

3 Ergebnisse

3.1 Haltung

3.1.1 Umgebungsparameter

Grundlage für die Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse war die Gewährleistung konstanter Rahmenbedingungen für die Durchführung der experimentellen Untersuchungen. Daher wurden im Rahmen der Normierung der Versuchsbedingungen die wichtigsten Haltungparameter, wie Wassertemperatur, Sauerstoff- und Ammoniumgehalt, der pH-Wert sowie die Raumtemperatur und die Umgebungstemperatur der Züchtungshalle in ihrem Verlauf beobachtet, d. h. gemessen.

Die Abb. 3.1 gibt Auskunft über den Verlauf der aus den minimalen und maximalen Außen- und Innentemperaturen berechneten Durchschnittstemperaturen, der Photoperiode von Berlin sowie der Wassertemperatur im Becken 1501 über den Zeitraum eines Jahres (07/99-07/00).

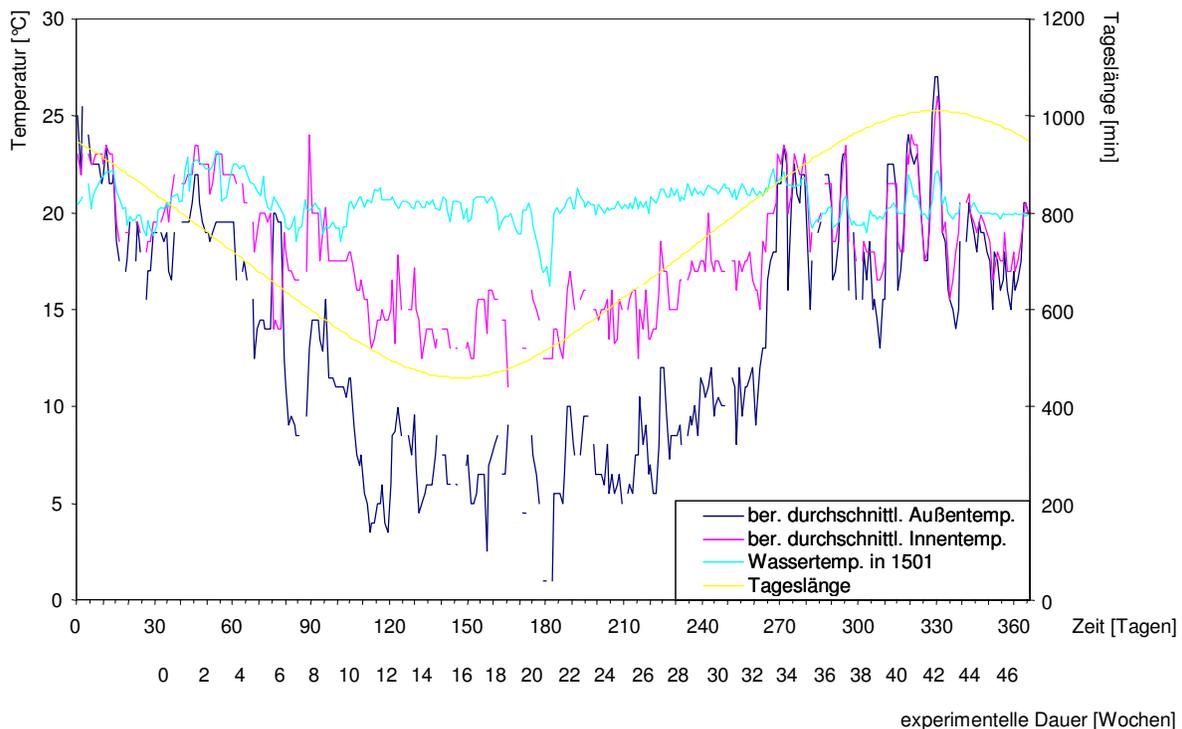


Abb. 3.1: Verlauf der berechneten, durchschnittlichen Außen- und Innentemperaturen [°C] der Versuchshalle (jeweils mit N = 329), der Wassertemperatur [°C] in Becken 1501 (N = 329), sowie der Tageslänge [min] in Berlin (N = 365) vom 28. Juli 1999 bis zum 27. Juli 2000.

Es wird deutlich, dass sowohl die berechnete, durchschnittliche Außentemperatur als auch die berechnete, durchschnittliche Innenraumtemperatur der Züchtungshalle parallel zur Tageslänge, d. h. zur Photoperiode von Berlin in Abhängigkeit der Jahreszeiten verlaufen. Mit Hilfe der Korrelationsanalyse nach SPEARMAN konnten korrelative Zusammenhänge statistisch nachgewiesen werden (Tab. 3.1). So korrelieren sowohl die Außen- als auch die Innentemperatur miteinander. Desweiteren besteht ein Zusammenhang zwischen Letztgenannten und der Tageslänge von Berlin. Eine Korrelation zwischen der berechneten durchschnittlichen Innentemperatur und der gemessenen Wassertemperatur im Becken 1501 konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Somit unterlag der Verlauf der Wassertemperatur ausschließlich der experimentellen Normierung.

Tab. 3.1: Statistische Überprüfung korrelativer Zusammenhänge zwischen den Umgebungsparametern und auch der Wassertemperatur in Becken 1501 vom 28. Juli 1999 bis zum 27. Juli 2000 durch den Rangkorrelationskoeffizienten von SPEARMAN r_s (ordinale Daten). Vollständige negative (d.h. gegenläufige) Korrelation liegt vor bei -1, vollständige positive bei +1 und bei fehlender Korrelation liegt der Wert des Koeffizienten nahe oder bei Null.

zu testender Parameter	zu testender Parameter	N	Rangkorrelationskoeffizient, SPEARMAN r_s	Korrelation	P
berechnete durchschnittliche Innentemperatur [°C]	Tageslänge [min]	329	0,679	positiv	0,000
berechnete durchschnittliche Außentemperatur [°C]	Tageslänge [min]	329	0,788	positiv	0,000
berechnete durchschnittliche Außentemperatur [°C]	berechnete durchschnittliche Innentemperatur [°C]	329	0,899	positiv	0,000
berechnete durchschnittliche Innentemperatur [°C]	Wassertemperatur Becken 1501	329	0,350	fehlend	0,000

3.1.2 Wasserparameter im Vergleich

Die Überwachung der Wasserparameter erfolgte durch tägliche Messungen. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Wassertemperatur [°C], des Sauerstoffgehalts [mg/l], des pH-Wertes und des Ammonium-Gehalts [mg/l] im Becken 1501 sind in Abb. 3.2 in vierzehntägigen bzw. zweiwöchigen Abständen über einen Zeitraum von 231 Tagen dargestellt. Der höchste Mittelwert (\pm Standardabweichung) der Temperaturen wurde am 63. Tag der Parametermessung bzw. 4 Wochen nach Beginn der experimentellen Untersuchungen

mit $22,06 \pm 0,83^{\circ}\text{C}$ gemessen. Der niedrigste Mittelwert der Wassertemperaturen wurde am 189. Tag bzw. nach 22 Wochen ermittelt: $18,81 \pm 1,52^{\circ}\text{C}$. Zum selben Zeitpunkt wurde mit $8,89 \pm 0,98 \text{ mg/l}$ der höchste mittlere Sauerstoffgehalt gemessen. Der niedrigste hingegen am 49. Tag bzw. nach 2 Wochen: $5,73 \pm 0,50 \text{ mg/l}$. Der höchste Mittelwert des pH mit $7,66 \pm 0,05$ wurde am letzten Messtag nach 28 Wochen und der niedrigste mit $6,75 \pm 0,49$ am 119. Tag bzw. nach der 12. Woche ermittelt. Der höchste Mittelwert des Ammoniumgehalts wurde am 161. Tag der Messungen bzw. 18 Wochen nach Versuchsbeginn registriert; der niedrigste am 217. Tag bzw. nach der 26 Woche.

Wie aus der Abb. 3.2 auch hervorgeht, ist bei allen gemessenen Wasserparametern ein überwiegend linearer Verlauf zu beobachten.

Der höchste Temperaturmittelwert lag ca. $0,6^{\circ}\text{C}$ über der Sollgrenze. Zur Kühlung wurde daher Frischwasser mit geringerer Temperatur zum Ausgleich hinzugefügt. Der maximale Mittelwert des Sauerstoffgehalts fiel mit dem Minimum der Temperatur zusammen. Das gemessene Sauerstoffgehaltsminimum (Mittelwert: $5,73 \text{ mg/l}$) lag unter dem zu dieser Zeit zulässigen Sollgrenzwert ($6,5 \text{ mg/l}$, s. Tab. 2.2) und wurde ebenfalls durch Frischwasserzuführung kompensiert. Der pH-Mittelwert lag während des gesamten Darstellungszeitraums innerhalb der vorgegebenen Sollgrenzen. Auch der Grenzwert des Ammoniumgehalts wurde durch die dargestellten Mittelwerte weder über- noch unterschritten.

Aufgrund der festgestellten Messwerte und deren überwiegenden linearen Verlauf wurde ein Einfluss auf etwaige Versuchsergebnisse ausgeschlossen.

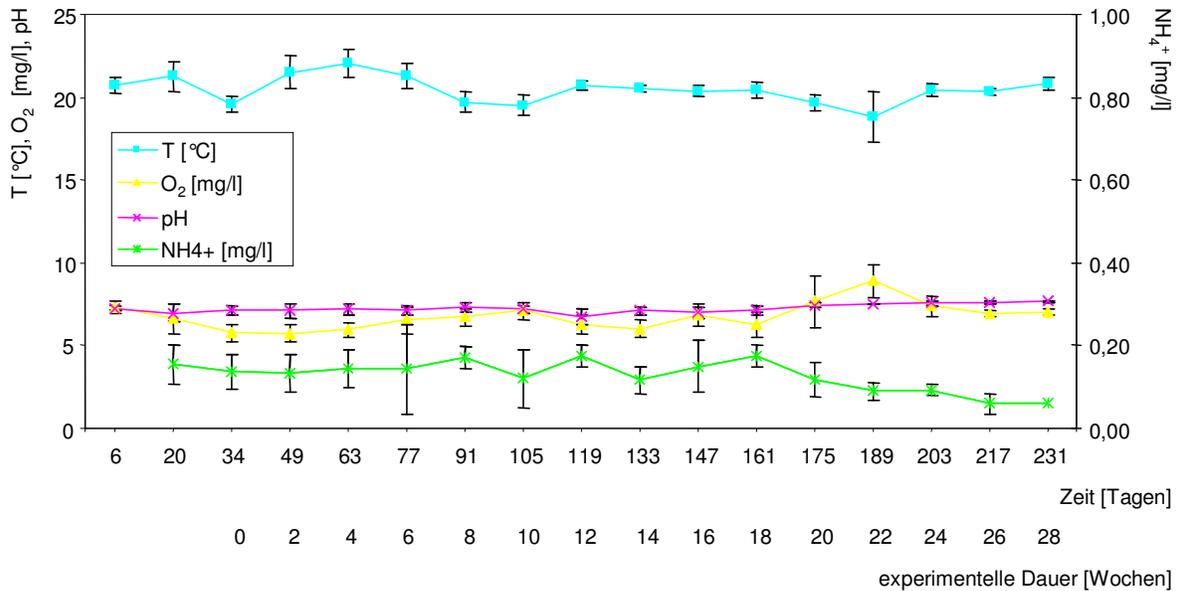


Abb. 3.2: Verlauf der Wasserparameter, wie Temperatur [°C], Sauerstoff-Gehalt [mg/l], pH-Wert und Ammonium-Gehalt NH_4^+ [mg/l], vom 28. Juli 1999 bis zum 14. März 2000 im Becken 1501. Dargestellt sind jeweils die Mittelwerte und die Standardabweichung.

3.1.3 Gesundheitszustand der Fische

Der Gesundheitszustand der Fische wurde ebenso regelmäßig kontrolliert, wie die Messung der Länge und des Gewichts erfolgte. Ein einwandfreier Gesundheitszustand bildete neben konstanten Wasser- und Haltungparametern die Grundlage für vergleichbare Versuchsergebnisse (Normierung).

Der Gesundheitszustand war in drei Kategorien untergliedert: (A) gut, (B) zufrieden stellend und (C) schlecht. Als „gut“ wurden alle Störe beurteilt, die keinerlei Verletzungen, wie Blutergüsse, Abschürfungen und Schürfwunden oder aber entzündete Hautpartien aufwiesen. Der Zustand „zufriedenstellend“ erlaubte geringfügige Beeinträchtigungen des Gesundheitszustandes, wie beispielsweise einen Bluterguss oder aber eine Abschürfung. Bei einer gehäuften Anzahl an Verletzungen, die auch mit einer dunklen Verfärbung (Melanineinlagerung) der Haut einhergingen, wurde der Zustand des Fisches als „schlecht“ beurteilt.

24 Europäische Störe wiesen zu Versuchsbeginn am 30. August 1999 keine Verletzungen auf, aufgrund derer sie sich nicht für die Versuche geeignet hätten. Vier Fischen (1906, D683, F439 und DB80) wurden jedoch wegen ihres desolaten Gesundheitszustandes erst nach der Besserung desselben ab dem 25. Juli 2000 wieder in die Fischgruppen integriert.

Für die Interpretation der Versuchsergebnisse war auch ausschlaggebend, ob der Gesundheitszustand einen messbaren Einfluss auf die Wachstumsleistung hatte oder nicht. Zur Klärung dieser Frage wurden exemplarisch drei Messtage ausgewählt und die erzielte Wachstumsleistung in Form der spezifischen Wachstumsraten dem jeweiligen Gesundheitszustand jeden Fisches gegenüber gestellt.

Wie aus Abb. 3.3 hervorgeht, wurden beispielsweise am 28.09.1999 fünf Störe mit dem Gesundheitszustand „schlecht“ beurteilt. Trotzdem wiesen 4 der 5 Fische positive Wachstumsraten auf. Desweiteren wiesen 3 Fische, die mit dem Gesundheitszustand „gut“ bewertet wurden, aber negative Wachstumsraten auf. Dieselbe Beobachtung jedoch mit anderen Zahlenverhältnissen konnte am 13.03.2001 und am 25.03.2003 gemacht werden.

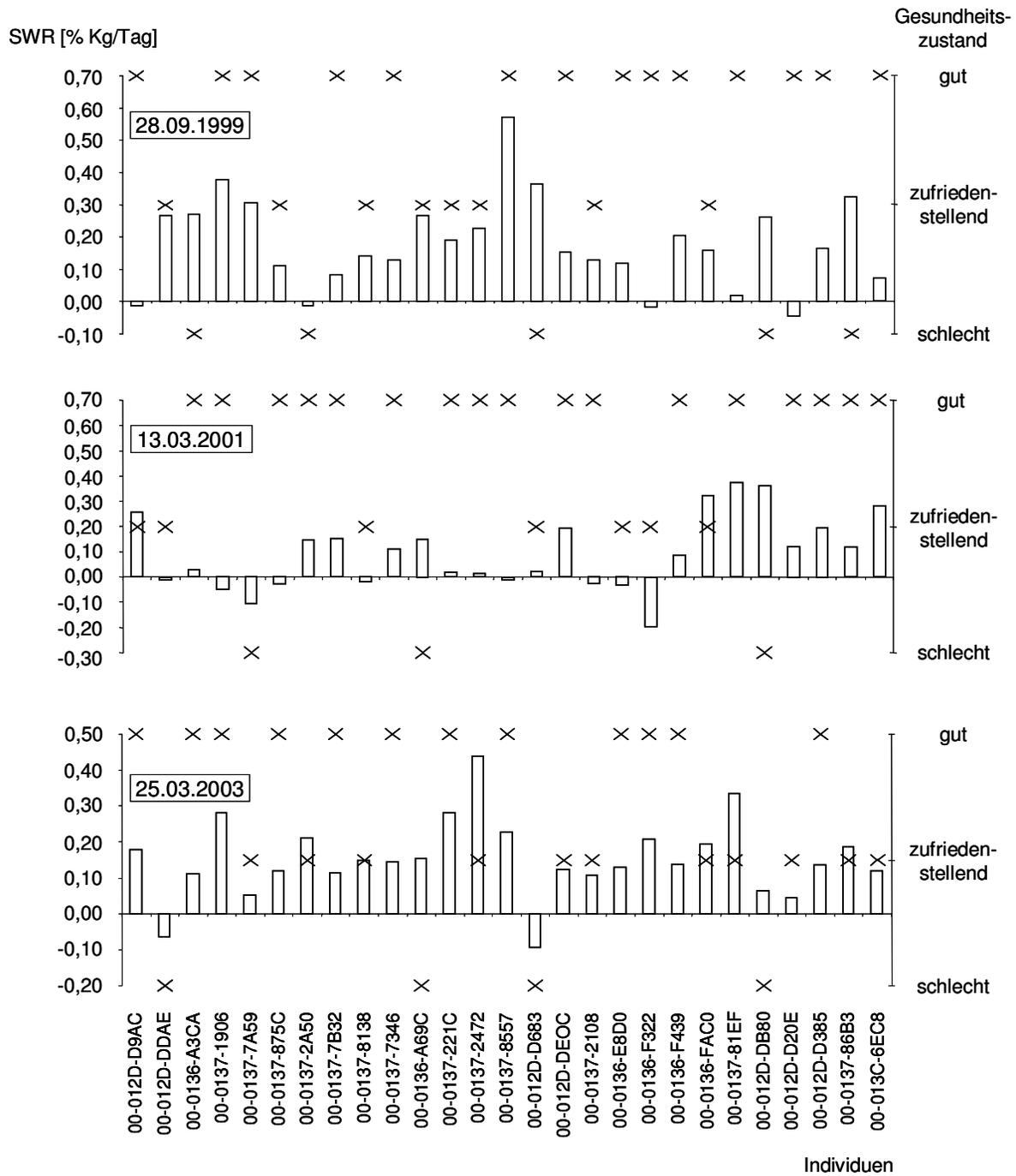


Abb. 3.3: Spezifische Wachstumsraten der Störe der Zuchtgruppe des IGB (N=27) an drei Messzeitpunkten, 28.09.1999 (62-93 cm, 1024-3655 g), 13.03.2001 (80-110 cm, 2254-6683 g) und 25.03.2003 (88-103 cm, 2787-8371 g), im Vergleich zum Gesundheitszustand des jeweiligen Fisches. Vier Fische (1906, D683, F439 und DB80) wurden erst im Juli/August 2000 in die Fütterungsexperimente in den rechteckigen Becken mit einbezogen.

Wie die statistische Auswertung deutlich macht (Tab. 3.2), ist an keinem der drei Messstage eine positive Korrelation zwischen den spezifischen Wachstumsraten und dem Gesundheitszustand nachzuweisen, noch dazu auf verlässlichem Signifikanzniveau (mit $\alpha = 0,05$). Somit können die beobachteten Wachstumsleistungen unabhängig von den beobachteten Gesundheitszuständen betrachtet werden.

Dies geht konform mit dem Ergebnis, dass über den gesamten Untersuchungszeitraum von 185 Wochen keine gravierenden gesundheitlichen Schäden aufgetreten sind und auch kein Stör verstorben ist.

Tab. 3.2: Statistische Überprüfung korrelativer Zusammenhänge zwischen den Spezifischen Wachstumsraten (SWR) und dem Gesundheitszustand (GZ) von 27 Stören an drei Messzeitpunkten, 28.09.1999, 13.03.2001 und 25.03.2003, durch den Rangkorrelationskoeffizient von SPEARMAN r_s (für ordinalskalierte Daten). Vollständige negative (d. h. gegenläufige) Korrelation liegt vor bei -1, vollständige positive bei +1 und bei fehlender Korrelation liegt der Wert des Koeffizienten nahe oder bei Null.

Zu testende Daten	Zu testende Daten	N	Rangkorrelationskoeffizient von SPEARMAN r_s	Korrelation	P
SWR 28.09.99	GZ 28.09.99	27	-0,331	negativ	0,0909
SWR 13.03.01	GZ 13.03.03	27	0,0875	nahe Null	0,662
SWR 25.03.03	GZ 25.03.03	27	0,336	positiv	0,0854

3.2 Experimentelle Gesamtübersicht

Der gesamte Untersuchungszeitraum betrug 185 Wochen, in denen mit den Individuen von *A. sturio* am IGB (N = 27) sowohl die Fütterungsexperimente mit den verschiedensten Futterkomponenten durchgeführt wurden, als auch die Untersuchungen zu einem möglichen Einfluss der Haltungsdichte auf das Wachstum dieser Störart.

Die folgenden Tabellen (Tab. 3.3 bis Tab. 3.8) geben Auskunft über die Dauer der einzelnen experimentellen Perioden, das Datum der jeweiligen Messung und die Anzahl der Wochen seit Untersuchungsbeginn. Außerdem wurde beckenspezifisch, d.h. für die Becken 1501 und 1505 sowie den Becken 1, 2, 3 und 4, die jeweilige(n) Futterkomponente(n), der Mittelwert des Gewichts, der Median der spezifischen Wachstumsraten SWR und die Spannweite der SWR-Werte für jede einzelne experimentelle Periode wiedergegeben. Für jedes Becken wurde die Anzahl der darin enthaltenen Individuen angegeben.

Tab. 3.3: Experimentelles Design der Futtersversuche mit großen Juvenilen von *A. sturio* über 46 Wochen vom 30.08.1999 bis zum 18.07.2000 in Becken 1501 (N = 12) und Becken 1505 (N = 11). Abkürzungen der Futterkomponente(n): Dreikomponentenfutter 3K bestehend aus gefrorenen kleinen marinen Fischen (GKMF), gefrorenen kleinen Chironomiden (GKC), und gefrorenen großen Chironomiden (GGC). Gefrorene Stücke des Stint, *Osmerus eperlanus* (GOsm), gefrorene Stücke des Flusskrebse *Procambarus sp.* (GPro), gefrorene Gammariden (GGam), gefrorene Garnelen *Crangon crangon* (GCra).

Dauer der experimentellen Perioden	Datum der Messung	Anzahl der Wochen	Becken 1501				Becken 1505				P	signifikante Unterschiede zwischen den Becken (+)
			Futter-Komponente(n)	Mittelwert Gewicht [g]	Median SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1501	Spannweite der SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1501	Futter-Komponente(n)	Mittelwert Gewicht [g]	Median SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1505	Spannweite der SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1505		
30.08.-13.09.1999	14.09.99	2	3K	2014	0,15	-0,16 bis 0,23	3K	2207	0,17	-0,02 bis 0,71	0,281	-
14.09.-27.09.99	28.09.99	4	3K	2073	0,21	-0,01 bis 0,57	3K	2241	0,12	-0,04 bis 0,32	0,110	-
28.09.-11.10.99	12.10.99	6	GKMF	1966	-0,37	-0,61 bis -0,26	3K	2284	0,16	-0,07 bis 0,26	• 0,001	+
12.10.-25.10.99	26.10.99	8	3K	2090	0,46	0,27 bis 0,60	3K	2313	0,08	-0,02 bis 0,24	• 0,001	+
26.10.-08.11.99	09.11.99	10	3K	2169	0,28	0,13 bis 0,38	GKC	2334	-0,04	-0,29 bis 0,49	0,016	+
09.11.-22.11.99	23.11.99	12	3K	2184	0,06	-0,15 bis 0,17	3K	2335	0,02	-0,26 bis 0,18	0,069	-
23.11.-06.12.99	07.12.99	14	GGC	2297	0,43	-0,17 bis 0,73	3K	2374	0,08	-0,11 bis 0,51	0,027	+
07.12.-20.12.99	21.12.99	16	3K	2306	0,04	-0,21 bis 0,49	3K	2387	0,01	-0,16 bis 0,19	0,951	-
21.12.-03.01.2000	04.01.2000	18	GGC	2417	0,31	0,20 bis 0,42	GGC	2439	0,16	-0,07 bis 0,34	0,007	+
04.01.-17.01.00	18.01.00	20	GGC	2550	0,35	0,16 bis 0,60	GGC	2566	0,36	0,16 bis 0,64	0,926	-
18.01.-31.01.00	01.02.00	22	GGC	2644	0,27	0,19 bis 0,34	GGC	2662	0,22	0,02 bis 0,37	0,878	-
01.02.-14.02.00	15.02.00	24	GGC	2738	0,29	0,06 bis 0,48	GGC	2727	0,12	0,09 bis 0,29	0,049	+
15.02.-28.02.00	29.02.00	26	GGC + GOsm	2697	-0,18	-0,46 bis 0,24	GGC	2752	0,05	-0,13 bis 0,22	0,027	+
29.02.-14.03.00	14.03.00	28	GGC	2829	0,34	0,14 bis 0,57	kein Futter	2629	-0,32	-0,44 bis -0,22	• 0,001	+
14.03.-27.03.00	28.03.00	30	GGC	2949	0,34	0,06 bis 0,51	GGC	2767	0,36	0,20 bis 0,54	0,460	-
28.03.-10.04.00	11.04.00	32	GGC	3024	0,21	-0,13 bis 0,39	GGC	2815	0,15	-0,08 bis 0,21	0,079	-
11.04.-24.04.00	25.04.00	34	GGC	3064	0,12	-0,12 bis 0,24	GGC	2845	0,05	-0,05 bis 0,27	0,268	-
25.04.-08.05.00	09.05.00	36	GGC	3137	0,20	-0,13 bis 0,40	GGC	2914	0,19	0,01 bis 0,31	0,622	-
09.05.-22.05.00	23.05.00	38	GGC + GPro	3191	0,13	-0,13 bis 0,31	GGC	3034	0,27	0,05 bis 0,47	0,008	+
23.05.-05.06.00	06.06.00	40	GGC	3091	-0,22	-0,38 bis -0,12	GGC	2957	-0,19	-0,31 bis -0,05	0,340	-
06.06.-19.06.00	20.06.00	42	GGC + GGam	3163	0,20	-0,02 bis 0,27	GGC	3053	0,20	-0,07 bis 0,42	0,498	-
20.06.-03.07.00	04.07.00	44	GGC	3187	0,04	-0,02 bis 0,19	GGC+ GCra	2974	-0,20	-0,34 bis -0,05	• 0,001	+
04.07.-17.07.00	18.07.00	46	GGC	3193	-0,01	-0,06 bis 0,15	GGC	2997	0,06	-0,29 bis 0,21	0,295	-

Tab. 3.4: Experimentelles Design der Futtersversuche mit großen Juvenilen von *A. sturio* über 48 Wochen vom 18.07.2000 bis zum 19.06.2001 in Becken 1501 (N = 14) und Becken 1505 (N = 13). Abkürzungen der Futterkomponente(n): Dreikomponentenfutter 3K bestehend aus gefrorenen kleinen marinen Fischen (GKMF), gefrorenen kleinen Chironomiden (GKC), und gefrorenen großen Chironomiden (GGC). Gefrorene Gammariden (GGam), gefrorene Garnelen Crangon crangon (GCra), gefrorene Stücken der Sprotte (GSpr) und Biomar® Trockenfutter (TF; TF50 = 50g TF pro Fütterung; TF200 = 200g TF täglich).

