



Arbeitsgruppe für
regionale Struktur- und
Umweltforschung GmbH

The Regional Planning and
Environmental Research Group



ONyx Power Kraftwerk Wilhelmshaven

Synthesebericht zum Monitoring des Fischschutzsystems

01. Juni 2023

Erstellt im Auftrag von:

ONyx Power Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG

Auftraggeber:

ONYX Power Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG
Niedersachsendamm 10
26386 Wilhelmshaven

Vorhaben:

ONYX Power Kraftwerk Wilhelmshaven
Synthesebericht zum Monitoring des Fischschutzsystems

Stand:

01.06.2023

Auftragnehmer:**ARSU GmbH**

Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH
Escherweg 1, 26121 Oldenburg
Postfach 11 42, 26001 Oldenburg

Tel. +49 441 971 74 97

Fax +49 441 971 74 73

www.arsu.de

info@arsu.de

Bearbeiter:

Elith Wittrock, Dipl.-Biologin (Projektleitung)

Michaela Warnke, Dipl.-Landschaftsökologin

Leon Diehl, M.Sc. Landschaftsökologie

Sabrina Jung, M.Sc. Biologie

INHALTSVERZEICHNIS

1	Veranlassung, Inhalte und Zielsetzung des Syntheseberichtes.....	5
2	Beschreibung der Kühlwasserentnahme und der Fischschutzmaßnahmen.....	8
3	Das Monitoringprogramm.....	11
4	Anpassungen und Optimierungen des Fischschutzes auf Grundlage der Monitoringergebnisse.....	13
4.1	Betrieb und Optimierung der Scheuchanlagen.....	13
4.2	Optimierungsmaßnahmen an den Siebbandanlagen.....	15
4.3	Ein-Container-Lösung.....	15
4.3.1	Technische Umsetzung.....	16
4.3.2	Abfallproblematik als Konsequenz der Ein-Container-Lösung.....	17
4.3.3	Sedimentationsprozesse am End-of-Pipe.....	19
4.3.3.1	Luftbildaufnahmen.....	20
4.3.3.2	Sedimentuntersuchungen.....	22
5	Quantifizierung des Fischanfalls.....	23
5.1	Hochrechnung des Fischanfalls am ONYX-Kraftwerk für vier ausgewählte Arten.....	25
5.2	Ergebnisse der Hochrechnung.....	25
5.3	Referenzuntersuchungen zum Fischanfall am ONYX-Kraftwerk.....	28
5.3.1	Durchführung.....	28
5.3.1.1	Kühlwasserentnahme am E.ON/Uniper-Kraftwerk.....	28
5.3.1.2	Hamenbefischungen.....	30
5.3.2	Ergebnisse.....	32
5.3.2.1	Abundanz.....	32
5.3.2.2	Artenvielfalt.....	35
5.3.2.3	Längenvergleich.....	41
5.3.2.4	Saisonalität.....	42
6	Wirksamkeit des Fischschutzsystems.....	43
6.1	Lage der Kühlwasserentnahmebauwerke.....	43

6.2	Vitalität und Überlebensraten der Fische	45
6.2.1	Untersuchungen zur Vitalität der Fische im Vorbecken, Fischsammelcontainer und am End-of-Pipe	45
6.2.2	Untersuchungen zu Überlebensraten.....	47
6.2.2.1	Überlebensraten der Fische im Vorbecken (2019)	48
6.2.2.2	Überlebensraten der Fische im Fischsammelcontainer (2018)	48
6.2.2.3	Überlebensraten der Fische am End-of-Pipe (2019)	49
6.2.2.4	Vergleich mit Literaturdaten.....	49
7	Einordnung der Fischverluste in Bezug auf den Fischbestand der Jade	55
7.1	Datenbestand als Grundlage für weitergehende populationsbezogene Bewertungen	55
7.2	Spiegelung des Fischanfalls am ONYX-Kraftwerk an der Bestandssituation in der Jade	59
7.3	Relative Bewertung der Verluste in Hinsicht auf den Bestand der betroffenen Populationen	60
8	Überprüfung der erfolgten Kompensation	64
9	Fazit	66
10	Literatur	67

VERZEICHNIS DER ANHÄNGE

Anhang 1	Fischerfassungsaufwand in Hols verschiedener Monitoringprogramme zum Fischbestand im Untersuchungsraum zwischen 2005–2018.....	70
Anhang 2	Die statistische Schätzung von jährlichen Fischzahlen im Kühlwasser des Onyx Kraftwerkes an der Jade und der Vergleich der mittleren Fischdichten mit Uniper- und Hamenfischerei-Daten. BIONUM GMBH / M. MERCKER, July 1 2022	73

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Weg des Kühlwassers und System der Fischrückführung (FR: Feinrechen, SB: Siebbandanlagen, FSC: Fischesammelcontainer)	10
Abbildung 2: Der Fischesammelcontainer als „Ein-Container-Lösung“	10
Abbildung 3: Weg der Fische und des MZB von der Entnahme bis zur Rückgabe ins Ursprungsgewässer vor August 2017 und Standorte der Datenaufnahme für das Monitoring	11
Abbildung 4: Weg der Fische und des MZB von der Entnahme bis zur Rückgabe ins Ursprungsgewässer ab August 2017 und Standorte der Datenaufnahme für das Monitoring	12
Abbildung 5: Verringerung der Fallhöhe durch Einbau von Rutschen im Fischesammelcontainer	16
Abbildung 6: Anteile verschiedener Fraktionen am Gesamtfang	18
Abbildung 7: „Schillflansch“, um Schillmaterial bei Bedarf separat entsorgen zu können	20
Abbildung 8: Luftbildaufnahme aus 30 m Höhe vom Gebiet um das EoP von Januar bis Dezember 2019	21
Abbildung 9: Lage der Probenahmestandorte für die Sedimentuntersuchungen	22
Abbildung 10: Positionen der Erfassung von Fischen und Makrozoobenthos (bis August 2017)	24
Abbildung 11: Zuleitungsrinnen einmündend in den Fischesammelcontainer (ab August 2017)	25
Abbildung 12: Modell (GAM)-basierte Schätzung der Gesamtzahlen an Heringen, Sprotten, Stinten, Kleinen Seenadeln im Kühlwasser)	26
Abbildung 13: Kühlwasservolumen am ONYX-Kraftwerk während des Monitoringzeitraums von 2014–2019	27
Abbildung 14: Schätzung der Gesamtzahlen an Hering im Kühlwasser pro Jahr als Tabelle	28
Abbildung 15: Schätzung der Gesamtzahlen an Stint im Kühlwasser pro Jahr als Tabelle	28
Abbildung 16: Vergleich der Anzahl der Hols (2015–2017) am ONYX-Kraftwerk und am benachbarten E.ON/Uniper-Kraftwerk im Jahresverlauf	29
Abbildung 17: Beprobte Kühlwassermengen am ONYX-Kraftwerk und am benachbarten E.ON/Uniper-Kraftwerk	30
Abbildung 18: Vergleich der Anzahl der Hols (2014–2017) am ONYX-Kraftwerk und während der Hamenbefischung im Jahresverlauf	31

Abbildung 19: Beprobte Wassermengen am ONYX-Kraftwerk und während der Hamenbefischung.....	32
Abbildung 20: Regressionsplots für den Vergleich der mittleren Fischdichten.....	34
Abbildung 21: Stetigkeit der Arten am ONYX-Kraftwerk, am E.ON-Uniper Kraftwerk sowie in den Hamenbefischungen am Südstrand und bei Tossens.....	38
Abbildung 22: Unterschiede in der Stetigkeit am ONYX-Kraftwerk und am E.ON/Uniper-Kraftwerk.....	39
Abbildung 23: Unterschiede in der Stetigkeit am ONYX-Kraftwerk und bei den Hamenbefischungen.....	40
Abbildung 24: Längendaten der ausgewählten Fischarten Hering, Kleine Seenadel, Sprotte und Stint an den verschiedenen Fangstationen.....	41
Abbildung 25: Interanuelles Auftreten von Heringen am ONYX-Kraftwerk.....	42
Abbildung 26: Tiefenintegrierte Flächenrückstreuung der pelagischen Fischechos über die beiden Saisons 2014 und 2015.....	44
Abbildung 27: Grafik des Schwimmpontons mit dem Netzkäfig.....	46
Abbildung 28: Fangstationen verschiedener Monitoringprogramme zum Fischbestand im Untersuchungsraum.....	56
Abbildung 29: Größe, der am ONYX-Kraftwerk angefallenen Heringe.....	61
Abbildung 30: Gewicht der am Onyx-Kraftwerk angefallenen Heringe.....	62
Abbildung 31: FAO-Fanggebiete.....	62
Abbildung 32: Langjährige Rekrutierung des Herings.....	63

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Überblick über das Monitoringprogramm.....	13
Tabelle 2: Vergleich der Hol-Zahlen (2015–2017) am ONYX-Kraftwerk und am benachbarten E.ON/Uniper Kraftwerk.....	29
Tabelle 3: Parameter der Regressionsanalyse.....	33
Tabelle 4: Artenfortkommen an den unterschiedlichen Fangstationen.....	36
Tabelle 5: Bedingungen und Vorgaben der Hälterungsversuche.....	47
Tabelle 6: Überlebensraten der Untersuchungen des ONYX-Kraftwerkes 2018 und 2019 und weiterer Kraftwerke im Küsten- und Ästuarbereich der Nordsee.....	51

1 Veranlassung, Inhalte und Zielsetzung des Syntheseberichtes

Die Onyx Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG (ehemals ENGIE Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG, ehemals GDF SUEZ Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG, ehemals Electrabel Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG) hat im Bereich der Stadt Wilhelmshaven auf dem Rüstersieler Groden südlich der Niedersachsenbrücke (NSB) und des JadeWeserPorts (JWP) ein Steinkohlekraftwerk mit einer elektrischen Leistung von ca. 800 MW errichtet. Im Jahr 2013 wurde mit der Inbetriebsetzung der Anlage begonnen. Bis Oktober 2015 lief das Kraftwerk im Probetrieb, der kommerzielle Regelbetrieb wurde am 30.10.2015 aufgenommen.

Das Kraftwerk speist in das öffentliche Netz ein und leistet somit einen Beitrag zur Versorgungssicherheit in Deutschland. Zusätzlich wird der Wettbewerb auf dem deutschen Strommarkt durch ein derartiges Neubauprojekt gefördert. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens wurden die folgenden naturschutzfachlichen Unterlagen erstellt:

- eine Umweltverträglichkeitsprüfung (§ 3b UVPG) (IFEU 2007),
- die Abhandlung der Eingriffsregelung nach dem Niedersächsischen Naturschutzgesetz (NNatG §§ 7-16) (ARSU GMBH & NWP PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH 2007b),
- ein Artenschutzrechtlicher Fachbeitrag gemäß § 42 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) bzw. nach Art. 12 FFH-Richtlinie und Art. 5 Vogelschutzrichtlinie (ARSU GMBH & NWP PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH 2007b) sowie
- eine FFH-Verträglichkeitsuntersuchung gemäß § 34c NNatG (ARSU GMBH & NWP PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH 2007a)

Auf Grundlage der Prognosen dieser Gutachten wurden Beeinträchtigungen u. a. für die Schutzgüter Makrozoobenthos und Fische prognostiziert, die Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen erforderlich machten.

Zur Reduktion des Gefährdungspotenzials für Fische wurde ein Fischschutzkonzept entwickelt. Dennoch wurde prognostiziert, dass Exemplare verschiedener Fischarten durch die Kühlwasserentnahme getötet werden. Als Orientierungswert für das Ausmaß der zu erwartenden Verluste, die nicht verlässlich quantifizierbar waren, wurde auf das seinerzeit in Betrieb stehende Kohlekraftwerk der E.ON/Uniper in Wilhelmshaven verwiesen. Da sich jedoch die dortige Entnahmesituation (Lage der Entnahmestelle, bauliche Ausgestaltung des Entnahgebauwerks, Anströmgeschwindigkeiten an den Rechen) deutlich von den Gegebenheiten am ONYX-Kraftwerk unterscheidet, waren die bei E.ON/Uniper festgestellten Verluste nicht auf das geplante Kraftwerk übertragbar und dienten lediglich als Anhaltspunkt zur Abschätzung einer Größenordnung der zu erwartenden Beeinträchtigung der Fischfauna. Da nicht auszuschließen war, dass Individuen seltener oder gefährdeter Arten getötet werden

können, wurde die Beeinträchtigung hinsichtlich der Fische als erheblich im Sinne der Eingriffsregelung eingestuft (STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTSAMT OLDENBURG 2008).

Für die Errichtung des ONYX Steinkohlekraftwerkes wurde ein Beweissicherungsmonitoring zur Optimierung der Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen der durch die Kühlwasserentnahme eingesogenen Makrozoobenthos-Organismen und Fische festgeschrieben.

Die Prognose im Hinblick auf die Wirkungen auf das Makrozoobenthos wurde im Rahmen eines eigens hierzu konzipierten beweissichernden Monitorings verifiziert (Messung der Muschellarven Rekrutierung als Indikator für das Makrozoobenthos) (AQUAECOLOGY 2018).

Die 1. Teilgenehmigung sah vor, dass das Gefährdungspotenzial für Fische durch den Einsatz elektrischer und akustischer Fischeuchanlagen und die optional beantragte Installation einer Fischrückführung auf ein Mindestmaß reduziert werden sollte. Eine Fischrückführleitung war nur für den Fall vorgesehen, wenn das angeordnete Monitoring ergeben würde, dass es zu einer unerwartet hohen kraftwerksbedingten Mortalität kommt und auch nach einer Optimierung der Scheuchanlagen so weit wie möglich keine zufriedenstellende Reduktion der Fischverluste erreicht werden konnte.

Während der Errichtung des Kraftwerkes wurden dann aber bereits für die 3. TG die Errichtung einer Fischrückführleitung beantragt und genehmigt.

Damit sollte das angeordnete Monitoring folgende Fragestellungen behandeln:

- Kalibrierung der installierten Fischeuchanlagen, um ein optimales Scheuchergebnis zu erzielen
- Überprüfung der Effizienz der Fischeuchanlagen nach erfolgter Optimierung
- Quantifizierung der Biomasseverluste insgesamt (Fische und Makrozoobenthos)
- Effizienz der Fischschutzsysteme im Kühlwasserpumpenhaus getrennt nach Abreinigungsgut- und Fischrinne, Fischsammelrinne und Abreinigungsgutrinne
- Ableitung eines Risikomanagements und von Optimierungsmöglichkeiten auf Grundlage der Ergebnisse des Monitorings

Mit der Ausführungsplanung und Durchführung des Monitorings wurden Dr. Andreas Dänhardt und Dr. Ralf Vorberg, Marine Science Service, beauftragt. Unter der Federführung des NLWKN Brake-Oldenburg wurde eine begleitende Arbeitsgruppe unter Beteiligung des Staatlichen Fischereiamtes Bremerhaven, der Nationalparkverwaltung und weiterer Institutionen für das Monitoring eingerichtet, der die Ergebnisse des Monitorings jährlich in ausgewerteter Form vorgelegt wurden. Auf Basis der Ergebnisse wurde über das weitere Vorgehen und die Optimierung des Fischschutzsystems entschieden.

Die Ausführungsplanung wurde am 18.10.2012 auf dem ersten Arbeitskreistreffen in Wilhelmshaven abgestimmt, die praktischen Vorbereitungen sind im Jahr 2013 gestartet.

Seitdem wurden die Ergebnisse in jährlichen Berichten festgehalten und dem Arbeitskreis vorgestellt.

- Ausführungsplanung für die Erfolgskontrolle von Fischschutzmaßnahmen (DÄNHARDT & VORBERG o.J.)
- Erfolgskontrolle von Schutzmaßnahmen für Fische und Makrozoobenthos (DÄNHARDT *et al.* 2015; DÄNHARDT *et al.* 2016; DÄNHARDT *et al.* 2017; DÄNHARDT *et al.* 2018b; MARINE SCIENCE SERVICE 2019b, 2020a)
- Weiterführende Untersuchungen zur Optimierung des Fischschutzes (MARINE SCIENCE SERVICE 2019c, a, 2020b)

Bereits die ersten Untersuchungen innerhalb des langjährigen Monitoringprozesses haben deutlich gemacht, dass für die Erreichung eines guten Fischschutzes an verschiedenen Komponenten des ursprünglich geplanten Systems technische Verbesserungen erforderlich waren. So lag der Fokus der Arbeiten zunächst auf der Entwicklung und Umsetzung technischer Optimierungsmaßnahmen. Parallel wurden für die quantitative Erfassung der am ONYX-Kraftwerk entstehenden Fischverluste mit einem breiten Methodenspektrum kontinuierlich Daten an den verschiedenen Systembestandteilen sowie an Referenzstandorten erhoben. Die Arbeitsschritte, Methoden und Ergebnisse dieser Arbeiten werden in den o.g. Berichten dargestellt. Abschließend wird mit dem hier vorgelegten Synthesebericht eine zusammenfassende Übersicht des Monitoringprozesses und die Einordnung der ermittelten Verluste hinsichtlich ihrer Bedeutung für das Jadesystem geliefert.

Der vorliegende Synthesebericht liefert eine Übersicht über alle im Zusammenhang mit dem Monitoring durchgeführten Untersuchungen sowie ihrer Ergebnisse, wobei die Zusammenfassung auf den einzelnen Monitoringberichten der Untersuchungsjahre am ONYX-Kraftwerk basiert. Der Fokus der Ergebnisdarstellung hinsichtlich der Bewertung der Wirksamkeit des Fischschutzes und die Einordnung der ermittelten Verluste liegt auf dem aktuell eingesetzten System und erfolgt unter Berücksichtigung der umfangreichen Optimierungsmaßnahmen an dem ursprünglich vorgesehenen Fischschutzkonzept.

Inhalte und Zielsetzung des Syntheseberichtes sind somit

- die Darstellung des Fischschutzsystems und der durchgeführten Optimierungsmaßnahmen,
- einen Überblick über die Aktivitäten und Ergebnisse des Monitorings von 2013–2019 zu liefern, mit dem Ziel, darzustellen, dass durch das langjährige Monitoring eine ausreichende Datengrundlage zur Bewertung der Fischverluste vorliegt,
- die zusammenfassende Darstellung der Monitoringergebnisse mit Fokus auf das optimierte Fischschutzsystem sowie
- die Bewertung und Einordnung der zu erwartenden Fischverluste hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Fischbestand der Jade.

Für die Bewertung und Einordnung der zu erwartenden Fischverluste wurden neben der Zusammenfassung der vorliegenden Berichte auf Grundlage der im Rahmen des Monitorings ermittelten Rohdaten auch weitergehende, eigene Auswertungen durchgeführt. So erfolgten für vier ausgewählte Arten Regressionsanalysen, die eine Hochrechnung der tatsächlich am ONYX-Kraftwerk aufgetretenen Fischverluste während der Betriebsjahre von 2015–2019 sowie einen Vergleich mit Fischverlusten an Referenzstandorten erlauben (BIONUM 2022). Darüber hinaus erfolgte ein Vergleich der am ONYX-Kraftwerk und den Referenzstandortorten vorkommenden Arten sowohl hinsichtlich des Artenspektrums als auch hinsichtlich der Längensklassen und der Saisonalität (hier nur Hering).

2 Beschreibung der Kühlwasserentnahme und der Fischschutzmaßnahmen

Die Kühlwasserentnahme erfolgt in der Innenjade über zwei turmförmige, sechseckige Entnahmebauwerke aus Stahlbeton mit sechs Entnahmefenstern. Die Entnahmetürme befinden sich im Tiefwasserbereich ca. 850 m südlich der Niedersachsenbrücke und in ca. 1.150 m Entfernung vom Hochwasserschutzdeich.

Die Gewässertiefe in dem Bereich der Entnahmefenster betrug zum Zeitpunkt der Planung ca. -9,50 mNN. Die Unterkanten der Entnahmefenster wurden in der Planung 1,10 m über Grund angeordnet und befinden sich entsprechend auf -8,40 mNN. Die Einlassfenster sind mit Grobrechen mit einem Stababstand von 10 cm versehen, um große Verunreinigungen fernzuhalten.

Über eine ca. 1,3 km lange Rohrleitung fließt der Kühlwasserstrom zunächst in ein Vorbecken, von wo es durch weitere Rechenanlagen, die aus 3 Feinrechen mit einem Stababstand von 2 cm und dahinter gelagerte Siebbänder mit einer Maschenweite von 2 x 2 mm bestehen, in das Pumpenhaus gelangt.

Durch folgende Maßnahmen sollte die Minimierung und Vermeidung von Beeinträchtigungen der Fischfauna erreicht werden:

1. Lage der Entnahmebauwerke außerhalb von Tiefenbereichen, in denen eine Häufung der Fische zu erwarten ist,
2. Stababstand von 10 cm am Grobrechen, durch den ein Impingement von Fischen vermieden wird,
3. Unterkanten der Entnahmefenster 1,10 m über Grund, um bodennah sich aufhaltende Fische daran zu hindern, in das Entnahmebauwerk einzudringen,
4. Installation von elektrischen und akustischen Fischechrechanlagen vor den Grobrechen, um als verhaltenssteuernde Barrieren das Eindringen von Fischen in die Entnahmetürme zu verhindern,

5. Einhaltung einer Einsauggeschwindigkeit von $\leq 0,3$ m/s, damit Fische die Möglichkeit haben, dem Einsaugstrom zu entfliehen,
6. Installation einer Fischentnahme mit Fischrückführung.

Da nicht auszuschließen war, dass Fische, die trotz der o. g. Minimierungsmaßnahmen mit dem Kühlwassereinstrom in das Kühlwassersystem gelangen, wurde eine Fischrückführung installiert. Hierzu können Fische, die in das Vorbecken gelangt sind, entweder von den Schalengreifern der Feinrechen oder von den Schöpfrinnen der Siebbänder aufgenommen, vom Kühlwasser getrennt und über eine Rückführleitung wieder in die Jade zurückgeführt werden. An den Siebbändern erfolgen zwei Reinigungsgänge. Im ersten Schritt werden die Siebe mit geringem Druck abgespritzt und das Abspritzgut, in dem sich eventuell auch Fische befinden, wird in eine Rückführrinne übergeben. In der zweiten Reinigungsstufe wird das feine Reinigungsgut, das im Sieb verblieben ist, mit höherem Druck abgespritzt.

Bis August 2017 gelangte das Feinrechengut (FR) in den kleinen Fischsammelcontainer (FSC), das Siebgut der ersten Reinigungsstufe (Siebgut 1, SB 1) in einen großen Fischsammelcontainer und das Siebgut der zweiten Reinigungsstufe (Siebgut 2, SB 2) in einen weiteren Sammelcontainer (Abreinigungsgut-Container). Ab August 2017 wurden die drei Container durch einen großen Container (15 m³) ersetzt, in dem das Feinrechengut und das Siebgut 1 und 2 bis zur Rückführung gesammelt wurde (Abbildung 3) (DÄNHARDT *et al.* 2018b).

Die Begründung dieser Optimierungsmaßnahme wird in Kapitel 4.3 detailliert beschrieben.

Die Luftbilder (Abbildung 1 und Abbildung 2) zeigen den Weg des Kühlwassers und der Fischrückführung nach der Optimierungsmaßnahme.

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

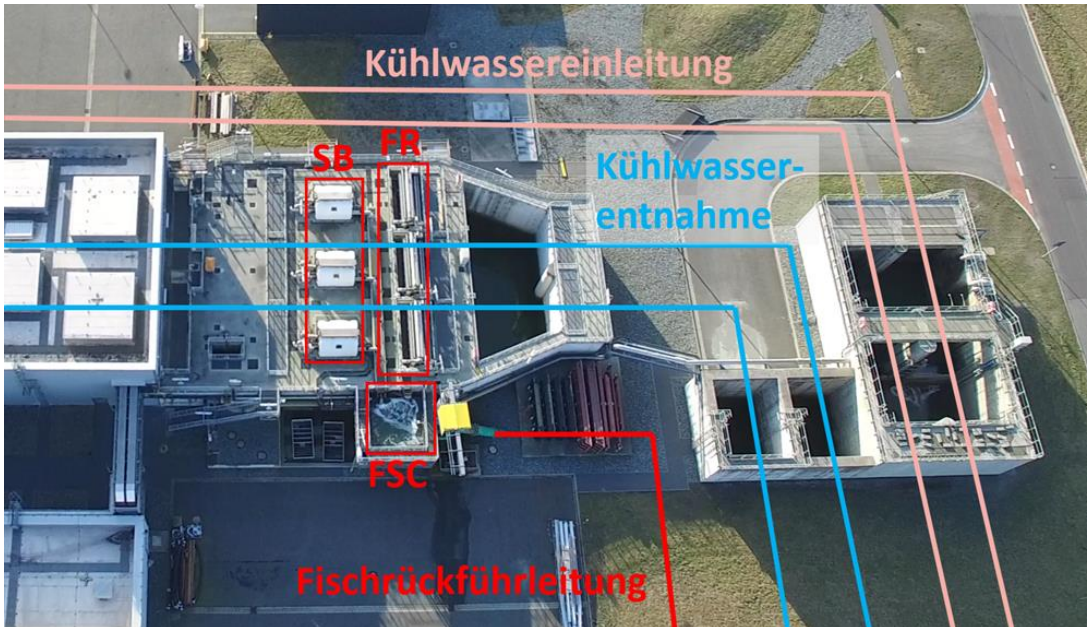


Abbildung 1: Weg des Kühlwassers und System der Fischrückführung (FR: Feinrechen, SB: Siebbandanlagen, FSC: Fischeammelcontainer)

Quelle: ARBEITSKREIS FISCHSCHUTZ (2019, verändert)

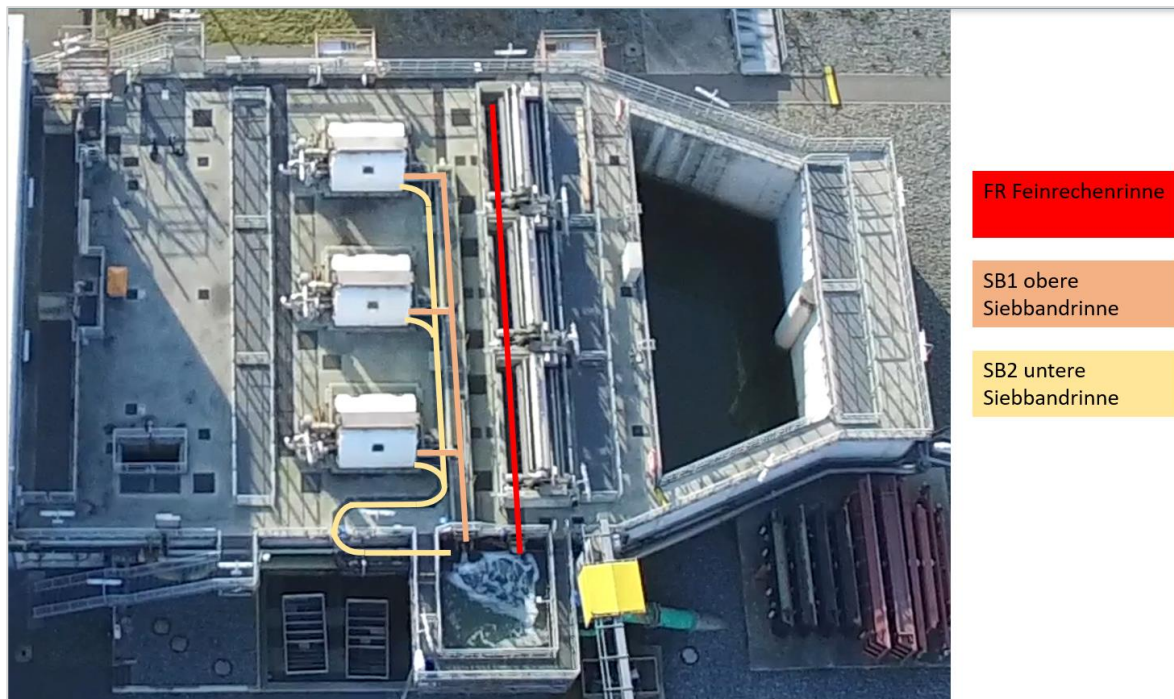


Abbildung 2: Der Fischeammelcontainer als „Ein-Container-Lösung“

Quelle: Präsentation Arbeitskreis Fischschutz 29.05.2019 – Fischschutz - Monitoring, Optimierung, Erfolgskontrolle

3 Das Monitoringprogramm

Das Monitoring war so ausgelegt, dass die Effektivität des Fischschutzsystems an den verschiedenen Stationen der Kühlwasserentnahme überprüft werden konnte. Für die räumliche Zuordnung der Untersuchungen und Ergebnisse im Kühlwassersystem des ONYX-Kraftwerkes dient die konzeptionelle Visualisierung des Wegs der Fische und des Makrozoobenthos (MZB) von der Entnahme mit dem Kühlwasser bis zur Rückgabe ins Ursprungsgewässer (Abbildung 3, Stand vor August 2017). Der Einbau des neuen Fischsammelcontainers im August 2017 brachte grundlegende Veränderungen dieser Sequenz mit sich, die in Abbildung 4 dargestellt werden.

Der Überblick über den Umfang des Monitoringprogramms ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

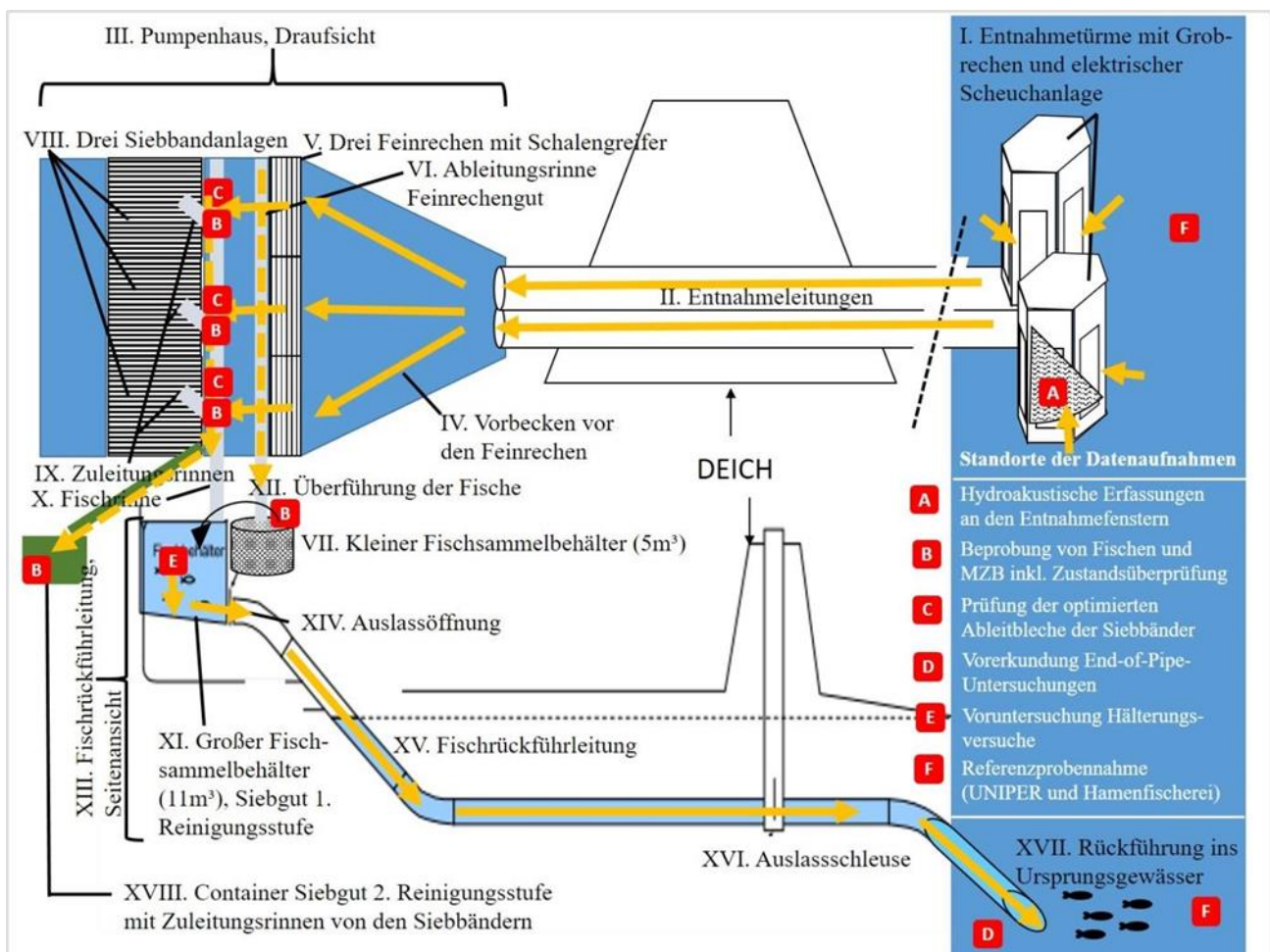


Abbildung 3: Weg der Fische und des MZB von der Entnahme bis zur Rückgabe ins Ursprungsgewässer vor August 2017 und Standorte der Datenaufnahme für das Monitoring
 Quelle: DÄNHARDT *et al.* (2018b)

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

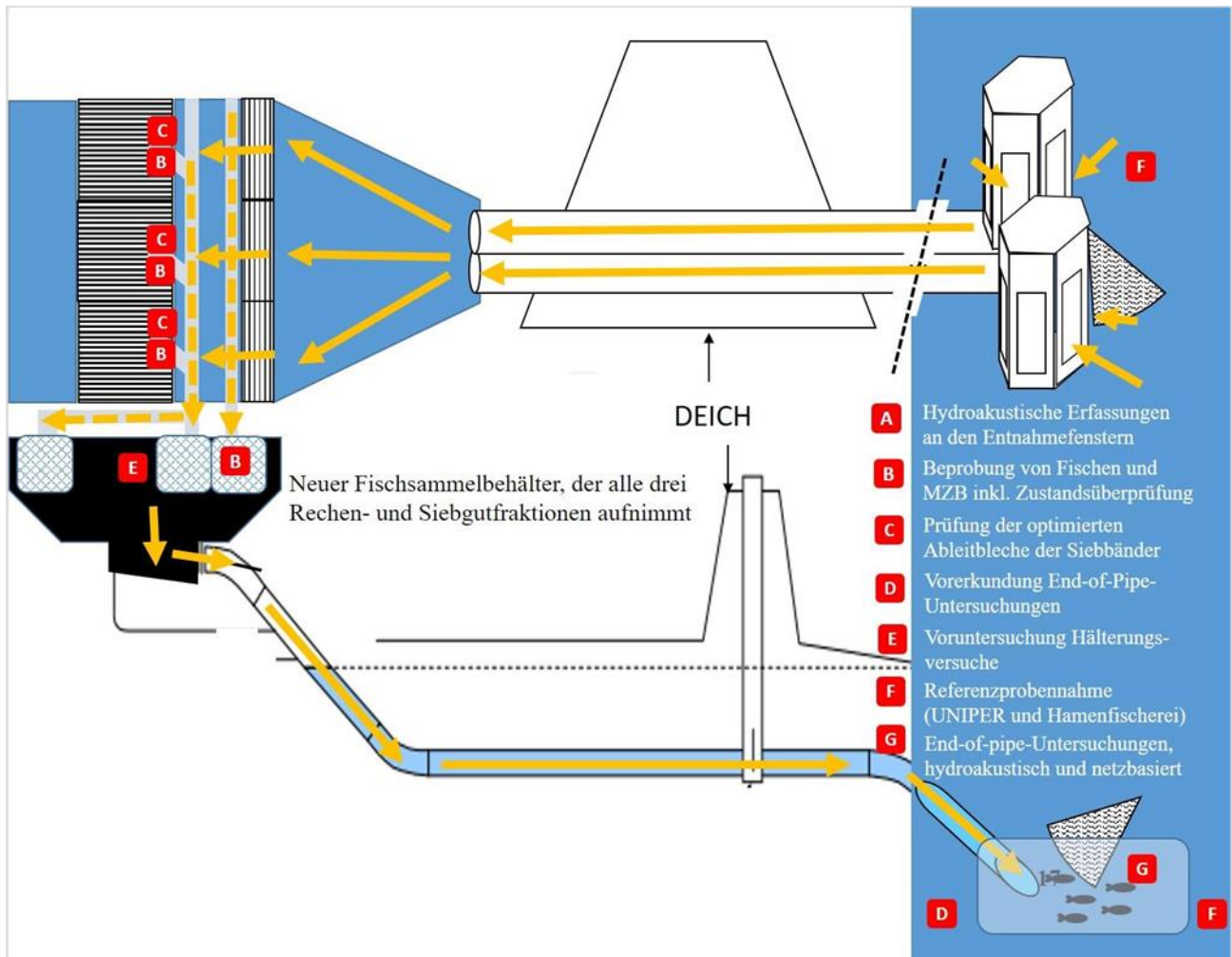


Abbildung 4: Weg der Fische und des MZB von der Entnahme bis zur Rückgabe ins Ursprungsgewässer ab August 2017 und Standorte der Datenaufnahme für das Monitoring
 Quelle: DÄNHARDT *et al.* (2018b)

Tabelle 1: Überblick über das Monitoringprogramm

Quelle: DÄNHARDT *et al.* (2015); DÄNHARDT *et al.* (2016); DÄNHARDT *et al.* (2017); DÄNHARDT *et al.* (2018b); MARINE SCIENCE SERVICE (2019b, 2020a)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Lage der Kühlwasserentnahmebauwerke						
Hydroakustische Aufnahmen: Schiffs-Transekte mit Split-Beam Echolot	X	X	X			
Fische und MZB innerhalb der Passage des Kühlwassersystems						
Hydroakustische Aufnahmen zur Wirksamkeit der Scheuchanlagen (ISA/ESA): Imaging-Sonar DIDSON	X	X	X	X		
Kühlwasserentnahme, Beprobung der Feinrechen (FR) und Siebbänder (SB 1, SB 2)	X	X	X	X	X	X
Vitalität und Überlebensraten der Fische (Vorbecken, Fischesammelcontainer, End-of-Pipe)						
Hydroakustische Aufnahmen: Imaging-Sonar DIDSON/ARIS 3000	X	X			X	X
Hälterungsversuche					X	X
Sedimentationsprozesse am End-of-Pipe						
Luftbilddaufnahmen: Drohne					X	X
Sedimentuntersuchungen: Ekman-Greifer					X	X
Referenzuntersuchungen zum Fischanfall am ONYX-Kraftwerk						
Kühlwasserentnahme am E.ON/Uniper-Kraftwerk		X	X	X		
Hamenbefischung vor Tossens, Südstrand	X	X	X	X		

4 Anpassungen und Optimierungen des Fischschutzes auf Grundlage der Monitoringergebnisse

Auf Grundlage der Untersuchungen und Ergebnisse des Monitorings wurden an verschiedenen Stellen des Fischschutzsystems Optimierungsmaßnahmen durchgeführt. So wurden auf den Betrieb der Scheuchanlagen verzichtet, Optimierungsmaßnahmen an den Siebbandanlagen durchgeführt und sichergestellt, dass auch Fische, die an den Siebbandanlagen anfielen, zurückgeführt werden können.

