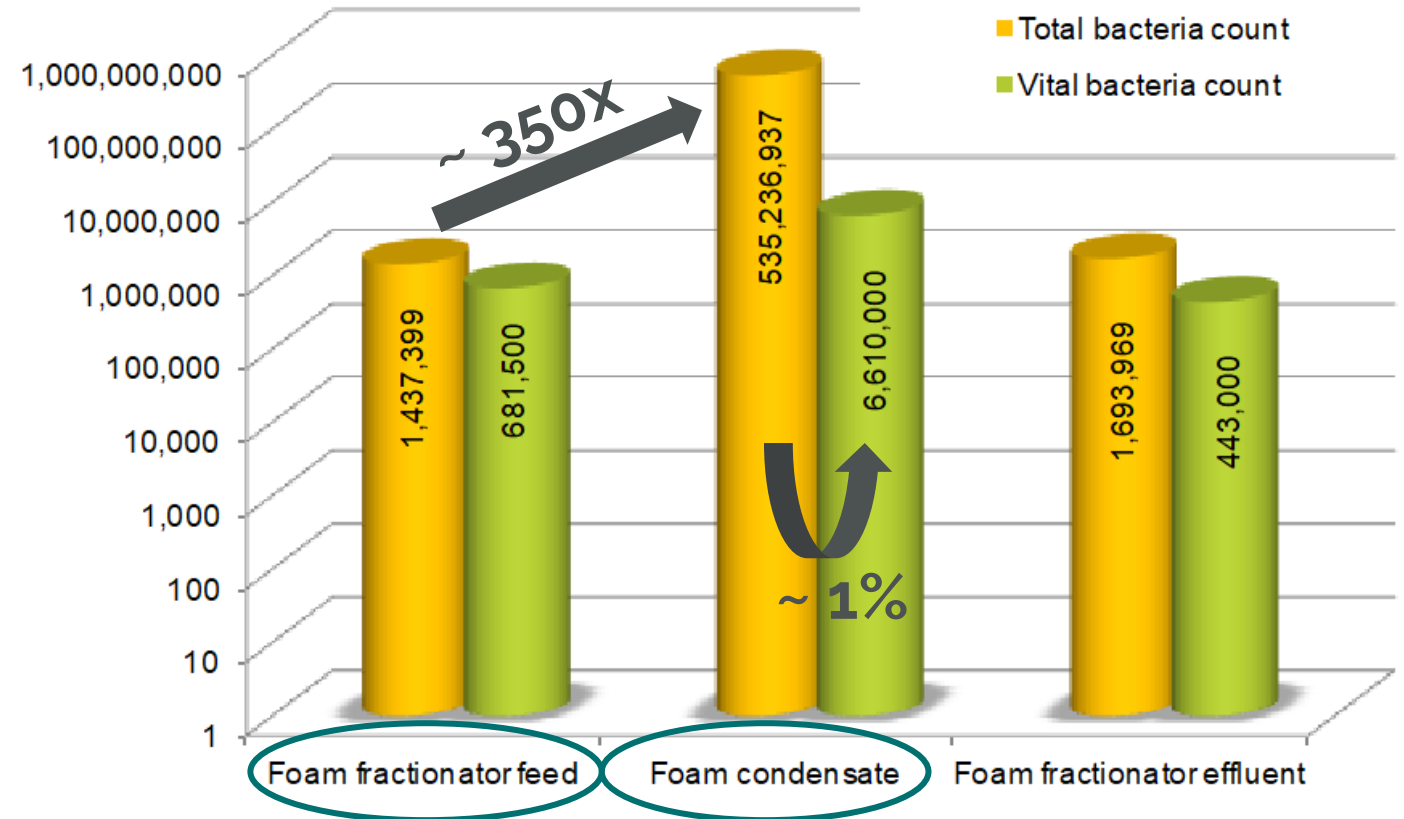




PARTIKEL

Feinfiltration - Abschäumer

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



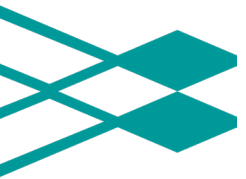
ACHTUNG! Logarithmische Skala

TAKE AWAYS

Partikelentfernung durch Kombination aus Grob- und Feinfiltration!

= Trommelfilter + Abschäumer

Abschäumer hygienisiert zusätzlich durch Inaktivierung der Bakterien!

