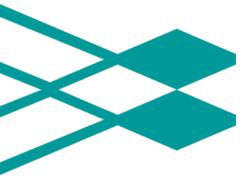


MODUL 6

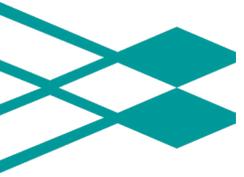
Wachstum/Produktionsmodelle

Prof. Dr. Uwe Waller



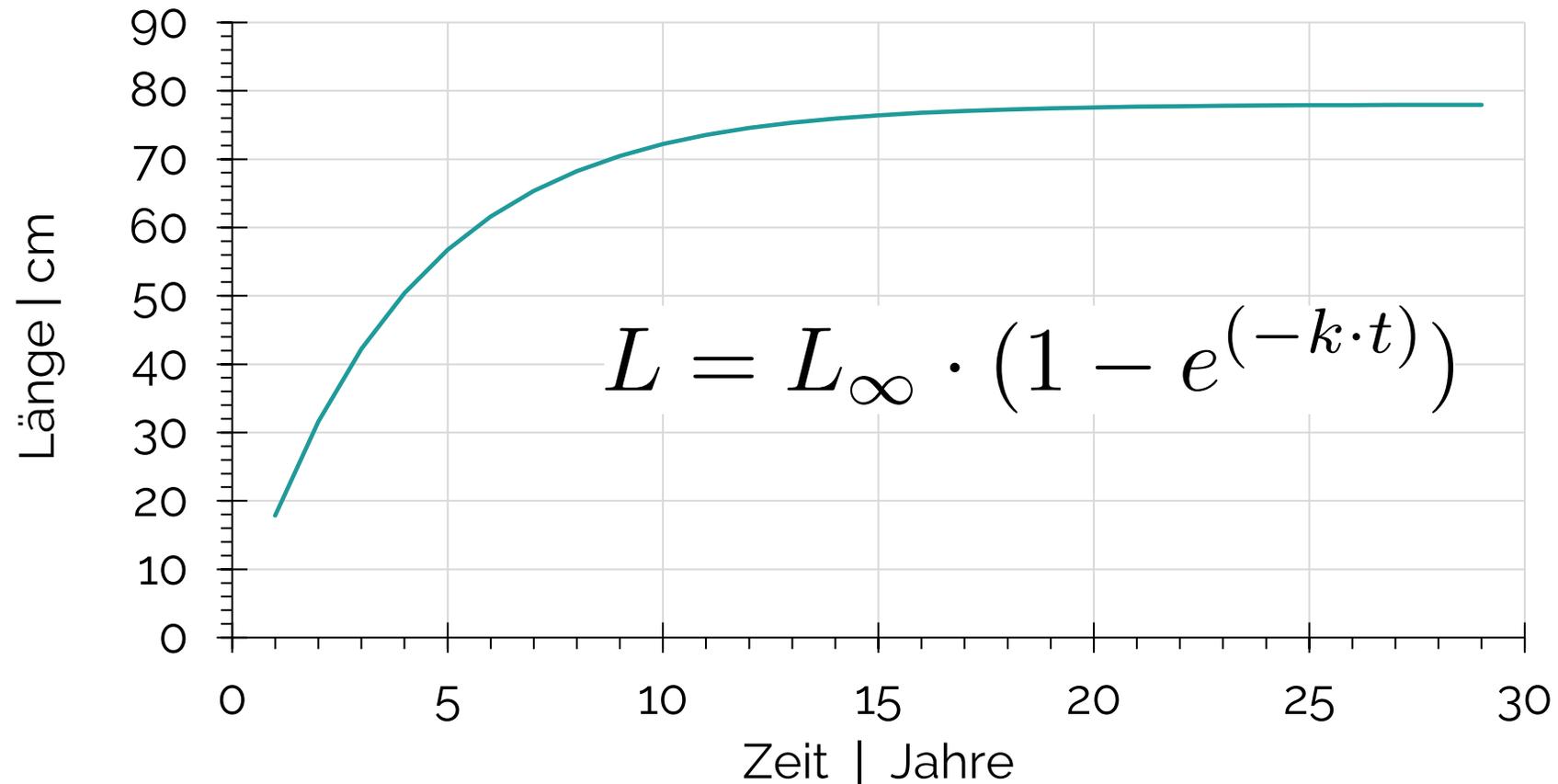
THEMEN IM MODUL 4

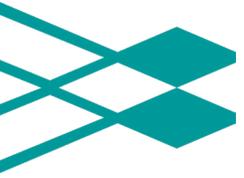
- 1 Wachstumsmodelle
- 2 Spezifische Wachstumsrate
- 3 Längen-Gewichtsbeziehung
- 4 Futterquotient und -ration
- 5 Konditionsfaktor



WACHSTUM IM MEER

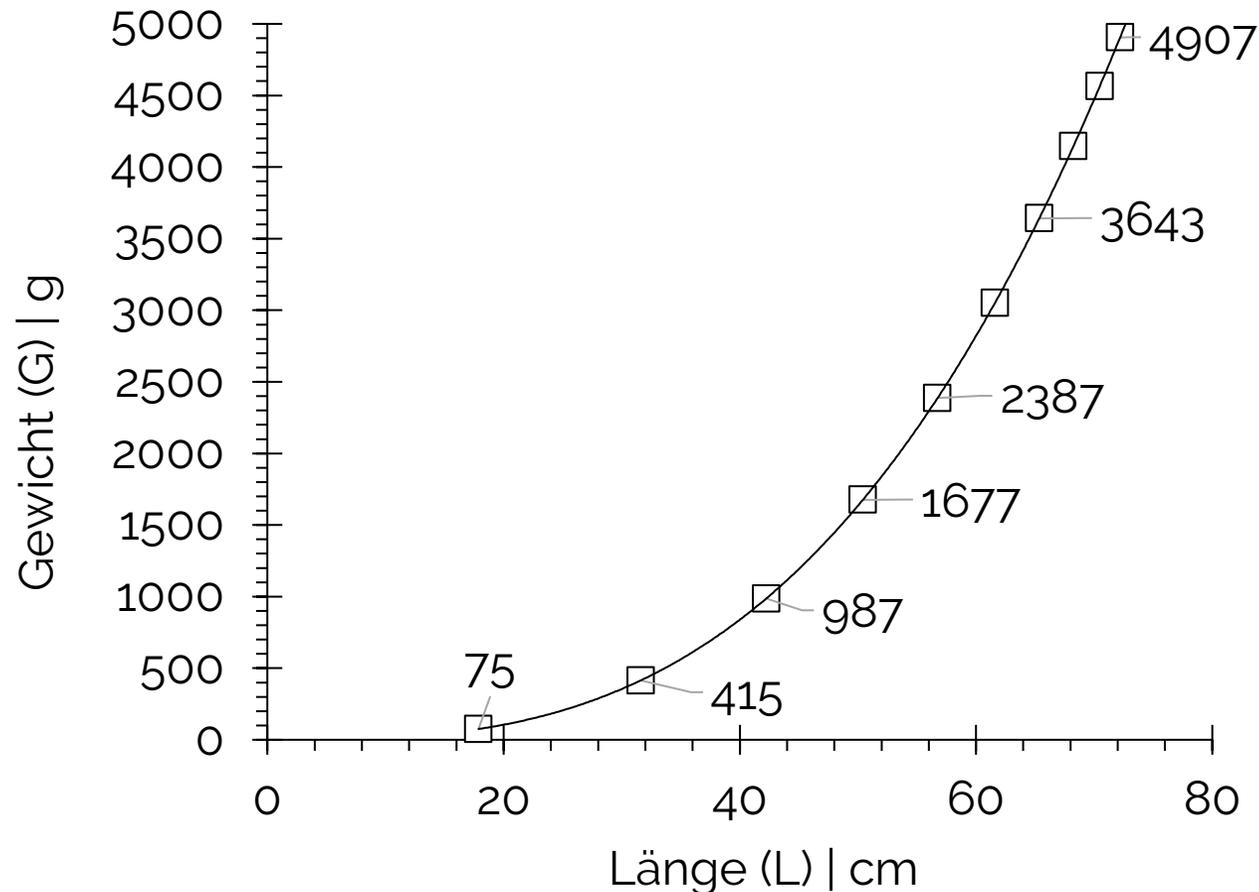
Europäischer Wolfsbarsch, *Dicentrarchus labrax*





LÄNGEN-GEWICHTSBEZIEHUNG

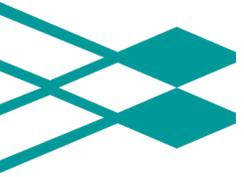
Europäischer Wolfsbarsch, *Dicentrarchus labrax*



$$G = a \cdot L^b$$

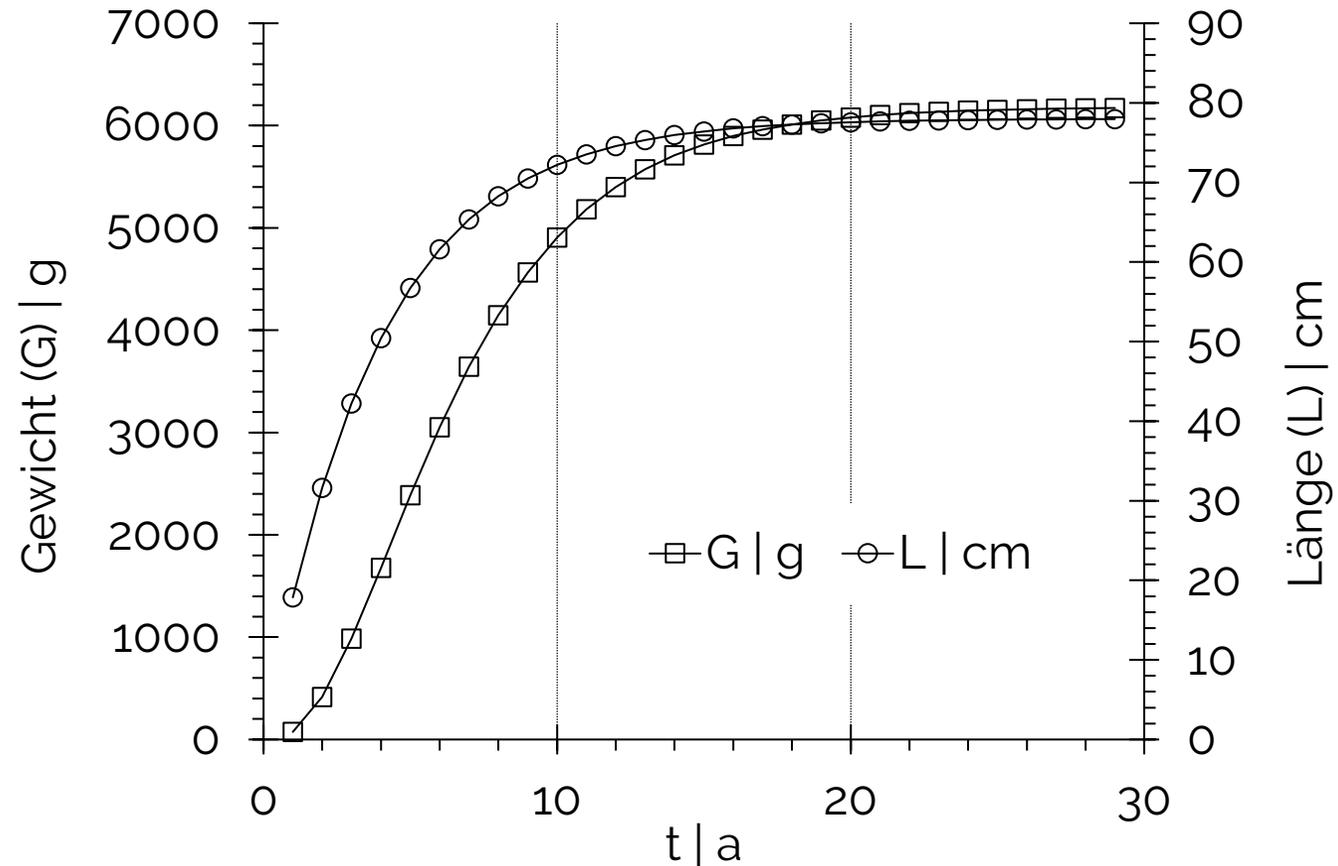
$$G = 0.014 \cdot L^{2.99}$$

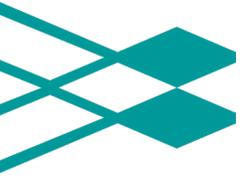
Parameter können zum Beispiel der Fishbase (fishbase.de) entnommen werden