4.1 Betrieb und Optimierung der Scheuchanlagen

Um von vorneherein das Eindringen von Fischen in das Kühlwassersystem zu verhindern, war der kombinierte Einsatz von elektrischen und akustischen Fischeschuchanlagen an den Entnahmetürmen vorgesehen. Um hierdurch einen wirkungsvollen Fischschutz zu gewährleisten, wurde der Inbetriebnahme und Optimierung der Scheuchanlagen hohe Priorität zugewiesen. Im

Rahmen des Monitorings sollte die Wirksamkeit der Scheuchanlage überprüft werden und – sollte festgestellt werden, dass es zu einer unerwartet hohen kraftwerksbedingten Fischmortalität kommt – sollten die Scheuchanlagen so weit wie möglich optimiert werden.

Während der Jahre 2014–2017 wurden umfangreiche Untersuchungen gemacht, um einen wirkungsvollen Betrieb der Scheuchanlagen zu erreichen und nachzuweisen. Um die Scheuchwirkung der elektrischen Scheuchanlage (ESA) und Infraschall-Scheuchanlage (ISA) zu prüfen, wurde die Reaktion der Fische auf die jeweiligen Scheuchimpulse der ESA und ISA vor den Entnahmeöffnungen der Kühlwasserentnahmebauwerke mit einer „akustischen Kamera“ (DIDSON-Imaging-Sonar) erfasst.

Bei keinem der zwischen 2014 und 2016 durchgeführten Untersuchungen mit der Infraschall-Scheuchanlage wurden klare Unterschiede in der Anzahl der Fischkontakte zwischen eingeschalteter und ausgeschalteter Infraschallanlage beobachtet, weder innerhalb der Untersuchungsmonate noch in Bezug zu unterschiedlichen Tidenzuständen, Tag- und Nachtzeiten oder Impulsfrequenzen. Subtile Unterschiede konnten somit nicht ursächlich einem Infraschall-Impuls zugeordnet werden. Nach Analyse der Untersuchungsergebnisse und gründlicher Abwägung war festzustellen, dass der Aufwand einer Instandsetzung und -haltung der ISAs in keinem Verhältnis zum (theoretisch) möglichen Schutzeffekt für Fische steht. Der Einsatz der Infraschalltechnologie wurde nach dem Untersuchungsjahr 2016 nicht weiterverfolgt (DÄNHARDT *et al.* 2015; DÄNHARDT *et al.* 2016; DÄNHARDT *et al.* 2017). Alle zwölf Anlagen auf den Kühlwasserentnahmetürmen wurden 2019 demontiert.

Der Betrieb, der speziell für das ONYX-Kraftwerk konzipierten elektrischen Scheuchsysteme, war nachgewiesenermaßen technisch einwandfrei möglich. Es wurden jedoch keine Scheuchwirkungen auf Fische durch das elektrische Feld der ESA nachgewiesen. Im Jahr 2017 wurden die Untersuchungen zur Optimierung der Scheuchanlagen erweitert und der Einfluss unterschiedlicher Impulsfrequenzen auf das Fischverhalten vor dem Kühlwasserentnahmefenster getestet. Weder der Betriebszustand der ESA noch die Frequenz der elektrischen Impulse – aufgelöst nach verschiedenen Tidenphasen und Monaten – stand in einem signifikanten Zusammenhang mit den Kontaktraten der Fische im Erfassungsbereich des DIDSON-Sonars vor den Kühlwasser-Entnahmefenstern. Somit konnten auch 2017 keine Scheuchwirkung der ESA nachgewiesen werden, auch nicht auf größere Fische, die aufgrund ihrer Gestaltspannung empfänglicher für elektrische Impulse sein sollten (DÄNHARDT *et al.* 2015; DÄNHARDT *et al.* 2017; DÄNHARDT *et al.* 2018b). Der Einsatz der elektrischen Scheuchanlagen wurde nach dem Untersuchungsjahr 2017 nicht weiterverfolgt.

4.2 Optimierungmaßnahmen an den Siebbandanlagen

Zur Optimierung der Siebbandanlagen wurden 2016 und 2017 an allen drei Anlagen Ableitbleche an den Schöpfrinnen der Siebbandfelder montiert. Die Modifizierungen der Ableitbleche zeigten während des Monitorings, dass die Kombination von stark geneigten Blechen (30 ° angewinkelte Ableitbleche) mit ausreichendem Wasservolumen gewährleistete, dass das Siebgut aus den Schöpfrinnen stets in eine der beiden Ableitungsrinnen und anschließend in den Fischesammelcontainer gelangte. Um die Überlebenswahrscheinlichkeit des vom Kühlwasser getrennten Siebguts zu maximieren, müssen die Transportrinnen zudem stets frei von Bewuchs gehalten werden, was entsprechend regelmäßig kontrolliert wurde (DÄNHARDT *et al.* 2017; DÄNHARDT *et al.* 2018b).

Zudem wurde der Spalt zwischen Siebband und Ableitungsrinne und somit der Anteil der durchgefallenen Fische, die weder in Siebgut 1 noch im Siebgut 2 wiederzufinden waren (tote Fische am Boden der Siebbänder), erfolgreich auf ein Minimum reduziert. Die Besichtigung des abgepumpten Vorbeckens im Rahmen der Kraftwerksrevision im August 2018 zeigte, dass sich innerhalb eines Jahres keine toten Fische am Boden der Siebbandanlage angesammelt hatten (MARINE SCIENCE SERVICE 2019a).

Die Ausstattung aller drei Siebbänder mit gewinkelten Ableitblechen erfüllt eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Rückführung von Fischen und MZB in die Jade.

4.3 Ein-Container-Lösung

Die Ergebnisse des Monitorings haben gezeigt, dass die größte Bedeutung bei der Rückführung von Fischen bei den Feinrechanlagen liegt, da hier im Vergleich zu den Siebbandanlagen die größten Fischmengen anfallen. Das Fischschutzsystem war anfänglich so konzipiert, dass die Fische von den Feinrechen über eine Ablaufrinne in einen isoliert stehenden Container, der keinen Anschluss an die Fischrückführleitung hatte (vgl. Abbildung 3, Nr. VII) überführt wurden. Von hier sollten die Fische manuell in den großen Sammelcontainer mit Anschluss zur Rückführleitung umgesetzt werden. Nach Aussage der Gutachter erwies sich diese Lösung als unpraktikabel und unter Fischschutzaspekten als ungeeignet, da zusätzlicher menschlicher Einsatz notwendig ist und das manuelle Umsetzen mittels Kescher zu einem erhöhten Verletzungsrisiko führt.

Das Siebgut der zweiten Reinigungsstufe war gemäß der Planung nie für eine Rückführung in die Jade vorgesehen, da in dieser Fraktion lediglich Abreinigungsgut erwartet wurde. Allerdings wurden in den Jahren 2014–2017 gerade in dieser Fraktion unerklärlich hohe Zahlen von Flussneunaugen (Art des Anhangs II und V der FFH-Richtlinie sowie gemäß BNatSchG besonders geschützte Art) festgestellt. Das Siebgut 2 wurde bis 2017 planmäßig in einen Abreinigungsgut-Container (vgl. Abbildung 3, Nr. XVIII) überführt, dessen Inhalt entsorgt wurde, sodass keine Organismen überleben konnten.

4.3.1 Technische Umsetzung

Im Zuge der Optimierung des Fischschutzes im ONYX-Kraftwerk wurde im Herbst 2017 die sogenannte „Ein-Container-Lösung“ zur Verbesserung der Fischrückführung realisiert. Das Feinrechengut und das Siebgut 1 und 2 werden seitdem in einen gemeinsamen Fischsammelcontainer geleitet und von dort aus in die Jade rückgeführt (Luftbild vgl. Abbildung 2, schematische Darstellung vgl. Abbildung 4).

Durch diese Optimierungsmaßnahme wurden eine schonende und schnelle Rückführung der Fische aus dem Feinrechengut und die Überführung der lebenden Organismen aus dem Siebgut der zweiten Reinigungsstufe realisiert.

Im Jahr 2019 wurden weitere Optimierungsmaßnahmen durchgeführt, da der Wasserstand im Fischsammelcontainer abgesenkt werden musste, damit die Fische nicht über den Überlauf fallen. Um dies zu erreichen wurde die Wassermenge im System verringert, der Wasserdruck an den Siebbandanlagen abgesenkt und „Rutschen“ zur Reduzierung der Fallhöhe von den Feinrechen- und Siebgutausläufen in den Fischsammelcontainer installiert (Abbildung 5) (ONYX POWER 2019).



Abbildung 5: Verringerung der Fallhöhe durch Einbau von Rutschen im Fischsammelcontainer
Quelle: ONYX POWER (2019)

4.3.2 Abfallproblematik als Konsequenz der Ein-Container-Lösung

Die Umsetzung der „Ein-Container-Lösung“ erschien zunächst aus rechtlicher Sicht problematisch, da in ihr ein Verstoß gegen §§ 45 Abs. 1 WHG gesehen werden könnte. Nach dieser Vorschrift dürfen feste Stoffe nicht in ein Küstengewässer eingebracht werden, um sich ihrer zu entledigen. Entscheidend für einen potenziellen Verstoß gegen § 45 Abs. 1 WHG ist, ob einerseits feste Stoffe eingebracht werden und andererseits, ob dies zum Zwecke der Entledigung erfolgt.

Vor dem Umbau der Fischrückführung zu einer Ein-Container Lösung hat sich ONYX mit dem NLWKN bezüglich der Rückführung und Einleitung von toten biologischen Resten intensiv abgestimmt und hierzu die Erlaubnis für eine dreijährige Probephase erhalten. Die Probephase sollte von einem Monitoring begleitet werden und auf Grundlage der gewonnen Ergebnisse sollte über die endgültige Akzeptanz der Ein-Container-Lösung entschieden werden.

Insbesondere sollte geklärt werden, welche Fraktionen (Abfall, biogenes Material, Fische, Makrozoobenthos) in den Siebgutfraktionen (SB 1 und SB 2) anfallen und in welchem Verhältnis sie zueinander stehen, und dass durch die geplante veränderte Rückführung unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten an der Einleitungsstelle und jahreszeitlicher Schwankungen der Rückführungsmengen keine nachteiligen Veränderungen der Eigenschaften des Küstengewässers auch kleinräumig (Ablagerung organische Biomasse, etc.) zu erwarten sind.

Zur Beurteilung, wie groß der Anteil des zurückgeführten Abfalls an der gesamten rückgeführten Fraktion ist, wurden die Ergebnisse des Monitorings hinsichtlich dieser Fragestellungen ausgewertet (MARINE SCIENCE SERVICE 2020b). Es wird deutlich, dass der Anteil an Abfällen (vorwiegend in Form von Plastikfäden und -folien) in vernachlässigbaren geringen Mengen vorkommt (Abbildung 6).

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

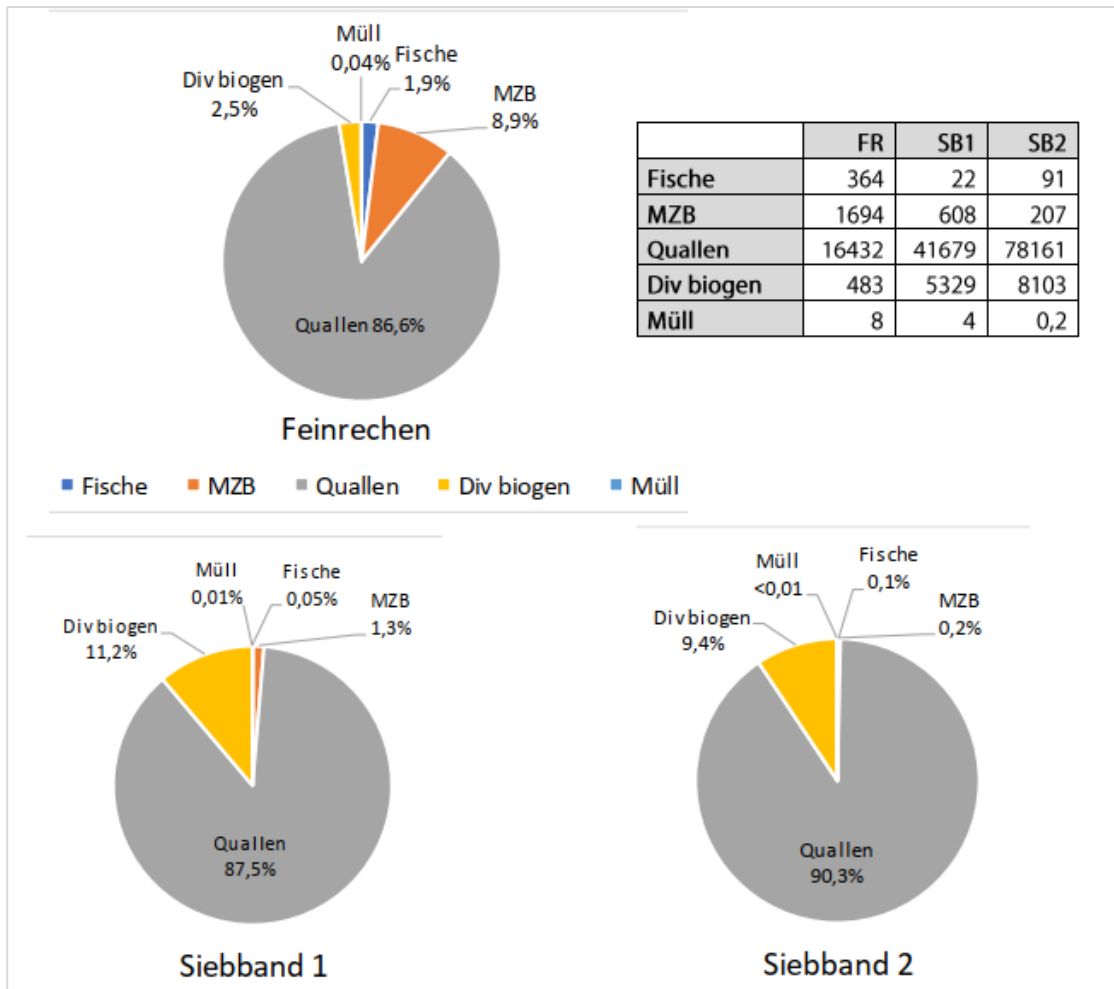


Abbildung 6: Anteile verschiedener Fraktionen am Gesamtfang

Datengrundlage ist die mittlere Biomasse [g/h] aller Proben der Jahre 2018 und 2019 (Tabelle oben rechts). Quelle: Vorberg

Weiter wurde dargelegt, dass durch die geplante veränderte Rückführung unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten an der Einleitungsstelle und jahreszeitlicher Schwankungen der Rückführungsmengen keine nachteiligen Veränderungen der Eigenschaften des Küstengewässers auch kleinräumig (Ablagerung organische Biomasse, etc.) zu erwarten sind (vgl. Kap. 4.3.3).

Im Ergebnis wurde festgestellt, dass der Umbau für den Fischschutz notwendig ist und ein Entledigungswille (§ 45 WHG) nicht im Vordergrund steht und von daher eine dauerhafte Genehmigung des erfolgten Anlagenumbaus erfolgen kann.¹

¹ Besprechungsbericht des 7. Treffens Arbeitskreis Fischschutz vom 27.05.2020

4.3.3 Sedimentationsprozesse am End-of-Pipe

Mit der Realisierung der Ein-Container-Lösung (vgl. Kap. 4.3) wird regelmäßig das gesamte Feinrechengut und Siebgut der Siebbandanlagen in die Jade zurückgespült. Vor allem in der Fraktion SB 2, die in den Jahren vor dem großen Sammelcontainer in einem separaten Abreinigungsgut-Container gesammelt und entsorgt wurde, fallen saisonal größere Mengen an totem organischem Material wie Muschel- und Seepockenschill an, die sich am Ende der Rückführleitung auf dem Wattboden ablagern können. Um zu prüfen, ob und inwieweit diese Ablagerungen zu Veränderungen der Eigenschaften des Küstengewässers führen, wurde der Bereich rund um das End-of-Pipe in den Jahren 2018 und 2019 durch Luftbilddaufnahmen dokumentiert und Sedimentproben untersucht (MARINE SCIENCE SERVICE 2019b, 2020a).

Die Luftbilddaufnahmen und Sedimentanalysen haben gezeigt, dass es kleinräumig zu Schillablagerungen am Ende der Fischrückführleitung kommt. Nachteilige Veränderungen im Küstenbereich wurden nicht beobachtet und sind auch nicht zu erwarten (vgl. Kapitel 4.3.3) (MARINE SCIENCE SERVICE 2019b, 2020a).

Während der Untersuchungsjahre des Monitorings konnte beobachtet werden, dass vor allem nach längerem Kraftwerksstillstand große Mengen an Schillmaterial im Bereich der Siebbandanlagen anfallen. Es wird vermutet, dass Muscheln und Seepocken bei fehlender Frischwasser-/Nahrungszufuhr in kurzer Zeit absterben, sodass die Schalen(-reste) beim Wiederanfahren des Kraftwerkes vom Kühlwasserstrom mobilisiert und an den Siebbandanlagen abgetrennt werden. Dieser Effekt wird verstärkt, wenn die Stillstandszeit für Reinigungsarbeiten an den Kühlwasserzuleitungen oder den Wänden des Pumpenhauses genutzt wird. Um zu verhindern, dass diese absehbar anfallenden Schillmengen in den Fischesammelcontainer gelangen und von dort aus in die Jade zurückgespült werden, wurde 2019 am Ableitrohr der Hochdruckabreinigung (zweite Reinigungsstufe, SB 2) ein Bypass (Abbildung 7) installiert, der bei Bedarf geöffnet wird und das Schillmaterial in einen Container zur separaten Entsorgung umleitet (MARINE SCIENCE SERVICE 2020b).



Abbildung 7: „Schillflansch“, um Schillmaterial bei Bedarf separat entsorgen zu können
Quelle: ONYX POWER (2019)

4.3.3.1 Luftbildaufnahmen

Zwischen Juni 2018 und Dezember 2019 wurden mit Hilfe einer Drohne monatlich Luftbildaufnahmen gemacht, um die Entwicklung rund um die Einleitstelle zu dokumentieren. Die Aufnahmen fanden bei Springniedrigwasser statt, da in dieser Zeit der EoP-Bereich trockenfiel.

Die monatliche Dokumentation der Entwicklung rund um den Auslass der Rückführleitung zeigt, dass ab Anfang/Mitte 2018 Ablagerungen vor dem EoP erkennbar wurden. Die Fischrückführleitung endet ca. 2 m unter Seekartennull in eine 5x5 m große befestigte Senke, sodass auch bei Niedrigwasser ein mit Wasser gefüllter Pool im Watt entstand. Bei ungünstigen Windverhältnissen lief das Wasser bei Ebbe nicht weit genug zurück, sodass der Pool und die anstehenden Sedimente nicht oder nur eingeschränkt zu erkennen waren.

Gegenüber der Rohrmündung bildete sich ein mehr oder weniger hoher Wall aus grobem Schillmaterial, der sich im Nahbereich der EoP vor allem nach Norden und weniger ausgeprägt nach Süden ausbreitete. Östlich und westlich vom Pool war schon nach wenigen Metern Schlickwatt anzutreffen. Im Jahresverlauf kam es zu einer Längenveränderung, sodass sich der von Nord nach Süd ausgeprägte Wall um 45 ° in Südost- und Nordwest-Richtung ausdehnte (Abbildung 8).

Die Höhe der Schillansammlung am östlichen Rand des Pools ragte maximal 30–40 cm über den umgebenden Wattboden hinaus. Ein höheres Anwachsen wurde durch das normale Tidegeschehen verhindert. Im Umkreis von 20–30 m konnten kleinräumige Veränderungen des

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Wattbereichs im Nahbereich der EoP festgestellt werden. Eine Ausbreitung oder Anhäufung von Schillmaterial über diesen Bereich hinaus konnte nicht beobachtet werden (MARINE SCIENCE SERVICE 2019b, 2020a).

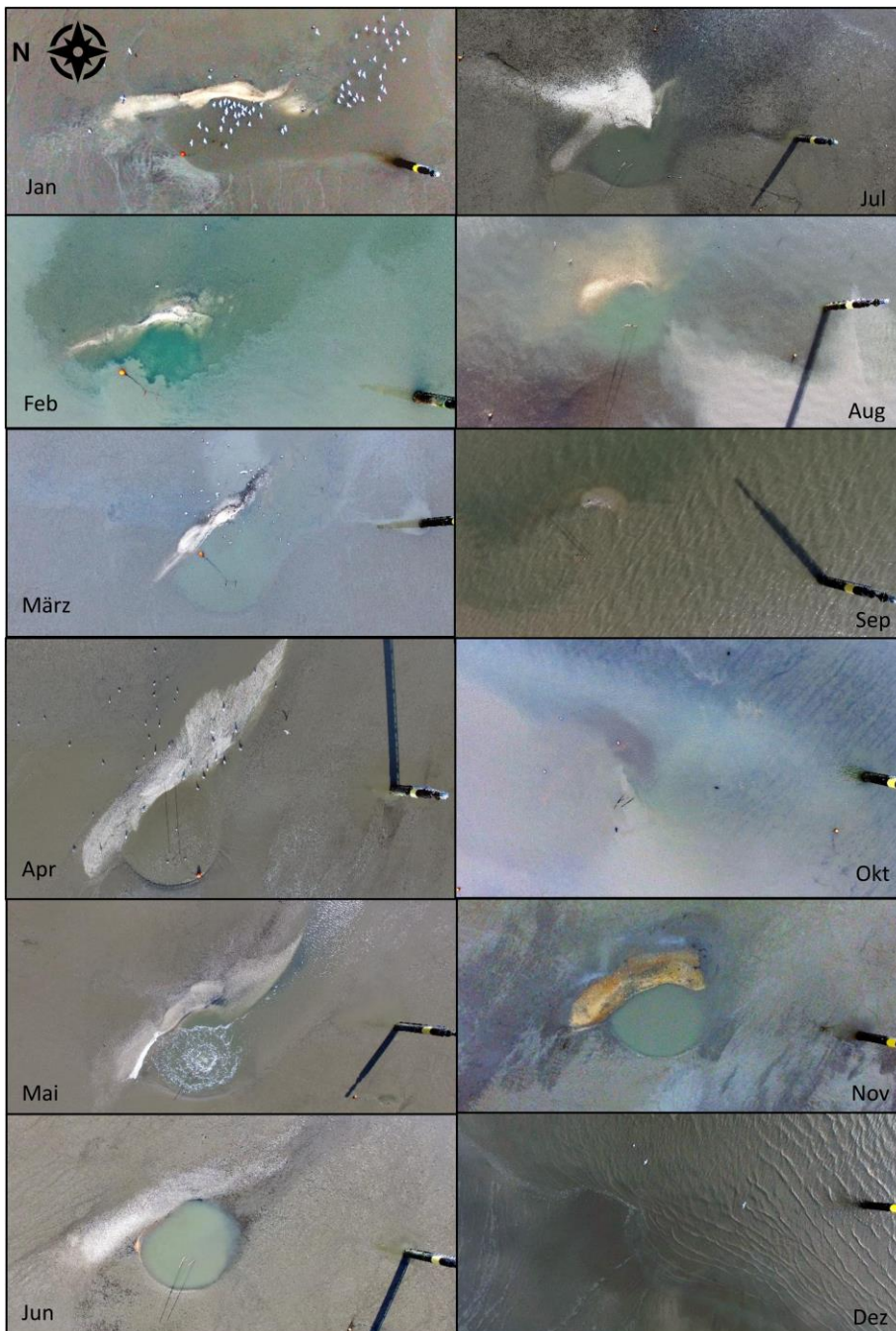


Abbildung 8: Luftbildaufnahme aus 30 m Höhe vom Gebiet um das EoP von Januar bis Dezember 2019
linker Rand der Aufnahmen Richtung Norden; Quelle: MARINE SCIENCE SERVICE (2020a)

4.3.3.2 Sedimentuntersuchungen

Ergänzend zu den Luftbildaufnahmen wurden von Oktober 2018 bis Oktober 2019 vierteljährig Sedimentuntersuchungen (fünf Untersuchungen) durchgeführt. An zehn definierten Probepunkten (Abbildung 9) wurde rund um das EoP mit einem Ekman-Greifer (Grundfläche 15x15 cm) Material zur Korngrößenanalyse genommen. Die Probestandorte lagen gleichmäßig verteilt (ca. alle 50 m) auf zwei jeweils 200 m langen Transekte, die sich über dem Auslauf der Fischrückführleitung kreuzten. Mit dieser Untersuchung wurde der potenzielle Einfluss des eingeleiteten Materials auf die Korngrößenverteilung im Nahbereich der Fischrückführung erfasst.



Abbildung 9: Lage der Probenahmestandorte für die Sedimentuntersuchungen
Station 3 und 8 liegen unmittelbar am Ende der Fischrückführleitung; Quelle: MARINE SCIENCE SERVICE (2019b)

Die Untersuchungsfläche lag in einem strömungsberuhigten Bereich westlich vom Jedefahrwasser im Schutz des Jade-Weser-Ports und war von Schlickwatt geprägt. Die Ergebnisse der Sedimentanalyse ergaben für alle Stationen, außer für Station 3 und 8, Korngrößen-Mediane von $< 50 \mu\text{m}$ (Schluff). Die Stationen 3 und 8 waren identisch und unmittelbar über dem Schillberg am EoP positioniert, sodass an dieser Stelle eine Doppelbeprobung stattfand. Die Proben am EoP bestanden ausschließlich aus Schillbruchstücken, sodass die Korngrößen-Mediane an diesen Stationen mit maximal 4,3 mm deutlich größer waren. Die Sedimentuntersuchungen konnten somit zeigen, dass es nur zu einer kleinräumigen Verteilung der Schillanteile aus der Fischrückführung kam, sodass schon in 50 m Entfernung vom EoP unbeeinflusstes Schlickwatt vorzufinden war (MARINE SCIENCE SERVICE 2019b, 2020a).

Fazit

Sowohl die Luftbildaufnahmen als auch die Sedimentuntersuchungen zeigen, dass das Schillmaterial aus der Rückföhrleitung nur kleinräumig Auswirkungen auf das Küstengewässer hat. Anhand der Luftbilder wurde eine Ausbreitung des Schillmaterials von 20–30 m, überwiegend in Richtung Norden und Süden, und Anhäufungen von maximal 30–40 cm östlich des Pools der EoP erfasst. Diese Ergebnisse werden durch die Sedimentuntersuchungen gestützt, da an den Probestationen in 50 m Entfernung vom EoP bereits unbeeinflusstes Schlickwatt vorzufinden war (MARINE SCIENCE SERVICE 2020a).

5 Quantifizierung des Fischanfalls

Um Aussagen darüber treffen zu können, wie hoch die Anzahl der mit dem Kühlwasserstrom eingesogenen Fische ist und welche Arten von der Einsaugung betroffen sind, auch unter Berücksichtigung der Altersstruktur sowie der Saisonalität, aber auch, um zu überprüfen, wie wirksam die einzelnen Stationen des Fischschutzsystems sind, wurden an unterschiedlichen Stellen Stichproben gezogen.

Bis August 2017 wurde das belebte Feinrechen- und Siebgut an drei folgenden Punkten aufgefangen (Abbildung 10):

- Das Feinrechengut wurde mit einem feinmaschigen Kescher (Maschenweite 5 mm) beim Überlauf aus der Zuleitungsrinne in den kleinen Sammelcontainer aufgefangen.
- Das Siebgut 1, das mit geringem Druck von den Rinnen der Siebbandanlage abgespritzt wird, wurde am Überlauf der Siebbänder in die Zuleitungsrinne zum großen Sammelbehälter mit Grundauslass ebenfalls mit feinmaschigen Keschern (Maschenweite 5 mm) aufgefangen.
- Das Siebgut 2, das in der zweiten Reinigungsstufe mit hohem Druck abgespritzt wird, gelangt über eine weitere Zuleitungsrinne in eine Schuttrutsche, die in einen offenen Container entleert. Zur Beprobung wurde das über einen definierten Zeitraum (meist 16 bis 18 Stunden) anfallende Siebgut 2 vollständig aus dem Container entnommen.



Abbildung 10: Positionen der Erfassung von Fischen und Makrozoobenthos (bis August 2017)
 Erfassung mit feinmaschigen Keschern am Überlauf in den kleinen Sammelcontainer (A), an den Überläufen der Siebbänder in die Zuleitungsrinne zum großen Sammelcontainer (B, Siebgut 1) und durch Leerung des Sammelcontainers für das Siebgut der zweiten Reinigungsstufe nach definiertem Zeitraum (C und D, Siebgut 2); Quelle: DÄNHARDT *et al.* (2016)

Nachdem die „Ein-Container-Lösung“ (vgl. Kap. 4.3) im August 2017 umgesetzt worden war, wurde das gesamte Rechengut in den großen Sammelcontainer geleitet (Abbildung 11). Die Zuläufe des Feinrechenguts (FR) und des Siebgutes der ersten Reinigungsstufe (SB 1) blieben unverändert und damit auch die Beprobungsmethode dieser beiden Fraktionen. Nachdem auch die zweite Siebgutfraktion ab Oktober 2017 an den neuen Container angeschlossen wurde, wurde auch das Siebgut 2 direkt am Austritt aus den Siebbändern mit zwei passgenauen Keschern beprobt, parallel zur Beprobung von SB 1.

Alle Fänge in den Untersuchungs Jahren wurden vollständig ausgewertet. Nach der Sortierung in funktionelle Gruppen wurden die Fische bis zur Art bestimmt, gezählt, individuell gemessen (Totallänge auf den unteren mm) und alle Individuen einer Art zusammen gewogen (Nassgewicht ± 1 g). Der Bezug der artspezifischen Fangmengen auf den Erfassungsaufwand wurde über die Kühlwasservolumina hergestellt, die das ONYX-Kraftwerk zur Verfügung stellte. Die Fangmengen wurden auf 10.000 m³ Kühlwasservolumen normiert und dadurch sowohl untereinander (zwischen verschiedenen Fangkampagnen im ONYX-Kraftwerk) als auch mit anderen Erhebungen wie der Hamenfischerei oder den Untersuchungen im benachbarten E.ON/Uniper Kraftwerk vergleichbar gemacht.

Die Probenahmen fanden in regelmäßigen Zeitabständen mehrfach in den Jahren 2014 bis 2019 statt (Tabelle 2).



Abbildung 11: Zuleitungsrinnen einmündend in den Fischsammelcontainer (ab August 2017)
 FR: Feinrechenrinne, SB 1 und 2: Siebbandrinne 1 und 2; Quelle: MARINE SCIENCE SERVICE (2019b)

5.1 Hochrechnung des Fischanfalls am ONYX-Kraftwerk für vier ausgewählte Arten

Die Untersuchung der Überlebensraten der Fische, die in relevanten Mengen am ONYX-Kraftwerk angefallen sind, hat gezeigt, dass für die Arten Hering, Sprotte, Stint und Seenadel statistisch nur Überlebensraten im Bereich von rund 50 % nachgewiesen wurden (vgl. Kap. 6.2.2). Zudem handelt es sich bei diesen Arten um diejenigen, die mit höchster Stetigkeit am ONYX-Kraftwerk angefallen sind (vgl. Kap. 5.3.2.2). Um die Relevanz der zu erwartenden Verluste zu beurteilen, sollte für diese Arten daher eine Schätzung der jährlichen Fischzahlen, die im Kühlwasser des Kraftwerkes angefallen sind, erfolgen. Diese statistische Analyse wurde durch BIONUM (2022) durchgeführt (s. Anhang 2).

5.2 Ergebnisse der Hochrechnung

Auf Grundlage der Ergebnisse des Monitorings erfolgte eine Hochrechnung der Anzahl der Fische, die bei den in den Jahren 2014 bis 2019 entnommenen Kühlwassermengen theoretisch in das Kraftwerk gelangt sind, sowie eine Bewertung, wie belastbar eine solche Hochrechnung ist (anhand der sich ergebenden Konfidenzintervalle).

Die Ergebnisse zeigen, dass bei allen vier Fischarten die Jahre, die Kühlwassermenge, die Jahreszeit, sowie der Tidenstand wichtige erklärende Variablen für die Menge der Fische, die durch die Rechanlagen gelangen, darstellen. Zudem spielt in drei von vier Fällen die Dauer des Kühlwassereinstroms eine zusätzliche erklärende Rolle.

Alle vier Arten zeigen eine ausgeprägte jahreszeitliche Dynamik. Die jährlichen prognostizierten Gesamtzahlen zeigen zwischen den Jahren und zwischen den Spezies starke Schwankungen und reichen von nur wenigen hundert Individuen bis hin zu vielen hunderttausend. Für die Arten Hering und Stint sind die Konfidenzintervalle zwar groß, lassen aber die Abschätzung einer Größenordnung zu. Für die Seenadel und die Sprotte hingegen sind die oberen Grenzen der jährlichen Konfidenzintervalle extrem, und von einer weiteren Verwendung/Interpretation dieser Schätzwerte wurde gemäß BIONUM (2022) abgeraten.

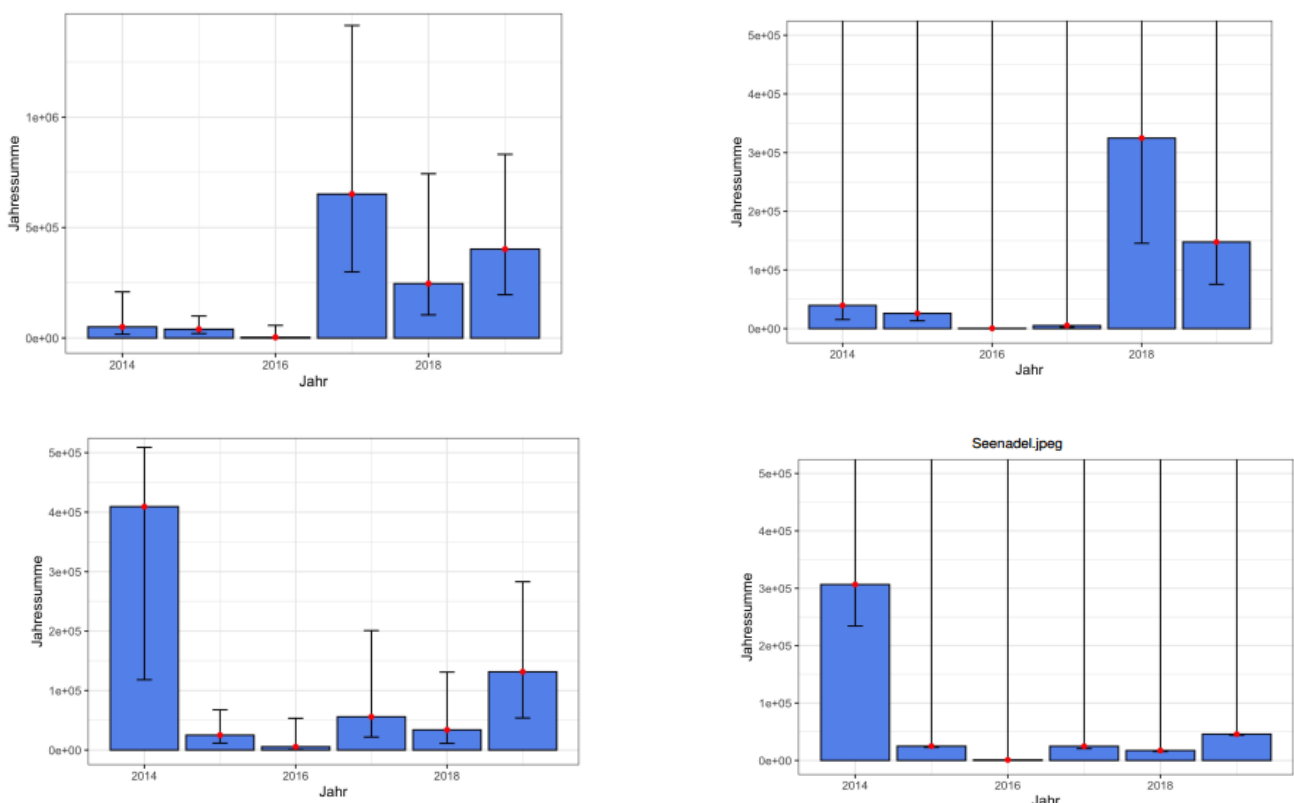


Abbildung 12: Modell (GAM)-basierte Schätzung der Gesamtzahlen an Heringen, Sprotten, Stinten, Kleinen Seenadeln im Kühlwasser)

pro Jahr (blaue Balken bzw. rote Punkte) nebst 95 5-Konfidenzintervallen (schwarz); Zahlen sind verkürzt dargestellt; Arten von links nach rechts und oben nach unten

Quelle: BIONUM (2022)

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Hinsichtlich der Schwankungen ist zu berücksichtigen, dass diese aus zwei komplett verschiedenen Prozessen resultieren: (1) den natürlichen lokalen Schwankungen in der Abundanz der Fische und (2) der jährlich schwankenden aufgenommenen Gesamt-Kühlwassermenge (Abbildung 13).

Jahr	Anzahl Stunden	Gesamtsummen [m ³]		
	n	Summe	Anteil_beprobt	freq
2014	8760	371.574.342	6.249.712	1.68%
2015	8760	639.843.176	13.026.465	2.04%
2016	8784	286.418.152 ¹	1.659.536	0.58%
2017	8759	447.311.937	6.245.025	1.4%
2018	8760	401.764.005	1.776.950	0.44%
2019	8760	295.971.870	3.415.807	1.15%
total	—	2.442.883.482	32.373.495	—

¹Anm.: langfristiger Kraftwerksstillstand

Abbildung 13: Kühlwasservolumen am ONYX-Kraftwerk während des Monitoringzeitraums von 2014–2019
freq=prozentualer Anteil des beprobten Kühlwassers am Kühlwasservolumen des Jahres

Ob modellbasierte Schätzungen möglich sind (bzw. moderate Konfidenzintervalle erhalten werden – wie bei Hering und Stint) oder die Schätzungen mit extremen Unsicherheiten behaftet sind (wie bei Sprotte und Kleiner Seenadel) scheint weniger von den Gesamtzahlen, sondern vielmehr von der Tatsache abzuhängen, wie regelmäßig die Fische in den Daten auftauchen. So zeigt die Kleine Seenadel mit $N \approx 40.000$ die mit Abstand höchste Gesamtzahl in den Rohdaten, diese Art tritt meist kaum aber dafür manchmal plötzlich geballt auf (an 6 verschiedenen Tagen wurden bspw. jeweils mehr als 2.000 Individuen erfasst, zweimal sogar etwa 10.000), was eine statistische Schätzung problematisch macht (BIONUM 2022).

Trotz sehr großer Konfidenzintervalle ist die Abschätzung einer Größenordnung des Fischenfalls für die Arten Hering und Stint möglich. So liegen die errechneten jährlichen Heringszahlen im Mittel etwa bei 250.000 Individuen, und die jährlichen Stintzahlen im Mittel bei etwa 75.000 Individuen (wobei es starke jährliche Schwankungen gibt) (Abbildung 14 und Abbildung 15).

