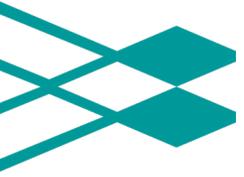


# MODUL 01

# EINFÜHRUNG – GRUNDSÄTZLICHES

Jan Häge



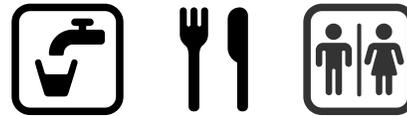
# AGENDA

- Was ist ein Fisch?
- Natürliche Umwelt von Fischen
- Umweltfaktoren
- Umwelt in Aquakultur Systemen
- Integration von Biologie und Technik
- SEAWATER Cube Konzept

**Wer ein Tier hält ...** muss das Tier **seiner Art und seinen Bedürfnissen entsprechend angemessen** ernähren, pflegen und verhaltensgerecht unterbringen.

## § 2 TierSchG

Wir verstehen unsere Bedürfnisse...

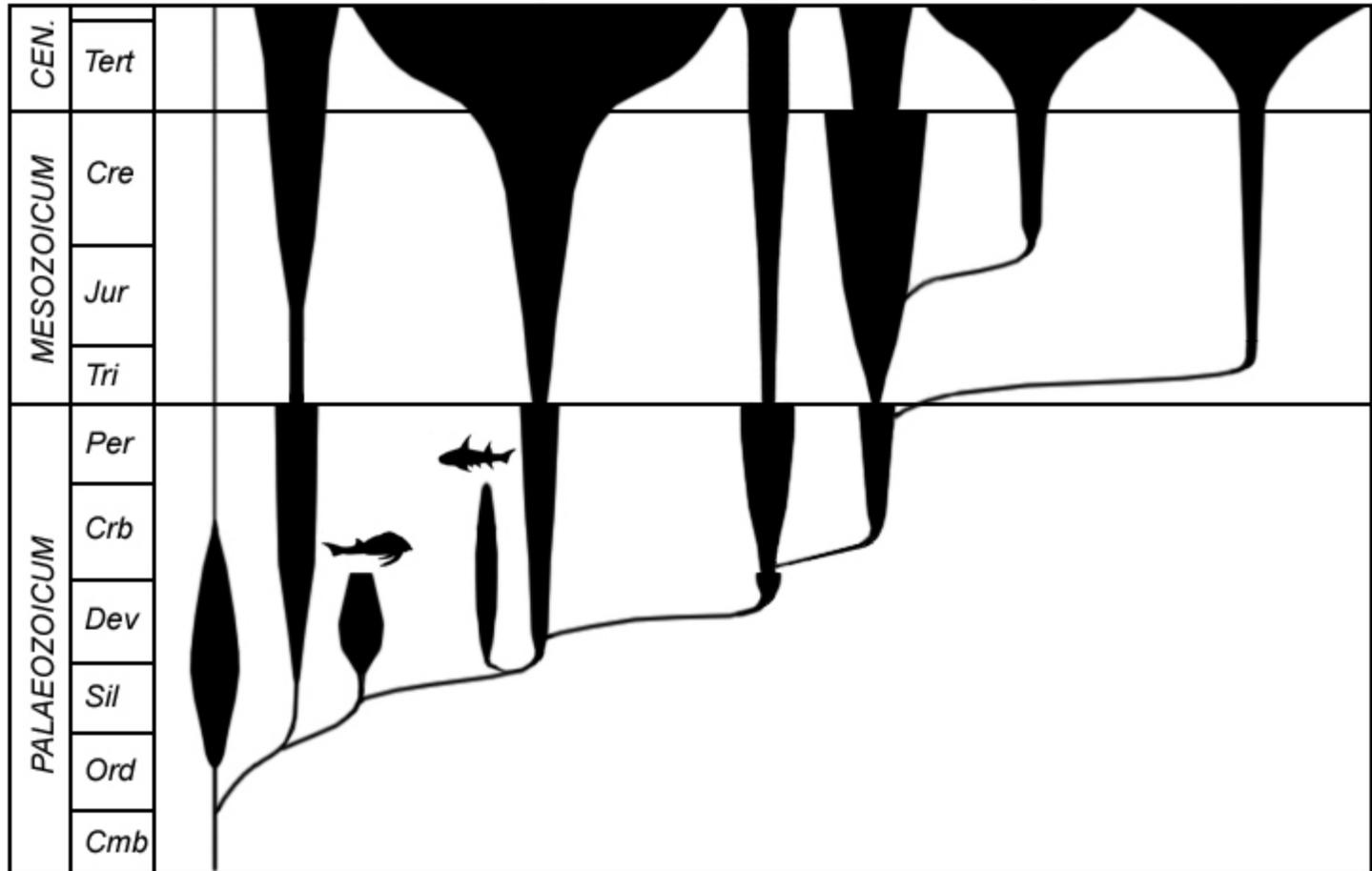


Und die unserer Haustiere ...



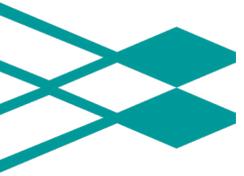
Was ist mit Fischen?





Petter Bøckman  
Public Domain





# INNOVATIONEN UNSERER FISCH- VORFAHREN:

Schädel

Kiefer und Zähne

Knöchernen Wirbelsäule

Paarige Flossen (Vorläufer unserer Gliedmaßen)

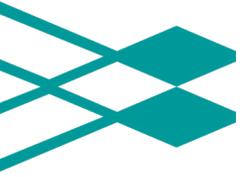
Zentrales Nervensystem (Gehirn)

**Stoffwechselorgane:** Leber, Milz, Nieren, .... **Pankreas**



Characteristics of the New Insulin-Resistant Zebrafish Model  
(Nam et al., 2021)





# WAS IST EIN FISCH?

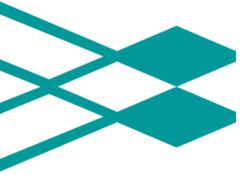
## Definitionen:

“ein Fisch ist ein **aquatisches Wirbeltier mit Kiemen** und **Gliedmaßen in der Form von Flossen**”

Fishes of the world - Nelson (2006)

“ein Fisch ist ein **wechselwarmes**, aquatisches Wirbeltier mit Gliedmaßen in der Form von Flossen, wessen respiratorischen Organe Kiemen sind und wessen Körper **mit Schuppen bedeckt** ist”

Freshwater Fish Distribution - Berra (2001)



# WAS BEDEUTET DAS?

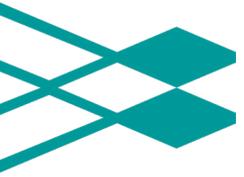


**Aquatisches Wirbeltier → Ständig im Kontakt mit Wasser**

- Ständiger Wärmeaustausch → deshalb **wechselwarm**
- Niedriger Sauerstoffgehalt (vs. Luft) → deshalb **Kiemen**
- Ständiger Kontakt mit Mikroorganismen → deshalb **schleimig**
- Ständiger Stoffaustausch → deshalb **empfindlich bzgl. Wasserqualität**

Ansonsten gar nicht zu unterschiedlich ...