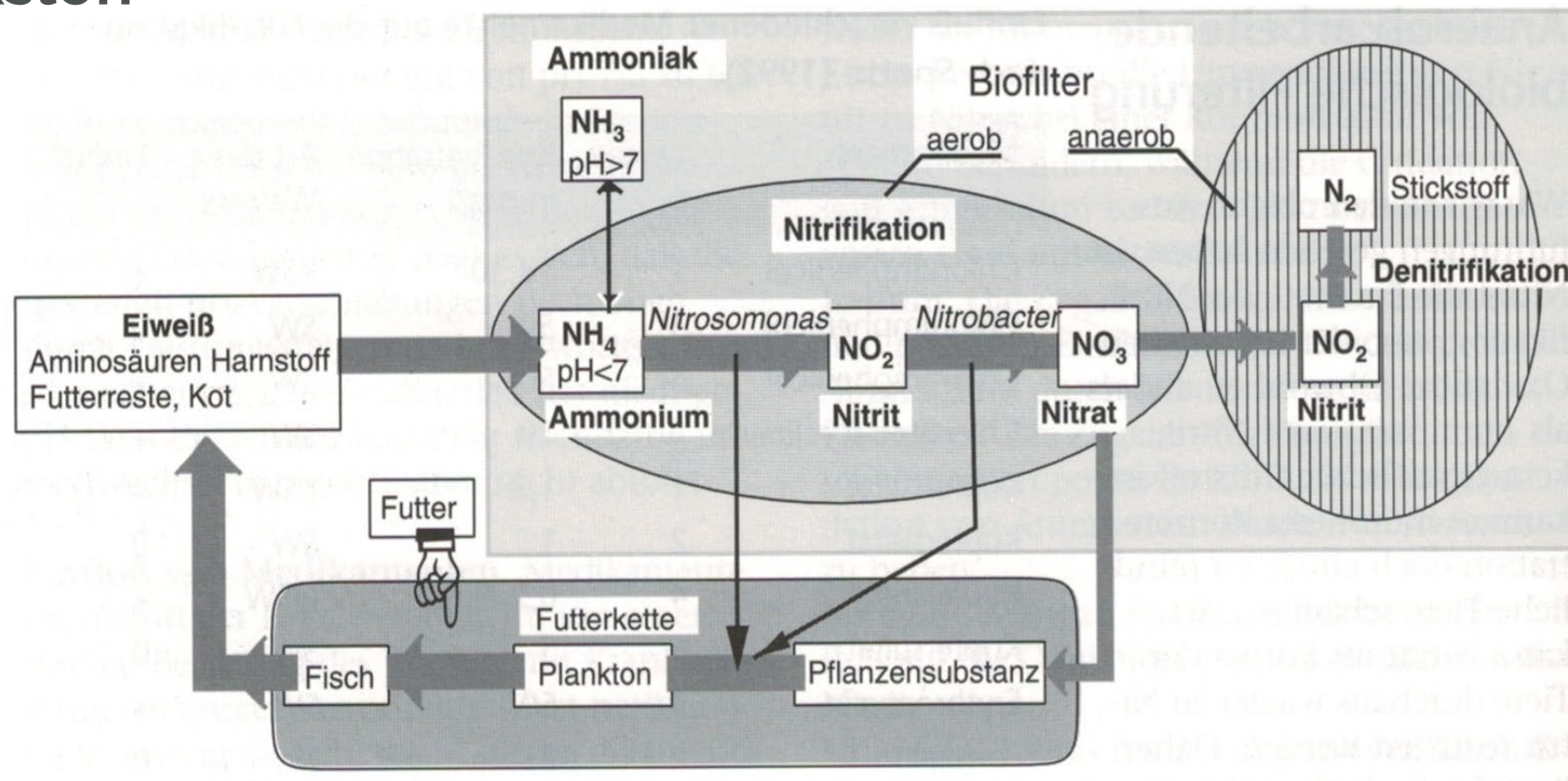


STICKSTOFF

Stickstoffkreislauf



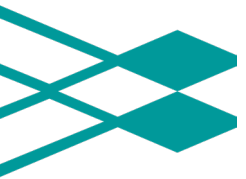
Proteine → aerobe Prozess → anaerober Prozess → elementarer Stickstoff



TAKE AWAYS

Stickstoffentfernung ist ein zweistufiger, biologischer Prozess!

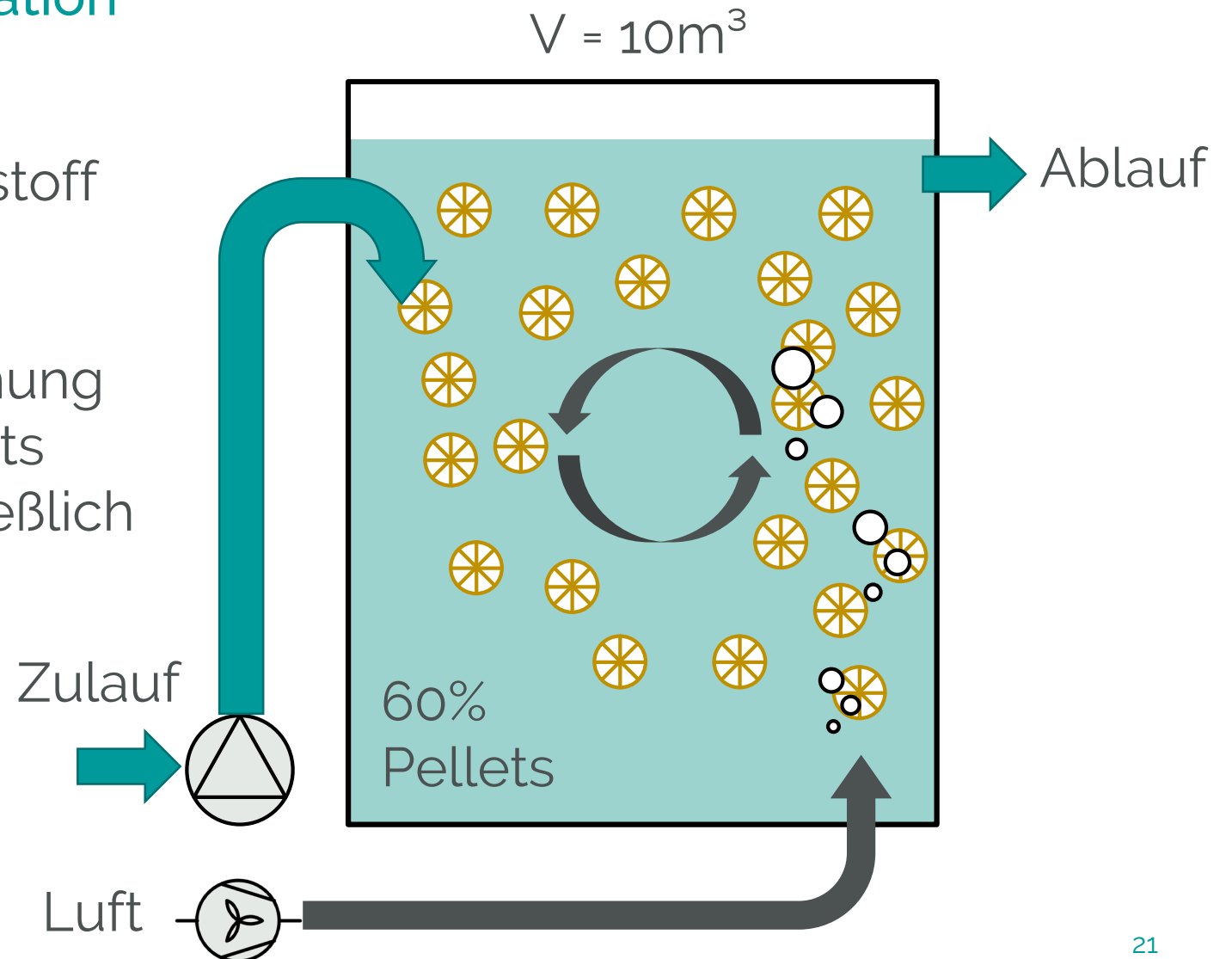
Proteine → aerobe Prozess → anaerober Prozess → elementarer Stickstoff

