

Carsten Nolting

**Untersuchung zum Wanderverhalten
und Abwanderungspotenzial des Aals im
Verbund des Westdeutschen
Kanalsystems und der Ems**





Carsten Nolting

**Untersuchung zum Wanderverhalten und Abwanderungspotenzial
des Aals im Verbund des Westdeutschen Kanalsystems und der Ems**



Ergebnisbericht zum EFF-Projekt NW 636
Gefördert durch den Europäischen Fischereifonds (EFF)
mit Mitteln des Landes Nordrhein-Westfalen und der Europäischen Union
und der Fischereiabgabe

Herausgeber: Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V.
Sprakeler Str. 409
48159 Münster

Bearbeitung: Carsten Nolting
Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V.
Sprakeler Str. 409
48159 Münster

Abbildungen: Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V.,
Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

Layout & Satz: Hubertus Wittmers, Münster

Druck: Druckhaus Tecklenborg, Steinfurt

Vertrieb: Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V.
Sprakeler Str. 409
48159 Münster
E-Mail: info@lfv-westfalen.de
Homepage: www.lfv-westfalen.de

© 2016 Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V.

ISBN 978-3-9809545-2-5

Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck nur mit Genehmigung des
Landesfischereiverbandes Westfalen und Lippe e.V.

Printed in Germany

Die vorliegende Arbeit wurde aus Mitteln des Europäischen
Fischereifonds EFF und der Fischereiabgabe gefördert.

Inhalt

1. Einleitung	5
2. Untersuchungsgebiet	7
2.1. Das Westdeutsche Kanalsystem	7
2.2. Die Ems	11
3. Methodik	12
3.1. Das VEMCO-Telemetriesystem	12
3.1.1. Funktionsweise	13
3.1.2. Range-Tests	14
3.1.3. Messstellennetz und Montage der Receiver-Einheiten	16
3.2. Herkunft der Versuchstiere	18
3.2.1. Elektrofischerei	18
3.2.2. Reusen-/Hamenfänge	20
3.3. Implantation der Sender bei den Versuchstieren	21
3.3.1. Tierversuchsgenehmigung	21
3.3.2. Hälterung der Versuchstiere	21
3.3.3. Operativer Eingriff	22
3.3.4. Zusatzmarkierung	24
3.3.5. Aussatzstellen	24
3.4. Gesundheitszustand	25
4. Ergebnisse	28
4.1. Ergebnisse der Elektrofischerei	28
4.1.1. Artenspektrum	28
4.1.2. Aaldichten	30
4.2. Telemetrieuntersuchungen	32
4.2.1. Registrierungsraten	32
4.2.2. Schwimmdistanzen	33
4.2.3. Schwimmgeschwindigkeiten	34
4.2.4. Richtungswechsel	36
4.2.5. Schleusenpassagen	37
4.2.6. Zeitliche Aktivitätsmuster	37
4.2.7. Übergänge von Versuchstieren in nicht überwachte Kanalstrecken	38
4.2.8. Meldung von Versuchstieren über Angler, Berufsfischer etc.	40

4.3. Gesundheitszustand	42
4.3.1. Untersuchungsergebnisse Fischgesundheitsdienst LANUV	42
4.3.2. Eigene Beobachtungen	44
5. Diskussion	47
6. Bewertung der Ergebnisse mit Blick auf die weitere fischereiliche Bewirtschaftung des Westdeutschen Kanalsystems	50
7. Literatur	53

I. Einleitung

Seit mehr als 30 Jahren nehmen die Fänge von Jungaalen (Glasaalen) und fangfähigen Aalen in allen europäischen Gewässersystemen des natürlichen Verbreitungsgebietes ab. Mittlerweile befinden sich die Bestandsgrößen des Europäischen Aals (*Anguilla anguilla* L.) auf einem Niveau, dass das Aussterben der Art vermuten lässt (ICES 1999).

Die Gründe für den Rückgang werden seither intensiv diskutiert (DEKKER 2004). Durch Querverbauungen und Wehre sind viele natürliche Lebensräume in den Strömen und Flüssen für die aufsteigenden Aale nicht mehr selbstständig erreichbar. Gleichzeitig führen Wasserkraftanlagen bei abwandernden Blankaalen zu großen Ausfällen. Über Importe des Japanischen Aals (*Anguilla japonica*) gelangte der Parasit *Anguillicoloides crassus* in die heimischen Aalbestände (SJÖBERG et al. 2009). Dieser als Schwimmblasenwurm bezeichnete Fadenwurm (Nematode) hat mittlerweile nahezu alle europäischen Gewässer erreicht. Man vermutet, dass es durch die Parasitierung der Schwimmblase zur Vernarbungen dieser kommt, was wiederum den Gasaustausch behindert. Gerade während der ozeanischen Wanderphase kann dieses fatale Folgen haben, da hierfür regelmäßige Wechsel der Schwimmtiefe nötig sind. Ferner spielen vermutlich auch Infektionserkrankungen (HVA, EVEX), Schadstoffbelastung (Dioxine und PCB) und die Zunahme des Kormorans eine Rolle beim Rückgang der Aalbestände. In die jüngeren Diskussionen sind schließlich auch die Klimaveränderungen eingegangen. Es ist denkbar, dass durch eine Abschwächung des Golfstroms bzw. der Nordatlantischen Drift weniger Aallarven an den europäischen Küsten ankommen oder diese während ihrer aktiven Drift keine ausreichenden Nahrungsgrundlagen zur Verfügung haben. Nach Schätzungen beträgt das derzeitige Glasaalaufkommen in Europa nur noch etwa 2-9 % der ursprünglich aufkommenden Menge (ICES 2010, 2014).

Aus diesem Grund wurde vom Europäischen Parlament eine „Verordnung des Rates mit Maßnahmen zur Wiederauffüllung des Bestands des Europäischen Aals“ (EUROPÄISCHE UNION 2007) verabschiedet. Diese Verordnung verpflichtet alle Mitgliedsstaaten zur Aufstellung von Aalbewirtschaftungsplänen, in denen Maßnahmen und Überwachungsinstrumente beschrieben werden, die zu einer Wiederauffüllung der Bestände eingesetzt werden sollen. Als Ziel für die Erfüllung der Bewirtschaftungspläne auf der Ebene der großen Flusseinzugsgebiete wird eine 40 % -Quote der potenziell natürlichen Abwanderungsquote von Blankaalen angesehen. Gleichzeitig wird der Handel mit Aalen innerhalb der Europäischen Union überwacht und ein Export von Aalen ins außereuropäische Ausland ist verboten (EUROPÄISCHE UNION 2011).

In Deutschland wird in den Bewirtschaftungsplänen als wichtigste Maßnahme der Aalbesatz genannt (ANONYMOUS 2008, BAER et al. 2011). Dabei geht man davon aus, dass durch einen regelmäßigen und erhöhten Besatz in den natürlichen Lebensräumen sukzessive die Zahl abwandernder Aale (Blankaale) wieder erhöht werden kann, die dann mittelfristig zu einer steigenden Zahl natürlich aufsteigender Glasaale führen sollen. Mit Blick auf den langen Lebenszyklus des Aals von 20 Jahren und mehr, werden sich die Erfolge der ergriffenen Maßnahmen auch erst entsprechend spät messen und bewerten lassen. Diese Maßnahmen werden in einem erheblichen zeitlichen und finanziellen Umfang von den deutschen Anglern mitgetragen (DOROW et al. 2010).

Wichtige flankierende Maßnahmen in den Bewirtschaftungsplänen sind z. B. die Wiederherstellung der Längsdurchgängigkeit der Fließgewässer, die Einrichtung besserer Fischschutzmaßnahmen

an Kraftwerkseinläufen und Wasserentnahmestellen oder auch das temporäre Abschalten von Wasserkraftwerken während der Hauptwanderungszeiten der Blankaale.

Für das Einzugsgebiet der Ems und das dazugerechnete Westdeutsche Kanalsystem wurde ein eigener Bewirtschaftungsplan als Teil des gesamtdeutschen Managementplans erstellt. Der Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V. ist als Pächter der Fischereirechte im Westdeutschen Kanalsystem für die Umsetzung der Planungen mitverantwortlich.

In das Kanalsystem werden jährlich etwa 400 kg Farmaale ausgebracht. Das Kanalsystem ist trotz, oder gerade wegen seines technischen Ausbaus mit Blocksteinschüttungen, ein guter Lebensraum für Aale. Hier finden die Tiere aller Alters- und Größenklassen ausreichende Versteckmöglichkeiten und es gibt ein gutes Nahrungsvorkommen. Entsprechend konnten durch die Besatzmaßnahmen in den vergangenen Jahrzehnten sehr hohe Aaldichten aufgebaut werden.

Mit dem Rückgang aufsteigender Aale ergibt sich nun aber das Erfordernis, mit dem geringeren noch zur Verfügung stehenden Besatzmaterial möglichst sorgsam umzugehen. Ein Besatz mit Aalen sollte deshalb grundsätzlich nur in solchen Gewässern stattfinden und verstärkt werden, aus denen die Aale mit Eintreten der Geschlechtsreife auch relativ einfach und möglichst unbeschadet abwandern können. Nur dann lässt sich das Ziel einer nachhaltigen Steigerung der abwandernden, laichbereiten Aale erzielen.

Zwar gibt es im Kanalsystem und der einmündenden niedersächsischen Ems (bisher) keine Wasserkraftanlagen, in beiden Systemen existieren aber zur Gewährleistung der Schifffahrt zahlreiche Querbauwerke in Form von Wehren und Schleusen. Insbesondere die Passierbarkeit der Schleusen im Kanalsystem ist weitgehend ungeklärt. Durch Mitglieder der beim Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V. angeschlossenen Vereine sowie Mitarbeiter der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung wurde zwar darauf hingewiesen, dass bei Schleusenrevisionen oder Reparaturarbeiten oft Aale in beträchtlicher Menge in den trocken gefallenen Schleusen gefunden wurden. Auf Nachfrage wurde aber auch bestätigt, dass diese Beobachtungen bereits sehr lange zurück liegen und sich damit vermutlich auf Zeiten beziehen, in denen noch beträchtlich größere Aaldichten im Kanal vorhanden waren.

Aus diesem Grund hat der Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V. ein Forschungsvorhaben aus Mitteln des Europäischen Fischereifonds (EFF) ins Leben gerufen. In dem Pilotprojekt sollten folgende Fragen geklärt werden:

- Gelingt es laichbereiten Aalen, aus dem Westdeutschen Kanalsystem abzuwandern?
- Welche Routen werden bei einer Abwanderung genommen?
- Welchen Einfluss haben die Schleusen auf die Abwanderung?
- Wie sieht es mit dem Gesundheitszustand der Aale im Kanal aus?

2. Untersuchungsgebiet

2.1. Das Westdeutsche Kanalsystem

Das Westdeutsche Kanalsystem im engeren Sinne umfasst den Dortmund-Ems-Kanal (Abb. 1), den Wesel-Datteln-Kanal, den Rhein-Herne-Kanal und den Datteln-Hamm-Kanal. Nach Osten bestehen darüber hinaus über den Mittellandkanal und den Küstenkanal Anbindungen an die Weser und die Elbe. Damit verbindet das Westdeutsche Kanalsystem mehrere große Stromsysteme Deutschlands miteinander.

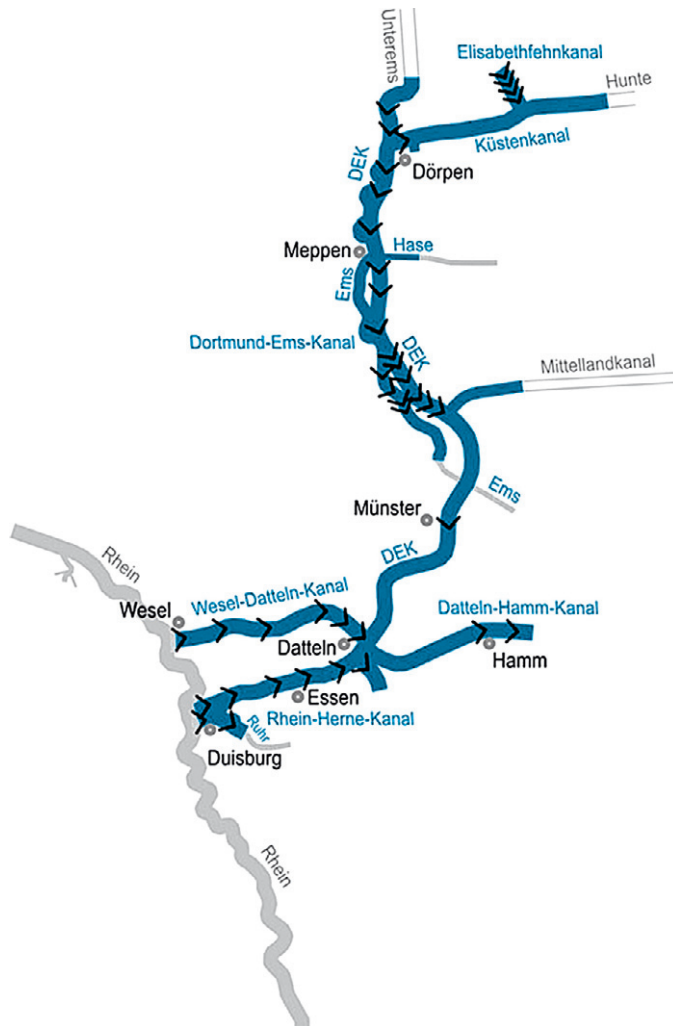


Abb. 1: Übersichtsdarstellung des Westdeutschen Kanalsystems (Quelle:WSV)

Bei einer Gesamtlänge von 223,45 km hat der Dortmund-Ems-Kanal 10 Kanalstufen und 5 Ems-Staufstufen, über die das natürliche Gefälle von der Scheitelhaltung bis zur Tide-Ems in Niedersachsen abgebaut wird. Das gesamte Bauwerk ist als künstlicher Kanal angelegt. Bis zum heutigen Tag sind weite Teilbereiche des Systems weiter ausgebaut oder auch erneuert worden (Abb. 2 + 3), um den Anforderungen neuer Schiffsgößen mit immer größeren Traglasten und der steigenden Zahl der Fahrzeuge gerecht zu werden.

Der Dortmund-Ems-Kanal als Hauptachse des Systems wurde 1899 nach einer Bauzeit von nur 7 Jahren in Betrieb genommen. Der Bau des Kanals ist eng mit der wirtschaftlichen Entwicklung des Ruhrgebietes und der steigenden Nachfrage nach Kohle und Erzen verbunden, die über das damals vorhandene Schienennetz der Bahn nicht mehr bedient werden konnte.



Abb. 2: Ausgebaute Kanalstrecke des Dortmund-Ems-Kanals mit Blocksteinen



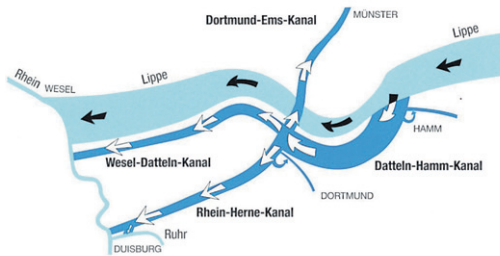
Abb. 3: Ausgebaute Kanalstrecke des Dortmund-Ems-Kanals mit Spundwänden

Die Scheitelhaltung, also der am höchsten gelegene Kanalabschnitt des Dortmund-Ems-Kanals, reicht von Herne bis Münster. Bei Glesesen in Niedersachsen fließen Dortmund-Ems-Kanal und Ems erstmals zusammen. Weiter nach Norden trennen sich Ems und Kanal immer wieder auf, so dass der Güterschiffverkehr teils im Emsfluss, teils in Kanalstrecken stattfindet.

Die Speisung des Kanalsystems erfolgt in der Regel mit Lippewasser über den Datteln-Hamm-Kanal, das im Bereich der Stadt Hamm oberhalb der Schleuse Hamm eingelassen wird. Allerdings kann vertraglich geregelt eine Wasserentnahme nur dann erfolgen, wenn der Abfluss der Lippe mehr als $10 \text{ m}^3/\text{s}$ beträgt. Unterhalb dieser Abflussmenge darf kein Wasser aus der Lippe entnommen werden. Bei sehr niedrigen Lippeabflüssen muss sogar Wasser aus dem Kanalsystem in die Lippe überführt werden, um den Mindestabfluss von $10 \text{ m}^3/\text{s}$ im Lippefluss unterhalb der Stadt Hamm zu gewährleisten. Zur Aufrechterhaltung der Kanalfunktion wird dann zunächst an der Schleuse Münster Wasser in die Scheitelhaltung zurückgepumpt. Reicht dieses nicht aus, wird ergänzend Wasser aus der Ruhr bzw. dem Rhein über den Rhein-Herne-Kanal und den Wesel-Datteln-Kanal in die Scheitelhaltung gepumpt. Hierfür gibt es an allen Schleusen (-gruppen) dieser beiden Kanäle Pumpwerke.

In großen Teilen des Kanalsystems kehren sich also mit den ändernden Abflussmengen der Lippe die Strömungsrichtungen um (Abb. 4).

Einspeisung von Lippewasser in das Kanalsystem bei Lippe-Abflüssen $> 10 \text{ m}^3/\text{s}$



Rückspeisung aus dem Kanalsystem in die Lippe bei Lippe-Abflüssen $< 10 \text{ m}^3/\text{s}$

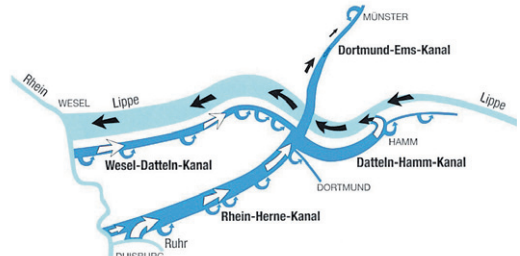


Abb. 4: Änderung der Strömungsrichtung im Kanalsystem in Abhängigkeit vom Lippeabfluss (Quelle: WSV)

Der Rhein-Herne-Kanal (Länge 45,4 km) und der Wesel-Datteln-Kanal (Länge 60 km) stellen die Verbindungsschienen zum Rhein dar. Der Gefälleabbau erfolgt über fünf (Rhein-Herne-Kanal) bzw. sechs (Wesel-Datteln-Kanal) Schleusenbauwerke. An den Schleusen beider Kanäle existieren Pumpwerksketten, die den Wasserverlust durch die Schleusen ausgleichen und zur Wasseranreicherung der Scheitelhaltung genutzt werden.

Im Dortmund-Ems-Kanal kann eine Abwanderung von Aalen über weite Strecken nur über die Schleusenbauwerke erfolgen. Erst unterhalb der Schleuse Gleesen in Niedersachsen ergibt sich ein weiterer Abstiegsweg über den streckenweise parallel fließenden Emsverlauf (vgl. Abb. 11). Damit ist der Abstieg von wanderungswilligen Aalen aber auch an die Betriebszeiten der Schleusen gebunden. In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 1) sind die Betriebszeiten der Schleusen für das Westdeutsche Kanalsystem zusammengefasst.

Mit Ausnahme der Schleuse Münster gibt es an allen Schleusen im Dortmund-Ems-Kanal zeitlich begrenzte Betriebszeiten. Vor allem in den Dämmerungs- und Nachtstunden zwischen 22:00 Uhr und 06:00 Uhr finden keine Schleusungen statt. Darüber hinaus sind die Betriebszeiten auch an den Wochenenden und an Feiertagen stark eingeschränkt.

Im Rhein-Herne-Kanal und Wesel-Datteln-Kanal sind dagegen alle Schleusen werktags von Montag um 06:00 Uhr bis Samstag um 22:00 Uhr in Betrieb. Zeiträume eingeschränkter Schleusungstätigkeit gibt es hier nur an Wochenenden und Feiertagen.

