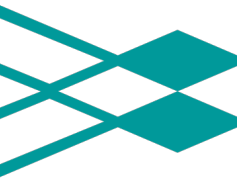


MODUL 9

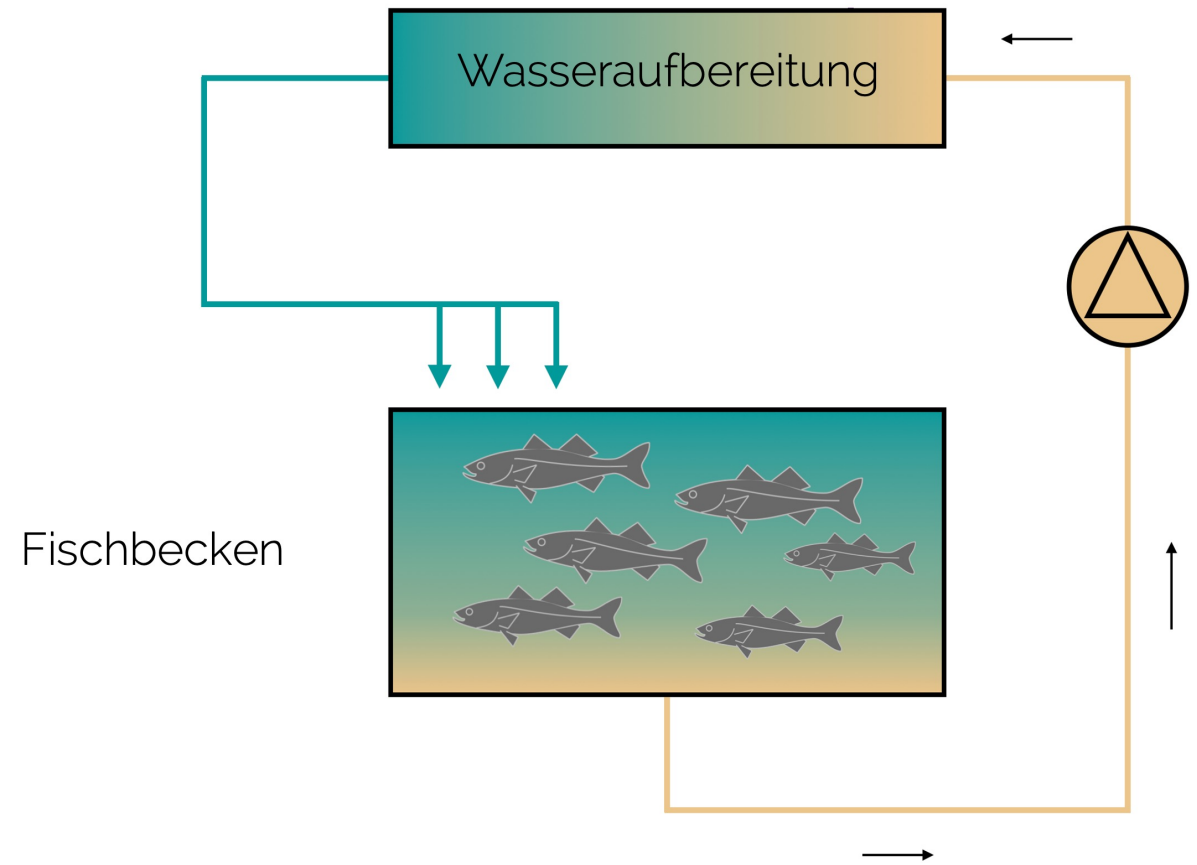
Wasserqualität

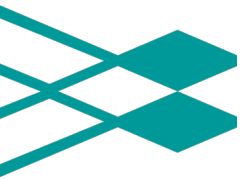
Referent: Prof. Dr. Uwe Waller



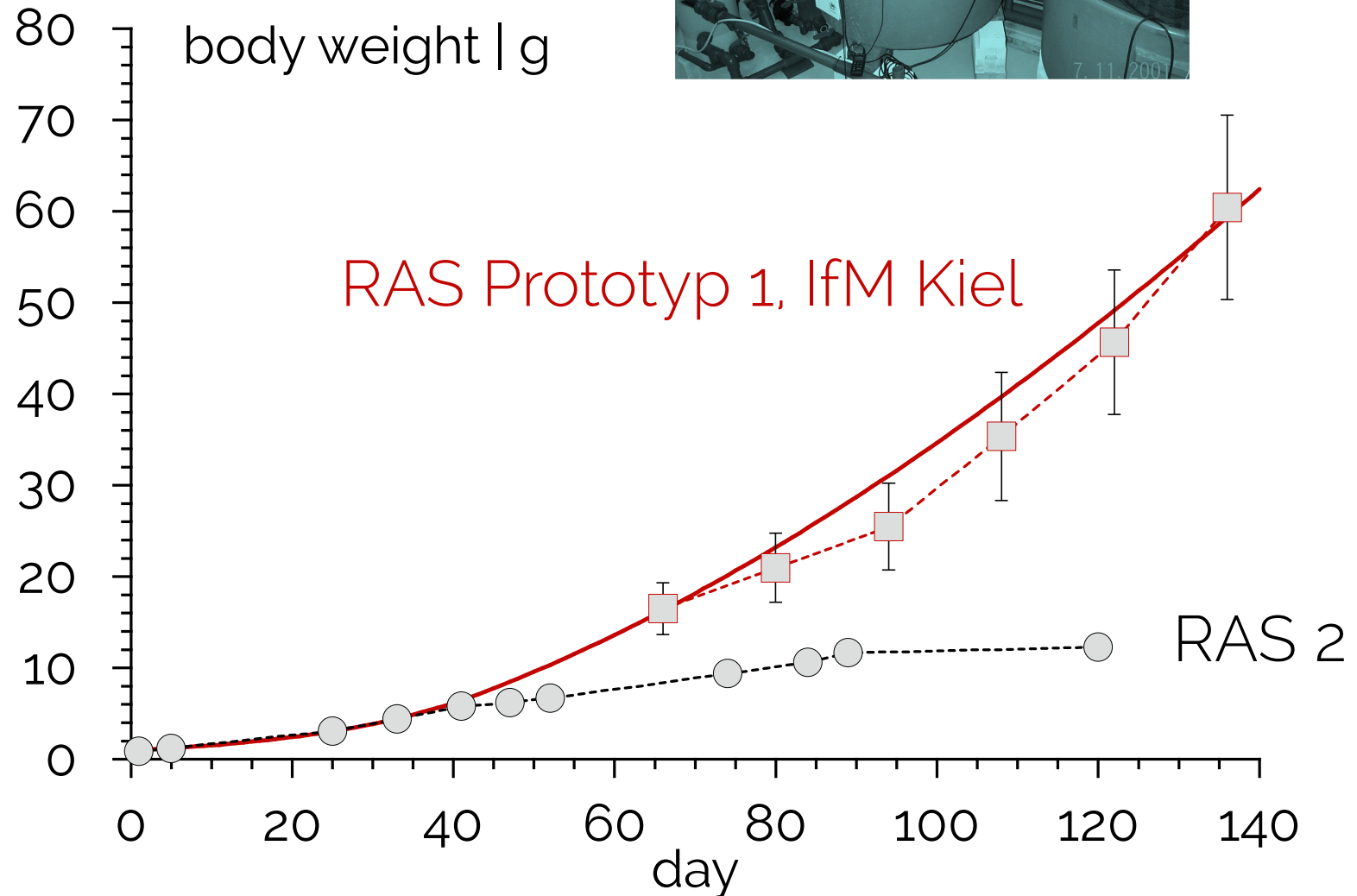
FREUNDLICHE ERINNERUNG ...

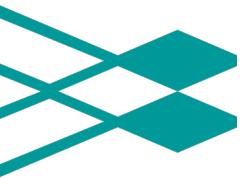
Die Fische leben in einem technischem System, das das natürliche Ökosystem nachbildet. Der Lebensraum der Fische ist zugleich der Entsorgungsraum, in dem Exkretionsprodukte kumulieren, wenn sie nicht in der Wasseraufbereitung abgereichert werden.





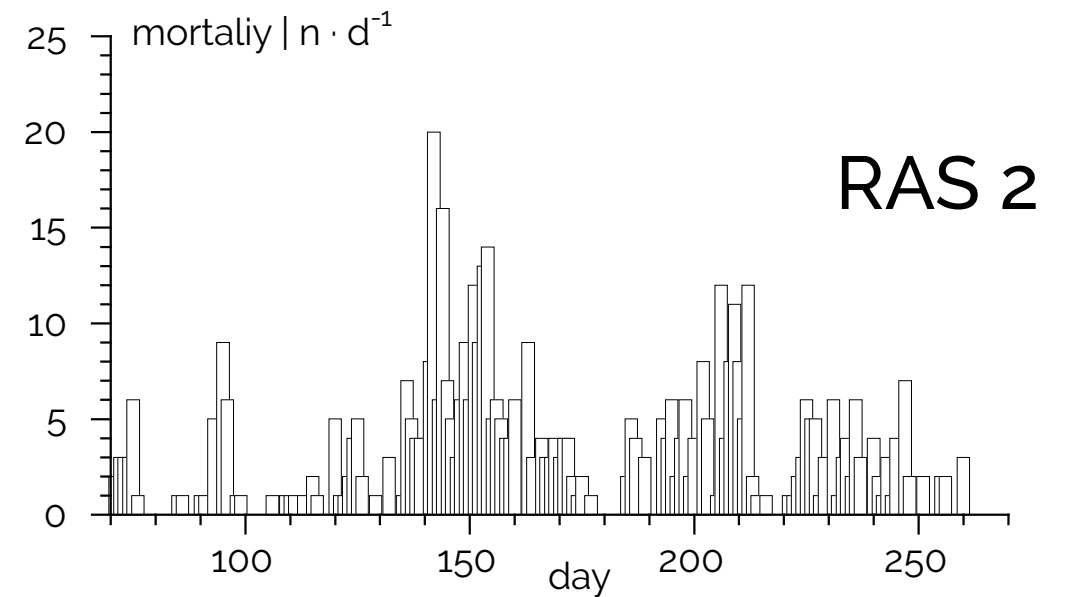
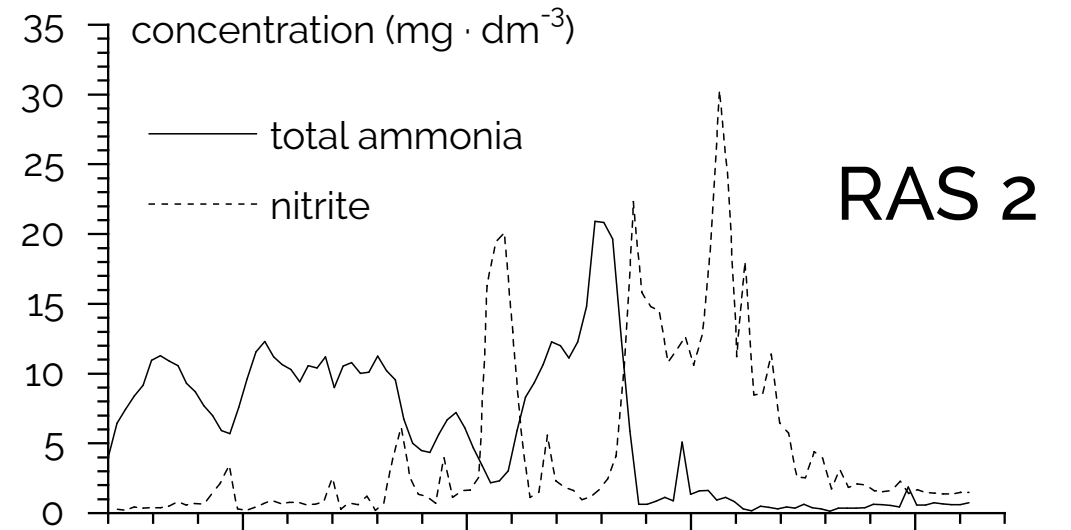
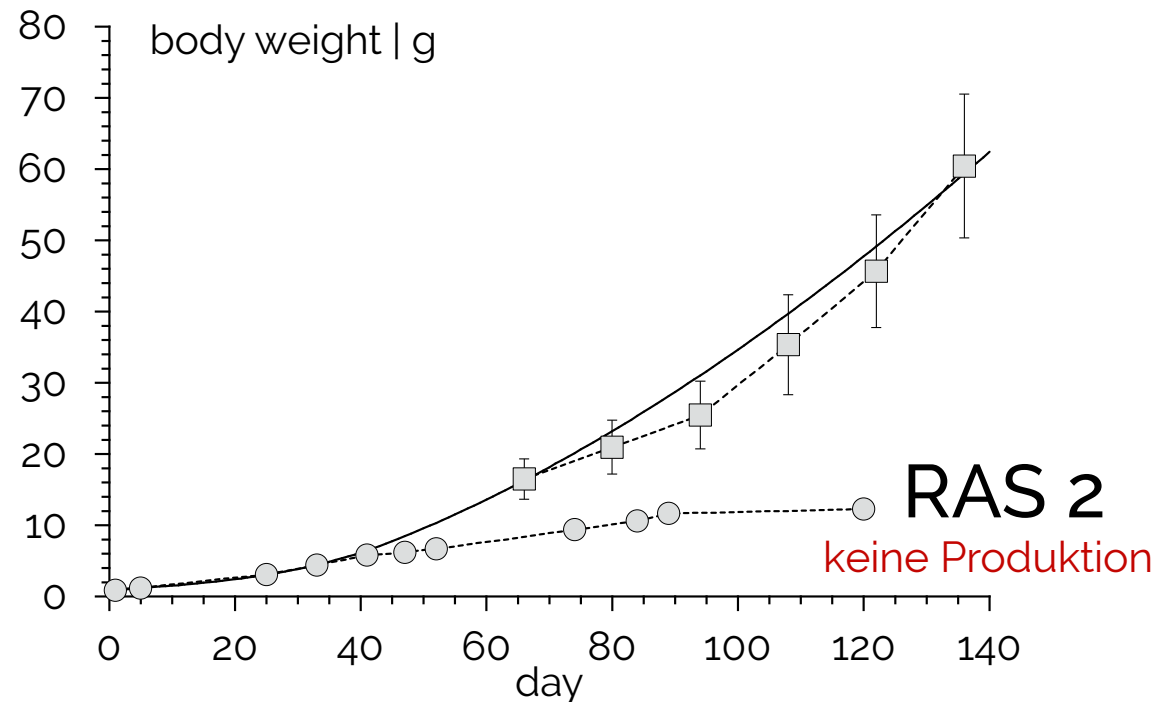
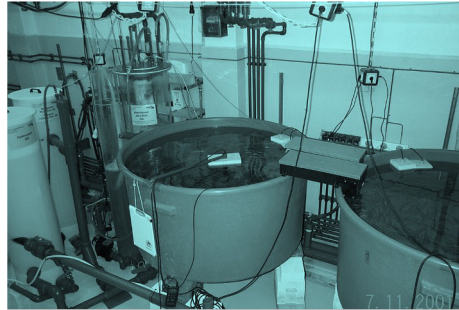
Dlab Wachstum

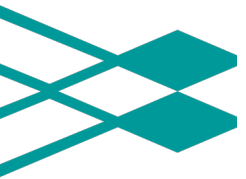




Dlab Wachstum

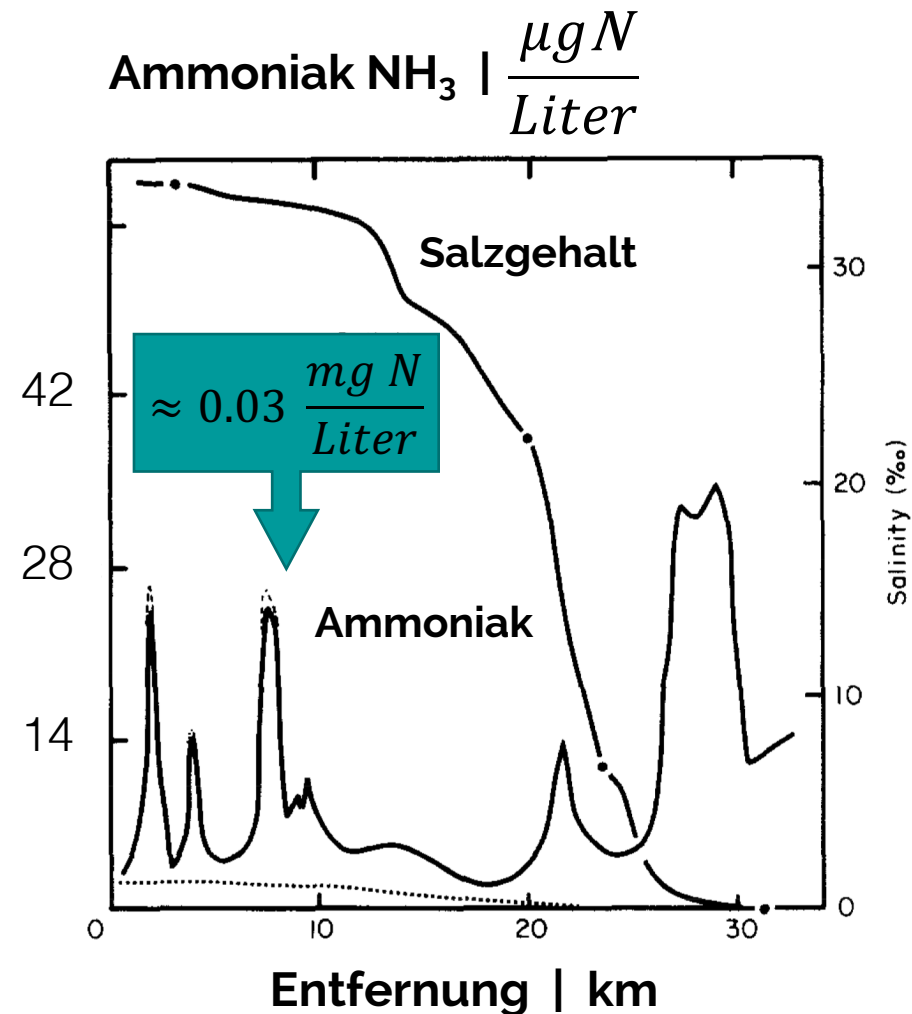
RAS Prototyp 1, IfM Kiel



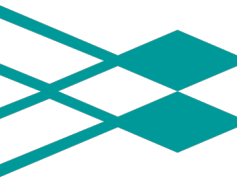


AMMONIAK in der NATÜRLICHEN UMWELT

Mantoura and Woodward, 1983:
Optimization of the Indophenol blue
method Estuarine, Coastal and Shelf
Science 17:219-224



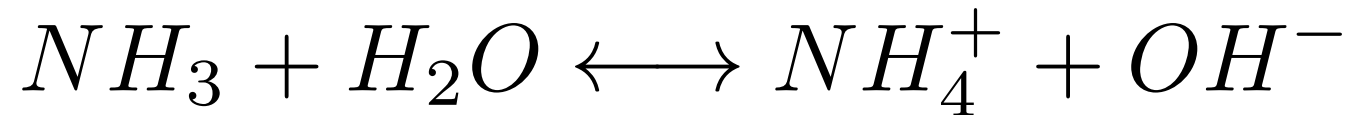
Die natürliche
Belastung
darf nicht
überschritten
werden.