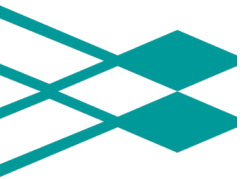


STICKSTOFF

aerobes Biofilter - Nitrifikation

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





STICKSTOFF

aerobier 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

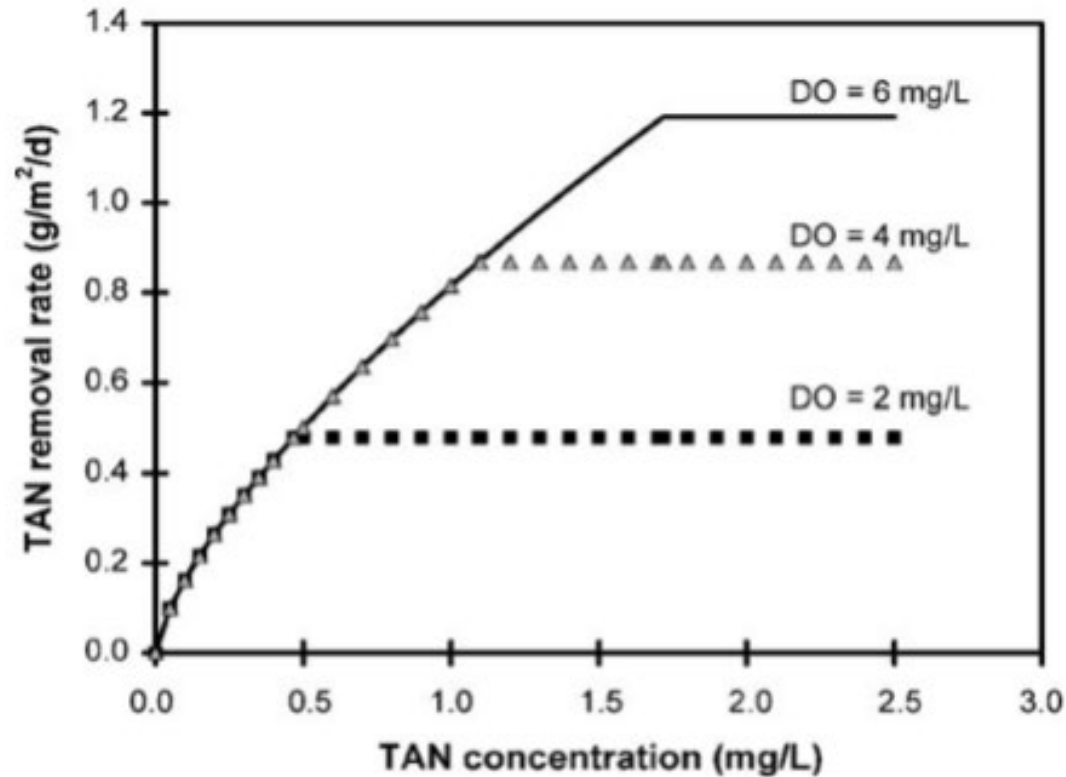
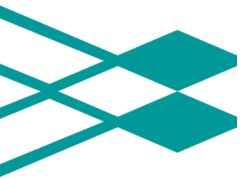