Tab. I: Reguläre Betriebszeiten der Schleusen im Westdeutschen Kanalsystem (Tage mit nicht durchgängigen Betriebszeiten sind farblich hervorgehoben)

	Schleuse	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
Dortmund-Ems-Kanal	Münster	06:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Bevergern	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Rodde	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Altenrheine	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Venhaus	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Hesselte	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Gleesen	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Varloh	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 14:00
	Meppen	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 14:00
	Hüntel	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 14:00
	Hilter	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 14:00
	Düthe	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 14:00
	Bollingerfähr	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 14:00
	Herbrum	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 22:00	06:00 - 14:00
Rhein-Herne-Kanal	Herne-Ost	06:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Wanne-Eickel	06:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Gelsenkirchen	06:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Oberhausen	06:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Duisburg-Meiderich	06:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 22:00	06:00 - 22:00
Wesel-Datteln-Kanal	Datteln	06:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Ahsen	06:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Flaesheim	06:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Dorsten	06:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Hünxe	06:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 22:00	06:00 - 22:00
	Friedrichsfeld	06:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 24:00	00:00 - 22:00	06:00 - 22:00

2.2. Die Ems

Die Ems hat eine Fließlänge von 351 Kilometern. Sie entspringt in Nordrhein-Westfalen im Gebiet der Senne in Ostwestfalen und mündet nahe Emden in Niedersachsen in den Dollart und die Nordsee.

Die Ems ist in Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen über weite Strecken begradigt und technisch ausgebaut (Abb. 5). Allerdings wurden in der jüngeren Vergangenheit an vielen Stellen Uferbefestigungen aufgehoben, Wehre geschliffen und größere Umgestaltungsmaßnahmen durchgeführt. Im Längsverlauf wird der Wasserabfluss der Ems durch zahlreiche Stauanlagen und Wehre geregelt. Gleichwohl gibt es bisher nur wenige Wasserkraftnutzungen, die sich auf nordrhein-westfälisches Gebiet beschränken, wie beispielsweise am Emswehr in Telgte (Abb. 6).

In Niedersachsen stand und steht die Nutzung der Stauanlagen im Emsfluss vornehmlich in Zusammenhang mit der Schiffbarkeit. Es gibt allerdings immer wieder Bestrebungen, an den vorhandenen Schleusenbauwerken Wasserkraftanlagen zu errichten. Bis nach Rheine ist die Ems Bundesschiffahrtsstraße.



Abb. 5: Ausgebaute und begradigte Ems zwischen Gütersloh und Warendorf



Abb. 6: Emswehr in Telgte mit Fischaufstiegsanlage

3. Methodik

3.1. Das VEMCO-Telemetriesystem

Für die Untersuchung des Abwanderungspotenzials von Aalen aus dem Verbundsystem von Ems und Westdeutschem Kanalsystem wurde ein Telemetriesystem der Firma VEMCO (Kanada) eingesetzt.

Das System besteht aus einem Netz autonomer Empfangsstationen (Receiver vom Typ VEMCO-VR2W, Abb. 7) und akustischen Sendern (Transmitter, Abb. 8), die den Versuchstieren, hier also (Blank-) Aalen, implantiert werden. Das System arbeitet auf einer festen Frequenz von 69 KHz.

Die Empfängereinheiten werden über eine Lithiumbatterie mit Strom versorgt. Unter idealen Bedingungen ist nach Herstellerangaben so ein autonomer Betrieb bis zu 15 Monaten möglich. Die Receiver selbst sind für den Unterwassereinsatz bis zu einer Tiefe von 500 m konzipiert. Der interne Speicher mit ca. 8 MB Kapazität erlaubt die Speicherung von bis zu 1.000.000 Einzelsignalen.



Abb. 7: VR2W-Receiver



Abb. 8: Eingesetzte VEMCO-Transmitter unterschiedlicher Größe

Jeder Transmitter besitzt eine spezifische Kennung, so dass jedes Versuchstier individuell markiert und angesprochen werden kann. Für die Untersuchung wurden zwei unterschiedliche Transmittergrößen (V9 und V13) eingesetzt. Diese besitzen abweichende Laufzeiten und sind entsprechend ihrer Größe und ihres Gewichts für verschiedene Versuchstiergrößen geeignet.

Da die Untersuchung der beiden Verbundsystemteile Kanal und Ems nacheinander stattfinden sollten, wurden die Sender in zwei Chargen vom Hersteller geliefert. Die für den Bereich des Kanalsystems eingeplanten Transmitter wurden im August 2012 geliefert, der Versand der Transmitter für die Ems erfolgte im Juli 2014. Bei der zweiten Liefercharge wurde die Laufzeit der größeren Transmitter (V13-1L) auf 818 Tage begrenzt, um Kollisionen mit anderen telemetrischen Untersuchungen im Emssystem und ggf. der Nordsee zu einem späteren Zeitpunkt vorzubeugen.

In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 2) sind die Spezifikationen der beiden Lieferchargen vergleichend dargestellt. Im Lieferzustand sind die Sender über einen seitlich angeklebten Magneten deaktiviert (Abb. 8). Durch Entfernen des Magneten erfolgt die Aktivierung entsprechend der vorgegebenen Programmierung.

Tab. 2: Spezifikationen der eingesetzten Transmitter

Liefer-Charge	Sender	Anzahl	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Gewicht in Luft [g]	Gewicht in Wasser [g]	erwartete Lebensdauer [d]
August 2012	V9-2L	108	9	29	4,7	2,9	406
	V13-1L	120	13	36	11	6	880
Juli 2014	V9-2L	145	9	29	4,7	2,9	651
	V13-1L	60	13	36	11	6	818

3.1.1. Funktionsweise

Jeder Transmitter sendet eine spezifische, kodierende Folge von akustischen Einzelsignalen aus. Zwischen diesen Signalfolgen („burst“) liegen Zeitintervalle von 60 bis 120 Sekunden („delay“). Erst durch diese Kombination aus Signalabfolge und Pausen lassen sich die oben beschriebenen Laufzeiten der aktiven Transmitter erzielen.

Gelangt ein Transmitter in die akustische Reichweite eines Receivers, so werden dessen Signale aufgezeichnet und entsprechend eines spezifischen Codes (Code-Map) entschlüsselt. Jede Registrierung enthält dann neben der spezifischen Sender-ID des Transmitters auch Datum und Uhrzeit der Registrierung.

Die auf den Receivern gespeicherten Daten können später über eine integrierte Bluetooth-Schnittstelle ausgelesen und an einen PC/Laptop gesendet werden. Hierzu dient die VEMCO-Software VUE, die die Einzeldaten der Receiver in einer Datenbank zusammenführt. Über die Software erfolgt auch die Analyse der Daten sowie die Initialisierung und Wartung der Receiver.

Zum Abruf der Daten von den Receivern müssen diese an die Wasseroberfläche gebracht werden (Abb. 10). Mittels eines Magnetschlüssels, der in eine Öffnung am Receiver eingeführt wird, wird die Verbindung aktiviert (Abb. 9).



Abb. 9: VR2W-Receiver mit Aktivator-schlüssel



Abb. 10: Datenübertragung an einen Rechner im Gelände

3.1.2. Range-Tests

Die Reichweite eines Schallsignals unter Wasser ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Neben der Wassertemperatur, der Wassertiefe und dem Salzgehalt beeinflussen auch mitgeführte Schwebstoffe und Sedimente die Empfangsqualität akustischer Signale. Auch Wasserpflanzenaufkommen und stark strukturierte Gewässeruntergründe können den Empfang verschlechtern. Massive Strukturen wie Spundwände können zu Störungen der Empfangsqualität führen. In Bereichen mit Brückenpfeilern oder Dalben kann es außerdem zu Abschattungen der Empfangseinheiten kommen.

Um die Eignung der vorausgewählten Receiverstationen zu überprüfen, wurden an allen Stationen Empfangstests (Range-Tests) durchgeführt. Hierzu wurde eine Empfängereinheit an dem jeweiligen Standort provisorisch fixiert. Anschließend konnte ein Testsender, in diesem Fall ein Sender mit kontinuierlicher Signalabstrahlung, mit dem Boot im Wasser in unterschiedlichen Entfernungen zum Empfänger bewegt werden. Während der Dauer des Tests wurde dann mit einem GPS-Gerät (GarminGPS Map 62s) die Fahrtroute aufgezeichnet.

An jedem Standort wurde der Empfangsradius bis max. 500 m ober- und unterhalb des Empfängerstandortes ermittelt, was in etwa der laut Hersteller maximal erreichbaren Empfangsreichweite entspricht. Nach Abschluss der Bootsfahrt wurden die Empfänger geborgen und die aufgezeichneten Signale ausgewertet. Über einen Abgleich der Zeitstempel der Einzelsignale auf den Empfängern mit den Zeitstempeln der Wegpunkte der aufgezeichneten Fahrtroute konnte dann die maximale Reichweite der Transmitter in den GPS-Karten ermittelt werden. Für alle eingerichteten Empfangsstationen konnten Reichweiten von 200 m und mehr ermittelt werden.

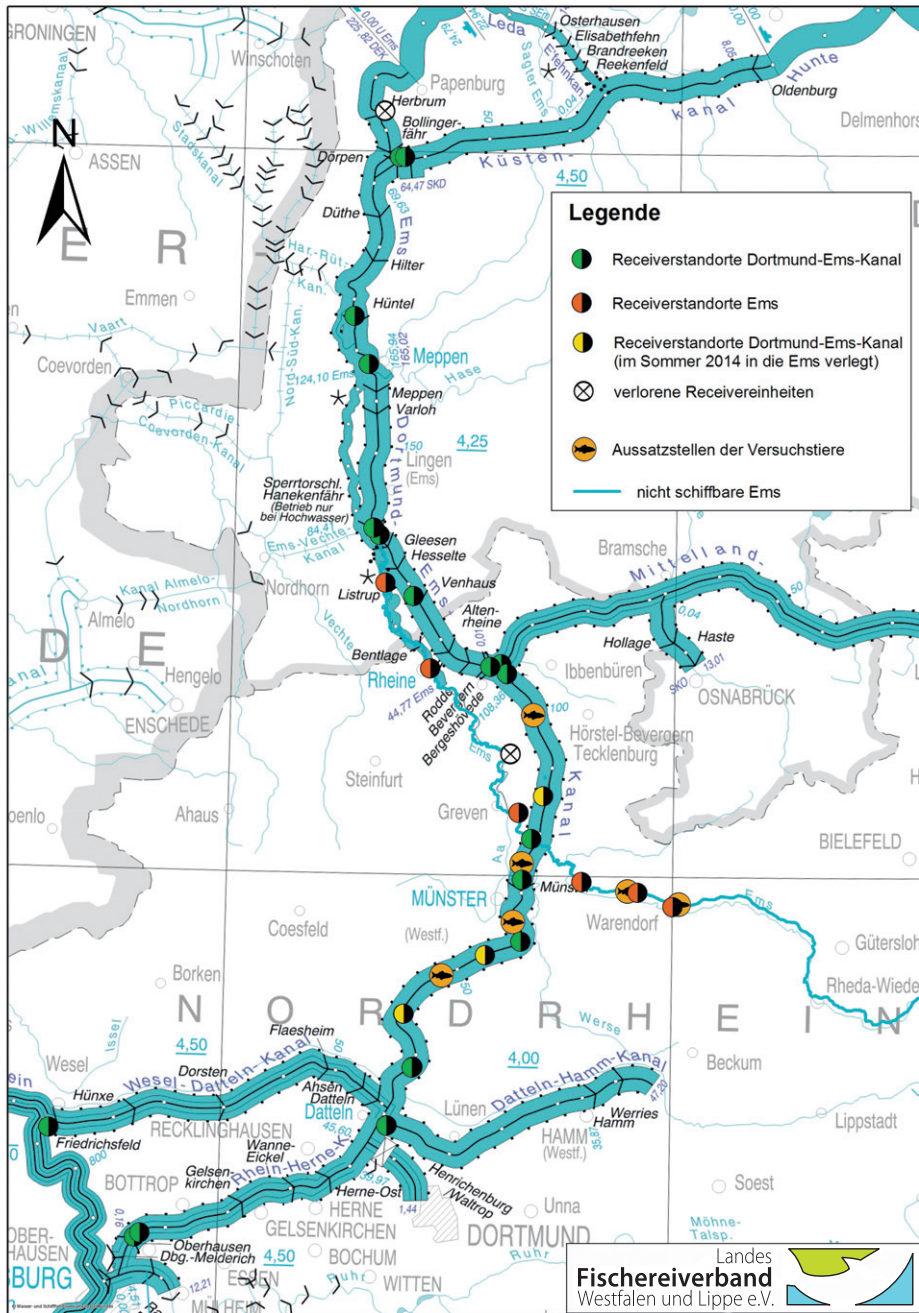


Abb. 11: Übersichtskarte des Untersuchungsraumes mit Darstellungen der Empfängerstationen und Besatzstellen der Versuchstiere im Westdeutschen Kanalsystem und der Ems (Quelle Kartengrundlage: WSV)

3.1.3. Messstellennetz und Montage der Receiver-Einheiten

Im Bereich des Westdeutschen Kanalsystems wurde bis zum Spätsommer 2012 ein Empfängernetz aus 20 Stationen mit insgesamt 25 Receivern eingerichtet. Für alle Stationen im Westdeutschen Kanalsystem und in der schiffbaren Ems wurden mit der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes intensive Abstimmungen durchgeführt. Entsprechend der Zuständigkeiten der nachgeordneten Wasser- und Schifffahrtsämter wurden hierzu für jede Station Anträge auf strom- und schiffahrtspolizeiliche Genehmigung gestellt. Neben den Beschreibungen der standortspezifischen Installationsanforderungen wurden für jeden Standort im geografischen Informationssystem (ESRI ArcGIS for Desktop) Übersichts- und Detailkarten angefertigt, die Bestandteil der Genehmigungen wurden.

Mit Ausnahme der Empfängerstation in Herbrum (Unterems, Niedersachsen) wurden alle Stationen bis zum Sommer 2014 nahezu durchgehend betrieben. Danach erfolgte eine Verlagerung der Untersuchung auf die Ems, womit eine Verlegung einiger Receiver aus dem Kanalsystem in die Ems nötig wurde.

Da im Kanalsystem selbst zum Zeitpunkt der Verlegung aber noch zahlreiche Versuchstiere mit aktiven Sendern präsent waren, wurde das Empfängernetz dort über weite Bereiche weiter betrieben, speziell in den Peripherieabschnitten, von wo aus ein Übergang in den Rhein oder die angeschlossenen östlich weisenden Kanalverbindungen möglich ist. In der Karte (Abb. 11) ist die Verteilung der Receiver im Untersuchungsgebiet vom Westdeutschen Kanalsystem und der Ems dargestellt.

Die Montage der Receiver an den Empfängerstationen orientierte sich an den örtlichen Gegebenheiten und verfügbaren technischen Einrichtungen und wurde eng mit den Mitarbeitern der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung abgestimmt.

An den meisten Stellen im Kanalsystem und der unteren Ems wurden für die Installation vorhandene Markierungstonnen (Bojen) genutzt. An den Unterseiten haben diese Standardtonnen seitlich eine Aufnahme, an denen mittels Schäkeln verzinkte Drahtseile angeschlagen werden konnten. Zur Fixierung der Montage am Grund wurden dann Beton-Bauzaunfüße mit einem Gewicht von ca. 36 Kilogramm eingesetzt.

Die Befestigung der VEMCO-Receiver am Stahlseil wurde in einem Abstand von etwa 1 Meter über dem Grund mithilfe von zwei großen schraubbaren Schlauchklemmen aus Edelstahl durchgeführt, ergänzt durch zwei stabile Kabelbinder. Alle Montagen wurden mit etwas Spiel installiert, damit durch die Schifffahrt verursachte Wasserspiegelschwankungen ausgeglichen werden können und die mechanische Belastung minimiert wird. Da für die Empfangsqualität die senkrechte Ausrichtung der Receiver mit nach oben ausgerichtetem Hydrophon im Wasser günstig ist, wurde am Stahlseil etwa 50 cm oberhalb des Receivers jeweils ein Auftriebskörper (Schwimmer) angeschlagen (Abb. 12).

Im Winter 2012/2013 mussten bedingt durch Eisgang in der Nordstrecke des Dortmund-Ems-Kanals von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung einige als Fixierungspunkte genutzte Schifffahrtstonnen mitsamt der Receiver aus dem Kanal genommen werden. Diese Receiverstandorte konnten nach Ende der strengen Frostlage und Abnahme des Eisgangs wieder reaktiviert werden. Weitere temporäre Demontagen ergaben sich aus dem Verlust der Receiver durch Materialermüdung der Installationseinrichtungen (Tab. 3).

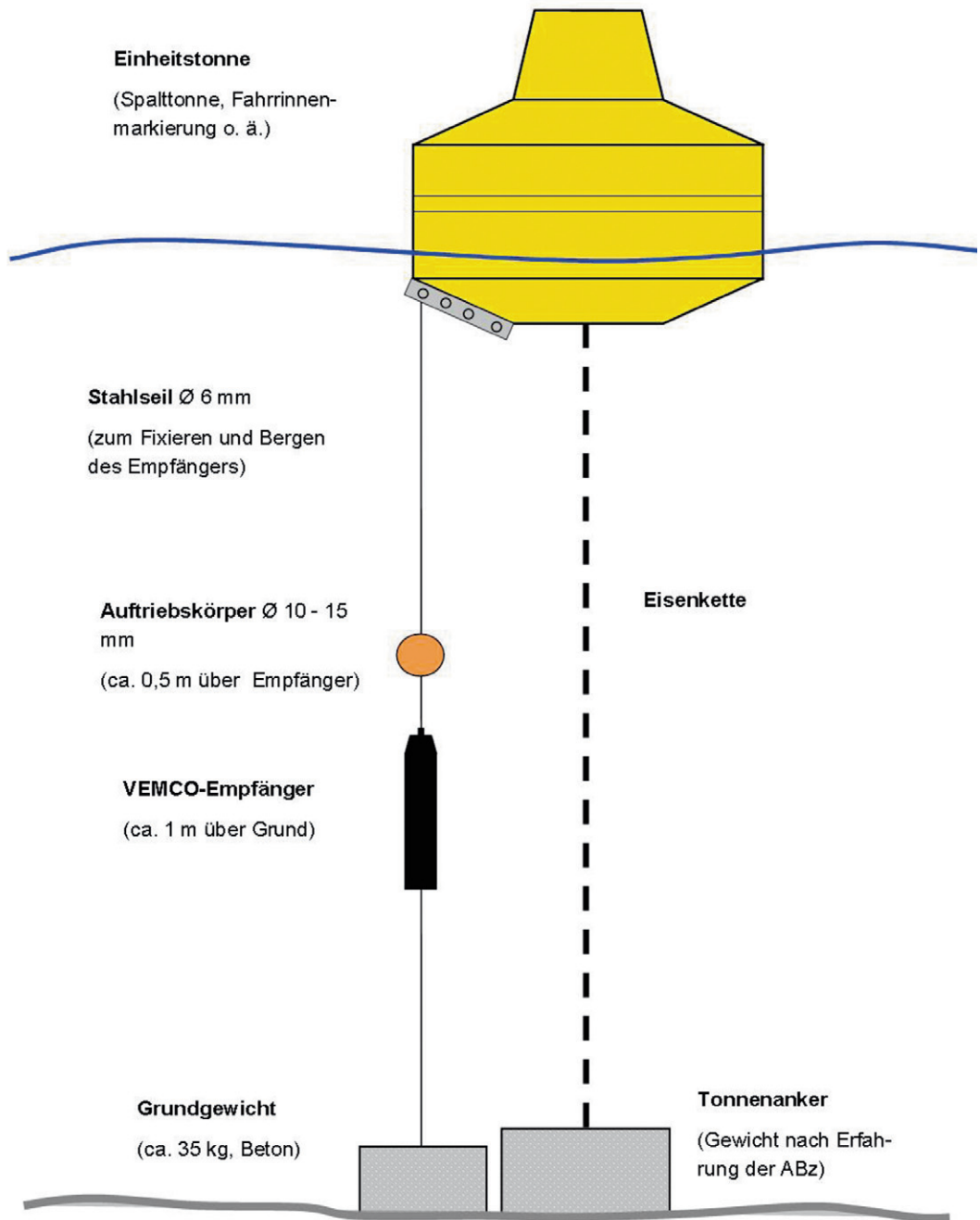


Abb. 12: Schematische Darstellung einer Standardmontage eines Receivers an einer Schifffahrtstone

Tab. 3: Ausfallzeiten von Receivern durch Eisgang und Montagebruch

Receiverstandort	Grund	Deinstallation/ Herausnahme	Neuinstallation	Ausfalldauer in Tagen
Wendebecken Schmedehausen	Eisgang	29.01.2013	07.02.2013	9
Schleuse Venhaus	Eisgang	23.01.2013	04.03.2013	40
Schleuse Bevergern	Eisgang	23.01.2013	04.03.2013	40
Alte Fahrt Olfen	Bruch Trägersystem	28.04.2014	05.05.2014	7
Gelmer	Bruch Trägersystem	25.06.2014	27.06.2014	2
Schleuse Münster	Bruch Trägersystem	18.08.2014	22.08.2014	4

3.2. Herkunft der Versuchstiere

Für die Auswahl der Versuchstiere waren einige grundlegende Kriterien zu erfüllen:

- Alle für die Besenderung gewählten Tiere sollten sich in einem ausreichenden Reifestadium (Blankaale oder Übergangsformen) befinden, das eine gerichtete Laichwanderung der Tiere im Rahmen der Projekt- bzw. Transmitterlaufzeit erwarten lässt.
- Die Versuchstiere für die beiden Teilansätze (Überprüfung der Wanderung innerhalb des Westdeutschen Kanalsystems vs. Wanderung im Emsfluss) sollten aus den entsprechenden Gewässern bzw. Gewässersystemen stammen.
- Die Versuchstiere mussten ein Mindestgewicht von 300 Gramm für die kleineren Transmitter (V9) bzw. 600 Gramm für die größeren Transmitter (V13) aufweisen. Hierdurch sollte sichergestellt werden, dass es durch die Implantation nach geltenden Erfahrungswerten nicht zu Verhaltensänderungen durch die implantierten Transmitter bei den Versuchstieren kommt.