Dauer der experimentellen Perioden	Datum der Messung	Anzahl der Wochen	Becken 1501				Becken 1505				P	signifikante Unterschiede zwischen den Becken (+)
			Futter-Komponente(n)	Mittelwert Gewicht [g]	Median SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1501	Spannweite der SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1501	Futter-Komponente(n)	Mittelwert Gewicht [g]	Median SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1505	Spannweite der SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1505		
			N = 12 + 2 = 14				N = 11 + 2 = 13					
18.07.-31.07.00	01.08.00	48	GGC + GGam	3066	-0,10	-0,47 bis 0,15	GGC + GGam	2900	-0,06	-0,32 bis 0,04	0,716	-
01.08.-13.08.00	14.08.00	50	GGC	3099	0,08	-0,03 bis 0,19	GGC	2923	0,05	-0,07 bis 0,24	0,297	-
14.08.-28.08.00	29.08.00	52	GKC	3190	0,16	0,02 bis 0,57	GKC	3023	0,22	0,00 bis 0,60	0,423	-
29.08.-11.09.00	12.09.00	54	GGC	3239	0,14	-0,06 bis 0,22	GGC	3085	0,14	0,08 bis 0,39	0,332	-
12.09.-25.09.00	26.09.00	56	GGC + GCra	3226	-0,03	-0,19 bis 0,13	GGC + GCra	3087	0,03	-0,20 bis 0,15	0,369	-
26.09.-09.10.00	10.10.00	58	GGC	3280	0,11	-0,14 bis 0,46	GGC	3172	0,23	-0,03 bis 0,33	0,012	+
10.10.-23.10.00	24.10.00	60	GGC	3296	0,06	-0,23 bis 0,20	GGC	3192	0,08	-0,34 bis 0,22	0,593	-
24.10.-06.11.00	07.11.00	62	GGC	3343	0,11	-0,18 bis 0,69	GGC	3200	0,06	-0,23 bis 0,18	0,254	-
07.11.-20.11.00	21.11.00	64	3K	3291	0,06	-0,98 bis 0,14	3K	3190	0,00	-0,18 bis 0,22	0,308	-
21.11.-04.12.00	05.12.00	66	GKC	3414	0,28	-0,01 bis 0,43	GKC	3291	0,22	0,11 bis 0,39	0,254	-
05.12.-18.12.00	19.12.00	68	GGC	3555	0,31	-0,03 bis 0,49	GGC	3446	0,30	0,19 bis 0,70	1,000	-
19.12.-01.01.2001	02.01.2001	70	GKC	3607	0,11	-0,05 bis 0,30	GKC	3514	0,18	-0,08 bis 0,29	0,275	-
02.01.-15.01.01	16.01.01	72	GGC	3774	0,36	-0,30 bis 0,50	GGC	3673	0,31	0,18 bis 0,56	0,752	-
16.01.-29.01.01	30.01.01	74	GKC	3668	-0,22	-0,43 bis 0,07	GKC	3547	-0,19	-0,49 bis -0,07	0,610	-
30.01.-12.02.01	13.02.01	76	GGC	3894	0,44	0,30 bis 0,54	GGC	3736	0,38	-0,05 bis 0,65	0,081	-
13.02.-26.02.01	27.02.01	78	GGC + TF50	3919	0,04	-0,28 bis 0,29	GGC	3844	0,24	-0,13 bis 0,38	0,019	+
27.02.-12.03.01	13.03.01	80	GGC + TF50	3946	0,02	-0,10 bis 0,26	GGC	3936	0,12	-0,19 bis 0,38	0,109	-
13.03.-26.03.01	27.03.01	82	TF200	3737	-0,38	-0,77 bis -0,27	GGC	4086	0,30	-0,08 bis 0,49	•0,001	+
27.03.-09.04.01	10.04.01	84	GGC	3860	0,21	0,01 bis 0,58	GGC	4085	-0,05	-0,23 bis 0,30	0,004	+
10.04.-23.04.01	24.04.01	86	GGC	4002	0,26	0,09 bis 0,45	GGC	4255	0,29	0,13 bis 0,70	0,577	-
24.04.-07.05.01	08.05.01	88	GGC	3983	-0,02	-0,19 bis 0,06	GGC+ GSpr	4228	-0,04	-0,16 bis 0,46	0,369	-
08.05.-21.05.01	22.05.01	90	GGC	4006	0,06	-0,19 bis 0,25	GSpr	4004	-0,38	-0,52 bis -0,28	•0,001	+
22.05.-04.06.01	05.06.01	92	GGC	4217	0,37	0,18 bis 0,51	GGC+ GSpr	4083	0,12	-0,11 bis 0,49	•0,001	+
05.06.-18.06.01	19.06.01	94	GGC	4144	-0,11	-0,44 bis 0,00	GGC+ GSpr	4107	0,03	-0,10 bis 0,18	•0,001	+

Tab. 3.5: Experimentelles Design der Futtermittelversuche mit großen Juvenilen von *A. sturio* über 38 Wochen vom 19.06.2001 bis zum 19.03.2002 in Becken 1501 (N = 14) und Becken 1505 (N = 13) sowie über 8 Wochen vom 19.03.02 bis 14.05.02 in Becken 1501 (N = 14) und Becken 2 (N = 13). Abkürzungen der Futterkomponente(n): Gefrorene kleine Chironomiden (GKC), gefrorene große Chironomiden (GGC), gefrorene Stücke der Sprotte (GSpr) und Biomar® Trockenfutter (TF; GKC-TF-Mix = Gemisch aus zerkleinerten GKC + TF, 240g täglich).

Dauer der experimentellen Perioden	Datum der Messung	Anzahl der Wochen	Becken 1501				Becken 1505				P	signifikante Unterschiede zwischen den Becken (+)
			Futter-Komponente(n)	Mittelwert Gewicht [g]	Median SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1501	Spannweite der SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1501	Futter-Komponente(n)	Mittelwert Gewicht [g]	Median SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1505	Spannweite der SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1505		
19.06.-02.07.01	03.07.01	96	GGC	4246	0,18	0,06 bis 0,30	GSpr	3919	-0,31	-0,52 bis -0,20	•0,001	+
03.07.-23.07.01	24.07.01	99	GGC	4312	0,08	-0,03 bis 0,14	GGC+ GSpr	4028	0,11	0,03 bis 0,51	0,069	-
24.07.-06.08.01	07.08.01	101	GGC	4417	0,18	0,08 bis 0,32	GGC+ GSpr	4082	0,07	0,01 bis 0,25	0,008	+
07.08.-20.08.01	21.08.01	103	GGC	4500	0,13	-0,05 bis 0,26	GGC+ GSpr	4229	0,25	0,09 bis 0,39	0,006	+
21.08.-03.09.01	04.09.01	105	GGC	4456	-0,08	-0,20 bis 0,12	GGC+ GSpr	4239	0,01	-0,07 bis 0,21	•0,001	+
04.09.-17.09.01	18.09.01	107	GGC	4629	0,33	0,02 bis 0,51	GGC+ GSpr	4381	0,18	0,04 bis 0,45	0,357	-
18.09.-01.10.01	02.10.01	109	GGC	4631	-0,01	-0,19 bis 0,26	GSpr	4151	-0,36	-0,63 bis -0,23	•0,001	+
02.10.-15.10.01	16.10.01	111	GGC	4652	0,04	-0,16 bis 0,19	GGC+ GSpr	4296	0,25	0,07 bis 0,46	•0,001	+
16.10.-29.10.01	30.10.01	113	GGC	4622	-0,06	-0,20 bis 0,10	GGC+ GSpr	4317	0,02	-0,08 bis 0,17	0,033	+
30.10.-12.11.01	13.11.01	115	GGC	4650	0,03	-0,04 bis 0,13	GGC+ GSpr	4380	0,11	-0,02 bis 0,28	0,035	+
13.11.-26.11.01	27.11.01	117	GGC	4607	-0,09	-0,21 bis 0,25	GGC	4367	-0,06	-0,31 bis 0,33	0,437	-
27.11.-10.12.01	11.12.01	119	GKC	4760	0,28	-0,17 bis 0,43	GKC	4567	0,27	0,16 bis 0,64	0,152	-
11.12.01.-20.12.01	20.12.01	120	GKC	4696	-0,10	-0,24 bis -0,02	GKC	4540	-0,04	-0,18 bis 0,08	0,031	+
20.12.-08.01.2002	08.01.2002	122	GKC	4748	0,07	-0,23 bis 0,34	GKC	4597	0,08	-0,17 bis 0,25	0,698	-
08.01.-21.01.02	22.01.02	124	GKC	4731	0,00	-0,19 bis 0,09	GKC	4604	0,02	-0,10 bis 0,15	0,234	-
22.01.-04.02.02	05.02.02	126	GKC	4772	0,06	-0,20 bis 0,20	GKC	4737	0,19	0,11 bis 0,35	•0,001	+
05.02.-18.02.02	19.02.02	128	GKC	4773	0,02	-0,14 bis 0,11	GKC	4754	0,03	-0,21 bis 0,16	0,423	-
19.02.-04.03.02	05.03.02	130	GKC+ TF-Mix	4526	-0,36	-0,63 bis -0,14	GKC	4742	-0,01	-0,24 bis 0,15	•0,001	+
05.03.-18.03.02	19.03.02	132	GKC	4711	0,28	0,02 bis 0,60	GKC	4728	-0,03	-0,31 bis 0,11	•0,001	+
			Becken 1501				Becken 2					
			N = 14				N = 13					
19.03.-01.04.02	02.04.02	134	GKC	4701	-0,01	-0,17 bis 0,22	GKC	4760	0,10	-0,42 bis 0,67	0,357	-
02.04.-15.04.02	16.04.02	136	GKC	4639	-0,12	-0,17 bis 0,01	GKC	4779	0,03	-0,12 bis 0,15	0,001	+
16.04.-27.04.02	28.04.02	138	GKC	4620	-0,04	-0,09 bis 0,06	GKC	4774	-0,01	-0,38 bis 0,09	0,244	-
28.04.-13.05.02	14.05.02	140	GKC	4645	0,05	-0,13 bis 0,21	GKC	4833	0,09	-0,25 bis 0,30	0,254	-

Tab. 3.6: Experimentelles Design der Futtersversuche mit großen Juvenilen von *A. sturio* über 14 Wochen vom 14.05.2002 bis zum 20.08.2002 in Becken 1 (N = 14) und Becken 2 (N = 13). Experimentelles Design der Untersuchungen zum möglichen Einfluss der Haltungsdichte auf das Wachstum großer Juvenile von *A. sturio* jeweils in Becken 1 und Becken 2 mit wechselnden Besetzungszahlen: Über 6 Wochen vom 20.08.02 bis 01.10.02 mit N = 8 und 5, über 6 Wochen vom 01.10.02 bis 12.11.02 mit N = 8 und 6, sowie über 10 Wochen vom 12.11.02 bis 21.01.03 mit N = 8 und 8 (tabellarische Übersicht endet mit der Woche 172 – 23.12.2002; Fortsetzung s. Tab. 3.7). Abkürzungen der Futterkomponente(n): Gefrorene kleine Chironomiden (GKC), gefrorene große Chironomiden (GGC).

Dauer der experimentellen Perioden	Datum der Messung	Anzahl der Wochen	Becken 1				Becken 2				P	signifikante Unterschiede zwischen den Becken (+)
			Futter-Komponente(n)	Mittelwert Gewicht [g]	Median SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1	Spannweite der SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1	Futter-Komponente(n)	Mittelwert Gewicht [g]	Median SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 2	Spannweite der SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 2		
14.05.-27.05.02	28.05.02	142	GKC	4762	0,19	-0,07 bis 0,48	GKC	4858	0,03	-0,11 bis 0,20	0,013	+
28.05.-10.06.02	11.06.02	144	GKC	4762	0,00	-0,22 bis 0,30	GKC	4818	-0,05	-0,16 bis 0,04	0,094	-
11.06.-24.06.02	25.06.02	146	GKC	4754	-0,04	-0,19 bis 0,20	GKC	4844	0,05	-0,12 bis 0,17	0,167	-
25.06.-08.07.02	09.07.02	148	GKC	4779	0,05	-0,20 bis 0,19	GKC	4826	0,01	-0,37 bis 0,14	0,167	-
09.07.-22.07.02	23.07.02	150	GKC	4641	-0,21	-0,33 bis -0,11	GKC	4733	-0,17	-0,25 bis 0,09	0,126	-
23.07.-05.08.02	06.08.02	152	GKC	4536	-0,17	-0,25 bis -0,10	GKC	4654	-0,10	-0,26 bis 0,00	0,035	+
06.08.-19.08.02	20.08.02	154	GKC	4545	0,03	-0,14 bis 0,13	GKC	4635	-0,04	-0,17 bis 0,12	0,254	-
			N = 8 (ca. 29 kg)				N = 5 (ca. 32 kg, dort verblieben)					
20.08.-02.09.02	03.09.02	156	GGC	3653	0,14	0,07 bis 0,24	GGC	6439	0,13	0,12 bis 0,14	0,943	-
03.09.-16.09.02	17.09.02	158	GGC	3691	0,10	-0,16 bis 0,25	GGC	6500	0,10	-0,14 bis 0,28	0,943	-
17.09.-30.09.02	01.10.02	160	GGC	3727	0,08	-0,13 bis 0,21	GGC	6522	0,03	-0,05 bis 0,11	0,354	-
			N = 8 (ca. 32 kg, vorher in Becken 4)				N = 6 (ca. 34 kg, vorher in Becken 3)					
01.10.-14.10.02	15.10.02	162	GGC	4165	0,28	0,15 bis 0,53	GGC	5846	0,26	0,15 bis 0,29	0,414	-
15.10.-28.10.02	29.10.02	164	GGC	4237	0,12	-0,04 bis 0,31	GGC	5858	0,00	-0,06 bis 0,07	0,043	+
29.10.-11.11.02	12.11.02	166	GGC	4285	0,09	-0,07 bis 0,17	GGC	5960	0,12	0,07 bis 0,22	0,228	-
			N = 8 (ca. 44 kg)				N = 8 (ca. 40 kg)					
12.11.-25.11.02	26.11.02	168	GGC	5439	-0,06	-0,30 bis 0,06	GGC	5056	0,07	-0,07 bis 0,27	0,021	+
26.11.-09.12.02	10.12.02	170	GGC	5418	-0,02	-0,11 bis 0,01	GGC	4976	-0,09	-0,58 bis 0,06	0,279	-
10.12.-22.12.02	23.12.02	172	GGC	5428	0,01	-0,04 bis 0,07	GGC	5075	0,05	-0,07 bis 0,71	0,382	-

Tab. 3.7: Fortsetzung der Übersicht über das experimentelles Design der Untersuchungen zum möglichen Einfluss der Haltungsdichte auf das Wachstum großer Juvenile von *A. sturio* jeweils in Becken 1 (N = 8) und Becken 2 (N = 8) über die letzten 4 Wochen dieser Versuchsphase vom 23.12.2002 bis zum 21.01.2003. Es folgt das experimentelle Design der Tag- Nachtfütterung über 4 Wochen vom 21.01.03 bis zum 17.02.03, sowie der Tagesfütterung mit erhöhter Futterrate über ebenfalls 4 Wochen vom 25.02.3 bis zum 25.03.03, beide unter Beibehaltung derselben Besetzungszahlen vom 12.11.2002 in den Becken 1 und 2. Abkürzungen der Futterkomponente(n): Gefrorene kleine Chironomiden (GKC), gefrorene große Chironomiden (GGC)

Dauer der experimentellen Perioden	Datum der Messung	Anzahl der Wochen	Becken 1				Becken 2				P	signifikante Unterschiede zwischen den Becken (+)
			Futter-Komponente(n)	Mittelwert Gewicht [g]	Median SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1	Spannweite der SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 1	Futter-Komponente(n)	Mittelwert Gewicht [g]	Median SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 2	Spannweite der SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 2		
23.12.-06.01.03	07.01.03	174	GGC	5461	0,11	-0,37 bis 0,20	GGC	5160	0,12	-0,06 bis 0,23	0,721	-
07.01.-20.01.2003	21.01.03	176	GGC	5456	-0,05	-0,13 bis 0,34	GGC	5103	-0,09	-0,15 bis 0,07	0,382	-
21.01.-03.02.03	04.02.03	178	GGC	5690	0,30	0,19 bis 0,42	GGC	5359	0,40	0,17 bis 0,62	0,442	-
04.02.-16.02.03	17.02.03	180	GGC	5621	-0,07	-0,27 bis -0,03	GGC	5228	-0,20	-0,30 bis -0,07	0,028	+
17.02.03-25.02.03	25.02.03	181	GKC	5550	-0,15	-0,40 bis -0,01	GKC	5144	-0,13	-0,41 bis -0,07	0,878	-
25.02.-10.03.03	11.03.03	183	GGC	5769	0,27	0,19 bis 0,46	GGC	5193	0,08	-0,02 bis 0,26	0,002	+
11.03.-24.03.03	25.03.03	185	GGC	5918	0,17	0,11 bis 0,28	GGC	5296	0,14	0,05 bis 0,19	0,161	-

Tab. 3.8: Experimentelles Design der Untersuchungen zum möglichen Einfluss der Haltungsdichte auf das Wachstum großer Juvenile von *A. sturio* jeweils in Becken 3 (vorher 1505) und Becken 4 (vorher Becken 1501) mit wechselnden Besetzungszahlen: Über 6 Wochen vom 20.08.02 bis 01.10.02 mit N = 6 und 8, über 6 Wochen vom 01.10.02 bis 12.11.02 mit N = 5 und 8, sowie über 10 Wochen vom 12.11.02 bis 21.01.03 mit N = 5 und 6.

Es folgt das experimentelle Design der Tag- Nachtfütterung über 4 Wochen vom 21.01.03 bis zum 17.02.03, sowie der Tagesfütterung mit erhöhter Futterrate über ebenfalls 4 Wochen vom 25.02.3 bis zum 25.03.03, beide unter Beibehaltung derselben Besetzungszahlen vom 12.11.2002 in den Becken 3 und 4.

Abkürzungen der Futterkomponente(n): Gefrorene kleine Chironomiden (GKC), gefrorene große Chironomiden (GGC)

Dauer der experimentellen Perioden	Datum der Messung	Anzahl der Wochen	Becken 3 (vorher 1505)				Becken 4 (vorher 1501)				P	signifikante Unterschiede zwischen den Becken (+)
			Futter-Komponente(n)	Mittelwert Gewicht [g]	Median SWR Werte [% KG/Tag] Becken 3	Spannweite der SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 3	Futter-Komponente(n)	Mittelwert Gewicht [g]	Median SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 4	Spannweite der SWR Werte [% Kg/Tag] Becken 4		
			N = 6 (ca. 33 kg)				N = 8 (ca. 31 kg)					
20.08.-02.09.02	03.09.02	156	GGC	5603	0,17	-0,02 bis 0,27	GGC	3925	0,18	0,10 bis 0,29	0,491	-
03.09.-16.09.02	17.09.02	158	GGC	5621	0,04	-0,11 bis 0,08	GGC	3943	0,10	-0,33 bis 0,19	0,282	-
17.09.-30.09.02	01.10.02	160	GGC	5650	0,05	-0,05 bis 0,14	GGC	3976	0,05	-0,02 bis 0,15	0,755	-
			N = 5 (ca. 33 kg)				N = 8 (30 kg)					
01.10.-14.10.02	15.10.02	162	GGC	6641	0,15	-0,12 bis 0,42	GGC	3786	0,12	-0,34 bis 0,49	0,724	-
15.10.-28.10.02	29.10.02	164	GGC	6588	-0,06	-0,16 bis 0,05	GGC	3782	-0,06	-0,13 bis 0,25	0,943	-
29.10.-11.11.02	12.11.02	166	GGC	6589	0,00	-0,03 bis 0,07	GGC	3808	0,05	-0,15 bis 0,20	0,171	-
			N = 5 (ca. 24 kg)				N = 6 (ca. 26 kg)					
12.11.-25.11.02	26.11.02	168	GGC	4782	0,10	0,00 bis 0,17	GGC	4366	0,13	-0,15 bis 0,26	0,931	-
26.11.-09.12.02	10.12.02	170	GGC	4774	-0,03	-0,08 bis 0,04	GGC	4285	-0,13	-0,20 bis -0,09	0,004	+
10.12.-22.12.02	23.12.02	172	GGC	4773	0,00	-0,08 bis 0,06	GGC	4265	-0,03	-0,17 bis 0,09	0,792	-
23.12.-06.01.03	07.01.03	174	GGC	4884	0,21	0,03 bis 0,23	GGC	4325	0,10	0,06 bis 0,14	0,329	-
07.01.-20.01.2003	21.01.03	176	GGC	4851	-0,06	-0,11 bis 0,02	GGC	4273	-0,07	-0,28 bis 0,10	0,792	-
21.01.-03.02.03	04.02.03	178	GGC	4980	0,16	0,11 bis 0,37	GGC	4441	0,29	0,09 bis 0,40	0,429	-
04.02.-16.02.03	17.02.03	180	GGC	4870	-0,16	-0,32 bis 0,03	GGC	4298	-0,20	-0,46 bis -0,10	0,537	-
17.02.03-25.02.03	25.02.03	181	GKC	4826	-0,22	-0,26 bis 0,18	GKC	4294	-0,03	-0,18 bis 0,18	0,177	-
25.02.-10.03.03	11.03.03	183	GGC	4848	0,03	-0,06 bis 0,19	GGC	4444	0,27	0,14 bis 0,31	0,009	+
11.03.-24.03.03	25.03.03	185	GGC	4916	0,12	-0,09 bis 0,34	GGC	4543	0,14	-0,06 bis 0,44	0,792	-

3.3 Bestimmung der Brutto- und Nettogewichte verschiedener Futterkomponenten

3.3.1 Verhältnis der Brutto- und Nettogewichte

Die Gewichte der Futtertafeln betragen in gefrorenem Zustand jeweils 100 g (Bruttogewichte). Sie unterschieden sich jedoch nach dem Auftauen und Abtropfen des mit eingefrorenen Wassers z. T. beträchtlich von diesem Sollwert. Die Istwerte (Frischgewicht bzw. Nettoabtropfgewicht) lagen bisweilen deutlich unter 50% des Ausgangsgewichtes im gefrorenen Zustand. Die Nettoabtropfgewichte wurden für die folgenden Komponenten bestimmt: Gefrorene kleine marine Fische GKMF, gefrorene kleine Chironomiden GKC, gefrorene große Chironomiden GGC, sowie gefrorene Gammariden GGam und gefrorene Nordsee-Garnelen GCra (s. Tab. 3.9 und Tab. 3.10).