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Jahr	Gesamtsumme	KI_unten	KI_oben
2014	50277	16875	208879
2015	39952	20252	99556
2016	3438	239	57262
2017	651633	299476	1414813
2018	246545	104716	743507
2019	402425	196077	831499

Abbildung 14: Schätzung der Gesamtzahlen an Hering im Kühlwasser pro Jahr als Tabelle
"KI_unten" und "KI_oben" bezeichnen die Grenzen der 95 %-Konfidenzintervalle. Quelle: BIONUM (2022)

Jahr	Gesamtsumme	KI_unten	KI_oben
1 2014	409356	118243	508938
2 2015	25086	11603	67562
3 2016	5572	785	53432
4 2017	56004	21903	200925
5 2018	33966	11231	131043
6 2019	131586	53919	283000

Abbildung 15: Schätzung der Gesamtzahlen an Stint im Kühlwasser pro Jahr als Tabelle
"KI_unten" und "KI_oben" bezeichnen die Grenzen der 95 %-Konfidenzintervalle. Quelle: BIONUM (2022)

5.3 Referenzuntersuchungen zum Fischanfall am ONYX-Kraftwerk

Basierend auf Referenzuntersuchungen sollte während des Monitorings geprüft werden, ob sich aus dem Vergleich der Ergebnisse der Hamenbefischungen und der Kühlwasserentnahme am E.ON/Uniper-Kraftwerk mit den Monitoringergebnissen am ONYX-Kraftwerk ableiten lässt, inwieweit der Standort der Fischentnahme in Bezug auf die Gefährdung durch Einsaugung vorteilhaft ist.

5.3.1 Durchführung

5.3.1.1 Kühlwasserentnahme am E.ON/Uniper-Kraftwerk

Für einen direkten Vergleich hinsichtlich Art und Abundanz der Fische, die am ONYX-Kraftwerk bzw. an dem benachbarten E.ON/Uniper-Kraftwerk angefallen sind, wurden in den Jahren von 2015 bis 2017 analoge Untersuchungen an den beiden Kraftwerken vorgenommen. Allerdings

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

unterscheiden sich die Hols an diesen beiden Messstationen sowohl hinsichtlich Zeitpunkt und Umfang der Probenahmen (Tabelle 2 und Abbildung 16) als auch hinsichtlich der beprobten Kühlwassermenge (Abbildung 17).

Tabelle 2: Vergleich der Hol-Zahlen (2015–2017) am ONYX-Kraftwerk und am benachbarten E.ON/Uniper Kraftwerk

UNIPER (ex. E.ON)-Kühlwasser

Untersuchungsjahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Gesamt
2015						5	5		5		5	5	25
2016			5							4			9
2017			5		4		5				4		18
gesamt	0	0	10	0	4	5	10	0	5	4	9	5	52

ONYX-Kühlwasser

Untersuchungsjahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Gesamt
2014						34	14	5	1				54
2015	22		4	10		26	28		12		16	20	138
2016			15										15
2017			22		21	25		22	6	29			125
2018					18		6			10			34
2019					14			20		22			56
gesamt	22	0	41	10	53	85	48	47	19	61	16	20	422
2015-2017	22	0	41	10	21	51	28	22	18	29	16	20	278

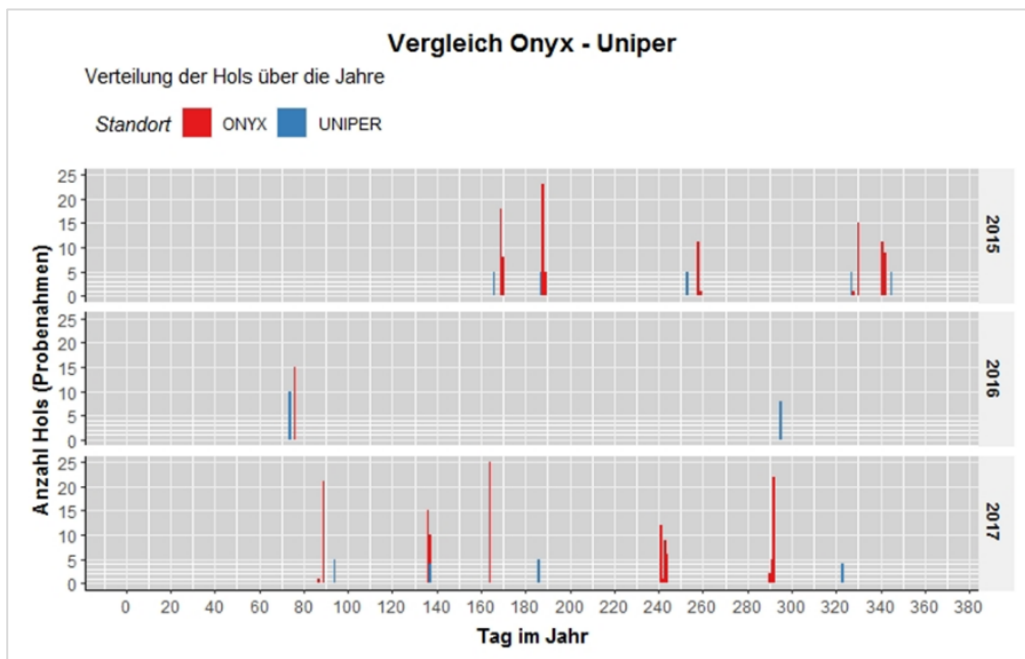


Abbildung 16: Vergleich der Anzahl der Hols (2015–2017) am ONYX-Kraftwerk und am benachbarten E.ON/Uniper-Kraftwerk im Jahresverlauf

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Es wird deutlich, dass den Messungen am ONYX-Kraftwerk nur wenige Messungen am E.ON/Uniper-Kraftwerk gegenüberstehen und es bei mehreren Messungen nicht gelang, diese an beiden Kraftwerken am gleichen Tag durchzuführen. Die Menge des beprobten Kühlwassers ist am ONYX-Kraftwerk deutlich höher als am E.ON/Uniper-Kraftwerk, was aber nicht auf die höhere Anzahl von Hols zurückzuführen ist, sondern auf die besondere Erfassungsmethode am ONYX-Kraftwerk (~ 24 h/Messung des anfallenden Rechengutes im Container) (Abbildung 17).

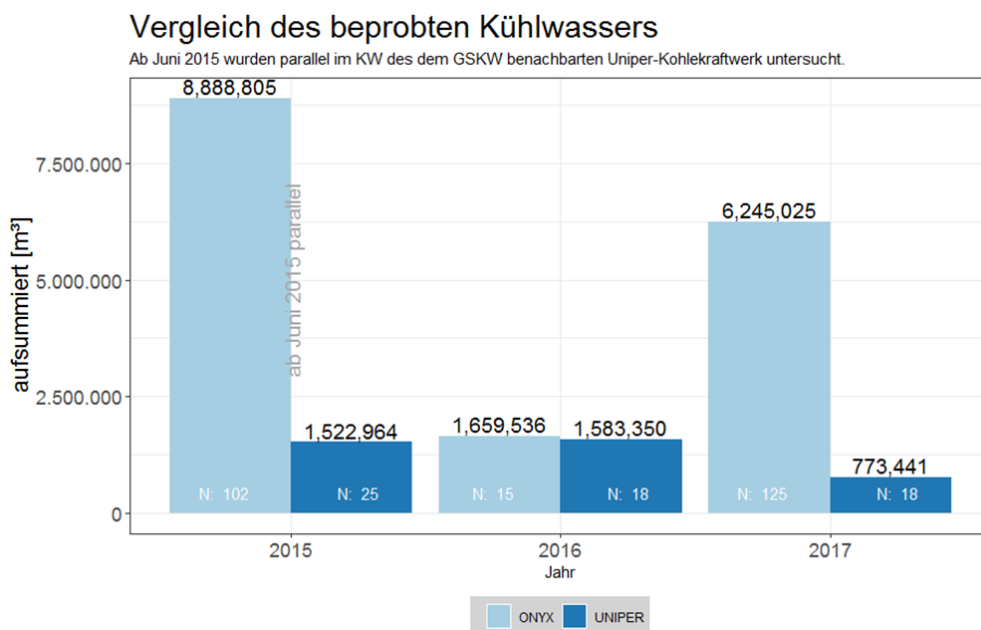


Abbildung 17: Beprobte Kühlwassermengen am ONYX-Kraftwerk und am benachbarten E.ON/Uniper-Kraftwerk

Entsprechend den Fängen im ONYX-Kraftwerk (vgl. Kap. 5) und der Hamenbefischungen (vgl. Kap. 5.3.1.2) wurden am E.ON/Uniper-Kraftwerk alle Fische und MZB nach Arten getrennt sortiert, nass gewogen und, ggfs. in Unterproben, auf den mm Totallänge genau vermessen. Die Fangmengen wurden mit Hilfe der filtrierten Kühlwassermengen auf Anzahl pro 10.000 m³ normiert.

5.3.1.2 Hamenbefischungen

Während der Hamenbefischungen, die an zwei Stationen in der Jade parallel zu den Untersuchungen am ONYX-Kraftwerk durchgeführt wurden, fanden insgesamt 76 Hols, jeweils 38 verteilt auf die Standorte Tossens und Jadebusen Südstrand statt (Tabelle in Anhang 1). Beide Standorte befinden sich vor dem Wilhelmshavener Südstrand (Abbildung 28) und wurden während der Fangkampagnen direkt nacheinander beprobt. Die Station vor Tossens sollte bei

diesem Versuchsdesign die Arten- und Größenzusammensetzung von Fischen im Einzugsbereich der Kühlwasserentnahme abbilden, die Fangstation vor dem Wilhelmshavener Südstrand hingegen sollte neben der räumlichen Variabilität zeigen, welche Arten und Größenklassen generell in den Jadebusen und zurück wandern (DÄNHARDT *et al.* 2015; DÄNHARDT *et al.* 2016).

Da die Jahreszeit einen entscheidenden Einfluss auf die Arten- und Größenzusammensetzung sowie die relative, artspezifische Abundanz der Fische hat, wurden an den o. g. Stationen im Anfangsjahr 2014 zwischen Juni und September insgesamt vier (Südstrand) bzw. drei (Tossens) Fangkampagnen durchgeführt (DÄNHARDT *et al.* 2015). In den darauffolgenden Untersuchungsjahren 2015–2017 erfolgten an den Stationen jeweils bis zu drei Fangkampagnen in den Monaten April bis Oktober (DÄNHARDT *et al.* 2016; DÄNHARDT *et al.* 2017; DÄNHARDT *et al.* 2018b).

Es war geplant, bei jeder Fangfahrt über einen Zeitraum von jeweils 24 Stunden je einen Hol bei Ebbe und bei Flut am Tag und in der Nacht (Σ 4 Hols) mit einem schiffsbasierten Hamennetz durchzuführen. Aufgrund schlechter Wetterbedingungen konnten 2014 allerdings nicht alle Hols wie geplant stattfinden (DÄNHARDT *et al.* 2015). Ähnliche Ausfälle gab es auch in den folgenden Jahren (Abbildung 18).

Aufgrund der grundsätzlich unterschiedlichen Untersuchungsmethodik bei den Hamenbefischungen und den Beprobungen im Kraftwerk ist hier allerdings die Gegenüberstellung der Anzahl der Hols – anders als die Gegenüberstellung des beprobten Wasservolumens (Abbildung 19) – nicht zielführend.

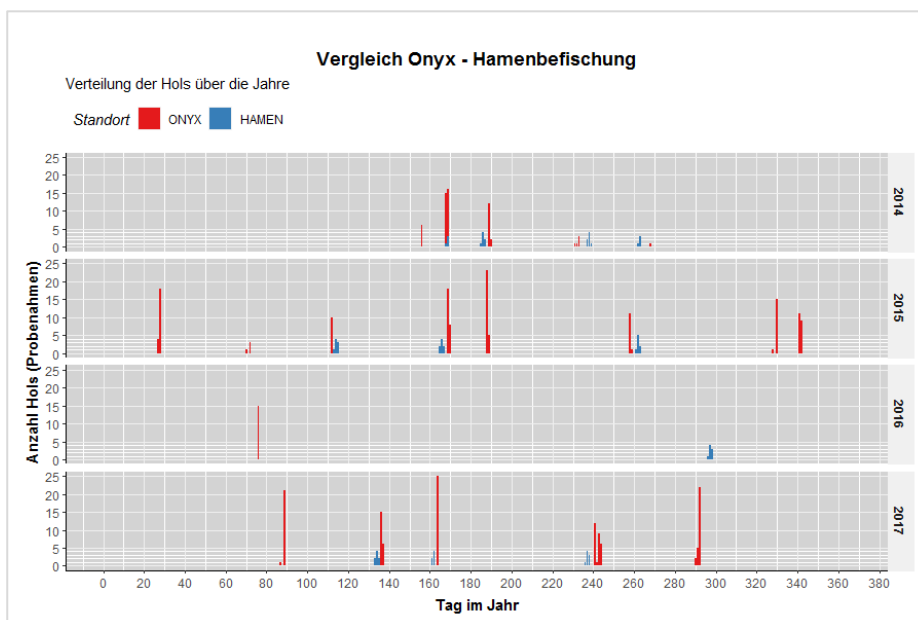


Abbildung 18: Vergleich der Anzahl der Hols (2014–2017) am ONYX-Kraftwerk und während der Hamenbefischung im Jahresverlauf
Hamenbefischung vor Tossens und am Südstrand aufsummiert

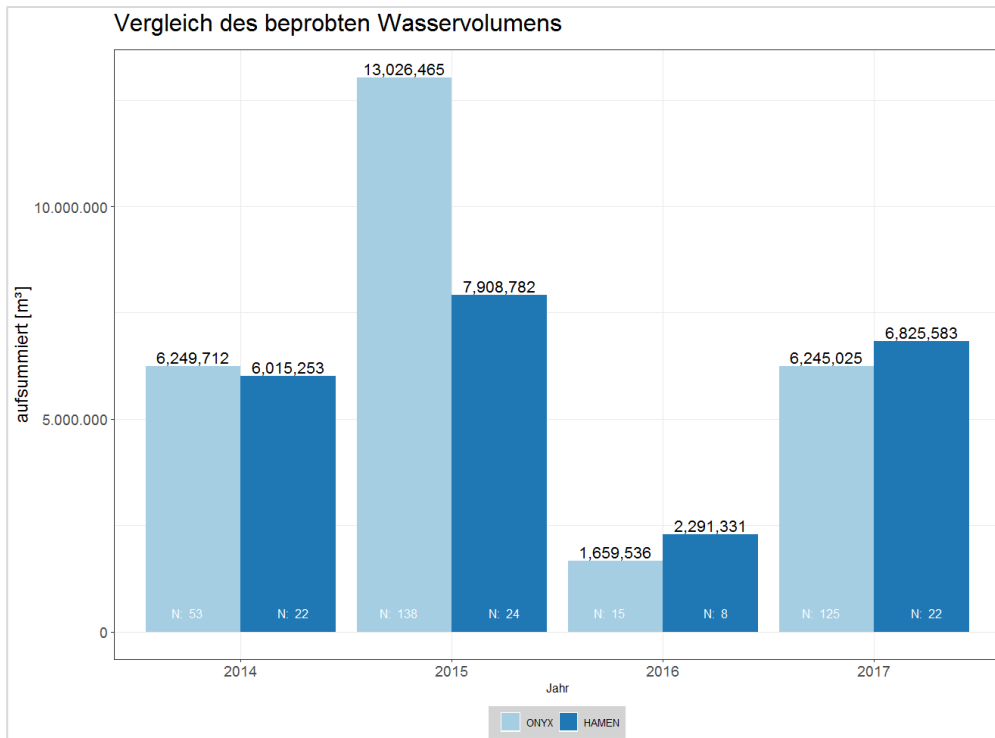


Abbildung 19: Beprobte Wassermengen am ONYX-Kraftwerk und während der Hamenbefischung
 Hamenbefischung: 17.06.2014 – 26.08.2017 vor Tossens und am Südstrand aufsummiert
 ONYX Monitoring: 05.06.2014 – 19.10.2017

Entsprechend den Fängen im ONYX-Kraftwerk (vgl. Kap. 5) und E.ON/Uniper-Kraftwerk (vgl. Kap. 5.3.1.1) wurden bei der Hamenbefischung alle Fische und MZB nach Arten getrennt sortiert, nass gewogen und, ggfs. in Unterproben, auf den mm Totallänge genau vermessen. Anhand gemessener Durchflussmengen (Propeller-Flowmeter, Hydrobios, Kiel) wurden die absoluten Fangzahlen auf 10.000 m³ filtriertes Wasservolumen hochgerechnet und so untereinander sowie mit anderen Erhebungen vergleichbar gemacht (DÄNHARDT *et al.* 2016).

5.3.2 Ergebnisse

5.3.2.1 Abundanz

Für die Gegenüberstellung der Fischverluste hinsichtlich der Abundanz der Fische, die in das Kühlwasserentnahmesystem gelangen, wurde für die vier Arten Hering, Stint, Sprotte und Seenadel wiederum eine Regressionsanalyse durch BIONUM (2022) durchgeführt (s. Anhang 2).

Unter Hinzunahme von Daten des E.ON/Uniper-Kraftwerks und der Hamenfischerei wurden analoge Regressionsmethoden auf die Onyx-Daten angewendet, um mittlere Fischdichten (d. h.

Fischanzahlen relativ zum beprobten Wasservolumen sowie zur Beprobungsdauer) statistisch valide zwischen diesen drei Datenquellen vergleichen zu können.

Für diese vergleichenden Analysen mussten jedoch keine regressionsbasierten Vorhersagen getroffen werden, sondern die relativen Unterschiede (nebst Angaben der Schätzsicherheit) konnten direkt aus den Regressionsanalysen gewonnen werden, was (verglichen zu den o. g. Jahressummen) i. d. R. schärfere statistische Ergebnisse liefert (Tabelle 3).

Die vergleichenden Analysen (mittlere Fischdichten am Onyx- vs. E.ON/Uniper-Kraftwerk vs. Hamenfischerei) zeigen in fast allen Fällen, dass die Fischdichten im Mittel am Onyx-Kraftwerk am niedrigsten, am E.ON/Uniper-Kraftwerk deutlich höher und bei der Hamenfischerei um ein Vielfaches höher sind (relativ zum Wasservolumen und zur Beprobungsdauer betrachtet). Einzig die kleine Seenadel zeigt Abweichungen (Abbildung 20).

Tabelle 3: Parameter der Regressionsanalyse

Faktoren, um die die Fischzahlen pro log(Kubikmeter) und log(Stunde) im E.ON/Uniper-Kraftwerk bzw. in den Hamen höher liegen als beim ONYX-Kraftwerk; n.s.=nicht signifikant

	E.ON/Uniper-Kraftwerk		Hamen	
	Faktor	p	Faktor	p
Stint	46	< 0,001	13,6	< 0,001
Sprotte	16	< 0,001	163	< 0,001
Hering	5,2	< 0,001	29	< 0,001
Kl. Seenadel	-0,3	< 0,01	n.s.	

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

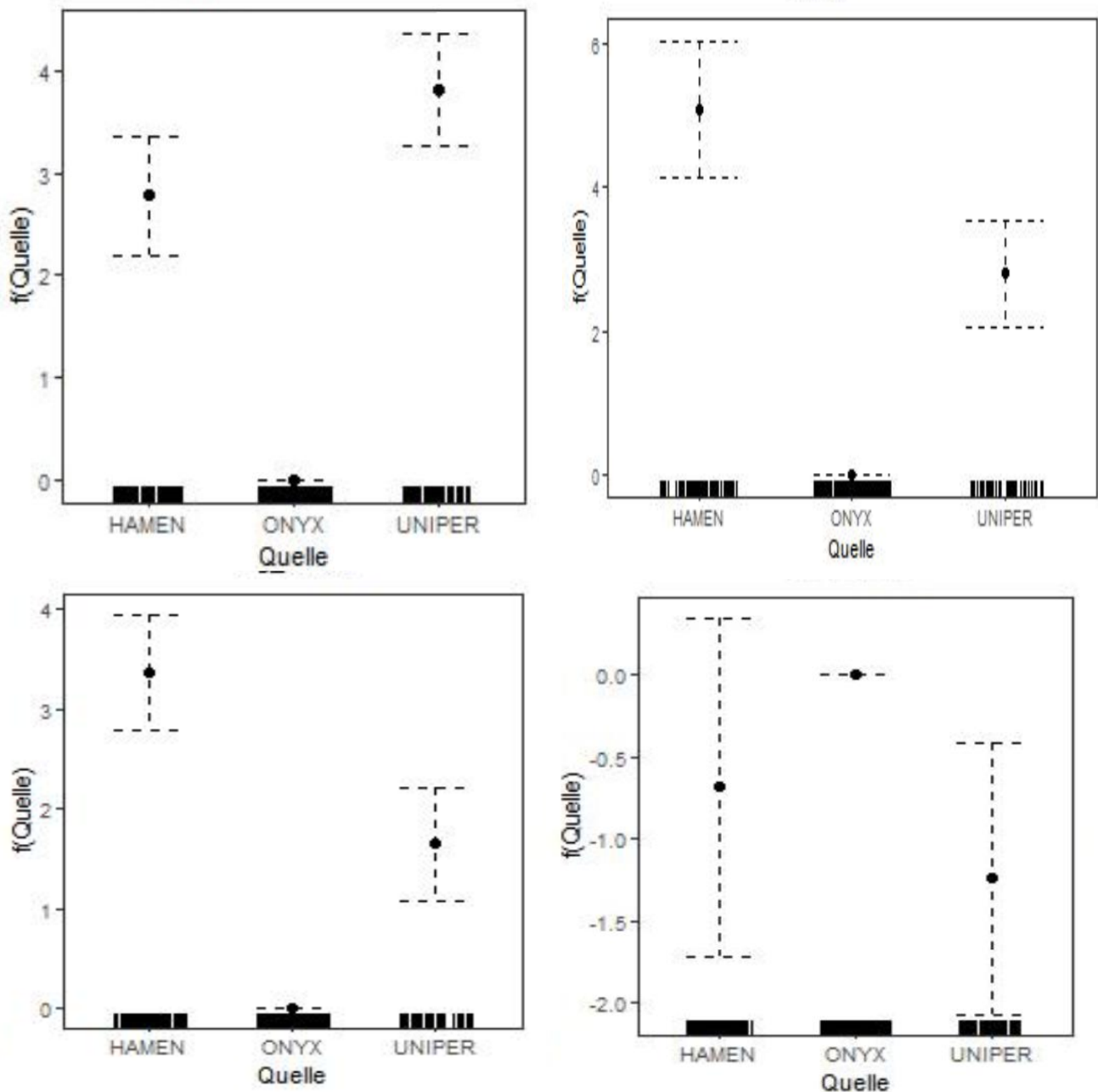


Abbildung 20: Regressionsplots für den Vergleich der mittleren Fischdichten

Da es sich um partielle Effektplots handelt, kann die y-Achse nicht in absoluten Werten interpretiert werden, nur relative Änderungen entlang der x-Achse, die relative Änderung der Fischzahl mit den Werten der jeweiligen Variable (auf der x-Achse aufgetragen) repräsentieren. Gestrichelte Linien geben 95%-Konfidenzintervalle an. Kurze Striche knapp über der x-Achse zeigen die zugrunde liegende Datendichte an (von links nach rechts und oben nach unten: Stint, Sprotte, Hering, Kleine Seenadel)

5.3.2.2 Artenvielfalt

Eine Auswertung der Literatur ergibt, dass im Jadebusen insgesamt 59 Fischarten vorkommen. Die Ergebnisse des Monitorings zeigen, dass sich das Aufkommen dieser Arten an den verschiedenen Fangstationen deutlich unterscheidet.

Von den 59 nachgewiesenen Arten sind 20 nicht im ONYX-Kraftwerk angefallen, hiervon elf wiederum aber an den Referenzstationen (Tabelle 4).

Am ONYX-Kraftwerk traten Hering (Stetigkeit 48,53 %), Kleine Seenadel (Stetigkeit 45,98%), Stint (Stetigkeit 31,53%), Sprotte (Stetigkeit 23,55%) und Wittling (Stetigkeit 17,66%) gemittelt über die sechs Jahre der Erfassung am häufigsten in den Hols auf. An den Referenzstationen wurden für diese fünf Arten ebenfalls überwiegend die höchsten Stetigkeiten dokumentiert, insbesondere an den Standorten der Hamenbefischungen am Südstrand und bei Tossens. Die Stetigkeiten aller Arten am ONYX-Kraftwerk waren im Vergleich deutlich geringer als die Stetigkeiten der Referenzstationen. Bspw. trat der Hering in 98–100 % aller Fänge am E.ON/Uniper-Kraftwerk und in den Hamenfängen auf, jedoch nur in knapp 50 % aller Fänge am ONYX-Kraftwerk (Abbildung 21).

Nicht nur hinsichtlich des generellen Vorkommens an den Fangstationen, sondern auch hinsichtlich der Stetigkeit in den Hols sind für verschieden Arten deutliche Unterschiede zu erkennen (Abbildung 22 und Abbildung 23). So waren im E.ON/Uniper-Kraftwerk insbesondere Flunder und Steinpicker, aber auch Aalmutter, Butterfisch, Aal, Dicklippige Meeräsche, Franzosendorsch und Wolfsbarsch deutlich häufiger vertreten als beim ONYX-Kraftwerk. In den Hamen fanden sich Flunder, großer Scheibenbauch, Seezunge, Sandgrundel, Franzosendorsch, Finte, Steinpicker, Sardelle, Roter Knurrhahn und Kliesche in deutlich höheren Stetigkeiten.

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Tabelle 4: Artenfortkommen an den unterschiedlichen Fangstationen

Arten, die nicht bei ONYX vorkamen, aber potenziell vorkommen können (weiß) bzw. bei E.ON/Uniper oder im Hamen vorkamen (grün)

Art wissenschaftlich	Art trivial	Relative Häufigkeit ¹	Funktionelle Gilde ²	Lebensweise ³
<i>Atherina presbyter</i>	Ährenfisch	Einzelexemplare, selten	MJ	pelagisch
<i>Alosa fallax</i>	Finte	saisonal häufig	KA	pelagisch
<i>Syngnathus acus</i>	Große Seenadel	Einzelexemplare, selten	ÄB	benthisch
<i>Belone belone</i>	Hornhecht	saisonal häufig	MS	pelagisch
<i>Galeorhinus galeus</i>	Hundshai	Einzelexemplar	MB	benthisch
<i>Liparis montagui</i>	Kleiner Scheibenbauch	Einzelexemplare, selten	ÄB	benthisch (Larven pelagisch)
<i>Scomber scombrus</i>	Makrele	Einzelexemplare, selten	MB	pelagisch
<i>Raja clavata</i>	Nagelrochen	Einzelexemplar	MB	benthisch
<i>Pungitius pungitius</i>	Neunstachliger Stichling	?	?	benthisch
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardine	Einzelexemplare, selten	MB	pelagisch
<i>Echiichthys vipera</i>	Vipernqueise	Einzelexemplar	MB	benthisch
<i>Hippoglossoides platessoides</i>	Doggerscharbe	Einzelexemplar	MJ	benthisch
<i>Sparus aurata</i>	Goldbrasse	Einzelexemplar	MB	benthisch
<i>Entelurus aequoreus</i>	Große Schlangennadel	Einzelexemplare, selten	ÄB	benthopelagisch
<i>Hyperoplus immaculatus</i>	Großer ungefleckter Sandaal	Einzelexemplare, selten	MJ	benthisch
<i>Scyliorhinus canicula</i>	Kleingefleckter Katzenhai	Einzelexemplar	MB	benthisch
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Kurzschnauziges Seepferdchen	Einzelexemplar	ÄB	benthisch
<i>Petromyzon marinus</i>	Meerneunauge	Einzelexemplar	KA	pelagisch (Larven benthisch)
<i>Taurulus bubalis</i>	Seebull	Einzelexemplar	ÄB	benthisch (ab 15 mm)
<i>Mustelus asterias</i>	Weißgefleckter Glatthai	Einzelexemplar	MB	benthisch

¹ übernommen aus DÄNHARDT *et al.* (2018a) Anhang Tabelle III, S.112

² Funktionelle Gilde im Gebiet (nach ELLIOTT & HEMINGWAY (2002): ÄB: Ästuarbewohner MS: mariner Saisongast, KA: katadrom/anadrom, MB: mariner Besucher (sporadisch), MS: mariner Besucher (saisonal), MJ: mariner Jungfisch)

³ übernommen aus Atlas der Fische im schleswig-holsteinischen Wattenmeer (VORBERG & BRECKLING 1999)

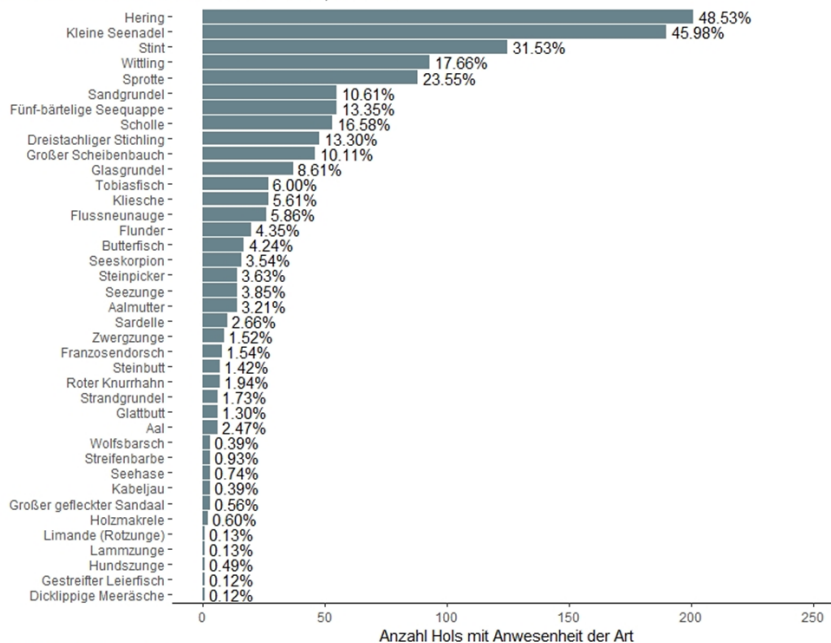
ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Stetigkeit Onyx

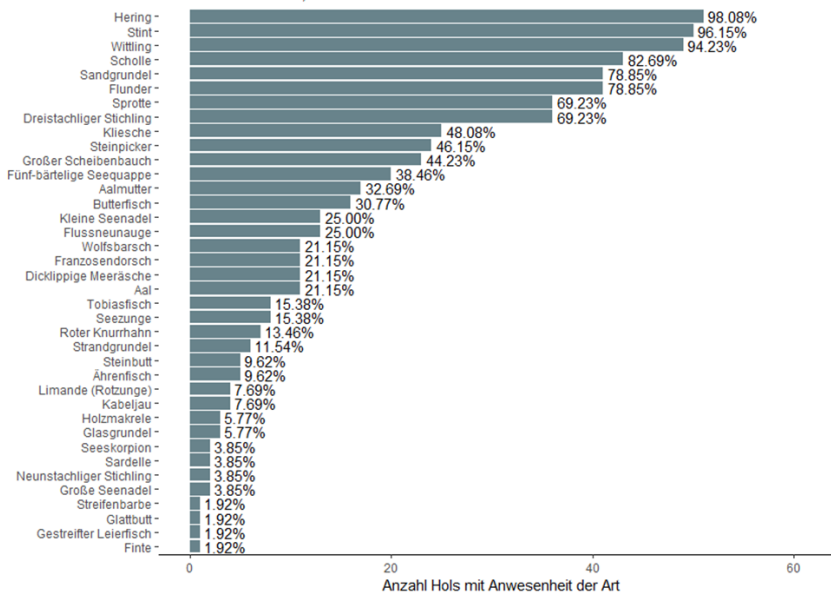
Mittlere Anwesenheit über die Jahre 2014 - 2019, N Hols=422



Anmerkung: Rohdaten Vorberg

Stetigkeit UNIPER

Mittlere Anwesenheit über die Jahre 2015 - 2017, N Hols= 52



Anmerkung: Rohdaten Vorberg

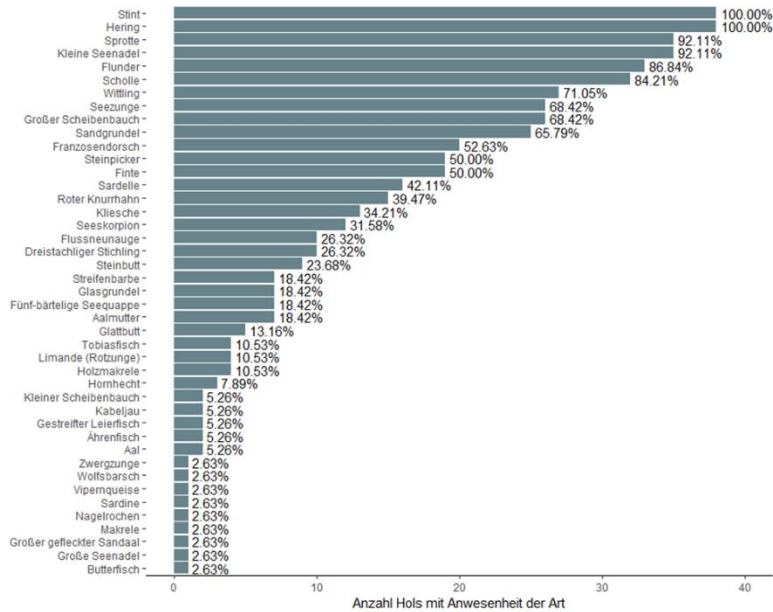
ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Stetigkeit Hamen - Südstrand

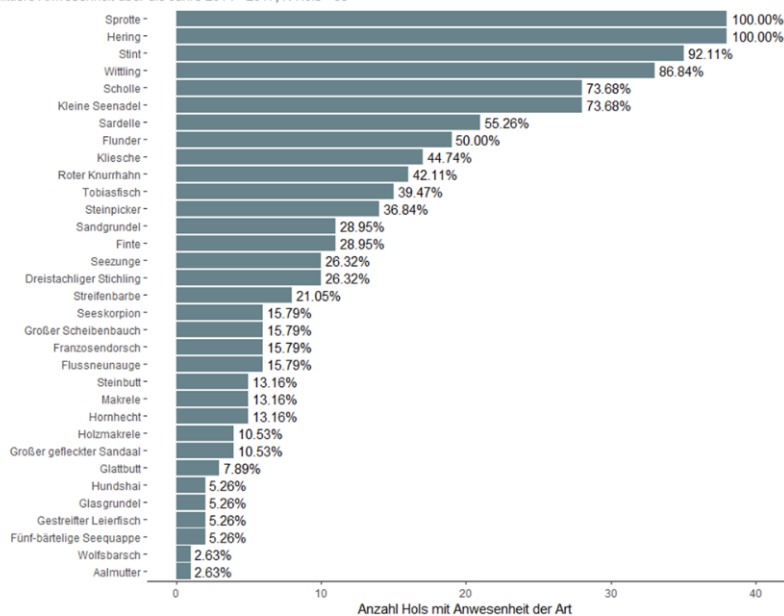
Mittlere Anwesenheit über die Jahre 2014 - 2017, N Hols= 38



Anmerkung: Rohdaten Vorberg

Stetigkeit Hamen - Tossens

Mittlere Anwesenheit über die Jahre 2014 - 2017, N Hols= 38



Anmerkung: Rohdaten Vorberg

Abbildung 21: Stetigkeit der Arten am ONYX-Kraftwerk, am E.ON-Uniper Kraftwerk sowie in den Hamenbefischungen am Südstrand und bei Tossens
Balken: Artenanzahl in den Hols, %-Angaben: Stetigkeit der Arten in den Hols

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Exemplarische Auffälligkeiten beim Abgleich der Gesamtstetigkeiten mit denen der Uniper Daten				
Dargestellt sind die Arten, die mit einer Stetigkeit unter 5% bei Onyx und mit mehr als 5% bei Uniper nachgewiesen wurden.				
Art.trivial	frac_onyx	frac_uniper ¹	Relative.Häufigkeit	Lebensweise
Flunder	4.74%	78.85%	regelmäßig, häufig	benthisch (ab 10 mm)
Steinpicker	3.32%	46.15%	regelmäßig, wenige Exemplare	benthisch (ab 20 mm)
Aalmutter	3.32%	32.69%	Einzelexemplare, selten	benthisch
Butterfisch	4.03%	30.77%	Einzelexemplare, selten	benthisch (ab 30 mm)
Aal	1.42%	21.15%	Einzelexemplare, selten	benthisch
Dicklippige Meeräsche	0.24%	21.15%	?	benthisch (Larven pelagisch)
Franzosendorsch	1.90%	21.15%	saisonal häufig	benthisch (nach 4 Wochen)
Wolfsbarsch	0.71%	21.15%	Einzelexemplare, selten	pelagisch
Seezunge	3.32%	15.38%	saisonal häufig	benthisch (ab 15 mm)
Roter Knurrhahn	1.66%	13.46%	saisonal häufig	benthopelagisch (ab 30 mm)
Strandgrundel	1.42%	11.54%	?	benthisch
Steinbutt	1.66%	9.62%	regelmäßig, wenige Exemplare	benthisch (Jungfische bis zu einem halben Jahr pelagisch)
Kabeljau	0.71%	7.69%	Einzelexemplare, selten	benthopelagisch (ab 3-5 Monaten)
Limande (Rotzunge)	0.24%	7.69%	Einzelexemplare, selten	benthisch (ab 20 mm)
Holzmakrele	0.47%	5.77%	Einzelexemplare, selten	pelagisch

¹ hervorgehoben wurden die Arten, die eine Diskrepanz von mehr als 15 % aufzeigten

Abbildung 22: Unterschiede in der Stetigkeit am ONYX-Kraftwerk und am E.ON/Uniper-Kraftwerk

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Exemplarische Auffälligkeiten beim Abgleich der Gesamtstetigkeiten mit denen der Hamen Daten
Dargestellt sind die Arten, die mit einer Stetigkeit unter 5% bei Onyx und mehr als 5% bei der Hamenfischerei nachgewiesen wurden.

Art.trivial	frac_onyx	frac_uniper	frac_südstrand ¹	frac_tossens	Relative.Häufigkeit	Lebensweise
Flunder	4.50%	96.15%	86.84%	50.00%	regelmäßig, häufig	benthisch (ab 10 mm)
Großer Scheibenbauch	1.42%	44.23%	68.42%	15.79%	saisonal häufig	benthisch (Larven pelagisch)
Seezunge	2.37%	15.38%	68.42%	26.32%	saisonal häufig	benthisch (ab 15 mm)
Sandgrundel	2.61%	94.23%	65.79%	28.95%	saisonal häufig	benthisch
Franzosen dorsch	1.42%	21.15%	52.63%	15.79%	saisonal häufig	benthisch (nach 4 Wochen)
Finte	2.61%	3.85%	50.00%	28.95%	saisonal häufig	pelagisch
Steinpicker	3.32%	55.77%	50.00%	36.84%	regelmäßig, wenige Exemplare	benthisch (ab 20 mm)
Sardelle	4.98%	3.85%	42.11%	55.26%	saisonal massenhaft	pelagisch
Roter Knurrhahn	3.79%	19.23%	39.47%	42.11%	saisonal häufig	benthopelagisch (ab 30 mm)
Kliesche	4.03%	57.69%	34.21%	44.74%	saisonal häufig	benthisch
Seeskorpion	1.42%	3.85%	31.58%	15.79%	regelmäßig, wenige Exemplare	benthisch (ab 20 mm)
Dreistachliger Stichling	2.37%	78.85%	26.32%	26.32%	saisonal häufig	pelagisch
Flussneunauge	1.42%	30.77%	26.32%	15.79%	saisonal wenige Exemplare	pelagisch (Larven benthisch)

Abbildung 23: Unterschiede in der Stetigkeit am ONYX-Kraftwerk und bei den Hamenbefischungen

5.3.2.3 Längenvergleich

Für einen weitergehenden Vergleich des Fischanfalls an den unterschiedlichen Fangstationen erfolgte für die vier ausgewählten Arten eine Auswertung der Längendaten (Abbildung 24).

