



Sportfischerverband im
Landesfischereiverband
Weser-Ems e.V.



Niedersächsisches Landesamt
für Verbraucherschutz und
Lebensmittelsicherheit

Quantifizierung des Glas- und Steigaalaufkommens an der Ems im Jahr 2016

Gemeinsamer Abschlussbericht

Herbrum (April – Mai 2016)
Bollingerfähr (Juni – September 2016)



Niedersachsen

Auftragnehmer

Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow
Im Königswald 2
14469 Potsdam

Bearbeitung:

Dipl.-Agrar-Ing. Dr. Janek Simon (Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam Sacrow)

am Tidewehr Herbrum unter Mitarbeit von:

Bodo Zaudtke (Verbandsgewässerwart)

Hermann Deuling (FV Meppen)

am Stauwehr Bollingerfähr unter Mitarbeit von:

Karl-Heinz Poll (ASV Dörpen e.V.)

Hermann-Josef Wilkens (ASV Dörpen e.V.)

Auftraggeber

Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit

-Dezernat Binnenfischerei-

Eintrachtweg 19

30173 Hannover

Der vorliegende Abschlussbericht fasst die Ergebnisse der Projekte „Markierung von Steigaalen an der Ems (Herbrum) - Zeitraum April – Mai 2016“ und „Untersuchung von Steigaalen an der Ems (Bollingerfähr) auf Farbmarkierung der Otolithen - Zeitraum Juni – September 2016“ zusammen.

Zitiervorschlag: Simon, J.; Zaudtke, B.; Poll, K.-H.; Wilkens, H.-J.; Deuling, H. & Diekmann, M. 2016. Quantifizierung des Glas- und Steigaalaufkommens an der Ems im Jahr 2016. Gemeinsamer Abschlussbericht der Projekte: „Markierung von Steigaalen an der Ems (Herbrum)“ und „Untersuchung von Steigaalen an der Ems (Bollingerfähr) auf Farbmarkierung der Otolithen“, Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, im Auftrag des LAVES.

Titelbild:

Steigaale im Hälterbecken der Aalbrutfangstation Herbrum (Quelle: Janek Simon).

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Aufgabenstellung.....	5
2.1	Ausgangslage und Vorüberlegungen	5
2.2	Arbeitsziele bei Herbrum	7
2.3	Arbeitsziele bei Bollingerfähr	8
3	Material und Methoden.....	9
3.1	Markierung von Steigaalen am Standort Herbrum.....	9
3.2	Quantifizierung des Steigaalaufstieges am Standort Bollingerfähr.....	12
4	Ergebnisse	16
4.1	Markierung von Steigaalen am Standort Herbrum.....	16
4.2	Quantifizierung des Steigaalaufstieges am Standort Bollingerfähr.....	17
5	Diskussion.....	22
5.1	Markierung von Steigaalen am Standort Herbrum.....	22
5.2	Quantifizierung des Steigaalaufstieges am Standort Bollingerfähr.....	22
6	Zusammenfassung und Empfehlungen	25
6.1	Markierung von Steigaalen am Standort Herbrum.....	25
6.2	Quantifizierung des Steigaalaufstieges am Standort Bollingerfähr.....	26
7	Literaturverzeichnis	30
8	Anhang.....	8-I
8.1	Anhang – Untersuchungen am Tidewehr Herbrum.....	8-I
8.2	Anhang – Untersuchungen am Stauwehr Bollingerfähr	8-II

1 Einleitung

Nach Einschätzung des Internationalen Rates für Meeresforschung (ICES) ist die Größe des Bestandes des Europäischen Aales (*Anguilla anguilla*) seit etwa 30 Jahren stark rückläufig (ICES, 2015). Die Ursachen, die zum Rückgang des Aalbestandes geführt haben, konnten bis heute nicht geklärt werden. Sie liegen wahrscheinlich in der ozeanischen sowie in der kontinentalen Lebensphase des Aals und haben regional eine unterschiedliche Bedeutung (z. B. Moriarty & Dekker, 1997; Kirk, 2003; Knösche *et al.*, 2004; Knights, 2003; Kettle & Haines, 2006; Friedland *et al.*, 2007; Bonhommeau *et al.*, 2008; Dekker, 2009; Miller *et al.*, 2009; ICES, 2010; Geeraerts & Belpaire, 2011).

Bereits im Jahr 1999 gab der Rückgang sowohl hinsichtlich der Menge der an den Europäischen Küsten ankommenden Glasaale als auch der dokumentierten Gelb- und Blankaalfänge Anlass zu der Bewertung, dass sich der Bestand des Europäischen Aals außerhalb sicherer biologischer Grenzen bewegt (ICES, 1999). Diese Einschätzung führte schließlich zur Verabschiedung einer „Verordnung des Rates mit Maßnahmen zur Wiederauffüllung des Bestandes des Europäischen Aals“ (EU, 2007) durch den Ministerrat der Europäischen Union. Das Ziel der Verordnung besteht in einer Erhöhung des Bestandes an geschlechtsreifen abwandernden Aalen als Grundlage für einen Wiederanstieg der Reproduktion und damit letztlich der Vergrößerung des Bestandes.

Alle Mitgliedsstaaten der EU mit Aalfischerei stehen seitdem vor der Herausforderung, durch geeignete Maßnahmen den Europäischen Aalbestand zu stabilisieren und gleichzeitig eine nachhaltige fischereiliche Nutzung zu gewährleisten. Die EU-Aalverordnung verpflichtet die Länder, Aalbewirtschaftungspläne für Flusseinzugsgebiete (FEG) aufzustellen und ggf. Managementmaßnahmen zu ergreifen, die gewährleisten, dass jährlich mindestens 40 % der ursprünglichen Biomasse an Blankaalen erfolgreich ins Meer abwandern oder zukünftig abwandern werden. Dabei ist die Zielabwanderungsrate von 40 % in Relation zu der besten historischen Schätzung der ursprünglichen Blankaalabwanderungsmenge im jeweiligen Flusseinzugsgebiet zu sehen, die existierte, als der Aalbestand noch nicht durch den Menschen beeinflusst wurde. Wird dieses von der Aalverordnung vorgegebene Ziel nicht erreicht, droht eine Reduzierung des Fischereiaufwandes um 50 %.

Zur Ableitung von wirkungsvollen Maßnahmen zur Erhöhung der Blankaalabwanderung aus einem FEG sowie für die Erstellung eines Aalbewirtschaftungsplanes und entsprechender Umsetzungsberichte gemäß EU-Verordnung 1100/2007 (EU, 2007) als auch für die Einschätzung und Bewertung der Aalbestandsdynamik im FEG ist eine Modellierung der Süßwasser-Lebensphase der Aale eine grundlegende Voraussetzung. Für die Modellierung der Aalbestandsdynamik im FEG ist wiederum eine Quantifizierung verschiedener Populationsparameter im jeweiligen FEG wie die Anzahl besetzter bzw. natürlich eingewanderter Aale und das Wachstum der Aale, erforderlich, um möglichst realistische Ergebnisse erzielen zu können.

Untersuchungen in den letzten Jahren zeigten, dass im Aaleinzugsgebiet der Ems noch ein natürlicher Aalaufstieg von zumindest mehreren Tausend Tieren pro Jahr vorhanden ist (Salva *et al.*, 2013, 2014, 2015). Dieser führt neben dem Aalbesatz zur Produktion von abwandernden laichreifen Aalen. Wie groß der natürliche Aalaufstieg tatsächlich ist, ist bislang unbekannt. Für eine valide Modellierung des Aalbestandes im FEG Ems und die Abgrenzung der Effekte des natürlichen Aalaufstiegs bzw. des Aalbesatzes auf den Aalbestand ist eine möglichst präzise Abschätzung der Steigaaleinwanderung in der Ems essenziell und Gegenstand der hier vorgestellten Untersuchungen.

2 Aufgabenstellung

Im Rahmen des seit mehreren Jahren laufenden Monitorings des natürlichen Aufstiegs von Glasaalen und Steigaalen sollten die an der Ems aufsteigenden Mengen quantifiziert werden.

2.1 Ausgangslage und Vorüberlegungen

Etwa 110 km oberhalb von der Emsmündung besteht mit dem Tidewehr bei Herbrum (oberhalb von Papenburg) ein erstes Wanderhindernis für die aus dem Meer in die Ems aufsteigenden Aale. Das Wehr ist mit einer Fischaufstiegsanlage und einer Aalfangrinne ausgestattet. Genauere Angaben zur Lage und Beschaffenheit des Wehrstandortes, der Fischaufstiegsanlage und der Aalfangrinne können Salva *et al.* (2014) entnommen werden. An diesem Wehr steht die frühere Glasaalfangstation des Deutschen Fischereiverbandes, die bis Ende des letzten Jahrhunderts betrieben wurde (Meyer, 1951; Köbke, 1955; Schmeidler, 1963; Salva *et al.*, 2014, Diekmann, (im Druck)).

Der Zeitraum des Glasaalaufstieges bei Herbrum hat sich von April bis Mai im Zeitraum 1935–1956 auf April bis Juli Ende der 1950er Jahre erweitert (Schmeidler, 1963). Nach aktuellen Untersuchungen erfolgt er überwiegend im Zeitraum April und Mai (Zaudtke & Salva, 2008, Salva *et al.*, 2014, 2015). Die Aale steigen mit der nächtlichen Tide auf und können hierbei gefangen werden. 2008 wurden bei Herbrum mit einer Aalleiter insgesamt 4.434 Aale gefangen (Zaudtke & Salva, 2008). Bei den gefangenen Aalen handelte es sich fast ausschließlich um Glasaale (4.320 Stück). Nur 28 Exemplare waren mit 10 – 15 cm deutlich größer und bereits vollständig pigmentiert.

Eine zuverlässige Quantifizierung des Aalaufstieges ist am Wehr Herbrum aufgrund der Emsvertiefung im Unterwasser, erheblichen Verschlickungsproblemen und des Tideeinflusses (das Wehr ist zeitweise völlig überflutet) nicht möglich. Ein quantitativer Fang kann dagegen am Stauwehr Bollingerfähr durchgeführt werden.

Etwa 6,4 km flussaufwärts von Herbrum befindet sich in Bollingerfähr/Heede das nächste Stauwehr Bollingerfähr, welches ebenfalls mit einer Fischaufstiegsanlage ausgestattet ist. Genauere Angaben zur Lage und Beschaffenheit des Wehrstandortes und der Fischaufstiegsanlage können Salva *et al.* (2013, 2014) entnommen werden. Der Steigaalaufstieg erfolgt an diesem Standort nach bisheriger Kenntnis vor allem ab Juni bis August bei Wassertemperaturen von über 20 °C (Salva *et al.*, 2013, 2014). Am Wehr befindet sich auf der rechten Seite eine Fischaufstiegsanlage mit definiertem Einlaufquerschnitt. In dieser wurde eine Steigaalfalle in Form einer Aalleiter eingerichtet, die einen quantitativen Fang von Steigaalen ermöglicht, da das Wehr nur bei Hochwasserereignissen überströmt wird (Salva *et al.*, 2013, 2014, 2015). Zwischen beiden Wehren liegen jedoch zwei abgehende Nebenflüsse und einige Altarme. Außerdem gibt es an beiden Wehren jeweils parallel zur Ems einen Schleusenkanal, über den ebenfalls Aale aufsteigen (Schmeidler, 1963; Salva *et al.*, 2014). Ein Monitoring des Aalaufstiegs am Schleusenkanal scheint mit vertretbarem Aufwand allerdings nicht durchführbar (Markus Diekmann, mdl. Mitteilung).

Zur Quantifizierung von in einem Fluss aufsteigenden Aalen ist ein Fang-Markierungs-Wiederfang-Experiment an einem für die Aale unüberwindbaren Wanderhindernis geeignet. Aufgrund der oben genannten Gegebenheiten ist das Tidewehr Herbrum für eine derartige Untersuchung nicht geeignet. Deshalb sollen im Rahmen des Steigaalmonitorings am Wehr Herbrum zunächst möglichst viele aufsteigende Aale in der Aalfangrinne gefangen werden,

um diese zu markieren und dann oberhalb vom Wehr wieder auszusetzen. Der Wiederfang der markierten Aale soll dann im Rahmen des Steigaalmonitorings am nächsten Wehr bei Bollingerfähr erfolgen. In den quantitativen Fängen werden sowohl unmarkierte als auch markierte Aale vertreten sein. Die Untersuchung einer repräsentativen Stichprobe der Fänge sollte dann eine Quantifizierung des Jungaalaufstiegs in der Ems über den Anteil markierter (Wiederfang) und unmarkierter Aale im Fang ermöglichen. Unter den vereinfachenden Annahmen, dass die markierten Aale beim späteren Wiederfang am Wehr Bollingerfähr mit gleicher Wahrscheinlichkeit wie unmarkierte gefangen werden und innerhalb der aufsteigenden Aale gleichverteilt sind, lässt sich über den Anteil markierter Aale im Fang und Hochrechnung auf den erfassten Gesamtfang der Gesamtaufstieg in der Ems quantifizieren. Die Quantifizierung des Steigaalaufstiegs in der Ems ist wesentlich davon abhängig, dass ein hinreichend repräsentativer Teil der aufsteigenden Aale sowohl bei der Markierung als auch beim Wiederfang erfasst wird. Unter der Annahme, dass die Anzahl aufsteigender Aale am Wehr Bollingerfähr wie im Jahr 2014 ca. 40.000 Stück beträgt (Salva *et al.*, 2014), müssten von diesen mindestens 10 % (4.000 Stück) am Wehr Herbrum gefangen, markiert und wieder ausgesetzt werden. Danach müssten aus dem Aufstieg bzw. Gesamtfang am Wehr Bollingerfähr rund 500 Aale randomisiert beprobt werden, um eine verlässliche Berechnung des Steigaalaufkommens durchführen zu können. Zu beachten ist aber, dass der bisherige jährliche Steigaalfang sehr stark schwankte (Zaudtke & Salva, 2008; Salva *et al.*, 2013, 2014, 2015). Weiterhin zeigte der Aufstieg am Wehr Bollingerfähr 2013 zwei Peaks und 2014 nur einem Peak (Salva *et al.*, 2013, 2014), wohingegen 2015 das Aufstiegsgeschehen insgesamt sehr schwach war und keine weiteren Aussagen erlaubt. Das zukünftige Aufstiegsgeschehen kann daher nicht genau prognostiziert werden. Bei entsprechend stärkerem Aufstieg als angenommen müsste die Anzahl markierter und beprobter Aale entsprechend höher sein.

Sollten am Tidewehr Herbrum nur vergleichsweise wenige Glasaale markiert werden können, am Stauwehr Bollingerfähr dagegen ein starker Aufstieg erfolgen, wäre eine vergleichsweise hohe Stichprobenzahl zu untersuchen. Im Jahr 2014 war z. B. der Steigaalfang am Wehr Herbrum mit 1.759 Stück deutlich niedriger als am Wehr Bollingerfähr mit 43.371 Stück. Damit würde das angestrebte Verhältnis zwischen am Wehr Herbrum markierten zu insgesamt am Wehr Bollingerfähr aufsteigenden Aalen nicht erreicht werden. Werden von insgesamt 40.000 aufsteigenden Aalen nur 2.000 markiert, dann müsste eine Stichprobe von ca. 1.000 Aalen untersucht werden, um hinreichend genau das Steigaalaufkommen errechnen zu können.