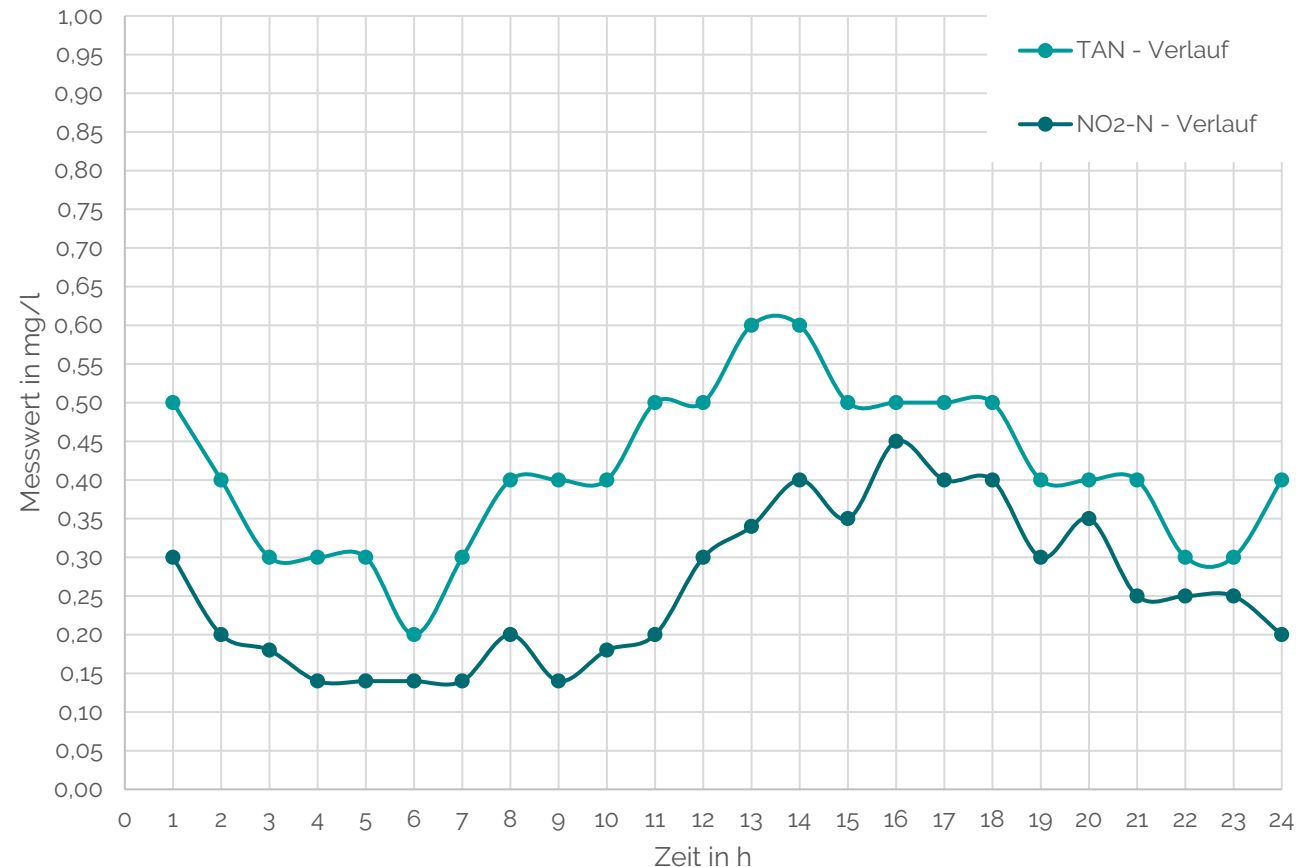
Fig. 4. Influence of TAN and DO concentrations on TAN removal in a Kaldnes MBBR at 15 °C and 0.4 g BOD₅/(m² d) organic load. Based on reaction rate equation and data from Rusten et al. (1995a).





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)

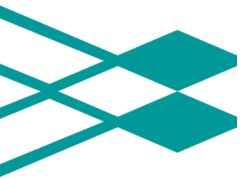
TAKE AWAYS

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

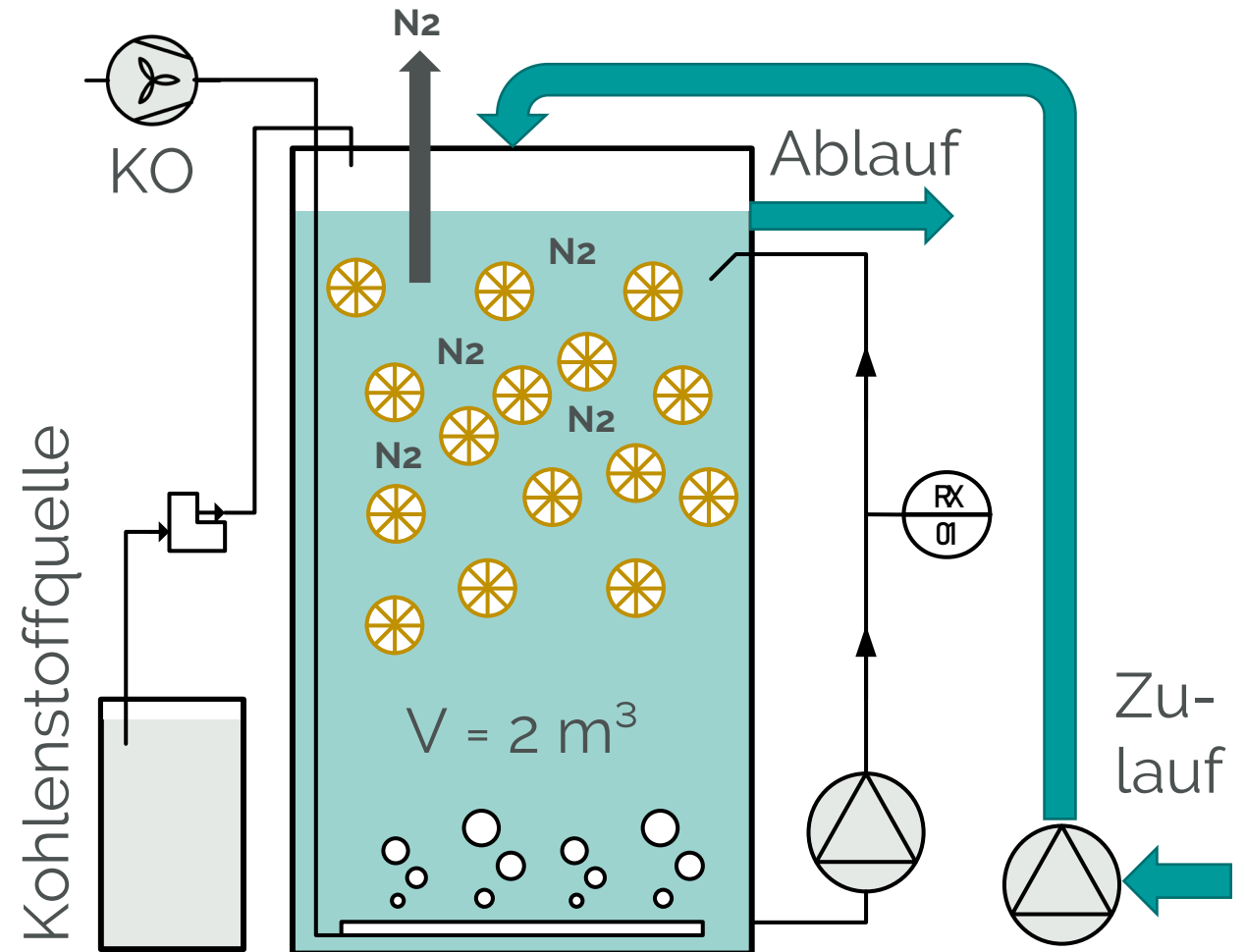
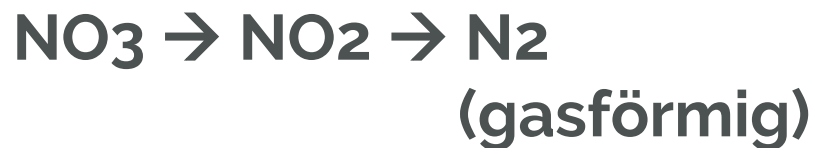
→ sehr giftig!