AMMONIAK | AMMONIUM

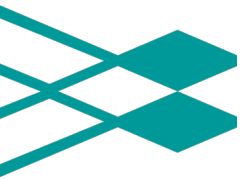


Ammoniak, das von den Fischen über die Kieme ausgeschieden (exkretiert) wird, wird beim Übertritt in das Wasser nach folgender Reaktionsgleichung dissoziieren.



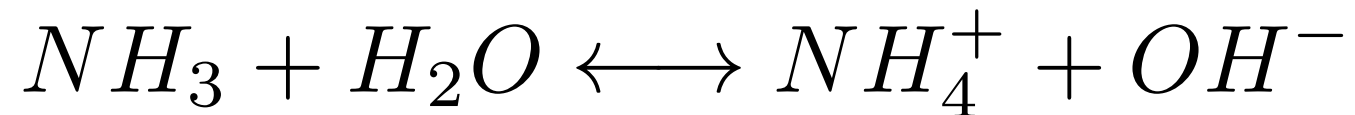
Es bildet sich Ammonium, NH_4^+ , das nicht toxisch ist.

NH_3 , Ammoniak, ein Gas, verbleibt zu einem Teil im Wasser und diffundiert leicht über Epithelien und Zellmembranen. Es ist ein toxisches Gas.

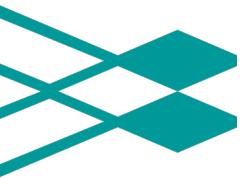


AMMONIAK | AMMONIUM

Wenn Ammoniak NH_3 in Zellen diffundiert und in NH_4^+ gewandelt wird, kann es zum Beispiel Na^+ und K^+ Ionen verdrängen und die neuronale Signalleitung stören. Ebenso verschiebt sich der pH-Wert mit Folgen für den Zellstoffwechsel.

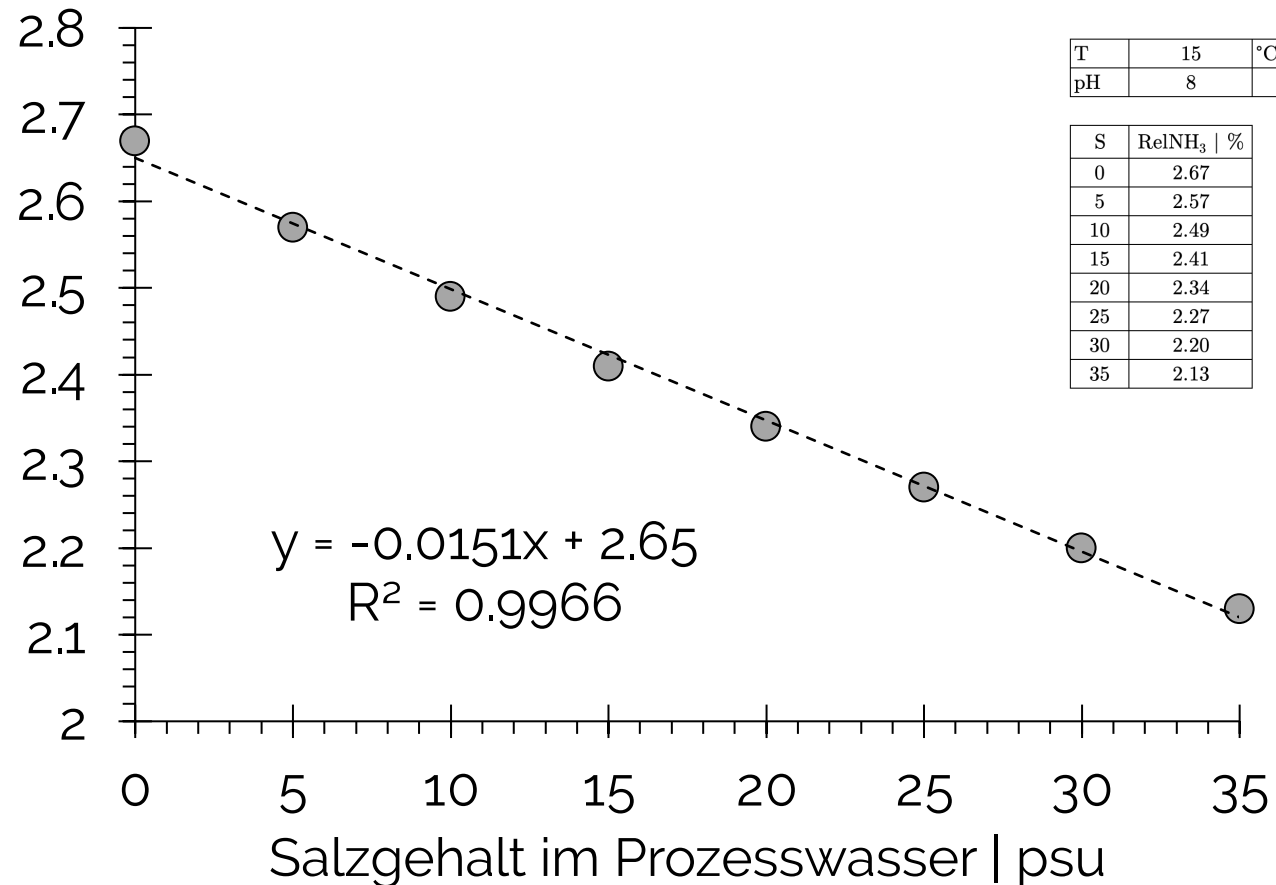
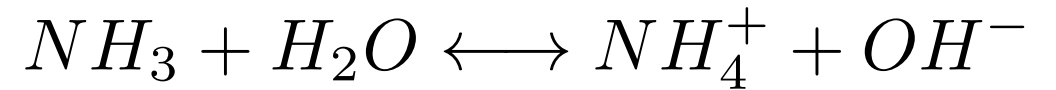


Die Umwandlung (Dissoziation) in NH_4^+ ist abhängig vom pH-Wert, der Temperatur und dem Salzgehalt im Prozesswasser.



AMMONIAK | AMMONIUM

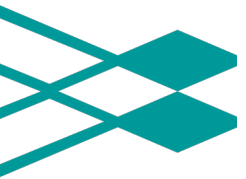
Anteil NH_3 | %



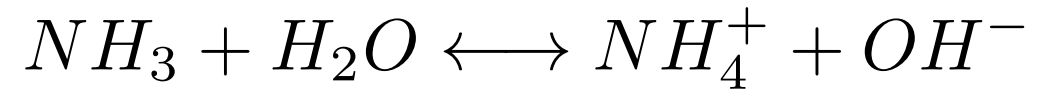
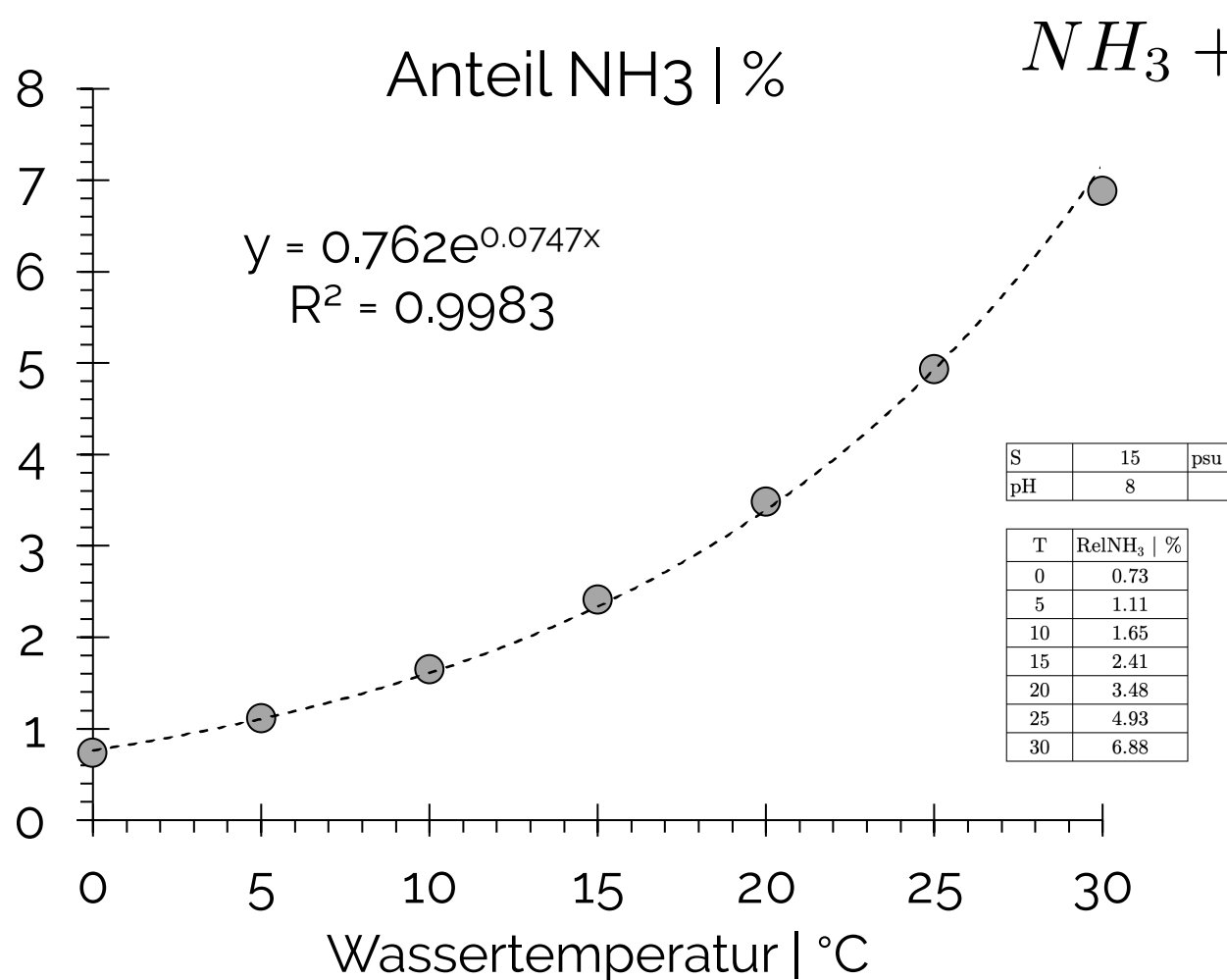
T	15	°C
pH	8	

S	RelNH ₃ %
0	2.67
5	2.57
10	2.49
15	2.41
20	2.34
25	2.27
30	2.20
35	2.13

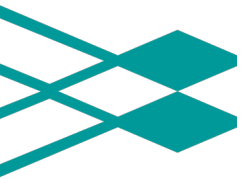
Der Anteil des gasförmigen Ammoniak, NH_3 , nimmt linear mit steigendem Salzgehalt ab.



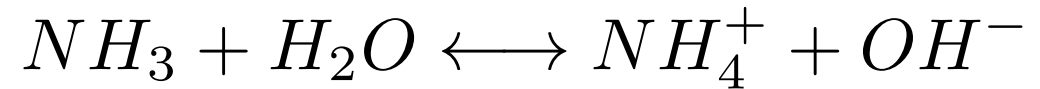
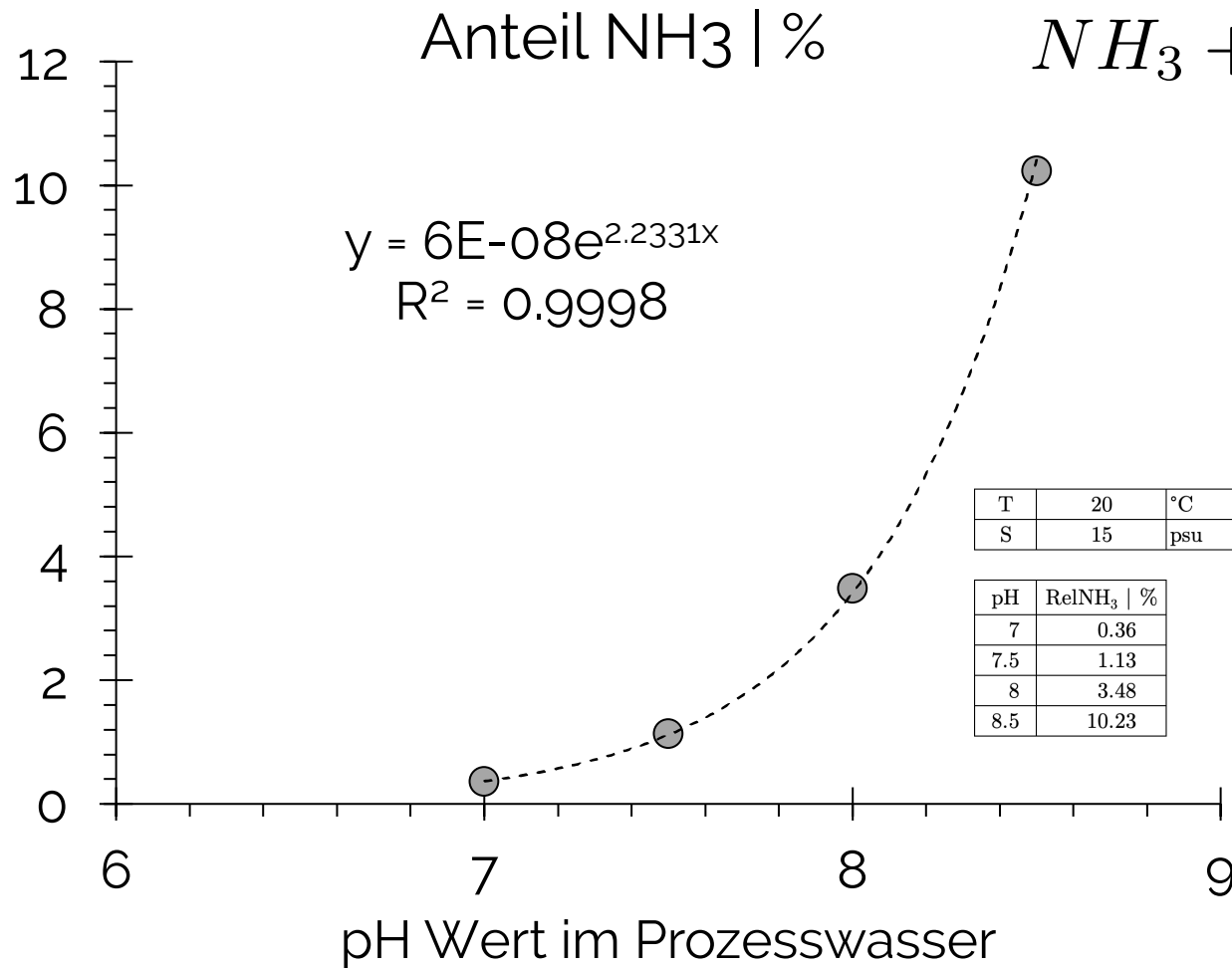
AMMONIAK | AMMONIUM



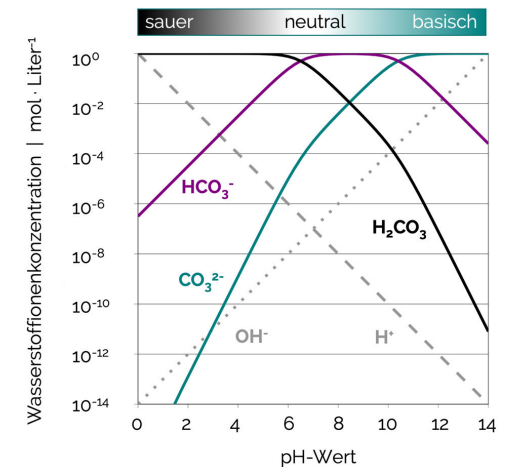
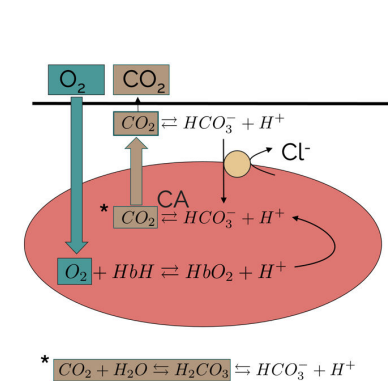
Der Anteil des gasförmigen Ammoniak, NH_3 , nimmt exponentiell mit steigender Wassertemperatur zu.

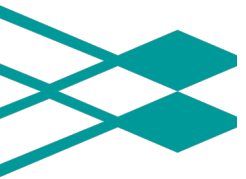


AMMONIAK | AMMONIUM



Der Anteil des gasförmigen Ammoniak, NH_3 , nimmt exponentiell mit steigendem pH-Wert zu.