Längen der relevanten Fische

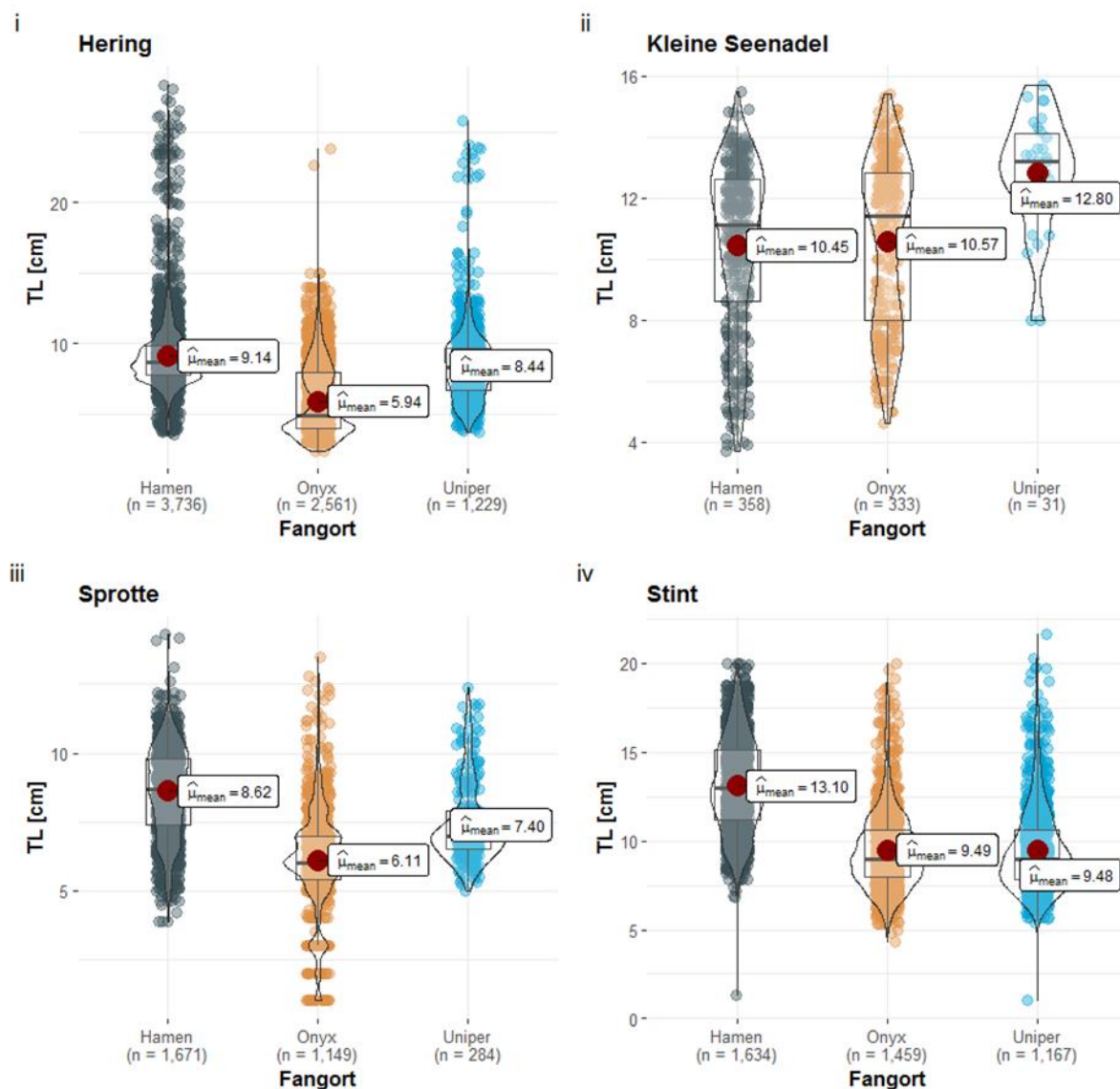


Abbildung 24: Längendaten der ausgewählten Fischarten Hering, Kleine Seenadel, Sprotte und Stint an den verschiedenen Fangstationen

Am ONYX-Kraftwerk sind von Hering und Sprotte deutlich kleinere Individuen angefallen (MW 5,94 cm bzw. 6,11 cm) als am E.ON/Uniper-Kraftwerk (MW 8,44 cm bzw. 7,40 cm). Noch größer waren die Fische durchschnittlich, die in den Hamenfängen auftraten (9,14 cm bzw. 8,62 cm). Auch die durchschnittliche Größe der Kleinen Seenadeln war bei ONYX geringer als bei E.ON/Uniper, wobei sich hier in den Hamenfängen ein ähnliches Größenspektrum ergab. Beim Stint wiederum waren die Längen, die an den Kraftwerken angefallen sind, in einer ähnlichen Größenordnung zueinander und waren deutlich kleiner als die Stinte in den Hamenfängen.

Die Ergebnisse zeigen, dass am ONYX-Kraftwerk überwiegend kleinere und damit auch eher die juvenilen Stadien angefallen sind. Sowohl am E.ON/Uniper-Kraftwerk als auch bei den Hamenbefischungen sind vorwiegend größere Tiere angefallen. Der Anteil der gefangenen Tiere am Laicherbestand kann als sehr gering angenommen werden.

5.3.2.4 Saisonalität

Die Ergebnisse am ONYX-Kraftwerk spiegeln erwartungsgemäß die Saisonalität des Fischeaufkommens in der Jade wider, was am Beispiel des Herings gezeigt werden soll (Abbildung 25). Während im Winter und im Frühjahr die etwas größeren Heringe anfielen, fielen ab Mai vorwiegend die sehr jungen Tiere (MW 4,19 cm) an und im weiteren Verlauf nahm die Größe der Tiere kontinuierlich zu, mit den größten Tieren im Januar (MW 10,13 cm).

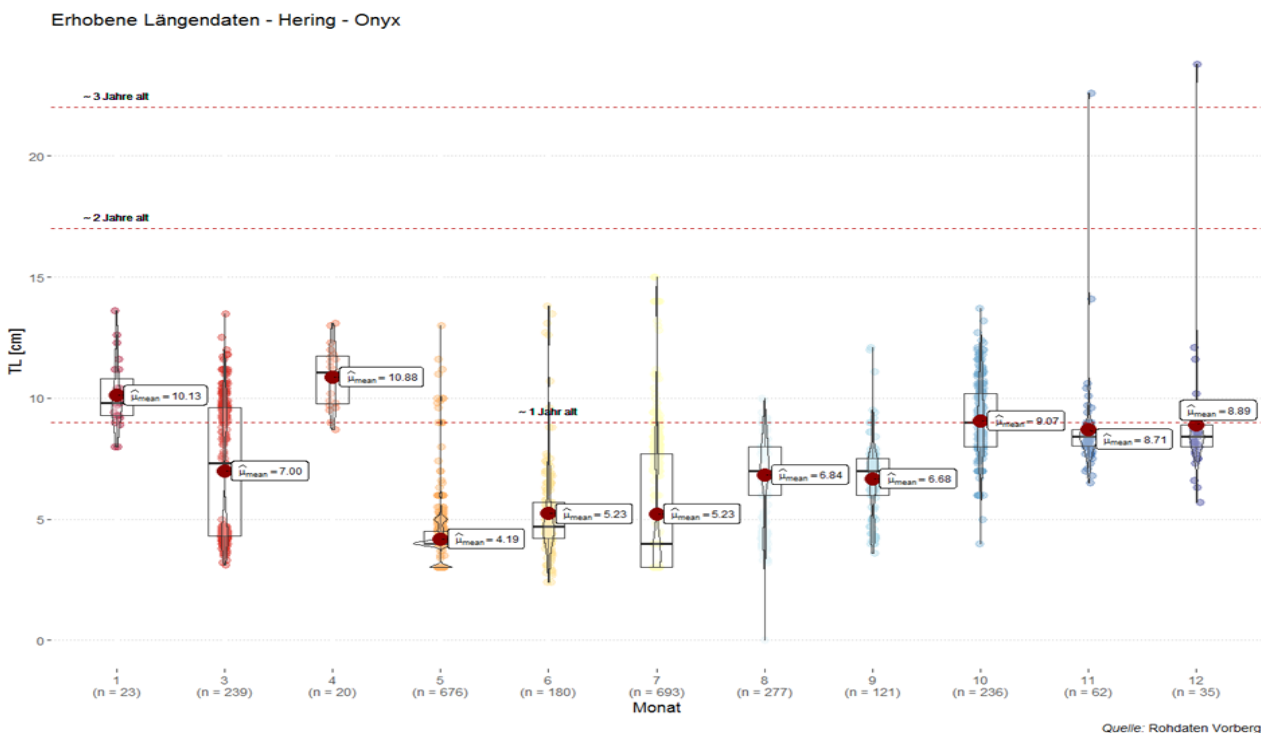


Abbildung 25: Interanuelles Auftreten von Heringen am ONYX-Kraftwerk

6 Wirksamkeit des Fischschutzsystems

Da sich die Scheuchanlagen an den Kühlwasserentnahmebauwerken während des Monitorings als wirkungslos erwiesen und sich gezeigt hat, dass regelmäßig Fische in das Vorbecken gelangen, ist neben der Lage der Kühlwasserentnahmebauwerke außerhalb von Tiefenbereichen, in denen eine Häufung der Fische zu erwarten ist, die Rückführung der Fische in die Jade die wichtigste Komponente des Fischschutzsystems im ONYX-Kraftwerk.

6.1 Lage der Kühlwasserentnahmebauwerke

Das Vorkommen und die räumliche Verteilung der Fische nahe der Entnahmebauwerke wurden in den Jahren 2014, 2015 und 2016 über Schiffs-Transekte mit einem EK-60 Split-Beam Echolot untersucht, um die Lage der Entnahmebauwerke zu bewerten. Um die räumliche Verteilung pelagischer Fische um die Entnahmebauwerke herum darzustellen, wurden vier verschiedene Transekte befahren, und zwar ausgehend von den Entnahmebauwerken linienförmig für ca. 1 km in alle vier Himmelsrichtungen:

- Nordtransekt: Richtung Jade-Weser-Port
- Osttransekt: über das Jadfahwasser hinweg
- Südtransekt: Richtung Jadebusen
- Westtransekt: Richtung Ufer ins flachere Wasser

Auf diesen Linientransekten erfolgte die Datenerfassung jeweils auf dem Hin- und Rückweg mit einem Parallelversatz von ca. 30 m. Die Datenauswertung der einzelnen Transekte erfolgte u. a. in sechs Tiefenhorizonten von jeweils 2 m im Bereich zwischen 4 und 16 m Wassertiefe, was die Lage der Kühlwasser-Entnahmefenster in der Wassersäule abdeckt.

Die saisonalen und räumlichen Fischverteilungsmuster um die Entnahmebauwerke herum zeigten bei erwartungsgemäß hoher Variabilität ein konsistentes Muster innerhalb der Untersuchungsjahre. In der Summe konnte mit der Entfernung zu den Entnahmebauwerken eine steigende Fischbiomasse festgestellt werden (Abbildung 26). Die größte Fischbiomasse im Freiwasser wurde östlich und südlich der Entnahmebauwerke gefunden. Die geringste Biomasse wurde unmittelbar um die Entnahmetürme sowie westlich davon erfasst. Auf dem Nord-, Ost- und Südtransekt zeigte sich eine Zunahme der pelagischen Fischechos mit steigender Entfernung von den Entnahmebauwerken, während auf dem Westtransekt ein entgegengesetztes Muster sichtbar wurde. In unmittelbarer Nähe zu den Entnahmebauwerken stiegen die sA-Werte auf den ersten 150 m Richtung Westen an, bevor mit zunehmender Entfernung Richtung Ufer im Westen, also mit abnehmender Wassertiefe, die Fischechos immer geringer wurden. Auf diesem Transekt wurden wie oben beschrieben deutlich geringere Fischbiomassen, im Gegensatz zu den drei anderen Transekten, erfasst (DÄNHARDT *et al.* 2015; DÄNHARDT *et al.* 2016; DÄNHARDT *et al.* 2017).

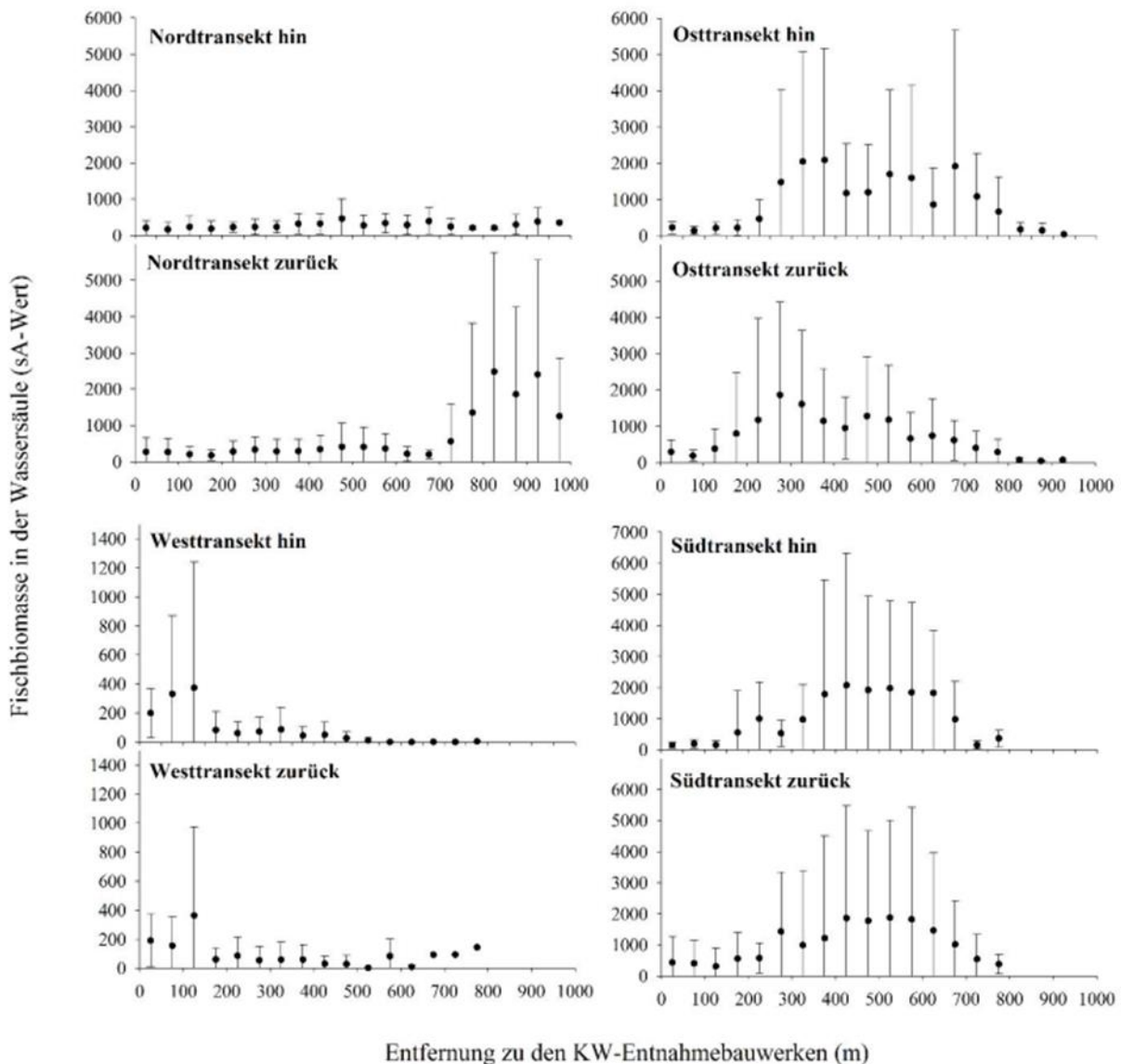


Abbildung 26: Tiefenintegrierte Flächenrückstreuung der pelagischen Fischechos über die beiden Saisons 2014 und 2015
 Dargestellt sind die durchschnittlichen sA-Werte \pm 1 Standardabweichung (in m^2/nm^2) integriert über die Transekte nach Norden, Osten, Süden und Westen sowie um die Entnahmebauwerke herum. Aufgrund deutlicher Unterschiede im Fischechokommen sind die y-Achsen der einzelnen Transekte unterschiedlich skaliert; Quelle: DÄNHARDT *et al.* (2016)

Fazit

Die geringste Biomasse wurde unmittelbar um die Entnahmetürme beobachtet und mit zunehmender Entfernung zu den Entnahmebauwerken stieg die Fischbiomasse an. Daraus wurde geschlossen, dass die im Revier vorhandenen Fische die Bereiche um die Entnahmebauwerke meiden, sodass der Standort der Entnahmebauwerke als günstig bewertet werden kann (DÄNHARDT *et al.* 2016).

6.2 Vitalität und Überlebensraten der Fische

Um zu beurteilen, inwieweit Fische die Passage durch das Kühlwassersystem unbeschadet überstehen und vital in das Ursprungsgewässer Jade zurückgeführt werden können, wurden Organismen an verschiedenen Stellen des Kühlwassersystems entnommen. Durch die Beprobungen und Sonar-Aufnahmen im Vorbecken, im Fischsammelcontainer und am End-of-Pipe (EoP) wurde untersucht ob und an welcher Stelle Schädigungen auftreten, die eine erfolgreiche Fischrückführung entgegenstehen. Die hydroakustischen Untersuchungen zur Vitalität der Fische und die Hälterungsversuche zur Untersuchung der Überlebensraten werden im Folgenden beschrieben.

6.2.1 Untersuchungen zur Vitalität der Fische im Vorbecken, Fischsammelcontainer und am End-of-Pipe

Zur Beurteilung der Vitalität der Fische im Fischsammelcontainer (2018) und am End-of-Pipe (2019) wurde ein Imaging-Sonar (ARIS Explorer 3000) eingesetzt. Mit dieser akustischen Kamera wurden die Fische in situ aufgenommen, die Daten aufgezeichnet und zur Analyse des Schwimm- und Aggregationsverhaltens verwendet. Untersuchungen zur Vitalität der Fische im Vorbecken fanden nicht statt, da aus den Untersuchungen zur räumlichen Verteilung der Fische im Vorbecken aus den Jahren 2014–2015 ausreichend Aufnahmen des DIDSON-Sonars zur Verfügung standen.

Während der Untersuchungen zur Darstellung der räumlichen Fischverteilung im Vorbecken in 2014 und 2015 wurde das DIDSON in zwei unterschiedlichen Ausrichtungen – Setup 1 erfasste den Bereich in Richtung Trennpfeiler zwischen den ankommenden Kühlwasserleitungen und Setup 2 erfasste den Bereich des westlichen Rechenfeldes – eingestellt. Mit Hilfe einer Seilwinde wurde das Sonar langsam, gleichmäßig von der Grundposition (1 m über Grund) bis zur Oberfläche bewegt, um einen „Vertikalschnitt“ durch die Wassersäule zu erhalten. Zu besonderen Gelegenheiten wie dem Kraftwerksstillstand (u. a. November 2014) wurden zusätzliche Beobachtungen mit einer Unterwasserkamera und Entnahmen der Fische aus dem Vorbecken durchgeführt. Somit konnte das Schwimm- und Aggregationsverhalten der Fische im Vorbecken bewertet werden (DÄNHARDT *et al.* 2015; DÄNHARDT *et al.* 2016).

Die Untersuchungen in 2018 fanden ausschließlich im Fischsammelcontainer statt. Im April 2018 fand ein Methodentest (u. a. Prüfung der Montage, Positionierung und Blickrichtung des Sonars) statt und im Juni und Oktober 2018 gelangen jeweils dreitägige Kampagnen mit aussagekräftigen Aufnahmen zum Schwimm- und Aggregationsverhalten der Fische (MARINE SCIENCE SERVICE 2019b).

Die Untersuchungen in 2019 fanden ausschließlich am End-of-Pipe in der Jade statt. Im Mai, Juli und Oktober wurden jeweils mehrtägige Kampagnen durchgeführt, um die Vitalität der Fische zu bestimmen. Für die Arbeiten in der Jade wurde ein Schwimmponton als Arbeitsplattform errichtet, in dessen Mitte sich ein 4x4x4 m großer Netzkäfig befand, der durch einen Netztunnel mit dem Ende der Rückführleitung verbunden war (Abbildung 27). Das Sonar wurde an einem Gestell kurz unter der Wasseroberfläche platziert, mit „Blickrichtung“ auf das Rohrende der Rückführleitung. Mit Setup 1 wurde sowohl das Verhalten der Fische beim Einschwimmen als auch ihr Verhalten innerhalb des Netzkäfigs erfasst. Setup 2 (Oktober 2019) wurde ohne den Netzkäfig durchgeführt und war darauf ausgerichtet, die Fische unmittelbar beim Verlassen der Rückführung zu beobachten (MARINE SCIENCE SERVICE 2020a).

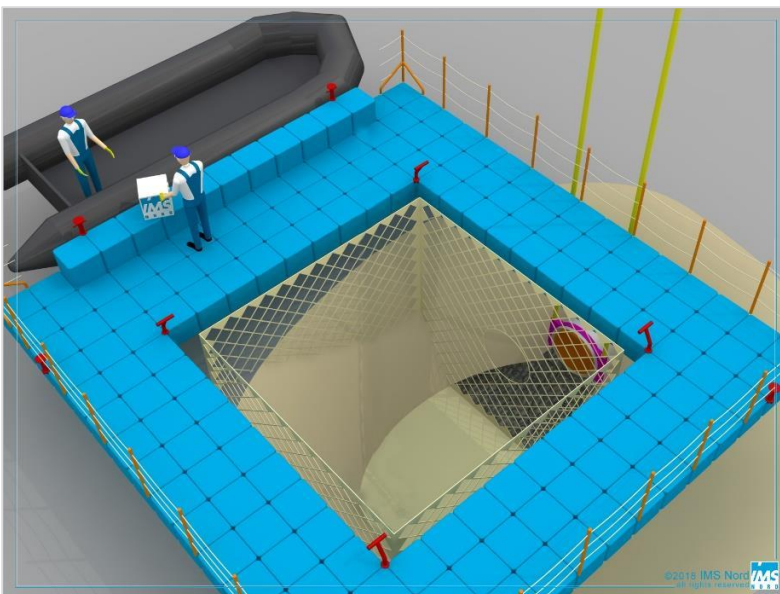


Abbildung 27: Grafik des Schwimmpontons mit dem Netzkäfig

Zwischen Rohrende der Rückführleitung und Netzöffnung verlief ein zwei Meter langer Netztunnel, der die Fische in den Netzkäfig leitete; Quelle: MARINE SCIENCE SERVICE (2020a)

Insgesamt wurden während der hydroakustischen Untersuchungen im Vorbecken des Pumpenhauses (2014–2015) vital wirkende Fische beobachtet, die ein normales Schwimmverhalten zeigten. Ein schädigender Einfluss durch einen kurz- bis mittelfristigen Aufenthalt (mehrere Wochen bis Monate) der Fische im Vorbecken konnte nicht festgestellt

werden. Dies konnte mehrfach bestätigt werden, als bei Kraftwerksstillständen das Wasser fast vollständig aus dem Becken abgepumpt wurde und die Fische mit Stell- und Zugnetzen abgefischt werden konnten. Bei Kontrollgängen während der Untersuchungszeit wurden in keinem Fall tote Fische an der Wasseroberfläche festgestellt. Es ist davon auszugehen, dass das Vorbecken günstige Bedingungen für Fische bietet und damit gute Voraussetzungen für die Fischrückführung bestehen (DÄNHARDT *et al.* 2015; DÄNHARDT *et al.* 2016).

Die ARIS-Aufnahmen in dem Fischesammelcontainer aus 2018 zeigten in keinem Fall unnormales Schwimmverhalten der Fische oder ließen aufgrund ihrer Bewegungen Rückschlüsse auf eine Schädigung der Fische zu. Diese Bewertung wurde durch die Beobachtungen gestützt, dass die Fische sich zu Schwärmen zusammenschlossen und sich in wiederkehrender Formation gerichtet durch das Becken bewegten (MARINE SCIENCE SERVICE 2019b). Auch die ARIS-Aufnahmen innerhalb des Netzkäfigs des Schwimmpontons am EoP aus 2019 zeigten ein normales Schwimmverhalten der Fische nach dem Verlassen der 400 m langen Rückführleitung, die häufig größere Gruppen oder kleinere Schwärme bildeten. Auffälliges Verhalten geschädigter Fische konnte in den Aufzeichnungen nicht nachgewiesen werden (MARINE SCIENCE SERVICE 2020a).

6.2.2 Untersuchungen zu Überlebensraten

Die Hälterung von Fischen über einen längeren Zeitraum ist erforderlich, um die Überlebensraten der Tiere vor und nach der Rückführung in die Jade zu bestimmen. Im Jahr 2017 wurde die Methodik der Hälterungsversuche getestet, um Erfahrungen über die Hälterungsbecken sowie die Entnahme und das Umsetzen der Fische zu sammeln und die Methodik für die folgenden zwei Versuchsjahre zu optimieren (DÄNHARDT *et al.* 2018b). Die Hälterungsbedingungen und -vorgaben der Untersuchungsjahre 2018 und 2019 sind in Tabelle 5 aufgeführt (MARINE SCIENCE SERVICE 2019b, 2020a).

Tabelle 5: Bedingungen und Vorgaben der Hälterungsversuche

Hälterungsbecken	4 Stück; Mater: Glas-Polyesterlaminat; Volumen: 550 l
Befüllung	Meerwasser im Durchfluss; Durchflussrate mindestens 5 l/min
Füllstand	30 bis 40 cm (\cong 250–300 l)
Besatzdichte	max. 100–120 Individuen pro Becken (Hälterungsversuch der Fische aus dem Vorbecken mit mehr als 200 Individuen pro Becken)
Versuchsdauer	Mindestens 72 Stunden
Kontrolle	3x täglich Zustand der Fische und Wasserparameter (Temperatur, Salinität, Sauerstoffgehalt und Durchflussrate)

Am Ende der Hälterungszeit wurden die noch lebenden Fische entnommen, die Art bestimmt, gezählt und die Länge geschätzt. Alle überlebenden Fische wurden wieder zurück in die Jade

gesetzt. Aus der Anzahl der Fische, die die Hälterungszeit nicht überlebten, ergab sich unter Berücksichtigung der Überlebenden die Mortalitätsrate der insgesamt eingesetzten Versuchsfische. Die Überlebensrate wurde entsprechend berechnet (MARINE SCIENCE SERVICE 2020a):

$$\text{Überlebensrate [\%]} = 100 - \text{Mortalitätsrate [\%]}$$

6.2.2.1 Überlebensraten der Fische im Vorbecken (2019)

Im Rahmen eines Kraftwerkstillstands im September 2019 wurde das Wasser aus dem Vorbecken abgepumpt, während die Kühlwasserzuläufe mit Netzwänden blockiert wurden, um das Abwandern der Fische aus dem Vorbecken zu verhindern. Bei einem Restwasserstand von ca. 50 cm konnten die Fische mit Hilfe eines Zugnetzes gefangen und anschließend in Transportbehälter (40 l-Eimer) überführt werden. Mittels LKW wurden die Fischeimer zur Hälterungsanlage gebracht.

Für die Hälterung wurden vier Fischarten mit insgesamt 753 Individuen in die Hälterung genommen, wobei die Befischung im Vorbecken fast ausschließlich Heringe und Stinte lieferte (Tabelle 6). Die Überlebensraten der pelagischen Arten Hering und Stint betrug 98 % und die drei Wittlinge und eine Streifenbarbe überlebten unbeschadet (MARINE SCIENCE SERVICE 2020a).

6.2.2.2 Überlebensraten der Fische im Fischsammelcontainer (2018)

Im Jahr 2018 wurde die Überlebensrate in den Monaten Mai, Juli und Oktober ausschließlich von Fischen berechnet, die von den Feinrechen entnommen und über die Ablaufrinne in den Fischsammelcontainer transportiert wurden. Dazu wurden die Fische vorsichtig mit einem geeigneten Netz entnommen und die Transportzeit zu den Hälterungsbecken wurde so kurz wie möglich gehalten.

Für die Untersuchung wurden 14 Fischarten mit insgesamt 630 Individuen in die Hälterung genommen (Tabelle 6). Die Plattfische (Scholle, Flunder, Kliesche, Glattbutt) und auch die dorsch- und barschartigen bzw. barschverwandten Fischarten (Stöcker, Sandaal, Aalmutter, Stichling) sowie die Grundel erwiesen sich als äußerst robust und überlebten zu 100 %. Die pelagischen Fischarten (Hering, Sprotte, Stint) und auch die Kleine Seenadel, die als Jungtiere zunächst pelagisch leben, zeigten die geringsten Überlebensraten von 40–66 %. Die Überlebensrate der Wittlinge lag im Durchschnitt bei 82 %.

Heringe, Sprotte und Stint zeigten mehr oder weniger ausgeprägte saisonale Unterschiede. Die niedrigsten Überlebensraten wurden im Juli dokumentiert. Messbare Einflussgrößen, die maßgeblich auf die Fische und ihre Überlebensfähigkeit einwirken, sind die abiotischen Faktoren Temperatur, Salzgehalt und Sauerstoffgehalt. Die Wassertemperatur lag während der Hälterungsversuche im Juli 4–5 °C höher als im Mai und Oktober. Der ungewöhnlich warme

Sommer im Jahr 2018 könnte zu einem erhöhten Temperaturstress bei den Fischen geführt und ihre allgemeine Kondition negativ beeinflusst haben (MARINE SCIENCE SERVICE 2019b).

6.2.2.3 Überlebensraten der Fische am End-of-Pipe (2019)

Die Fische für die Überlebensversuche in den Monaten Mai, Juli und Oktober 2019 wurden mit Hilfe des innerhalb des Schwimmpontons angebrachten Netzkäfigs (Abbildung 27) gefangen. Für die Untersuchung der Überlebensraten wurden ausschließlich Fische aus dem Feinrechengut verwendet. Für die Entnahme der Fische aus dem Netzkäfig wurden drei Seitenwände des Käfigs gehoben, sodass die Fische eingeeengt wurden und vorsichtig abgeschöpft und in Transportbehälter (40 l-Eimer) überführt werden konnten. Anschließend mussten die Fischeimer per Schlauchboot ans Ufer und unmittelbar zur Hälterungsanlage am Deichkreuzungsbauwerk des Kraftwerkes gebracht werden. Der vollständige Transport zu den Hälterungsbecken dauerte nicht mehr als 10 Minuten.

Für die Untersuchung wurden 20 Fischarten mit insgesamt 378 Individuen in die Hälterung genommen, wobei nur wenige Arten durchgängig in den Hälterungsversuchen der einzelnen Monate und viele Arten nur mit einzelnen oder wenigen Individuen vorkamen (Tabelle 6). Die Überlebensraten der zehn dorsch- und barschartigen bzw. barschverwandten Fischarten lagen zwischen 93 % und 100 %, u. a. für den Wittling (97 %) und Kleine Seenadel (96 %). Auch die Grundeln- und Plattfischarten erwiesen sich erneut als robust, mit Überlebensraten von überwiegend 100 %. Wie schon bei den Überlebensraten der Fische im Sammelcontainer und im Vorbecken, zeigten die pelagischen Arten Hering, Sprotte und Stint die höchste Mortalität. Die durchschnittlichen Überlebensraten der Arten betragen für den Hering 57 %, Sprotte 79 % und Stint 44 %. Neben dem zu untersuchenden Einfluss der Fischrückführung auf die Fische spielten andere Faktoren eine Rolle, die das Überleben der Fische beeinflusst. Zu diesen weiteren Einflüssen zählen u. a. die Entnahme der Fische aus dem Netzkäfig und die Überführung der Fische aus dem Netz in die Transportbehälter, die nicht so schonend umzusetzen waren, wie für die empfindlichen Arten nötig gewesen wäre. Mit Verbesserung der Fertigkeiten des Untersuchungsteams bei der Beprobung ging von Kampagne zu Kampagne ein Anstieg der Überlebensrate einher (MARINE SCIENCE SERVICE 2020a).

6.2.2.4 Vergleich mit Literaturdaten

Es gibt zahlreiche Untersuchungen zur Überlebenswahrscheinlichkeit von Fischen während der Kühlwasserreinigung. Die große Streubreite der Überlebensraten in der Literatur hängt zum einen von dem Organismus bzw. Typus der Art (u. a. Körperform, Entwicklungsstadium, Größe, Beschuppung) und zum anderen von dem technischen Aufbau und der Betriebsweise des Kraftwerkes (u. a. Feinrechen- und Siebbandanlagen, Fischrückführungen, Scheuchanlagen) ab. Je stärker die Fischrückführung eines Kraftwerkes optimiert ist, desto höhere Überlebensraten können erzielt werden. Die einzelnen Einflussfaktoren wirken auf unterschiedliche Weise

miteinander, sodass Ergebnisse der Überlebensraten einzelner Kraftwerke nur bedingt vergleichbar sind (KRIEG *et al.* 2010).

Dennoch werden Monitoringergebnisse verschiedener Kraftwerke zu Vergleichszwecken herangezogen, um die Ergebnisse, die am ONYX-Kraftwerk gewonnen wurden, abzusichern. Es stehen nur wenige Daten von vergleichbaren Kraftwerken im tidebeeinflussten Küsten- und Ästuarbereich der Nordsee zur Verfügung, die ein ähnliches Artenspektrum aufweisen. Im Folgenden werden daher die artspezifischen Überlebensraten der beiden Kraftwerke Brunsbüttel (SPRENGEL 1997) und Moorburg (ROSENFELLNER *et al.* 2018) betrachtet (Tabelle 6).

Am Kernkraftwerk Brunsbüttel (KKB) werden die eingesogenen Fische, nach dem Passieren der Hauptkühlwasserleitungen und des vorgeschalteten Grobrechens, vom Feinrechen zurückgehalten. Das Reinigungsintervall der Feinrechanlage im Normalbetrieb beträgt ca. vier Stunden. Die artspezifischen Überlebensraten (Tabelle 6) wurden in mehrjährigen Untersuchungen (1987–1996) an der Rechenreinigungsanlage dokumentiert und 1995/96 durch aktuelle und eigene Beobachtungen gemäß SPRENGEL (1997) verifiziert und ergänzt. Verbesserungen der Reinigungsanlagen, wie bspw. Verkürzung der Rechenreinigungsintervalle und Installation von Sammelrinnen an den Reinigungsleisten wirken sich entscheidend auf die Überlebensrate aus. Aus diesem Grund geht SPRENGEL (1997) bei den Daten des KKB, nach Umsetzung von möglichen Verbesserungen der Reinigungsanlagen, von einer um mindestens 10 % verringerten Sterblichkeit aus.

Das Kühlwasser des Heizkraftwerks Moorburg wird zuerst durch einen Grobrechen mit 30 mm lichter Weite der Zwischenräume am Rechen und anschließend durch einen Feinrechen (Multidisk-Anlage) mit lichtem Lochdurchmesser von 3 mm gefiltert. Über eine Fischrückführleitung an der Multidisk-Anlage gelangen die Fische ins Ursprungsgewässer. Die Effizienz der Fischrückführanlage und damit die Daten der artspezifischen Überlebensraten des Heizkraftwerkes Moorburg (Tabelle 6) stammen aus den Untersuchungsjahren 2015–2017 (ROSENFELLNER *et al.* 2018).

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

Tabelle 6: Überlebensraten der Untersuchungen des ONYX-Kraftwerkes 2018 und 2019 und weiterer Kraftwerke im Küsten- und Ästuarbereich der Nordsee
Überlebensrate (Ü-Rate) der Fische im Vorbecken (VB), im Fischesammelcontainer (FSC) und am End-of-Pipe (EoP) des ONYX-Kraftwerkes sowie Überlebensraten der Kraftwerke Eemscentrale (HARTHOLT & JAGER 2004), Brunsbüttel (SPRENGEL 1997) und Moorburg (ROSENFELLNER *et al.* 2018)

Artnamen trivial	Artnamen wissenschaftlich	ONYX-Kraftwerk						Heizkraftwerk Moorburg (2015–2017)	Kernkraftwerk Brunsbüttel (1987–1996)
		VB 2019		FSC 2018		EoP 2019			
		Ü-Rate [%]	n	Ü-Rate [%]	n	Ü-Rate [%]	n	Überlebensrate [%]	
Neunaugen									
Flussneunauge	<i>Lampetra fluviatilis</i>							99 (juvenil), 98 (adult)	100
Dorschartige und barschartige bzw. barschverwandte Fischarten									
Kabeljau	<i>Gadus morhua</i>					100	1		57
Wittling	<i>Merlangius merlangus</i>	100	3	82	78	97	88		57
Franzosendorsch	<i>Trisopterus luscus</i>								
Fünfbärtelige Seequappe	<i>Ciliata mustela</i>					100	3		57
Kleine Seenedel	<i>Syngnathus rostellatus</i>			50	6	96	9		57
Holzmakrele (auch: Stöcker)	<i>Trachurus trachurus</i>			100	1				57
Wolfsbarsch	<i>Dicentrarchus labrax</i>								57
Sandaal	<i>Ammodytes sp.</i>			100	1	100	1		
Tobiasfisch	<i>Ammodytes tobianus</i>								57
Großer gefleckter Sandaal	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>								
Dicklippige Meeräsche	<i>Chelon labrosus</i>								100
Butterfisch	<i>Pholis gunnellus</i>								57
Aalmutter	<i>Zoarces viviparus</i>			100	1	100	1		

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Artname trivial	Artname wissenschaftlich	ONYX-Kraftwerk						Heizkraftwerk Moorburg (2015–2017)	Kernkraftwerk Brunsbüttel (1987–1996)
		VB 2019		FSC 2018		EoP 2019			
		Ü-Rate [%]	n	Ü-Rate [%]	n	Ü-Rate [%]	n	Überlebensrate [%]	
Roter Knurrhahn	<i>Chelidonichthys lucerna</i>								57
Gestreifter Leierfisch	<i>Callionymus lyra</i>								57
Streifenbarbe	<i>Mullus surmuletus</i>	100	1						
Seeskorpion	<i>Myoxocephalus scorpius</i>					100	1		57
Steinpicker	<i>Agonus cataphractus</i>					100	1		57
Seehase	<i>Cyclopterus lumpus</i>								57
Großer Scheibenbauch	<i>Liparis liparis</i>					93	3		57
Dreistachliger Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>			100	13	100	4	99	95 (0), 95 (1 +)
Grundeln									
Grundel	<i>Pomatoschistus spec.</i>			100	1				79
Sandgrundel	<i>Pomatoschistus minutus</i>					100	1		79
Strandgrundel	<i>Pomatoschistus microps</i>							70	79
Glasgrundel	<i>Aphia minuta</i>					100	1		
Aalarten									
Aal	<i>Anguilla anguilla</i>							96	62
Plattfische									
Steinbutt	<i>Scophthalmus maximus</i> (auch: <i>Psetta maxima</i>)					100	1		100
Glattbutt	<i>Scophthalmus rhombus</i>			100	2				100
Kliesche	<i>Limanda limanda</i>			100	9	100	10		100

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Artname trivial	Artname wissenschaftlich	ONYX-Kraftwerk						Heizkraftwerk Moorburg (2015–2017)	Kernkraftwerk Brunsbüttel (1987–1996)
		VB 2019		FSC 2018		EoP 2019			
		Ü-Rate [%]	n	Ü-Rate [%]	n	Ü-Rate [%]	n	Überlebensrate [%]	
Scholle	<i>Pleuronectes platessa</i>			100	3	87	5		100
Seezunge	<i>Solea solea</i>					100	2		100
Glaszunge	<i>Buglossidium luteum</i>								
Lammzunge	<i>Arnoglossus laterna</i>								
Hundszunge	<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>								
Rotzunge	<i>Microstomus kitt</i>								
Flunder	<i>Platichthys flesus</i>			100	1	100	4	80 (juvenil), 93 (adult)	93 (0), 80 (1 +)
Heringsartige Fischarten									
Sardelle	<i>Engraulis encrasicolus</i>								
Empfindliche Arten									
Hering	<i>Clupea harengus</i>	98	384	40	311	57	164		58
Sprotte	<i>Sprattus sprattus</i>			55	29	79	47		33
Stint	<i>Osmerus eperlanus</i>	98	365	66	174	44	30	20 (larval), 45	28 (0), 34 (1 +)

In Tabelle 6 sind alle Arten aufgelistet, die in den Monitoringjahren 2014–2019 während der Fischrückführung des ONYX-Kraftwerkes dokumentiert wurden. Für einige Arten liegen keine oder nur einjährige Ergebnisse zur artspezifischen Überlebensrate der Untersuchungen 2018 und 2019 vor, für die zum Teil auch keine Literaturwerte aus vergleichbaren Kraftwerken existieren. Aus diesem Grund wurden die einzelnen Arten Sammelgruppen zugeordnet, die taxonomisch zur gleichen Großgruppe, Ordnung oder Familie zählen und durch einen ähnlichen Typus der Arten gekennzeichnet sind, sodass für die Arten innerhalb einer Sammelgruppe eine ähnliche Empfindlichkeit gegenüber Beeinträchtigungen angenommen werden kann.