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.



UNDERCURRENT NEWS

Atlantic Sapphire loses 227000 salmon in Denmark RAS facility

JASON HUFFMAN

Mar 2, 2020

The Fish Site

Atlantic Sapphire reports another mass mortality

• RECIRCULATING AQUACULTURE SYSTEMS (RAS)

• WATER QUALITY

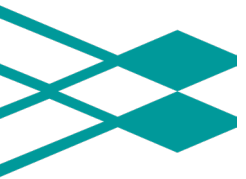
• WELFARE

• HUSBANDRY



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

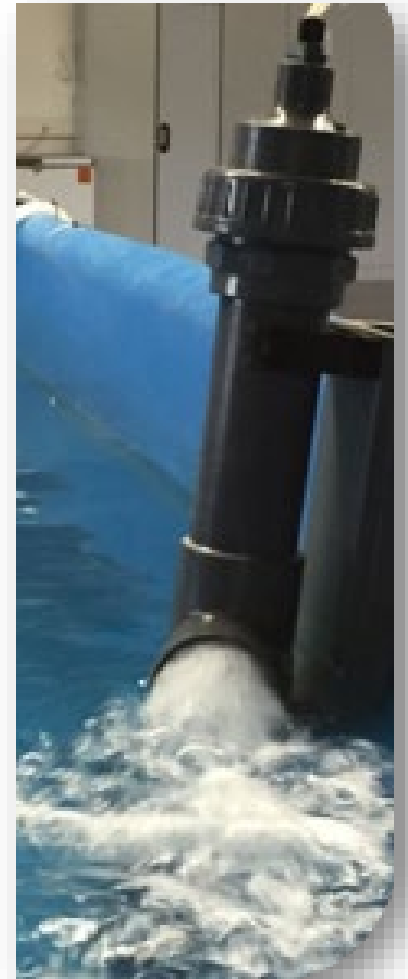
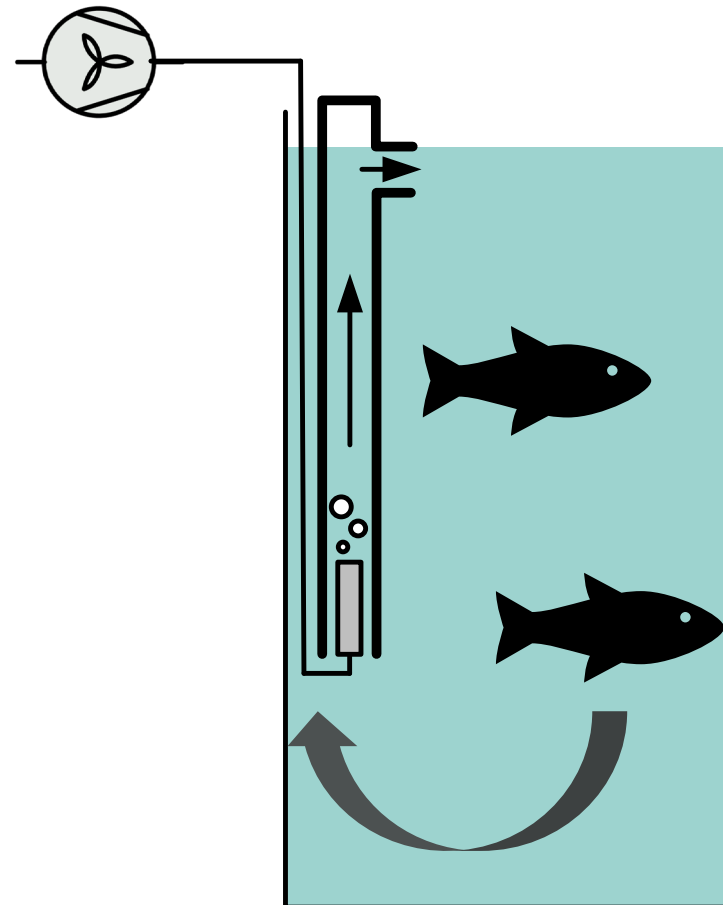
In March, [the company lost round 500,000 salmon](#), averaging 1kg each from its RAS in Florida - an incident that was blamed on an issue related to the drum filters which resulted in elevated turbidity and possibly gasses. It followed on from an incident in the Danish facility, in February, in which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