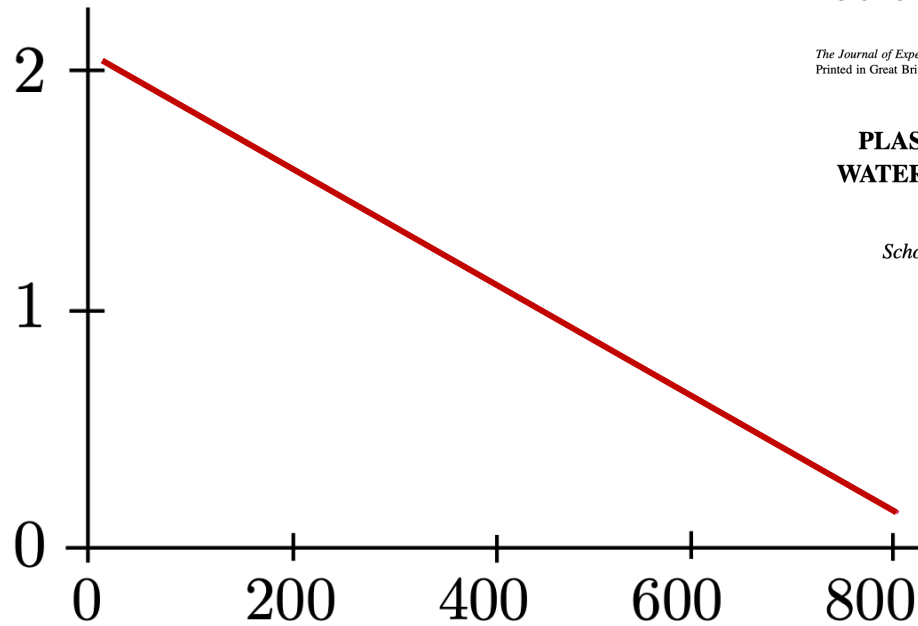




AMMONIAK | AMMONIUM

Salmo trutta

$U_{critical} \mid \frac{bodylength}{s}$



redrawn after

The Journal of Experimental Biology 198, 2213–2220 (1995)
Printed in Great Britain © The Company of Biologists Limited 1995

2213

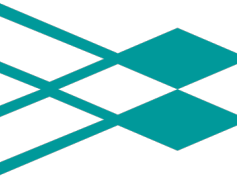
**PLASMA AMMONIA CONCENTRATION IN BROWN TROUT IN SOFT ACIDIC
WATER AND ITS RELATIONSHIP TO DECREASED SWIMMING PERFORMANCE**

M. W. BEAUMONT, P. J. BUTLER AND E. W. TAYLOR

School of Biological Sciences, The University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham B15 2TT, UK

Accepted 30 June 1995

3 TAN | mg / Liter 11



AMMONIAK | AMMONIUM



Temperatur [°C] 23.0

Salzgehalt [psu] 20.0

pH 7.5

$$pK_{\text{NH}_4^+} = a_0 + \frac{a_1}{T}$$

a ₀	0.090387
a ₁	2729.33
pK _{NH4+}	9.306426

$$f_1 = b_0 + \frac{b_1}{T} + b_2 \cdot T^2$$

b ₀	0.0500616
b ₁	-9.412696
b ₂	-0.0000002029559
f ₁	0.00047784669

$$f_2 = c_0 + c_1 \cdot T + \frac{c_2}{T}$$

c ₀	-0.0142372
c ₁	0.0000146041
c ₂	3.730005
f ₂	0.00268279

Temperatur [K] 296.15

NH₃ Anteil [%] 1.5

$$f_3 = d_0 + \frac{d_1}{T}$$

d ₀	0.000071047
d ₁	-0.0229021
f ₃	-0.000006286

$$f_4 = e_0 + \frac{e_1}{T}$$

e ₀	-0.0000005521278
e ₁	0.000195413
f ₄	0.000000107717

$$pK_{\text{NH}_4^+} = pK_{\text{NH}_4^+} + f_1 \cdot S^{\frac{1}{2}} + f_2 \cdot S + f_3 \cdot s^2 + f_4 \cdot s^3$$

pK_{NH4+} 9.3606

$$\frac{c_{\text{NH}_3}}{(c_{\text{NH}_3} + c_{\text{NH}_4^+})} = \frac{1}{(1 + 10^{(pK_{\text{NH}_4^+} - pH)})}$$

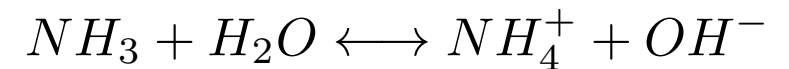
NH₃ fraction 0.015

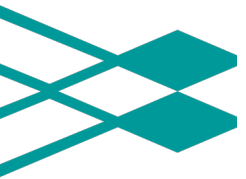
Maximale TAN Konzentration

$$\text{TAN}_{\text{max}} = 2.00 \frac{\text{mg N}}{\text{dm}^3}$$

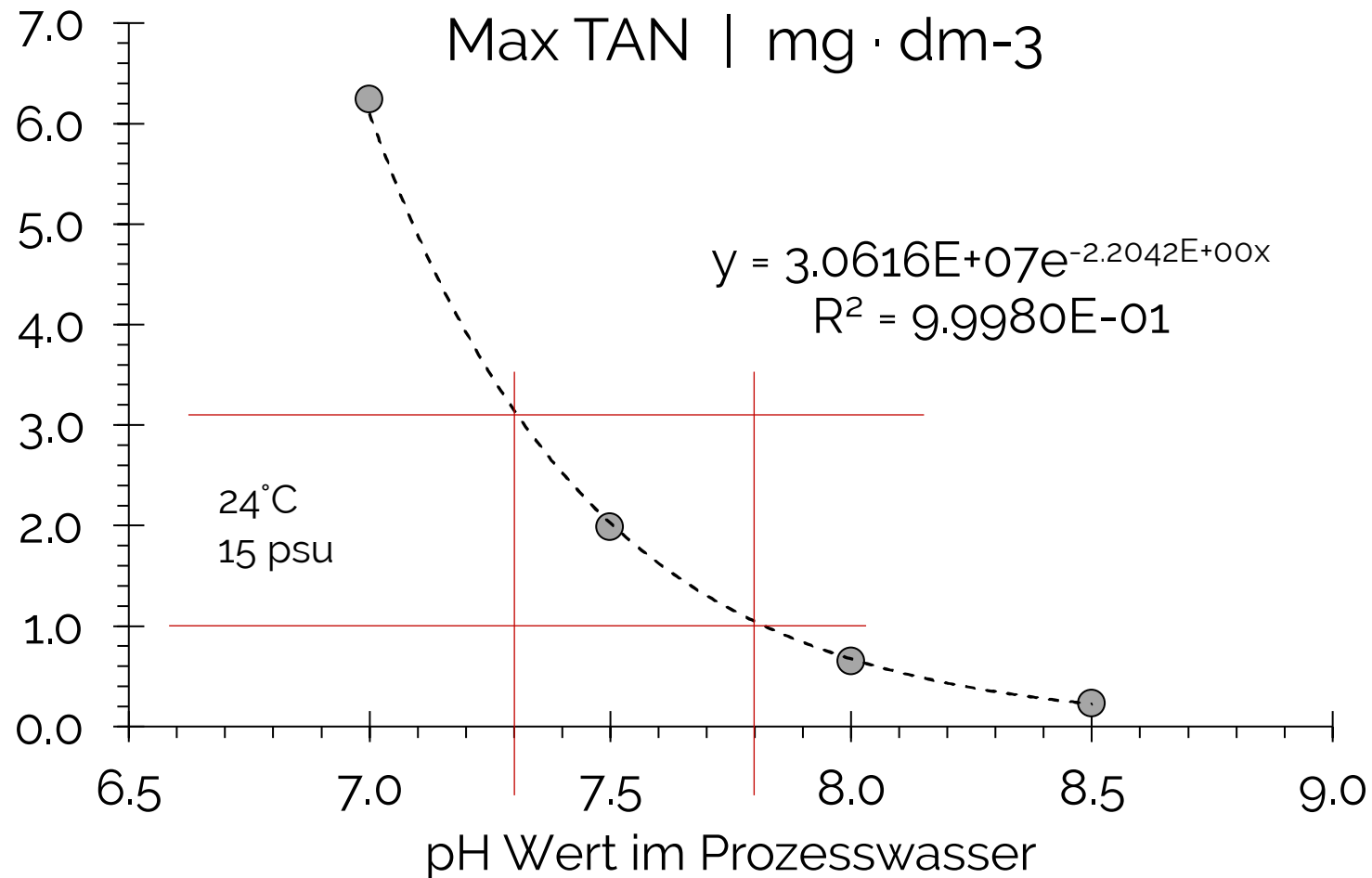
$$\text{Maximale NH}_3\text{-Konzentration} = 0.03 \frac{\text{mg}}{\text{dm}^3}$$

HAFTUNGSAUSSCHLUSS: Die EXCEL-Tabelle wird ausschließlich für Bildungszwecke zur Verfügung gestellt. Die Nutzung der Tabellenkalkulation erfolgt nach eigenem Ermessen und Risiko und mit der Zustimmung, dass Sie für Schäden jeglicher Art oder Datenverlust allein verantwortlich sind.

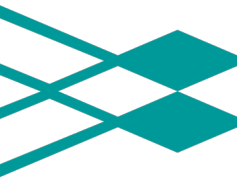




SOLLWERT $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$

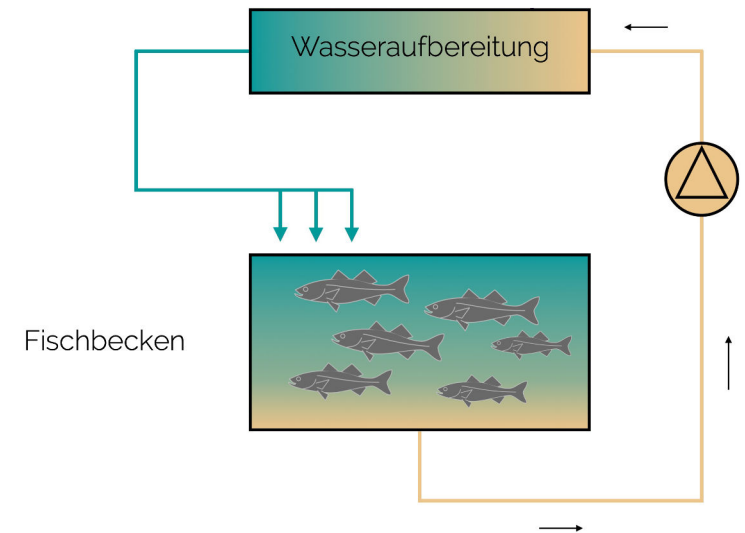
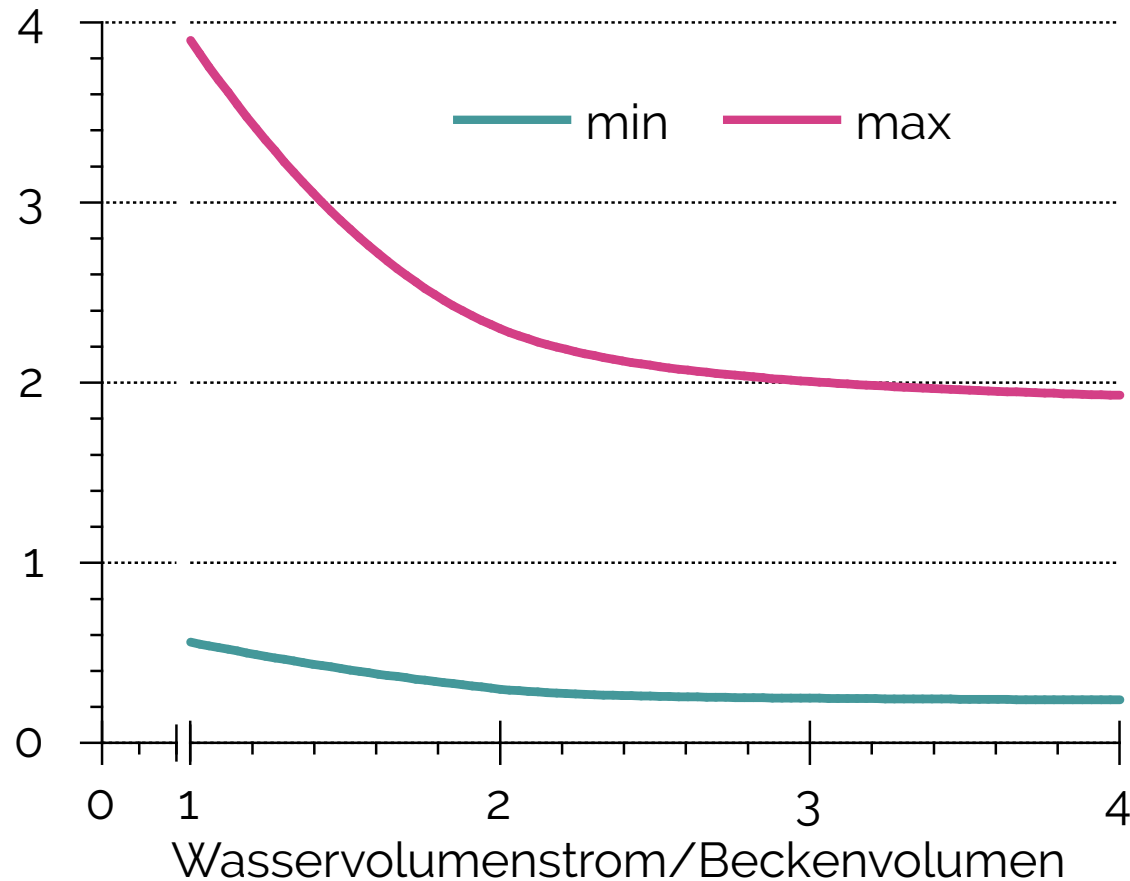


Die maximale TAN
Konzentration liegt
im Bereich des
typischen
Betriebspunktes
eines Seewasser
RAS zwischen
1 und 3 mg pro Liter.

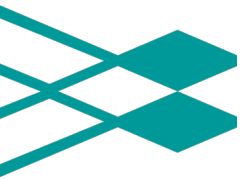


WAHRER WASSERAUSTAUSCH

TAN Konzentration | mg / Liter



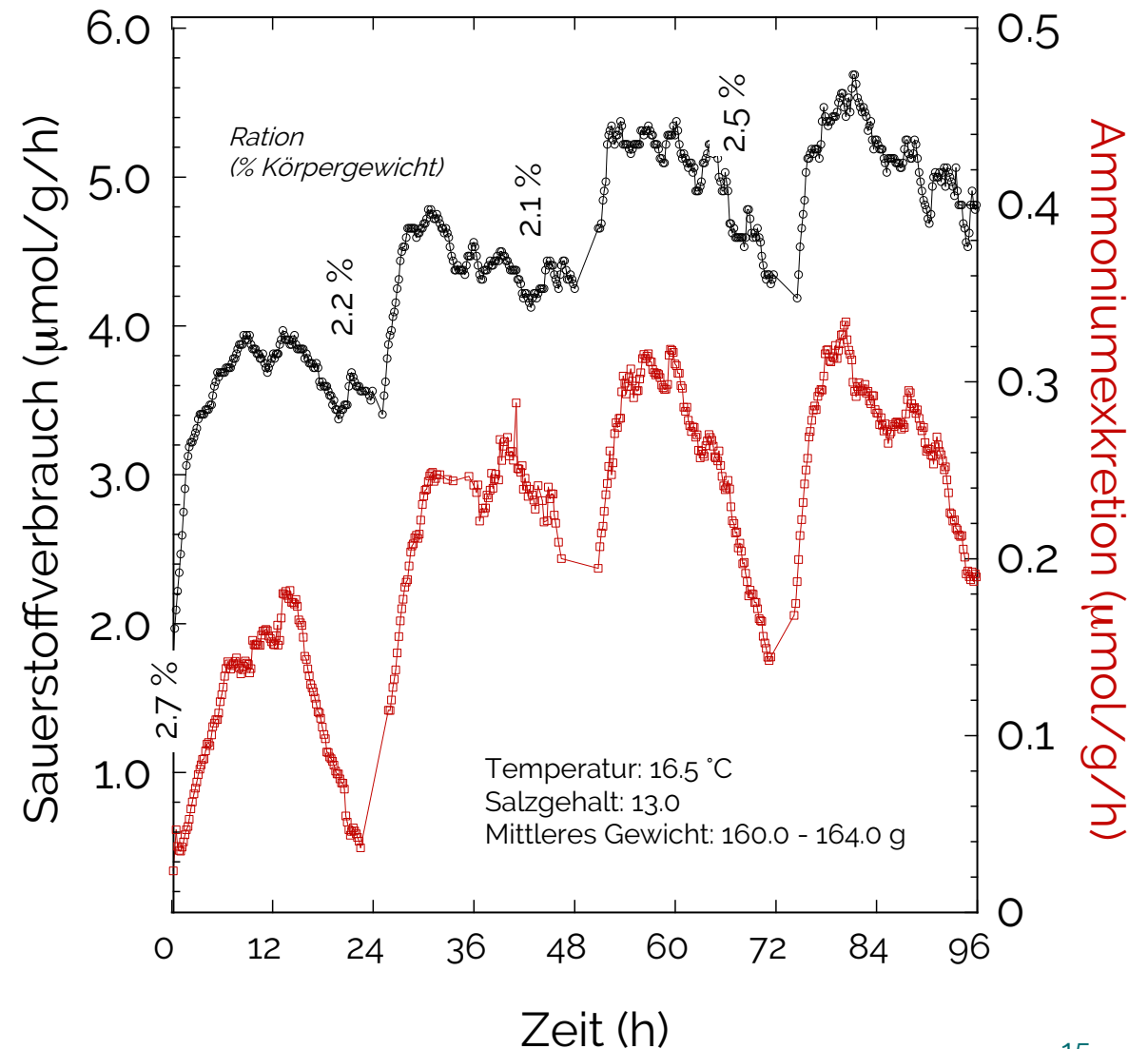
Nur bei ausreichendem Wasservolumenstrom durch das Fischbecken werden Reststoffe hinreichend ausgetragen.

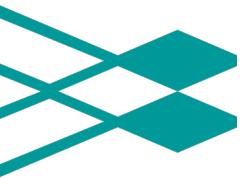


TAN MONITORING

Aussagekräftige
Ergebnisse werden nur
mit Messungen zu
immer demselben
Zeitpunkt nach der
Fütterung erzielt.

Die Stoffwechselaktivität
nimmt bis Tag 4 zu.





TAN BESTIMMUNG

Messbereich:

0,5–6,0 mg/L $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$

Farbabstufungen:

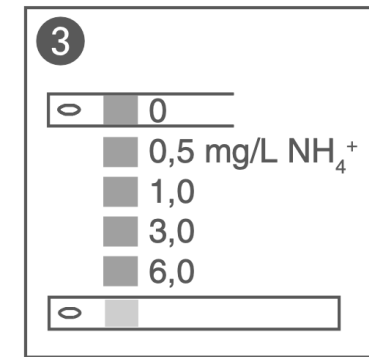
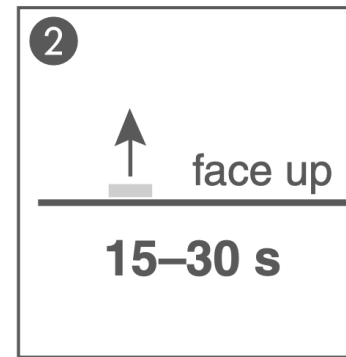
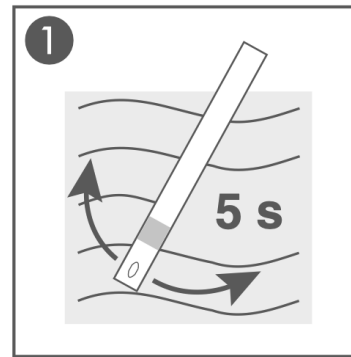
0 · 0,5 · 1,0 · 3,0 · 6,0 mg/L $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$

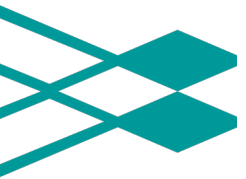
Reaktionsprinzip:

Die Konzentration an Ammonium/Ammoniak wird anhand eines pH-Indikators nachgewiesen.

