



Niedersächsisches Landesamt für
Verbraucherschutz und
Lebensmittelsicherheit

Abschätzung der fischereibedingten Schädigung von Blankaalen beim Fang mittels Aalschokker

Abschlussbericht

(September 2017 – November 2020)



Niedersachsen

Auftragnehmer

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

Bearbeitung

Dipl.-Fischereiiing. Erik Fladung (Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow)

unter Mitarbeit von:

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

Dr. Verena Jung-Schroers (Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover)

Fischwirt Marius Henniecke (Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow)

CBTA Eva Arlt (Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow)

B.Sc. J. Witkowski (Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow)

Auftraggeber

Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES)

- Dezernat Binnenfischerei -

Eintrachtweg 19

30173 Hannover

Der vorliegende Abschlussbericht fasst die Ergebnisse der Untersuchungen zur fischereibedingten Schädigung von Blankaalen zusammen, die parallel zum „Aaltaxi Weser“ im Zeitraum von Oktober 2017 bis Januar 2020 erfolgten.

Zitiervorschlag

Fladung, E.; Simon, J.; Jung-Schroers, V.; Henniecke, M.; Arlt, E. & Witkowski, J. (2020):
Abschätzung der fischereibedingten Schädigung von Blankaalen beim Fang mittels
Aalschokker. Abschlussbericht, Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, im Auftrag
des LAVES, 59 S.

Titelbild:

Aalschokker auf der Weser bei Drakenburg (Quelle: J. Simon, IfB Potsdam-Sacrow)

Inhalt

1	Veranlassung und Aufgabenstellung	4
2	Untersuchungsmethodik	5
2.1	Literaturrecherche	5
2.2	Feldversuche	8
2.3	Datenauswertung und Statistik	17
3	Ergebnisse	20
3.1	Literaturrecherche	20
3.2	Hamenversuche	21
3.2.1	<i>Vorschädigungen der Aale zu Versuchsbeginn (Statuserhebung)</i>	21
3.2.2	<i>Statuserhebung vs. Nachuntersuchung I (direkte Schädigungen)</i>	26
3.2.3	<i>Nachuntersuchung I vs. Nachuntersuchung II (Folgeschäden)</i>	32
3.2.4	<i>Statuserhebung vs. Nachuntersuchung II (Gesamtschäden)</i>	38
4	Diskussion	44
4.1	Vorschädigungen der Blankaale (Statuserhebung)	44
4.2	Direkte Schädigungen durch den Fang mittels Aalschokker	45
4.3	Folgeschäden durch den Fang mittels Aalschokker (Hälterversuch)	47
4.4	Gesamtschäden durch den Fang mittels Aalschokker und nachfolgender Hälterung	50
5	Zusammenfassung	53
6	Literatur	56
7	Anlagen	
Anlage 1	Ergebnisse der Literaturrecherche - Auflistung einschlägiger Publikationen nach Relevanz	
Anlage 2	Ergebnisse der statistischen Auswertung zu den direkten Schädigungen durch den Fang mittels Aalschokker (Statuserhebung vs. Nachuntersuchung I)	
Anlage 3	Ergebnisse der statistischen Auswertung zu möglichen Folgeschäden durch den Fang mittels Aalschokker (Nachuntersuchung I vs. Nachuntersuchung II)	
Anlage 4	Ergebnisse der statistischen Auswertung zu den Gesamtschäden durch den Fang mittels Aalschokker (Statuserhebung vs. Nachuntersuchung II)	
Anlage 5	Standardprotokoll zur Erfassung der Vitalfunktionen, Schädigungsarten und -grade der Blankaale in Anlehnung an MUELLER et al. (2017)	
Anlage 6	Beispielfotos für verschiedene Schädigungsarten und -grade bei Blankaalen	

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Seit Anfang der 1990er Jahre ist ein massiver Rückgang der Bestände des Europäischen Aals (*Anguilla anguilla*) zu beobachten (MORIARTY & DEKKER 1997, DEKKER 2004). Das derzeitige Glasaalaufkommen beträgt nach verschiedenen Schätzungen nur etwa 1-6 % des Bestandsmaximums im Zeitraum 1960-1979 (ICES 2020). Der Rückgang der Speiseaalfänge in Europa um 85 % im Vergleich zum Zeitraum 1960-80 (ICES 2020) ist wahrscheinlich Ausdruck einer verringerten Bestandsgröße. Nach Einschätzung der EU befindet sich der Bestand des Europäischen Aals außerhalb sicherer biologischer Grenzen (ICES 1999). In der Folge kam es zur Verabschiedung der Verordnung (EG) Nr. 1100/2007 mit Maßnahmen zur Wiederauffüllung des Bestands des Europäischen Aals (Aal-VO). Die Aal-VO verpflichtet die Mitgliedstaaten zur Erstellung von Aalmanagementplänen, in denen Maßnahmen zum Schutz des Aals und zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Blankaalabwanderung zu formulieren sind. Auf der Roten Liste der Weltnaturschutzunion IUCN wird der Aal als „vom Aussterben bedroht“ geführt (IUCN 2021). Um den internationalen Handel mit dieser Fischart besser kontrollieren zu können, ist der Europäische Aal seit 2009 in Anhang II des Washingtoner Artenschutzabkommens CITES gelistet.

In Deutschlands Flüssen existieren mittlerweile über 7.300 Wasserkraftanlagen (KEUNEKE 2015). Diese führen nachweislich zu Verlusten bei den aus dem Binnenland in das Meer abwandernden, geschlechtsreifen Blankaalen. Die Mortalitätsrate für Blankaale hängt von standortspezifischen Faktoren wie z.B. Turbinentyp, hydraulischen Kennwerten (z.B. Durchflussmenge, Anströmgeschwindigkeit am Rechen), vorhandenen Abweiservorrichtungen und alternativen Passagemöglichkeiten ab und kann sehr stark variieren (EBEL 2013). Im Mittel verschiedener Feldstudien beträgt die direkte Blankaalsterblichkeit an Wasserkraftanlagen 41 % (ICES 2019). Die Passage mehrerer Wasserkraftanlagen in Folge führt zu einer kumulativen Blankaalsterblichkeit, die erheblich sein kann. Im Flussgebiet Weser sind zwar nur etwa 25 % der Gewässerflächen des Aallebensraumes von Wasserkraft betroffen, dennoch beträgt die modellierte Blankaalsterblichkeit durch Wasserkraft im Gesamtaallebensraum Weser 20 % (LAVES et al. 2008).

In der Weser sind gegenwärtig 9 Wasserkraftanlagen im Hauptstrom (Bundesländer Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Bremen) vorhanden, deutlich mehr finden sich in Nebengewässern. Daher ist das Flusseinzugsgebiet der Weser allein in Niedersachsen stark von Wasserkraftnutzung geprägt (DIEKMANN et al 2020). Um die Blankaalsterblichkeit infolge der Passage von Kraftwerksturbinen zu verringern, sollen von der Erwerbsfischerei abwandernde Blankaale oberhalb der Wasserkraftanlagen mittels Aalschokker gefangen und in der frei fließenden Unterweser wieder ausgesetzt werden. Hierzu wurden seit 2017 Fang- und Transportmaßnahmen (sog. „Aaltaxi Weser“) durchgeführt.

Die Ergebnisse der eigentlichen Fang- und Transportmaßnahmen während des „Aaltaxis Weser“ sind an anderer Stelle dargestellt (DIEKMANN et al. 2020). Der positive Effekt solcher Maßnahmen für den Erhalt und die Förderung des Laicherbestandes des Europäischen Aals hängt u.a. maßgeblich davon ab, dass die abwandernden Blankaale ungeschädigt und in guter körperlicher Verfassung wieder ausgesetzt werden. Vor diesem Hintergrund sollten im vorliegenden Forschungsprojekt zunächst durch eine Literaturrecherche der aktuelle Wissensstand zusammengetragen und nachfolgend mögliche Schädigungen der Blankaale durch den Fang mittels Aalschokker in Feldversuchen gezielt untersucht und bewertet werden.

2 Untersuchungsmethodik

2.1 Literaturrecherche

Für die Erfassung des internationalen, wissenschaftlichen Kenntnisstandes zur Abschätzung der fischereibedingten Schädigung von Blankaalen beim Fang mittels Aalschokker sowie zu möglichen tierfreien Ersatz- und Ergänzungsmethoden wurde eine Recherche der relevanten deutsch- und englischsprachigen Literatur durchgeführt. Da zu beiden Fragestellungen keine Literatur verfügbar war, wurde die Suche auf den wissenschaftlichen Kenntnisstand zu Methoden zur Bewertung von Schädigung an Aalen und anderen Fischen durch den fischereilichen Fang oder bei der Passage von Wasserkraftanlagen erweitert. Die Literaturrecherche erfolgte im Jahr 2017, vor Beginn der eigenen Untersuchungen. Während der Versuchsdurchführung neu zur Thematik erschienene Publikationen wurden regelmäßig nachrecherchiert und gesichtet.

Die Literaturrecherche umfasste folgende Datenbanken und einschlägige wissenschaftliche Zeitschriftenreihen:

- Karlsruher Virtueller Katalog (KVK)
- Zeitschriftendatenbank (ZDB)
- Google Scholar (GS)
- Current Contents Connect (CCC)

- Allgemeine Fischereizeitung
- Archiv für Fischereiwissenschaft
- Archives of Polish Fisheries
- Bulletin of the European Association of Fish Pathologists
- Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science
- Deutsche Fischereizeitung
- Ecology of Freshwater Fish
- Environmental Biology of Fishes
- Fischer & Teichwirt
- Fish and Fisheries
- Fisheries
- Fisheries and Aquatic Sciences
- Fisheries Management and Ecology
- Fisheries Research
- Fisheries Science
- Freshwater Biology
- Hydrobiologia
- ICES Journal of Marine Science
- Journal of Applied Ichthyology
- Journal of Fish Biology
- Journal of Ichthyology
- Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems
- Marine and Coastal Fisheries
- Marine and Freshwater Research
- North American Journal of Aquaculture
- North American Journal of Fisheries Management
- PLOS ONE
- Proceedings of the Royal Society B - Biological Sciences
- Reviews in Fish Biology and Fisheries

- Reviews in Fisheries Science & Aquaculture
- River Research and Applications
- The Progressive Fish-Culturist
- Transactions of the American Fisheries Society
- Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften / Zeitschrift für die Binnenfischerei der DDR

Einschlägige Diplom-, Master- und Doktorarbeiten wurden mit Hilfe diverser Kataloge (u.a. virtueller Katalog des KIT, DART-Europe E-theses Portal, Diplomarbeiten-online.com) ermittelt und ausgewertet. Als weitere Informationsquellen dienten aktuelle Tagungsbände von wissenschaftlichen Veranstaltungen der Aalkommission des Deutschen Fischereiverbandes (DFV) und der Deutschen Sektion der European Association of Fish Pathologists (EAFP). Zusätzlich wurden wissenschaftliche Publikationen der Fachbibliothek am IfB Potsdam-Sacrow sowie eigene Literaturzusammenstellungen genutzt. Außerdem wurde die Datenbank „AnimalTestInfo“ des Bundesministeriums für Risikobewertung zu Tierversuchsvorhaben in Deutschland auf ähnliche Untersuchungen sowie die Datenbank AnimALT-ZEBET der Zentralstelle zur Erfassung und Bewertung von Ersatz- und Ergänzungsmethoden zum Tierversuch auf wissenschaftliche Alternativmethoden durchsucht.

Folgende deutsch- und englischsprachige Suchbegriffe sowie deren Kombinationen wurden bei der Literaturrecherche verwendet (Tabelle 1):

Tab. 1: Suchbegriffe und deren Kombinationen für die Literaturrecherche

Sprache	Hauptbegriffe	Unterkategorien	Unterbegriffe
Deutsch	Fisch	Aal Blankaal Anguilla <i>nicht:</i> Sandaal Meeraal Aalmutter	Fang Hamen Schäden Verletzungen Sterblichkeit Verhaltensmuster Passage Markierung Turbinen Wasserkraft Biomonitoring <i>nicht:</i> Haken Angler
Englisch	fish	eel silver eel anguilla <i>nicht:</i> eelgrass sandeel conger eelpout	capture catch stow net damage injury mortality behavioural pattern passage tagging turbine hydropower bio-monitoring <i>nicht:</i> hook angler recreational

Für die Literaturrecherche wurde keine zeitliche Einschränkung vorgenommen. Anhand der Suchstrategien gefundene Treffer in den Datenbanken bzw. Zeitschriften wurden nach Titel und Abstract auf Relevanz überprüft, ggf. verschlagwortet, bewertet und zusammen mit einer PDF-Version (soweit verfügbar) in einer Literaturdatenbank (EndNote) archiviert. Die Bewertung erfolgte nach Relevanz und Informationsgehalt der Literaturquelle auf einer Skala von 1 Stern (nicht relevant, aber passend zum Thema) bis 3 Sternen (sehr hohe Relevanz) (vgl. Tab. 6).

2.2 Feldversuche

2.2.1 Untersuchungsgebiet

Die Feldversuche zur Ermittlung möglicher fischereibedingter Schädigungen von Blankaalen beim Fang mittels Aalschokker wurden in Drakenburg an der Mittelweser durchgeführt (Abb. 1). Eine Beschreibung der Gewässer des Aallebensraums Weser findet sich im AMP Weser (LAVES et al. 2008), eine kurze Beschreibung der Standorte der am Aaltaxi beteiligten Fischereibetriebe und der Wasserkraftstandorte bei DIEKMANN et al. (2020).

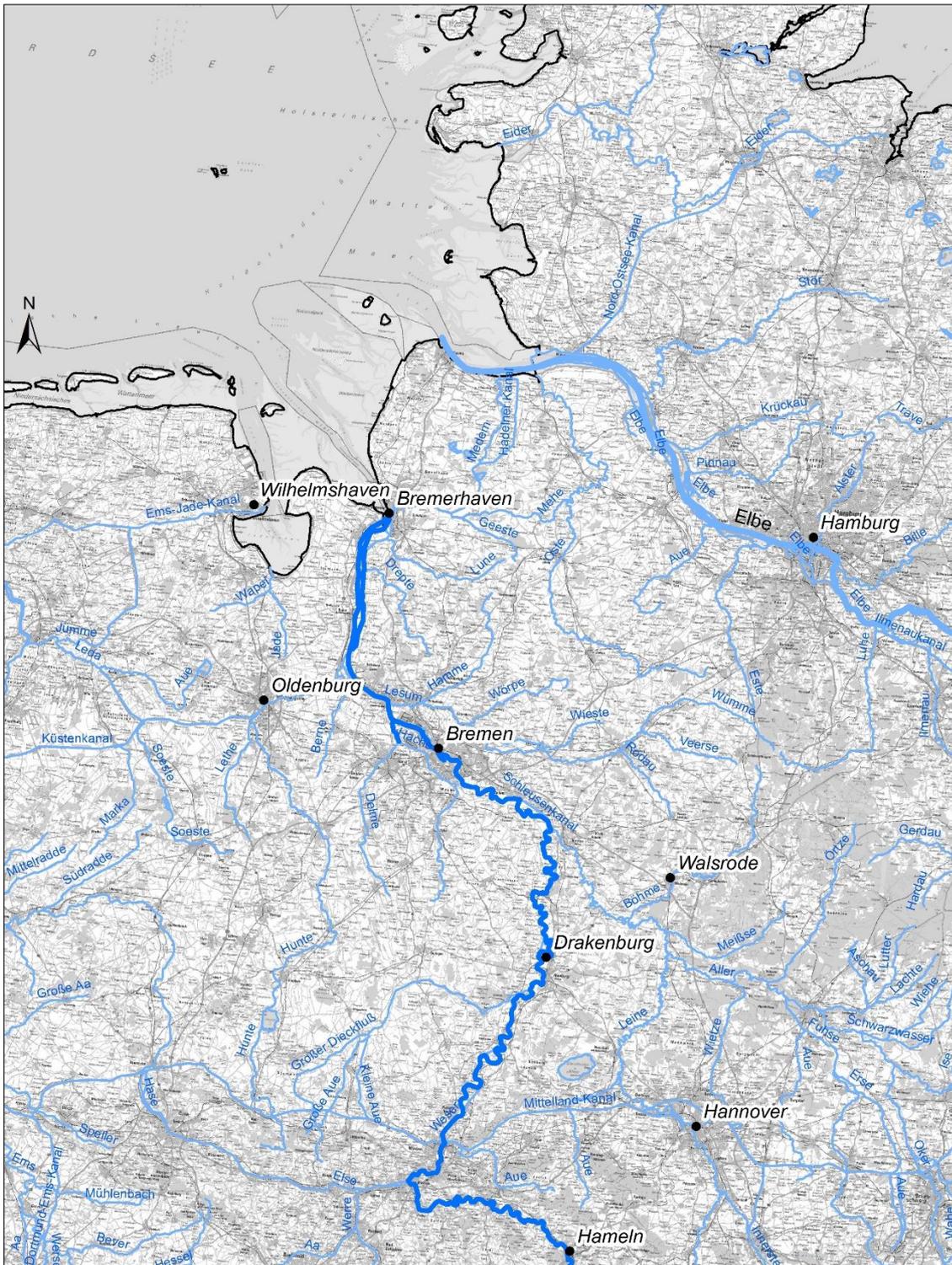


Abb. 1: Untersuchungsgebiet (Kartengrundlage: © GeoBasis-DE/BKG 2011)

2.2.2 Versuchsdesign

Während der Hauptabwanderungszeit (DIEKMANN et al. 2020) wurden Blankaale mit einem Scherbretthamen bei Hameln in der Mittelweser gefangen, zur Tierärztlichen Hochschule Hannover transportiert, dort visuell auf äußere Verletzungen und durch Röntgen auf innere Verletzungen untersucht (Statuserhebung), mittels PIT-Tag individuell markiert und anschließend zum Versuchsort Drakenburg verbracht. Dort wurden die Versuchstiere zufällig auf drei Versuchsgruppen (je 60 Aale) und eine Kontrollgruppe incl. Reservetiere (40 Aale) verteilt. Nach einer jeweils 24stündigen Erholungsphase in separaten Hälterbecken (Abb. 3) wurden die Behandlungsgruppen einzeln in einen Hamen des Aalschokkers gesetzt und nach einer Stellzeit von 4-5 Stunden am nächsten Tag wiederum auf direkte Schädigungen und Verletzungen untersucht (Nachuntersuchung I). Um längerfristige Folgeschäden durch das Fanggerät abschätzen zu können, wurden anschließend Unterstichproben der Versuchsgruppen zusammen mit der Kontrollgruppe über 14 Tage gehältert und danach erneut untersucht (Nachuntersuchung II). Nachfolgende schematische Darstellung (Abb. 2) soll die Methodik des Versuchsablaufes verdeutlichen:

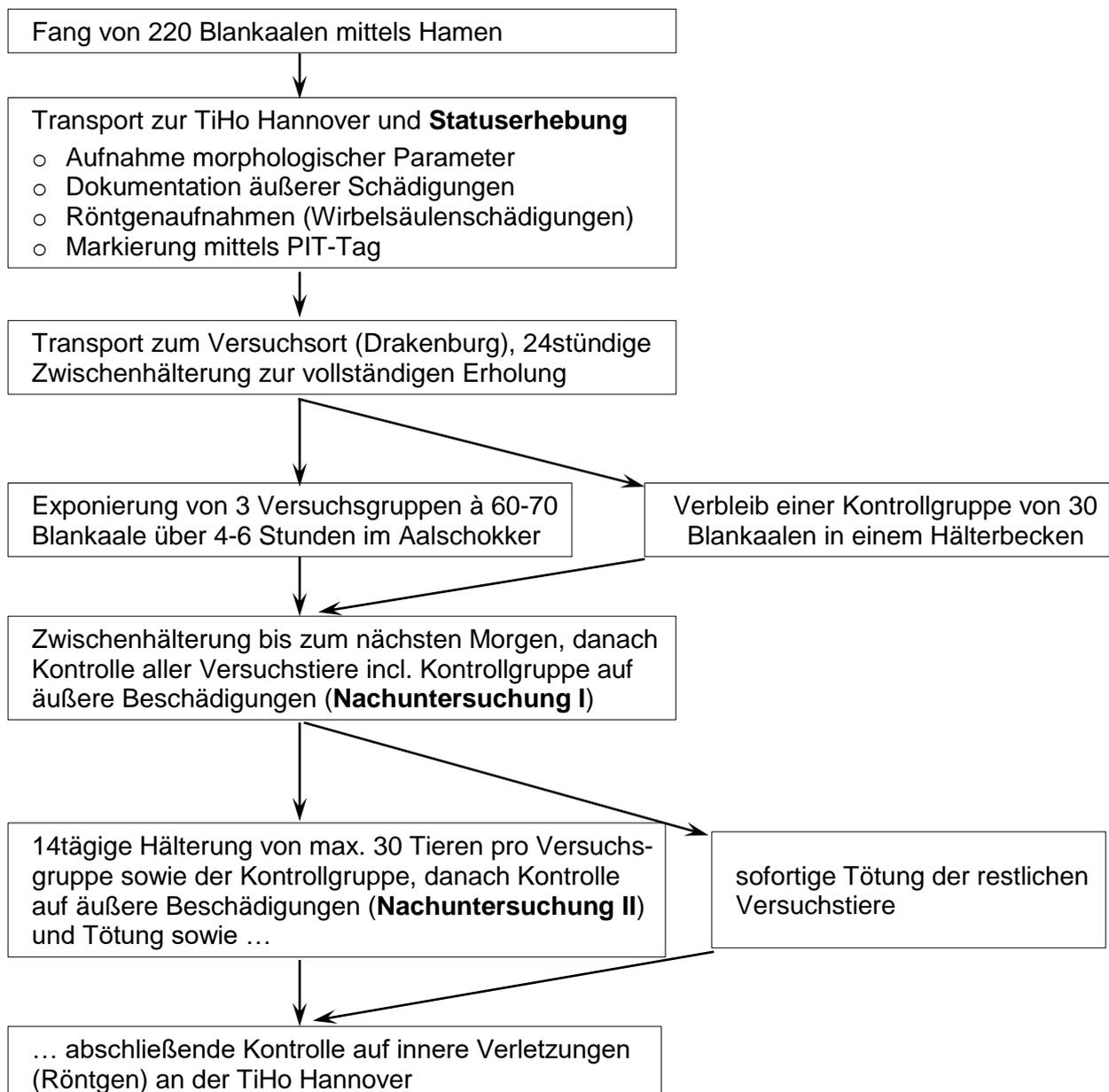


Abb. 2: Schematische Darstellung des Versuchsablaufes

Sowohl bei der Wahl des Versuchsdesigns als auch bei der Versuchsdurchführung wurde auf einen fischereitypischen Umgang mit den Versuchstieren entsprechend der guten fachlichen Praxis Wert gelegt, um möglichst aussagekräftige, repräsentative Ergebnisse zu erzielen. Das Tierversuchsvorhaben wurde vom Niedersächsischen Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) am 06.12.2017 genehmigt (AZ 33.19-42502-04-17/2672) und die Genehmigung mit Schreiben vom 24.01.2018 und 24.01.2019 um jeweils ein Jahr verlängert.

Die für die Feldversuche verwendeten Blankaale wurden wenige Tage vor Versuchsbeginn mittels eines Hamens in der Oberweser bei Hameln gefangen und dort kurzzeitig zwischengehalten. Es handelte sich somit um Wildfänge aus der Weser, die an die spezifischen Umweltbedingungen (z.B. Strömung, Wasserqualität usw.) in der Weser angepasst waren und ein natürliches Abwanderungsverhalten erwarten ließen. Wildfängen wurde gegenüber Aalen aus einer Fischzucht bewusst der Vorzug gegeben, da die Kondition der Versuchsfische einen signifikanten Einfluss auf die Sterblichkeit beim Hamenfang hat (PANDER et al. 2020).

2.2.3 Stuserhebung

Stuserhebung und Markierung der Aale wurden am 21. und 22.10.2019 in der Tierärztlichen Hochschule (TiHo) Hannover vorgenommen.

Der Transport der Tiere von Hameln nach Hannover erfolgte ebenso wie der Weitertransport zum Versuchsort Drakenburg in Fischtransportbehältern mit Sauerstoffbegasung, die auch für den Transport von Blankaalen im Rahmen des „Aaltaxis“ verwendet werden (Abb. 3). Die Transportdauer betrug für eine Wegstrecke zwischen 55...120 Minuten und fand mit Wassertemperaturen von 13,4...14,7 °C sowie Sauerstoffsättigungswerten von 125...213 % unter fischphysiologisch günstigen Bedingungen statt (vgl. SCHRECKENBACH et al. 1987).



Abb. 3: Fahrzeuganhänger mit Fischtransportbehältern (links) für den Transport sowie Hälterkästen (rechts) für die Kurz- und Langzeithälterung der Versuchsfische in der Weser

Nach der Ankunft an der TiHo Hannover wurden die Versuchstiere aus den Transportbehältern in Gruppen von je 5 Tieren in einen Untersuchungsraum verbracht, betäubt, geröntgt, vermessen, gewogen, auf äußere Verletzungen und Beschädigungen untersucht, mit einem PIT-Tag markiert und anschließend zum Erwachen aus der Narkose in ein mit Frischwasser gefülltes und belüftetes Becken gesetzt. Nach dem Erwachen wurden die markierten Versuchstiere in einen leeren Transportbehälter (s. Abb. 3) überführt und bis zum Weitertransport nach Drakenburg über max. 12 Stunden zwischengehalten. Während des gesamten Zeitraums der Zwischenhaltung wurde alle zwei Stunden der Sauerstoffgehalt in den Transportbehältern gemessen und die Sauerstoffzufuhr ggf. nachreguliert.

2.2.3.1 Röntgenuntersuchungen

Vor der Röntgenuntersuchung wurde jeweils eine Gruppe von 5 Aalen in einer geräumigen Plastikwanne mit Nelkenöl sediert. Für die Narkotisierung wurden 60 mg Nelkenöl pro Liter Wasser, gelöst in Ethylalkohol im Verhältnis 1:9, verwendet. Nach erfolgter Betäubung wurden die Fische aus dem Betäubungsbad entnommen und für die röntgenologische Untersuchung nebeneinander auf ein gewelltes Plastiktablett gelegt (Abb. 4).

Die Röntgenaufnahmen mittels eines digitalen Röntgengerätes dienten der Erkennung möglicher Schädigungen des Skelettsystems und insbesondere der Wirbelsäule der Versuchstiere und erfolgte in einem Nachbarraum des Untersuchungsraumes. Die Aale wurden auf der rechten Seite liegend so in den Vertiefungen des Plastiktablets positioniert, dass sie im latero-lateralen Strahlengang, jeweils von linker zu rechter Körperseite, geröntgt werden konnten. Eine Lagerung auf dem Bauch, um eine Röntgenaufnahme im dorso-ventralen Strahlengang anzufertigen, war aufgrund der Instabilität der Tiere in der Bauchlage nicht möglich. Da eine Einzelaufnahme nicht ausreichte, um die gesamte Körperlänge der Aale zu beurteilen, wurden bis zu drei überlappende Röntgenaufnahmen pro Tier angefertigt. Bei jeder Aufnahme wurde eine fortlaufende Metallnummer, die neben den obersten Aal auf das Tablett gelegt wurde, mitgeröntgt. Auf diese Weise konnte die eindeutige Zuordnung des jeweiligen Bildes zu den individuellen Aalen sichergestellt werden. Für alle Röntgenaufnahmen wurde eine Fokus-Film-Distanz von 90 cm, eine Röhrenspannung von 38 Kilovolt (kV) und ein Röhrenstrom von 9,34 Milliamperesekunden (mAs) eingestellt. Die Qualität der Röntgenaufnahmen wurde nach jeder Aufnahme am Computermonitor überprüft, um Aufnahmen bei Bedarf wiederholen zu können.



Abb. 4: betäubte Blankaale unter dem Röntgengerät

2.2.3.2 Weitere Untersuchungen und Markierung

Im Anschluss an das Röntgen wurden die Tiere wieder in den angrenzenden Untersuchungsraum gebracht und in separate Behälter mit Betäubungslösung gelegt, sodass die individuelle Zuordnung jedes einzelnen Aals zum zuvor angefertigten Röntgenbild gewährleistet war. Danach

wurden bei den einzelnen Tieren Totallänge (mm), Gewicht (g) und Reifezustand (Gelb- oder Blankaal) bestimmt sowie äußerlich sichtbare Verletzungen und Beschädigungen in Anlehnung an MUELLER et al. (2017) erfasst. Die Einschätzung des Reifezustandes erfolgte visuell anhand der Körpermerkmale Hautfärbung, Augendurchmesser und Brustflossenlänge.

Das von MUELLER et al. (2017) für verschiedene Fischarten entwickelte Standardprotokoll wurde von uns speziell für Untersuchungen an Aalen adaptiert und berücksichtigt neben den zumeist makroskopisch erhobenen Schädigungsarten „Vitalität“, „Verpilzungen“ und „Parasitenbefall“ insbesondere äußere Verletzungen, die getrennt nach Körperseite, Körperbereich, Körperteil, Schädigungsart und -grad detailliert erfasst wurden (s. Anlagen 5 und 6). Dabei wurden folgende Unterscheidungen/Einschätzungen vorgenommen:

Vitalität

Visuelle Einschätzung anhand des Schwimm- und Fluchtverhaltens mit 4 Schädigungsgraden.

Verpilzungen

Visuelle Einschätzung des betroffenen Anteils der Körperoberfläche mit 4 Schädigungsgraden.

Parasiten

Makroskopische Erfassung des Befalls mit Ektoparasiten bzw. entsprechender Symptome bezogen auf den betroffenen Anteil der Körperoberfläche mit 4 Schädigungsgraden. Exemplarisch wurden Abstriche befallener Körperstellen mikroskopisch untersucht und der Parasit bestimmt.

Körperseite

Unterschieden wurde linke und rechte Körperseite.

Körperbereich

Unterschieden wurden Kopf, Vorderkörper und Hinterkörper. Die optische Trennung zwischen Vorder- und Hinterkörper erfolgte auf Höhe des Afters.

Körperteil

Aale verfügen im eigentlichen Sinne nicht über eine Rücken-, After- und Schwanzflosse, sondern über einen umlaufenden Flossensaum. Um einzelne Schädigungen genauer lokalisieren zu können, wurden oberer und unterer Flossensaum sowie die Schwanzspitze getrennt betrachtet und im Einzelnen folgende Körperteile unterschieden: Kopf, Maul/Schnauze, Auge, Kiemendeckel, Vorderkörper, Brustflosse, Rückenflosse Vorderkörper, Hinterkörper, Rückenflosse Hinterkörper, Afterflosse, Schwanzspitze.

Schädigungs-/Verletzungsarten

In Anlehnung an MUELLER et al. (2017) wurden Abtrennungen, Blutungen, Hautläsionen, Wirbelsäulendeformationen, Flossenrisse, Luftblasen sowie sonstige Schädigungen getrennt nach Körperseite, Körperbereich, Körperteil erfasst und jeweils 3 Schädigungsgraden zugeordnet. Die Definition der Schädigungs-/Verletzungsarten erfolgte nach MUELLER et al. (2020a).

Abtrennungen

Teilweise oder vollständige Abtrennung von Körperteilen (Kopf, Augen, Kiemendeckel, Flossen, Körper). Am Körper erfolgte die Abgrenzung zur Hautverletzung durch die Tiefe der Verletzung bis in die Leibeshöhle bzw. bis zur Wirbelsäule. Im Zusammenhang mit unseren Versuchen konnten an den Blankaalen ausschließlich Abtrennungen in Form kleinerer Fehlstellen im Flossensaum beobachtet werden.

Blutungen

Blutergüsse oder andere blutende Körperstellen. Im Zusammenhang mit unseren Versuchen konnten an den Blankaalen ausschließlich oberflächliche Einblutungen (Blutergüsse) bzw. Bluteinstauungen in die oberflächlichen Hautgefäße beobachtet werden. Im Folgenden wird diese Schädigungsart als Einblutungen bezeichnet.

Hautläsionen

Verletzungen der Haut des Fisches von kleineren Abschürfungen bis hin zu in die Muskulatur reichenden Wunden. Abgrenzung der Hautläsionen zu Abtrennungen s.o.

Wirbelsäulendeformation

Bereits äußerlich sichtbare Verformungen des Rückgrats wie z.B. Knicke oder S-Kurven (mehrere Knicke). Eine präzisere Erfassung vorhandener Wirbelsäulenschäden erfolgte durch die parallel durchgeführten Röntgenuntersuchungen.

Flossenrisse

Verletzungen der Flossenhäute zwischen den Flossenstrahlen (Brustflossen) bzw. des Flossensaumes der Aale - von kleineren Einrissen bis hin zur vollständigen Durchtrennung der Flossenhaut bis zum Flossenansatz.

Luftblasen

Unter der Haut von Augen und Flossen eingelagerte, äußerlich sichtbare kleine Luftbläschen. Solche Luftbläschen entstehen typischerweise durch plötzliche Druckunterschiede im Wasser (z.B. im Bereich von Wasserkraftturbinen) und wurden zu keinem Zeitpunkt bei unseren Versuchstieren beobachtet.

Sonstige Schädigungen

Teilweise oder vollständige Eintrübung des Auges, wie sie z.B. infolge eines Parasitenbefalls oder ungünstiger Umweltbedingungen (z.B. niedriger pH-Wert des Wassers) vorkommen kann. Eine solche Schädigung wurde bei unseren Versuchstieren nicht beobachtet.

Im Weiteren erfolgte eine individuelle Markierung der Fische mit einem Passive Integrated Transponder (PIT-Tag) des Typs HDX 12 mm (Länge: 12 mm, Durchmesser: ca. 2,1 mm), der den betäubten Versuchstieren mithilfe einer Einwegkanüle linksseitig in den vorderen Rückenmuskel unter die Haut appliziert wurde.

Für den gesamten Ablauf der Untersuchungen vom Röntgen bis zur Markierung einer Versuchsgruppe von 5 Aalen waren ca. 20 Minuten erforderlich. Für einen möglichst schonenden Umgang mit den Versuchsfischen wurden das Hantieren mit den Fischen auf das absolut notwendige Maß beschränkt, spezielle fischschonende Kescher mit gummiertem Netztuch verwendet und die Fische zum Schutz der Schleimhaut nur mit feuchten oder nassen Handschuhen berührt. Direkt nach der Markierung wurden die Aale zum Erwachen aus der Narkose in einen mit frischem, belüftetem Wasser gefüllten Behälter gesetzt, wo sie ca. 15 Minuten bis zur Wiedererlangung der aufrechten Schwimmposition und normaler Reflexe verblieben. Anschließend wurden sie wieder in Fischtransportbehälter mit Sauerstoffversorgung (Abb. 3) überführt, dort gesammelt und bis zum späten Nachmittag für die Weiterfahrt zum Versuchsort Drakenburg zwischengehältet.

Am 21.10.2019 wurden insgesamt 125 Versuchstiere (2 Versuchsgruppen à 60 Tiere, 5 Reservetiere) und am 22.10.2019 weitere 95 Versuchstiere (1 Versuchsgruppe à 60 Tiere, 1 Kontrollgruppe à 30 Tiere, 5 Reservetiere) untersucht, markiert und nach Drakenburg überführt.

Direkt nach dem Transport zum Hamenstandort Drakenburg (s.o.) wurden die Aale zufällig in drei Versuchsgruppen zu je 60 Tieren sowie eine Kontrollgruppe incl. Reservetiere (40 Tiere) aufgeteilt und in separate Hälterkästen gesetzt. Die anschließende, mindestens 24stündige Hälterung der Fische in den schwimmend in der Weser stationierten, leicht durchströmten Hälterkästen (Abb. 3) diente der vollständigen Erholung der Versuchstiere sowie der Kontrolle auf mögliche Spätfolgen. Erheblich geschädigte Tiere wären ggf. von der weiteren Versuchsdurchführung ausgeschlossen worden.

2.2.4 Hamenversuche

Bei Hamen handelt es sich um passive Fanggeräte, die in Fließgewässern unter Ausnutzung der Strömung für den Fang stromabwandernder oder -verdriftender Fische, insbesondere zum Fang abwandernder Blankaale, eingesetzt werden. Ausgehend vom Fangprinzip können Hamen somit das gleiche Fischartenspektrum fangen, das potenziell auch bei der Passage von Wasserkraftanlagen zu erwarten ist. Allerdings wird durch diese Fanggeräte nicht das gesamte Größenspektrum der Fische erfasst. In Abhängigkeit von der Maschenweite sind erfahrungsgemäß Aale < 30-35 cm Körperlänge nicht oder zumindest nicht repräsentativ im Fang vertreten.



Abb. 5: Aalschokker mit zwei Hamen (Ausleger links und rechts) auf der Weser bei Drakenburg (Bildquelle: Mittelweser-Touristik GmbH)

Bei den für die Feldversuche verwendeten Hamen (Abb. 5) handelte es sich um Fanggeräte eines ortsansässigen Fischereibetriebs, die mittels eines Aalschokkers (im Strom verankertes Boot mit zwei speziellen, seitlichen Auslegern) für den gewerblichen Fang von Blankaalen und auch für den Fang von Blankaalen im Rahmen des sog. „Aaltaxi“ eingesetzt werden. Mit den in Drakenburg stationierten Aalschokkern und einem Scherbretthamen werden 30-50 % der jährlichen Blankaalfänge für das Aaltaxi realisiert.