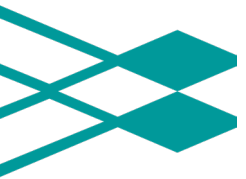


GASE

CO₂-Desorption - Airlift

- Umgebungsluft (Umgebungssauerstoff)
- CO₂-Stripping (=Desorption)
- Bewegung/Strömung
- Partikeltransport
- Luftmenge und Grad des Eintauchens bestimmen Durchflussmenge

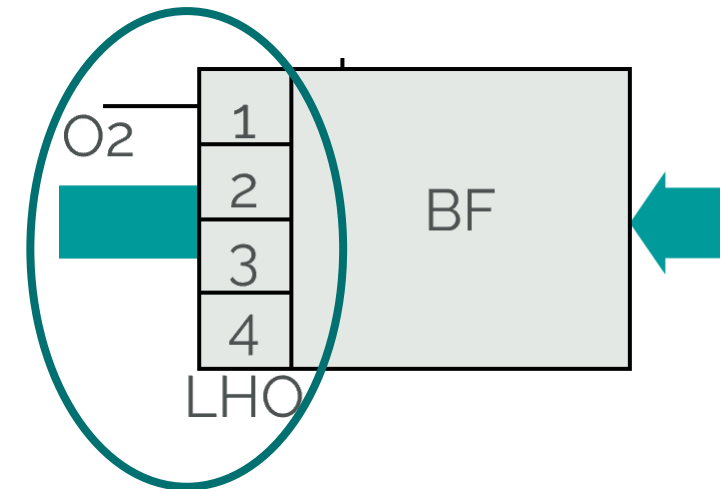




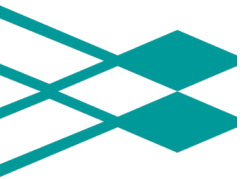
GASE

Sauerstoff-Adsorption – Low Head Oxygenator

- „Grundlastabdeckung“
- Sehr effizienter Sauerstoffeintrag
- Wirkungsgrad von >80%
- Einsatz von technischem O₂ (>90% Reinheit)
- Sauerstoffquelle: Mini-PSA (onsite production)
- CO₂-Stripping als Nebeneffekt