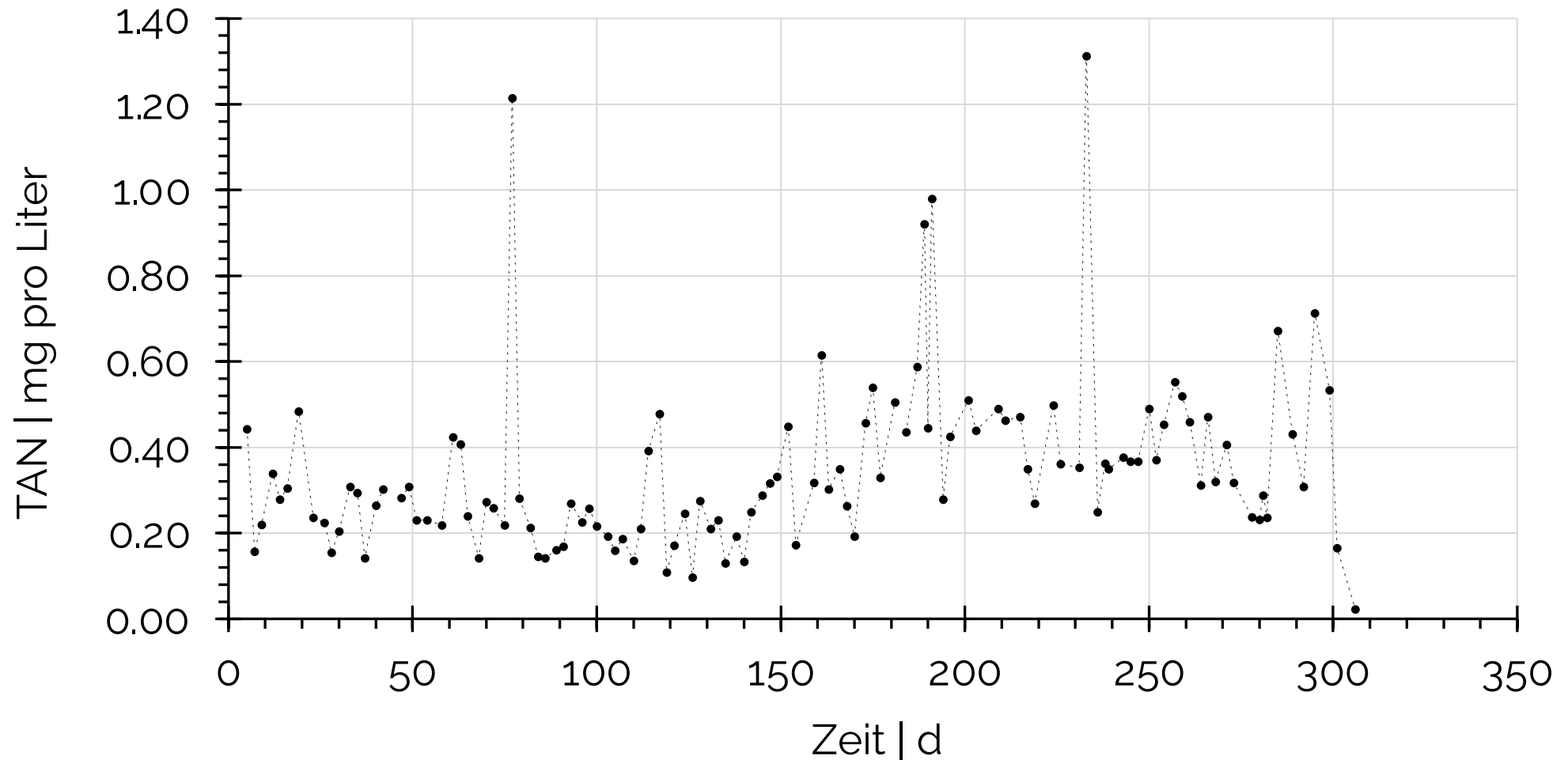
Gebrauchsanweisung:

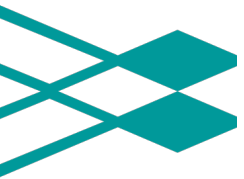
1. Teststreifen in das Aquarienwasser eintauchen und ca. 5 s hin- und herschwenken.
2. Flüssigkeitsüberschuss nicht abschütteln und den Teststreifen 15–30 s waagerecht mit dem Testfeld nach oben halten.
3. Im Anschluss das Testfeld mit der Farbskala vergleichen.





TAN MONITORING

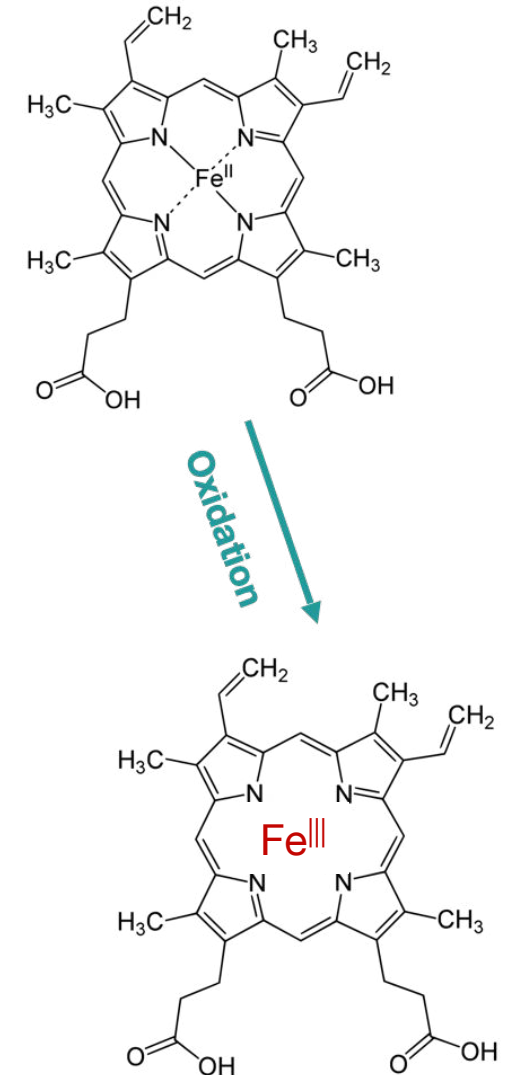
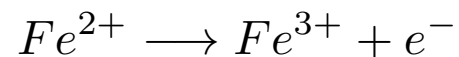
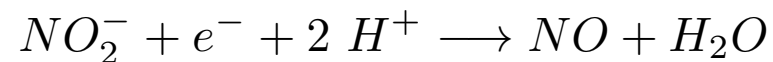


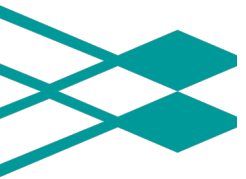


NITRIT

Time (h)		Hb $\left[\frac{mg}{100\ ml} \right]$	Met-Hb [%]
0	Nitrite Exposure 150 $\left[\frac{mg}{dm^3} \right]$	7.9	7.5
6		7.3	70.8
18		7.5	74.2
24	Recovery	6.8	8.0

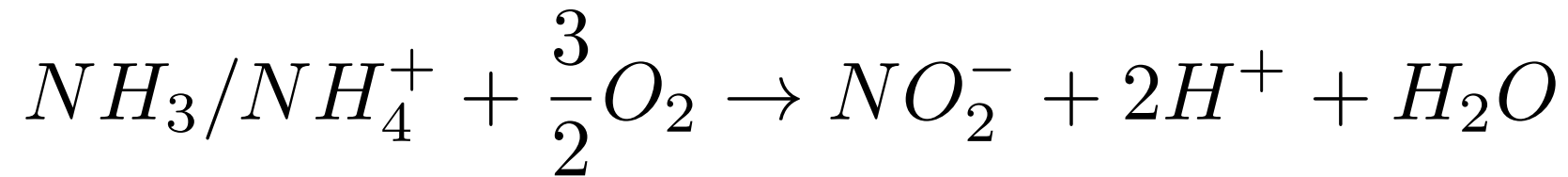
Die Oxidation des Eisenatoms im sauerstoffbindenden Zentrum des Hämoglobins führt dazu, dass bei Belastung des Prozesswassers mit Nitrit keine Sauerstoff mehr transportiert werden kann.



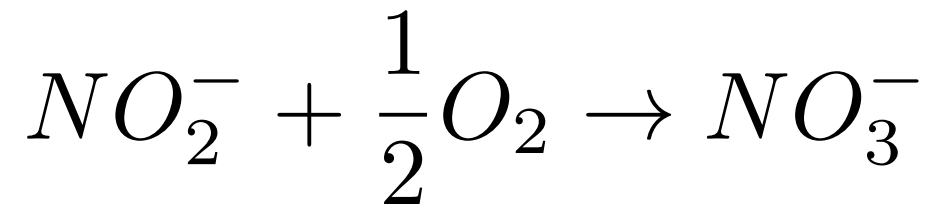


NITRIFIKATION - aerober Biofilter

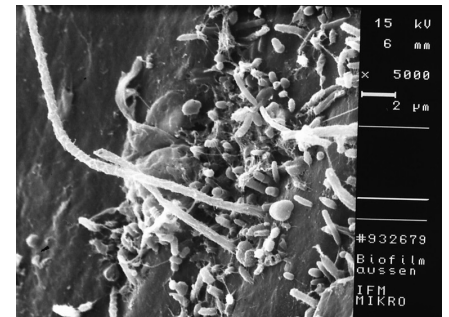
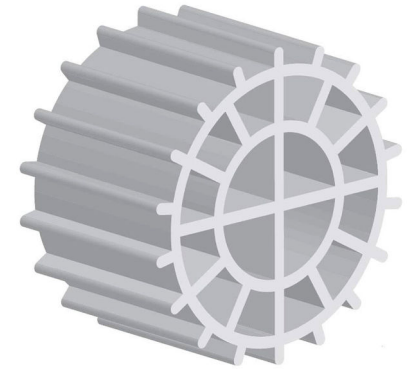
Prozess 1, *Nitrosomonas*

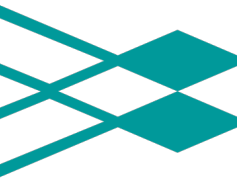


Prozess 2, *Nitrobacter*



Bakterien und andere Mikroorganismen sind Partikel, die durch die Trommelfiltration und die Flotation aus dem Wasser abgereinigt werden müssen.

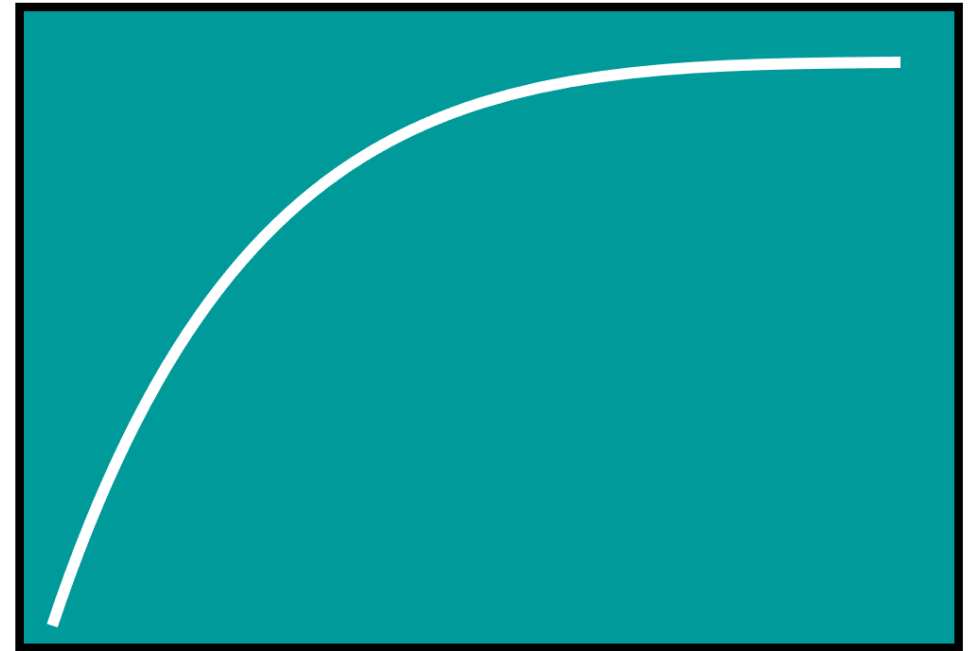




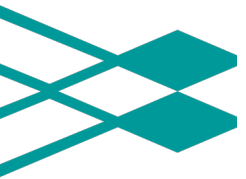
NITRIFIKATION - aerober Biofilter

Die TAN- und Nitritkonzentrationen im Prozesswasser sind ein Indikator für die Funktion der Nitrifikation. Treten höhere Werte auf, ist der Prozess der Nitrifikation im Biofilter gestört und muss nachjustiert werden.

Abbaurrate

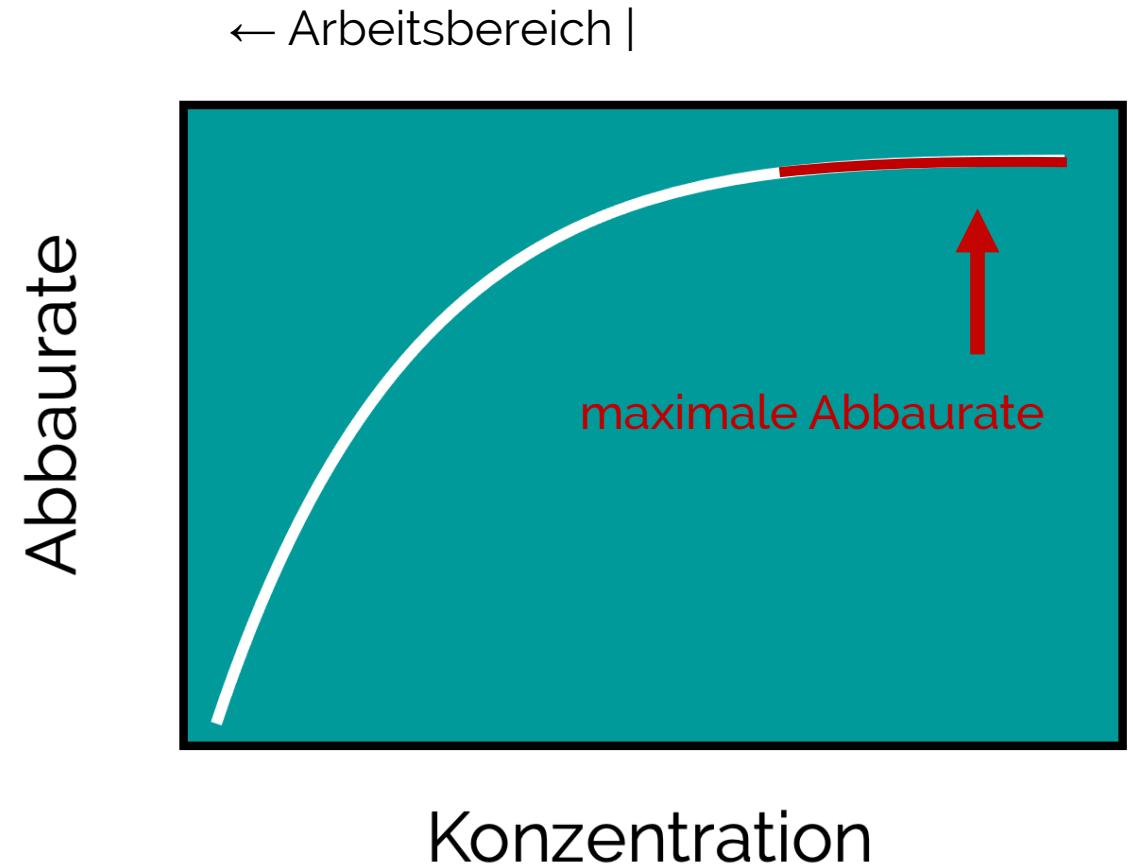


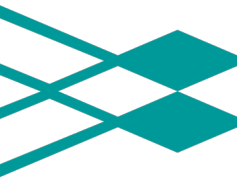
Konzentration



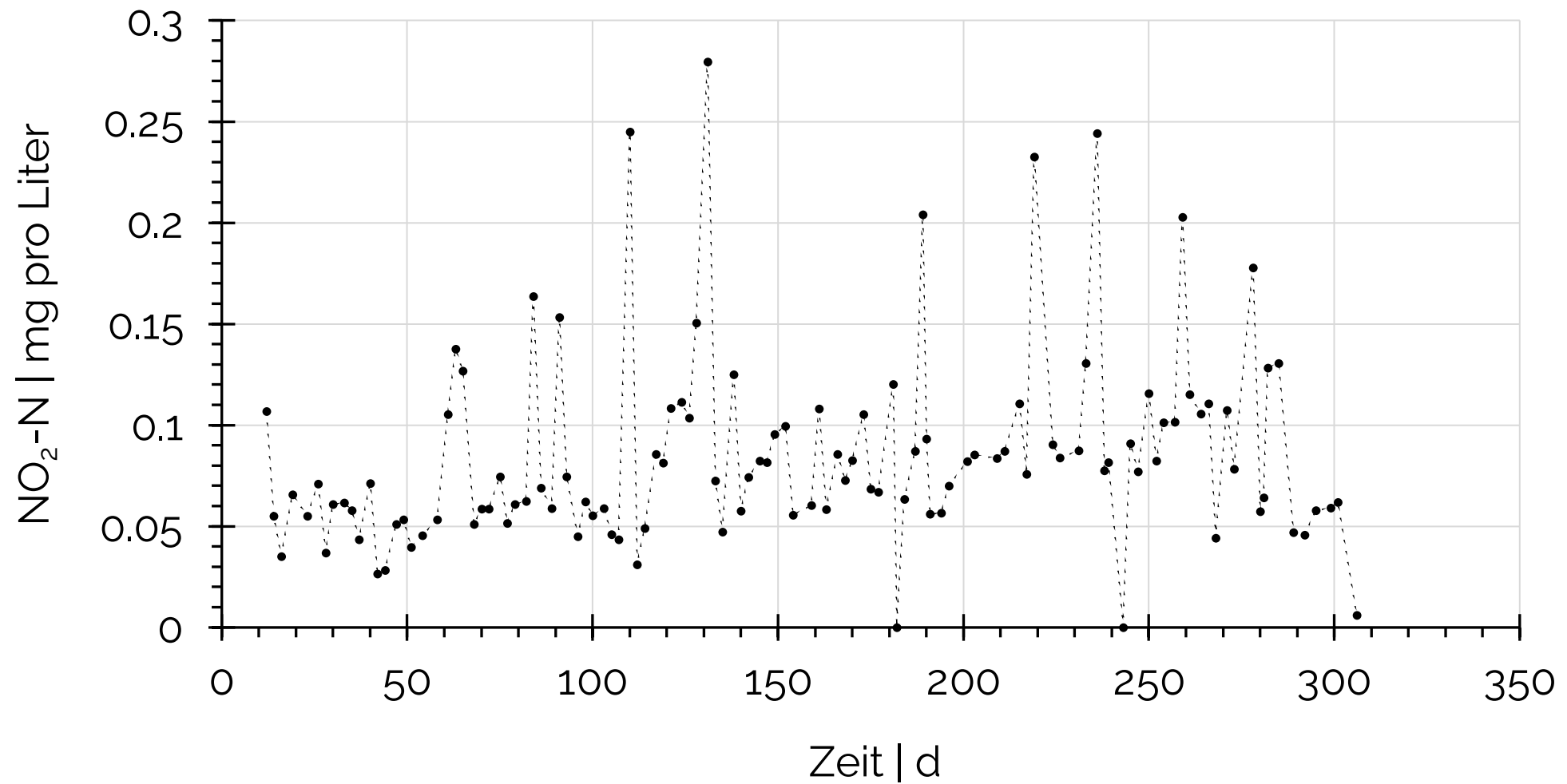
NITRIFIKATION - aerober Biofilter

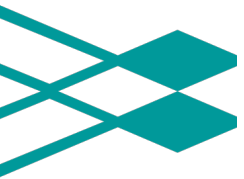
Die TAN- und Nitritkonzentrationen im Prozesswasser sind ein Indikator für die Funktion der Nitrifikation. Treten höhere Werte auf, ist der Prozess der Nitrifikation im Biofilter gestört und muss nachjustiert werden.