Wegen der sicheren Bestimmung des Reifegrades und ausreichenden Größe der Versuchstiere für die Besenderung wurden nur weibliche Blankaale mit einer Körperlänge ab etwa 50 cm verwendet. Nachfolgend sind die Körperlängenfrequenzen für die Versuchstiere der Ems und des Kanalsystems vergleichend dargestellt (Abb. 13).

3.2.1. Elektrofischerei

In den Kanälen des Westdeutschen Kanalsystems konnte eine Beschaffung von Versuchstieren nur über den Einsatz von Elektrofischerei erfolgen. Die Nutzung von Reusen oder Hamen ist wegen der starken Frequentierung durch die Berufs- und Freizeitschiffahrt und einer möglichen Beeinträchtigung oder Gefährdung des Schiffsverkehrs nicht möglich.

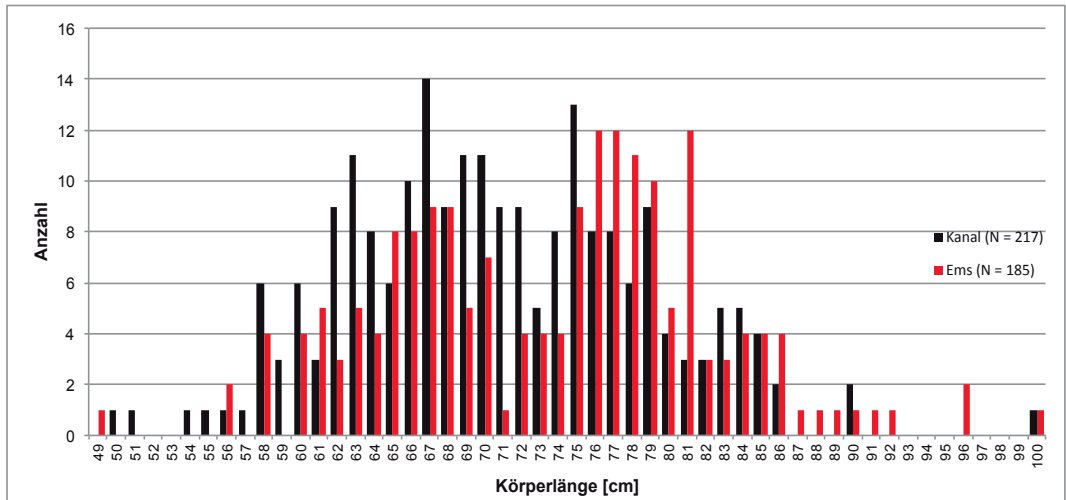


Abb. 13: Vergleichende Darstellung der Körperlängenfrequenzen der Versuchstiere in der Ems und im Westdeutschen Kanalsystem

Für die Elektrofischerei wurde ein stationäres Elektrofischereigerät vom Typ EFKO FEG 8000 in einem Aluminium-Arbeitsboot (Barro RTB 450 BKL) mit Außenborder aufgebaut (Abb. 14). Das Arbeitsboot wurde eigens für das Projekt angeschafft und den Anforderungen für die geplanten Arbeiten auf den Bundesschiffahrtsstraßen angepasst. Die Bugklappe ermöglicht ein einfaches Be- und Entladen. Durch den flachen Rumpf liegt das Boot auch bei einseitiger Beladung stabil im Wasser. Der rechtsseitig montierte Steuerstand erlaubt dem Bootsführer eine exakte Führung an der Uferlinie. Das Boot ist mit Positionsleuchten ausgestattet, so dass auch Fahrten bei schlechter Sicht und in der Dämmerung bei einer begleitenden Berufsschiffahrt möglich sind. Durch das recht hohe Gewicht und die Abmessungen kann das Arbeitsboot nur an speziellen Slipstellen zu Wasser gelassen werden.

Die Befischung erfolgte in sehr langsamer Fahrt entlang der Uferlinien mit einer Streifenanode. Alle Fische im Wirkungsfeld der Elektrode wurden mit einem nicht-elektrifizierten Kescher entnommen und in Hälterungsgefäße an Bord überführt (Abb. 15). In regelmäßigen Abständen wurden die Fänge ausgezählt und es erfolgte eine Vorsortierung der Aale. Letztere wurden dann in separaten Gefäßen im Boot gehältert. Während der Hälterung an Bord wurde das Wasser in den Hälterungsgefäßen regelmäßig gewechselt. In Abhängigkeit von der Aaldichte in den Hältergefäßen sowie vorherrschender Temperaturbedingungen wurde eine zusätzliche Belüftung mittels einer Aquariumpumpe installiert.

Neben den Aalen wurden alle weiteren gefangenen Fische protokolliert. Dabei wurde jeder Fisch entsprechend den Anforderungen des Fischartenkatasters FischInfo NRW Körperlängenklassen zugeordnet. Alle Fangdaten wurden anschließend in das FischInfo NRW eingeben und an das LANUV NRW übermittelt.



Abb. 14: Arbeitsboot mit installierter Elektrofischereieinrichtung



Abb. 15: gefangene Aale im Hälterungsgefäß

Über den gesamten Untersuchungszeitraum wurden 43 Streckenbefischungen an 16 verschiedenen Abschnitten des Dortmund-Ems-Kanals, des Datteln-Hamm-Kanals und des Wesel-Datteln-Kanals durchgeführt. Die Länge der Befischungstrecken variierte zwischen den Einzelstrecken und zum Teil auch zwischen den Befischungsterminen. Insgesamt beläuft sich die beprobte Kanalstrecke auf mehr als 62 Kilometer.

3.2.2. Reusen-/Hamenfänge

Durch die guten Fangerfolge in den Kanälen wurde auch in der Ems zunächst auf die Beschaffung von Versuchstieren mittels Elektrofischerei gesetzt. Hier war trotz erheblichem Befischungsaufwand durch die geringe vorhandene Aaldichte allerdings keine ausreichende Menge an Blankaalen zu beschaffen. Abweichend zu den Befischungen im Kanalsystem wurde wegen der schlechten Zugänglichkeit der Ufer ein leichteres Aluminiumboot bei den Befischungen eingesetzt, ausgerüstet mit einem stationären Elektrofischereigerät vom Typ EFKO FEG 5000. In der Regel wurde in der Ems mit einem elektrifizierten Kescher (Fanganode) gefischt und auf den Einsatz einer Streifenanode verzichtet. Dieses war nötig, da an den strukturreicheren Uferlinien immer wieder überhängende Ufergehölze vorhanden sind, die den Einsatz der Streifenanode erheblich behinderten.

Auch der versuchsweise Einsatz mehrerer Aalreusen in der mittleren Ems lieferte keine geeigneten Tiere im Blankaalstadium. Über eine mehrwöchige Versuchsphase konnten nur wenige, kleinere Gelbaale gefangen werden. Deshalb wurde für die Versuchstiere, die in der Ems besetzt wurden, maßgeblich auf Hamenfänge von (Nebenerwerbs-) Fischern in der Unterems in Niedersachsen sowie auf Fänge des Schokkerfischers Rudi Hell aus dem Rhein zurückgegriffen.

Eine Vergleichsgruppe von 34 Blankaalen aus Hamen- bzw. Schokkerfängen wurde Ende des Jahres 2014 in die Scheitelhaltung im Westdeutschen Kanalsystem eingebracht (vgl. Abb. 11). Hiermit sollte die Frage beantwortet werden, ob sich die bisher festgestellten, zumeist ungerichteten Wanderbewegungen der Versuchstiere im Kanalsystem auf einen mangelnden Wandertrieb der mit der Elektrofischerei beschafften Tiere zurückführen lässt.

3.3. Implantation der Sender bei den Versuchstieren

3.3.1. Tierversuchsgenehmigung

Nach § 8 Tierschutzgesetz (TierSchG) ist für Eingriffe an Wirbeltieren eine Tierversuchsgenehmigung erforderlich. Für die Durchführung der Implantation der Transmitter bei den Blankaalen wurde am 19.03.2012 ein Antrag auf Erteilung der Genehmigung gestellt. Die Genehmigung zur Durchführung des Tierversuchs erfolgte am 13.06.2012 durch das LANUV NRW, FB 84 (Az. 84-02.04.2012.A100).

Während der Projektdurchführung ergab sich mehrfach die Erfordernis zur Anpassung der erteilten Genehmigung in Bezug auf Verlängerungen der Projektlaufzeit und Änderungen der Versuchstierzahlen.

Die Durchführung des Tierversuches wurde durch das zuständige Veterinäramt der Stadt Münster überwacht. Im Rahmen dieser Überwachung erfolgten mehrfach Kontrollen der Hältereinrichtungen für die Versuchstiere am Standort des LFV Westfalen und Lippe e.V. in Münster. In jährlichem Turnus musste die Zahl der verwendeten Versuchstiere an die Behörde gemeldet werden und gingen dann in die Landesstatistik zur Dokumentation ein.

3.3.2. Hälterung der Versuchstiere

Der Transport der potenziellen Versuchstiere zur Hältereinrichtung auf dem Gelände des LFV Westfalen und Lippe erfolgte in belüfteten Transportgefäßen.

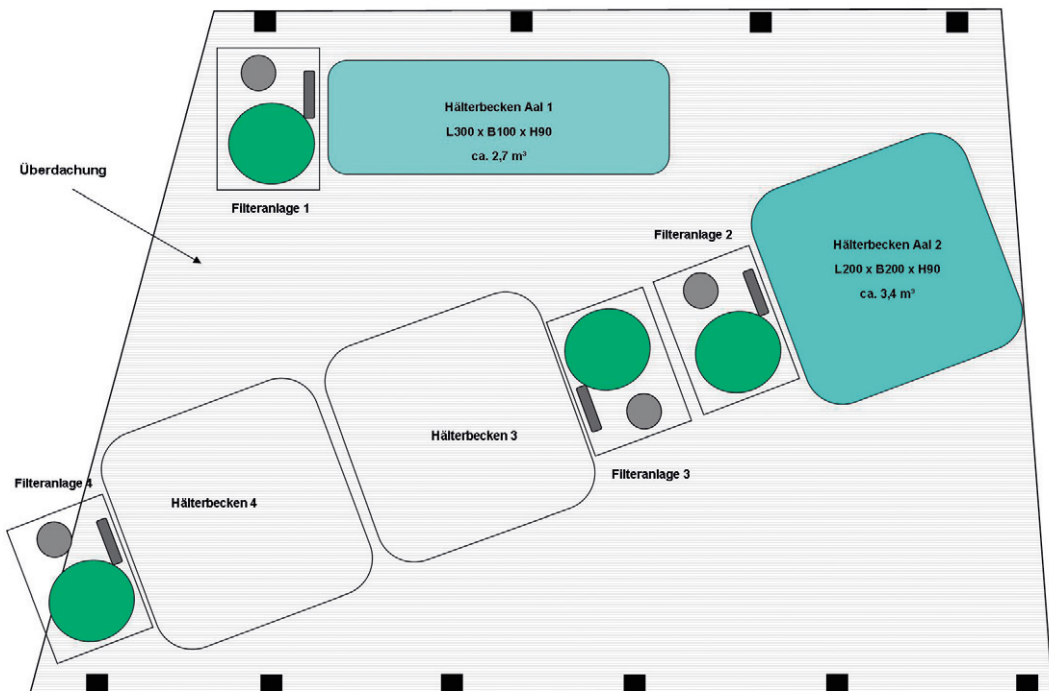


Abb. 16: Schematische Darstellung der Hältereinrichtung auf dem Gelände des LFV Westfalen und Lippe e.V.



Abb. 17: Aale in der Versuchstierhaltung



Abb. 18: Hälterungsanlage für Fische beim LFV Westfalen und Lippe e.V. in Münster

Nach einer Akklimatisierung wurden die Aale auf zwei Hälterbecken verteilt und die Zahl der Tiere und deren Verteilung in einem Tierbestandsbuch dokumentiert. Die beiden Hälterbecken (Abb. 16) haben ein Volumen von 2,7 m³ (Langstrombecken, Becken 1) und 3,4 m³ (Rundstrombecken, Becken 2) und sind jeweils mit einem Bead-Filterssystem, Heizung und UV-Behandlung ausgerüstet (Abb. 18). Die gesamte Hälterungsanlage ist überdacht und damit beschattet.

In den Hälterbecken wurden den Aalen Versteckmöglichkeiten in Form schwarzer Speisskübel mit Einschlupflöchern angeboten (Abb. 17). Während der gesamten Hälterungsphasen wurden die chemisch-physikalischen Wasserparameter (Sauerstoffgehalt, Temperatur, pH und Leitfähigkeit) regelmäßig gemessen und protokolliert.

Die Hälterung der Versuchstiere wurde durch das Veterinäramt der Stadt Münster genehmigt (AZ 39.32.7.1) und durch regelmäßige Ortstermine sowie die Führung eines Tierbestandsbuches überwacht.

3.3.3. Operativer Eingriff

Im Projektverlauf wurden insgesamt 436 Blankaalen akustischen Transmitter implantiert. Die um 3 Tiere höhere Zahl an markierten Tieren (vgl. Tab. 2) im Vergleich zur Zahl beschaffter Transmitter ergibt sich aus der Tatsache, dass im Projektverlauf mehrere Versuchstiere durch Angler und Nebenerwerbsfischer gefangen wurden. Die Sender dieser Meldungen wurden bei einer ausreichenden Restlaufzeit für weitere Markierungen eingesetzt.

Der Zeitraum der Markierungen erstreckte sich für den Bereich des Kanalsystems zwischen dem 30.10.2012 und dem 25.10.2013. Zusätzlich wurde im Kanalsystem zum Ende des Jahres 2014 noch eine Kontrollgruppe von 34 Tieren aus den Hamen- und Schokkerfängen eingebracht. Die Markierung dieser Tiere erfolgte im Zeitraum 26.11. bis 12.12.2014.

Markierungen der 185 Versuchstiere für den Besatz in der Ems wurden zwischen dem 26.09.2014 und dem 29.04.2015 durchgeführt.



Abb. 19: Messung des Augendurchmessers mittels Schiebelehre



Abb. 20: Narkotisierter Aal auf dem Operationstisch

Zur Bestimmung des Reifegrades der Versuchstiere wurden mehrere Parameter erfasst (vgl. DURIF et al. 2009). Neben der Färbung der Tiere wurden der vertikale und horizontale Augendurchmesser (Abb. 19) sowie die Länge der Brustflossen mittels einer Schiebelehre bei einer Genauigkeit von 0,1 mm bestimmt. Das Gewicht und die Länge jedes Tieres wurden erfasst. Auf Basis der Messergebnisse konnte dann eine Berechnung spezifischer Indices zur Beschreibung des Reifestatus erfolgen. Berechnet wurde neben dem Okularindex nach PANKHURST 1982 (OI) auch der Flossenindex der Brust-/Pektoralflosse (IF) gemäß nachstehender Formeln:

$$OI = (((DH+DV)/4)^2/LT [mm]*100)$$

DH = horizontaler Augendurchmesser
DV = vertikaler Augendurchmesser
LT = Totallänge

$$IF = (LPF: LT)*100$$

LPF = Länge der Brustflosse (pectoral fin)

Nach Feststellung der Eignung für eine Markierung wurden die Versuchstiere einzeln in ein belüftetes Betäubungsbad überführt und narkotisiert. Als Narkosemittel wurde Tricain (Handelsname: 3-Aminobenzoic acid ethyl ester-methanesulfonate; Synonyme: Tricainmethansulfonat, MS222) eingesetzt.

Die Konzentrationen der eingesetzten Narkosebäder variierten zwischen 150 und 250 mg/l in Abhängigkeit von der Wassertemperatur in den Hälterungsbecken. Bei niedrigeren Temperaturen ist durch den verringerten Stoffwechsel der Versuchstiere eine höhere Dosierung notwendig gewesen, um eine rasche und ausreichend tiefe Narkose zu erreichen (GEIGER 2007). Auf eine Pufferung der Betäubungsbäder konnte wegen der hohen natürlichen Pufferkapazität des Wassers in den Hälterungsanlagen verzichtet werden, es wurden nur marginale pH-Wertänderungen nach Zugabe des Narkotikums gemessen.

Für die Implantation der Sender wurden die Versuchstiere im narkotisierten Zustand in eine Aufnahmerinne gelegt. Diese bestand aus einem Aluminiumwinkel, auf dem eine benetzte Schaumstoffauflage angebracht war. Der Kopf lag während der Operation in einem Wasserbad mit einer verdünnten Betäubungslösung (Abb. 20). Zur Implantation wurde die Bauchhöhle ventral mit einem

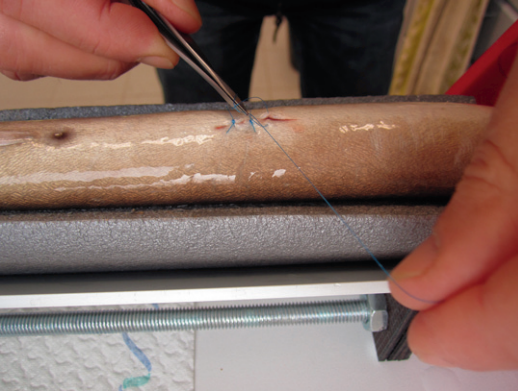


Abb. 21: Vernähen der Operationswunde nach der Implantation



Abb. 22: verschlossene Operationswunde

2 bis 3 cm langen Skalpellchnitt geöffnet. Nach dem Einschleiben der Transmitter wurde die Wunde mit zwei bis vier Einzelnähten aus monofilem Nahtmaterial (sterile Nadel-Faden-Kombination Typ ETHICON Prolene 5-0, P-3) verschlossen (Abb. 21 und 22), das als besonders geeignet für den Einsatz bei Fischen beschrieben wird (THORSTAD et al. 2013, BARAS & JEANDRAIN 1998).

Nach Durchführung der operativen Eingriffe und dem Verschluss der Wunden wurden die Versuchstiere sofort in belüftete Hälterungsgefäße mit frischem Wasser überführt. Ferner wurden der Kiemenraum mittels Einmal-Plastikpipetten eine Zeitlang gespült, um verbliebene Narkoselösung zu entfernen und das Aufwachen aus der Narkosephase zu beschleunigen.

3.3.4. Zusatzmarkierung

Da nach Erfahrungen anderer Bearbeiter die Operationsnähte teilweise schnell und fast unsichtbar verheilen, wurden die operierten Tiere zusätzlich mit einer Farbmarkierung versehen (vgl. SIMON 2007 und IMBERT et al. 2007). Diese Farbmarkierung besteht aus einem farbigen Silikon (Visibel Implant Elastomer, VIE), das mittels einer Spritze unter die Haut eingebracht wird (Abb. 23 und 24). Hierbei wurde mit den Farben Orange und Pink solche Farben gewählt, die auch bei stärkerer Pigmentierung der Haut auf der Ventralseite der Aale noch gut erkennbar sind. Lieferant für VIE-Tags ist die Firma NMT INC - Northwest Marine Technology in den USA.