Die Beprobung von Stichproben auf Markierung mit Alizarinrot S erfordert das Töten der zu untersuchenden Tiere und ist zudem vergleichsweise arbeitsaufwändig (Herauspräparieren und Schleifen der Otolithen, Auswertung am Fluoreszenzmikroskop etc.). Daher scheint es sinnvoll und zugleich am effektivsten, die Beprobung am Stauwehr Bollingerfähr auf Zeiten erhöhten Steigaalaufkommens zu begrenzen, um einerseits mit hoher Wahrscheinlichkeit möglichst viele markierte Aale mit der Stichprobe zu erfassen, andererseits aber auch die Zahl der zu untersuchenden Tiere nicht unnötig zu erhöhen. Am Stauwehr Bollingerfähr ist nach den Erfahrungen aus den Jahren 2013–2015 ein erhöhter Aufstieg vor allem dann zu erwarten, wenn die Wassertemperaturen 20 °C erreichen und weiter ansteigen, was bisher im Zeitraum Ende Juni bis August der Fall war (Salva *et al.*, 2013, 2014, 2015).

Die Arbeiten zum Monitoring des natürlichen Aufstiegs von Steigaalen am Tidewehr Herbrum und am Stauwehr Bollingerfähr im Jahr 2016 sind nicht Gegenstand dieses Berichtes, sondern können bei Salva *et al.* (2016) nachgelesen werden.

2.2 Arbeitsziele bei Herbrum

Wie schon in den beiden Vorjahren wurde auch im Jahr 2016 von Anfang April bis Ende Juli ein Steigaalmonitoring am Tidewehr Herbrum durchgeführt. In diesem Untersuchungszeitraum liegen gemäß Tidekalender acht Springtiden, die im Rahmen des Steigaalmonitoring beprobt werden. Es wird erwartet, dass der Aufstieg vor allem zwischen Mitte April und Mitte Mai erfolgt, was bis zu vier Springtiden erfasst. Historisch ist allerdings schon ein erhöhtes Glasaalaufkommen bis in den Juli beschrieben worden. Die entsprechenden Vorarbeiten müssen deshalb bis Anfang April abgeschlossen sein.

Im Rahmen des Steigaalmonitorings am Tidewehr Herbrum gefangene Steigaale sollen mit dem Fluoreszenzfarbstoff Alizarinrot S markiert und oberhalb des Tidewehres wieder in die Ems ausgesetzt werden. Weiterhin sollen über die im Rahmen des Monitorings gefangenen Aale hinaus noch weitere Aale am Tidewehr Herbrum gefangen, ebenso markiert und wieder ausgesetzt werden.

Die Markierung der gefangenen Aale soll jeweils nach den Kontrolltagen um die vier Springtiden im April bis Mai erfolgen. Dazu ist vorgesehen, die Tagesfänge während der Kontrolltage um eine Springtide zu sammeln und bis zum letzten Kontrolltag zu hältern. Wenn mit den Fängen aus den Kontrolltagen genügend Aale (mindestens 200 Stück) zusammen kommen, wird die Markierung durchgeführt. Andernfalls wird der Gesamtfang nur gezählt, stichprobenartig vermessen und unmarkiert im Oberwasser entlassen. Bei starkem Steigaalaufkommen von mehreren Tausend Individuen während einer Springtide oder starkem Steigaalaufkommen bei den Springtiden im Juni kann es erforderlich werden, einen weiteren Markierungstermin wahrzunehmen. Auch kann es bei starkem Steigaalaufkommen erforderlich werden, mehrere Tausend Glasaale zu markieren. Besondere Umstände (z. B. Hochwasser, Sonstiges) sind genau zu dokumentieren, zudem ist der Auftraggeber davon umgehend in Kenntnis zu setzen.

Arbeitsziele:

Die Arbeiten sollen schwerpunktmäßig folgende Aspekte berücksichtigen:

- Es sollen zunächst an bis zu vier Terminen die im Rahmen des Steigaalmonitorings gefangenen Aale markiert werden
- Je Termin sollen bis zu etwa 1.000 Aale markiert werden können (insgesamt bis zu etwa 4.000 Aale).
- Soweit erforderlich, kann eine Markierung an einem weiteren Termin notwendig sein, wenn sich z. B. der Aufstieg über einen längeren Zeitraum erstreckt.
- Auch kann es bei starkem Steigaalaufkommen erforderlich werden, jeweils bis zu 2.000 Aale an einem Termin zu markieren (insgesamt bis zu etwa 8.000 Aale).

Folgende Methoden sollen zur Anwendung kommen:

- Es sollen im Rahmen des Steigaalmonitorings am Tidewehr Herbrum gefangene Aale mit Alizarinrot S im Bad markiert werden.
- Dabei werden die im Rahmen des Monitorings an mehreren Tagen gefangenen Aale zunächst gehältert.
- Ggf. werden durch den Auftragnehmer für das Steigaalmonitoring über die im Rahmen des Monitorings gefangenen Aale hinaus auch weitere Aale gefangen, die dann ebenfalls zu hältern und in die Markierung einzubeziehen sind.

2.3 Arbeitsziele bei Bollingerfähr

Wie in den Vorjahren erfolgt von Mai bis Oktober ein Steigaaalmonitoring am Stauwehr Bollingerfähr. Von im Rahmen des Monitorings gefangenen aufsteigenden Steigaalen <10 cm Länge sind Stichproben auf das Vorliegen einer Farbmarkierung mit Alizarinrot S zu untersuchen. Die anschließende Quantifizierung des Aalaufstiegs in der Ems erfolgt über die Anteile markierter und unmarkierter Aale in der untersuchten Gesamtstichprobe am Wehr Bollingerfähr gefangener Steigaale und der Gesamtzahl am Wehr Herbrum markierter Aale. Besondere Umstände (z. B. Hochwasser, sonstiges) sind genau zu dokumentieren.

Arbeitsziele:

Die Arbeiten sollen schwerpunktmäßig folgenden Aspekt berücksichtigen: Es sollen über den Zeitraum des erhöhten Steigaalaufstiegs am Stauwehr Bollingerfähr regelmäßige Stichproben der aufsteigenden Aale beprobt werden, wobei die Untersuchung der Otolithen von bis zu 500 Steigaalen vorzusehen ist.

Folgende Methoden sollen zur Anwendung kommen:

- Es sollen im Rahmen des Steigaaalmonitorings am Stauwehr Bollingerfähr gefangene Steigaale auf eine vorliegende Markierung der Otolithen mit Alizarinrot S untersucht werden.
- Dabei werden die im Rahmen des Monitorings gefangenen Aale <10 cm Länge beprobt (Stichproben). Hierzu sind dem Auftragnehmer für das Steigaaalmonitoring eindeutige Vorgaben zum Ziehen der Stichproben zu machen.
- Im Rahmen der Untersuchung der Stichproben erfolgt auch die Auswertung (Anzahl der Aale, Länge) und die Zuordnung zum Kontrolltag.

3 Material und Methoden

3.1 Markierung von Steigaalen am Standort Herbrum

Fang und Hälterung der Steigaale

Für die Zwischenhälterung der gefangenen Steigaale wurde die alte Hälteranlage der Glasaalfangstation des Deutschen Fischereiverbandes reaktiviert. In der Fangstation sind mit drei großen Hälterbecken (400 x 100 x 75 cm, 3 m³) aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) ausreichende Kapazitäten auch für größere Fänge vorhanden. Für die Zwischenhälterung der gefangenen Steigaale erfolgte die Instandsetzung zweier großer Hälterbecken (für Glasaale) und eines kleineren Hälterbeckens (für pigmentierte Steigaale). An den großen Hälterbecken wurden am oberen Ende der Seitenwände Winkelprofile angebracht, um ein Entweichen der Aale zu unterbinden (Abb. 1). Die Hälterbecken wurden zu $\frac{3}{4}$ mit Wasser aus der Ems gefüllt. Die Belüftung der Hälterbecken erfolgte mit Druckluft über einen Kompressor.



Abbildung 1: Hälterbecken in der Glasaalfangstation für die Zwischenhälterung von gefangenen Steigaalen

Wie schon in den beiden Vorjahren (Salva *et al.*, 2014, 2015) wurde auch im Jahr 2016 von Anfang April bis Ende Juli ein Steigaalmonitoring am Tidewehr Herbrum durchgeführt (Salva *et al.*, 2016). Die im Rahmen dieses Steigaalmonitorings gefangenen Steigaale wurden nach deren Auszählung und Vermessung (siehe Salva *et al.*, 2014) getrennt nach unpigmentierten Glasaalen und pigmentierten Jungaalen in die Hälterbecken überführt. Darüber hinaus erfolgten in den Zeiten zwischen zwei Kescherzügen während des Monitorings zusätzliche Hols in der Aalfangrinne zum Fang von weiteren Steigaalen. Dabei wurde darauf geachtet, dass der zusätzliche Fang die nachfolgenden Fänge für das Monitoring an den definierten Fixpunkten der Aalfangrinne nicht beeinflusst. D. h., wenn das auflaufende Wasser eine Fixposition erreicht hatte, wurde der Kescherzug für das Monitoring durchgeführt und in

einen Behälter gegeben. Anschließend erfolgte mit weiteren Hols der zusätzliche Fang von so vielen aufsteigenden Aalen, wie möglich war, bis wenige Minuten bevor das auflaufende Wasser den nächsten Fixpunkt erreicht hatte.

Der Fang von Steigaalen wurde bis zu drei Tage nach dem letzten Monitoringtag einer Springtide fortgeführt, wenn noch in nennenswertem Umfang Steigaale aufstiegen. Der zusätzliche Fang wurde ebenfalls mit Hilfe eines Keschers nach unpigmentierten Glasaalen und pigmentierten Jungaalen getrennt und in die gleichen Hälterbecken wie die Aale aus dem Steigaalmonitoring überführt.

Falls über den Monitoringzeitraum während einer Springtide nicht genügend Aale (mindestens 200 Stück) für die Markierung gefangen wurden, wurde der Fang unmarkiert ins Oberwasser entlassen.

Die gefangenen Steigaale wurden maximal neun Tage (von Tag 1 des Monitorings vor einer Springtide bis zum letzten Tag des Steigaalfanges nach einer Springtide) gehältert. Ab dem Tag des ersten Besatzes mit gefangenen Aalen bis zum Tag der Markierung der Steigaale erfolgten eine tägliche Kontrolle der Hälterbecken und ein täglicher Wasserwechsel. Tote Aale wurden entnommen, deren Anzahl mit Angabe von Datum erfasst und anschließend ordnungsgemäß entsorgt.

Markierung der Steigaale

Das Hälterbecken mit Glasaalen wurde mittels Umlegen eines Steigrohres abgelassen und die abschwimmenden Aale abgekeschert. Vor der Markierung erfolgte das Wiegen und Auszählen einer repräsentativen Stichprobe von ca. 200 Aalen aus dem Gesamtfang. Die übrigen Aale wurden nur insgesamt gewogen und deren Anzahl mit Hilfe des in der Unterstichprobe ermittelten Durchschnittsgewichts berechnet.

Die Kennzeichnung der Glasaale erfolgte durch Markierung der Otolithen (Abb. 2) in einem Farbbad mit Alizarinrot S (Konzentration: 0,15 g pro Liter) über drei Stunden (Simon & Dörner, 2005). Diese Kennzeichnungsmethode führt zu keiner markierungsbedingten Mortalität oder Wachstumsbeeinträchtigungen und ist auch noch nach zwei Jahren bei 100 % der markierten Aale eindeutig zu erkennen (Simon & Dörner, 2005; Simon *et al.*, 2009).

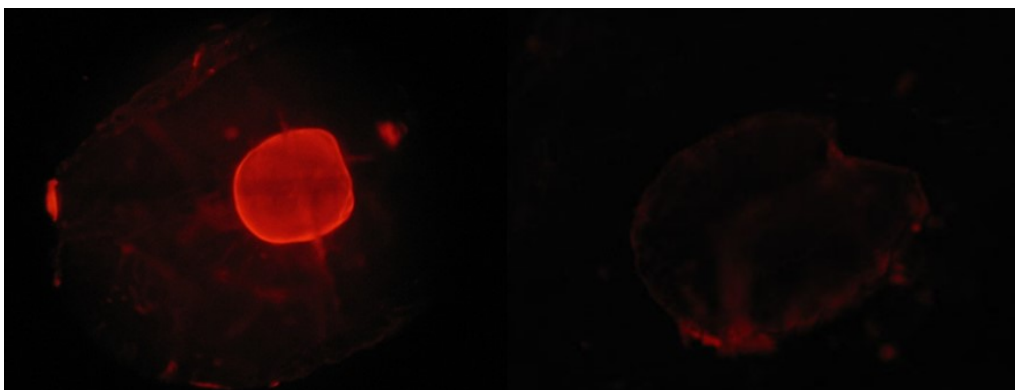


Abbildung 2: Otolithen eines mittels Alizarinrot S markierten (links) sowie eines unmarkierten (rechts) Aals

Das Farbbad wurde in 120-L-Fischtransporttüten aus 10 l Leitungswasser, 10 l Wasser aus der Ems und 3 g Alizarinrot S (Fa. Sigma Aldrich) angemischt. Anschließend wurden die zu markierenden Glasaale dazu gegeben. Bei geringer Stückzahl zu markierender Glasaale (< 500 Individuen) erfolgte über die drei Stunden eine Belüftung des Farbbades. Bei höheren Stückzahlen wurden maximal 2.000 Glasaale in eine Fischtransporttüte mit Farbbad

gegeben, anschließend Sauerstoff dazu gegeben und die Tüten luftdicht verschlossen. Um den Stress für die Aale zu minimieren und den Sauerstoffaustausch über die Wasseroberfläche zu erhöhen, wurde die Fischtransporttüte anschließend in einen dunklen 240-L-PVC-Beutel gesteckt und liegend über den Markierungszeitraum gelagert (Abb. 3 und 4).



Abbildung 3: Verpackung der Steigaale im Markierungsbad mit Sauerstoff in einer Fischtransporttüte



Abbildung 4: Lagerung der Fischtransporttüte mit den Glasaalen im Markierungsbad

Nach der Inkubationszeit wurden die nun markierten Aale abgekeschert, in einen Eimer mit Emswasser gegeben und etwa 50–100 m oberhalb des Wehres Herbrum auf der rechten Uferseite in Ufernähe auf einer Strecke von 50 m verteilt wieder ausgesetzt.

Die Messung von Wasserparametern (Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Leitfähigkeit) in der Ems, im verwendeten Leitungswasser, in der Hälteranlage und im Farbbad vor und nach der Markierung erfolgte mit dem Messgerät WTW Multi 350i (Fa. WTW Wissenschaftlich-Technische Werkstätten, Abb. 5). Das Farbbad wurde in verschließbaren Eimern zum Institut für Binnenfischerei transportiert und dort fachgerecht entsorgt.



Abbildung 5: Messung der Wasserparameter im Hälterbecken

3.2 Quantifizierung des Steigaalaufstieges am Standort Bollingerfähr

Probenahme der aufsteigenden Aale

Am Wehr Bollingerfähr wurden in den Zeiten verstärkter Aufstiegsaktivität Stichproben der aufsteigenden Aale für Untersuchungen auf eine vorliegende Markierung der Otolithen mit Alizarinrot S entnommen. Die Probenahmen erfolgten im Zeitraum Ende Juni bis Anfang August an 16 Probetagen mit ca. 30 Aalen pro Tag als Probe. Dazu wurden aus dem Tagesgesamtfang zuerst die großen Aale (>10 cm Körperlänge) aussortiert. Anschließend erfolgte die Entnahme einer repräsentativen Stichprobe wie folgt: Der Gesamtfang wurde mit einem Kescher durchmischt. Anschließend wurde mit dem Kescher eine repräsentative Probe von ca. 30 Tieren entnommen. Waren in der entnommenen Probe mindestens 30 Tiere oder etwas mehr, dann wurde die Probe weiter verwendet. Beinhaltete die Probe weniger als 30 Tiere oder deutlich über 30 Tiere, wurde der Kescherinhalt wieder zurück zur Gesamtmenge gegeben, noch mal neu durchmischt und ein neuer Versuch gestartet.