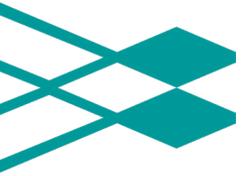




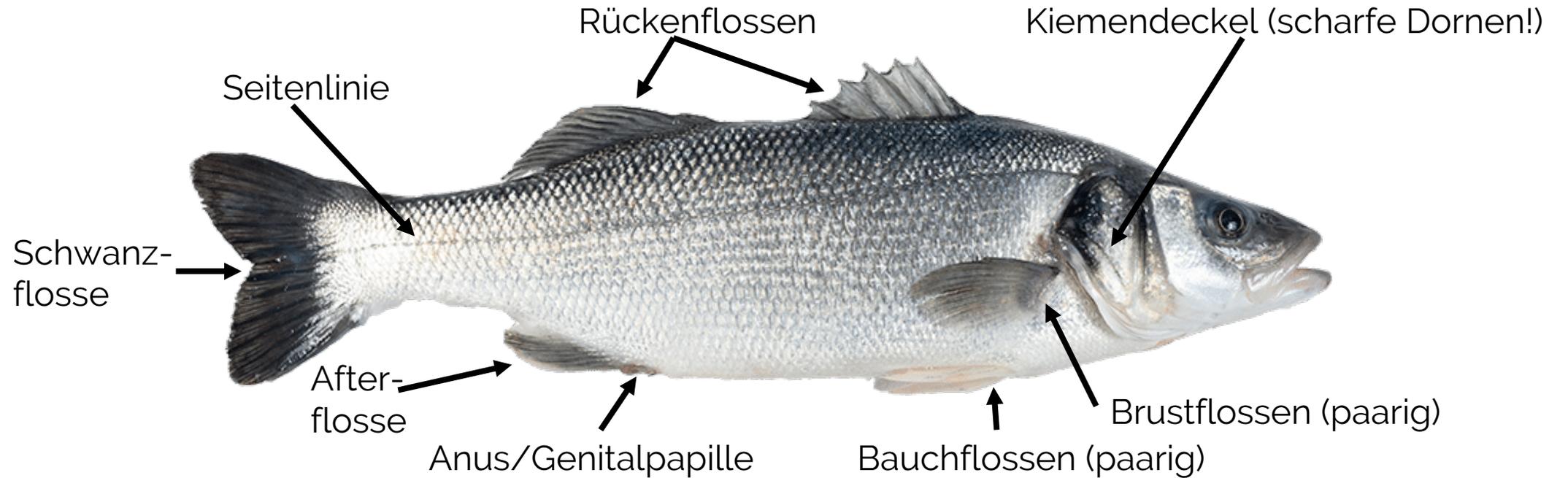
# SÄUGETIER VS. FISCH



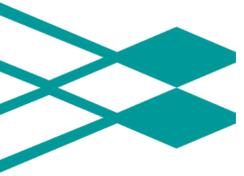
Gleichwarm + Landlebend	Wechselwarm + Aquatisch
Luft-Atmer	Wasser-Atmer
Körpertemperatur reguliert und konstant	Körpertemperatur nicht reguliert und schwankend
Hohes metabolisches Niveau	Niedriges metabolisches Niveau
Konstante basale Stoffwechselrate	Temperaturabhängige Standard Stoffwechselrate
Generell stabile Umwelt ( $O_2$ , Temp. , ...)	Variable Umwelt ( $O_2$ , Temp. , ...)



