

4 Diskussion

Das Überleben der vom Aussterben bedrohten Störart *A. sturio* hängt nahezu ausschließlich von der Etablierung einer *ex-situ* Zuchtgruppe ab (KIRSCHBAUM et al., 2000), da eine Bestandssicherung durch natürliche Reproduktion innerhalb der letzten rezenten Population in der Gironde mangels einer ausreichenden Anzahl an adulten, laichreifen Fischen nicht möglich ist. Bereits Anfang der 1980er Jahre wurden in Frankreich Maßnahmen zum Schutz des Europäischen Störs implementiert. Dazu gehörten u.a. die Markierung der Individuen in der Gironde oder die künstliche Reproduktion (1981, 1985) (WILLIOT et al., 1997). Jedoch erst 1995 gelang infolge der dritten künstlichen Vermehrung auch die erfolgreiche Aufzucht, deren Individuen als Basis für den Aufbau einer Zuchtgruppe dienen konnten (WILLIOT et al., 2000). Um nun möglichst viele Erkenntnisse über die Biologie dieser anspruchsvollen Störart in Erfahrung bringen zu können (WILLIOT et al., 1997), wurden zwei Zuchtgruppen etabliert, d.h. eine in Frankreich und eine in Deutschland (KIRSCHBAUM et al., 2000). Denn neben den Schwierigkeiten bei der künstlichen Reproduktion, der Aufzucht und der Ernährung der Larven, der Juvenilen und der Wildfänge, war auch wenig bekannt über die spezifischen Bedingungen, die notwendig waren, um eine gesunde Zuchtgruppe und optimales Wachstum in einer längerfristigen Haltung zu gewährleisten (KIRSCHBAUM et al., 2000).

4.1 Versuchsdurchführung

4.1.1 Allgemeine Vorgaben

Die Versuchsdurchführung unterlag engen Vorgaben, die sich ausschließlich aus dem bedrohten Zustand dieser Störart ergaben, und trotzdem in bestmöglicher Übereinstimmung mit den EIFAC-Richtlinien für ernährungsspezifische Untersuchungen (EIFAC, 1980) erfolgen sollte. Da es abgesehen von der französischen nur noch eine deutsche Zuchtgruppe in ganz Europa gab, war die Zahl der Fische begrenzt. In Berlin am IGB standen 27 Störe zur Verfügung, die auf eine Kontroll- und eine Versuchsgruppe aufgeteilt wurden. Zur Untersuchung der ernährungsökologischen Ansprüche bei gleichzeitiger Forcierung des Wachstums war es notwendig, Einflüsse, die bei den Fischen zu vermehrtem Stress oder Verletzungen hätten führen können, zu vermeiden.

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass die Ernährungsbiologie sehr stark durch individuelle Futterpräferenzen (s. Kap. 4.2.6) gekennzeichnet ist. Eine sehr hohe Stichprobengröße hätte diesen zentralen Befund wahrscheinlich in den Hintergrund treten lassen. In Anbetracht der Zielsetzung der Arbeit – nämlich die Voraussetzungen für eine

erfolgreiche Aufzucht zu erforschen - wären essentielle Ergebnisse vermutlich aufgrund einer zu starken Streuung nicht deutlich geworden.

4.1.2 Futterqualität

Als qualitätsspezifischer Faktor des Futters diene das Verhältnis der Bruttogewichte vor dem Auftauen zu den Nettogewichten nach dem Auftauen und Abtropfen des Haftwassers, d.h. das absolute Nettoabtropfgewicht der Futterkomponenten. Die in Tab. 3.9 und 3.10 dargestellten Daten geben einen Überblick über die Mittelwerte der Nettoabtropfgewichte der verschiedenen Komponenten während des ersten Drittels der 185-wöchigen Untersuchungen. Danach hätten die gefrorenen kleinen Chironomiden GKC mit dem höchsten Nettoabtropfgewicht die beste Qualität. Ab August 2000 wurde jedoch nicht mehr nur die reine Tafelanzahl notiert und ein entsprechender Durchschnittswert der jeweiligen Komponente unabhängig von den einzelnen Fütterungen ermittelt, sondern die Tafelanzahl pro Fütterung und die entsprechende Nettomenge registriert. Damit war ein sofortiger Gewichtsvergleich bei jeder Fütterung möglich. Im Zuge dieser Datenerhebung nahm das Nettoabtropfgewicht der gefrorenen kleinen Chironomiden GKC im Laufe der Untersuchungen auf das Niveau der gefrorenen großen Chironomiden GGC ab. Daher waren im direkten Vergleich unter Berücksichtigung der wachstumsspezifischen Wirkung letztlich die gefrorenen großen Chironomiden GGC die bessere Komponente. Aufgrund der Differenz zwischen den Brutto- und Nettogewichten ist es notwendig für bioenergetische Berechnungen die Nettogewichte zu verwenden. Dies wurde bei der Berechnung der Fütterungsrate berücksichtigt. Neben dem Brutto-Nettogewichtsverhältnis wurde aber auch der Zustand der Chironomiden direkt nach dem Auftauen für die Beurteilung der Qualität herangezogen.

4.1.3 Gesundheitszustand

Der Gesundheitszustand der Fische war ein weiterer wichtiger Faktor für die Durchführung der Versuche. Um vor Beginn der Versuche einen parasitären Befall ausschließen zu können, wurden alle Individuen der Zuchtgruppe im August 1999 einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Dabei stellte sich heraus, dass keine Parasiten vorhanden waren (KIRSCHBAUM et al., 2000). Im Rahmen der regelmäßig alle 2 Wochen stattfindenden Längen- und Gewichtsbestimmungen wurde auch der Gesundheitszustand anhand des äußerlichen Erscheinungsbildes der Fische kontrolliert. Während des gesamten Untersuchungszeitraums vom August 1999 bis zum März 2003 (185 Wochen) wurden nur geringe und reversible, pathologische Veränderungen bei den Stören beobachtet, von denen auch KIRSCHBAUM et al. (2000) für die Jahre 1996-1998 berichtete. Leichte Hautrötungen, kleine Risse in den

Schuppen (ventral, lateral und dorsal), den Flossenansätzen und -säumen traten in vermehrtem Maße nach unzureichender Ernährung bzw. Gewichtssabnahme infolge der Fütterung unattraktiver Komponenten (z.B. GKMF u.a.) auf. Da nach anschließender Fütterung attraktiverer Komponenten neben kompensatorischem Wachstum nahezu immer eine Erholung des Gesundheitszustandes eintrat, war keine weitergehende Behandlung beispielsweise mit Antibiotikum notwendig. Einige Fische zeigten die von KIRSCHBAUM et al. (2000) erwähnten morphologischen Abnormalitäten, wie deformierte Flossenenden oder ein fehlendes Nasalintegument, die sich aber weder auf das Wachstum noch auf das Futterverhalten auswirkten. Verhaltensänderungen durch Vergiftungen aufgrund schlechter Wasserqualität (SALIN & WILLIOT, 1991), traten ebenso wenig auf wie bei KIRSCHBAUM et al. (2000). Dazu trug auch das tägliche Monitoring der Wasserparameter bei. Mortalität gab es in den 185 Wochen der Versuchsdurchführung nicht. Somit war der gesundheitliche Zustand der Fische aufgrund seiner Güte keine Einflussgröße, die Auswirkungen auf die Wachstumsleistung der Störe hatte. Dies wurde dadurch bestätigt, dass bei drei exemplarisch ausgewählten Messungen kein Zusammenhang zwischen den Wachstumsleistungen und dem gesundheitlichen Zustand der jeweiligen Fische nachgewiesen werden konnte (s. Abb. 3.3).

4.1.4 Fischspezifische Ausgangssituation

Die Fische, der im April 1996 in Berlin am Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) eingerichteten Zuchtgruppe, wurden in den Jahren 1996-1998 ausschließlich mit gefrorenen kleinen Chironomiden GKC gefüttert, und zeigten infolge dieser Ernährung eine verminderte Wachstumsleistung (KIRSCHBAUM et al., 2000; HENSEL et al., 2002). Eine Erweiterung des Futterspektrums um gefrorene kleine marine Fische GKMF, Krill und gefrorene große Chironomiden GGC führte zu einem Anstieg des Wachstums. Es wurden jedoch keine weiteren Untersuchungen durchgeführt, um die entsprechende Komponente oder Komponentenkombination als Ursache für die Wachstumszunahme zu bestimmen. Um nun Aufschluss über die ernährungsökologischen Zusammenhänge, d.h. den möglichen Einfluss der Haltung und/oder der Ernährung auf das Wachstum, zu erlangen, wurden spezielle Fütterungsversuche konzipiert. In dessen Rahmen sollten, nicht-invasiv und über die bloße Beobachtung hinausgehend, wachstumsspezifische Erkenntnisse gewonnen werden. Die Haltungsbedingungen unter denen die Aufzucht und die Versuche am IGB durchgeführt wurden, zeichneten sich durch eine Konstanz der Wasserparameter, d.h. einen nahezu linearen Verlauf (s. Abb. 3.2) über den Untersuchungszeitraum, aus. Daher war diese Art und Weise der Haltung der euryöken Störe (SALIN & WILLIOT, 1991; KIRSCHBAUM et al.,

2000) besonders geeignet, sowohl für den Zeitraum von 1996 bis 1999 (KIRSCHBAUM et al., 2000) als auch von August 1999 bis März 2003 (HENSEL et al., 2002).