NITRAT MONITORING





NITRAT

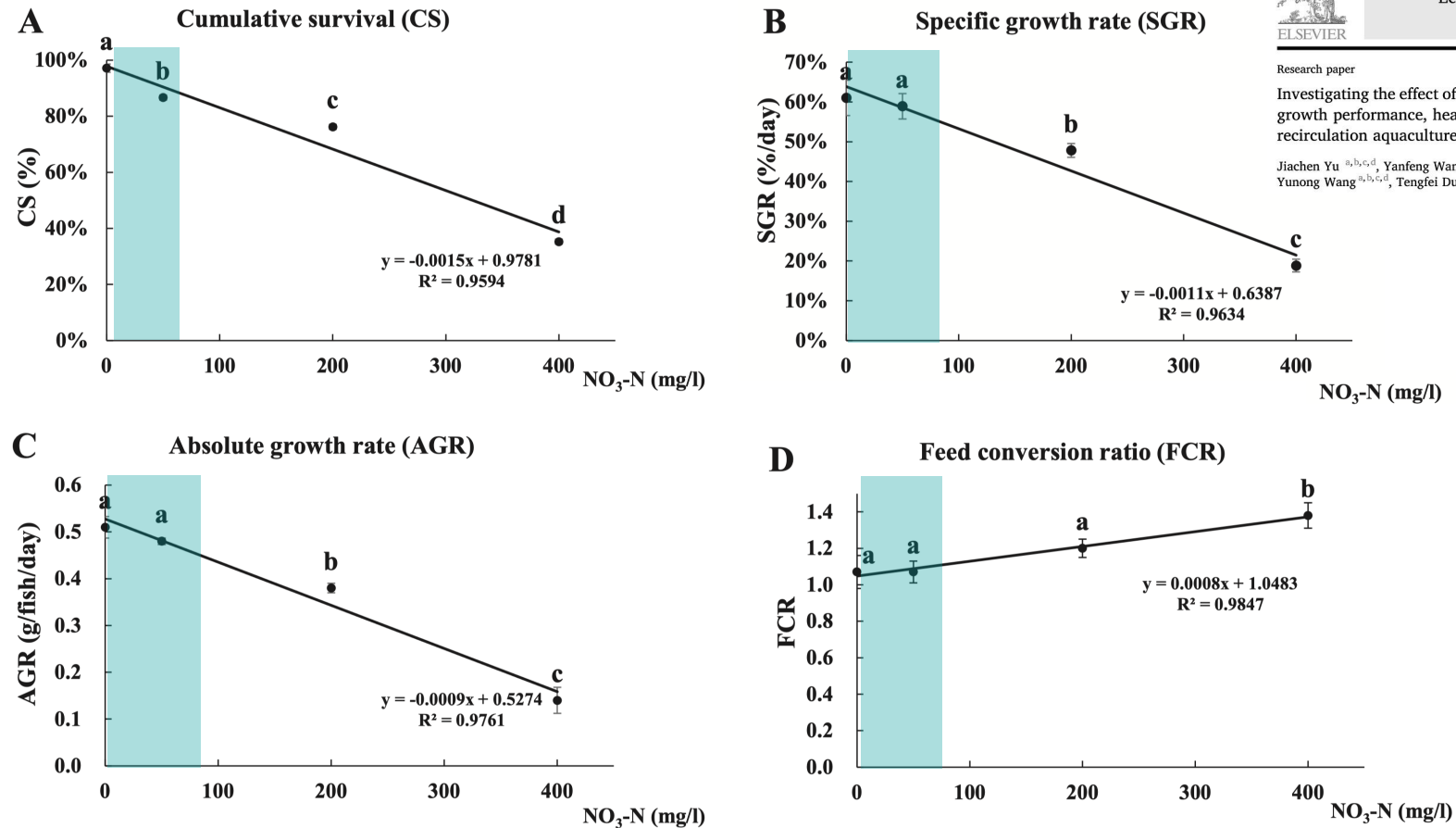
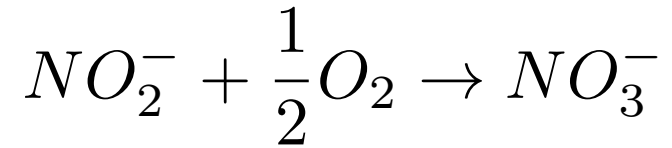
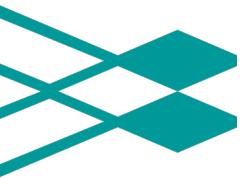
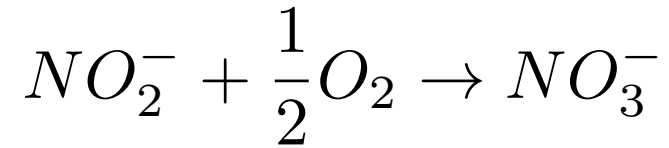


Fig. 1. (A) Cumulative survival (CS), (B) Specific growth rate (SGR), (C) Absolute growth rate (AGR), and (D) Feed conversion ratio (FCR) of juvenile turbot at different NO_3^- concentrations (CK, LN, MN, and HN). All parameters were performed by univariate linear regression analysis based on $n=3$ per group. Differences in parameters among CK, LN, MN, and HN treatments were detected by Tukey's test using SPSS software. Different letters indicate significant differences ($P < 0.05$).



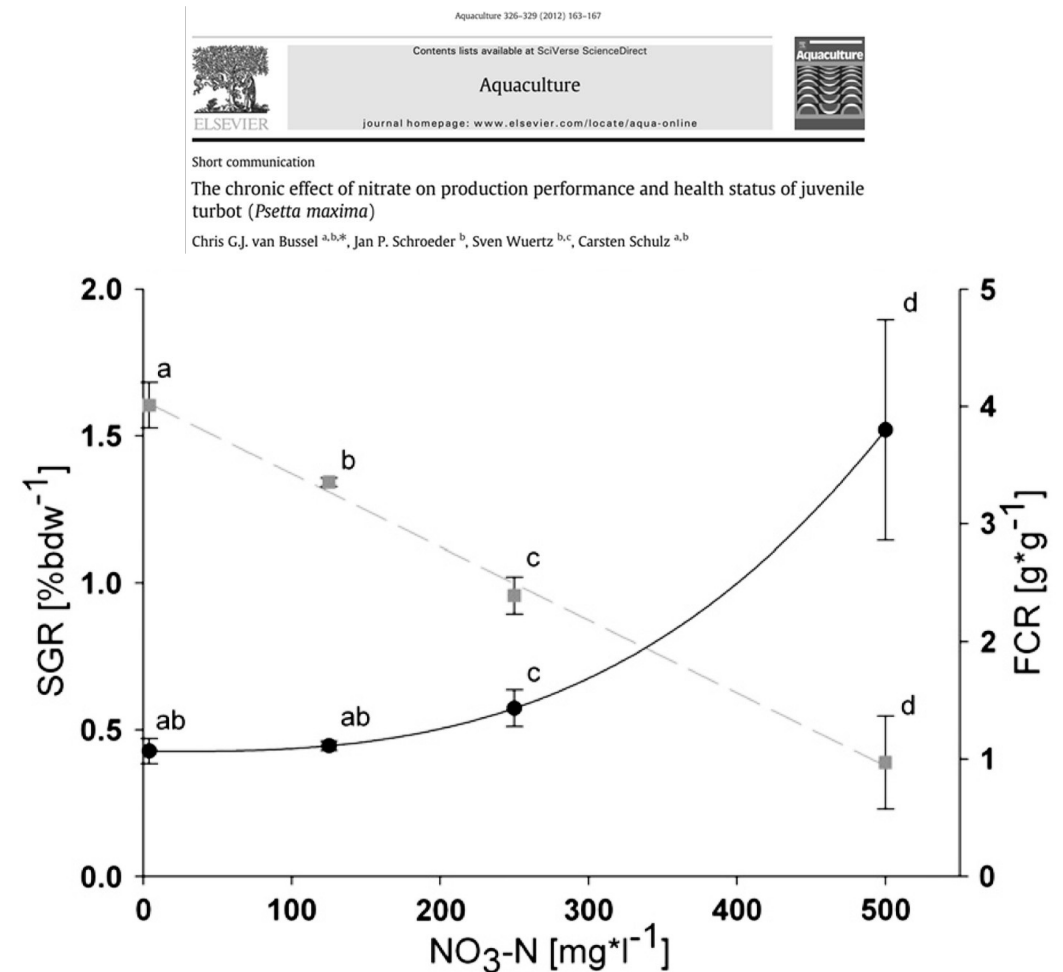
NITRAT

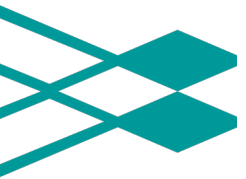


Nitrat beeinflusst das Wachstum und den Gesundheitszustand von Steinbutt negativ.

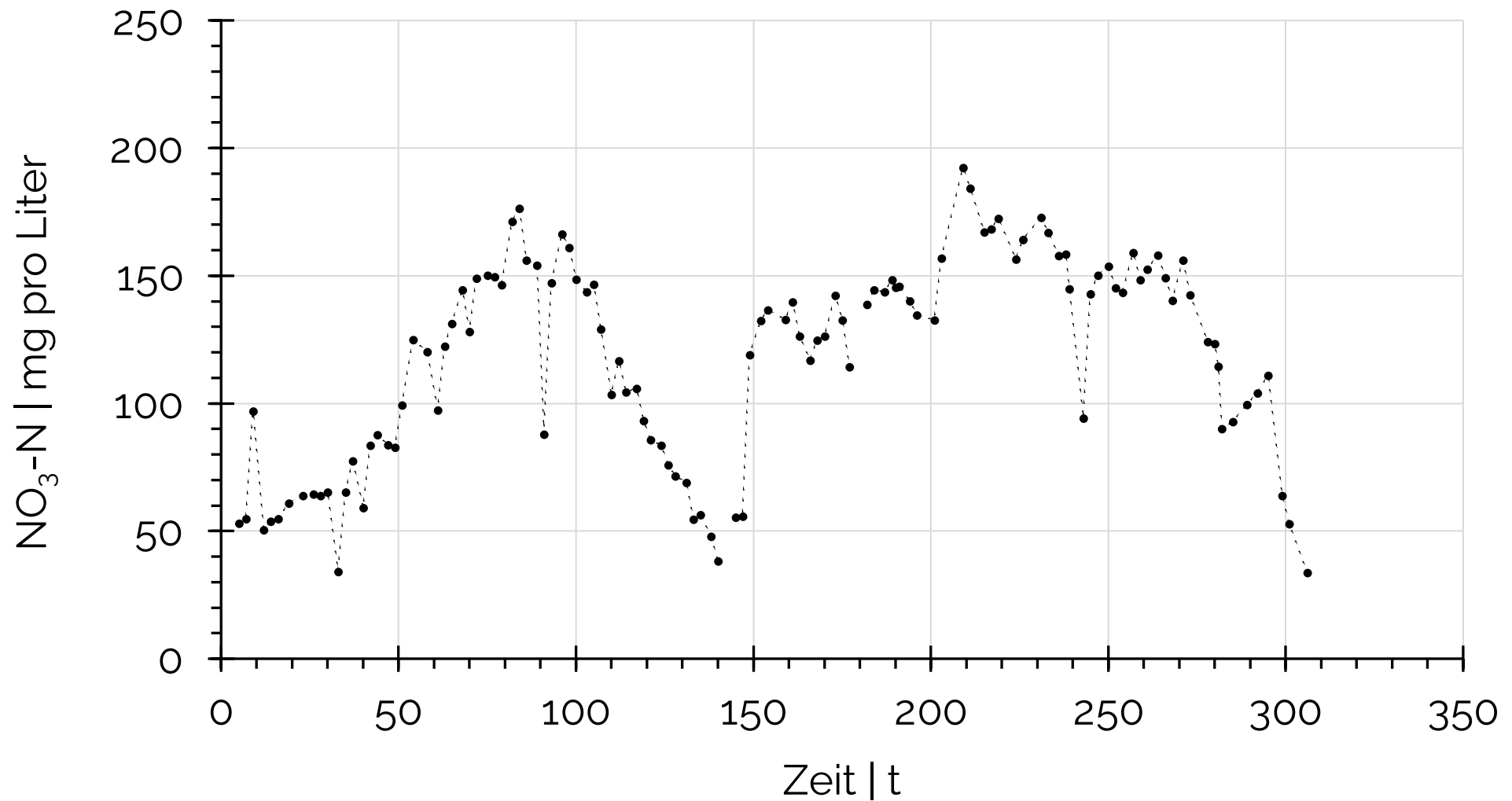
Im Experiment wurden signifikante negative Auswirkungen von Nitrat auf die Wachstumsleistung bei ≥ 125 mg/L NO_3^- -N und auf die Gesundheit und Futterverwertung bei ≥ 250 mg/L NO_3^- -N beobachtet.

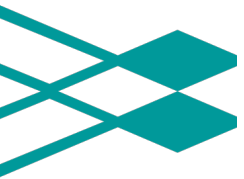
Daher muss im Hinblick auf eine wirtschaftliche Produktion das Nitratmanagement in RAS optimiert werden.





MONITORING VON NO_3^-





PHOSPHAT

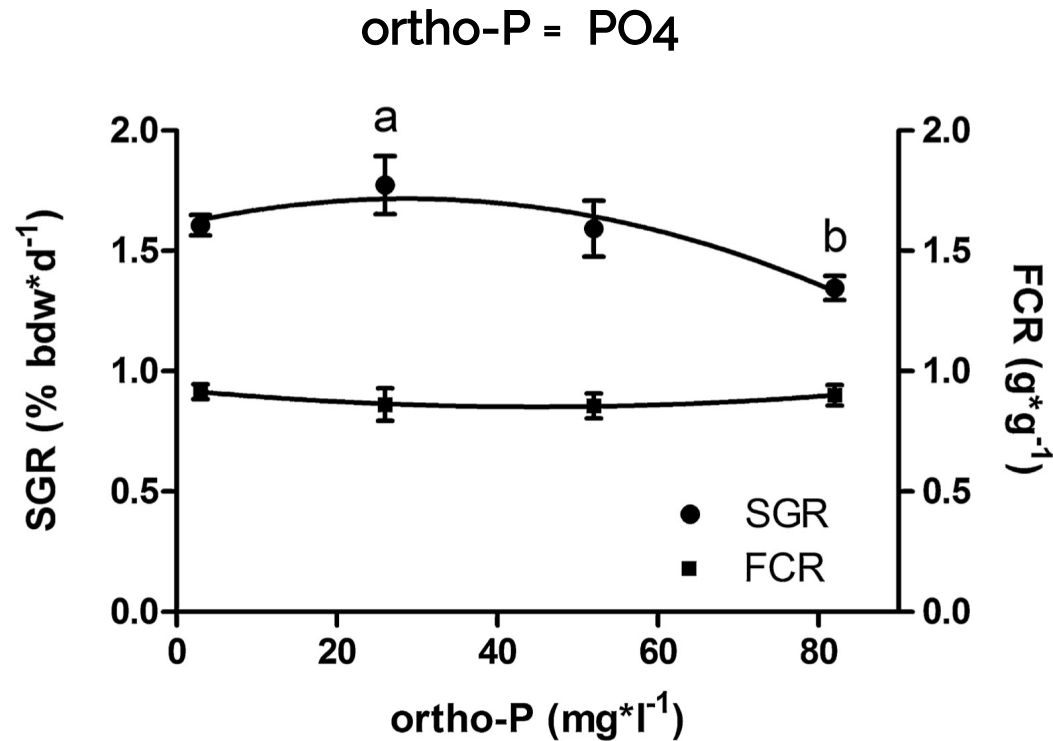


Fig. 1. Mean values ($\pm$ SD) of SGR and FCR of juvenile turbot after 58 days of exposure to different ortho-P concentrations. Different letters indicate significant differences (ANOVA with Tukey HSD, $p < 0.05$).