Tab. 3.9: Übersicht über 12 verschiedene Chargen der gefrorenen großen Chironomiden GGC, mit ihren Mittelwerten und Standardabweichung der Netto-Abtropf-Gewichte

GGC-Chargen vom	N Proben	Mittelwert der Netto-Abtropf-Gewichte [g]	Standardabweichung der Netto-Abtropf-Gewichte [g]
02.12.99	10	51,40	3,93
23.12.99	6	54,77	2,73
13.01.00	8	54,44	5,71
18.01.00	3	58,17	4,70
28.01.00	23	55,73	4,34
02.02.00	12	56,66	5,36
15.02.00	18	54,53	4,22
01.03.00	12	59,38	2,42
23.03.00	12	54,98	3,53
18.04.00	16	55,65	4,62
19.07.00	27	35,13	4,98
01.09.00	4	82,33	9,67
12 Chargen	151 Proben	über alle Einzelwerte: 52,56	über alle Einzelwerte: 10,37

Um einen Mittelwert (und Standardabweichung) über einen möglichst großen Zeitraum zu erhalten, wurde dieser aus allen durch Wägung erhaltenen Einzel-Nettoabtropfgewichten bestimmt.

Tab. 3.10: Übersicht über die verschiedenen Chargen der gefrorenen kleinen marinen Fische GKMF, der gefrorenen kleinen Chironomiden GKC, der gefrorenen Gammariden GGam und der gefrorenen Garnelen GCra, mit ihren Mittelwerten und Standardabweichung der Netto-Abtropf-Gewichte.

Futterkomponente	N Chargen	Datum der Charge(n)	N Proben	Mittelwert der Netto-Abtropf-Gewichte [g]	Standardabweichung der Netto-Abtropf-Gewichte [g]
GKC	1	02.12.99	32	85,22	6,91
GKMF	2	02.12.99, 16.12.99	17	54,22	6,27
GGam	--	--	28	52,64	5,94
GCra	1	20.06.00	9	64,98	6,35

Der Vergleich der Mittelwerte der Nettogewichte der verschiedenen Komponenten zeigt, dass das Nettoabtropfgewicht der gefrorenen kleinen Chironomiden GKC mit 85,22 g (jeweils Mittelwerte) am höchsten ist. Es folgen die gefrorenen Nordseegarnelen *Crangon crangon* GCra (64,89 g), die gefrorenen kleinen marinen Fische GKMF (54,22 g), die gefrorenen Gammariden GGam (52,64 g) und schließlich die gefrorenen großen Chironomiden GGC (52,56 g).

3.4 Fütterungsexperimente

3.4.1 Dreikomponentenfutter

In den ersten vier Wochen des Untersuchungszeitraums (Gesamtdauer: 185 Wochen, s. Tab. 3.3-3.8) wurden die Fische sowohl im Becken 1501 als auch im Becken 1505 mit Dreikomponentenfutter 3K, bestehend aus gefrorenen großen Chironomiden GGC, gefrorenen kleinen Chironomiden GKC und gefrorenen, kleinen marinen Fischen GKMF) gefüttert (Abb. 3.4).

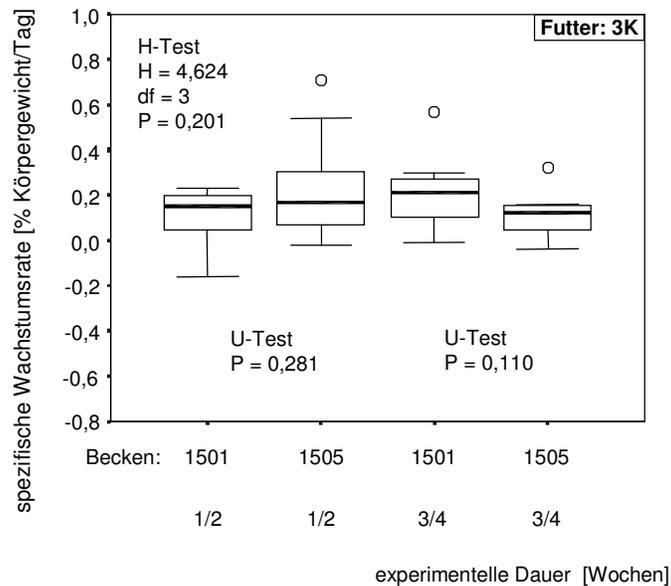


Abb. 3.4: Spezifische Wachstumsraten (SWR in % Körpergewicht/Tag) großer Juvenile von *Acipenser sturio* (Woche 1 und 2 [abgekürzt: 1/2]: 62-92 cm, 987-3645 g, Woche 3/4: 62-93 cm, 1024-3655 g) nach der Fütterung von Dreikomponentenfutter (3K: GKMF, GKC und GGC) über 4 Wochen in Becken 1501 und 1505. Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

Der Median der spezifischen Wachstumsraten (SWR) der Fische im Becken 1501 betrug nach 2 Wochen 0,15% Körpergewicht/Tag (% Kg/Tag) und nach 4 Wochen 0,21% Kg/Tag. Für das Becken 1505 ergab sich nach 2 Wochen ein Median der spezifischen Wachstumsraten (SWR) von 0,17% Kg/Tag und 2 Wochen später von 0,12% Kg/Tag. Signifikante Unterschiede waren weder zwischen den Gruppen eines Messtages, noch zwischen allen

Gruppen an beiden Messtagen nachweisbar (H-Test [Kruskal-Wallis]; mit $H = 4,624$, $df = 3$, $P = 0,201$).

3.4.2 Basiskomponenten

Während der Evaluierung der einzelnen Komponenten des Dreikomponentenfutters 3K, wurden die Störe der Kontrollgruppe weiterhin mit eben diesem Mehrkomponentenfutter gefüttert.

In den Wochen 5 und 6 (abgekürzt: 5/6) nach Versuchsbeginn wurden die Störe der experimentellen Gruppe ausschließlich mit gefrorenen kleinen marinen Fischen GKMF gefüttert, und es wurde ein sehr niedriger SWR-Medianwert gemessen: $-0,37\%$ Kg/Tag. Der Median der spezifischen Wachstumsraten der Fische der Kontrollgruppe betrug im Becken 1505 (Dreikomponentenfutter 3K) $0,16\%$ Kg/Tag (Abb. 3.5 A). Der Vergleich der SWR beider Gruppen mit dem U-Test (MANN-WHITNEY-Test) ergab einen signifikanten Unterschied ($P \leq 0,001$). Die Wachstumsleistung der Kontrollgruppe zeigte jedoch keine großen Abweichungen von der in den ersten 4 Wochen mit dem Dreikomponentenfutter 3K festgestellten.

Die Fütterung der Fische des Beckens 1505 in den Wochen 9/10 mit gefrorenen kleinen Chironomiden GKC (Abb. 3.5 B) führte zu einem signifikant niedrigeren Median der spezifischen Wachstumsraten ($-0,04\%$ Kg/Tag; U-Test; $P = 0,016$) im Vergleich zu dem des Beckens 1501 (Futter: 3K, $0,08\%$ Kg/Tag).

In den Wochen 13/14 wurden im Becken 1501 (Versuchsgruppe) gefrorene große Chironomiden GGC und im Becken 1505 das Dreikomponentenfutter 3K gefüttert (Abb. 3.5 C). Die gefrorenen großen Chironomiden GGC führten zu einem signifikant höheren Medianwert der spezifischen Wachstumsraten SWR ($0,43\%$ Kg/Tag; U-Test; $P = 0,027$) verglichen mit dem der Kontrollgruppe ($0,08\%$ Kg/Tag).

Die drei in den jeweils 14-tägigen Versuchsperioden getesteten Einzelkomponenten führten zu signifikanten Wachstumsunterschieden. Die höchste spezifische Wachstumsrate (Median) wurde mit den gefrorenen großen Chironomiden GGC erzielt. Daher wurden diese ab dem 21. Dezember 1999 für die folgenden Versuche als Futter für die Kontrollgruppe verwendet. Sie dienen auch als Basiskomponente für verschiedene Mehrkomponentenfutter.

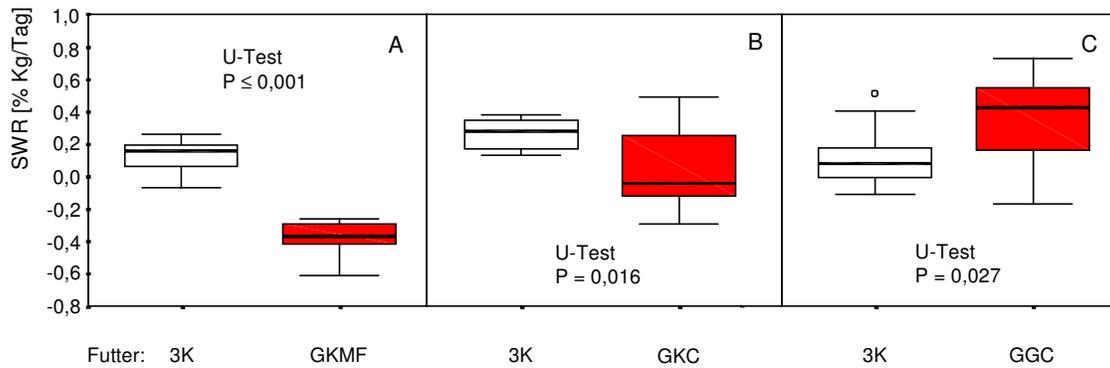


Abb. 3.5: Spezifische Wachstumsraten (SWR) großer Juvenile von *Acipenser sturio* (A: 62-94 cm, 1110-3740 g; B: 64-94 cm, 1249-3787 g; C: 65-94 cm, 1394-3861 g) nach der Fütterung von (A) gefrorenen kleinen marinen Fischen GKMF (Woche 5/6), (B) gefrorenen kleinen Chironomiden GKC (Woche 9/10) und (C) gefrorenen großen Chironomiden GGC (Woche 13/14) als experimentelle Futterkomponenten. Dreikomponentenfutter (3K: GKMF, GKC und GGC) wurde jeweils über denselben Zeitraum an die Fische der Kontrollgruppe verfüttert. Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

3.4.3 Zweikomponentenfutter

Mit dem Ziel das Futterspektrum um attraktive Komponenten zu erweitern und die Fische an neue Komponenten zu gewöhnen, wurden verschiedene Futterkombinationen mit derselben Basiskomponente sowie einer neuen Additivkomponente in ihrer Wirkung auf das Wachstum der jeweiligen Versuchsfische getestet.

3.4.3.1 Basis-Komponente + Crustaceen

In den Wochen 37/38 wurden im Becken 1501 außer den gefrorenen großen Chironomiden GGC als weitere Komponente gefrorene Fleischstückchen (25%) der tropischen Flusskrebsgattung *Procambarus sp.* GPro gefüttert. Die Störe der Kontrollgruppe erhielten gefrorene große Chironomiden GGC (Abb. 3.6 A).

Sowohl in der Kontrollgruppe als auch der Versuchsgruppe bewirkte das jeweils verabreichte Futter eine positive Wachstumsleistung. Der Median der SWR der gefrorenen großen Chironomiden GGC in Kombination mit dem *Procambarus*-Krebsfleisch GPro (0,13% Kg/Tag) lag jedoch signifikant unter dem der Kontrollgruppe (Median 0,27% Kg/Tag, U-Test, $P = 0,008$).

Als weitere Komponente aus der Gruppe der Crustaceen wurden in den Wochen 41/42 Bachflohkrebse *Gammarus sp.* GGam zusammen mit gefrorenen großen Chironomiden GGC in ihrer Wirkung auf das Wachstum der Störe in Becken 1501 getestet. Es wurde kein

signifikanter Unterschied ($P = 0,498$) zwischen dem Medianwert der Kontrollgruppe (0,20% Kg/Tag) und dem der Versuchsgruppe (0,20% Kg/Tag) festgestellt (Abb. 3.6 B).

Anschließend – in den Wochen 43/44 – wurde ein dritter Vertreter der Krebse in Kombination mit der Basiskomponente – gefrorene große Chironomiden GGC – an die Fische der Versuchsgruppe in Becken 1505 verfüttert: die Nordseegarnele *Crangon crangon* GCra. Die Störe der Kontrollgruppe wurden wiederum mit gefrorenen großen Chironomiden GGC gefüttert. Im Falle der Versuchsgruppe war diesmal eine deutliche Wachstumsdepression zu verzeichnen, der Median der SWR lag bei -0,20% Kg/Tag und war signifikant ($P \leq 0,001$) verschieden von dem der Kontrollgruppe: 0,04% Kg/Tag (Abb. 3.6 C).

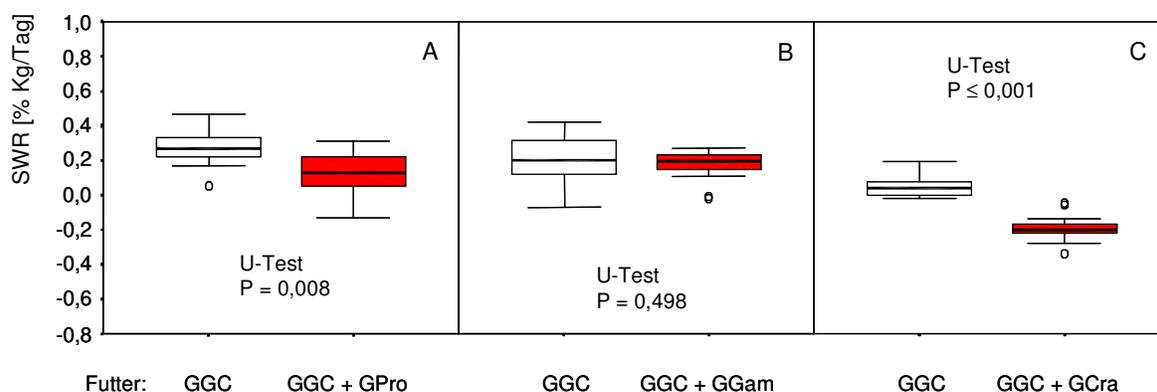


Abb. 3.6: Spezifische Wachstumsraten (SWR) großer Juvenile von *Acipenser sturio* (A: 71-101 cm, 1640-5206 g; B: 71-103 cm, 1577-5352 g; C: 71-104 cm, 1687-5197 g) nach der Fütterung von (A) gefrorenen großen Chironomiden GGC und *Procambarus*-Stückchen GPro (25% des Frischgewichts der GGC, Woche 37/38, N = 12 Fische, Becken 1501), (B) gefrorenen großen Chironomiden GGC und gefrorenen Gammariden GGam (25% des Frischgewichts der GGC, Woche 41/42, N = 12 Fische, Becken 1501) und (C) gefrorenen großen Chironomiden GGC und gefrorenen Garnelen GCra (25% des Frischgewichts der GGC, Woche 43/44, N = 11 Fische, Becken 1505) als experimentelle Futterkomponenten. Gefrorene große Chironomiden GGC wurden jeweils über denselben Zeitraum an die Fische der Kontrollgruppe verfüttert. Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

In den Wochen 47/48 wurde in beiden Becken, 1501 und 1505, gefrorene große Chironomiden GGC und Bachflohkrebse *Gammarus. sp.* GGam gefüttert (Abb. 3.7 A), da diese aufgrund des hohen Medianwertes der SWR in den Wochen 41/42 (0,20% Kg/Tag) für zukünftige Experimente neben den gefrorenen großen Chironomiden GGC als weitere Basiskomponente geeignet erschienen. Die erzielten Wachstumsraten offenbarten jedoch in beiden Becken einen Rückgang des Wachstums: -0,10% Kg/Tag im Becken 1501, und -0,06% Kg/Tag im Becken 1505. Beide Medianwerte waren nicht signifikant unterschiedlich ($P = 0,716$).

Dasselbe Versuchsdesign, d.h. die Fütterung zweier potentieller Basiskomponenten in beiden Becken wurde auch in den Wochen 55/56 angewandt. Bei der zweiten Komponente handelte es sich jedoch diesmal um gefrorene Nordseegarnelen *Crangon crangon* GCra. Sowohl der Medianwert der spezifischen Wachstumsraten SWR der Fische im Becken 1501 (-0,03% Kg/Tag) als auch der Störe im Becken 1505 (0,03% Kg/Tag) wiesen ein Wachstum um Null auf (Abb. 3.7 B). Signifikante Unterschiede waren daher nicht vorhanden (U-Test, $P = 0,369$).

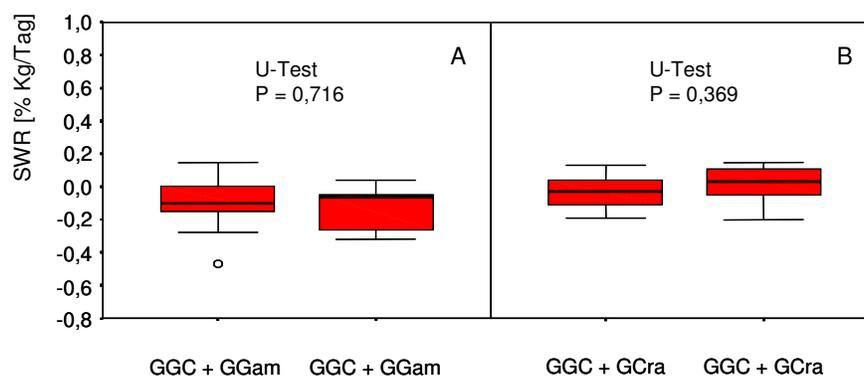


Abb. 3.7: Spezifische Wachstumsraten (SWR) von 14 (Becken 1501) bzw. 13 (Becken 1505) großen Juvenilen von *Acipenser sturio* (A: 73-104 cm, 1643-5279 g; B: 75-105 cm, 1890-5413 g) nach der Fütterung von (A) gefrorenen großen Chironomiden GGC und gefrorenen Gammariden GGam (25% des Frischgewichts der GGC, Woche 47/48) und (B) gefrorenen großen Chironomiden GGC und gefrorenen Garnelen GCra (25% des Frischgewichts der GGC, Woche 55/56) in beiden Becken. Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

3.4.3.2 Basis-Komponente + Teleostei

In der Woche 25/26 wurden die Störe des Beckens 1501 zum ersten Mal mit einem Zweikomponentenfutter gefüttert. Es handelte sich um gefrorene große Chironomiden GGC und Stückchen des Stint *Osmerus eperlanus* GOsm, in einer Menge von 25% des Frischgewichtes der gefrorenen großen Chironomiden GGC. Im Becken 1505 wurden parallel dazu ausschließlich gefrorene große Chironomiden GGC verfüttert (Abb. 3.8). Die Störe der Versuchsgruppe im Becken 1501 wiesen einen Median der spezifischen Wachstumsraten von -0,18% Kg/Tag auf, der signifikant niedriger war als der des Beckens 1505 (0,05% Kg/Tag; U-Test; $P = 0,027$).

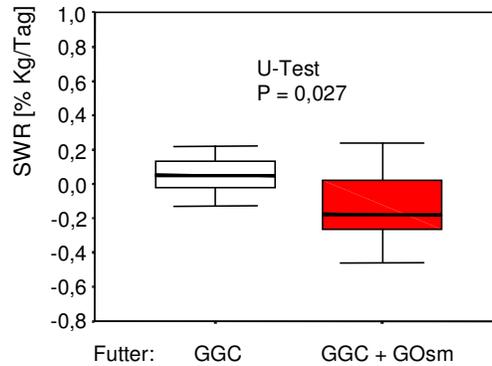


Abb. 3.8: Spezifische Wachstumsraten von 12 großen Juvenilen von *Acipenser sturio* (69-97 cm, 1611-4425 g) nach der Fütterung von gefrorenen großen Chironomiden (GGC) und Stint-Stückchen (25% des Frischgewichts der GGC) über zwei Wochen (Woche 25/26) in Becken 1501. Die Kontrollgruppe wurde mit GGC gefüttert. Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

Ein weiterer Vertreter der Teleostei, jedoch aus der Familie der Clupeidae - die Sprotte *Sprattus* sp. - wurde für ein 29 Wochen dauerndes Fütterungsexperiment verwendet, in dessen Verlauf diese neue Komponente sowohl als Bestandteil eines Zweikomponentenfutters (10-25% des Frischgewichtes der GGC) als auch als Alleinfutter im Becken 1505 gefüttert wurde (Abb. 3.9). Über den gesamten Zeitraum, d. h. vom 24. April 2001 bis zum 13. November 2001, dienten die Fische des Beckens 1501 als Kontrollgruppe. In sieben von elf Fällen lag bei der Fütterung des Zweikomponentenfutters (GGC + GSpr) der Median der spezifischen Wachstumsraten SWR der Versuchsgruppe über dem der Kontrollgruppe (GGC) (Tab. 3.4 und 3.5); lediglich nach der Fütterung in den Wochen 97-99 war der Unterschied nicht signifikant ($P = 0,069$). Nach den vier zweiwöchigen Fütterungsperioden in denen der Median der spezifischen Wachstumsraten SWR der Versuchsgruppe jedoch unter dem der Kontrollgruppe lag, war eine Signifikanz nur am 05.06.2001 (91/92) und am 07.08.2001 (100/101) feststellbar. Somit spricht das Verhältnis von sechs Fütterungsperioden mit positiver Wachstumsleistung zu zwei Versuchsperioden mit negativer, eher für eine zunehmende Akzeptanz der neuen Futterkomponente. Andererseits liefert die Korrelationsanalyse nach SPEARMANN zwar ein signifikantes Ergebnis ($P = 0,000$), dieses erlaubt jedoch keine eindeutige Aussage zugunsten einer steigenden Akzeptanz, denn der Koeffizient hat nur den positiven Wert $r_s = 0,277$, der näher bei Null (keine Korrelation) als bei Eins (vollständige positive Korrelation) liegt.

Gegen eine Akzeptanz spricht auch, dass bei ausschließlicher Fütterung der Störe mit Sprotten, wie in den Wochen 89/90, 95/96 und 108/109, die Mediane der spezifischen Wachstumsraten immer (dreimal) signifikant unter denen der Kontrollgruppe lagen (Tab. 3.4 und 3.5). Eine Akzeptanz als Alleinfutter war daher nicht zu verzeichnen.