Die jeweilige Stichprobe an Aalen wurde in einer mit Natriumhydrogencarbonat (NaHCO_3 , 0,024%ige Lösung) gepufferten Lösung aus Tricaine Methansulfonat (MS 222, 0,015%ige Lösung) getötet. Ohne vorheriges Messen und Wiegen der Aale erfolgte dann die direkte Überführung in eine Gefriertüte, die mit möglichst wenig Luft zugebunden/zugeknötet und mit Fangdatum beschriftet wurde. Anschließend wurde die Probe nach vergleichbarem Prozedere nochmals verpackt, wiederum beschriftet und bis zur Durchführung der Untersuchungen bei $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ tiefgekühlt gelagert.

Erst nach der Entnahme der Stichproben für Untersuchungen auf eine vorliegende Markierung der Otolithen mit Alizarinrot S wurde eine Unterstichprobe für das reguläre Monitoring genommen, vermessen sowie gewogen und zusammen mit den noch übrigen Aalen oberhalb des Wehres Bollingerfähr wieder ausgesetzt..

Untersuchung der Stichproben

Nach dem Auftauen der Aale wurden die Körperlänge auf 1 mm genau und das Körpergewicht auf 0,01 g genau bestimmt und mittels Korrekturfaktoren (Simon 2013) auf das lebende Tier zurückgerechnet. Von allen Aalen wurden unter Zuhilfenahme eines Binokulars (Leica MZ 125, Fa. Leica Microscopy Systems Ltd, Heerbrugg, Schweiz) bei 20facher Vergrößerung die Otolithen (Sagittae) entnommen (Abb. 6), gereinigt und auf einem Objektträger in Klarwachs (Mounting Wax Crystalbond 590 Amber, Fa. Buehler®) eingebettet. Das anschließende Schleifen der Otolithen bis zum Zentrum erfolgte auf einer ebenen Unterlage aus Plastik mit einer Serie Schleifpapier der Körnung 400, 600 sowie 1000 Gritt (ca. 22, 15 und $5\text{ }\mu\text{m}$) und in zähflüssiger Mikropolitur (Micropolish II, $0,3\text{ }\mu\text{m}$, Fa. Buehler®, Abb. 7). Dann wurde das Präparat mit Hilfe von Faserpolitur (Microcloth with adhesive, Fa. Buehler®) gereinigt. Abschließend wurden die so präparierten Otolithen unter einem Lichtmikroskop bei 125facher Vergrößerung betrachtet, um mittels eines UV-Filterblockes (Anregungsfilter 515–560 nm, Teilerspiegel 580 nm, Sperrfilter 590 nm) festzustellen, ob die Aale mit Alizarinrot S markiert waren (Abb. 2). In allen Fällen war die Markierung eindeutig erkennbar.



Abbildung 6: Entnahme der Otolithen aus den wiedergefangenen Steigaalen unter dem Binokular

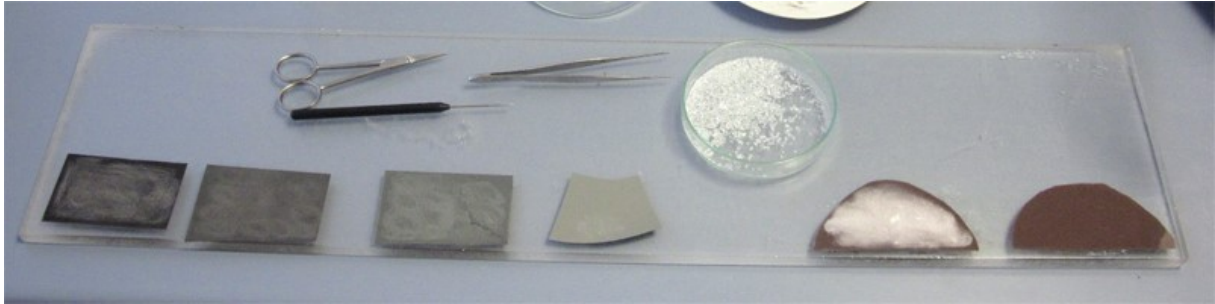


Abbildung 7: Anordnung des Schleifpapiers (links) und der Faserpolitur mit Mikropolitur (rechts) auf der Arbeitsplatte

Die Altersbestimmung erfolgte unter dem Lichtmikroskop (LEITZ Laborlux S, Fa. Ernst Leitz Wetzlar GmbH, Germany) bei 125facher Gesamtvergrößerung. Es wurden nur die sogenannten „Süßwasserringe“ des Otolithen gezählt (Ehrenbaum & Marukawa 1914, Moriarty 1975) und das Alter in Kontinentaljahren angegeben, da die genauer Dauer der Ozeanwanderung der Larven noch nicht bekannt ist und deshalb meist nur das Alter der Aale in „Süßwasserjahren“ angegeben wird. Die Altersgruppeneinteilung erfolgte nach Ehrenbaum & Marukawa (1914).

Für die Berechnung des Zuwachses zwischen Markierung und Wiederfang der Steigaale erfolgte eine Längen- bzw. Wachstumsrückberechnung anhand der Otolithen. Zur Rückberechnung der Körperlänge der Steigaale zum Zeitpunkt der Markierung wurde der Otolithenradius zum Markierungsring in ventraler Ebene und der Abstand zwischen Markierungsring und dem Außenrand des Otolithen in ventraler Ebene unter dem Lichtmikroskop mit Hilfe eines Okularmikrometers (Fa. Ernst Leitz Wetzlar GmbH, Germany) bei 125-facher Vergrößerung vermessen (Messgenauigkeit $\pm 11,11 \mu\text{m}$). Die Wachstumsrückberechnung (Längenrückberechnung) erfolgt nach der Formel von Berg (1988):

$$l_m = (O_m : O_g) \times l_g$$

wobei

- l_m = die Aalgesamtlänge zur Zeit der Markierung,
 - l_g = die Aalgesamtlänge zum Zeitpunkt der Otolithenentnahme,
 - O_m = der Otolithenradius zum Markierungsring in ventraler Ebene und
 - O_g = der Otolithengesamtradius in ventraler Ebene
- ist.

Datenauswertung

Die Schätzung der Bestandsgröße aufsteigender Steigaale (< 10 cm) in der Ems wurde nach dem von Bailey (1951, 1952) korrigierten Lincoln-Petersen-Schätzverfahren (beschrieben in Settele *et al.* 1998) vorgenommen.

Bei der Lincoln-Petersen-Methode handelt es sich um ein einfaches Schätzverfahren nach folgendem Prinzip: Eine Anzahl von Tieren wird zufällig aus der zu schätzenden Population herausgefangen, markiert und wieder ausgesetzt. Nach Durchmischung mit der

Gesamtpopulation werden per Zufallsstichprobe Tiere gefangen (Wiederfang) und darin die Anzahl sowie das Verhältnis von markierten und unmarkierten Tieren bestimmt. Die zu schätzende Populationsgröße N berechnet sich nach der Formel

$$N = \frac{M \times (C + 1)}{(R + 1)}$$

wobei M die Anzahl der markierten Tiere, C die Gesamtanzahl der Tiere im Wiederfang und R die Anzahl markierter Tiere im Wiederfang bezeichnet.

Für die Anwendbarkeit dieser Schätzmethode müssen allerdings einige Grundvoraussetzungen erfüllt sein:

1. Die Population ist geschlossen, d. h. es findet keine Zu- oder Abwanderung statt.
2. Für die Markierung und den Wiederfang werden Fanggeräte mit vergleichbarer Selektivität in Bezug auf die Fischart und das abzuschätzende Größenspektrum eingesetzt.
3. Die Wahrscheinlichkeit, gefangen zu werden, ist für alle Individuen der zu schätzenden Population gleich groß und die Fängigkeit markierter Tiere unterscheidet sich nicht von der unmarkierter Tiere.
4. Die Markierung ist eindeutig erkennbar, geht nicht verloren und führt zu keinen Verhaltensänderungen, Schädigungen oder gar zum Tod der markierten Tiere.
5. Die markierten Tiere vermischen sich bis zum Wiederfang vollständig mit der unmarkierten Population.

Um einerseits die für einen Markierung-Wiederfang-Versuch von Steigaalen in der Ems erforderlichen, großen Fangmengen realisieren und andererseits die genannten Grundvoraussetzungen für die Anwendung der Lincoln-Petersen-Schätzmethode bestmöglich erfüllen zu können, wurde deshalb das oben beschriebene Versuchsdesign gewählt.

4 Ergebnisse

4.1 Markierung von Steigaalen am Standort Herbrum

Von Ende April bis Ende Mai 2016 wurden im Zeitraum um drei Springtiden an drei Markierungsterminen Steigaale mit Alizarinrot S markiert. Die in der Ems, im Hälterungsbecken, im Leitungswasser und im Farbbad gemessenen Wasserparameter schwankten zwischen den drei Markierungsterminen sehr stark (Tab. 1). Bei der Wassertemperatur wurden 4,2–27,8 °C, beim pH-Wert 7,1–9,5 und beim Sauerstoff 2,5–18,5 mg/l (27–190 % Sättigung) gemessen.

Auch während eines Termins wiesen die Wasserparameter Unterschiede zwischen den Herkunftsorten auf. Am 26.04.2016 z. B. war die Wassertemperatur in der Hälterung mit 4,2 °C deutlich niedriger als in der Ems mit 10,4 °C. Am 11.05.2016 trat aufgrund der hohen Wassertemperatur (18,7 °C) und hohen Besatzdichte an Steigaalen eine sehr geringe Sauerstoffkonzentration (2,5 mg/l bzw. 27 % Sättigung) in der Hälterung auf.

Während der Markierung im Farbbad betrug die Wassertemperatur 10,5–23,4 °C, der pH-Wert 7,1–8,0 und der Sauerstoffgehalt lag über 7,0 mg/l. Die Sauerstoffkonzentrationen des Farbbades zum Ende der Markierung betrugen 8,9–18,5 mg/l (meist über 100 % Sättigung).

Tabelle 1: Mittelwerte (Spanne) der bei den Markierungen gemessenen Wasserparameter

Wo gemessen	Wassertemperatur (°C)	pH-Wert	Sauerstoffgehalt (mg/l)	Sauerstoffsättigung (%)
Ems	15,2 (10,4–19,3)	8,4 (7,7–9,5)	8,3 (7,2–9,3)	83 (72–94)
Hälterung	12,3 (4,2–18,7)	7,9 (7,5–8,2)	6,5 (2,5–10,2)	57 (27–78)
Leitungswasser	21,1 (17,1–27,8)	7,9 (7,8–8,0)	6,7 (6,1–7,4)	76 (70–80)
Farbbad vor Markierung	17,4 (11,6–23,4)	7,7 (7,6–7,9)	7,6 (7,0–8,7)	77 (71–80)
Farbbad nach Markierung	16,2 (10,5–21,7)	7,5 (7,1–8,0)	13,3 (8,9–18,5)	139 (80–190)

Von Ende April bis Ende Mai 2016 wurden im Zeitraum von drei Springtiden insgesamt rund 5.700 Glasaale gefangen und an drei Markierungsterminen mit Alizarinrot S markiert (Tab. 2). Weiterhin waren jeweils ein bis drei pigmentierte Steigaale pro Monitoringzeitraum in den Fängen vertreten. Diese Tiere wurden aufgrund der geringen Individuenanzahl und damit geringe Wiederfangwahrscheinlichkeit nicht markiert. Die Aale wurden oberhalb des Wehres wieder ausgesetzt.

Während der Hälterung kam es nur am 10.05.2016 zu minimalen Verlusten von fünf Glasaalen (0,1 %). Während der Markierung der Glasaale traten dagegen keine Verluste auf. Alle markierten Aale konnten lebend oberhalb des Wehres ausgesetzt werden (Abb. 8). Diese schwammen gleich darauf aktiv davon oder versteckten sich am Boden.

Tabelle 2: Anzahl mit Alizarinrot S markierter Glasaale am Standort Herbrum

Markierungsaktion	Datum	Fangzeitraum	äußerer Gesamteindruck	Markierte Aale (Stück)
1	26.04.16	19. –25.04.2016	sehr gut (vital)	220
2	11.05.16	05. –11.05.2016	stehen ruhig, matt	4.900
3	27.05.16	19. –27.05.2016	sehr gut (vital)	580
Summe				5.700



Abbildung 8: Gruppenweises Aussetzen der markierten Glasaale entlang des Ufers oberhalb des Stauwehres Herbrum

4.2 Quantifizierung des Steigaalaufstieges am Standort Bollingerfähr

Im Rahmen des Steigaalmonitorings am Wehr Bollingerfähr wurden im Zeitraum Ende Juni bis Anfang August an 16 Probetagen Stichproben von 7 bis 43 Steigaalen pro Tag genommen (Tab. 3). Dabei erfolgten die Probenahme vom 24.06.2016 bis 01.07.2016 in einer Zeit verstärkter Aufstiegsaktivität als Unterprobe aus dem Gesamtfang. In der Folgezeit wurde keine verstärkte Aufstiegsaktivität mehr beobachtet, weshalb vom 28.07.–04.08.2016 der Gesamtfang an Steigaalen < 10 cm Körperlänge als Probe entnommen wurde.