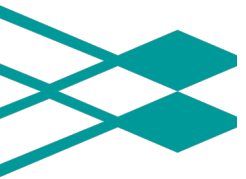
The effect of high ortho-phosphate water levels on growth, feed intake, nutrient utilization and health status of juvenile turbot (*Psetta maxima*) reared in intensive recirculating aquaculture systems (RAS)

Chris G.J. van Busse^{a,b,*}, Lars Mahlmann^{b,c}, Saskia Kroeckel^{b,d}, Jan P. Schroeder^b, Carsten Schulz^{a,b}

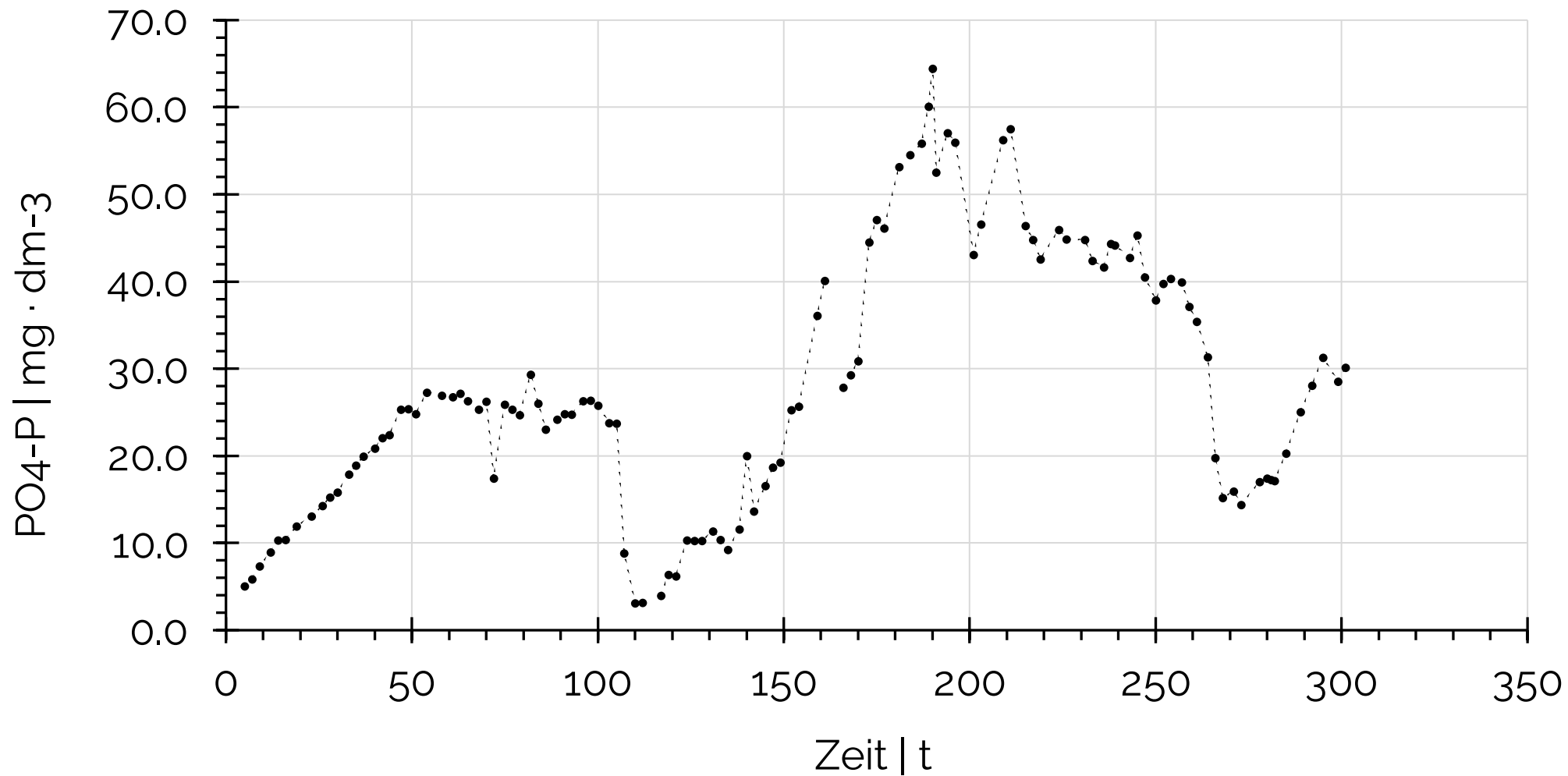


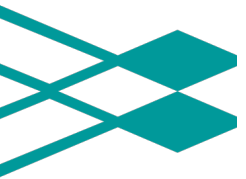
Basierend auf den angegebenen Ergebnissen können wir schlussfolgern, dass ortho-P die Gesundheit von Steinbutt im getesteten Bereich von 3–82 mg/l nicht negativ beeinflusst und, dass Konzentrationen zwischen 3 und 52 mg/l ortho-P die Produktionsleistung nicht negativ beeinflussen.

Es ist daher unwahrscheinlich, dass ortho-P die Gesundheit von Steinbutt in RAS beeinträchtigt.

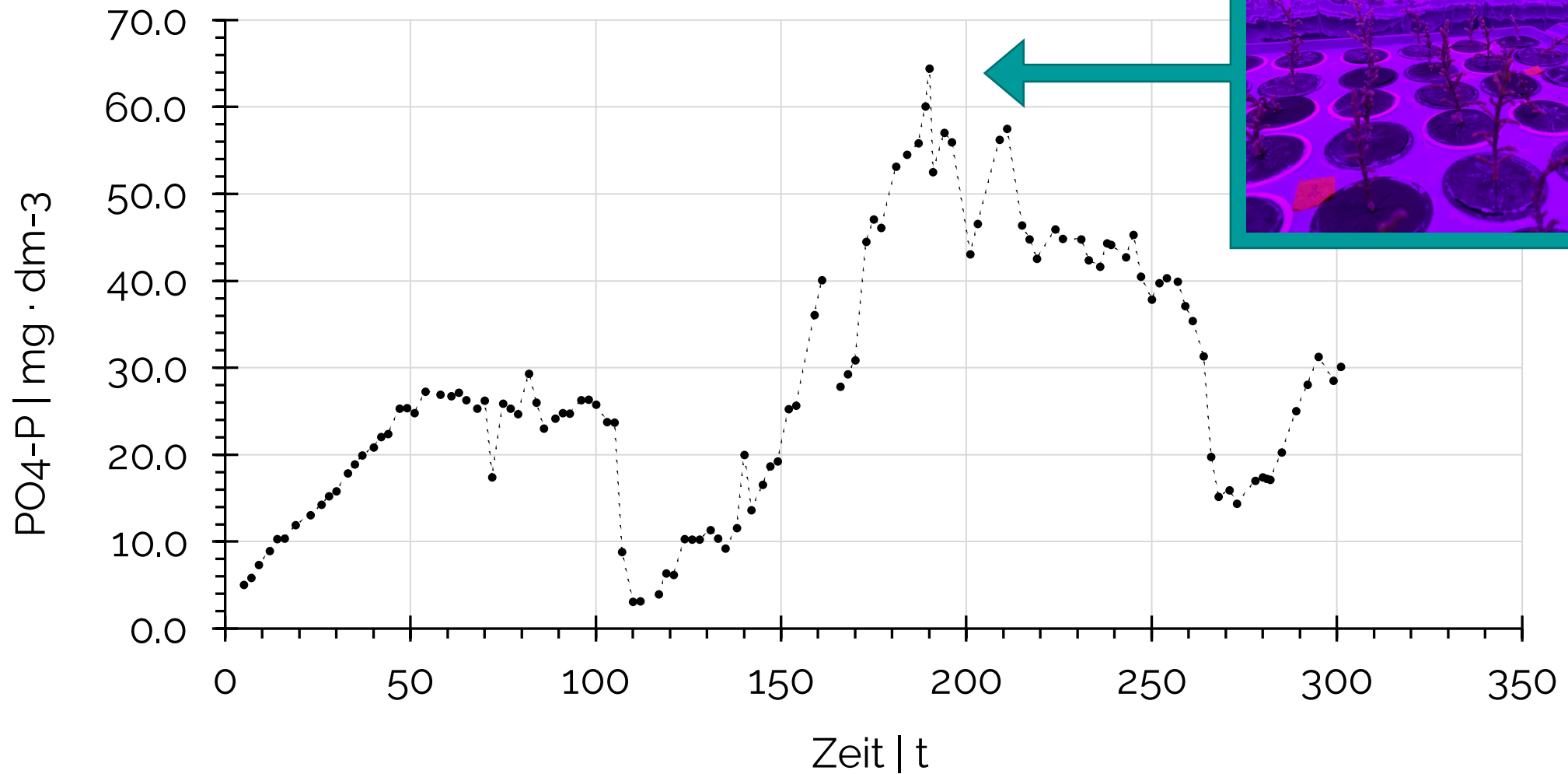


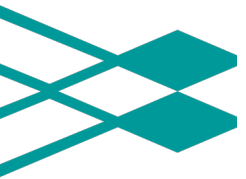
MONITORING VON PO₄-P



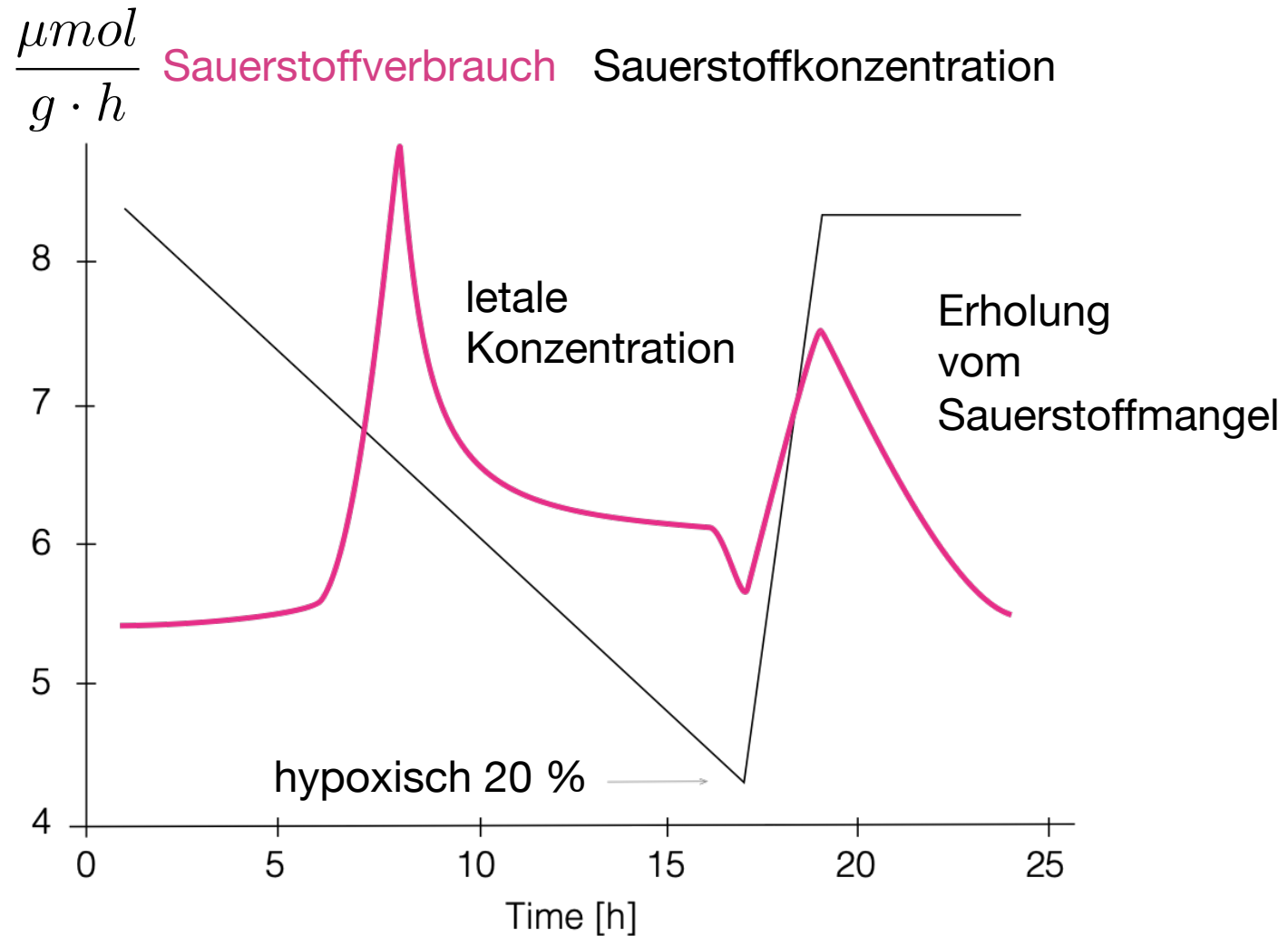
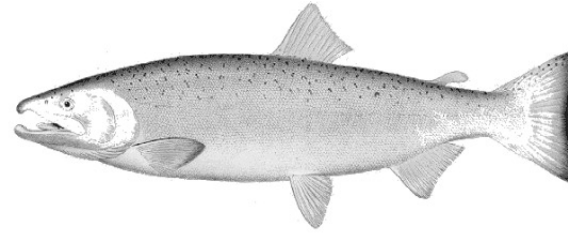


RECYCLING VON $\text{PO}_4\text{-P}$

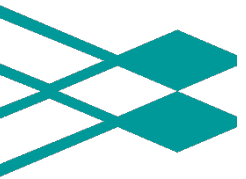




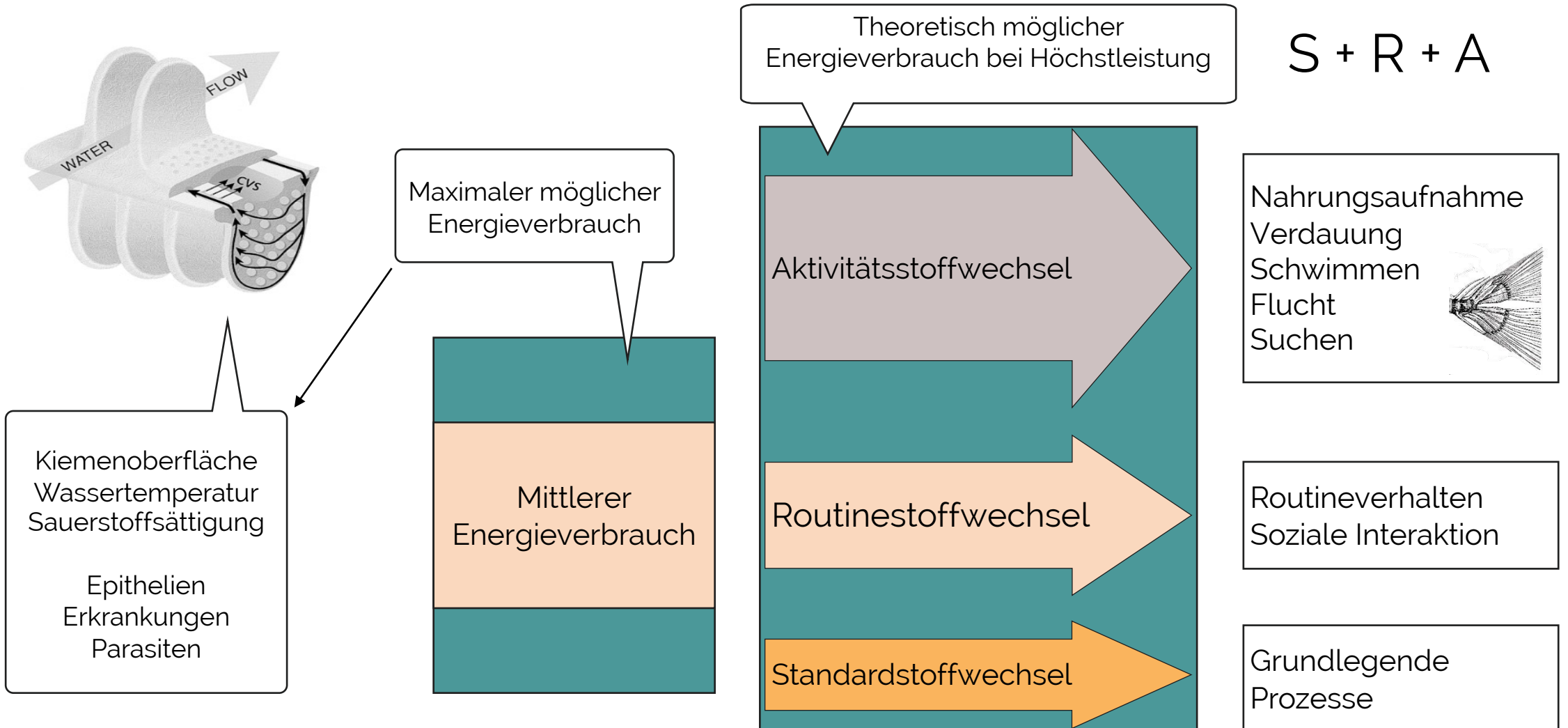
SAUERSTOFF

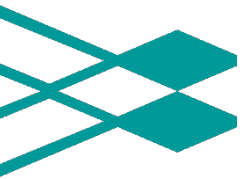


Sauerstoffmangel wirkt nach ...

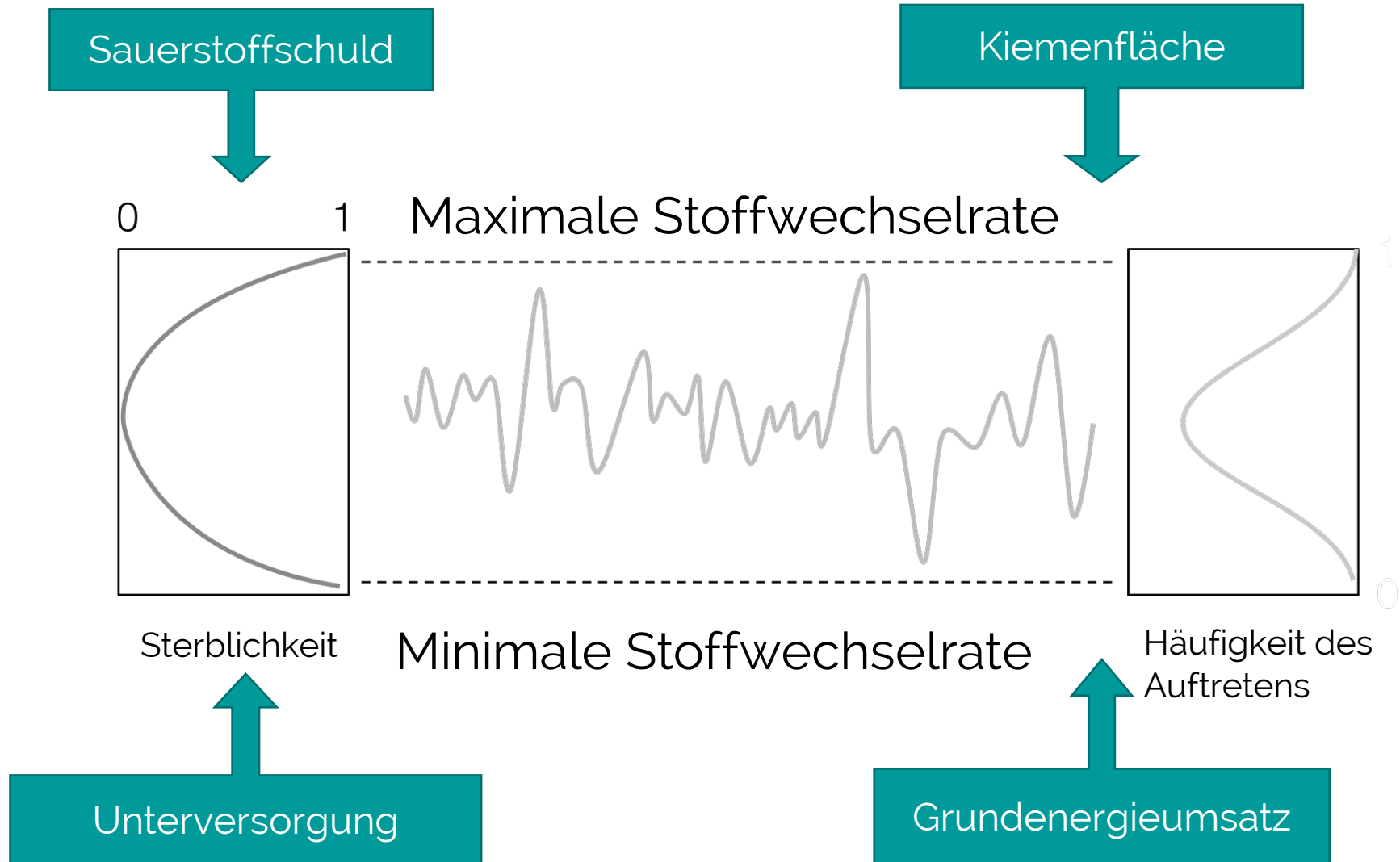


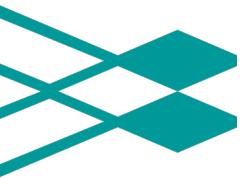
SAUERSTOFF - STOFFWECHSELNIVEAU





SAUERSTOFF - STOFFWECHSELNIVEAU





SAUERSTOFF MONITORING

Galvanischer Clark-Sensor

①



Strömung
Fouling
Membran
Elektrolyt

Calculation of dissolved gas concentration

COLT 1984, American Fisheries Society Special Publication No.14

Temperature (°C)	Salinity (psu)	Barometric pressure
25.00	35.00	1013.25
Temperature (K)	Vapor pressure (mmHG)	Barometric pressure (mmHG)
298.15	23.30	760.00
Dissolved Oxygen (ml/l)	Dissolved nitrogen (ml/l)	Dissolved Carbon dioxide (ml/l)
4.72	8.79	0.26
Dissolved Oxygen (mg/l)	Dissolved nitrogen (mg/l)	Dissolved Carbon dioxide (mg/l)
6.75	10.99	0.51

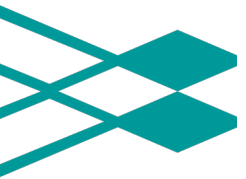
DISCLAIMER: The EXCEL spreadsheet is made available solely for educational purposes. The use of the spreadsheet is at your own discretion and risk and with the agreement that you will be solely responsible for damage of every kind or loss of data.