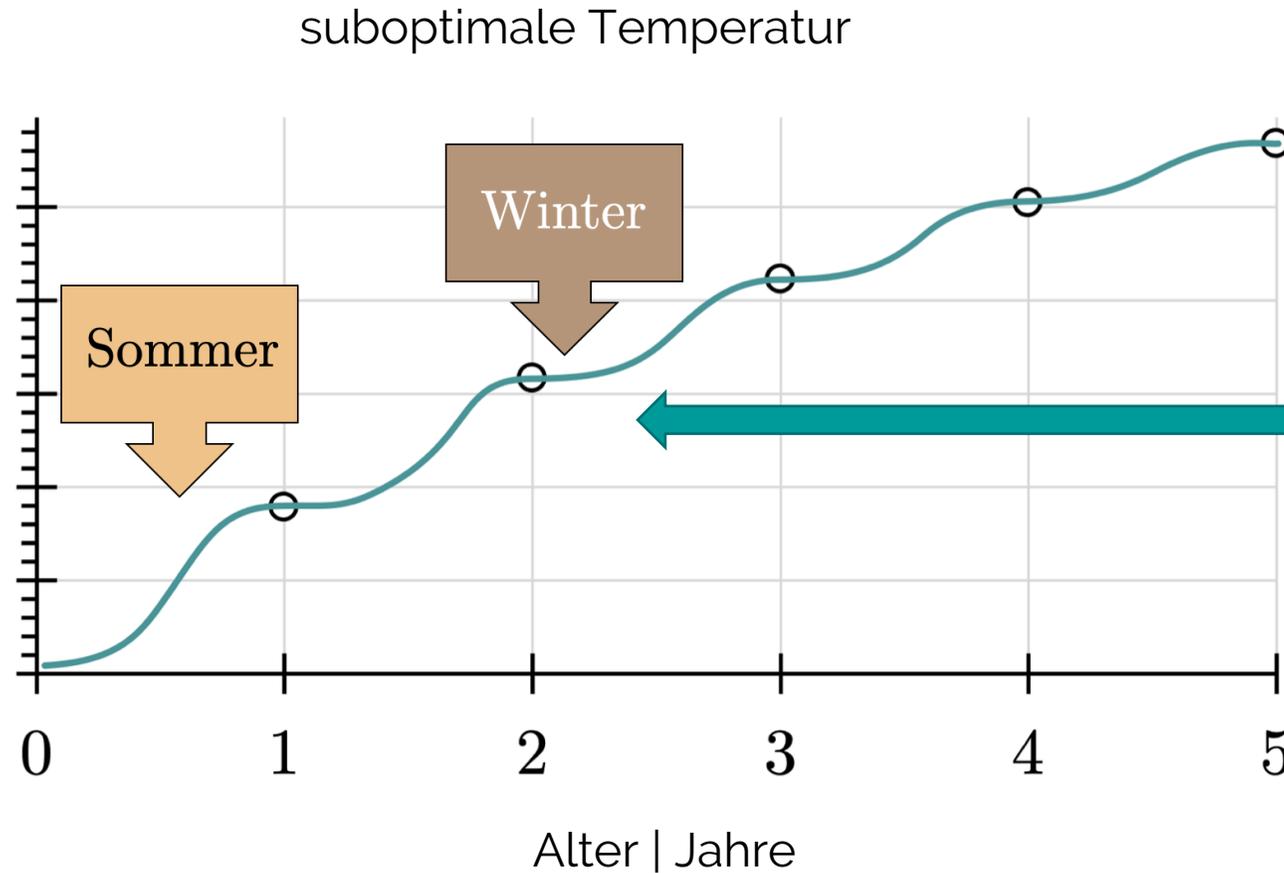
LÄNGEN-GEWICHTSWACHSTUM

Wolfsbarsch





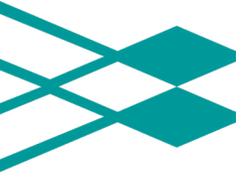
SAISONALES WACHSTUM



Fische wachsen, wenn die Temperatur des Wassers im optimalen Bereich liegt.

Fische wachsen im Sommer und nur sehr wenig im Winter.

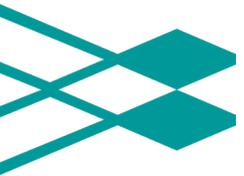
Fische wachsen aber nur, wenn ausreichend Nahrung verfügbar ist. Die ist knapp!



WACHSTUM IM MEER

Fische wachsen in den ersten Jahren sehr viel schneller. Schnelles Wachstum bedeutet in der Natur, dass schnell Körpergrößen erreicht werden, die das Individuum vor Räubern schützt. Mit zunehmender Körpergröße geht eine Gefährdung dann nur noch von großen Räubern aus.

Fische erreichen mit größerer Länge die Geschlechtsreife und die biologische Aufgabe ist die Vermehrung. Die Nahrung, die Energie, die aufgenommen wird, wird in Reproduktionsprozesse geleitet, das sind, das Wachstum der Gonaden, das Aufsuchen von Laichgebieten und die erfolgreiche Abgabe der Gameten, damit sich aus den befruchteten Eiern Larven entwickeln.



WACHSTUM IN DER AQUAKULTUR

$$G_i = G_0 \cdot e^{\left(\frac{SGR}{100} \cdot (t_i - t_0)\right)}$$

G = Gewicht des Fisches zum Zeitpunkt t | g

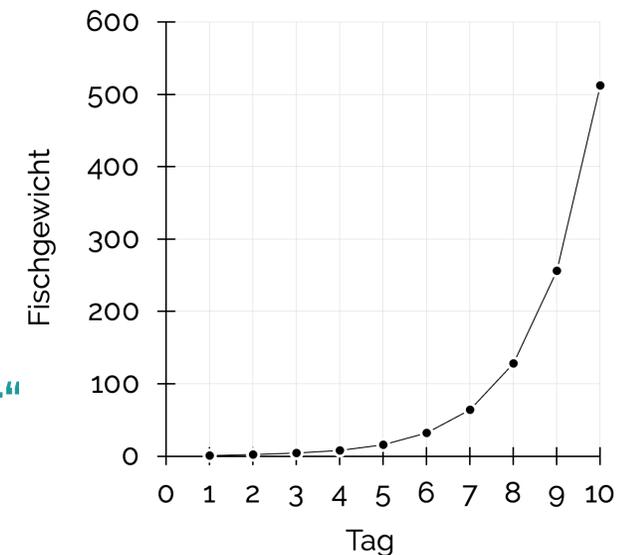
G_0 = Gewicht des Fisches zu Beginn der Wachstumsperiode | g

SGR = Specific Growth Rate | % · d⁻¹ ← quasi der „Bremsfaktor“

t_i = Zeit zum Zeitpunkt i | d

t_0 = Zeit zu Beginn der Wachstumsperiode | d

Exponentielles Wachstums



Grenze des Wachstums - Verfügbarkeit von Ressourcen

- 1
- 2
- 4
- 8
- 16
- 32
- 64
- 128
- 256
- 512
- 1,024
- 2,048
- 4,096
- 8,192
- 16,384
- 32,768
- 65,536
- 131,072
- 262,144
- 524,288
- 1,048,576
- 2,097,151



SCHÄTZUNG DER WACHSTUMSRATE, SGR

$$SGR = \left(\frac{(\ln(m_i) - \ln(m_{i-1}))}{(t_i - t_{i-1})} \right) \cdot 100$$

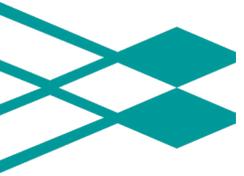
G_i = Gewicht des Fisches zum Zeitpunkt t | g

G_{i-1} = Gewicht des Fisches zu Beginn der Wachstumsperiode | g

SGR = Momentaner Wachstumskoeffizient | $1 \cdot d^{-1}$

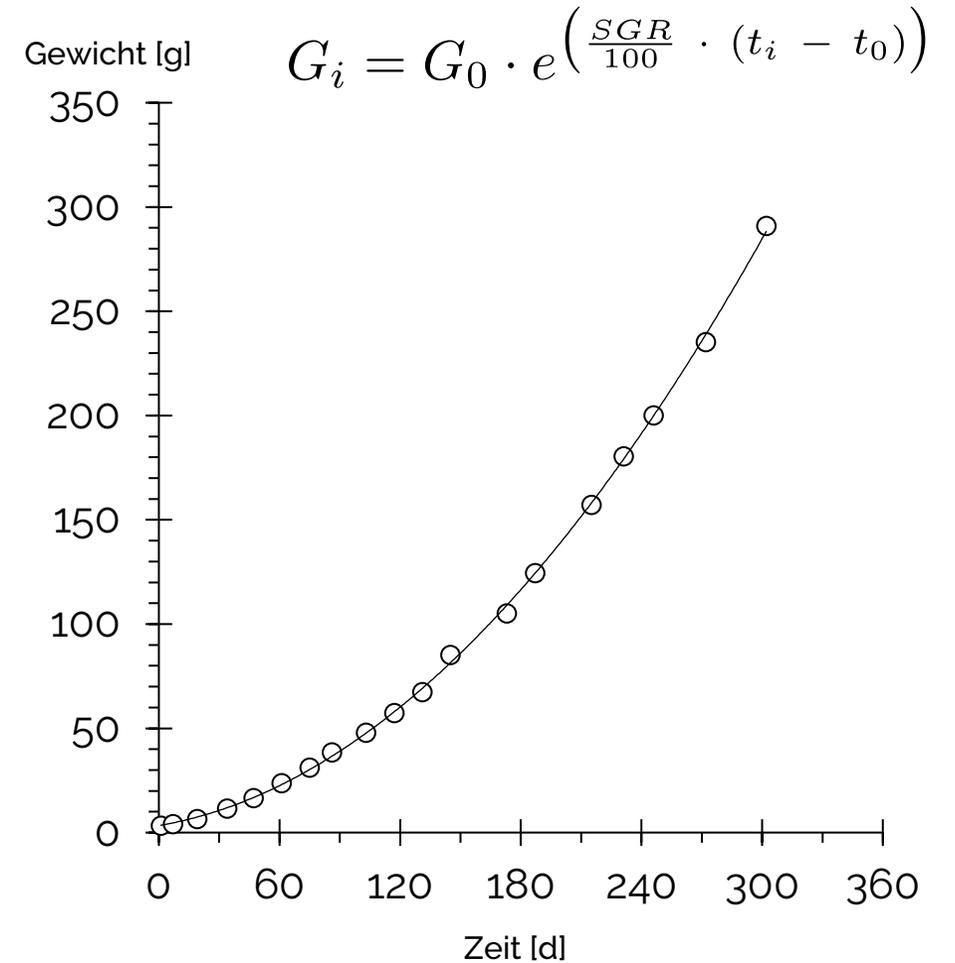
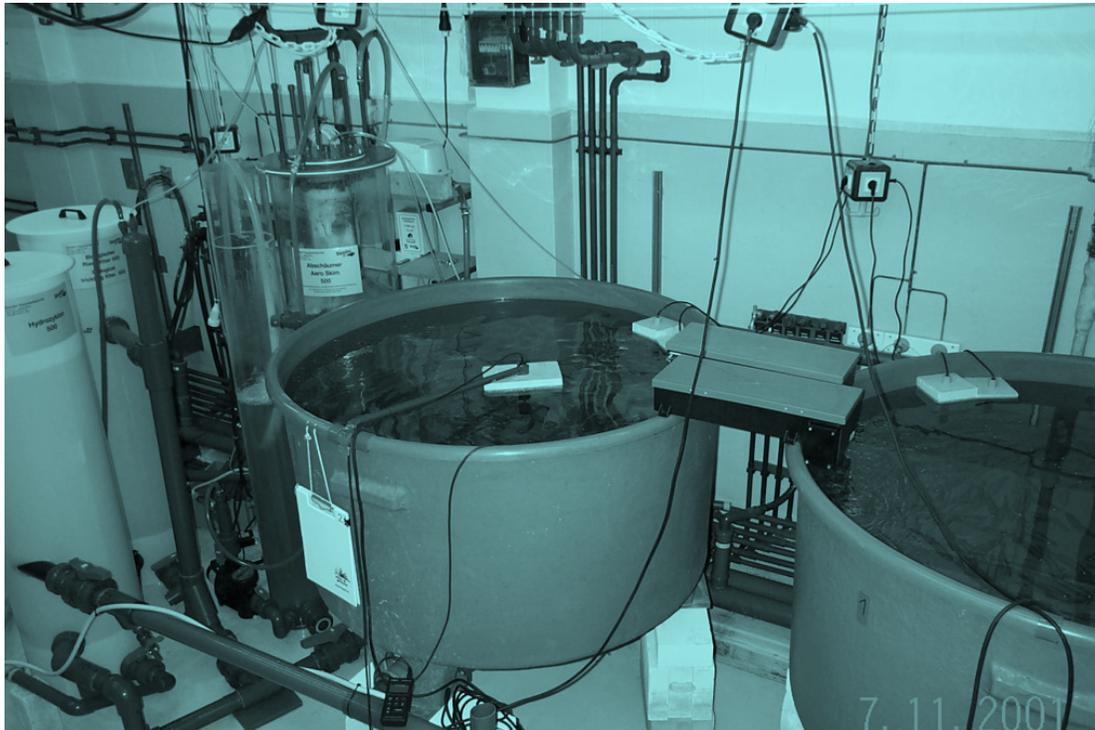
t_i = Zeit zum Zeitpunkt i | d