Die Überlebensraten der Sammelgruppen, basierend auf den einzelnen Untersuchungen der Kraftwerke, sind überwiegend sehr hoch und belegen, dass der Großteil der Fischarten mit sehr geringen Verlusten in das Ursprungsgewässer überführt werden kann. Dies gilt insbesondere für die Neunaugen, Dorschartigen und barschartigen bzw. barschverwandten Fischarten, Grundeln, Aalarten und Plattfische. Das Artenspektrum des Kraftwerk Moorburg unterscheidet sich in Teilen zu dem Artenspektrum des ONYX-Kraftwerkes, auf Grund der Lage in der Elbe. Dennoch wurden während der Untersuchungen am Kraftwerk Moorburg hohe Überlebensraten von weiteren Vertretern der dorsch-/barschartigen Fischarten (u. a. Flussbarsch, Quappe) und Grundeln (u. a. Schwarzmundgrundel) dokumentiert (ROSENFELLNER *et al.* 2018), sodass die Robustheit der Sammelgruppen weiter bestärkt wird.

Die geringsten Überlebensraten während des Monitorings des ONYX-Kraftwerkes wurden für die Arten Hering (40–98 %), Sprotte (55–79 %) und Stint (44–98 %) dokumentiert. Die Kleine Seenadel, die mit einer hohen Stetigkeit im ONYX-Kraftwerk vorkommt (vgl. Kap. 5.3.2.2), wies während der Hälterung 2018 (Fischsammelcontainer) lediglich eine Überlebensrate von 50 % auf. Die Überlebensrate während der Hälterung 2019 (EoP) war mit durchschnittlich 96 % deutlich höher. Auf Grundlage dieser Ergebnisse und dass es sich bei den vier Arten um diejenigen handelt, die mit höchster Stetigkeit am ONYX-Kraftwerk anfallen (vgl. Kap. 5.3.2.2), wurden für die Quantifizierung des Fischanfalls in Kapitel 5 diese vier Arten vertiefter ausgewertet.

7 Einordnung der Fischverluste in Bezug auf den Fischbestand der Jade

7.1 Datenbestand als Grundlage für weitergehende populationsbezogene Bewertungen

Um die anfallenden Fischmengen am ONYX-Kraftwerk hinsichtlich ihrer Relevanz für die Fischpopulationen in der Jade einordnen zu können, wurden die Ergebnisse des Monitorings an den für die Jade vorliegenden Bestandsuntersuchungen gespiegelt. Hierfür wurde zunächst eine Recherche zur bestehenden Datengrundlage durchgeführt.

Zur Beschreibung des Fischbestandes in der Jade liegen – inklusive der am ONYX-Kraftwerk erhobenen Daten – die im Folgenden zusammengefassten Daten vor. Die verschiedenen Fangstationen und Beprobungszeiträume sind der Abbildung 28 sowie der Tabelle in Anhang 1 zu entnehmen.

Monitoring am ONYX-Kraftwerk:

- Untersuchungen zum Fischanfall im E.ON/Uniper-Kraftwerk in den Jahren 2015 bis 2017
- Hamenbefischungen an zwei Stationen in der Innenjade vor Tossens und vor dem Wilhelmshavener Südstrand in den Jahren 2014 bis 2017

Schwarmfischprojekt (DÄNHARDT & BECKER 2008):

- Hamenbefischungen von 2005 bis 2007 im zentralen Jadebusen (Arngaster Leuchtturm)
- Hamenbefischungen von 2006 bis 2007 vor Minsener Oog
- Untersuchungen am Kühlwassereinlauf des E.ON/Uniper-Kraftwerks von 2005 bis 2007

Wattenmeermonitoring im Auftrag der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer

- Hamenbefischungen von 2005 bis 2017 im zentralen Jadebusen (Arngaster Leuchtturm)²
- Hamenbefischungen in 2018 vor Minsener Oog

² Dabei ist zu beachten, dass die Hamenbefischungen an der Fangstation Jadebusen zwischen 2005 und 2007 gemäß DÄNHARDT & BECKER (2008) und der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer dieselben sind. Die in diesem Fall getrennte Darstellung ist auf die verfügbaren Daten zurückzuführen. Während dem Bericht von DÄNHARDT & BECKER (2008) lediglich Daten zu ausgewählten Arten zu entnehmen sind, wurden von der Nationalparkverwaltung Rohdaten zur Verfügung gestellt, die Angaben zu allen gefangenen Arten innerhalb der einzelnen Hols enthalten.

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

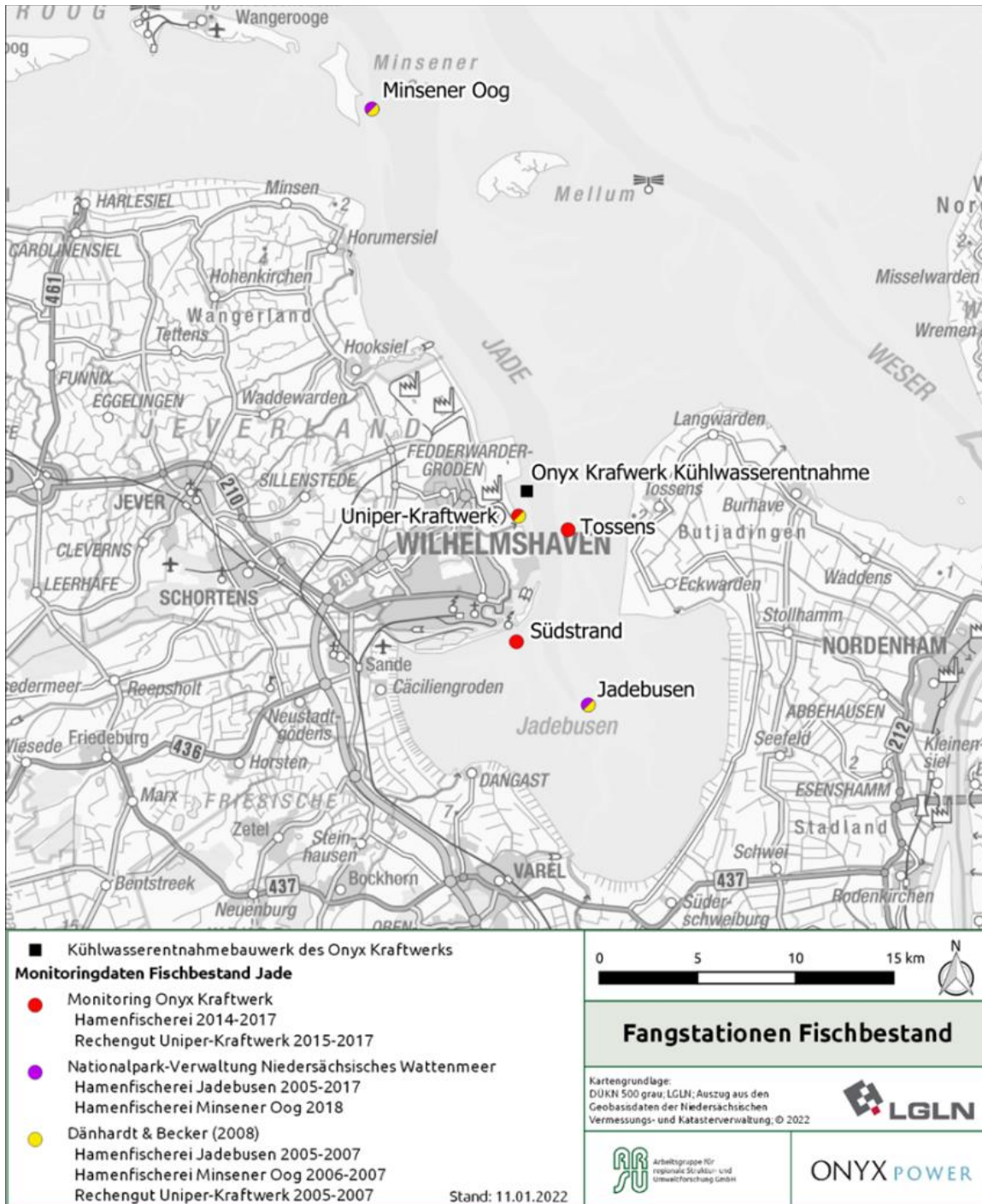


Abbildung 28: Fangstationen verschiedener Monitoringprogramme zum Fischbestand im Untersuchungsraum
 Positionen des Entnahmebauwerks und Fangstationen des ONYX-Kraftwerks, Fangstationen der
 Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer (E-Mail vom 20.12.2021) und Fangstationen
 nach DÄNHARDT & BECKER (2008)

Die Methodiken der Referenzuntersuchungen in der Jade, die im Rahmen des Monitorings in den Jahren 2014 bis 2017 für das ONYX-Kraftwerk durchgeführt wurden (Abbildung 28, rote Markierungen), wurden bereits in den vorherigen Kapiteln beschrieben:

- Kühlwasserbeprobung E.ON/Uniper-Kraftwerk (2015–2017) (vgl. Kap. 5.3.1.1)
- Monitoring Onyx Kraftwerk: Hamenfischerei (2014–2017) (vgl. Kap. 5.3.1.2)

Als Referenz bzgl. der Arten- und Größenzusammensetzung sowie der artspezifischen Abundanz hat sich die Hamenfischerei bewährt, sodass die folgende Datengrundlage der Untersuchungen zum Fischbestand der Jade in räumlich(-zeitlichem) Kontext mit den Untersuchungen am ONYX-Kraftwerk weitere Erkenntnisse zur Einordnung der Fischverluste in Bezug auf den Fischbestand der Jade liefern soll.

Schwarmfischprojekt: Hamenfischerei Jadebusen (2005–2007) und Minsener Oog (2006–2007) sowie Kühlwasserbeprobung E.ON/Uniper-Kraftwerk (2005–2007)

Im Rahmen eines Projektes der Niedersächsischen Wattenmeerstiftung wurde die Bedeutung von Schwarmfischen als Nahrungsquelle für Seeschwalben innerhalb des niedersächsischen Wattenmeers untersucht (DÄNHARDT & BECKER 2008). Die Fischbestände wurden zwischen 2005 und 2007 im zentralen Jadebusen nahe des Arngaster Leuchtturms und zwischen 2006 und 2007 vor Minsener Oog ca. 500 m südöstlich des Anlegers „Bühne C“ durch Hamenfischerei erhoben. Ergänzende Beprobungen der Meerestiere, die an den Rechen der Kühlwassereinlaufes des E.ON/Uniper-Kraftwerkes zurückgehalten wurden, fanden zwischen 2005 und 2007 statt. Die Fangstationen sind der Abbildung 28 (gelbe Markierungen) zu entnehmen und die genauen Beprobungszeiträume und der Erfassungsaufwand in Hols sind in der Tabelle im Anhang 1 dargestellt.

Zwischen Mai und Juli wurde je nach Wetterlage eine wöchentliche Hamenbefischung durchgeführt, bei der zwischen drei und neun Hols, aufgeteilt auf den Jadebusen und Minsener Oog, eingebracht wurden. Die Beprobungsfrequenz in den Monaten April, August, September und Oktober war mit ein bis zwei monatlichen Ausfahrten geringer. Die einzelnen Hols erfolgten während Ebbe und Flut, somit in der Zeit zwischen Hoch- und Niedrigwasser bzw. zwischen Niedrig- und Hochwasser.

Während der Hamenbefischung kam ein gestaffeltes Hamennetz zum Einsatz, das tiefendifferenzierte Aussagen zum Fischbestand ermöglicht. Bei der Hamenbefischung wird der Netzkörper durch die Strömung aufgebaut, wodurch sich die filtrierende Wirkung entfaltet. Diese passive Fangweise der Hamenbefischung gilt als sehr unselektiv, da keine Scheuchwirkungen durch Motorgeräusche oder geschlepptes Fanggerät zu erwarten ist. Arten, die sich wenig bewegen, werden durch das passive Fanggerät jedoch nur eingeschränkt erfasst.

Das Kühlwasser des E.ON/Uniper-Kraftwerkes wird aus dem Wasserkörper der Innenjade in ca. 9 m unter dem mittleren Niedrigwasser entnommen und die Meeresorganismen werden in Rechenstraßen durch Grob- (20 mm) und Feinrechen (3 mm) zurückgehalten. Da sich am Grobrechen so gut wie nie Organismen ansammeln beschränkte sich die Kühlwasserbeprobung

auf den Feinrechen. Das angesammelte Rechengut wurde ca. alle 2 Stunden durch Bürsten vom Feinrechen entfernt und in Stahlrinnen aufgefangen. Zwischen Januar und März sowie zwischen September und Dezember wurden alle zwei Wochen eine Beprobung und zwischen April und September zwei Beprobungen pro Woche durchgeführt. Im Jahr 2005 und 2006 wurden zudem insgesamt zehn 24-Stunden-Beprobungen vorgenommen. Während der 24 Stunden erfolgte alle zwei Stunden ein Hol.

Das Rechengut und die Fischfänge der Hamenfischerei wurde auf Artniveau bestimmt und die Individuen gezählt. Die absoluten Fangzahlen wurden auf gefangene Individuen pro 10.000 m³ gefiltertem Wasservolumen normiert. Diese seit 2005 angewandte Methode hat sich während des Monitorings als erfolgreiche Erfassungsmethode erwiesen, um die Fischfauna an der Jade zu untersuchen (DÄNHARDT & BECKER 2008), sodass diese ebenfalls während des Monitorings am ONYX-Kraftwerk angewandt wurde.

Es liegen keine Rohdaten des Schwarmfischprojektes vor, sodass lediglich die Anzahl der Individuen pro 10.000 m³ für die ausgewählten Arten Finte, Hering, Sprotte, Stint und Hering dem Bericht zu entnehmen sind.

Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer: Hamenfischerei Jadebusen (2005–2017) und Minsener Oog (2018)

Nach Abschluss des Schwarmfischprojektes (DÄNHARDT & BECKER 2008) wurde die Hamenfischerei unter der Federführung der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer und in Kooperation mit dem Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ fortgesetzt. Ab 2008 wurde der Staffelhamen, der während des Schwarmfischprojektes zum Einsatz kam, durch ein herkömmliches Hamennetz (Großhamen) ersetzt. Dieses entspricht den methodischen Angaben aus der Beschreibung der Hamenfischerei des Monitorings Onyx Kraftwerk (s. o.).

Die Beprobungszeiträume und der Erfassungsaufwand in Hols der Fangstationen Jadebusen (2005–2017) und Minsener Oog (2018) sind in Abbildung 28 (lila Markierungen) dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Hamenbefischungen an der Fangstation Jadebusen zwischen 2005 und 2007 gemäß DÄNHARDT & BECKER (2008) und der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer dieselben sind. Die in diesem Fall getrennte Darstellung ist auf die verfügbaren Daten zurückzuführen. Während dem Bericht von DÄNHARDT & BECKER (2008) lediglich Daten zu ausgewählten Arten zu entnehmen sind, wurden von der Nationalparkverwaltung Rohdaten³ zur Verfügung gestellt, die Angaben zu allen gefangenen Arten innerhalb der einzelnen Hols enthalten.

³ Fischbestandsdaten Jadebusen und Minsener Oog der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer (E-Mail vom 20.12.2021)

Weitere (Jahres-)Berichte wurden im folgenden Kapitel ebenfalls herangezogen:

- Hamenfischerei Jadebusen (2005–2011) und Minsener Oog (2006–2007) (DÄNHARDT & VORBERG 2012)
- Hamenfischerei Jadebusen (2013) (DÄNHARDT & BECKER 2013)
- Hamenfischerei Jadebusen (2014) (DÄNHARDT 2014)

Diese Berichte beziehen sich auf die Daten des Schwarmfischprojektes und des weiterführenden Monitorings der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer und enthalten keine weiteren Referenzdaten. Ein Vergleich dieser Daten bzw. Berichte mit den Monitoringergebnissen des ONYX-Kraftwerkes ist größtenteils nur durch eine eigene Auswertung der Rohdaten möglich. Gründe dafür sind abweichende Auswertungsmethodiken sowie überwiegende Auswertungen einzelner Untersuchungsjahre außerhalb des Untersuchungszeitraumes des ONYX-Monitorings. Zudem stellen die im Rahmen des ONYX-Monitorings erfassten Daten der Hamenbefischung und des E.ON/Uniper-Kraftwerkes die räumlich und zeitlich beste Referenz dar (vgl. Abbildung 30), sodass nicht von einem erheblichen Erkenntnisgewinn durch eine zusätzliche, aufwendige Datenauswertung ausgegangen wird.

7.2 Spiegelung des Fischanfalls am ONYX-Kraftwerk an der Bestandssituation in der Jade

Die Untersuchungen der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer aus den Jahren 2005–2017 und die Referenzuntersuchungen, die im Rahmen des ONYX-Kraftwerkes durchgeführt wurden, weisen ein ähnliches Artenspektrum innerhalb der Jade auf.

Die Arten Hering, Sprotte, Stint, Kleine Seenadel und Wittling, die am regelmäßigsten in den Hols am ONYX-Kraftwerk vorkommen, kommen ebenfalls am regelmäßigsten in den Hamenfängen Jadebusen und Minsener Oog vor. An der Fangstationen Jadebusen traten 2005–2007 die Arten Hering, Stint, Sprotte und Kleine Seenadel mit einer Stetigkeit von über 90–100 % in den Hols auf und an der Fangstation Minsener Oog in 2006–2007 mit über 80–100 %. Der Wittling trat in den Hols etwas seltener, mit Stetigkeiten von knapp 60 % (Jadebusen) bzw. über 70 % (Minsener Oog), auf (DÄNHARDT & BECKER 2008). Vergleichbare Werte wurden an den beiden Fangstation in den Jahren 2005–2011 (DÄNHARDT & VORBERG 2012) sowie an der Station Jadebusen in den Jahren 2013 (DÄNHARDT & BECKER 2013) und 2014 (DÄNHARDT 2014) dokumentiert. Die Stetigkeiten aus den Untersuchungen der Jade zwischen 2005 und 2014 sind somit vergleichbar mit den aus 2014–2017 stammenden Ergebnissen der ONYX-Hamenbefischung (vgl. Abbildung 22 und Abbildung 23).

Auch die Kühlwasserbeprobungen des E.ON/Uniper-Kraftwerkes in den Jahren 2005–2007 (DÄNHARDT & BECKER 2008) und 2015–2017 (Abbildung 21) ergaben vergleichbare Stetigkeiten in den Hols für die Arten Hering, Stint, Sprotte.

Aufgrund der geringen Abweichungen zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Monitoringprogramme zum Fischbestand in der Jade und den Hamenbefischungen sowie

Kühlwasserbeprobungen des E.ON/Uniper-Kraftwerkes im Rahmen des ONYX-Monitorings, können die Referenzuntersuchungen und die darauf aufbauende statistische Auswertung (vgl. Kap. 5) als stark aussagekräftig gewertet werden.

In den Hols aus den Untersuchungen innerhalb der Jade wurden zum Teil hohe Stetigkeiten der naturschutzrechtlich relevanten Arten Finte und Flussneunauge dokumentiert:

- Finte: 2005–2007: ca. 45–55 % (DÄNHARDT & BECKER 2008), 2005–2011: ca. 80 % (DÄNHARDT & VORBERG 2012), 2013: über 70 % (DÄNHARDT & BECKER 2013), 2014: über 60 %, 2014–2017: ca. 30–50 % (Abbildung 21)
- Flussneunaugen: 2005–2007: ca. 60–85 % (DÄNHARDT & BECKER 2008), 2005–2011: ca. 60–85 % (DÄNHARDT & VORBERG 2012), 2013: ca. 15 % (DÄNHARDT & BECKER 2013), 2014: knapp 10 %, 2014–2017: ca. 15–25 % (Abbildung 21)

Die Stetigkeiten aller Arten in den Hols am ONYX-Kraftwerk sind deutlich geringer als die Stetigkeiten der Referenzuntersuchungen innerhalb der Jade sowie am E.ON/Uniper-Kraftwerk. Dies gilt insbesondere für die naturschutzfachlich relevanten Arten. Flussneunaugen traten mit einer Stetigkeit von knapp 6 % und Finten gar nicht in den Hols am ONYX-Kraftwerk auf.

7.3 Relative Bewertung der Verluste in Hinsicht auf den Bestand der betroffenen Populationen

Die statistischen Auswertungen (Kap. 5.2) haben ergeben, dass sich für eine Hochrechnung allenfalls die Monitoringergebnisse für Hering und Stint eignen, für die sich zwar hohe Konfidenzintervalle ergeben, die aber dennoch die Abschätzung einer Größenordnung zulassen. Für die Seenadel und die Sprotte hingegen sind die oberen Grenzen der jährlichen Konfidenzintervalle extrem, und von einer weiteren Verwendung/Interpretation dieser Schätzwerte wurde gemäß BIONUM (2022) abgeraten.

Während für den Stint keine fischereiliche Bewertung der Bestände vorliegt, die es erlauben würde, Rückschlüsse auf die Bestandsgröße in der Jade zu ziehen, unterliegt der Hering dem europäischen Fischereimanagement, so dass auf Bestandsbewertungen des ICES (International Council for the Exploration of the Sea) zurückgegriffen werden kann. Da die in der Jade vorkommenden Heringe keine in sich geschlossene Population darstellen, sondern im Austausch mit den Beständen in der Nordsee stehen, liefert die Betrachtung der Fischereidaten einen wichtigen Hinweis zur allgemeinen Bestandssituation und ihrer Gefährdung auch für den Jadebereich.

Da zudem der Hering hinsichtlich der Fischrückführung zu den empfindlichsten Arten zählt und der Hering diejenige Art ist, die mit höchster Abundanz und Stetigkeit am Kraftwerk nachgewiesen wurde, wird diese Art als Indikatorart zur Bewertung der am ONYX-Kraftwerk entstehenden Fischverluste hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Populationsentwicklung in der Jade herangezogen.

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Für den Hering wird eine Abschätzung darüber vorgenommen, welche Bedeutung die zusätzliche Mortalität durch das Kraftwerk für seine Populationsentwicklung hat.

Die jährlichen Heringszahlen, die in den Untersuchungsjahren im Kraftwerk festgestellt wurden, liegen im Mittel etwa bei 250.000 Individuen. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um Rekruten, wie die Größen- Gewichtsverteilung der am Kraftwerk angefallenen Fische zeigt. (Abbildung 29 und Abbildung 30).

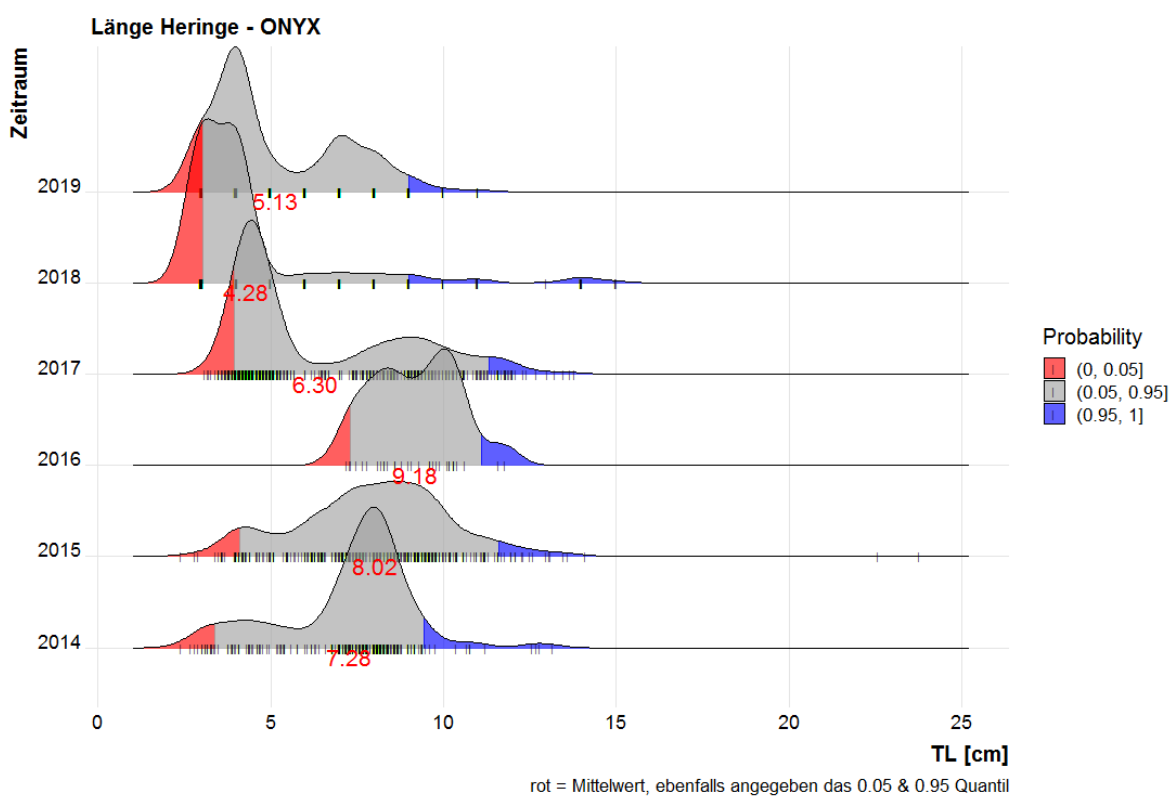


Abbildung 29: Größe, der am ONYX-Kraftwerk angefallenen Heringe

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

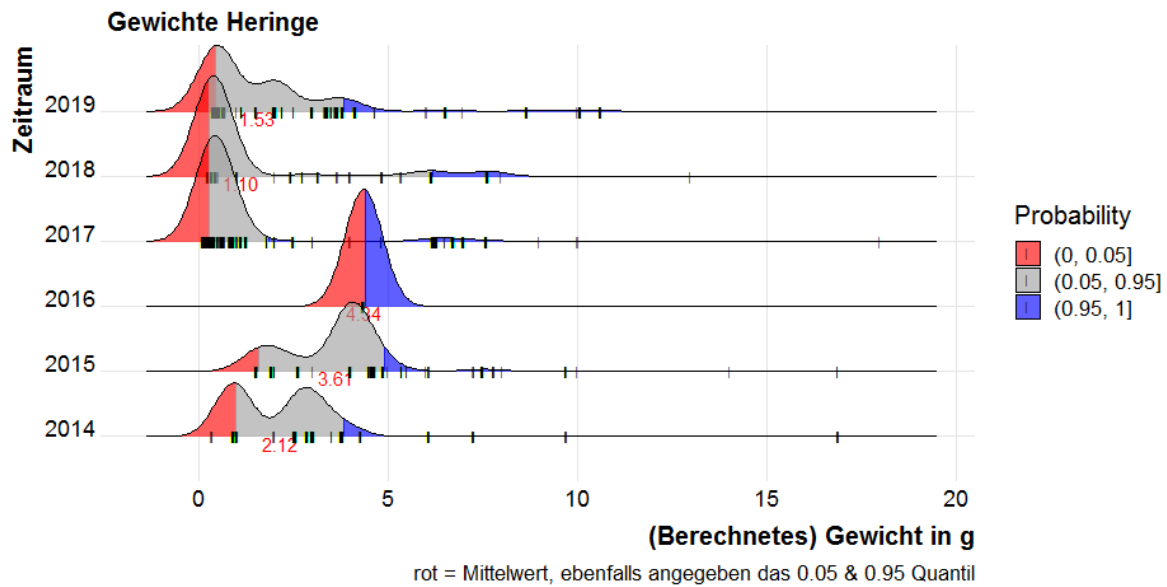


Abbildung 30: Gewicht der am Onyx-Kraftwerk angefallenen Heringe



Abbildung 31: FAO-Fanggebiete
 rot markiert die Unterfanggebiete Nordsee 4, 3a, 7d, für die ein hoher Populationsbezug zum Heringbestand in der Jade besteht

Für das Unterfanggebiet Nordsee (4, 7.d, 3.a) des FAO-Fanggebietes 27 Nordostatlantik wird die Zahl der Rekruten mit rund 25,5 Milliarden (MW der Jahre 2014-2019) angegeben (ICES 2021) (a. auch Abbildung 32). Die im Kraftwerk in diesen Jahren im Mittel etwa 250.000 gefangenen Heringe können damit als irrelevant für die Populationsentwicklung angesehen werden.

Recruitment at age (wr) 0

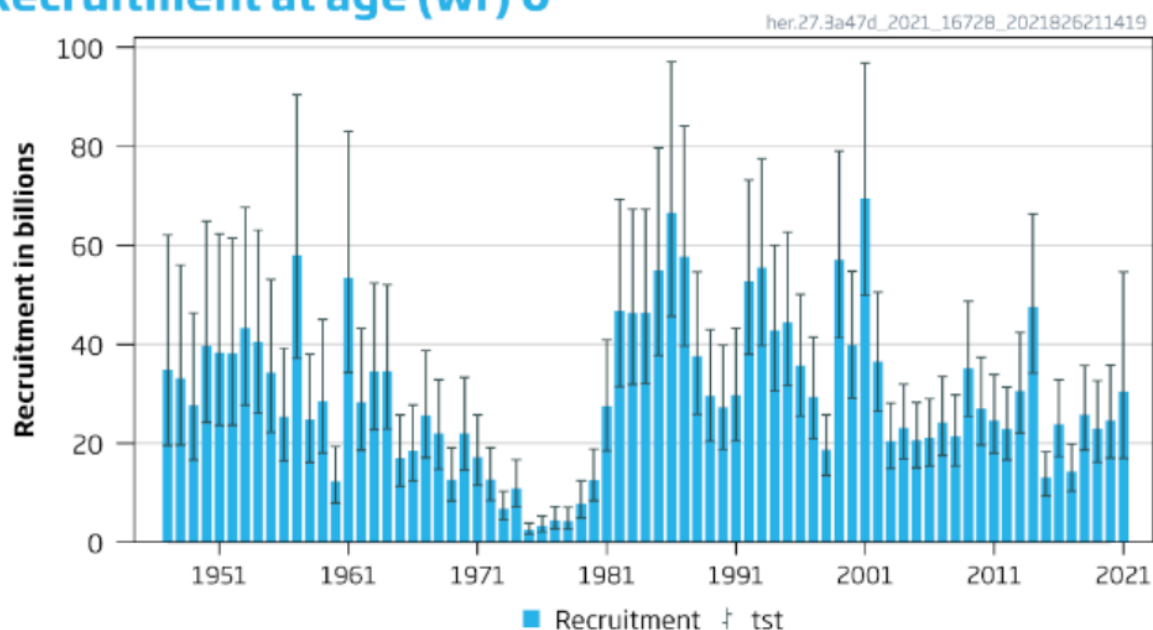


Abbildung 32: Langjährige Rekrutierung des Herings
Quelle: ICES (2021)

Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse des Monitorings zeigen, dass etwa 50 % der Heringe schadlos zurückgeführt werden.

Hinsichtlich des Bestandszustandes liegen Laicherbiomasse und Fischereidruck für den Nordsee-Herbstlaicher im grünen Bereich⁴, so dass davon ausgegangen werden kann, dass der geringe zusätzliche Anteil „gefangener“ Heringe, die zudem nicht zum Laicherbestand gehören, nicht zu messbaren Veränderungen der Heringspopulation führen wird.

⁴ <https://www.fischbestaende-online.de/fischarten/hering/hering-nordsee-herbstlaicher>

8 Überprüfung der erfolgten Kompensation

Gemäß § 15 (6) BNatSchG hat der Verursacher Ersatz in Geld zu leisten, wenn ein Eingriff zugelassen oder durchgeführt wird, obwohl die Beeinträchtigungen nicht zu vermeiden oder nicht in angemessener Frist auszugleichen oder zu ersetzen sind. Gemäß § 6 NAGBNatSchG bemisst sich die Ersatzzahlung allein nach Dauer und Schwere des Eingriffs und beträgt höchstens (AQUAECOLOGY 2018) der Kosten für die Planung und Ausführung des Vorhabens.

Im Zuge der Eingriffsermittlung zur 1. Teilgenehmigung (Bescheid vom 22.11.2008) wurde für den Eingriff „Einsaugen und Töten von Fischen und anderen Wasserorganismen“ festgestellt, dass dieser durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege weder ausgeglichen noch ersetzt werden konnte.

Als erhebliche und damit kompensationspflichtige Beeinträchtigungen wurden die Einsaugung von Miesmuschellarven und von Fischen (hier seltene oder gefährdete Arten) prognostiziert:

„Das durch die Kühlwasserentnahme bedingte Einsaugen von Kleinstlebewesen wird aufgrund der mengenmäßigen Ausbildung des Bestandes nach bisherigem Kenntnisstand nur sehr geringfügige Veränderungen in der Struktur und Funktion der Makrozoobenthos-Zönose verursachen und daher als unerheblich eingestuft. Das Einsaugen von Miesmuschellarven wird aufgrund der hohen Bedeutung allerdings als erheblich bewertet. Das Einsaugen von Fischen wird ebenfalls als erhebliche Beeinträchtigung eingestuft, da Individuen seltener oder gefährdeter Arten getötet werden können.“ (S. 95 des Genehmigungsbescheides).

Für die erheblichen Beeinträchtigungen der Fisch- und Benthosfauna wurde eine Ersatzgeldzahlung festgesetzt, wobei als Grundlage für die Ermittlung der Höhe des Ersatzgeldes die „Hinweise zur Ermittlung von Ersatzzahlungen im Offshore-Bereich“ des Umweltministeriums vom 7.11.2007 unter Berücksichtigung der Planung und Ausführung des beantragten Vorhabens“ herangezogen wurden (S. 56 des Genehmigungsbescheides).

Danach wurde die Höhe des Ersatzgeldes anhand der zum Zeitpunkt der Beantragung der 1. Teilgenehmigung geschätzten Investitionskosten sowie der Dauer und der Schwere des Eingriffs ermittelt, wobei im Rahmen eines Beweissicherungsmonitorings belegt werden sollte, dass die hierzu getroffenen Annahmen verifiziert werden können (S. 75 des Genehmigungsbescheides)

Dies heißt im Einzelnen:

- Es kommt nicht zu einer vorhabensbedingten Verschiebung innerhalb der Phytoplanktongesellschaft (Temperatur, Rückgabe von totem organischem Material) und es kommt nicht zu einer Reduzierung der Makrozoobenthosrekutierung (Miesmuschellarven) durch die Wasserentnahme (S. 87 des Genehmigungsbescheides).
- Das Gefährdungspotenzial für Fische wird durch das Fischschutzsystem auf ein Mindestmaß reduziert. Es ist davon auszugehen, dass dennoch Exemplare verschiedener Fischarten durch die Kühlwasserentnahme getötet werden. Das Ausmaß ist nicht verlässlich quantifizierbar. Als Orientierungsgröße für erwartbare Fischverluste wurden

Untersuchungen, die am benachbarten E.ON Kraftwerk durchgeführt worden sind (SPRENGEL 1997) genutzt.

- „Das vorhandene Kohlekraftwerk der E.ON in Wilhelmshaven entnimmt der Jade 26 m³/s Wasser in 130 m Entfernung zum Ufer. Dabei werden aufgrund Hochrechnungen [Sprengler, 2000] 23 Mg/a juvenile Fische und 43 Mg/a adulte Fische getötet. Da Angaben zur Einströmgeschwindigkeit für das bestehende Kraftwerk fehlen sind die Daten nicht auf das geplante Kraftwerk direkt übertragbar.“

Nach den „Hinweisen zur Ermittlung von Ersatzzahlungen im Offshore-Bereich“ des MU ist von einer Wirkdauer von > 30 Jahren auszugehen. Die Schwere des Eingriffs wurde nach der fünfstufigen Einteilung des Wertstufenverlustes mit niedrig-mittel (Wertstufe 2) eingeschätzt, woraus sich entsprechend der Berechnungsvorgaben eine Ersatzzahlungen in Höhe von 2 Mio. € (2,8 % der Ausführungs-, Planungs- und Unterhaltskosten) ergeben hat.

Im Folgenden wird geprüft, ob die Ergebnisse des Monitorings dazu führen, dass Dauer und Schwere des Eingriffs anders zu bewerten sind, als es zum Zeitpunkt der Erstellung der 1. Teilgenehmigung prognostiziert wurde.

Dauer des Eingriffs ist unverändert gegenüber den Planungen zum Zeitpunkt der ersten Teilgenehmigung.

Das Monitoring zeigt, dass die Menge der beim ONYX-Kraftwerk anfallenden Fische deutlich unter derjenigen liegt, die bei E.ON/Uniper angefallen sind. Zudem konnte gezeigt werden, dass ein wesentlicher Anteil der Fische, die in den ONYX-Kühlwasserstrom gelangen, schadlos zurückgeführt werden, während bei E.ON/Uniper keine Rückführung existierte. Zudem konnte nachgewiesen werden, dass Individuen seltener oder gefährdeter Arten, auf die bei der Eingriffsbewertung insbesondere abgestellt wurde, nicht beeinträchtigt werden.

Hinsichtlich des Verlustes von Muschellarven wurde in einer Untersuchung von AquaEcology nachgewiesen, dass es durch die Kühlwasserentnahme nicht zu einer Reduktion der Muschellarven kommt (AQUAECOLOGY 2018).

Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Schwere des Eingriffs nach wie vor im unteren Bereich der Skala liegt und sicher nicht höher zu bewerten ist. Das Kompensationserfordernis ist über die geleistete Ersatzgeldzahlung erfüllt.

9 Fazit

Das Fischschutzsystem am Onyx-Kraftwerk wurde im Rahmen des begleitenden Monitorings intensiv untersucht, so dass für eine abschließende Bewertung des Fischschutzsystems eine ausreichende Datenlage vorliegt und die Durchführung weiterer Untersuchungen nicht erforderlich ist. Das Monitoring hat ergeben, dass an verschiedenen Stationen des Fischschutzsystems Optimierungsmaßnahmen angezeigt waren, die soweit möglich auch umgesetzt wurden.