3.3.5. Aussatzstellen

Die markierten Versuchstiere wurden im Kanalsystem an vier verschiedenen Stellen im Bereich der Scheitelhaltung und nördlich der Schleuse Münster ausgebracht (vgl. Abb. 11). Ausschlaggebend hierfür war einerseits, dass durch eine Verteilung eine bessere Dispersion der Tiere im System stattfinden sollte. Andererseits sollte die Verteilung auch die Möglichkeit schaffen, ggf. auftretende Unter-



Abb. 23: Applikation einer Zusatzmarkierung mit VIE-Tag

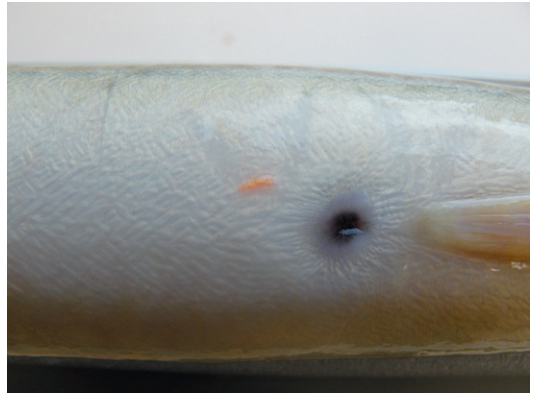


Abb. 24: VIE-Tag auf der Bauchseite nahe der Afteröffnung

schiede im Migrationsverhalten von Versuchstieren in verschiedenen Kanalabschnitten (Scheitelhaltung oder gefällebeeinflusste Kanalstrecken) aufzuklären.

Auch an der Ems wurden die Versuchstiere an zwei weiter auseinander gelegenen Besatzstellen (Warendorf und Eien) ausgebracht. Dieses sollte wiederum eine gleichmäßigere Verteilung gewährleisten, gleichzeitig sollte aber auch eine Risikominimierung stattfinden. Denkbar ist es beispielsweise, dass durch einen besonders hohen Prädationsdruck (z. B. durch Kormorane) an nur einer Aussatzstelle extrem viele Versuchstiere verloren gehen.

3.4. Gesundheitszustand

Für die Bewertung der Qualität der Aalpopulation im Westdeutschen Kanalsystem ist auch der allgemeine Gesundheitszustand wichtig. Um hierzu detailliertere Informationen zu erhalten, wurden in Absprache mit dem LANUV NRW während der Befischungen zur Beschaffung von Versuchstieren für die telemetrischen Versuchsansätze 31 Aale im Gelb- und Blankaalstadium aus verschiedenen Teilen des Kanalsystems entnommen. Die Laboranalysen umfassten klinische, parasitologische, bakteriologische, molekularbiologische und virologische (HVA) Untersuchungen.

Die Tiere wurden in Abhängigkeit der verfügbaren Kapazitäten zur Probenbearbeitung in Teilchargen an das LANUV NRW (Fischgesundheitsdienst, Albaum) lebend übergeben (Tab. 4).

Tab. 4: Übersicht der an den Fischgesundheitsdienst des LANUV übergebenen Aale aus dem Kanalsystem

Übergabe von Aalen an das LANUV NRW	Fangdatum	Anzahl Tiere	Herkunft
12.06.2013	10.06.2013	7	Dortmund-Ems-Kanal (Probestelle FischInfo: lip-04-80)
10.11.2013	07.10.2013	11	Dortmund-Ems-Kanal (Probestelle FischInfo: ems-01-89)
10.11.2013	08.10.2013	5	Dortmund-Ems-Kanal (Probestelle Fisch Info: ems-03-67)
27.11.2014	25.11.2014	8	Dortmund-Ems-Kanal (Probestelle Fisch Info: ems-09-48)

Begleitend zu den Befischungen im Kanalsystem und im Rahmen der Behandlung der Versuchstiere wurden auch eigene, visuelle Beobachtungen zum Gesundheitsstatus dokumentiert.

Tab. 5: Nachgewiesene Artenspektren auf Basis unterschiedlicher Untersuchungen des Dortmund-Ems-Kanals

Fischart	Daten dieser Studie	Niepagenkemper 1998	Niepagenkemper 2004
Flussbarsch	+	+	+
Schwarzmaulgrundel	+		
Aal	+	+	+
Rotauge	+	+	+
Kesslergrundel	+		
Kaulbarsch	+	+	+
Marmorgrundel	+		
Rapfen	+		+
Ukelei	+	+	+
Aland	+		
Zander	+	+	+
Hasel	+		
Rotfeder	+	+	+
Döbel	+	+	
Gründling	+		
Brasse	+	+	+
Karpfen	+		+
Schleie	+		+
Giebel	+		
Güster	+	+	
Hecht	+		
Karausche	+		
Dreistachliger Stichling		+	
Bachforelle			+
Artenzahl	22	11	12

4. Ergebnisse

4.1. Ergebnisse der Elektrofischerei

4.1.1. Artenspektrum

Die Gesamtzahl der mittels Elektrofischerei gefangenen Fische über alle Probestrecken und Untersuchungstermine beläuft sich auf 14.248 Tiere. Davon waren 1.169 Aale (8,2 %). Über die durchgeführten Befischungen konnten 22 Fischarten im Kanalsystem nachgewiesen werden. Im Vergleich zu früheren Untersuchungen von NIEPAGENKEMPER (1998 und 2004) im Dortmund-Ems-Kanal ergibt sich durch die vorliegenden Datenerhebungen eine Erweiterung des bekannten Artenspektrums (Tab. 5). Lediglich die beiden Arten Dreistachliger Stichling und Bachforelle wurden in den Befischungen dieser Untersuchung nicht gefangen. Dagegen lieferten die aktuelleren Elektrobefischungen Nachweise der allochthonen Grundelarten Schwarzmaulgrundel, Kesslergrundel und Marmorgrundel sowie der Cypriniden Gründling, Aland, Hasel, Giebel und Karausche. Ferner wurden einige Hechte im Bereich der Alten Fahrten gefangen.

Die Anzahl der nachgewiesenen Fischarten bei den Befischungen dieser Untersuchung variierten sehr stark nach Standort und Befischungstermin (Abb. 25). Im Vergleich ergibt sich hierbei folgendes Bild: In den Alten Fahrten war die Zahl der Arten durchschnittlich höher. Gleichzeitig konnten in den wärmeren Monaten in der Regel mehr Fischarten bei den Befischungen nachgewiesen werden.

Betrachtet man die Zusammensetzung der Fischarten in den beiden Teilhabitaten des Kanalsystems auf Basis der relativen Anteile im Gesamtfang (Abb. 26), so fallen speziell für zwei Fischarten Unterschiede auf:

Schwarzmaulgrundeln wurden im Bereich der Fahrten des Kanals deutlich häufiger gefangen als in den Alten Fahrten. Dem gegenüber steht ein umgekehrtes Bild beim Rotauge, welches in den Fängen der Alten Fahrten relativ häufiger war.

Auch die Fischarten Zander, Ukelei und Flussbarsch waren in den Alten Fahrten vergleichsweise häufiger vertreten, von den Arten Giebel, Güster, Hecht und Karausche gelangen Nachweise sogar nur in den Strecken der Alten Fahrten. Mit Ausnahme des Hechtes sind diese Daten aber wenig belastbar, da von den Arten Giebel, Güster und Karausche nur jeweils ein bis sehr wenige Exemplare gefangen wurden.

In allen befischten Probestrecken des Kanalsystems konnten Grundelarten nachgewiesen werden, zum Teil in stark bestandsdominierenden Mengen. Die Einwanderung dieser nicht einheimischen (invasiven) Grundelarten in das Westdeutsche Kanalsystem erfolgte über den Rhein-Herne-Kanal und den Wesel-Datteln-Kanal aus dem Rheinstrom (vgl. BORCHERDING & GERTZEN 2016). Der bei weitem höchste Grundelanteil wurde im Wesel-Datteln-Kanal nahe der Rheinmündung festgestellt. Hier machten, bezogen auf den Gesamtfang, die drei Grundelarten Marmorgrundel, Schwarzmaulgrundel und Kesslergrundel ca. 85 % der Individuenzahl aus (Abb. 27). Die dominierende Art war hier die Schwarzmaulgrundel. Weiter Richtung Nordosten sind im Kanalsystem durchweg geringere relative Grundeldichten ermittelt worden. Hier war dann aber häufig die weniger konkurrenzstarke Marmorgrundel die häufigste der drei Grundelarten.

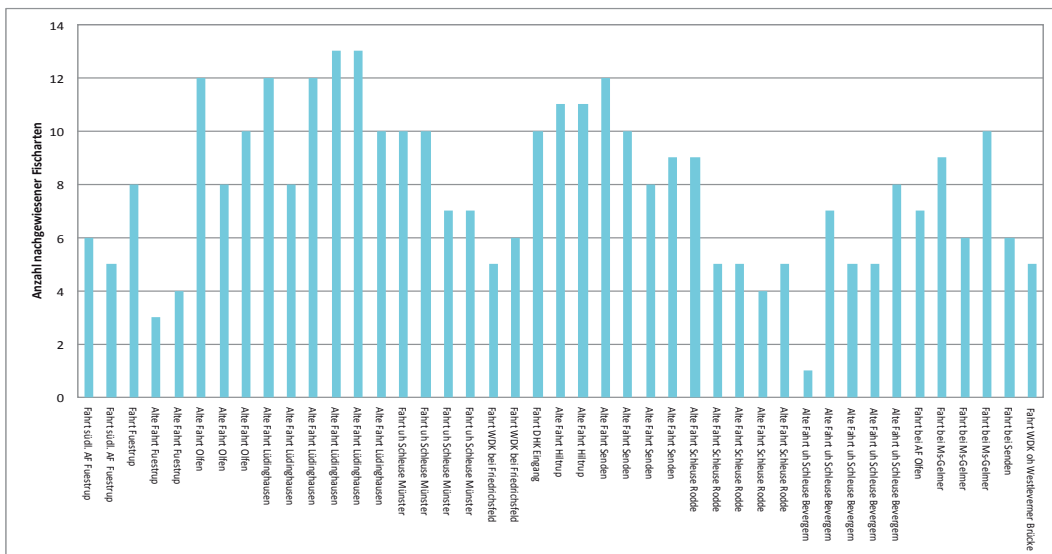


Abb. 25: Absolute Zahl nachgewiesener Fischarten an den Einzelterminen aller untersuchten Probestrecken

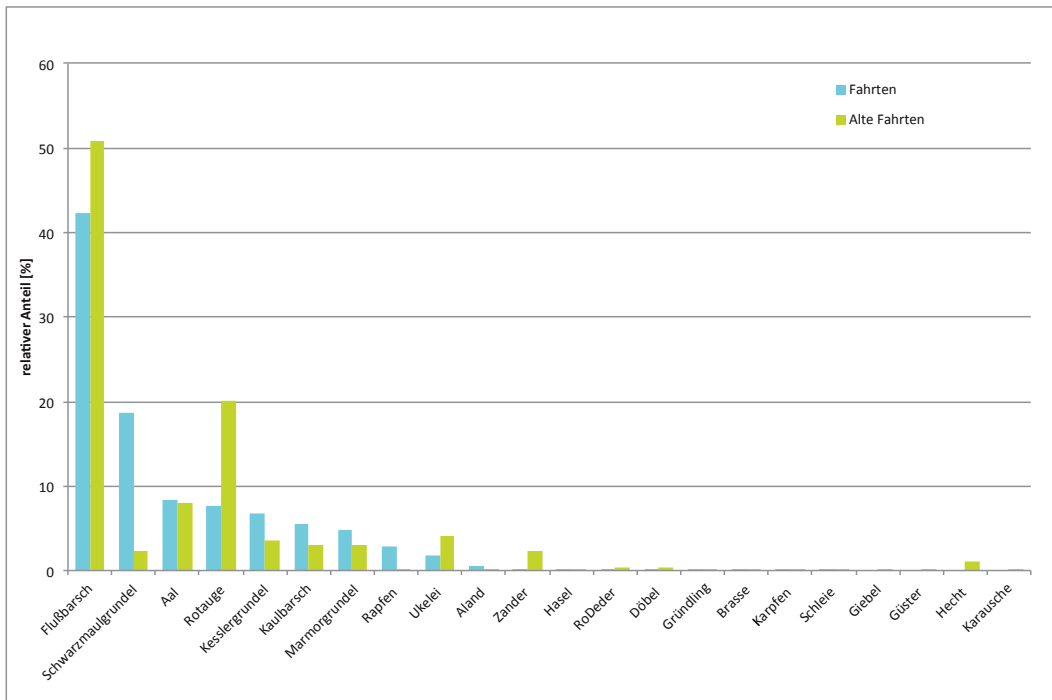


Abb. 26: Relativer Anteil der nachgewiesenen Fischarten in den beiden Lebensraumtypen „Kanal“ und „Alte Fahrten“

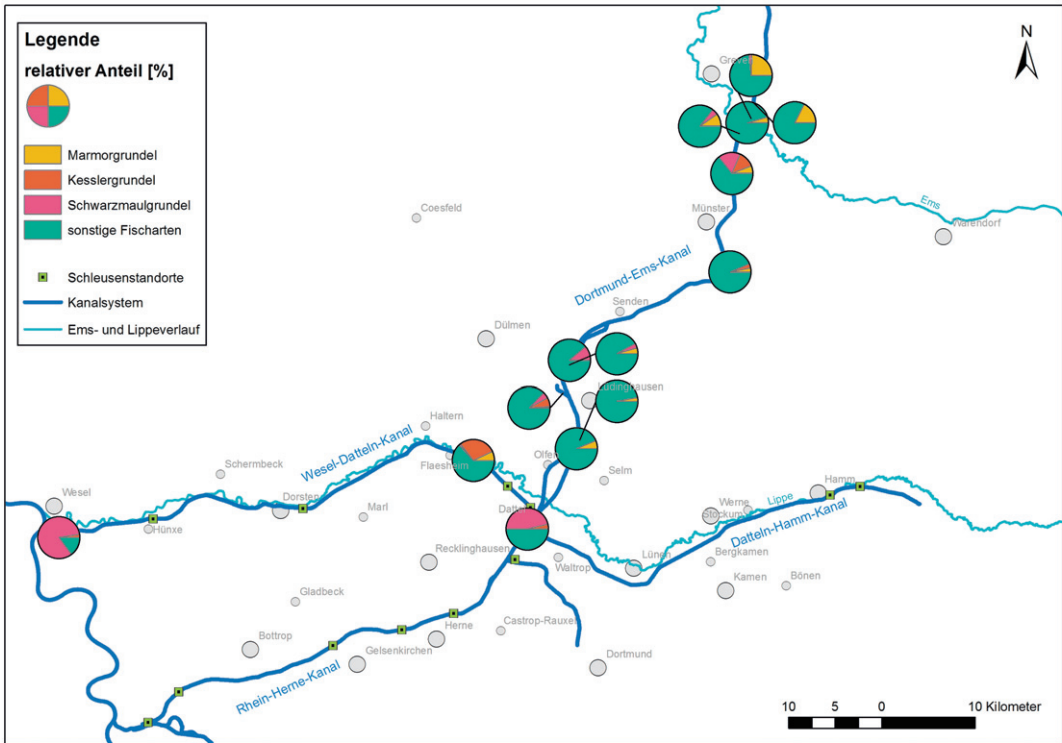


Abb. 27: Relative Anteile gebietsfremder Grundelarten am Gesamfang der Befischungen in den untersuchten Probestrecken

4.1.2. Aaldichten

Für die Bewertung des Kanalsystems als Lebensraum für den Aal ist die Berechnung der streckenbezogenen Individuendichten besonders interessant. In der nachfolgenden Grafik (Abb. 28) sind diese Zahlen für alle Probestrecken und Einzeltermine zusammengestellt.

Die Ergebnisse vermitteln ein recht uneinheitliches Bild. Weder in den freien Kanalstrecken (Fahrten) noch in den Alten Fahrten konnten auf den ersten Blick durchgängig höhere Individuendichten bezogen auf eine Einheitsstreckenlänge nachgewiesen werden, wenngleich die Maximalwerte in den Befischungen der Alten Fahrten liegen.

Da bei der Elektrofischerei die Jahreszeit bzw. die vorherrschenden Wassertemperaturen und auch andere Parameter wie die Wassertrübung das Fangergebnis beeinflussen (VDFF 2000), sind die Einzelergebnisse der Befischungen wiederum auf die Lebensraumtypen „Alte Fahrten“ und „Kanal“ als Mittelwerte zusammengefasst worden (Abb. 29), um diese Einflüsse zu nivellieren. Hier zeigt sich, dass in den Alten Fahrten im Mittel eine deutlich höhere Individuendichte festgestellt werden konnte.

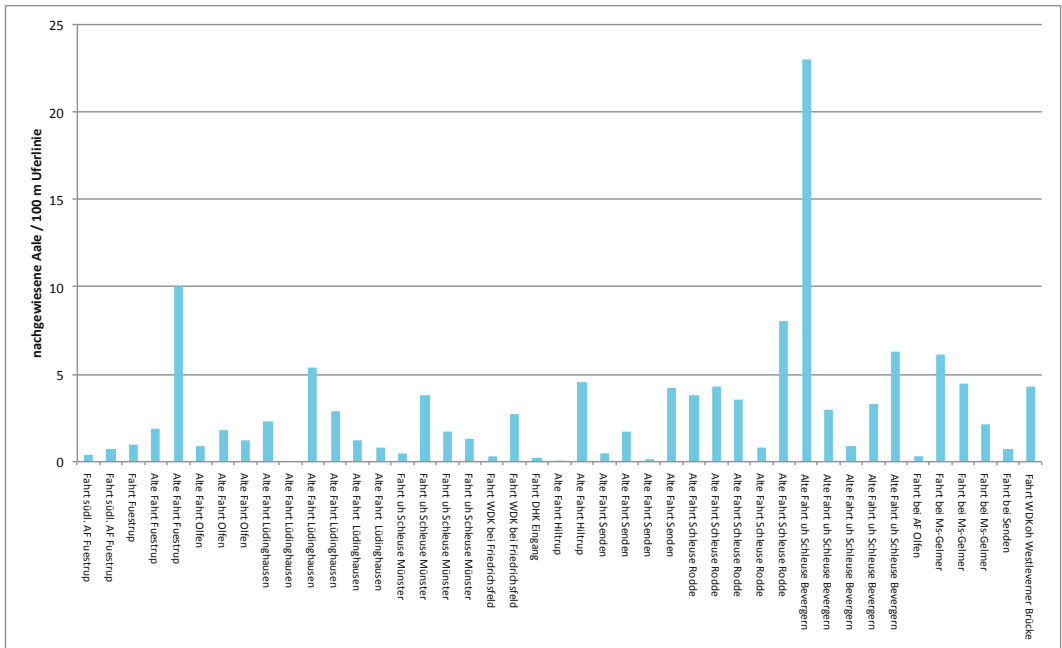


Abb. 28: Anzahl der Aalfänge in den untersuchten Probestrecken im Kanalsystem normiert auf 100 m befischter Uferlinie

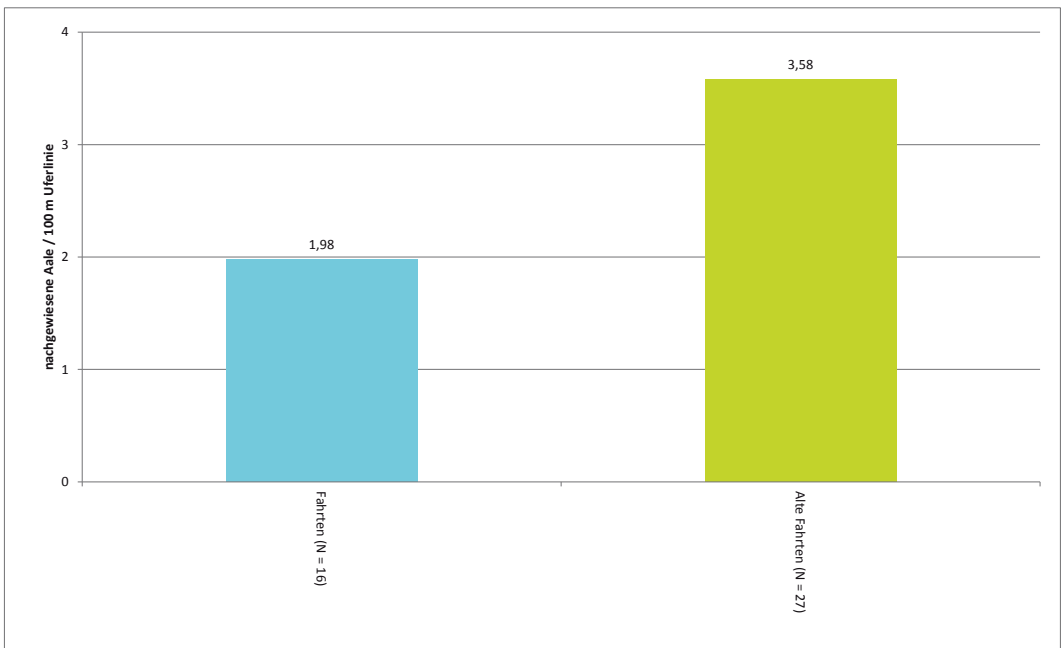


Abb. 29: Mittlere Anzahl der Aalfänge normiert auf 100 m befischter Uferlinie in den beiden Lebensraumtypen „Kanal“ und „Alte Fahren“

4.2. Telemetrieuntersuchungen

4.2.1. Registrierungsdaten

Von den im Kanalsystem in den ersten Markierungskampagnen besenderten 217 Versuchstieren konnten über den Versuchszeitraum bis zum Frühsommer 2016 insgesamt 184 Aale (84,79 %) an Empfängerstandorten registriert werden (Abb. 30). Noch höhere Registrierungsdaten sind schon jetzt bei den Versuchstieren der Ems zu verzeichnen. Obwohl die Tiere erst ab dem Herbst 2014 in die Ems eingebracht wurden, sind von den 185 besenderten Aalen fast 92 % an wenigstens einer der Empfängerstationen aufgezeichnet gewesen.