4.1.5 Ernährungs- und wachstumsspezifische Parameter

Als geeignete Parameter der ernährungs- und wachstumsspezifischen Untersuchungen wurden die Länge [cm] und das Gewicht [g] der Europäischen Störe ausgewählt. Mit Hilfe des Gewichts wurde die spezifische Wachstumsrate berechnet (RICKER, 1975), die den relativen Vergleich zwischen Fischen mit unterschiedlichem Gewicht ermöglichte und somit ein geeignetes Kriterium für die Bewertung der individuellen Wachstumsleistung in Abhängigkeit von der gefütterten Futterkomponente darstellte. Unter der Voraussetzung, dass das zeitliche Intervall, für das die spezifische Wachstumsrate bestimmt wird, klein genug gewählt wurde, werden Details des individuellen Wachstumsmuters über den beobachteten Lebensabschnitts des jeweiligen Fisches deutlich. Daher wurde die Intervallgröße auf 14 Tage (2 Wochen) festgelegt, auch unter der Annahme, dass das absolute Wachstum der Störjuvenile innerhalb eines zweiwöchigen Fütterungsversuchs so klein ist, dass es keinen Einfluss auf die Futterpräferenzen und Wachstumsleistung hat (HENSEL et al., 2002).

4.1.6 Hunger-Experiment – Nahrungsreste

Im Rahmen der ernährungsspezifischen Untersuchungen wurde auch ein Experiment durchgeführt, während dessen die Störe der Versuchsgruppe über zwei Wochen (Wochen 27/28) nicht gefüttert wurden (Hunger-Experiment). Der so gewonnene Median-Wert von -0,32% Kg/Tag war also repräsentativ für die Wachstumsleistung einer zweiwöchigen Hungerphase, und ermöglichte eine vergleichende Bewertung mit Versuchsergebnissen, bei denen negative spezifische Wachstumsraten gemessen wurden. Bei den Fütterungsexperimenten mit GKMF, GKC, GGC + GOsm, GGC + GCra, GGC + GGam, TF200, GSpr und GKC + TF-Mix etc. nahmen die Fische aufgrund mangelnder Akzeptanz bzw. Attraktivität nur einen begrenzten Teil des angebotenen Futters oder sogar keine Nahrung auf. Dieser Umstand wurde durch sorgsame Beobachtung verifiziert, die nach CARTER et al. (1995) die Abschätzung der durch die Fische aufgenommenen Menge an Futter ermöglicht. Allerdings konnte die exakte Menge der Futterreste in den experimentellen Becken nicht bestimmt werden. Erst nach der Umrüstung der kleineren bzw. der Inbetriebnahme der größeren Becken war es möglich, die Menge der Futterreste und Faeces innerhalb des Wasserkreislaufes zu bestimmen. 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). Somit sind die ermittelten Wachstumsraten der Fische auch repräsentativ für die individuell aufgenommene Futtermenge jedes einzelnen Fisches, unter der idealisierten Annahme, dass das gesamte aufgenommene Futter in den Prozess des Wachstums investiert wurde, weil genauere Angaben über den physiologischen Zustand der Störe nicht ermittelt werden konnten. Denn die dazu notwendige Blutentnahme ist in hohem Maße mit Stress verbunden (DENG et al., 2000), der im Zuge einer möglichst artgerechten Haltung und aufgrund der geringen Zahl an Stören (deutschlandweit: 28) vermieden werden sollte. Nicht-invasive Methoden wie beispielsweise die von TALBOT & HIGGINS (1983) sowie CARTER et al. (1995) entwickelten radiologischen Verfahren mittels in das Futter gemischter Partikel-Marker (Eisenpulver oder Glassperlen) hätten zwar die Bestimmung der individuellen Futtermenge pro Fisch erlaubt, wären aber aufgrund der schädigenden Wirkung für die Gonaden unbrauchbar.

4.1.7 Fütterungsraten

Da auch die Futtermenge bzw. die Fütterungsrate (FR) einen entscheidenden Einfluss auf das Wachstum hat (BRETT, 1979), wurde stets darauf geachtet, dass die Störe *ad libitum* gefüttert wurden, und sich die FR zwischen 3-5% Kg/Tag bewegte. Dies entsprach dem von KIRSCHBAUM et al. (2000) berichteten Niveau (2,5-4,8% Kg/Tag). Lediglich bei unattraktiven Komponenten, die auch mit negativen spezifischen Wachstumsraten einhergingen, war ein Absinken der Fütterungsrate auf ein Niveau zwischen Null und Eins festzustellen.

4.1.7.1 Erhöhte Fütterungsrate über 24 Stunden

In welcher Weise eine Steigerung des Wachstums durch eine erhöhte Fütterungsrate (FR) bei Tag- und Nachtfütterung ohne Automatisierung möglich ist, wurde über einen Zeitraum von 4 Wochen untersucht. Die verdoppelte Anzahl an Fütterungen, 8 Fütterungen alle 3 Stunden, führten zwangsläufig zu einer Verdopplung der vorherigen Fütterungsrate (4 Fütterungen täglich), und verursachte nach den ersten 2 Wochen (Wochen 177/178) eine signifikante Wachstumssteigerung. Trotz unveränderter Bedingungen konnte dieselbe Wachstumsleistung oder eine Steigerung der spezifischen Wachstumsraten in den darauffolgenden Wochen (Wochen 179/180) nicht wiederholt werden. Über die Ursachen kann nur spekuliert werden. Da im Allgemeinen bei Fütterungsversuchen über einen längeren Zeitraum mit hohen Raten bzw. *ad libitum* gefüttert wird, steigt auch der Betrag an Futter der nicht aufgenommen und damit verschwendet wird, an (CHO, 1992). Dies spiegelte sich auch in den ermittelten Mengen an Futterresten und Faeces nach den Tag- und Nachfütterungen wieder, die sich durch die

erhöhte Fütterungsrate (Tab.3.11) nahezu verdoppelt haben. Vergleicht man nun aber die Werte der Futterreste und Faeces zwischen der ersten und zweiten Fütterungsperiode der Tag- und Nachfütterung, so ergeben sich keine signifikanten Unterschiede. Die geringeren Mengen an Futterresten nach der zweiten Periode deuteten eher auf eine verstärkte Futteraufnahme hin, als auf etwaige, erhöhte Futterverluste beispielsweise infolge gesteigerter Schwimmaktivität. Ein Messfehler während der Wägung ist weitestgehend ebenfalls auszuschließen, da dieselbe Messmethodik nach beiden Fütterungsintervallen angewendet wurde. Die in der Literatur angeführte Ursache für Variabilität des Gewichts aufgrund des Mageninhaltes (BRETT, 1979) kommt in diesem Falle auch nicht zum tragen, denn die letzte Fütterung erfolgte im Allgemeinen mindestens 12-14 Stunden vor der Wägung, am Vorabend des Tages vor der Wägung.

4.1.7.2 Erhöhte Fütterungsrate über 10 Stunden

Inwieweit sich eine gesteigerte Fütterungsrate bei wieder reduzierter Fütterungsdauer (10 Stunden) auf das Wachstum auswirkte, wurde in einem weiteren vierwöchigen Versuch (2 zweiwöchige Versuchsintervalle) getestet. Wie bei der Tag- und Nachtfütterung widersprachen sich auch diesmal die Ergebnisse der ersten (Wochen 182/183) und der zweiten Versuchsperiode (184/185). Infolge des ersten Fütterungsintervalls (Wochen 182/183) war durch die gesteigerte Fütterungsrate in Becken 1 und 4 ein signifikanter Unterschied zu Becken 2 und 3 (Kontrollgruppen) nachweisbar, nach dem zweiten nicht mehr. Dies mag einerseits am gesunkenen Niveau der Medianwerte der Versuchsgruppen und am gestiegenen der Kontrollgruppen liegen. Andererseits könnte die hohe Futtermenge wiederum zu vermehrtem Futtersuchverhalten geführt haben, obwohl bereits eine Futtersättigung bei den Fischen erreicht worden war. Vielleicht spielen aber auch andere endogene Faktoren eine Rolle. Eine abschließende Beurteilung ist nicht möglich.