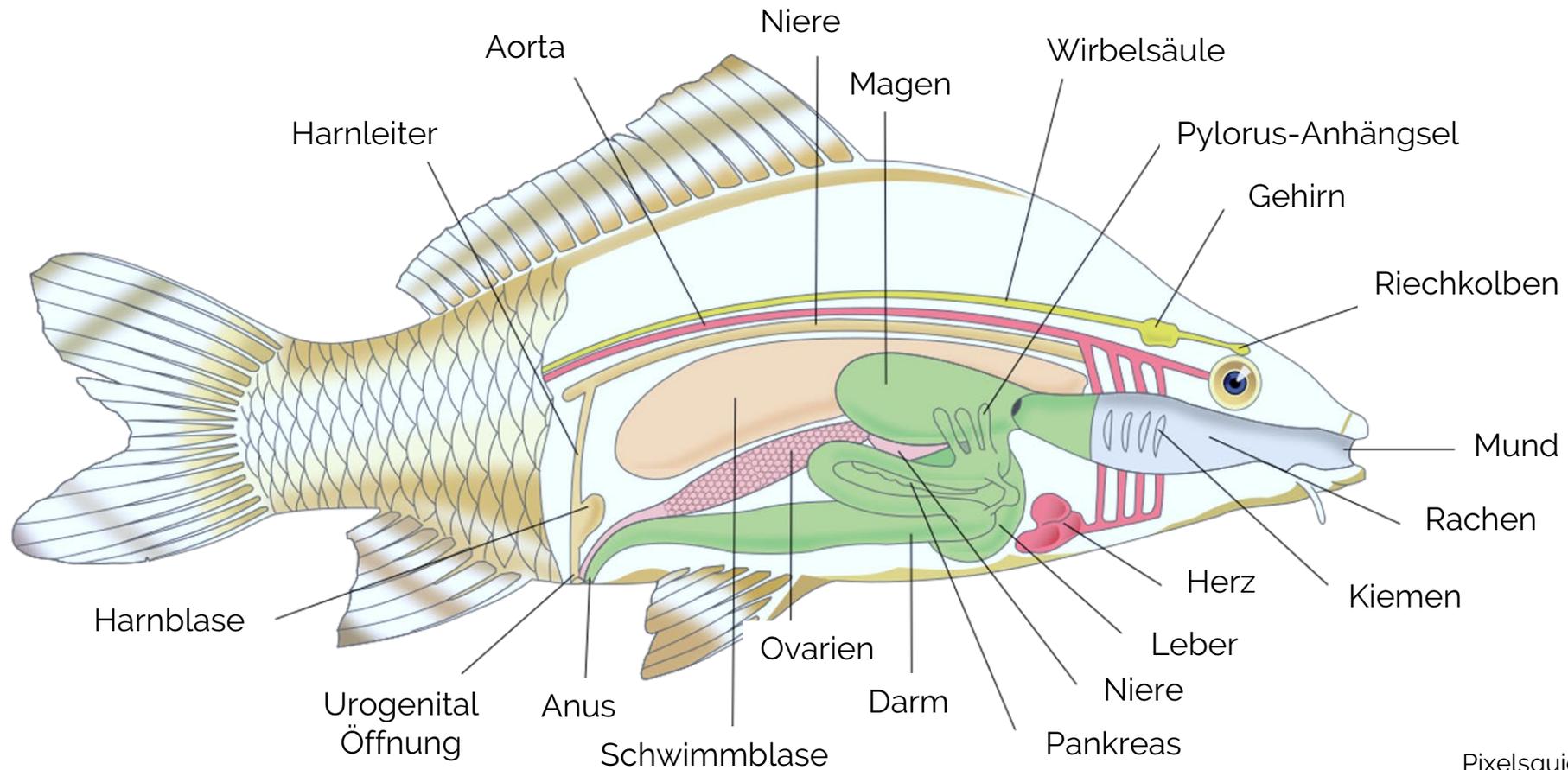
# ÄUSSERE ANATOMIE



**Europäischer Wolfsbarsch –**  
*Dicentrarchus labrax*



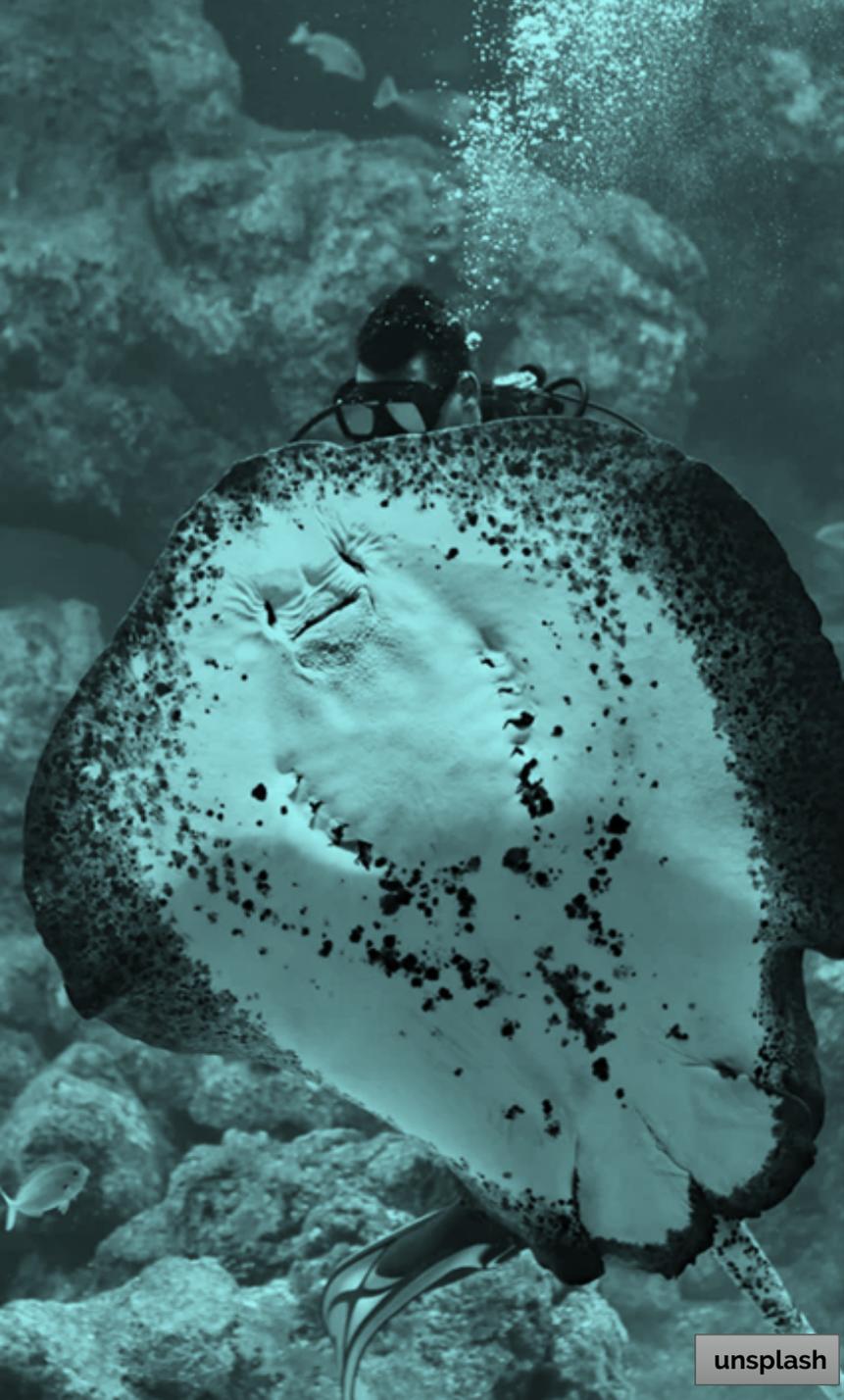
# INNERE ANATOMIE



**Gemeiner Karpfen** – *Cyprinus carpio*

Pixelsquid  
Cc-by-sa-3.0





unsplash

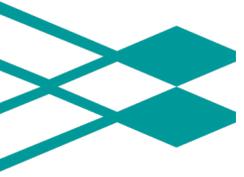


Auch das  
sind Fische

unsplash

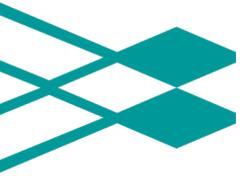


unsplash

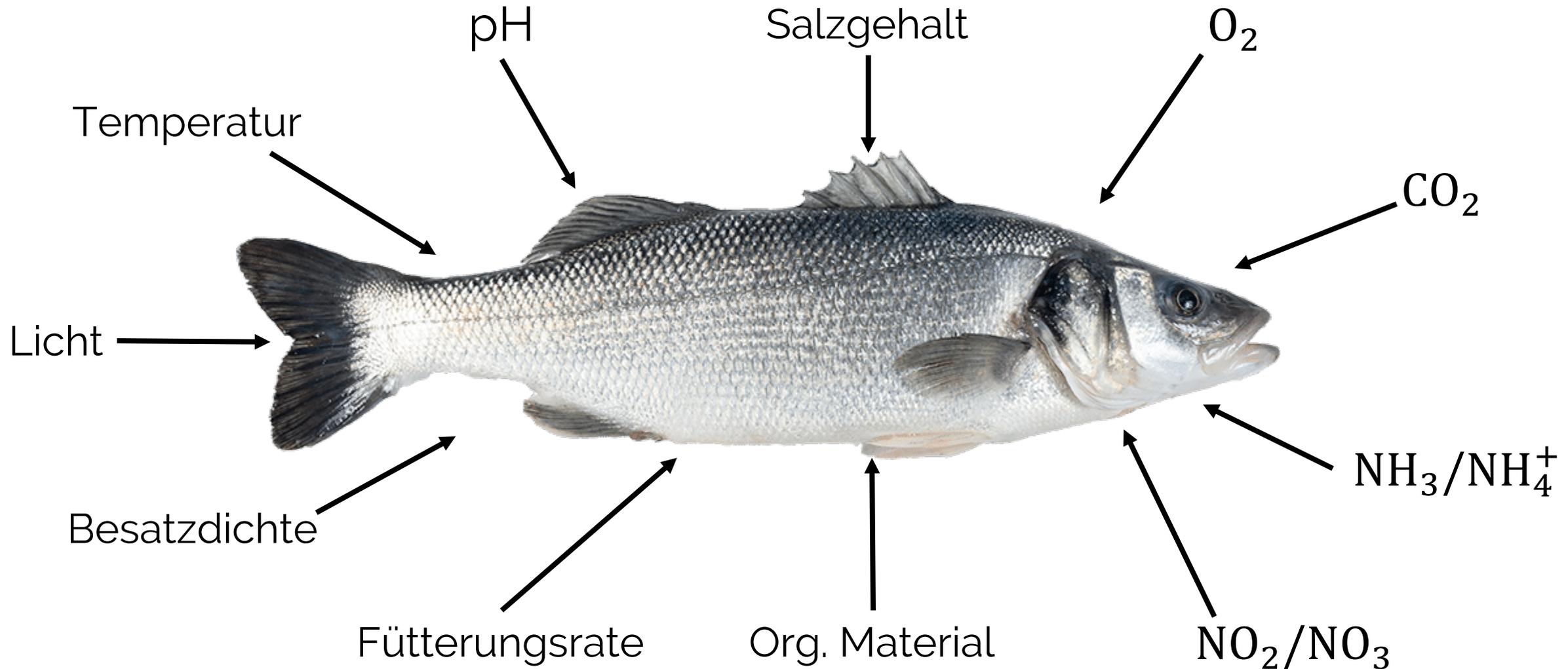


# WAS IST EIN FISCH – TAKE-AWAYS

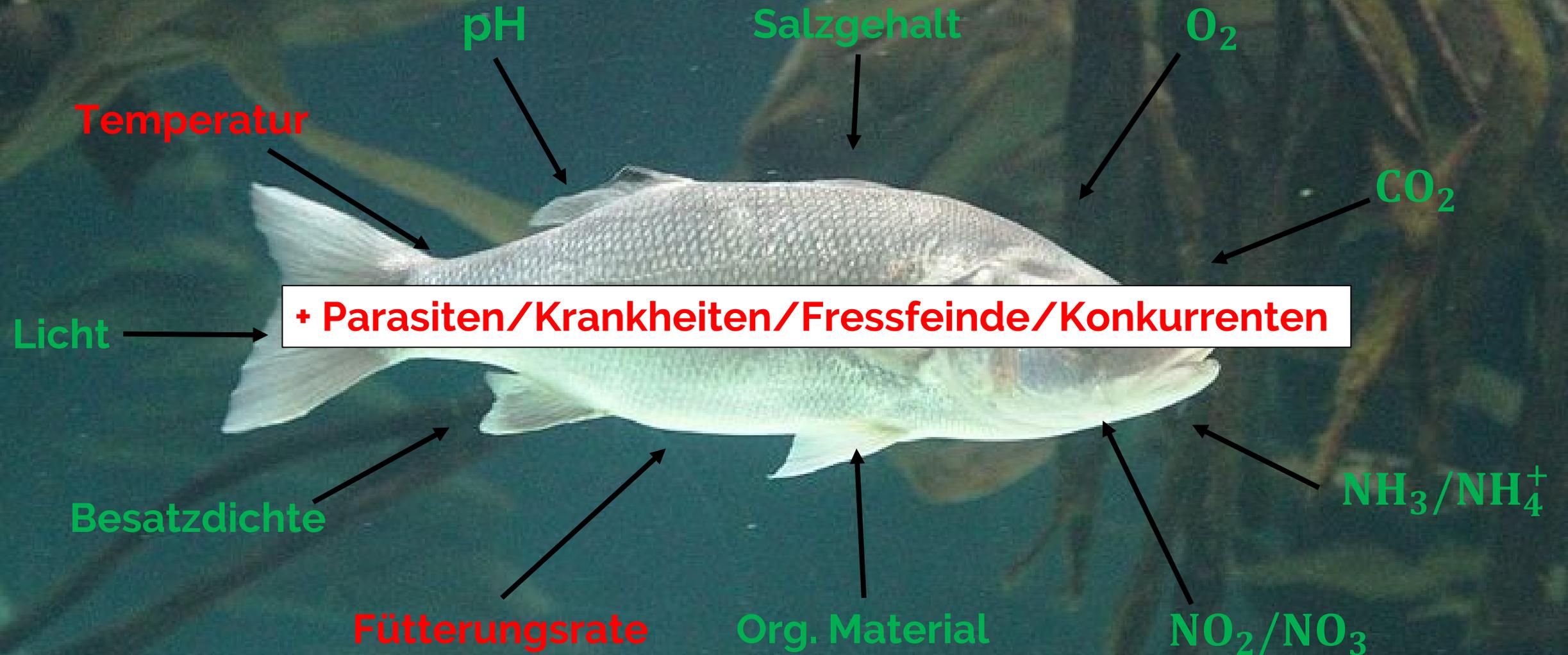
- **Definition:** Ein Fisch ist ein wechselwarmes aquatisches Wirbeltier mit Kiemen und Gliedmaßen in der Form von Flossen
- **Ständiger Kontakt mit Wasser - Bedeutung:**
  - ❑ Ständiger Wärmeaustausch → deshalb wechselwarm
  - ❑ Niedriger Sauerstoffgehalt → deshalb Kiemen
  - ❑ Kontakt mit Mikroorganismen → deshalb schleimig
  - ❑ Ständiger Stoffaustausch → empfindlich bzgl. Wasserqualität