Mittlerweile werden von den Fischereibetrieben Hamen mit knotenlosem Netzmaterial eingesetzt. Um entsprechende Effekte des Netzmaterials auf die Blankaale prüfen zu können, wurde in der vorliegenden Studie auch geknotetes Netzmaterial einbezogen. Für die Versuche wurden zwei Hamen mit folgenden technischen Spezifikationen eingesetzt (Tab. 2):

Tab. 2: Technische Spezifikation der für die Feldversuche eingesetzten Aalschokkerhamen

Parameter	Hamen 1	Hamen 2
Uferseite (stromabwärts betrachtet)	rechts	links
Öffnungshöhe Hamen (m)	1,60 / 2,10	2,10
Öffnungsbreite Hamen (m)	10,0	10,0
Gesamtlänge Hamen (m)	35	35
Anzahl + Art der Kehlen	1 Rundkehle (Ø 31 cm)	1 Rundkehle (Ø 38 cm)
Netzmaterial Steert (geknotet ?)	knotenlos	geknotet
Maschenweite Steert (mm)	12	12

Die Hamenversuche fanden am 22. und 23.10.2019 in der Zeit von 17:45 - 23:15 Uhr statt. Unmittelbar vor Versuchsbeginn wurden am Hamenstandort Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und pH-Wert in der fließenden Welle mittels eines Multiparametermessgerätes (MultiLine 340i, WTW) sowie Wassertiefe und Strömungsgeschwindigkeit vor der Hamenöffnung mittels eines Strömungsmessgerätes (Flo-Mate 2000, Marsh-McBirney Inc.) gemessen (Tab. 3).

Tab. 3: Grundlegende Versuchsbedingungen der Hamenversuche am 22./23.10.2019

Versuch	Datum	Versuchsbeginn	Stellzeit Hamen (h)	Wassertiefe (m)	Strömung (m/s)	Versuchstierzahl Beginn	Versuchstierzahl Ende
1. Versuch (Hamen 1)	22.10.19	17:52	04:33	2,0	1,20	60	46
2. Versuch (Hamen 2)	22.10.19	18:23	04:22	2,5	0,88	60	11
3. Versuch (Hamen 1)	23.10.19	18:19	04:51	2,5	1,28	70	48

Danach wurden die Aale aus einem Hälterkasten (Versuchsgruppe) schonend in zwei Transportkübel gekeschert, mit dem Boot zum Aalschokker gebracht, in den abgetrennten Steert des Aalhamens gefüllt und der Steert nach dem Anbinden an den Hamen vorsichtig in das Wasser abgelassen. Anschließend wurde der Hamen geöffnet und somit „fänglich“ gestellt. Alle diese Tätigkeiten vom Leeren des Hälterkastens bis zum „Fänglichstellen“ des Hamens erfolgten innerhalb weniger Minuten.

Da es bei den ersten beiden Hamenversuchen einer größeren Anzahl von markierten Aalen offensichtlich gelang, über die Hamenöffnung aus dem Hamen zu entweichen, wurde der vorgenannte Ablauf beim dritten Hamenversuch leicht verändert: Bei diesem Versuch wurde zunächst der Hamen fänglich gestellt, um einen erhöhten Strömungsdruck im Hamen zu erzeugen und erst danach die Versuchstiere in den Steert gesetzt. Dennoch gelang es auch hier einer Reihe von Versuchsfischen, gegen die Strömung aus dem gestellten Hamen zu entfliehen.

Nach Ablauf einer für die Jahreszeit üblichen Hamenstellzeit von 4-5 Stunden wurde der Fang so versorgt, wie es auch für den Blankaalfang im Rahmen des „Aaltaxis“ typisch ist. Dazu wurde mit dem Boot an den fänglich gestellten Hamen herangefahren, der angebundene Steert in das Boot gehoben, geöffnet und der gesamte Fang (inklusive Wasser und Getreibsel) in das Fischereiboot entleert. Anschließend wurde das Boot zum Ufer gesteuert, alle Aale mittels eines Keschers oder per Hand in Tragekübel gesammelt und diese in einen Hälterkasten entleert. Danach wurde der Beifang getrennt nach Fischart mit Anzahl, Länge und Gewicht aufgenommen und für die Bestimmung der Gesamtfüllmenge des Hamens auch der mitgeführte Schmutz (Laub, Zweige, kleinere Äste) volumen- und gewichtsmäßig erfasst (Tab. 4).

Tab. 4: Gesamtfüllmengen der Hamen bei den Versuchen

	Versuchstiere (kg)		Schmutz / Getreibsel		kg	Beifang Fischarten
	Beginn	Ende	kg	Liter		
1. Versuch	32,8	24,0	1,8	12	21,5	Aal, Aland, Barbe, Barsch, Blei, Karpfen, Plötze, Rapfen, Schwarzmundgrundel, Ukelei, Wels, Zander
2. Versuch	35,9	5,6	0,5	4	25,7	
3. Versuch	40,1	27,6	4,5	18	22,7	

2.2.5 Nachuntersuchung I

Am Folgetag des jeweiligen Hamenversuchs wurden alle Versuchsfische sowie die Kontrollgruppe nach einheitlicher Vorgehensweise auf äußerliche Beschädigungen wie folgt untersucht:

Zu Beginn und zum Ende der Leerung wurden zunächst Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und pH-Wert im Hälterkasten mittels eines Multiparametermessgerätes (MultiLine 340i, WTW) gemessen. Anschließend wurden die Aale in Gruppen von ca. 10 Tieren mit einem fischschonenden Kescher aus dem Hälterkasten entnommen und in einem mit Wasser gefüllten Transportkübel zügig zu einem ca. 30 m entfernten Untersuchungsraum transportiert.

Für die nachfolgenden Untersuchungen wurden die Aale in einer geräumigen Plastikwanne mit Nelkenöl (60 mg Nelkenöl pro Liter Wasser, gelöst in Ethylalkohol im Verhältnis 1:9) sediert. Nach erfolgter Betäubung wurden die Fische einzeln aus dem Betäubungsbad entnommen und zunächst auf das Vorhandensein einer Markierung (PIT-Tag) überprüft. Unmarkierte Aale (Neufang) wurden mit Körperlänge und -gewicht erfasst, unverzüglich in ein separates Aufwachbecken gesetzt und anschließend an den Fischereiausübungsberechtigten übergeben. Markierte Versuchsfische wurden am PIT-Tag identifiziert und danach die äußeren Beschädigungen analog zur Stuserhebung vor Versuchsbeginn detailliert erfasst und protokolliert.

Anschließend wurden die für den Hälterversuch vorgesehenen Versuchsfische (pro Versuchsgruppe mind. 30 zufällig ausgewählte Aale) in ein Aufwachbecken mit frischem Flusswasser gesetzt und nach Abklingen der Betäubung wieder in einen Hälterkasten überführt. Alle Tiere der Kontrollgruppe wurden dem gleichen Handling (Betäuben, Scannen, äußere Schädigungen dokumentieren) unterzogen und anschließend ebenfalls in einen Hälterkasten überführt. Die verbleibenden, noch betäubten Versuchstiere wurden nach der Untersuchung in einem Becken mit MS 222 (0,015 %ige, gepufferte Lösung) getötet, in Gruppen zu je 5 Tieren in Plastiktüten verpackt und bis zur abschließenden Röntgenuntersuchung in der TiHo Hannover tiefgefroren bei -20 °C gelagert.

2.2.6 Hälterversuche

Die Hälterversuche zur Bestimmung möglicher Folgeschäden durch den Fang mittels Aalschokker erstreckten sich über jeweils 14 Tage und wurde in zwei Hälterkästen (s. Abb. 3) durchgeführt. Diese waren mit 57 bzw. 60 Versuchstieren annähernd gleich besetzt (Tab. 5), um vergleichbare Hälterungsbedingungen zu gewährleisten.

Tab. 5: Übersicht über die Hälterversuche zur Bestimmung möglicher Folgeschäden durch den Fang mittels Aalschokker

	Hälter-kasten	Versuchs-tierzahl*	Versuchs-beginn	Wasser-temp. (°C)	O ₂ -Gehalt (mg/l)	O ₂ -Sättigung (%)	pH-Wert
Versuchsgruppe 1	1	46	23.10.2019	10,0 - 14,4	5,8 - 8,6	57 - 80	7,7-8,0
Versuchsgruppe 2		11					
Versuchsgruppe 3	2	30	24.10.2019	10,0 – 14,4	6,7 – 8,6	65 - 80	7,7-8,0
Kontrollgruppe		30					

* unterschiedliche Versuchstierzahlen in den Versuchsgruppen infolge des Entkommens zahlreicher Tiere während der Hamenversuche (Tab. 3)

Die Hälterung erfolgte in verschließbaren, schwimmenden Hälterkästen aus GFK (200 cm lang, 80 cm breit, 55 cm hoch), die nebeneinander am Steg vertäut und durch die zahlreichen vorhandenen Bohrungen (Ø 6 mm) permanent mit frischem Flusswasser leicht durchströmt wurden (vgl. DIEKMANN et al. 2020). Die Bohrlöcher waren entgratet, um das Risiko von Schleimhautschäden für die gehälterten Aale zu minimieren. Während der Versuchsdauer wurden die Hälterkästen

täglich auf tote oder augenscheinlich geschädigte Versuchstiere kontrolliert. Zusätzlich wurden die Bohrungen des Hälterkastens bei Bedarf vorsichtig von außen von anhaftendem Getreibsel gereinigt, um permanent eine gute Durchströmung und damit Sauerstoffversorgung zu gewährleisten.

Für die Dokumentation der fischphysiologisch bedeutsamen Wasserparameter Temperatur, Sauerstoffgehalt und -sättigung sowie pH-Wert während der Hälterungsdauer (s. Tab. 3) wurden kontinuierlich erhobene Daten der Messstation Drakenburg ausgewertet, die freundlicherweise vom NLWKN Niedersachsen bereitgestellt wurden. Die minütlich vorliegenden Messungen wurden dabei zu Stundenmittelwerten zusammengefasst, um zufällige Schwankungen der in der fließenden Welle gemessenen Werte auszugleichen. Stichprobenartige Vergleiche der Messstationswerte aus der Weser mit eigenen Messungen in den Hälterkästen zeigten eine gute Übereinstimmung, weshalb die Daten der Messstation Drakenburg als gut geeignet für die Beschreibung der Haltungsbedingungen in den Hälterkästen anzusehen sind.

2.2.7 Nachuntersuchung II

Im Anschluss an die Hälterversuche wurden alle Aale nochmals nach der unter Pkt. 2.2.5 beschriebenen Vorgehensweise individuell identifiziert, auf äußere Beschädigungen und Verletzungen untersucht, getötet und tiefgefroren für die Röntgenuntersuchungen an die TiHo Hannover übergeben.

Die Röntgenuntersuchungen an insgesamt 105 nach Versuchsende verbliebenen Versuchstieren sowie weiteren 30 Blankaalen der Kontrollgruppe fanden nach dem Auftauen in identischer Art und Weise wie bei der Stuserhebung (s. Pkt. 2.2.3) statt. Durch das Auslesen der individuellen PIT-Tags konnten die Röntgenaufnahmen dem jeweiligen Versuchstier eindeutig zugeordnet werden.

Somit lagen Ergebnisse für 220 Blankaale aus der Stuserhebung, für 135 Tiere aus der Nachuntersuchung I (direkte Schädigungen durch den Fang mittels Aalschokkerhamen) sowie für 117 Tiere aus der Nachuntersuchung II (Hälterversuch zur Erfassung möglicher Folgeschäden durch den Fang und die Hälterung) vor, die im Weiteren ausgewertet wurden.

2.3 Datenauswertung und Statistik

Die Auswertung der Daten erfolgte auf 4 unterschiedlichen Betrachtungsebenen:

1. Stuserhebung

Beschreibung der Schädigungs-/Verletzungsarten und -raten der Blankaale vor Versuchsbeginn (Ausgangszustand).

2. Stuserhebung vs. Nachuntersuchung I

Vergleich der Unterschiede vor und nach den Aalhamenversuchen zur Ermittlung der direkten Schädigungen durch den Aalschokkerfang.

3. Nachuntersuchung I vs. Nachuntersuchung II

Vergleich der Unterschiede vor und nach der 14tägigen Hälterung zur Ermittlung möglicher Folgeschäden durch den Aalschokkerfang sowie des Einflusses der Hälterung selbst.

4. Stuserhebung vs. Nachuntersuchung II

Vergleich der Unterschiede vor den Aalhamenversuchen und nach der 14tägigen Hälterung zur Ermittlung der Gesamtschädigungen, die Blankaale durch den Fang mittels Aalschokker incl. der 14tägigen nachfolgenden Hälterung erleiden. Dies entspricht dem kompletten Procedere, dem die aus Drakenburg für das Aaltaxi zur Verfügung gestellten Blankaale unterliegen.

Statistische Vergleiche vor und nach dem Versuch wurden getrennt für die einzelnen Versuchsgruppen, die Versuchstiere gepoolt (VG gesamt) sowie für die Kontrollgruppe durchgeführt, um Veränderungen bei den Schädigungen/Verletzungen der Tiere detektieren zu können. Der Vergleich der einzelnen Versuchsgruppen, der Versuchstiere insgesamt und der Kontrollgruppe miteinander diente der Überprüfung, inwiefern die festgestellten Veränderungen tatsächlich auf den Fang mittels Aalschokker zurückzuführen oder vielmehr nur versuchsmethodisch bedingt waren.

Durch die Datenerhebung in Anlehnung an MUELLER et al. (2017) wurden sowohl quantitative Aspekte (Präsenz/Absenz der Schädigungsarten in unterschiedlichen Körperbereichen) als auch qualitative Aspekte (Schädigungsgrad) erfasst. Beide Aspekte wurde daher in der statistischen Auswertung als Veränderungen a) bei der Anzahl der Schädigungsbereiche und b) des mittleren Schädigungsgrades getrennt betrachtet. Während bei der Anzahl der Schädigungsbereiche auch Nullwerte (ungeschädigte Tiere) und damit grundsätzlich alle Tiere in die Berechnung gingen, wurden bei der Berechnung des mittleren Schädigungsgrades nur die jeweils geschädigten Aale berücksichtigt. Die als dritte Auswertungskategorie ausgewiesene Schädigungsschwere stellt eine Kombination aus der Anzahl der Schädigungsbereiche und dem Schädigungsgrad dar, berücksichtigt also sowohl qualitative als auch quantitative Veränderungen. Die Schädigungsschwere wurde als Summe der Anzahl der Schädigungsbereiche mit dem jeweiligen Schädigungsgrad für jedes Tier separat berechnet. Hierbei gingen auch ungeschädigte Aale (mit einem Nullwert) und damit alle Tiere in die Berechnung ein.

In die statistische Auswertung und die Bewertung möglicher Schädigungen der Blankaale durch den Aalschokkerfang gingen die erhobenen Daten nicht mit voller Erfassungstiefe ein, sondern wurden teilweise zusammengefasst. Zum einen ist es für die Fragestellung kaum relevant und auch schwer interpretierbar, ob und warum die festgestellte Schädigung auf der linken oder der rechten Körperseite auftrat. Zum anderen erschien es sinnvoll, in Abhängigkeit von der jeweiligen Schädigungsart sehr kleinräumige, benachbarte Körperareale (z.B. Kopf, Maul, Kiemendeckel) zusammenzufassen, um Zufälligkeiten in den Ergebnissen zu verringern und dadurch die Aussagekraft der Auswertungen zu erhöhen. Bei der Berechnung der Anzahl der Schädigungsbereiche wurde die Anzahl der geschädigten Körperareale (z.B. Maul, Kiemendeckel) für den zusammengefassten Körperbereich (Kopf) addiert, bei der Berechnung des Schädigungsgrades die einzelnen Schädigungsgrade für den zusammengefassten Körperbereich gemittelt und für die Berechnung der Schädigungsschwere die einzelnen Werte für den zusammengefassten Körperbereich summiert.

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms WinSTAT® für Microsoft® Excel (Version 2012.1.0.96).

Den verschiedenen Datenanalysen wurde zunächst ein Test auf Normalverteilung (*Chi-Quadrat-Test* für diskrete Variablen) vorangestellt. Da die meisten Datensätze keine Normalverteilung und häufig 0-Werte aufwiesen, wurden für die weiteren Analyse fast immer nichtparametrische Tests eingesetzt. Eine Ausnahme bildete der statistische Vergleich der mittleren Totallänge der Aale in den Versuchsgruppen und in der Kontrollgruppe, der mit Hilfe einer Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt wurde.

Vergleiche von zwei unabhängigen Stichproben (z.B. Versuchstiere gesamt vs. Kontrollgruppe, Veränderungen des Schädigungsgrades der Verletzungen) erfolgten mittels U-Test (nach *Mann und Whitney*). Mehrere unabhängige Stichproben (z.B. Vergleiche zwischen den Versuchsgruppen 1, 2, 3 und der Kontrollgruppe) wurden mit Hilfe des H-Tests auf Signifikanz der Unterschiede geprüft. Für den Test von zwei abhängigen Stichproben (z.B. Kontrollgruppe vor und nach dem Versuch) wurde der WILCOXON-Test verwendet.

Die in den Übersichtstabellen der Anlagen 2-4 dieses Berichtes aufgeführten Mittelwerte (\pm Standardabweichung = SD) dienen ausschließlich der Darstellung und Abschätzung gradueller Veränderungen vor und nach dem jeweiligen Versuch, die bei einer Verwendung des (korrekteren) Median zumeist nicht erkennbar bzw. darstellbar gewesen wären. Für die statistische Auswertung und die Bewertung der Signifikanz von Unterschieden spielten die angegebenen Mittelwerte keine Rolle.

Die Nullhypothese wurde bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p \leq 0,05$ abgelehnt. Gruppenunterschiede mit p-Werten von 0,05 - 0,20 wurden als tendenziell (nicht signifikant) bewertet (vgl. AMRHEIN et al. 2019).

3 Ergebnisse

3.1 Literaturrecherche

Insgesamt konnten 40 thematisch relevante Literaturquellen zu Methoden der Bewertung von Schädigung von Aalen und anderen Fischen durch den fischereilichen Fang oder bei der Passage von Wasserkraftanlagen recherchiert werden (s. Anlage 1). Die Qualität der Literaturquellen war sehr heterogen. Beiträge in referierten Zeitschriften sowie wissenschaftliche Arbeiten unterliegen bereits während der Veröffentlichung oder Erstellung einer wissenschaftlichen Begutachtung und Bewertung, was eine kritische Betrachtung und thematische Einordnung des dargestellten Themas in der Regel voraussetzt. Bei der Mehrzahl der gefundenen Quellen handelte es sich um Artikel in international referierten Zeitschriften. Weiterhin waren Artikel in nationalen Zeitschriften, eine Diplomarbeit und zwei Dissertationen sowie mehrere Projektberichte und Beiträge in den Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes relevant.

Die Qualität der Literaturquellen hinsichtlich ihrer Relevanz und des Informationsgehaltes für die Fragestellungen war ebenfalls heterogen (Tab. 6). Zur Abschätzung der fischereibedingten Schädigung von Blankaalen beim Fang mittels Aalschokker sowie zu möglichen tierfreien Ersatz- und Ergänzungsmethoden wurde keine Literatur gefunden. Zu Methoden der Bewertung von Schädigungen von Fischen durch den fischereilichen Fang oder bei der Passage von Wasserkraftanlagen wurden hingegen zahlreiche Quellen gefunden. Insbesondere das von MUELLER et al. (2017) entwickelte Feldprotokoll zur Bewertung der Schädigungen von Fischen nach der Passage von Wasserkraftturbinen und die von PANDER et al. (2018) dargestellten Untersuchungen zu fangbedingten Fischverletzungen in Hamen wurden bei der Entscheidung über Versuchsdesign und Methodik der im Rahmen dieses Forschungsprojektes durchgeführten Untersuchungen berücksichtigt. Es erfolgte eine Anpassung des Protokolls und des Versuchsdesigns auf die Fischart Aal und die spezifische Fragestellung.

Die Mehrzahl der weiteren Quellen beschränkte sich auf Untersuchungen von Verlusten und Schäden an Fischen generell (8 Quellen) oder an Aalen (17 Quellen) und deren Vermeidung an Wasserkraftanlagen bzw. bei der Turbinenpassage (Anlage 1). Durch Elektrofischerei verursachte Schäden bei jungen Lachsen untersuchten z.B. BROWN et al. (2012). Über Verletzungen, die bei Amerikanischen Aalen beim Fang mittels Elektrofischerei und Hamen auftreten, berichten REYNOLDS et al. (2004). VELDHUIZEN et al. (2018) geben einen Überblick über Verletzungen und Verluste beim Fischfang. NOBLE et al. (2012) hingegen untersuchten Verletzungen und Deformationen bei Fischen, die während der Aufzucht in der Aquakultur auftreten können. Diese Publikationen wurden bei der Diskussion zur Bewertung der in der aktuellen Studie beobachteten Verletzungsarten hinsichtlich ihrer Häufigkeit und Auswirkungen auf den Fisch herangezogen.

Darüber hinaus wurden weitere sieben Quellen gefunden, die sich mit dem Fanggerät Aalschokker und der Aalschokkerfischerei selbst beschäftigen, für die aktuelle Studie aber keine Relevanz hatten (Anlage 1).

Tab. 6: Bewertung der Literaturquellen sowie zugehörige Anzahl an Publikationen

Bewertung nach Relevanz und Informationsgehalt *	Anzahl der Publikationen
★ ★ ★	2
★ ★	31
★	7

* zunehmende Relevanz mit ansteigender Zahl der vergebenen Sterne

3.2 Hamenversuche

3.2.1 Vorschädigungen der Aale zu Versuchsbeginn (Statuserhebung)

3.2.1.1 Allgemeine Parameter

Insgesamt wurden 220 Versuchstiere eingesetzt, die zufällig auf drei Versuchsgruppen (VG) und eine Kontrollgruppe (KG) verteilt waren. Anhand äußerer Körpermerkmale wurden 216 Aale (= 98,2 %) als Blankaal, ein Aal als Übergangsform vom Gelb- zum Blankaal und drei Aale als Gelbaal identifiziert.

Die Durchschnittslänge der Versuchsaale betrug 66,8 cm (51...89 cm) und das Durchschnittsgewicht 558 g (252...1.353 g). Die Versuchstiere der Kontrollgruppe waren mit einer Durchschnittslänge von 63,5 cm nur geringfügig, aber signifikant (ANOVA, $p < 0,01$) kleiner als die Aale der Versuchsgruppen (VG1: 66,4 cm, VG2: 68,1 cm, VG3: 67,6 cm).

Alle Versuchsaale machten bei der Statuserhebung einen vitalen Eindruck und zeigten keine Verhaltensauffälligkeiten. Drei von 220 Aalen wiesen leichte, nur punktuelle Hautverpilzungen der Schädigungskategorie 1 auf, die übrigen Tiere waren diesbezüglich unauffällig. Bei keinem der Versuchstiere waren bei der Statuserhebung Anzeichen eines Parasitenbefalls feststellbar.

3.2.1.2 Äußere Schädigungen/Verletzungen

Von 220 Aalen waren zu Versuchsbeginn 12 Tiere (5,5 %) vollkommen unbeschädigt. 208 Aale (94,5 %) wiesen zumeist leichte äußere Schädigungen, davon knapp drei Viertel mehr als eine Schädigungsart auf (Tab. 7).

Tab. 7: Anzahlen der untersuchten Aale (n=220) mit ein- oder mehrfachen, äußerlich erkennbaren Schädigungsarten

Anzahl Schädigungsarten pro Aal	Anzahl Tiere
0	12
1	55
2	100
3	52
4	1
Summe	220

Von insgesamt 7 untersuchten Verletzungsarten (incl. "Sonstige") wurden in der Statuserhebung fünf Verletzungsarten festgestellt (Tab. 8).

Tab. 8: Anteile der Aale mit äußerlich erkennbaren Verletzungen an den insgesamt untersuchten Tieren (n=220), nach Verletzungsarten

Verletzungsart	Anzahl Tiere mit entsprechender Verletzung	Anteil in %
Hautläsionen	192	87,3
Flossenrisse	136	61,8
Einblutungen	82	37,3
Abtrennung	4	1,8
Wirbelsäulendeformation	1	0,5

Am häufigsten traten Hautläsionen auf, gefolgt von Flossenrissen und oberflächlichen Einblutungen. Bei 4 Tieren waren kleinere Fehlstellen (Abtrennungen) am Flossensaum von Brustflosse bzw. Schwanzspitze feststellbar. Der mittlere Schädigungsgrad betrug hier 1,25 und ist somit als gering einzuschätzen. Nur ein Aal ließ äußerlich sichtbare Wirbelsäulenschäden (Schädigungsgrad 3) erkennen, alle anderen Versuchstiere waren diesbezüglich unauffällig. Da dieser Aal vital war und keine sonstigen Beeinträchtigungen erkennen ließ, wurde er in die weiteren Versuche einbezogen.

3.2.1.2.1 Hautläsionen

Von 192 Aalen mit Hautläsionen wiesen fast alle Tiere (92,7 %) Hautläsionen an mehreren Körperstellen auf (Tab. 9).

Tab. 9: Anzahlen der untersuchten Aale (n=220) mit Hautläsionen an einem oder mehreren Körperbereichen

Anzahl betroffener Körperbereiche	Anzahl Tiere
0	28
1	14
2	40
3	28
4	46
5	26
6	17
7	12
mehr als 7	9
Summe	220

Von Hautläsionen betroffen waren insbesondere die hintere Körperhälfte sowie der Schwanz. Dabei war eine kontinuierliche Zunahme der Hautläsionen vom Kopf in Richtung Schwanzende zu beobachten (Tab. 10). Gleichzeitig war auch der mittlere Schädigungsgrad der Hautläsionen auf der hinteren Körperhälfte (Hinterkörper, Schwanz) gegenüber der vorderen Körperhälfte (Kopf, Vorderkörper) tendenziell leicht erhöht (U-Test, $p = 0,17$).

Tab. 10: Lokalisation von Hautläsionen bei den betroffenen Aalen (n=192) und mittlerer Schädigungsgrad

Körperbereich	Anzahl Tiere	Anteil in %	mittlerer Schädigungsgrad
Kopf	54	24,5	1,09
Vorderkörper	71	32,3	1,08
Hinterkörper	149	67,7	1,12
Schwanzspitze	160	72,7	1,14

Insgesamt betrachtet waren aber hauptsächlich (87,8 %) leichte Hautläsionen (Schädigungsgrad 1), in wenigen Fällen (10,8 %) mittlere und nur in Einzelfällen (1,5 %) schwere Hautläsionen nachweisbar.

3.2.1.2.2 Flossenrisse

Von 220 Aalen wiesen 136 Tiere (61,8 %) Flossenrisse auf. Bei nahezu allen Versuchstieren mit Flossenrissen war die Schwanzspitze betroffen, in einigen wenigen Fällen auch die Brustflossen. Nur ganz selten waren Einrisse in Rücken- und Afterflosse feststellbar (Tab. 11). Der mittlere Schweregrad der Flossenrisse im Bereich der hinteren Körperhälfte (Schwanz) war gegenüber der vorderen Körperhälfte (Brustflossen) tendenziell erhöht (U-Test, $p = 0,33$).

Tab. 11: Lokalisation von Flossenrissen bei den betroffenen Aalen ($n=136$) und mittlerer Schädigungsgrad

Körperbereich	Anzahl Tiere	Anteil in %	mittlerer Schädigungsgrad
Brustflosse	12	5,5	1,08
Rückenflosse Vorderkörper	0	0,0	-
Afterflosse Hinterkörper	2	0,9	-
Rückenflosse Hinterkörper	1	0,5	-
Schwanzspitze	130	59,1	1,20

Insgesamt betrachtet waren aber hauptsächlich (80,7 %) nur kleinere Flossenrisse (Schädigungsgrad 1) und in geringerem Umfang (19,3 %) auch deutlichere Flossenrisse (Schädigungsgrad 2) vorhanden. Massive, tiefe Flossenrisse (Schädigungsgrad 3) wurden nicht festgestellt.

3.2.1.2.3 Einblutungen

Von 82 Aalen mit festgestellten Einblutungen wiesen fast alle Tiere (92,7 %) zumeist oberflächliche Einblutungen an mehreren Körperstellen auf. (Tab. 12).

Tab. 12: Anzahlen der untersuchten Aale ($n=220$) mit Einblutungen in einem oder mehreren Körperbereichen

Anzahl betroffener Körperbereiche	Anzahl Tiere
0	138
1	6
2	63
3	5
4	7
5	1
Summe	220

Einblutungen wurden hauptsächlich in den Flossenbereichen des Hinterkörpers festgestellt. Deutlich seltener waren hingegen Kopf, Körper oder Schwanzspitze betroffen (Tab. 13). Die beobachteten Einblutungen korrespondierten überwiegend nicht mit den festgestellten Flossenrissen. Mögliche Unterschiede beim mittleren Schädigungsgrad der Einblutungen in den verschiedenen Körperbereichen waren aufgrund der zumeist geringen Fallzahlen statistisch nicht darstellbar.

Insgesamt betrachtet waren hauptsächlich (87,8 %) nur leichte Einblutungen (Schädigungsgrad 1) und nur in wenigen Fällen (7,8 %) mittelschwere oder auch massive (4,4 %) Einblutungen vorhanden.

Tab. 13: Lokalisation der Einblutungen bei den betroffenen Aalen (n=82) und mittlerer Schädigungsgrad

Körperbereich	Anzahl Tiere	Anteil in %	mittlerer Schädigungsgrad
Kopf	9	4,1	1,06
Vorderkörper	2	0,9	1,00
Flossen Vorderkörper	10	4,5	1,30
Hinterkörper	1	0,5	1,00
Flossen Hinterkörper	73	33,2	1,16
Schwanzspitze	2	0,9	1,00

3.2.1.3 Wirbelsäulenschädigungen (Röntgenuntersuchung)

Von den 220 untersuchten Aalen wiesen 41 Tiere (18,6 %) im Röntgenbild erkennbare Wirbelsäulenschäden auf, davon 24 Tiere Mehrfachschädigungen. Bei dem am schwersten betroffenen Tier waren insgesamt 51 einzelne Wirbelsäulenschädigungen erkennbar (Tab. 14).

Tab. 14: Anzahlen der untersuchten Aale (n=220) mit ein- oder mehrfachen Wirbelsäulenschädigungen

Anzahl Schädigungen pro Aal	Anzahl Tiere
0	179
1	17
2	3
3	7
4	3
5	4
6	2
8	1
9	2
25	1
51	1
Summe	220

Bei den festgestellten Wirbelsäulenschäden handelte es sich um Stauchungen von Wirbelkörpern und um Frakturen, die die Wirbelkörper selbst oder die Dorsal- bzw. Ventralfortsätze der Wirbel betrafen. Insgesamt traten Frakturen im Bereich der Wirbelsäule häufiger auf als Stauchungen. Bei neun der betroffenen 41 Aale mit Wirbelsäulenveränderungen (22 %) wurden Stauchungen von 2 bis 6 aufeinanderfolgenden Wirbeln festgestellt. Bei 21 Aalen (51 %) wurden einfache oder Mehrfachfrakturen an den Wirbelkörpern und/oder den Fortsätzen festgestellt und bei elf Aalen (27 %) traten sowohl Stauchungen der Wirbelsäule als auch Frakturen von Wirbelkörpern und/oder Wirbelfortsätzen auf (Tab. 15).

Sowohl hinsichtlich der Stauchungen als auch der Frakturen war eine Zunahme der Schädigungshäufigkeit vom Kopfbereich (1. Körperdrittel) bis zum Schwanzbereich hin (3. Körperdrittel) erkennbar. Bei über 50 % der geschädigten Aale waren die Wirbelsäulenschädigungen im hinteren Körperdrittel lokalisiert. Drei Aale zeigten Wirbelsäulenschädigungen in mehr als einem Körperdrittel, wobei nur aufeinanderfolgende Körperdrittel betroffen waren (Tab. 15).

Tab. 15: Lokalisation der bei 41 Aalen festgestellten Wirbelsäulenschädigungen

Körperabschnitt	Anzahl der Aale, die in den einzelnen Körperabschnitten entsprechende Schädigungen zeigten			
	Stauchung	Fraktur	Stauchung + Fraktur	Gesamt
1. Drittel	0	1	4	5
2. Drittel	4	6	1	11
3. Drittel	5	13	4	22
1. + 2. Drittel	0	1	1	2
2. + 3. Drittel	0	0	1	1
Summe	9	21	11	41

Von 20 Aalen mit festgestellten Stauchungen wiesen 18 Tiere (90 %) eine Wirbelsäulentauchung in einem Bereich der Wirbelsäule auf, bei zwei Tieren (10 %) waren Stauchungen in mehreren Bereichen der Wirbelsäule erkennbar. Bei insgesamt 11 Aalen waren zusätzlich zu den Stauchungen auch Frakturen vorhanden.

Von 32 Aalen mit festgestellten Wirbelsäulenfrakturen wiesen 18 Tiere Frakturen eines oder mehrerer Wirbelkörper auf. Bei sechs Aalen war je ein Wirbelkörper, bei elf Tieren waren jeweils 2-6 Wirbelkörper und bei einem Aal sogar insgesamt 14 Wirbelkörper betroffen. Unter den 18 Aalen, die Frakturen der Wirbelkörper aufwiesen, waren bei insgesamt 14 Tieren (78 %) zusätzlich Frakturen der ventralen und/oder dorsalen Wirbelfortsätze festzustellen. Weitere 14 Aale wiesen Frakturen von dorsalen und/oder ventralen Wirbelfortsätzen auf, jedoch keine Brüche der Wirbelkörper selbst.

Von Frakturen am häufigsten betroffen waren die Ventralfortsätze der Wirbel, gefolgt von den Wirbelkörpern selbst und den Dorsalfortsätzen der Wirbel. Bei den meisten betroffenen Aalen traten Frakturen der Wirbelkörper in Kombination mit Frakturen der Ventral- und Dorsalfortsätze der gleichen Wirbel auf. Während im ersten (vorderen) Körperdrittel insbesondere Frakturen der Wirbelkörper auftraten, wurden im 2. Körperdrittel (Mittelkörper) und im Schwanzbereich (3. Körperdrittel) häufig Frakturen der Ventralfortsätze mit oder ohne gleichzeitiger Fraktur der zugehörigen Wirbelkörper nachgewiesen (Tab. 16).

Tab. 16: Lokalisation der festgestellten Wirbelfrakturen im Fischkörper (Dargestellt ist die Anzahl der Aale, die in einer spezifischen Lokalisation Frakturen aufwiesen. Bei drei der 32 Aale mit Frakturen traten in zwei Körperabschnitten Frakturen auf. Da diese Tiere in der Tabelle doppelt gezählt werden, ergibt sich eine Gesamtsumme von 35. Veränderungen ausschließlich an den Dorsalfortsätzen sowie Frakturen von Wirbelkörpern in Kombination mit Frakturen nur von Dorsal- bzw. nur von Ventralfortsatz traten nicht auf und sind daher in der Tabelle nicht aufgeführt.)

Lokalisation der Frakturen (ein oder mehrere Wirbel betroffen)	Körperabschnitt			Summe
	1. Drittel	2. Drittel	3. Drittel	
nur Ventralfortsatz	0	7	6	13
nur Wirbelkörper	6	0	0	6
Wirbelkörper und Dorsal- und Ventralfortsatz	1	3	11	15
Dorsal- und Ventralfortsatz	0	0	1	1
Gesamt	7	10	18	35

Hinsichtlich des Schweregrades wurden Frakturen grundsätzlich als hochgradige Schädigungen (Schädigungsgrad 3) eingestuft. Bei den meisten Aalen, die Stauchungen der Wirbelsäule aufwiesen, wurden diese ebenfalls als hochgradig beurteilt. Die meisten Stauchungen traten dabei im dritten Körperabschnitt der Aale auf (Tabelle 17).

Tab. 17: Lokalisation und Schädigungsgrad (SG) der festgestellten Wirbelsäulenstauchungen bei 20 Aalen. Bei zwei der 20 Aale mit Stauchungen traten in zwei Körperabschnitten Stauchungen auf. Da diese Tiere in der Tabelle doppelt gezählt werden, ergibt sich eine Gesamtsumme von 22

Körperabschnitt	Anzahl festgestellter Stauchungen				Mittlerer Schädigungsgrad
	SG 1	SG 2	SG 3	Gesamt	
1. Drittel	0	0	5	5	3,0
2. Drittel	1	1	5	7	2,6
3. Drittel	2	1	7	10	2,5
Summe	3	2	17	22	2,6

Insgesamt betrachtet wurden bei 94 % der betroffenen Aale röntgenologisch schwerwiegende Wirbelsäulenschädigungen (Frakturen bzw. Stauchungen) festgestellt.

3.2.2 *Statuserhebung vs. Nachuntersuchung I (direkte Schädigungen)*

Direkte Schädigungen wurden im Rahmen der Nachuntersuchung I und der Gegenüberstellung der Ergebnisse mit denen der Statuserhebung zu Versuchsbeginn ermittelt. Während der Versuche entkam ein Teil der Aale aus dem Hamen, sodass von insgesamt 220 ursprünglich in den Hamenversuchen eingesetzten Aalen nach Versuchsende noch 135 Tiere vorhanden waren und mit der Statuserhebung verglichen werden konnten. Von diesen 135 Aalen waren 30 Tiere in der Kontrollgruppe und 105 Tiere in den Versuchen eingesetzt (s. Pkt. 2.2).

3.2.2.1 Allgemeine Parameter

Nach Beendigung der Hamenversuche waren weder bei den eingesetzten Versuchstieren noch bei den Tieren aus der Kontrollgruppe Einschränkungen der Vitalfunktionen feststellbar (Tab. 18).

Tab. 18: Anzahl der Versuchstiere mit Einschränkungen allgemeiner Gesundheitsparameter im Vergleich der Nachuntersuchung I mit der Statuserhebung

	Statuserhebung			Nachuntersuchung I		
	Vitalität	Verpilzung	Parasitenverdacht	Vitalität	Verpilzung	Parasitenverdacht
Versuchsgruppe 1	0	0	0	0	2	0
Versuchsgruppe2	0	0	0	0	0	0
Versuchsgruppe3	0	2	0	0	2	1
<i>Kontrollgruppe</i>	0	0	0	0	4	4
Gesamt	0	2	0	0	8	5

Die Zahl der Versuchstiere mit sichtbaren Verpilzungen erhöhte sich geringfügig von 2 Tieren (Statuserhebung) auf acht Tiere (Nachuntersuchung I). Von der Erhöhung betroffen waren eine Versuchsgruppe sowie die Kontrollgruppe. Mit Ausnahme eines Tieres der Versuchsgruppe 3

(Schädigungskategorie 2) handelte es sich bei den neu hinzugekommenen Verpilzungen um vereinzelte Spots (Schädigungskategorie 1).