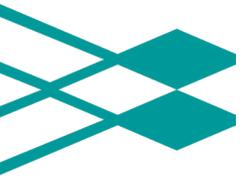
t_{i-1} = Zeit zu Beginn der Wachstumsperiode | d



PROTOTYP II KLA, IfM KIEL, 2001

Wolfsbarsch, *Dicentrarchus labrax*



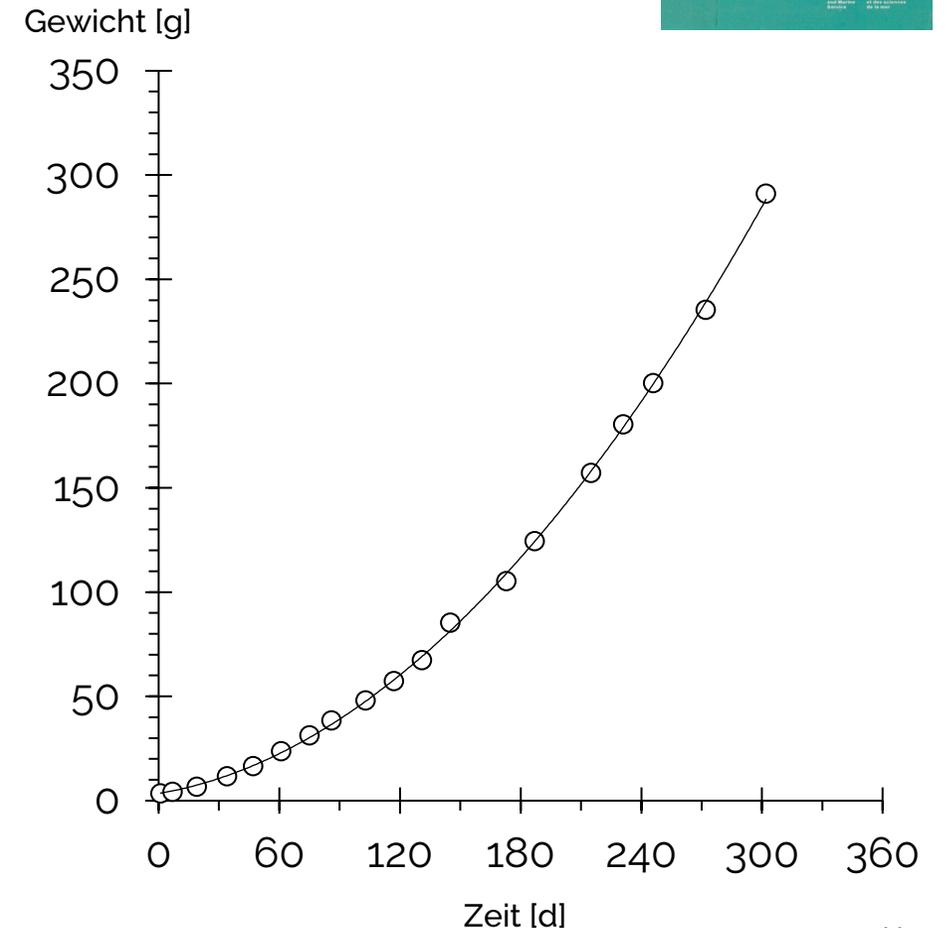
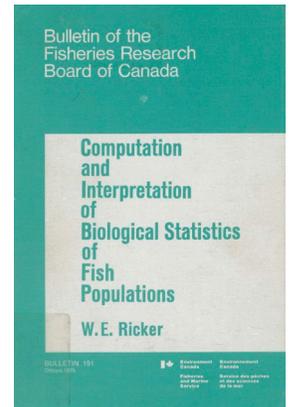


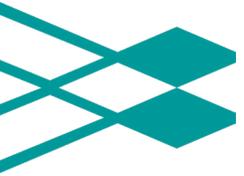
PROTOTYP II KLA, IfM KIEL, 2001

$$G_i = G_0 \cdot e\left(\frac{SGR}{100} \cdot (t_i - t_0)\right)$$

Ricker, der war sich der Grenzen des Modells immer bewusst gewesen und hat das deutlich in den Urschriften betont.

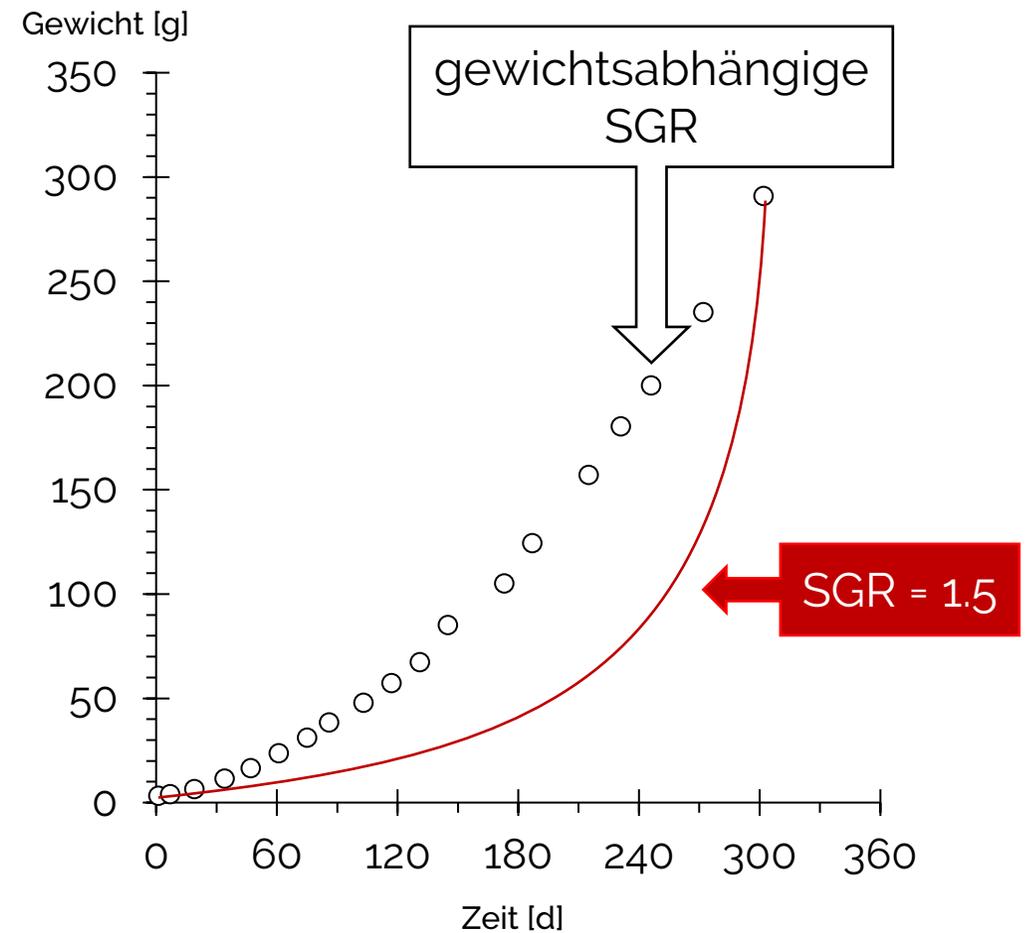
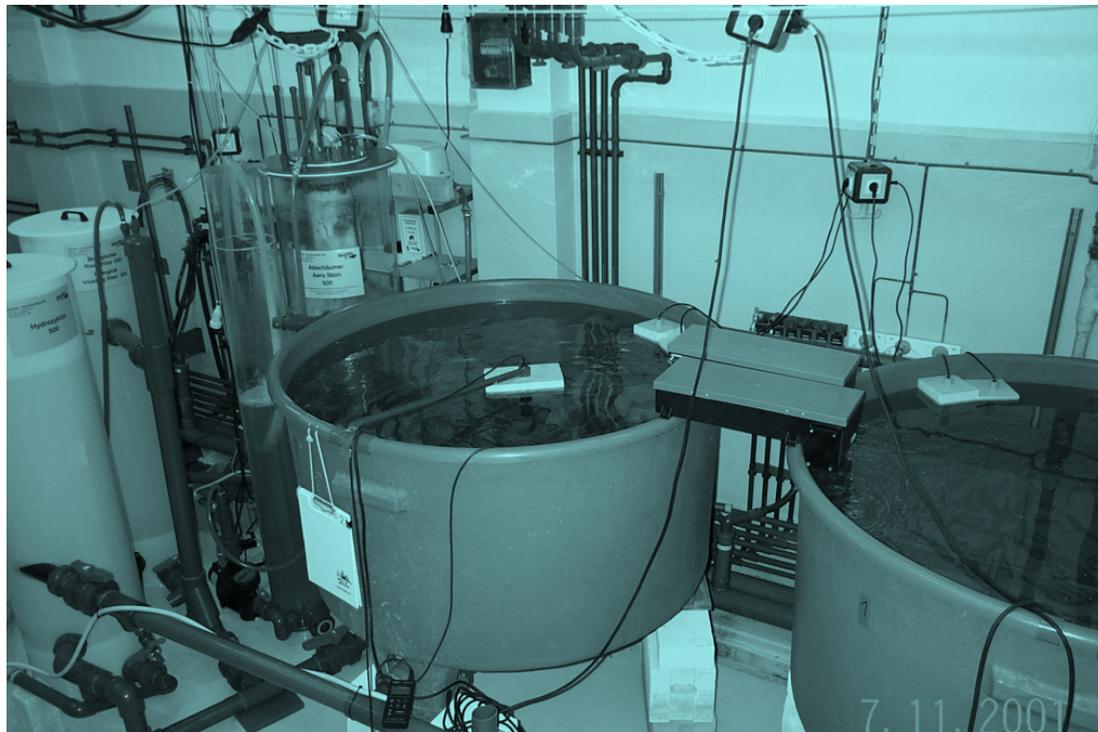
Für die Anwendung gilt, dass die spezifische Wachstumsrate nur für kurze Zeiträume definiert ist und entsprechend eine Wachstumsfunktion auf der artspezifischen Gewichtsabhängigkeit der Wachstumsrate aufgebaut werden muss.

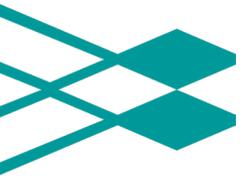




PROTOTYP II KLA, IfM KIEL, 2001

Wolfsbarsch, *Dicentrarchus labrax*





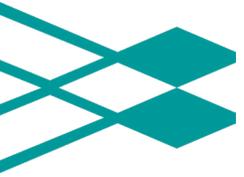
WACHSTUM - MONITORING

Datum	Tag	Mittelgewicht [g]	SGR %·d ⁻¹
18.02.16	1	3.4	
24.02.16	7	4.2	3.5
07.03.16	19	6.6	3.8
22.03.16	34	11.6	3.8
04.04.16	47	16.6	2.8
18.04.16	61	23.7	2.5
02.05.16	75	31.3	2.0
13.05.16	86	38.5	1.9
30.05.16	103	48.0	1.3
13.06.16	117	57.4	1.3
27.06.16	131	67.4	1.1
11.07.16	145	85.3	1.7
08.08.16	173	105.2	0.7
22.08.16	187	124.5	1.2
19.09.16	215	157.2	0.8
05.10.16	231	180.5	0.9
20.10.16	246	200.2	0.7
15.11.16	272	235.3	0.6
15.12.16	302	291.0	0.7

Europäischer Wolfsbarsch, *Dicentrarchus labrax*



Quelle: Labor Aquakultur-Prozesstechnik htw saar



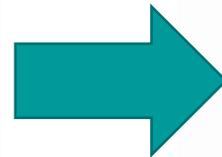
WACHSTUM - MONITORING



1. Stichprobe (50 bis 100 Fische) nehmen und die Fische in einem belüfteten Wasserbehälter zwischenhalten.



2. Gefäß mit Wasser wiegen, Gewicht notieren



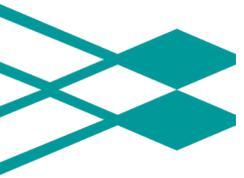
3. Einen Fisch in das Gefäß überführen und Gefäß mit Wasser und Fisch wiegen. Wassergewicht subtrahieren und Gewicht notieren.