Für die 34 zusätzlich in das Kanalsystem eingebrachten Aale aus der Unterems errechnet sich die Registrierungsdaten auf (zunächst) ca. 56 %.

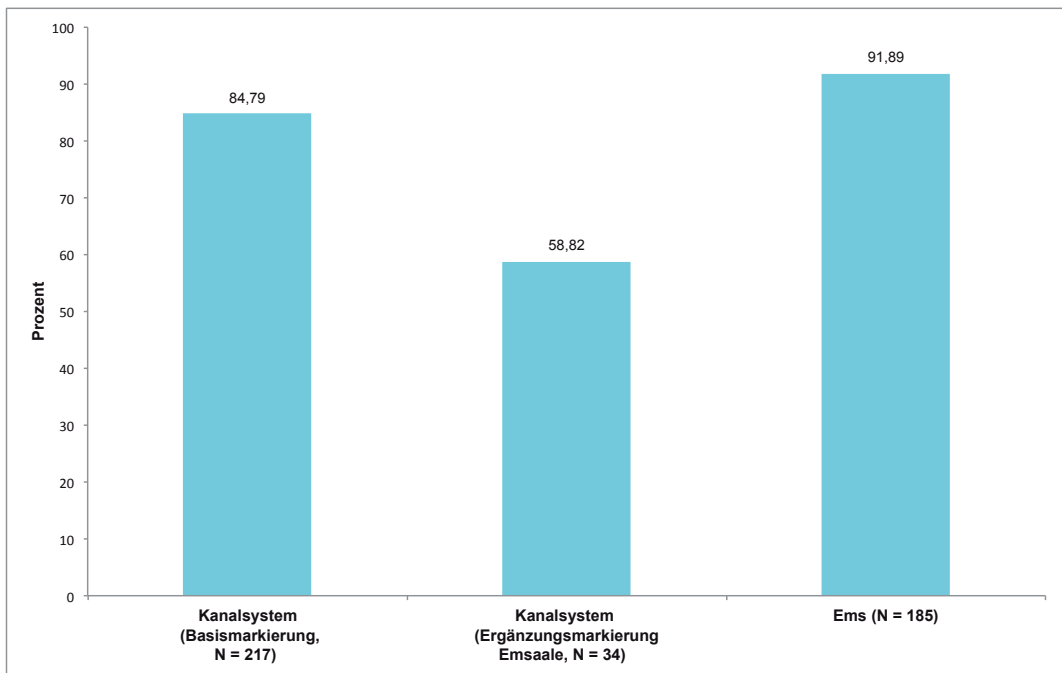


Abb. 30: Prozentualer Anteil registrierter Versuchstiere bis zum Sommer 2015 (N = Gesamtzahl der markierten Tiere)

4.2.2. Schwimmdistanzen

Für das Kanalsystem wurden für 184 Versuchstiere, bei denen Registrierungen an mindestens zwei Empfängerstationen vorhanden waren, die nachweisbaren Schwimmdistanzen kalkuliert. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Grafik (Abb. 31) in Distanzklassen dargestellt. Hier sei angemerkt, dass diese Auswertungen nicht die real zurückgelegten Wanderungsdistanzen darstellen. Nicht in jedem Fall müssen die Versuchstiere die Strecken zwischen den Empfängerstationen geradlinig zurückgelegt haben. Richtungswechsel zwischen den Empfängerstationen außerhalb der Empfangsreichweite können mit der hier verwendeten Methode der passiven Telemetrie nicht erfasst werden.

Bei etwa 80 % der berücksichtigten Versuchstiere wurden Schwimmdistanzen von weniger als 100 km über den Untersuchungszeitraum nachgewiesen.

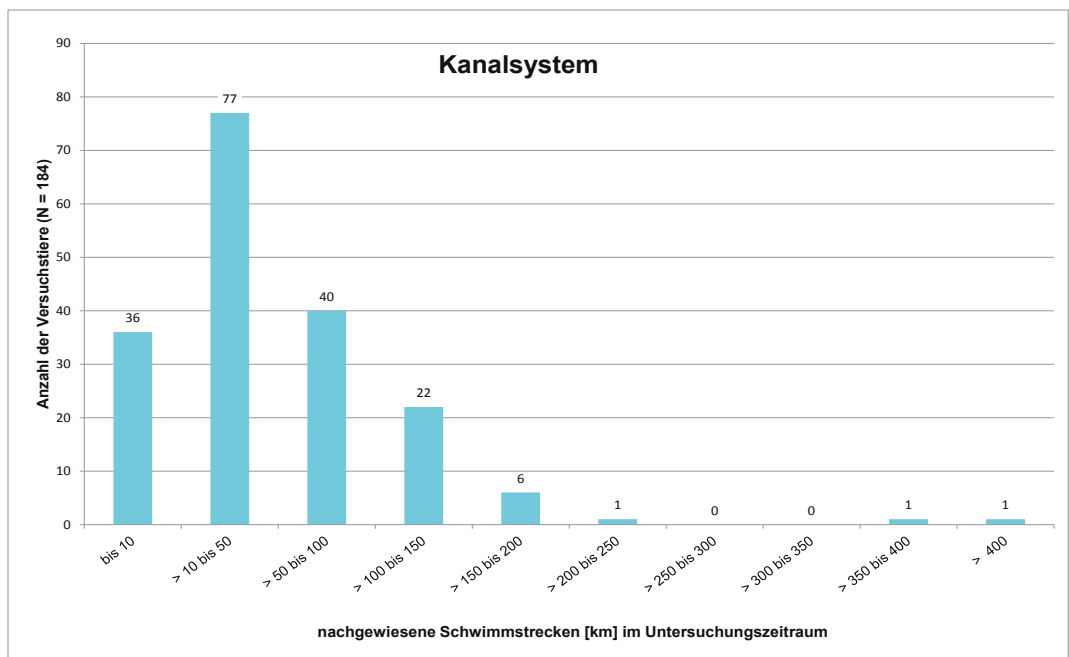


Abb. 31: Nachgewiesene minimale Schwimmstrecken der im Kanalsystem ausgebrachten Versuchstiere (N = Gesamtzahl der registrierten Tiere)

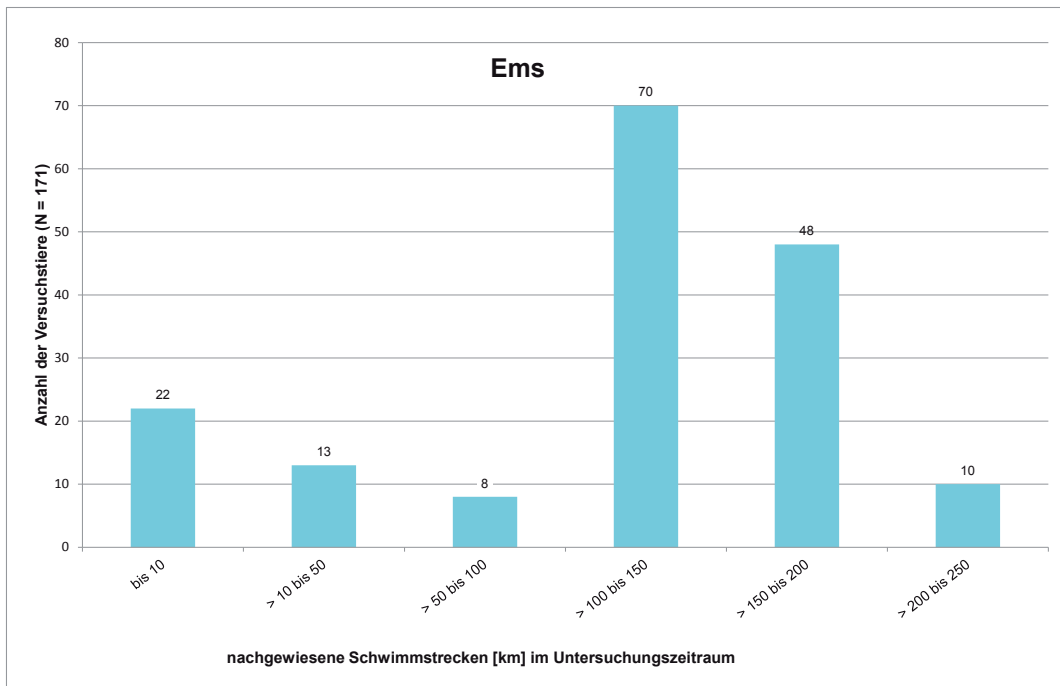


Abb. 32: Nachgewiesene minimale Schwimmstrecken der in der Ems ausgebrachten Versuchstiere (N = Gesamtzahl der registrierten Tiere)

Für 171 der 185 Versuchstiere der Ems konnten die minimalen Schwimmdistanzen kalkuliert werden (Abb. 32). Etwa 75 % dieser Aale erreichten nachweisbare Wanderdistanzen von mehr als 100 km. Auch für diese Gruppe gilt, dass die realen Wanderdistanzen wegen möglicher Richtungswechsel zwischen den Empfängerstationen höher sein können. Gleichzeitig wurden bei diesen Tieren weniger Richtungswechsel festgestellt.

4.2.3. Schwimmgeschwindigkeiten

Für die registrierten Aale kann man auf Basis der Zeitstempel der Erstregistrierungen an den Empfangsstationen die Wandergeschwindigkeiten zwischen den Stationen als Etappengeschwindigkeit ermitteln. Auch für die Berechnungen der Geschwindigkeiten ergeben sich methodisch bedingte Ungenauigkeiten, da nicht in jedem Fall davon ausgegangen werden kann, dass die Versuchstiere die Strecken zwischen zwei Empfängerstationen ohne Pausen zurücklegen. Durch die große Zahl der ausgewerteten Einzeletappen ergibt sich im Vergleich zwischen dem Kanalsystem und der Ems aber ein recht deutliches und belastbares Bild. Die Ergebnisse der Analyse sind in der folgenden Grafik (Abb. 33) zusammengefasst.



Abb. 33: Boxplot der Wandergeschwindigkeiten im Kanalsystem und der Ems basierend auf der Auswertung von Etappengeschwindigkeiten (N = Anzahl ausgewerteter Schwimmnetzen)

Die ermittelte Maximalgeschwindigkeit von Versuchstieren in der Ems betrug 5 km/h (= 120 km/d), bei den Versuchstieren im Kanalsystem konnte dagegen nur eine maximale Etappengeschwindigkeit von 3 km/h (= 72 km/d) festgestellt werden. Bei einer vergleichbaren Anzahl ausgewerteter Schwimmnetzen wurden in der Ems durchgängig höhere Geschwindigkeiten ermittelt als im Kanalsystem. Der Medianwert der Etappengeschwindigkeiten für die Ems liegt mit 3,1 km/h deutlich über dem des Kanalsystems (0,4 km/h).

Für die Unterschiede in den Schwimmgeschwindigkeiten in beiden Systemen sind grundsätzlich mehrere Faktoren für die Bewertung zu berücksichtigen. Zunächst herrschen in der Ems als natürlichem Fließgewässer durchgehend höhere Fließgeschwindigkeiten im gesamten Wasserkörper vor. Diese variieren aber auch mit unterschiedlichen Pegelständen/Abflüssen. Die Strömungsgeschwindigkeiten im Kanalsystem sind dagegen immer abhängig vom Schleusenbetrieb und/oder den Pumpleistungen an den Schleusen mit Pumpbauwerken. Im Verlauf der zahlreichen Befahrungen des Kanalsystems zur Beschaffung von Versuchstieren sowie der Kontrolle der Empfängerstationen war oft nur eine sehr langsame Strömung im Kanal zu beobachten. Auch nahe den Schleusen war während der Füllzeiten bei den Schleusungsvorgängen nur eine temporäre und gemäßigte Steigerung der Fließgeschwindigkeiten zu registrieren.

4.2.4. Richtungswechsel

Die Einzelbetrachtung der Versuchstiere im Analyseprogramm VUE erlaubt auch das Erkennen der Schwimmrichtung bzw. der Wechsel der Schwimmrichtung. Für alle registrierten Versuchstiere wurde auf Basis der Einzeldarstellungen die Anzahl der beobachteten Richtungswechsel im Registrierungszeitraum vorgenommen.

Während für die Versuchstiere der Ems bisher nur in zwei Fällen ein Wechsel der Schwimmrichtung nachgewiesen werden konnte, fanden solche Wechsel bei mehr als 70 % aller registrierten Tiere im Kanalsystem statt (Abb. 34). Die Zahl der (belegten) Richtungswechsel variiert dabei stark zwischen 1 und maximal 21 Richtungswechsel. Die reale Zahl der Richtungswechsel kann mitunter noch höher liegen, da Schwimmrichtungswechsel zwischen den zum Teil viele Kilometer auseinanderliegenden Stationen nicht erfasst werden können. Richtungswechsel in den Wanderungsbewegungen traten dabei über das ganze Jahr verteilt auf, wobei in den warmen Sommermonaten aufgrund der größeren Aktivität der Tiere die relative Zahl der Richtungswechsel größer war.

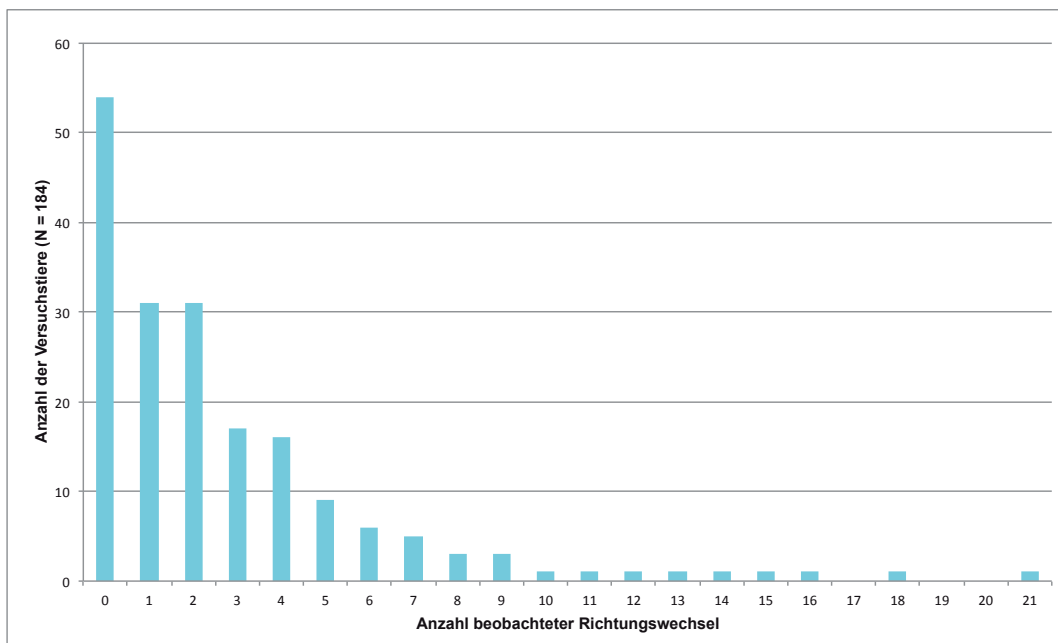


Abb. 34: Nachgewiesene Richtungswechsel der im Kanalsystem ausgebrachten Versuchstiere (N = Gesamtzahl der registrierten Tiere)

4.2.5. Schleusenpassagen

Für eine Bewertung der Durchwanderbarkeit des Westdeutschen Kanalsystems ist die Passierbarkeit der Schleusen ausschlaggebend. Zwar wurde in Gesprächen mit Bediensteten der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung mehrfach beschrieben, dass bei Revisionen oder Reinigungen von Schleusenkammern große Mengen von Aalen beobachtet wurden. Ob und in welchem Umfang eine Passage möglich ist, wurde bislang aber nicht beschrieben. Ferner wurde in den Gesprächen immer betont, dass diese Beobachtungen meist sehr lange zurückliegen.

Mit Hilfe der in dieser Untersuchung eingesetzten Methode konnten Schleusenpassagen von Aalen erstmalig sicher belegt werden. Von den 217 im Kanalsystem ausgebrachten Versuchstieren passierten 27 Tiere eine oder mehrere Schleusen im Untersuchungsraum, was einem Anteil von 12,5 % entspricht. Die Gesamtzahl der belegbaren Schleusenpassagen beläuft sich auf 46. Ob und in welchem Maße zusätzliche Passagen in den Bereichen vom Rhein-Herne-Kanal und dem Wesel-Datteln-Kanal stattgefunden haben, kann allerdings nicht geklärt werden. Hierfür wären weitere Empfängerstationen in diesen Kanalabschnitten erforderlich gewesen. Gleiches gilt für den Bereich des Dortmund-Ems-Kanals zwischen der Schleuse Bevergern und der Schleuse Venhaus.

Die meisten Passagen wurden an der Schleuse Münster registriert, wobei die Schleuse in beide Richtungen überwunden wurde. Die bisherigen Ergebnisse lassen keine bevorzugte Passierrichtung erkennen. Einzelne Tiere passierten Schleusen im Untersuchungszeitraum auch in beide Richtungen.

Von der zusätzlich in das Kanalsystem eingebrachten Vergleichsgruppe, bestehend aus 34 Aalen aus der unteren Ems, passierten insgesamt 8 Tiere die Schleuse Münster allein in nördlicher Richtung. Dies entspricht einem relativen Anteil von ca. 24 %. Die Zahl der Schleusenpassagen dieser Gruppe ist damit fast doppelt so hoch wie bei den Versuchstieren aus dem Kanalsystem.

4.2.6. Zeitliche Aktivitätsmuster

Für die Versuchstiere im Kanalsystem und in der Ems wurden zeitliche Analysen zu den Wanderaktivitäten durchgeführt. Als Basis für die Analysen wurde jeweils für beide Versuchstiergruppen die Zahl der Erstregistrierungen an den Empfängerstationen gewählt. Hierdurch lassen sich verwischende Effekte durch längere Aufenthaltszeiträume im Empfängerfeld ausschließen.

Da im Kanalsystem zahlreiche Versuchstiere durch Schwimmrichtungswechsel mehrfach in zeitlicher Folge an einem Empfängerstandort registriert wurden, wurden hier nur diejenigen Erstregistrierungen einbezogen, in denen zwischen dem letzten Empfangssignal und der darauffolgenden Neuregistrierung mindestens 24 Stunden Zeitspanne lagen. Hierdurch wird ausgeschlossen, dass Versuchstiere, die sich dauerhaft am Rand der Empfangsreichweite der Receiver aufhielten und dadurch unregelmäßige Registrierungen verursachten, in die Analyse als sich aktiv bewegendere Tiere aufgenommen werden.