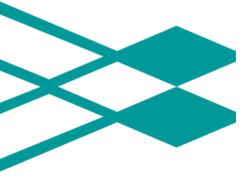
# UMWELTFAKTOREN



# In der Natur



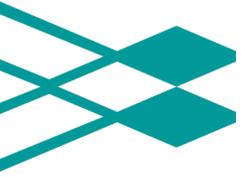
Die biologische Umwelt ist auch wichtig



# UMWELTFAKTOREN

Geordnet nach “Gefährlichkeit” für Fische

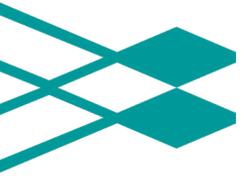
1.  $O_2$
2. Temperatur
3. pH
4. Ammoniak ( $NH_3$ ) / Ammonium ( $NH_4^+$ )



# NATÜRLICHE UMWELT

## – TAKE-AWAYS

- **Wichtige Umweltfaktoren:**
  - Grundlegend: Temperatur, pH, Salzgehalt, Licht
  - Gase:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$
  - Stickstoffverbindungen:  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2/\text{NO}_3$
  - Andere: Fütterungsrate, Besatzdichte, Organisches Material
  - Öko. Faktoren: Parasiten/Krankheiten/Fressfeinde/Konkurrenz
- **Wichtig:** Fische bewegen sich und wählen ihre Umwelt
- **Natürliche Umwelt → besonders herausfordernde Faktoren:**  
ökologische Faktoren, Futterangebot, Temperaturänderungen