Die Zahl der Versuchstiere mit äußerlichen Symptomen einer Parasiteninfektion (vermutlich *Ichthyophthirius multifiliis*) erhöhte sich ebenfalls geringfügig von 0 Tieren (Stuserhebung) auf 5 Tiere (Nachuntersuchung I). Von der Erhöhung betroffen waren wiederum eine Versuchsgruppe sowie die Kontrollgruppe. Die makroskopisch erkennbaren Veränderungen waren jeweils geringgradig und daher der Schädigungskategorie 1 zuzuordnen.

Da nur ein Teil der Versuchsgruppen, aber immer auch die Kontrollgruppe in etwa gleichem Umfang betroffen waren, dürften die leichten Zunahmen bei Verpilzung und Symptomen einer Parasiteninfektion auf das Handling der Fische im Versuchsverlauf bzw. die kurzzeitige Hälterung und nicht auf Beeinträchtigungen durch den Fang im Aalschokker zurückzuführen sein.

3.2.2.2 Äußere Schädigungen/Verletzungen

Bei der Nachuntersuchung I wurden die gleichen vier Verletzungsarten wie bei der Stuserhebung und diese wiederum in der gleichen Häufigkeitsverteilung festgestellt. Am häufigsten traten Hautläsionen auf, gefolgt von Flossenrissen und oberflächlichen Einblutungen (Tab. 19). Bei allen Verletzungsarten war bei der Nachuntersuchung I eine Zunahme betroffener Versuchstiere im Vergleich zur Stuserhebung feststellbar. Prozentual gesehen am stärksten erhöhte sich der Anteil der Tiere mit Flossenrissen (+ 38 %), gefolgt von Einblutungen (+ 18 %) und Hautläsionen (+ 13 %). Deutlich erhöht - wenngleich auf sehr viel niedrigerem Niveau - war auch die Zahl der festgestellten Abtrennungen, wobei es sich hier ausschließlich um kleine Fehlstellen im Flossensaum der Schwanzspitze bzw. der Brustflossen handelte.

Tab. 19: Anzahl der Aale mit äußeren Schädigungen/Verletzungen sowie deren relativer Anteil an der Gesamtzahl untersuchter Tiere (n = 135) im Vergleich der Nachuntersuchung I mit der Stuserhebung

Schädigungsart	N	Stuserhebung		Nachuntersuchung I		Erhöhung (%)
		Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)	
Hautläsionen	135	119	88,1	135	100,0	+ 13
Flossenrisse	135	81	60,0	112	83,0	+ 38
Einblutungen	135	51	37,8	60	44,4	+ 18
Abtrennungen	135	3	2,2	11	8,1	+ 267
keine Verletzungen	135	7	5,2	0	0,0	

3.2.2.2.1 Hautläsionen

Bei allen drei Versuchsgruppen (wie auch bei der Kontrollgruppe) war eine Zunahme der Tiere mit Hautläsionen festzustellen. Somit ist zumindest ein Teil der hinzugekommenen Hautläsionen versuchsmethodisch bedingt und nicht auf den Fang mittels Aalschokker zurückzuführen. Nach Beendigung der Hamenversuche wiesen alle Versuchstiere (incl. Kontrollgruppe) Hautläsionen auf (Tab. 20).

In der Anlage 2 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertungen zu Hautläsionen detailliert dargestellt.

Von einer Zunahme der Hautläsionen betroffen waren nachweislich (signifikant) die vordere Körperhälfte sowie zumindest tendenziell Hinterkörper und Schwanzspitze. Auf den Gesamtkörper bezogen war die Zunahme sowohl in den Versuchsgruppen als auch bei der Kontrollgruppe ebenfalls signifikant (WILCOXON-Test, $p < 0,05$).

Tab. 20: Anzahl der Aale mit Hautläsionen in den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe sowie prozentuale Veränderung im Vergleich der Nachuntersuchung I mit der Stuserhebung

	N	Stuserhebung Anzahl Tiere	Nachuntersuchung I Anzahl Tiere	Veränderung um (%)
Versuchsgruppe 1	46	35	46	+ 31
Versuchsgruppe 2	11	10	11	+ 10
Versuchsgruppe 3	48	46	48	+ 4
Versuchstiere gesamt	105	91	105	+ 15
<i>Kontrollgruppe</i>	30	28	30	+ 7

Wie der weitere Vergleich der mittleren Zahl von Schädigungsbereichen mit Hautläsionen pro Aal zwischen den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe zeigt, waren im Hinblick auf Kopf, Vorder- und Hinterkörper keine Unterschiede sowohl in der Stuserhebung als auch in der Nachuntersuchung I feststellbar (U-Test, $p < 0,05$). Dies bedeutet, dass bei diesen Körperbereichen die Versuchstiere und die Kontrollgruppe eine vergleichbare Zunahme der Bereiche mit Hautläsionen aufwiesen, diese somit ausschließlich versuchsmethodisch bedingt waren und nicht auf den Fang mittels Aalschokker zurückzuführen sind.

Hinsichtlich der Schwanzspitze und des Gesamtkörpers wies die Kontrollgruppe bei der Stuserhebung eine signifikant höhere, mittlere Zahl von Schädigungsbereichen mit Hautläsionen pro Aal im Vergleich zu den Versuchstieren auf. Bei der späteren Nachuntersuchung I waren dagegen keine Unterschiede mehr feststellbar. Dies bedeutet, dass die Versuchstiere hier eine stärkere Erhöhung der Zahl der Schädigungsbereiche im Vergleich zur Kontrollgruppe erfahren haben, die somit zum Teil auf Schädigungen durch den Aalschokkerfang zurückzuführen ist. Unter Berücksichtigung des Anteils versuchsmethodisch bedingter Schädigungen (Zunahme bei der Kontrollgruppe) kann die fangbedingte Zunahme der Bereiche mit Hautläsionen auf 44 % bei der Schwanzspitze bzw. 40 % bezogen auf den Gesamtkörper geschätzt werden.

Hinsichtlich des mittleren Schweregrades der Hautläsionen waren sowohl im Vergleich der Versuchstiere mit der Kontrollgruppe als auch zwischen Stuserhebung und Nachuntersuchung I fast durchweg keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Oftmals zeigte sich sogar eine leichte (nicht signifikante) Verringerung des mittleren Schweregrades in den statistischen Vergleichen. Beim Hinterkörper war die Abnahme des mittleren Schweregrades bei den Versuchstieren sogar signifikant. Insgesamt lässt sich somit feststellen, dass der Fang mittels Aalschokker zu keiner Erhöhung des mittleren Schweregrades der beobachteten Hautläsionen geführt hat.

Bei Betrachtung der Schädigungsschwere (Kombination aus Anzahl der Schädigungsbereiche und mittlerem Schädigungsgrad) zeigt sich ein vergleichbares Bild wie bei der mittleren Anzahl der Schädigungsbereiche. Bezüglich Kopf, Vorder- und Hinterkörper war im Vergleich der Stuserhebung mit der Nachuntersuchung I eine zumeist signifikante Zunahme der Schädigungsschwere zu beobachten, von der Versuchstiere und Kontrollgruppe jedoch gleichermaßen betroffen waren. Bei Schwanzspitze und Gesamtkörper wiesen die Versuchstiere eine stärkere Zunahme der Schädigungsschwere im Vergleich zur Kontrollgruppe auf. Unter Berücksichtigung des Anteils versuchsmethodisch bedingter Schädigungen (Zunahme bei der Kontrollgruppe) kann die fangbedingte Zunahme der Schädigungsschwere bei Hautläsionen auf 39 % bezüglich der Schwanzspitze bzw. 35 % bezogen auf den Gesamtkörper geschätzt werden.

3.2.2.2 Flossenrisse

Bei allen drei Versuchsgruppen, als auch bei der Kontrollgruppe, war eine Zunahme der Anzahl der Tiere mit Flossenrissen festzustellen. Somit ist zumindest ein Teil der hinzugekommenen Flossenrisse versuchsmethodisch bedingt und nicht auf den Fang mittels Aalschokker zurückzuführen. Nach Beendigung der Hamenversuche wies die überwiegende Mehrzahl der Versuchstiere (incl. Kontrollgruppe) Flossenrisse auf (Tab. 21).

Tab. 21: Anzahl der Aale mit Flosseneinrissen in den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe sowie prozentuale Veränderung im Vergleich der Nachuntersuchung I mit der Statuserhebung

	N	Statuserhebung Anzahl Tiere	Nachuntersuchung I Anzahl Tiere	Veränderung um (%)
Versuchsgruppe 1	46	30	42	+ 40
Versuchsgruppe 2	11	7	9	+ 29
Versuchsgruppe 3	48	32	40	+ 25
Versuchstiere gesamt	105	69	91	+ 32
<i>Kontrollgruppe</i>	30	12	20	+ 67

Von einer (zumeist signifikanten) Zunahme der Flossenrisse betroffen waren Brustflossen und Schwanzspitze. Andere Flossen bzw. Flossenbereiche wiesen keine (Rückenflosse Vorderkörper) oder nur selten (After- u. Rückenflosse Hinterkörper) Flossenrisse auf. Auf den Gesamtkörper bezogen war die Zunahme der Flossenrisse sowohl bei den Versuchstieren (mit Ausnahme von Versuchsgruppe 2) als auch bei der Kontrollgruppe ebenfalls signifikant (WILCOXON-Test, $p < 0,05$).

In der Anlage 2 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertungen der Flossenrisse detailliert dargestellt.

Wie der weitere Vergleich der mittleren Zahl von Schädigungsbereichen mit Flossenrissen pro Aal zwischen den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe zeigt, waren im Hinblick auf die Brustflossen sowie Rücken- und Afterflosse keine Unterschiede sowohl in der Statuserhebung als auch in der Nachuntersuchung I feststellbar (U-Test, $p < 0,05$). Dies bedeutet, dass bei diesen Körperbereichen die Versuchstiere und die Kontrollgruppe eine vergleichbare Zunahme der Bereiche mit Flossenrissen aufwiesen, diese somit ausschließlich versuchsmethodisch bedingt waren.

Hinsichtlich der Schwanzspitze und des Gesamtkörpers wies die Kontrollgruppe bei der Statuserhebung eine signifikant geringere mittlere Zahl von Schädigungsbereichen mit Flossenrissen pro Aal im Vergleich zu den Versuchstieren auf. Bei der späteren Nachuntersuchung I waren dagegen die Unterschiede nicht signifikant. Dies bedeutet, dass die Kontrollgruppe hier sogar eine überproportionale Erhöhung der Zahl der Schädigungsbereiche im Vergleich zu den Versuchstieren erfahren hat. Auch für diese Körperbereiche lässt sich daher feststellen, dass die beobachtete Zunahme der Bereiche mit Flossenrissen ausschließlich versuchsmethodisch bedingt sein dürfte.

Hinsichtlich des mittleren Schweregrades der Flossenrisse waren bei Brustflossen, Rücken- und Afterflosse sowohl im Vergleich der Versuchstiere mit der Kontrollgruppe als auch zwischen Statuserhebung und Nachuntersuchung I (nicht zuletzt aufgrund der geringen Fallzahlen) keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Bezüglich Schwanzspitze und Gesamtkörper ließ sich ein zumindest tendenzieller, meist sogar signifikanter Anstieg zwischen Statuserhebung und Nachuntersuchung I beobachten. Allerdings waren sowohl die Versuchstiere als auch die Kontrollgruppe von diesem Anstieg gleichermaßen betroffen, wie die Ergebnisse der Gruppenvergleiche

innerhalb der Stuserhebung bzw. der Nachuntersuchung I zeigen (U-Test, $p > 0,05$). Auch für diese Körperbereiche dürften daher die beobachteten Unterschiede ausschließlich versuchsmethodisch begründet und nicht auf etwaige Schädigungen durch den Aalschokkerfang zurückzuführen sein.

Bei der Betrachtung der Schädigungsschwere (Kombination aus Anzahl der Schädigungsbereiche und mittlerem Schädigungsgrad) zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei der mittleren Anzahl der Schädigungsbereiche. Bezüglich Rücken- und Afterflosse waren keinerlei signifikante Unterschiede feststellbar. Bei Brustflossen und Schwanzspitze war eine zumeist signifikante Zunahme der Schädigungsschwere im Vergleich der Stuserhebung mit der Nachuntersuchung I nachweisbar, von der Versuchstiere und Kontrollgruppe jedoch gleichermaßen betroffen waren. In Bezug auf den Gesamtkörper ließ die Kontrollgruppe sogar eine überproportionale Zunahme der Schädigungsschwere bei Flossenrissen im Vergleich zu den Versuchstieren erkennen. Insgesamt lässt sich daher feststellen, dass die Schädigungsschwere bei Flossenrissen unverändert geblieben bzw. die zum Teil beobachtete Zunahme ausschließlich versuchsmethodisch bedingt ist.

3.2.2.2.3 Einblutungen

Bei allen drei Versuchsgruppen war eine Zunahme des Anteils der Tiere mit oberflächlichen Hauteinblutungen festzustellen (Tab. 22). Im Gegensatz dazu nahmen die Hauteinblutungen in der Kontrollgruppe ab. Letzteres ist ein Hinweis darauf, dass leichte Hauteinblutungen offensichtlich innerhalb kurzer Zeit abgebaut werden und dann zumindest visuell nicht mehr wahrzunehmen sind.

In der Anlage 2 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertungen zu Einblutungen detailliert dargestellt.

Von einer signifikanten Zu- bzw. Abnahme der Hauteinblutungen betroffen waren die Flossen des Hinterkörpers sowie der Gesamtkörper (WILCOXON-Test, $p < 0,05$). Nur selten waren auch neue Einblutungen an den Flossen des Vorderkörpers und an der Schwanzspitze festzustellen. Wenig oder gar nicht von Einblutungen betroffen waren hingegen der Kopf und der Körper selbst. Die somit überwiegend vorhandenen Einblutungen in den Flossensäumen korrespondierten allerdings selten mit den festgestellten Flossenrissen.

Tab. 22: Anzahl der Aale mit Hauteinblutungen in den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe sowie prozentuale Veränderung im Vergleich der Nachuntersuchung I mit der Stuserhebung

	N	Stuserhebung Anzahl Tiere	Nachuntersuchung I Anzahl Tiere	Veränderung um (%)
Versuchsgruppe 1	46	10	21	+ 110
Versuchsgruppe 2	11	1	2	+ 100
Versuchsgruppe 3	48	23	27	+ 17
Versuchstiere gesamt	105	34	50	+ 47
Kontrollgruppe	30	17	10	- 41

Wie der weitere Vergleich der mittleren Zahl von Schädigungsbereichen mit Einblutungen pro Aal zwischen den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe zeigt, waren im Hinblick auf Kopf, Vorder- und Hinterkörper sowie Schwanzspitze keinerlei Unterschiede sowohl in der Stuserhebung als auch in der Nachuntersuchung I feststellbar (WILCOXON-Test bzw. U-Test, $p < 0,05$) bzw.

statistisch zu sichern. Dies bedeutet, dass bei diesen Körperbereichen keine oder nur geringfügige (zufällige) Veränderungen stattgefunden haben.

Die Flossen des Hinterkörpers und die Körperoberfläche der Versuchstiere insgesamt wiesen hingegen eine tendenzielle, zumeist sogar signifikante Zunahme der Einblutungen nach Abschluss der Hamenversuche auf. Gleichzeitig war bei der Kontrollgruppe eine signifikante Abnahme der Einblutungen feststellbar. Dieses Ergebnis lässt darauf schließen, dass die Versuchstiere eine erhebliche Neuzunahme von Einblutungen erfahren haben, die nicht nur die vermutlich teilweise rückgebildeten Altblutungen kompensiert, sondern sogar zu einem nachweislichen Anstieg der Zahl der Körperbereiche mit Einblutungen geführt hat. Unter Berücksichtigung des festgestellten Rückgangs der Einblutungen bei der Kontrollgruppe kann die fangbedingte Zunahme der Bereiche mit oberflächlichen Hauteinblutungen auf 109 % bei den Flossen des Hinterkörpers bzw. 87 % bezogen auf die gesamte Körperoberfläche geschätzt werden.

Hinsichtlich des mittleren Schweregrades der Einblutungen waren sowohl im Vergleich der Versuchstiere mit der Kontrollgruppe als auch zwischen Stuserhebung und Nachuntersuchung I keinerlei signifikante Unterschiede feststellbar. Teilweise zeigte sich sogar eine leichte (nicht signifikante) Verringerung des mittleren Schweregrades. Insgesamt lässt sich somit feststellen, dass die Exposition im Hamen des Aalschokkers zu keiner Erhöhung des mittleren Schweregrades der beobachteten Einblutungen geführt hat.

Bei der Betrachtung der Schädigungsschwere (Kombination aus Anzahl der Schädigungsbereiche und mittlerem Schädigungsgrad) zeigt sich ein vergleichbares Bild wie bei der mittleren Anzahl der Schädigungsbereiche. Bei Kopf, Vorder- und Hinterkörper sowie Schwanzspitze waren sowohl im Vergleich der Versuchstiere mit der Kontrollgruppe als auch im Vergleich der Stuserhebung mit der Nachuntersuchung I keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Bezüglich der Flossen des Vorderkörpers war sowohl bei den Versuchstieren als auch bei der Kontrollgruppe eine tendenzielle Zunahme der Einblutungen zu beobachten. Hinsichtlich der Flossen des Hinterkörpers und der gesamten Körperoberfläche ließen die Versuchstiere eine tendenzielle Zunahme und die Kontrollgruppe eine tendenzielle Abnahme der Einblutungen in der Nachuntersuchung I erkennen. Unter Berücksichtigung des Rückgangs der Einblutungen bei der Kontrollgruppe kann die fangbedingte Zunahme der Schädigungsschwere bei den Versuchstieren auf 83 % bei den Flossen des Hinterkörpers bzw. 65 % bezogen auf die gesamte Körperoberfläche geschätzt werden.

3.2.2.3 Wirbelsäulenschädigungen (Röntgenuntersuchung)

Von den 135 verbliebenen Versuchstieren wurden 18 Tiere nach Versuchsende getötet und im Rahmen der Nachuntersuchung I auch röntgenologisch untersucht. Die übrigen 117 Versuchstiere wurden hingegen ohne Röntgenuntersuchung in den 14tägigen Hälterversuch überführt, da ein geeignetes transportables Röntgengerät nicht zur Verfügung stand.

Nur bei einem der 18 Aale wurde in der Nachuntersuchung I eine Veränderung im Vergleich zur Stuserhebung festgestellt. Das in der Stuserhebung noch befundfreie Tier wies in der Nachuntersuchung I eine geringgradige Stauchung (Schweregrad 1) der Wirbelsäule im vorderen Körperdrittel auf (Abb. 6). Der betroffene Aal war in der dritten Versuchsgruppe eingesetzt.

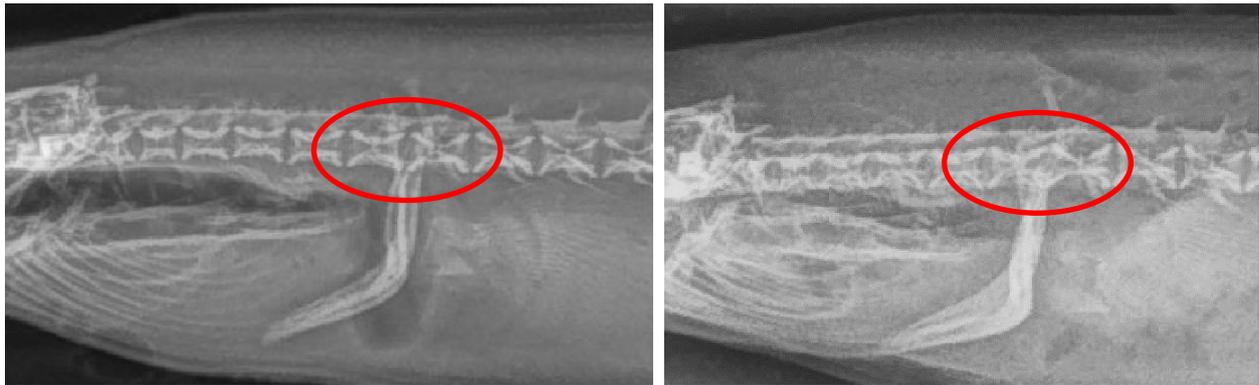


Abb. 6: Röntgenaufnahme von Aal Nr. 013 ohne Befund in der Statuserhebung (links) und mit einer geringgradigen Wirbelsäulenstauchung in der Nachuntersuchung I (rechts)

3.2.3 Nachuntersuchung I vs. Nachuntersuchung II (Folgeschäden)

Folgeschäden durch Fang und Hälterung wurden im Rahmen der Gegenüberstellung der Ergebnisse der Nachuntersuchung II (nach Hälterung) mit denen der Nachuntersuchung I nach Abschluss der Hamenversuche (vor Hälterung) ermittelt. Für die Untersuchungen verblieben nach Entnahme von 18 Tieren für röntgenologische Untersuchungen 117 Versuchsaale. In der Anlage 3 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertungen zu den Folgeschäden detailliert dargestellt.

3.2.3.1 Allgemeine Parameter

Nach dem Hälterversuch über 14 Tage waren weder bei den Aalen der Versuchsgruppen noch bei denen aus der Kontrollgruppe Einschränkungen der Vitalfunktionen feststellbar.

Die Zahl der Aale mit sichtbaren Verpilzungen erhöhte sich deutlich von sechs Tieren (Nachuntersuchung I) auf 21 Tiere bei der Nachuntersuchung II (Tab. 23). Von einer Erhöhung betroffen waren zwei Versuchsgruppen sowie die Kontrollgruppe. Mit Ausnahme eines Tieres aus der Kontrollgruppe (Schädigungskategorie 2) handelte es sich bei den neu hinzugekommenen Verpilzungen um vereinzelte Spots (Schädigungskategorie 1).

Vor Beginn des Hälterversuches wies die Kontrollgruppe eine signifikant höhere Verpilzungsrate im Vergleich zu den Versuchstieren auf (U-Test, $p = 0,02$). Nach dem Hälterversuch war hingegen kein statistisch signifikanter Unterschied mehr zwischen beiden Gruppen feststellbar. Dies zeigt, dass die Versuchstiere im Vergleich zur Kontrollgruppe stärker verpilzten: Während sich in der Kontrollgruppe die Anzahl der Aale mit Verpilzungen in etwa verdoppelte, stieg die Anzahl bei den Versuchstieren um das ca. Sechsfache. Die Zunahme der Verpilzungsrate im Verlauf der 14tägigen Hälterung war bei allen betroffenen Versuchsgruppen sowie bei den Versuchstieren insgesamt signifikant, bei der Kontrollgruppe konnte hingegen nur ein tendenzieller (nicht signifikanter) Anstieg festgestellt werden.

Die Zahl der Aale mit äußerlichen Symptomen einer Parasiteninfektion (vermutlich *Ichthyophthirius multifiliis*) erhöhte sich ebenfalls deutlich von fünf Tieren (Nachuntersuchung I) auf 46 Tiere (Nachuntersuchung II) (Tab. 23). Von der Erhöhung betroffen waren alle drei Versuchsgruppen sowie die Kontrollgruppe. Die überwiegende Mehrheit der bei der Nachuntersuchung II festgestellten, makroskopisch sichtbaren Symptome einer Parasiteninfektion waren geringgradig und daher der Schädigungskategorie 1 zuzuordnen. In nur 17 % aller Fälle konnten Symptome einer mittel- bzw. hochgradigen Parasiteninfektion beobachtet werden. Davon betroffen waren in gleichem Maße Tiere aus den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe.

Sowohl vor Beginn des Hälterversuches als auch danach konnten signifikant mehr Körperbereiche mit Symptomen einer Parasiteninfektion mit *I. multifiliis* festgestellt werden (U-Test, $p < 0,01$, Anlage 3). Der Anstieg im Verlauf der Hälterung war sowohl bei den Versuchstieren als auch bei der Kontrollgruppe signifikant (WILCOXON-Test, $p < 0,01$). Allerdings ließen die Versuchstiere auch hier eine stärkere Zunahme der für den Parasiten typischen Hautveränderungen im Vergleich zur Kontrollgruppe erkennen. Am Ende des Hälterungsversuches wiesen 67 % der Tiere aus der Kontrollgruppe und 30 % der Versuchstiere Symptome eines Parasitenbefalls mit *Ichthyophthirius multifiliis* auf, der durch stichprobenartig durchgeführte mikroskopische Untersuchungen auch bestätigt werden konnte. Auffällig war, dass die Parasitierungsrate am Ende des Hälterversuches mit 18-20 % im Hälter 1 (Versuchsgruppen 1 und 2) deutlich geringer war als mit 50-67 % im Hälter 2 (Versuchsgruppe 3 und Kontrollgruppe).

Tab. 23: Anzahl der Aale mit Einschränkungen allgemeiner Gesundheitsparameter im Vergleich der Nachuntersuchung II mit der Nachuntersuchung I

	N	Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II		
		Vitalität	Verpilzung	Parasitenverdacht	Vitalität	Verpilzung	Parasitenverdacht
Versuchsgruppe 1	46	0	2	0	7	9	
Versuchsgruppe 2	11	0	0	0	0	2	
Versuchsgruppe 3	30	0	0	1	8	15	
Versuchstiere gesamt	87	0	2	1	15	26	
Kontrollgruppe	30	0	4	4	6	20	
Gesamt	117	0	6	5	21	46	

3.2.3.2 Äußere Schädigungen/Verletzungen

Bei der Nachuntersuchung II wurden die gleichen vier Verletzungsarten wie bei der Nachuntersuchung I festgestellt. Am häufigsten traten wiederum Hautläsionen auf, gefolgt von Flossenrissen und oberflächlichen Einblutungen (Tab. 24).

Bei allen Verletzungsarten (mit Ausnahme der Hautläsionen) war bei der Nachuntersuchung II ein etwas höherer Anteil der Versuchstiere im Vergleich zur Nachuntersuchung I betroffen. Prozentual im vergleichbaren Umfang erhöhte sich der Anteil der Tiere mit Flossenrissen (+ 8 %) und Einblutungen (+ 6 %). Deutlich erhöht - wenngleich auf sehr viel niedrigerem Niveau - war die Zahl der festgestellten Abtrennungen, bei denen es sich ausschließlich um kleinere Fehlstellen im Flossensaum handelte.

Tab. 24: Anzahl der Aale mit äußeren Schädigungen/Verletzungen sowie deren relativer Anteil an der Gesamtzahl untersuchter Tiere im Vergleich der Nachuntersuchung I (vor Hälterung) mit der Nachuntersuchung II (nach Hälterung)

Schädigungsart	N	Nachuntersuchung I		Nachuntersuchung II		Erhöhung (%)
		Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)	
Hautläsionen	117	117	100,0	116	99,1	0
Flossenrisse	117	97	82,9	105	89,7	+ 8
Einblutungen	117	47	40,2	50	42,7	+ 6
Abtrennungen	117	8	6,8	18	15,4	+ 125
keine Verletzungen	117	0	0,0	0	0,0	0

3.2.3.2.1 Hautläsionen

Sowohl vor als auch nach der 14tägigen Hälterung wiesen praktisch alle Versuchstiere (incl. Kontrollgruppe) Hautläsionen auf (Tab. 25).

Tab. 25: Anzahl der Aale mit Hautläsionen in den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe im Vergleich der Nachuntersuchung II mit der Nachuntersuchung I

	N	Nachuntersuchung I Anzahl Tiere	Nachuntersuchung II Anzahl Tiere	Veränderung um (%)
Versuchsgruppe 1	46	46	45	- 2
Versuchsgruppe 2	11	11	11	0
Versuchsgruppe 3	30	30	30	0
Versuchstiere gesamt	87	87	86	- 1
<i>Kontrollgruppe</i>	30	30	30	0

In der Anlage 3 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertungen zu Hautläsionen detailliert dargestellt.

Im Verlauf der 14tägigen Hälterung blieb die Anzahl der Körperbereiche mit Hautläsionen konstant (Schwanzspitze) oder zeigte sogar einen leichten Rückgang. Bei der Kontrollgruppe war der Rückgang der Bereiche mit Hautläsionen bezogen auf Kopf und Gesamtkörper signifikant (WILCOXON-Test, $p < 0,05$), während er bei den Versuchsgruppen nur tendenziell und um 31 % (Kopf) bzw. 11 % (Gesamtkörper) geringer im Vergleich zur Kontrollgruppe ausfiel. Bezüglich Vorder- und Hinterkörper waren sowohl bei den Versuchsgruppen als auch bei der Kontrollgruppe allenfalls leichte (tendenzielle) Rückgänge zu beobachten.

Der mittlere Schweregrad der Hautläsionen war bei den Versuchsfischen nach der 14tägigen Hälterung unverändert (Kopf, Vorder- und Hinterkörper) bzw. zeigte eine geringe, aber signifikante Zunahme (Schwanzspitze, Gesamtkörper). Bei der Kontrollgruppe waren im Wesentlichen keine Veränderungen, bei Kopf und Gesamtkörper jedoch ebenfalls eine leichte (nicht signifikante) Zunahme des Schweregrades der Hautläsionen feststellbar. Unter Berücksichtigung des Anteils versuchsmethodisch bedingter Schädigungen (leichte Zunahme auch bei der Kontrollgruppe) kann die fangbedingte Zunahme des mittleren Schädigungsgrades bei Hautläsionen nach der Hälterung auf 14 % bei der Schwanzspitze geschätzt werden.

Bei der Betrachtung der Schädigungsschwere zeigte sich ein differenziertes Bild zwischen den Versuchstieren und der Kontrollgruppe: Bei der Kontrollgruppe blieb die Schädigungsschwere bezogen auf Vorderkörper und Schwanzspitze unverändert. Bei den übrigen Körperbereichen war hingegen ein leichter, wenngleich nicht signifikanter Rückgang der Schädigungsschwere erkennbar. Bei den Versuchstieren waren am Kopf, Vorder- und Hinterkörper sowie Gesamtkörper ebenfalls keine Veränderungen feststellbar. An der Schwanzspitze war hingegen eine signifikante Zunahme der Schädigungsschwere zu beobachten. Unter Berücksichtigung des Anteils versuchsmethodisch bedingter Schädigungen (Kontrollgruppe) kann die fangbedingte Zunahme der Schädigungsschwere bei Hautläsionen auf 13 % an der Schwanzspitze geschätzt werden.

3.2.3.2.2 Flossenrisse

Bei allen drei Versuchsgruppen blieb die Anzahl der Tiere mit Flossenrissen annähernd gleich. Im Unterschied dazu war bei der Kontrollgruppe sogar eine Zunahme der Tiere mit Flossenrissen festzustellen. Nach Beendigung der Hamenversuche wies die überwiegende Mehrzahl der Versuchstiere (incl. Kontrollgruppe) Flossenrisse auf (Tab. 26).

Tab. 26: Anzahl der Aale mit Flossenrissen in den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe sowie prozentuale Veränderung im Vergleich der Nachuntersuchung II mit der Nachuntersuchung I

	N	Nachuntersuchung I Anzahl Tiere	Nachuntersuchung II Anzahl Tiere	Veränderung um (%)
Versuchsgruppe 1	46	42	39	- 7
Versuchsgruppe 2	11	9	11	+ 22
Versuchsgruppe 3	30	26	28	+ 8
Versuchstiere gesamt	87	77	78	+ 1
Kontrollgruppe	30	20	27	+ 35

Von einer zum Teil signifikanten Zunahme der Flossenrisse betroffen waren Brustflossen und After- bzw. Rückenflosse im hinteren Körperbereich. Andere Flossen bzw. Flossenbereiche wiesen keine Einrisse (Rückenflosse Vorderkörper) oder nur geringe (nicht signifikante) Veränderungen nach der Hälterung (Schwanzspitze) auf. Auf den Gesamtkörper bezogen war die Zunahme der Flossenrisse sowohl bei den Versuchstieren (mit Ausnahme von Versuchsgruppe 2) als auch bei der Kontrollgruppe signifikant (WILCOXON-Test, $p < 0,05$).

In der Anlage 3 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertungen der Flossenrisse detailliert dargestellt.

Beim Vergleich der mittleren Zahl von Schädigungsbereichen mit Flossenrissen pro Aal zwischen den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe waren bei Brustflossen, Rücken- und Afterflosse sowie dem Gesamtkörper keine Unterschiede sowohl vor als auch nach der Hälterung feststellbar (U-Test, $p < 0,05$). Dies bedeutet, dass die genannten Körperbereiche als auch der Gesamtkörper der Versuchstiere und der Kontrollgruppe eine vergleichbare Zunahme der Bereiche mit Flossenrissen aufwiesen. Diese sind somit nicht als Folgeschäden des Hamenfangs anzusehen, sondern ausschließlich auf Hälterungseffekte zurückzuführen.

Hinsichtlich der Schwanzspitze wies die Kontrollgruppe vor der Hälterung eine signifikant geringere mittlere Zahl von Schädigungsbereichen mit Flossenrissen pro Aal im Vergleich zu den Versuchstieren auf. Nach der 14tägigen Hälterung waren hingegen keine Unterschiede mehr feststellbar. Dies bedeutet, dass sich bei der Kontrollgruppe die Zahl der Schädigungsbereiche im Vergleich zu den Versuchstieren überproportional erhöht hat. Auch für diesen Körperbereich dürfte daher die beobachtete Zunahme der Bereiche mit Flossenrissen ausschließlich auf die Hälterung zurückzuführen sein.

Hinsichtlich des mittleren Schweregrades der Flossenrisse waren bei den einzelnen Flossen sowie insgesamt, sowohl im Vergleich der Versuchstiere mit der Kontrollgruppe als auch vor und nach der Hälterung (nicht zuletzt aufgrund der teilweise geringen Fallzahlen), keine signifikanten Unterschiede feststellbar.

Bei der Betrachtung der Schädigungsschwere (Kombination aus Anzahl der Schädigungsbereiche und mittlerem Schädigungsgrad) zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei der mittleren Anzahl der Schädigungsbereiche. Bezüglich Rücken- und Schwanzflosse waren keinerlei signifikante Unterschiede feststellbar. Bei der Afterflosse sowie den Flossen insgesamt war eine teilweise signifikante Zunahme der Schädigungsschwere nach dem Hälterversuch nachweisbar, von der Versuchstiere und Kontrollgruppe jedoch gleichermaßen betroffen waren. In Bezug auf die Brustflossen wiesen die Versuchstiere eine tendenziell stärkere Zunahme der Schädigungsschwere bei Flossenrissen im Vergleich zur Kontrollgruppe auf (U-Test, $p = 0,14$).

3.2.3.2.3 Einblutungen

Bei zwei von drei Versuchsgruppen war eine geringfügige Zunahme, bei einer Versuchsgruppe hingegen eine leichte Abnahme der Anzahl der Tiere mit oberflächlichen Hautblutungen festzustellen. Über die Versuchstiere insgesamt blieb die Zahl der Tiere mit oberflächlichen Hauteinblutungen damit annähernd gleich. Auch bei der Kontrollgruppe war nur eine unwesentliche Zunahme und damit kaum eine Veränderung der Zahl der Tiere mit Einblutungen feststellbar (Tab. 27).

Tab. 27: Anzahl der Aale mit Hauteinblutungen in den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe sowie prozentuale Veränderung im Vergleich der Nachuntersuchung II mit der Nachuntersuchung I

	N	Nachuntersuchung I Anzahl Tiere	Nachuntersuchung II Anzahl Tiere	Veränderung um (%)
Versuchsgruppe 1	46	21	17	- 19
Versuchsgruppe 2	11	2	3	+ 50
Versuchsgruppe 3	30	14	18	+ 29
Versuchstiere gesamt	87	37	38	+ 3
Kontrollgruppe	30	10	12	+ 20

In der Anlage 3 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertungen zu den Hauteinblutungen detailliert dargestellt.

Von Hauteinblutungen betroffen waren insbesondere die Flossen des Hinterkörpers sowie der Körper insgesamt. In geringem Maße waren nach dem Hälterversuch auch Einblutungen am Kopf, den Flossen des Vorderkörpers und an der Schwanzspitze festzustellen. Dagegen traten am Vorder- und Hinterkörper selbst keinerlei Einblutungen auf. Die somit überwiegend die Flossensäume betreffenden Einblutungen korrespondierten teilweise mit den festgestellten Flossensrissen.

Wie der weitere Vergleich der mittleren Zahl von Schädigungsbereichen mit Einblutungen pro Aal zwischen den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe zeigt, waren mit Ausnahme der Flossen des Vorderkörpers keinerlei Unterschiede sowohl vor als auch nach der Hälterung feststellbar (WILCOXON-Test bzw. U-Test, $p > 0,05$). Dies bedeutet, dass bei diesen Körperbereichen keine oder nur geringfügige (zufällige) Veränderungen stattgefunden haben.

Hinsichtlich der Flossen des Vorderkörpers wiesen die Versuchstiere keine Veränderungen bei den Einblutungen nach Beendigung des Hälterversuches auf. Gleichzeitig war bei der Kontrollgruppe eine leichte (nicht signifikante) Abnahme der Einblutungen feststellbar. Während sich beide Gruppen vor der Hälterung knapp signifikant (U-Test, $p = 0,05$) unterschieden, war nach der Hälterung kein Unterschied mehr nachweisbar (U-Test, $p = 0,17$). Unter Berücksichtigung des tendenziellen Rückgangs der Einblutungen bei der Kontrollgruppe kann die fangbedingte Zunahme der Bereiche mit oberflächlichen Einblutungen auf 58 % bei den Flossen des Vorderkörpers geschätzt werden.

Hinsichtlich des mittleren Schweregrades der Einblutungen waren sowohl im Vergleich der Versuchstiere mit der Kontrollgruppe als auch vor und nach der 14tägigen Hälterung keinerlei signifikante Unterschiede feststellbar.