In der nachfolgenden Grafik (Abb. 35) finden sich die Ergebnisse der Analyse für beiden Versuchstiergruppen. Dargestellt ist der relative Anteil der Erstregistrierungen bezogen auf die 24 Tagesstunden.

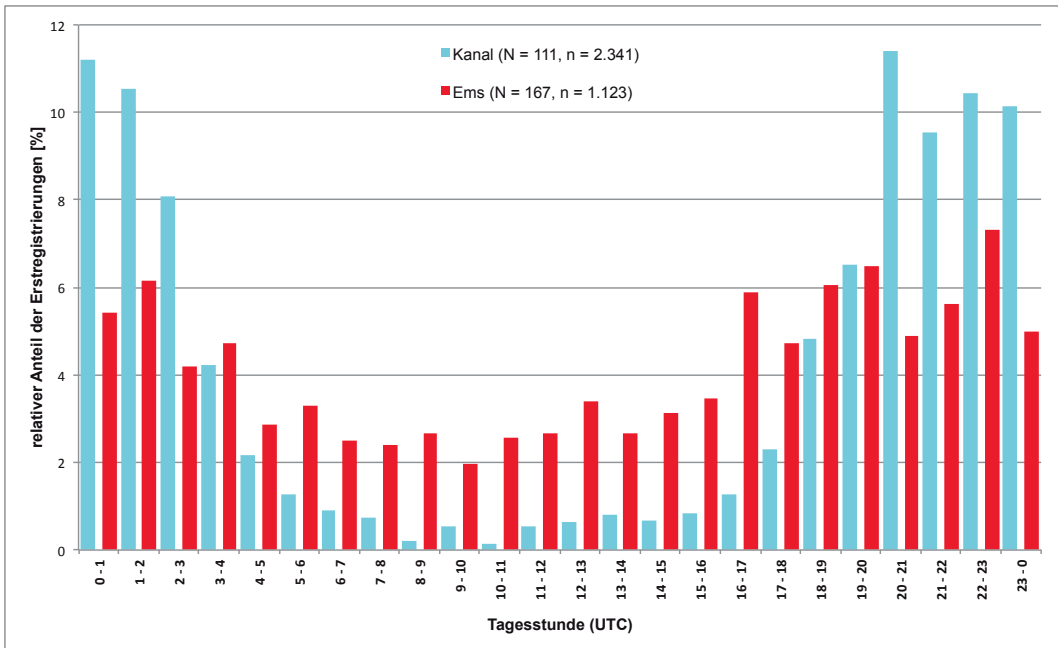


Abb. 35: Tageszeitliche Aktivitätsmuster auf Basis der Erstregistrierungen an den Empfängerstationen der Versuchstiergruppen in Kanal und Ems (N = Anzahl der Versuchstiere, n = Anzahl festgestellter Erstregistrierungen)

Bei beiden Versuchstiergruppen lässt sich eine Tagesrhythmik der Wanderungsaktivitäten erkennen, die auf stärkeres Wanderverhalten in den Dämmerungs- und Nachtstunden hinweist. Allerdings ist diese bei den Versuchstieren der Ems deutlich weniger ausgeprägt. Offensichtlich findet in der Ems die (gerichtete) Abwanderung auch tagsüber in einem erheblichen Umfang statt. Bei den Kanalaalen haben nur weniger als 15 % der Erstregistrierungen im Zeitraum zwischen 06:00 und 18:00 Uhr stattgefunden, bei den Emsaalen fielen dagegen knapp 40 % der Erstregistrierungen in diesen Tageszeitraum.

4.2.7. Übergänge von Versuchstieren in nicht überwachte Kanalstrecken

Am Datteln-Hamm-Kanal sowie am Mittellandkanal wurden lediglich nahe der Verbindung zum übrigen Westdeutschen Kanalsystem Empfängerstationen eingerichtet. Hierüber war es möglich, Übertritte in diese Wasserstraßenbereiche zu dokumentieren. Eine Aussage über den weiteren Verbleib der Tiere nach dem Einschwimmen in diese Kanalstrecken war methodenbedingt nicht möglich.

In den Datteln-Hamm-Kanal sind über den gesamten Untersuchungszeitraum nachweislich 17 Aale eingeschwommen (Abb. 36). Von diesen sind 11 Versuchstiere (ca. 65 %) offenbar im Bereich dieses Kanalabschnittes verblieben oder weiter abgewandert. Grundsätzlich besteht für diese Fische auch die Möglichkeit, über die Rückspeisung in Richtung Lippe und weiter Richtung Rhein

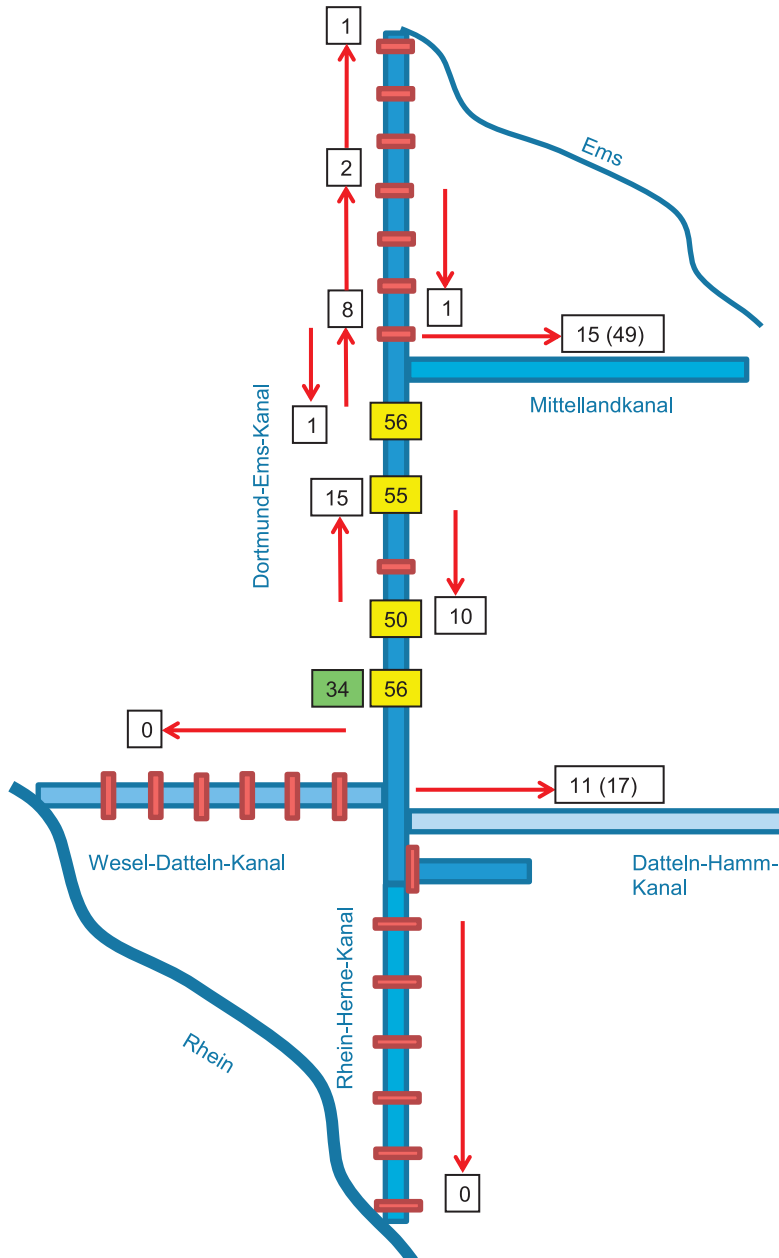


Abb. 36: Schematische Darstellung von Wanderungsbewegungen und Schleusenpassagen der Versuchstiere im Kanalsystem (farbige Kästchen = Zahl der an den Aussatzstellen ausgebrachten Versuchstiere, gelb = Basismarkierung, grün = Zusatzmarkierung; Pfeile mit Zahlen markieren die nachgewiesenen Wanderungsbewegungen und Schleusenpassagen von Versuchstieren; vgl. Text)

und Nordsee abzuwandern. Die Analyse der Rückspeisung von Kanalwasser in die Lippe ergab keine Hinweise darauf, dass die Umkehr der Strömungsrichtung im Datteln-Hamm-Kanal einen Einfluss auf die Zahl der eingeschwommenen Versuchstiere hatte.

Für die übrigen Tiere konnte durch Registrierungen an anderen Empfängerstationen eine Rückkehr vom Datteln-Hamm-Kanal in den Dortmund-Ems-Kanal belegt werden.

4.2.8. Meldung von Versuchstieren über Angler, Berufsfischer etc.

Um sicherzustellen, dass Fänge von Versuchstieren an den LFV Westfalen und Lippe e.V. gemeldet werden, wurde eine Meldeprämie von 25 € je gefangenem Tier ausgelobt.

Die Information zu den anstehenden Besendungen mit Hinweisen zu den Erkennungsmerkmalen und Kontaktdaten sowie der Meldeprämie wurden bereits im Vorfeld der Versuchsdurchführung über Informationsschreiben und eine Veröffentlichung auf der Homepage des LFV Westfalen und Lippe e.V. bereitgestellt. Auch der Fischereiverband Weser-Ems e.V. in Niedersachsen hat seine Mitglieder über die Homepage informiert. Die Nebenerwerbsfischer an der Unterems wurden dagegen telefonisch und in persönlichen Anschreiben nach Abfrage der Kontaktdaten beim Staatlichen Fischereiamt Bremerhaven über das Forschungsvorhaben und die Markierung von Aalen informiert.

Über den Versuchszeitraum wurden bisher 19 Versuchstiere durch Angler (10 Aale) oder Nebenerwerbsfischer (9 Aale) gefangen. Die Fänge sind in der folgenden Tabelle (Tab. 6) zusammengefasst.

Die Fänge von Versuchstieren durch Angler erfolgten mehrere Wochen bis viele Monate oder Jahre nach dem Ausbringen. Von den 10 geangelten Aalen stammten 9 Tiere aus dem Besatz im Dortmund-Ems-Kanal und wurden auch im Kanal gefangen. Lediglich ein einzelnes Tier aus dem Besatz der Ems wurde bisher durch Angler entnommen und gemeldet. Unter Berücksichtigung der insgesamt besenderten Versuchstiere (254 Aale im Kanalsystem, 185 Aale in der Ems) errechnet sich eine bisherige angelfischereiliche Mortalität von ca. 3,54 % für das Kanalsystem und 0,54 % für die Ems.

Im Gegensatz dazu wurden die Fänge der Nebenerwerbsfischer vergleichsweise kurz nach dem Freisetzen der Versuchstiere gemeldet und es wurden nur Tiere aus dem Emsbesatz gefangen. Da das genaue Datum des Fanges nicht für alle Tiere genau dokumentiert war, ergeben sich maximale Zeiträume von etwa einem Monat zwischen dem Ausbringen in die Ems bei Warendorf und dem Fang in den Hamen und Reusen in der Unterems.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu erwähnen, dass die Hamenfänge an der Unterems einer zeitlichen Befristung unterliegen. Bedingt durch die Wetterlage wurden einzelne Hamen im Jahr 2014 bis in die letzte Dezemberwoche betrieben. Einige Fischer hatten die Hamenfischerei aber auch schon Anfang Dezember eingestellt. Bis Ende 2014 wurden in der Ems 84 besenderte Aale ausgebracht. Von diesen 84 Aalen haben 56 Versuchstiere die unterste Empfängerstation in der Ems in Hüntel bis Ende Dezember 2014 passiert. Nur diese 56 Aale konnten also maximal über Hamen- oder Reusenfänge erfasst werden. Die potenzielle Fangquote der Nebenerwerbsfischer auf Basis dieser Zahlen berechnet sich damit auf (mindestens) 16,01 % der abwanderungswilligen Blankaale (Abb. 37). Für die Fangperiode 2015 wurden von den Hamen- und Reusen Fischern an der unteren Ems keine Fänge weiterer Versuchstiere gemeldet.

Tab. 6: Durch Angler und (Neben-) Erwerbsfischer gefangene und gemeldete Versuchstiere

Sender (Id-Nr.)	Gewässer	Besatzort	Besatztermin	Fangtermin	Fangart	Fangort	Verbleib
31357	DEK	Am Kanal (Senden)	21.11.12	21.07.13	geangelt	DEK, Freibad Hiltrup	geschlachtet
3946	DEK	Dörenthe, Übergangsstelle	28.11.12	13.07.13	geangelt	DEK, Schleuse Altenrheine	geschlachtet
3947	DEK	Dörenthe, Übergangsstelle	28.11.12	09.08.14	geangelt	DEK, Ladbergen	geschlachtet
4002	DEK	Hessenweg (Gelmer)	25.05.13	Frühjahr 2014	geangelt	DEK, Königsberger Brücke (Münster-Coerde)	geschlachtet
31428	DEK	MS, An den Loddenbüschen	05.07.13	28.10.13	Kescher (verendend)	RHK, Castrop-Rauxel	geschlachtet
31401	DEK	Dörenthe, Übergangsstelle	06.11.13	19.09.14	geangelt	DEK, Ladbergen (Sperrtor)	geschlachtet
3993	DEK	Hessenweg (Gelmer)	25.05.13	09.06.15	geangelt	DEK, Schmedehausen	geschlachtet
17744	DEK	Einen, Brücke L548	05.01.15	10.06.15	geangelt	Ems, unterhalb Wehr Herbrum	geschlachtet
24451	Ems	Warendorf, Brücke B475	25.11.14	51. KW	Hamenfang	Ems, Hatzum	geschlachtet
17666	Ems	Warendorf, Brücke B475	25.11.14	51. KW	Hamenfang	Ems, Hatzum	geschlachtet
24453	Ems	Warendorf, Brücke B475	25.11.14	51. KW	Hamenfang	Ems, Hatzum	geschlachtet
17669	Ems	Warendorf, Brücke B475	25.11.14	um 27.12.2014	Hamenfang	Ems, Hatzum	frei gelassen
24440	Ems	Einen, Brücke L548	28.11.14	um 27.12.2014	Hamenfang	Ems, Hatzum	frei gelassen
17690	Ems	Einen, Brücke L548	28.11.14	51. KW	Hamenfang	Ems, Hatzum	geschlachtet
17707	Ems	Einen, Brücke L548	01.12.14	Dez 14	Reuse	Außenhafen Emden	geschlachtet
24406	Ems	Einen, Brücke L548	11.12.14	16./17.12.2014	Reuse	Ems, Ditzum	geschlachtet
17725	Ems	Warendorf, Brücke B475	19.12.14	Dez 14	Reuse	Außenhafen Emden	geschlachtet
4029	DEK	Am Kanal (Senden)	27.03.13	Jan 16	geangelt	Senden	geschlachtet
31344	DEK	Hessenweg (Gelmer)	05.11.12	09.09.16	geangelt	DEK, Greven (Verladestelle)	geschlachtet

Über die bis hierher beschriebenen Meldungen von Versuchstieren hinaus gab es einen weiteren Nachweis eines markierten Aals außerhalb des Untersuchungsraumes in Ems und Kanalsystem. Das Telemetriesystem des Herstellers VEMCO wird weltweit von zahlreichen Forschergruppen zur Untersuchung der Wanderungen von Fischen und anderen aquatischen Organismen eingesetzt. Deren Empfängerstationen sind wegen der Benutzung identischer Sendefrequenzen und Kodierungsverfahren in der Lage, Transmitter anderer VEMCO-Nutzer zu empfangen. Über die Projektlaufzeit wurden zu mehreren Kollegen in den Niederlanden und in Belgien Kontakte aufgebaut. Belgische Kollegen betreiben in der Nordsee im Bereich von Offshore-Windkraftanlagen ein großes Netz von Empfängerstationen. Auf mehreren dieser Empfänger wurden Transmittersignale mit ID-Codes aufgezeichnet, die nicht von den belgischen Kollegen verwendet wurden. Die Kontrolle dieser Registrierung ergab, dass es sich hierbei um Aale aus anderen Markierungskampagnen in den Niederlanden sowie der hier beschriebenen Untersuchung handelt. Das Versuchstier mit der

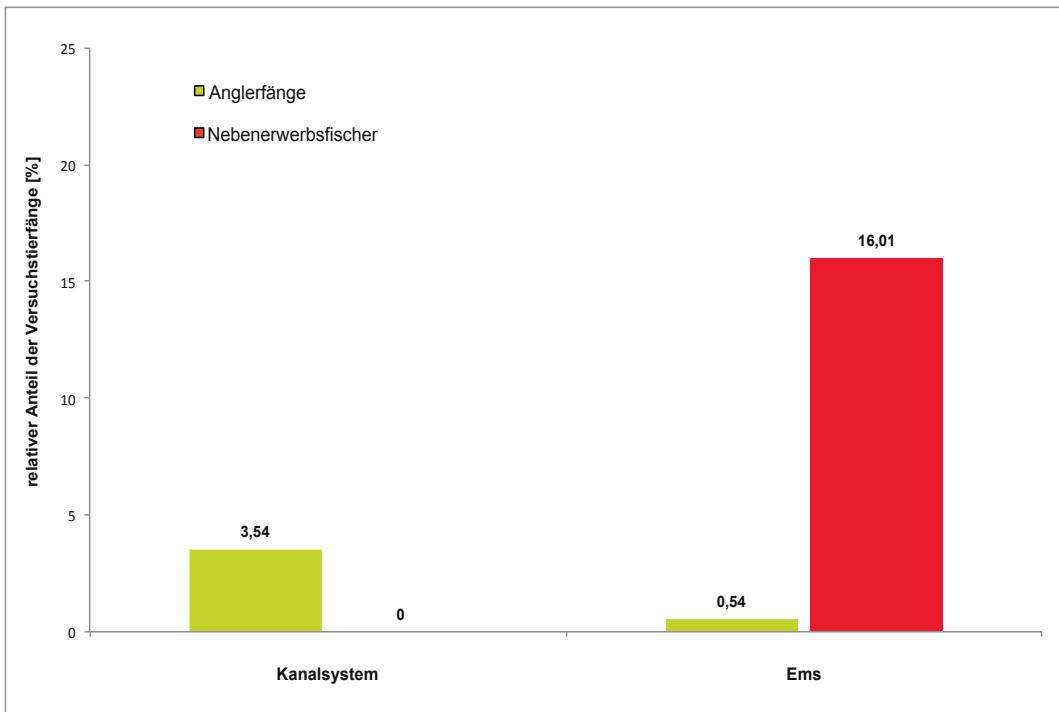


Abb. 37: Relative Anteile der Entnahmen von Versuchstieren in Ems und Kanalsystem durch Angler und Nebenerwerbsfischer (N = Anzahl der Versuchstiere, n = Anzahl festgestellter Erstregistrierungen)

Sender-ID 17773 wurde am 15.01.2015 in der Ems bei Warendorf-Einen ausgebracht. Die Registrierung in der Nordsee vor der belgischen Küste erfolgte 18 Tage später am 02.02.2015 (Abb. 38). Bei einer Schwimmdistanz von ca. 650 Kilometern zwischen der Aussatzstelle in der Ems und der Registrierung in der Nordsee ergibt sich eine mittlere Schwimgeschwindigkeit von etwa 36 Kilometern pro Tag.

4.3. Gesundheitszustand

4.3.1. Untersuchungsergebnisse Fischgesundheitsdienst LANUV

Bei fast allen untersuchten Aalen wurden mittel- bis hochgradige Infektionen mit dem Schwimmblasenwurm *Anguillicoides crassus* festgestellt. Teilweise waren als Folge dieser Infektion klare Veränderungen der Schwimmblasenwand in Form von Verfärbungen oder Pigmenteinlagerungen erkennbar. Mehrere Aale wiesen Symptome unspezifischer Infektionen auf, die sich unter anderem in einer Flüssigkeitsansammlung in der Bauchhöhle (Exsudat) widerspiegelte.



Abb. 38: Registrierung des Versuchstiers mit der ID-Nummer 17773 aus der Ems ca. 650 km entfernt an der belgischen Nordseeküste

In den hämatologischen Zusatzuntersuchungen fanden sich bei weniger als der Hälfte der Proben Trypanosomen (einzellige Flagellaten, Blutparasiten) in gering- bis mittelgradigen Befallsraten. Weitere Befunde bei einzelnen oder wenigen Aalen waren Anämien, Leukopenien, Monocytosen, Neutrophilie und Bakteriämien.