Unter Berücksichtigung der durchgeführten Optimierungsmaßnahmen hat das Fischschutzsystem am Onyx-Kraftwerk den Stand der Technik erreicht. Weitere Optimierungsmaßnahmen können mit vertretbarem Aufwand nicht umgesetzt werden und sind vor dem Hintergrund der aktuell noch auftretenden Fischverluste auch nicht erforderlich.

Für einen Großteil der an den Rechenanlagen ankommenden Arten konnte nachgewiesen werden, dass diese mit sehr geringen Verlustraten zurückgeführt werden (vgl. Kap. 6.2.2), so dass für diese Arten eine Gefährdung ausgeschlossen werden kann. Dies gilt insbesondere auch für die naturschutzrechtlich relevanten Flussneunaugen. Finten wurden an den Rechenanlagen nur in Einzelfängen nachgewiesen. Meerneunaugen traten nicht auf. Nach gutachterlicher Einschätzung ist für all diese Arten dementsprechend eine kraftwerksbedingte Gefährdung auszuschließen, so dass weitergehende Betrachtungen nicht erforderlich werden.

Für die Lage der Entnahmebauwerke konnte nachgewiesen werden, dass die im Revier vorhandenen Fische die Bereiche um die Entnahmebauwerke meiden, sodass der Standort der Entnahmebauwerke als günstig bewertet werden kann.

Die Ergebnisse der statistischen Analysen zeigen, dass der Fischanfall am ONYX-Kraftwerk im Vergleich zu den beprobten Referenzstationen gering ist und dass eine Gefährdung größerer laichfähiger Tiere i.d.R. nicht zu besorgen ist.

Für den Hering, für den nur eine Überlebenswahrscheinlichkeit an der Fischrückführung von ca. 50 % festgestellt wurde, und der als Indikatorart für diejenigen Arten, die weniger gut zurückgeführt werden, herangezogen wird, konnte durch Hochrechnungen und den Vergleich mit der Rekrutenzahl des FAO Unterfanggebiet Nordsee 4, 3a, 7d nachgewiesen werden, dass es nicht zu populationsrelevanten Verlusten kommt.

Im Ergebnis kann festgehalten werden, dass das Fischschutzsystem am Onyx-Kraft dem Stand der Technik genügt und dass durch die Kühlwasserentnahme populationsrelevante Verluste von Fischen nicht zu besorgen ist.

Hinsichtlich der geleisteten Kompensation kann festgestellt werden, dass die Schwere des Eingriffs nach wie vor im unteren Bereich der Skala liegt und sicher nicht höher zu bewerten ist. Das Kompensationserfordernis ist über die geleistete Ersatzgeldzahlung erfüllt.

10 Literatur

- AQUAECOLOGY (2018): Auswirkungen der Passage des Kühlwassersystems auf Zooplanktonorganismen im ENGIE Steinkohlekraftwerk Wilhelmshaven. Im Auftrag von ENGIE Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG, Wilhelmshaven. Ergänze Version Mai 2018, 05.2018, 23 S.
- ARBEITSKREIS FISCHSCHUTZ (2019): Präsentation: Fischschutz - Monitoring, Optimierung, Erfolgskontrolle.
- ARSU GMBH & NWP PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH (2007a): Errichtung eines Steinkohlekraftwerks am Standort Wilhelmshaven - FFH-Verträglichkeitsstudie. Im Auftrag der Electrabel Deutschland AG, Dezember 2007.
- ARSU GMBH & NWP PLANUNGSGESELLSCHAFT MBH (2007b): Errichtung eines Steinkohlekraftwerks am Standort Wilhelmshaven - Landschaftspflegerischer Begleitplan und Spezielle Artenschutzprüfung. Im Auftrag der Electrabel Deutschland AG, Dezember 2007.
- BIONUM (2022): Die statistische Schätzung von jährlichen Fischzahlen im Kühlwasser des Onyx Kraftwerkes an der Jade.
- DÄNHARDT, A. (2014): Erfassung der Fischfauna der niedersächsischen Küstengewässer unter Einsatz von Ankerhamen als Beitrag zum Monitoring der nach der FFH-Richtlinie relevanten Fischarten und als Beitrag zur Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, Deskriptoren 1 (Biodiversität) und 4 (Nahrungsnetz). Projektabschlussbericht im Auftrag der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer, Buchholz in der Nordheide, 63 S.
- DÄNHARDT, A. & P. H. BECKER (2008): Die Bedeutung umweltbedingter Verteilungsmuster von Schwarmfischen für Seevögel im Ökosystem Niedersächsisches Wattenmeer - Abschlussbericht des Projektes 53-NWS-41/04 der Niedersächsischen Wattenmeerstiftung. Institut für Vogelforschung, Wilhelmshaven, 248 S.
- DÄNHARDT, A. & P. H. BECKER (2013): Erfassung der Fischfauna an der Jade mittels Hamenkutter vor dem Hintergrund der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie, Deskriptoren 1 (Biodiversität) und 4 (Nahrungsnetz). Projektabschlussbericht im Auftrag der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer und Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Buchholz in der Nordheide 50 S.
- DÄNHARDT, A., J. RIECHERT, S. BOUWHUIS, G. MILLAT, C. ABEL & P. H. BECKER (2018a): Nahrungsnetzbeziehungen zwischen Flusseeeschwalben und Fischen an der Jade. Forschungsergebnisse 2006 - 2015. Schriftenreihe der Nationalparkverwaltung „Niedersächsisches Wattenmeer“ Lüllau/Wilhelmshaven, 111 S.
- DÄNHARDT, A., M. SCHMIDT, M. LANGKAU, R. VORBERG & M. ZEYER (2015): Erfolgskontrolle von Schutzmaßnahmen für Fische und Makrozoobenthos am GDF-SUEZ-Steinkohlekraftwerk in Wilhelmshaven. Untersuchungsergebnisse Vorbereitungsjahr 2014. Zwischenbericht im Auftrag der GDF SUEZ, Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG. Buchholz, Münster, Dassendorf, 56 S.
- DÄNHARDT, A., M. SCHMIDT, M. LANGKAU, R. VORBERG & M. ZEYER (2016): Erfolgskontrolle von Schutzmaßnahmen für Fische und Makrozoobenthos am GDF-SUEZ-Steinkohlekraftwerk

- in Wilhelmshaven. Untersuchungsergebnisse 2015. Zwischenbericht im Auftrag der GDF SUEZ Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG. Buchholz, Münster, Dassendorf, 90 S.
- DÄNHARDT, A., M. SCHMIDT, M. LANGKAU, R. VORBERG & M. ZEYER (2017): Erfolgskontrolle von Schutzmaßnahmen für Fische und Makrozoobenthos am ENGIE-Steinkohlekraftwerk in Wilhelmshaven. Untersuchungsergebnisse 2016. Zwischenbericht im Auftrag der GDF SUEZ Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG. Jesteburg/Lüllau, Münster, Dassendorf, 36 S.
- DÄNHARDT, A., M. SCHMIDT, R. VORBERG, M. LANGKAU & M. ZEYER (2018b): Erfolgskontrolle von Schutzmaßnahmen für Fische und Makrozoobenthos am ENGIE-Steinkohlekraftwerk in Wilhelmshaven. Untersuchungsergebnisse 2017 und Zwischenbilanz. Bericht im Auftrag der ENGIE Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG. Jesteburg/Lüllau, Münster, Dassendorf, 64 S.
- DÄNHARDT, A. & R. VORBERG (2012): Die räumlich-zeitliche Variabilität der Fischfauna im Wattenmeer vor dem Hintergrund der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. Analyse von Fischmonitoringdaten aus der Jade und dem Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer. Fachgutachten im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz und des Landesbetriebes für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein, Buchholz in der Nordheide, 31.07.2012, 92 S.
- DÄNHARDT, A. & R. VORBERG (o.J.): Ausführungsplanung für die Erfolgskontrolle von Fischschutzmaßnahmen am Industriekraftwerk in Wilhelmshaven; im Auftrag der GDF SUEZ Energie Deutschland AG.
- ELLIOTT, M. & K. L. HEMINGWAY (2002): Fishes in Estuaries, Blackwell Science Ltd.
- HARTHOLT, J. G. & Z. JAGER (2004): Effecten van koelwater op het zoute aquatische milieu - Rapport RIKZ/2004.043. Dezember 2004, 40 S.
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea) (2021): ICES Advice on fishing opportunities, catch, and effort - Greater North Sea ecoregion. 30.09.2021.
- IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH) (2007): Umweltverträglichkeitsuntersuchung zum geplanten Steinkohlekraftwerk am Standort Wilhelmshaven. Im Auftrag der Electrabel Deutschland AG, Dezember 2007.
- KRIEG, H.-J., S. OESEMANN, G. STILLER & A. M. JACOBI (2010): Literaturstudie zu den Auswirkungen von Kühlwasserentnahme und -einleitung auf das aquatische Milieu des Elbästuars - unter besonderer Berücksichtigung von Biomasseschädigungen des Phytoplanktons, des Zooplanktons und der Fischeier und Fischlarven sowie die Folgen auf den Sauerstoffhaushalt., 133 S.
- MARINE SCIENCE SERVICE (2019a): Begehung des Vorbeckens zur Beurteilung der Fischmenge am Boden der Siebbandanlage - Fotodokumentation. Im Auftrag der ENGIE Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG, Dassendorf, Februar 2019, 5 S.
- MARINE SCIENCE SERVICE (2019b): Erfolgskontrolle von Schutzmaßnahmen für Fische und Makrozoobenthos am ENGIE Kraftwerk Wilhelmshaven im Auftrag der ENGIE Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG. Bericht 2018. 46 S.
- MARINE SCIENCE SERVICE (2019c): Zur Diskrepanz zwischen Biomassewerten berechnet aus Daten des Fischmonitorings und Mengenangaben entsorgten Mülls aus der Hochdruckabreinigung der Siebbandanlagen. Kurzbericht. 5 S.

- MARINE SCIENCE SERVICE (2020a): Erfolgskontrolle von Schutzmaßnahmen für Fische und Makrozoobenthos am ENGIE Kraftwerk Wilhelmshaven im Auftrag der ENGIE Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG. Bericht 2019. 49 S.
- MARINE SCIENCE SERVICE (2020b): Fischschutz am ONYX-Power-Kraftwerk Wilhelmshaven - Bewertung der "Ein-Container-Lösung" nach zweijähriger Testphase. Im Auftrag der ENGIE Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG, Dassendorf, April 2020, 6 S.
- ONYX POWER (2019): Präsentation: Aufgaben und Optimierungen 2019 Kraftwerk Wilhelmshaven.
- ROSENFELLNER, V., J. KLAN, M. SOLZBACHER, B. ELKEMANN-REUSCH & U. SCHWEVERS (2018): Fischmonitoring gemäß der Wasserrechtlichen Erlaubnis für das Heizkraftwerk Moorburg - Abschlussbericht Phase 3.1 – (01. März 2015 bis 23. Mai 2017). Im Auftrag der Vattenfall Heizkraftwerk Moorburg GmbH. 119 S.
- SPRENGEL, G. (1997): Verluste an Organismen im Bereich der deutschen Küsten von Nord- und Ostsee einschließlich der Ästuare durch Entnahme von Wasser für großtechnische Kühlsysteme - Bestandsaufnahme, ökologische Bewertung und Vorstellung von Verfahren zur Problemminderung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, 14. November 1997, 352 S.
- STAATLICHES GEWERBEAUF SICHTSAMT OLDENBURG (2008): Immissionsschutzrechtliche Genehmigung zur Errichtung des Steinkohlekraftwerkes der Electrabel Kraftwerk Wilhelmshaven GmbH & Co. KG - 1. Teilgenehmigung. Behörde für Arbeits-, Umwelt- und Verbraucherschutz, 21.11.2008, 141 S.
- VORBERG, R. & P. BRECKLING (1999): Atlas der Fische im Schleswig-Holsteinischen Wattenmeer, Schriftenreihe Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer.

Anhang 1 Fischerfassungsaufwand in Hols verschiedener Monitoringprogramme zum Fischbestand im Untersuchungsraum zwischen 2005–2018

Jahr, Fangmethode, Ort der Fangstationen (vgl. Abbildung 28) und Anzahl der Hols der Monitoringprogramme: Onyx = Monitoring des ONYX-Kraftwerkes, NLPVW = Monitoring der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer (E-Mail vom 20.12.2021), D. & B. = Monitoring nach DÄNHARDT & BECKER (2008)

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Jahr	Fangmethode	Monitoring	Ort	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Σ
2005	Hamenfischerei	D. & B.; NLPVW	Jadebusen								3	2	7			12
	Rechengut Uniper-KW	D. & B.	Wilhelmshaven					27	22	8	30	4	12	1	2	106
2006	Hamenfischerei	D. & B.; NLPVW	Jadebusen				1	3	16/ 14	13	3	2				38/ 36
		D. & B.	Minsener Oog				2	5	6	13	2	2				30
	Rechengut Uniper-KW	D. & B.	Wilhelmshaven	3	1	4	7	19	9	20	19	18	18	3	3	124
2007	Hamenfischerei	D. & B.; NLPVW	Jadebusen				4	8	11	8	3	1	3			38
		D. & B.	Minsener Oog				3	2	5	3	3	2	2			20
	Rechengut Uniper-KW	D. & B.	Wilhelmshaven	5	4	4	8	8	4			2	3	1		39
2008	Hamenfischerei	NLPVW	Jadebusen						2	4		2				8
2009	Hamenfischerei	NLPVW	Jadebusen				3		6	3	3					15
2010	Hamenfischerei	NLPVW	Jadebusen				4		6	3	4					17
2011	Hamenfischerei	NLPVW	Jadebusen				2	3	6	2	1	2				16
2012	Hamenfischerei	NLPVW	Jadebusen				3		7	4	3					17
2013	Hamenfischerei	NLPVW	Jadebusen				1	3	4	8	4					20
2014	Hamenfischerei	NLPVW	Jadebusen				1	3	3	3						10
		Onyx	Tossens							4	4	2				10
		Onyx	Südstrand						4	3	3	2				12
2015	Hamenfischerei	NLPVW	Jadebusen				3		8		4					15
		Onyx	Tossens				4		4			4				12

ONYX KW Wilhelmshaven – Synthesebericht Fischschutz

Oldenburg, 01.06.2023

The Regional Planning and
Environmental Research Group

Jahr	Fangmethode	Monitoring	Ort	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Σ
		Onyx	Südstrand				4		4			4				12
	Rechengut Uniper-KW	Onyx	Wilhelmshaven						5	5		5		5	5	15
2016	Hamenfischerei	NLPVW	Jadebusen				4		8	4	4					20
		Onyx	Tossens										4			4
		Onyx	Südstrand											4		4
	Rechengut Uniper-KW	Onyx	Wilhelmshaven			5							4			9
2017	Hamenfischerei	NLPVW	Jadebusen				4		5	3	4					16
		Onyx	Tossens					4	4		4					12
		Onyx	Südstrand					4	2		4					10
	Rechengut Uniper-KW	Onyx	Wilhelmshaven			5		4		5				4		18
2018	Hamenfischerei	NLPVW	Minsener Oog					2	2			2				6

Anhang 2 Die statistische Schätzung von jährlichen Fischzahlen im Kühlwasser des Onyx Kraftwerkes an der Jade und der Vergleich der mittleren Fischdichten mit Uniper- und Hamenfischerei-Daten. BIONUM GMBH / M. MERCKER, July 1 2022

Statistische Auswertung zur Hochrechnung der tatsächlich am ONYX-Kraftwerk aufgetretenen Fischverluste für vier ausgewählte Arten sowie für einen Vergleich mit Fischverlusten an Referenzstandorten

Die statistische Schätzung von jährlichen Fischzahlen im Kühlwasser des Onyx Kraftwerkes an der Jade und der Vergleich der mittleren Fischdichten mit Uniper- und Hamenfischerei-Daten

BIONUM GMBH / M. MERCKER

July 1, 2022

CONTENTS

1 Fragestellung und Zusammenfassung	1
2 Datengrundlage und -aufbereitung	3
2.1 Datenaufbereitung	3
2.2 Variablen	3
3 Statistische Methoden	3
3.1 Regressionsmethoden	3
3.2 Vergleichende Analysen zum Uniper-Kraftwerk und der Hamenfischerei	4
3.3 Software	5
4 Ergebnisse	5
4.1 Hering	5
4.2 Sprotte	9
4.3 Stint	13
4.4 Kleine Seenadel	17
4.5 Vergleichende Analysen zum Uniper-Kraftwerk und der Hamenfischerei	21
4.5.1 Hering	21
4.5.2 Sprotte	24
4.5.3 Kleine Seenadel	27
4.5.4 Stint	30

1. FRAGESTELLUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

Fische können mit dem für das Kraftwerk benötigten Kühlwasser aufgenommen werden und dadurch zu Schaden kommen. Um ersteren Effekt zu quantifizieren, wurden innerhalb der Jahre 2014-2019 vielfältige empirische Messungen vorgenommen, in denen die Anzahlen und Arten von Fischen im Kühlwasser erfasst wurden. Zudem wurde die Menge des Kühlwassers, sowie die Länge des Zeitraumes, in dem das Kühlwasser in das Kraftwerk gelangt, erfasst. Basierend auf diesen empirischen Daten soll im Rahmen der vorliegenden Studie in einem ersten Schritt der Zusammenhang zwischen Fischzahlen und (u.a.) der Kühlwassermenge und -dauer mittels statistischer Techniken untersucht werden. In einem zweiten Schritt sollen diese Erkenntnisse dann dafür genutzt werden, die Fischzahlen für die Gesamtmengen und -dauern an Kühlwasser des Onyx Kraftwerkes für unterschiedliche Jahre zu schätzen.

Insbesondere sollen im Rahmen der vorliegenden Studie die o.g. empirischen Daten dafür verwendet werden, exemplarisch für 4 Fischarten (Hering, Stint, Sprotte, und Kleine Seenadel) eine Schätzung der Anzahl der Fische pro Art und Jahr, die unter Berücksichtigung der tatsächlich angefallenen Kühlwasserentnahme mit dem Kühlwasser aufgenommen wurden, zu liefern. Diese Vorhersage basiert auf geeigneten Regressionsmodellen, die wiederum verschiedene (meist über den gesamten Untersuchungszeitraum stündlich vorliegende) mögliche erklärende Variablen mit der Fischmenge verschneiden, um dann eine artspezifische Auswahl dieser Variablen für die Vorhersage nutzen. Untersuchte erklärende Faktoren sind: Kühlwassermenge, Dauer des Kühlwassereinstroms, Jahreszeit, Tidenstand und Jahr. Die Variable "Wassertemperatur" wurde aufgrund zu starker Kollinearität mit der Jahreszeit verworfen.

Die Ergebnisse der Bestandshochrechnungen zeigen, dass bei allen 4 Fischarten die Jahre, die Kühlwassermenge, die Jahreszeit, sowie der Tidenstand wichtige erklärende Variablen darstellen. Zudem spielt in 3 von 4 Fällen die Dauer des Kühlwassereinstroms eine zusätzliche erklärende Rolle. Alle 4 Arten zeigen eine ausgeprägte jahreszeitliche Dynamik. Die jährlichen Gesamtzahlen zeigen zwischen den Jahren und zwischen den Spezies starke Schwankungen und reichen von nur wenigen hundert Individuen bis hin zu vielen hunderttausend. Hierbei sei hervorgehoben, dass die jährlichen Gesamtzahlen aus zwei komplett verschiedenen Prozessen resultieren: (1) den natürlichen lokalen Schwankungen in der Abundanz der Fische, und (2) den (u.U. stark) jährlich schwankenden aufgenommenen Gesamt-Kühlwassermengen.

Für die Arten Hering und Stint sind die berechneten Konfidenzintervalle zwar groß, lassen aber die Abschätzung einer Größenordnung zu. So liegen die jährlichen Heringszahlen im Mittel etwa bei 250.000 Individuen, und die jährlichen Stintzahlen im Mittel bei etwa 75.000 Individuen (wobei es starke jährliche Schwankungen gibt). Für die Seenadel und die Sprotte hingegen sind die oberen Grenzen der jährlichen Konfidenzintervalle extrem, und von einer weiteren Verwendung/Interpretation dieser Schätzwerte wird abgeraten.

Ob modellbasierte Schätzungen möglich sind (bzw. moderate Konfidenzintervalle erhalten werden – wie bei Hering und Stint) oder die Schätzungen mit extremen Unsicherheiten behaftet sind (wie bei Sprotte und Kleiner Seenadel) scheint weniger von den Gesamtzahlen sondern vielmehr von der Tatsache abzuhängen, wie regelmäßig die Fische in den Daten auftauchen. So zeigt die Kleine Seenadel mit $N \approx 40.000$ die mit Abstand höchste Gesamtzahl in den Rohdaten, diese Art tritt aber oft kaum aber dafür manchmal plötzlich geballt auf (an 6 verschiedenen Tagen wurden bspw. jeweils mehr als 2.000 Individuen erfasst, zweimal sogar etwa 10.000), was eine statistische Schätzung problematisch macht. Wenn noch weitere Arten analysiert werden sollten, dann liefern gleichmäßig vorkommenden Arten vermutlich die vielversprechendste Datengrundlage.

Neben den o.g. Bestandsschätzungen wurden analoge Regressionsmethoden auf die Onyx-Daten unter Hinzunahme von Daten des Uniper-Kraftwerks und der Hamenfischerei angewendet, um mittlere Fischdichten (d.h., Fischanzahlen relativ zum beprobten Wasservolumen sowie zur Beprobungsdauer) statistisch valide zwischen diesen drei Datenquellen vergleichen zu können. Das geeignete Bezugsvolumen- und -zeitmaß (bspw. m^3 vs. $\log(m^3)$ Wasser) wurde artspezifisch bestimmt. Zudem wurden analoge Kovariablen untersucht wie im Falle der o.g. Schätzungen der Jahressummen. Für diese Vergleichenden Analysen mussten jedoch keine regressionsbasierten Vorhersagen getroffen werden, sondern die relativen Unterschiede (nebst Angaben der Schätzsicherheit) konnten direkt aus den Regressionsanalysen gewonnen werden, was (verglichen zu den o.g. Jahressummen) i.d.R. schärfere statistische Ergebnisse liefert.

Die vergleichenden Analysen (mittlere Fischdichten am Onyx- vs. Uniper-Kraftwerk vs. Hamenfischerei) zeigen in fast allen Fällen, dass die Fischdichten im Mittel am Onyx-Kraftwerk am niedrigsten, am Uniper-Kraftwerk deutlich höher, und bei der Hamenfischerei um ein Vielfaches höher sind (relativ zum Wasservolumen und zur Beprobungsdauer betrachtet). Einzig die kleine Seenadel zeigt Abweichungen.

2. DATENGRUNDLAGE UND -AUFBEREITUNG

2.1. Datenaufbereitung

Als Basis für die Schätzungen dienten wie oben geschrieben die empirischen Daten, die für jede Datenquelle (Onyx vs. Uniper vs. Hamen) in Form von zwei separaten Datensätzen (einer zu "Fisch-positiven" Daten, und einer zu sämtlichen durchgeführten Messungen) vorlagen. Diese beiden Datensätze wurden separat für jede untersuchte Art so zusammengeführt, dass letztendlich ein Datensatz mit allen durchgeführten Hols, Kühlwassermengen, -dauern und den Fischzahlen vorlag. Dieser bestand im Falle der Daten vom Onyx-Kraftwerk aus 421 Messungen aus den Jahren 2014-2019. Diese Messungen erfolgten oft etwa zeitgleich an unterschiedlichen Messstellen, wobei sich die Messstellen an unterschiedlichen Elementen des Fischschutzsystems befanden, sodass für die Analyse (in Absprache mit ARSU) die Dauer, die Kühlwassermenge und Fischzahl für jede Datums-Stunden-Kombination aufsummiert wurden (mit "Stunde" ist hier die Uhrzeit des Starts der Messung gemeint). Dies lieferte dann die Gesamtmengen (und Dauer) an Kühlwasser und Fisch pro Messzeitpunkt. Hier verblieben 173 unterschiedliche Messzeitpunkte an 55 verschiedenen Tagen. Fehlende Einträge (z.B. bzgl. der Dauer des Kühlwassereinstroms – s.u.) wurden zuvor entfernt. Letzteres betraf aber nur wenige Zeilen. Die Daten vom Uniper-Kraftwerk und von der Hamenfischerei wurden analog aufbereitet; die Uniper-Daten umfassten nach der o.g. Aggregation 48 Einträge aus den Jahren 2015-2017 und die Daten aus der Hamenfischerei umfassten 76 Einträge aus den Jahren 2014-2017.

2.2. Variablen

Zudem wurden aus dem Datensatz selbst sowie weiteren externen Datensätzen weitere Variablen generiert, die für die Modellierung verwendet wurden, nämlich der Jahrestag (Julianisches Datum – "yday"), das Jahr, der Tidenstand ("tide"), die Wassertemperatur, sowie die Kühlwassermenge ("KW") (bzw. deren Logarithmus – "log_KW"), sowie die Dauer des Kühlwassereinstroms ("Dauer") bzw. deren Logarithmus ("log_Dauer"). Die Variable "Tide" ist hierbei eine reskalierte Tide, die den Wasserstand misst; Werte nahe -2 repräsentieren Niedrigwasser, Werte nahe +2 hingegen Hochwasser.

3. STATISTISCHE METHODEN

3.1. Regressionsmethoden

Geeignete und moderne Regressionsmethoden lassen sich an eine Vielzahl von ökologischen Datensätzen optimal anpassen [7, 17, 10, 11] und erlauben neben einer Analyse der Beziehung zwischen unterschiedlichen Variablen auch die Vorhersage ("Prediction") von bestimmten Szenarien

[10, 9, 14], wie im vorliegenden Fall die Vorhersage von Fischzahlen in Abhängigkeit von verschiedenen erklärenden Variablen. Die Vorgehensweise besteht dann (separat für jede untersuchte Art) aus den folgenden Schritten:

1. An die empirischen Daten (Fischzahlen, sowie damit verknüpfte vielfältige weitere Variablen, wie z.B. Kühlwassermengen) werden unterschiedliche Regressionsmodelle gefittet (u.a. Modelle mit unterschiedlichen geeigneten Zufallsverteilungen). Über einen Vergleich (unter Nutzung des AIC-Wertes [1]) kann dann das optimale Modell ausgesucht werden;
2. Auf analogem Wege wird (über den Vergleich vieler unterschiedlicher Modelle) das optimale Set aus den untersuchten erklärenden Variablen selektiert;
3. Das final selektierte Modell wird auf vielfältige Art und Weise validiert, da eine Regressionsanalyse auch immer verschiedene Annahmen an die zugrundeliegenden Daten stellt. Diese Validierung erfolgt i.d.R. mittels Residuenplots, und ist im Detail bspw. in [15, 17, 2, 7] gegeben;
4. Werden bei der Validierung verbliebene Probleme detektiert (wie z.B. eine zeitliche Autokorrelation), wird das Modell entsprechend angepasst;
5. Das finale Modell wird dafür genutzt, eine Vorhersage für Szenarien zu treffen, die nicht empirisch untersucht wurden. Dies sind im vorliegenden Fall stündliche Daten zu Kühlwassermengen und allen weiteren Variablen aus den Jahren 2014-2019;
6. In einem letzten Schritt werden die mit den o.g. Vorhersagen verknüpften Unsicherheiten geschätzt. Dies erfolgt über Simulationen der Posterior-Verteilung der Regressionsparameter, wie im Detail in Ref. [14] beschrieben.

Für die Analyse wurden sog. Generalisierte Lineare Modelle (GAM's) verwendet [4, 14, 3, 16]. Diese haben den Vorteil, dass nichtlineare Zusammenhänge (wie z.B. die in hohem Maße nichtlineare Abhängigkeit der mittleren Fischzahlen vom Jahresverlauf) beschrieben werden können. Als Zufallsverteilung wurden die Negativ-Binomiale Verteilung [8], die Tweedie-Verteilung [6, 5], und die Normalverteilung miteinander verglichen.

In der vorliegenden Analyse variieren die Kühlwassermengen während der Beprobungen beträchtlich, sowohl zwischen den Beprobungen eines Jahres als auch die mittleren analysierten Kühlwassermengen zwischen den unterschiedlichen beprobten Jahren. So liegt die Gesamtmenge an Kühlwasser in Millionen m^3 bei 371 (2014), 640 (2015), 286 (2016), 447 (2017), 402 (2018) und 296 (2019). Der davon beprobte Anteil variiert zwischen 0,58 % und 2,04 %. Diese Fluktuationen sollten jedoch keinen stärkeren verzerrenden Effekt auf die Ergebnisse haben, da für die Vorhersagen ja die geglätteten mittleren Abhängigkeiten der Fischzahlen von der Kühlwassermenge verwendet werden, bei denen einzelne Ausreißer (bspw. verursacht durch Zufallsfänge in kleinen Kühlwassermengen) keine maßgebliche Rolle spielen.

3.2. Vergleichende Analysen zum Uniper-Kraftwerk und der Hamenfischerei

Für die relativen Vergleiche der Fischdichten zwischen dem Onyx-Kraftwerk, dem Uniper-Kraftwerk und der Hamenfischerei wurden die zusätzlichen Daten analog zu den Onyx-Daten aufbereitet. Insbesondere enthielten die Uniper- und Hamenfischereidaten ebenfalls Angaben der beprobten Wassermenge sowie die Dauer der Beprobung, sodass entsprechende Vergleiche grundsätzlich

angestellt werden können. Prinzipiell wurden diese Vergleiche mit analogen Regressionsmethoden durchgeführt wie oben für die Onyx-Analysen beschrieben, zusätzlich wurde jedoch die kategorische Variable "Quelle" als Prediktor geführt, welche den direkten Vergleich (unter Herausrechnung aller weiteren Effekte, wie bspw. Jahres- oder jahreszeitliche Effekte) ermöglichte. Hier wurde das Level "Onyx" als Basis-Level ausgewählt, was bedeutet, dass im Zuge der Regression die beiden anderen Level ("Uniper" und "Hamenfischerei") mit diesem Level verglichen wurden.

Ebenfalls die Modellselektion (hinsichtlich der geeigneten zu beschreibenden Variablen) und die Modellvalidierung erfolgte analog zu den oben beschriebenen Methoden. Bei den vergleichenden Analysen wurde das finale Modell jedoch nicht für Vorhersagen verwendet, sondern relative Vergleiche (nebst statistischen Unsicherheiten, wie p-Werte und Konfidenzintervalle) konnten direkt aus den Modell-Parametern berechnet werden.

3.3. Software

Für alle statistischen Analysen wurde die open-source Software **R** [12] verwendet. Für Visualisierungen wurde das R-Paket *ggplot2* [13] verwendet, und für die Regressionsanalysen das Paket *mgcv* [14].

4. ERGEBNISSE

Im Folgenden werden u.a. geschätzte Jahressummen für alle 4 Arten und alle 6 Jahre aufgeführt. Da im Jahr 2016 nur eine Erfassung (im März) erfolgte, sind diesbezügliche Schätzungen mit Vorsicht zu interpretieren, und eher der Vollständigkeit halber mit aufgeführt.

4.1. Hering

Die Regressionsanalysen zum Hering zeigen, dass die Zahl an Hering hoch-signifikant mit dem Logarithmus der Kühlwassermenge sowie mit der Dauer des Kühlwassereinstroms ansteigt (siehe Abb. 1 – partielle Effektplots aus dem entsprechenden GAM). Die Modell-Auswahl erfolgte wie oben beschrieben nach einer AIC-basierten Modell-Selektion, bei der ein optimales Set an Variablen nach objektiven Kriterien ausgewählt wird. Zudem zeigt die jahreszeitliche Verteilung ein deutliches Minimum im Herbst. Bei hohen Wasserständen (also nahe Hochwasser) sind zudem im Mittel mehr Fische zu erwarten als bei niedrigem Wasser. Die Abhängigkeit vom Jahr zeigt zudem, dass die Jahre 2017-2019 signifikant höhere Werte zeigen als die ersten drei Jahre.

Diese Zusammenhänge finden sich auch in den hochgerechneten Anzahlen pro 10.000 Kubikmeter Kühlwasser im Zeitverlauf (vgl. Abb. 2 schwarze Linie) wieder, die bzgl. der Größenordnung gut zu den echten aufwandkorrigierten Messwerten (rote Punkte in Abb. 2) passen. In Abb. 3 ist zudem die vorhergesagte Anzahl an Heringen pro 24 Stunden (schwarze Linie) gemeinsam mit der Kühlwassermenge (hellrot) wiedergegeben. Wie zu erwarten, ist eine Korrelation zwischen Kühlwassermenge und Fischzahl zu beobachten (insbesondere führen Tage mit keinem eingeströmten Kühlwasser zu keinem vorhergesagten Fisch).

In Abb. 4-5 sind schlussendlich die geschätzten Jahressummen nebst 95%-Konfidenzintervallen grafisch bzw. numerisch wiedergegeben. Im Mittel liegen die geschätzten Jahressummen bei etwa 250.000 Tieren (wobei starke Schwankungen zwischen den Jahren zu beobachten sind), der geschätzte Höchstwert liegt 2017 bei guten 650.000 Tieren (wobei das Konfidenzintervall bis zu

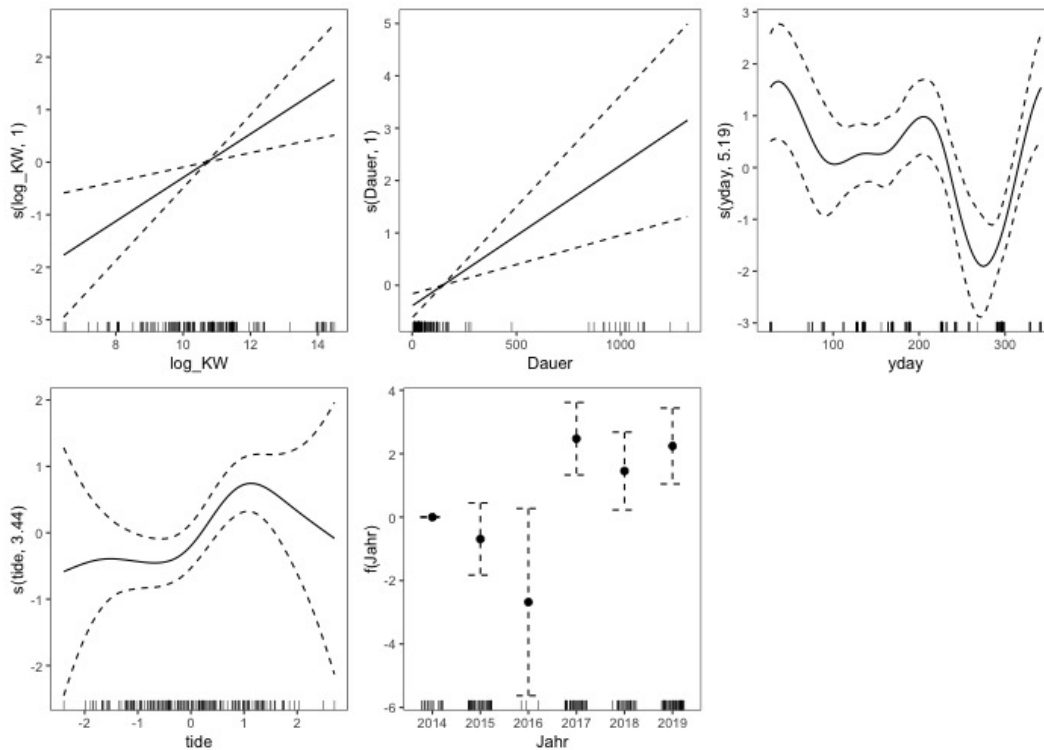


Figure 1: Regressionsplots zum GAM für die Vorhersage der Anzahl an Heringen. Da es sich um partielle Effektplots handelt, kann die y-Achse nicht in absoluten Werten interpretiert werden, nur relative Änderungen entlang der x-Achse, die relative Änderung der Fischzahl mit den Werten der jeweiligen Variable (auf der x-Achse aufgetragen) repräsentieren. Gestrichelte Linien geben 95 %-Konfidenzintervalle an. Kurze Striche knapp über der x-Achse zeigen die zugrundeliegende Datendichte an. Die Variable "KW" repräsentiert die Kühlwassermenge (u.U. "log_KW" deren Logarithmus), die Variable "yday" den Jahrestag, "Dauer" die Dauer des Kühlwassereinstroms und "tide" eine reskalierte Variable, die den Tidenstand repräsentiert. Das erste Jahr (2014) zeigt keine Konfidenzintervalle, da dies das Referenzlevel darstellt, zu dem alle anderen Jahre verglichen werden.

etwa 1400.000 Tieren reicht).

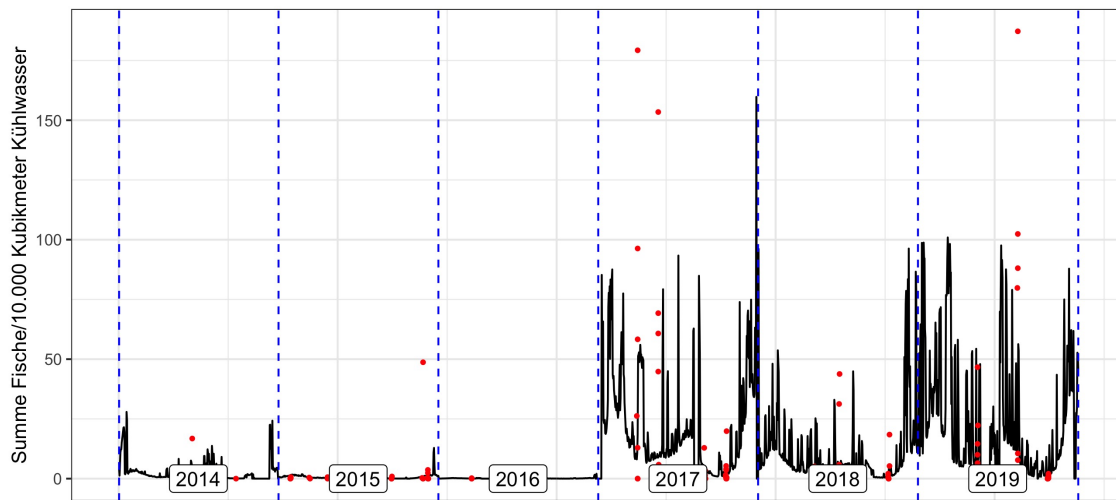


Figure 2: Modell (GAM)-basierte Schätzung (schwarz) sowie gemessene Anzahl (rot) an Heringen pro 10.000 Kubikmeter Kühlwasser im Zeitverlauf (x-Achse).