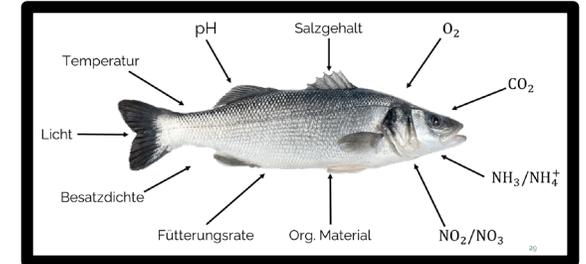


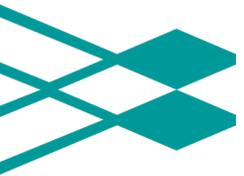
# UMWELTFAKTOREN

## beeinflussen einander

Besonders wichtig: Temperatur, pH Wert, Salinität

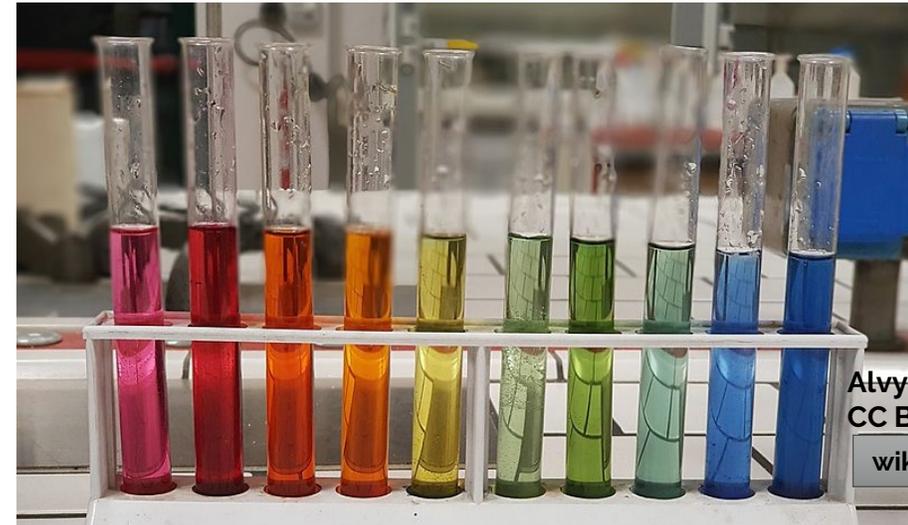
- **Wassertemperatur** bestimmt Löslichkeit von Gasen  
→  $O_2$ ,  $CO_2$
- **pH** beeinflusst chemische Gleichgewichte:  
$$NH_3 \xrightleftharpoons{pH} NH_4^+$$
- Chemische Gleichgewichte beeinflussen **pH**:  
$$CO_2 + H_2O \xrightleftharpoons{pH} H_2CO_3 \xrightleftharpoons{pH} H^+ + HCO_3^-$$
- **Salinität** bestimmt Wasserdichte, Leitfähigkeit, osmotischen Druck, ...





# pH-Wert: ERINNERUNGSHILFE

pH Wert	Überwiegendes Wasser-Ion	Konzentration	Veränderung
0	$H^+$	1	
1		0.1	$\pm 0.9$
2		0.01	$\pm 0.09$
3		0.001	$\pm 0.009$
4		0.0001	$\pm 0.0009$
5		0.00001	$\pm 0.00009$
6		0.000001	$\pm 0.000009$
7	Neutral	0.0000001	$\pm 0.0000009$
8	$OH^-$	0.000001	$\pm 0.000009$
9		0.00001	$\pm 0.00009$
10		0.0001	$\pm 0.0009$
11		0.001	$\pm 0.009$
12		0.01	$\pm 0.09$
13		0.1	$\pm 0.9$
14			1

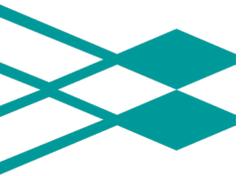


Alvy16  
CC BY-SA 4.0  
wikimedia

**Logarithmische Skala** → Betont kleine Konzentrations-Änderungen um pH 7 (Neutral)

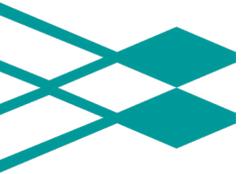
**Problem 1** → Maskiert Potenz starker Säuren und Basen (zwischen pH 1 und 2 liegen Welten!)

**Problem 2** → Erschwert Berechnungen:  
Mischen von Lösungen mit pH 2 und 6 zu gleichen Teilen ergibt keine Lösung mit pH 4!

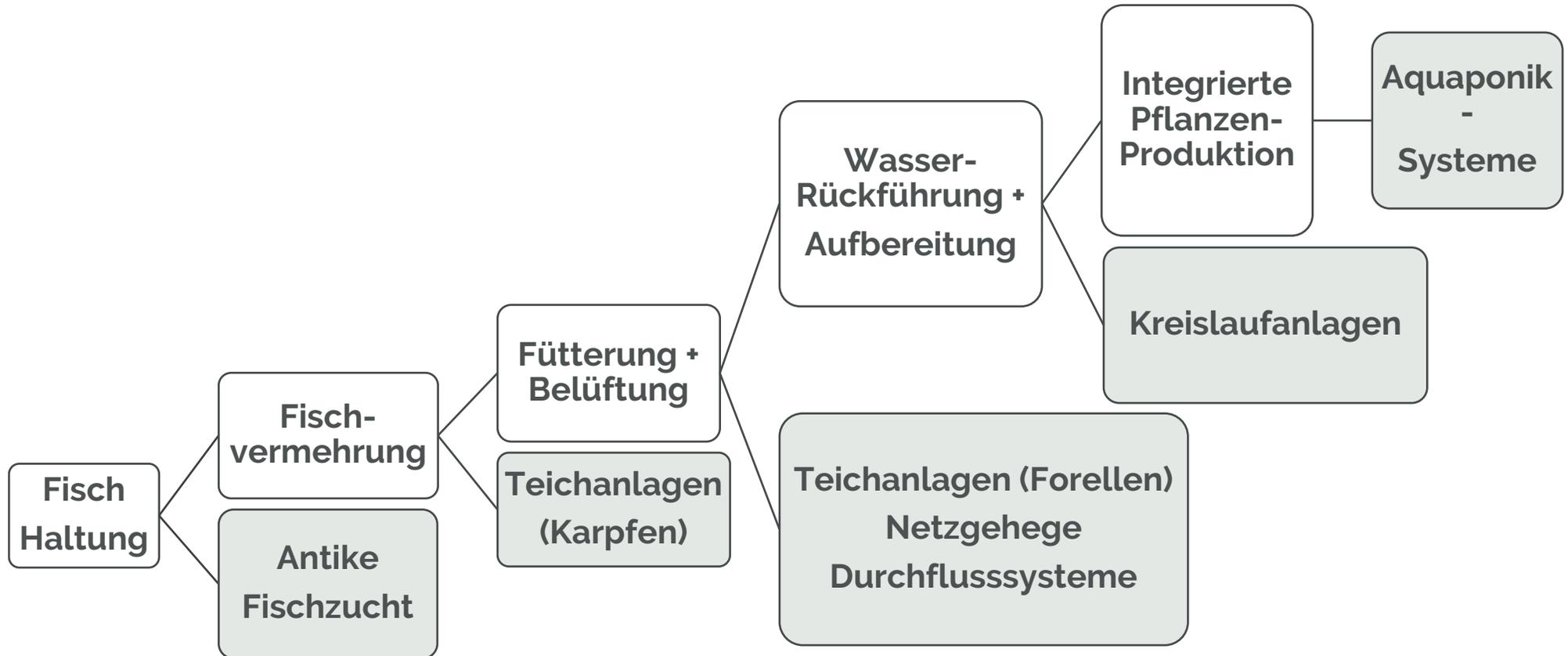


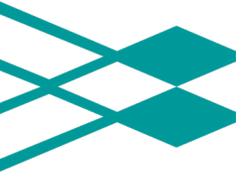
# UMWELTFAKTOREN – TAKE-AWAYS

- **Umweltfaktoren beeinflussen einander**
  - **Wassertemperatur** bestimmt Löslichkeit von Gasen
  - **pH** beeinflusst chemische Gleichgewichte und vice versa
  - **Salinität** bestimmt Wasserdichte, Leitfähigkeit, osmotischen Druck
- **pH Wert Besonderheiten:**
  - **Logarithmische Skala** → Betont kleine Konzentrationsänderungen um pH 7 (Neutral)
  - **Problem 1** → Maskiert Potenz starker Säuren und Basen
  - **Problem 2** → Erschwert Berechnungen: Mischen von Lösungen mit pH 2 und 6 zu gleichen Teilen ergibt keine Lösung mit pH 4