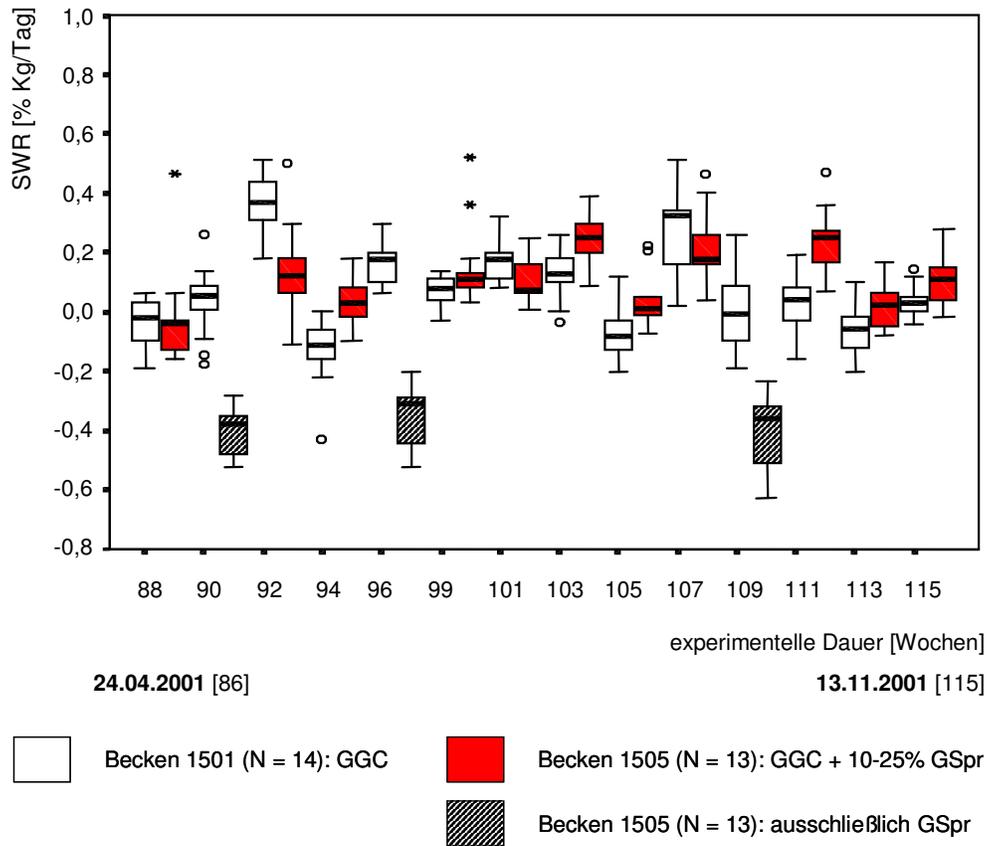


Abb. 3.9: Spezifische Wachstumsraten (SWR) von 13 großen Juvenilen von *Acipenser sturio* (80-112 cm, 2228-7110 g) in Becken 1505 nach der Fütterung von gefrorenen großen Chironomiden GGC und Sprotten-Stückchen *Sprattus sp.* (GSpr, 10-25% des Frischgewichts der GGC) über einen Zeitraum von 23 Wochen, jedoch unterbrochen durch 3 zweiwöchige Fütterungsperiode, in den ausschließlich Sprotten GSpr, gefüttert wurden. Die Kontrollgruppe in Becken 1501 wurde immer mit gefrorenen großen Chironomiden GGC gefüttert. Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

3.4.3.3 Trockenfutter

Weitere Versuche wurden durchgeführt, bei denen zusätzlich zur Basiskomponente eine weitere, neue Komponente gefüttert wurde. Dazu zählte auch die Kombination aus gefrorenen großen Chironomiden GGC und kommerziellem Trockenfutter für Forellen der Firma BioMar®. Die Fütterung von gefrorenen großen Chironomiden GGC und Trockenfutter (jeweils 50 g pro Fütterung: TF50) in den Wochen 77/78 führte zu einer signifikanten ($P = 0,019$) Abnahme der Wachstumsleistung der Versuchsfische im Becken 1501 (Median, SWR = 0,04% Kg/Tag) gegenüber der der Kontrollgruppe im Becken 1505 (Median, SWR = 0,24% Kg/Tag; s. Abb. 3.10 A). Die Fütterung des TF50 in Kombination wurde über 2 weitere Wochen (79/80) fortgesetzt, infolge dessen sich das Resultat der vorhergehenden

Versuchsperiode bzgl. der Versuchsgruppe wiederholte (Abb. 3.10 B). Der Median der spezifischen Wachstumsraten bei der GGC + TF50-Fütterung betrug 0,02% Kg/Tag, der bei Kontrollfutter - gefrorenen großen Chironomiden GGC - jedoch nur 0,12% Kg/Tag. Diese Differenz war zu gering für einen signifikanten Unterschied ($P = 0,109$).

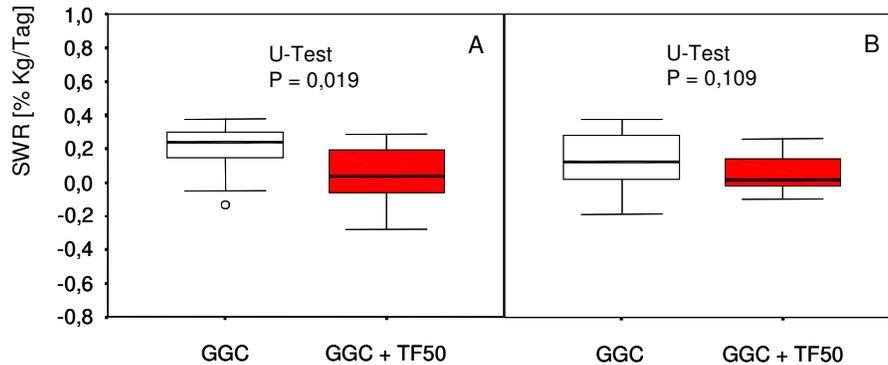


Abb. 3.10: Spezifische Wachstumsraten (SWR) von 14 großen Juvenilen von *Acipenser sturio* (A: 80-110 cm, 2316-6387 g; B: 80-110 cm, 2254-6683 g) im Becken 1501 nach der Fütterung von GGC + TF50 (d.h. einer Menge von jeweils 50 g je Fütterung) in den Wochen 77/78 (A) und 79/80 (B). Die 13 Fische der Kontrollgruppe im Becken 1505 wurden mit GGC gefüttert.

Anschließend wurde das Trockenfutter (200 g täglich, TF200) über 2 Wochen (81/82) auf seine alleinige Attraktivität und das dadurch verursachte Wachstum untersucht. Eine gravierende Wachstumsdepression war die Folge, die sich in einem Median der spezifischen Wachstumsraten von -0,38% Kg/Tag ausdrückte (Abb. 3.11 A). Diese war hoch signifikant verschieden vom Median der SWR der Kontrollgruppe (0,30% Kg/Tag; U-Test; $P \leq 0,001$).

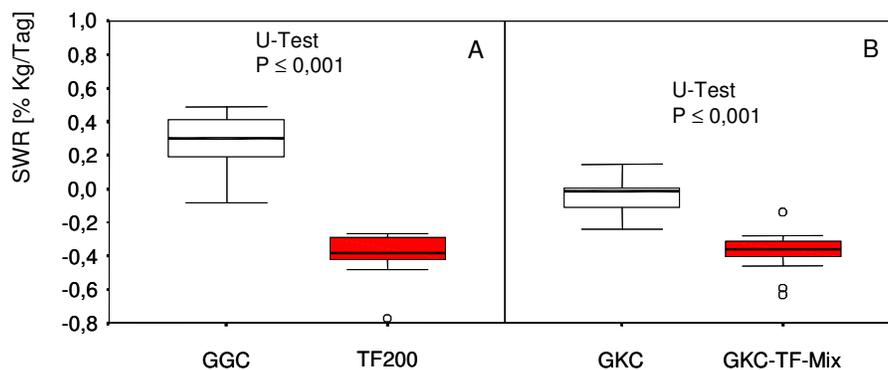


Abb. 3.11: Spezifische Wachstumsraten (SWR) von 14 großen Juvenilen von *Acipenser sturio* (A: 80-111 cm, 2229-6717 g; B: 84-118 cm, 2522-7340 g) im Becken 1501 nach der Fütterung von (A) ausschließlich 200 g TF täglich (TF200) in den Wochen 81/82 und (B) 240 g einer Mischung aus 43% GKC + 57% TF (GKC-TF-Mix) täglich in den Wochen 129/130. Die 13 Fische der Kontrollgruppe im Becken 1505 wurden mit GGC bzw. GKC gefüttert. Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

In den Wochen 129/130 wurde erneut eine Kombination mit Trockenfutter evaluiert. Dabei handelte es sich aber um ein Gemisch aus zerkleinerten gefrorenen kleinen Chironomiden GKC (43% des Gesamtgewichts) und kommerziellem Trockenfutter (57%) für Forellen (BioMar®). Die Fütterung erfolgte in Portionen von 60 g pro Fütterung viermal täglich und führte wiederum zu einer signifikanten Abnahme ($P \bullet 0,001$) der spezifischen Wachstumsraten der Störe der Versuchsgruppe (Median, SWR = -0,36% Kg/Tag) im Vergleich zu den Tieren der Kontrolle (Median, SWR = -0,01% Kg/Tag). Das Futter der Kontrollgruppe - gefrorene kleine Chironomiden GKC - verursachte ebenso eine Stagnation bzw. Depression, die jedoch deutlich (s. o.) geringer war als die der Versuchsgruppe.

3.4.4 Hunger-Versuch

In den Wochen 27/28 wurde die Fütterung der Fische im Becken 1505 ausgesetzt, um die Wachstumsleistung bei Abwesenheit von Futter (= Hunger) zu bestimmen. Die Störe der Kontrollgruppe im Becken 1501, erhielten gefrorene große Chironomiden GGC. Der Mangel an Futter - das Hunger-Experiment (Abb. 3.12) - führte ebenfalls zu einer Abnahme der Wachstumsleistung, d.h. einem signifikant niedrigeren Medianwert der Versuchsgruppe im Becken 1505 (-0,32% Kg/Tag; U-Test; $P \leq 0,001$) gegenüber der Kontrollgruppe im Becken 1501 (0,05% Kg/Tag).

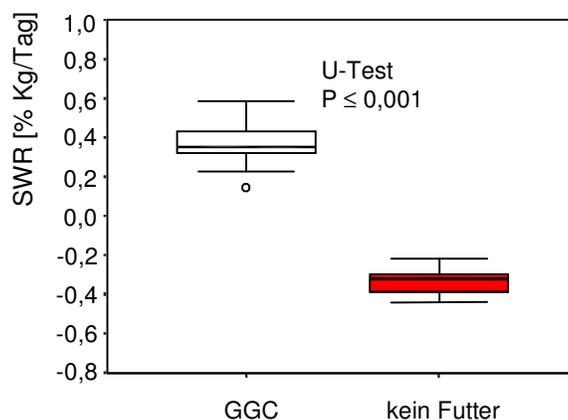


Abb. 3.12: Spezifische Wachstumsraten von 11 Juvenilen von *Acipenser sturio* (69-97 cm, 1584-4236 g) in Becken 1505, die über einen Zeitraum von zwei Wochen (Woche 27/28) nicht gefüttert wurden (Hunger-Versuch), sowie der 12 Fische der Kontrollgruppe im Becken 1501 bei Fütterung von gefrorenen großen Chironomiden GGC. Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

3.4.5 Bestimmung der Futterreste und Faeces (im Lamellenabscheider)

Nach der Umrüstung der kleineren bzw. der Inbetriebnahme der größeren Becken war es möglich in einem vereinheitlichten Verfahren die Menge der Futterreste und Faeces innerhalb des Wasserkreislaufes zu bestimmen. Die Datenerhebung erfolgte vom 19. März bzw. 14 Mai 2002 in den Becken 1 und 2, sowie vom 20. August 2002 in den Becken 3 und 4 und dauerte bis zum 25.03.03.

Die Differenz zwischen der berechneten, verabreichten Futtermenge und der berechneten, tatsächlichen Futtermenge (berechnete, verabreichte Futtermenge abzüglich der Futterreste und Faeces) war in allen vier Becken nicht groß genug, um signifikante Unterschiede ($P_{B1} = 0,114$; $P_{B2} = 0,401$; $P_{B3} = 0,221$; $P_{B4} = 0,221$) nachweisen zu können (s. Tab. 3.11).

Tab. 3.11: Übersicht über die berechnete, verabreichte (ber. ver.) Futtermenge [g], die berechnete, tatsächliche (ber. tats.) Futtermenge [g] und die durch die Reinigung der Lamellenabscheider ermittelte Menge an Futterresten und Faeces [g]. Beide Futtermenge wurden signifikante Unterschiede (U-Test) geprüft, mit der Wahrscheinlichkeit P, bei $\alpha = 0,05$.

Messtage	Becken 1			Becken 2			Becken 3			Becken 4		
	Futtermenge ber. ver. [g]	ber. tats. Futterm. [g]	Futterreste & Faeces [g]	Futtermenge ber. ver. [g]	ber. tats. Futterm. [g]	Futterreste & Faeces [g]	Futtermenge ber. ver. [g]	ber. tats. Futterm. [g]	Futterreste & Faeces [g]	Futtermenge ber. ver. [g]	ber. tats. Futterm. [g]	Futterreste & Faeces [g]
02.04.02	--	--	--	35792,4	34999,4	793	--	--	--	--	--	--
16.04.02	--	--	--	44314,4	42377,4	1937	--	--	--	--	--	--
28.04.02	--	--	--	66471,6	64285,5	2186,1	--	--	--	--	--	--
14.05.02	--	--	--	37837,68	33861,68	3976	--	--	--	--	--	--
28.05.02	44314,4	42243,4	2071	40905,6	39257,6	1648	--	--	--	--	--	--
11.06.02	64767,2	63035,2	1732	57949,6	57949,6	--	--	--	--	--	--	--
25.04.02	44314,4	43573,4	741	44314,4	43945,4	369	--	--	--	--	--	--
09.07.02	44314,4	44120,6	193,8	35792,4	33589,4	2203	--	--	--	--	--	--
23.07.02	44314,4	43393,4	921	35792,4	34622,4	1170	--	--	--	--	--	--
06.08.02	23520,72	23182,72	338	23520,72	22804,72	716	--	--	--	--	--	--
20.08.02	44314,4	42919,8	1394,6	37837,68	35874,38	1963,3	--	--	--	--	--	--
03.09.02	13665,6	13160,6	505	13665,6	12243,6	1422	13665,6	9831,6	3834	13665,6	11519,6	2146
17.09.02	13665,6	8817,6	4848	16819,2	15902,7	916,5	20603,52	19625,52	978	16608,96	15244,96	1364
01.10.02	17870,4	17488,4	382	16819,2	16110,2	709	20603,52	19529,52	1074	19552,32	18280,32	1272
15.10.02	17870,4	17317,4	553	23336,64	22276,64	1060	21024	19298	1726	19972,8	18990,8	982
29.10.02	17870,4	17155,4	715	18921,6	18091,6	830	18921,6	16734,6	2187	16819,2	15579,2	1240
12.11.02	17870,4	16895,4	975	18921,6	17864,6	1057	16819,2	15069,2	1750	16819,2	15340,2	1479
26.11.02	16819,2	15502,2	1317	17870,4	16701,4	1169	16819,2	14978,2	1841	15768	14777	991
10.12.02	16819,2	14892,2	1927	16398,72	15266,72	1132	13665,6	11883,6	1782	14716,8	13030,8	1686
23.12.02	21234,24	17782,2	3452	23336,64	20454,64	2882	15557,76	14515,76	1042	15557,76	14306,76	1251
07.01.03	19867,68	16694,7	3173	19867,68	17557,68	2310	13245,12	11657,12	1588	13245,12	12111,12	1134
21.01.03	24598,08	21232,1	3366	24598,08	21574,08	3024	16188,48	14760,48	1428	16188,48	15179,48	1009
04.02.03	49196,16	40582,2	8614	49196,16	43118,16	6078	32376,96	26679,96	5697	32376,96	29137,96	3239
18.02.03	49196,16	42920,2	6276	49196,16	46074,16	3122	32376,96	28992,96	3384	32376,96	29651,96	2725
25.02.03	16398,72	11915,7	4483	10932,48	8052,48	2880	10932,48	8616,48	2316	10932,48	8816,48	2116
11.03.03	49196,16	37606,2	11590	24598,08	21808,08	2790	16398,72	13748,72	2650	32797,44	27537,44	5260
25.03.03	49196,16	39802,2	9394	24598,08	21878,08	2720	16398,72	13831,72	2567	32797,44	27726,44	5071
N	23			27			16			16		
P	0,114			0,401			0,221			0,221		
Signifikanz (+)	-			-			-			-		

3.4.6 Kompensatorisches Wachstum

Infolge von Wachstumsstagnation oder Depression trat nach verschiedenen zweiwöchigen Untersuchungsperioden in der jeweils darauf folgenden ein signifikanter Anstieg der spezifischen Wachstumsraten auf. Solch kompensatorisches Wachstum wurde beispielsweise nach dem Rückgang der Wachstumsleistung durch die Fütterung von gefrorenen kleinen marinen Fischen GKMF auf einen Medianwert von $-0,37\%$ Kg/Tag in den Wochen 5/6 im Becken 1501 beobachtet, in dessen Folge es nach der Fütterung des Dreikomponentenfutters 3K in den Wochen 7/8 zu einem Anstieg der SWR auf $0,46\%$ Kg/Tag (Median) kam (Abb. 3.13).

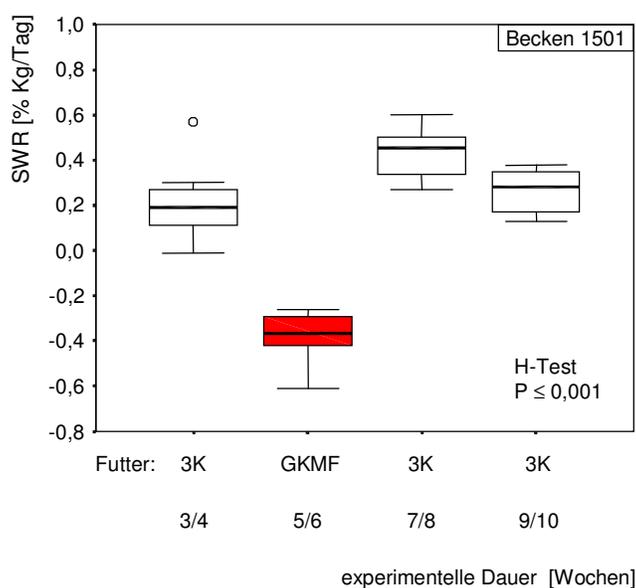


Abb. 3.13: Spezifische Wachstumsraten (SWR) von 12 großen Juvenilen von *Acipenser sturio* (62-92 cm, 987-3645 g) in Becken 1501 über 8 Wochen (Wochen 3-10), mit kompensatorischem Wachstum (Woche 7/8) bei der Fütterung des Dreikomponentenfutters (3K) nach der zweiwöchigen Fütterung gefrorener kleiner mariner Fische (GKMF, Woche 5/6). Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

Ein ähnlicher Anstieg wurde im Anschluss an den Hunger-Versuch (Woche 27/28) im Becken 1505 beobachtet. Dort führte der Mangel an jeglichem Futter über 2 Wochen zu einem Abfall des Medians der spezifischen Wachstumsraten auf $-0,32\%$ Kg/Tag, im Vergleich zur Kontrollgruppe mit $0,34\%$ Kg/Tag. In den darauf folgenden 2 Wochen war durch Fütterung gefrorener großer Chironomiden GGC eine Steigerung auf $0,36\%$ Kg/Tag zu verzeichnen.

3.4.7 Tag- und Nachtfütterung/ Tagfütterung mit gesteigerter FR

Um die Auswirkungen einer Ausdehnung des Fütterungszeitraums und damit einer Erhöhung der Fütterungsrate (FR, s. Kap. 3.4.8 und Abb. 3.16) zu bewerten, wurden die täglichen Fütterungen mit gefrorenen großen Chironomiden GGC auch auf die Nacht (also insgesamt 24 Stunden) ausgeweitet. Dazu wurden die Fische in den Wochen 177/178 und 179/180 in allen vier Becken in 24 Stunden acht Mal, d.h. alle drei Stunden, gefüttert. Wie aus Abb. 3.14 hervorgeht, konnten in der ersten zweiwöchigen Versuchsperiode Medianwerte der spezifischen Wachstumsraten zwischen 0,16 und 0,40% Kg/Tag beobachtet werden. Sowohl der U-Test zwischen den einzelnen Gruppen – kleine (P = 0,442) bzw. große Becken (P = 0,429) – als auch der H-Test über alle Becken (P = 0,245) offenbarten keine signifikanten Unterschiede nach der ersten Versuchsperiode. Insofern konnte durch die Ausweitung der Fütterungszeiten und einer gesteigerten Fütterungsrate auch eine Steigerung des Wachstums erzielt werden. Diese war jedoch einmalig.

In der zweiten Versuchsphase (Woche 179/180) war dieses Ergebnis nicht reproduzierbar, denn alle Medianwerte lagen unter Null, d.h. zwischen -0,07 bis -0,20% Kg/Tag. Lediglich die Medianwerte der spezifischen Wachstumsraten der Fische beider großer Becken, Becken 1 (-0,07% Kg/Tag) und Becken 2 (-0,20% Kg/Tag), wiesen einen signifikanten Unterschied (U-Test, P = 0,028) auf. Die geringste Wachstumsabnahme war in Becken 1 zu verzeichnen. Auch der H-Test bestätigte nur, dass keine Unterschiede zwischen den vier Becken bestanden (P = 0,100).

In Anlehnung an die bereits durchgeführten Versuche mit gesteigerter FR, wurde ein erhöhtes Niveau dieses Faktors auch in den Wochen 182/183 und 184/185 beibehalten (s. Kap. 3.4.8 und Abb. 3.16). Jedoch wurden die Europäischen Störe in allen Becken wiederum nur am Tage gefüttert, d.h. von 7.00 bis 17.00 Uhr. Über einen Zeitraum von 10 Stunden in 2-Stunden Intervallen wurden sechs Fütterungen mit gefrorenen großen Chironomiden GGC durchgeführt. Die Fütterungsrate wurde aber nur in zwei Becken, Becken 1 und Becken 4, auf ca. 8 % Kg/Tag durch eine vergrößerte Futtermenge, bei den letzten beiden Fütterungen des Tages, erhöht. Die beiden anderen Becken, Becken 2 und Becken 3, fungierten als Kontrollgruppen, bei gleicher Anzahl an Fütterungen aber insgesamt weniger Futter und damit einer Fütterungsrate von ca. 4% Kg/Tag. Das Ergebnis der ersten Versuchsperiode mit gesteigerter Fütterungsrate am Tage (Abb. 3.14) kam dem erwarteten sehr nahe. Denn die Fische der Becken 1 und 4, die mit erhöhter FR gefüttert wurden, zeigten auch gesteigerte Medianwerte der spezifischen Wachstumsraten (B1: 0,27% Kg/Tag; B4: 0,27% Kg/Tag),

welche sich signifikant ($P_{1-2} = 0,002$; $P_{3-4} = 0,009$) von denen der komplementären Becken, Becken 2 (SWR = 0,08% Kg/Tag) und 3 (SWR = 0,03% Kg/Tag) unterschieden. Auch der H-Test bestätigte signifikante Unterschiede zwischen den vier Becken ($P = 0,001$).

Trotz nahezu gleicher Futtermengen war auch dieses Resultat infolge der nächsten Versuchsperiode 184/185 nicht wiederholbar, d.h. in diesem Fall gingen die Medianwerte der Versuchsgruppen in Becken 1 und Becken 4 zurück, und die der Kontrollgruppen stiegen an, so dass auch der H-Test nicht-signifikante Unterschiede ($P = 0,660$) zeigte. Die U-Tests innerhalb der Gruppe der großen (B1: 0,17% Kg/Tag und B2: 0,14% Kg/Tag; $P = 0,161$) bzw. kleinen (B3: 0,12% Kg/Tag und B4: 0,14% Kg/Tag; $P = 0,792$) Becken zeigten ebenso keine signifikanten Unterschiede der Medianwerte der spezifischen Wachstumsraten auf. Beide Versuchsperioden führten aber zu Wachstumsleistungen, die über Null lagen und damit höher waren als die der Wochen 179/180. Die in der ersten Versuchsperiode, den Wochen 182/183, erzielten Mediane der SWR sind sogar nahezu gleich denen die durch die Tag- und Nachtfütterung in den Wochen 177/178 erzielt wurden. Somit ist es zumindest einmal in zwei Becken (1 und 4) gelungen, eine ähnliche Wachstumswirkung wie bei der 24-Stunden-Fütterung zu bewirken; diesmal jedoch durch gesteigerte Futtermengen bei reduzierter Zahl an Fütterungsintervallen aber ausgedehntem Fütterungszeitraum am Tage.