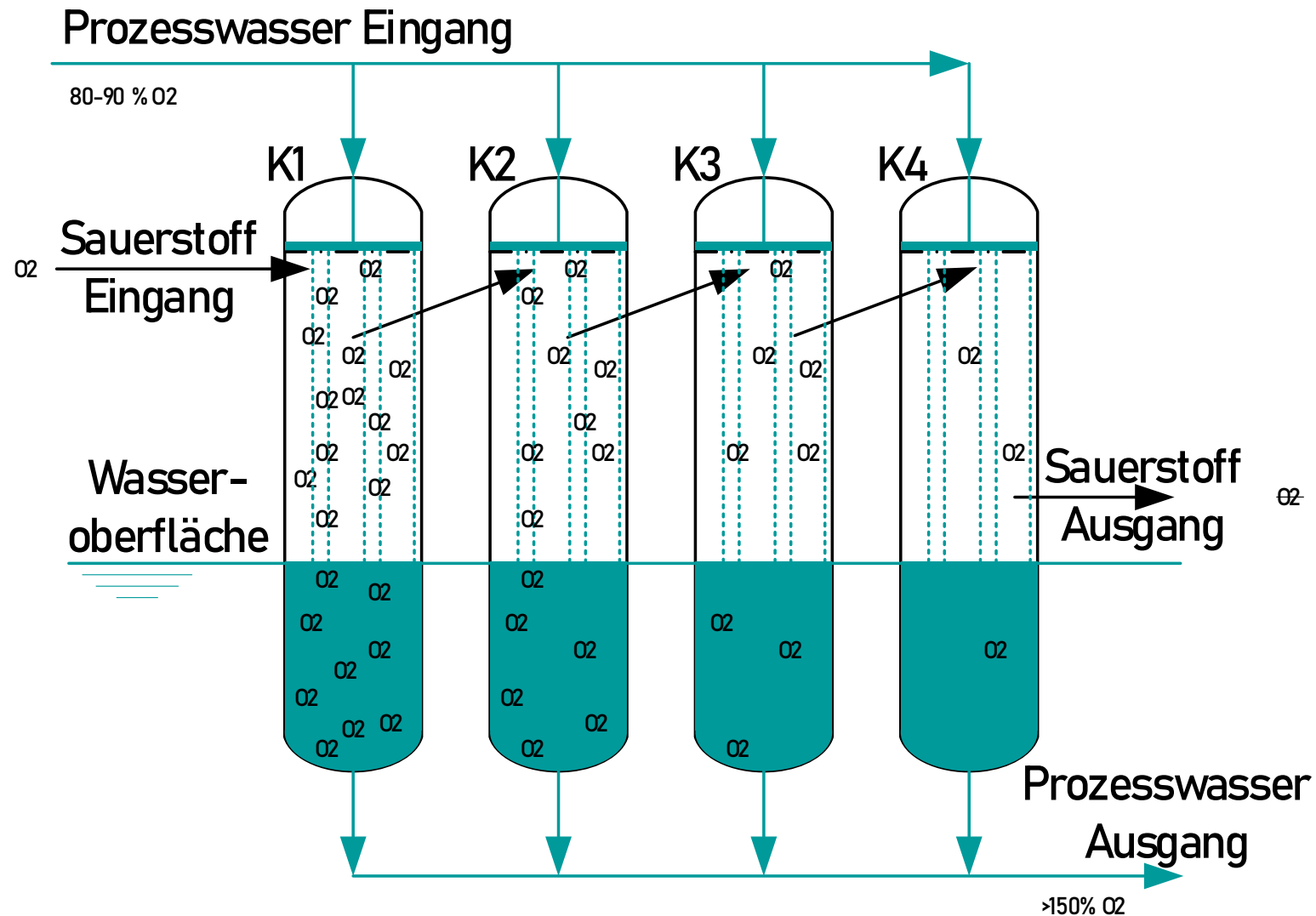


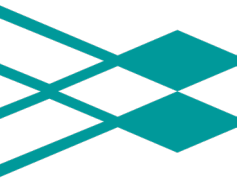
Ausschnitt aus
Übersichts-
Zeichnung Modul 11



GASE

Adsorption – Low Head Oxygenator





GASE

Adsorption – technischer Sauerstoff / Keramikausstömer

- „Spitzenlastabdeckung“
- hoher Wirkungsgrad durch Mikroblasen (μm)
- Sauerstoffquelle: Druck-Flaschen-System
- „NOT-Sauerstoff“



Quelle: senect.de

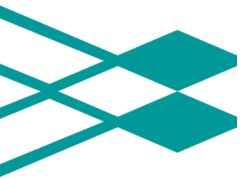
TAKE AWAYS

Bei „hohen“ Besatzdichten ist technischer Sauerstoff notwendig!

Sauerstoff ist das Backupsystem bei Systemausfällen!

→ Druck-Flaschen

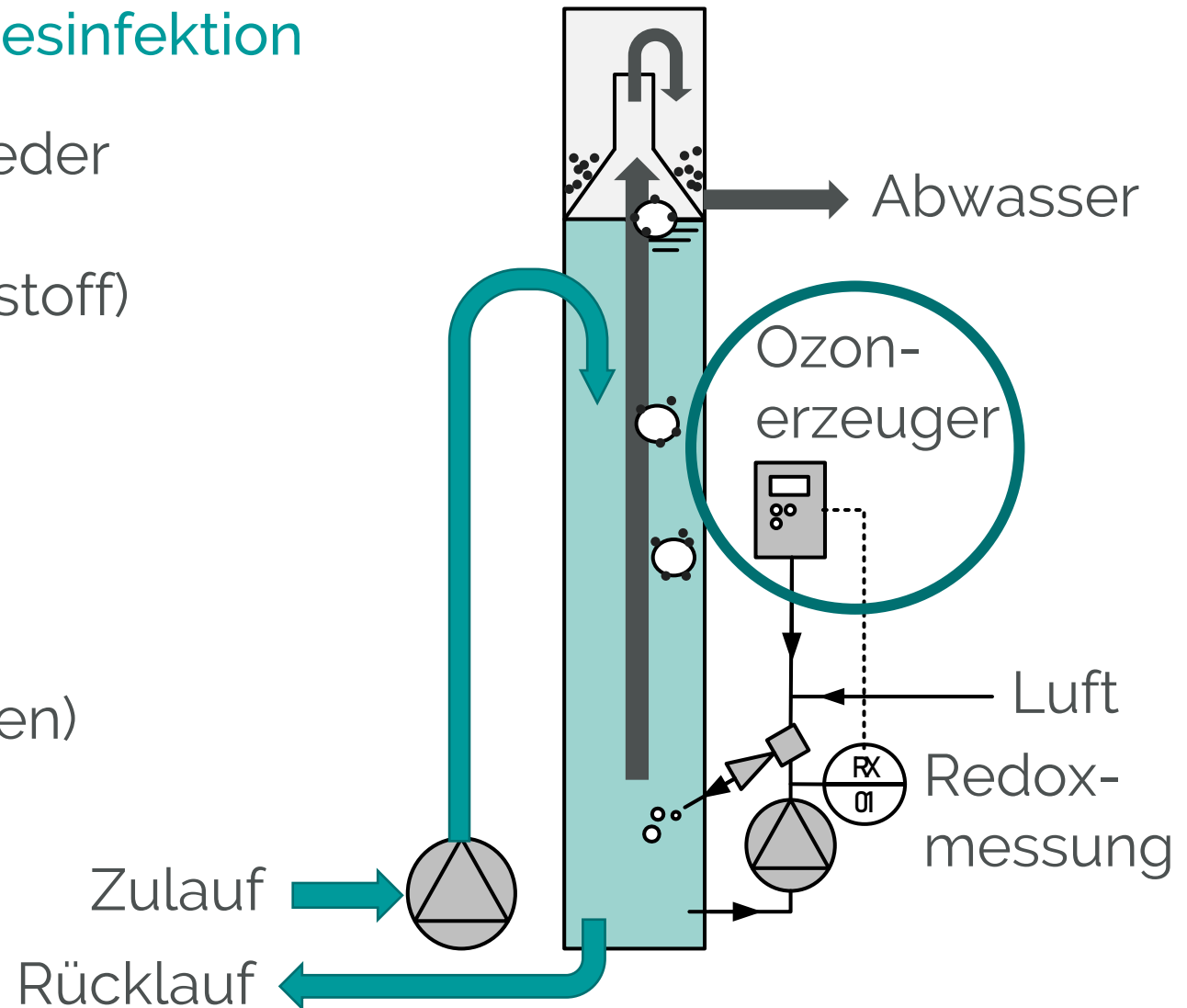
Effiziente Eintragssysteme sparen Geld (→ Sauerstoffkosten).