# AQUAKULTUR SYSTEME





# UMWELT IN AQUAKULTUR SYSTEMEN

Kommt auf den Typ und die Intensität der Produktion an:

- Antike Fischzucht (z.b. Piscinae der Römer) – **extensiv**
- Teichanlagen (mit oder ohne Fütterung) – **extensiv/intensiv**
- Netzgehege – **intensiv**
- Kreislaufanlagen – **intensiv**
- Aquaponikanlagen – **intensiv**

# In einem Netzkäfig

pH

Salzgehalt

O<sub>2</sub>

Temperatur

CO<sub>2</sub>

Licht

+ Parasiten/Krankheiten/Fressfeinde/Konkurrenten

Besatzdichte

NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

Fütterungsrate

Org. Material

NO<sub>2</sub>/NO<sub>3</sub>

~~Fische bewegen sich und wählen ihre Umwelt~~

# In einem RAS-System

pH

Salzgehalt

O<sub>2</sub>

Temperatur

CO<sub>2</sub>

Licht

+ Parasiten / Krankheiten / Fressfeinde / Konkurrenten

NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

Besatzdichte

Fütterungsrate

Org. Material

NO<sub>2</sub>/NO<sub>3</sub>



# Im SEAWATER Cube

pH

Salzgehalt

O<sub>2</sub>

Temperatur

CO<sub>2</sub>

Licht

+ Parasiten/Krankheiten/Fressfeinde/Konkurrenten

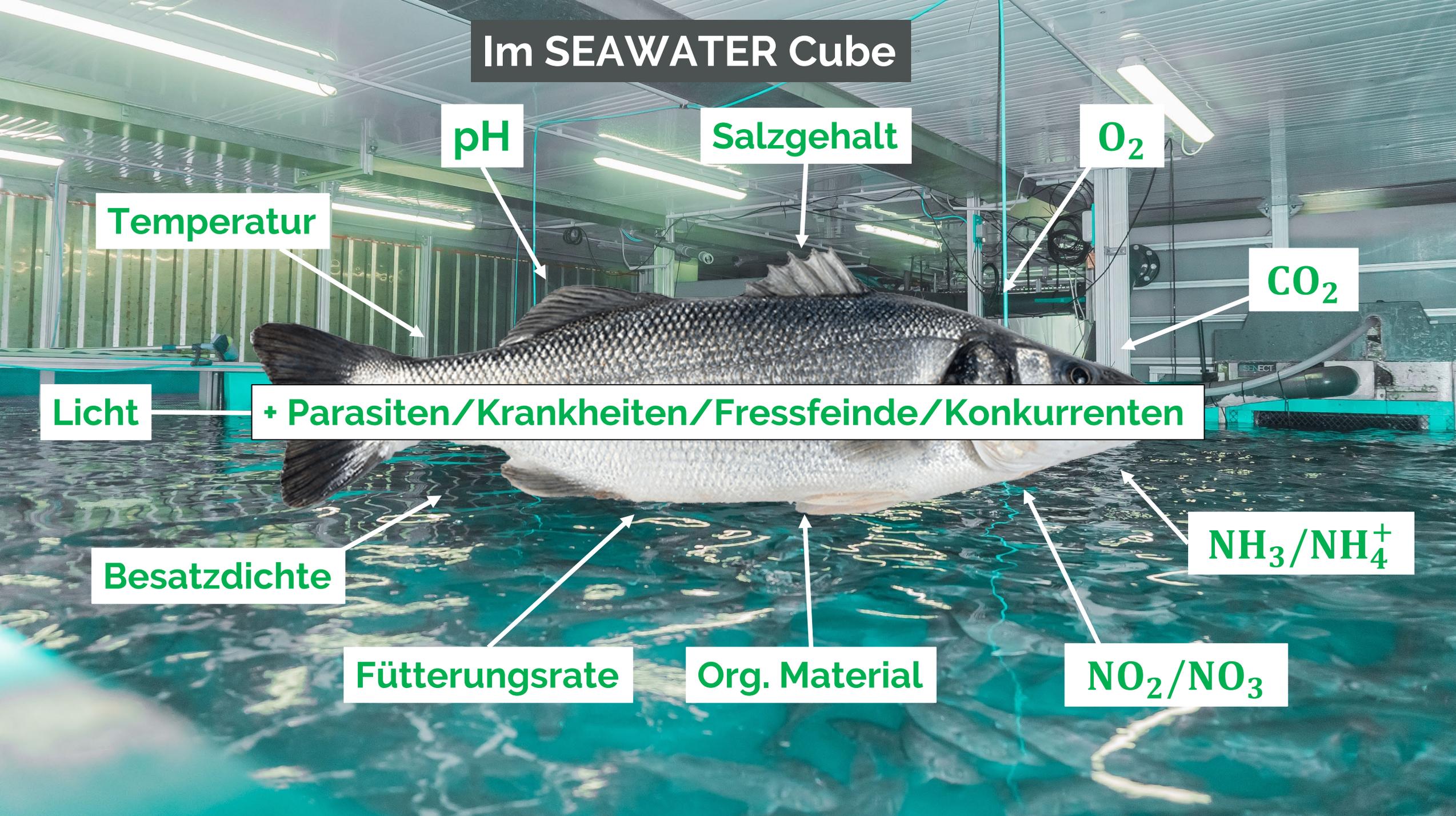
NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

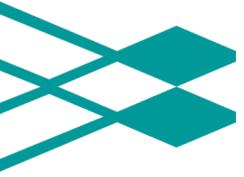
Besatzdichte

Fütterungsrate

Org. Material

NO<sub>2</sub>/NO<sub>3</sub>





# UMWELT IN DER AQUAKULTUR

## – TAKE-AWAYS

- **Umwelt stark abhängig vom verwendeten System**
- **Fische können Ihre Umwelt nicht selbst auswählen**
- **Besonders kritische Umweltfaktoren:**
  - Grundlegend: Temperatur, pH
  - Gase:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$
  - Stickstoffverbindungen:  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2/\text{NO}_3$
  - Andere: Besatzdichte, Organisches Material



# INTEGRATION V. BIOLOGIE & TECHNIK

Welchen (wechselhaften) Umweltbedingungen Fische in Ihrer natürlichen Umwelt ausgesetzt sind ist bekannt:

z.B. Wolfsbarsch – Temperatur (Natürlich: 8°C-24°C, Limits: 2 und 32 °C)

Unter welchen U-Bedingungen Fische am besten wachsen auch:

z.B. Wolfsbarsch – Temperatur (20-28°C)

**Die U-Bedingungen in einem RAS – System sollten optimal, auf jeden Fall aber im natürlichen Rahmen sein:**

z.B. Wolfsbarsch – Temperatur (SOLL=20-22°C, MIN=18°C, MAX=26°C)



# INTEGRATION V. BIOLOGIE & TECHNIK

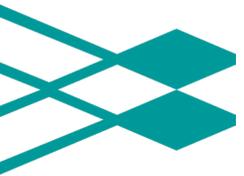
Zum Erhalt einer optimalen Umwelt im RAS – System bedarf es dem Einsatz von Wasseraufbereitungstechnik.