4.2 Fütterung und vergleichende Bewertung der Komponenten

Der gesamte Untersuchungszeitraum dauerte 185 Wochen (30.08.1999 bis 25.03.2003). Davon erstreckten sich die nahrungsökologischen Versuche über 154 Wochen (30.08.99 bis 20.08.2002) und die Untersuchungen zu einem möglichen Einfluss der Haltungsdichte auf das Wachstum über 22 Wochen (20.08.02-21.01.03). Den experimentellen Abschluss bildeten die vierwöchigen Tag- und Nachtfütterungen, sowie die ebenso vier Wochen dauernde Phase der Fütterung mit erhöhter Fütterungsrate.

4.2.1 Dreikomponentenfutter und dessen Einzelkomponenten

Zu Beginn der Untersuchungen (Wochen 1-28) wurden Fütterungsversuche durchgeführt, die einerseits eine rückblickende Bewertung der zuletzt am IGB gefütterten Komponenten (GKMF, GKC, GGC) (KIRSCHBAUM et al., 2000; HENSEL et al., 2002) zuließ und andererseits die Basis für weitergehende Experimente bildeten. Dazu gehörten die vierwöchige Fütterung (zwei Versuchsintervalle) des Dreikomponentenfutters 3K und die darauf folgende jeweils zweiwöchige Fütterung der entsprechenden Einzelkomponenten (GKMF, GKC, GGC).

Die Medianwerte der spezifischen Wachstumsraten, die infolge der Dreikomponentenfütterung 3K (GKMF, GKC und GGC) nach der ersten (0,15 und 0,17% Kg/Tag) bzw. zweiten Versuchsperiode (0,21 bzw. 0,12% Kg/Tag) ermittelt wurden, lagen im Vergleich zu der über den gesamten Untersuchungszeitraum gemessenen Spannweite von -0,38 (TF200) bis 0,46% Kg/Tag (3K nach GKMF) im oberen Drittel. Somit eignete es sich als Futter für die Fische der Kontrollgruppe.

Die Ergebnisse der Fütterungen der Einzelkomponenten zeichneten aber ein wesentlich detaillierteres Bild. Die Werte der spezifischen Wachstumsraten der Fische der Versuchsgruppe, die mit gefrorenen kleinen marinen Fischen GKMF gefüttert wurden, glichen denen des Hunger-Experiments. Die Aufnahme dieser Futterkomponente wurde also durch die Fische der Versuchsgruppe verweigert, was durch Beobachtungen bestätigt werden konnte. Dies ist insofern nicht ungewöhnlich, da Störe längere Hunger-Perioden bei Futterknappheit oder während der Laichwanderungen überstehen können (DADSWELL 1979; MASON & CLUGSTON, 1993; BEAMESDERFER & FARR, 1997). Andererseits widerspricht diese Futterselektivität aber der allgemeinen Einschätzung, dass Störe opportunistische Jäger sind, die eine Vielfalt an Beute zu sich nehmen und in Abhängigkeit der Verfügbarkeit zwischen Beuteorganismen wechseln (BEAMESDERFER & FARR, 1997). Dass dieses selektive Verhalten kein Artefakt der Haltung unter Laborbedingungen war, wurde durch BROSE et al. (2000) bestätigt, der Futterpräferenzen (*Heteromastus filiformis*, *Polydora* sp.) bei Juvenilen (63-116 cm Totallänge) von *A. sturio* im Mündungsdelta der Gironde nachweisen konnte. Letztlich besteht auch die Möglichkeit, dass es sich um Prägung (Imprinting) handelt, denn die Europäischen Störe der Zuchtgruppe am IGB (geboren im Sommer 1995) wurden während ihrer frühen Lebensphase in Frankreich mehrere Monate und auch 1996 bis 1998 in Berlin bis zu einem Alter von dreieinhalb Jahren, ausschließlich mit gefrorenen kleinen Chironomiden gefüttert (KIRSCHBAUM et al., 2000; HENSEL et al., 2002). Ob diese Erfahrungen die Ergebnisse der Fütterungsuntersuchungen beeinflusst haben, ist schwer zu beurteilen. Chironomiden sind aber häufig auch in Flüssen vorkommende benthische

Invertebraten (CAMPBELL et al., 1986; LILLEHAMMER, 1986) und könnten daher Bestandteil des natürlichen Futterspektrums kleiner Juvenile von *A. sturio* sein. Die nicht signifikant niedrigeren Werte durch die gefrorenen kleinen marinen Fische GKMF im Vergleich zum Hunger-Experiment waren vermutlich eine Folge des gestiegenen Energiebedarfs durch Futtersuchverhalten, das durch die Gegenwart des Futters im Becken hervorgerufen wurde.

Auch die Fütterung mit gefrorenen kleinen Chironomiden GKC führte zu keinem Zuwachs sondern zu einer Stagnation des Wachstums (-0,04% Kg/Tag). Die verminderte Attraktivität der beiden letztgenannten Komponenten führte wahrscheinlich auch bei der Fütterung des Dreikomponentenfutters 3K zu futterspezifischem Verhalten, so dass die GKMF und GKC nicht signifikant zum gemessenen Wachstum beitrugen. Dies wurde durch die im Allgemeinen hohen Werte der spezifischen Wachstumsraten bei Fütterung von gefrorenen großen Chironomiden GGC, wie beispielsweise im Becken 1501 in den Wochen 16-24 und 26-36 bestätigt. Somit waren die gefrorenen großen Chironomiden GGC verantwortlich für die Wachstumssteigerung im Frühjahr 1999 (vor Beginn der eigentlichen Untersuchungen) und auch während der Dreikomponentenfütterung 3K. Daher wurde im Rahmen der nahrungsökologischen Versuche ab dem 21.12.1999 ausschließlich diese Komponente als Futter für die Fische der Kontrollgruppe verwendet. Die verbesserte Futterkonversion bei der Fütterung von gefrorenen großen Chironomiden GGC war vermutlich eine Folge des höheren spezifischen Gewichts und der Partikelgröße dieses Futters, welche zu einer höheren Retention im Becken und dadurch zu einer gesteigerten Verfügbarkeit für die Fische führte. Der häufiger beobachtete, anfängliche Anstieg der spezifischen Wachstumsraten infolge der Fütterung von gefrorenen großen Chironomiden GGC ist möglicherweise auch ein kompensatorisches Phänomen.

Unklar war, ob die ausschließliche und länger andauernde Fütterung einer Komponente, in diesem Fall GGC, zur Vermeidung und/oder Mangelerscheinungen führen würde. Denn die Fische der zwei bzw. vier experimentellen Gruppen wurden abgesehen von den zu testenden Komponenten hauptsächlich (Becken 1501: 77 Wochen GGC von 140 Wochen [= 55%], Becken 1505: 56/132 [= 41%], Becken 1: 30/45 [= 66,6%], Becken 2: 30/53 [= 57%], Becken 3: 30/31 [= 97%] und Becken 4: 30/31 [= 97%]) mit gefrorenen großen Chironomiden GGC gefüttert. Sie wiesen keine äußeren Anzeichen für gesundheitsspezifische Probleme auf. Die französische Zuchtgruppe von *A. sturio*, die über mehrere Jahre hinweg ausschließlich mit Garnelen gefüttert worden war (WILLIOT et al., 1997), zeigte gute Wachstumsleistungen und einige adulte Fische erreichten sogar erfolgreich die Geschlechtsreife (WILLIOT et al., unveröffentlicht).

4.2.2 Trockenfutter

Wie von WILLIOT et al. (1997) festgestellt, war es im Vergleich zu anderen Störarten (MONACO et al., 1981; DABROWSKI et al., 1985; GIOVANNINI et al., 1991) weitaus schwieriger den Europäischen Stör an Trockenfutter zu gewöhnen. Daher sollte im Rahmen dieser Untersuchungen die Akzeptanz und mögliche Relevanz als potentielle Futterkomponente an den Individuen der deutschen Zuchtgruppe eingehender getestet werden.