Tabelle 3: Anzahl am Standort Bollingerfähr wiedergefangener und für die Bestandsschätzung untersuchter Steigaale, aufgeschlüsselt nach Probenahmedatum

Probenahme-datum	Anzahl	Mittlere Körperlänge (cm)	Mittlere Körpermasse (g)	Anzahl markiert mit ARS	Wiederfangrate (%)
24.06.2016	30	8,2	0,63	1	0,02
25.06.2016	30	8,0	0,61	1	0,02
26.06.2016	34	7,9	0,57	1	0,02
27.06.2016	43	8,4	0,77	2	0,04
28.06.2016	40	8,2	0,71	3	0,05
29.06.2016	39	8,4	0,71	3	0,05
30.06.2016	30	9,2	1,07	0	0,00
01.07.2016	30	8,1	0,63	0	0,00
28.07.2016	12	8,2	0,62	0	0,00
29.07.2016	17	8,3	0,70	2	0,04
30.07.2016	15	8,1	0,60	0	0,00
31.07.2016	9	8,1	0,57	0	0,00
01.08.2016	12	8,3	0,62	2	0,04
02.08.2016	12	8,2	0,58	0	0,00
03.08.2016	9	8,2	0,63	1	0,02
04.08.2016	7	8,8	0,76	0	0,00
Gesamt	369	8,3	0,69	16	0,28

Insgesamt wurden 369 Steigaale im Längenspektrum 6,8–10,6 cm für die Kontrolle auf eine vorhandene Markierung mit Alizarinrot S entnommen und untersucht (Tab. 3). Die Längen-Häufigkeits-Verteilung der untersuchten Tiere entsprach dabei in etwa der Längen-Häufigkeits-Verteilung aller am Wehr Bollingerfähr im Jahr 2016 nachts registrierter Steigaale ≤ 10 cm Körperlänge (Abb. 9). Aale unter 7,5 cm Körperlänge waren in den Stichproben geringer vertreten als bei den beim Monitoring registrierten Aalen. Während beim Monitoring die Größengruppen 8,0 cm (25 % der Aale) und 7,0 (23 % der Aale) am häufigsten vertreten waren, dominierte bei den untersuchten Stichproben die Größengruppe 7,5 cm (35 % der Aale) deutlich. Deshalb war auch die durchschnittliche Länge der untersuchten Aale mit 8,2 cm höher als die durchschnittliche Länge aller am Wehr Bollingerfähr im Jahr 2016 nachts registrierter Steigaale ≤ 10 cm Körperlänge mit 8,0 cm

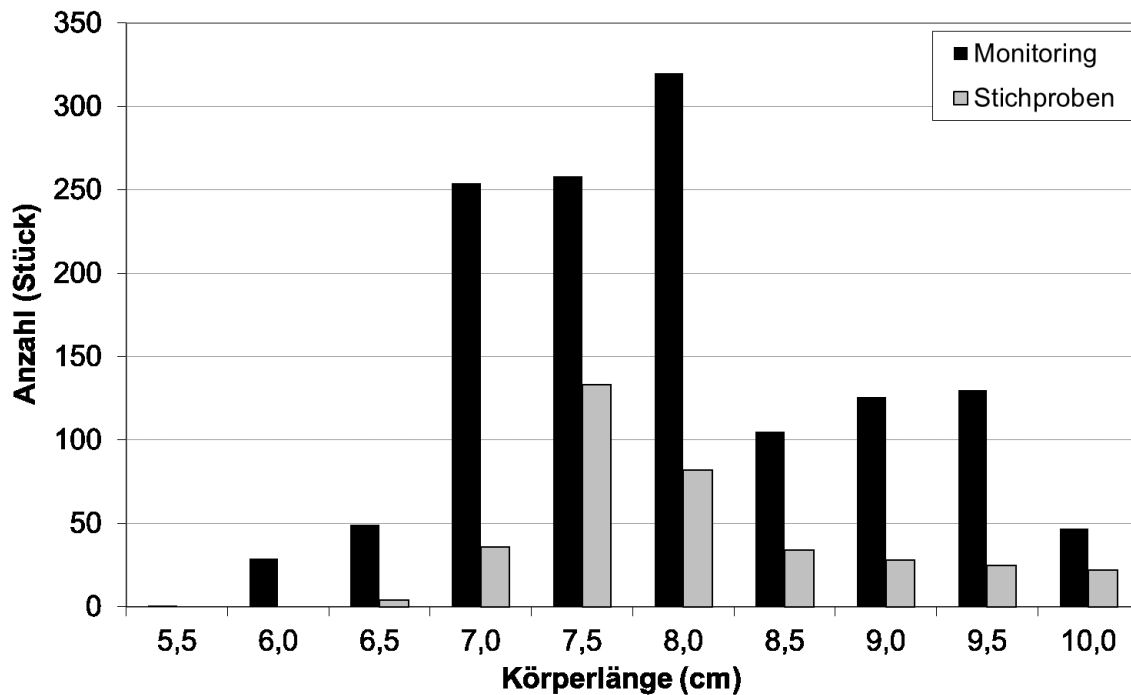


Abbildung 9: Längen-Häufigkeit-Verteilung aller am Wehr Bollingerfähr im Jahr 2016 nachts registrierten Steigaale < 10 cm Körperlänge (schwarze Balken, N = 955) sowie der davon untersuchten Tiere (graue Balken, N = 364). Zu beachten ist, dass die x-Achse bei 5,5 cm beginnt und die Größengruppeneinteilung 0,5 cm below erfolgte.

Die Anzahl der an den verschiedenen Probenahmetagen gefangenen markierten Steigaale variierte stark und reichte von null bis drei Tiere (Tab. 3). Im Verhältnis zu der Gesamtzahl am Wehr Herbrum markierter Aale entsprach dies Wiederfangraten von null bis 0,05 % pro untersuchter Stichprobe. Bei allen markierten Aalen war die Markierung eindeutig erkennbar. Die durchschnittliche Körperlänge der wiedergefangenen markierten Steigaale betrug 7,8 cm. Ihre Längen-Häufigkeits-Verteilung entsprach nicht der Längen-Häufigkeits-Verteilung aller am Wehr Bollingerfähr im Jahr 2016 untersuchten Steigaale ≤ 10 cm Körperlänge (Abb. 10). Nur Steigaale im Größenbereich von 6,9–8,2 cm hatten eine Markierung mit ARS. In den untersuchten Stichproben wiesen aber 119 (34 %) der Steigaale eine Körperlänge von über 8,2 bis 10,0 cm auf.

Eine Altersbestimmung anhand der Otolithen ergab, dass Steigaale im Größenbereich von 6,8–8,7 cm der Altersklasse 0+ und Steigaale mit einer Körperlänge von 8,4–10,6 cm der Altersklasse 1+ zuzuordnen sind (Abb. 11). Deshalb wurden für die weitere Auswertung und Bestandsschätzung nur untersuchte Aale der Altersgruppe 0+ berücksichtigt.

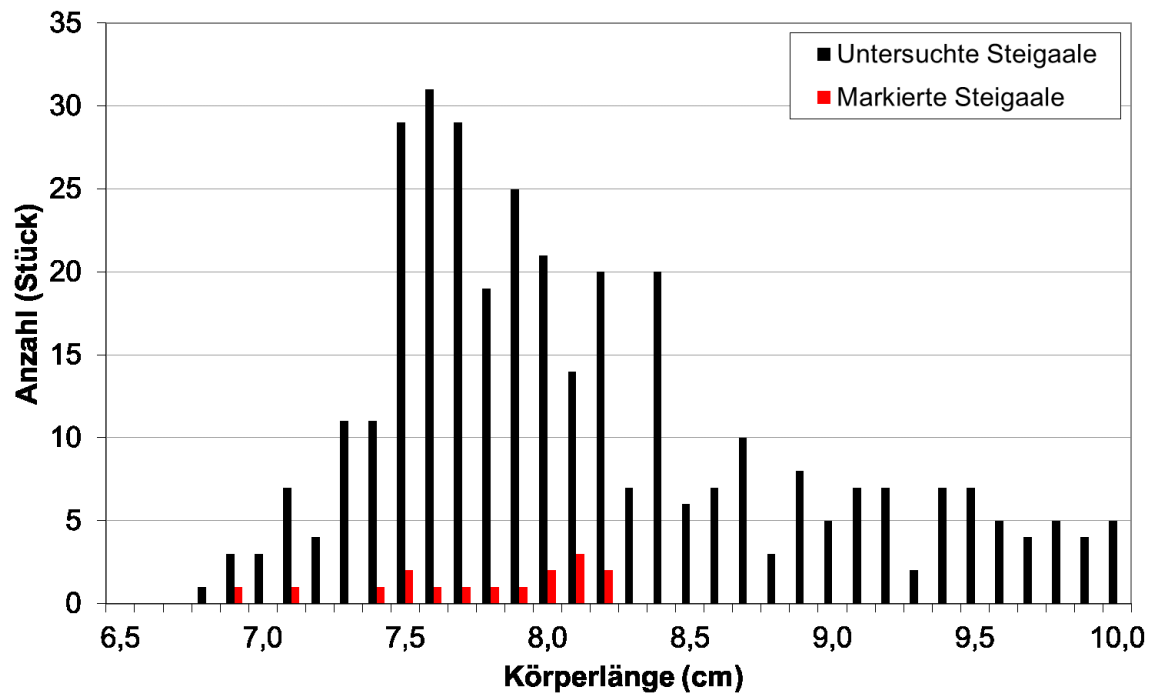


Abbildung 10: Längen-Häufigkeit-Verteilung der am Wehr Bollingerfähr im Jahr 2016 untersuchten Steigaale < 10 cm Körperlänge (schwarze Balken, N = 364) sowie der wiedergefangenen markierten Tiere (rote Balken, N = 16). Zu beachten ist, dass die x-Achse bei 6,5 cm beginnt.

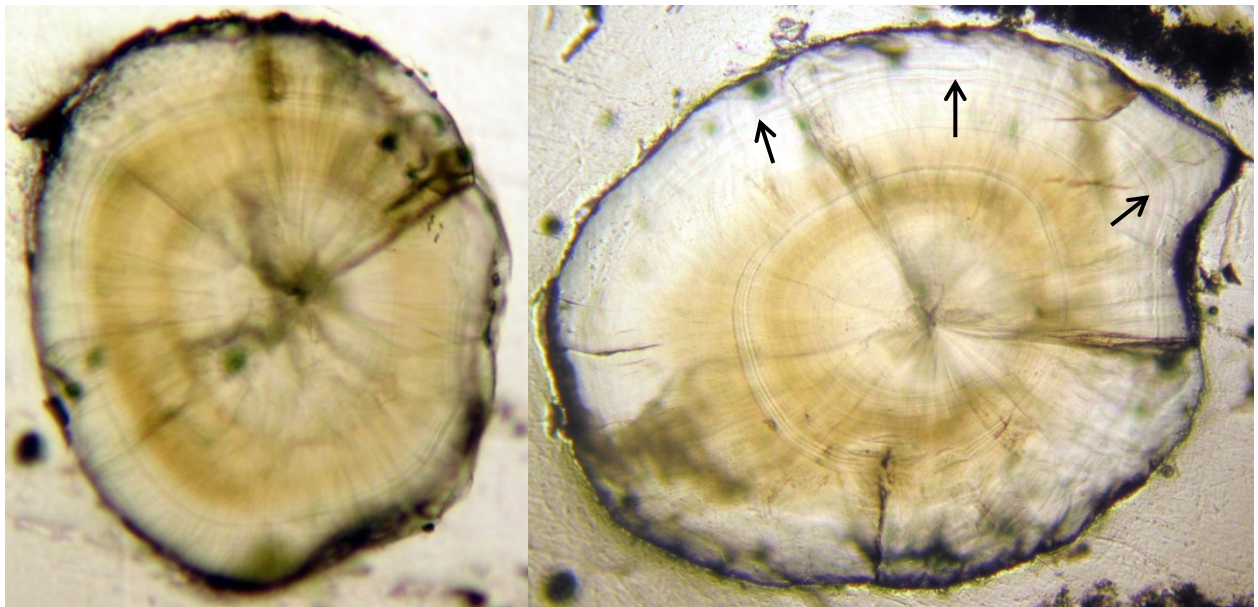


Abbildung 11: Otolith eines Steigaales von 7,2 cm Körperlänge der Altersgruppe 0+ (links) und eines Steigaales von 9,7 cm Körperlänge der Altersgruppe 1+ (rechts, Pfeile zeigen auf 1. Winterring) unter dem Mikroskop bei unterschiedlicher Gesamtvergrößerung und Durchlicht betrachtet.

Tabelle 4: Anzahl am Standort Bollingerfähr wiedergefangener und untersuchter Steigaale der Altersgruppe 0+, aufgeschlüsselt nach Probenahmedatum sowie mittlere Körperlänge und -masse

Probenahmedatum	Anzahl	Mittlere Körperlänge (cm)	Mittlere Körpermasse (g)
24.06.2016	22	7,7	0,46
25.06.2016	26	7,7	0,52
26.06.2016	29	7,6	0,49
27.06.2016	29	7,9	0,58
28.06.2016	32	7,9	0,56
29.06.2016	28	7,8	0,52
30.06.2016	7	7,7	0,42
01.07.2016	25	7,8	0,53
28.07.2016	10	8,0	0,56
29.07.2016	13	8,0	0,62
30.07.2016	13	8,0	0,56
31.07.2016	8	8,0	0,54
01.08.2016	7	7,8	0,51
02.08.2016	9	7,7	0,44
03.08.2016	8	8,1	0,57
04.08.2016	4	8,1	0,57
Gesamt	270	7,8	0,53

Von den 369 untersuchten Steigaalen gehörten insgesamt nur 270 Steigaale zur Altersgruppe 0+, von denen wiederum 16 Aale eine Markierung aufwiesen (Tab. 4). Die auf dieser Basis nach dem Lincoln-Petersen-Schätzverfahren geschätzte Populationsgröße der im Jahr 2016 am Wehr Herbrum in die Ems einwandernden Steigaale beträgt 90.865 Stück. Die Standardabweichung der Schätzung beträgt 20.734 Individuen ($\pm 23\%$), der Variationskoeffizient 0,228 und das 0,95-Konfidenzintervall 40.639 Individuen ($\pm 45\%$). Das 0,95-Konfidenzintervall ist dabei ein Maß für die Schätzgenauigkeit und gibt an, in welchem Bereich sich die reale Bestandsgröße mit 5 %iger Irrtumswahrscheinlichkeit bewegt. Im vorliegenden Fall lag demnach die reale Bestandsgröße der im Jahr 2016 am Wehr Herbrum in die Ems eingewanderten Glasaale zwischen 50.225 und 131.504 Individuen. Die Schätzung gilt entsprechend des Längenbereiches markierter Steigaale nur für Individuen bis 8,2 cm Körperlänge.

Die Wachstumsrückberechnung anhand der Otolithen ergab, dass die markierten Aale im Zeitraum zwischen Markierung (Ende April bis Ende Mai) und Wiederfang (Ende Juni bis Anfang August) im Durchschnitt rund 1,0 cm (Spanne 0,4–1,7 cm) gewachsen sind.

5 Diskussion

5.1 Markierung von Steigaalen am Standort Herbrum

Die in der Ems, im Hälterungsbecken, im Leitungswasser und im Farbbad gemessenen Wasserparameter schwankten zwischen den drei Markierungsterminen sehr stark (Tab. 1), was seine Ursache in den unterschiedlichen Witterungsbedingungen hat.

Auch während eines Termins wiesen die Wasserparameter Unterschiede zwischen den Herkunft auf. Am 26.04.2016 z. B. war die Wassertemperatur in der Hälterung mit 4,2 °C deutlich niedriger als in der Ems mit 10,4 °C. Dies war auf die kalten Nächte und die geringe Isolierung der Aalbrutfangstation zurück zu führen. Inwiefern die Überführung von gefangenen Steigaalen aus der Ems in die Hälterung aufgrund solcher Temperaturunterschiede zu einem Temperaturschock und damit zu möglichen Folgeverlusten geführt hat, kann nicht beurteilt werden, da die Temperaturen im Hälterbecken beim Einsetzen der Glasaale nicht dokumentiert wurden. Es wird aber davon ausgegangen, dass dies nicht der Fall war, da nur an einem Tag geringe Verluste in der Hälterung auftraten.

Am 11.05.2016 traten aufgrund der hohen Wassertemperaturen (18,7 °C) und hohen Besatzdichte an Steigaalen sehr geringe Sauerstoffkonzentrationen (2,5 mg/l bzw. 27 % Sättigung) in der Hälterung auf. Bei hohen Wassertemperaturen scheint demzufolge die vorhandene Belüftung nicht ausreichend zu sein.

Während der Markierung im Farbbad betrug die Wassertemperatur 10,5–23,4°C, der pH-Wert 7,1–8,0 und der Sauerstoffgehalt lag über 7,0 mg/l. Die hohen Sauerstoffkonzentrationen des Farbbades zum Ende der Markierung mit 8,9–18,5 mg/l (meist über 100 % Sättigung) haben ihre Ursache in der Zugabe von reinem Sauerstoff, bevor die Tüten luftdicht verschlossen wurden.

Die zu den drei Markierungsterminen in der Ems, im Hälterungsbecken und im Farbbad gemessenen Wasserparameter (Tab. 1) wiesen keine für Fische kritischen Werte (Schreckenbach *et al.*, 1987) von unter 0 °C bzw. über 26 °C Wassertemperatur, über 40 mg/l Sauerstoff und pH-Werte von unter 5,5 auf. Am 26.04.2016 lag der in der Ems gemessene pH-Wert mit 9,5 im für Fische physiologisch eingeschränkten oberen Bereich. Beim zweiten Markierungstermin lag der Sauerstoffgehalt im Hälterbecken einmalig mit 2,5 mg/l (27 % Sättigung) im für Aale physiologisch kritischen unteren Bereich.