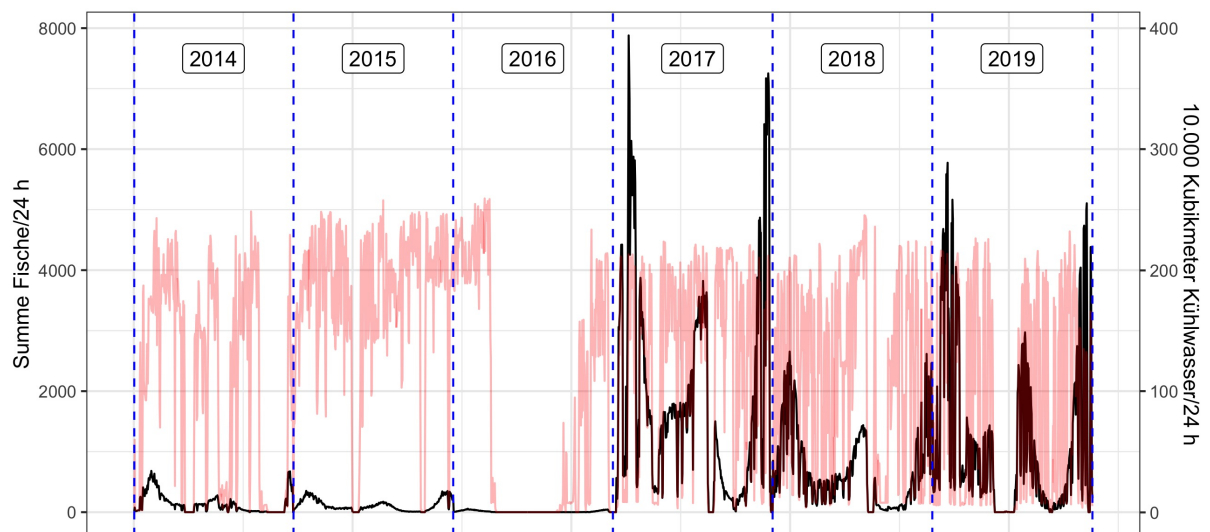


Figure 3: Modell (GAM)-basierte Schätzung (schwarz) der Gesamtzahl an Hering pro 24 Stunden (y-Achse linke Seite) im Zeitverlauf (x-Achse). In hellrot ist die täglichen Kühlwassermengen geplottet (y-Achse rechte Seite).

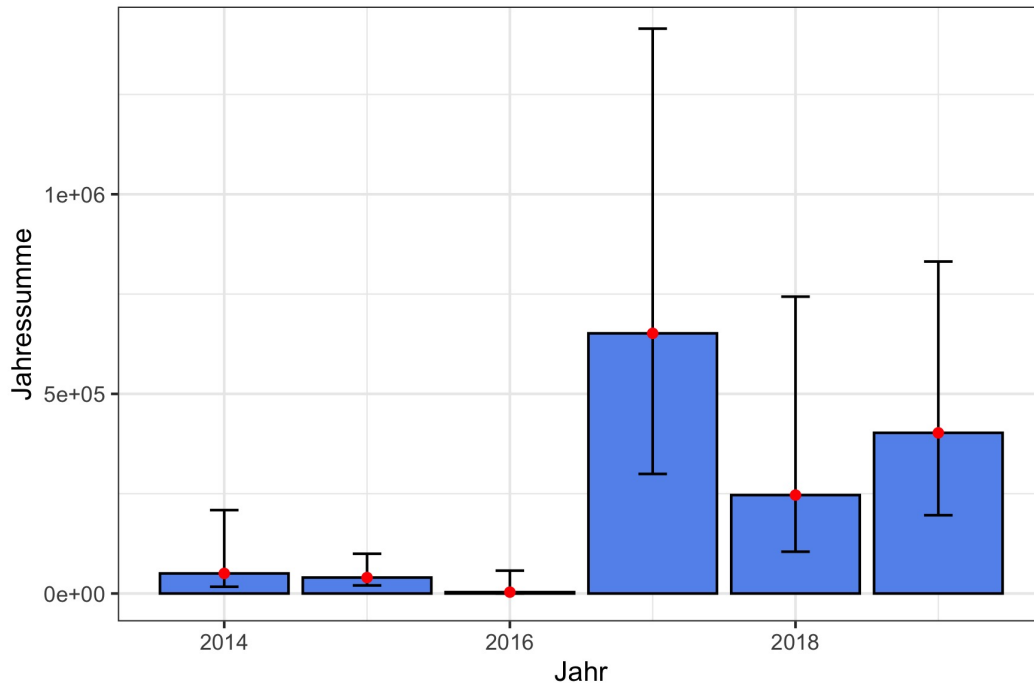


Figure 4: Modell (GAM)-basierte Schätzung der Gesamtzahlen an Hering im Kühlwasser pro Jahr (blaue Balken bzw. rote Punkte) nebst 95 %-Konfidenzintervallen (schwarz). Zahlen sind verkürzt dargestellt: 1e+05 bedeutet bspw. eine 1 mit 5 Nullen (100.000).

Jahr	Gesamtsumme	KI_unten	KI_oben
2014	50277	16875	208879
2015	39952	20252	99556
2016	3438	239	57262
2017	651633	299476	1414813
2018	246545	104716	743507
2019	402425	196077	831499

Figure 5: Modell (GAM)-basierte Schätzung der Gesamtzahlen an Hering im Kühlwasser pro Jahr als Tabelle. "KI_unten" und "KI_oben" bezeichnen die Grenzen der 95 %-Konfidenzintervalle.

4.2. Sprotte

Die Regressionsanalysen zur Sprotte zeigen, dass die Zahl an Sprotten hoch-signifikant mit dem Logarithmus der Kühlwassermenge ansteigt (siehe Abb. 6 – partielle Effektplots aus dem entsprechenden GAM). Die Dauer des Kühlwassereinstroms wurde für diese Spezies nicht als relevanter Prediktor selektiert. Die Modell-Auswahl erfolgte auch hier wie oben beschrieben nach einer AIC-basierten Modell-Selektion, bei der ein optimales Set an Variablen nach objektiven Kriterien ausgewählt wird. Zudem zeigt die jahreszeitliche Verteilung ein bimodales Muster mit einem Maximum Anfang des Jahres, und einem zweiten Maximum im Sommer. Bei hohen Wasserständen (also nahe Hochwasser) sind zudem im Mittel etwas mehr Fische zu erwarten als bei niedrigem Wasser. Die Abhängigkeit vom Jahr zeigt zudem, dass die Jahre 2018-2019 deutlich höhere Werte zeigen als die ersten vier Jahre.

Diese Zusammenhänge finden sich auch in den hochgerechneten Anzahlen pro 10.000 Kubikmeter Kühlwasser im Zeitverlauf (vgl. Abb. 7 schwarze Linie) wieder, die bzgl. der Größenordnung gut zu den echten Messwerten (rote Punkte in Abb. 7) passen. In Abb. 8 ist zudem die vorhergesagte Anzahl an Sprotten pro 24 Stunden (schwarze Linie) gemeinsam mit der Kühlwassermenge (hellrot) wiedergegeben. Wie zu erwarten, ist eine Korrelation zwischen Kühlwassermenge und Fischzahl zu beobachten (insbesondere führen Tage mit keinem eingeströmten Kühlwasser zu keinem vorhergesagten Fisch).

In Abb. 9-10 sind schlussendlich die geschätzten Jahressummen nebst 95%-Konfidenzintervallen grafisch bzw. numerisch wiedergegeben. Im Mittel liegen die geschätzten Jahressummen bei knapp 100.000 Tieren (wobei starke Schwankungen zwischen den Jahren zu beobachten sind), der geschätzte Höchstwert liegt 2018 bei etwa 325.000 Tieren. Es sei aber angemerkt, dass alle oberen Grenzen der Konfidenzintervalle extreme Werte zeigen, sodass von einer weiteren Verwendung/Diskussion der Schätzwerte abgeraten wird.

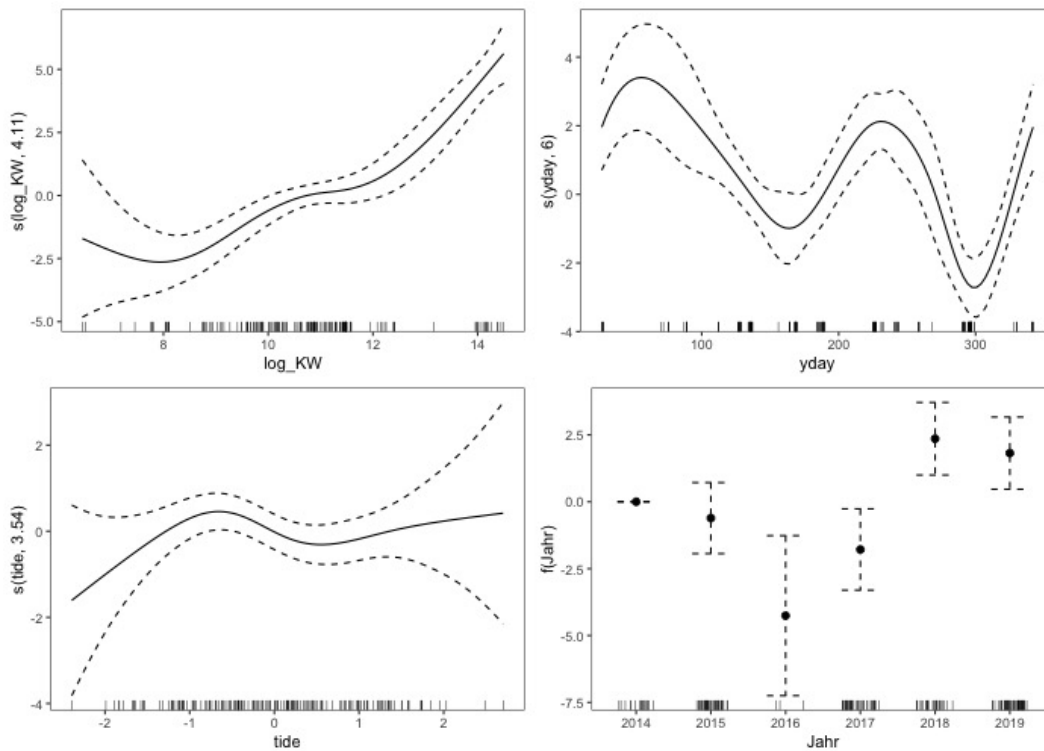


Figure 6: Regressionsplots zum GAM für die Vorhersage der Anzahl an Sprotten. Da es sich um partielle Effektplots handelt, kann die y-Achse nicht in absoluten Werten interpretiert werden, nur relative Änderungen entlang der x-Achse, die relative Änderung der Fischzahl mit den Werten der jeweiligen Variable (auf der x-Achse aufgetragen) repräsentieren. Gestrichelte Linien geben 95 %-Konfidenzintervalle an. Kurze Striche knapp über der x-Achse zeigen die zugrundeliegende Datendichte an. Die Variable "KW" repräsentiert die Kühlwassermenge (u.U. "log_KW" deren Logarithmus), die Variable "yday" den Jahrestag, "Dauer" die Dauer des Kühlwassereinstroms und "tide" eine reskalierte Variable, die den Tidenstand repräsentiert. Das erste Jahr (2014) zeigt keine Konfidenzintervalle, da dies das Referenzlevel darstellt, zu dem alle anderen Jahre verglichen werden.

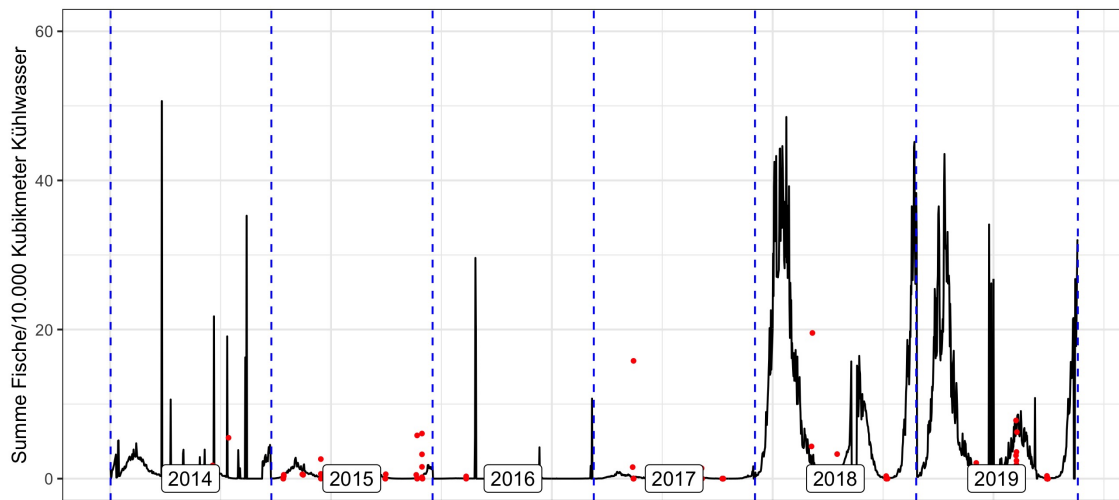


Figure 7: Modell (GAM)-basierte Schätzung (schwarz) sowie gemessene Anzahl (rot) an Sprotten pro 10.000 Kubikmeter Kühlwasser im Zeitverlauf (x-Achse).

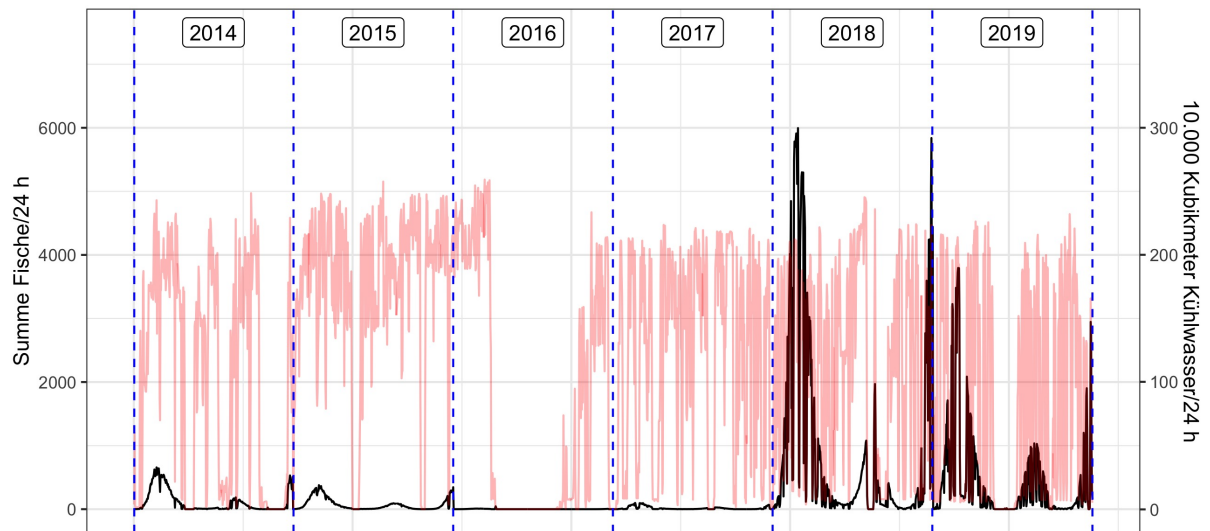


Figure 8: Modell (GAM)-basierte Schätzung (schwarz) der Gesamtzahl an Sprotte pro 24 Stunden (y-Achse linke Seite) im Zeitverlauf (x-Achse). In hellrot ist die täglichen Kühlwassermengen geplottet (y-Achse rechte Seite).

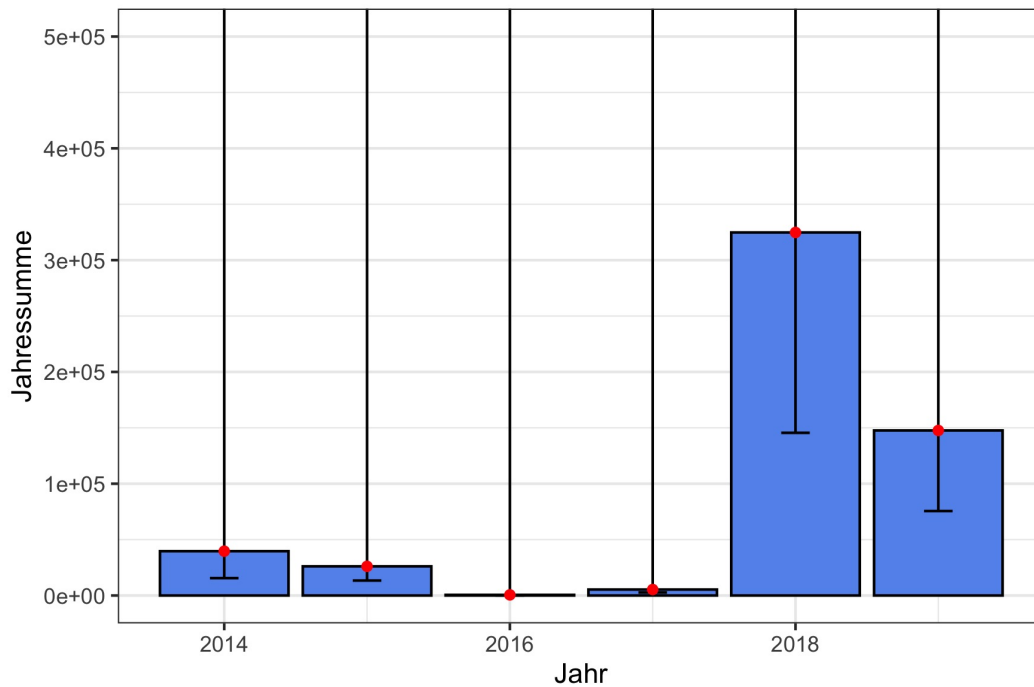


Figure 9: Modell (GAM)-basierte Schätzung der Gesamtzahlen an Sprotte im Kühlwasser pro Jahr (blaue Balken bzw. rote Punkte) nebst 95 %-Konfidenzintervallen (schwarz). Zahlen sind verkürzt dargestellt: 1e+05 bedeutet bspw. eine 1 mit 5 Nullen (100.000).

	Jahr	Gesamtsumme	KI_unten	KI_oben
1	2014	39643	15543	> 1000.000
2	2015	26088	13380	> 1000.000
3	2016	567	76	> 1000.000
4	2017	5344	2688	> 1000.000
5	2018	324765	145525	> 1000.000
6	2019	147633	75553	> 1000.000

Figure 10: Modell (GAM)-basierte Schätzung der Gesamtzahlen an Sprotte im Kühlwasser pro Jahr als Tabelle. "KI_unten" und "KI_oben" bezeichnen die Grenzen der 95 %-Konfidenzintervalle.

4.3. Stint

Die Regressionsanalysen zum Stint zeigen, dass die Zahl an Stint mit dem Logarithmus der Kühlwassermenge sowie mit der Dauer des Kühlwassereinstroms ansteigt (siehe Abb. 11 – partielle Effektplots aus dem entsprechenden GAM). Hier wurde ein Modell ausgewählt, dass eine zweidimensionale Interaktion zwischen diesen Variablen betrachtet, anstelle einer separaten Betrachtung dieser beiden Variablen (wie z.B. beim Hering). Dies bedeutet, dass die (nichtlinearen) Werte der einen Variable von den (nichtlinearen) Werten der anderen abhängig sein können, was bei komplexeren Korrelationen der Fall sein kann. Die Modell-Auswahl erfolgte auch hier wie oben beschrieben nach einer AIC-basierten Modell-Selektion, bei der ein optimales Set an Variablen nach objektiven Kriterien ausgewählt wird. Zudem zeigt die jahreszeitliche Verteilung ein deutliches Minimum im Frühsommer. Bei hohen Wasserständen (also nahe Hochwasser) sind zudem im Mittel mehr Fische zu erwarten als bei niedrigem Wasser, diese Abhängigkeit ist jedoch aufgrund der großen Konfidenzintervalle nicht signifikant. Die Abhängigkeit vom Jahr zeigt zudem, dass das erste Erfassungsjahr die höchsten Zahlen für diese Art erbrachte.

Diese Zusammenhänge finden sich auch in den hochgerechneten Anzahlen pro 10.000 Kubikmeter Kühlwasser im Zeitverlauf (vgl. Abb. 12 schwarze Linie) wieder, die bzgl. der Größenordnung gut zu den echten Messwerten (rote Punkte in Abb. 12) passen. In Abb. 13 ist zudem die vorhergesagte Anzahl an Stinten pro 24 Stunden (schwarze Linie) gemeinsam mit der Kühlwassermenge (hellrot) wiedergegeben. Wie zu erwarten, ist eine Korrelation zwischen Kühlwassermenge und Fischzahl zu beobachten (insbesondere führen Tage mit keinem eingeströmten Kühlwasser zu keinem vorhergesagten Fisch).

In Abb. 14-15 sind schlussendlich die geschätzten Jahressummen nebst 95%-Konfidenzintervallen grafisch bzw. numerisch wiedergegeben. Im Mittel liegen die geschätzten Jahressummen bei etwa 110.000 Tieren (wobei starke Schwankungen zwischen den Jahren zu beobachten sind), der geschätzte Höchstwert liegt 2014 bei guten 400.000 Tieren (wobei das Konfidenzintervall bis zu etwa 510.000 Tieren reicht).

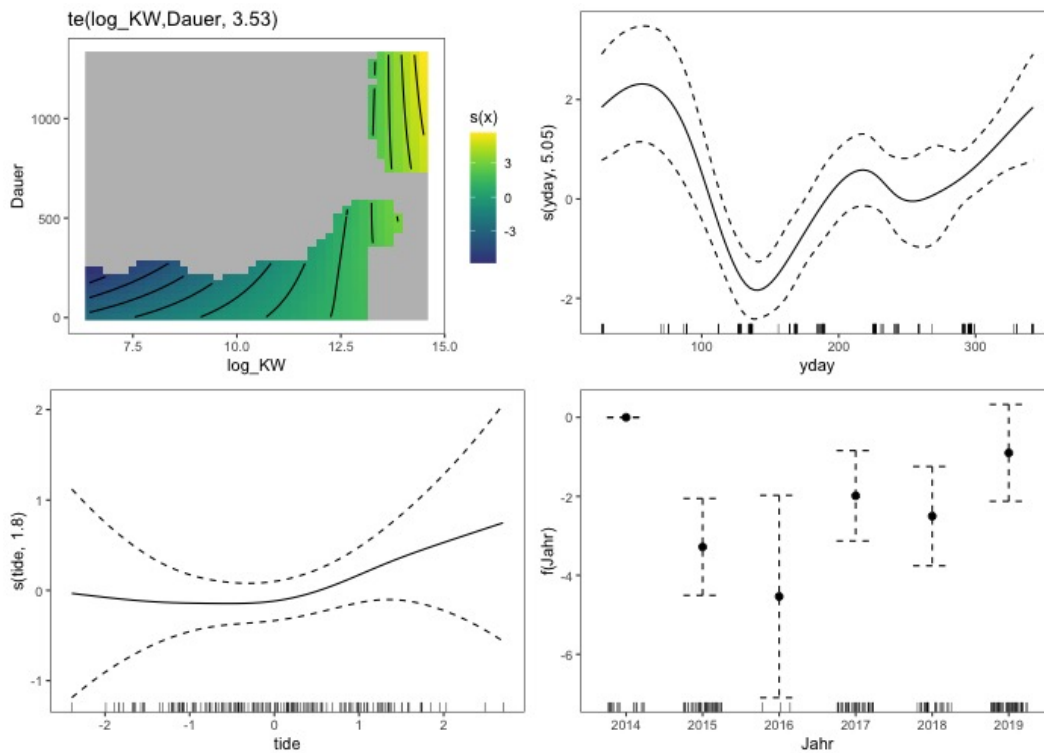


Figure 11: Regressionsplots zum GAM für die Vorhersage der Anzahl an Stinten. Da es sich um partielle Effektplots handelt, kann die y-Achse nicht in absoluten Werten interpretiert werden, nur relative Änderungen entlang der x-Achse, die relative Änderung der Fischzahl mit den Werten der jeweiligen Variable (auf der x-Achse aufgetragen) repräsentieren. Gestrichelte Linien geben 95 %-Konfidenzintervalle an. Kurze Striche knapp über der x-Achse zeigen die zugrundeliegende Datendichte an. Die Variable "KW" repräsentiert die Kühlwassermenge (u.U. "log_KW" deren Logarithmus), die Variable "yday" den Jahrestag, "Dauer" die Dauer des Kühlwassereinstroms und "tide" eine reskalierte Variable, die den Tidenstand repräsentiert. Das erste Jahr (2014) zeigt keine Konfidenzintervalle, da dies das Referenzlevel darstellt, zu dem alle anderen Jahre verglichen werden.

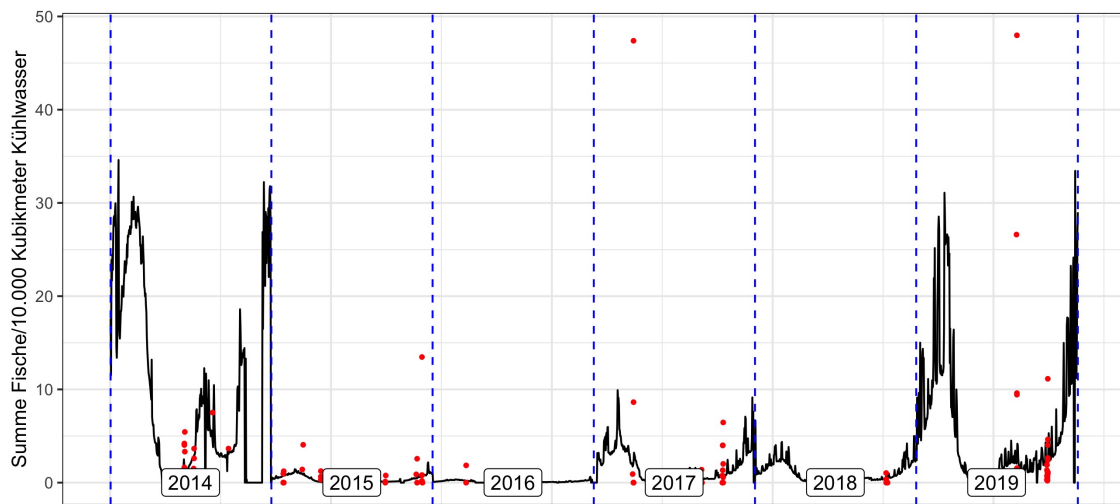


Figure 12: Modell (GAM)-basierte Schätzung (schwarz) sowie gemessene Anzahl (rot) an Stinten pro 10.000 Kubikmeter Kühlwasser im Zeitverlauf (x-Achse).

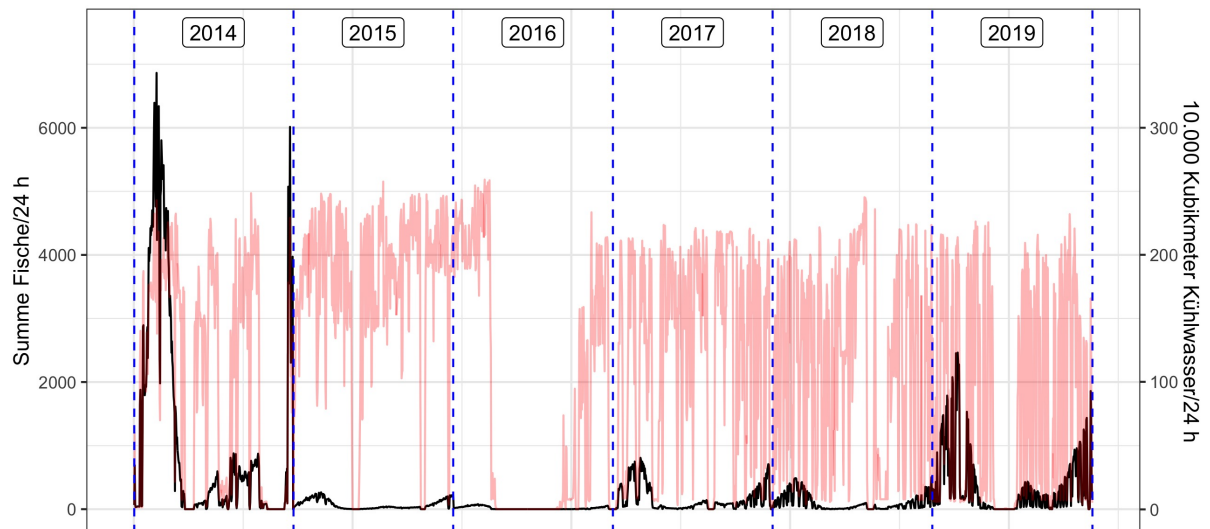


Figure 13: Modell (GAM)-basierte Schätzung (schwarz) der Gesamtzahl an Stint pro 24 Stunden (y-Achse linke Seite) im Zeitverlauf (x-Achse). In hellrot ist die täglichen Kühlwassermengen geplottet (y-Achse rechte Seite).

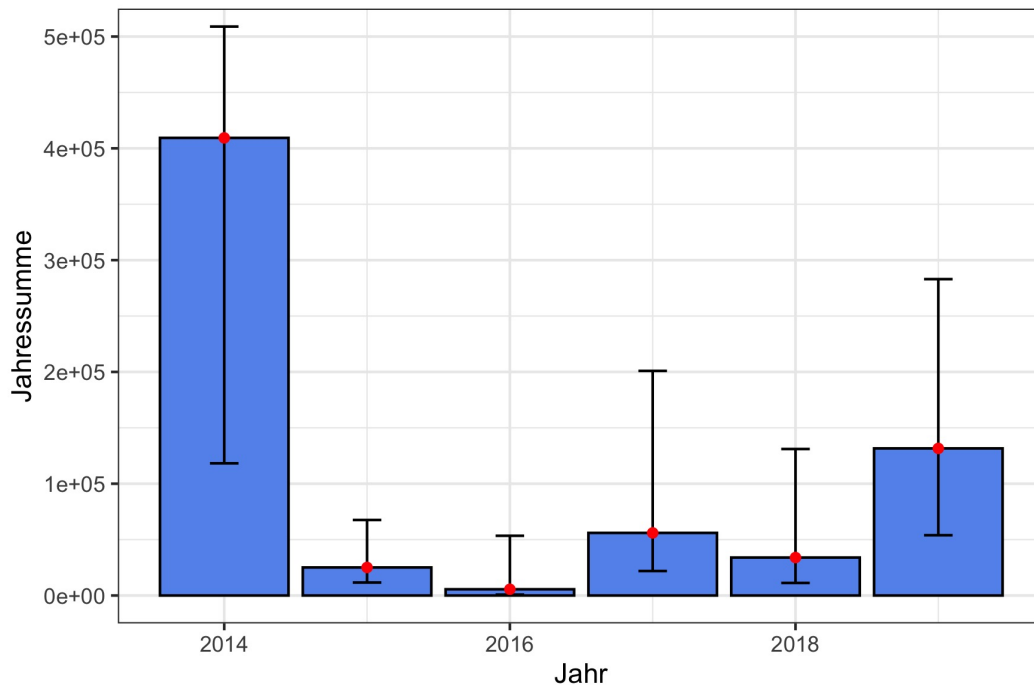


Figure 14: Modell (GAM)-basierte Schätzung der Gesamtzahlen an Stint im Kühlwasser pro Jahr (blaue Balken bzw. rote Punkte) nebst 95 %-Konfidenzintervallen (schwarz). Zahlen sind verkürzt dargestellt: 1e+05 bedeutet bspw. eine 1 mit 5 Nullen (100.000).

Jahr	Gesamtsumme	KI_unten	KI_oben
1 2014	409356	118243	508938
2 2015	25086	11603	67562
3 2016	5572	785	53432
4 2017	56004	21903	200925
5 2018	33966	11231	131043
6 2019	131586	53919	283000

Figure 15: Modell (GAM)-basierte Schätzung der Gesamtzahlen an Stint im Kühlwasser pro Jahr als Tabelle. "KI_unten" und "KI_oben" bezeichnen die Grenzen der 95 %-Konfidenzintervalle.

4.4. Kleine Seenadel

Die Regressionsanalysen zur Kleinen Seenadel zeigen, dass die Zahl an Individuen mit dem Logarithmus der Kühlwassermenge und dem Logarithmus der Dauer ansteigt (siehe Abb. 16 – partielle Effektplots aus dem entsprechenden GAM). Auch hier wurde ein Modell ausgewählt, dass eine zweidimensionale Interaktion zwischen diesen Variablen betrachtet, anstelle einer separaten Betrachtung dieser beiden Variablen (wie z.B. beim Hering). Die Modell-Auswahl erfolgte auch hier wie oben beschrieben nach einer AIC-basierten Modell-Selektion, bei der ein optimales Set an Variablen nach objektiven Kriterien ausgewählt wird. Eine jahreszeitliche Phänologie kann nur mit relativ großen Unsicherheiten (Konfidenzintervallen) abgeschätzt werden, mit einem Minimum im Winter und einem Maximum im Sommer. Bei hohen Wasserständen (also nahe Hochwasser) sind zudem im Mittel etwas mehr Fische zu erwarten als bei niedrigem Wasser, aber auch dieser Zusammenhang ist mit sehr großen Unsicherheiten behaftet. Die Abhängigkeit vom Jahr zeigt zudem, dass das erste Erfassungsjahr besonders viele Seenadeln erbrachte.

Diese Zusammenhänge finden sich auch in den hochgerechneten Anzahlen pro 10.000 Kubikmeter Kühlwasser im Zeitverlauf (vgl. Abb. 17 schwarze Linie) wieder, die bzgl. der Größenordnung gut zu den echten Messwerten (rote Punkte in Abb. 17) passen. In Abb. 18 ist zudem die vorhergesagte Anzahl an Kleinen Seenadeln pro 24 Stunden (schwarze Linie) gemeinsam mit der Kühlwassermenge (hellrot) wiedergegeben. Wie zu erwarten, ist eine Korrelation zwischen Kühlwassermenge und Fischzahl zu beobachten (insbesondere führen Tage mit keinem eingeströmten Kühlwasser zu keinem vorhergesagten Fisch).

In Abb. 19-20 sind schlussendlich die geschätzten Jahressummen nebst 95%-Konfidenzintervallen grafisch bzw. numerisch wiedergegeben. Im Mittel liegen die geschätzten Jahressummen bei etwa 70.000 Tieren (wobei starke Schwankungen zwischen den Jahren zu beobachten sind), der geschätzte Höchstwert liegt 2014 bei etwa 300.000 Tieren. Es sei aber angemerkt, dass alle oberen Grenzen der Konfidenzintervalle extreme Werte zeigen, sodass von einer weiteren Verwendung/Diskussion der Schätzwerte abgeraten wird.

Seenadel.jpeg

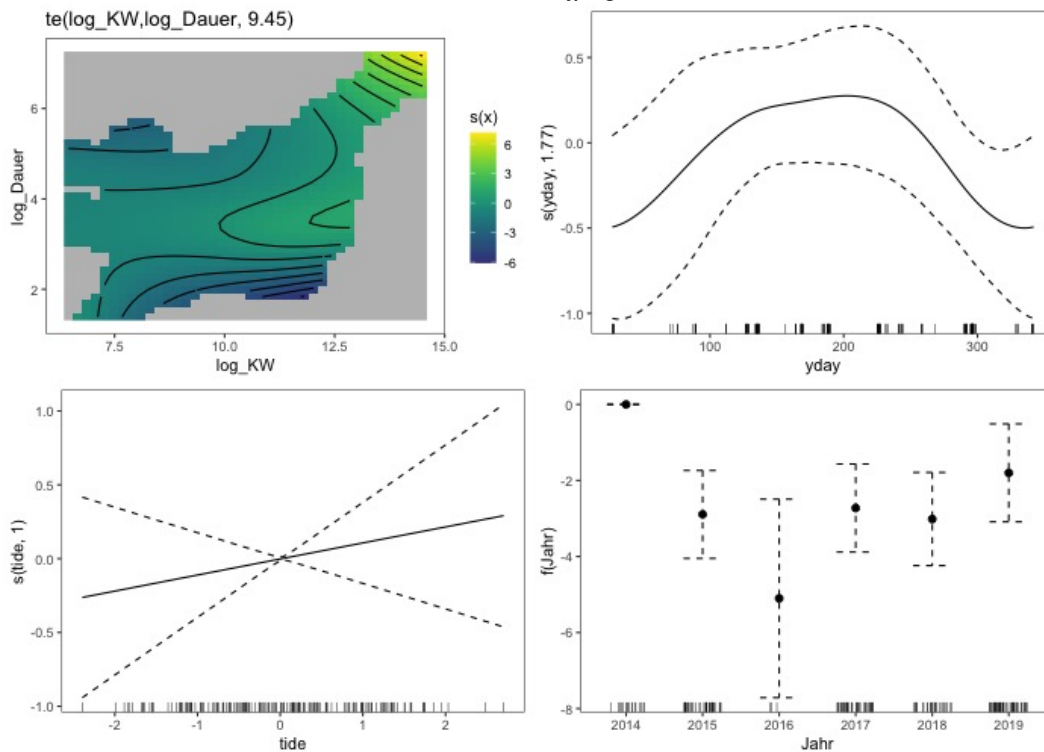


Figure 16: Regressionsplots zum GAM für die Vorhersage der Anzahl an Kleinen Seenadeln. Da es sich um partielle Effektplots handelt, kann die y-Achse nicht in absoluten Werten interpretiert werden, nur relative Änderungen entlang der x-Achse, die relative Änderung der Fischzahl mit den Werten der jeweiligen Variable (auf der x-Achse aufgetragen) repräsentieren. Gestrichelte Linien geben 95 %-Konfidenzintervalle an. Kurze Striche knapp über der x-Achse zeigen die zugrundeliegende Datendichte an. Die Variable "KW" repräsentiert die Kühlwassermenge (u.U. "log_KW" deren Logarithmus), die Variable "yday" den Jahrestag, "Dauer" die Dauer des Kühlwassereinstroms und "tide" eine reskalierte Variable, die den Tidenstand repräsentiert. Das erste Jahr (2014) zeigt keine Konfidenzintervalle, da dies das Referenzlevel darstellt, zu dem alle anderen Jahre verglichen werden.

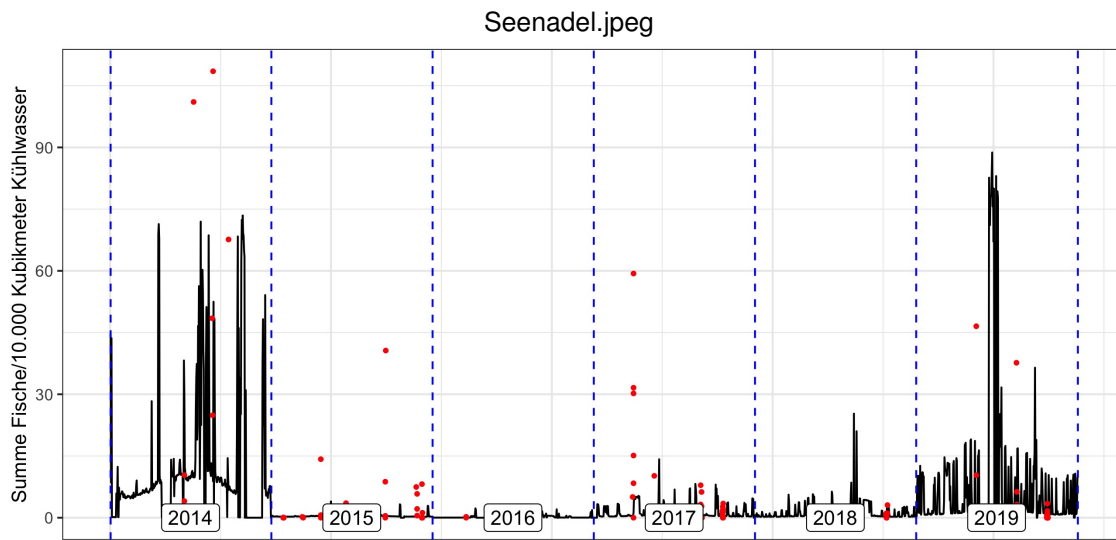


Figure 17: Modell (GAM)-basierte Schätzung (schwarz) sowie gemessene Anzahl (rot) an Kleinen Seenadeln pro 10.000 Kubikmeter Kühlwasser im Zeitverlauf (x-Achse).