Bei allen Versuchen mit Trockenfutter unterschiedlicher Menge, d.h. der Fütterung von gefrorenen großen Chironomiden und 50g Trockenfutter pro Fütterung (GGC + TF50), ausschließlicher Fütterung von 200g Trockenfutter täglich (TF200) sowie als Gemisch aus zerkleinerten gefrorenen kleinen Chironomiden GKC (43% des Gesamtgewichts) und kommerziellem Trockenfutter (57%) (GKC-TF-Mix), war eine Wachstumsabnahme zu verzeichnen. Am deutlichsten war diese Abnahme bei den beiden letzt genannten Fütterungsexperimenten (TF200: -0,38% Kg/Tag; GKC-TF-Mix: -0,36% Kg/Tag), also bei Abwesenheit der alternativen Basiskomponente GGC bzw. der alleinigen Gegenwart von Futterpellets. Dass diese Werte unter dem des Hunger-Experiments (-0,32% Kg/Tag) lagen, ist vermutlich wiederum der generellen Anwesenheit von Futter und dem damit verbundenem Futtersuchverhalten geschuldet. Dieses Ergebnis bestätigte zunächst die bis dahin in Frankreich gemachten Erfahrungen, dass diese Störart nur schwer an kommerzielles Trockenfutter zu gewöhnen ist (WILLIOT et al., 1997). Die Analyse des individuellen Wachstums bei der Zweikomponentenfütterung (GGC+TF50) zeigt aber, dass immerhin 8 von 14 Fischen in Becken 1501 während des ersten Fütterungsintervalls (Wochen 77/78) spezifische Wachstumsraten über Null aufwiesen. Auch infolge der zweiten Periode der Zweikomponentenfütterung (Wochen 79/80) wiesen 8 Fische der Versuchsgruppe positive spezifische Wachstumsraten SWR auf, wobei 5 von diesen Fischen bereits infolge der ersten Versuchsperiode schon positive Wachstumsleistungen gezeigt hatten (A3CA, 7346, 221C, 2472, 1906). Es könnten sich also inzwischen 5 bzw. 8 Fische der Versuchsgruppe an das Trockenfutter gewöhnt haben. In diesem Fall würde vermutlich eine individualspezifische Fütterungsstrategie verbunden mit einer Separierung der entsprechenden Fische die Möglichkeit eröffnen, Trockenfutter als weitere Komponente zu etablieren. Bei dem für die Versuche verwendeten Trockenfutter handelte es sich aber ebenfalls nur um kommerzielles Salmoniden-Futter.

Die Etablierung eines Trockenfutters als akzeptierte Futterkomponente macht aber nur dann Sinn, wenn ein speziell an die Bedürfnisse des Europäischen Störs angepasstes Trockenfutter zur Verfügung steht. Dies ist aber zur Zeit nicht der Fall. Ein Mangel an

ernährungsspezifischen Kenntnissen wird als limitierender Faktor für eine erfolgreiche Entwicklung der Störakquakultur angesehen (HUNG, 1991). Die unmittelbaren Folgen solch einer mangelhaften Ernährung durch fehlende Nährstoffe wurden in Frankreich deutlich, als die Fische dort infolge der Trockenfutter-Fütterung bereits im Alter von 18 Monaten zu einem hohen Prozentsatz abnorme Deformationen aufwiesen, denen meistens der baldige Tod folgte (WILLIOT et al., unveröffentlicht). Neben den Folgeerscheinungen durch Mangel sind aber auch Auswirkungen durch falsche Dosierung der Inhaltsstoffe zu berücksichtigen. So werden die notwendigen Proteingehalte für maximales Wachstum beim Sibirischen Stör *A. baerii* und beim Weißen Stör *A. transmontanus* mit 40-50% angegeben (KAUSHIK et al., 1991; MOORE et al., 1988, HUNG, 1991). Bezüglich eines optimalen Lipidanteils an der Nahrung der zu maximalem Wachstum z.B. beim Europäischen Stör führt, sind keine Informationen verfügbar. Allerdings verursachte die Fütterung stark lipidhaltiger Salmoniden-Futter bei der Aufzucht von weiblichen Weißen Stören *A. transmontanus* in Aquakultur trotz des Alters von 9 Jahren das Ausbleiben der Geschlechtsreife (HUNG, 1991). Somit ist ein zu hoher Gehalt an Lipiden schädlich, und führt bei langfristiger Fütterung zu einer Verfettung der Leber (KNÖCHE, 1995) und/oder der Gonaden. Die Verwertbarkeit von Kohlenhydraten ist abhängig von der entsprechenden Struktur, und nimmt mit zunehmender Komplexität des Molekülaufbaus ab. So haben mehrere Studien von HUNG et al. (1989), FYNN-AIKINS et al. (1992, 1993) und HEROLD et al. (1995) gezeigt, dass der Weiße Stör *A. transmontanus* Glucose sehr gut verdauen und verwerten kann. Dahingegen wurde beispielsweise für wachsende Juvenile des Sibirischen Störs *A. baerii* nachgewiesen, dass sie komplexe Kohlenhydrate wie Rohstärke nur unzureichend verwerten können (KAUSHIK et al., 1989). Dies gilt ebenso für *A. transmontanus*, dessen offensichtliche Verdaulichkeits-Koeffizienten (engl. apparent digestibility coefficients ADCs) von Glukose über Galaktose, Maltose, Dextrin, Fruktose und Saccharose, Laktose und Mais-Stärke bis hin zu Zellulose abnehmen (HEROLD et al., 1995). Bezüglich der gesundheitlichen Schädigung durch übermäßigen Konsum von Kohlenhydraten und damit verbundener, überhöhter Akkumulation von Glykogen in der Leber gibt es widersprüchliche Aussagen (HEROLD et al., 1995). Einige Studien geben einen geringen Verwertungsgrad von Kohlenhydraten bei hoher Nahrungszufuhr an, der zu einem hohen Glykogen-Niveau in der Leber und zu einer Funktionsbeeinträchtigung führt (PHILIPS et al., 1948; HILTON & ATKINSON, 1982; KAUSHIK et al., 1989; HEROLD et al., 1995). Andererseits konnte auch gezeigt werden, dass Fische normales Wachstum aufweisen trotz der Zuführung hoher Dosen von Kohlenhydraten (BUHLER & HALVER, 1961; ANDERSON et al., 1984; FYNN-AIKINS et al., 1992, HEROLD et al.,

1995) und dass die Akkumulation von Glykogen in der Leber bei Weißen Stören *A. transmontanus* keinen beeinträchtigenden Einfluss auf die Leberfunktion ausübt (FYNN-AIKINS et al., 1993).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Fütterung der Störe mit Trockenfutter die Methode der Wahl ist, unter der Voraussetzung, dass die ernährungsspezifischen Bedürfnisse der jeweiligen Art bekannt sind, weil sich durch diese Fütterungsmethode eine Reihe von Vorteilen ergeben: 1) Das Futter kann in seiner Zusammensetzung entsprechend der artspezifischen Nährstoffbedürfnisse angepasst und variiert werden. 2) Das Futter ist großenvariabel, und kann entsprechend der Fischgröße verändert werden. 3) Das Futter ist aufgrund seiner Struktur an der Luft länger haltbar und auch wasserbeständiger, und kommt daher dem speziellen Futtersuchverhalten des Europäischen Störs nach. 4) Die Fütterung kann automatisiert werden, und damit besteht die Möglichkeit die Fütterungen in die Nacht, d.h. über 24 Stunden auszudehnen. Dadurch ist auch eine Steigerung der Fütterungsrate und gegebenenfalls des Wachstums möglich.

4.2.3 Crustaceen

Ganz im Gegensatz zu den Erfahrungen mit Trockenfutter standen die mit verschiedenen Garnelenarten. Denn die Störe an der französischen Forschungsstation (CEMAGREF) bei Bordeaux wurden seit Beginn der Etablierung der dortigen Zuchtgruppe erfolgreich mit verschiedenen Garnelenarten, wie *Palaemonetes varians*, *Crangon crangon* und *Palaemon longirostris* gefüttert (WILLIOT et al, 1997; KIRSCHBAUM et al., 2000). Außerdem geht aus Untersuchungen von BROSSE et al. (2000, 2002) hervor, dass sowohl Amphipoden wie *Bathyporeia pelagica*, *Corophium volutator* und *Gammarus* sp. als auch Vertreter höherer Krebse (Decapoda) wie *Carcinus maenas* und *Crangon crangon* zum natürlichen Futterspektrum der Juvenilen von *A. sturio* gehören. Da die Individuen der deutschen Zuchtgruppe nur vorübergehend mit Krill und sonst keiner weiteren Crustaceen-Spezies wie beispielsweise Garnelen gefüttert worden waren, wurden diese ebenfalls auf ihr Wachstumspotenzial überprüft.