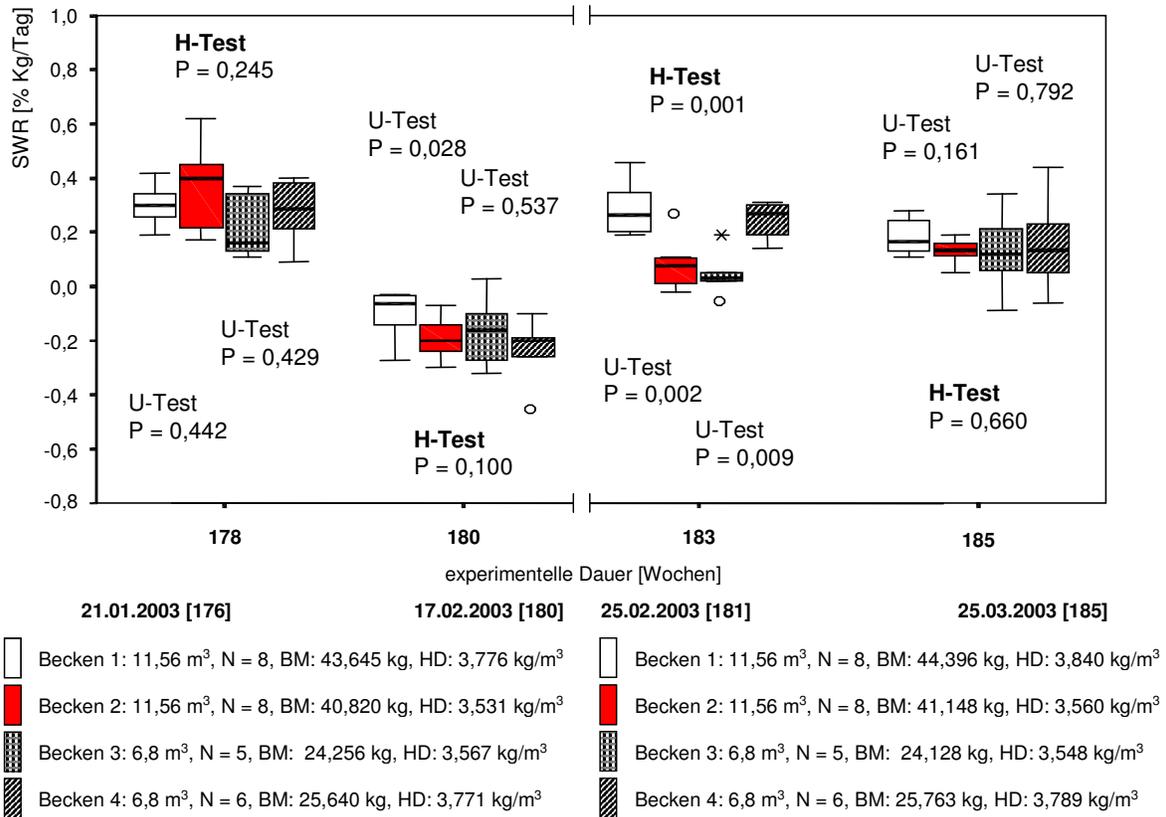


Abb. 3.14: Spezifische Wachstumsraten (SWR) von insgesamt 27 großen Juvenilen von *Acipenser sturio* in zwei großen (11,56 m²; B1 und B2) und zwei kleinen (6,8 m²; B3 und B4) Becken bei Tag- und Nachtfütterung in den Wochen 177/178 (87-122 cm, 2840-8352 g) und 179/180 (87-122 cm, 2724-8271 g), sowie bei Tagesfütterung über zehn Stunden mit gesteigerter Fütterungsrate (FR) in den Wochen 182/183 (87-123 cm, 2745-8147 g) und 184/185 (88-123 cm, 2787-8371 g). Die Fütterungen erfolgten mit gefrorenen großen Chironomiden GGC. Der statistische Vergleich erfolgte durch den U-/H-Test (MANN-WHITNEY/KRUSKAL-WALLIS), mit $\alpha = 0,05$. Angegeben sind außerdem die Biomasse (BM) je Becken und die daraus resultierende Haltungsdichte (HD). Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

3.4.8 Fütterungsrate (FR)

Die Ermittlung der Fütterungsrate (FR) erfolgte auf der Grundlage der Bestimmung der Nettoabtropfgewichte der Frostfutterkomponenten, dem täglichen Futterbedarf über den Untersuchungszeitraum und der daraus resultierenden Fischbiomasse des jeweiligen Beckens (s. a. Kap. 2.6 und 3.3 bzw. 3.3.1). Wie aus Abb. 3.15 hervorgeht, unterlag die Fütterungsrate FR deutlichen Schwankungen, die sich einerseits aus den Mengenvorgaben der Versuche und andererseits aus dem Fressverhalten in Abhängigkeit der gefütterten Komponente ergaben, denn es wurde *ad libitum* gefüttert. So wurde bei guter Futteraufnahme einer attraktiven Komponente die Menge an Futter erhöht und umgekehrt. Da sich die Attraktivität nicht nur durch die Menge an gefüttertem Futter, sondern auch durch die bewirkte Wachstumsleistung

In der abschließenden Untersuchung in den Wochen 182-185 wurde in allen vier Becken 6 Fütterungen über einen Zeitraum von 10 Stunden täglich durchgeführt. Nur in den Becken 1 und 4 wurde durch die Anhebung der Futtermengen auch die Fütterungsrate auf das Niveau der Tag- und Nachfütterung erhöht (s. Abb. 3.16).

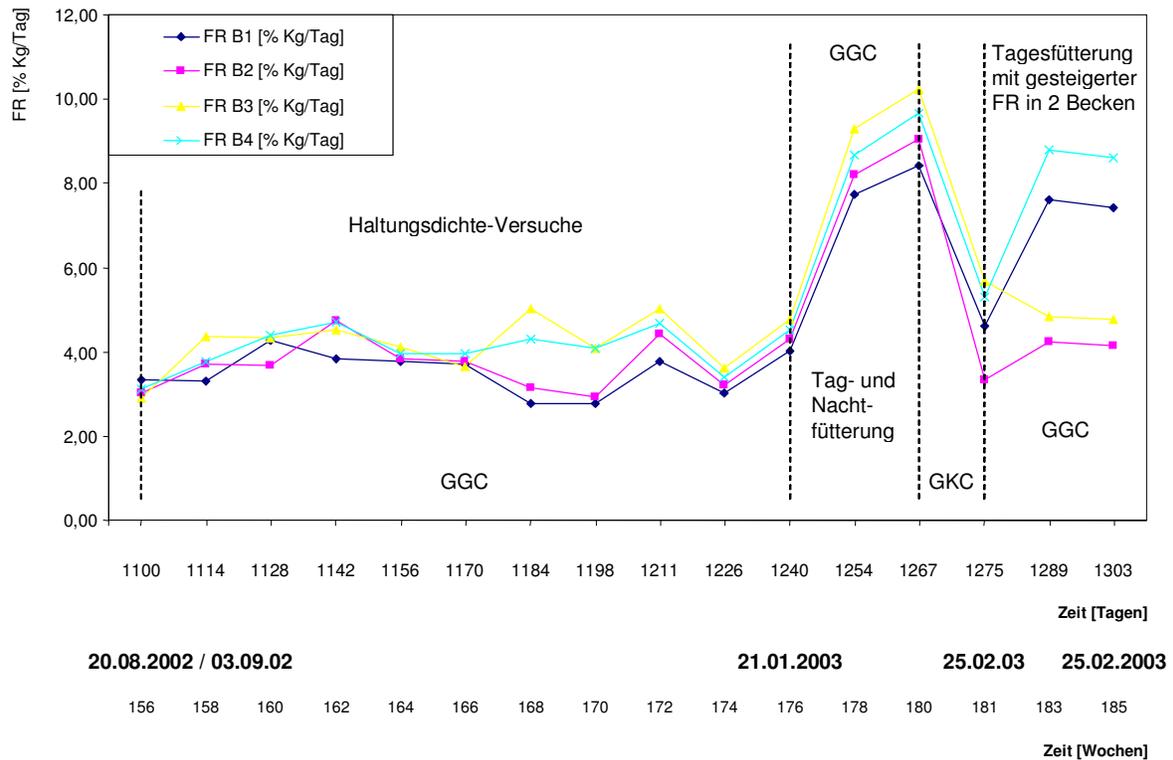


Abb. 3.16: Fütterungsraten (FR) über 217 Tage bzw. 31 (155-185) Wochen in den Becken 1, 2, 3, und 4. Ab der 155. Woche bis zur 176. Woche (22 Wochen) wurden die Untersuchungen zum möglichen Einfluss der Haltungsdichte auf das Wachstum durchgeführt, gefolgt von der Tag- und Nachfütterung über 4 Wochen (177-180) sowie der Tagesfütterung mit gesteigerter FR im Becken 1 und Becken 4. Lediglich in der 181. Woche wurden alle Becken mit gefrorenen kleinen Chironomiden GKC gefüttert. Ansonsten wurden ausschließlich gefrorene große Chironomiden GGC verfüttert.

3.5 Wachstumsanalyse

Vom 30. August 1999 bis zum 25. März 2003 sind die 27 Exemplare der IGB-Zuchtgruppe von 80 cm (Median, Spannweite: 93-62 = 31 cm) auf 106 cm (Median, Spannweite: 123-88 = 35 cm) angewachsen. Das entspricht einem Längenwachstum von 7,3 cm pro Jahr. 16 Individuen sind inzwischen größer als 100 cm, davon besitzen 3 Exemplare (A69C, D385, 81EF) eine Länge größer als 120 cm.

3.5.1 Zuchtgruppe am IGB

Um Auskunft über das Wachstum der Europäischen Störe vom IGB in Berlin zu erhalten, wurden die Längen und die Gewichte der einzelnen Fische an 11 Messtagen über einen Zeitraum von 7 Jahren (15.07.96 mit N = 40, 21.11.96 mit N = 14, 02.12.96 mit N = 6, 03.02.97 mit N = 12, 16.04.97 mit N = 40, ab 03.03.98 jeweils mit N = 27, 30.08.99, 14.08.00, 21.08.01, 20.08.02, 25.03.03) analysiert und graphisch dargestellt (Abb. 3.17). Unter Einbeziehung der ersten verfügbaren Messdaten ab Juli 1996 und der Auswahl von Daten jährlich aufeinander folgender Messtage ab August 1999, ergab die graphische Auswertung des Wachstums der Zuchtgruppe am IGB eine Längen-Gewichts-Beziehung, die durch die exponentielle Funktion der Formel $W = 0,002 * L^{3,1722}$ (W = Gewicht [g], L = Länge [cm]) und einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,9959$ beschrieben werden kann. Aufgrund des hohen Bestimmtheitsmaßes und der damit verbundenen hohen Übereinstimmung, eignet sich diese Exponentialfunktion sehr gut für die Beschreibung der vorliegenden Messdaten.

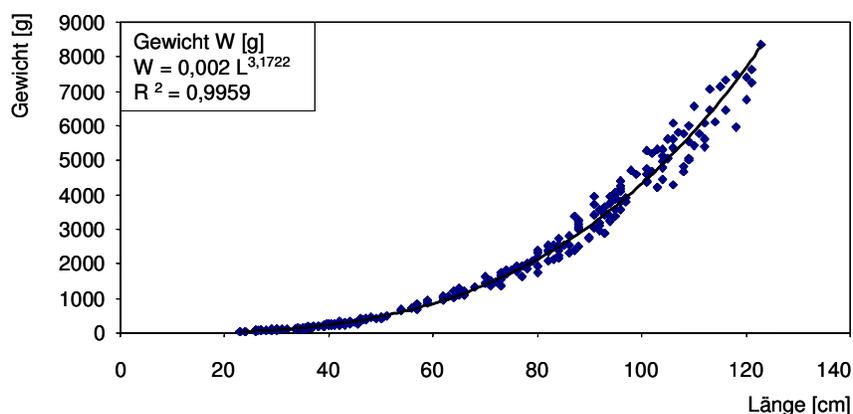


Abb. 3.17: Längen-Gewichts-Diagramm der Zuchtgruppe des IGB mit Juvenilen von *Acipenser sturio* an 11 Messtagen über 7 Jahre (15.07.96 mit N = 40, 21.11.96 mit N = 14, 02.12.96 mit N = 6, 03.02.97 mit N = 12, 16.04.97 mit N = 40, ab 03.03.98 jeweils mit N = 27, 30.08.99, 14.08.00, 21.08.01, 20.08.02, 25.03.03).

3.5.2 Längenhistogramme

Zur Analyse des Längenwachstums der Zuchtgruppe (N = 27) des IGB wurden Längenhistogramme in Kombination mit den jeweiligen relativen Häufigkeitssummen erstellt (Abb. 3.18). Dazu wurden die Längendaten, d.h. die Totallängen, die an fünf aufeinander folgenden Messtagen im Einjahresabstand im Rahmen der üblichen zweiwöchigen Versuchsperioden registriert wurden (30.08.1999, 14.03.00, 13.03.01, 19.03.02 und 25.03.2003), graphisch dargestellt.

Am 30. August 1999 wurden 7 verschiedene Längen gemessen, die mit mehr als einem Individuum innerhalb der Fischgruppe vertreten waren. Dabei traten die Längen 80 cm und 84 cm jeweils viermal mal auf, 3 Störe hatten eine Länge von 73 cm und die verbliebenen vier Längen (71, 76, 82 und 93 cm) wiesen jeweils 2 Exemplare auf. 50% aller Fische hatten die Länge von maximal 80 cm (Median, s. a. Tab. 3.12) erreicht (relative Häufigkeitssummen). Der kleinste Stör war 62 cm lang und der größte 93 cm.

Im darauf folgenden Jahr (Messtag: 14. März 2000) stieg die Medianlänge auf 85 cm an. Der kleinste Fisch maß 69 cm, der größte 97 cm. Jeweils 2 Individuen wiesen eine der folgenden fünf Längen von 76, 79, 85, 91 oder 92 cm auf, 3 Störe waren 75 cm und weitere 4 Fische 89 cm lang.

Tab. 3.12: Übersicht über die Medianlängen [cm] der Zuchtgruppe des Europäischen Störs *Acipenser sturio* am IGB (N = 27) an 5 Messtagen über einen Zeitraum von 4 Jahren. Außerdem sind die maximale und minimale Länge [cm], sowie die Spannweite [cm] angegeben.

Datum des Messtags	Median Länge [cm]	Länge max. [cm]	Länge min. [cm]	Spannweite [cm]
30.08.1999	80	93	62	31
14.03.2000	85	97	69	28
13.03.2001	98	110	80	30
19.03.2002	102	118	85	33
25.03.2003	106	123	88	35

Die nächsten im Rahmen der Auswertung berücksichtigten Messdaten stammten vom 13. März 2001. Der berechnete Median von 98 cm lag diesmal 13 cm über dem Wert des Vorjahres. Der größte Stör war 110 cm lang, der kleinste 80 cm. Zu diesem Zeitpunkt gab es keine Länge, die viermal auftrat. Drei Individuen wiesen die Längen 99 bzw. 100 cm auf und jeweils 2 Fische waren 83, 87, 88, 101 bzw. 102 cm lang.

Am 19. März 2002 hatten lediglich noch 3 Störe dieselbe Länge von 106 cm. Sechs Längen (93, 94, 102, 105, 111 und 116 cm) waren jeweils mit 2 Individuen vertreten. Der Median lag bei 102 cm, der kleinste Stör maß 85 cm und der größte 118 cm.

Am letzten Messtag, dem 25. März 2003, wurden die vorhandenen Längen nur noch durch einen oder zwei Störe repräsentiert. Sechs Längen (88, 94, 96, 106, 109 und 110 cm) wiesen jeweils 2 Fische auf. Die Medianlänge war 106 cm, und die Spannweite reichte von 88 bis 123 cm. Soweit nicht anders erwähnt, waren an allen Messtagen die übrigen Störe jeweils nur einmal mit der entsprechenden Länge vertreten.

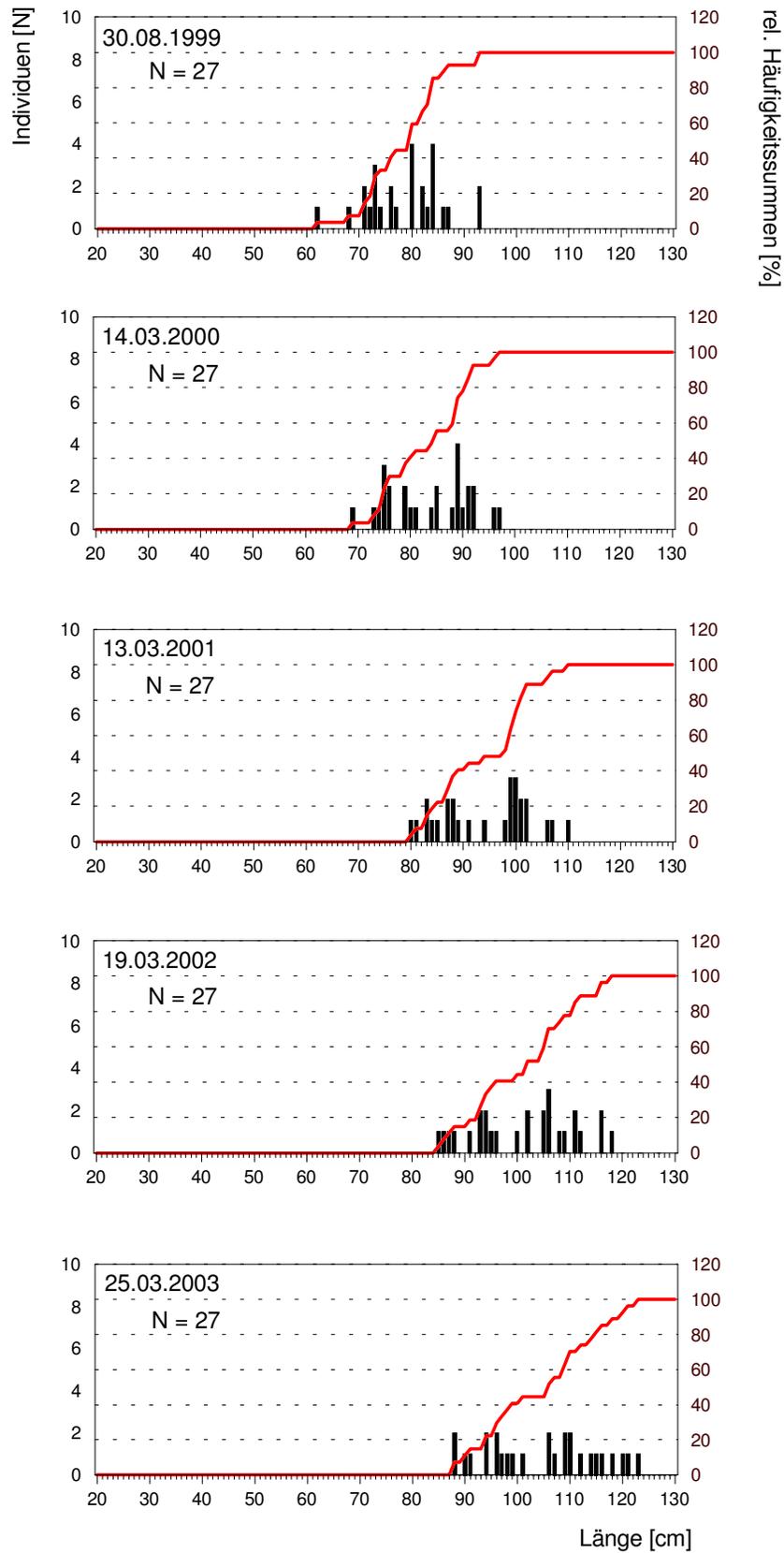


Abb. 3.18: Längen-Histogramme mit relativen Häufigkeitssummen von 27 Individuen von *Acipenser sturio* über 4 Jahre, vom 30. August 1999 bis zum 25. März 2003.

3.5.3 Rangordnung

Als weiteres Wachstumscharakteristikum der Zuchtgruppe des IGB gibt die Rangordnung Auskunft über die Stellung bzw. Position der einzelnen Individuen. Die konkrete Einordnung erfolgte über die Parameter, Länge [cm] gefolgt vom Gewicht [g]. Dabei erhielt der Stör mit der größten Länge und dem höchsten Gewicht den Rang 1. Existierte ein Stör mit derselben Länge aber geringerem Gewicht, erhielt er den nächst niedrigeren Rang, z.B. Rang 2. Somit wurde innerhalb derselben Größenklasse der Rang dann nach dem zweiten Kriterium (Gewicht) in absteigender Reihenfolge verteilt. Dadurch kam es durchaus vor, dass ein Stör mit geringerer Länge ein größeres Gewicht haben konnte, aber trotzdem einen niederen Rang zugeteilt wurde, da die Länge als das bedeutendere Kriterium ausgewählt wurde.

Die Störe der Zuchtgruppe (N = 27) wurden an fünf verschiedenen Messtagen, dem 30.08.1999, 14.03.2000, 13.03.2001, 19.03.2002 und 25.03.2003, in der oben geschilderten Weise in eine Rangordnung eingegliedert. Die in Abb. 3.19 dargestellten Ränge sind die absoluten Ränge an den verschiedenen Messtagen. Dabei wurde auf eine exakte Zuweisung der einzelnen Individuen in Abhängigkeit des sich verändernden Versuchsdesigns und der damit verbundenen Änderung der Gruppenzusammensetzung verzichtet. Lediglich die grobe Zuordnung zur ursprünglichen Gruppe 1501 (blau) oder 1505 (rot) wurde durchgeführt.

Wie aus der Abb. 3.24 hervorgeht, gab es keine eindeutige, zahlenmäßige Dominanz zugunsten der einen oder anderen Gruppe. So haben die Störe 81EF und D385 des Beckens 1505 kontinuierlich den ersten und zweiten Rang besetzt, wobei sie lediglich im zweiten Jahr die Rangplätze untereinander getauscht haben. Andererseits besetzten drei Störe des Beckens 1501 (8138, DDAE und A69C) zur gleichen Zeit den dritten Rang. Bei den darauf folgenden Rangplätzen (bis 9) scheinen die Fische des Beckens 1501 zu überwiegen. Dann schließen sich Ränge an, die von Stören beider Becken nahezu gleichmäßig besetzt sind. Ab dem 21. Rang folgen fünf Störe des Beckens 1505. Der letzte/höchste Rang (27) ist bis auf den letzten Messtag vom kleinsten Stör, DB80, besetzt. Abschließend lässt sich eine tendenzielle Anhäufung der Fische des Beckens 1501 im niederen Bereich und der des Beckens 1505 im höheren Rangabschnitt feststellen.

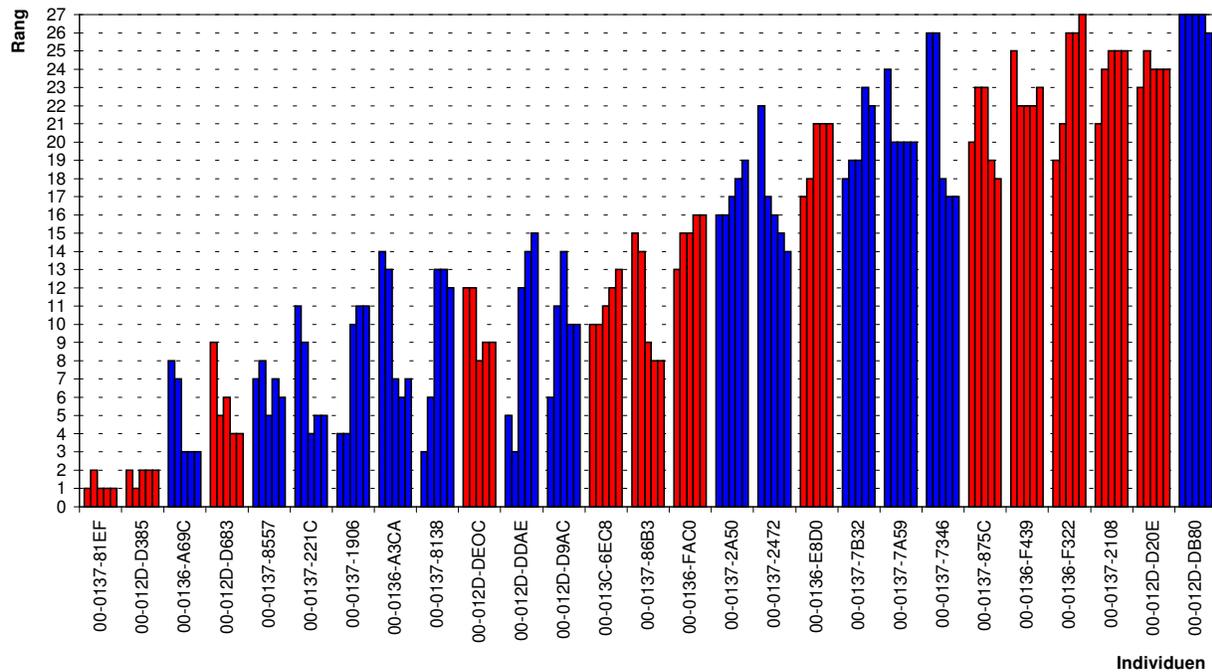


Abb. 3.19: Rangordnung von 27 Juvenilen von *Acipenser sturio* über 4 Jahre, an 5 verschiedenen Messtagen: 30.08.1999, 14.03.2000, 13.03.2001, 19.03.2002 und 25.03.2003 (Becken 1501: blau, Becken 1505: rot). Inklusive der Fische die erst im Juli 2000 mit in die Fütterungsversuche einbezogen wurden (1906, DB80, F439, D683). Außerdem wurde auch die Aufgliederung in Zusammenhang mit den Untersuchungen zur Haltungsdichte nicht berücksichtigt.