Bei der Betrachtung der Schädigungsschwere (Kombination aus Anzahl der Schädigungsbereiche und mittlerem Schädigungsgrad) zeigt sich ein vergleichbares Bild wie bei der mittleren Anzahl der Schädigungsbereiche. Mit Ausnahme der Flossen des Vorderkörpers waren sowohl

im Vergleich der Versuchstiere mit der Kontrollgruppe als auch im Vergleich vor und nach der Hälterung keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Hinsichtlich der Flossen des Vorderkörpers ließen die Versuchstiere tendenziell eine leichte Zunahme und die Kontrollgruppe tendenziell eine Abnahme der Einblutungen im Verlaufe der Hälterung erkennen. Unter Berücksichtigung des Rückgangs der Einblutungen bei der Kontrollgruppe kann die fangbedingte Zunahme der Schädigungsschwere bei den Versuchstieren auf 83 % bei den Flossen des Vorderkörpers geschätzt werden. Allerdings ließ sich dieses Ergebnis nur knapp statistisch absichern und ist daher mit Unsicherheiten behaftet.

3.2.3.2.4 Abtrennungen

Bei den Versuchsgruppen war überwiegend eine unveränderte Anzahl von Tieren mit Abtrennungen (fehlende Flossenstückchen) festzustellen, mit Ausnahme der dritten Versuchsgruppe mit einer deutlichen Zunahme geschädigter Tiere (Tab. 28). Für die Versuchstiere insgesamt ergab sich eine Erhöhung der Zahl der Tiere mit Fehlstellen im Flossensaum. Auch bei der Kontrollgruppe war eine Zunahme solcher Verletzungen feststellbar. Der Anteil von Tieren mit entsprechenden Verletzungen bewegte sich aber nach Beendigung des Hälterversuches mit 12 % (Versuchstiere gesamt) bzw. 17 % (Kontrollgruppe) auf einem niedrigen Niveau.

Tab. 28: Anzahl der Aale mit Flossenstückabtrennungen in den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe sowie prozentuale Veränderung im Vergleich der Nachuntersuchung II mit der Nachuntersuchung I

	N	Nachuntersuchung I Anzahl Tiere	Nachuntersuchung II Anzahl Tiere	Veränderung um (%)
Versuchsgruppe 1	46	4	5	+ 25
Versuchsgruppe 2	11	2	1	- 50
Versuchsgruppe 3	30	1	7	+ 600
Versuchstiere gesamt	87	7	13	+ 86
<i>Kontrollgruppe</i>	30	1	5	+ 400

Von Abtrennungen betroffen waren die Brustflossen sowie Afterflosse und Schwanzspitze. Am Körper selbst sowie an der Rückenflosse waren hingegen keine Abtrennungen vorhanden.

In der Anlage 3 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertungen der Abtrennungen detailliert dargestellt.

Bei der mittleren Zahl von Schädigungsbereichen mit Abtrennungen pro Aal waren zwischen den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe bei allen betroffenen Flossen (mit Ausnahme des Gesamtkörpers in Versuchsgruppe 3) keine Unterschiede sowohl vor als auch nach der Hälterung feststellbar (WILCOXON-Test bzw. U-Test, $p < 0,05$). Dies bedeutet, dass sowohl bei den Versuchstieren als auch bei der Kontrollgruppe die Bereiche mit Abtrennungen unverändert geblieben sind oder in gleichem Maße zugenommen haben. Diese Verletzungen hängen somit ausschließlich mit der Hälterung zusammen. In einigen Fällen konnte auch ein leichter Rückgang bei dieser Verletzungsart beobachtet werden. Dies zeigt, dass kleinere Fehlbereiche der Flossen innerhalb von 14 Tagen verwachsen können und dann als solche nicht mehr erkennbar sind.

Der mittlere Schweregrad der Abtrennungen blieb bei den einzelnen Flossen sowie insgesamt, sowohl im Vergleich der Versuchstiere mit der Kontrollgruppe als auch vor und nach der Hälterung (nicht zuletzt aufgrund der teilweise geringen Fallzahlen) unverändert. Es konnten ausschließlich kleinere Fehlstellen im Flossensaum des Schweregrades 1 diagnostiziert werden.

Bei der Betrachtung der Schädigungsschwere (Kombination aus Anzahl der Schädigungsbereiche und mittlerem Schädigungsgrad) zeigte sich daher ein exakt gleiches Bild wie bei der mittleren Anzahl der Schädigungsbereiche: Bei allen betroffenen Flossen waren (mit einer Ausnahme) keinerlei signifikante Unterschiede im Vergleich der Versuchstiere mit der Kontrollgruppe bzw. vor und nach der Hälterung feststellbar (U-Test bzw. WILCOXON-Test, $p < 0,05$).

3.2.3.3 Wirbelsäulenschädigungen (Röntgenuntersuchung)

Im Anschluss an die Erfassung der äußeren Schädigungen/Verletzungen wurden alle 117 Versuchstiere aus dem Hälterversuch getötet und röntgenologisch untersucht. Bei keinem dieser Tiere konnten Wirbelsäulenschädigungen festgestellt werden, die nicht bereits bei der Statuserhebung vorhanden waren.

3.2.4 Stuserhebung vs. Nachuntersuchung II (Gesamtschäden)

Zur Bewertung der Gesamtschäden (direkte Schädigungen und Folgeschäden) wurden die Befunde der Nachuntersuchung II nach Exposition im Hamen und 14-tägiger Hälterung denen der Statusuntersuchung zu Versuchsbeginn gegenübergestellt.

Von insgesamt 220 in der Stuserhebung begutachteten und in den Hamenversuchen eingesetzten Versuchsfischen konnten 117 Tiere nach Abschluss des Hälterversuches mit der Statuserhebung verglichen werden. Von diesen 117 Aalen waren 30 Tiere in der Kontrollgruppe (nur Hälterversuch) und 87 Tiere in den Hamenversuchen incl. anschließendem Hälterversuch eingesetzt (s. Pkt. 2.2).

3.2.4.1 Allgemeine Parameter

Sowohl bei der Stuserhebung als auch nach Abschluss aller Versuche waren weder bei den eingesetzten Versuchstieren noch bei den Tieren aus der Kontrollgruppe Einschränkungen der Vitalfunktionen feststellbar.

Die Zahl der Aale mit sichtbaren Verpilzungen erhöhte sich deutlich von einem Tier (Statuserhebung) auf 21 Tiere (Nachuntersuchung II) (Tab. 29). Von einer Erhöhung betroffen waren zwei Versuchsgruppen sowie die Kontrollgruppe. Mit Ausnahme eines Tieres aus der Kontrollgruppe (Schädigungskategorie 2) handelte es sich bei den hinzugekommenen Verpilzungen um vereinzelte Spots (Schädigungskategorie 1).

Sowohl bei der Stuserhebung als auch bei der Nachuntersuchung II waren hinsichtlich der Zahl der verpilzten Tiere keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen, den Versuchstieren insgesamt sowie der Kontrollgruppe feststellbar (Anlage 4). Mit Ausnahme der Versuchsgruppe 2 zeigten jedoch alle Versuchsgruppen sowie die Kontrollgruppe eine vergleichbare, signifikante Zunahme ($p < 0,05$) der Anzahl verpilzter Tiere im Versuchsverlauf.

Während bei der Stuserhebung keine äußerlichen Symptome eines Befalls mit Parasiten vorhanden war, wurde nach Abschluss aller Versuche bei 46 Tieren Symptome einer Parasiteninfektion mit *Ichthyophthirius multifiliis* festgestellt (Tab. 29). Davon betroffen waren alle drei Versuchsgruppen sowie die Kontrollgruppe. Die überwiegende Mehrheit der bei der Nachuntersuchung II festgestellten Symptome (83 %) war geringgradig daher der Schädigungskategorie 1 zuzuordnen. In nur 17 % aller Fälle konnten Symptome einer mittel- bzw. hochgradigen Parasiteninfektion beobachtet werden. Davon betroffen waren in gleichem Maße Tiere aus den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe.

Im Versuchsverlauf stieg die Zahl der Aale mit Symptomen einer Parasiteninfektion in zwei Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe signifikant, in der Versuchsgruppe 2 zumindest tendenziell

an (WILCOXON-Test) (Anlage 4). In der Kontrollgruppe fiel dieser Anstieg sogar signifikant höher im Vergleich zu den Versuchstieren insgesamt aus (U-Test, $p < 0,001$). Nach Abschluss der Versuche wiesen 67 % der Tiere aus der Kontrollgruppe und 30 % der Versuchstiere Symptome eines Parasitenbefalls mit *Ichthyophthirius multifiliis* auf, der durch stichprobenartig durchgeführte mikroskopische Untersuchungen auch bestätigt werden konnte.

Tab. 29: Anzahl der Aale mit Einschränkungen allgemeiner Gesundheitsparameter im Vergleich Nachuntersuchung II mit der der Stuserhebung

	N	Stuserhebung			Nachuntersuchung II		
		Vitalität	Verpilzung	Parasitenverdacht	Vitalität	Verpilzung	Parasiten
Versuchsgruppe 1	46	0	0	0	0	7	9
Versuchsgruppe2	11	0	0	0	0	0	2
Versuchsgruppe3	30	0	1	0	0	8	15
Versuchstiere gesamt	87	0	1	0	0	15	26
<i>Kontrollgruppe</i>	30	0	0	0	0	6	20
Gesamt	117	0	1	0	0	21	46

3.2.4.2 Äußere Schädigungen/Verletzungen

Bei der Nachuntersuchung II wurden die gleichen vier Verletzungsarten wie bei der Stuserhebung festgestellt. Nach Abschluss aller Versuche traten am häufigsten Hautläsionen auf, gefolgt von Flossenrissen und oberflächlichen Hauteinblutungen (Tab. 30).

Bei allen vier Verletzungsarten war bei der Nachuntersuchung II ein Anstieg im Vergleich zur Stuserhebung feststellbar. Bei den Flossenrissen betrug der Anstieg ca. 50 %. In geringerem Umfang erhöhte sich der Anteil der Tiere mit Hautläsionen (+ 13 %) und Einblutungen (+ 14 %). Deutlich erhöht - wenngleich auf sehr viel niedrigerem Niveau - war der Anteil der Tiere mit fehlenden Flossenstückchen (Abtrennungen).

Tab. 30: Anzahl der Aale mit äußeren Schädigungen/Verletzungen sowie deren relativer Anteil an der Gesamtzahl untersuchter Tiere im Vergleich der Nachuntersuchung II (nach Abschluss aller Versuche) mit der Stuserhebung

Schädigungsart	N	Stuserhebung		Nachuntersuchung II		Erhöhung (%)
		Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)	
Hautläsionen	117	103	88,0	116	99,1	+ 13
Flossenrisse	117	70	59,8	105	89,7	+ 50
Einblutungen	117	44	37,6	50	42,7	+ 14
Abtrennungen	117	1	0,9	18	15,4	+ 1700
<i>keine Verletzungen</i>	117	7	6,0	0	0,0	0

3.2.4.2.1 Hautläsionen

Bei allen Versuchsgruppen sowie auch bei der Kontrollgruppe war eine Zunahme der Tiere mit Hautläsionen festzustellen. Nach Abschluss aller Versuche wiesen praktisch alle Tiere in den Versuchsgruppen und in der Kontrollgruppe Hautläsionen auf (Tab. 31).

Tab. 31: Anzahl der Aale mit Hautläsionen in den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe im Vergleich der Nachuntersuchung II mit der Stuserhebung

	N	Stuserhebung		Nachuntersuchung II	
		Anzahl Tiere	Anteil (%)	Anzahl Tiere	Anteil (%)
Versuchsgruppe 1	46	35	76	45	98
Versuchsgruppe 2	11	10	91	11	100
Versuchsgruppe 3	30	30	100	30	100
Versuchstiere gesamt	87	75	86	86	99
<i>Kontrollgruppe</i>	30	28	93	30	100

In der Anlage 4 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertungen der Hautläsionen detailliert dargestellt.

Von einer signifikanten Zunahme der Hautläsionen betroffen waren die vordere Körperhälfte sowie teilweise Hinterkörper und Schwanzspitze. Auf den Gesamtkörper bezogen war die Zunahme sowohl in den Versuchsgruppen als auch bei der Kontrollgruppe ebenfalls signifikant (WILCOXON-Test, $p < 0,05$). Häufig fiel der Anstieg der mittleren Zahl von Schädigungsbereichen mit Hautläsionen bei der Kontrollgruppe geringer als bei den Versuchstieren aus oder es war überhaupt kein Anstieg zu beobachten (Hinterkörper, Schwanzspitze).

Hinsichtlich des mittleren Schweregrades der Hautläsionen waren geringe, zumeist nur tendenzielle Veränderungen zu beobachten. Mit Ausnahme der Schwanzspitze zeigte sich bei den anderen Körperbereichen häufig sogar eine leichte (nicht signifikante) Verringerung des mittleren Schweregrades in den statistischen Vergleichen.

Bei der Betrachtung der Schädigungsschwere (Kombination aus Anzahl der Schädigungsbereiche und mittlerem Schädigungsgrad) zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei der mittleren Anzahl der Schädigungsbereiche. Sowohl bei den verschiedenen Körperbereichen als auch in Bezug auf den Gesamtkörper war bei den Versuchstieren nach Fang und Hälterung insgesamt eine signifikante Zunahme der Schädigungsschwere der Hautläsionen im Vergleich zum Versuchsbeginn feststellbar (WILCOXON-Test, $p < 0,05$). Häufig fiel der Anstieg der Schädigungsschwere bei der Kontrollgruppe geringer als bei den Versuchstieren aus oder es war im Gegensatz zu den Versuchstieren kein Anstieg statistisch nachweisbar (Hinterkörper, Schwanzspitze).

3.2.4.2.2 Flossenrisse

Bei allen drei Versuchsgruppen sowie auch bei der Kontrollgruppe war eine Zunahme der Tiere mit Flossenrissen festzustellen. Nach Abschluss aller Versuche wies die überwiegende Mehrzahl der Versuchstiere (incl. Kontrollgruppe) Flossenrisse auf (Tab. 32).

Tab. 32: Anzahl der Aale mit Flossenrissen in den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe im Vergleich der Nachuntersuchung II mit der Stuserhebung

	N	Stuserhebung		Nachuntersuchung II	
		Anzahl Tiere	Anteil (%)	Anzahl Tiere	Anteil (%)
Versuchsgruppe 1	46	30	65	39	85
Versuchsgruppe 2	11	7	64	11	100
Versuchsgruppe 3	30	21	70	28	93
Versuchstiere gesamt	87	58	67	78	90
<i>Kontrollgruppe</i>	30	12	40	27	90

In der Anlage 4 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertungen der Flossenrisse detailliert dargestellt.

Von einer (zumeist signifikanten) Zunahme der Flossenrisse betroffen waren praktisch alle Flossen, mit Ausnahme der Rückenflosse des Vorderkörpers. Auf den Gesamtkörper bezogen war die Zunahme der Flossenrisse sowohl bei den Versuchstieren als auch bei der Kontrollgruppe ebenfalls signifikant (WILCOXON-Test, $p < 0,05$). Nach Abschluss aller Versuche traten Flossenrisse besonders häufig an der Schwanzspitze (76 %) sowie an den Brustflossen (44 %) der Versuchstiere auf. Andere Flossen bzw. Flossenbereiche wiesen keine (Rückenflosse Vorderkörper) oder nur selten (Afterflosse und Rückenflosse Hinterkörper) Flossenrisse auf.

Nach Abschluss aller Versuche war der mittlere Schweregrad der Flossenrisse bei den Brustflossen tendenziell und bei der Schwanzspitze sowie den Flossen insgesamt signifikant erhöht (U-Test, $p < 0,05$). Bezüglich Rücken- und Afterflosse waren hingegen (nicht zuletzt aufgrund der zumeist geringen Fallzahlen) keine Veränderungen nach Abschluss der Versuche nachweisbar.

Bei Betrachtung der Schädigungsschwere (Kombination aus Anzahl der Schädigungsbereiche und mittlerem Schädigungsgrad) verstärkt sich noch das Bild, das bereits bei der mittleren Anzahl der Schädigungsbereiche erkennbar war. Mit Ausnahme der Rückenflosse im Vorderkörperbereich war bei allen anderen Flossen bzw. Flossenbereichen und auch bei den Flossen insgesamt eine signifikante Zunahme der Schädigungsschwere der Einrisse im Vergleich der Nachuntersuchung II mit der Stuserhebung nachweisbar.

3.2.4.2.3 Einblutungen

Bei allen drei Versuchsgruppen war eine Zunahme der Tiere mit oberflächlichen Hauteinblutungen festzustellen (Tab. 33). Im Gegensatz dazu nahmen die Hauteinblutungen in der Kontrollgruppe ab. Dies zeigt, dass leichte Hauteinblutungen bzw. Bluteinstauungen innerhalb kurzer Zeit abgebaut werden können und dann zumindest visuell nicht mehr wahrnehmbar sind.

Tab. 33: Anzahl der Aale mit Einblutungen in den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe im Vergleich der Nachuntersuchung II mit der Stuserhebung

	N	Stuserhebung		Nachuntersuchung II	
		Anzahl Tiere	Anteil (%)	Anzahl Tiere	Anteil (%)
Versuchsgruppe 1	46	10	22	17	37
Versuchsgruppe 2	11	1	9	3	27
Versuchsgruppe 3	30	16	53	18	60
Versuchstiere gesamt	87	27	31	38	44
Kontrollgruppe	30	17	57	12	40

In der Anlage 4 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertungen der Einblutungen detailliert dargestellt.

Von Veränderungen bei den Hauteinblutungen betroffen waren nachweislich die Flossen des Hinterkörpers sowie der Gesamtkörper (WILCOXON-Test, $p < 0,05$). Nur selten waren auch neue Einblutungen an den Flossen des Vorderkörpers und an der Schwanzspitze festzustellen. Kopf und Körper der Versuchstiere wiesen nach Abschluss aller Versuche keine Hauteinblutungen (mehr) auf. Die vorhandenen Einblutungen in die Flossensäume korrespondierten wenig mit den festgestellten Flossenrissen.

Bezüglich der mittleren Zahl von Schädigungsbereichen mit Einblutungen pro Aal waren am Kopf, Vorder- und Hinterkörper, an den Flossen des Vorderkörpers sowie an der Schwanzspitze sowohl

zu Versuchsbeginn (Statuserhebung) als auch nach Hamenversuch und Hälterung (Nachuntersuchung II) keine signifikanten Unterschiede feststellbar (U-Test, $p > 0,05$). Dies bedeutet, dass bei diesen Körperbereichen keine oder allenfalls geringfügige (zufällige) Veränderungen stattgefunden haben. Hinsichtlich der Flossen des Hinterkörpers und des Gesamtkörpers war nach Abschluss aller Versuche bei den Versuchstieren eine z.T. signifikante Zunahme, bei der Kontrollgruppe hingegen eine ebenfalls z.T. signifikante Abnahme von Einblutungen zu verzeichnen.

Hinsichtlich des mittleren Schweregrades der Hauteinblutungen waren keine signifikanten Unterschiede im Vergleich der Nachuntersuchung II mit der Statuserhebung feststellbar. Bei den Flossen des Hinterkörpers und bezogen auf den Gesamtkörper zeigte sich sogar eine leichte, nicht signifikante Verringerung des mittleren Schweregrades in den statistischen Vergleichen.

Bei Betrachtung der Schädigungsschwere zeigt sich ein vergleichbares Bild wie bei der mittleren Anzahl der Schädigungsbereiche. An Kopf, Vorder- und Hinterkörper, den Flossen des Vorderkörpers sowie der Schwanzspitze waren im Vergleich der Statuserhebung mit der Nachuntersuchung II keine signifikanten Unterschiede feststellbar. Hinsichtlich der Flossen des Hinterkörpers und der gesamten Körperoberfläche (Gesamtkörper) ließen die Versuchstiere eine tendenzielle Zunahme und die Kontrollgruppe eine z.T. signifikante Abnahme (WILCOXON-Test, $p = 0,01$) der Einblutungen bei der Nachuntersuchung II erkennen.

3.2.4.2.4 Abtrennungen

Sowohl bei den Versuchstieren als auch in der Kontrollgruppe war eine annähernd vergleichbare Zunahme der Tiere mit Fehlstellen im Flossensaum (Abtrennungen) festzustellen (Tab. 34). Der Anteil von Tieren mit entsprechenden Verletzungen betrug nach Abschluss aller Versuche 15 % (Versuchstiere gesamt) bzw. 17 % (Kontrollgruppe).

Tab. 34: Anzahl der Aale mit Flossenabtrennungen in den Versuchsgruppen und der Kontrollgruppe im Vergleich der Nachuntersuchung II mit der Statuserhebung

	N	Statuserhebung		Nachuntersuchung II	
		Anzahl Tiere	Anteil (%)	Anzahl Tiere	Anteil (%)
Versuchsgruppe 1	46	1	2	5	11
Versuchsgruppe 2	11	0	0	1	9
Versuchsgruppe 3	30	0	0	7	23
Versuchstiere gesamt	87	1	1	13	15
Kontrollgruppe	30	0	0	5	17

Von Abtrennungen kleiner Flossenstücke betroffen waren nach Abschluss aller Versuche die Brustflossen sowie Afterflosse und Schwanzspitze. Am Körper selbst sowie an der Rückenflosse waren hingegen keine Abtrennungen vorhanden. Bei den festgestellten Abtrennungen handelte es sich durchweg um kleinere Fehlstellen im Flossensaum.

In der Anlage 4 sind die Ergebnisse der statistischen Auswertungen detailliert dargestellt.

Bezüglich der mittleren Zahl von Schädigungsbereichen mit Flossenstückabtrennungen pro Aal war in der Nachuntersuchung II an der Schwanzspitze und am Gesamtkörper eine signifikante Zunahme sowohl bei den Versuchstieren als auch bei der Kontrollgruppe feststellbar (WILCOXON-Test bzw. U-Test, $p < 0,05$). Bei den anderen Flossen bzw. Flossenbereichen waren nur eine leichte, tendenzielle Zunahme (Brustflosse, Afterflosse) zu verzeichnen bzw. keine Abtrennungen nachweisbar (Rückenflosse).

Der mittlere Schweregrad der Flossenstückabtrennung blieb bei den einzelnen Flossen sowie insgesamt, im Vergleich der Nachuntersuchung II mit der Statuserhebung unverändert. Es konnten ausschließlich kleinere Fehlstellen im Flossensaum des Schweregrades 1 diagnostiziert werden.

Bei der Betrachtung der Schädigungsschwere ergibt sich daher ein exakt gleiches Bild wie bei der mittleren Anzahl der Schädigungsbereiche: Nach Abschluss aller Versuche waren bei Schwanzspitze und Gesamtkörper eine signifikante Zunahme (WILCOXON-Test bzw. U-Test, $p < 0,05$), bei den Brustflossen und der Afterflosse eine tendenzielle Zunahme und bei der Rückenflosse keine Veränderungen feststellbar.

3.2.4.3 Wirbelsäulenschädigungen (Röntgenuntersuchung)

Unter Einbeziehung der bereits direkt nach den Hamenversuchen getöteten und röntgenologisch untersuchten 18 Aale wurde nur bei einem von insgesamt 105 aus Hamenversuchen stammenden Versuchstieren (ohne Kontrollgruppe) eine neu hinzugekommene Wirbelsäulenverletzung festgestellt. Dabei handelte es sich um eine geringgradige Stauchung (Schweregrad 1) der Wirbelsäule (s. Pkt. 3.2.2).

4 Diskussion

4.1 Vorschädigungen der Blankaale (Statuserhebung)

Die für die Feldversuche verwendeten Aale stammten aus Hamenfängen in der Oberweser bei Hameln, die vor Versuchsbeginn kurzzeitig gehältert wurden. Aalfänge von diesem Standort wurden regulär auch für das „Aaltaxi“ genutzt und machten hier im Zeitraum 2017-19 rund 22 % des Gesamtfanges aus. Somit spiegelt die Statuserhebung der Aale den körperlichen Zustand von Aalen aus dem Aaltaxi anteilig gut wieder.

Die im Rahmen des Aaltaxis transportierten und nahezu ausschließlich als Blankaal anzusprechenden Aale weisen demnach häufig leichte, oberflächliche Hautverletzungen auf. Dabei handelt es sich überwiegend um Hautläsionen, Flosseneinrisse und punktuelle Einblutungen in Haut und Flossen (Tab. 35), die sehr wahrscheinlich auf frühere Verletzungen der Fische und möglicherweise auch auf mechanische Einwirkungen beim Fang und beim Handling zurückzuführen sind. In seltenen Fällen (2 % aller Versuchstiere) waren auch kleinere Fehlstellen im Flossensaum (Verletzungskategorie „Abtrennungen“) feststellbar. Bei allen dieser oberflächlichen Verletzungen handelte es sich überwiegend um leichte Beschädigungen des Schweregrades 1 (Tab. 35). In deutlich geringerem Umfang traten deutlichere bzw. mittelschwere Hautschädigungen des Schweregrades 2 auf. Der Anteil von schwerwiegenderen Hautschädigungen war mit 0-4 % sehr gering. Bis in die Muskulatur hineinreichende, tiefere Verletzungen konnten nicht festgestellt werden.

Tab. 35: Prozentuale Anteile der untersuchten Aale (n=220) mit erkennbaren Beschädigungen (getrennt nach Schädigungsarten) sowie prozentuale Anteile der Schädigungen nach Schädigungsgraden (SG)

Schädigungsart	Anteil verletzter Tiere (%)	Anteil Schädigungsbereiche (%)		
		SG 1	SG 2	SG 3
Hautläsionen	87	87,8	10,8	1,4
Flosseneinrisse	62	80,7	19,3	0
Hauteinblutungen	37	87,8	7,8	4,4
Flossenstückabtrennungen	2	50,0	50,0	0
Wirbelsäulenschäden	19	3,4	2,3	94,3

Aufgrund der Art und des insgesamt geringen Schweregrades der bei der Statuserhebung bereits vorhandenen, oberflächlichen Hautverletzungen liegt die Vermutung nahe, dass zumindest ein Teil dieser Beschädigungen durch den Fang mittels Scherbretthamen verursacht worden ist (s. Pkt. 3.2). Alle festgestellten Hautschäden sind eindeutig als nichtletal einzustufen und zumindest im Hinblick auf die Verletzungen des Schweregrades 1 und 2 als reversibel und gut kompensierbar einzuschätzen. Leichte Hautschäden heilen bei Fischen in Abhängigkeit von der Wassertemperatur relativ schnell ab. So fanden z.B. BULLOCK et al. (1978) bei Untersuchungen an juvenilen Schollen, dass sich kleine Wunden bei einer Wassertemperatur von 10°C bereits nach 9 Stunden geschlossen hatten. Auch die eigenen Befunde zeigen, dass ein Teil dieser oberflächlichen Schädigungen (z. B. Hautläsionen, Hauteinblutungen, Flossenstückabtrennungen) innerhalb von 14 Tagen verheilen kann. Es ist daher nicht zu erwarten, dass die bei unseren Aalen festgestellten diesbezüglichen Verletzungen im Verlaufe der weiteren Blankaalabwanderung zu relevanten Beeinträchtigungen oder gar Mortalitäten führen.

Hinsichtlich der Vitalfunktionen, des äußerlich erkennbaren Befalls mit Parasiten und möglicher Hautverpilzungen waren die Aale in der Statuserhebung vollkommen unauffällig. Alle Versuchsaale machten einen vitalen Eindruck und zeigten keine Verhaltensauffälligkeiten. Sie waren frei

von makroskopisch sichtbaren Symptomen eines Parasitenbefalls und wiesen nur in seltenen Fällen (1,4 %) leichte, punktuelle Verpilzungen der Haut auf.

Die bei den Röntgenuntersuchungen festgestellten Wirbelsäulenschädigungen zeichnen hingegen ein anderes Bild: Ein mit 19 % überraschend hoher Anteil der Aale wies im Röntgenbild erkennbare Wirbelsäulenschädigungen auf, davon etwa die Hälfte sogar Mehrfachschädigungen (Tab. 14). Diese Schädigungen waren (mit Ausnahme des am schwersten betroffenen Tieres) weder anhand der Körperform erkennbar noch aus dem Schwimmverhalten der Tiere ersichtlich. Eine ähnliche Beobachtung wurden bereits von JUNG-SCHROERS (2019) an 77 untersuchten Blankaalen gemacht, bei der die Hälfte der äußerlich unversehrten Tiere Schäden an der Wirbelsäule aufwiesen. Von den 19 % Aalen mit Wirbelsäulenschädigungen in der Statuserhebung unserer Untersuchungen traten bei 51 % der betroffenen Aale Frakturen von einem oder mehreren Wirbelkörpern und/oder Wirbelfortsätzen auf; bei 22 % der Aale wurden Stauchungen der Wirbelsäule festgestellt und bei 27 % der Tiere traten sowohl Stauchungen als auch Frakturen im Bereich der Wirbelsäule auf. Bei 94 % der betroffenen Aale wurden schwerwiegende Wirbelsäulenschädigungen diagnostiziert. Wenngleich bei vielen Aalen zunächst keine Veränderungen des Schwimmverhaltens durch die vorhandenen Wirbelsäulenschäden erkennbar sind, ist bei diesen 19 % betroffener Tiere mit teilweise erheblichen Beeinträchtigungen und erhöhten Verlusten bei der - sich über 6.000 km erstreckenden - weiteren Blankaalabwanderung zu rechnen. Es ist bekannt, dass sich bei Europäischen Aalen während ihrer Wanderung in die Sargassosee die Mineralisierung des Skeletts ändert und Knochensubstanz abgebaut wird (ROLVIEN et al. 2016). Ob dieser Vorgang in Zusammenhang mit bereits bestehenden Skelettveränderungen, insbesondere in Form von Frakturen der Wirbelkörper, zu einer verstärkten Beeinträchtigung der Tiere führt, sollte weiter abgeklärt werden. Wie die Ergebnisse unserer Aalhamenversuche zeigen, sind die festgestellten, zumeist schwerwiegenden Wirbelsäulenschädigungen der Aale jedoch offensichtlich nicht durch den Fang mittels Hamen, sondern mit hoher Wahrscheinlichkeit bei der Passage der oberhalb der Fangstelle in Hameln liegenden Wasserkraftanlagen entstanden. Schädigungen des Skelettsystems, unter anderem in Form von Frakturen und Stauchungen der Wirbelsäule, sind röntgenologisch bereits bei Fischen nach Passage durch eine Wasserkraftanlage nachgewiesen worden (MUELLER et al. 2020i).

4.2 Direkte Schädigungen durch den Fang mittels Aalschokker

Durch den Fang mittels Aalschokker und das nachfolgende Handling werden nachweislich leichte, oberflächliche Haut- und Flossenschädigungen verursacht. Konkret betrifft dies folgende Schädigungs- bzw. Verletzungsarten:

- Signifikante Zunahme zumeist leichter (Schweregrad 1) oberflächlicher Hautläsionen an der Schwanzspitze (+ 44 %) und bezogen auf den Gesamtkörper (+ 40 %)
- Signifikante Zunahme zumeist leichter (Schweregrad 1), kleinflächiger, oberflächlicher Einblutungen in die Flossen des Hinterkörpers (+ 109 %) und bezogen auf die gesamte Körperoberfläche (+ 87 %)
- In sehr geringem Umfang (5 % der Versuchstiere) tendenzielle Zunahme einzelner, kleinerer Fehlstellen (Abtrennungen) im Flossensaum der Brustflossen und der Schwanzspitze
- Äußerst selten (≤ 1 %) eine geringgradige punktuelle Stauchung der Wirbelsäule

Die festgestellten, oberflächlichen Hautläsionen sowie Einblutungen in Haut und Flossen konzentrieren sich auf den hinteren Körperbereich der Aale und dürften sehr wahrscheinlich auf mechanische Einwirkungen, zum einen durch den Kontakt mit dem Netzmaterial des Hamens und zum anderen durch den Kontakt der Tiere untereinander sowie mit dem Fischerboot und eventuellem Beifang nach Entleerung des Hamens, zurückzuführen sein. Im vergleichsweise engen Steert des Hamens sind die gefangenen Tiere permanent bemüht, gegen die Strömung ihren

Standort zu behaupten und nicht in das Steertende gedrückt zu werden. Dabei kommen der Hinterkörper und hier insbesondere die Flossen häufiger mit dem umgebenden Netzmaterial in Kontakt. Zudem ist aus Verhaltensstudien (z.B. KRÜGER et al. 2013) und der fischereilichen Praxis bekannt, dass Aale auch mit dem Schwanz tastend das Fanggerät nach eventuellen Fluchtöffnungen absuchen und gegebenenfalls auch versuchen, rückwärts durch diese zu entweichen. Auch dies würde das vergleichsweise häufigere Auftreten von Flossenrissen und Einblutungen im hinteren Körperabschnitt und an der Schwanzspitze erklären. Das kontinuierliche Anschwimmen gegen die Strömung scheint den Aalen aber unter den in den Versuchen geprüften Bedingungen in beiden Hamen gut zu gelingen. Zum einen wären bei einem häufigeren Anpressen der Tiere an das Steertende (z.B. aufgrund von Erschöpfung) mehr und großflächigere Hautläsionen bzw. -einblutungen auch am Vorderkörper zu erwarten. Zum anderen zeigt die erfolgreiche Flucht von 45 % der Versuchstiere aus den Hamen, dass die Blankaale durchaus in der Lage sind, gegen die Strömung und durch die vorhandene Steertkehle hindurch den Hamen über die Hamenöffnung zu verlassen. Zumindest unter den im Versuchsverlauf gegebenen Bedingungen (Strömungsgeschwindigkeit von 0,9...1,3 m/s an der Hamenöffnung) findet beim Hamenfang demnach ein regelrechtes „Kommen und Gehen“ von Blankaalen statt. Gestützt wird diese Einschätzung auch durch JENS et al. (1997), die eine Sprintgeschwindigkeit von 1,14 m/s für adulte Aale von 60 cm Körperlänge angeben.

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen lassen sich keine Hinweise darauf ableiten, dass knotenloses Netzmaterial (Versuchsgruppen 1 und 3) einen schonenderen Blankaalfang im Vergleich zu geknotetem Material (Versuchsgruppe 2) ermöglicht. Allerdings sind die Ergebnisse aufgrund des sehr geringen Stichprobenumfangs der Versuchsgruppe 2 (n = 11) mit erheblichen Unsicherheiten und Zufälligkeiten behaftet. So waren bezogen auf die besonders betroffenen, hinteren Körperbereiche und den Gesamtkörper a) keine Unterschiede hinsichtlich der Hautläsionen, b) tendenziell mehr Flossenrisse und c) teilweise sogar signifikant mehr Einblutungen bei den Versuchstieren der Versuchsgruppen 1 und 3 (knotenloses Netz) im Vergleich zur Versuchsgruppe 2 (geknotetes Netzmaterial) festzustellen. Diese als vorläufig anzusehenden Ergebnisse und Einschätzungen sollten aber in weiteren Fangversuchen insbesondere bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten und größeren Fangmengen überprüft und verifiziert werden. So ist aus der Angelfischerei bekannt, dass Handkescher mit knotenlosem Netzmaterial geringere Beschädigungen und Verletzungen bei Fischen verursachen als solche mit geknotetem Netzmaterial (BARTHEL et al. 2003, LIZÉE et al. 2018).

Die - wenngleich nur tendenziell und in sehr geringem Umfang - auftretenden Abtrennungen von kleineren Stückchen aus dem Flossensaum lassen sich durch Netzkontakt nicht plausibel erklären. Dazu müssten sich die Flossen im Netzmaterial verhaken und bei nachfolgenden Körperbewegungen kleinere Flossenstückchen herausgerissen werden, was nicht wahrscheinlich ist und zumindest teilweise auch größere Flossenbereiche (z.B. ganze Brustflosse) betreffen müsste. Wahrscheinlicher erscheint, dass die beobachteten Fehlstellen im Flossensaum auf stressbedingte Bissattacken durch Artgenossen oder andere Fischarten im Beifang zurückzuführen sind. Solche fehlenden Flossenstückchen beeinträchtigen jedoch nicht die Schwimmfähigkeit der Aale und können bei Knochenfischen (Teleostei) innerhalb weniger Tage nachwachsen (SANTAMARIA & BECERRA 1991).

In nur einem Fall war eine - im Versuchsverlauf neu hinzugekommene - Wirbelsäulenverletzung in Form einer geringgradigen Stauchung von zwei Wirbelkörper festzustellen. Wie auch bei den anderen Schädigungsarten kann aus Gründen der Untersuchungsmethodik nicht nachvollzogen werden, ob diese Wirbelsäulenstauchung durch eine besondere Situation im Aalschokker oder durch ein Missgeschick beim Leeren des Hamens bzw. dem nachfolgenden Handling verursacht wurde. Wenngleich solche Verletzungen äußerst selten sein dürften, sollten sie durch einen sorgfältigen, schonenden Umgang mit den Blankaalen unter Vermeidung unnötigen Handlings möglichst vermieden werden.

Wie aufgrund der kurzen Zeitspanne zu erwarten, führt der Fang mittels Aalschokker zu keiner ersichtlichen Zunahme des Parasitenbefalls oder von Verpilzungen der Aale. Die in der Nachuntersuchung I erkennbare, geringfügige Erhöhung der Anzahl von Tieren mit entsprechenden Symptomen oder Schädigungen betraf sowohl die Versuchstiere als auch die Kontrollgruppe und dürfte daher eine Folge des unvermeidlichen versuchsbedingten Handlings (s. Pkt. 3.2.2) und/oder der kurzzeitigen Hälterung gewesen sein (s. Pkt. 4.3).

Nach Beendigung der Hamenversuche waren bei den Versuchstieren keine Einschränkungen der Vitalfunktionen oder Auffälligkeiten im Schwimmverhalten feststellbar.

Insgesamt betrachtet stellt der Aalfang mittels Aalschokker nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen eine schonende Fangmethode dar, die (mit Ausnahme von Einzelfällen) nur geringfügige, oberflächliche Haut- und Flossenbeschädigungen verursacht.