Optode

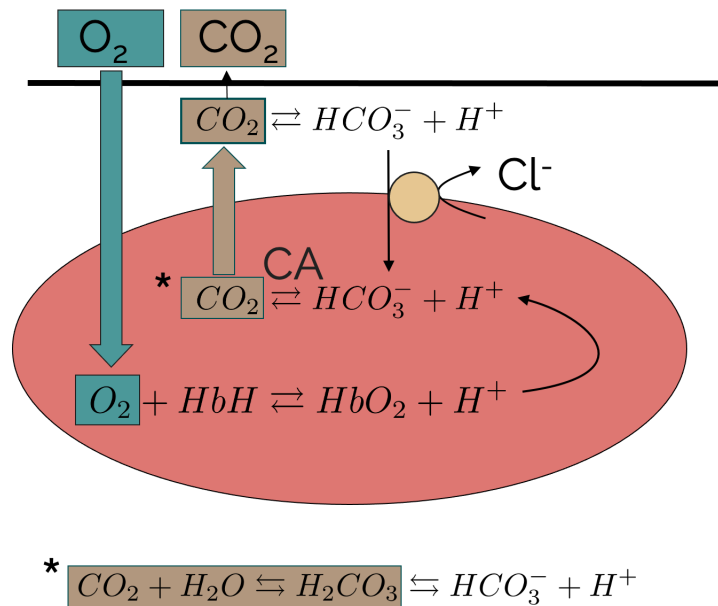
②



Fouling

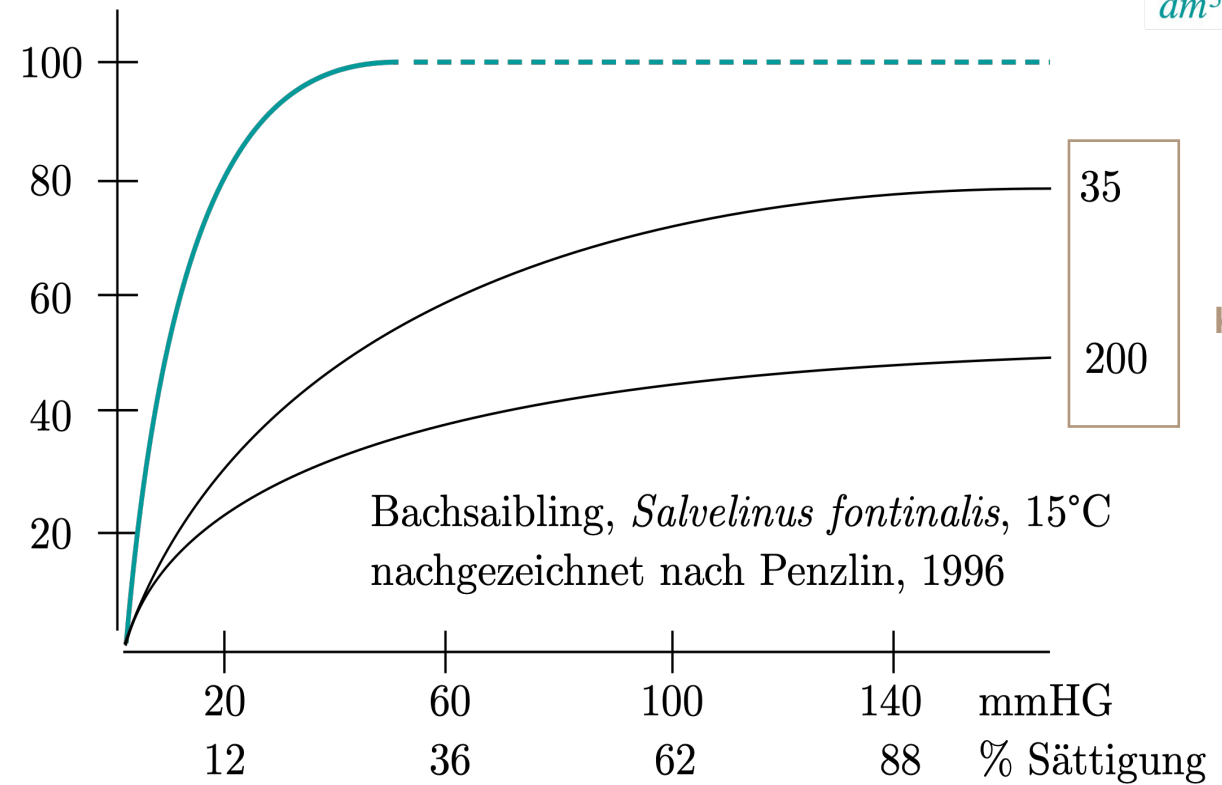


KOHLENSTOFFDIOXID CO₂

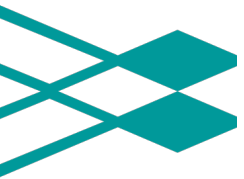


Hämoglobin
% Sättigung

Kohlenstoffdioxidkonzentration im Wasser $\approx 2.4 \frac{mg}{dm^3}$



Sauerstoffpartialdruck/-sättigung



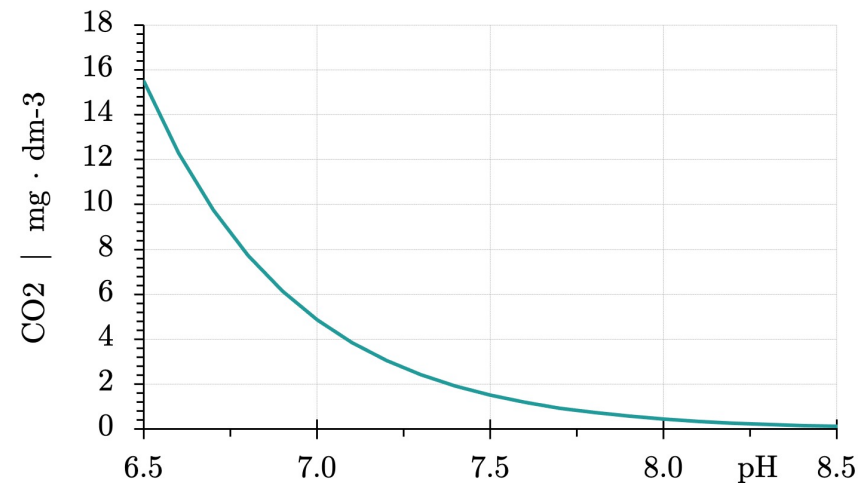
MONITORING VON CO₂

Dissolved carbon dioxide concentration based on equilibrium reactions

Input (green) Temperature, Alkalinity and salinity

Temperature	Kw	K1	K2	Alkalinity	Salinity
(°C)	(mol ² /L ²)	(mol/L)	(mol/L)	(mg CaCO ₃ /L)	(ppt)
24	9.26E-15	8.96E-07	5.16E-10	50	22

pK 14.033158 6.047690 9.287283 Constants from Piedrahita, 1995



DISCLAIMER: The EXCEL spreadsheet is made available solely for educational purposes. The use of the spreadsheet is at your own discretion and risk and with the agreement that you will be solely responsible for damage of every kind or loss of data.

Equilibrium reaction

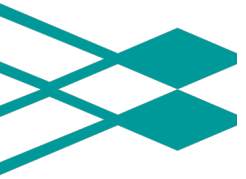
pH	Dissolved CO ₂
	(mg/L)
6.50	15.5
6.60	12.3
6.70	9.7
6.80	7.7
6.90	6.1
7.00	4.9
7.10	3.9
7.20	3.0
7.30	2.4
7.40	1.9
7.50	1.5
7.60	1.2
7.70	0.9
7.80	0.7
7.90	0.6
8.00	0.4
8.10	0.3
8.20	0.3
8.30	0.2
8.40	0.2
8.50	0.1

CO₂-Sonde

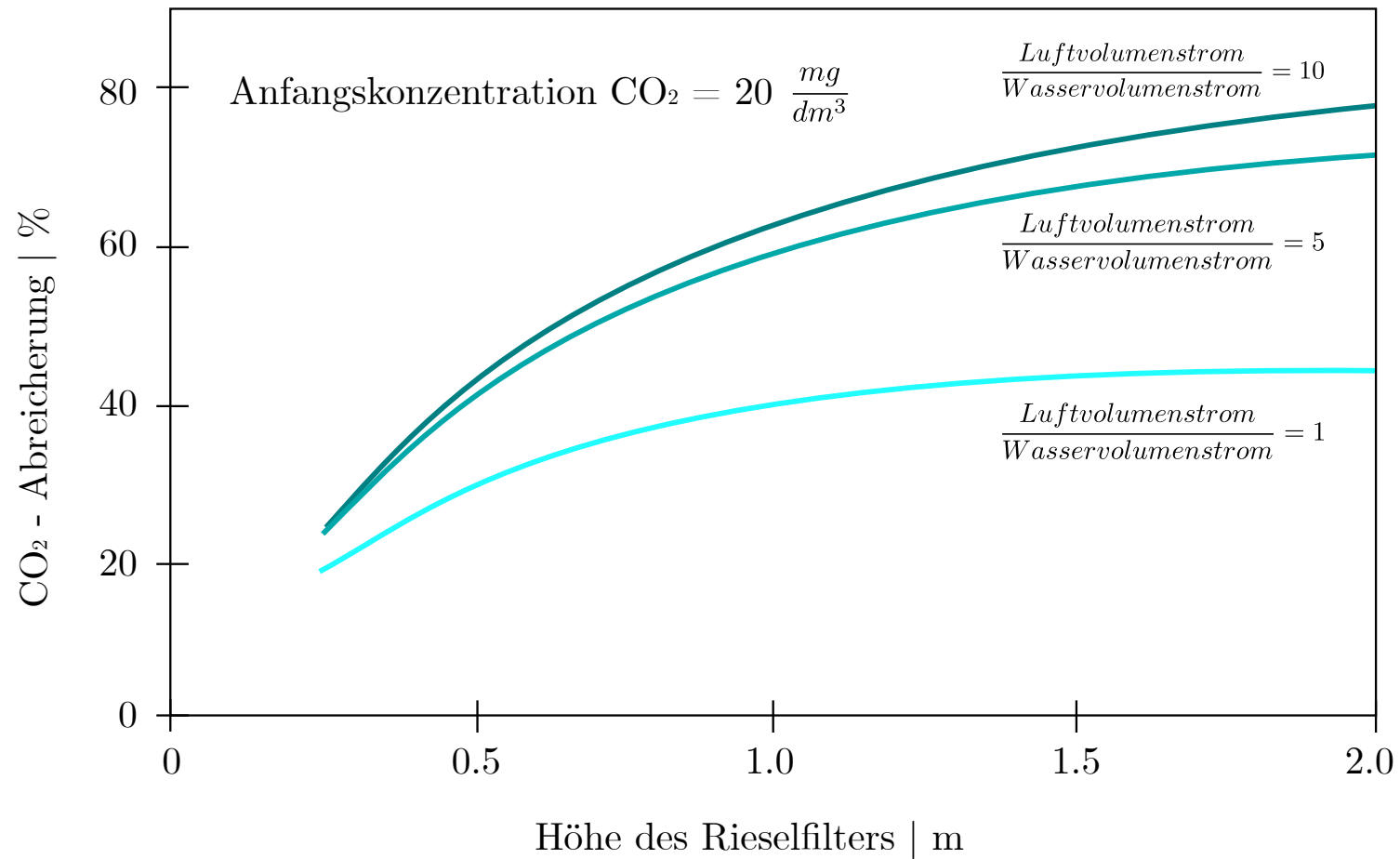


pH-Sonde

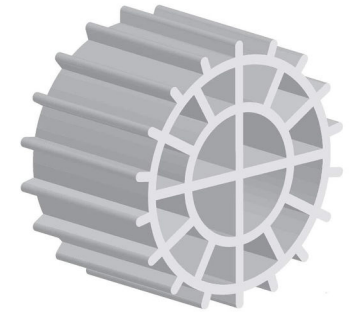




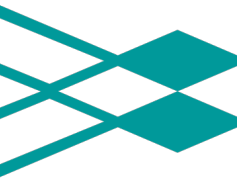
ABREICHERUNG VON CO₂



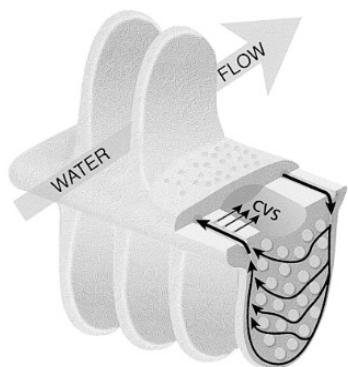
Rieselkörper



Rieselfilter

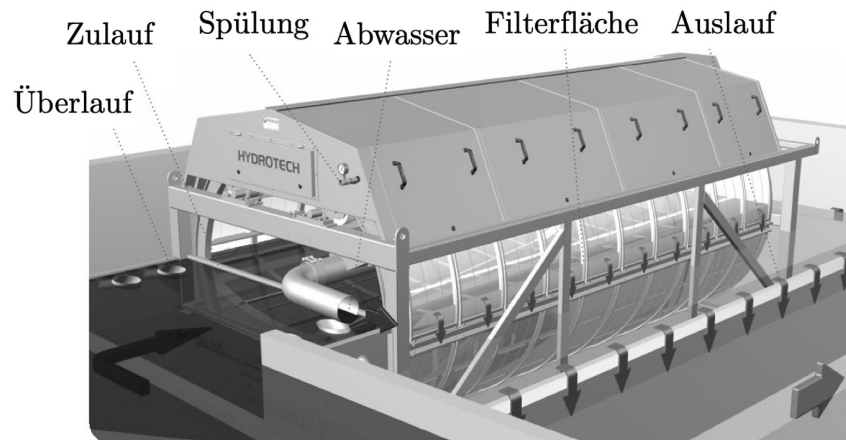


PARTIKEL

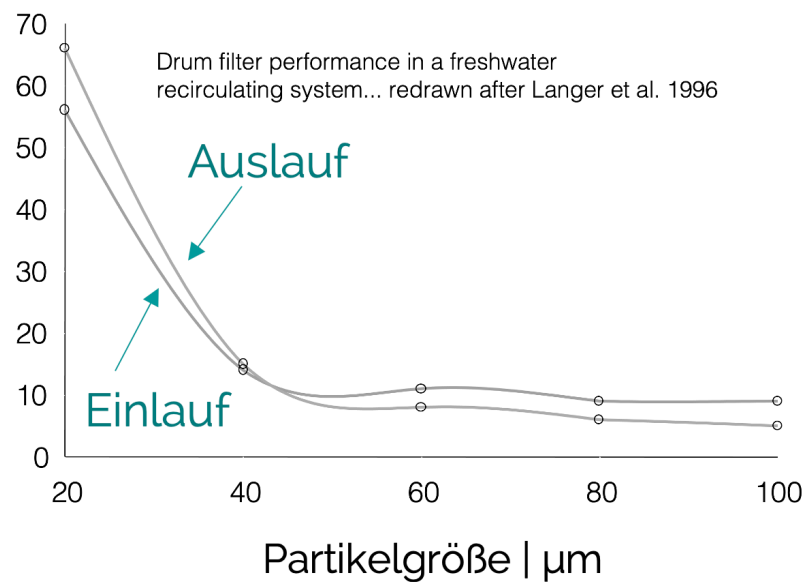


Partikelfiltration

①

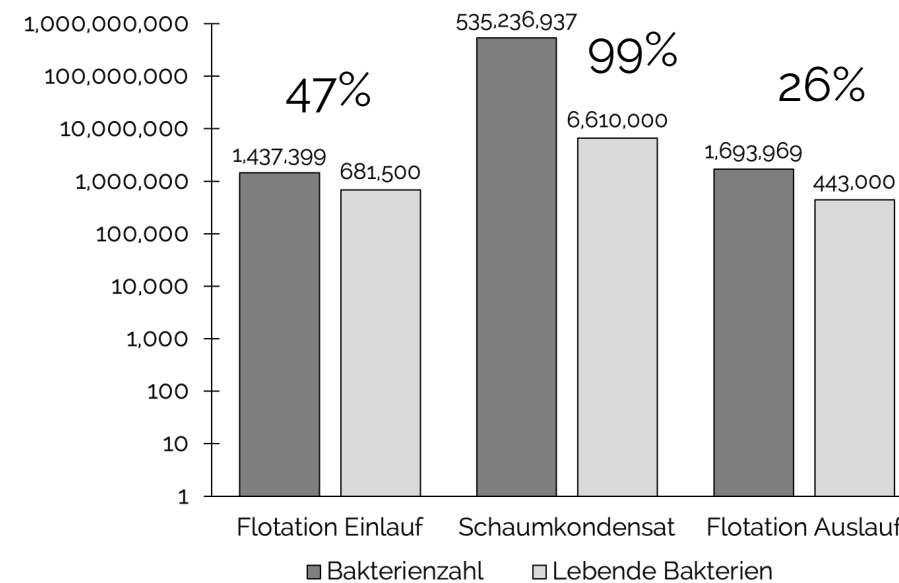
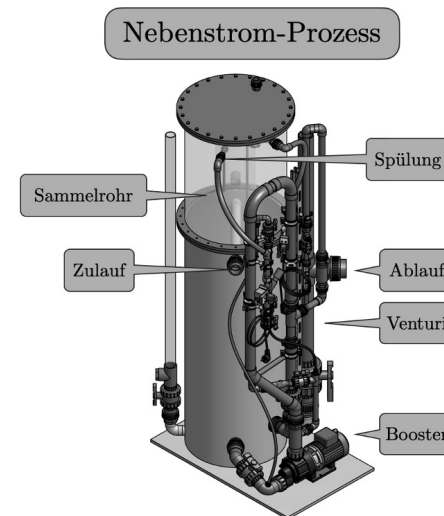