Diese Technik ist mit hohen Kosten verbunden, kompliziert und je nach Design z.T. fehleranfällig.

**Schon kleine technische Probleme in einem RAS System können innerhalb kürzester Zeit zu katastrophalen Fischverlust führen.**

**Es bedarf deshalb:**

- Ein robustes Design der Anlage
- Eine konstante Überwachung der Wasserparameter
  - Pläne und Einrichtungen für den Notfall



# KREISLAUFANLAGEN (RAS-Systeme)

## Vorteile

### Niedrige Umweltbelastung

Wassernutzungseffizienz

### Standortunabhängig/Platzsparend

### Hohes Maß an Kontrolle

Ganzjährige Produktion

Gute Seuchenhygiene

## Nachteile

### Kapitalintensiv

Gebäude erforderlich

### Know How erforderlich

### Höheres Betriebsrisiko

Fischarten häufig nicht etabliert

Teichanlagen

Durchflussanlagen/  
Netzgehege

Kreislaufanlagen

Aquaponikanlagen

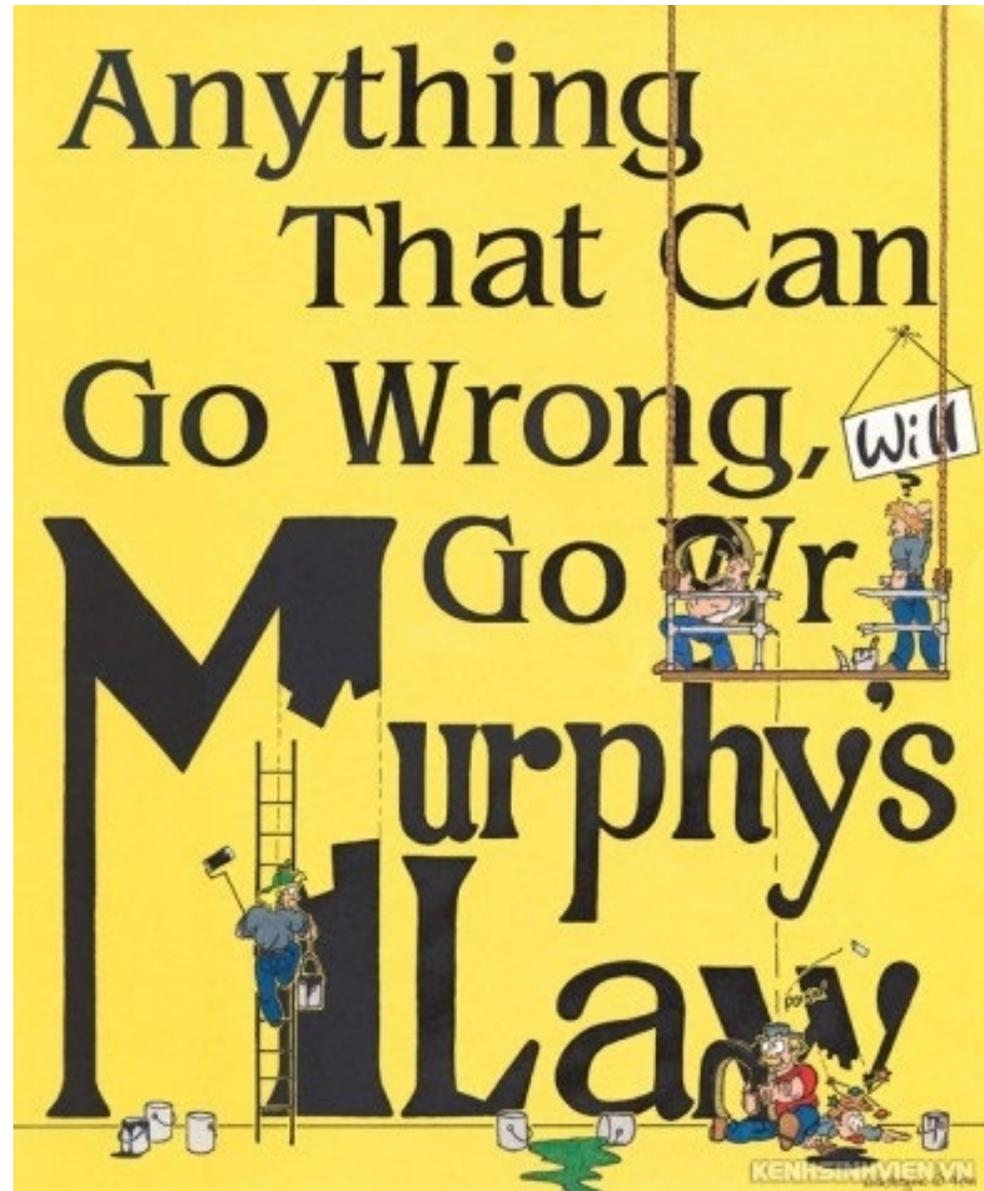


**Komplexität**

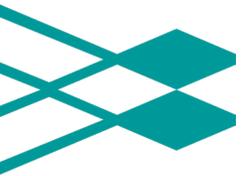
**Investment**

**Produktionsintensität**

**Wassernutzungseffizienz**



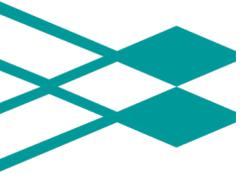
K.anh.eya.191  
CC BY-SA 4.0



# RAS IST NICHT FÜR JEDERMANN ...

Farm	Grund für Aufgabe	Verlust
J.R. Simplot Co.	<b>Inadäquate Biofilter</b>	20 Millionen \$
Bodega Farms	Fehlende Setzlingsverfügbarkeit	9.5 Millionen \$
ATL	Schlechtes Management	9 Millionen \$
NAIAD Corp.	Cash Flow Management	NA
Blue Ridge Fisheries	<b>Kosteneffizienz</b>	NA
Fish & Dakota	<b>Stromausfall</b>	NA
Sunflower	Struktureller Kollaps	NA
Northern Fresh Fish	Wasserverlust	NA
Magnolia Shrimp	<b>Pilzinfektionen</b>	NA
Aqua Vita Farms	Cash Flow Management	NA
Meeresfischzucht Völklingen	Schlechtes Management	NA
Atlantic Sapphire	Inadäquates Design	NA

Einige Beispiele aus: (Timmons 2018)



# SKALENEFFEKTE oder „Go big or go home“

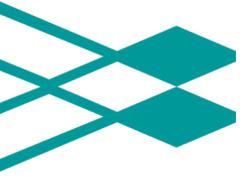
Eine große Fischzuchtanlage ist auf dem Papier oft rentabler als eine kleine. →  
Gesetz der Massenproduktion

Eine solche Anlage zu betreiben bedeutet aber auch das ab der ersten Ernte direkt und konstant große Mengen an Fisch gewinnbringend abgesetzt werden muss. →  
Viele Unternehmen scheitern hier

Timmons 2018, übersetzt aus dem Englischen:

**Den Autoren ist kein erfolgreiches Unternehmen mit einer Produktion von über 200 Tonnen | Jahr bekannt, das nicht mit einer viel kleineren Produktion begonnen hat.**