Der vom betreffenden Erwerbsfischer in Drakenburg betriebene Aalfang mittels Aalschokker und das damit verbundene Handling ist im Hinblick auf einen schonenden Umgang mit den Blankaalen bereits weitgehend optimiert. Die eingesetzten Hamen wurden weitgehend auf knotenloses Netzmaterial umgestellt. Die Entnahme der im Aalschokker gefangenen Fische sowie das Aus-sortieren der Aale aus dem Fang und das Umsetzen in die Hältereinrichtungen erfolgt in wenigen Arbeitsschritten, über kurze Entfernungen und beschränkt sich auf das absolut unvermeidliche Handling. Die eingesetzten Kescher verfügen über weiches Netzmaterial und werden üblicherweise nur halb gefüllt, um übermäßige Druckbelastungen der Aale zu vermeiden. Transportkübel sollten immer feucht gehalten und ein händischer Kontakt mit den Aalen möglichst vermieden werden, da hierbei Schleimhautirritationen auftreten, die Verpilzungen begünstigen.

Von besonderer Bedeutung ist es, die Leerungsintervalle der Aalschokkerhamen möglichst kurz zu halten, da Fischbiomasse und Treibgutansammlungen im Hamen mit der Expositionsdauer zunehmen und zu höheren Sterblichkeiten und intensiveren Verletzungen führen können. Das Leerungsintervall wurde in den Hamenversuchen von PANDER et al. (2020) als der entscheidende Faktor bei der fangbedingten Mortalität und den subletalen Verletzungen für Fische identifiziert.

4.3 Folgeschäden durch den Fang mittels Aalschokker (Hälterversuch)

Die sich den Fangversuchen anschließende, 14tägige Hälterung der Blankaale diente vorrangig der Abschätzung möglicher Folgeschäden durch den Fang mittels Aalschokker. Gleichzeitig ist eine solche Hälterung in der Praxis üblich, um eine für einen Transport im Rahmen des Aaltaxis wirtschaftliche, ausreichend große Menge an Blankaalen zu sammeln und bereitzustellen. Daher sollten mit dem Hälterversuch auch mögliche Auswirkungen der Hälterung selbst eingeschätzt werden.

Die nach Abschluss des 14tägigen Hälterversuches festgestellten Veränderungen bei den untersuchten Schädigungs- bzw. Verletzungsarten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Signifikanter (Kontrollgruppe) bzw. tendenzieller (Versuchstiere) Rückgang der Anzahl der Hautläsionen bezogen auf Kopf und Gesamtkörper. Geringe, aber signifikante Zunahme des mittleren Schweregrades der Hautläsionen bei den Versuchstieren an der Schwanzspitze (+ 14 %) und bezogen auf den Gesamtkörper. In der Kontrollgruppe leichte, tendenzielle Zunahme des Schweregrades am Kopf und bezogen auf den Gesamtkörper.
- Zumindest tendenzielle, teilweise auch signifikante Zunahme von Flossenrissen in den Brustflossen, der After- und Rückenflosse im hinteren Körperbereich sowie bezogen auf den Gesamtkörper - gleichermaßen bei den Versuchstieren und in der Kontrollgruppe. Hinsichtlich der Schwanzspitze sogar eine stärkere Zunahme der Flossenrisse bei der Kontrollgruppe. Schweregrad der Flossenrisse sowohl bei den Versuchstieren als auch in der Kontrollgruppe unverändert.

- Unveränderte Anzahl von oberflächlichen Hauteinblutungen bei den Versuchstieren. Bei der Kontrollgruppe vergleichbar, mit Ausnahme einer leichten (tendenziellen) Abnahme der Einblutungen in die Flossen des Vorderkörpers. Schweregrad sowohl bei den Versuchstieren als auch in der Kontrollgruppe ebenfalls unverändert.
- Anzahl von kleineren Fehlstellen im Flossensaum sowohl bei den Versuchstieren als auch in der Kontrollgruppe unverändert (Brustflossen, After- und Rückenflosse) bzw. tendenziell leicht zunehmend (Schwanzspitze, Gesamtkörper). Bei einzelnen Tieren konnte auch ein Rückgang (Abheilung) beobachtet werden. Schweregrad bei beiden Gruppen unverändert.
- Deutliche Zunahme der Verpilzungsrate – bei den Versuchstieren stärker (signifikant) als in der Kontrollgruppe (tendenziell).
- Deutliche Erhöhung der Anzahl der Tiere mit Symptomen eines Parasitenbefall (*I. multifiliis*) sowohl bei den Versuchstieren als auch in der Kontrollgruppe. Im Hälterkasten 1 (VG 1+2) jedoch merklich geringer ausgeprägt als im Hälterkasten 2 (VG 3 + Kontrollgruppe).

Insgesamt waren bei den oberflächlichen Beschädigungs-/Verletzungsarten zumeist nur geringe Unterschiede zwischen den Versuchstieren und der Kontrollgruppe feststellbar. Die beobachteten Veränderungen sind daher nur in geringem Umfang als Folgeschäden des Aalschokkerfangs anzusehen, sondern ganz überwiegend auf die Hälterung selbst zurückzuführen.

Die überwiegend leichten, oberflächlichen Hautläsionen scheinen während der 14tägigen Hälterung teilweise abzuheilen. Dieser Effekt war bei den Versuchstieren geringer ausgeprägt als in der Kontrollgruppe, obwohl die Kontrollgruppe zu Beginn der Hälterung sogar eine tendenziell höhere mittlere Schädigungsrate aufwies. Möglicherweise hat der vorangegangene Stress durch den Aalschokkerfang bei den Versuchstieren (zumindest anfänglich) zu einer höheren Bewegungsaktivität während der Hälterung und somit zu einer kürzeren Erholungsphase geführt, die den Heilungsprozess verlangsamt und eventuell auch die Neuentstehung von Hautläsionen durch Kontakt mit den Innenseiten des Hälterkastens oder mit Artgenossen begünstigt haben. Höhere Bewegungsaktivitäten im Zuge einer erneuten Suche nach Fluchtmöglichkeiten sind auch aus der fischereilichen Praxis bekannt, wenn Fische von einem Hälter in einen anderen umgesetzt werden (ZIENERT, IfB Potsdam-Sacrow, mdl. Mitt.). Die teilweise signifikante Zunahme des mittleren Schweregrades der Hautläsionen erklärt sich aus der Tatsache, dass leichte Hautläsionen schneller als mittelschwere oder gar schwere Läsionen abheilen und dadurch der Mittelwert des Schweregrades automatisch ansteigt. Zudem sind Aale bei der Suche nach Fluchtmöglichkeiten typischerweise mit Kopf und Schwanzspitze aktiv (FLADUNG et al. 2013), sodass bei diesen Körperbereichen eine Zunahme der Verletzungsschwere im Verlaufe der Hälterung durchaus zu erwarten ist.

Die Zunahme der Flosseneinrisse an den Brustflossen und den Flossen des hinteren Körperbereichs der Aale ist als alleiniger Effekt der Hälterung anzusehen, da hiervon Versuchstiere und Kontrollgruppe gleichermaßen betroffen waren. Solche (leichten) Flosseneinrisse entstehen während der Hälterung durch den Kontakt der Fische mit Artgenossen sowie mit den Innenwänden des Hälterkastens im Zuge der Schwimmbewegungen und einer aktiven Suche nach Fluchtmöglichkeiten.

Bezüglich der bereits zu Beginn des Hälterversuches vorhandenen oberflächlichen, leichten Einblutungen in Haut und Flossen war keinerlei negativer Effekt, tendenziell sogar eher ein leichter Rückgang der Anzahl solcher Verletzungen während der 14tägigen Hälterungsdauer zu beobachten. Dabei korrespondierten die Einblutungen in die Flossen teilweise mit den beobachteten Flossenschnitten. Es ist daher davon auszugehen, dass zumindest bei den Versuchstieren einem vermutlich stattfindenden Heilungsprozess eine Zunahme der Flossenschnitte und damit auch der Einblutungen während der 14tägigen Hälterung in gleichem Umfang entgegenwirkte.

Hinsichtlich der bei Hälterungsbeginn in geringem Umfang festgestellten, kleineren Fehlstellen im Flossensaum (Abtrennungen) war nur bezogen auf die Schwanzspitze und den Gesamtkörper eine tendenzielle Zunahme zu beobachten. Da von der Zunahme gleichermaßen Versuchstiere und Kontrollgruppe betroffen waren, ist sie als alleiniger Effekt der Hälterung anzusehen. Wie bereits im Abschnitt 4.2 ausgeführt, könnten solche Fehlstellen auf stressbedingte Bissattacken durch Artgenossen zurückzuführen sein, die auch während der Hälterung und insbesondere bezogen auf die am aktivsten bewegte Schwanzspitze auftreten.

Sehr deutliche Zunahmen waren während der 14tägigen Hälterung bei Verpilzungen und Symptomen eines Hautbefalls mit dem Parasiten *I. multifiliis* festzustellen, der bei stichprobenartigen Untersuchungen auch nachgewiesen wurde. Ob die Aale mit weiteren Parasiten infiziert waren, kann nicht beurteilt werden, da bedingt durch den Versuchsaufbau keine systematischen mikroskopischen Untersuchungen zu allen Untersuchungszeitpunkten möglich waren. Auch sind keine Aussagen zum Vorliegen einer Infektion der Kiemen der Aale mit *I. multifiliis* oder anderen Parasiten möglich, da Proben der Kiemen nicht untersucht wurden. Eine parasitäre Infektion der Kiemen wäre für die Fische bedeutsamer als eine Infektion der Haut, da aufgrund der Kiemenschädigungen Probleme beim Gasaustausch sowie bei der Exkretion von Stoffwechselendprodukten auftreten können (OMEJI et al. 2011).

Bei Verpilzungen handelt es sich um durch Sporen verursachte Infektionen, die sich bei Fischen oftmals auf bereits vorgeschädigte Haut- und Flossenbereiche (z.B. Hautläsionen) aufsatteln und dann als Sekundärinfektionen angesprochen werden (NOGA 1993). Stress, hohe Fischdichten, höhere Wassertemperaturen u. a. Faktoren begünstigen das Auftreten von Pilzinfektionen. Aus der fischereilichen Praxis ist bekannt, dass Aale und andere Fische unter winterlichen Temperaturverhältnissen vergleichsweise schnell in der Hälterung verpilzen (SPANGENBERG 1990) und daher über maximal drei Wochen ohne Vermarktungseinbußen gehältert werden können (G. Quaschny, Fischereibetrieb Quaschny, mdl. Mitt.). Die stärkere, makroskopisch sichtbare Verpilzung der Versuchstiere im Vergleich zur Kontrollgruppe ist hier vermutlich auf die beobachtete, stärkere Zunahme des mittleren Schweregrades der Hautläsionen an der Schwanzspitze und bezogen auf den Gesamtkörper zurückzuführen. Mit Ausnahme eines Tieres handelte es sich bei den neu hinzugekommenen, makroskopisch sichtbaren Verpilzungen jedoch nur um einzelne Spots der niedrigsten Schädigungskategorie 1.

Der Befall mit dem Ciliaten *I. multifiliis* wird ebenfalls durch eine Schwächung der Kondition der Aale (z.B. durch Stress) begünstigt (MATTHEWS 2005), hängt aber vor allem von äußeren Faktoren wie dem Vorhandensein des Parasiten in der Umgebung und den Möglichkeiten der Übertragbarkeit auf den Wirt ab. Insofern unterliegen alle Fische mit zunehmender Dauer der Hälterung einer grundsätzlichen Gefahr des Befalls mit diesem Ciliaten oder auch anderen Parasiten. Die Ergebnisse des vorliegenden Hälterversuchs verdeutlichen dies: Die im Hälterkasten 2 gemeinsam mit der Versuchsgruppe 3 untergebrachte Kontrollgruppe wies ebenso wie die Versuchsgruppe 3 zu Beginn der Hälterung einige wenige Tiere auf, die bereits die typischen Symptome eines geringgradigen Befalls mit *I. multifiliis* zeigten. Im Unterschied dazu waren die im Hälterkasten 1 untergebrachten Aale der Versuchsgruppen 1 und 2 zu Beginn des Hälterungsversuchs zunächst frei von makroskopisch sichtbaren Symptomen eines Parasitenbefalls. Nach Ablauf der 14tägigen Hälterung zeigten die Fische im Hälterkasten 2 einen signifikant höheren Anteil von Tieren mit Symptomen eines Befalls mit *I. multifiliis* als die Aale im Hälterkasten 1 (U-Test, $p < 0,05$). Die Aale im Hälterkasten 1 (Versuchsgruppen 1+2) hatten sich offensichtlich über das durchströmende Flusswasser mit dem Parasiten infiziert und wiesen – nach den Ergebnissen der stichprobenartigen mikroskopischen Untersuchung – ebenfalls einen (wenngleich wohl deutlich geringeren) Befall mit *I. multifiliis* auf. Nach Abschluss der 14tägigen Hälterung waren makroskopisch jedoch mehrheitlich (83 %) nur wenige weiße, punktförmige Auflagerungen pro Fisch feststellbar und somit in Anlehnung an MUELLER et al. (2017) der geringsten Schädigungskategorie 1 zuzuordnen.

Im Fazit der o.g. Ausführungen lässt sich feststellen, dass der Hälterungsversuch sowohl nach Umfang als auch Schädigungsgrad keine bedeutsamen Folgeschäden durch den Fang mittels Aalschokker erkennen lässt. Mögliche Folgeschäden beschränken sich auf eine leichte Zunahme von oberflächlichen Hautläsionen und Einblutungen, die vermutlich auf stressbedingt höhere Bewegungsaktivitäten zu Beginn der Hälterung zurückzuführen sind.

Die 14tägige Hälterung selbst wirkt sich einerseits über Heilungsprozesse und Erholungseffekte positiv auf die Gesundheit der Blankaale aus, andererseits besteht die Gefahr eines vermehrten Auftretens von Flosseneinrissen und Beschädigungen (Fehlstellen) des Flossensaums sowie insbesondere von Verpilzungen und einem Befall mit Parasiten. Da aus den Erfahrungen der fische-reilichen Praxis heraus die negativen Effekte einer Hälterung mit zunehmender Dauer überwiegen, sollte eine Hälterungsdauer von 14 Tagen möglichst nicht überschritten werden. Ein Sammeln und Hältern von Blankaalen bis zu 14 Tagen ist nach den Ergebnissen unserer Untersuchungen mit nur geringen negativen Effekten für die Fischgesundheit verbunden und somit tolerierbar. Bezüglich der am Standort Drakenburg gegebenen, sehr guten Hälterungsbedingungen wird kaum noch Optimierungspotenzial gesehen, da die Hälterdichten der Aale mit $\approx 50 \text{ kg/m}^3$ moderat waren und die Hälterkästen über sehr glatte Innenwände mit zahlreichen, nicht zu großen und entgrateten Lüftungslöchern verfügen.

4.4 Gesamtschäden durch den Fang mittels Aalschokker und nachfolgender Hälterung

Der Fang mittels Aalschokker und die nachfolgende Hälterung (wie sie für die Bereitstellung von Aalen für das „Aaltaxi“ typisch sind) führen zu insgesamt geringen Schädigungen der Blankaale.

Diese Schädigungen umfassen nach den Untersuchungsergebnissen der Nachuntersuchung II im Vergleich zur Staturerhebung (s. Tab. 36):

- Häufig zumeist kleinflächige, oberflächliche Hautläsionen auf der vorderen Körperhälfte und teilweise auch am Hinterkörper und der Schwanzspitze,
- Regelmäßig zumeist einzelne kleinere Flosseneinrisse, von denen praktisch alle Flossen (mit Ausnahme der Rückenflosse des Vorderkörpers) und dabei insbesondere Brustflossen und Schwanzspitze betroffen sein können,
- Regelmäßig zumeist leichte, kleinflächige, oberflächliche Einblutungen in Haut und Flossen, insbesondere in die Flossen des Hinterkörpers,
- Gelegentlich einzelne, kleinere Fehlstellen im Flossensaum (Abtrennungen) an den Brustflossen sowie den ventral und dorsal gelegenen Flossen (Afterflosse, Schwanzspitze),
- Äußerst selten (1 %) eine geringgradige, punktuelle Stauchung der Wirbelsäule.

Zudem besteht mit zunehmender Dauer der Hälterung die Gefahr des Verpilzens geschädigter Hautbereiche sowie des Befalls mit Parasiten, z.B. mit *Ichthyophthirius multifiliis*. Aus diesem Grund sollte eine Hälterungsdauer von 14 Tagen (wie im vorliegenden Versuch) nach Möglichkeit nicht überschritten werden.

Bei den in der Nachuntersuchung II bei den Versuchstieren festgestellten, neu hinzugekommenen Haut- und Flossenschädigungen, Verpilzungen sowie Symptomen eines Parasitenbefalls handelte es sich ganz überwiegend (zu 85...100 %) um einzelne, kleinere Schädigungsbereiche, die dem niedrigsten Schädigungsgrad 1 zuzuordnen waren (Tab. 37). Der Anteil von Schädigungen des mittleren Schweregrades 2 betrug bei den einzelnen Schädigungsarten 0...13 %. Schwerwiegende Schädigungen des Grades 3 kamen hingegen nur selten (0...4 %) hinzu. Zu keinem Zeitpunkt der Versuche konnte eine negative Auswirkung der vorhandenen Schädigungen auf die Vitalität der Tiere festgestellt werden. Es traten keine Sterblichkeiten während der Hamenversuche und in der nachfolgenden Hälterung auf.

Tab. 36: Prozentuale Anteile der Versuchstiere (n = 87) mit einer Zunahme, gleichbleibenden Zahl oder Abnahme der Anzahl der Schädigungsbereiche (nach Schädigungsarten) im Vergleich der Nachuntersuchung II mit der Stuserhebung

Schädigungsart	Anteil Tiere mit unterschiedlichen Entwicklungen der Anzahl der entsprechenden Schädigungsbereiche (SB), in %		
	Zunahme SB	gleichbleibend	Abnahme SB
Hautläsionen	83	11	6
Flosseneinrisse	35	31	34
Hauteinblutungen	24	63	13
Flossenstückabtrennungen	15	84	1
Wirbelsäulenschäden	1	99	0
Verpilzungen	17	83	0
Symptome eines Parasitenbefalls	30	70	0

Tab. 37: Anzahl der in der Nachuntersuchung II bei den Versuchstieren (n = 87) festgestellten, neu hinzugekommenen Körperbereiche mit äußerlich erkennbaren Beschädigungen/Verletzungen (getrennt nach Verletzungsarten) sowie prozentuale Anteile der Schädigungen nach Schweregraden (SG) im Vergleich zur Stuserhebung

Schädigungsart	Anzahl neu hinzugekommener Schädigungsbereiche (N)	Anteil Schädigungsbereiche (%)		
		SG 1	SG 2	SG 3
Hautläsionen	262	95	4	1
Flosseneinrisse	82	88	11	1
Hauteinblutungen	45	87	13	0
Flossenstückabtrennungen	13	100	0	0
Verpilzungen	15	100	0	0
Symptome eines Parasitenbefall	26	85	11	4

In aktuellen, umfangreichen Untersuchungen an verschiedenen Wasserkraftanlagen (u.a. KAPLAN-Turbinen, VLH-Turbinen, Wasserkraftschnecken) durch die TU München wurde auch der Frage nach möglichen fangbedingten Schädigungen von Aalen und anderen Fischen durch die eingesetzten Hamen nachgegangen (PANDER 2020, MUELLER et al. 2020a, b, c, d, e, f, g, h). Solche Hamen sind nach Typus und Funktionsweise den von uns untersuchten Aalschokkerhamen annähernd vergleichbar. Für die Untersuchung der fangbedingten Schädigungen wurden aus einer Fischzucht stammende Aale von 13-75 cm Körperlänge eingesetzt (MUELLER et al. 2020a). Die an der Hamenöffnung gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten waren dabei mit 0,45...1,20 m/s den Strömungsgeschwindigkeiten bei unseren Hamenversuchen vergleichbar. Im Ergebnis der Versuche an 7 Wasserkraftstandorten wurden direkte Sterblichkeiten bei Aalen von durchschnittlich 1,1 % (0...12 %) und Folgesterblichkeiten nach 96 h Hälterung von durchschnittlich 0,2 % (0...2,7 %) durch den Hamenfang ermittelt. Die Ergebnisse bestätigen unsere Einschätzung, dass der Fang von Aalen mittels Hamen keine oder allenfalls geringe Sterblichkeiten verursacht. Möglicherweise sind die von MUELLER et al. (2020b, c, d, e, f, g, h) festgestellten Mortalitäten auch methodisch begünstigt oder verursacht. So wurden für die Versuche Aale aus einer Fischzucht verwendet, die sehr wahrscheinlich über eine schlechtere Schwimmkondition als Wildaale verfügen. Die Kondition der Versuchsfische hat nach PANDER et al. (2020) jedoch einen signifikanten Einfluss auf die Sterblichkeit von Fischen beim Hamenfang.

Die von MUELLER et al. (2020b, c, d, e, f, g, h) bei den Hamenfangversuchen mit Aalen beobachteten Verletzungsarten und -häufigkeiten ähneln weitgehend den von uns festgestellten Beschädigungen und Verletzungen. Am häufigsten traten hier Hautverletzungen gepaart mit Schuppenverlusten sowie Einblutungen auf, mit deutlichem Abstand gefolgt von Flossenrissen und teilweisen Pigmentveränderungen. Letztere konnten bei unseren Untersuchungen nicht festgestellt werden.

Aufgrund von Art, Häufigkeit und des insgesamt geringen Schweregrades der durch den Fang mittels Aalschokker und nachfolgender Hälterung verursachten Schädigungen stellen der Fang und die Zwischenhälterung von Blankaalen für das „Aaltaxi“ eine äußerst sinnvolle Alternative zur Passage der Blankaale von stromab gelegenen Wasserkraftanlagen dar. Einschränkend muss allerdings betont werden, dass die vorliegenden Untersuchungen bei vergleichsweise niedrigen Wasserständen und Strömungsgeschwindigkeiten sowie moderaten Blankaalfangmengen durchgeführt wurden. Diese Verhältnisse sind für die Blankaalfänge der vergangenen Jahre durchaus typisch, bilden aber nur einen Teil des Spektrums von möglichen Bedingungen beim Hamenfang ab. Es ist zu erwarten, dass bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten, Massenfängen an Blankaalen und verstärkten Treibgutansammlungen höhere Verletzungsraten mit möglicherweise auch höheren Schweregraden auftreten (MUELLER et al. 2020a). Ausgehend von den eigenen Untersuchungsergebnissen, den Untersuchungen von MUELLER et al. (2017, 2020a, b, c, d, e, f, g, h) und den Erfahrungen aus der fischereilichen Praxis ist jedoch nicht davon auszugehen, dass die bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten und Massenfängen durch einen Aalschokker verursachten Verletzungen der Blankaale in Umfang und Schwere auch nur annähernd an die vielfach nachgewiesenen Sterblichkeiten und Verletzungen bei der Passage einer Wasserkraftanlage heranreichen.

Typische Verletzungen von Aalen bei der Passage von Wasserkraftanlagen sind nach LUNDBECK (1927), SPÄTH (1998), BRUIJS et al. (2003), EBEL (2008) und (MUELLER et al. 2017):

- Teil- und Komplettdurchtrennungen des Körpers
- Kopfzertrümmerung
- Wirbelsäulenschäden (Stauchungen, Knicke, Frakturen)
- Zerreißen und Quetschungen der Muskulatur und der Flossen
- Einblutungen in Haut, Kopf, Augen, Flossen, Muskelgewebe
- innere Organverletzungen
- Schleimhautschäden und Hautabschürfungen

die je nach Verletzungsart und Schweregrad zu reversiblen und irreversiblen Schädigungen oder zum Tod führen. In Abhängigkeit von den vorhandenen Abweiservorrichtungen, dem Turbinentyp, hydraulischen Kennwerten (z.B. Durchflussmenge, Anströmgeschwindigkeit am Rechen), alternativen Passagemöglichkeiten und anderen Faktoren beträgt die direkte Sterblichkeit für Blankaale an Wasserkraftanlagen zwischen 0 und 100 % (EBEL 2013). Nach verschiedenen Feldstudien ist von einer mittleren direkten Blankaalsterblichkeit an Wasserkraftanlagen von 41 % auszugehen (ICES 2019). Für die am häufigsten eingesetzten Turbinentypen KAPLAN und FRANCIS werden durchschnittliche Mortalitätsraten von 38 % bzw. 32 % (ICES 2011) und mittlere Schädigungsraten von 45 % bzw. 43 % (EBEL 2008) angegeben.

Vom Versuchsstandort Drakenburg stromabwärts bis zur Wesermündung in die Nordsee befinden sich drei Wasserkraftanlagen im Hauptstrom der Weser. Unter Zugrundelegung einer standortspezifischen Aalsterblichkeit von 33 % (Dörverden), 25 % (Langwedel) und 17 % (Hemelingen) entsprechend einer Abschätzung im Rahmen des Aalmanagementplans Weser (LAVES et al. 2008) ergibt sich kumulativ eine direkte Sterblichkeit von 58 % der passierenden Blankaale. Die tatsächliche Sterblichkeit dürfte aufgrund letaler Folgeschäden noch deutlich höher ausfallen, da schwerwiegende innere Verletzungen und Wirbelsäulenschäden oftmals äußerlich nicht sichtbar

sind (s. Pkt. 3.2.1) und entsprechende Untersuchungen wie z.B. Röntgen selten durchgeführt und publiziert werden (FLADUNG 2019).

5 Zusammenfassung

In der Weser werden von der Erwerbsfischerei abwandernde Blankaale oberhalb der Wasserkraftanlagen mittels Aalschokker gefangen und in der frei fließenden Unterweser wieder ausgesetzt, um die Blankaalsterblichkeit infolge der Passage von Kraftwerksturbinen zu verringern („Aaltaxi“). Der positive Effekt solcher Fang- und Transportmaßnahmen für den Erhalt und die Förderung des Laicherbestandes des Europäischen Aals hängt u.a. maßgeblich davon ab, dass die dafür gefangenen, abwandernden Blankaale unbeschädigt und in guter körperlicher Verfassung wieder ausgesetzt werden, damit diese erfolgreich das Laichgebiet in der Sargassosee erreichen und sich fortpflanzen können. Im vorliegenden Forschungsprojekt sollten daher der aktuelle Wissensstand zu möglichen Schädigungen der Blankaale durch den Fang mittels Aalschokker im Rahmen einer Literaturrecherche zusammengetragen und die Schädigungen nachfolgend in gezielten Feldversuchen untersucht und bewertet werden.

Bei der Suche nach thematisch relevanten, deutsch- bzw. englischsprachigen Publikationen konnten insgesamt 40 Literaturquellen zu Methoden der Bewertung von Schädigungen von Aalen und anderen Fischen durch den fischereilichen Fang oder bei der Passage von Wasserkraftanlagen recherchiert werden. Speziell zur Abschätzung der fischereibedingten Schädigungen von Blankaalen beim Fang mittels Aalschokker sowie zu möglichen tierfreien Ersatz- und Ergänzungsmethoden wurde jedoch keine Literatur gefunden. Publikationen zur Bewertung von Schäden/Verletzungen an Fischen nach der Passage von Wasserkraftturbinen und zu fangbedingten Fischverletzungen in Hamen wurden bei der Entscheidung über Versuchsdesign und Methodik der im Rahmen dieses Forschungsprojektes durchgeführten Untersuchungen berücksichtigt.

Die Feldversuche zur Ermittlung möglicher Schädigungen von Blankaalen beim Fang mittels Aalschokker fanden an der Mittelweser statt. Dazu wurden im Oktober 2019 insgesamt 220 Blankaale während der Hauptabwanderungszeit mit einem Aalschokker bei Hameln gefangen, an der Tierärztlichen Hochschule Hannover visuell auf äußere Verletzungen und röntgenologisch auf innere Verletzungen untersucht (Statuserhebung), individuell markiert und anschließend zum Versuchsort Drakenburg verbracht. Dort erfolgte eine Aufteilung der Blankaale nach dem Zufallsprinzip auf drei Versuchsgruppen und eine Kontrollgruppe. Nach einer anschließenden, 24stündigen Erholungsphase wurden die Versuchsgruppen einzeln in den Hamen eines Aalschokkers gesetzt und nach einer Stellzeit von 4-5 Stunden am nächsten Tag auf direkte Schädigungen und Verletzungen untersucht (Nachuntersuchung I). Um mögliche Folgeschäden durch den Fang mittels Aalschokker abschätzen zu können, wurden anschließend Unterstichproben der Versuchsgruppen über 14 Tage gehältert und danach erneut untersucht und geröntgt (Nachuntersuchung II). Die Kontrollgruppe unterlag (mit Ausnahme der Hamenversuche selbst) demselben Versuchs- und Untersuchungsablauf.

Nach den Ergebnissen unserer Untersuchungen führt der Fang mittels Aalschokker und die nachfolgende Hälterung (wie sie im Rahmen der Bereitstellung von Aalen für das „Aaltaxi“ erfolgen) zu - insgesamt als geringfügig einzuschätzenden - Schädigungen der Blankaale:

- häufig zumeist kleinflächige, oberflächliche Hautläsionen
- regelmäßig zumeist einzelne, kleinere Flosseneinrisse
- regelmäßig zumeist leichte, kleinflächige, oberflächliche Einblutungen in Haut und Flossen
- gelegentlich einzelne, kleinere Fehlstellen im Flossensaum
- äußerst selten ($\leq 1\%$) eine geringgradige, punktuelle Stauchung der Wirbelsäule
- Zunahme makroskopisch sichtbarer, kleinerer verpilzter Hautbereiche sowie vermehrte Anzeichen für das Vorliegen einer Infektion mit dem Parasiten *Ichthyophthirius multifiliis*.

Die durch den Fang mittels Aalschokker verursachten, direkten Schädigungen umfassen die vorgenannten, leichten, oberflächlichen Haut- und Flossenschädigungen (die aufgrund ihres geringen Schweregrades in wenigen Tagen verheilen können) sowie die an einem einzelnen Versuchstier festgestellte, leichte Wirbelsäulenstauchung. Die oberflächlichen Hautläsionen sowie Einblutungen in Haut und Flossen konzentrieren sich auf den hinteren Körperbereich der Aale und sind sehr wahrscheinlich auf mechanische Einwirkungen durch den Kontakt mit dem Netzmaterial des Hamens und das unvermeidliche Handling beim Leeren des Hamens zurückzuführen. Die in sehr geringem Umfang auftretenden Abtrennungen von kleineren Stückchen aus dem Flossensaum lassen sich durch Netzkontakt nicht plausibel erklären und sind vermutlich eine Folge stressbedingter Bissattacken durch Artgenossen oder andere Fischarten im Beifang. In nur einem einzigen Fall war eine Stauchung der Wirbelsäule festzustellen. Unklar blieb, ob die einzelne, als geringfügig eingeschätzte Wirbelsäulenstauchung durch eine besondere Situation beim Fang im Aalschokker oder durch ein Missgeschick beim nachfolgenden Handling verursacht wurde. Wenngleich solche Verletzungen äußerst selten sein dürften, sollten sie durch einen sorgfältigen, schonenden Umgang mit den Blankaalen unter Vermeidung unnötigen Handlings möglichst vermieden werden. Nach Beendigung der Hamenversuche waren bei den Versuchstieren keine Sterblichkeiten, Einschränkungen der Vitalfunktionen oder Auffälligkeiten im Schwimmverhalten feststellbar.

Insgesamt betrachtet stellt der Aalfang mittels Aalschokker nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen eine sehr schonende Fangmethode dar, die (mit Ausnahme von Einzelfällen) nur geringfügige, oberflächliche Haut- und Flossenbeschädigungen verursacht.

Im 14tägigen Hälterversuch waren bezüglich der festgestellten, oberflächlichen Beschädigungs-/Verletzungsarten zumeist nur leichte Veränderungen mit geringen Unterschieden zwischen den Versuchstieren und der Kontrollgruppe feststellbar. Die Ergebnisse lassen erkennen, dass die beobachteten Veränderungen nur in geringem Umfang als Folgeschäden des Aalschokkerfangs anzusehen, sondern ganz überwiegend auf die Hälterung selbst zurückzuführen sind. Mögliche Folgeschäden beschränken sich auf eine leichte Zunahme von oberflächlichen Hautläsionen und Einblutungen, die vermutlich auf stressbedingt höhere Bewegungsaktivitäten zu Beginn der Hälterung zurückzuführen sind. Die Hälterung selbst wirkt sich einerseits über Heilungsprozesse und Erholungseffekte positiv auf die Gesundheit der Blankaale aus, andererseits besteht hier die Gefahr eines vermehrten Auftretens von Flosseneinrissen und Beschädigungen (Fehlstellen) des Flossensaums sowie insbesondere von kleineren Verpilzungen. Zudem gab es Hinweise auf eine mögliche Zunahme des Befalls mit Parasiten auf der Haut. Da aus den Erfahrungen der fischereilichen Praxis heraus die negativen Effekte einer Hälterung insbesondere mit zunehmender Dauer überwiegen, wird empfohlen, für die Bereitstellung von Aalen für das sog. Aaltaxi eine Hälterungsdauer von 14 Tagen möglichst nicht zu überschreiten. Ein Sammeln und Hältern von Blankaalen bis zu 14 Tagen ist nach den Ergebnissen unserer Untersuchungen mit nur geringen negativen Effekten für die Fischgesundheit verbunden und somit tolerierbar.

Aufgrund von Art, Häufigkeit und des insgesamt geringen Schweregrades der durch den Fang mittels Aalschokker und nachfolgender Hälterung verursachten Schädigungen stellen der Fang und die Zwischenhälterung von Blankaalen für das „Aaltaxi“ eine äußerst sinnvolle Alternative zur Passage der Blankaale von stromab gelegenen Wasserkraftanlagen dar. Einschränkend muss allerdings betont werden, dass die vorliegenden Untersuchungen bei vergleichsweise niedrigen Wasserständen und Strömungsgeschwindigkeiten sowie moderaten Blankaalfangmengen durchgeführt wurden. Diese Verhältnisse sind für die Blankaalfänge sowie die Wasserführung der vergangenen Jahre durchaus typisch, bilden aber nur einen Teil des Spektrums von möglichen Bedingungen beim Hamenfang ab. Es ist zu erwarten, dass bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten und Massenfängen an Blankaalen eine tendenziell höhere Belastung der Aale im Hamen auftritt, die höhere Verletzungsraten mit möglicherweise auch höheren Schweregraden zur Folge

haben kann. Nach den eigenen Untersuchungsergebnissen, den Untersuchungen anderer Autoren und den Erfahrungen aus der fischereilichen Praxis ist jedoch nicht davon auszugehen, dass die durch den Fang mittels Aalschokker entstehenden, oberflächlichen und leichten Verletzungen der Blankaale in Umfang und Schwere auch nur annähernd an die Sterblichkeiten und Verletzungen heranreichen, die durch Wasserkraftanlagen verursacht werden.

Danksagung

Wir danken den Fischereibetrieben Meyers Teichwirtschaft (Hameln) und Dobberschütz (Drakenburg) für die Bereitstellung und den sachgerechten Transport der Versuchstiere sowie die logistische Unterstützung bei der Versuchsdurchführung. Dank gebührt auch Herrn Göckemeyer (Landwirtschaftskammer Niedersachsen) sowie Herrn Brauer (Landesfischereiverband Niedersachsen) für die Bereitstellung der für die Versuche benötigten Hälterkästen.

Das Forschungsprojekt wurde freundlicherweise vom Niedersächsischen Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) beauftragt und über Landesmittel finanziert.

6 Literatur

- AMRHEIN, V., GREENLAND, S. & MCSHANE, B. (2019): Retire statistical significance. *Nature* 567, 305-307.
- BARTHEL, B.L., COOKE, S.J., SUSKI, C.D. & PHILIPP, D.P. (2003): Effects of landing net mesh type on injury and mortality in a freshwater recreational fishery. *Fisheries Research* 63, 275-282.
- BROWN, R.S., CARLSON, T.J., GINGERICH, A.J., STEPHENSON, J.R., PFLUGRATH, B.D., WELCH, A.E., LANGESLAY, M.J., AHMANN, M.L., JOHNSON, R.L., SKALSKI, J.R., SEABURG A.G. & TOWNSEND, R.L. (2012): Quantifying mortal injury of juvenile Chinook salmon exposed to simulated hydro-turbine passage. *Transactions of the American Fisheries Society*, 141 (1), 147-157.
- BRUIJS, M.C.M., POLMAN, H.J.G., VAN AERSSSEN, G.H.F.M., HADDERINGH, R.H., WINTER, H.V., DEERENBERG, C., JANSEN, H.M., SCHWEVERS, U., ADAM, B., DUMONT, U. & KESSELS, N. (2003): Management of silver eel: Human impact on downstream migrating eel in the river Meuse. 50180283-KPS/MEC 03-6183, T. N. KEMA Power Generation & Sustainables (KEMA), Arnhem.
- BULLOCK, A.M., MARKS, R. & ROBERTS R.J. (1978): The cell kinetics of teleost fish epidermis: Epidermal mitotic activity in relation to wound healing at varying temperatures in plaice (*Pleuronectes platessa*). *Journal of Zoology* 185 (2), 197-204.
- DEKKER, W. (2004): Slipping through our hands. Population dynamics of the European eel. PhD Thesis, Universiteit van Amsterdam, 186 pp.
- DIEKMANN, M., BRAUER, C., MEYER, A. & GÖCKEMEYER, S. (2020): Fang- und Transportmaßnahmen von Blankaalen im Wesergebiet - Ergebnisse des Projektes „Aaltaxi Weser“, Abschlussbericht (Oktober 2017 - Januar 2020), Landesfischereiverband Niedersachsen e.V., im Auftrag des LAVES.
- EBEL, G. (2008): Turbinenbedingte Schädigung des Aals (*Anguilla anguilla*): Schädigungsraten an europäischen Wasserkraftanlagenstandorten und Möglichkeiten der Prognose. Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel Bd. 3, Halle (Saale), 176 S.
- EBEL, G. (2013): Fischschutz und Fischabstieg an Wasserkraftanlagen - Handbuch Rechen- und Bypasssysteme. Ingenieurbiologische Grundlagen, Modellierung und Prognose, Bemessung und Gestaltung. Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel Bd. 4, Halle (Saale), 483 S.
- FLADUNG, E., ZIENERT, S., HANNEMANN, N. & BRÄMICK, U. (2013): Untersuchungen zur Eignung einer Reuse mit einer speziellen Reißnaht als Ausstiegsmöglichkeit für Otter (*Lutra lutra*) - Teilprojekt Fische. Projektbericht im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, 29 S.
- FLADUNG, E. (2019): Wanderbewegungen von Gelbaalen in Fließgewässern und potentielle Sterblichkeit an Wasserkraftanlagen. Projektbericht im Auftrag des Rheinischen Fischereiverbandes von 1880 e.V., Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, 35 S.
- ICES (1999): ICES cooperative research report No. 229. Report of the ICES Advisory Committee on Fisheries Management 1998, part 2, 446 S.
- ICES (2011): Report of the 2011 Session of the Joint EIFAAC/ICES Working Group on Eels, 5-9 September 2011, Lisbon, Portugal. ICES CM 2011/ACOM:18.
- ICES (2016): Report of the Working Group on Eels (WGEEL). 15-22 September 2016, Cordoba Spain, ICES CM 2016/ACOM: 19, 106 S.