Inwieweit die Tag-Nacht-Schwankungen in der Wassertemperatur aufgrund der geringen Isolierung der Aalbrutfangstation zu zusätzlichen Stress während der Hälterung geführt hat, kann nicht beurteilt werden. Diese können aber in gleicher Weise in kleineren Flüssen, Seen und Teichen auftreten.

5.2 Quantifizierung des Steigaalaufstieges am Standort Bollingerfähr

Die errechnete Gesamtmenge der im Jahr 2016 am Wehr Herbrum in die Ems eingewanderten Steigaale von rund 91.000 Stück erscheint im Vergleich zu den im Rahmen des Monitorings am Wehr Herbrum in den vergangenen Jahren gefangenen Steigaalmengen von 524 bis 5.700 Stück (Zaudtke & Salva, 2008; Salva *et al.*, 2014, 2015, 2016) sehr hoch. Eine zuverlässige Quantifizierung des Aalaufstieges ist aber, wie bereits erwähnt, am Wehr Herbrum vor allem aufgrund des Tideeinflusses nicht möglich. Das Wehr ist zu Zeiten der Springtiden und damit in der Zeit des verstärkten Aalaufstieges zeitweise völlig überflutet. In

diesen Zeiten kann eine große Anzahl von Steigaalen das Wehr ungehindert mit der Flut passieren, ohne die Aalfangrinne nutzen zu müssen, mit der das Monitoring durchgeführt wird. Andererseits ist die berechnete Bestandsgröße nicht als unrealistisch zu betrachten. In den vergangenen Jahren wurden während des Monitorings am oberhalb vom Wehr Herbrum liegenden Wehr Bollingerfähr zwischen 1.500 bis über 40.000 Steigaale pro Jahr registriert (Salva *et al.*, 2013, 2014, 2015, 2016). Zwischen beiden Wehren liegen ca. 6,4 km Flusstrecke, zwei abgehende Nebenflüsse und ein paar Altarme. Außerdem gibt es am Wehr Bollingerfähr parallel zur Ems einen Schleusenkanal. Über diesen steigen ebenfalls Aale auf (Schmeidler, 1963; Salva *et al.*, 2014), weshalb die am Wehr Bollingerfähr registrierten Steigaale nicht den Gesamtaufstieg am Wehr Herbrum widerspiegeln. Früher wurden am Wehr Herbrum mit ein bis neun Millionen Glasaalen noch deutlich höhere Steigaalmengen als die mittels Bestandsschätzung berechnete Stückzahl gefangen (Meyer, 1951; Schmeidler, 1957).

Bei den Untersuchungen fiel auf, dass nur Steigaale im Größenbereich von 6,9–8,2 cm Körperlänge eine Markierung mit ARS aufwiesen. In den Stichproben waren aber auch Steigaale mit einer Körperlänge von >8,2–10,6 cm vertreten. Eine Altersbestimmung anhand der Otolithen ergab, dass die kleineren Steigaale der Altersklasse 0+ und die größeren der Altersklasse 1+ zuzuordnen sind. Die kleineren Steigaale waren demnach Steigaale, die im Jahr 2016 in die Ems aufgestiegen sind. Dagegen sind die größeren Steigaale mit hoher Wahrscheinlichkeit bereits 2015 in die Ems eingewandert. Dies würde erklären, warum nur bei den kleineren Steigaalen markierte Aale gefunden wurden. Anscheinend sind nicht alle über das Wehr Herbrum aufsteigenden Aale zwei Monate später auch über das Wehr Bollingerfähr weiter aufgestiegen, wie von Salva *et al.* (2013, 2014) angenommen. Ein nicht unbedeutender Teil der Steigaale verbleibt anscheinend ein Jahr und evtl. noch länger in dem Flussabschnitt der Ems zwischen den beiden Wehren, bevor ein weiterer Aufstieg über das Wehr Bollingerfähr Richtung Binnenland erfolgt. Diese Vermutung wird auch durch die unterschiedliche Größenverteilung der Aale in den Fängen an den beiden Wehren gestützt. Am Wehr Herbrum stiegen in den letzten Jahren überwiegend Steigaale mit einer Körperlänge von 6,5–7,5 cm auf (Zaudtke & Salva, 2008; Salva *et al.*, 2014, 2015, 2016). Steigaale mit einer Körperlänge von über 10 cm waren lediglich vereinzelt vertreten (Zaudtke & Salva, 2008; Salva *et al.*, 2014, 2015, 2016). Am Wehr Bollingerfähr betrug in den vergangenen Jahren der Anteil von Steigaalen mit einer Körperlänge von >10 cm 1,5–41 % bei Gesamtfängen von 1.488 bis über 40.000 Steigaalen. Der Anteil nicht im gleichen Jahr weiter aufsteigender Aale ist damit nicht gering und sollte in fortführenden Untersuchungen bestimmt werden. Dies würde auch eine zusätzliche Absicherung der Präzision der durchgeführten Bestandsschätzung ermöglichen.

Die Wachstumsrückberechnung anhand der Otolithen ergab, dass die markierten Aale im Zeitraum zwischen Markierung (Ende April bis Ende Mai) und Wiederfang (Ende Juni bis Anfang August) im Durchschnitt 1,0 cm gewachsen sind. Dies ist ein vergleichsweise geringer Zuwachs, wenn man bedenkt, dass der Zeitraum zwischen Markierung und Wiederfang 30–50 % der gesamten Vegetationsperiode umfasst. Ein vergleichbares schlechtes Wachstum von Glasaalen mit durchschnittlich 2,3 cm im ersten Kontinentaljahr nach dem Besatz fanden Simon *et al.* (2013) in einem kleinen Waldsee, in dem bereits ein hoher Bestand an kleinen Aalen vorhanden war. In Norddeutschland sind hingegen deutlich höhere Wachstumsraten im ersten Kontinentaljahr die Regel. So fand z. B. Simon (2007) in sechs norddeutschen Seen, dass die Aale mit Zuwachsraten von 6,1–8,5 cm ihre

Ausgangsgröße im ersten Kontinentaljahr praktisch verdoppelten. In der Havel, einem Nebenfluss der Elbe, weisen weibliche Aale im ersten Kontinentaljahr einen durchschnittlichen Zuwachs von 7,1 cm und männliche Aale von 5,3 cm auf (Brämick *et al.*, 2016).

Die an der Mündung der Ems ankommenden Glasaale steigen bei nächtlicher Flut insbesondere in der Zeit um Neumond und Vollmond auf, wenn die Wassertemperatur über 10 °C beträgt (Salva *et al.*, 2013, 2014). Sobald die Flut ihren Scheitelpunkt erreicht hat und die landeinwärts gerichtete Strömung zum Stillstand kommt, bricht auch der Glasaalaufstieg ab. Die Glasaale wandern dann Richtung Ufer oder verstecken sich im Sediment (Harrison *et al.*, 2014). Dort warten sie, bis die nächste Flut kommt, um weiter stromauf zu wandern. Zu den Springtiden (um Vollmond und Neumond) ist der Glasaalaufstieg besonders intensiv (Salva *et al.*, 2013, 2014). So erfolgt die Einwanderung, bis der Bereich des Tideeinflusses im Fluss verlassen ist. Dann wechseln die Glasaale zur aktiven Fortbewegung weiter stromauf (Harrison *et al.*, 2014).

Etwa 110 km oberhalb der Emsmündung befindet sich das 1899 errichtete Tidewehr Herbrum. Durch das Wehr ist in den weiter stromaufwärts gelegenen Flussabschnitten praktisch kein Tideeinfluss mehr vorhanden. Das heißt, die über das Wehr Herbrum aufgestiegenen Aale müssen vom passiven zum aktiven Wanderungsverhalten wechseln. Etwa 6,4 km oberhalb von Herbrum liegt das Wehr Bollingerfähr. Um diese Strecke aktiv zu durchwandern benötigen die Tiere nach den vorliegenden Untersuchungen mindestens zwei bis drei Monate. Das Wehr Bollingerfähr können die Steigaale nur aktiv über den Fischpass oder die Schleuse passieren. In dem Bereich zwischen den beiden Wehren kommt es also anscheinend zu einer Konzentration aufsteigender Aale. Die hohe Bestandsdichte führt – offenbar bedingt durch die nur begrenzte Habitatkapazität (kaum noch Überschwemmungsflächen vorhanden) – zu einem geringen Wachstum der Steigaale.

Die errechnete Gesamtmenge der im Jahr 2016 am Wehr Herbrum in die Ems eingewanderten Steigaale von rund 91.000 Stück ist deutlich höher als in anderen deutschen Flüssen. So registrierten Fladung *et al.* (2012) im Rahmen eines Steigaalmonitorings im Mündungsbereich der Havel (Gnevsdorf) im Zeitraum 2005–2009 etwa 20.800–43.200 Steigaale. Für z. B. 2005, dem Jahr mit dem mit Abstand höchsten Steigaalaufkommen in der Havel, wurde anhand der gewonnenen Daten von einem Gesamtaufstieg von ca. 70.000 Steigaalen in die Havel ausgegangen (Simon *et al.*, 2006), wobei nicht zwischen natürlich eingewanderten und besetzten Aalen unterschieden werden konnte. In anderen Nebenflüssen der Elbe waren die Steigaalfänge mit mehreren hundert bis 1.500 Stück noch niedriger und im Ostsee-einzugsgebiet scheint der Steigaalaufstieg in den letzten Jahren praktisch zum Erliegen gekommen zu sein (Simon *et al.*, 2006).

6 Zusammenfassung und Empfehlungen

6.1 Markierung von Steigaalen am Standort Herbrum

Von Ende April bis Ende Mai 2016 wurden im Zeitraum von drei Springtiden insgesamt rund 5.700 Glasaale am Wehr Herbrum gefangen und an drei Markierungsterminen mit Alizarinrot S markiert. Während der Hälterung kam es nur an einem Tag zu minimalen Verlusten von 0,1 %. Im Zusammenhang mit der Markierung der Glasaale traten dagegen keine Verluste auf. Alle markierten Aale konnten lebend oberhalb des Wehres Herbrum ausgesetzt werden. Diese schwammen gleich aktiv davon oder versteckten sich am Boden. Grundsätzlich haben sich die verwendeten Methoden bzw. das beschriebene Vorgehen bewährt und zu den gewünschten Ergebnissen geführt. Für eine zukünftige Wiederholung der Markierung von Steigaalen am Standort Herbrum sollten dennoch folgende methodische Anpassungen / Veränderungen vorgenommen werden:

1. Markierung

Die Wiedererkennung der verwendeten Markierung erfordert das Töten und die Untersuchung von Stichproben von Aalen. Darüber hinaus ist die Untersuchung der Tiere vergleichsweise arbeitsaufwändig (Herauspräparieren und Schleifen der Otolithen, Auswertung am Fluoreszenzmikroskop etc.). Deshalb sollte geprüft werden, ob es nicht einen Markierungsfarbstoff gibt, der eine äußerlich sichtbare Massenmarkierung von lebenden Glasaalen ermöglicht. So könnte beim Wiederfang eine eindeutige Unterscheidung von markierten und unmarkierten Aalen erfolgen, ohne die Aale dafür töten und untersuchen zu müssen. Darüber hinaus könnten alle gefangenen Steigaale und nicht nur Stichproben davon untersucht werden. Die verwendete Markierung müsste aber mindestens drei Monate, besser ein halbes Jahr äußerlich eindeutig erkennbar sein.

2. Hälterung der Steigaale

Für die zukünftige Zwischenhälterung gefangener Steigaale bis zur Markierung ist eine Instandsetzung der Hälterbecken zwingend erforderlich. Insbesondere die stark verwitterte Siebplatte, die über dem Abfluss angebracht ist, muss erneuert werden. Nur so kann gewährleistet werden, dass zukünftig keine Glasaale ins Abflussrohr geraten, wo sie verbleiben und evtl. ersticken könnten.

Darüber hinaus scheint bei großen Steigaalfangmengen und hohen Wassertemperaturen die vorhandene Belüftung nicht ausreichend zu sein. Deshalb ist für die zukünftige Zwischenhälterung von Steigaalen ein Ausbau der Belüftung z. B. durch Installation von zusätzlichen Ausströmern oder noch besser die Installation einer Sauerstoffbegasung zwingend erforderlich. Nur so kann eine Sauerstoffversorgung der gehälterten Aale im für die Fische physiologischen optimalen Bereich zuverlässig gewährleistet und Verluste bzw. Stress der Steigaale während der Hälterung vermieden werden.

Darüber hinaus sollte zukünftig die Wassertemperatur in der Ems und in der Hälterung gemessen werden, bevor Steigaale aus der Ems in die Hälterbecken gesetzt werden. Beim Einsetzen von gefangenen Steigaalen in die Hälterung sind Temperaturunterschiede zwischen Emswasser und dem Wasser in der Hälterung von $>4\text{ }^{\circ}\text{C}$ zu vermeiden, ggf. hat vorher eine Temperaturadaption zu erfolgen. Nur so kann ausgeschlossen werden, dass es nicht zu einem Temperaturschock und damit zu Folgeverlusten kommt.

3. Personelle Betreuung des Steigaalfangs

Bisher erfolgte die Durchführung des Monitorings und des Steigaalfanges am Wehr Herbrum vor allem durch eine Person. Die Arbeiten müssen mehrere Tage hintereinander nachts bei Dunkelheit durchgeführt werden und sind nicht ungefährlich (glitschiger Untergrund usw.). Deshalb sollte vom Sportfischerverband für diese Arbeiten mindestens eine weitere Person eingearbeitet werden, so dass ggf. zwei Personen zusammen die Arbeiten durchführen können. Dies würde evtl. auch noch höhere Steigaalfänge für die Markierung ermöglichen. Idealerweise wären zwei Teams à zwei Mann, die sich bei dem kräftezehrenden Monitoring und Glasaalfang tageweise abwechseln können.

Darüber hinaus wäre es empfehlenswert, für das notwendige Auszählen einer Stichprobe der gefangenen Steigaale vor der Markierung zukünftig eine Vorrichtung von verschiedenen großen, ineinander gesteckten Schalen (Abb. 12) zu verwenden. Damit kann die Auszählung nicht nur schonender und schneller als aus dem Kescher erfolgen, sondern auch die Zählgenauigkeit erhöht werden.



Abbildung 12: Anordnung verschiedener Schalen zum Auszählen einer genommenen Stichprobe von Glasaalen

Weiterhin wäre es wünschenswert, wenn zukünftig für die Markierung Leitungswasser vor Ort zur Verfügung stünde. So würde eine Erwärmung des Leitungswassers beim Transport im Sommer vom Institut zum Wehr Herbrum vermieden.

Eine bessere Isolierung der Halle, in der die Hälterbecken stehen, würde die Temperaturschwankungen in den Hälterbecken (starke Erwärmung am Tage, starke Abkühlung in der Nacht) und damit den Stress der Aale minimieren. Alternativ wäre die Möglichkeit einer Isolierung der Hälterbecken zu prüfen.