Wie die ersten Versuchsergebnisse dieser Versuchsreihe deutlich machen, wurden sowohl durch den Zusatz von Fleisch der tropischen Krebsart *Procambarus* sp. GPro als auch dem Amphipoden *Gammarus* sp. GGam gute Wachstumsleistungen (0,13 bzw. 0,20% Kg/Tag) erzielt. Dahingegen führte die Addition von Nordseegarnelen GCra zu negativen Wachstumsleistungen (-0,20% Kg/Tag). Da das Fleisch tropischer Krebse lediglich dazu dienen sollte zu überprüfen, ob diese Gruppe überhaupt als potentielle Futterkomponenten in Betracht käme, und diese Komponente nicht dem natürlichen Spektrum entstammte, wurde

die Verfütterung nicht weiter verfolgt. Dies galt jedoch nicht für die Amphipoden. Denn sie entstammten dem natürlichen Futterspektrum, waren leicht zu beschaffen und hatten die geeignete Größe. Daher kamen sie als weitere Basiskomponente in Betracht. Entsprechend dem bei dem Dreikomponentenfutter 3K angewendeten Prinzip, wurden in den Wochen 47/48 die Fische beider Becken mit gefrorenen großen Chironomiden GGC und gefrorenen Amphipoden GGam gefüttert. Eine zweite zweiwöchige Fütterungsperiode wie beim Dreikomponentenfutter 3K wurde aufgrund der negativen Wachstumsleistung in beiden Becken (Becken 1501: -0,10% Kg/Tag und Becken 1505: -0,06% Kg/Tag) nicht durchgeführt. Eine Erklärung für dieses divergente Ergebnis ist die möglicherweise veränderte chemische Zusammensetzung der Amphipoden, die durch eine andere Färbung der Futterkomponente suggeriert wird. Eine veränderte Zusammensetzung hätte die direkte Folge der Denaturierung der Proteine durch Brühung im Zuge des Herstellungsprozesses sein können. Dass Proteine bzw. deren Grundbausteine – die Aminosäuren – mitverantwortlich sind für die Attraktivität einer Komponente, geht aus den Untersuchungen von KASUMYAN (1995) hervor, der L-Alanin und Glycin als olfaktorisch wirksame und Futtersuchverhalten auslösende Aminosäuren bei fünf Acipenseriden-Arten identifizierte. Da eine Veränderung des Herstellungsprozesses nicht möglich war, wurden die Amphipoden trotz der anfänglich guten Wachstumsleistungen als ergänzende Basiskomponente nicht weiter verwendet. Dahingegen wurde aber aufgrund der langjährigen positiven Erfahrungen in Frankreich bei der Ernährung der Europäischen Störe mit Garnelen, diese Komponente erneut und wiederum in beiden Becken als potentielle Basiskomponente getestet. Im Gegensatz zur ersten Evaluierung (Woche 43/44) lagen die ermittelten Medianwerte nicht mehr deutlich unter Null, sondern inzwischen um Null (Woche 55/56, Becken 1501: -0,03% Kg/Tag und Becken 1505: 0,03% Kg/Tag). Ob dies auf einen vermehrten Konsum von ebenfalls angebotenen gefrorenen großen Chironomiden zurückzuführen ist, oder durch die tatsächliche Aufnahme von *Crangon crangon*, ist schwer zu beurteilen. Allerdings zeigt die genauere Datenanalyse, dass zwölf Fische (Becken 1501: 5 und Becken 1505: 7) spezifische Wachstumsraten größer Null aufwiesen (Becken 1501: 7A59: 0,04; 7346: 0,13; A69C: 0,11; 221C: 0,05; 8557: 0,03; Becken 1505: 875C: 0,15; DEOC: 0,11; 2108: 0,12; F322: 0,03; FAC0: 0,08; 81EF: 0,04; 86B3: 0,13 jeweils in % Kg/Tag).

4.2.4 Gewöhnung

Da infolge der ersten Fütterungsperiode mit Nordseegarnelen GCra noch ausschließlich negative Wachstumsraten zu verzeichnen waren, könnten sich die sieben Fische, die in der zweiten Periode positive spezifische Wachstumsraten zeigten, an diese Komponente gewöhnt

haben. Insofern würde eine Separierung der Fische mit ermittelten Wachstumszunahmen, d.h. die Berücksichtigung des individuellen Futterverhaltens vermutlich den Fortgang des Gewöhnungsprozesses ermöglichen oder sogar beschleunigen. Eine Begünstigung der Gewöhnung könnte auch durch eine Ausdehnung des Fütterungszeitraums erreicht werden. Dies ist auch insofern plausibel, als dass die in der Gironde gemachten Wildfänge erst nach 160 bis 200 Tagen Haltung in Aquakultur mit der Futteraufnahme begannen (WILLIOT et al., 1997). Eine Vergrößerung der Dauer wurde bereits bei der Fütterung der gefrorenen Sprotenstückchen GSpr umgesetzt, und diese in Kombination mit gefrorenen großen Chironomiden GGC bzw. als Einzelkomponente insgesamt über 29 Wochen hinweg an dieselbe Fischgruppe verfüttert. Im Rahmen eines ausgedehnten Gewöhnungsprozesses wäre neben der geschmacklichen Adaption (Einfluss der chemischen Zusammensetzung) aber im Falle der Garnelen auch die Methode der Nahrungsaufnahme (Einfluss der Struktur/Textur) anpassungsbedürftig, denn aufgrund des harten Carapax und der Zahnlosigkeit der Störe ist eine Futterverwertung nur durch Auslutschen möglich (WILLIOT, persönliche Mitteilung). Sowohl bei der Fütterung des Trockenfutters als auch der verschiedener Crustaceen-Arten zeigte sich Futterselektivität, deren Ausprägung in überwiegendem Maße individuen- aber letztlich auch artspezifisch ist und im Falle des Trockenfutters und der Garnelen zur überwiegenden Ablehnung der getesteten Komponenten durch die Fische führte.

4.2.5 Teleostei: Stint *Osmerus eperlanus*, Sprotte *Sprattus* sp.

Wie z.B. für *Acipenser oxyrinchus desotoii* (MASON & CLUGSTON, 1993), *A. baerii* (RUBAN & KONOPLYA, 1994) und *A. brevirostrum* (CARLSON & SIMPSON, 1987) gezeigt werden konnte, ändert sich deren natürliches Futterspektrum in Abhängigkeit vom Alter und damit auch dem Aufenthaltsort der Fische. Um einerseits solch einer altersbedingten Adaption nachzukommen trotz der für *A. sturio* nachgewiesenen Futterselektivität (BROSSE et al., 2000), und um ein möglichst breites Nährstoffangebot aus verschiedenen Beuteorganismen zugänglich zu machen, sollte in weiteren Versuchen die Attraktivität neuer Komponenten getestet werden. Um zu große Wachstumsverluste zu vermeiden, wurden diese zuerst immer in Kombination mit gefrorenen großen Chironomiden GGC gefüttert.

Die Kombination von gefrorenen großen Chironomiden GGC und gefrorenen Stint-Stückchen GOsm (25% des Frischgewichts (FG) der GGC) in den Wochen 25/26 im Becken 1501 führte zu einem Rückgang des Medians der spezifischen Wachstumsraten SWR (-0,18% Kg/Tag), der dem Wert des Hunger-Experiments ähnelte. Diese reduzierte Wachstumsleistung ist jedoch nicht durch einen Mangel an gefrorenen großen Chironomiden GGC erklärbar. Vielmehr führte die Beimengung der gefrorenen Stint-Stückchen GOsm (25%) zu einem

verändertem Futterverhalten, in dessen Verlauf nicht nur die Aufnahme der gefrorenen Stintstückchen GOsm sondern auch die Aufnahme der gefrorenen großen Chironomiden GGC reduziert wurde oder unterblieb, was durch die Beobachtung der Fische während der Fütterungen bestätigt wurde.

Als weitere Teleostei-Komponente wurden in Kombination mit der Basiskomponente GGC gefrorene Stückchen der Sprotte *Sprattus* sp. GSpr gefüttert, auf der Grundlage der Erfahrungen, die im Helgoländer Aquarium gemacht wurden. Dort konnte das Individuum von *A. sturio* erfolgreich an Sprotten gewöhnt und dann regelmäßig damit gefüttert werden (GOEHMANN, persönl. Mitteilung, 2001). Außerdem wies BROSE et al. (2000, 2002) nach, dass im Futterspektrum von Juvenilen von *A. sturio* aus der Gironde die Sandgrundel *Pomatoschistus minutus* enthalten war. Von anderen Störarten wie z.B. *A. baerii* (RUBAN & KONOPLYA, 1994) oder *A. oxyrinchus desotoii* (MASON & CLUGSTON, 1993) ist auch bekannt, dass mit zunehmendem Alter Fische Teil des Beutespektrums sind. Daher erschienen Sprotten als neue zu testende Komponente Erfolg versprechend.