- ICES (2019): Report of the EIFAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL), 27.08.-02.09. 2019, Bergen, Norwegen, ICES Scientific Reports 1 (50), 177 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5545>
- ICES (2020): Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL). ICES Scientific Reports. 2:85. 223 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5982>
- IUCN (2021): The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-3, www.iucnredlist.org.
- JENS, G., BORN, O., HOHLSTEIN, R., KÄMMEREIT, M., KLUPP, R., LABATZKI, P., MAU, G., SEIFERT, K. & WONDRAK, P. (1997): Fischwanderhilfen – Notwendigkeit, Gestaltung, Rechtsgrundlagen. Schriftenreihe des Verbandes Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e.V., Heft 11, 114 S.
- JUNG-SCHROERS, V. (2019): Makroskopische äußere und innere Untersuchungen sowie röntgenologische Untersuchungen von 77 Blankaalen aus der Weser. Untersuchungsbericht im Auftrag des Landesfischereiverbandes Niedersachsen, 10 S., unveröff.
- KEUNEKE, R. (2015): Marktanalyse zur Vorbereitung von Ausschreibungen - Vorhaben IId, Wasserkraft. Projektbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, 68 S.
- KRÜGER, H.-H., BLÄSER, M., EHLERS, M., KIETZMANN, J. & MÜLLER, J. (2013): Entwicklung von Aufstiegsmöglichkeiten für Fischotter (*Lutra lutra*) aus Reusen. Studie im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 56 S.
- LAVES DEZERNAT BINNENFISCHEREI, DER SENATOR FÜR WIRTSCHAFT UND HÄFEN BREMEN, REGIERUNGSPRÄSIDIUM KASSEL - DEZERNAT 25 (LANDWIRTSCHAFT, FISCHEREI), BEZIRKSREGIERUNG DETMOLD - DEZERNAT 51 (LANDSCHAFT, FISCHEREI), THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR WALD, JAGD UND FISCHEREI - REFERAT 22, LANDESVERWALTUNGSAMT SACHSEN-ANHALT - REFERAT AGRARWIRTSCHAFT, LÄNDLICHE RÄUME, FISCHEREI (2008): Aalbewirtschaftungsplan für das Flusseinzugsgebiet der Weser. 28 S. www.portal-fischerei.de
- LIZÉE, T.W., LENNOX, R.J., WARD, T.D., BROWNSCOMBE, J.W., CHAPMAN, J.M., DANYLCHUK, A.J., NOWELL, L.B. & COOKE, S.J. (2018): Influence of landing net mesh type on handling time and tissue damage of angled Brook Trout. *North American Journal of Fisheries Management* 38, 76-83.
- LUNDBECK, J. (1927): Untersuchungen über die Beschädigung von Fischen, besonders Aalen, in den Turbinen des Kraftwerks Friedland (Opr.). *Zeitschrift für Fischerei* 25, 439-465.
- MATTHEWS, R.A. (2005): *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet and ichthyophthiriosis in freshwater teleosts. *Advances in Parasitology* 59, 159-241.
- MORIARTY, C. & DEKKER, W. (1997): Management of the European Eel. *Fisheries Bulletin Dublin* 15, 167 S.
- MUELLER, M., PANDER, J. & GEIST, J. (2017): Evaluation of external fish injury caused by hydropower plants based on a novel field-based protocol. *Fisheries Management and Ecology* 24, 240-255.
- MUELLER, M., KNOTT, J., EGG, L., BIRSCHENK, B., PANDER, J. & GEIST, J. (2020a): Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen. Bd. 1: Hintergrund und Methoden. TU München, Lehrstuhl für aquatische Systembiologie, Wissenschaftszentrum Weißenstephan, Abschlussbericht, 142 S.
- MUELLER, M., KNOTT, J., EGG, L., SUTTOR, C., PANDER, J. & GEIST, J. (2020b): Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen. Bd. 3: Baiersdorf-Wellerstadt an der Regnitz. TU München, Lehrstuhl für aquatische Systembiologie, Wissenschaftszentrum Weißenstephan, Abschlussbericht, 75 S.
- MUELLER, M., KNOTT, J., EGG, L., SUTTOR, C., PANDER, J. & GEIST, J. (2020c): Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen. Bd. 4: Lindesmühle an der Fränkischen

- Saale. TU München, Lehrstuhl für aquatische Systembiologie, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Abschlussbericht, 86 S.
- MUELLER, M., KNOTT, J., SUTTOR, C., PANDER, J. & GEIST, J. (2020d): Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen. Bd. 5: Au an der Iller. TU München, Lehrstuhl für aquatische Systembiologie, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Abschlussbericht, 76 S.
- MUELLER, M., KNOTT, J., SUTTOR, C., PANDER, J. & GEIST, J. (2020e): Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen. Bd. 6: Heckerwehr an der Rothe. TU München, Lehrstuhl für aquatische Systembiologie, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Abschlussbericht, 82 S.
- MUELLER, M., KNOTT, J., BIERSCHEK, B., SUTTOR, C., PANDER, J. & GEIST, J. (2020f): Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen. Bd. 7: Eixendorf an der Schwarzach. TU München, Lehrstuhl für aquatische Systembiologie, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Abschlussbericht, 72 S.
- MUELLER, M., KNOTT, J., BIERSCHEK, B., SUTTOR, C., PANDER, J. & GEIST, J. (2020g): Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen. Bd. 8: Baierbrunn an der Isar. TU München, Lehrstuhl für aquatische Systembiologie, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Abschlussbericht, 76 S.
- MUELLER, M., KNOTT, J., BIERSCHEK, B., SUTTOR, C., PANDER, J. & GEIST, J. (2020h): Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen. Bd. 9: Höllthal an der Alz. TU München, Lehrstuhl für aquatische Systembiologie, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Abschlussbericht, 84 S.
- MUELLER, M., STERNECKER, K., MILZ, S. & GEIST, J. (2020i): Assessing turbine passage effects on internal fish injury and delayed mortality using X-ray imaging. *PeerJ* 8, e9977 <https://doi.org/10.7717/peerj.9977>.
- NOBLE, C., JONES, H.A.C., DAMSGÅRD, B., FLOOD, M.J., MIDLING, K.Ø., ROQUE, A. & COTTEE, S.Y. (2012): Injuries and deformities in fish: Their potential impacts upon aquacultural production and welfare. *Fish Physiology and Biochemistry* 38 (1), 61-83. <https://doi.org/10.1007/s10695-011>
- NOGA, E. J. (1993): Water mold infections of freshwater fish: recent advances. *Annual Review of Fish Diseases* 3, 291-304.
- OMEJI, S., SOLOMON, S.G. & IDOGA, E.S. (2011): A Comparative Study of the Common Protozoan Parasites of *Clarias gariepinus* from the Wild and Cultured Environments in Benue State, Nigeria. *Journal of Parasitology Research* 2011, Article ID 916489, 8 S., <https://doi:10.1155/2011/916489>
- PANDER, J., MUELLER, M., KNOTT, J. & GEIST, J. (2018): Catch-related fish injury and catch efficiency of stow-net-based fish recovery installations for fish-monitoring at hydropower plants. *Fish Manag Ecol.* 25, 31-43. <https://doi.org/10.1111/fme.12263>.
- PANDER, J., MUELLER, M., KNOTT, J. & GEIST, J. (2020): Fischökologisches Monitoring an innovativen Wasserkraftanlagen. Bd. 2a: Freising/Moosach - Versuche zur fangbedingten Schädigung. TU München, Lehrstuhl für aquatische Systembiologie, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Abschlussbericht, 36 S.
- REYNOLDS, J.B. & HOLLIMAN, F.M. (2004): Injury of American Eels Captured by Electrofishing and Trap-Netting, *North American Journal of Fisheries Management* 24 (2), 686-689, DOI: 10.1577/M03-027.1
- ROLVIEN, T., NAGEL, F., MILOVANOVIC, P., WUERTZ, S., MARSHAL, R.P., JESCHKE, A., SCHMIDT, F.N., HAHN, M., WITTEN, P.E., AMLING, M. & BUSSE, B. (2016): How the European eel (*Anguilla anguilla*) loses its skeletal framework across lifetime. *Proc. R. Soc. B* 283 (1841), 20161550. <http://dx.doi.org/10.098/rspb.2016.1550>.

- SANTAMARIA, J.A. & BECERRA, J. (1991): Tail fin regeneration in teleosts: cell-extracellular matrix interaction in blastemal differentiation. *Journal of anatomy* 176, 9-21.
- SCHRECKENBACH, K., STEFFENS, W. & ZOBEL, H. (1987): Technologien, Normen und Richtwerte der Fischproduktion. Institut für Binnenfischerei Berlin-Friedrichshagen, 180 S.
- SPANGENBERG, R. (1990): Mykosen. In: *Fischkrankheiten* (SCHÄPERCLAUS, W., KULOW, H. & SCHRECKENBACH, K.; Eds.). Akademie-Verlag Berlin, 509-534.
- SPÄTH, S. (1998): Charakterisierung turbinenbedingter Verletzungen an Mainfischen - dargestellt am Beispiel des Kraftwerks Dettelbach. Diplomarbeit, Humboldt-Universität Berlin, 111 S.
- VELDHUIZEN, L.J.L., BERENTSEN, P.B.M., DE BOER, I.J.M., VAN DE VIS, J.W. & BOKKERS, E.A.M. (2018): Fish welfare in capture fisheries: A review of injuries and mortality. *Fisheries Research* 204, 41-48.

Ergebnisse der Literaturrecherche – Auflistung einschlägiger Publikationen nach Relevanz

Literatur mit höchster Relevanz

MUELLER, M., PANDER, J. & GEIST, J. (2017): Evaluation of external fish injury caused by hydro-power plants based on a novel field-based protocol. *Fish Manag Ecol.* 24, 240-255. <https://doi.org/10.1111/fme.12229>.

PANDER, J., MUELLER, M., KNOTT, J. & GEIST, J. (2018): Catch-related fish injury and catch efficiency of stow-net-based fish recovery installations for fish-monitoring at hydropower plants. *Fish Manag Ecol.* 25, 31-43. <https://doi.org/10.1111/fme.12263>.

Weitere relevante Literatur

BÉGUER-PON, M., VERREULT, G., STANLEY, D., CASTONGUAY, M. & DODSON, J.J. (2018): The migration of stocked, trapped and transported, and wild female American silver eels through the Gulf of St. Lawrence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 75 (11), 2024-2037, <https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0356>.

BERG, R. (1986): Fischereischäden durch Turbinen. *Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes*, Heft 44, 41-47.

BERG, R. (1993): Untersuchungen zur Vermeidung von Aalschäden an Turbinen. *Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes*, Heft 59, 23-36.

BERG, R. (1995): Gedanken zur Problematik "Turbinenschäden an Aalen". *Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes*, Heft 64, 21-39.

BOCHERT, R., LILL, D., SCHAARSCHMIDT, T., BURCKHARDT, R. & UBL, C. (2004): Untersuchung von möglichen Fischschäden im Wirkungsbereich von Kleinwasserkraftwerken in Mecklenburg-Vorpommern. *Fischerei & Fischmarkt in Mecklenburg-Vorpommern* 4 (4), 8-16.

BROWN, R.S., CARLSON, T.J., GINGERICH, A.J., STEPHENSON, J.R., PFLUGRATH, B.D., WELCH, A.E., LANGESLAY, M.J., AHMANN, M.L., JOHNSON, R.L., SKALSKI, J.R., SEABURG A.G. & TOWNSEND, R.L. (2012): Quantifying mortal injury of juvenile Chinook salmon exposed to simulated hydro-turbine passage. *Transactions of the American Fisheries Society*, 141 (1), 147-157.

CALLES, O., OLSSON, I.C., COMOGLIO, P.S., KEMP, P.S., BLUNDEN, L., SCHMITZ, M. & GREENBERG, L.A. (2010): Size-dependent mortality of migratory silver eels at a hydropower plant, and implications for escapement to the sea. *Freshwater Biology* 55 (10), 2167-2180.

CLÉMENT, M. & CUNJAK, R.A. (2010): Physical injuries in juvenile Atlantic salmon, slimy sculpin, and blacknose dace attributable to electrofishing, *North American Journal of Fisheries Management* 30 (3), 840-850, DOI: 10.1577/M09-165.1.

DAINYS, J., STAKĖNAS, S., GORFINE, H. & LOŽYS, L. (2018): Mortality of silver eels migrating through different types of hydropower turbines in Lithuania. *River Res. Applic.* 34, 52-59. <https://doi.org/10.1002/rra.3224>.

DENG, Z., GUENSCH, G.R., MCKINSTRY, C.A., MUELLER, R.P., DAUBLE, D.D. & RICHMOND, M.C. (2005): Evaluation of fish-injury mechanisms during exposure to turbulent shear flow. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62 (7), 1513-1522.

ESAIASSEN, M., AKSE, L. & SJURÐUR, J. (2013): Development of a Catch-damage-index to assess the quality of cod at landing. *Food Control* 29, 231-235. [10.1016/j.foodcont.2012.05.065](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.05.065).

HADDERINGH, R.H. & BAKKER, H.D. (1998): Fish Mortality due to Passage through Hydroelectric Power Stations on the Meuse and Vecht Rivers. *Fish Migration and Fish Bypasses*, 315-327.

- HÄRTER (1937): Aalbeschädigungen durch Kraftwerke am Main. Allgemeine Fischerei-Zeitung 62 (7), 106-108.
- HARO, A., CASTRO-SANTOS, T. & BOUBEE, J. (2000): Behavior and passage of silver-phase American eels, *Anguilla rostrata* (LeSueur), at a small hydroelectric facility. Dana 12, 33-42.
- HOLZNER, M. (2000): Untersuchungen über die Schädigung von Fischen bei der Passage des Mainkraftwerks Dettelbach. Dissertation, TU München, 351.
- KLOPRIES, E.-M. (2018): Ethohydraulische und hydronumerische Untersuchungen an Rechen und Kaplan-turbinen als Beitrag zur Reduktion der Aalschädigung an Laufwasserkraftanlagen. Dissertation, RWTH Universität Aachen, Shaker Verlag Aachen, 269 S.
- LAGARRIGUE, T. & FREY, A. (2010). Test for evaluating the injuries suffered by downstream-migrating eels in their transiting through the new spherical discharge ring VLH turbogenerator unit installed on the Moselle river in Frouard. Report E. CO. GEA für MJ2 Technologies.
- LAGARRIGUE, T. & FREY, A. (2011): Untersuchungen zur Bewertung von Aalschäden beim Abstieg der Fische durch die neue, an der Mosel bei Frouard (54) installierte VLH-Turbogeneratoreinheit mit sphärischem Mantel. Toulouse, E.CO.G.E.A. für MJ2 Technologies, 26 S.
- LAGARRIGUE, T., VOEGTLE, B. & LASCAUX, J. (2008): Tests for evaluating the injuries suffered by downstream-migrating salmonid juveniles and silver eels in their transiting through the VLH turbogenerator unit installed on the Tarn River in Millau. MJ2 Technologies Fish friendliness® tests.
- MÖLLER, H., LÜCHTENBERG, H., OHL DAG, S. & VOIGT, M. (1992): Untersuchungen zur Reduzierung von Fischschäden durch optimale Betriebsweise der Siebanlage am Heizkraftwerk Hamburg-Tiefstack. Abschlussbericht, Auftraggeber: Hamburgische Electricitäts-Werke Aktiengesellschaft HEW, 17 S.
- NOBLE, C., JONES, H.A.C., DAMSGÅRD, B., FLOOD, M.J., MIDLING, K.Ø., ROQUE, A. & COTTEE, S.Y. (2012): Injuries and deformities in fish: Their potential impacts upon aquacultural production and welfare. Fish Physiology and Biochemistry 38 (1), 61-83. <https://doi.org/10.1007/s10695-011>
- RABEN, K. V. (1957): Über Turbinen und ihre schädliche Wirkung auf Fische. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften N. F. 6, 171-182.
- RAUCK, G. (1980): Mengen und Arten vernichteter Fische und Krebstiere an den Rechen des Einlaufbauwerkes im Kernkraftwerk Brunsbüttel, sowie Testversuche zur Reaktion von Fischen auf die Elektroscheuchanlage auf der Basis von dort anfallenden Fischproben. Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Veröffentlichungen des Instituts für Küsten- und Binnenfischerei Hamburg 71, 22 S.
- REYNOLDS, J.B. & HOLLIMAN, F.M. (2004): Injury of American Eels Captured by Electrofishing and Trap-Netting, North American Journal of Fisheries Management 24 (2), 686-689, DOI: 10.1577/M03-027.1
- SCHULTZE, D. (1988): Versuche zur Ermittlung von Turbinenschäden an Aalen am Kraftwerk Wahnhausen. Arbeiten des deutschen Fischerei-Verbandes, Heft 47, 13-24.
- SCHWEVERS, U. & ADAM, B. (2003): Aalschäden durch Wasserkraftanlagen - der Einfluß fischerlicher Besatzmaßnahmen. Wasser & Boden 55 (1+2), 67-70.
- SEIFERT, K. (1993): Aalschäden durch Kaplan-turbinen. Arbeiten des Deutschen Fischerei-Verbandes, Heft 59, 75-77.

- SPÄTH, S. (1998): Charakterisierung turbinenbedingter Verletzungen an Mainfischen - dargestellt am Beispiel des Kraftwerkes Dettelbach. Diplomarbeit, Humboldt-Universität Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische-Fakultät, 111 S.
- TRAVADE, F., LARINIER, M., SUBRA, S., GOMES, P. & DE-OLIVEIRA, E. (2010): Behaviour and passage of European silver eels (*Anguilla anguilla*) at a small hydropower plant during their downstream migration. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 398, 1-19. DOI:10.1051/kmae/2010022
- VELDHUIZEN, L.J.L., BERENTSEN, P.B.M., DE BOER, I.J.M., VAN DE VIS, J.W. & BOKKERS, E.A.M. (2018): Fish welfare in capture fisheries: A review of injuries and mortality. Fisheries Research 204, 41-48.
- WATENE, E.M. & BOUBÉE, J.A.T. (2005): Selective opening of hydroelectric dam spillway gates for downstream migrant eels in New Zealand. Fisheries Management and Ecology 12, 69-75. doi:10.1111/j.1365-2400.2004.00422.x

Für die vorliegende Studie nicht relevant, aber Bezug zum Thema

- ALBERT, W. (1987): Mit dem Aalschokker auf dem Rhein. Fischer & Teichwirt 38 (6), 172-173.
- BÖCKING, W. (2004): Aalschokker erobern den preußischen Rhein - Entwicklung der Fanggeräte für den Aalfang. Verlag des Emmericher Geschichtsverein e.V., Emmericher Forschungen 23, 160 S.
- HAUNS, A. & HAUNS, R. (1996): Die Aalschokker-Fischerei auf der badischen Seite am Oberrhein - Der Aal und sein Geheimnis. - Rastatt (Selbstverlag), 164 S.
- LIFKA, P. (2010): Aalschokker - der Feind lauert nachts: dem meist gefangenen Speisefisch droht die Ausrottung. Jahrbuch des Rheingau-Taunus-Kreises, Bad Schwalbach, Bd. 61, 155-156.
- LÜTZENKIRCHEN, H. & KERKHOFF, N. (2011): Der Aalschokker "Maria Theresia" ein bewegliches Denkmal im Diescholl. Rheinischer Verein für Denkmalpflege und Landschaftsschutz, Rheinische Kunststätten Heft 526, 24 S.
- RÖDELSPERGER, F.W. (1983): Aalschokker: Beschreibung der Aalfischerei mit Schokkern auf der pfälzischen Strecke des Oberrheins, Verlag Speyer, 68 S.
- RÖHLER, E. (1934): Richtlinien für die Aalschokkerfischerei. Allgemeine Fischerei-Zeitung 59 (18), 274.

Ergebnisse der statistischen Auswertung zu den direkten Schädigungen durch den Fang mittels Aalschokker (Statuserhebung vs. Nachuntersuchung I)

Legende: VG = Versuchsgruppe, N = Anzahl der Tiere, SD = Standardabweichung, (p) = p-Wert (Signifikanz)

Anzahl Schädigungsbereiche Hautläsionen

		Statuserhebung			Nachuntersuchung I			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	46	0,30	0,59	46	1,17	0,95	0,000
	VG 2	11	0,27	0,65	11	1,45	0,52	0,005
	VG 3	48	0,33	0,63	48	1,35	1,00	0,000
	VG gesamt	105	0,31	0,61	105	1,29	0,94	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,40	0,77	30	1,40	1,00	0,000
	H-Test (p)			0,976			0,770	
	U-Test (p)			0,848			0,668	
Vorderkörper	VG 1	46	0,07	0,25	46	1,00	0,87	0,000
	VG 2	11	0,64	0,81	11	1,36	0,67	0,018
	VG 3	48	0,73	0,84	48	1,23	0,83	0,002
	VG gesamt	105	0,43	0,72	105	1,14	0,84	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,57	0,77	30	1,13	0,90	0,002
	H-Test (p)			0,000			0,501	
	U-Test (p)			0,307			1,000	
Hinterkörper	VG 1	46	1,00	1,01	46	1,35	0,82	0,013
	VG 2	11	1,09	0,83	11	1,82	0,60	0,028
	VG 3	48	1,31	0,99	48	1,58	0,68	0,078
	VG gesamt	105	1,15	0,99	105	1,50	0,75	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	1,40	0,86	30	1,60	0,62	0,235
	H-Test (p)			0,187			0,157	
	U-Test (p)			0,147			0,709	
Schwanzspitze	VG 1	46	0,65	0,92	46	1,70	0,59	0,000
	VG 2	11	1,55	0,82	11	1,64	0,81	0,655
	VG 3	48	1,65	0,67	48	1,79	0,50	0,158
	VG gesamt	105	1,20	0,93	105	1,73	0,58	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	1,77	0,63	30	1,77	0,57	1,000
	H-Test (p)			0,000			0,821	
	U-Test (p)			0,002			0,706	
Gesamt	VG 1	46	2,02	1,67	46	5,22	2,08	0,000
	VG 2	11	3,55	2,07	11	6,27	1,27	0,006
	VG 3	48	4,02	2,04	48	5,96	1,79	0,000
	VG gesamt	105	3,10	2,10	105	5,67	1,90	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	4,13	1,87	30	5,90	2,43	0,000
	H-Test (p)			0,000			0,241	
	U-Test (p)			0,012			0,375	

Mittlerer Schädigungsgrad Hautläsionen

		Statuserhebung			Nachuntersuchung I			U-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	11	1,23	0,41	31	1,05	0,17	0,126
	VG 2	2	1,00	0,00	11	1,00	0,00	-
	VG 3	12	1,13	0,31	37	1,05	0,18	0,527
	VG gesamt	25	1,16	0,35	79	1,05	0,16	0,100
	<i>Kontrolle</i>	7	1,00	0,00	24	1,04	0,14	0,437
	H-Test (p)			0,432			0,741	
U-Test (p)			0,206			0,949		
Vorderkörper	VG 1	3	1,33	0,58	29	1,00	0,00	0,002
	VG 2	5	1,10	0,22	10	1,05	0,16	0,604
	VG 3	23	1,00	0,00	36	1,01	0,08	0,424
	VG gesamt	31	1,05	0,20	75	1,01	0,08	0,344
	<i>Kontrolle</i>	12	1,08	0,29	20	1,00	0,00	0,197
	H-Test (p)			0,105			0,249	
U-Test (p)			0,806			0,463		
Hinterkörper	VG 1	26	1,32	0,58	36	1,11	0,38	0,095
	VG 2	8	1,00	0,00	10	1,00	0,00	-
	VG 3	34	1,03	0,12	43	1,00	0,00	0,109
	VG gesamt	68	1,14	0,39	89	1,04	0,25	0,048
	<i>Kontrolle</i>	23	1,13	0,34	28	1,04	0,19	0,215
	H-Test (p)			0,053			0,093	
U-Test (p)			0,981			0,841		
Schwanzspitze	VG 1	16	1,13	0,29	43	1,15	0,32	0,827
	VG 2	9	1,28	0,44	9	1,33	0,43	0,723
	VG 3	43	1,10	0,28	46	1,13	0,29	0,520
	VG gesamt	68	1,13	0,31	98	1,16	0,32	0,490
	<i>Kontrolle</i>	27	1,22	0,58	28	1,32	0,51	0,140
	H-Test (p)			0,569			0,159	
U-Test (p)			0,919			0,110		
Gesamt	VG 1	35	1,21	0,38	46	1,10	0,19	0,332
	VG 2	10	1,16	0,24	11	1,10	0,14	0,778
	VG 3	46	1,06	0,15	48	1,05	0,08	0,495
	VG gesamt	91	1,13	0,28	105	1,07	0,15	0,825
	<i>Kontrolle</i>	28	1,13	0,36	30	1,11	0,19	0,122
	H-Test (p)			0,214			0,673	
U-Test (p)			0,286			0,369		

Schädigungsschwere Hautläsionen

		Statuserhebung			Nachuntersuchung I			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	46	0,37	0,74	46	1,26	1,12	0,000
	VG 2	11	0,27	0,65	11	1,45	0,52	0,005
	VG 3	48	0,40	0,84	48	1,44	1,15	0,000
	VG gesamt	105	0,37	0,78	105	1,36	1,08	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,40	0,77	30	1,47	1,07	0,000
	H-Test (p)			0,976			0,800	
U-Test (p)			0,929			0,606		
Vorderkörper	VG 1	46	0,09	0,35	46	1,00	0,87	0,000
	VG 2	11	0,73	1,01	11	1,45	0,82	0,018
	VG 3	48	0,73	0,84	48	1,25	0,86	0,001
	VG gesamt	105	0,45	0,76	105	1,16	0,87	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,63	0,96	30	1,13	0,90	0,014
	H-Test (p)			0,000			0,409	
U-Test (p)			0,309			0,937		
Hinterkörper	VG 1	46	1,41	1,88	46	1,52	1,17	0,214
	VG 2	11	1,09	0,83	11	1,82	0,60	0,028
	VG 3	48	1,35	1,04	48	1,58	0,68	0,139
	VG gesamt	105	1,35	1,45	105	1,58	0,92	0,011
	<i>Kontrolle</i>	30	1,60	1,16	30	1,67	0,76	0,798
	H-Test (p)			0,368			0,422	
U-Test (p)			0,162			0,741		
Schwanzspitze	VG 1	46	0,74	1,10	46	1,98	0,95	0,000
	VG 2	11	2,00	1,34	11	2,18	1,33	0,423
	VG 3	48	1,83	0,93	48	2,04	0,82	0,102
	VG gesamt	105	1,37	1,19	105	2,03	0,93	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	2,17	1,34	30	2,37	1,27	0,213
	H-Test (p)			0,000			0,478	
U-Test (p)			0,006			0,197		
Gesamt	VG 1	46	2,61	2,66	46	5,76	2,56	0,000
	VG 2	11	4,09	2,39	11	6,91	1,76	0,005
	VG 3	48	4,31	2,35	48	6,31	2,12	0,000
	VG gesamt	105	3,54	2,61	105	6,13	2,30	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	4,80	3,08	30	6,63	3,08	0,001
	H-Test (p)			0,000			0,387	
U-Test (p)			0,049			0,335		

Anzahl Schädigungsbereiche Flossenrisse

		Statuserhebung			Nachuntersuchung I			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Brustflosse	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,17	0,38	0,012
	VG 2	11	0,09	0,30	11	0,18	0,40	0,317
	VG 3	48	0,04	0,20	48	0,15	0,36	0,091
	VG gesamt	105	0,03	0,17	105	0,16	0,37	0,002
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,17	0,38	0,043
	H-Test (p)			0,178				0,982
	U-Test (p)			0,351				0,951
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	-
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	-
	VG 3	48	0,00	0,00	48	0,00	0,00	-
	VG gesamt	105	0,00	0,00	105	0,00	0,00	-
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	-
	H-Test (p)			-			-	-
	U-Test (p)			-			-	-
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,04	0,21	46	0,04	0,21	1,000
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	-
	VG 3	48	0,00	0,00	48	0,02	0,14	0,317
	VG gesamt	105	0,02	0,14	105	0,03	0,17	0,593
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	-
	H-Test (p)			0,273			0,598	
	U-Test (p)			0,448			0,351	
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,07	0,25	0,361
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,09	0,30	0,317
	VG 3	48	0,00	0,00	48	0,06	0,24	0,109
	VG gesamt	105	0,01	0,10	105	0,07	0,25	0,059
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,03	0,18	0,317
	H-Test (p)			0,586			0,898	
	U-Test (p)			0,593			0,497	
Schwanzspitze	VG 1	46	0,59	0,50	46	0,87	0,34	0,003
	VG 2	11	0,64	0,50	11	0,73	0,47	0,317
	VG 3	48	0,65	0,48	48	0,81	0,39	0,025
	VG gesamt	105	0,62	0,49	105	0,83	0,38	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,40	0,50	30	0,67	0,48	0,012
	H-Test (p)			0,181			0,178	
	U-Test (p)			0,033			0,055	
Gesamt	VG 1	46	0,65	0,48	46	1,15	0,63	0,000
	VG 2	11	0,73	0,65	11	1,00	0,63	0,109
	VG 3	48	0,69	0,51	48	1,04	0,68	0,002
	VG gesamt	105	0,68	0,51	105	1,09	0,65	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,40	0,50	30	0,87	0,73	0,001
	H-Test (p)			0,082			0,372	
	U-Test (p)			0,010			0,131	

Mittlerer Schädigungsgrad Flossenrisse

		Statuserhebung			Nachuntersuchung I			U-Test
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	(p-Wert)
Brustflosse	VG 1	0	----	----	8	1,25	0,46	-
	VG 2	1	1,00	----	2	1,00	0,00	-
	VG 3	2	1,00	0,00	7	1,43	0,53	0,285
	VG gesamt	3	1,00	0,00	17	1,29	0,47	0,290
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	5	1,00	0,00	-
	H-Test (p)		----			0,317		
	U-Test (p)		----			0,178		
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	-
	VG 2	0	----	----	0	----	----	-
	VG 3	0	----	----	0	----	----	-
	VG gesamt	0	----	----	0	----	----	-
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	-
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	2	1,00	0,00	2	1,50	0,71	0,317
	VG 2	0	----	----	0	----	----	-
	VG 3	0	----	----	1	1,00	----	-
	VG gesamt	2	1,00	0,00	3	1,33	0,58	0,414
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	-
	H-Test (p)		----			0,480		
	U-Test (p)		----			----		
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	1	2,00	----	3	1,00	0,00	-
	VG 2	0	----	----	1	1,00	----	-
	VG 3	0	----	----	3	1,00	0,00	-
	VG gesamt	1	2,00	----	7	1,00	0,00	-
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	1	1,00	----	-
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Schwanzspitze	VG 1	27	1,19	0,40	40	1,38	0,49	0,098
	VG 2	7	1,14	0,38	8	1,25	0,46	0,617
	VG 3	31	1,13	0,34	39	1,31	0,52	0,117
	VG gesamt	65	1,15	0,36	87	1,33	0,50	0,017
	<i>Kontrolle</i>	12	1,33	0,49	20	1,40	0,60	0,851
	H-Test (p)		0,480			0,816		
	U-Test (p)		0,141			0,732		
Gesamt	VG 1	30	1,20	0,41	42	1,36	0,46	0,102
	VG 2	7	1,14	0,38	9	1,22	0,44	0,696
	VG 3	32	1,13	0,34	40	1,29	0,48	0,067
	VG gesamt	69	1,16	0,37	91	1,31	0,46	0,013
	<i>Kontrolle</i>	12	1,33	0,49	20	1,33	0,54	0,926
	H-Test (p)		0,456			0,749		
	U-Test (p)		0,155			0,939		

Schädigungsschwere Flossenrisse

		Statuserhebung			Nachuntersuchung I			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Brustflosse	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,22	0,51	0,012
	VG 2	11	0,09	0,30	11	0,18	0,40	0,317
	VG 3	48	0,04	0,20	48	0,21	0,54	0,042
	VG gesamt	105	0,03	0,17	105	0,21	0,51	0,001
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,17	0,38	0,043
	H-Test (p)			0,178				0,991
	U-Test (p)			0,351				0,967
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	-
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	-
	VG 3	48	0,00	0,00	48	0,00	0,00	-
	VG gesamt	105	0,00	0,00	105	0,00	0,00	-
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	-
	H-Test (p)			----			----	
	U-Test (p)			----			----	
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,04	0,21	46	0,07	0,33	0,655
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	-
	VG 3	48	0,00	0,00	48	0,02	0,14	0,317
	VG gesamt	105	0,02	0,14	105	0,04	0,24	0,423
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	-
	H-Test (p)			0,273			0,595	
	U-Test (p)			0,448			0,351	
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,04	0,29	46	0,07	0,25	0,715
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,09	0,30	0,317
	VG 3	48	0,00	0,00	48	0,06	0,24	0,109
	VG gesamt	105	0,02	0,20	105	0,07	0,25	0,161
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,03	0,18	0,317
	H-Test (p)			0,586			0,898	
	U-Test (p)			0,593			0,497	
Schwanzspitze	VG 1	46	0,70	0,66	46	1,20	0,65	0,000
	VG 2	11	0,73	0,65	11	0,91	0,70	0,180
	VG 3	48	0,73	0,61	48	1,06	0,70	0,001
	VG gesamt	105	0,71	0,63	105	1,10	0,68	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,53	0,73	30	0,93	0,83	0,002
	H-Test (p)			0,436			0,305	
	U-Test (p)			0,108			0,200	
Gesamt	VG 1	46	0,78	0,66	46	1,54	0,91	0,000
	VG 2	11	0,82	0,75	11	1,18	0,75	0,068
	VG 3	48	0,77	0,63	48	1,35	1,06	0,000
	VG gesamt	105	0,78	0,65	105	1,42	0,97	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,53	0,73	30	1,13	1,04	0,000
	H-Test (p)			0,257			0,252	
	U-Test (p)			0,045			0,146	

Anzahl Schädigungsbereiche Einblutungen

		Statuserhebung			Nachuntersuchung I			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,02	0,15	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	48	0,13	0,49	48	0,00	0,00	0,109
	VG gesamt	105	0,07	0,35	105	0,01	0,10	0,109
	<i>Kontrolle</i>	30	0,13	0,51	30	0,00	0,00	0,180
	H-Test (p)			0,605			0,586	
	U-Test (p)			0,495			0,593	
Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	48	0,04	0,29	48	0,00	0,00	0,317
	VG gesamt	105	0,02	0,20	105	0,00	0,00	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)			0,612			----	
	U-Test (p)			0,593			----	
Flossen Vorderkörper	VG 1	46	0,04	0,29	46	0,02	0,15	0,655
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,09	0,30	0,317
	VG 3	48	0,06	0,24	48	0,13	0,39	0,109
	VG gesamt	105	0,05	0,25	105	0,08	0,30	0,345
	<i>Kontrolle</i>	30	0,07	0,25	30	0,13	0,35	0,361
	H-Test (p)			0,637			0,310	
	U-Test (p)			0,514			0,250	
Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	48	0,04	0,29	48	0,00	0,00	0,317
	VG gesamt	105	0,02	0,20	105	0,00	0,00	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)			0,612			----	
	U-Test (p)			0,593			----	
Flossen Hinterkörper	VG 1	46	0,39	0,80	46	0,89	0,99	0,002
	VG 2	11	0,18	0,60	11	0,18	0,60	----
	VG 3	48	0,81	0,98	48	1,06	1,00	0,210
	VG gesamt	105	0,56	0,90	105	0,90	0,99	0,004
	<i>Kontrolle</i>	30	0,93	1,01	30	0,47	0,86	0,038
	H-Test (p)			0,014			0,008	
	U-Test (p)			0,057			0,033	
Schwanzspitze	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,09	0,41	0,180
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	48	0,00	0,00	48	0,00	0,00	----
	VG gesamt	105	0,00	0,00	105	0,04	0,27	0,180
	<i>Kontrolle</i>	30	0,07	0,37	30	0,07	0,37	----
	H-Test (p)			0,321			0,484	
	U-Test (p)			0,061			0,641	
Gesamt	VG 1	46	0,46	0,94	46	1,02	1,31	0,002
	VG 2	11	0,18	0,60	11	0,27	0,65	0,317
	VG 3	48	1,08	1,30	48	1,19	1,14	0,732
	VG gesamt	105	0,71	1,14	105	1,02	1,20	0,027
	<i>Kontrolle</i>	30	1,20	1,16	30	0,67	1,03	0,034
	H-Test (p)			0,002			0,042	
	U-Test (p)			0,019			0,160	