6.2 Quantifizierung des Steigaalaufstieges am Standort Bollingerfähr

Am Wehr Bollingerfähr wurden im Zeitraum Ende Juni bis Anfang August an 16 Probetagen insgesamt 369 Steigaale im Längenspektrum 6,8–10,6 cm für die Kontrolle auf eine vorhandene Markierung mit Alizarinrot S entnommen und untersucht. Von diesen gehörten

nur 270 Steigaale zu der Altersgruppe 0+, von denen wiederum 16 Aale eine Markierung aufwiesen. Die auf dieser Basis nach dem Lincoln-Petersen-Schätzverfahren geschätzte Populationsgröße der im Jahr 2016 am Wehr Herbrum in die Ems einwandernden Steigaale beträgt 90.865 Stück, bei einer Standardabweichung der Schätzung von 20.734 Individuen (23 %), einem Variationskoeffizienten von 0,228 und einem 0,95-Konfidenzintervall von 40.639 Individuen (45 %). Die Wachstumsrückberechnung anhand der Otolithen ergab, dass die markierten Aale im Zeitraum zwischen Markierung und Wiederfang (zwei bis drei Monate) im Durchschnitt rund 1,0 cm gewachsen sind.

Eine Bestandsgrößenschätzung für in einen Fluss aufsteigende Aale ist in einem Gewässer wie der Ems angesichts der Gewässergröße, der oben bereits genannten Gegebenheiten sowie der Anzahl der betreffenden Fische schwierig. Insbesondere die vorgenommene Bestandsgrößenschätzung bedarf aufgrund verschiedener methodischer Schwierigkeiten einer kritischen Reflektion. Für die Anwendung der Lincoln-Petersen-Schätzmethode muss eine Reihe von Bedingungen erfüllt sein, die bei Nichtbeachtung zu einem ungenauen oder falschen Schätzergebnis führen können:

1. Geschlossenheit der Population

Dies bedeutet, dass keine Reproduktion bzw. Sterblichkeit auftritt sowie keine Zu- oder Abwanderung erfolgt. Dass zwischenzeitlich eine Reproduktion erfolgt ist, kann aufgrund der besonderen Fortpflanzungsbiologie des Europäischen Aals (Ablaichen nur in der Sargassosee) ausgeschlossen werden. Durch den für Markierungs-Wiederfang-Experimente vergleichsweise langen Zeitraum zwischen Markierung (Ende April bis Ende Mai) und Wiederfang (Ende Juni bis Anfang August) sind mit hoher Wahrscheinlichkeit Verluste durch Prädation, Erschöpfung usw. bei den Steigaalen aufgetreten. Es wird davon ausgegangen, dass davon markierte und unmarkierte Tiere gleichermaßen betroffen waren. Dies bedeutet aber auch, dass durch die Bestandsschätzung nicht der aktuelle Bestand (nach den Verlusten) bzw. Aufstieg am Wehr Bollingerfähr, sondern der Bestand zum Zeitpunkt der Markierung (am Wehr Herbrum vor den Verlusten) berechnet wurde. Eine Abwanderung von Steigaalen zurück über das Wehr Herbrum kann prinzipiell nicht ausgeschlossen werden, wird aber als vernachlässigbar gering eingeschätzt. Ein anderer Teil der Steigaale ist mit hoher Wahrscheinlichkeit in der ca. 6,4 km Flussstrecke zwischen den beiden Wehren verblieben, in die zwei abgehende Nebenflüsse und Altarme eingewandert oder über den parallel zur Ems verlaufenden Schleusenkanal aufgestiegen. In allen diesen Fällen wird davon ausgegangen, dass davon markierte und unmarkierte Tiere gleichermaßen betroffen waren und dies somit keinen Einfluss auf die Bestandsschätzung hatte, was in der Realität nicht unbedingt der Fall sein muss.

2. Einsatz von Fanggeräten mit vergleichbarer Selektivität / Fängigkeit

Aus methodischen Gründen (Fangstellen) musste für den Fang und den Wiederfang der Steigaale auf unterschiedliche Fanggeräte zurückgegriffen werden. In der Fischerei wird zwischen aktiven und passiven Fanggeräten unterschieden. Der aktiv eingesetzte Kescher bei den Kescherzügen in der Aalfangrinne am Wehr Herbrum weist grundsätzlich eine andere Fängigkeit und Selektivität auf als die passiv eingesetzte Aalleiter am Wehr Bollingerfähr. Unabhängig davon fangen beide Fanggeräte aber aufgrund ihrer Einsatzorte (Aalfangrinne) bzw. Konstruktion (Aalleiter) nur aufstiegswillige aktive Steigaale bei ihrer Wanderung. Beide Fanggeräte fangen aufgrund der verwendeten geringen Maschenweite

(< 1 mm) (Kescher) und Lochgröße (Auffangbehälter der Aalleiter) auch die kleinste Größenfraktion von aufsteigenden Glasaalen bis zu größeren pigmentierten Steigaalen. Aus diesen Gründen wird angenommen, dass es bezogen auf die aufstiegswilligen Steigaale keine Unterschiede in der Selektivität und Fängigkeit zwischen den beiden Fanggeräten gibt.

3. Unschädlichkeit, Beständigkeit und Erkennbarkeit der Markierung

Die Markierung der gefangenen Steigaale erfolgt durch Anfärben der Otolithen mit dem Fluoreszenzfarbstoff Alizarinrot S. Diese Methode ermöglicht eine Massenmarkierung von Versuchstieren und hat sich für die Wiedererkennung von eingesetzten Aalen und deren Unterscheidung von Aalen des Altbestandes in natürlichen Gewässern bewährt (z. B. Simon *et al.*, 2013; Simon & Dörner, 2014). Die Kennzeichnungsmethode führt zu keiner markierungsbedingten Mortalität oder Wachstumsbeeinträchtigungen und ist auch noch nach Jahren bei 100 % der markierten Aale eindeutig zu erkennen (Simon & Dörner, 2005; Simon *et al.*, 2009; Simon unveröffentlichte Daten). So fanden z. B. Caraguel *et al.* (2015) sieben Monate nach dem Besatz von nach gleicher Methode markierten und unmarkierten Glasaalen in ein Sumpfgebiet keine Veränderung in der Abundanz, dem Wachstum und der Kondition zwischen markierten und unmarkierten Glasaalen bei eindeutiger Erkennbarkeit der Markierung. Ob der Farbstoff zu Verhaltensänderungen, wie z. B. der Aktivität und der „Aufstiegswilligkeit“ führt, wie er von anderen Markierungsfarbstoffen berichtet wurde (Briand *et al.*, 2005), wurde bisher noch nicht untersucht. Aufgrund der oben genannten Erfahrungen mit dem Farbstoff und der vorliegenden Ergebnisse wird aber davon ausgegangen, dass er keinen Einfluss auf das Verhalten der markierten Tiere hat.

Unabhängig davon können eine Markierung von Fischen und das Handling während der Markierung zu erhöhten Verlusten führen, wenn die Tiere vor der Markierung schon geschwächt waren. Dies war evtl. beim zweiten Markierungstermin der Fall. Am 11.05.2016 lag der Sauerstoffgehalt im Hälterbecken mit 2,5 mg/l (27 % Sättigung) im für Aale physiologisch kritischen unteren Bereich (Schreckenbach *et al.*, 1987). Die Glasaale wiesen im Kescher eine geringere Aktivität auf, zugleich waren am Vortag mit fünf toten Aalen geringe Verluste (0,1 %) aufgetreten. Während der Markierung traten keine weiteren Verluste auf. Aufgrund der deutlich höheren Sauerstoffkonzentrationen im Markierungsbad waren die Glasaale beim Wiedereinsetzen in die Ems sichtlich erholt und mobiler. Trotzdem kann nicht ausgeschlossen werden, dass es in Folge der Hälterung und Markierung zu erhöhten Verlusten gekommen ist. Bei dieser Markierungsaktion wurden 86 % aller in dem Jahr markierter Aale markiert. Falls bei dieser Charge infolge der Hälterung und Markierung später höhere Verluste als bei den anderen markierten und unmarkierten Steigaalen aufgetreten sind, hätte das einen erheblichen Einfluss auf die Genauigkeit der Schätzung. Es würde zu einer Überschätzung des Bestandes führen, wenn mit der ursprünglichen Anzahl markierter Aale gerechnet wird.

4. Vollständige Durchmischung der markierten Tiere mit der unmarkierten Population

Eine vollständige Durchmischung der markierten und unmarkierten Steigaale in der Ems oberhalb von Herbrum bis zum Wiederfang am Wehr Bollingerfähr war durch die methodische Vorgehensweise beabsichtigt bzw. zu erwarten und ist nach unseren Ergebnissen auch weitestgehend erfolgt.

Unbekannt ist aber, ob die Steigaale beim weiteren Aufstieg in die Ems die Seite im Fluss wechseln, d. h. durch die Hauptströmung schwimmen können. Die markierten Steigaale

wurden oberhalb des Wehres Herbrum auf der rechten Uferseite ausgesetzt. Der Fischpass am Wehr Bollingerfähr, in dem die Steigaalrinne installiert ist, liegt ebenfalls auf der rechten Seite. Wenn die Steigaale die Flussseite nicht wechseln können, würde dies bedeuten, dass sich die markierten Steigaale nur mit den an der rechten Uferseite aufsteigenden unmarkierten Steigaalen durchmischen haben, nicht aber mit den an der linken Uferseite aufsteigenden unmarkierten Aalen. Die an der linken Uferseite weiter aufsteigenden unmarkierten Aale können das Wehr Bollingerfähr über die auf der gleichen Uferseite liegende Schleuse passieren, was auch bereits beobachtet wurde (Salva *et al.* 2014). In der Konsequenz würde es zu einer Unterschätzung des Gesamtaufstieges an Aalen kommen. Ob die Steigaale die Flussseite wechseln können, könnte überprüft werden, indem zwei gleich große Gruppen an Steigaalen mit zwei verschiedenen Markierungen markiert und dann die eine Gruppe auf der linken und die andere Gruppe auf der rechten Seite ausgesetzt wird. Sind Aale beider Gruppen im Fang am Wehr Bollingerfähr vertreten, wäre damit nachgewiesen, dass sie die Seite wechseln können.

Im Fazit unterliegt die durchgeführte Bestandsschätzung einer generell hohen Schätzungenauigkeit, die durch die geringe Wiederfangrate bedingt ist. Für eine deutlich verbesserte Schätzgenauigkeit wäre die Markierung einer größeren Zahl von Steigaalen (ca. 10.000 Stück) erforderlich gewesen. Zusätzlich wird die Schätzgenauigkeit möglicherweise noch durch die nicht bekannte Mortalität infolge der suboptimalen Sauerstoffverhältnisse während der Hälterung der Steigaale und dem Markierungsstress am 11.05.2016 sowie die noch offene Frage einer vollständigen Durchmischung mit den unmarkierten Aalen (Wechsel der Uferseite) verstärkt.

Bei der Altersbestimmung war eine genaue Zuordnung der untersuchten Steigaale im Größenbereich 8,0–8,5 cm Körperlänge zu den Altersgruppen 0+ und 1+ nicht immer eindeutig möglich. Die Altersbestimmung bzw. Sichtbarkeit des ersten Kontinentalringes ist bei Aalen mit schlechtem Wachstum schwierig, da der Winterring erst dann deutlich sichtbar wird, wenn schon ein gewisser Zuwachs in der aktuellen Vegetationsperiode erzielt wurde. Begünstigt durch das vergleichsweise geringe Wachstum kann es daher sein, dass untersuchte unmarkierte Aale der Altersgruppe 0+ zugeordnet wurden, obwohl sie eigentlich schon ein Jahr älter sind. Infolgedessen ist evtl. mit einer zu hohen Anzahl unmarkierter Tiere gerechnet worden, was tendenziell zu einer Überschätzung des Bestandes führt.

Wie bereits unter den Abschnitten 4.2 und 5.2 dargestellt und diskutiert gehörten die untersuchten Steigaale den Altersgruppen 0+ und 1+ an und scheinen teilweise nach Passage des Wehres Herbrum im darüber liegenden Flussabschnitt bis zum Wehr Bollingerfähr zu verweilen. Ein nicht unbedeutender Teil der Steigaale verbleibt dabei ein Jahr und evtl. noch länger in diesem Flussabschnitt, bevor ein weiterer Aufstieg über das Wehr Bollingerfähr Richtung Binnenland erfolgt. Der Anteil nicht im gleichen Jahr weiter aufsteigender Aale ist nach unseren Ergebnissen nicht gering und sollte in fortführenden Untersuchungen genauer quantifiziert werden. Dies würde auch eine zusätzliche Absicherung der Präzision der durchgeführten Bestandsschätzung ermöglichen.

Für eine valide Quantifizierung des Steigaalaufstieges 2016 in die Ems ist aus folgenden Gründen die Untersuchung von Stichproben von im Jahr 2017 aufsteigenden Steigaalen >8,5 cm Körperlänge zu empfehlen:

1. Bestätigung der oben genannten Hypothese und Quantifizierung des Anteils an Steigaalen, die erst ein Jahr später die Ems weiter aufsteigen
2. Präzisierung der Schätzung des Steigaalaufstieges 2016

3. Bei Bestätigung der o. g. Hypothese Anpassung der generellen Methodik beim Steigalmonitoring in der Ems.

7 Literaturverzeichnis

- Bailey, N.T.J. (1951): On estimating the size of mobile populations from recapture data. *Biometrika* 38, 293-306.
- Bailey, N.T.J. (1952): Improvements in the interpretation of recapture data. *Journal of Animal Ecology* 21, 120-127.
- Berg, R. (1988): Der Aal im Bodensee. Reihe: Ökologie & Landwirtschaft. Verlag J. Margraf, Gaimersheim, 246 S.
- Bonhommeau, S.; Chassot, E.; Planque, B.; Rivot, E.; Knap, A.H. & Le Pape, O. (2008): Impact of climate on eel populations of the Northern Hemisphere. *Marine Ecology Progress Series* 373, 71–80.
- Brämick, U.; Fladung, E., & Simon, J. (2016): Stocking is essential to meet the silver eel escapement target in a river system with currently low natural recruitment. *ICES Journal of Marine Science* 73, 91–100.
- Briand, C.; Fatin, D.; Feunteun, E. & Fontenelle, G. (2005): Estimating the stock of glass eels in an estuary by mark-recapture experiments using vital dyes. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 378-379, 23-46.
- Caraguel, J.-M.; Charrier, F.; Mazel, V. & Feunteun, E. (2015): Mass marking of stocked European glass eels (*Anguilla anguilla*) with alizarin red S. *Ecology of Freshwater Fish* 24, 435–442.
- Dekker, W. (2009): A conceptual management framework for the restoration of the declining European eel stock. In: Casselman, J.M. & Cairns, D.K. (Hrsg.) *Eels at the Edge. Science, Status and Conservation Concerns*. American Fisheries Society Symposium 58, 3–19.
- Diekmann, M. (im Druck): Glasaalbewirtschaftung und Aalbesatz in Deutschland im 20. Jahrhundert. *Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei*, Heft 58.
- Ehrenbaum, E. & Marukawa, H. (1914): Über Altersbestimmung und Wachstum beim Aal. *Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften* 14, 89–127.
- EU (2007): Verordnung EG Nr. 1100/2007 des Rates vom 18. September 2007 mit Maßnahmen zur Wiederauffüllung des Bestands des Europäischen Aals.. *Amtsblatt der Europäischen Union* L 248, 17–23.
- Fladung, E.; Simon, J.; Brämick, U.; Doering-Arjes, P.; Stein, F.; Wolf, P.; Weichler, F.; Kolew, J. & Hannemann, N. (2012): Quantifizierung der Sterblichkeit von Aalen in deutschen Binnengewässern am Beispiel der Havel. *Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow., Projektabschlussbericht, Potsdam*, 135 S.
- Friedland, K.D.; Miller, M.J. & Knights, B. (2007): Oceanic changes in the Sargasso Sea and declines in recruitment of the European eel. *ICES Journal of Marine Science* 64, 519–530.