Die Berechnung des mittleren Ranges jedes Individuums unter der Angabe der Spannweite ermöglicht eine weitergehende Analyse der Gruppenstruktur. So wird aus der Abb. 3.20 deutlich, dass im Bereich der niederen Ränge (1-3), der mittleren (15-17) und der höchsten (24-27) die kleinsten Spannweiten vorherrschen und damit die größte Konstanz in diesen Rangplätzen zu finden ist, während die Fische, die andere Positionen besetzten häufiger eben diese gewechselt haben. Diese Beobachtung geht konform, mit der Feststellung, dass die beobachtete Zuchtgruppe mit fortschreitendem Wachstum seit Beginn der Messungen sich in ihrer Längen-Häufigkeitsverteilung auseinander entwickelt (s. a. Kap. 3.5.2, Abb. 3.18).

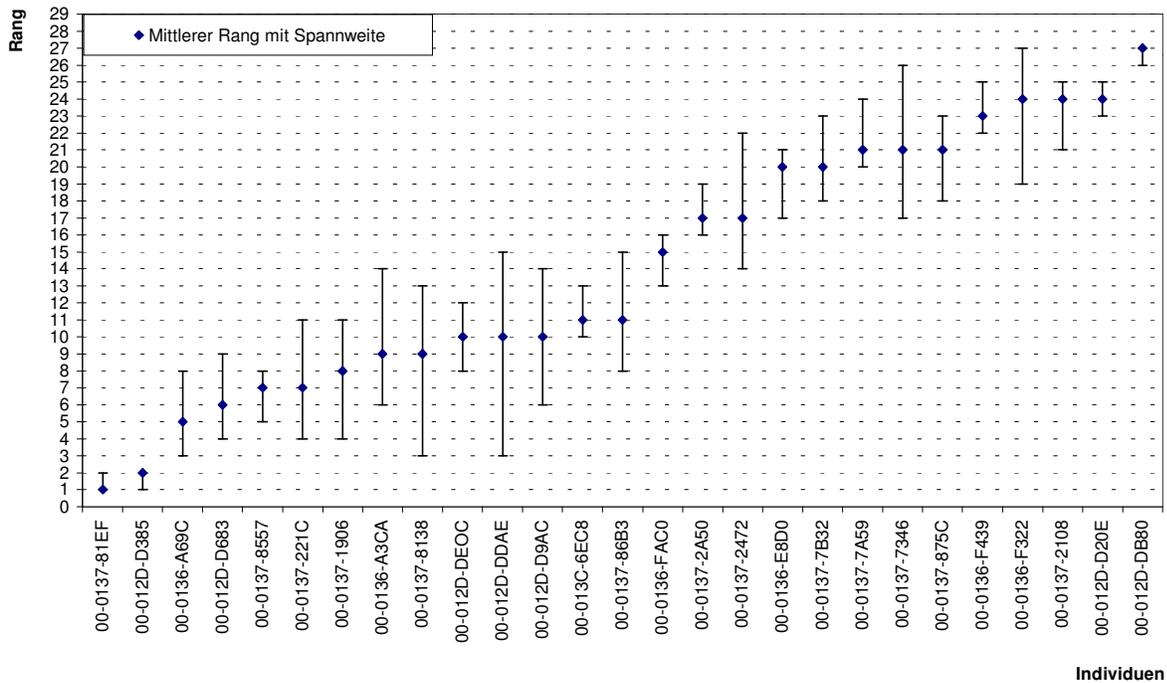


Abb. 3.20: Übersicht über die mittleren Ränge mit Spannweite der 27 Juvenilen von *Acipenser sturio* der Zuchtgruppe des IGB über 4 Jahre, an 5 verschiedenen Messtagen: 30.08.1999, 14.03.2000, 13.03.2001, 19.03.2002 und 25.03.2003 (Becken 1501: blau, Becken 1505: rot). Inklusive der Fische die erst im Juli 2000 mit in die Fütterungsversuche einbezogen wurden (1906, DB80, F439, D683). Außerdem wurde auch die Aufgliederung in Zusammenhang mit den Untersuchungen zur Haltungsdichte nicht berücksichtigt.

3.5.4 Individuelles Wachstum

Die bis jetzt wiedergegebenen Ergebnisse der Fütterungsexperimente beruhen auf der Auswertung der spezifischen Wachstumsraten einer bzw. mehrerer Fischgruppen. Aufgrund der individuellen Markierungen der Störe war auch die Beobachtung des individuellen Wachstums möglich. Das Wachstum von drei unterschiedlich großen Fischen aus dem Becken 1501 über 28 Wochen (Wochen 1-28) wurde in Abb. 3.21 graphisch dargestellt. Das erste Individuum 7346 (angegeben sind jeweils die letzten vier Stellen des Identifikationscodes (ID): 00-0137-7346, s. Kap. 2.3.3, Tab. 2.4) war zu Versuchsbeginn 68 cm lang (jeweils Totallänge) und wog 1323 g (jeweils Totalgewicht). Der zweite Europäische Stör 2A50 (ID) hatte eine Totallänge von 77 cm und ein Gewicht von 1950 g. Die Länge des dritten Fisches 8138 (ID) betrug 87 cm und er wog 2392 g.

Alle drei Fische zeigten während des 28-wöchigen Beobachtungszeitraums individuelle Wachstumsleistungen (Abb. 3.21). So betragen die spezifischen Wachstumsraten SWR des kleinen Europäischen Störs (7346) während der drei zweiwöchigen Fütterungen des Dreikomponentenfutters 3K (gefrorene kleine marine Fische GKMF, gefrorene kleine Chironomiden GKC und gefrorene große Chironomiden GGC) 0,1-0,3% Kg/Tag. Durch die darauf folgende zweiwöchige Fütterung mit gefrorenen großen Chironomiden GGC wurde nur eine spezifische Wachstumsrate von ca. 0,1% Kg/Tag erreicht. Im Rahmen der zweiten, allerdings 8-wöchigen (Wochen 17-24) Fütterungsperiode mit gefrorenen großen Chironomiden GGC, wurden Werte zwischen 0,12 bis 0,4% Kg/Tag festgestellt. Die höchste spezifische Wachstumsrate bei diesem Stör (7346) wurde durch gefrorene große Chironomiden GGC mit 0,5% Kg/Tag nach der dritten Fütterungsperiode (Wochen 27/28) erreicht.

Die für den mittleren Stör (2A50) beobachtete Wachstumsleistung differierte jedoch deutlich von der des kleineren Störs. So wurden infolge der Fütterung des Dreikomponentenfutters 3K spezifische Wachstumsraten zwischen -0,05 bis 0,45% Kg/Tag beobachtet. Die Fütterung der gefrorenen großen Chironomiden GGC führte zu einem durchschnittlich gesteigerten Wachstum zwischen 0,15 bis 0,4% Kg/Tag. Dahingegen verursachte die Fütterung von gefrorenen großen Chironomiden GGC und gefrorenen Stint-Stückchen GOsm eine deutliche Wachstumsdepression (-0,22% Kg/Tag), denn die Stückchen von *Osmerus eperlanus* wurden, wie die Beobachtung offenbarte, nicht gefressen.

Bis zur achten Woche zeigte der größte Fisch (8138) dessen Wachstumsleistung graphisch dargestellt wurde, vergleichbares Wachstum zum kleinsten. Danach war ein kontinuierlicher Rückgang des Wachstums von 0,38 auf -0,19% Kg/Tag (Woche 14) festzustellen. Dies war die niedrigste spezifische Wachstumsrate im Vergleich der drei Störe, die durch die Fütterung der gefrorenen großen Chironomiden GGC erreicht wurde (0,1% Kg/Tag bei Stör 7346 und 0,41% Kg/Tag bei zweiten Stör 2A50). Infolge des Wechsels von der Dreikomponentenfütterung 3K zu ausschließlich gefrorenen großen Chironomiden GGC in den Wochen 17-24 war eine graduelle Abnahme der Wachstumsleistung von 0,51% Kg/Tag (nach der dritten Periode der 3K-Fütterung) auf 0,2% Kg/Tag zu verzeichnen.

Im Rahmen der individuellen Wachstumsbetrachtung wurde auch kompensatorisches Wachstum beobachtet: So führte die Fütterung von gefrorenen kleinen marinen Fischen GKMF bei allen drei Stören zu einer Abnahme der spezifischen Wachstumsraten auf negative Werte, -0,29 (8138); -0,35 (2A50) und -0,39% Kg/Tag (7346). Danach erfolgte bei Fütterung des Dreikomponentenfutters 3K ein Anstieg der SWR auf 0,3 bis 0,45% Kg/Tag. Auch nach

dem Fütterungsexperiment mit gefrorenen großen Chironomiden GGC und gefrorenen Stint-Stückchen GOsm (Woche 25/26) konnte kompensatorisches Wachstum beobachtet werden, allerdings in geringeren Ausmaßen.

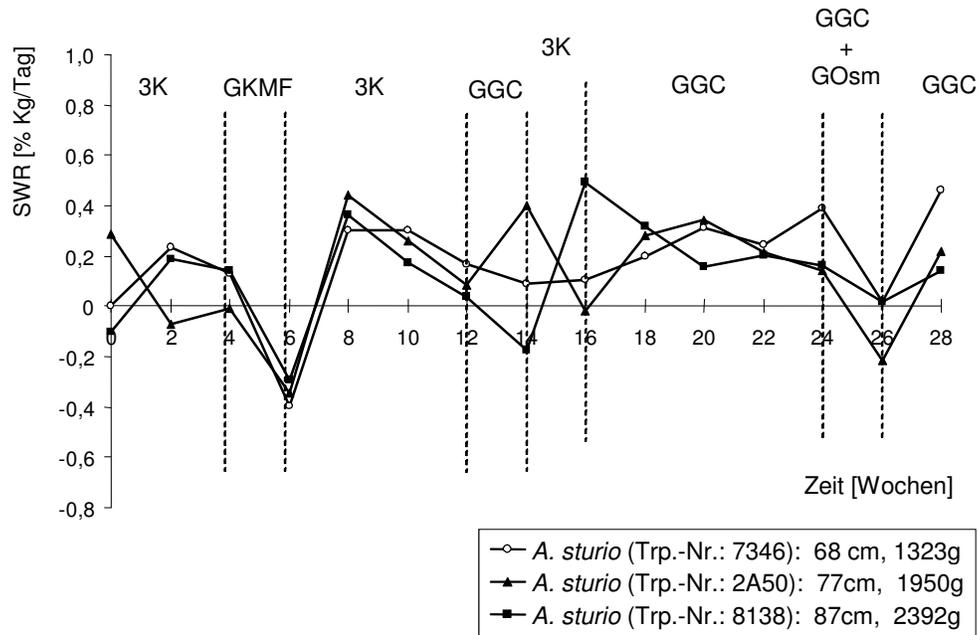


Abb. 3.21: Individuelles Wachstum, d.h. der Verlauf der spezifischen Wachstumsraten dreier Individuen des Beckens 1501, über einen Zeitraum von 28 Wochen (30.08.1999-14.03.2000). Angegeben sind die letzten 4 Stellen des Transponder-Codes der Fische, sowie deren Länge und Gewicht zu Beginn des Versuchs. Weiterhin sind die jeweils verfütterten Futterkomponenten wiedergegeben.

Um mögliche individuelle Präferenzen noch deutlicher untersuchen und gegebenenfalls hervorheben zu können, wurde auch die Gesamtperiode der Fütterung von Sprotten GSpr als Zweikomponentenfutter mit gefrorenen großen Chironomiden GGC und als Einzelkomponente über 29 Wochen (87-115) anhand der Wachstumsentwicklung von fünf Störindividuen graphisch dargestellt (Abb. 3.22).

Der kleinste Stör (F322) war zu Versuchsbeginn 82 cm lang (jeweils Totallänge) und wog 2228 g (jeweils Totalgewicht). Ihm folgte ein Individuum (2108) mit einer Länge von 84 cm und einem Gewicht von 2595 g. Der darauf folgende, dritte und mittlere Stör (875C) zeichnete sich durch eine Länge von 86 cm und einem Gewicht von 3326 g aus. Der vierte Stör (E8D0) war zwar 1 cm länger als der zuvor genannte, aber sein Gewicht war mit 3287 g geringer. Der letzte Stör war mit 101 cm der längste der graphisch dargestellten, und mit einem Gewicht von 5242 g auch der schwerste.

Alle Störe zeigten über den Untersuchungszeitraum von 29 Wochen bei der Fütterung des Zweikomponentenfutters, bestehend aus gefrorenen großen Chironomiden GGC und gefrorenen Sprossenstückchen GSpr, und/oder der Fütterung der Einzelkomponente GSpr unterschiedliche Wachstumsleistungen.

Nach der ersten zweiwöchigen Fütterungsperiode (Woche 87/88) des Zweikomponentenfutters wies der kleinste Stör eine positive spezifische Wachstumsrate von 0,46% Kg/Tag auf. Dagegen war bei den übrigen vier Stören eine Abnahme der spezifischen Wachstumsraten auf Werte zwischen -0,04 und -0,15% Kg/Tag zu verzeichnen. In der darauf folgenden Fütterungsperiode (Woche 89/90), in der ausschließlich gefrorene Stückchen der Sprotte *Sprattus sp.* GSpr gefüttert wurden, trat bei dem kleinsten Fisch mit einer spezifischen Wachstumsrate von $SWR = -0,48\%$ Kg/Tag wie bei allen anderen Fischen ein fortschreitender Rückgang des Wachstums auf.

Infolge der erneuten Umstellung auf das Zweikomponentenfutter stieg in dieser zweiten Fütterungsperiode in den Wochen 91-94 die spezifische Wachstumsrate des Störs F322 erst auf 0,02% Kg/Tag (Woche 91/92) und dann – nach zwei weiteren Wochen (93/94) – auf 0,18% Kg/Tag an. Nach dem erneuten Wachstumsrückgang durch die zweite Fütterungsperiode mit ausschließlich gefrorenen Sprossenstückchen GSpr in den Wochen 95/96 auf -0,44% Kg/Tag, folgte wieder der Anstieg, bis auf 0,51% Kg/Tag, durch die dritte Fütterungsperiode des Zweikomponentenfutters (GGC + GSpr). Ab der Woche 99 nahm die Wachstumsleistung in den folgenden Wochen aber bis auf 0,15% Kg/Tag ab. Nach dem dritten und letzten Zeitraum in dem wiederum nur gefrorene Sprossenstückchen GSpr gefüttert wurden (Wochen 108/109), war erneut eine negative spezifische Wachstumsrate mit $SWR = -0,51\%$ Kg/Tag zu verzeichnen. In der vierten und letzten Fütterungsperiode des Zweikomponentenfutters (Wochen 110-115) bewegten sich die spezifischen Wachstumsraten SWR des kleinsten Fisches zwischen -0,05 und 0,28% Kg/Tag.

Im Folgenden wird auf die Wachstumsentwicklung der drei mittleren Störe (2108, 875C und E8D0) eingegangen, mit den Längen 84, 86 und 87 cm: Nach der ersten der vier Fütterungsperioden, in dessen Verlauf das aus gefrorenen großen Chironomiden GGC und gefrorenen Sprossenstückchen GSpr bestehende Zweikomponentenfutter gefüttert wurde, war bei allen drei Stören eine Abnahme der spezifischen Wachstumsraten (-0,15; -0,15 und -0,04% Kg/Tag) zu beobachten. Mit der darauf folgenden zweiwöchigen Fütterung von ausschließlich gefrorenen Sprossenstückchen GSpr war ein sich fortsetzender Rückgang der spezifischen Wachstumsraten SWR (-0,37; -0,52 und -0,51% Kg/Tag) zu verzeichnen. Daran schloss sich die zweite Fütterungsperiode des Zweikomponentenfutters GGC + GSpr an

(Wochen 91-94), durch die sich ein deutlicher Anstieg der spezifischen Wachstumsraten nach der Woche 92 zeigte, mit Werten zwischen 0,12 bis 0,49% Kg/Tag. In den Wochen 93/94 nahmen die spezifischen Wachstumsraten SWR der drei Fisch bei denselben Komponenten weiter ab (-0,06; 0,16 und -0,10% Kg/Tag). Die Abnahme der Wachstumsleistung setzte sich in den Wochen 95/96 infolge der zweiten Fütterungsperiode mit ausschließlich gefrorenen Sprottenstückchen GSpr fort (-0,28; -0,52 und -0,44% Kg/Tag). Dann folgte eine elfwöchige Phase in der wieder das Zweikomponentenfutter GGC + GSpr verfüttert wurde, und in deren Verlauf bereits nach den ersten drei Wochen (97-99) die Wachstumsleistung bei allen drei Fischen anstieg (0,11; 0,35 und 0,18% Kg/Tag). In den folgenden Wochen (bis zur Woche 107) nahmen die Wachstumsraten sukzessive auf ein Niveau zwischen 0,18 und 0,01% Kg/Tag ab. Wiederum erfolgte bei der dritten und letzten zweiwöchigen Fütterungsperiode mit gefrorenen Sprottenstückchen GSpr eine Abnahme der spezifischen Wachstumsraten auf Werte zwischen -0,25 bis -0,63% Kg/Tag. In der letzten sechswöchigen Fütterungsperiode (Wochen 110-115) mit dem Zweikomponentenfutter (GGC + GSpr) stiegen die Wachstumsleistungen wieder sprunghaft auf Werte zwischen 0,46 und 0,07% Kg/Tag an, um in den nächsten vier Wochen wieder abzusinken.

Der größte der graphisch dargestellten Störe (6EC8) verzeichnete ebenso wie die drei mittleren Fische in der ersten zweiwöchigen Fütterungsphase (Wochen 87/88) bei der Fütterung von gefrorenen großen Chironomiden GGC plus gefrorenen Sprottenstückchen GSpr einen Rückgang der spezifischen Wachstumsrate auf -0,04% Kg/Tag. Dieser setzte sich über die nächsten zwei Wochen fort, in denen ausschließlich gefrorene Sprottenstückchen GSpr gefüttert wurden. Mit einem Wert von -0,28% Kg/Tag hatte der größte Fisch trotz des Rückgangs den höchsten Wert der spezifischen Wachstumsraten von allen fünf Fischen. In der darauf folgenden vierwöchigen Phase mit dem Zweikomponentenfutter GGC + GSpr stieg die Wachstumsleistung des Störs 6EC8 wieder auf ein Niveau von 0,09 bzw. 0,08% Kg/Tag an. Die zweite Fütterungsperiode (Woche 95/96) mit ausschließlich gefrorenen Sprottenstückchen GSpr führte wiederum zu einer Abnahme auf -0,30% Kg/Tag. Damit wurde wie zuvor die geringste bzw. zweitniedrigste Wachstumsabnahme bewirkt. In den folgenden elf Wochen bewegten sich die spezifischen Wachstumsraten auf einem Niveau zwischen 0,21 und -0,03% Kg/Tag. Danach folgte zum letzten Mal eine zweiwöchige Futterperiode (Wochen 108/109) mit ausschließlich gefrorenen Sprottenstückchen GSpr. Wiederum hatte die Wachstumsrate abgenommen, aber auf das höchste Niveau im Vergleich zu den anderen vier Fischen: -0,23% Kg/Tag. In der letzten, sechswöchigen Versuchsphase

erreichte der größte Stör Wachstumswachstumsraten von 0,11% Kg/Tag, 0,06% Kg/Tag und zuletzt 0,04% Kg/Tag.

Auffälligerweise zeigten auch diese fünf Fische nach Perioden niedriger spezifischer Wachstumswachstumsraten bei darauf folgenden attraktiven Komponenten einen starken Anstieg durch kompensatorisches Wachstum. So wurden nach allen drei Phasen der ausschließlichen Fütterung von gefrorenen Sprottenstückchen GSpr im Anschluss infolge des Zweikomponentenfutters Wachstumswachstumsraten registriert, die z.T. doppelt so hoch lagen.

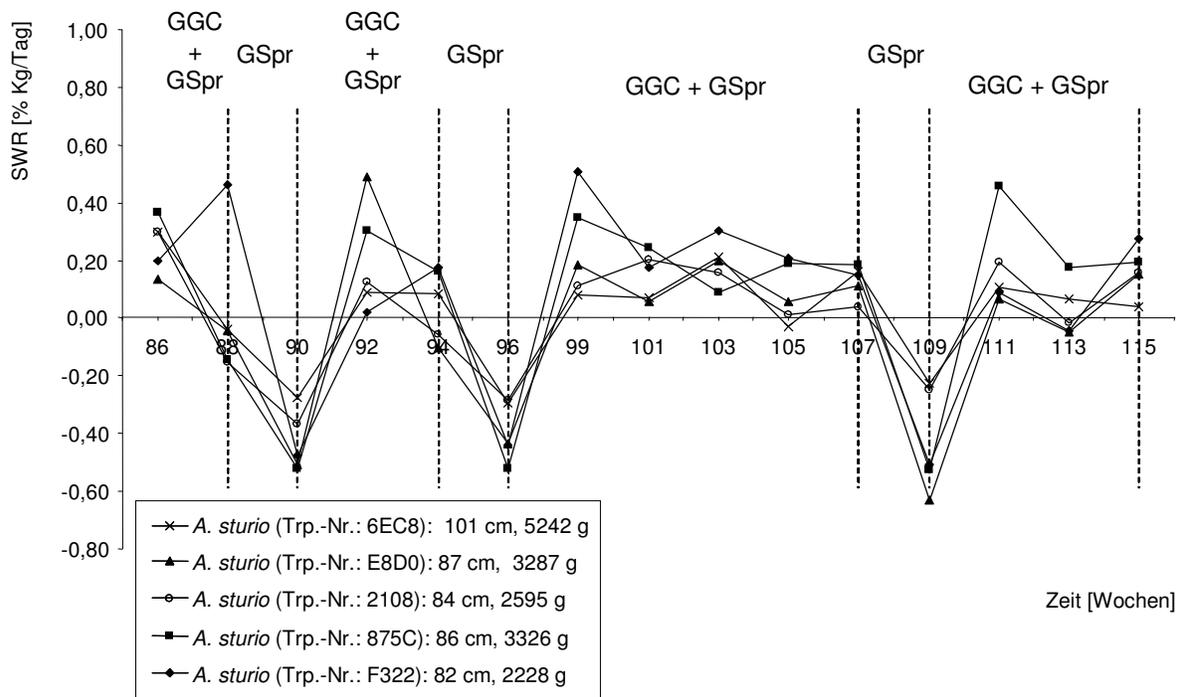


Abb. 3.22: Individuelles Wachstum, d.h. der Verlauf der spezifischen Wachstumswachstumsraten von fünf Individuen der Zuchtgruppe des IGB des Beckens 1505 über einen Zeitraum von 29 Wochen (87-115, 24.04.2001-13.11.2001) während der Fütterung gefrorener großer Chironomiden GGC plus Sprotten GSpr (10% - 25% Frischgewicht der GGC), bzw. ausschließlich Sprotten GSpr in den Wochen 89/90, 95/96 und 108/109. Angegeben sind die letzten 4 Stellen des Transponder-Codes der Fische, sowie deren Länge und Gewicht zu Beginn des Versuchs. Weiterhin sind die jeweils verfütterten Futterkomponenten wiedergegeben.

3.6 Quantitative Analyse einer ausgewählten Futterkomponente

3.6.1 Untersuchungen der Rohbestandteile (Stoffklassen)

Aufgrund der guten Wachstumsraten die mit den gefrorenen großen Chironomiden GGC erzielt werden konnten, wurden sie einerseits als Basiskomponente gefüttert, andererseits eine qualitative Analyse durchgeführt, um die chemische Zusammensetzung als mögliche Ursache für die Futterattraktivität zu verifizieren.

Im Rahmen der qualitativen Analyse wurden zuerst die Anteile der verschiedenen Stoffklassen, wie Rohprotein, Rohfett, Rohasche und stickstofffreie Extraktstoffe (NfE, engl.: nitrogen free extractives) bestimmt. Auch der Gehalt an Wasser (Trockensubstanz) wurde analysiert. Die Grundlage für die Analysen bildeten fünf verschiedene Chargen der gefrorenen großen Chironomiden GGC vom Frühjahr 2001 (29.05.01, 27.03.01, 28.02.01, 24.04.01 und 08.05.01), von denen jeweils fünf Stichproben genommen wurden. Wie aus Abb. 3.23 hervorgeht, gibt es deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Chargen bzgl. ihrer Zusammensetzung. So bestätigt die statistische Analyse mit dem H-Test, dass es zwischen den verschiedenen Chargen sowohl beim Wassergehalt, als auch den verschiedenen Stoffklassen signifikante Unterschiede gibt: Wassergehalt ($P \leq 0,001$), Rohprotein ($P \leq 0,001$), Rohfett ($P \leq 0,001$), Rohasche ($P = 0,001$) und stickstofffreie Extraktstoffe ($P \leq 0,001$).