4. Einzelgewichte in eine Liste eintragen



Nr	G g	Nr	G g
1	3.5	26	3.8
2	3.4	27	3.9
3	3.6	28	3.8
4	4.1	29	4.1
5	4.1	30	3.0
6	3.4	31	3.5
7	2.8	32	3.6
8	3.9	33	2.7
9	2.9	34	2.9
10	2.7	35	4.2
11	2.4	36	4.0
12	3.6	37	3.7
13	2.4	38	4.0
14	3.2	39	3.1
15	2.7	40	2.6
16	2.9	41	3.9
17	4.2	42	3.8
18	3.3	43	4.3
19	2.5	44	3.6
20	3.4	45	4.0
21	3.4	46	3.5
22	4.2	47	3.0
23	3.8	48	2.6
24	3.5	49	2.9
25	3.9	50	4.1



WACHSTUM - MONITORING

5. Übertragen der Liste zum Beispiel in MS EXCEL

A	B	C	D	E
1	Nr	G g	Nr	G g
2	1	3.5	26	3.8
3	2	3.4	27	3.9
4	3	3.6	28	3.8
5	4	4.1	29	4.1
6	5	4.1	30	3.0
7	6	3.4	31	3.5
8	7	2.8	32	3.6
9	8	3.9	33	2.7
10	9	2.9	34	2.9
11	10	2.7	35	4.2
12	11	2.4	36	4.0
13	12	3.6	37	3.7
14	13	2.4	38	4.0
15	14	3.2	39	3.1
16	15	2.7	40	2.6
17	16	2.9	41	3.9
18	17	4.2	42	3.8
19	18	3.3	43	4.3
20	19	2.5	44	3.6
21	20	3.4	45	4.0
22	21	3.4	46	3.5
23	22	4.2	47	3.0
24	23	3.8	48	2.6
25	24	3.5	49	2.9
26	25	3.9	50	4.1

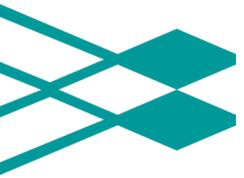
6. Berechnen des Mittelwertes, \bar{G} :

$$\bar{G} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

EXCEL ↪ = Mittelwert(C2:C26;D2:D26)

7. Die Mittelwerte in eine Tabelle eintragen, so dass damit weitere Rechnungen durchgeführt werden können.

Datum	Tag	Mittelgewicht [g]
18.02.16	1	3.4
24.02.16	7	4.2
07.03.16	19	6.6
22.03.16	34	11.6
04.04.16	47	16.6
18.04.16	61	23.7
02.05.16	75	31.3
13.05.16	86	38.5
30.05.16	103	48.0
13.06.16	117	57.4
27.06.16	131	67.4



WACHSTUM - MONITORING

Europäischer Wolfsbarsch, *Dicentrarchus labrax*

Datum	Tag	Mittelgewicht [g]	SGR %·d ⁻¹
18.02.16	1	3.4	
24.02.16	7	4.2	3.516
07.03.16	19	6.6	3.767
22.03.16	34	11.6	3.760
04.04.16	47	16.6	2.757
18.04.16	61	23.7	2.543
02.05.16	75	31.3	1.987
13.05.16	86	38.5	1.882
30.05.16	103	48.0	1.297
13.06.16	117	57.4	1.277
27.06.16	131	67.4	1.147
11.07.16	145	85.3	1.682
08.08.16	173	105.2	0.749
22.08.16	187	124.5	1.203
19.09.16	215	157.2	0.833
05.10.16	231	180.5	0.863
20.10.16	246	200.2	0.691
15.11.16	272	235.3	0.621
15.12.16	302	291.0	0.708

$$SGR = \left(\frac{\ln(G_i) - \ln(G_{i-1})}{(t_i - t_{i-1})} \right) \cdot 100$$

$$SGR = \left(\frac{\ln(4.2) - \ln(3.4)}{(7 - 1)} \right) \cdot 100$$

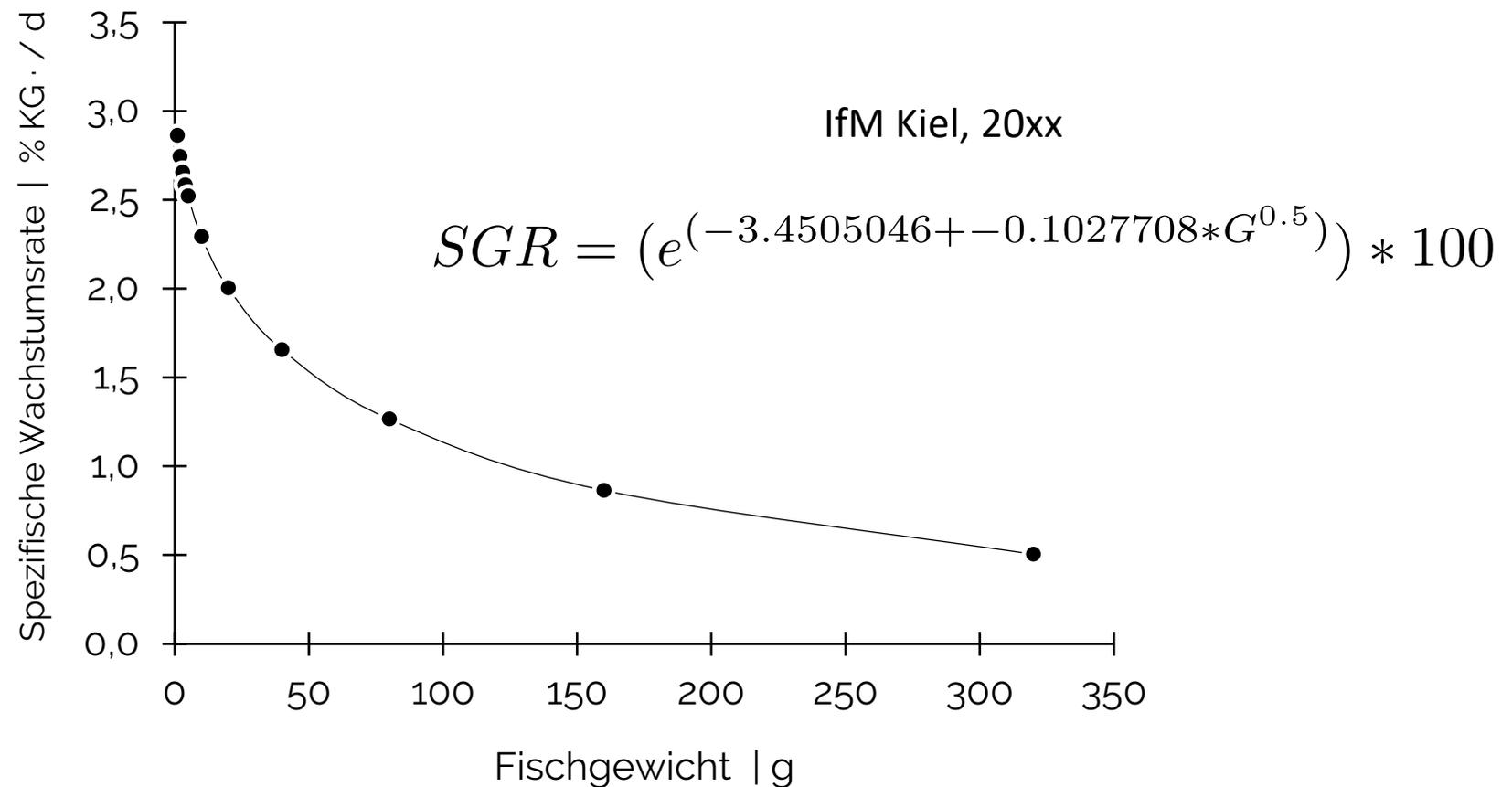
$$SGR = \left(\frac{(1.435 - 1.224)}{6} \right) \cdot 100 = 3.516$$

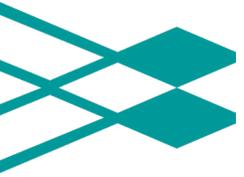
EXCEL ↷ $=((\ln(D3)-\ln(D2))/(C3-C2))*100$



GEWICHTSABHÄNGIGKEIT DES WACHSTUMS

Europäischer Wolfsbarsch, *Dicentrarchus labrax*

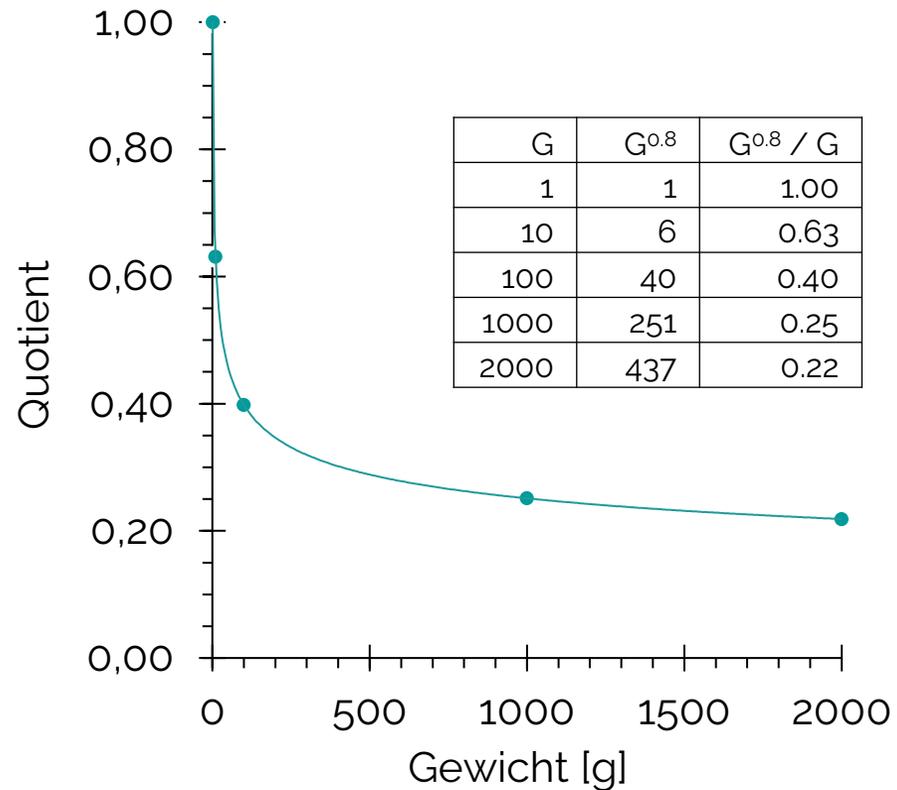




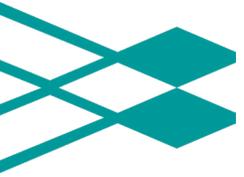
WACHSTUM UND GASAUSTAUSCH

$$\text{Kiemenfläche} = \text{Kiemenfläche}_0 \cdot G^{0.8}$$

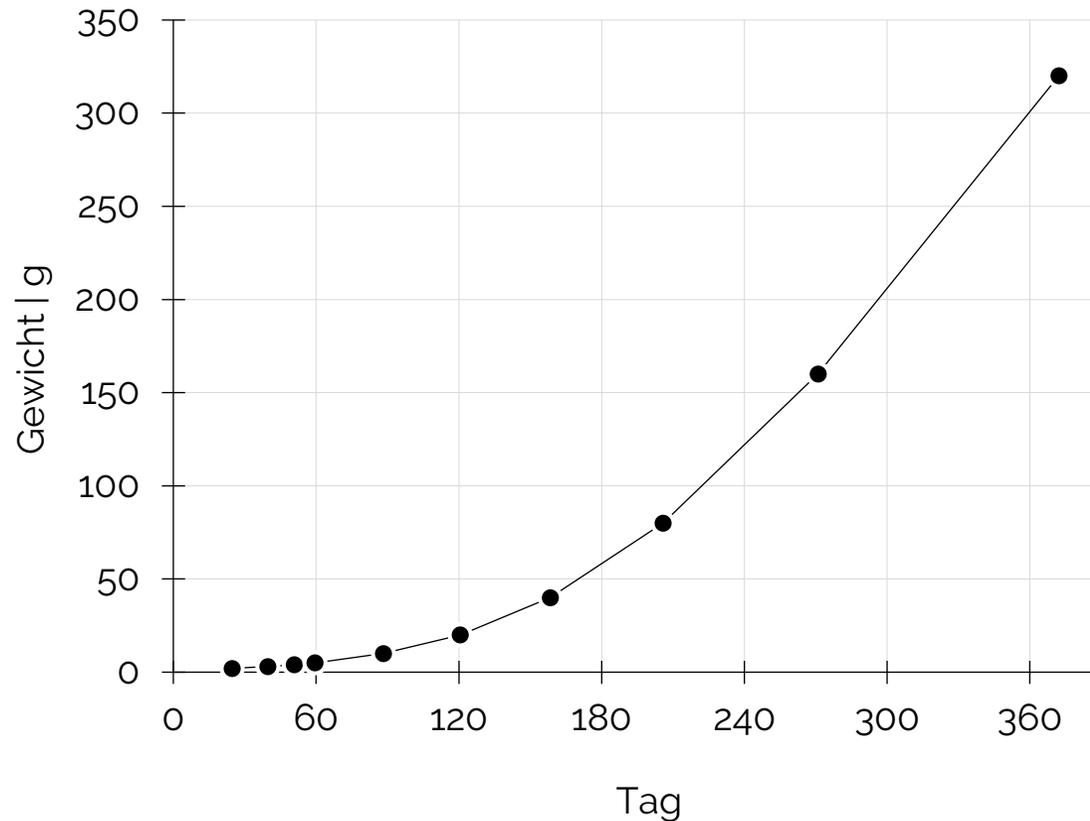
Ricker's Modell gilt deshalb nur für kurze Zeiträume



Das Wachstum von Fischen wird durch den Gasübergang (Sauerstoff) über die Kiemenoberfläche begrenzt.