Mittlerer Schädigungsgrad Einblutungen

		Statuserhebung			Nachuntersuchung I			U-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	1	1,00	----	1	1,00	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	3	1,00	0,00	0	----	----	----
	VG gesamt	4	1,00	0,00	1	1,00	----	----
	<i>Kontrolle</i>	2	1,25	0,35	0	----	----	----
	H-Test (p)		0,368			----		
U-Test (p)		0,157			----			
Vorderkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	1	1,00	----	0	----	----	----
	VG gesamt	1	1,00	----	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		----			----		
U-Test (p)		----			----			
Flossen Vorderkörper	VG 1	1	1,00	----	1	1,00	----	----
	VG 2	0	----	----	1	1,00	----	----
	VG 3	3	1,00	0,00	5	1,30	0,45	0,242
	VG gesamt	4	1,00	0,00	7	1,21	0,39	0,262
	<i>Kontrolle</i>	2	1,50	0,71	4	1,50	1,00	0,784
	H-Test (p)		0,368			0,836		
U-Test (p)		0,157			0,904			
Hinterkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	1	1,00	----	0	----	----	----
	VG gesamt	1	1,00	----	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		----			----		
U-Test (p)		----			----			
Flossen Hinterkörper	VG 1	9	1,56	0,88	21	1,00	0,00	0,006
	VG 2	1	1,00	----	1	1,00	----	----
	VG 3	20	1,15	0,37	26	1,12	0,33	0,733
	VG gesamt	30	1,27	0,58	48	1,06	0,24	0,059
	<i>Kontrolle</i>	14	1,00	0,00	7	1,00	0,00	----
	H-Test (p)		0,130			0,324		
U-Test (p)		0,076			0,500			
Schwanzspitze	VG 1	0	----	----	2	1,50	0,71	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	0	----	----	----
	VG gesamt	0	----	----	2	1,50	0,71	----
	<i>Kontrolle</i>	1	1,00	----	1	2,00	----	----
	H-Test (p)		----			0,480		
U-Test (p)		----			----			
Gesamt	VG 1	10	1,50	0,85	21	1,02	0,07	0,042
	VG 2	1	1,00	----	2	1,00	0,00	----
	VG 3	23	1,12	0,31	27	1,15	0,34	0,625
	VG gesamt	34	1,23	0,54	50	1,09	0,26	0,385
	<i>Kontrolle</i>	17	1,05	0,14	10	1,17	0,36	0,465
	H-Test (p)		0,432			0,423		
U-Test (p)		0,468			0,481			

Schädigungsschwere Einblutungen

		Statuserhebung			Nachuntersuchung I			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,02	0,15	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	48	0,13	0,49	48	0,00	0,00	0,109
	VG gesamt	105	0,07	0,35	105	0,01	0,10	0,109
	<i>Kontrolle</i>	30	0,17	0,65	30	0,00	0,00	0,180
	H-Test (p)		0,604			0,586		
	U-Test (p)		0,481			0,593		
Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	48	0,04	0,29	48	0,00	0,00	0,317
	VG gesamt	105	0,02	0,20	105	0,00	0,00	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		0,612			----		
	U-Test (p)		0,593			----		
Flossen Vorderkörper	VG 1	46	0,04	0,29	46	0,02	0,15	0,655
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,09	0,30	0,317
	VG 3	48	0,06	0,24	48	0,17	0,56	0,068
	VG gesamt	105	0,05	0,25	105	0,10	0,40	0,205
	<i>Kontrolle</i>	30	0,10	0,40	30	0,20	0,61	0,225
	H-Test (p)		0,632			0,303		
	U-Test (p)		0,495			0,241		
Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	48	0,04	0,29	48	0,00	0,00	0,317
	VG gesamt	105	0,02	0,20	105	0,00	0,00	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		0,612			----		
	U-Test (p)		0,593			----		
Flossen Hinterkörper	VG 1	46	0,61	1,45	46	0,89	0,99	0,182
	VG 2	11	0,18	0,60	11	0,18	0,60	----
	VG 3	48	0,94	1,23	48	1,19	1,21	0,243
	VG gesamt	105	0,71	1,30	105	0,95	1,10	0,074
	<i>Kontrolle</i>	30	0,93	1,01	30	0,47	0,86	0,038
	H-Test (p)		0,027			0,006		
	U-Test (p)		0,107			0,029		
Schwanzspitze	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,13	0,65	0,180
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	48	0,00	0,00	48	0,00	0,00	----
	VG gesamt	105	0,00	0,00	105	0,06	0,43	0,180
	<i>Kontrolle</i>	30	0,07	0,37	30	0,13	0,73	0,317
	H-Test (p)		0,321			0,486		
	U-Test (p)		0,061			0,634		
Gesamt	VG 1	46	0,67	1,52	46	1,07	1,50	0,140
	VG 2	11	0,18	0,60	11	0,27	0,65	0,317
	VG 3	48	1,21	1,50	48	1,35	1,41	0,641
	VG gesamt	105	0,87	1,47	105	1,11	1,42	0,155
	<i>Kontrolle</i>	30	1,27	1,26	30	0,80	1,35	0,079
	H-Test (p)		0,004			0,037		
	U-Test (p)		0,032			0,185		

Ergebnisse der statistischen Auswertung zu möglichen Folgeschäden durch den Fang mittels Aalschokker (Nachuntersuchung I vs. Nachuntersuchung II)

Legende: VG = Versuchsgruppe, N = Anzahl der Tiere, SD = Standardabweichung, (p) = p-Wert (Signifikanz)

Schädigungsschwere Verpilzungen und Parasitierungen (allg. Parameter)

		Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Verpilzungen	VG 1	46	0,04	0,21	46	0,15	0,36	0,043
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,27	0,45	0,012
	VG gesamt	87	0,02	0,15	87	0,17	0,38	0,001
	<i>Kontrolle</i>	30	0,13	0,35	30	0,23	0,50	0,401
	H-Test (p)			0,095			0,240	
	U-Test (p)			0,019			0,683	
Parasiten	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,22	0,47	0,008
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,18	0,40	0,180
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,63	0,76	0,001
	VG gesamt	87	0,01	0,11	87	0,36	0,61	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,13	0,35	30	0,90	0,88	0,001
	H-Test (p)			0,036			0,000	
	U-Test (p)			0,005			0,000	

Anzahl Schädigungsbereiche Hautläsionen

		Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II			WILCOXON- Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	46	1,17	0,95	46	1,13	0,93	0,879
	VG 2	11	1,45	0,52	11	1,36	0,81	0,753
	VG 3	30	1,33	1,03	30	1,33	1,12	0,955
	VG gesamt	87	1,26	0,93	87	1,23	0,98	0,787
	<i>Kontrolle</i>	30	1,40	1,00	30	0,93	0,91	0,013
	H-Test (p)		0,783			0,344		
	U-Test (p)		0,596			0,136		
Vorderkörper	VG 1	46	1,00	0,87	46	1,09	0,78	0,494
	VG 2	11	1,36	0,67	11	1,64	0,67	0,225
	VG 3	30	1,23	0,82	30	0,93	0,87	0,028
	VG gesamt	87	1,13	0,83	87	1,10	0,82	0,815
	<i>Kontrolle</i>	30	1,13	0,90	30	1,03	0,89	0,445
	H-Test (p)		0,536			0,106		
	U-Test (p)		0,926			0,629		
Hinterkörper	VG 1	46	1,35	0,82	46	1,41	0,93	0,625
	VG 2	11	1,82	0,60	11	1,45	0,82	0,201
	VG 3	30	1,63	0,61	30	1,50	0,78	0,142
	VG gesamt	87	1,51	0,75	87	1,45	0,86	0,403
	<i>Kontrolle</i>	30	1,60	0,62	30	1,40	0,77	0,093
	H-Test (p)		0,142			0,932		
	U-Test (p)		0,710			0,866		
Schwanzspitze	VG 1	46	1,70	0,59	46	1,74	0,53	0,575
	VG 2	11	1,64	0,81	11	1,64	0,81	----
	VG 3	30	1,80	0,48	30	1,73	0,58	0,463
	VG gesamt	87	1,72	0,58	87	1,72	0,58	0,975
	<i>Kontrolle</i>	30	1,77	0,57	30	1,77	0,50	1,000
	H-Test (p)		0,846			0,998		
	U-Test (p)		0,655			0,873		
Gesamt	VG 1	46	5,22	2,08	46	5,37	2,17	0,724
	VG 2	11	6,27	1,27	11	6,09	1,64	0,917
	VG 3	30	6,00	1,64	30	5,50	1,76	0,043
	VG gesamt	87	5,62	1,88	87	5,51	1,97	0,375
	<i>Kontrolle</i>	30	5,90	2,43	30	5,13	2,26	0,018
	H-Test (p)		0,253			0,695		
	U-Test (p)		0,325			0,514		

Mittlerer Schädigungsgrad Hautläsionen

		Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II			U-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	31	1,05	0,17	33	1,10	0,24	0,356
	VG 2	11	1,00	0,00	9	1,00	0,00	----
	VG 3	23	1,07	0,22	22	1,08	0,18	0,627
	VG gesamt	65	1,05	0,17	64	1,08	0,20	0,279
	<i>Kontrolle</i>	24	1,04	0,14	19	1,11	0,27	0,429
	H-Test (p)		0,679			0,600		
	U-Test (p)		0,896			0,918		
Vorderkörper	VG 1	29	1,00	0,00	34	1,00	0,00	----
	VG 2	10	1,05	0,16	10	1,00	0,00	0,317
	VG 3	23	1,00	0,00	18	1,03	0,12	0,258
	VG gesamt	62	1,01	0,06	62	1,01	0,06	1,000
	<i>Kontrolle</i>	20	1,00	0,00	20	1,04	0,13	0,152
	H-Test (p)		0,066			0,256		
	U-Test (p)		0,570			0,087		
Hinterkörper	VG 1	36	1,11	0,38	36	1,09	0,35	0,959
	VG 2	10	1,00	0,00	9	1,00	0,00	----
	VG 3	28	1,00	0,00	26	1,08	0,23	0,067
	VG gesamt	74	1,05	0,27	71	1,07	0,28	0,330
	<i>Kontrolle</i>	28	1,04	0,19	25	1,00	0,00	0,345
	H-Test (p)		0,175			0,251		
	U-Test (p)		0,711			0,105		
Schwanzspitze	VG 1	43	1,15	0,32	44	1,32	0,53	0,167
	VG 2	9	1,33	0,43	9	1,72	0,67	0,178
	VG 3	29	1,10	0,25	28	1,20	0,37	0,394
	VG gesamt	81	1,15	0,31	81	1,32	0,51	0,044
	<i>Kontrolle</i>	28	1,32	0,51	29	1,33	0,54	0,962
	H-Test (p)		0,143			0,052		
	U-Test (p)		0,112			0,997		
Gesamt	VG 1	46	1,10	0,19	45	1,16	0,24	0,142
	VG 2	11	1,10	0,14	11	1,18	0,18	0,219
	VG 3	30	1,04	0,08	30	1,10	0,15	0,286
	VG gesamt	87	1,08	0,16	86	1,14	0,21	0,031
	<i>Kontrolle</i>	30	1,11	0,19	30	1,19	0,39	0,687
	H-Test (p)		0,638			0,510		
	U-Test (p)		0,367			0,946		

Schädigungsschwere Hautläsionen

		Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II			WILCOXON- Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	46	1,26	1,12	46	1,28	1,22	1,000
	VG 2	11	1,45	0,52	11	1,36	0,81	0,753
	VG 3	30	1,43	1,19	30	1,47	1,31	0,887
	VG gesamt	87	1,34	1,09	87	1,36	1,20	0,988
	<i>Kontrolle</i>	30	1,47	1,07	30	1,10	1,30	0,103
	H-Test (p)		0,808			0,418		
	U-Test (p)		0,557			0,140		
Vorderkörper	VG 1	46	1,00	0,87	46	1,09	0,78	0,494
	VG 2	11	1,45	0,82	11	1,64	0,67	0,463
	VG 3	30	1,23	0,82	30	0,97	0,93	0,059
	VG gesamt	87	1,14	0,85	87	1,11	0,84	0,818
	<i>Kontrolle</i>	30	1,13	0,90	30	1,10	1,03	0,824
	H-Test (p)		0,458			0,134		
	U-Test (p)		0,963			0,690		
Hinterkörper	VG 1	46	1,52	1,17	46	1,57	1,24	0,778
	VG 2	11	1,82	0,60	11	1,45	0,82	0,201
	VG 3	30	1,63	0,61	30	1,60	0,86	0,767
	VG gesamt	87	1,60	0,95	87	1,56	1,06	0,597
	<i>Kontrolle</i>	30	1,67	0,76	30	1,40	0,77	0,052
	H-Test (p)		0,411			0,831		
	U-Test (p)		0,779			0,589		
Schwanzspitze	VG 1	46	1,98	0,95	46	2,35	1,30	0,009
	VG 2	11	2,18	1,33	11	2,82	1,83	0,063
	VG 3	30	2,00	0,74	30	2,07	0,94	0,650
	VG gesamt	87	2,01	0,93	87	2,31	1,28	0,003
	<i>Kontrolle</i>	30	2,37	1,27	30	2,40	1,30	0,799
	H-Test (p)		0,468			0,429		
	U-Test (p)		0,184			0,831		
Gesamt	VG 1	46	5,76	2,56	46	6,28	3,02	0,129
	VG 2	11	6,91	1,76	11	7,27	2,65	0,554
	VG 3	30	6,30	1,88	30	6,10	2,29	0,677
	VG gesamt	87	6,09	2,27	87	6,34	2,74	0,247
	<i>Kontrolle</i>	30	6,63	3,08	30	6,00	2,94	0,104
	H-Test (p)		0,385			0,650		
	U-Test (p)		0,310			0,599		

Anzahl Schädigungsbereiche Flossenrisse

		Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Brustflosse	VG 1	46	0,17	0,38	46	0,48	0,59	0,001
	VG 2	11	0,18	0,40	11	0,45	0,69	0,180
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,57	0,68	0,001
	VG gesamt	87	0,13	0,33	87	0,51	0,63	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,17	0,38	30	0,30	0,47	0,262
	H-Test (p)		0,303			0,457		
	U-Test (p)		0,582			0,137		
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,04	0,21	46	0,09	0,28	0,180
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,18	0,40	0,180
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,13	0,35	0,225
	VG gesamt	87	0,03	0,18	87	0,11	0,32	0,038
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,10	0,31	0,109
	H-Test (p)		0,632			0,799		
	U-Test (p)		0,305			0,823		
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,07	0,25	46	0,17	0,38	0,091
	VG 2	11	0,09	0,30	11	0,09	0,30	1,000
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,07	0,25	0,180
	VG gesamt	87	0,05	0,21	87	0,13	0,33	0,062
	<i>Kontrolle</i>	30	0,03	0,18	30	0,13	0,35	0,109
	H-Test (p)		0,462			0,572		
	U-Test (p)		0,769			0,923		
Schwanzspitze	VG 1	46	0,87	0,34	46	0,72	0,46	0,038
	VG 2	11	0,73	0,47	11	0,91	0,30	0,180
	VG 3	30	0,87	0,35	30	0,77	0,43	0,310
	VG gesamt	87	0,85	0,36	87	0,76	0,43	0,098
	<i>Kontrolle</i>	30	0,67	0,48	30	0,73	0,45	0,180
	H-Test (p)		0,115			0,609		
	U-Test (p)		0,030			0,783		
Gesamt	VG 1	46	1,15	0,63	46	1,46	0,98	0,037
	VG 2	11	1,00	0,63	11	1,64	0,92	0,093
	VG 3	30	0,93	0,45	30	1,53	0,82	0,003
	VG gesamt	87	1,06	0,58	87	1,51	0,91	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,87	0,73	30	1,27	0,69	0,016
	H-Test (p)		0,279			0,608		
	U-Test (p)		0,155			0,214		

Mittlerer Schädigungsgrad Flossenrisse

		Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II			U-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Brustflosse	VG 1	8	1,25	0,46	20	1,15	0,33	0,670
	VG 2	2	1,00	0,00	4	1,75	0,96	0,273
	VG 3	1	1,00	----	14	1,00	0,00	----
	VG gesamt	11	1,18	0,40	38	1,16	0,42	0,823
	<i>Kontrolle</i>	5	1,00	0,00	9	1,11	0,33	0,456
	H-Test (p)			0,543			0,061	
	U-Test (p)			0,324			0,743	
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	0	----	----	----
	VG gesamt	0	----	----	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)			----			----	
U-Test (p)			----			----		
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	2	1,50	0,71	4	1,25	0,50	0,576
	VG 2	0	----	----	2	1,00	0,00	----
	VG 3	1	1,00	----	4	1,00	0,00	----
	VG gesamt	3	1,33	0,58	10	1,10	0,32	0,345
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	3	1,00	0,00	----
H-Test (p)			0,480			0,522		
U-Test (p)			----			0,584		
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	3	1,00	0,00	8	1,00	0,00	----
	VG 2	1	1,00	----	1	2,00	----	----
	VG 3	0	----	----	2	1,00	0,00	----
	VG gesamt	4	1,00	0,00	11	1,09	0,30	0,546
	<i>Kontrolle</i>	1	1,00	----	4	1,00	0,00	----
H-Test (p)			----			0,003		
U-Test (p)			----			0,546		
Schwanzspitze	VG 1	40	1,38	0,49	33	1,45	0,51	0,495
	VG 2	8	1,25	0,46	10	1,40	0,52	0,514
	VG 3	26	1,31	0,55	23	1,39	0,58	0,567
	VG gesamt	74	1,34	0,50	66	1,42	0,53	0,305
	<i>Kontrolle</i>	20	1,40	0,60	22	1,41	0,59	0,940
	H-Test (p)			0,823			0,919	
U-Test (p)			0,756			0,791		
Gesamt	VG 1	42	1,36	0,46	39	1,32	0,42	0,804
	VG 2	9	1,22	0,44	11	1,55	0,65	0,194
	VG 3	26	1,29	0,53	28	1,23	0,46	0,895
	VG gesamt	77	1,32	0,48	78	1,32	0,48	0,844
	<i>Kontrolle</i>	20	1,33	0,54	27	1,25	0,40	0,818
	H-Test (p)			0,706			0,321	
U-Test (p)			0,970			0,592		

Schädigungsschwere Flossenrisse

		Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Brustflosse	VG 1	46	0,22	0,51	46	0,57	0,78	0,001
	VG 2	11	0,18	0,40	11	0,73	1,10	0,109
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,57	0,68	0,001
	VG gesamt	87	0,15	0,42	87	0,59	0,79	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,17	0,38	30	0,33	0,55	0,203
	H-Test (p)			0,298			0,522	
	U-Test (p)			0,619			0,139	
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)			----			----	
	U-Test (p)			----			----	
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,07	0,33	46	0,11	0,38	0,180
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,18	0,40	0,180
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,13	0,35	0,225
	VG gesamt	87	0,05	0,26	87	0,13	0,37	0,038
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,10	0,31	0,109
	H-Test (p)			0,631			0,816	
	U-Test (p)			0,305			0,810	
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,07	0,25	46	0,17	0,38	0,091
	VG 2	11	0,09	0,30	11	0,18	0,60	0,655
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,07	0,25	0,180
	VG gesamt	87	0,05	0,21	87	0,14	0,38	0,050
	<i>Kontrolle</i>	30	0,03	0,18	30	0,13	0,35	0,109
	H-Test (p)			0,462			0,595	
	U-Test (p)			0,769			0,940	
Schwanzspitze	VG 1	46	1,20	0,65	46	1,04	0,79	0,112
	VG 2	11	0,91	0,70	11	1,27	0,65	0,068
	VG 3	30	1,13	0,68	30	1,07	0,78	0,610
	VG gesamt	87	1,14	0,67	87	1,08	0,77	0,433
	<i>Kontrolle</i>	30	0,93	0,83	30	1,03	0,81	0,225
	H-Test (p)			0,294			0,801	
	U-Test (p)			0,143			0,705	
Gesamt	VG 1	46	1,54	0,91	46	1,89	1,39	0,043
	VG 2	11	1,18	0,75	11	2,36	1,12	0,018
	VG 3	30	1,20	0,76	30	1,83	0,99	0,003
	VG gesamt	87	1,38	0,85	87	1,93	1,23	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	1,13	1,04	30	1,60	1,04	0,012
	H-Test (p)			0,190			0,274	
	U-Test (p)			0,160			0,161	

Anzahl Schädigungsbereiche Einblutungen

		Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,00	0,00	0,317
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,01	0,11	87	0,00	0,00	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,03	0,18	0,317
	H-Test (p)		0,672			0,407		
	U-Test (p)		0,557			0,089		
Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Flossen Vorderkörper	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,02	0,15	1,000
	VG 2	11	0,09	0,30	11	0,00	0,00	0,317
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,10	0,40	0,423
	VG gesamt	87	0,03	0,18	87	0,05	0,26	0,753
	<i>Kontrolle</i>	30	0,13	0,35	30	0,10	0,31	0,686
	H-Test (p)		0,204			0,394		
	U-Test (p)		0,050			0,170		
Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Flossen Hinterkörper	VG 1	46	0,89	0,99	46	0,70	0,96	0,414
	VG 2	11	0,18	0,60	11	0,45	0,82	0,180
	VG 3	30	0,93	1,01	30	1,20	1,13	0,262
	VG gesamt	87	0,82	0,98	87	0,84	1,03	0,872
	<i>Kontrolle</i>	30	0,47	0,86	30	0,60	0,93	0,361
	H-Test (p)		0,036			0,077		
	U-Test (p)		0,084			0,274		
Schwanzspitze	VG 1	46	0,09	0,41	46	0,00	0,00	0,180
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,07	0,37	0,317
	VG gesamt	87	0,05	0,30	87	0,02	0,21	0,593
	<i>Kontrolle</i>	30	0,07	0,37	30	0,00	0,00	0,317
	H-Test (p)		0,632			0,407		
	U-Test (p)		0,758			0,557		
Gesamt	VG 1	46	1,02	1,31	46	0,72	0,96	0,339
	VG 2	11	0,27	0,65	11	0,45	0,82	0,423
	VG 3	30	0,97	1,07	30	1,37	1,25	0,117
	VG gesamt	87	0,91	1,18	87	0,91	1,10	0,724
	<i>Kontrolle</i>	30	0,67	1,03	30	0,73	0,98	0,726
	H-Test (p)		0,194			0,047		
	U-Test (p)		0,364			0,524		

Mittlerer Schädigungsgrad Einblutungen

		Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II			U-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	1	1,00	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	0	----	----	----
	VG gesamt	1	1,00	----	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	1	1,00	----	----
	H-Test (p)		----			----		
U-Test (p)		----			----			
Vorderkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	0	----	----	----
	VG gesamt	0	----	----	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		----			----		
U-Test (p)		----			----			
Flossen Vorderkörper	VG 1	1	1,00	----	1	1,00	----	----
	VG 2	1	1,00	----	0	----	----	----
	VG 3	1	1,00	----	2	1,00	0,00	----
	VG gesamt	3	1,00	0,00	3	1,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	4	1,50	1,00	3	1,00	0,00	0,386
	H-Test (p)		0,861			----		
U-Test (p)		0,386			----			
Hinterkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	0	----	----	----
	VG gesamt	0	----	----	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		----			----		
U-Test (p)		----			----			
Flossen Hinterkörper	VG 1	21	1,00	0,00	16	1,06	0,25	0,252
	VG 2	1	1,00	----	3	1,00	0,00	----
	VG 3	14	1,07	0,27	17	1,12	0,33	0,670
	VG gesamt	36	1,03	0,17	36	1,08	0,28	0,307
	<i>Kontrolle</i>	7	1,00	0,00	9	1,11	0,33	0,378
	H-Test (p)		0,558			0,886		
U-Test (p)		0,659			0,796			
Schwanzspitze	VG 1	2	1,50	0,71	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	1	1,00	----	----
	VG gesamt	2	1,50	0,71	1	1,00	----	----
	<i>Kontrolle</i>	1	2,00	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		0,480			----		
U-Test (p)		----			----			
Gesamt	VG 1	21	1,02	0,07	17	1,06	0,24	0,850
	VG 2	2	1,00	0,00	3	1,00	0,00	----
	VG 3	14	1,07	0,27	18	1,09	0,28	0,735
	VG gesamt	37	1,04	0,17	38	1,07	0,25	0,650
	<i>Kontrolle</i>	10	1,17	0,36	12	1,08	0,29	0,472
	H-Test (p)		0,503			0,908		
U-Test (p)		0,140			0,942			

Schädigungsschwere Einblutungen

		Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,00	0,00	0,317
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,01	0,11	87	0,00	0,00	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,03	0,18	0,317
	H-Test (p)		0,672			0,407		
	U-Test (p)		0,557			0,089		
Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Flossen Vorderkörper	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,02	0,15	1,000
	VG 2	11	0,09	0,30	11	0,00	0,00	0,317
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,10	0,40	0,423
	VG gesamt	87	0,03	0,18	87	0,05	0,26	0,753
	<i>Kontrolle</i>	30	0,20	0,61	30	0,10	0,31	0,500
	H-Test (p)		0,198			0,394		
	U-Test (p)		0,047			0,170		
Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Flossen Hinterkörper	VG 1	46	0,89	0,99	46	0,74	1,06	0,543
	VG 2	11	0,18	0,60	11	0,45	0,82	0,180
	VG 3	30	1,00	1,14	30	1,33	1,32	0,248
	VG gesamt	87	0,84	1,03	87	0,91	1,17	0,682
	<i>Kontrolle</i>	30	0,47	0,86	30	0,67	1,09	0,225
	H-Test (p)		0,034			0,069		
	U-Test (p)		0,080			0,291		
Schwanzspitze	VG 1	46	0,13	0,65	46	0,00	0,00	0,180
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,07	0,37	0,317
	VG gesamt	87	0,07	0,48	87	0,02	0,21	0,423
	<i>Kontrolle</i>	30	0,13	0,73	30	0,00	0,00	0,317
	H-Test (p)		0,634			0,407		
	U-Test (p)		0,750			0,557		
Gesamt	VG 1	46	1,07	1,50	46	0,76	1,06	0,434
	VG 2	11	0,27	0,65	11	0,45	0,82	0,423
	VG 3	30	1,03	1,19	30	1,50	1,46	0,152
	VG gesamt	87	0,95	1,33	87	0,98	1,24	0,667
	<i>Kontrolle</i>	30	0,80	1,35	30	0,80	1,13	0,889
	H-Test (p)		0,214			0,049		
	U-Test (p)		0,426			0,559		

Anzahl Schädigungsbereiche Abtrennungen (fehlende Flossenstückchen)

		Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Brustflosse	VG 1	46	0,04	0,21	46	0,04	0,21	1,000
	VG 2	11	0,09	0,30	11	0,09	0,30	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,03	0,18	0,317
	VG gesamt	87	0,03	0,18	87	0,05	0,21	0,593
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		0,261			0,525		
	U-Test (p)		0,305			0,234		
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,03	0,18	0,317
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,01	0,11	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			0,407		
	U-Test (p)		----			0,557		
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Schwanzspitze	VG 1	46	0,04	0,21	46	0,07	0,25	0,686
	VG 2	11	0,09	0,30	11	0,00	0,00	0,317
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,17	0,38	0,068
	VG gesamt	87	0,05	0,21	87	0,09	0,29	0,262
	<i>Kontrolle</i>	30	0,03	0,18	30	0,17	0,38	0,068
	H-Test (p)		0,862			0,241		
	U-Test (p)		0,769			0,264		
Gesamt	VG 1	46	0,09	0,28	46	0,11	0,31	0,735
	VG 2	11	0,18	0,40	11	0,09	0,30	0,317
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,23	0,43	0,028
	VG gesamt	87	0,08	0,27	87	0,15	0,36	0,158
	<i>Kontrolle</i>	30	0,03	0,18	30	0,17	0,38	0,068
	H-Test (p)		0,308			0,470		
	U-Test (p)		0,380			0,822		

Mittlerer Schädigungsgrad Abtrennungen (fehlende Flossenstückchen)

		Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II			U-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Brustflosse	VG 1	2	1,00	0,00	2	1,00	0,00	----
	VG 2	1	1,00	----	1	1,00	----	----
	VG 3	0	----	----	1	1,00	----	----
	VG gesamt	3	1,00	0,00	4	1,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	0	----	----	----
	VG gesamt	0	----	----	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	1	1,00	----	----
	VG gesamt	0	----	----	1	1,00	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	0	----	----	----
	VG gesamt	0	----	----	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Schwanzspitze	VG 1	2	1,00	0,00	3	1,00	0,00	----
	VG 2	1	1,00	----	0	----	----	----
	VG 3	1	1,00	----	5	1,00	0,00	----
	VG gesamt	4	1,00	0,00	8	1,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	1	1,00	----	5	1,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Gesamt	VG 1	4	1,00	0,00	5	1,00	0,00	----
	VG 2	2	1,00	0,00	1	1,00	----	----
	VG 3	1	1,00	----	7	1,00	0,00	----
	VG gesamt	7	1,00	0,00	13	1,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	1	1,00	----	5	1,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		

Schädigungsschwere Abtrennungen (fehlende Flossenstückchen)

		Nachuntersuchung I			Nachuntersuchung II			WILCOXON- Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Brustflosse	VG 1	46	0,04	0,21	46	0,04	0,21	1,000
	VG 2	11	0,09	0,30	11	0,09	0,30	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,03	0,18	0,317
	VG gesamt	87	0,03	0,18	87	0,05	0,21	0,593
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)			0,261			0,525	
	U-Test (p)			0,305			0,234	
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)			----			----	
	U-Test (p)			----			----	
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,03	0,18	0,317
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,01	0,11	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)			----			0,407	
	U-Test (p)			----			0,557	
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)			----			----	
	U-Test (p)			----			----	
Schwanzspitze	VG 1	46	0,04	0,21	46	0,07	0,25	0,686
	VG 2	11	0,09	0,30	11	0,00	0,00	0,317
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,17	0,38	0,068
	VG gesamt	87	0,05	0,21	87	0,09	0,29	0,262
	<i>Kontrolle</i>	30	0,03	0,18	30	0,17	0,38	0,068
	H-Test (p)			0,862			0,241	
	U-Test (p)			0,769			0,264	
Gesamt	VG 1	46	0,09	0,28	46	0,11	0,31	0,735
	VG 2	11	0,18	0,40	11	0,09	0,30	0,317
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,23	0,43	0,028
	VG gesamt	87	0,08	0,27	87	0,15	0,36	0,158
	<i>Kontrolle</i>	30	0,03	0,18	30	0,17	0,38	0,068
	H-Test (p)			0,308			0,470	
	U-Test (p)			0,380			0,822	

Ergebnisse der statistischen Auswertung zu den Gesamtschäden durch den Fang mittels Aalschokker (Stuserhebung vs. Nachuntersuchung II)

Legende: VG = Versuchsgruppe, N = Anzahl der Tiere, SD = Standardabweichung, (p) = p-Wert (Signifikanz)

Schädigungsschwere Verpilzungen und Parasitierungen (allg. Parameter)

		Stuserhebung			Nachuntersuchung II			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Verpilzungen	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,15	0,36	0,018
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,27	0,45	0,038
	VG gesamt	87	0,01	0,11	87	0,17	0,38	0,002
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,23	0,50	0,028
	H-Test (p)			0,407			0,240	
	U-Test (p)			0,557			0,683	
Parasiten	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,22	0,47	0,008
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,18	0,40	0,180
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,63	0,76	0,001
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,36	0,61	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,90	0,88	0,000
	H-Test (p)			----			0,000	
	U-Test (p)			----			0,000	

Anzahl Schädigungsbereiche Hautläsionen

		Statuserhebung			Nachuntersuchung II			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	46	0,30	0,59	46	1,13	0,93	0,000
	VG 2	11	0,27	0,65	11	1,36	0,81	0,012
	VG 3	30	0,37	0,61	30	1,33	1,12	0,000
	VG gesamt	87	0,32	0,60	87	1,23	0,98	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,40	0,77	30	0,93	0,91	0,001
	H-Test (p)			0,913			0,344	
U-Test (p)			0,944			0,136		
Vorderkörper	VG 1	46	0,07	0,25	46	1,09	0,78	0,000
	VG 2	11	0,64	0,81	11	1,64	0,67	0,018
	VG 3	30	0,70	0,88	30	0,93	0,87	0,182
	VG gesamt	87	0,36	0,68	87	1,10	0,82	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,57	0,77	30	1,03	0,89	0,005
	H-Test (p)			0,000			0,106	
U-Test (p)			0,115			0,629		
Hinterkörper	VG 1	46	1,00	1,01	46	1,41	0,93	0,003
	VG 2	11	1,09	0,83	11	1,45	0,82	0,178
	VG 3	30	1,30	1,09	30	1,50	0,78	0,396
	VG gesamt	87	1,11	1,02	87	1,45	0,86	0,003
	<i>Kontrolle</i>	30	1,40	0,86	30	1,40	0,77	0,878
	H-Test (p)			0,235			0,960	
U-Test (p)			0,108			0,797		
Schwanzspitze	VG 1	46	0,65	0,92	46	1,74	0,53	0,000
	VG 2	11	1,55	0,82	11	1,64	0,81	0,655
	VG 3	30	1,73	0,58	30	1,73	0,58	1,000
	VG gesamt	87	1,14	0,95	87	1,72	0,58	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	1,77	0,63	30	1,77	0,50	1,000
	H-Test (p)			0,000			0,998	
U-Test (p)			0,001			0,873		
Gesamt	VG 1	46	2,02	1,67	46	5,37	2,17	0,000
	VG 2	11	3,55	2,07	11	6,09	1,64	0,008
	VG 3	30	4,10	1,86	30	5,50	1,76	0,000
	VG gesamt	87	2,93	2,02	87	5,51	1,97	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	4,13	1,87	30	5,13	2,26	0,006
	H-Test (p)			0,000			0,693	
U-Test (p)			0,003			0,501		

Mittlerer Schädigungsgrad Hautläsionen

		Statuserhebung			Nachuntersuchung II			U-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	11	1,23	0,41	33	1,10	0,24	0,408
	VG 2	2	1,00	0,00	9	1,00	0,00	----
	VG 3	9	1,06	0,17	22	1,08	0,18	0,658
	VG gesamt	22	1,14	0,32	64	1,08	0,20	0,666
	<i>Kontrolle</i>	7	1,00	0,00	19	1,11	0,27	0,274
	H-Test (p)		0,357		0,600			
	U-Test (p)		0,234		0,918			
Vorderkörper	VG 1	3	1,33	0,58	34	1,00	0,00	0,001
	VG 2	5	1,10	0,22	10	1,00	0,00	0,157
	VG 3	13	1,00	0,00	18	1,03	0,12	0,395
	VG gesamt	21	1,07	0,24	62	1,01	0,06	0,092
	<i>Kontrolle</i>	12	1,08	0,29	20	1,04	0,13	0,939
	H-Test (p)		0,256		0,256			
	U-Test (p)		0,940		0,087			
Hinterkörper	VG 1	26	1,32	0,58	36	1,09	0,35	0,085
	VG 2	8	1,00	0,00	9	1,00	0,00	----
	VG 3	20	1,00	0,00	26	1,08	0,23	0,120
	VG gesamt	54	1,15	0,43	71	1,07	0,28	0,506
	<i>Kontrolle</i>	23	1,13	0,34	25	1,00	0,00	0,065
	H-Test (p)		0,034		0,251			
	U-Test (p)		0,962		0,105			
Schwanzspitze	VG 1	16	1,13	0,29	44	1,32	0,53	0,242
	VG 2	9	1,28	0,44	9	1,72	0,67	0,101
	VG 3	28	1,07	0,22	28	1,20	0,37	0,150
	VG gesamt	53	1,12	0,29	81	1,32	0,51	0,018
	<i>Kontrolle</i>	27	1,22	0,58	29	1,33	0,54	0,154
	H-Test (p)		0,456		0,052			
	U-Test (p)		0,981		0,997			
Gesamt	VG 1	35	1,21	0,38	45	1,16	0,24	0,852
	VG 2	10	1,16	0,24	11	1,18	0,18	0,502
	VG 3	30	1,05	0,15	30	1,10	0,15	0,079
	VG gesamt	75	1,14	0,30	86	1,14	0,21	0,145
	<i>Kontrolle</i>	28	1,13	0,36	30	1,19	0,39	0,097
	H-Test (p)		0,134		0,510			
	U-Test (p)		0,321		0,946			

Schädigungsschwere Hautläsionen

		Statuserhebung			Nachuntersuchung II			WILCOXON- Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	46	0,37	0,74	46	1,28	1,22	0,000
	VG 2	11	0,27	0,65	11	1,36	0,81	0,012
	VG 3	30	0,40	0,72	30	1,47	1,31	0,000
	VG gesamt	87	0,37	0,72	87	1,36	1,20	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,40	0,77	30	1,10	1,30	0,001
	H-Test (p)			0,922			0,418	
	U-Test (p)			0,977			0,140	
Vorderkörper	VG 1	46	0,09	0,35	46	1,09	0,78	0,000
	VG 2	11	0,73	1,01	11	1,64	0,67	0,030
	VG 3	30	0,70	0,88	30	0,97	0,93	0,142
	VG gesamt	87	0,38	0,74	87	1,11	0,84	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,63	0,96	30	1,10	1,03	0,011
	H-Test (p)			0,001			0,134	
	U-Test (p)			0,120			0,690	
Hinterkörper	VG 1	46	1,41	1,88	46	1,57	1,24	0,247
	VG 2	11	1,09	0,83	11	1,45	0,82	0,178
	VG 3	30	1,30	1,09	30	1,60	0,86	0,170
	VG gesamt	87	1,33	1,53	87	1,56	1,06	0,040
	<i>Kontrolle</i>	30	1,60	1,16	30	1,40	0,77	0,327
	H-Test (p)			0,407			0,848	
	U-Test (p)			0,119			0,531	
Schwanzspitze	VG 1	46	0,74	1,10	46	2,35	1,30	0,000
	VG 2	11	2,00	1,34	11	2,82	1,83	0,066
	VG 3	30	1,87	0,78	30	2,07	0,94	0,308
	VG gesamt	87	1,29	1,18	87	2,31	1,28	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	2,17	1,34	30	2,40	1,30	0,125
	H-Test (p)			0,000			0,429	
	U-Test (p)			0,003			0,831	
Gesamt	VG 1	46	2,61	2,66	46	6,28	3,02	0,000
	VG 2	11	4,09	2,39	11	7,27	2,65	0,006
	VG 3	30	4,27	1,93	30	6,10	2,29	0,000
	VG gesamt	87	3,37	2,51	87	6,34	2,74	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	4,80	3,08	30	6,00	2,94	0,024
	H-Test (p)			0,000			0,647	
	U-Test (p)			0,022			0,582	