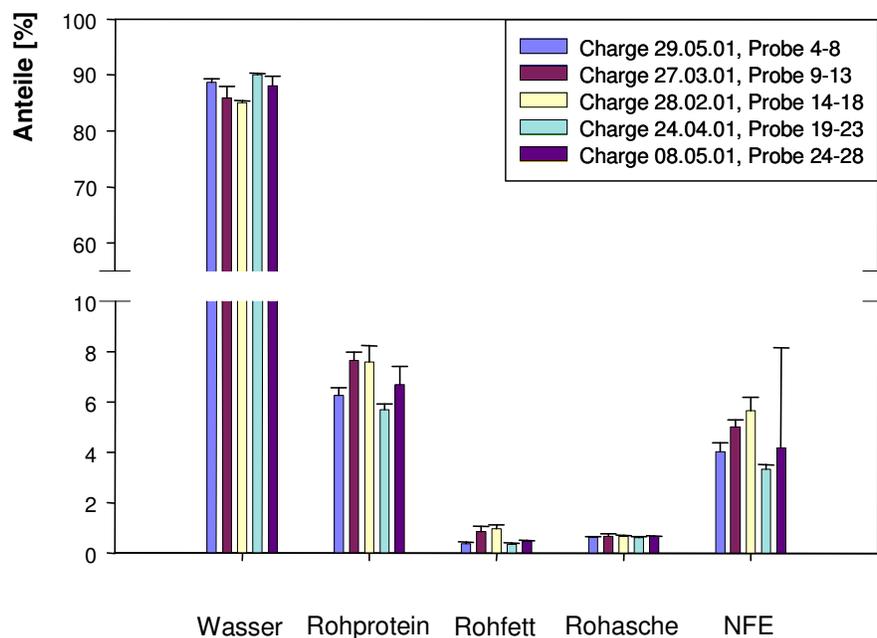


Abb. 3.23: Prozentuale Anteile der verschiedenen Stoffklassen von jeweils fünf Proben aus fünf Chargen gefrorener großer Chironomiden GGC vom 29.05.01, 27.03.01, 28.02.01, 24.04.01 und dem 08.05.01. Bestimmt wurde der Wassergehalt ($P \leq 0,001$) und die Anteile des Rohproteins ($P \leq 0,001$), des Rohfetts ($P \leq 0,001$), der Rohasche ($P = 0,001$) und der stickstofffreien Extraktstoffe ($P \leq 0,001$). Die Stoffklassenanteile sind jeweils bezogen auf die Trockensubstanz TS ($100\% - \text{Wassergehalt} = \text{TS}$). Die einzelnen Stoffklassen wurden mit dem H-Test auf signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Chargen untersucht.

Wie die Analyse zeigt, war eine Vereinheitlichung in Bezug auf eine identische Zusammensetzung der oben genannten Stoffklassen der verschiedenen Chargen nicht möglich, und muss somit bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse der Fütterungsexperimente als variabler Faktor berücksichtigt werden.

3.6.2 Aminosäureanalytik

Weil die Zusammensetzung der Aminosäurestruktur bzw. einzelne Aminosäuren einen Einfluss auf die olfaktorische Perzeption verschiedener Störarten haben (KASMYAN, 1994, 1997 und 1999) und damit die Attraktivität des Futters beeinflussen, wurde die Stoffklasse Rohprotein in ihre Einzelbausteine – die Aminosäuren – aufgeschlüsselt. Mit Hilfe der HPLC konnten 24 verschiedene Aminosäuren (AS) identifiziert werden.

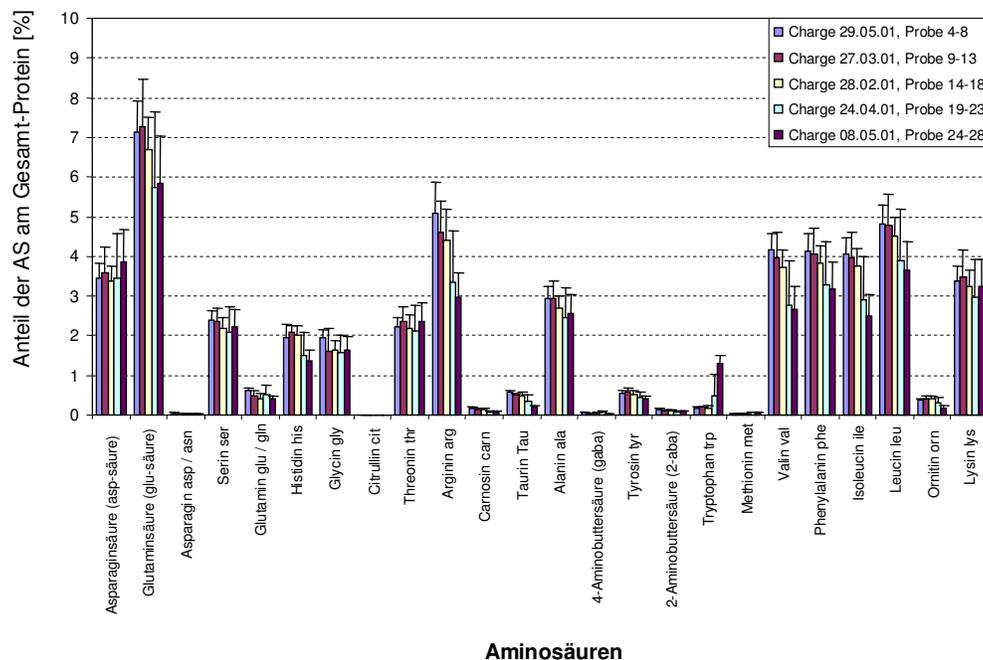


Abb. 3.24: Übersicht über die mit Hilfe der HPLC bestimmten Aminosäuren der gefrorenen großen Chironomiden GGC (N = 50). Dabei ergab sich die Position bzw. Reihenfolge aufgrund der Retentionszeiten in Abhängigkeit der chemischen Struktur und der damit verbundenen Polarität der Aminosäuren.

Wie aus Abb. 3.24 hervorgeht, gab es zwischen den verschiedenen Chargen keine signifikanten Unterschiede in der Zusammensetzung der einzelnen Aminosäuren. Die AS mit der höchsten Konzentration war Glutaminsäure (glu-säure). Daraufhin folgten Leucin (leu) und Arginin (arg). Die geringste Konzentration zeigte Citrullin, die nicht nachgewiesen werden konnte. Die Abfolge der AS in der Abb. 3.24 ergab sich einerseits aus der Beschaffenheit der HPLC-Säule, und andererseits aus der Retentionszeit der jeweiligen Aminosäure in Abhängigkeit von ihrer chemischen Struktur und den damit verbundenen Eigenschaften (Polarität).

3.7 Untersuchungen zur Haltungsdichte

Da nicht nur die Fütterungsstrategie sondern auch die Haltungsbedingungen, wie z.B. die Dichte, einen Einfluss auf das Wachstum der Fische haben (JODUN et al., 2002), wurden spezielle Versuche zur Bestimmung eines möglichen Einflusses der Beckengröße bzw. der Haltungsdichte konzipiert. Grundlage für diese Untersuchungen war die Nutzung von vier rechteckigen Becken mit zwei unterschiedlichen Flächen ($6,8\text{m}^2$ und $11,56\text{m}^2$) bzw. Volumina ($6,8\text{m}^3$ und $11,56\text{m}^3$; bei einem Wasserstand von 1 m), die den Besatz mit 4 Fischgruppen ermöglichten. Weitere Voraussetzungen für die Versuchsdurchführung waren konstante Wasserparameter (Abb. 3.2) und eine konstante Fütterungsrate (Abb. 3.16).

3.7.1 Verlauf der Haltungsdichten

Während der gesamten experimentellen Periode von 185 Wochen wurden bei jeder Messung der Länge und des Gewichts der Fische auch die Biomasse pro Becken und die daraus resultierenden Dichten bestimmt. Einen Überblick über die Haltungsdichten zu Beginn der jeweiligen Versuchsabschnitte gibt Tab. 3.13. Von besonderer Bedeutung für den Versuchsverlauf zur Untersuchung möglicher Haltungsdichteeinflüsse sind die ab 19. März und 14. Mai 2002 bzw. vom 20. August 2002 bis zum 21. Januar 2003 wiedergegebenen Dichten, da diese als die jeweiligen Besatzdichten der einzelnen Versuchsphasen fungierten.

Tab. 3.13: Fischbiomassen [kg] und Haltungsdichten [kg/m³] in den Becken 1501 und 1505, sowie den Becken 1, 2, 3 (vorher 1505) und 4 (vorher 1501), jeweils zu Versuchsbeginn (Datum) und bei einer Wasserstandshöhe von 1 m. Desweiteren sind die Untersuchungsthematik, die Volumina, die Zahl (N) der Fische pro Becken und die Anzahl der Wochen, an denen die Versuchsphasen begannen bzw. die sie dauerten, angegeben.

Datum bei Versuchsbeginn	Anzahl der Wochen	Untersuchungsthematik	Becken	Volumen [m ³]	N Fische	Fischbiomasse pro Becken [kg]	Haltungsdichte [kg/m ³]
30.08.1999	0	Futterexperimente	1501	6,8	12	23,787	3,495
			1505	6,8	11	23,407	3,442
01.08.2000	48	Futterexperimente	1501	6,8	14	42,927	6,313
			1505	6,8	13	37,698	5,544
19.03.2002	133-140	Futterexperimente	1501	6,8	14	65,956	9,699
			B2	11,56	13	61,458	5,316
14.05.02	141-154	Futterexperimente	B1	11,56	14	65,025	5,625
			B2	11,56	13	62,832	5,435
20.08.02	155-160	Haltungsdichte	B1	11,56	8	28,627	2,476
			B2	11,56	5	31,623	2,736
			B3	6,8	6	33,009	4,854
			B4	6,8	8	30,616	4,502
01.10.02	161-166	Haltungsdichte	B1	11,56	8	31,805	2,751
			B2	11,56	6	33,899	2,932
			B3	6,8	5	32,608	4,795
			B4	6,8	8	29,813	4,384
12.11.02	167-176	Haltungsdichte	B1	11,56	8	44,065	3,812
			B2	11,56	8	39,914	3,453
			B3	6,8	5	23,498	3,456
			B4	6,8	6	25,970	3,819
21.01.03	177-180	Tag- und Nachtfütterung	B1	11,56	8	43,645	3,776
			B2	11,56	8	40,820	3,531
			B3	6,8	5	24,256	3,567
			B4	6,8	6	25,640	3,771
25.02.03	182-185	Tagesfütterung mit gesteigerter FR	B1	11,56	8	44,396	3,840
			B2	11,56	8	41,148	3,560
			B3	6,8	5	24,128	3,548
			B4	6,8	6	25,763	3,789

3.7.2 Versuche zum Einfluss der Dichte auf das Wachstum

Aufgrund der sukzessiven Inbetriebnahme der neuen Becken und der vorübergehenden Außerbetriebnahme der alten Becken war vom 19. März 2002 bis zum 14. Mai 2002, insgesamt 8 Wochen lang (133-140), der direkte Vergleich zwischen einem kleinen Becken (Becken 1501; 6,8 m³ bei 1 m Wasserstandshöhe) und einem großen Becken (Becken 2 = B2; 11,56 m³ bei 1 m Wasserstandshöhe) möglich.

Ab dem 14. Mai bis zum 20. August 2002, d.h. über 14 Wochen (141-154), konnte die Entwicklung des Wachstums von zwei Fischgruppen in zwei großen Becken (jeweils 11,56 m³; Becken 1 = B1 und Becken 2 = B2) beobachtet werden.

Ab dem 20. August 2002 standen für die eigentlichen Versuche zur Untersuchung eines möglichen Einflusses der Haltungsdichte auf das Wachstum insgesamt vier Becken zur Verfügung: Zwei große Becken (jeweils $11,56 \text{ m}^3$ bei einer Wasserstandshöhe von 1 m; Becken 1 und Becken 2) und zwei kleine (jeweils $6,8 \text{ m}^3$ bei einer Wasserstandshöhe von 1 m; Becken 3 [B3] vorher Becken 1505 und Becken 4 [B4] vorher Becken 1501). Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich bis zum 21. Januar 2003, und war in 3 Teilabschnitte untergliedert (s.a. Tab. 3.13). Der erste (20.08.-01.10.02) und zweite (01.10.-12.11.02) Teilabschnitt dauerte jeweils 6 Wochen (Wochen 155-160 und 161-166), und zu Beginn jeder Versuchsphase wurden alle vier Becken mit ca. 30 kg Fischbiomasse besetzt. Der zweite Versuchsabschnitt war jedoch durch einen Individuentausch gekennzeichnet, d.h. die Individuen, die sich zuvor in den großen Becken befanden, wurden nun in die kleinen gesetzt (B1 → B4 und B2 → B3) und umgekehrt (B4 → B1 und B3 → B2). Der dritte Teilabschnitt (12.11.02-21.01.03) dauerte insgesamt 10 Wochen (167-176). Diesmal wurden jedoch zu Beginn des Versuches die großen Becken jeweils mit ca. 40 kg und die kleinen mit ca. 25 kg Fischbiomasse besetzt.

3.7.3 Kleines Haltungsbecken *versus* großes Haltungsbecken

Die Nutzung der größeren Becken und damit die Umsetzung der Störe erfolgte sukzessive, und ermöglichte ab dem 19. März 2002, d.h. vor der Inbetriebnahme aller vier Becken am 20.08.02, den Vergleich zwischen einer Gruppe mit niedriger Dichte ($5,3 \text{ kg/m}^3$) im Becken 2 ($N = 13$) und höherer ($9,7 \text{ kg/m}^3$) Dichte im Becken 1501 ($N = 14$) über 8 Wochen (133-140). In beiden Becken wurden gefrorene kleine Chironomiden GKC gefüttert. Nach der ersten zweiwöchigen Versuchsperiode (Woche 133/134) war zwischen den Medianen der spezifischen Wachstumsraten des Beckens 1501 ($-0,01\% \text{ Kg/Tag}$) und des Beckens 2 ($0,10\% \text{ Kg/Tag}$) kein signifikanter Unterschied nachweisbar ($P = 0,357$), obwohl der Median des Beckens 2 über dem des Beckens 1501 lag (Abb. 3.25). Auch in der weiteren Abfolge lag der Median des Beckens 2 (geringere Haltungsdichte) immer über dem mit der höheren Dichte (Becken 1501). Dieser Unterschied war aber lediglich nach den Wochen 135/136 signifikant. Der Hälftespielraum (50% aller Werte) des Beckens 2 war nach der ersten Versuchsperiode (Wochen 133/134) und der letzten (Wochen 139/140) größer als der des Beckens 1501 und nahm mit Fortschreiten des Experiments ab.

Eine über die Zeit ansteigende Tendenz der Medianwerte der spezifischen Wachstumsraten SWR konnte statistisch sowohl im Becken 1501 wie auch im Becken 2 nicht eindeutig nachgewiesen werden. Denn der SPEARMAN'sche Korrelationskoeffizient r_s betrug nur 0,294 (Null: fehlende Korrelation; +1: vollständige positive Korrelation) für das Verhältnis

zwischen der unabhängigen Variable „Zeit“ und der abhängigen Variable „spezifische Wachstumsraten des Beckens 1501“ über 8 Wochen ($P = 0,0282$). Im Falle des Beckens 2 lag der Koeffizient bei $r_s = 0,0258$, und das Ergebnis war außerdem nicht signifikant ($P = 0,855$). Somit war kein Unterschied zwischen der Fischgruppe mit hoher (Becken 1501) und niedriger Haltungsdichte (Becken 2) nachweisbar, obwohl die Dichte im Becken 1501 fast doppelt so hoch war.

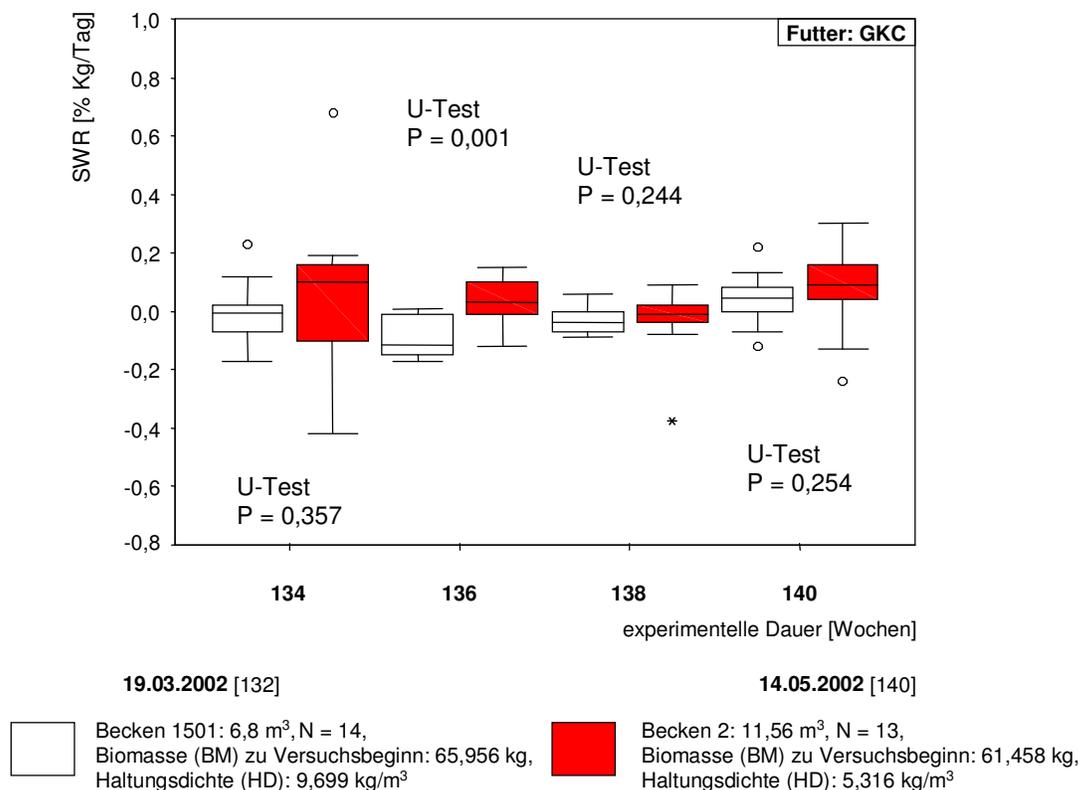


Abb. 3.25: Spezifische Wachstumsraten (SWR) von großen Juvenilen von *Acipenser sturio* (85-118 cm, 2537-7281 g) im Becken 1501 (6,8 m³; N = 14) und im Becken 2 (11,56 m³; N = 13) über 8 Wochen (132-140), bei der Fütterung gefrorener kleiner Chironomiden GKC in beiden Becken. Statistischer Vergleich der Kontroll- und Versuchsgruppe durch den U-Test (Mann-Whitney), mit $\alpha = 0,05$. Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

3.7.4 Große Haltungsbecken

Am 14. Mai 2002 erfolgte für einen Zeitraum von 14 Wochen (141-154) die Umsetzung der zweiten, bis dahin noch im kleineren Becken 1501 (6,8m²; 6,8m³) verbliebenen Fischgruppe (N = 14), in das zweite große Becken, Becken 1 (11,56m²; 11,56m³), so dass sich für dieses Becken eine Haltungsdichte von 5,6 kg/m³ ergab (s. a. Tab. 3.13). Die Dichte für Becken 2

betrug $5,4 \text{ kg/m}^3$ (s. a. Tab. 3.13). In den 14 Wochen wurden in beiden Becken, Becken 1 und Becken 2, jeweils gefrorene kleine Chironomiden GKC gefüttert.

Als Ergebnis ist festzuhalten, dass es bei gleichen Haltungsdichten zu keinen dauerhaften und signifikanten Wachstumsunterschieden zwischen den Stören in den beiden gleich großen Becken kam. Lediglich nach zwei von sieben Versuchsperioden gab es signifikante Unterschiede zwischen den spezifischen Wachstumsraten der beiden Fischgruppen (Abb. 3.26). So betragen nach den ersten zwei Wochen (141/142) die Mediane der spezifischen Wachstumsraten SWR der Fische des Beckens 1 $0,19\% \text{ Kg/Tag}$ und $0,03\% \text{ Kg/Tag}$ im Becken 2 (U-Test, $P = 0,013$). Aufgrund einer stärkeren Streuung der einzelnen spezifischen Wachstumsraten war der Hälftespielraum der Gruppe im Becken 1 ca. doppelt so groß wie der des Beckens 2. In den folgenden Wochen nahm dieser jedoch kontinuierlich ab, und es kam nahezu zu einer Angleichung der Hälftespielräume beider Fischgruppen. Nach den Wochen 151/152 wurde der Hälftespielraum des Beckens 1 sogar kleiner als der des Beckens 2, so dass sich u. a. in Verbindung mit der Lage der Medianwerte der spezifischen Wachstumsraten (B1: $-0,17\% \text{ Kg/Tag}$; B2: $-0,10\% \text{ Kg/Tag}$) abermals, d.h. zum zweiten Mal ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Fischgruppen ergab ($P = 0,035$). Der Verlauf der Box-Plots der spezifischen Wachstumsraten beider Becken erfolgte ab der Woche 143/144 nahezu parallel und oszillierend um eine virtuelle Linie nahe dem Nullpunkt.

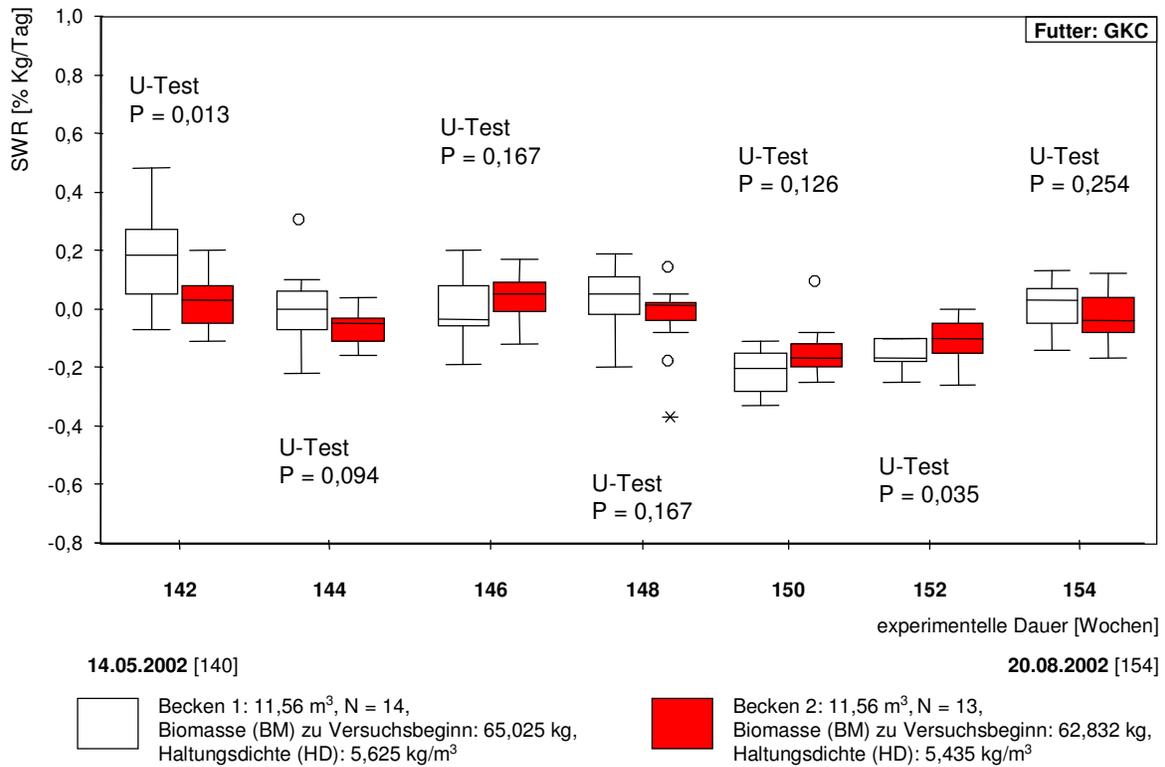


Abb. 3.26: Spezifische Wachstumsraten (SWR) von großen Juvenilen von *Acipenser sturio* (85-119 cm, 2498-7813 g) im Becken 1 (11,56 m³; N = 14) und im Becken 2 (11,56 m³; N = 13) über 14 Wochen (141-154), bei der Fütterung gefrorener kleiner Chironomiden GKC in beiden Becken. Statistischer Vergleich der Kontroll- und Versuchsgruppe durch den U-Test (Mann-Whitney), mit $\alpha = 0,05$. Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

3.7.5 Vier Becken à 30 kg Fischbiomasse

Für den ersten Teilabschnitt (Wochen 155-160; 6 Wochen) der Versuche zum möglichen Einfluss der Haltungsdichte, ergaben sich durch den Besatz mit einer Fischbiomasse von ca. 30 kg je Becken zu Versuchsbeginn mit $N_{B1} = 8$, $N_{B2} = 5$, $N_{B3} = 6$, $N_{B4} = 8$ die Haltungsdichten 2,5 bzw. 2,7 kg/m³ in den großen Becken (Becken 1 und Becken 2) und 4,9 bzw. 4,5 kg/m³ in den kleinen Becken (Becken 3 und Becken 4). Damit lagen die in dieser Phase verwendeten Haltungsdichten in den Becken 1 und 2 ungefähr um 50-75% unter den bis dahin getesteten (s. Kap. 3.7.3 und 3.7.4). Die der Becken 3 und 4 lagen nur geringfügig unter den in den Wochen 141-154 getesteten Dichten (s. Kap. 3.7.4).