GEWICHTSWACHSTUM

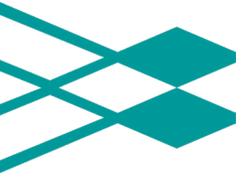


1. Schätzung der Wachstumsrate bei gegebenem Gewicht

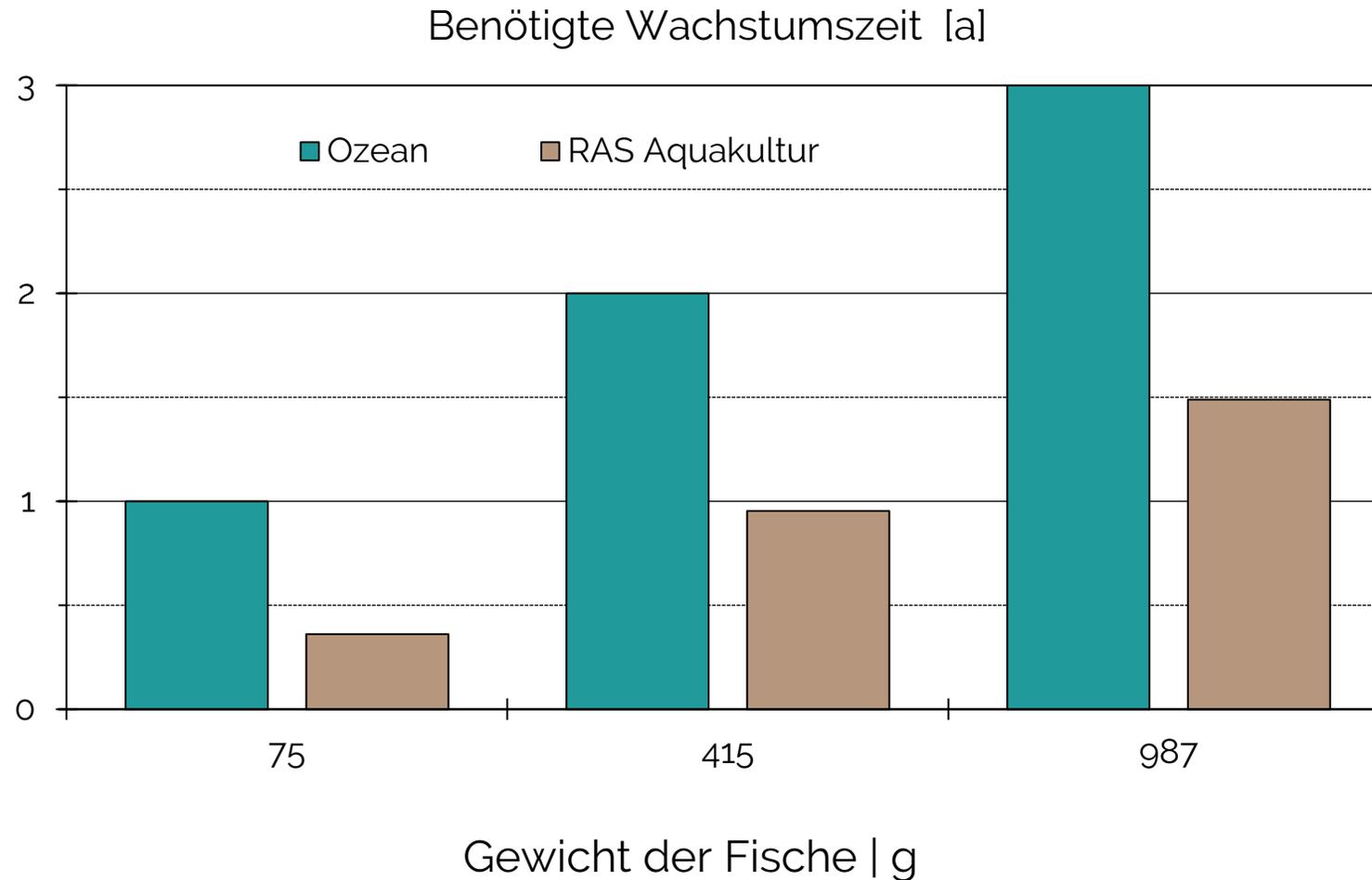
$$SGR = \left(e^{(-3.4505046 + -0.1027708 * G^{0.5})} \right) * 100$$

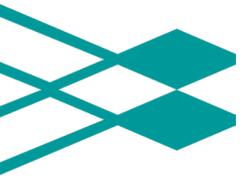
2. Schätzung des Zuwachsgewichtes und des Gewichtes am folgenden Tag

$$G_t = G_{t-1} + \frac{G_{t-1}}{100} \cdot SGR_{t-1}$$



WACHSTUM OZEAN VS AQUAKULTUR





ABHÄNGIGKEIT DES WACHSTUMS VON UMWELTFAKTOREN

abiotische Faktoren

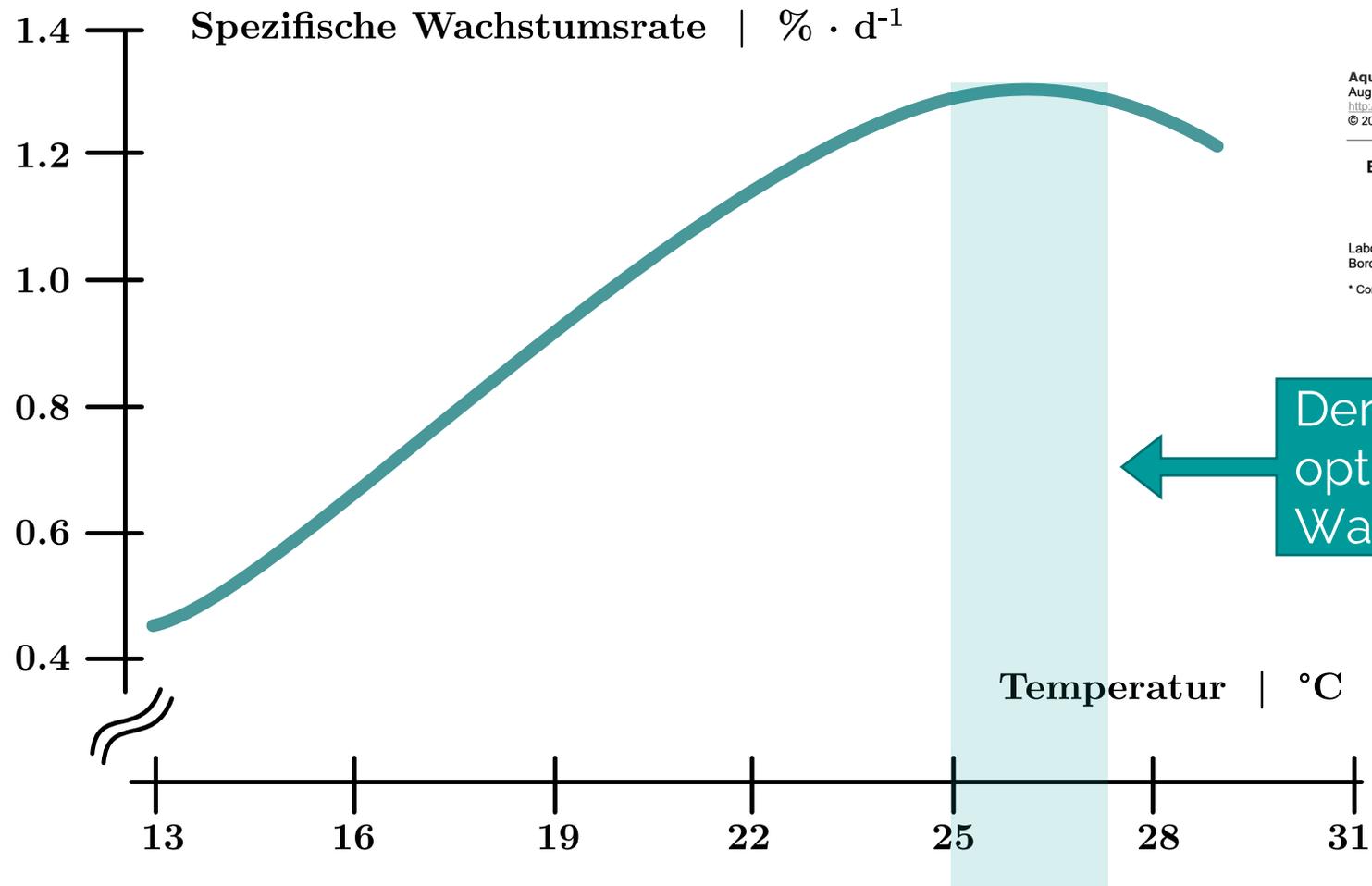
Temperatur
Salzgehalt
Sauerstoffgehalt

biotische Faktoren

Nahrungsangebot
Konkurrenz
Größe der Fische - Alter
Geschlechtsreife - Alter
Reproduktionsstatus



WACHSTUM UND TEMPERATUR



nachgezeichnet nach:

Aquaculture
August 2004; 237(1-4) : 269-280
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.04.021>
© 2004 Elsevier B.V. All rights reserved.

Archimer <http://www.ifremer.fr/docelec/>
Archive Institutionnelle de l'Ifremer

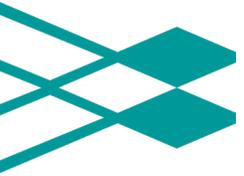
Effects of temperature on growth and metabolism in a Mediterranean population of European sea bass, *Dicentrarchus labrax*

J. Person-Le Ruyet*, K. Mahé, N. Le Bayon and H. Le Delliou

Laboratoire Adaptation Reproduction Nutrition des Poissons, UMR Inra-Ifremer-Université de Bordeaux I, Ifremer, Centre de Brest, BP 70, 29280, Plouzané, France

* Corresponding author. Jeannine.Person@ifremer.fr Tel.: +33-2-98-22-43-91; fax: +33-2-98-22-43-66

Der Bereich des optimalen Wachstums



WACHSTUM UND SALZGEHALT



Physiology & Behavior 85 (2005) 333–339

PHYSIOLOGY
&
BEHAVIOR

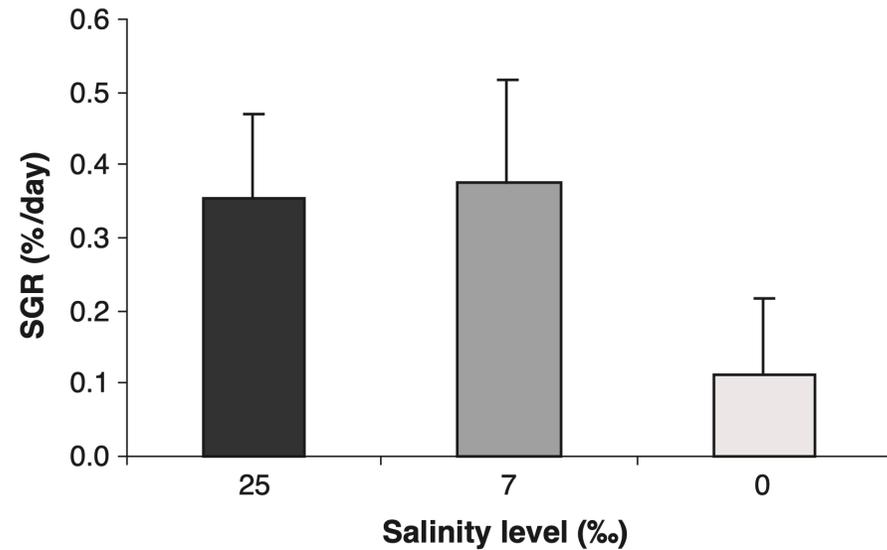


Fig. 3. Influence of decreasing salinity levels on specific growth rate (SGR). Values represent the mean \pm S.E.M. of eight fish groups. No significant differences were found.