GASE

Ozon – Abschäumer / Desinfektion

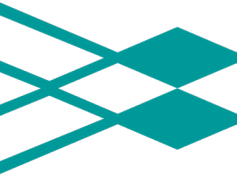
- Ozonerzeugung entweder durch Umgebungsluft(sauerstoff) oder technischen Sauerstoff
- Elektrische Energie:
 $O_2 \rightarrow O_3$
- Ozon ist sehr reaktiv
- zerstört Bakterien(hüllen)
- zerfällt in Sauerstoff



TAKE AWAYS

Ozon ist hochreaktiv und ein Gefahrenstoff → Vorschriften

Ozon dient der Hygienisierung des Wassers.



PHOSPHAT

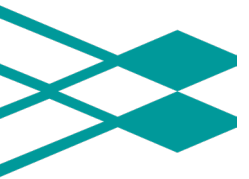
- Phosphat-Kreislauf nur wenig untersucht → keine hohe Relevanz bei Fischgesundheit
- Phosphat steckt in Partikeln
- Phosphat steckt in Biomasse
- mit Entfernung der Partikel/Biomasse, wird auch das Phosphat aus der Anlage entfernt

TAKE AWAYS

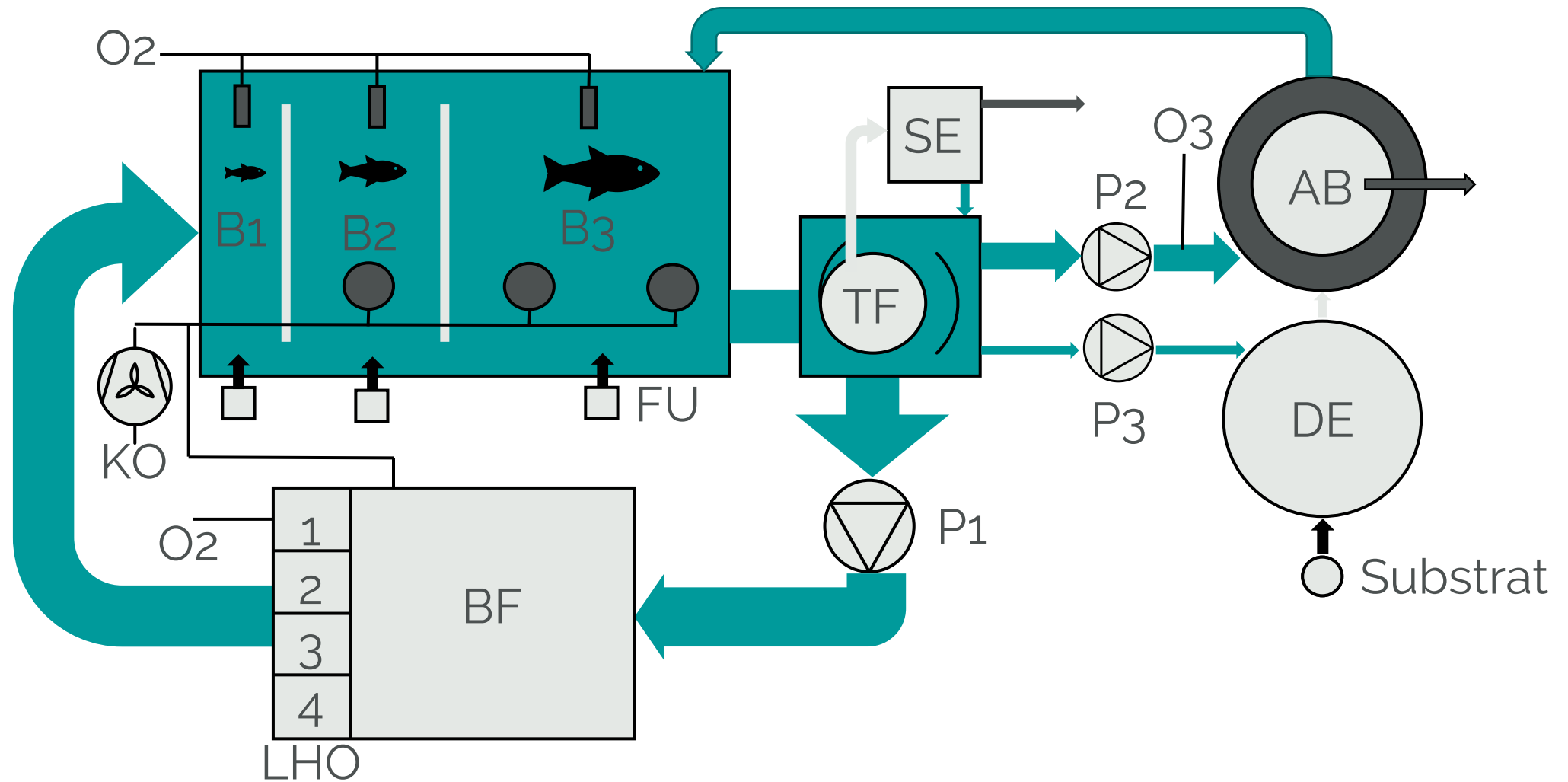
Aus Sicht der Fischgesundheit ist Phosphat nicht besonders relevant.

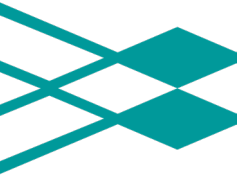
Selbstregulierendes System durch ständigen
Partikel/Biomasseaustrag.

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!