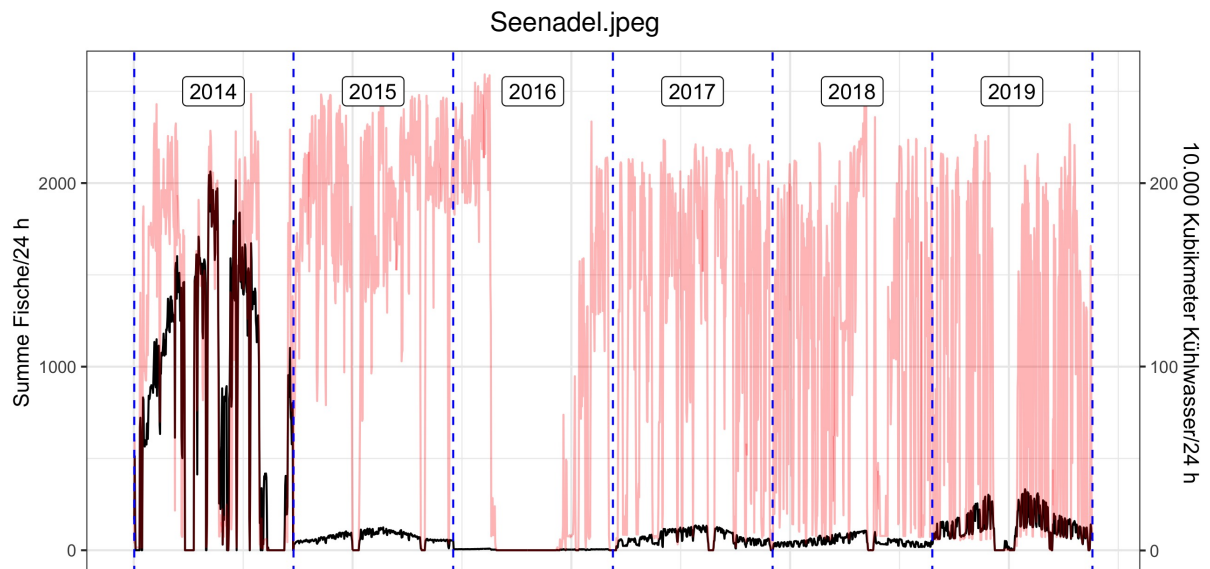


Figure 18: Modell (GAM)-basierte Schätzung (schwarz) der Gesamtzahl an Kleinen Seenadeln pro 24 Stunden (y-Achse linke Seite) im Zeitverlauf (x-Achse). In hellrot ist die täglichen Kühlmengen geplottet (y-Achse rechte Seite).

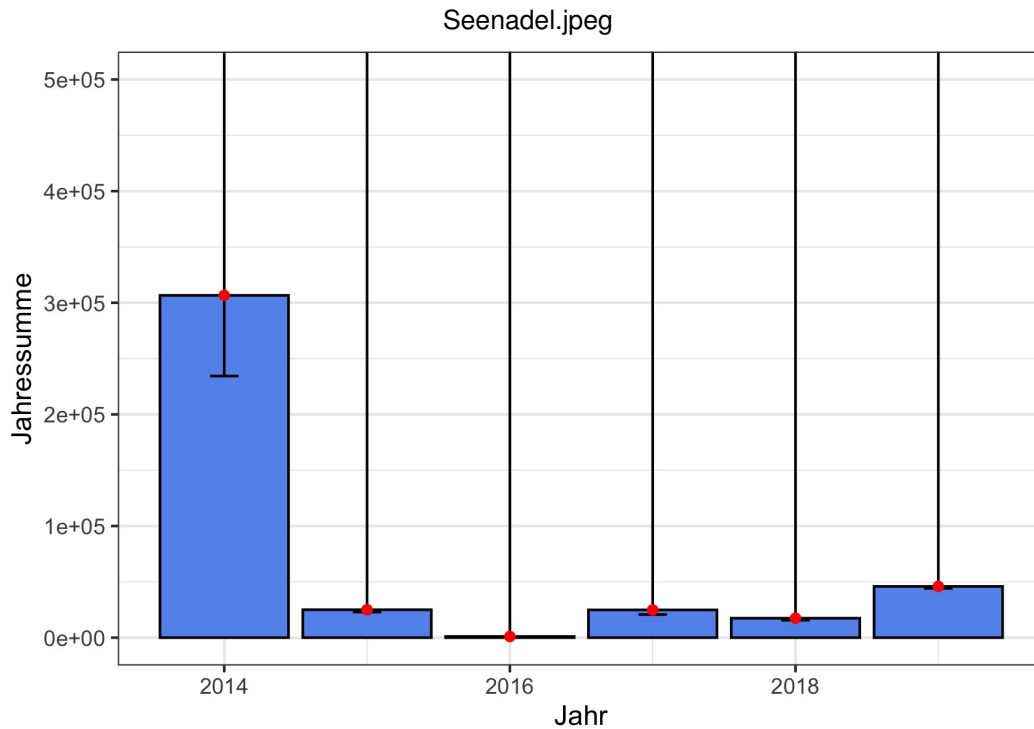


Figure 19: Modell (GAM)-basierte Schätzung der Gesamtzahlen an Kleine Seenadel im Kühlwasser pro Jahr (blaue Balken bzw. rote Punkte) nebst 95 %-Konfidenzintervallen (schwarz). Zahlen sind verkürzt dargestellt: 1e+05 bedeutet bspw. eine 1 mit 5 Nullen (100.000).

	Jahr	Gesamtsumme	KI_unten
1	2014	306628	234352
2	2015	25023	22941
3	2016	1058	673
4	2017	24870	20693
5	2018	17421	15599
6	2019	45905	44103

Figure 20: Modell (GAM)-basierte Schätzung der Gesamtzahlen an Kleine Seenadel im Kühlwasser pro Jahr als Tabelle. "KI_unten" bezeichnet die untere Grenze der 95 %-Konfidenzintervalle. Die obere Grenze ist aufgrund zu hoher Werte nicht sinnvoll darstellbar.

4.5. Vergleichende Analysen zum Uniper-Kraftwerk und der Hamenfischerei

Im Unterschied zu den oben dargestellten Bestandsschätzungen, lieferten die im Folgenden präsentierten vergleichenden Analysen für alle Arten statistisch valide Ergebnisse. Der Grund hierfür ist, dass Bestandsschätzungen nicht direkt aus den Regressionsergebnissen extrahiert werden können, sondern Regressions-basierte Vorhersagen beinhalten, welche oft mit größeren Unsicherheiten behaftet sind.

4.5.1 Hering

Ein Plot der Rohdaten (Fischzahlen pro 10.000 Kubikmeter Wasser), aufsummiert für jede verfügbare Methode/Quelle-Datums-Kombination - vgl. Abb. 21) deutet bereits an, dass die mittleren Zahlen der Hamenfischerei deutlich über den Zahlen des Onyx-Kraftwerkes liegen. Zudem gibt es zwar 2017 einige relativ hohe Werte vom Onyx-Kraftwerk, ansonsten liegen aber viele der Uniper-Werte über denen von Onyx.

Die vergleichenden Regressionsanalysen zu Hering (siehe Abb. 22 – partielle Effektplots aus dem entsprechenden GAM) zeigen, dass trotz Zunahme der Uniper- und Hamenfischerei-Daten viele der Zusammenhänge (und selektierten Variablen) ähnlich bleiben. Zwar wird neben der Abhängigkeit vom Logarithmus der Kühlwassermenge nun auch die Dauer der Beprobung mit berücksichtigt und die Tide wird nicht mehr selektiert, aber die jahreszeitliche Entwicklung und die Jahreseffekte bleiben fast identisch. Nur für das Jahr 2016 gilt wieder dass es nun deutlich mehr Daten beinhaltet und der Effekt daher besser geschätzt werden kann.

Der Sub-Plot zur Variable "Quelle" zeigt, dass beide zu vergleichenden Methoden deutlich und signifikant über den Daten von Onyx liegen (die 95 %-igen Konfidenzintervalle liegen außerhalb des Schätzwertes von Onyx), wobei die Hamen-Werte am höchsten sind. Die Parameter der Regressionsanalysen ergeben, dass die Fischzahlen (pro $\log(\text{Kubikmeter})$ und $\log(\text{Stunde})$) im Uniper-Kraftwerk um das 5,2-fache höher liegen ($p < 0.001$) und bei der Hamenfischerei um das 29,0-fache höher ($p < 0.001$). Ähnliche Größenordnungen ergaben die Analysen der Rohdaten (auch für alle anderen im Folgenden analysierten Arten), die als zusätzlicher Validierungsschritt betrachtet wurden (Ergebnisse nicht gezeigt, da die Rohdatenanalysen i.d.R. verzerrt sind, da bspw. Jahres- und jahreszeitliche Effekte nicht herausgekürzt werden).

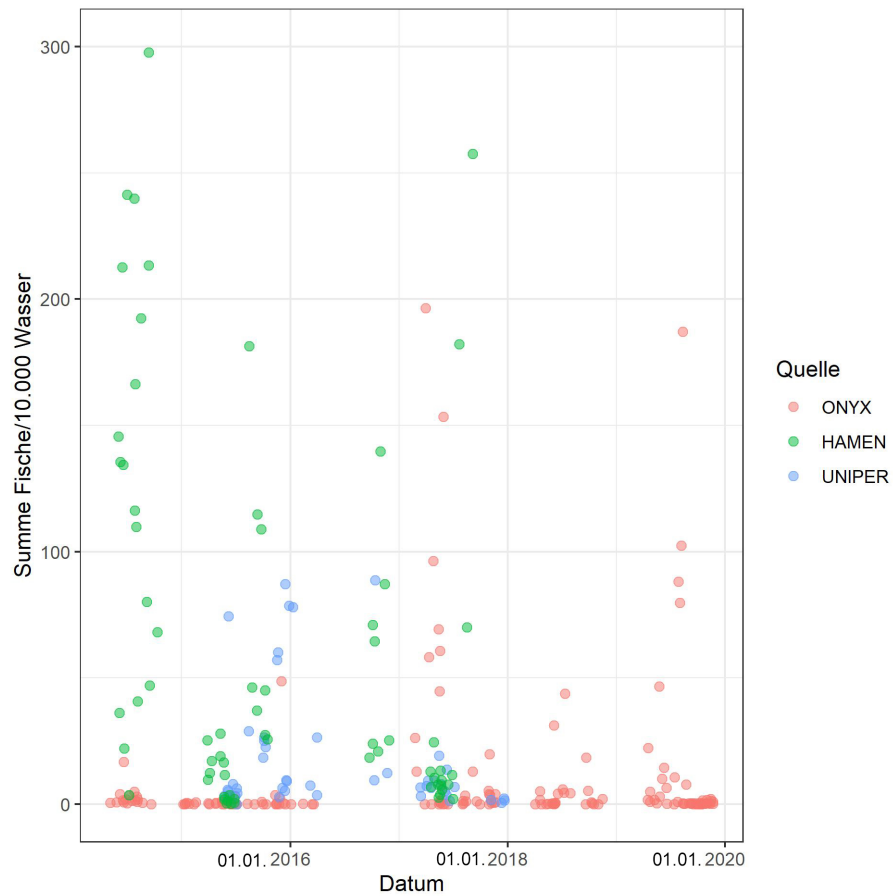


Figure 21: Grafische Darstellung der täglichen Anzahl an Fisch im Verhältnis zur Wassermenge direkt aus den Rohdaten geplottet. Die dargestellten Daten enthalten keine Modell-basierten vorhersagen, sondern nur erhobene/experimentelle Daten. Zudem sind sehr hohe Werte zwecks besserer Darstellung abgeschnitten.

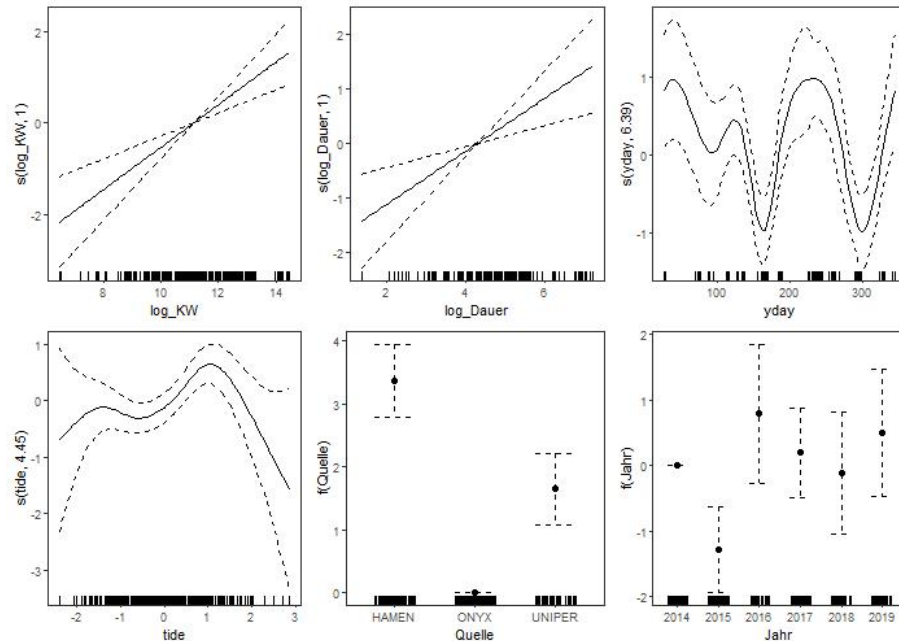


Figure 22: Regressionsplots zum GAM für den Vergleich der mittleren Fischdichten (Hering). Da es sich um partielle Effektplots handelt, kann die y-Achse nicht in absoluten Werten interpretiert werden, nur relative Änderungen entlang der x-Achse, die relative Änderung der Fischzahl mit den Werten der jeweiligen Variable (auf der x-Achse aufgetragen) repräsentieren. Gestrichelte Linien geben 95 %-Konfidenzintervalle an. Kurze Striche knapp über der x-Achse zeigen die zugrundeliegende Datendichte an. Die Variable "KW" repräsentiert die Kühlwassermenge (u.U. "log_KW" deren Logarithmus), die Variable "yday" den Jahrestag, "Dauer" die Dauer des Kühlwassereinstroms und "tide" eine reskalierte Variable, die den Tidenstand repräsentiert. Das erste Jahr (2014) sowie die Quelle "Onyx" zeigen keine Konfidenzintervalle, da diese jeweils das Referenzlevel darstellen, zu denen alle anderen Level verglichen werden.

4.5.2 Sprotte

Ein Plot der Rohdaten (Fischzahlen pro 10.000 Kubikmeter Wasser, aufsummiert für jede verfügbare Methode/Quelle-Datums-Kombination - vgl. Abb. 23) deutet bereits an, dass die mittleren Zahlen der Hamenfischerei deutlich und die Zahlen des Uniper-Kraftwerkes ebenfalls über den Zahlen des Onyx-Kraftwerkes liegen.

Die vergleichenden Regressionsanalysen zu Sprotte (siehe Abb. 24 – partielle Effektplots aus dem entsprechenden GAM) zeigen, dass trotz Hinzunahme der Uniper- und Hamenfischerei-Daten viele der Zusammenhänge (und selektierten Variablen) ähnlich bleiben. Insbesondere bleiben die Fischzahlen abhängig sowohl von der Kühlwassermenge als auch von der Beprobungsdauer, und auch die Jahresphänologie bleibt ähnlich, nur dass sich nun auch im Frühjahr ein deutliches Minimum abzeichnet. Die Abhängigkeit vom Tidenstand bleibt nahezu identisch. Auch die jahreszeitlichen Schwankungen werden sehr ähnlich geschätzt, nur das Jahr 2016 beinhaltet jetzt viel mehr Daten und kann daher besser geschätzt werden (mit deutlich höheren mittleren Werten).

Der Sub-Plot zur Variable "Quelle" zeigt, dass beide zu vergleichenden Methoden wieder deutlich und signifikant über den Daten von Onyx liegen (die 95 %-igen Konfidenzintervalle liegen außerhalb des Schätzwertes von Onyx), wobei die Hamen-Werte wieder am höchsten sind. Die Parameter der Regressionsanalysen ergeben, dass die Fischzahlen (pro log(Kubikmeter) und Stunde) im Uniper-Kraftwerk um das 16-fache höher liegen ($p < 0.001$) und bei der Hamenfischerei sogar um das 163-fache höher ($p < 0.001$).

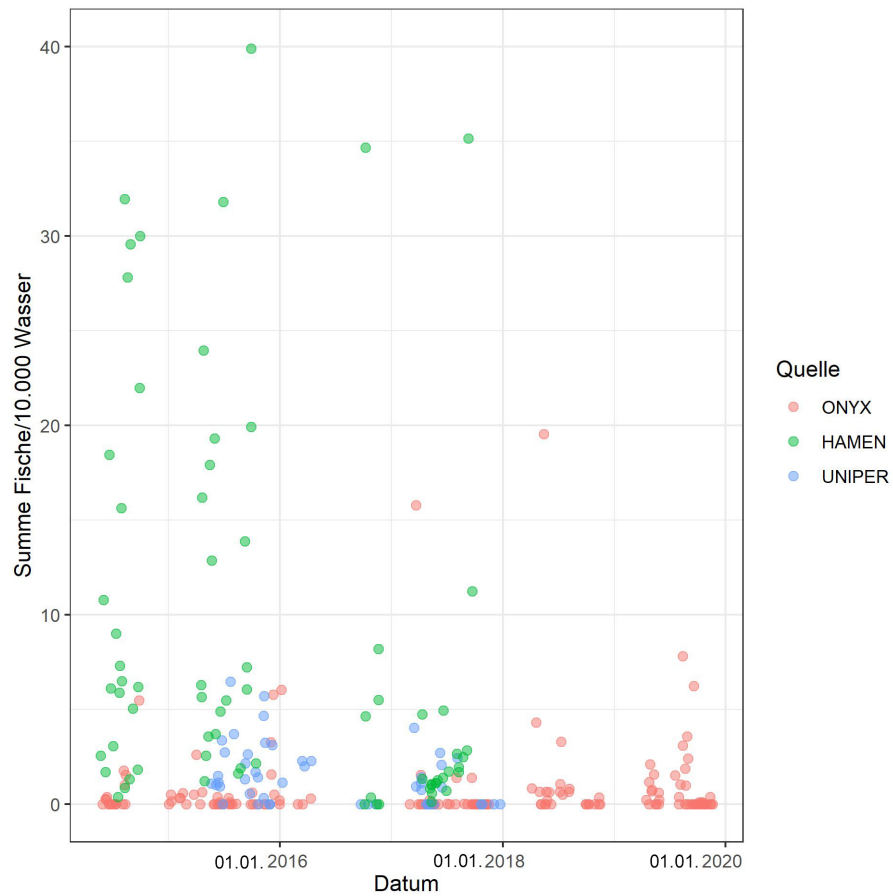


Figure 23: Grafische Darstellung der täglichen Anzahl an Fischim Verhältnis zur Wassermenge direkt aus den Rohdaten geplottet. Die dargestellten Daten enthalten keine Modell-basierten vorhersagen, sondern nur erhobene/experimentelle Daten. Zudem sind sehr hohe Werte zwecks besserer Darstellung abgeschnitten.

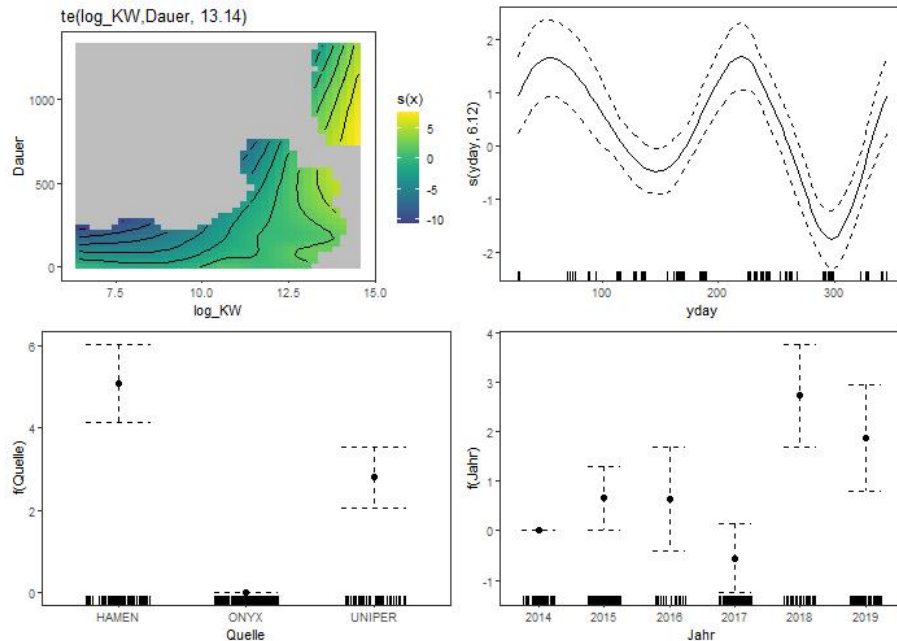


Figure 24: Regressionsplots zum GAM für den Vergleich der mittleren Fischdichten (Sprotte). Da es sich um partielle Effektplots handelt, kann die y-Achse nicht in absoluten Werten interpretiert werden, nur relative Änderungen entlang der x-Achse, die relative Änderung der Fischzahl mit den Werten der jeweiligen Variable (auf der x-Achse aufgetragen) repräsentieren. Gestrichelte Linien geben 95 %-Konfidenzintervalle an. Kurze Striche knapp über der x-Achse zeigen die zugrundeliegende Datendichte an. Die Variable "KW" repräsentiert die Kühlwassermenge (u.U. "log_KW" deren Logarithmus), die Variable "yday" den Jahrestag, "Dauer" die Dauer des Kühlwassereinstroms und "tide" eine reskalierte Variable, die den Tidenstand repräsentiert. Das erste Jahr (2014) sowie die Quelle "Onyx" zeigen keine Konfidenzintervalle, da diese jeweils das Referenzlevel darstellen, zu denen alle anderen Level verglichen werden.

4.5.3 Kleine Seenadel

Ein Plot der Rohdaten (Fischzahlen pro 10.000 Liter Wasser, aufsummiert für jede verfügbare Methode/Quelle-Datums-Kombination - vgl. Abb. 25) liefert keine deutlich erkennbaren Unterschiede in der mittleren Fischdichte zwischen den drei unterschiedlichen Datenquellen.

Die vergleichenden Regressionsanalysen zu Kleine Seenadel (siehe Abb. 26 – partielle Effektplots aus dem entsprechenden GAM) zeigen, dass trotz Hinzunahme der Uniper- und Hamenfischerei-Daten viele der Zusammenhänge (und selektierten Variablen) ähnlich bleiben. Wieder werden der Logarithmus von Kühlwassermenge und Beprobungsdauer ausgewählt, die Jahresphänologie bleibt qualitativ erhalten, genauso wie die Abhängigkeit vom Tidenstand und von den Jahren.

Der Sub-Plot zur Variable "Quelle" zeigt, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Fischdichten der Hamenfischerei und des Onyx-Kraftwerkes gibt, die Uniper-Fischdichten aber signifikant unter denen von Onyx liegen. Die Parameter der Regressionsanalysen ergeben, dass die Fischzahlen (pro $\log(\text{Kubikmeter})$ und $\log(\text{Stunde})$) im Uniper-Kraftwerk um das 0,3-fache niedriger liegen ($p < 0.01$) und bei der Hamenfischerei nicht-signifikant niedriger liegen als im Onyx-Kraftwerk.

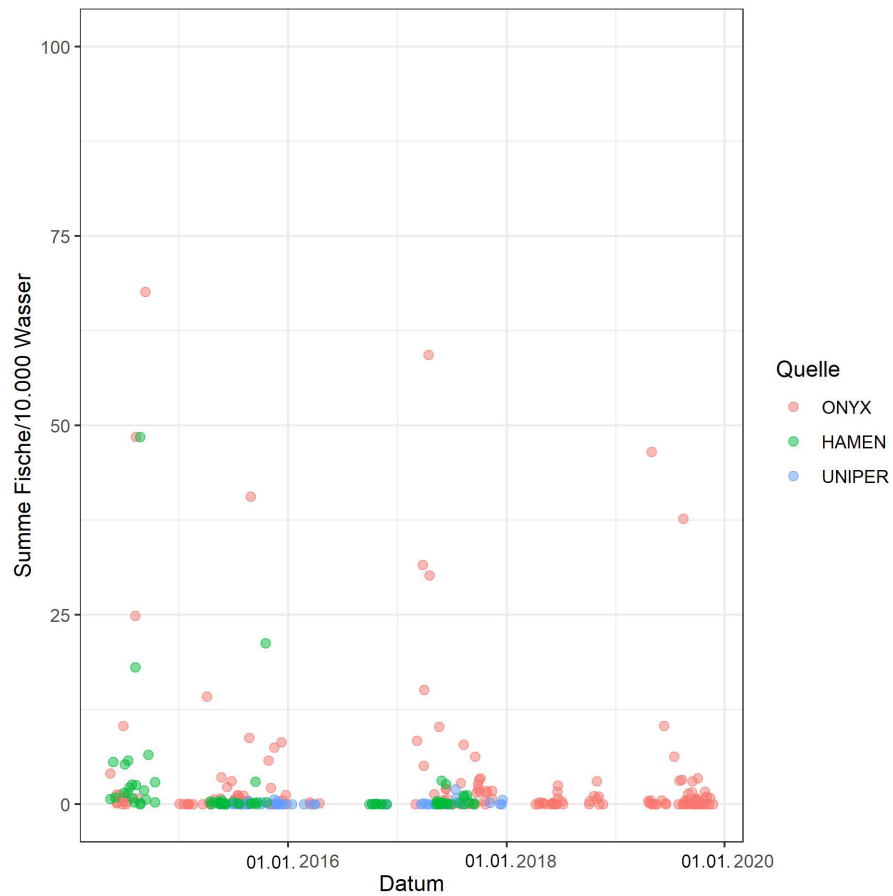
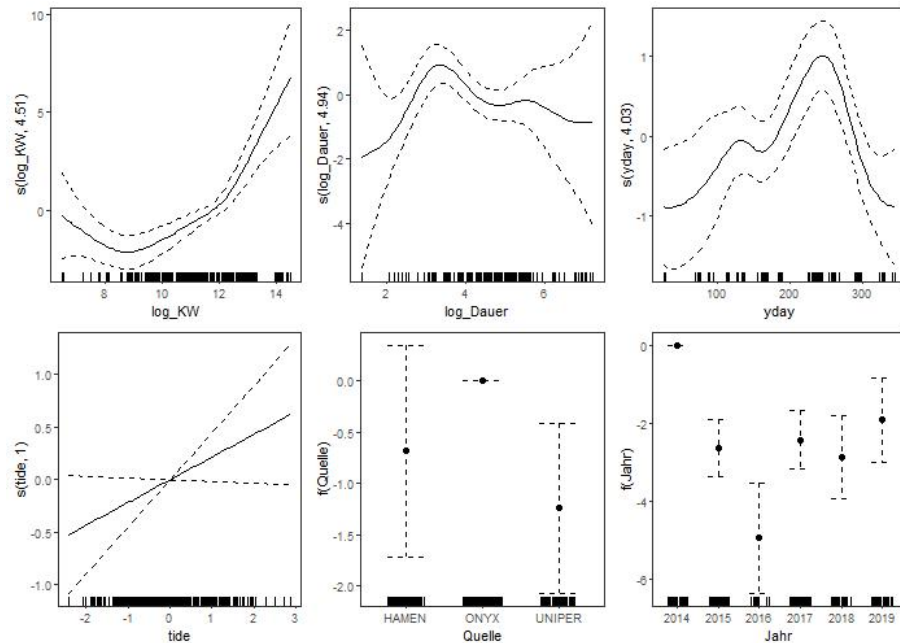


Figure 25: Grafische Darstellung der täglichen Anzahl an Fisch im Verhältnis zur Wassermenge direkt aus den Rohdaten geplottet. Die dargestellten Daten enthalten keine Modell-basierten vorhersagen, sondern nur erhobene/experimentelle Daten. Zudem sind sehr hohe Werte zwecks besserer Darstellung abgeschnitten.



Seenadel.jpeg

Figure 26: Regressionsplots zum GAM für den Vergleich der mittleren Fischdichten (Kleine Seenadel). Da es sich um partielle Effektplots handelt, kann die y-Achse nicht in absoluten Werten interpretiert werden, nur relative Änderungen entlang der x-Achse, die relative Änderung der Fischzahl mit den Werten der jeweiligen Variable (auf der x-Achse aufgetragen) repräsentieren. Gestrichelte Linien geben 95 %-Konfidenzintervalle an. Kurze Striche knapp über der x-Achse zeigen die zugrundeliegende Datendichte an. Die Variable "KW" repräsentiert die Kühlwassermenge (u.U. "log_KW" deren Logarithmus), die Variable "yday" den Jahrestag, "Dauer" die Dauer des Kühlwassereinstroms und "tide" eine reskalierte Variable, die den Tidenstand repräsentiert. Das erste Jahr (2014) sowie die Quelle "Onyx" zeigen keine Konfidenzintervalle, da diese jeweils das Referenzlevel darstellen, zu denen alle anderen Level verglichen werden.

4.5.4 Stint

Ein Plot der Rohdaten (Fischzahlen pro 10.000 Kubikmeter Wasser, aufsummiert für jede verfügbare Methode/Quelle-Datums-Kombination - vgl. Abb. 27) deutet an, dass Hamenfischerei- und Uniper-Daten ähnliche Dichten (jedoch dabei deutlich höher) liefern als die Onyx-Daten.

Die vergleichenden Regressionsanalysen zu Stint (siehe Abb. 28 – partielle Effektplots aus dem entsprechenden GAM) zeigen, dass trotz Hinzunahme der Uniper- und Hamenfischerei-Daten, viele der Zusammenhänge (und selektierten Variablen) ähnlich bleiben. Einzig der Tidenstand wird nun als weitere erklärende Variable selektiert.

Der Sub-Plot zur Variable "Quelle" zeigt, dass die mittleren Dichten in Hamenfischerei- und Uniper-Daten beide deutlich und signifikant höher sind als in den Onyx-Daten. Die Parameter der Regressionsanalysen ergeben, dass die Fischzahlen (pro $\log(\text{Kubikmeter})$ und $\log(\text{Stunde})$) im Uniper-Kraftwerk um das 46-fache höher liegen ($p < 0.001$) und bei der Hamenfischerei um das 13,6-fache höher liegen ($p < 0.001$) als im Onyx-Kraftwerk.

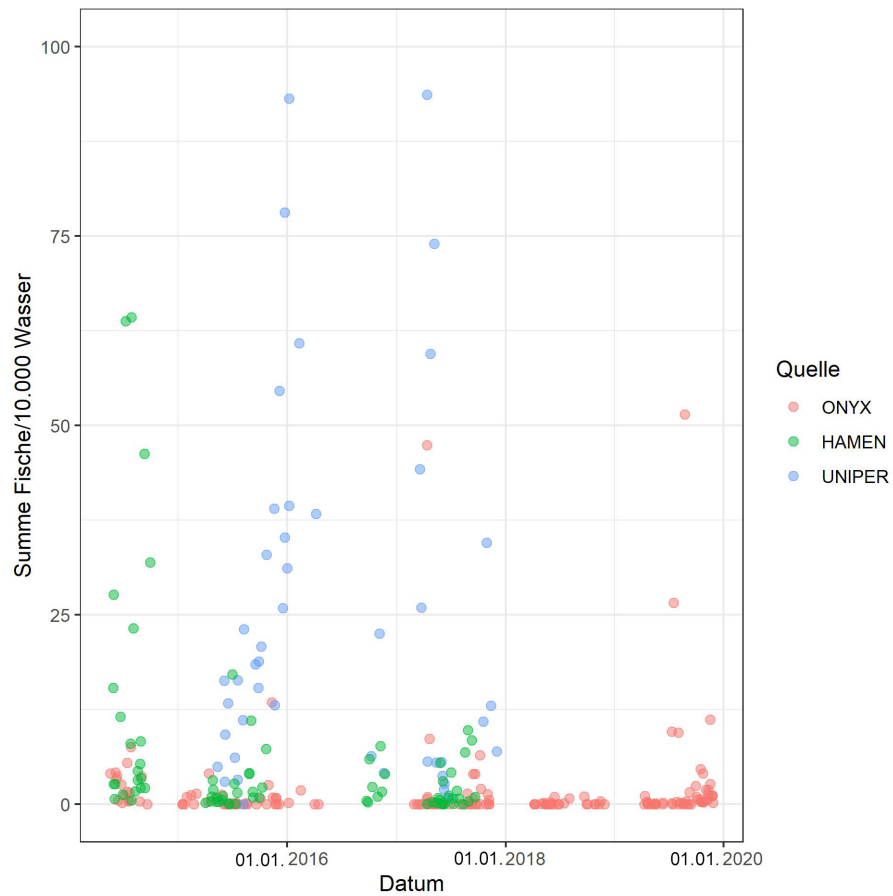


Figure 27: Grafische Darstellung der täglichen Anzahl an Fisch im Verhältnis zur Wassermenge direkt aus den Rohdaten geplottet. Die dargestellten Daten enthalten keine Modell-basierten vorhersagen, sondern nur erhobene/experimentelle Daten. Zudem sind sehr hohe Werte zwecks besserer Darstellung abgeschnitten.

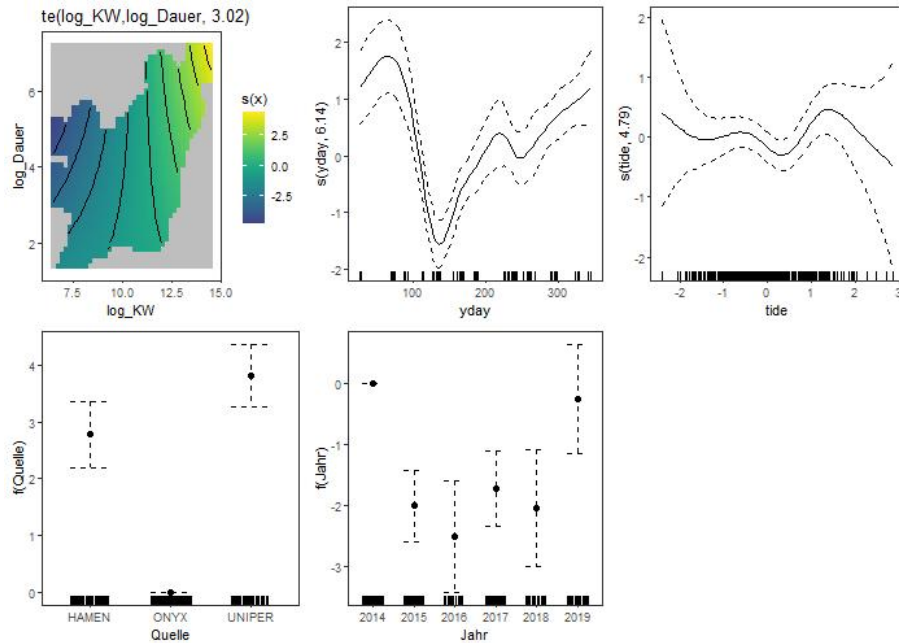


Figure 28: Regressionsplots zum GAM für den Vergleich der mittleren Fischdichten (Stint). Da es sich um partielle Effektplots handelt, kann die y-Achse nicht in absoluten Werten interpretiert werden, nur relative Änderungen entlang der x-Achse, die relative Änderung der Fischzahl mit den Werten der jeweiligen Variable (auf der x-Achse aufgetragen) repräsentieren. Gestrichelte Linien geben 95 %-Konfidenzintervalle an. Kurze Striche knapp über der x-Achse zeigen die zugrundeliegende Datendichte an. Die Variable "KW" repräsentiert die Kühlwassermenge (u.U. "log_KW" deren Logarithmus), die Variable "yday" den Jahrestag, "Dauer" die Dauer des Kühlwassereinstroms und "tide" eine reskalierte Variable, die den Tidenstand repräsentiert. Das erste Jahr (2014) sowie die Quelle "Onyx" zeigen keine Konfidenzintervalle, da diese jeweils das Referenzlevel darstellen, zu denen alle anderen Level verglichen werden.

REFERENCES

- [1] H. Akaike. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. *International Symposium on Information Theory*, Second Edition:267–281, 1973.
- [2] A. Field, J. Miles, and Z. Field. *Discovering statistics using R*. SAGE Publications Ltd, 2012.
- [3] A. Guisan, T.C. Edwards, and T Hastie. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecological Modelling*, 157:89–100, 2002.
- [4] T. Hastie and R.J. Tibshirani. *Generalized Additive Models*. London, UK: Chapman and Hall, 1990.
- [5] C. C. Kokonendji, S. Dossou-Gbete, and C. G.B. Demetrio. Some discrete exponential dispersion models: Poisson-tweedie and hinde-demetrio classes. *SORT*, 2:201–214, 2004.
- [6] C.C. Kokonendji, C.G.B. Demetrio, and S. Dossou-Gbete. Overdispersion and poisson-tweedie exponential dispersion models. *Monographie del Seminario Matematico Garcia de Galdeano*, 31:365–374, 2004.
- [7] F. Korner-Nievergelt, T. Roth, S. von Felten, J. Guelat, B. Almasi, and P. Korner-Nievergelt. *Bayesian Data Analysis in Ecology Using Linear Models with R, BUGS, and Stan*. Elsevier, London, 2015.
- [8] A. Linden and S. Maentyniemi. Using the negative binomial distribution to model overdispersion in ecological count data. *Ecology*, 92(7):1414–1421, Jul 2011.
- [9] Mercker M, Dierschke V, Camphuysen K, Kreutle A, Markones N, Vanermen N, and Garthe S. An indicator for assessing the status of marine-bird habitats affected by multiple human activities: A novel statistical approach. *Ecological Indicators*, 130:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108036>, 2021.
- [10] M. Mercker, N. Markones, J. Schwemmer, K. Borkenhagen, J. Wahl, and S. Garthe. An integrated framework to estimate seabird population numbers and trends. *Journal of Wildlife Management*, page <https://doi.org/10.1002/jwmg.22026>, 2020.
- [11] Moritz Mercker, Philipp Schwemmer, Verena Peschko, Leonie Enners, and Stefan Garthe. Analysis of local habitat selection and large-scale attraction/avoidance based on animal tracking data: is there a single best method? *Movement ecology*, 9:20, April 2021.
- [12] R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.*, ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>, 2016.
- [13] H. Wickham. *Ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, 2009.
- [14] S Wood. *Generalized Additive Models: An Introduction with R*. Chapman & Hall/CRC., 2017.
- [15] A. Zuur, E. Ieno, and G.M. Smith. *Analysing Ecological Data*. Springer Science+Business Media, LLC, 2007.
- [16] A. F. Zuur. *A beginner's guide to generalized additive models with R*. Highland Statistics Ltd., 2012.
- [17] A.F. Zuur, E.N. Ieno, N.J. Walker, A.A. Saveliev, and G.M. Smith. *Mixed Effect Models and Extensions in Ecology with R*. Springer Science+Business Media, LLC, New York, 2009.