Fischgewicht 52 - 78 g

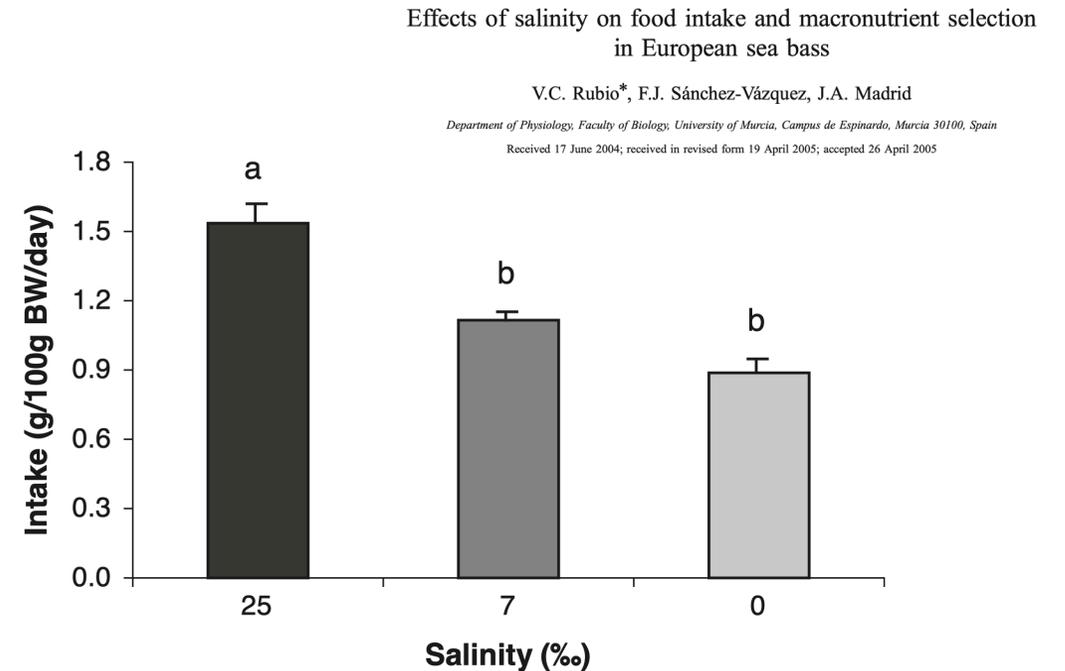
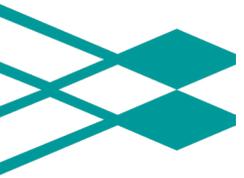
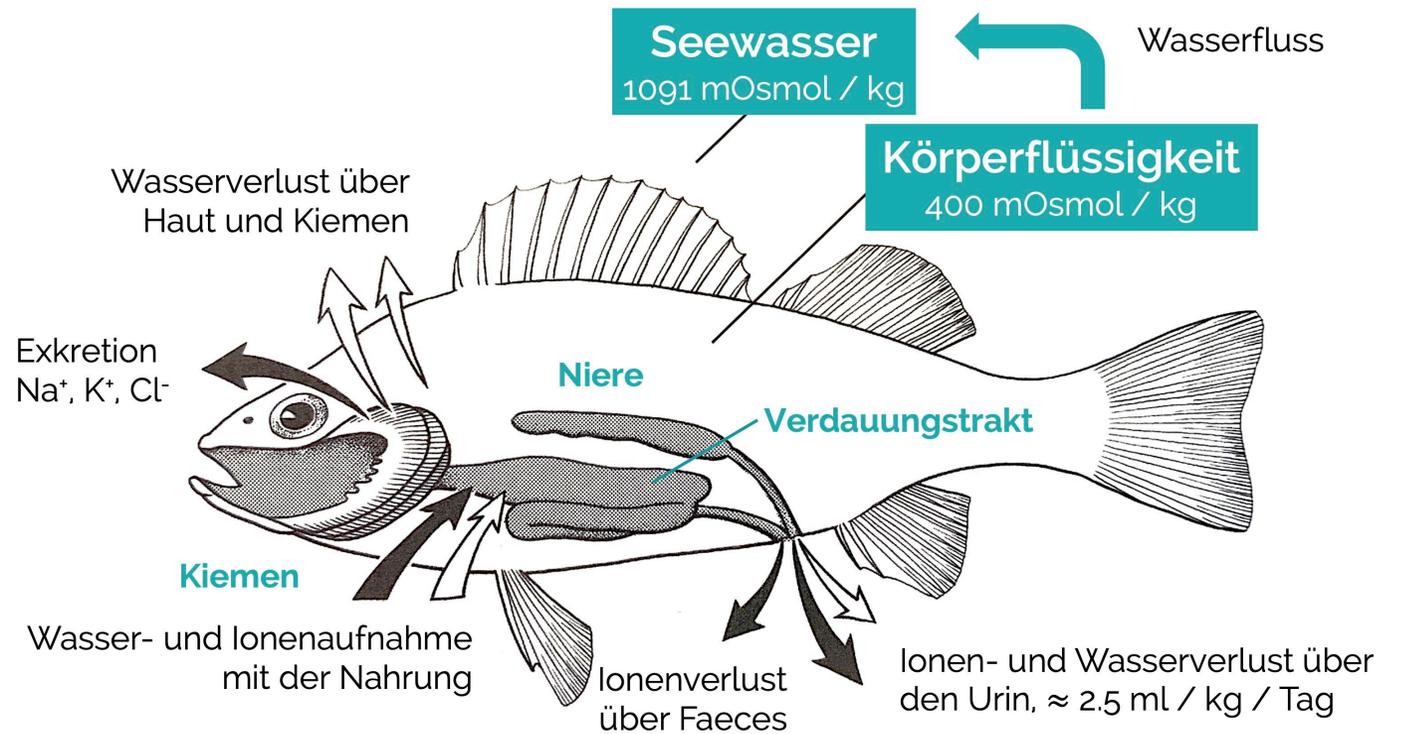
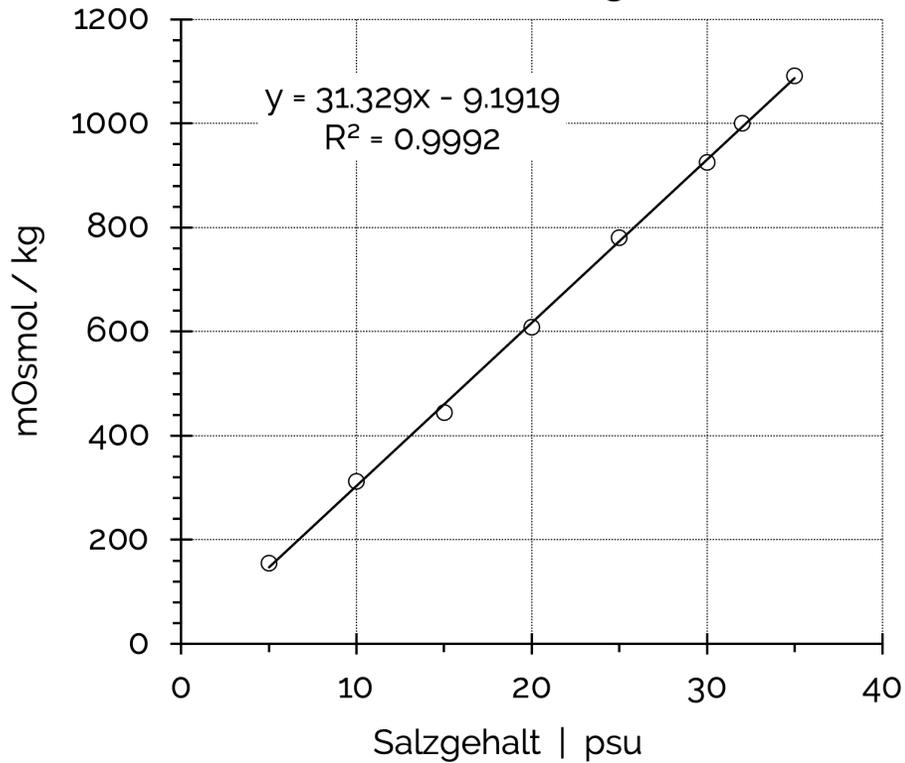


Fig. 1. Effect of decreasing salinity levels on total food intake. Values represent the mean \pm S.E.M. of eight fish groups. Different superscripts denote statistically significant differences: $P < 0.05$ (ANOVA).



WACHSTUM UND SALZGEHALT

Osmolalität vs Salzgehalt





SALZGEHALTSTOLERANZ

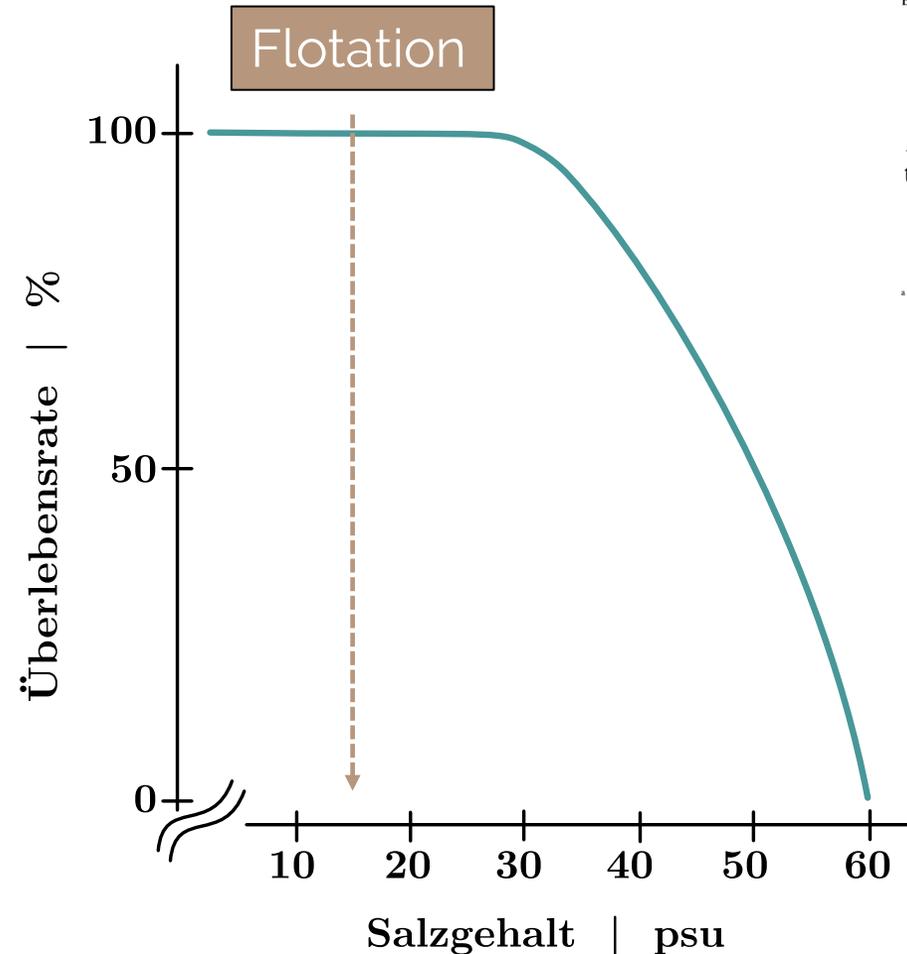
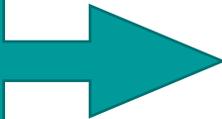
nachgezeichnet nach:



Aquaculture 169 (1998) 303–313

Aquaculture

Der Wolfsbarsch ist eine Fischart mit hoher Toleranz gegenüber wechselnden Salzgehalten



Oxygen consumption in sea bass fingerling *Dicentrarchus labrax* exposed to acute salinity and temperature changes: metabolic basis for maximum stocking density estimations

Josef Dalla Via ^{a,*}, Paolo Villani ^b, Edmund Gasteiger ^c, Harald Niederstätter ^a

^a Institute of Zoology and Limnology, Department of Ecophysiology, University of Innsbruck, Technikerstrasse 25, A-6020 Innsbruck, Austria