Im Gegensatz zu den Stintstückchen (25% FG) verursachten die Sprottenstückchen (10-25% FG) keine Veränderung des Futterverhaltens in Bezug auf die gefrorenen großen Chironomiden, denn der Median der spezifischen Wachstumsraten SWR der Fische der Versuchsgruppe lag nur nach den ersten 2 Wochen unter Null. Ansonsten wurden positive Medianwerte gemessen, und somit verzeichneten 50% der Störe einen Wachstumszuwachs. Dass dieser vermehrt auf die gefrorenen großen Chironomiden GGC zurückzuführen ist, wird einerseits dadurch deutlich, dass die tägliche Rückwaage hauptsächlich aus Sprotten bestand, und andererseits daran, dass an den 3 zweiwöchigen Futterperioden bei denen ausschließlich gefrorene Sprottenstückchen GSpr gefüttert wurden, Medianwerte der spezifischen Wachstumsraten (-0,38% Kg/Tag; -0,31% Kg/Tag; -0,36% Kg/Tag) gemessen wurden, die dem Wert des Hunger-Experiments (-0,32% Kg/Tag) entsprachen, bzw. noch unterboten, denn die Anwesenheit von Futter führte vermutlich erneut zu vermehrtem Futtersuchverhalten. Der tendenzielle, aber geringe Anstieg der Medianwerte im hinteren Drittel der gesamten, 29-wöchigen Untersuchungsphase ließ eine zunehmende Akzeptanz vermuten, die jedoch statistisch nicht nachweisbar war (SPEARMANN'scher Korrelationskoeffizient $r_s = 0,277$).

4.2.6 Futterselektivität

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich sowohl bei Zwei- als auch Einzelkomponentenfütterung bei den Juvenilen von *A. sturio* Futterselektivität zeigte. Ähnliche Ergebnisse wurden von WILLIOT et al. (1997) berichtet. Daten der Gironde-

Population belegen eine ausgeprägte Selektivität bezüglich verschiedener dort auftretender benthischer Beuteorganismen. BROSE et al. (2000) berichtete, dass *A. sturio* bevorzugt die Polychaetenarten *Heteromastus filiformis* und *Polydora* sp. frisst. Die bei *A. sturio* während der Fütterungsexperimente festgestellten Futter-Präferenzen sind nicht einheitlich, denn es gab große Unterschiede zwischen den individuellen spezifischen Wachstumsraten der jeweiligen Fische in Abhängigkeit von der Futterkomponente. Die individuellen Unterschiede werden auch durch die große Spannweite der spezifischen Wachstumsraten SWR deutlich. Andererseits war die Reaktion bei bestimmten Futterkomponenten (z.B. GKMF, GOsm, TF200, GSpr etc.), d.h. Komponenten, die eine niedrige Akzeptanz hervorriefen und damit eine geringere Attraktivität besaßen, sehr wohl einheitlich. Futter-Präferenzen sind auch bei anderen Störarten beobachtet worden, wie *A. oxyrinchus* (JOHNSON et al., 1997), *A. stellatus* (PATRICHE, persönl. Mitteilung) und *A. naccarii* (GIOVANNINI et al., 1991), die nur ausgewählte Futter akzeptieren. Andere Störarten wie *A. baerii* (DABROWSKI et al, 1985; GISBERT & WILLIOT, 1997), *A. ruthenus* (USTAOGU & RENNERT, 2002) und *A. transmontanus* (LUTES et al., 1990) konnten an kommerzielles Trockenfutter, ja sogar für Forellen bestimmtes Futter - gewöhnt werden, auch ohne Probleme in der frühen Lebensphase.

4.3 Wachstumsanalyse

4.3.1 Untersuchungen zum möglichen Einfluss der Haltungsdichte auf das Wachstum

Die Haltungsbedingungen, unter denen die Aufzucht und die Versuche am IGB durchgeführt wurden, zeichneten sich durch konstante Wasserparameter über den gesamten Untersuchungszeitraum aus. Aber nicht nur die Fütterungsstrategie und die Haltungsbedingungen, sondern auch die Dichten beeinflussen das Wachstum der Fische (JODUN et al., 2002).

Daher wurde eine 22 Wochen (Wochen 155-176) dauernde Versuchsreihe zum möglichen Einfluss der Haltungsdichte auf das Wachstum der Europäischen Störe durchgeführt. Die Basis dieser Untersuchungen bildeten zwei unterschiedliche Beckengrößen bzw. -volumina (6,8m² bzw. 6,8 m³ und 11,56m² bzw. 11,56m³), die sukzessive mit verschiedenen Fischbiomassen (30 kg pro Becken, 30 kg pro Becken nach Individuentausch, sowie 40 kg in den großen Becken und 25 kg in den kleineren Becken) besetzt wurden. Die daraus resultierenden Dichten lagen zwischen 2,5 kg/m³ und 4,9 kg/m³. Die größte Dichtedifferenz zwischen zwei Becken, nämlich dem Becken 1501 und dem Becken 2, betrug in den Wochen

133-140 jedoch $4,4 \text{ kg/m}^3$. Allerdings lag dieser Versuchszeitraum außerhalb der eigentlichen Haltungsdichteuntersuchungen, in dessen Verlauf nur eine maximale Dichtedifferenz von $2,4 \text{ kg/m}^3$ getestet wurde (im direkten Vergleich der großen zu den kleinen Becken). Die mittlere Haltungsdichte über die 22 Wochen betrug $3,7 \text{ kg/m}^3$.

Lediglich nach dem Individuenaustausch, d.h. nach der Umsetzung der Fische aus den größeren Becken in die kleineren (B1 → B4, B2 → B3) und umgekehrt (B4 → B1, B3 → B2), waren deutliche Unterschiede in der Wachstumsleistung feststellbar. Das heißt bei geringeren Dichten (Becken 1: $2,5 \text{ kg/m}^3$ und Becken 2: $2,7 \text{ kg/m}^3$) wurden höhere Medianwerte registriert als bei den höheren Dichten (Becken 3: $4,9 \text{ kg/m}^3$ und Becken 4: $4,5 \text{ kg/m}^3$). Wann signifikante Wachstumsunterschiede infolge einer Dichteänderung auftreten, bzw. die Dauer für eine mögliche Akklimatisierung, ist nicht bekannt. In der ersten zweiwöchigen Versuchsphase (Wochen 161/162) konnte Signifikanz aber aufgrund der großen Streuung für diesen Zeitraum nicht nachgewiesen werden. Erst nach dem darauf folgenden, zweiten und dritten Versuchsintervall (Wochen 163/164 und 165/166) war jeweils ein signifikanter Unterschied zwischen den vier Becken nachweisbar (H-Test, $P_{163/164} = 0,048$ bzw. $P_{165/166} = 0,025$). Auch bei der Verdopplung der Dichtedifferenz auf $4,4 \text{ kg/m}^3$ über 8 Wochen (Wochen 132-140) außerhalb der eigentlichen Haltungsdichteuntersuchungen, lagen die Medianwerte der Fische in dem Becken mit geringerer Dichte (Becken 2) über dem mit der höheren Dichte (Becken 1501). Eine Signifikanz war jedoch nur einmal nach den Wochen 135/136 gegeben.

Nichtsdestotrotz waren die getesteten Dichten und Dichteunterschiede zu gering, um dauerhaft signifikante Wachstumsunterschiede bei den Juvenilen von *A. sturio* nachweisen zu können. Lediglich nach dem Individuenaustausch bei 30 kg Fischbiomasse und der Umsetzung der Fische aufgrund der Inbetriebnahme des ersten größeren Beckens (Becken 2) waren aufgrund der veränderten Haltungsdichten teilweise signifikante Auswirkungen auf die Wachstumsleistung nachweisbar. Die mittlere Haltungsdichte von $3,7 \text{ kg/m}^3$ war somit für die Haltung von *A. sturio* geeignet. Dies wurde von FAJFER et al. (1999) für kleinere Juvenile von *A. fluviatilis* bestätigt.

4.3.2 Vergleich der Wachstumsleistung

Die 27 Störe der Zuchtgruppe am IGB nahmen in 185 Wochen (3 Jahren und 7 Monaten) 26 cm an Länge (arithmetisches bzw. geometrisches Mittel) zu, d.h. sie wuchsen von der Ausgangslänge 80 cm (Spannweite: 62-93 cm) auf 106 cm (Spannweite: 88-123 cm) an. Dies entspricht einer jährlichen, mittleren Wachstumsleistung von 7,3 cm (3,9-10,1 cm), die der in der freien Natur (LEPAGE et al., 1994) vergleichbar ist (Abb. 4.1). Auch von KIRSCHBAUM et

al. (2000) wurden für die Individuen der Zuchtgruppe in den Jahren 1996-1999 ähnliche Wachstumscharakteristika berichtet.