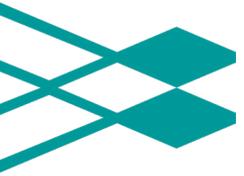


# SEAWATER KONZEPT

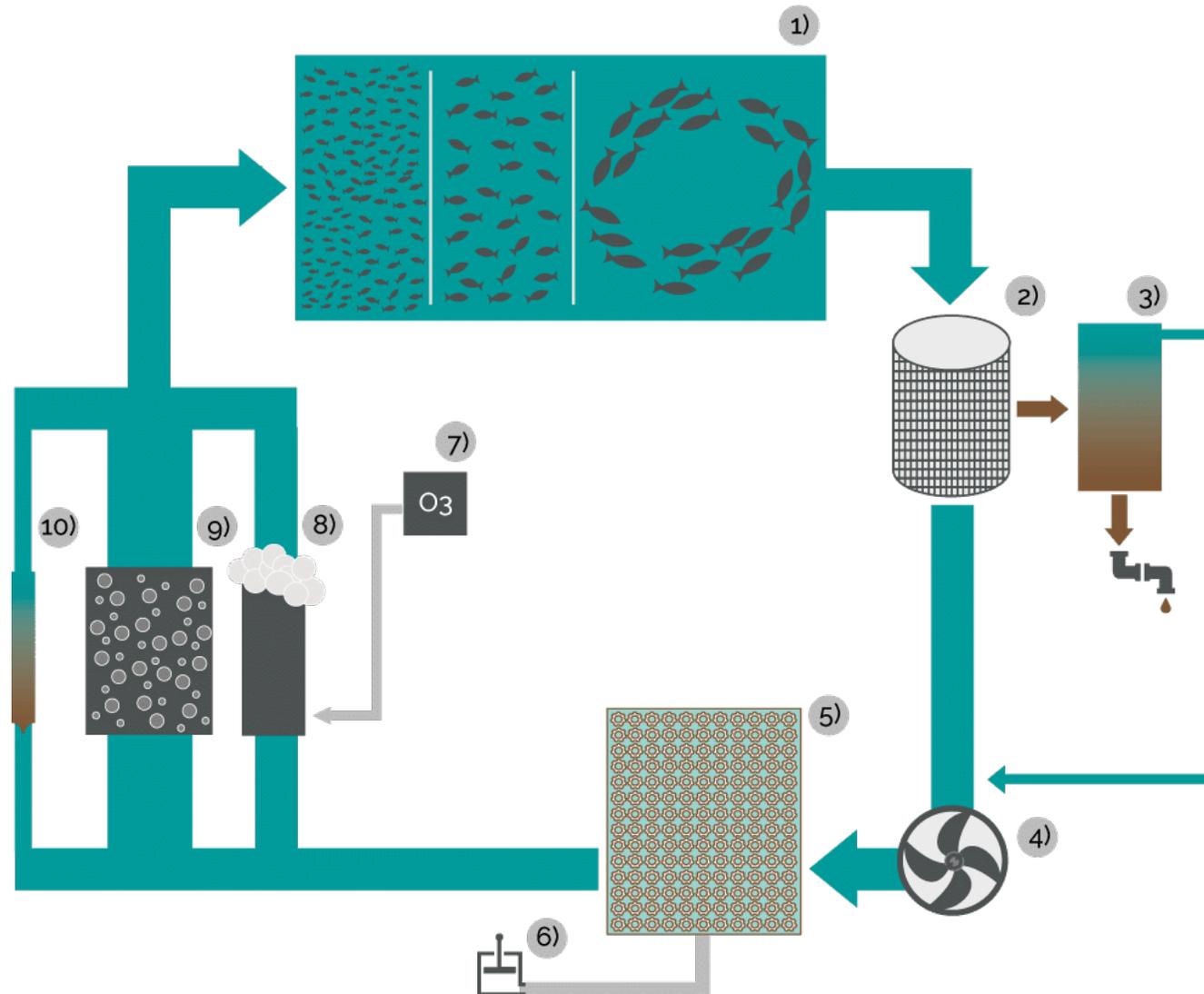
Das besondere an der Technologie ist, dass wir **Natur- und Ingenieurwissenschaft miteinander verknüpfen.**

Alle **Komponenten** in der Anlage sind **prozesstechnisch genauestens aufeinander ausgelegt** und **respektieren die Anforderungen der Fische an Ihre Umwelt (Klarwasser Qualität!).**

Hinter der Anlage steht ein solides **wirtschaftliches Rahmenkonzept** dass neben einer angemessenen Skalierung auch Digitalisierung und Automatisierung beinhaltet.



# FLIESSBILD SEAWATER CUBE



1. Fischhaltebecken
2. Trommelfilter
3. Sedimentation
4. Kreislaufpumpe
5. Biofilter
6. Kompressor
7. Ozongenerator
8. Flotation
9. CO<sub>2</sub>-Desorption
10. Denitrifikation



pH

Salzgehalt

O<sub>2</sub>

Temperatur

CO<sub>2</sub>

Licht

+ Parasiten/Krankheiten/Fressfeinde/Konkurrenten

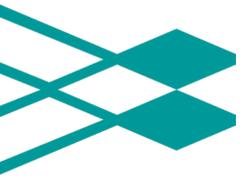
Besatzdichte

NH<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

Fütterungsrate

Org. Material

NO<sub>2</sub>/NO<sub>3</sub>

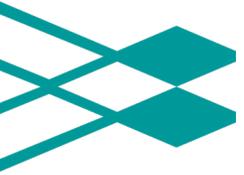


# AQUAKULTUR SYSTEME

					
Kategorie	Extensiv	Semi-Intensiv		Intensiv	
Name	Teichsystem	Netzkäfig	Durchflusssystem	Großskalige geschlossene Kreislaufanlage	Kleinskalige, standardisierte geschlossene Kreislaufanlage
Wassertyp	Süßwasser	Salzwasser	Süßwasser oder Salzwasser	Süßwasser oder Salzwasser	Salzwasser
Installationsort	Landbasiert	Offshore	In Küstennähe	Landbasiert	Landbasiert
Investitionskosten	😊	😐	😐	😞	😊
Infrastrukturanforderungen	😊	😐	😐	😞	😊
Ökologischer Fußabdruck	😐	😞	😞	😊	😊
Regionalität der Produktion	😐	😞	😞	😐	😊
Biosicherheit	😞	😞	😐	😐	😊
Flexibilität	😞	😐	😞	😞	😊
Komplexität	😊	😐	😐	😞	😊
Immissionen	😐	😞	😞	😊	😊
Bewertung	😐	😞	😞	😐	😊

\*\*\* PAUSE \*\*\*

Fragen gerne an Jan Häge  
[jh@seawatercubes.de](mailto:jh@seawatercubes.de)



# LITERATUR

Nam, Y. H., Rodriguez, I., Shin, S. W., Shim, J. H., Kim, N. W., Kim, M. C., . . . .  
Kang, T. H. (2021). Characteristics of the New Insulin-Resistant Zebrafish  
Model. *Pharmaceuticals (Basel)*, 14(7). doi:10.3390/ph14070642

Nelson, J., et al. (2016). Fishes of the World, Fifth Edition.

Berra, T. M. (2001). Freshwater fish distribution, Academic Press.

FAO (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. SOFIA  
Report 2020, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Timmons, M., et al. (2018). Recirculating Aquaculture, 4th edition.