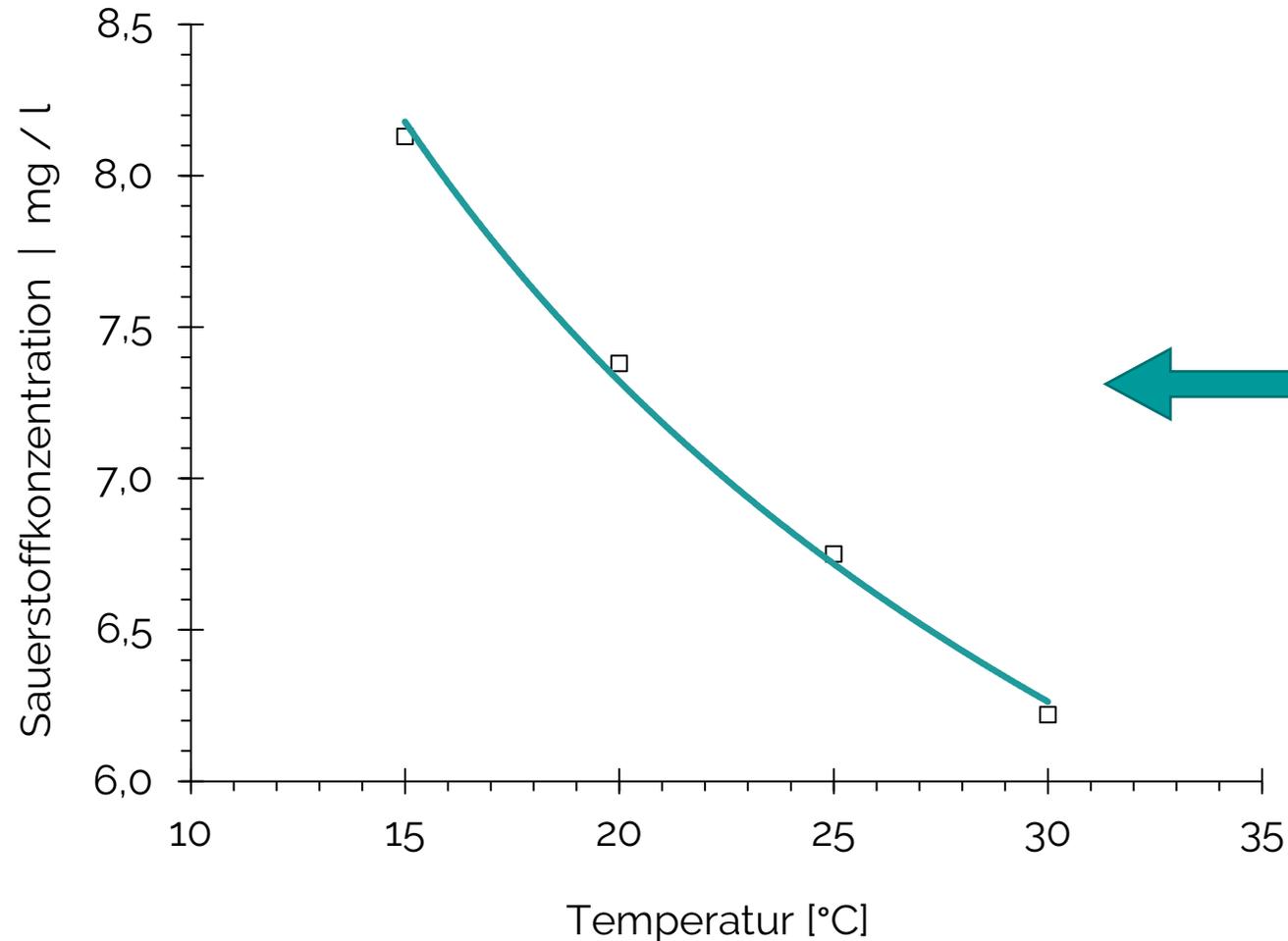
^b Istituto per lo Studio degli Ecosistemi Costieri-CNR, Via Pola 4, I-71010 Lesina, Italy

^c Ökozentrum Neustift, Stiftstrasse 1, I-39040 Vahrn, Italy

psu:
practical
salinity
unit

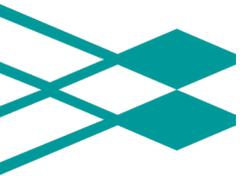


WACHSTUM UND SAUERSTOFF



Die Sättigungskonzentration für Sauerstoff im Wasser nimmt mit zunehmender Temperatur ab.

Die Sauerstoffaufnahme von Fischen kann bei steigenden Wassertemperaturen nicht mehr ausreichen, um das Wachstumspotential nutzen zu können.



WACHSTUM UND SAUERSTOFF

Sauerstoffregime	Sauerstoffsättigung [%]	Spezifische Wachstumsrate [% d ⁻¹]
Konstant hoch	86	1.02 ± 0.08
Schwankend Sinusfunktion Periode 770 min	86-40	0.94 ± 0.19
Sauerstoffmangel	40	0.78 ± 0.22



Aquaculture 174 (1999) 355–367

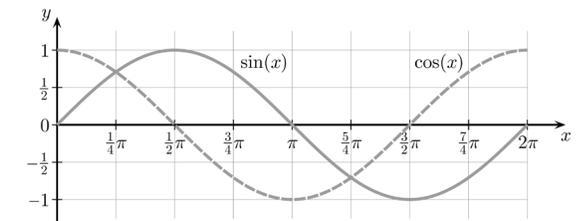
Aquaculture

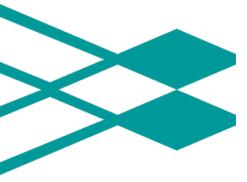
Growth of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) under hypoxic and oscillating oxygen conditions

Helmut Thetmeyer ^{a,*}, Uwe Waller ^a, Kenneth D. Black ^b,
Stefan Inselmann ^a, Harald Rosenthal ^a

^a Institut für Meereskunde an der Universität Kiel, Abteilung Fischereibiologie, Düsternbrooker Weg 20, D-24105 Kiel, Germany

^b Dunstaffnage Marine Laboratory, PO Box 3, Oban, Argyll, Scotland, PA34 4AD, UK





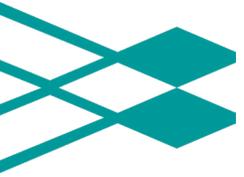
ABHÄNGIGKEIT DES WACHSTUMS VON UMWELTFAKTOREN

abiotische Faktoren

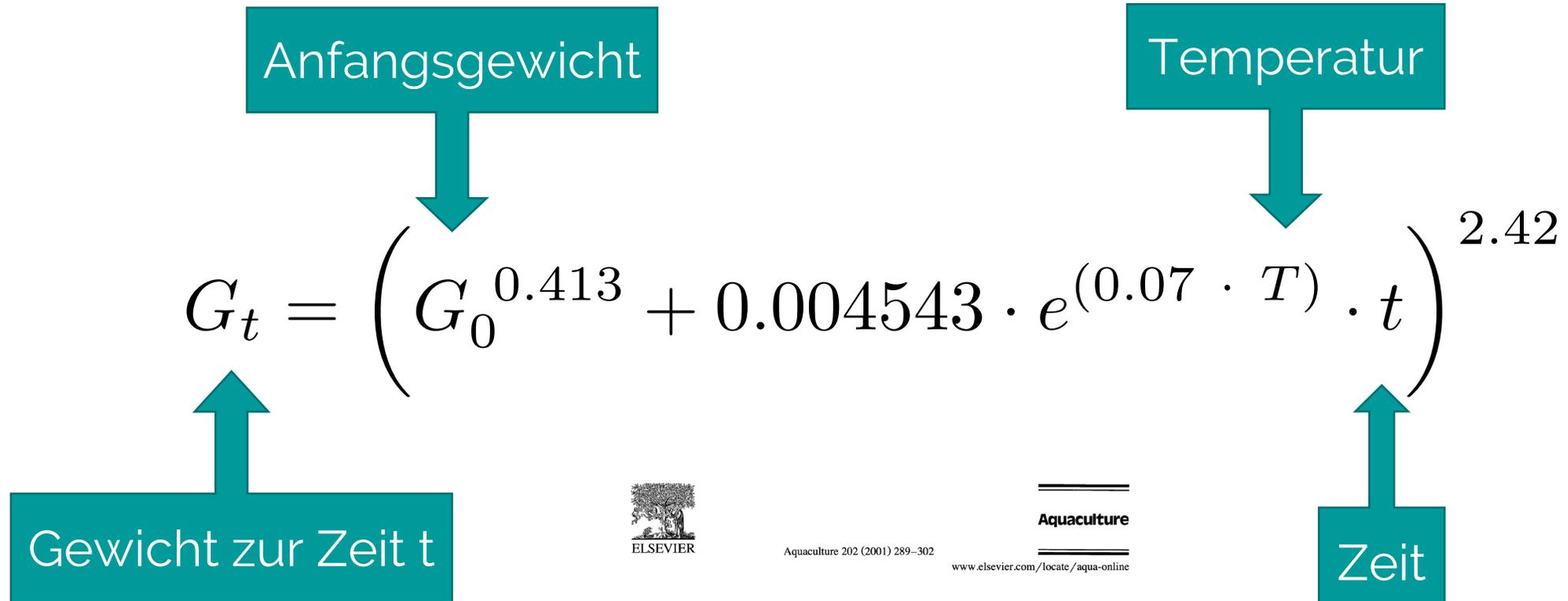
Temperatur
Salzgehalt
Sauerstoffgehalt

biotische Faktoren

Nahrungsangebot
Konkurrenz
~~Größe der Fische - Alter~~
~~Geschlechtsreife - Alter~~
Reproduktionsstatus



EIN KOMPLEXES WACHSTUMSMODELL



ELSEVIER

Aquaculture 202 (2001) 289–302

www.elsevier.com/locate/aqua-online

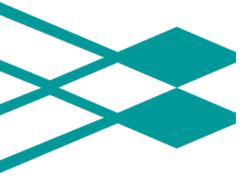
Aquaculture

Optimization of feeding regimes for European sea bass *Dicentrarchus labrax*: a factorial approach

Ingrid Lupatsch^{a,*}, George Wm. Kissil^a, David Sklan^b

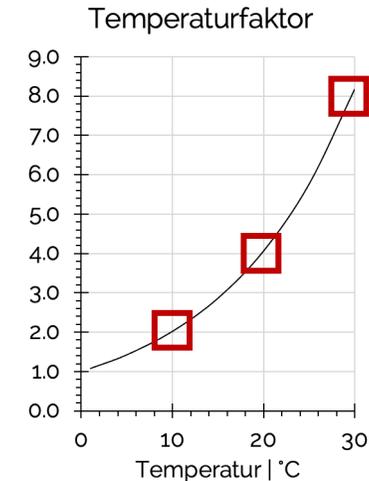
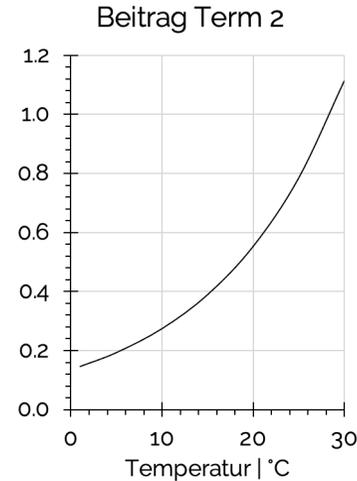
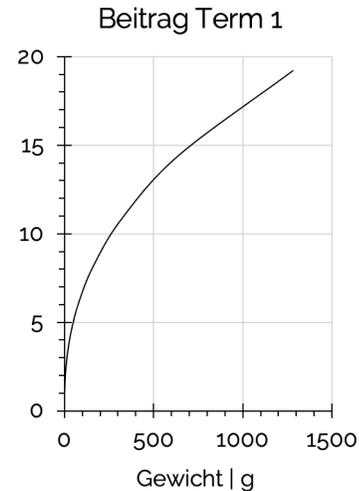
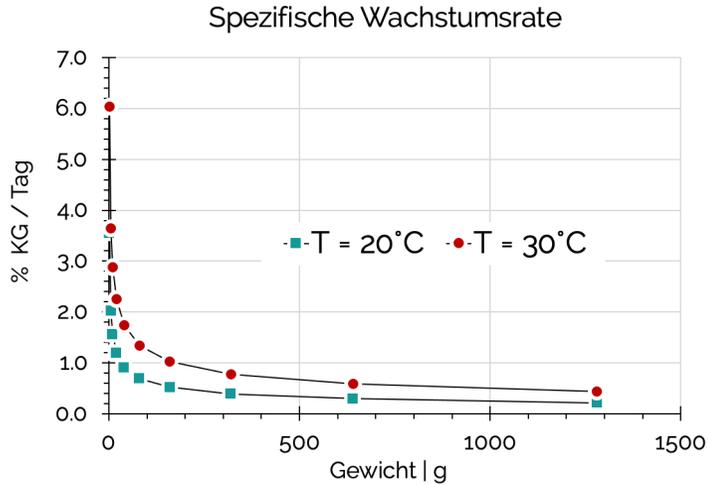
^a National Center for Mariculture, Israel Oceanographic and Limnological Research, POB 1212, Eilat 88112, Israel