Die mikrobiologische Prüfung ergab bei zwei der vier Teilproben in der Anzucht bakterielle Nachweise der Bakteriengattung *Pseudomonas* (*P. rhodesiae*, *P. putida*, *P. brenneri*).

Die molekularbiologischen Zusatzuntersuchungen auf Aal-Herpesvirus (HVA), EVE und EVEX fielen bei allen 31 untersuchten Aalen negativ aus.

An den Kiemen einiger Kanalaale wurden Parasitierungen mit *Myxidium giardi* (Myxozoa), *Pseudodactylogyrus* sp. (Hakenwurm), Ichthyosporidien und Amöben diagnostiziert. Parasitierung der Haut wurden dagegen nicht beobachtet.

Die Gesamtbewertungen des Gesundheitszustandes der an das LANUV übergebenen Aale sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 7: Bewertung des Gesundheitszustandes von Aalen aus dem Dortmund-Ems-Kanal durch den Fischgesundheitsdienst des LANUV NRW

Charge	Fangdatum	Anzahl Tiere	Diagnose	Bewertung des Allgemeinzustands
1	10.06.2013	7	hochgradiger Endoparasitenbefall	Durch den Parasitenbefall und die vermutlich dadurch bedingten Veränderungen im Blutbild wird der Allgemeinzustand der untersuchten Aale als mäßig eingestuft.
2	07.10.2013	11	hochgradiger Endoparasitenbefall	Durch den Parasitenbefall, den bakteriologischen Befund und den unspezifischen virologischen Befund wird der Allgemeinzustand der untersuchten Aale als schlecht eingestuft.
3	08.10.2013	5	Eingeschränktes Allgemeinbefinden in Zusammenhang mit vermutlich chronischen bakteriellen Infektionen.	Durch den bakteriologischen Befund und das eingeschränkte Allgemeinbefinden wird der Allgemeinzustand der untersuchten Aale als mäßig bis schlecht eingestuft.
4	25.11.2014	8	Eingeschränktes Allgemeinbefinden in Zusammenhang mit vermutlich chronischen bakteriellen Infektionen.	Durch den virologischen Befund, das eingeschränkte Allgemeinbefinden und den parasitologischen Befund wird der Allgemeinzustand der untersuchten Aale als mäßig bis gut eingestuft.

Die durch den Fischgesundheitsdienst des LANUV bemerkte Auffälligkeit, dass bei den meisten Aalen aus dem Kanal der Magen- und Darmtrakt leer war, lässt sich durch die zuvor längere Hälterung der Tiere in der Hälteranlage des Landesfischereiverbandes Westfalen und Lippe e.V. erklären. Das Fehlen jeglicher Darmparasiten (Bandwürmer, Kratzer etc.) in den Sektionsuntersuchungen lässt aber auf eine geringe Verbreitung solcher Parasiten im Kanalsystem schließen.

4.3.2. Eigene Beobachtungen

Über die pathologischen Befunde des Fischgesundheitsdienstes des LANUV NRW hinaus wurden im Verlaufe der Untersuchungen auch eigene Beobachtungen zum Gesundheitszustand der im Kanalsystem und der Ems gefangenen sowie der durch die Berufsfischer übergebenen Aale gemacht.

Die Befischungen lieferten mehrfache Fänge von Aalen mit Verletzungen der Wirbelsäule. Diese waren teilweise ausgeheilt und nur noch als steife Verkrümmung der Tiere erkennbar. In einem Fall wurde ein Aal mit einer frischen, massiven Verletzung aus dem Kanal entnommen und getötet. Kurz hinter dem Ansatz der Rückenflosse wies dieser Aal eine starke Schwellung auf (Abb. 39). Teile der Rückenflosse fehlten in diesem Bereich. An der Rücken- und der Bauchflosse waren Einblutungen feststellbar. Im hinteren Bereich der Leibeshöhle zeigten sich nach Öffnung ein großes Blutgerinnsel und Einblutungen in das Muskelgewebe (Abb. 40).



Abb. 39: Verletzter Aal aus dem Dortmund-Ems-Kanal mit nekrotischen Verfärbungen der Haut und Flossenabrasion

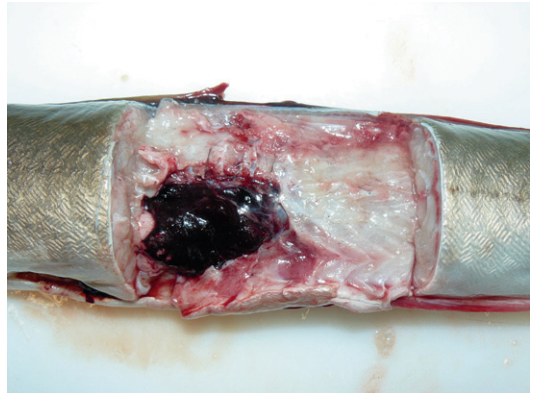


Abb. 40: Blutgerinnsel und starke Einblutungen im Muskelgewebe an der Verletzungsstelle

In den wärmeren Sommermonaten 2013 wurden im Kanalsystem einige wenige Exemplare von Aalen gefangen, die bläschenartige Hautwucherungen aufwiesen (Abb. 41). Diese Bläschen waren teilweise aufgeplatzt und entzündet. Zeitgleich wurden solche Beobachtungen auch in anderen Gewässern gemeldet. Nach Rücksprache mit dem Fischgesundheitsdienst des LANUV NRW lassen diese Hautveränderungen eine Infektion durch Bakterien der Gattungen *Pseudomonas* und *Aeromonas* vermuten.

Im Laufe des Sommers kam es zu mehreren Meldungen verendeter Aale aus dem Bereich des Westdeutschen Kanalsystems. Die Ursache konnte letztlich nicht weiter ermittelt werden, da für eine gesicherte Analyse möglichst lebende oder sehr frisch verendete Tiere nötig gewesen wären. Alle selbst aufgefundenen, toten Exemplare wiesen schon erhebliche Verwesungserscheinungen auf. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieses Aalsterben Folge von HVA-Infektionen war. Massensterben durch HVA-Ausbrüche treten vor allem dann auf, wenn die Bestände durch hohe Wassertemperaturen und Sauerstoffmangel einer verstärkten Stresssituation unterliegen. Allerdings konnten bei den Tieren auch keine der in der Literatur beschriebenen typischen Krankheitssymptome (blutunterlaufene Flossensäume, rote Färbung der Afterregion etc.) sicher festgestellt werden.



Abb. 41: Gelbaal mit blasenartigen Hautveränderungen, die teils schon geplatzt und entzündet sind

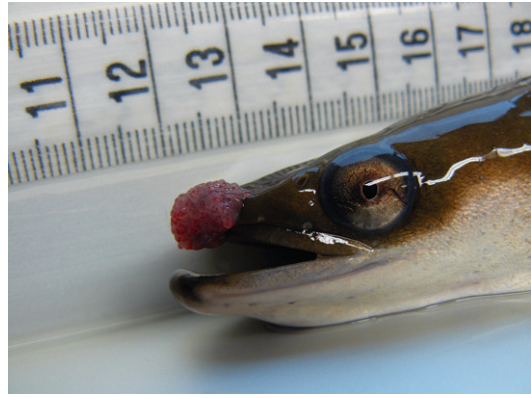


Abb. 42: Blankaal mit „Blumenkohlgeschwür“

In sehr wenigen Fällen wurden im Kanal zumeist jüngere Exemplare mit dem Symptom der Blumenkohlkrankheit gefangen (Abb. 42). Hierbei handelt es sich um eine Virusinfektion, die gutartige Geschwüre meist im Maulbereich verursacht. Je nach Größe der Geschwüre kann es aber zu Schwierigkeiten bei der Nahrungsaufnahme oder auch Folgeinfektionen kommen. In einem Fall fand sich ein Aal mit einem sehr großen Geschwür am Schwanzende. Bei der Krankheit handelt es sich um eine Virusinfektion, die offenbar häufiger in Gewässern mit schlechter Wasserqualität ausbricht.

5. Diskussion

Auf Basis der bisherigen Ergebnisse hat sich das Telemetriesystem der Firma VEMCO als sehr geeignetes Instrument zur Überwachung von Aalwanderungen in Kanälen und der Ems erwiesen. Über den gesamten Untersuchungszeitraum konnten keine systembedingten Ausfälle der Empfangseinrichtungen beobachtet werden. Der Verlust der Empfangseinheit am Wehr Herbrum beruhte vermutlich auf einer Kollision eines Schiffes mit der Montageeinrichtung.

Die zunächst für die Montage an vielen Standorten verwendeten verzinkten Stahlseile mit einem Durchmesser von 8 mm zeigten im Laufe der Zeit aber deutliche Ermüdungserscheinungen. An drei Montagepunkten gingen die Empfänger verloren bzw. konnten dort nicht mehr geborgen werden. Da vermutet wurde, dass die Empfänger durch ihre Beschwerung noch nahe der Montageorte am Grund lagen, wurde die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung um Hilfe bei der Suche und Bergung gebeten. Durch den Einsatz der Berufstaucher konnten die verloren gegangenen Empfänger dann auch gehoben werden. Daraufhin wurden im Rahmen der Kontrollen der Receiverseinheiten sukzessive alle Montagen erneuert und durch Edelstahlkonstruktionen ersetzt. Mit den in der Untersuchung gesammelten Erfahrungen lassen sich zukünftige Bearbeitungen von Fragestellungen in verschiedenen Gewässersystemen optimiert untersuchen.

Die durch den Hersteller VEMCO empfohlenen Programmierungen der Sender mit Sendepausen (delays) von 60 bis 120 Sekunden waren für den Versuchsansatz im Kanalsystem und die Zielart Aal ausreichend. Passagen markierter Aale führten an den Empfängereinheiten stets zu mehrfachen und damit gesicherten Registrierungen. Auch wurden bei der Datenauswertung an keinem Empfängerstandort nicht registrierte Passagen festgestellt, die auf zu lange Sendepausen zurückzuführen gewesen wären. Die Auswertung der Transmitterdaten belegte außerdem, dass die vom Hersteller prognostizierten Laufzeiten eingehalten und teilweise sogar überschritten werden.

In der Ems hätten einige Aale jedoch nach den Datenspeicherungen der angrenzenden Empfänger auch an einem weiteren Empfänger registriert werden müssen. Hier lassen sich die Fehlregistrierungen vermutlich auf zu lange delays zurückführen. Eine zu große Entfernung der Aale zu den Empfängereinheiten, wie sie bei WESTERBERG et al. (2014) für ähnliche Beobachtungen vermutet wird, lässt sich für ein Gewässer der Größe der mittleren Ems ausschließen. Wie vorab dargestellt, wurden für die abwandernden Aale in der Ems z. T. sehr hohe Wandergeschwindigkeiten beobachtet. Der Medianwert für die ausgewerteten Schwimmtappen lag hier bei 3,1 km/h. Bei einem maximalen delay von 120 Sekunden errechnet sich hieraus eine Schwimmstrecke von 372 m zwischen zwei emittierten Signalen. Bei den festgestellten Empfangsradien von mindestens 200 m besteht also die Möglichkeit, dass einzelne Tiere im Rahmen der delays (Sendepausen) eine Empfangsstation unerkannt passieren. Insgesamt waren die bei den Range-Tests ermittelten Empfangsradien an den Stationen in der Ems kleiner als an den Kanalstationen. Bei zukünftigen Untersuchungen in frei fließenden Gewässern müssen deshalb entweder kürzere Sendepausen (delays) gewählt werden oder es muss durch die Installation weiterer Empfängereinheiten ein größerer Empfangsradius sichergestellt werden. Auch ist bei Fischarten mit potenziell höheren Schwimmleistungen und -geschwindigkeiten eine Verkürzung der Sendepausen anzuraten.

Die Registrierungsraten lagen bis zum Frühjahr 2016 für das Kanalsystem bei 85 % und für Emsaale bei ca. 92 %. Hierbei muss man allerdings beachten, dass die Untersuchungszeit für die Ems

insgesamt deutlich kürzer war. Diese recht hohen Werte liegen im Rahmen der Beobachtungen aus anderen Studien (vgl. z.B. STEIN et al. 2015). Je nach Aufbau und Dimension des Telemetriesystems werden aber auch geringere oder höhere Registrierungsdaten beschrieben (BÉGUER-PON et al. 2014, BARRY et al. 2015). Das Fehlen von Registrierungen einiger Versuchstiere in beiden Untersuchungsabschnitten kann auf Mortalitäten von Versuchstieren durch Fressfeinde zurückzuführen sein. Allerdings ist auch ein mortalitätsbedingter Verlust als Folge der operativen Eingriffe an den Versuchstieren nicht auszuschließen. Hierfür spricht die Tatsache, dass zumindest ein besonderer Aal im Dortmund-Ems-Kanal von Anglern als verendendes Tier aus dem Gewässer entnommen wurde. Letztlich kann auch nicht ausgeschlossen werden, dass sich einige Versuchstiere über den Untersuchungszeitraum und die Transmitterlaufzeit von den Besatzorten nicht in Richtung der Empfängerstandorte bewegt haben.

Für die Vergleichsgruppe von 34 abstiegswilligen Aalen aus Hamenfängen der Unterems, die im Dezember 2014 zusätzlich im Kanal ausgebracht wurden, lag die Nachweisrate bis zum Frühjahr 2016 bei nur etwa 59 %. Hier sind im Verlauf der weiteren Datensammlungen noch höhere Werte zu erreichen.

Mit Blick auf die Auswertungen der nachweisbar zurückgelegten Schwimmdistanzen ergeben sich weitere deutliche Unterschiede zwischen den Aalen im Kanalsystem und der Ems. Für etwa 82 % der registrierten Kanalaale wurden minimale Schwimmdistanzen von bis zu 100 km berechnet. Dagegen legten 71 % der registrierten Emsaale eine minimale Schwimmdistanz von mehr als 100 km im Untersuchungszeitraum zurück. Bezieht man in diese Ergebnisse die Beobachtungen der häufigeren Richtungswechsel der Versuchstiere im Kanal mit ein, so lässt sich dieses dahingehend bewerten, dass die Kanalaale offensichtlich Schwierigkeiten mit der Orientierung haben und eine zielgerichtete Abwanderung nicht erfolgen kann. Als Erklärung hierfür kommen in erster Linie die im Kanalsystem vorherrschenden Strömungsverhältnisse in Betracht. Wechselnde Speisungsverhältnisse mit sich umkehrenden Strömungsrichtungen spielen hier sicher ebenso eine Rolle wie fehlende Strömungen während Zeiten geringer Schleusenaktivitäten oder Zeiten, in denen die Schleusen nicht betrieben werden. Bei der Mehrzahl der Schleusen im Kanalsystem sind die Betriebszeiten zumindest zeitweise eingeschränkt. In diesen Zeiten finden also keine Schleusungen statt und entsprechend bildet sich keine (gerichtete) Strömung aus. Für den Rhein-Herne-Kanal und den Wesel-Datteln-Kanal beschränken sich diese Zeiten auf wenige Nachtstunden an den Wochenenden und gesetzlichen Feiertagen. In der Nordstrecke des Dortmund-Ems-Kanals sind alle Schleusen nördlich Münster in der Zeit von 22:00 Uhr abends bis 06:00 Uhr morgens nicht in Betrieb, also gerade zu den Zeiten, in denen die höhere Aktivitätsphase festgestellt wurde. Beobachtungen zur Unterbrechung des aktiven Abstiegs von Blankaalen an Querverbauungen in Flüssen wurden auch von ACOU et al. (2008) beschrieben.

Für die These der Orientierungsschwierigkeiten sprechen auch die bisher beobachteten Ergebnisse für die Vergleichsgruppe aus Hamenfängen, die im Dezember 2014 in das Kanalsystem eingesetzt wurden. Keines dieser Tiere hat im Untersuchungszeitraum bis zum Frühjahr 2016 das System verlassen.

Die festgestellten deutlichen Unterschiede in den tageszeitlichen Bewegungsmustern im Kanal und der Ems sind ein weiteres Indiz dafür, dass die Abwanderung in der Ems schneller und zielgerichteter abläuft. Hier spielen vermutlich auch stärkere Wassertrübungen in der Ems bei Hochwasserereignissen eine Rolle, die als Einflussfaktor der Abwanderung beschrieben werden (ACOU et al.

2008). BEHRMANN-GODEL et al. (2003) berichten ebenfalls über Abwanderungen von Blankaalen an einer Wasserkraftanlage zur Tages- und Nachtzeit. In den meisten telemetrischen Untersuchungen zu absteigenden Blankaalen wurde allerdings eine tageszeitliche Rhythmik festgestellt (AARESTRUP et al. 2010, BREUKELAAR et al. 2008).

Dass die Schleusen im Kanalsystem grundsätzlich keine unüberwindbaren Hindernisse darstellen, belegen die Nachweise von Schleusenpassagen bei etwa 12,5 % der markierten Versuchstiere im Kanalsystem. Allerdings wurden auch bei den Aalen, die Schleusen passieren konnten, in einigen Fällen Richtungswechsel mit anschließenden entgegengesetzten Schleusenpassagen beobachtet. Dies ist wiederum als ein Hinweis auf ein mangelndes gerichtetes Wanderverhalten zu bewerten. Bemerkenswert ist, dass von der Vergleichsgruppe im Kanalsystem (absteigende Blankaale aus der Ems und dem Rhein) in einem vergleichsweise kürzeren Untersuchungszeitraum bereits 8 Tiere die Schleuse Münster passierten. Das entspricht einem Anteil von ca. 24 %.

In zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen der jüngeren Zeit wurde belegt, dass die Abwanderung von Blankaalen der Gattung *Anguilla* aus dem Süßwasser und Übergangsbereichen kein kontinuierlicher und unumkehrbarer Prozess ist, der nach einem festgelegten Muster abläuft (ACOU et al. 2008, BARRY et al. 2015, BÉGUER-PON 2015, STEIN et al. 2015, RECKORDT et al. 2014). Entsprechend kann man annehmen, dass auch in künstlichen Gewässern wie Kanälen mit Schleusenbauwerken eine Abwanderung mit längeren zeitlichen Unterbrechungen möglich ist. Während für die Wanderung selbst zwar vor allem die Fließgeschwindigkeit einen entscheidenden Einfluss zu haben scheint, spielen für die Initialisierung dieser Abwanderungsphase möglicherweise andere Parameter wie Luftdruck- und Wassertemperaturveränderungen eine entscheidende Rolle (ACOU et al. 2008).

Über die küstennahen Wanderrouen laichbereiter Aale wird seit langer Zeit spekuliert (TESCH 1999). Ergebnisse aus Telemetrieuntersuchungen führten zu der Annahme, dass Aale aus den Gewässern im Norden und Nordwesten Europas nach dem Erreichen der Nordseeküste zunächst einen nordwestlichen Kurs einschlagen, um nach der nordwestlichen Umgehung der Britischen Inseln die Laichwanderung in Richtung Sargassosee fortzusetzen. Auch die Ergebnisse einer aktuelleren Studie aus Schweden unter Nutzung sogenannter PSAT-Sender (Pop-Up Satellite Tags) lieferte hierzu unterstützende Daten (WESTERBERG et al. 2014). Als Gründe für die Wahl dieser Wanderroue werden vorherrschende Meeresströmungen, Änderungen des Salzgehaltes sowie die Orientierung an den Erdmagnetfeldern angenommen. Das hier für einen Aal aus der Ems beschriebene Auftauchen in einem Empfängernetz an der belgischen Küste nahe dem Ärmelkanal wurde durch die belgischen Kollegen auch für weitere Blankaale beschrieben (HUISMANN et al. 2016). Damit ergeben sich erstmals Hinweise auf eine Nutzung unterschiedlicher Abwanderungsrouten der Blankaale aus den nordwestlichen Einzugsgebieten Europas, die auch durch die Ergebnisse von SIMON & DOROW 2015 gestützt werden.

6. Bewertung der Ergebnisse mit Blick auf die weitere fischereiliche Bewirtschaftung des Westdeutschen Kanalsystems

Für einen sehr großen Teil der im Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V. organisierten Angler stellt das Westdeutsche Kanalsystem eines der wichtigsten Angelreviere dar. Als künstliches Gewässersystem ist der Verband durch das weitreichende Fehlen natürlicher Gewässerstrukturen bei der Bewirtschaftung auf Besatzmaßnahmen angewiesen. Selbst wenig anspruchsvolle (eurytope) Fischarten wie das Rotauge reproduzieren sich im Kanalsystem nicht in einem ausreichenden Maße.