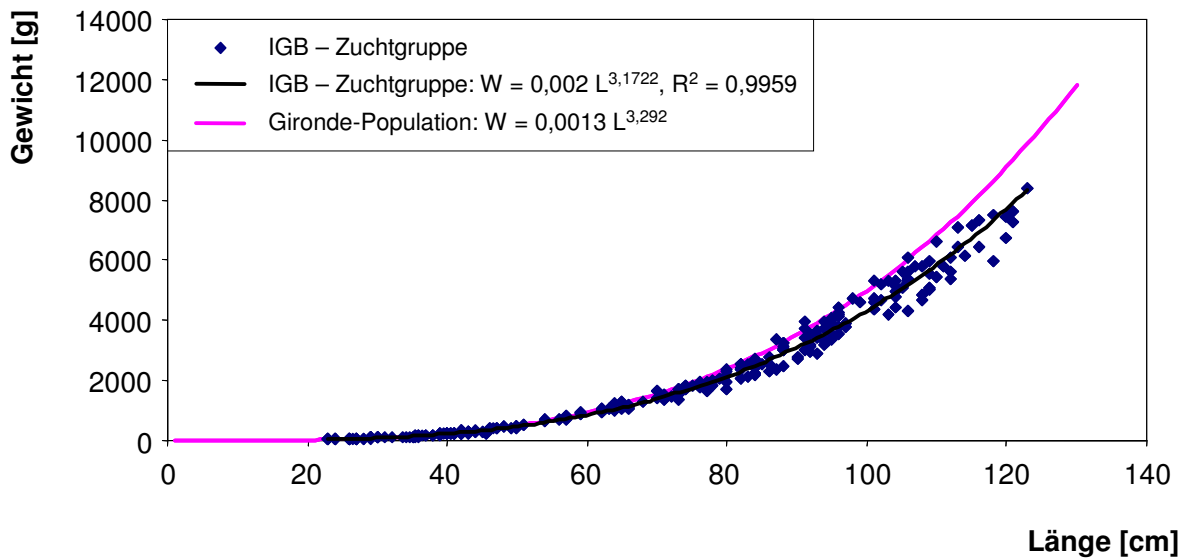


Abb. 4.1: Längen-Gewichts-Diagramm der Zuchtgruppe des IGB mit Juvenilen von *Acipenser sturio* an 11 Messtagen über 7 Jahre (15.07.96 mit N = 40, 21.11.96 mit N = 14, 02.12.96 mit N = 6, 03.02.97 mit N = 12, 16.04.97 mit N = 40, ab 03.03.98 jeweils mit N = 27, 30.08.99, 14.08.00, 21.08.01, 20.08.02, 25.03.03). Daten der Gironde-Population aus LEPAGE et al., 1994 und KIRSCHBAUM et al., 1997. Entspricht Abb. 3.17.

Die Minimalzunahme von 3,9 cm über den Untersuchungszeitraum wurde bei dem Fisch F322 beobachtet, der infolge dieser geringen Leistung am letzten Messtag (25.03.03) auch den letzten Gruppenrangplatz (Rang 27, Abb. 3.19) belegte. Die maximale, jährliche Wachstumsleistung von 10,1 cm über den gesamten Untersuchungszeitraum wurde durch den Stör A69C repräsentiert, der von März 2000 bis März 2001 sogar einen Zuwachs von 16 cm aufwies. Damit erreichte er nahezu die maximale Wachstumszunahme von 20 cm, die für Störe in der freien Natur (LEPAGE et al., 1994) bekannt ist. Auch einige andere Fische zeigten ähnlich hohe Wachstumsraten (Abb. 4.1). Um jedoch auch bei den übrigen Stören längerfristig maximales Wachstum zu erzielen, ist es einerseits notwendig die artspezifischen und andererseits die individuellen, futterspezifischen Ansprüche zu erfüllen.

Neben der Futterselektivität könnte möglicherweise aber auch das Haltungsmedium einen Einfluss auf das Wachstum der Störe ausüben. Denn die Fische der Zuchtgruppe am IGB wurden in Süßwasser gehalten, während die Fische derselben Länge in der freien Natur bereits im Brackwasser leben (ROCHARD et al., 1998). Es ist strittig, ob Brackwasser das bessere Medium für die Aufzucht bzw. optimales Wachstums (zu diesem Zeitpunkt) ist, möglicherweise auch in Verbindung mit Auswirkungen auf die Futter-Präferenzen. WILLIOT

et al. (unveröffentlicht) zeigten, dass Individuen von *A. sturio* derselben Größe keine bessere Wachstumsleistung in Brackwasser (14-16%) aufwiesen als Fische in Süßwasser. Bei anderen Störarten, wie *A. transmontanus* (McENROE & CECHE, 1985), *A. stellatus* (PATRICHE, persönliche Mitteilung), *A. gueldenstaedti* (CHEBANOV, persönliche Mitteilung) und *A. naccarii* (GIOVANNINI et al., 1991; WILLIOT et al., 1993), die denselben Lebenszyklus wie *A. sturio* besitzen, konnte gezeigt werden, dass sie den gesamten Lebenszyklus auch im Süßwasser verbringen können. Als ein weiteres Indiz für eine medienspezifische Flexibilität kann die Tatsache gewertet werden, dass der am Helgoländer Aquarium gehaltene Störrogner sogar mehrmals im Salzwasser ablaichte (SPRATTE, 1994). Eine abschließende Bewertung bzgl. des am besten geeigneten Mediums zur Haltung der Störe kann nur durch weitere haltungsorientierte Untersuchungen erfolgen.

Der direkte Vergleich des Längen- und Gewichtswachstums der Periode von 1996-1999 (KIRSCHBAUM et al., 2000) und der vorliegenden Untersuchung über 185 Wochen (August 1999-März 2003) zeigt, dass das Längenwachstum aufgrund des zunehmenden Alters in den Hintergrund tritt (Abb. 4.2) und die Gewichtszunahme an Bedeutung gewinnt (Abb. 4.3). Diese Beobachtung geht konform mit den wachstumsspezifischen Charakteristika allometrischen Wachstums.

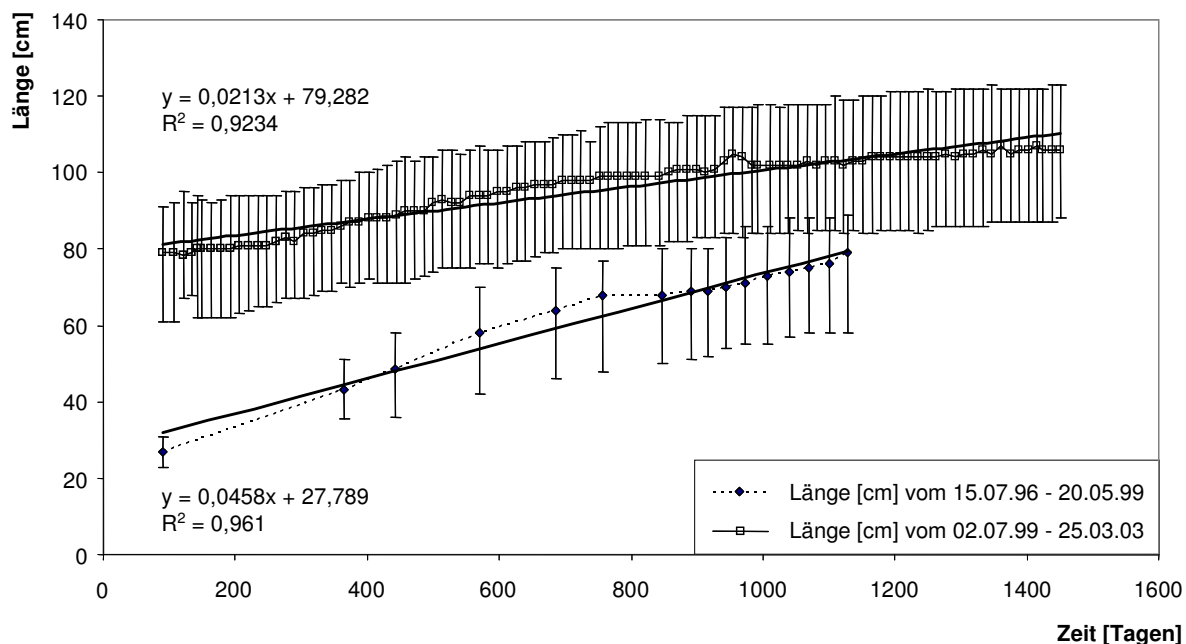


Abb. 4.2: Vergleich des Wachstums bezogen auf die Länge [cm] der Individuen der Zuchtgruppe des IGB vom 15.07.1996-20.05.1999 (90. Tag bis 1129. Tag; mit N = 40 bzw. 27 ab März 1998) und vom 02.07.1999-25.03.2003 (90. Tag bis 1452. Tag; N = 27).