- Geeraerts, C. & Belpaire, C. (2011): The effects of contaminants in European eel: a review. *Ecotoxicology* 19, 239–266.
- Harrison, A.J.; Walker, A.M.; Pinder, A.C.; Briand, C. & Aprahamian M.W. (2014): A review of glass eel migratory behaviour, sampling techniques and abundance estimates in estuaries: implications for assessing recruitment, local production and exploitation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 24, 967–983.
- ICES (1999): ICES cooperative research report No. 229. Report of the ICES Advisory Committee on Fisheries Management 1998, part 2. 446 S.
- ICES (2007): Report of the 2007 Session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL), 3-7 September 2007, Bordeaux, France, ICES CM 2007/ACFM:23. 524 S.
- ICES (2010): Report of the 2009 Session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels. Göteborg, Sweden, 7–11 September 2009. EIFAC Occasional Paper. No. 45. ICES CM 2009/ACOM: 15. Rome, FAO/Copenhagen, 117 S.
- ICES (2015): Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eel (WGEEL). Antalya, Turkey, 24 November – 2 December 2015. ICES CM 2015/ACOM: 18, 130 S.
- Kettle, A.J. & Haines, K. (2006): How does the European eel (*Anguilla anguilla*) retain its population structure during its larval migration across the North Atlantic Ocean? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63, 90–106.
- Kirk, R.S. (2003): The impact of *Anguillicola crassus* on European eels. *Fisheries Management and Ecology* 10, 385–394.
- Knights, B. (2003): A review of the possible impacts of long-term oceanic and climate changes and fishing mortality on recruitment of anguillid eels of the Northern Hemisphere. *Science of the total Environment* 310, 237–244.
- Knösche, R.; Schreckenbach, K.; Simon, J.; Eichhorn, T.; Pietrock, M. & Thürmer, C. (2004): Aalwirtschaft in Brandenburg. Entwicklung der Aalbestände, Schadfaktoren und nachhaltige Aalwirtschaft. Schriftenreihe des Institutes für Binnenfischerei e.V. ,15, Potsdam-Sacrow. 75 S.
- Köbke, C. (1955): Die Aalbrutfangstation in Herbrum an der Ems. *Der Fischwirt* 5, 326-328.
- Meyer, P.F. (1951): Die Aalbrutfangstation Herbrum in Oldenburg – ein wichtiger Faktor in der Aalwirtschaft des Bundesgebietes. *Der Fischwirt* 1, 207-212.
- Miller, M.J.; Kimura, S.; Friedland, K.D.; Knights, B.; Kim, H.; Jellyman, D.J & Tsukamoto, K. (2009): Review of ocean-atmospheric factors in the Atlantic and Pacific oceans influencing spawning and recruitment of anguillid eels. In: Haro, A.; Avery, T.; Beal, K.; Cooper, J.; Cunjak, R.; Dadswell, M.; Klauda, R.; Moffitt, C.; Rulifson R. & Smith K. (Hrsg.) *Challenges for diadromous fishes in a dynamic global environment*. Bethesda: American Fisheries Society Symposium 69, 231–249.
- Moriarty, C. (1975): Report of the EIFAC workshop on age determination of eels. Montpellier 13. – 16. May 1975, EIFAC/76/3, FAO, Rome.
- Moriarty, C. & Dekker W. (1997): Management of the European eel. *Fisheries Bulletin Dublin* 15, 167 S.

- Salva, J.; Poll, K.-H.; Wilkens, H.-J. & Diekmann, M. (2013): Monitoring des Glas- und Steigaalaufkommens in der niedersächsischen Ems am Stauwehr Bollingerfähr/Ems, Zeitraum April 2013 – Oktober 2013. Sportfischerverband im Landesfischereiverband Weser-Ems, Abschlussbericht im Auftrag des LAVES, Dez. Binnenfischerei – Fischereikundlicher Dienst (Hannover), 32 S.
- Salva, J.; Bröring, H.; Poll, K.-H.; Wilkens, H.-J.; Zaudtke, B. & Diekmann, M. (2014): Glas- und Steigaalaufstieg an der Ems an den Stauwehren Herbrum und Bollingerfähr im Jahr 2014. Gemeinsamer Abschlussbericht der Projekte: „Glas- und Steigaalmonitoring am Standort Herbrum/Ems“ und „Glas- und Steigaalmonitoring am Standort Bollingerfähr/Ems“, Landesfischereiverband Weser-Ems – Sportfischerverband, im Auftrag des LAVES 53 S.
- Salva, J.; Poll, K.-H.; Wilkens, H.-J.; Zaudtke, B. & Diekmann, M. (2015): Glas- und Steigaalaufstieg an der Ems an den Stauwehren Herbrum und Bollingerfähr im Jahr 2015. Gemeinsamer Abschlussbericht der Projekte: „Glas- und Steigaalmonitoring am Standort Herbrum/Ems“ und „Glas- und Steigaalmonitoring am Standort Bollingerfähr/Ems“, Landesfischereiverband Weser-Ems – Sportfischerverband, im Auftrag des LAVES, 36 S.
- Salva, J.; Poll, K.-H.; Wilkens, H.-J.; Zaudtke, B. & Diekmann, M. (2016): Glas- und Steigaalaufstieg an der Ems an den Stauwehren Herbrum und Bollingerfähr im Jahr 2016. Gemeinsamer Abschlussbericht der Projekte: „Glas- und Steigaalmonitoring am Standort Herbrum/Ems“ und „Glas- und Steigaalmonitoring am Standort Bollingerfähr/Ems“, Landesfischereiverband Weser-Ems – Sportfischerverband, im Auftrag des LAVES, in Vorbereitung.
- Schmeidler, E. (1963): Beobachtungen über die mengenmäßige Entwicklung und den zeitlichen Ablauf des Glasaalaufstieges in der Ems bei Herbrum von 1950 bis 1962. Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen 7, 84-86.
- Schreckenbach, K.; Steffens, W. & Zobel, H. (1987): Technologien, Normen und Richtwerte der Fischproduktion. Institut für Binnenfischerei Berlin, 180 S.
- Settele, J.; Feldmann, R.; Henle, K.; Kockelke, K. & Poethke, H.-J. (1998): Populationsgrößenschätzung bei Tieren. Naturschutz und Landschaftsplanung, 30, 174-181.
- Simon, J. (2007): Age, growth, and condition of European eel (*Anguilla anguilla*) from six lakes in the River Havel system (Germany). ICES Journal of Marine Science 64, 1414–1422
- Simon, J. (2013): A correction factor for the shrinkage of total length and weight of European eels during freezing. Journal of Applied Ichthyology 29, 909-911.
- Simon, J. & Dörner, H. (2005): Marking the European eel with oxytetracycline, alizarin red and coded wire tags: an evaluation of methods. Journal of Fish Biology 67, 1486-1491.
- Simon, J. & Dörner, H. (2014): Survival and growth of European eels stocked as glass and farm sourced eels in five lakes in the first years after stocking. Ecology of Freshwater Fish 23, 40–48.

- Simon, J.; Fladung, E. & Schaarschmidt, T. (2006): Steigaaalmonitoring in Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern im Jahr 2005. *Fischer & Teichwirt* 57, 452-455.
- Simon, J., Dörner, H. & Richter, C. (2009): Growth and mortality of European glass eel *Anguilla anguilla* marked with oxytetracycline and alizarin red. *Journal of Fish Biology* 74, 289-295.
- Simon, J.; Dörner, H.; Scott, R. D.; Schreckenbach, K. & Knösche, R. (2013): Comparison of growth and condition of European eels stocked as glass and farm sourced eels in lakes in the first 4 years after stocking. *Journal of Applied Ichthyology* 29, 323–330.
- Zaudtke, B. & Salva, J. (2008): Monitoring des natürlichen Aufstiegs von Glas- und Steigaalen am Stauwehr Herbrum vor dem Hintergrund des EU-Aktionsplans zum Schutz des Aals. Sportfischerverband im Landesfischereiverband Weser-Ems, Abschlussbericht im Auftrag des LAVES, Dez. Binnenfischerei – Fischereikundlicher Dienst (Hannover), 23 S. unveröffentlicht.

8 Anhang

8.1 Anhang – Untersuchungen am Tidewehr Herbrum

Übersicht der gemessenen Wasserparameter.

Datum / Wo gemessen	Uhrzeit	Wasser-temp. [°C]	pH-Wert	O ₂ [mg/l]	O ₂ [%]	Leitfähigkeit [µs/cm]	Bemerkungen
26.04.2016							
Hälterungswasser	11:00	4,2	8,2	10,2	78	896	
Leitungswasser	11:02	17,1	8,0	7,4	77	792	
Emswasser	11:04	10,4	9,5	9,2	82	892	
Farbbad vor Markierung	12:10	11,6	7,9	8,7	80	868	nur Belüftung
Farbbad nach Markierung	15:20	10,5	8,0	8,9	80	866	nur Belüftung
11.05.2016							
Hälterungswasser	15:05	18,7	7,5	2,5	27	887	
Leitungswasser	15:07	27,8	7,9	6,1	80	790	
Emswasser	15:09	19,3	7,9	8,5	94	920	
Farbbad vor Markierung	15:25	23,4	7,7	7,0	80	880	
Farbbad nach Markierung	19:30	21,7	7,1	12,6	146	880	
27.05.2016							
Hälterungswasser	11:12	13,9	7,9	6,7	65	1042	
Leitungswasser	11:14	18,5	7,8	6,5	70	795	
Emswasser	11:19	15,9	7,7	7,2	72	1088	
Farbbad vor Markierung	11:22	17,1	7,6	7,0	71	958	
Farbbad nach Markierung	15:30	16,5	7,5	18,5	190	953	

8.2Anhang – Untersuchungen am Stauwehr Bollingerfähr

Übersicht Untersuchungsdaten der untersuchten Stichproben an Steigaalen

Fang-datum	Fang-länge [cm]	Fang-masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederfang [cm]	Bemerkungen
24.06.2016	7,6	0,44	0	0+			
24.06.2016	7,8	0,62	0	0+			
24.06.2016	8,1	0,60	0	0+			
24.06.2016	7,7	0,52	0	0+			
24.06.2016	8,5	0,86	0	1+			
24.06.2016	10,4	1,38	0	1+			
24.06.2016	9,2	0,90	0	1+			
24.06.2016	8,0	0,63	0	0+			
24.06.2016	9,8	1,19	0	1+			
24.06.2016	7,5	0,36	0	0+			
24.06.2016	7,5	0,35	0	0+			
24.06.2016	7,9	0,44	0	0+			
24.06.2016	10,2	1,26	0	1+			
24.06.2016	7,8	0,52	0	0+			
24.06.2016	7,3	0,38	0	0+			
24.06.2016	7,9	0,55	0	0+			
24.06.2016	7,8	0,54	1	0+	6,4	7,8	
24.06.2016	7,6	0,40	0	0+			
24.06.2016	8,2	0,57	0	0+			
24.06.2016	8,6	0,94	0	1+			helle, bohnenförmige Verfärbung am Kopf (Geschwür?)
24.06.2016	10,5	1,48	0	1+			
24.06.2016	7,3	0,35	0	0+			
24.06.2016	7,6	0,38	0	0+			
24.06.2016	7,6	0,50	0	0+			
24.06.2016	7,5	0,39	0	0+			

Fang-datum	Fang-länge [cm]	Fang-masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederfang [cm]	Bemerkungen
24.06.2016	7,8	0,43	0	0+			
24.06.2016	7,3	0,36	0	0+			
24.06.2016	7,6	0,49	0	0+			
24.06.2016	7,5	0,35	0	0+			
24.06.2016	8,4	0,69	0	1+			
25.06.2016	8,2	0,45	0	0+			
25.06.2016	7,6	0,52	0	0+			
25.06.2016	9,7	1,13	0	1+			
25.06.2016	8,2	0,68	0	0+			
25.06.2016	7,7	0,48	0	0+			
25.06.2016	6,9	0,38	0	0+			
25.06.2016	7,5	0,34	0	0+			
25.06.2016	7,6	0,44	0	0+			
25.06.2016	8,0	0,55	0	0+			
25.06.2016	7,6	0,47	0	0+			
25.06.2016	7,1	0,35	0	0+			
25.06.2016	7,3	0,39	0	0+			
25.06.2016	7,7	0,50	0	0+			
25.06.2016	7,8	0,57	0	0+			
25.06.2016	8,1	0,58	0	0+			
25.06.2016	7,9	0,58	0	0+			
25.06.2016	9,5	1,18	0	1+			
25.06.2016	7,8	0,55	0	0+			
25.06.2016	8,2	0,67	1	0+	6,5	8,2	
25.06.2016	8,5	0,78	0	0+			
25.06.2016	6,9	0,36	0	0+			
25.06.2016	10,3	1,38	0	1+			
25.06.2016	8,3	0,74	0	0+			

Fang-datum	Fang-länge [cm]	Fang-masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederfang [cm]	Bemerkungen
25.06.2016	7,7	0,60	0	0+			
25.06.2016	7,4	0,50	0	0+			
25.06.2016	8,3	0,86	0	0+			
25.06.2016	7,5	0,47	0	0+			
25.06.2016	9,0	0,92	0	1+			
25.06.2016	7,3	0,36	0	0+			
25.06.2016	7,4	0,48	0	0+			
26.06.2016	8,9	0,92	0	1+			
26.06.2016	9,8	1,24	0	1+			
26.06.2016	7,5	0,50	0	0+			
26.06.2016	7,4	0,38	0	0+			
26.06.2016	7,7	0,52	0	0+			
26.06.2016	9,1	1,14	0	1+			
26.06.2016	7,2	0,38	0	0+			
26.06.2016	7,9	0,57	0	0+			
26.06.2016	7,1	0,49	0	0+			
26.06.2016	7,9	0,62	0	0+			
26.06.2016	7,0	0,50	0	0+			
26.06.2016	7,4	0,36	0	0+			
26.06.2016	7,6	0,48	0	0+			
26.06.2016	9,4	1,12	0	1+			
26.06.2016	7,8	0,52	0	0+			
26.06.2016	7,7	0,48	0	0+			
26.06.2016	7,5	0,48	0	0+			
26.06.2016	7,6	0,40	0	0+			
26.06.2016	7,4	0,35	0	0+			
26.06.2016	8,0	0,64	0	0+			
26.06.2016	7,5	0,36	0	0+			

Fang-datum	Fang-länge [cm]	Fang-masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederfang [cm]	Bemerkungen
26.06.2016	8,0	0,54	0	0+			
26.06.2016	8,2	0,69	0	0+			
26.06.2016	7,7	0,50	0	0+			
26.06.2016	7,7	0,47	0	0+			
26.06.2016	7,5	0,35	0	0+			
26.06.2016	8,1	0,55	0	0+			
26.06.2016	7,9	0,63	0	0+			
26.06.2016	7,3	0,35	0	0+			
26.06.2016	8,0	0,67	0	0+			
26.06.2016	8,9	0,90	0	1+			
26.06.2016	8,2	0,64	1	0+	6,8	8,2	
26.06.2016	6,8	0,36	0	0+			
26.06.2016	7,5	0,39	0	0+			
27.06.2016	9,7	1,24	0	1+			
27.06.2016	10,5	1,35	0	1+			
27.06.2016	9,4	1,00	0	1+			
27.06.2016	7,7	0,48	0	0+			
27.06.2016	8,4	0,78	0	0+			
27.06.2016	7,9	0,60	0	0+			
27.06.2016	7,5	0,47	0	0+			
27.06.2016	7,5	0,50	0	0+			
27.06.2016	8,1	0,67	0	0+			
27.06.2016	8,0	0,68	0	0+			
27.06.2016	7,9	0,73	0	0+			
27.06.2016	9,0	0,83	0	1+			
27.06.2016	9,3	1,16	0	1+			
27.06.2016	7,6	0,49	0	0+			
27.06.2016	7,5	0,48	1	0+	6,4	7,5	