Anzahl Schädigungsbereiche Flossenrisse

		Statuserhebung			Nachuntersuchung II			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Brustflosse	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,48	0,59	0,000
	VG 2	11	0,09	0,30	11	0,45	0,69	0,109
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,57	0,68	0,002
	VG gesamt	87	0,02	0,15	87	0,51	0,63	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,30	0,47	0,008
	H-Test (p)		0,150			0,457		
	U-Test (p)		0,404			0,137		
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,04	0,21	46	0,09	0,28	0,361
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,18	0,40	0,180
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,13	0,35	0,068
	VG gesamt	87	0,02	0,15	87	0,11	0,32	0,025
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,10	0,31	0,109
	H-Test (p)		0,374			0,799		
	U-Test (p)		0,404			0,823		
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,17	0,38	0,018
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,09	0,30	0,317
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,07	0,25	0,180
	VG gesamt	87	0,01	0,11	87	0,13	0,33	0,005
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,13	0,35	0,068
	H-Test (p)		0,672			0,572		
	U-Test (p)		0,557			0,923		
Schwanzspitze	VG 1	46	0,59	0,50	46	0,72	0,46	0,187
	VG 2	11	0,64	0,50	11	0,91	0,30	0,109
	VG 3	30	0,70	0,47	30	0,77	0,43	0,575
	VG gesamt	87	0,63	0,49	87	0,76	0,43	0,074
	<i>Kontrolle</i>	30	0,40	0,50	30	0,73	0,45	0,005
	H-Test (p)		0,121			0,609		
	U-Test (p)		0,027			0,783		
Gesamt	VG 1	46	0,65	0,48	46	1,46	0,98	0,000
	VG 2	11	0,73	0,65	11	1,64	0,92	0,028
	VG 3	30	0,73	0,52	30	1,53	0,82	0,001
	VG gesamt	87	0,69	0,51	87	1,51	0,91	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,40	0,50	30	1,27	0,69	0,000
	H-Test (p)		0,067			0,608		
	U-Test (p)		0,009			0,214		

Mittlerer Schädigungsgrad Flossenrisse

		Statuserhebung			Nachuntersuchung II			U-Test
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	(p-Wert)
Brustflosse	VG 1	0	----	----	20	1,15	0,33	----
	VG 2	1	1,00	----	4	1,75	0,96	----
	VG 3	1	1,00	----	14	1,00	0,00	----
	VG gesamt	2	1,00	0,00	38	1,16	0,42	0,549
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	9	1,11	0,33	----
	H-Test (p)		----			0,061		
	U-Test (p)		----			0,743		
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	0	----	----	----
	VG gesamt	0	----	----	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	2	1,00	0,00	4	1,25	0,50	0,480
	VG 2	0	----	----	2	1,00	0,00	----
	VG 3	0	----	----	4	1,00	0,00	----
	VG gesamt	2	1,00	0,00	10	1,10	0,32	0,655
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	3	1,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			0,522		
	U-Test (p)		----			0,584		
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	1	2,00	----	8	1,00	0,00	----
	VG 2	0	----	----	1	2,00	----	----
	VG 3	0	----	----	2	1,00	0,00	----
	VG gesamt	1	2,00	----	11	1,09	0,30	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	4	1,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			0,003		
	U-Test (p)		----			0,546		
Schwanzspitze	VG 1	27	1,19	0,40	33	1,45	0,51	0,029
	VG 2	7	1,14	0,38	10	1,40	0,52	0,267
	VG 3	21	1,14	0,36	23	1,39	0,58	0,111
	VG gesamt	55	1,16	0,37	66	1,42	0,53	0,003
	<i>Kontrolle</i>	12	1,33	0,49	22	1,41	0,59	0,795
	H-Test (p)		0,585			0,919		
	U-Test (p)		0,181			0,791		
Gesamt	VG 1	30	1,20	0,41	39	1,32	0,42	0,132
	VG 2	7	1,14	0,38	11	1,55	0,65	0,120
	VG 3	21	1,14	0,36	28	1,23	0,46	0,319
	VG gesamt	58	1,17	0,38	78	1,32	0,48	0,021
	<i>Kontrolle</i>	12	1,33	0,49	27	1,25	0,40	0,770
	H-Test (p)		0,598			0,321		
	U-Test (p)		0,208			0,592		

Schädigungsschwere Flossenrisse

		Statuserhebung			Nachuntersuchung II			WILCOXON- Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Brustflosse	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,57	0,78	0,000
	VG 2	11	0,09	0,30	11	0,73	1,10	0,109
	VG 3	30	0,03	0,18	30	0,57	0,68	0,002
	VG gesamt	87	0,02	0,15	87	0,59	0,79	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,33	0,55	0,008
	H-Test (p)		0,150			0,522		
	U-Test (p)		0,404			0,139		
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,04	0,21	46	0,11	0,38	0,273
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,18	0,40	0,180
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,13	0,35	0,068
	VG gesamt	87	0,02	0,15	87	0,13	0,37	0,022
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,10	0,31	0,109
	H-Test (p)		0,374			0,816		
	U-Test (p)		0,404			0,810		
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,04	0,29	46	0,17	0,38	0,059
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,18	0,60	0,317
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,07	0,25	0,180
	VG gesamt	87	0,02	0,21	87	0,14	0,38	0,014
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,13	0,35	0,068
	H-Test (p)		0,672			0,595		
	U-Test (p)		0,557			0,940		
Schwanzspitze	VG 1	46	0,70	0,66	46	1,04	0,79	0,007
	VG 2	11	0,73	0,65	11	1,27	0,65	0,028
	VG 3	30	0,80	0,61	30	1,07	0,78	0,088
	VG gesamt	87	0,74	0,64	87	1,08	0,77	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,53	0,73	30	1,03	0,81	0,001
	H-Test (p)		0,322			0,801		
	U-Test (p)		0,089			0,705		
Gesamt	VG 1	46	0,78	0,66	46	1,89	1,39	0,000
	VG 2	11	0,82	0,75	11	2,36	1,12	0,008
	VG 3	30	0,83	0,65	30	1,83	0,99	0,000
	VG gesamt	87	0,80	0,66	87	1,93	1,23	0,000
	<i>Kontrolle</i>	30	0,53	0,73	30	1,60	1,04	0,000
	H-Test (p)		0,218			0,274		
	U-Test (p)		0,038			0,161		

Anzahl Schädigungsbereiche Einblutungen

		Statuserhebung			Nachuntersuchung II			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,00	0,00	0,317
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,13	0,51	30	0,00	0,00	0,180
	VG gesamt	87	0,06	0,32	87	0,00	0,00	0,109
	<i>Kontrolle</i>	30	0,13	0,51	30	0,03	0,18	0,180
	H-Test (p)		0,596			0,407		
	U-Test (p)		0,444			0,089		
Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,07	0,37	30	0,00	0,00	0,317
	VG gesamt	87	0,02	0,21	87	0,00	0,00	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		0,407			----		
	U-Test (p)		0,557			----		
Flossen Vorderkörper	VG 1	46	0,04	0,29	46	0,02	0,15	0,655
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,10	0,40	0,180
	VG gesamt	87	0,02	0,21	87	0,05	0,26	0,584
	<i>Kontrolle</i>	30	0,07	0,25	30	0,10	0,31	0,686
	H-Test (p)		0,385			0,394		
	U-Test (p)		0,106			0,170		
Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,07	0,37	30	0,00	0,00	0,317
	VG gesamt	87	0,02	0,21	87	0,00	0,00	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		0,407			----		
	U-Test (p)		0,557			----		
Flossen Hinterkörper	VG 1	46	0,39	0,80	46	0,70	0,96	0,112
	VG 2	11	0,18	0,60	11	0,45	0,82	0,180
	VG 3	30	0,97	1,00	30	1,20	1,13	0,266
	VG gesamt	87	0,56	0,90	87	0,84	1,03	0,034
	<i>Kontrolle</i>	30	0,93	1,01	30	0,60	0,93	0,091
	H-Test (p)		0,006			0,077		
	U-Test (p)		0,066			0,274		
Schwanzspitze	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,07	0,37	0,317
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,02	0,21	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,07	0,37	30	0,00	0,00	0,317
	H-Test (p)		0,407			0,407		
	U-Test (p)		0,089			0,557		
Gesamt	VG 1	46	0,46	0,94	46	0,72	0,96	0,163
	VG 2	11	0,18	0,60	11	0,45	0,82	0,180
	VG 3	30	1,23	1,33	30	1,37	1,25	0,583
	VG gesamt	87	0,69	1,12	87	0,91	1,10	0,131
	<i>Kontrolle</i>	30	1,20	1,16	30	0,73	0,98	0,012
	H-Test (p)		0,001			0,047		
	U-Test (p)		0,016			0,524		

Mittlerer Schädigungsgrad Einblutungen

		Statuserhebung			Nachuntersuchung II			U-Test
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	(p-Wert)
Kopf	VG 1	1	1,00	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	2	1,00	0,00	0	----	----	----
	VG gesamt	3	1,00	0,00	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	2	1,25	0,35	1	1,00	----	----
	H-Test (p)			0,472			----	
U-Test (p)			0,221			----		
Vorderkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	1	1,00	----	0	----	----	----
	VG gesamt	1	1,00	----	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)			----			----	
U-Test (p)			----			----		
Flossen Vorderkörper	VG 1	1	1,00	----	1	1,00	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	2	1,00	0,00	----
	VG gesamt	1	1,00	----	3	1,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	2	1,50	0,71	3	1,00	0,00	0,221
	H-Test (p)			0,480			----	
U-Test (p)			----			----		
Hinterkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	1	1,00	----	0	----	----	----
	VG gesamt	1	1,00	----	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)			----			----	
U-Test (p)			----			----		
Flossen Hinterkörper	VG 1	9	1,56	0,88	16	1,06	0,25	0,069
	VG 2	1	1,00	----	3	1,00	0,00	----
	VG 3	15	1,13	0,35	17	1,12	0,33	0,895
	VG gesamt	25	1,28	0,61	36	1,08	0,28	0,165
	<i>Kontrolle</i>	14	1,00	0,00	9	1,11	0,33	0,212
	H-Test (p)			0,122			0,886	
U-Test (p)			0,078			0,796		
Schwanzspitze	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	1	1,00	----	----
	VG gesamt	0	----	----	1	1,00	----	----
	<i>Kontrolle</i>	1	1,00	----	0	----	----	----
	H-Test (p)			----			----	
U-Test (p)			----			----		
Gesamt	VG 1	10	1,50	0,85	17	1,06	0,24	0,081
	VG 2	1	1,00	----	3	1,00	0,00	----
	VG 3	16	1,13	0,34	18	1,09	0,28	0,853
	VG gesamt	27	1,26	0,59	38	1,07	0,25	0,168
	<i>Kontrolle</i>	17	1,05	0,14	12	1,08	0,29	0,834
	H-Test (p)			0,453			0,908	
U-Test (p)			0,438			0,942		

Schädigungsschwere Einblutungen

		Statuserhebung			Nachuntersuchung II			WILCOXON- Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Kopf	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,00	0,00	0,317
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,13	0,51	30	0,00	0,00	0,180
	VG gesamt	87	0,06	0,32	87	0,00	0,00	0,109
	<i>Kontrolle</i>	30	0,17	0,65	30	0,03	0,18	0,180
	H-Test (p)		0,596			0,407		
	U-Test (p)		0,433			0,089		
Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,07	0,37	30	0,00	0,00	0,317
	VG gesamt	87	0,02	0,21	87	0,00	0,00	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		0,407			----		
	U-Test (p)		0,557			----		
Flossen Vorderkörper	VG 1	46	0,04	0,29	46	0,02	0,15	0,655
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,10	0,40	0,180
	VG gesamt	87	0,02	0,21	87	0,05	0,26	0,584
	<i>Kontrolle</i>	30	0,10	0,40	30	0,10	0,31	1,000
	H-Test (p)		0,381			0,394		
	U-Test (p)		0,103			0,170		
Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,07	0,37	30	0,00	0,00	0,317
	VG gesamt	87	0,02	0,21	87	0,00	0,00	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		0,407			----		
	U-Test (p)		0,557			----		
Flossen Hinterkörper	VG 1	46	0,61	1,45	46	0,74	1,06	0,408
	VG 2	11	0,18	0,60	11	0,45	0,82	0,180
	VG 3	30	1,10	1,24	30	1,33	1,32	0,402
	VG gesamt	87	0,72	1,33	87	0,91	1,17	0,173
	<i>Kontrolle</i>	30	0,93	1,01	30	0,67	1,09	0,208
	H-Test (p)		0,011			0,069		
	U-Test (p)		0,119			0,291		
Schwanzspitze	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,07	0,37	0,317
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,02	0,21	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,07	0,37	30	0,00	0,00	0,317
	H-Test (p)		0,407			0,407		
	U-Test (p)		0,089			0,557		
Gesamt	VG 1	46	0,67	1,52	46	0,76	1,06	0,472
	VG 2	11	0,18	0,60	11	0,45	0,82	0,180
	VG 3	30	1,37	1,50	30	1,50	1,46	0,706
	VG gesamt	87	0,85	1,47	87	0,98	1,24	0,407
	<i>Kontrolle</i>	30	1,27	1,26	30	0,80	1,13	0,011
	H-Test (p)		0,002			0,049		
	U-Test (p)		0,031			0,559		

Anzahl Schädigungsbereiche Abtrennungen (fehlende Flossenstückchen)

		Statuserhebung			Nachuntersuchung II			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Brustflosse	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,04	0,21	0,180
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,09	0,30	0,317
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,03	0,18	0,317
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,05	0,21	0,068
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			0,525		
	U-Test (p)		----			0,234		
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,03	0,18	0,317
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,01	0,11	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			0,407		
	U-Test (p)		----			0,557		
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Schwanzspitze	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,07	0,25	0,361
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,17	0,38	0,043
	VG gesamt	87	0,01	0,11	87	0,09	0,29	0,038
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,17	0,38	0,043
	H-Test (p)		0,672			0,241		
	U-Test (p)		0,557			0,264		
Gesamt	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,11	0,31	0,142
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,09	0,30	0,317
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,23	0,43	0,018
	VG gesamt	87	0,01	0,11	87	0,15	0,36	0,005
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,17	0,38	0,043
	H-Test (p)		0,672			0,470		
	U-Test (p)		0,557			0,822		

Mittlerer Schädigungsgrad Abtrennungen (fehlende Flossenstückchen)

		Statuserhebung			Nachuntersuchung II			U-Test
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	(p-Wert)
Brustflosse	VG 1	0	----	----	2	1,00	0,00	----
	VG 2	0	----	----	1	1,00	----	----
	VG 3	0	----	----	1	1,00	----	----
	VG gesamt	0	----	----	4	1,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	0	----	----	----
	VG gesamt	0	----	----	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	1	1,00	----	----
	VG gesamt	0	----	----	1	1,00	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	0	----	----	0	----	----	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	0	----	----	----
	VG gesamt	0	----	----	0	----	----	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	0	----	----	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Schwanzspitze	VG 1	1	1,00	----	3	1,00	0,00	----
	VG 2	0	----	----	0	----	----	----
	VG 3	0	----	----	5	1,00	0,00	----
	VG gesamt	1	1,00	----	8	1,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	5	1,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Gesamt	VG 1	1	1,00	----	5	1,00	0,00	----
	VG 2	0	----	----	1	1,00	----	----
	VG 3	0	----	----	7	1,00	0,00	----
	VG gesamt	1	1,00	----	13	1,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	0	----	----	5	1,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		

Schädigungsschwere Abtrennungen (fehlende Flossenstückchen)

		Statuserhebung			Nachuntersuchung II			WILCOXON-Test (p-Wert)
		N	Mittelwert	SD	N	Mittelwert	SD	
Brustflosse	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,04	0,21	0,180
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,09	0,30	0,317
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,03	0,18	0,317
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,05	0,21	0,068
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			0,525		
	U-Test (p)		----			0,234		
Rückenflosse Vorderkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Afterflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,03	0,18	0,317
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,01	0,11	0,317
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			0,407		
	U-Test (p)		----			0,557		
Rückenflosse Hinterkörper	VG 1	46	0,00	0,00	46	0,00	0,00	----
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	VG gesamt	87	0,00	0,00	87	0,00	0,00	----
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,00	0,00	----
	H-Test (p)		----			----		
	U-Test (p)		----			----		
Schwanzspitze	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,07	0,25	0,361
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,00	0,00	----
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,17	0,38	0,043
	VG gesamt	87	0,01	0,11	87	0,09	0,29	0,038
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,17	0,38	0,043
	H-Test (p)		0,672			0,241		
	U-Test (p)		0,557			0,264		
Gesamt	VG 1	46	0,02	0,15	46	0,11	0,31	0,142
	VG 2	11	0,00	0,00	11	0,09	0,30	0,317
	VG 3	30	0,00	0,00	30	0,23	0,43	0,018
	VG gesamt	87	0,01	0,11	87	0,15	0,36	0,005
	<i>Kontrolle</i>	30	0,00	0,00	30	0,17	0,38	0,043
	H-Test (p)		0,672			0,470		
	U-Test (p)		0,557			0,822		

Standardprotokoll zur Erfassung der Vitalfunktionen, Schädigungsarten und -grade der Blankaale in Anlehnung an MUELLER et al. (2017)

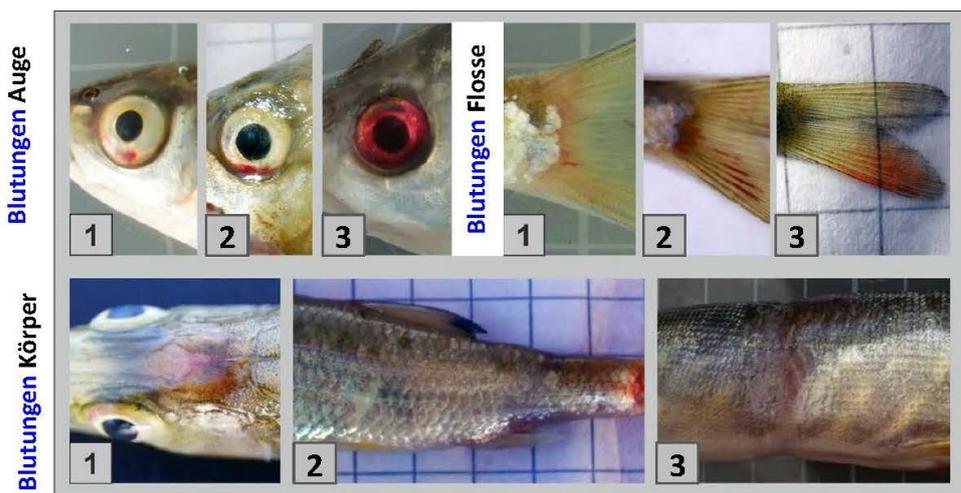
Schädigungskategorien

Parameter	1	2	3	4
Vitalität	Schwimmfähigkeit + Fluchtverhalten leicht eingeschränkt	Schwimmfähigkeit eingeschränkt Fisch schwach	Schwimmfähigkeit stark eingeschränkt oder keine Bewegung	tot
Verpilzungen	einzelne Spots < 1 %	flächig bis 30 %	flächig 30 - 70 %	flächig > 70 %
Parasiten	einzelne Parasiten < 1 %	moderater Befall bis 30 %	starker Befall 30 - 70 %	massiver Befall > 70 %

Verletzungskategorien

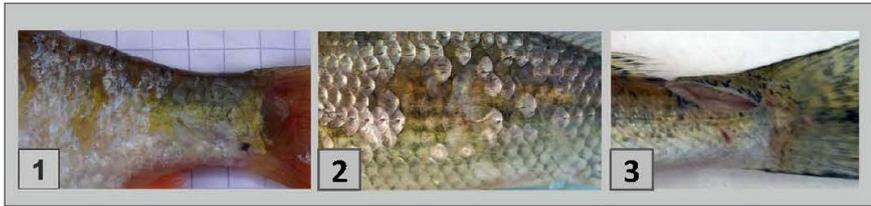


Körperteil	1	2	3
Kopf / Maul	fehlt < 50 %	fehlt 50 - 75 %	fehlt > 75 %
Augen	tritt < 50 % aus der Höhle	nur am Sehnerv > 50 %	fehlt komplett
Kiemendeckel	fehlt < 50 %	fehlt > 50 %	fehlt komplett
Flossen	fehlt < 30 %	fehlt 30 - 70 %	fehlt > 70 %
Körper	< 25 % durchtrennt Wirbelsäule nicht sichtbar	25 - 50 % durchtrennt Wirbelsäule sichtbar, intakt	komplett durchtrennt



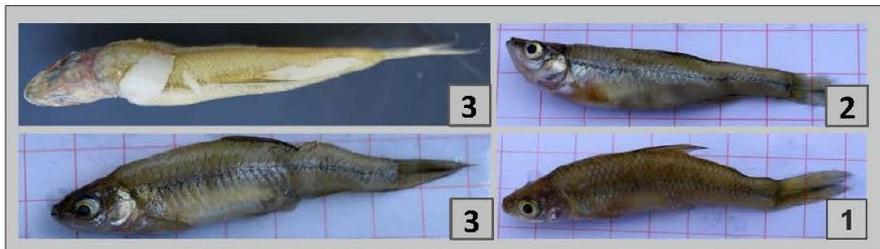
Körperteil	1	2	3
Kopf / Maul	einzelne Flecken < 5 % Oberfläche	mehrere Flecken 5 - 25 % Oberfläche	ganzes Körperteil > 25 % Oberfläche
Augen / Flossen	einzelner Fleck	mehrere Flecken	ganzes Körperteil
Kiemendeckel	< 5 % Oberfläche	5 - 25 % Oberfläche	> 25 % Oberfläche
Körper	einzelne Flecken < 5 % Oberfläche	mehrere Flecken 5 - 25 % Oberfläche	großflächige Bereiche > 25 % Oberfläche

Hautläsionen



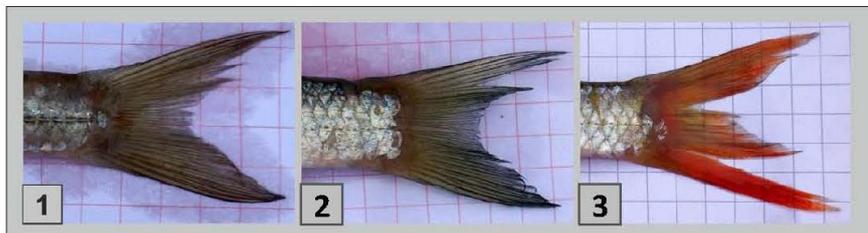
Körperteil	1	2	3
Kopf / Maul / Kiemendeckel / Körper	einzelne Läsionen < 5 % Oberfläche	großflächig oder tief 5 - 20 % Oberfläche	viele tiefe Wunden oder > 20 % Oberfläche

**Wirbelsäulen-
deformation**



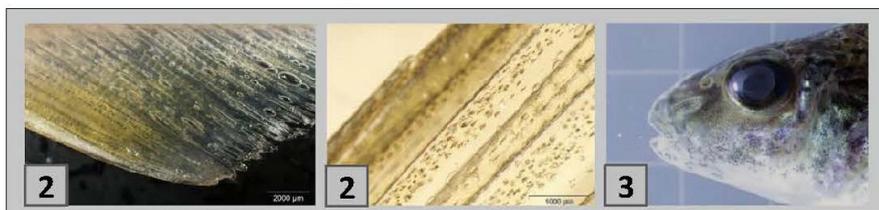
Körperteil	1	2	3
Wirbelsäule / Körper	1 Knick	2 Knicke	mehrere Knicke

Flossenrisse



Körperteil	1	2	3
Flossen	einzelne kurze Risse	>5 kurze oder 1 langer Riss	komplett zerrissen

Luftblasen



Körperteil	1	2	3
Augen	einzelne kleine Blase < 5 %	mehrere kleine oder eine mittlere Blase 5 - 25 %	mehrere mittelgroße oder eine große Blase > 25 %
Flossen	einzelne Blasen < 5 %	mehrere Blasen 5 - 25 %	Blasen zwischen allen Flossenstrahlen > 25 %

Sonstige	1	2	3
Augen	einzelner weißer Fleck < 10 %	mehrere Flecken oder Teileintrübung 10 - 50 %	Auge komplett getrübt

Beispielfotos für verschiedene Schädigungsarten und -grade bei Blankaalen



Blankaal mit Verpilzungen (einzelne Spots, Schädigungsgrad 1)



Blankaal mit typischen Symptomen einer Parasiteninfektion mit *I. multifiliis*
(einzelne weiße Pünktchen auf der Haut, Schädigungsgrad 1)



Blankaal mit einer kleineren Hautläsion am Vorderkörper (Schädigungsgrad 1)



Blankaal mit mehreren Hautläsionen auf dem Hinterkörper (Schädigungsgrad 2)



Blankaal mit zahlreichen und großflächigen Hautläsionen an der Schwanzspitze
(Schädigungsgrad 3)



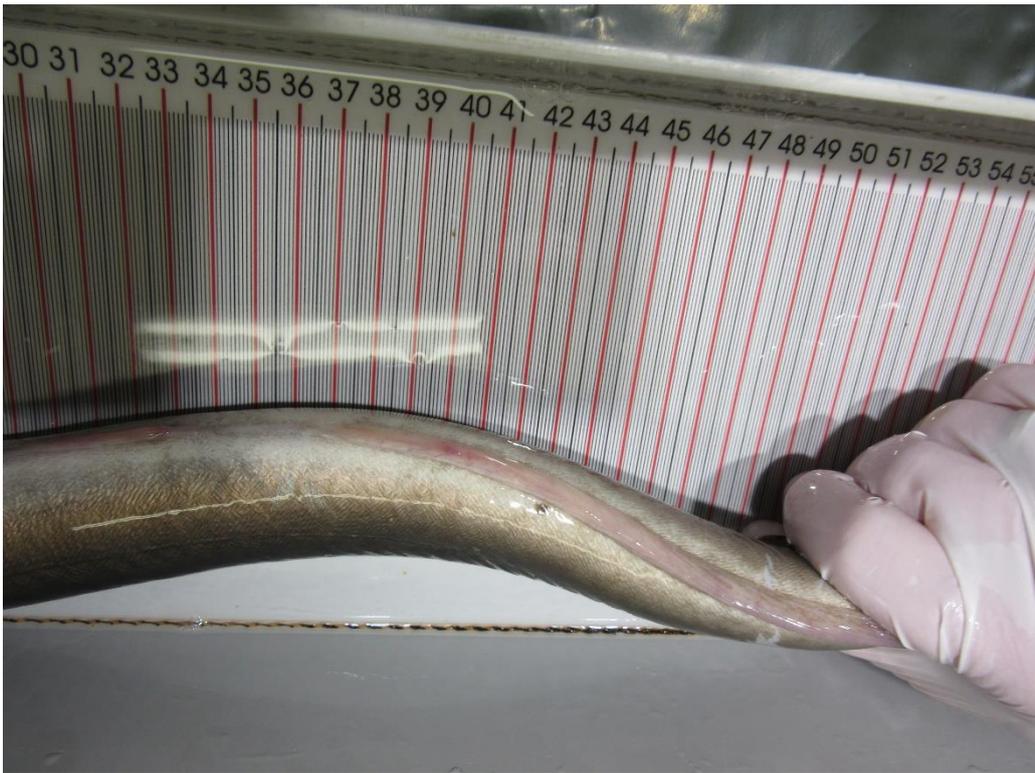
Blankaal mit Flosseneinriss an der Schwanzspitze (Schädigungsgrad 1)



Blankaal mit vielen kurzen Flosseneinrisse an der Schwanzspitze (Schadigungsgrad 2)



Blankaal mit zahlreichen, auch tiefergehenden Flosseneinrisse an der Schwanzspitze (Schadigungsgrad 3)



Blankaal mit punktueller Einblutung in die Afterflosse (Schädigungsgrad 1)



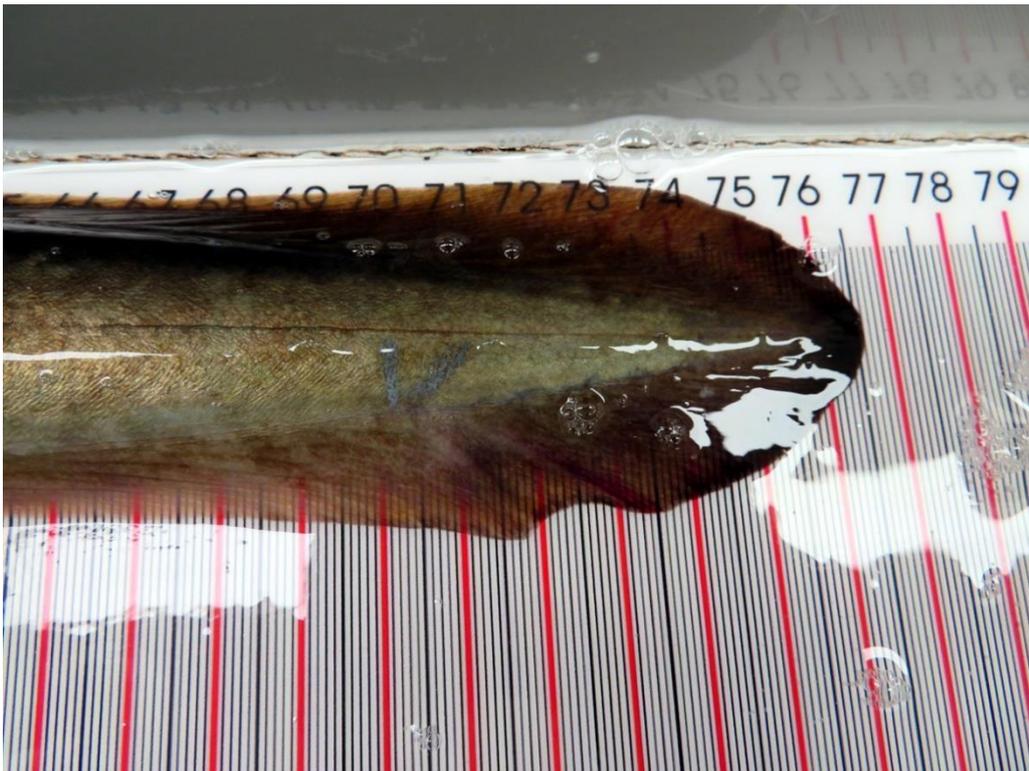
Blankaal mit mehreren punktuellen Einblutungen in die Afterflosse (Schädigungsgrad 2)



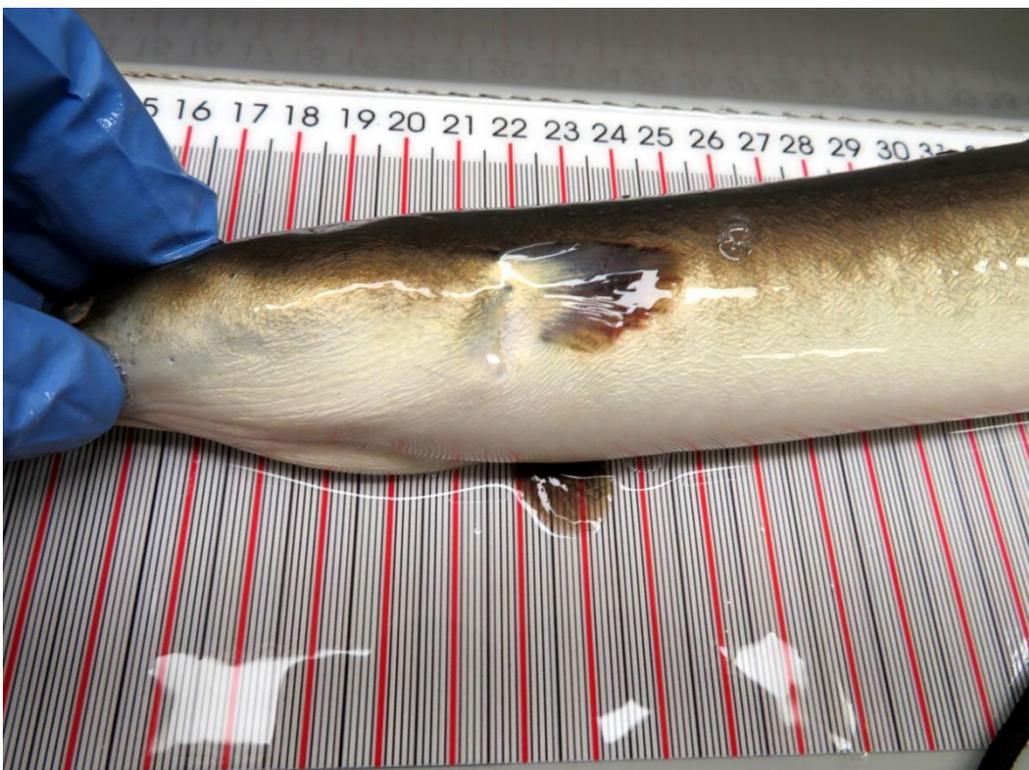
Blankaal mit großflächiger Einblutungen in die Afterflosse (Schädigungsgrad 3)



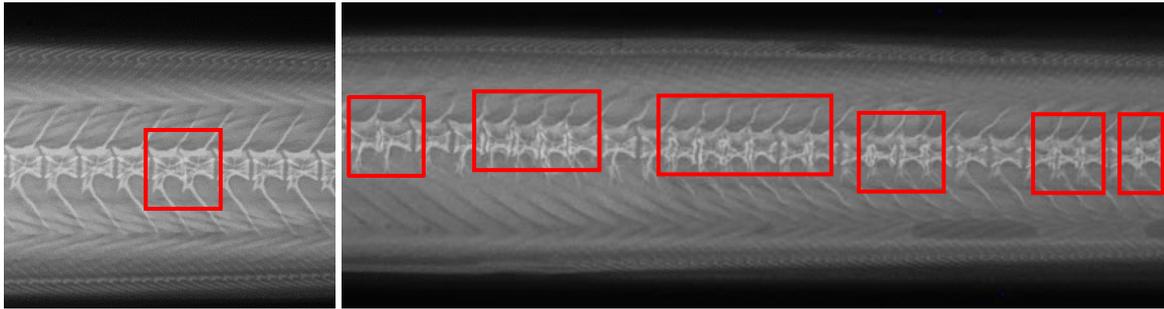
**Blankaal mit äußerlich sichtbarer Wirbelsäulendeformation
(mehrfache Knicke, Schädigungsgrad 3)**



Blankaal mit kleinerer Fehlstelle (Abtrennung) im Flossensaum der Schwanzspitze
(Schädigungsgrad 1)



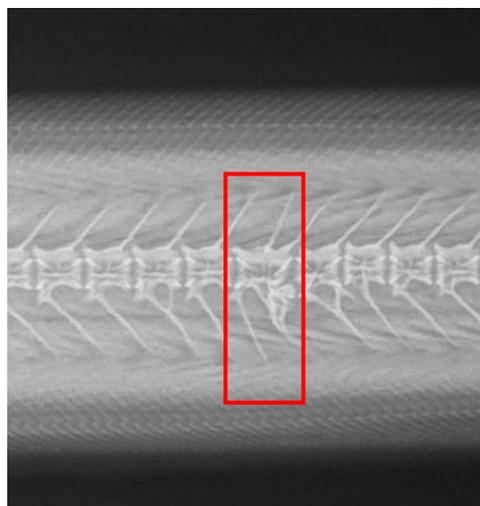
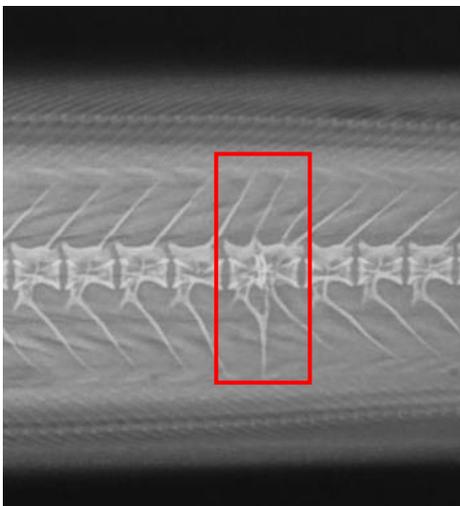
Blankaal mit großflächiger Fehlstelle (Abtrennung) an der linken Brustflosse
(> 30 % des Flossenrandes, Schädigungsgrad 2)



Stauchungen der Wirbelsäulen von Aalen

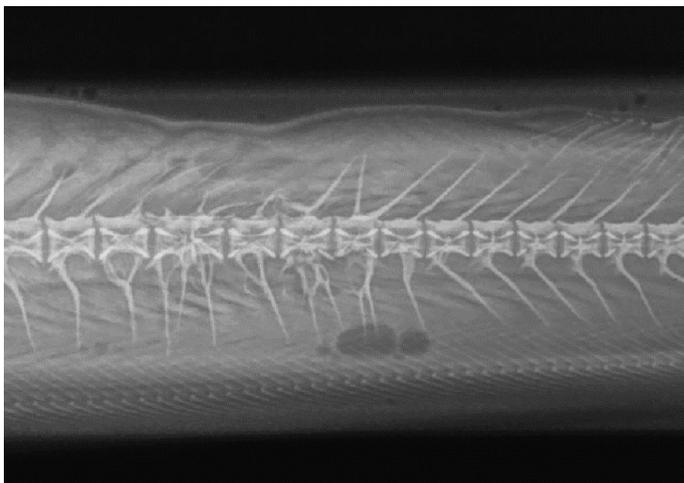
(links: Stauchung von zwei Wirbelkörpern, Schädigungsgrad 1)

(rechts: Multiple Stauchungen von Wirbelkörpern Schädigungsgrad 3)



Frakturen von Wirbelkörpern von Aalen

(in beiden Fällen sind die Fortsätze der Wirbel mitbetroffen, Schädigungsgrad 3)



Mehrfachschädigungen der Wirbelsäule eines Aal

(zu erkennen sind Frakturen der Wirbelkörper sowie der Wirbelfortsätze, Schädigungsgrad 3)