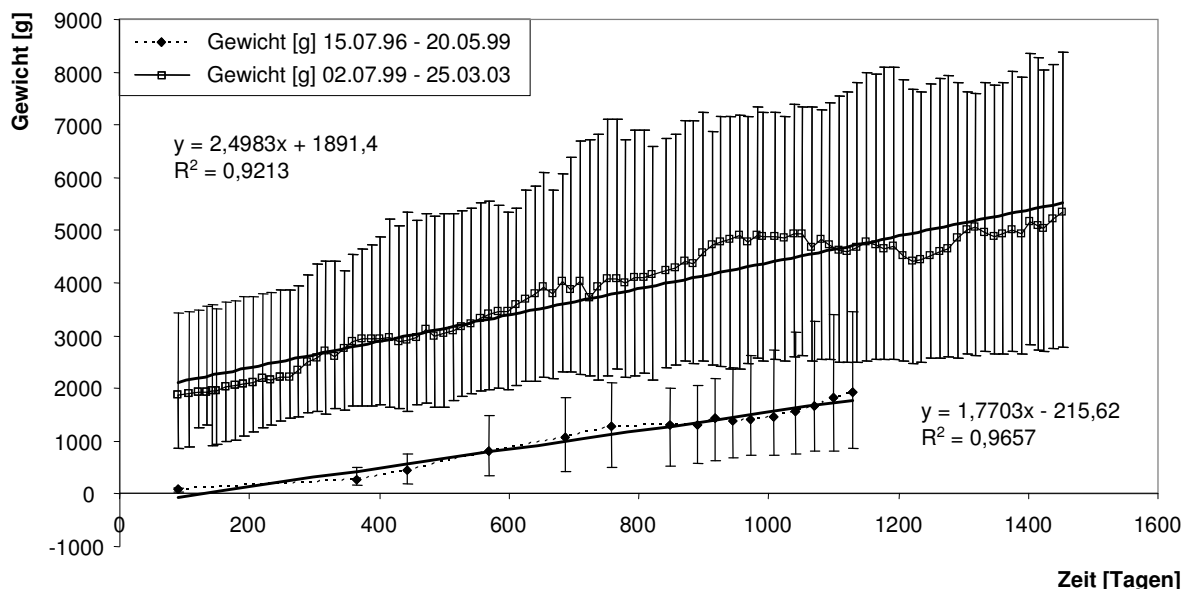


Abb. 4.3: Vergleich des Wachstums bezogen auf das Gewicht [g] der Individuen der Zuchtgruppe des IGB vom 15.07.1996-20.05.1999 (90. Tag bis 1129. Tag; mit N = 40 bzw. 27 ab März 1998) und vom 02.07.1999-25.03.2003 (90. Tag bis 1452. Tag; N = 27).

Zur Beurteilung der wachstumsspezifischen Leistung sind aber auch die Absolutwerte der im Laufe der Untersuchungen erreichten Längen dienlich. Denn laut HOCHLEITNER (1996) werden die Männchen bei einer Länge von 100-130 cm geschlechtsreif und die Weibchen bei 120-150 cm. Demzufolge könnten bereits 16 männliche Tiere, bzw. 13 männliche und 3 weibliche Tiere die Geschlechtsreife erreicht haben. Insofern ist es in 3,6 Jahren gelungen 59% der Tiere auf eine Länge zu bringen, die die baldige künstliche Reproduktion in Aussicht stellt und damit die Wiedereinbürgerung ermöglichen würde.

4.4 Gesamtbewertung

4.4.1 Artspezifische Charakteristika von *A. sturio* als Aufzucht limitierende Faktoren

Die Störartigen (*Acipenseriformes*) sind eine der ältesten bekannten, noch lebenden Süßwasserfischformen und kommen seit ca. 200 Millionen Jahren auf der Erde vor (HOCHLEITHNER, 1996; BEMIS, et al., 1997). Trotzdem sind sie aufgrund ihrer speziellen Artcharakteristika wie Größe, Verhalten, Gewohnheiten, Habitat und Lebenszyklus extrem anfällig für anthropogene Einflüsse (ROCHARD et al., 1990; BEAMESDERFER & FARR, 1997;

BOREMANN, 1997; KIRSCHBAUM & GESSNER, 2000), die letztlich auch zu ihrer Auslöschung geführt haben.

Besonders gravierend ist auch der späte Eintritt in die Geschlechtsreife (HOLCIK et al., 1989; HOCHLEITNER, 1996), aufgrund dessen in Verbindung mit dem Mangel an einer ausreichenden Anzahl adulter, laichreifer Fische in der letzten rezenten Population in der Gironde, die *ex-situ* Aufzucht die einzige Möglichkeit zur Bestandserhaltung darstellt.

Ein besonderes Artcharakteristikum von *A. sturio* ist jedoch auch die in den Versuchen nachgewiesene, und deutlich ausgeprägte Futterselektivität, die aber der allgemeinen Einschätzung, dass Störe opportunistische Jäger sind, widerspricht (BEAMESDERFER & FARR, 1997). Dass dieses selektive Verhalten kein Artefakt der Haltung unter Laborbedingungen war, wurde durch BROSE et al. (2000) bestätigt, der Futterpräferenzen (*Heteromastus filiformis*, *Polydora* sp.) auch bei Juvenilen (63-116 cm Totallänge) von *A. sturio* im Mündungsdelta der Gironde nachweisen konnte.

4.4.2 Vorraussetzungen für eine erfolgreiche *ex-situ* Aufzucht von *Acipenser sturio*

Im Rahmen der 185-wöchigen Untersuchungen an den Europäischen Stören der Zuchtgruppe des IGB ergaben sich eine Reihe von artspezifischen Erkenntnissen, die für die weitere Aufzucht dieser vom Aussterben bedrohten Störart relevant sind.

So bildeten adäquate Haltungsbedingungen mit konstanten Wasserparametern (Temperatur, Sauerstoff- und Ammoniumgehalt, pH) die unabdingbaren Vorraussetzungen für die Haltung von *A. sturio* ohne gesundheitliche Beeinträchtigungen. Dazu zählte auch die Vermeidung zusätzlicher Stressoren. Desweiteren ist eine artspezifische und ausgeglichene Ernährung die Grundlage für langfristig maximales Wachstum. Dabei ist zu berücksichtigen, dass *A. sturio* aufgrund der ausgeprägten Futterselektivität so früh wie möglich an die verschiedensten Futterkomponenten gewöhnt wird. Der Gewöhnungsprozess bedarf weitestgehend einer individuentypischen Fütterungsstrategie, um individuelle Präferenzen mit einbeziehen zu können. Eine individuelle Fütterung ist aber nur möglich, wenn die Fische so früh wie möglich individuell markiert werden. Die Markierung mittels sog. integrierter passiver Mikrotransponder hat sich als geeignet, d.h. leicht praktikabel und dauerhaft tauglich erwiesen. Die mittlere Haltungsdichte von 3,7 kg/m³ war ebenfalls geeignet für die Aufzucht.

Unter Berücksichtigung der ermittelten artspezifischen Charakteristika ist eine Zucht von *Acipenser sturio* unter Laborhaltung (Aquakultur) möglich. Diese Zuchtgruppe ermöglicht dann bei Erreichen der Geschlechtsreife die künstliche Vermehrung und langfristig die

Wiedereinbürgerung, die bereits beim Atlantischen Lachs (*Salmo salar*) praktiziert wird. Auch diese migratorische Art war in ihrem ursprünglichen Verbreitungsgebiet durch anthropogene Einflüsse, wie Überfischung, Veränderung der Flussmorphologie und Wasserverschmutzung ausgelöscht worden. Der letzte Lachs wurde im Rhein 1958 gefangen (CHICESTER, 1997). Inzwischen wurden aber im Jahre 2004 sogar in den Flüssen Brandenburgs, wie beispielsweise der Pulsnitz, wieder tausende von Jungfischen ausgesetzt, die 2005/2006 wieder zurück erwartet werden.