Nach keiner der drei zweiwöchigen Versuchsperioden des ersten Teilabschnitts war ein signifikanter Unterschied feststellbar (Abb. 3.27), weder innerhalb der Gruppen (große Becken: $P = 0,943$ bzw. kleine Becken: $P = 0,491$, U-Test) noch zwischen allen Gruppen

($P = 0,672$, H-Test). Nach den Wochen 155/156 lagen die Medianwerte der spezifischen Wachstumsraten SWR der kleinen Becken mit höheren Dichten sogar über denen der großen Becken mit geringeren Haltungsdichten. Andererseits war sowohl der Hälftespielraum als auch die Streuung der Wachstumsraten der großen Becken nach den Wochen 155/156 geringer als in den kleinen Becken. Dieses uneinheitliche Bild der gemessenen Wachstumsleistungen in den vier Becken setzte sich in den beiden folgenden Messperioden fort.

So waren nach den Wochen 157/158 die Medianwerte der spezifischen Wachstumsraten SWR im Becken 1 und 2 gleich ($0,10\%$ Kg/Tag), obwohl sich nahezu 75% der Werte des Beckens 2 unter dem Median befanden. Auch die Streuung des Beckens 2 war größer als nach der vorherigen Messperiode. Die Hälftespielräume der übrigen Störgruppen waren kleiner als die des Beckens 2. Der Medianwert des Beckens 3 lag mit $0,04\%$ Kg/Tag unter denen der Becken 1, 2 und 4, (alle bei $0,10\%$ Kg/Tag).

Nach der dritten Messperiode (Wochen 159/160) befand sich der Medianwert der spezifischen Wachstumsraten der Störe des Beckens 1 ($0,08\%$ Kg/Tag) über dem Niveau der Becken 2 ($0,03\%$ Kg/Tag), 3 und 4 (jeweils $0,05\%$ Kg/Tag). Wiederum konnte weder zu Gunsten der geringeren noch höheren Haltungsdichte ein signifikanter Einfluß auf das Wachstum konstatiert werden.

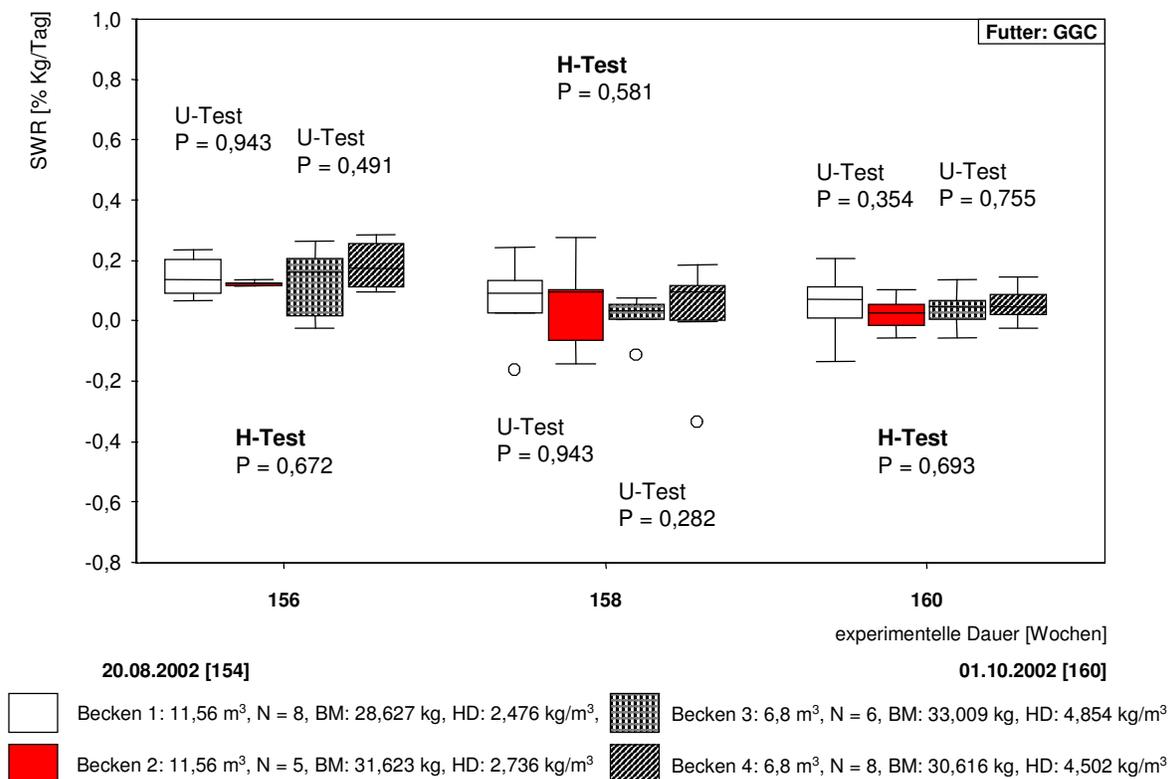


Abb. 3.27: Spezifische Wachstumsraten (SWR) von großen Juvenilen von *Acipenser sturio* (84-121 cm, 2490-7635 g) im Becken 1 (11,56 m³; N = 8, Biomasse zu Versuchsbeginn: 28627 g), Becken 2 (11,56 m³; N = 5, Biomasse zu Versuchsbeginn: 31623 g), Becken 3 (6,8 m³; N = 6, Biomasse zu Versuchsbeginn: 33009 g) und Becken 4 (6,8 m³; N = 8, Biomasse zu Versuchsbeginn: 30616 g) über 6 Wochen (155-160), bei der Fütterung gefrorener großer Chironomiden GGC in allen Becken. Der statistische Vergleich der Gruppen mit gleicher Haltungsdichte erfolgte durch den U-Test (MANN-WHITNEY), mit $\alpha = 0,05$. Ein Vergleich aller vier Gruppen erfolgte mit dem H-Test (KRUSKAL-WALLIS), mit $\alpha = 0,05$. Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

Um einen Vergleich ausschließlich zwischen großen und kleinen Becken durchführen zu können, mussten die einzelnen Stichproben (Becken 1 und 2 bzw. 3 und 4) entsprechend der genannten Fischgruppen zu einer Gesamtstichprobe zusammengefasst werden. Eine Poolung der Daten ist aber nur erlaubt, wenn diese aus dergleichen Grundgesamtheit entstammen, d.h. keine statistischen Unterschiede zwischen den zu poolenden Wertegruppen bestehen. Da diese Voraussetzungen über den Untersuchungszeitraum von 6 Wochen zwischen den Gruppen dergleichen Beckengröße erfüllt waren, konnten die Daten der jeweiligen Beckenklassen an den verschiedenen Messtagen zusammengefasst werden. Es ergaben sich aber auch unter diesen Bedingungen keine signifikanten Unterschiede zugunsten der einen oder anderen Dichte über diese erste Teilphase (Wochen 155-160) der Haltungsdichteuntersuchungen (Tab. 3.14).

Die unterschiedlichen Haltungsdichten hatten somit keinen Einfluss auf die jeweilige Wachstumsleistung.

Tab. 3.14: Poolung der Daten derselben Beckengröße (11,56 m³: B1 + B2 und 6,8 m³: B3 + B4) über 6 (155-160) Wochen unter der Voraussetzung, dass die Daten der einzeln Becken aus der gleichen Grundgesamtheit stammen (nicht signifikant unterschiedlich sind).

Dauer der experimentellen Perioden	Datum der Messung	Anzahl der Wochen	Median Datenpool: B1 + B2 (N = 13)	Median Datenpool: B3 + B4 (N = 14)	P	signifikante Unterschiede zwischen den Becken (+)
20.08.-02.09.02	03.09.02	156	0,130	0,170	0,320	-
13.09.-16.09.02	17.09.02	158	0,1000	0,0550	0,396	-
17.09.-30.10.02	01.10.02	160	0,0600	0,0500	0,865	-

3.7.6 Vier Becken à 30 kg, Individuentausch

Auch der zweite Teilabschnitt (Wochen 161-166) dauerte 6 Wochen, und zu Beginn dieser Versuchsphase wurden wieder alle vier Becken mit ca. 30 kg Fischbiomasse besetzt. Jedoch erfolgte ein Individuentausch, d.h. die Individuen, die sich zuvor in den großen Becken befanden, wurden nun in die kleinen gesetzt (B1 → B4 und B2 → B3) und umgekehrt (B4 → B1 und B3 → B2), mit $N_{B1} = 8$, $N_{B2} = 6$, $N_{B3} = 5$ und $N_{B4} = 8$. Die daraus resultierenden Haltungsdichten betragen 2,8 bzw. 2,9 kg/m³ in den großen Becken und 4,8 bzw. 4,4 kg/m³ in den kleinen Becken (Abb. 3.28).

Im Vergleich zur vorhergehenden, ersten Versuchsphase, lagen diesmal die Medianwerte der spezifischen Wachstumsraten der Störgruppen mit den geringeren Dichten alle über denen mit höheren Dichten. Dies war auch nach der ersten Messperiode des zweiten Teilabschnitts (Wochen 161/162) der Fall. Allerdings konnten aufgrund der großen Streuung der spezifischen Wachstumsraten bei den Fischen der Becken 1, 3 und 4 keine signifikanten Unterschiede zwischen allen vier Gruppen nachgewiesen werden (H-Test, $P = 0,054$). Eine Datenpoolung der Messwerte für die Störe in den großen bzw. kleinen Becken war zulässig, da diese jeweils aus derselben Grundgesamtheit stammten (nicht signifikant unterschiedlich). Der erneute statistische Vergleich der beiden nun zusammengefassten Stichproben ergab sehr wohl signifikante Unterschiede (U-Test, $P = 0,008$).

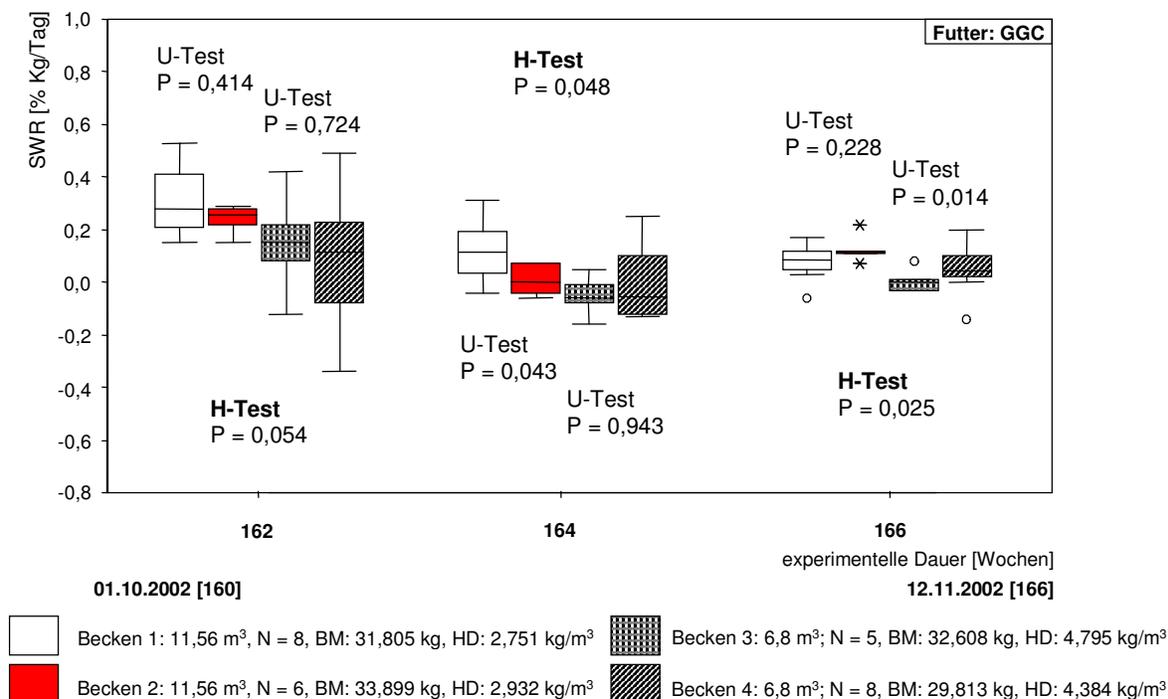


Abb. 3.28: Spezifische Wachstumsraten (SWR) von großen Juvenilen von *Acipenser sturio* (86-121 cm, 2603-7931 g) im Becken 1 (11,56 m³; N = 8, Biomasse zu Versuchsbeginn: 31,805 kg), Becken 2 (11,56 m³; N = 6, Biomasse zu Versuchsbeginn: 33,899 kg), Becken 3 (6,8 m³; N = 5, Biomasse zu Versuchsbeginn: 32,608 kg) und Becken 4 (6,8 m³; N = 8, Biomasse zu Versuchsbeginn: 29,813 kg) über 6 Wochen (161-166), bei der Fütterung gefrorener großer Chironomiden GGC in allen Becken. Individuentausch: Vor Versuchsbeginn waren die Fische aus den großen Becken (B1 B4, B2 B3) in die kleinen Becken umgesetzt worden und umgekehrt (B4 B1, B3 B2). Der statistische Vergleich der Gruppen mit gleicher Haltungsdichte erfolgte durch den U-Test (MANN-WHITNEY), mit $\alpha = 0,05$. Ein Vergleich aller vier Gruppen erfolgte mit dem H-Test (KRUSKAL-WALLIS), mit $\alpha = 0,05$. Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

Eine Zusammenfassung der Stichproben der folgenden Messungen (Wochen 163/164 und 165/166) war nicht erlaubt, da entweder die Werte der großen oder kleinen Becken aus verschiedenen Grundgesamtheiten stammten (Tab. 3.15). Aber immerhin bestätigte der H-Test, dass jeweils zwischen den vier getesteten Gruppen jeder Messung signifikante Unterschiede vorlagen.

Im Laufe des zweiten Teilabschnitts (Wochen 161-166) der Untersuchungen möglicher Haltungsdichteeffekte wurden erstmals Unterschiede zwischen den Wachstumsleistungen infolge verschiedener Dichten deutlich, und somit ein Besatz mit geringeren Biomassen d.h. mit niedrigeren Dichten empfehlenswert.

Tab. 3.15: Poolung der Daten derselben Beckengröße (11,56 m³: B1 + B2 und 6,8 m³: B3 + B4) über 6 Wochen (161-166) unter der Voraussetzung, dass die Daten der einzeln Becken aus der gleichen Grundgesamtheit stammen (statistisch nicht signifikant unterschiedlich sind).

Dauer der experimentellen Perioden	Datum der Messung	Anzahl der Wochen	Median Datenpool: B1 + B2 (N = 14)	Median Datenpool: B3 + B4 (N = 13)	P	signifikante Unterschiede zwischen den Becken (+)
01.10.-14.10.02	15.10.02	162	0,265	0,120	0,008	+
15.10.-28.10.02	29.10.02	164	verschiedene Grundgesamtheiten	-0,0600	--	--
29.10.-11.11.02	12.11.02	166	0,110	verschiedene Grundgesamtheiten	--	--

3.7.7 Vier Becken: 2 kleine Becken à 25 kg, 2 große Becken à 40 kg

Der dritte Teilabschnitt (Wochen 167-176) dauerte insgesamt 10 Wochen. Diesmal wurden jedoch zu Beginn des Versuches die großen Becken mit ca. 40 kg und die kleinen mit ca. 25 kg Fischbiomasse besetzt. Daraus resultierten Dichten von 3,8 kg/m³ bzw. 3,5 kg/m³ in den Becken 1 und 2 sowie 3,5 kg/m³ in Becken 3 und 3,8 kg/m³ in Becken 4.

Eine signifikante Unterscheidung bzgl. der Wachstumsleistungen bei der einen oder anderen Beckengröße über den gesamten Zeitraum des dritten Untersuchungsabschnitts war nicht möglich (Abb. 3.29). Dieses Ergebnis ging konform mit dem Umstand, dass in allen vier Becken zu Versuchsbeginn nahezu die gleiche Haltungsdichte realisiert worden war. Statistische Signifikanz war nur nach der ersten und zweiten Messperiode des dritten Teilabschnitts (Wochen 167/168 und 169/170) wie folgt nachweisbar: 1) Das Wachstum der Störe im Becken 1 (Median, SWR = -0,06% Kg/Tag) war in den Wochen 167/168 signifikant unterschiedlich von dem der Fische im Becken 2 (Median, SWR = 0,07% Kg/Tag, P = 0,021; U-Test). 2) Der Vergleich der Wachstumsleistung aller Fische in den vier Becken über denselben zweiwöchigen Zeitraum (Wochen 167/168) mit Hilfe des H-Tests ergab ebenfalls statistische Signifikanz (P = 0,044). 3) Die Wachstumsraten der Störe in den kleineren Becken, Becken 3 (Median, SWR = -0,03% Kg/Tag) und Becken 4 (Median, SWR = -0,13% Kg/Tag), waren in der darauf folgenden Periode (Wochen 169/170) statistisch signifikant unterschiedlich (P = 0,004; U-Test). 4) Auch für die zweite Messperiode bestätigte der H-Test (P = 0,039) signifikante Unterschiede zwischen den vier Gruppen.

Lediglich nach der dritten Messperiode (den Wochen 171/172) lagen die Medianwerte der spezifischen Wachstumsraten der Störe in den größeren Becken 1 und 2 geringfügig über denen der kleineren Becken 3 und 4.

Bei der Betrachtung des Verlaufs wird weiterhin deutlich, dass die Medianwerte der spezifischen Wachstumsraten über den gesamten dritten Teilabschnitt, d.h. über 10 Wochen, um eine virtuelle Linie nahe dem Nullpunkt oszillieren. Dieselbe Beobachtung wurde bei der Untersuchung des Wachstums in ausschließlich großen Becken (Becken 1 und Becken 2), in den Wochen 141-154, gemacht.

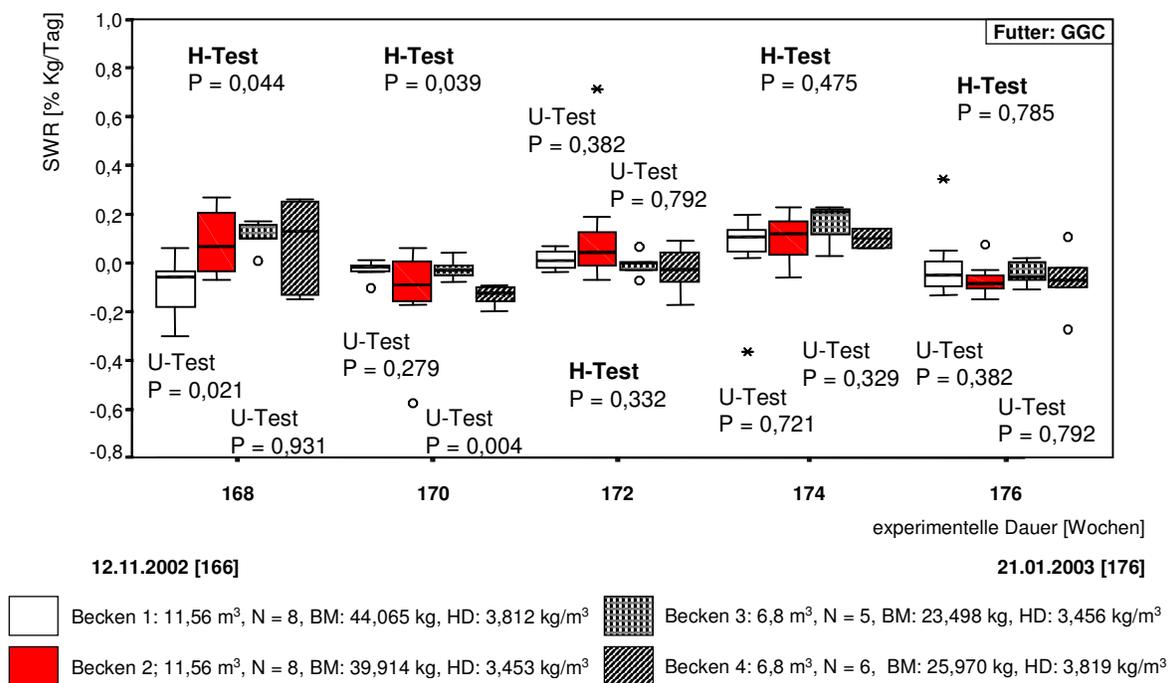


Abb. 3.29: Spezifische Wachstumsraten (SWR) von großen Juvenilen von *Acipenser sturio* (86-122 cm, 2631-7604 g) im Becken 1 (11,56 m³; N = 8, Biomasse zu Versuchsbeginn: 44,065 kg), Becken 2 (11,56 m³; N = 8, Biomasse zu Versuchsbeginn: 39,914 kg), Becken 3 (6,8 m³; N = 5, Biomasse zu Versuchsbeginn: 23,498 kg) und Becken 4 (6,8 m³; N = 6, Biomasse zu Versuchsbeginn: 25,970 kg) über 10 Wochen (167-176), bei der Fütterung gefrorener großer Chironomiden GGC in allen Becken.

Vor Versuchsbeginn wurden die großen Becken (B1, B2) jeweils mit 40 kg Fischbiomasse besetzt und die kleinen Becken (B3, B4) mit 25 kg Fischbiomasse. Der statistische Vergleich der Gruppen mit gleicher Haltungsdichte erfolgte durch den U-Test (MANN-WHITNEY), mit $\alpha = 0,05$. Ein Vergleich aller vier Gruppen erfolgte mit dem H-Test (KRUSKAL-WALLIS), mit $\alpha = 0,05$. Die Angaben der Spannweite (Länge, Gewicht) beziehen sich jeweils auf alle Versuchsfische zu Beginn des jeweiligen Versuchs.

Auch die Zusammenfassung der Daten nach vorheriger Überprüfung des Ursprungs der Grundgesamtheit brachte keine neuen Erkenntnisse bzgl. einer gesteigerten oder geminderten Wachstumsleistung (Tab. 3.16), aufgrund mangelnder Signifikanz der Unterscheidbarkeit zwischen den vier Störgruppen oder den beiden Beckenklassen (groß bzw. klein).

Tab. 3.16: Poolung der Daten derselben Beckengröße (11,56 m³: B1 + B2 und 6,8 m³: B3 + B4) über 10 Wochen (167-176) unter der Voraussetzung, dass die Daten der einzeln Becken aus der gleichen Grundgesamtheit stammen (statistisch nicht signifikant unterschiedlich sind).

Dauer der experimentellen Perioden	Datum der Messung	Anzahl der Wochen	Median Datenpool: B1 + B2 (N = 16)	Median Datenpool: B3 + B4 (N = 11)	P	signifikante Unterschiede zwischen den Becken (+)
12.11.-25.11.02	26.11.02	168	verschiedene Grundgesamtheiten	0,1000	--	--
26.11.-09.12.02	10.12.02	170	-0,0250	verschiedene Grundgesamtheiten	--	--
10.12.22.12.02	23.12.02	172	0,0250	-0,0200	0,103	-
23.12.02-06.01.2003	07.01.2003	174	0,115	0,130	0,401	-
07.01-20.01.03	21.01.03	176	-0,0700	-0,0600	0,748	-