^b Faculty of Agriculture, Hebrew University of Jerusalem, POB 12, Rehovot 76100, Israel



MODELL - ANALYSE

für ein Zeitintervall = 30 Tage



Aquaculture 202 (2001) 289–302

www.elsevier.com/locate/aqua-online

Aquaculture

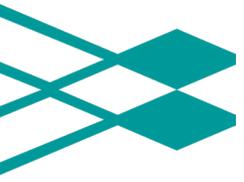
Optimization of feeding regimes for European sea bass *Dicentrarchus labrax*: a factorial approach

Ingrid Lupatsch^{a,*}, George Wm. Kissil^a, David Sklan^b

^a National Center for Mariculture, Israel Oceanographic and Limnological Research, POB 1212, Eilat 88112, Israel

^b Faculty of Agriculture, Hebrew University of Jerusalem, POB 12, Rehovot 76100, Israel

$$G_t = \left(\underbrace{G_0^{0.413}}_{\text{Term 1}} + \underbrace{0.004543 \cdot e^{(0.07 \cdot T)} \cdot t}_{\text{Term 2}} \right)^{2.42}$$



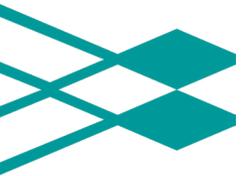
FUTTERKOEFFIZIENT

FEED CONVERSION RATIO (FCR)

$$\text{Futterquotient} = \frac{\text{Futtermasse}}{\text{Zuwachs Fischmasse}}$$

Futter in Trockengewicht (6-8% Wasser)

Fischgewicht als Nassgewicht (80% Wasser)



FUTTERKOEFFIZIENT

Datum	Mittleres Gewicht g	Anzahl Fische	Futter g / d	Summe Futter g	Futter pro Fisch g	FQ
18.02.16	3.4	1518				
19.02.16			180			
20.02.16			184			
21.02.16			188			
22.02.16			192			
23.02.16			196			
24.02.16	4.2		200	1141	0.75	0.94
25.02.16			204			
26.02.16			208			
27.02.16			212			
28.02.16			217			
29.02.16			221			
01.03.16			225			
02.03.16			229			
03.03.16			233			
04.03.16			237			
05.03.16			241			
06.03.16			245			
07.03.16	6.6		308	2781	1.83	0.76
08.03.16			314			
09.03.16			320			

180
184
188
192
196
200

1141

$$\text{Futtermasse} = \sum \text{Tägliche Futtermasse}$$

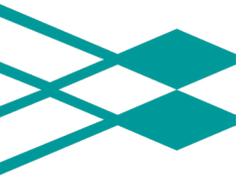
$$\text{Futtermasse pro Fisch} = \frac{\sum \text{Tägliche Futtermasse}}{\text{Anzahl der Fische}}$$

$$= \frac{1141}{1518} = 0.75 \text{ g}$$

$$\text{Zuwachs pro Fisch} = \text{Endgewicht} - \text{Anfangsgewicht}$$

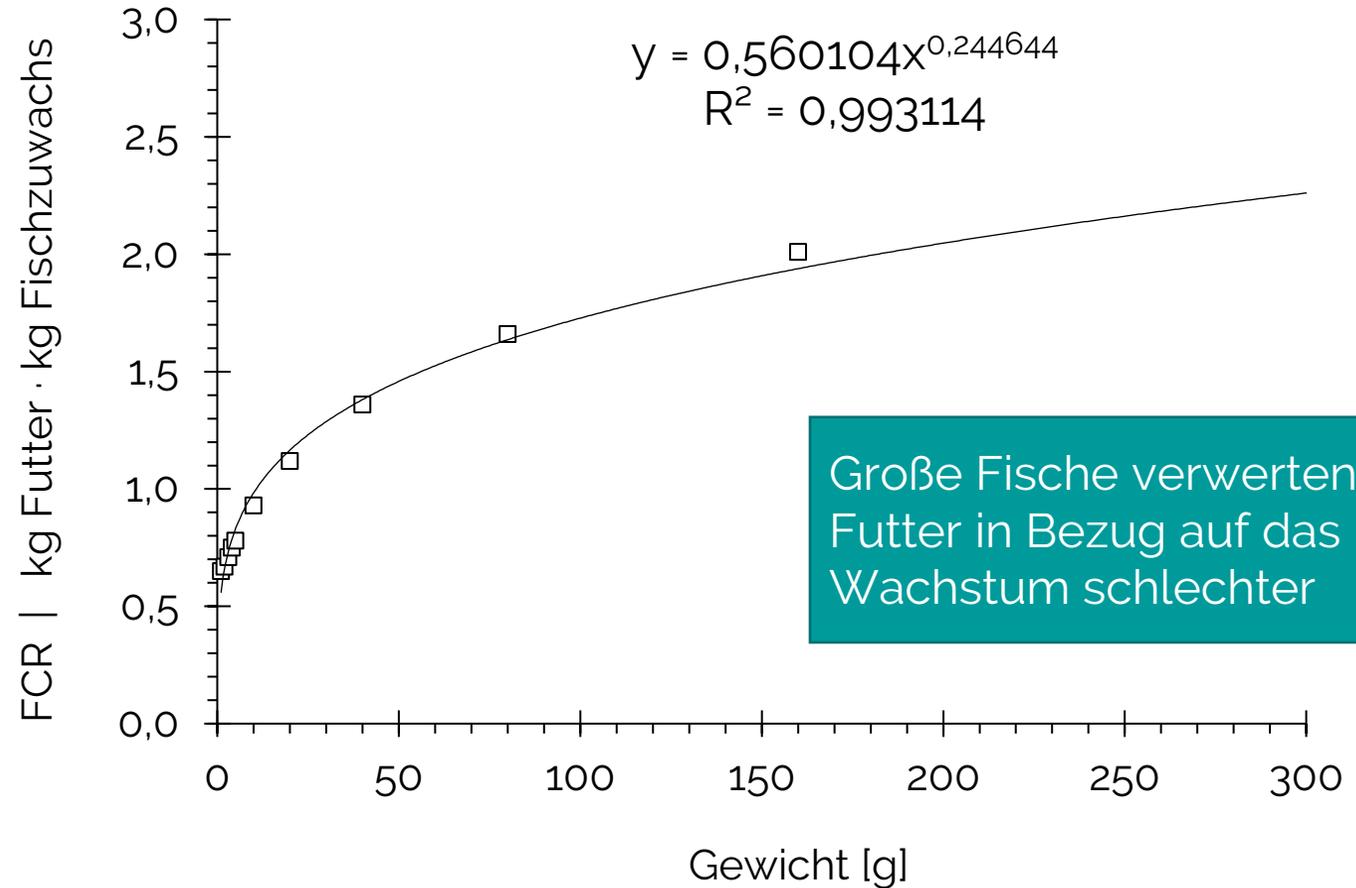
$$= 4.2 - 3.4 = 0.8 \text{ g}$$

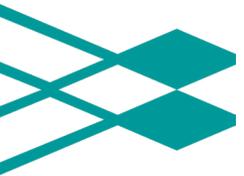
$$FCR = \frac{\text{Futtermasse [g]}}{\text{Zuwachs [g]}} = \frac{0.75}{0.8} = 0.94$$



FUTTERKOEFFIZIENT

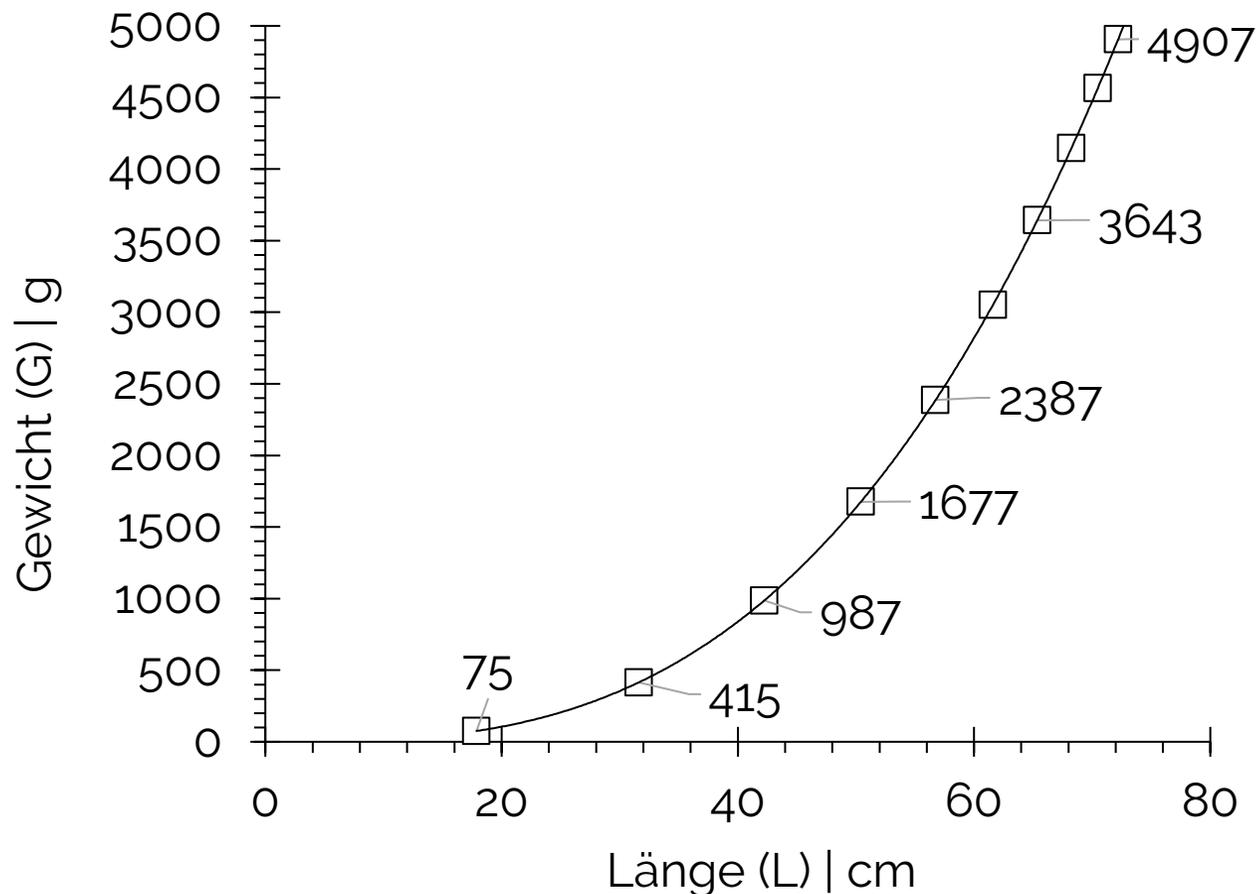
Gewicht [g]	FCR
1	0.65
2	0.67
3	0.71
4	0.75
5	0.78
10	0.93
20	1.12
40	1.36
80	1.66
160	2.01
320	2.40





KONDITIONSFAKTOR

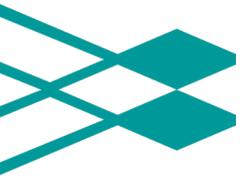
Längen-Gewichtsbeziehung Europäischer Wolfsbarsch, *Dicentrarchus labrax*



$$G = a \cdot L^b$$

$$G = 0.014 \cdot L^{2.99}$$

Parameter können zum Beispiel der Fishbase (fishbase.de) entnommen werden



KONDITIONSFAKTOR

$$G = a \cdot L^b \quad \Rightarrow \quad G = K \cdot L^3$$

Gewicht g	Fulton's Konditionsfakt r	
406	1.6	1.2 - 2.3
406	1.5	1.3 - 2.1
399	1.6	0.8 - 2.5
403	1.6	0.8 - 2.5

Konditionsfaktoren für den Europäischen
Wolfsbarsch aus Netzkäfigen in Italien und
Griechenland

mit K = Konditionsfaktor ergibt sich

$$K = \frac{G}{L^3}$$

ENDE

Fragen gerne an Prof. Dr. Uwe Waller
uw@seawatercubes.de