Anteil an der Masse | %

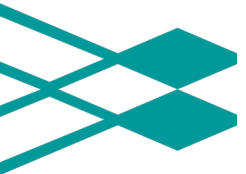


Klarierung

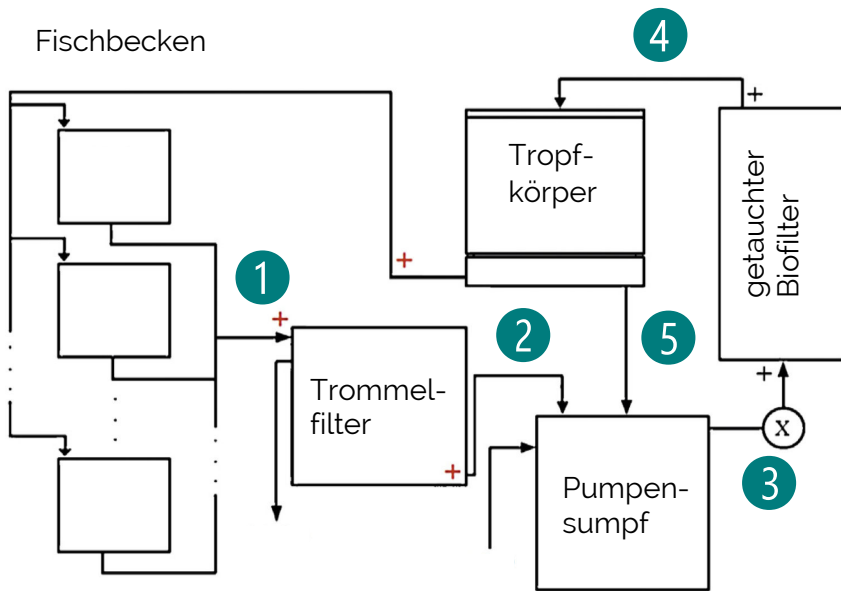
②



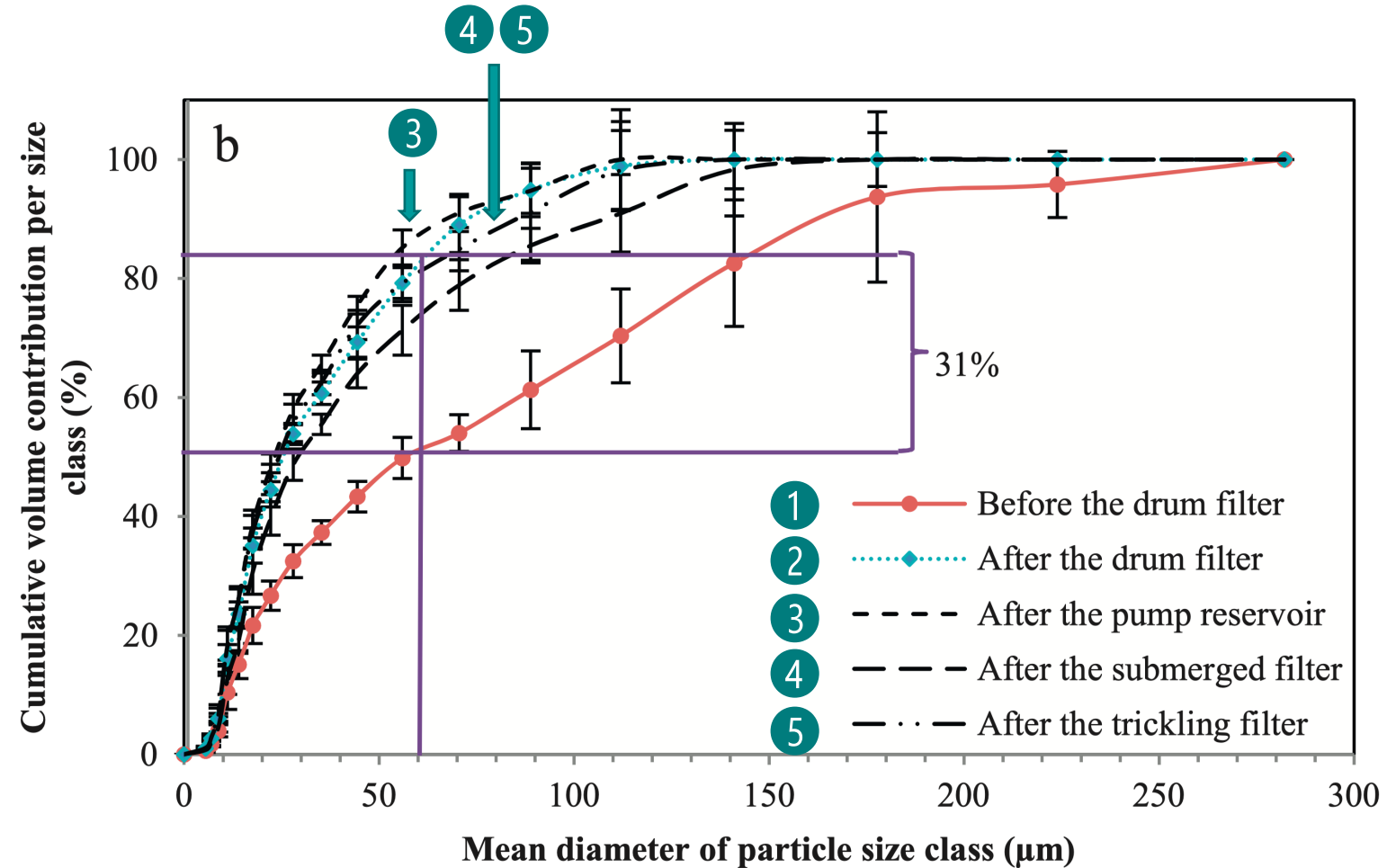
max: log 2 Reduktion der lebenden Bakterien

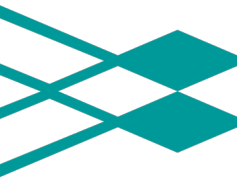


PARTIKEL



- ② kleine Partikel verbleiben im Wasser
- ③ Partikel < 60 µm nehmen zu
- ④ Partikel werden in den
- ⑤ Biofiltern zurückgehalten

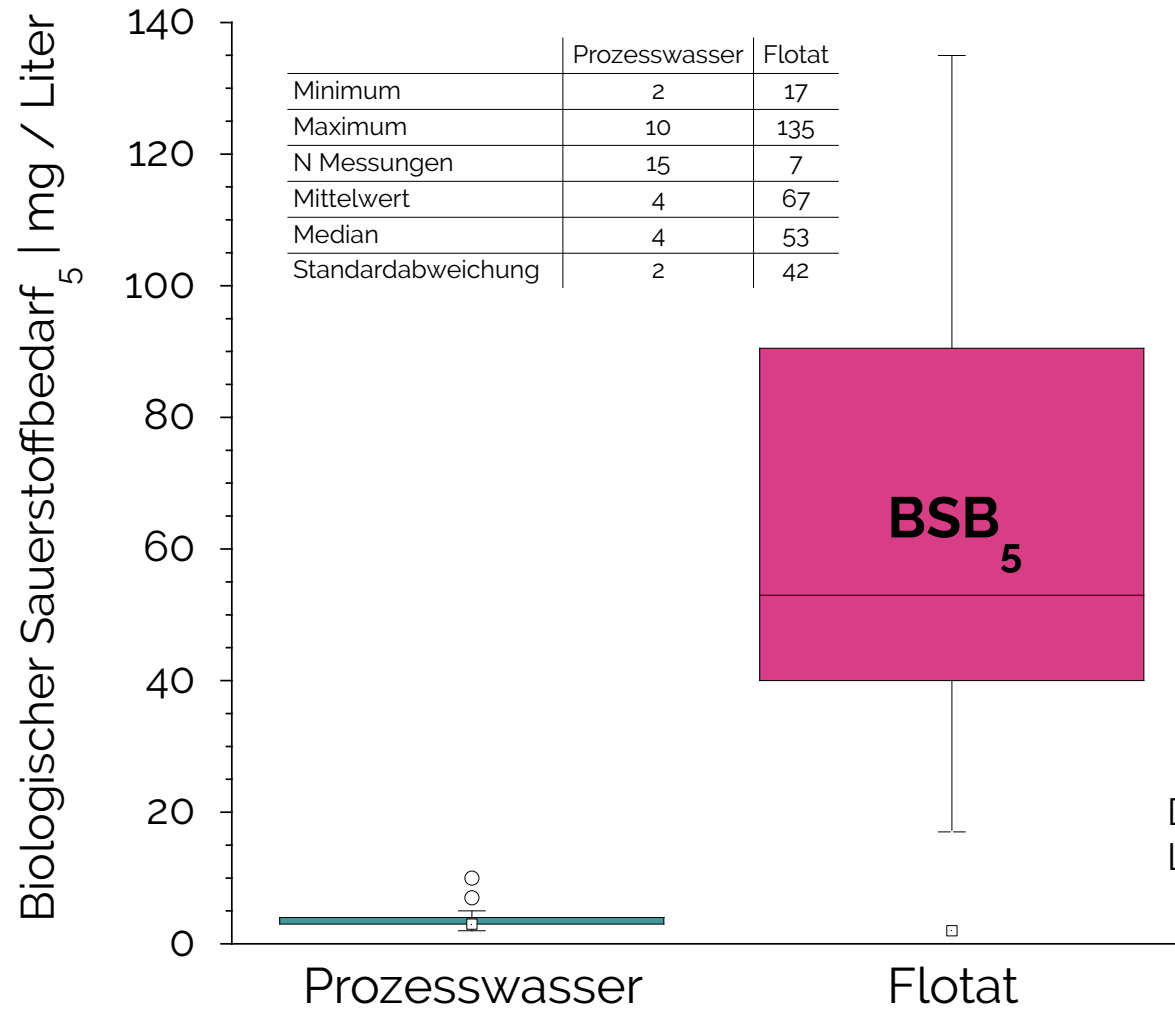




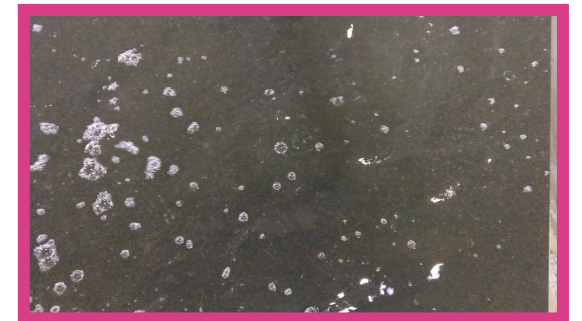
FLOTATION Reduktion des Biologischen Sauerstoffbedarfs

BSB₅: Mikrobieller
Sauerstoffverbrauch
innerhalb von 5 Tagen

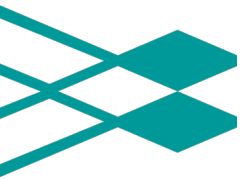
mit Klarierung
über eine Flotation



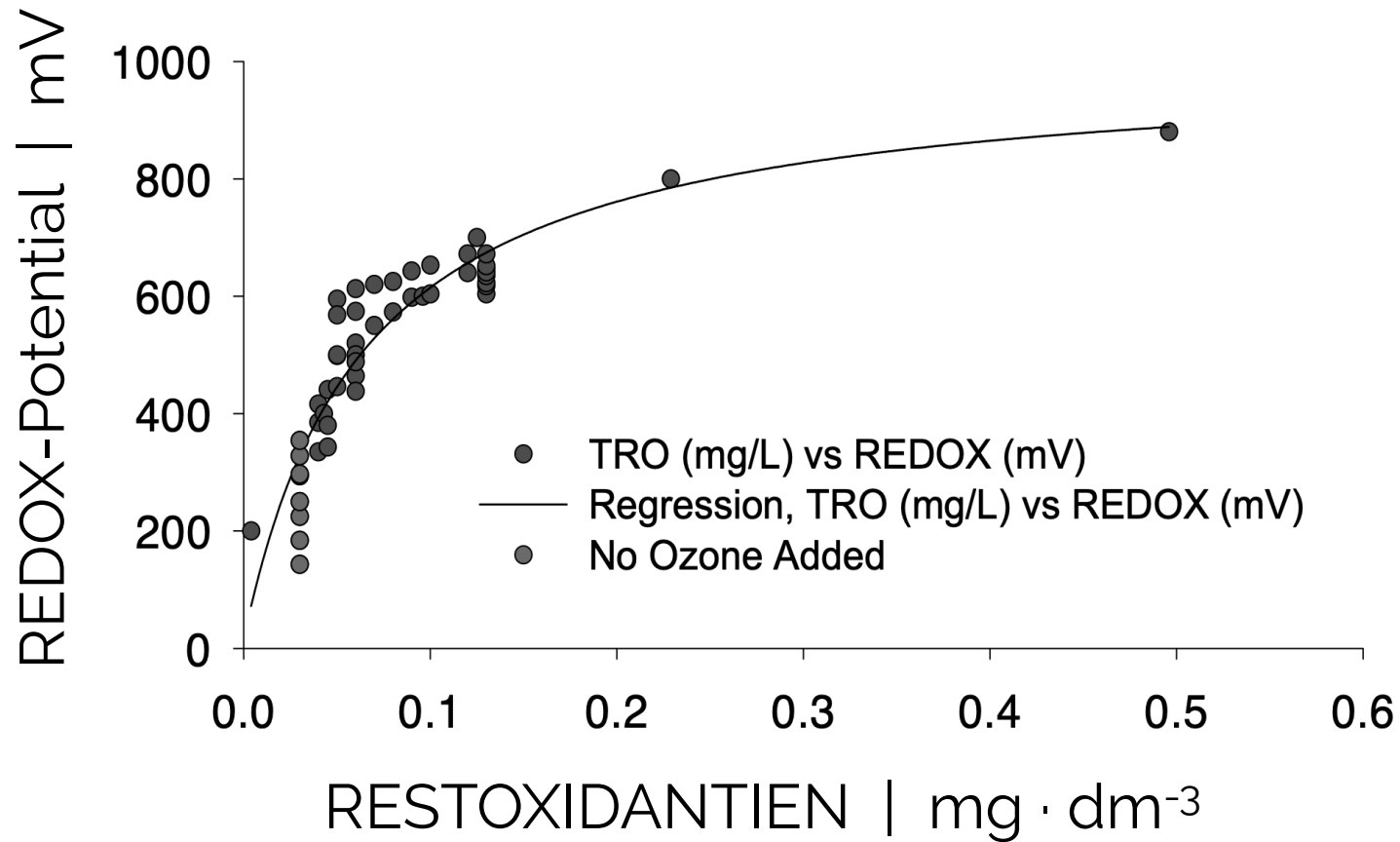
ohne Klarierung
über eine Flotation



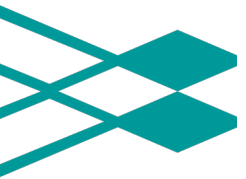
Datenquelle: Anneliese Ernst,
Labor Aquakultur htw saar



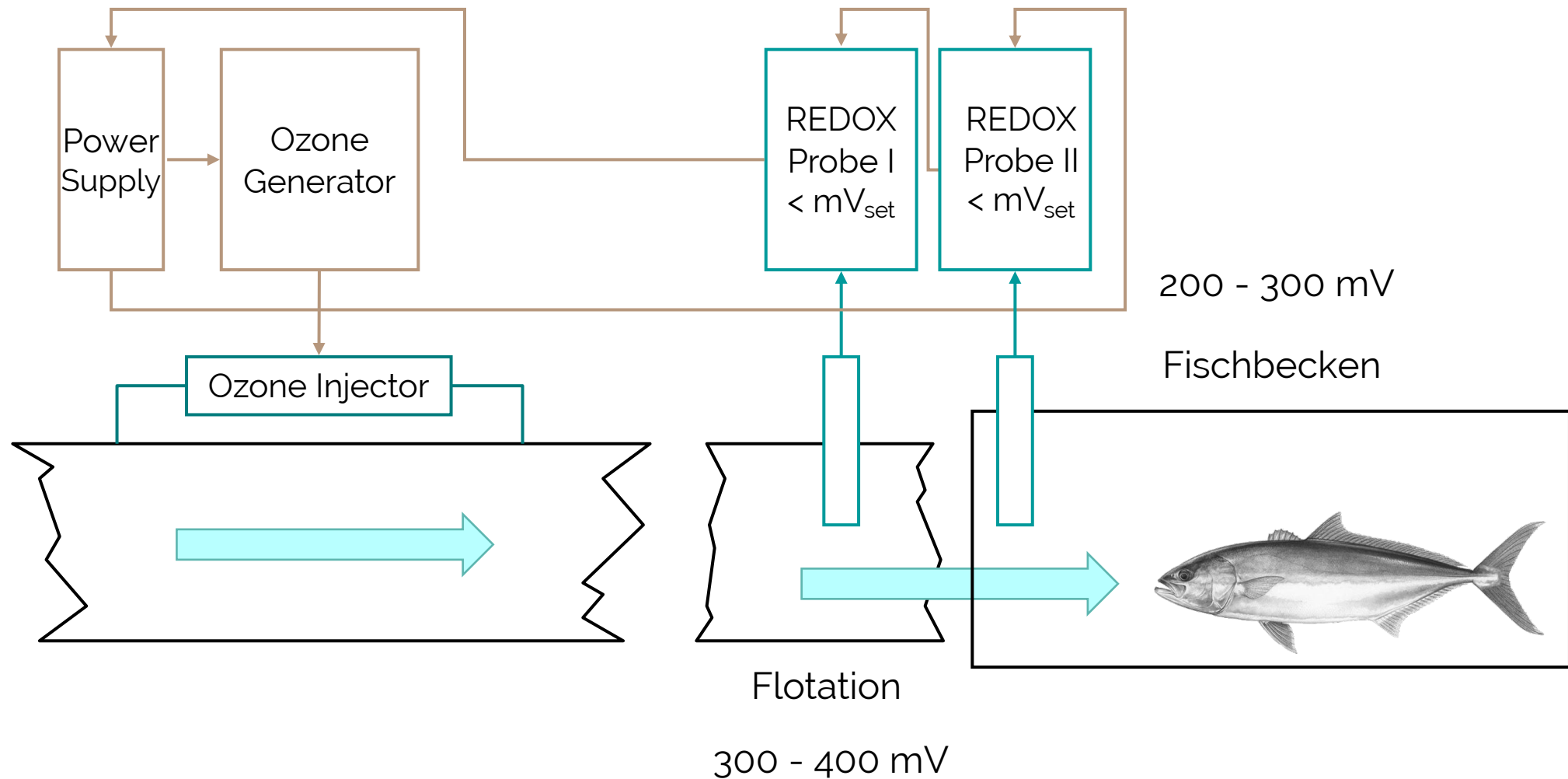
MONITORING VON OZON O_3



REDOX-Sonde



PROZESSKONTROLLE OZON O_3



MODUL 9

Prof. Dr. Uwe Waller

ENDE