Entsprechend wurden durch den Verband seit der Anpachtung auch Besatzmaßnahmen mit Aalen durchgeführt, da eine natürliche Einwanderung durch die vorhandenen Schleusenbauwerke im Längsverlauf unwahrscheinlich ist. Über viele Jahre hinweg konnte so ein hoher Aalbestand aufgebaut werden. Zu dieser Zeit galt das Westdeutsche Kanalsystem unter Anglern als sehr ertragreiches Aalgewässer. Dieses drückte sich auch darin aus, dass bei Schleusenrevisionen und –sanierungen regelmäßig sehr viele Aale in den trockengelegten Schleusen gefunden und dann ins Unterwasser transportiert wurden.

Die in allen europäischen Gewässersystemen auftretende Abnahme der Aalbestände macht sich seit den 1990er Jahren auch im Kanalsystem durch stetig fallende Fangerträge bemerkbar. Dafür sind u. a. zurückgehende Besatzmaßnahmen aufgrund stark gestiegener Glasaalpreise verantwortlich. Auch die Besatzumstellung von Glasaal auf vorgestreckten Farmaal wird in diesem Zusammenhang immer wieder kontrovers diskutiert. Das Ziel des Aalbesatzes besteht für den Verband (neben der angelfischereilichen Nutzung) auch in der Bereitstellung von Aufwuchshabitaten für den Aal verbunden mit der Möglichkeit einer erfolgreichen Abwanderung und der Vollendung des Lebenszyklus.

Die hier dargestellten Ergebnisse zum Wanderverhalten von Blankaalen belegen zwar, dass die Schleusen im Kanalsystem für Aale keine unüberwindbaren Hindernisse sind. Die Ergebnisse zeigen aber vor allem, dass eine zielstrebige Abwanderung in Richtung Meer auf Grund gerichteter Strömungsverhältnisse kaum möglich ist. Blankaale haben offensichtlich erhebliche Schwierigkeiten, die Übergänge in die freifließende Ems oder den Rhein zu finden. Ein Besatz mit Aalen im Kanalsystem kann also nur einen begrenzten Einfluss auf die in der EU-Aalverordnung und den Aal-Bewirtschaftungsplanungen geforderte Steigerung der Blankaalabwanderung haben und dient damit vornehmlich den Zielen der fischereilichen Bewirtschaftung.

Diese Aussage lässt sich aber nicht generell auf das gesamte Westdeutsche Kanalsystem übertragen, sondern gilt speziell für die Scheitelhaltung des Kanalsystems und die Nordstrecke des Dortmund-Ems-Kanals von der Schleuse Münster bis zur Schleuse Bevergern. Insbesondere im Dortmund-Ems-Kanal nördlich der Schleuse Bevergern und im Rhein-Herne-Kanal sowie dem Wesel-Datteln-Kanal sind im Jahresverlauf fast durchgängig gerichtete Abflüsse und damit kaum wechselnde Strömungsrichtungen vorhanden. Auch hier wird durch die zahlreichen Schleusen eine Abwanderung vermutlich erschwert und zeitlich verzögert. Eine erhöhte Mortalität bei einer Abwanderung von Blankaalen aus diesen Kanalbereichen ist aber nach derzeitigem Kenntnisstand nicht gegeben.

Lediglich zu Zeiten niedriger Wasserführungen der Lippe sind für den Rhein-Herne-Kanal und den Wesel-Datteln-Kanal Änderungen der Strömungsrichtungen durch Aktivierungen der Rück-

speisungen in die Scheitelhaltung zu erwarten. Da dieses in der Regel in den sehr abflussarmen Monaten vom Frühjahr bis Spätsommer passiert, in denen kein gesteigertes Abwanderungsverhalten von Blankaalen zu erwarten ist, ist der negative Einfluss auf das Abwanderungspotenzial laichbereiter Aale als eher gering einzuschätzen.

Wie vorab dargestellt, wird die geringe Abwanderungsquote der laichfähigen Aale im DEK wahrscheinlich maßgeblich von den wechselnden Strömungsbedingungen verursacht. Unter Umständen kann man hier durch die Einrichtung eines Schleusenmanagements Abhilfe schaffen. Ein solches Management würde in erster Linie die Schleusen der Nordstrecke (Bevergern bis Gleesen) betreffen, an der in den späten Abend- und Nachtstunden keine Schiffsschleusungen mehr stattfinden, aber in denen die größte Wanderaktivität zu erwarten ist. Ergänzend müsste dann auch an Wochenenden und Feiertagen zu den entsprechenden Tageszeiten ein Abflussmanagement an der Schleusengruppe Münster durchgeführt werden. Ziel eines solchen Schleusenmanagements müsste es sein, in der Hauptwanderungszeit der Blankaale (Herbst/Winter) eine gerichtete Strömung nach Norden zur Ems zu generieren. Der technische Aufwand für ein solches Management ist als eher gering einzuschätzen, da hierfür die an den Schleusen vorhandenen Freiwasserleitungen eingesetzt werden könnten und nicht zwingenderweise Leerschleusungen benötigt werden. Diese Freiwasserleitungen sind an allen Schleusen vorhanden, um die Wasserstände in den Schleusenhaltungen (= Strecken zwischen zwei Schleusen) regeln zu können. Dieses ist beispielsweise dann erforderlich, wenn eine Schleuse defekt ist oder Inspektionen anstehen.

Der zeitliche Rahmen eines Managements sollte sich an den natürlichen Abflüssen und den Hochwasserereignissen der Lippe orientieren. Zu diesen Zeiten steht ausreichend Lippewasser zur Verfügung und es gäbe keine durch Wassermangel verursachten Beeinträchtigungen der Schifffahrt durch das Abflussmanagement.

Sollte es gelingen, durch ein Schleusenmanagement in der Nordstrecke die Abwanderungsquote von Blankaalen zu steigern, könnte das Westdeutsche Kanalsystem weiterhin einen wichtigen Beitrag zur Aalbewirtschaftung in NRW leisten.

Für die weitere Entscheidung bezüglich künftiger Aal-Besatzmaßnahmen im Kanalsystem ist die Verfügbarkeit von Besatztieren von entscheidender Bedeutung. Die vorliegenden Zahlen zum Glasaaufkommen lassen für die letzten Jahre eine leichte Steigerung erkennen. Gleichzeitig wurde in den letzten Jahren das in der EU-Aalverordnung geforderte Ziel nicht erreicht, 60 % aller gefangenen Glasaaale für den Besatz in europäischen Gewässern einzusetzen. Die noch immer zu geringe Nachfrage nach Besatzmaterial führte zum Ende der Fangsaison in den letzten Jahren oft zu einem deutlichen Preisverfall. Dieses ist ein Hinweis darauf, dass es aktuell mehr als ausreichende Mengen an Besatztieren gibt.

Um einerseits die weitere fischereiliche Bewirtschaftung des Kanalsystems zu sichern, andererseits aber auch dem Rückgang der Aalbestände unter Gesichtspunkten der Nachhaltigkeit gerecht zu werden, müssen die gewonnenen Erkenntnisse in die künftigen Planungen von Aal-Besatzmaßnahmen im Westdeutschen Kanalsystem einfließen. In der nachstehenden Tabelle (Tab. 8) sind hierfür Vorschläge dargestellt.

Tab. 8: Vorschläge für die Änderung der Besatzplanung mit Aalen in den Teilbereichen des Westdeutschen Kanalsystems

Kanal	Abschnitt	künftige Besatzplanung
Dortmund-Ems-Kanal	Dortmund bis Schleuse Bevergern	Reduktion des Besatzes auf 50 % der bisherigen Besetztierzahl (Farmaal)
Dortmund-Ems-Kanal	Schleuse Bevergern bis Gleesen	Reduktion des Besatzes auf 75 % der bisherigen Besetztierzahl (Farmaal)
Rhein-Herne-Kanal	gesamte Strecke	Umstellung des Besatzes auf Glasaale entsprechend der bisherigen Besetztiermenge*
Wesel-Datteln-Kanal	gesamte Strecke	Beibehaltung der bisherigen Besetztiermenge (Farmaale)
Datteln-Hamm-Kanal	gesamte Strecke	Reduktion des Besatzes auf 50 % der bisherigen Besetztierzahl (Farmaal)

* umgerechnet auf Glasaaläquivalente

Die Beibehaltung der bisherigen Besetztierzahlen im Rhein-Herne-Kanal und Wesel-Datteln-Kanal soll auch der Überprüfung der Besatzeffizienz dienen. Studien in brandenburgischen Seen haben gezeigt, dass der allgemein angenommene Vorteil eines Besatzes mit Farmaalen nicht haltbar ist, da sich Farmaale zunächst auf das natürliche Nahrungsangebot umstellen müssen (SIMON & DÖRNER 2013). Der Längen- und Gewichtsvorteil der Farmaale wurde durch Glasaale recht schnell aufgeholt, sodass sich die Überlebensraten beider Besetztiergrößen nicht mehr wesentlich unterscheiden. Ob diese Ergebnisse auf andere Aallebensräume übertragbar sind, soll am Vergleich der beiden sehr ähnlichen Kanäle in den nächsten Jahren überprüft werden.

Für die Ems belegen die niedrigen Fangzahlen im Rahmen der Befischungen eine sehr geringe Aalbestandsdichte. Da diese Untersuchung gleichzeitig eine sehr gute Abwanderungsmöglichkeit der laichwilligen Tiere beweist, sollten die Besatzmaßnahmen in der Ems und den geeigneten Zuläufen verstärkt werden. Hierbei sollte insbesondere geprüft werden, ob die derzeit gültige Obergrenze der maximal über die Fischereiabgabe förderfähigen Besetztierdichte von 40 Tieren pro Hektar erhöht werden kann. Dieses ist auch gemäß den geforderten Zielen der EU-Aalverordnung sinnvoll.

7. Literatur

- AARESTRUP, K., THORSTAD, E. B., KOED, A., SVENDSEN, J. C., JEPSEN, N., PEDERSEN, M. I. & ØKLAND, F. (2010): Survival and progression rates of large European silver eel *Anguilla anguilla* in late freshwater and early marine phases. *Aquatic Biology*, Vol. 9: 263-270, doi: 10.3354/ab00260
- ACOU, A., LAFFAILLE, P. & LEGAULT, A. (2008): Migration pattern of silver eel (*Anguilla anguilla*, L.) in an obstructed river system. *Ecology of Freshwater Fish*, Vol. 17 (n°3), pp. 432-442, ISSN 1600-0633
- ANONYMOUS (2008): Aalbewirtschaftungspläne der deutschen Länder zur Umsetzung der EG-Verordnung Nr. 1100/2007 des Rates vom 18. September 2007 mit Maßnahmen zur Wiederauffüllung des Bestands des Europäischen Aals für die Flusseinzugsgebiete Eider, Elbe, Ems, Maas, Oder, Rhein, Schlei/Trave, Warnow/Peene und Weser. www.portal-fischerei.de
- BAER, J., BRÄMICK, U., DIEKMANN, M., KARL, H., UBL, C. & WYSUJACK, K. (2011): Fischereiliche Bewirtschaftung des Aals in Deutschland. Rahmenbedingungen, Status und Wege zur Nachhaltigkeit. Schriftenreihe des Verbandes Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e.V., Heft 16
- BARAS, E. & JEANDRAIN, D. (1998): Evaluation of surgery procedures for tagging eel *Anguilla anguilla* (L.) with biotelemetry transmitters. *Hydrobiologia* 371/372, 107-111
- BARRY, J., NEWTON, M., DODD, J. A., LUCAS, M. C., BOYLAN, P. & ADAMS, C. E. (2015): Freshwater and coastal migration patterns in the silver-stage eel *Anguilla anguilla*. *Journal of Fish Biology* 2015, doi:10.1111/jfb.12865
- BÉGUER-PON, M., CASTONGUAY, M., BENCHETRIT, J., HATIN, D., VERREAULT, G., MAILHOT, Y., TREMBLAY, V., LEFAIVRE, D., LEGAULT, M., STANLEY, D., DODSON, J. J. & ROCHET, M.-J. (2014): Large-scale migration patterns of silver American eels from the St. Lawrence River to the Gulf of St. Lawrence using acoustic telemetry. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71, 10, 1579
- BEHRMANN-GODEL, J. & ECKMANN, R. (2003): A preliminary telemetry study of the migration of European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the River Mosel, Germany. *Ecology of Freshwater Fish*, 12, 196-202
- BORCHERDING, J. & GERTZEN, S. (2016): Die aktuelle Fischbestandsdynamik am Rhein unter besonderer Berücksichtigung invasiver Grundeln – Monitoring und adaptives Management für eine nachhaltige Fischerei und Verbesserung des ökologischen Potentials am Rhein. *Fischereiverband Nordrhein-Westfalen e.V., Münster*, 48 S.
- BREUKELAAR, A. W., INGENDAHL, D., VRIESE, F. T., DE LAAK, G., STAAS, S. & KLEIN BRETELER, J. G. (2008): Route choices, migration speeds and daily migration activity of European silver eels *Anguilla anguilla* in the River Rhine, north-west Europe. *Journal of Fish Biology*, 74(9): 2139-57. doi: 10.1111/j.1095-8649.2009.02293.x.
- DEKKER, W. (2004): Slipping through our hands – Population dynamics of European eels. PhD Thesis, University of Amsterdam, Amsterdam. 185 pp.
- DOROW, M., Beardmore, B., Haider, W. & Arlinghaus, R. (2010): Winners and losers of conservation policies for European eel (*Anguilla anguilla* L.): an economic welfare analysis for differently specialized eel anglers. *Fisheries Management and Ecology* 17, 106-125.
- DURIF, C., GUIBERT, A. & ELIE, P. (2009): Morphological Discrimination of the Silvering Stages of the European Eel. *American Fisheries Society* 58, 103-111

- Europäische Union (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 vom 22.09.2007, 17-23
- Europäische Union (2011): Implementation of Appendix II listing of *Anguilla anguilla* within the European Union - publication of a zero export quota until the end of 2012 for EU Member States, Ref. Ares(2011)1180250 - 07/11/2011.
- GEIGER, CHR. (2007): Die „Hellabrunner Mischung“ im Vergleich mit MS 222 als Tauchbadnarkose bei verschiedenen Fischen. Inaugural-Dissertation, Tierärztliche Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
- HUISMAN, J., VERHELST, P., DENEUDT, K., GOETHALS, P., MOENS, NAGELKERKE, L. A. J., NOLTING, C., REUBENS, J., SCHOLLEMA, P. P., WINTER, H. V. & MOUTON, A. (2016): Heading south or north: novel insights on European silver eel *Anguilla anguilla* migration in the North Sea. Marine Ecology progress Series 554:257-262
- ICES (1999): ICES cooperative research report No. 229. Report of the ICES Advisory Committee on Fisheries Management 1998, part 2, 446 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 (2014): Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eel, 3-7 November 2014, Rome, Italy. ICES CM 2014/ACOM:18. 203 pp.
- IMBERT, H., BEAULATON, L., RIGAUD, C. & ELIE, P. (2007): Evaluation of visible implant elastomer as a method for tagging small European eels. Journal of Fish Biology, 71, 1546-1554
- NIEPAGENKEMPER, O. (1998): Ökologische Untersuchungen über die Fischfauna des Dortmund-Ems-Kanals zwischen Olfen und Bevergern (km 29,6 - 109,2). Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V., Münster, Heft 1, 67 S.
- NIEPAGENKEMPER, O. (2004): Untersuchungen zur Fischfauna im Dortmund-Ems-Kanal (Artenvielfalt, Wachstum, Reproduktion). Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V., Münster, Heft 4, 119 S.
- PANKHURST, N. W. (1982): The relation of visual changes to the onset of sexual maturation in the European eel *Anguilla anguilla* (L.). Journal of Fish Biology 21, 127-140
- RECKORDT, M., UBL, C., WAGNER, C., FRANKOWSKI, J. & DOROW, M. (2014): Downstream migration dynamics of female and male silver eels (*Anguilla anguilla* L.) in the regulated German lowland Warnow River. Ecology of Freshwater Fish 23, 7-20, doi: 10.1111/eff.12080
- SIMON, J. (2007): Evaluation of marking European silver eels with visible implant elastomer tags and alcian blue. Journal of Fish Biology 70, 303-309
- SIMON, J. & DÖRNER, H. (2013): 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. & DOROW, M. (2015): Vergleich des Orientierungsvermögens besetzter und natürlich eingewanderter Blankaale. Fischerei & Fischmarkt M-V 3/2015, 29-34
- SJÖBERG, N. B., PETERSSON, E., WICKSTRÖM, H. & HANSSON, S. (2009): Effects of the swimbladder parasite *Anguillicola crassus* on the migration of European silver eels *Anguilla anguilla* in the Baltic Sea. Journal of Fish Biology 74, 2158-2170

- STEIN, F., DOERING-ARJES, P., FLADUNG, E., BRÄMICK, U., BENDALL, B. & SCHRÖDER, B. (2015): Downstream migration of the European Eel (*Anguilla anguilla*) in the Elbe River, Germany: Movement patterns and the potential impact of environmental factors. *River Research and Applications*, doi 10.1002/rra.2881
- TESCH, F.-W. (1999): *Der Aal*. Blackwell Wissenschafts-Verlag Berlin - Wien, 397 S.
- THORSTAD, E. B., ØKLAND, F., WESTERBERG, H., AARESTRUP, K. & METCALFE, J. D. (2013): Evaluation of surgical implantation of electronic tags in European eel and effects of different suture materials. *Marine and Freshwater Research* 64:324-331
- VDFF – Verband Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e.V. (2000): *Fischereiliche Untersuchungsmethode in Fließgewässern*. Schriftenreihe, Heft 13, Nürnberg, 52 S.
- WESTERBERG, H., SJÖBERG, N., LAGENVELT, I., AARESTRUP, K. & RIGHTON, D. (2014): Behaviour of stocked and naturally recruited European eels during migration. *Marine Ecology progress Series* 496, 145-157

Danksagungen

Ich danke der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) für die Erlaubnis und Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchung. Die zuständigen Wasser- und Schifffahrtsämter Meppen, Minden, Rheine und Duisburg-Meiderich und deren zugeordnete Außenbezirke waren einerseits bei der Auswahl geeigneter Standorte für die Empfängerinstallationen eine große Hilfe, halfen aber speziell schnell und unkompliziert bei auftretenden Problemen. Ein ganz besonderer Dank gilt deshalb der Taucherstaffel des Kompetenzzentrums für das Taucherwesen beim WSA Rheine für die mehrfache Bergung verloren gegangener Empfängereinheiten und dem WSA Duisburg-Meiderich für die Bereitschaft, unser Arbeitsboot regelmäßig an der Schleuse Oberhausen zu wassern. Herr Wedy hat sich hier als Meister am Unimog-Kran bewiesen. Frau Meike Cropp vom WSA Duisburg-Meiderich weihte mich in die Besonderheiten der Speisung des Kanalsystems ein und stellte auch die für die Analysen nötigen Daten zur Verfügung.

Ohne die Bereitstellung von Blankaalen durch die Hamenfischer Jan Lohmann Bruns und Martin Goldsweer an der Unterems hätte ich die Untersuchungen nicht zu Ende bringen können. Herrn Goldsweer gilt auch mein Dank wegen der Meldung erneut gefangener Versuchstiere in seinen Netzen.

Alle Kolleginnen und Kollegen beim LFV Westfalen und Lippe e.V. in Münster waren mehr oder minder stark in das Projekt einbezogen und immer für mich ansprechbar. Hier möchte ich Dr. Marc Schmidt und Manuel Langkau von der LFV Hydroakustik GmbH besonders hervorheben. Till Seume und Franz Krahforsst begleiteten mich bei jeder Wetterlage auf den Kanälen und der Ems, um Daten zu sammeln und Fische zu fangen. Ohne Birgit Hauenschild und Andrea Sago wäre ich an den nötigen Verwaltungs- und Abrechnungstätigkeiten sicher verzweifelt. Danke für euren Einsatz!

Schließlich möchte ich allen Anglerinnen und Anglern meinen Dank aussprechen, die nach markierten Aalen Ausschau gehalten haben und die Fänge von Versuchstieren meldeten.