Fang-datum	Fang-länge [cm]	Fang-masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederfang [cm]	Bemerkungen
27.06.2016	8,2	0,75	0	0+			
27.06.2016	7,8	0,60	0	0+			
27.06.2016	10,4	1,48	0	1+			
27.06.2016	8,7	0,92	0	1+			
27.06.2016	7,5	0,49	0	0+			
27.06.2016	8,0	0,63	0	0+			
27.06.2016	10,4	1,53	0	1+			
27.06.2016	7,9	0,62	0	0+			
27.06.2016	7,4	0,39	0	0+			
27.06.2016	7,8	0,54	0	0+			
27.06.2016	7,7	0,50	0	0+			
27.06.2016	7,6	0,50	0	0+			
27.06.2016	8,8	1,12	0	1+			
27.06.2016	7,6	0,40	0	0+			
27.06.2016	9,5	1,14	0	1+			
27.06.2016	9,2	1,12	0	1+			
27.06.2016	9,5	1,25	0	1+			
27.06.2016	7,7	0,47	0	0+			
27.06.2016	8,4	0,65	0	0+			
27.06.2016	7,7	0,49	0	0+			
27.06.2016	9,6	1,18	0	1+			
27.06.2016	8,6	0,90	0	0+			
27.06.2016	7,8	0,57	0	0+			
27.06.2016	8,9	0,74	0	1+			
27.06.2016	8,0	0,64	0	0+			
27.06.2016	7,9	0,58	0	0+			
27.06.2016	8,2	0,55	0	0+			
27.06.2016	8,1	0,74	1	0+	6,8	8,1	

Fang-datum	Fang-länge [cm]	Fang-masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederfang [cm]	Bemerkungen
28.06.2016	9,8	1,38	0	1+			
28.06.2016	8,9	1,11	0	1+			
28.06.2016	10,5	1,71	0	1+			
28.06.2016	8,1	0,67	0	0+			
28.06.2016	8,8	1,06	0	1+			
28.06.2016	7,5	0,49	0	0+			
28.06.2016	7,7	0,49	0	0+			
28.06.2016	10,4	1,68	0	1+			
28.06.2016	7,7	0,44	0	0+			
28.06.2016	8,6	0,79	0	0+			
28.06.2016	8,3	0,64	0	0+			
28.06.2016	8,4	0,68	0	0+			
28.06.2016	9,0	1,05	0	1+			
28.06.2016	7,8	0,58	0	0+			
28.06.2016	7,8	0,58	0	0+			
28.06.2016	7,7	0,57	1	0+	6,6	7,7	
28.06.2016	7,5	0,52	0	0+			
28.06.2016	8,1	0,59	1	0+	7,1	8,2	
28.06.2016	7,5	0,50	0	0+			
28.06.2016	9,7	1,22	0	1+			
28.06.2016	8,4	0,55	0	0+			
28.06.2016	8,4	0,63	0	0+			
28.06.2016	8,0	0,57	0	0+			
28.06.2016	7,9	0,58	0	0+			
28.06.2016	7,6	0,44	1	0+	7,1	7,6	
28.06.2016	10,0	1,40	0	1+			
28.06.2016	8,2	0,67	0	0+			
28.06.2016	7,6	0,48	0	0+			

Fang-datum	Fang-länge [cm]	Fang-masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederfang [cm]	Bemerkungen
28.06.2016	7,7	0,52	0	0+			
28.06.2016	7,3	0,39	0	0+			
28.06.2016	8,4	0,70	0	0+			
28.06.2016	7,1	0,40	0	0+			
28.06.2016	7,6	0,45	0	0+			
28.06.2016	7,8	0,58	0	0+			
28.06.2016	8,6	0,79	0	0+			
28.06.2016	7,8	0,50	0	0+			
28.06.2016	7,3	0,45	0	0+			
28.06.2016	7,5	0,45	0	0+			
28.06.2016	7,9	0,60	0	0+			
28.06.2016	7,8	0,59	0	0+			
29.06.2016	7,5	0,48	0	0+			
29.06.2016	10,5	1,24	0	1+			
29.06.2016	8,7	0,69	0	0+			
29.06.2016	7,9	0,52	0	0+			
29.06.2016	10,1	1,32	0	1+			
29.06.2016	8,1	0,60	1	0+	7,7	8,1	
29.06.2016	10,3	1,29	0	1+			
29.06.2016	7,3	0,34	0	0+			
29.06.2016	7,7	0,44	0	0+			
29.06.2016	7,6	0,47	0	0+			
29.06.2016	10,0	1,20	0	1+			
29.06.2016	10,0	1,14	0	1+			
29.06.2016	7,9	0,49	1	0+	6,6	7,9	
29.06.2016	8,2	0,53	0	0+			
29.06.2016	7,5	0,53	0	0+			
29.06.2016	10,4	1,37	0	1+			

Fang-datum	Fang-länge [cm]	Fang-masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederfang [cm]	Bemerkungen
29.06.2016	7,1	0,40	0	0+			
29.06.2016	8,9	1,02	0	1+			
29.06.2016	7,7	0,58	0	0+			
29.06.2016	9,1	0,92	0	1+			
29.06.2016	8,6	0,73	0	0+			
29.06.2016	7,5	0,40	1	0+	6,8	7,5	
29.06.2016	7,5	0,47	0	0+			
29.06.2016	7,7	0,47	0	0+			
29.06.2016	10,2	1,35	0	1+			
29.06.2016	9,2	1,08	0	1+			
29.06.2016	8,2	0,55	0	0+			
29.06.2016	7,6	0,39	0	0+			
29.06.2016	7,7	0,55	0	0+			
29.06.2016	7,8	0,54	0	0+			
29.06.2016	7,6	0,43	0	0+			
29.06.2016	8,3	0,62	0	0+			
29.06.2016	9,5	1,23	0	1+			
29.06.2016	7,8	0,44	0	0+			
29.06.2016	7,9	0,60	0	0+			
29.06.2016	8,2	0,67	0	0+			
29.06.2016	8,2	0,77	0	0+			
29.06.2016	8,0	0,50	0	0+			
29.06.2016	7,6	0,50	0	0+			
30.06.2016	10,2	1,43	0	1+			
30.06.2016	10,0	1,32	0	1+			
30.06.2016	10,6	1,86	0	1+			
30.06.2016	9,5	1,26	0	1+			
30.06.2016	9,2	1,05	0	1+			

Fang-datum	Fang-länge [cm]	Fang-masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederfang [cm]	Bemerkungen
30.06.2016	10,4	1,40	0	1+			
30.06.2016	9,2	1,10	0	1+			
30.06.2016	10,3	1,67	0	1+			
30.06.2016	9,4	1,26	0	1+			
30.06.2016	7,6	0,40	0	0+			
30.06.2016	9,2	1,05	0	1+			
30.06.2016	9,3	1,17	0	1+			
30.06.2016	9,9	1,41	0	1+			
30.06.2016	9,4	1,17	0	1+			
30.06.2016	7,7	0,36	0	0+			
30.06.2016	9,2	0,97	0	1+			
30.06.2016	7,9	0,41	0	0+			
30.06.2016	10,2	1,46	0	1+			
30.06.2016	9,1	1,05	0	1+			
30.06.2016	9,6	1,16	0	1+			
30.06.2016	9,1	0,88	0	1+			
30.06.2016	9,4	1,11	0	1+			
30.06.2016	10,0	1,43	0	1+			
30.06.2016	9,6	1,29	0	1+			
30.06.2016	9,4	1,11	0	1+			
30.06.2016	10,1	1,42	0	1+			
30.06.2016	8,7	0,78	0	0+			
30.06.2016	7,4	0,34	0	0+			
30.06.2016	7,7	0,40	0	0+			
30.06.2016	7,0	0,26	0	0+			
01.07.2016	9,6	1,23	0	1+			
01.07.2016	8,2	0,72	0	0+			
01.07.2016	8,0	0,53	0	0+			

Fang-datum	Fang-länge [cm]	Fang-masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederfang [cm]	Bemerkungen
01.07.2016	9,9	1,42	0	1+			
01.07.2016	9,0	0,77	0	1+			
01.07.2016	7,5	0,45	0	0+			
01.07.2016	8,1	0,63	0	0+			
01.07.2016	7,6	0,38	0	0+			
01.07.2016	8,0	0,53	0	0+			
01.07.2016	8,5	0,65	0	0+			
01.07.2016	7,9	0,55	0	0+			
01.07.2016	8,4	0,72	0	0+			
01.07.2016	9,1	0,91	0	1+			
01.07.2016	7,7	0,49	0	0+			
01.07.2016	7,9	0,59	0	0+			
01.07.2016	7,4	0,40	0	0+			
01.07.2016	7,5	0,41	0	0+			
01.07.2016	7,5	0,40	0	0+			
01.07.2016	9,8	1,20	0	1+			
01.07.2016	8,0	0,55	0	0+			
01.07.2016	8,0	0,54	0	0+			
01.07.2016	8,2	0,72	0	0+			
01.07.2016	8,2	0,69	0	0+			
01.07.2016	7,6	0,53	0	0+			
01.07.2016	7,6	0,52	0	0+			
01.07.2016	7,3	0,36	0	0+			
01.07.2016	8,0	0,60	0	0+			
01.07.2016	7,3	0,40	0	0+			
01.07.2016	7,6	0,50	0	0+			
01.07.2016	7,6	0,45	0	0+			
28.07.2016	7,7	0,53	0	0+			

Fang-datum	Fang-länge [cm]	Fang-masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederfang [cm]	Bemerkungen
28.07.2016	7,2	0,43	0	0+			
28.07.2016	8,5	0,67	0	0+			
28.07.2016	8,5	0,64	0	0+			
28.07.2016	8,1	0,59	0	0+			
28.07.2016	8,6	0,68	0	0+			
28.07.2016	9,6	1,22	0	1+			
28.07.2016	7,6	0,49	0	0+			
28.07.2016	7,7	0,54	0	0+			
28.07.2016	7,7	0,47	0	0+			
28.07.2016	8,7	0,69	0	1+			
28.07.2016	8,0	0,53	0	0+			
29.07.2016	8,4	0,65	0	0+			
29.07.2016	9,8	1,16	0	1+			
29.07.2016	7,4	0,39	1	0+	6,6	7,4	
29.07.2016	7,9	0,70	0	0+			
29.07.2016	8,7	0,91	0	0+			
29.07.2016	8,7	0,74	0	1+			
29.07.2016	9,9	1,20	0	1+			
29.07.2016	8,3	0,64	0	0+			
29.07.2016	7,0	0,32	0	0+			
29.07.2016	8,2	0,80	0	0+			
29.07.2016	8,0	0,67	0	0+			
29.07.2016	8,4	0,73	0	0+			
29.07.2016	8,9	0,64	0	1+			
29.07.2016	8,0	0,59	0	0+			
29.07.2016	7,6	0,45	0	0+			
29.07.2016	8,0	0,59	1	0+	7,0	8,0	
29.07.2016	7,5	0,63	0	0+			

Fang-datum	Fang-länge [cm]	Fang-masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederfang [cm]	Bemerkungen
30.07.2016	8,9	0,89	0	1+			Schwanzspitze vertrocknet
30.07.2016	7,6	0,38	0	0+			
30.07.2016	7,9	0,70	0	0+			
30.07.2016	7,9	0,53	0	0+			
30.07.2016	8,4	0,62	0	0+			
30.07.2016	7,5	0,39	0	0+			
30.07.2016	8,7	0,91	0	1+			
30.07.2016	7,9	0,57	0	0+			
30.07.2016	8,6	0,68	0	0+			
30.07.2016	7,2	0,36	0	0+			
30.07.2016	8,4	0,67	0	0+			
30.07.2016	8,1	0,57	0	0+			
30.07.2016	8,7	0,74	0	0+			
30.07.2016	7,9	0,55	0	0+			
30.07.2016	8,4	0,50	0	0+			
31.07.2016	8,7	0,84	0	1+			
31.07.2016	8,3	0,52	0	0+			
31.07.2016	8,4	0,67	0	0+			
31.07.2016	7,7	0,45	0	0+			
31.07.2016	8,1	0,64	0	0+			
31.07.2016	7,1	0,31	0	0+			
31.07.2016	7,6	0,45	0	0+			
31.07.2016	8,4	0,67	0	0+			
31.07.2016	8,4	0,60	0	0+			
01.08.2016	6,9	0,30	1	0+	6,4	6,9	
01.08.2016	8,8	0,79	0	1+			
01.08.2016	8,3	0,68	0	0+			
01.08.2016	9,4	0,90	0	1+			

Fang- datum	Fang- länge [cm]	Fang- masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederfang [cm]	Bemerkungen
01.08.2016	8,9	0,68	0	1+			
01.08.2016	9,5	0,81	0	1+			
01.08.2016	9,0	0,77	0	1+			
01.08.2016	8,2	0,64	0	0+			
01.08.2016	8,1	0,58	0	0+			
01.08.2016	7,1	0,32	1	0+	6,4	7,1	
01.08.2016	8,1	0,45	0	0+			
01.08.2016	7,7	0,57	0	0+			
02.08.2016	7,5	0,27	0	0+			Schwanzspitze vertrocknet
02.08.2016	7,8	0,43	0	0+			Schwanzspitze vertrocknet
02.08.2016	8,2	0,54	0	0+			Schwanzspitze vertrocknet
02.08.2016	8,2	0,65	0	0+			Schwanzspitze vertrocknet
02.08.2016	7,6	0,40	0	0+			Schwanzspitze vertrocknet
02.08.2016	9,9	1,11	0	1+			Schwanzspitze vertrocknet
02.08.2016	9,7	1,03	0	1+			
02.08.2016	9,1	0,89	0	1+			
02.08.2016	7,4	0,38	0	0+			
02.08.2016	7,9	0,43	0	0+			
02.08.2016	7,1	0,32	0	0+			
02.08.2016	8,0	0,50	0	0+			
03.08.2016	8,4	0,67	0	0+			
03.08.2016	7,8	0,41	0	0+			
03.08.2016	8,5	0,73	0	0+			
03.08.2016	9,5	1,11	0	1+			
03.08.2016	8,4	0,77	0	0+			
03.08.2016	8,0	0,54	1	0+	6,4	8,0	
03.08.2016	7,7	0,34	0	0+			
03.08.2016	8,4	0,79	0	0+			

Fang- datum	Fang- länge [cm]	Fang- masse [g]	Markiert mit ARS?	Alter (Jahre)	Rückberechnete Länge zum Zeitpunkt der Markierung [cm]	Länge beim Wiederafang [cm]	Bemerkungen
03.08.2016	7,4	0,32	0	0+			
04.08.2016	10,2	1,07	0	1+			
04.08.2016	7,9	0,50	0	0+			
04.08.2016	7,2	0,38	0	0+			
04.08.2016	9,1	0,77	0	1+			
04.08.2016	10,1	1,20	0	1+			
04.08.2016	8,4	0,68	0	0+			
04.08.2016	8,7	0,70	0	0+			