

Gefördert durch:



## **FishAI**

**Intelligentes, datenbasiertes Fütterungssystem für landbasierte Aquakulturanlagen auf Basis von KI basierter Bilderkennung und dynamischen, multivariaten Wachstumsmodellen**

August-Wilhelm Scheer Institut für digitale Produkte und Prozesse  
gGmbH

Laura Bies, Sandra Ehlen

031B1252B

<b>Sachbericht zum Verwendungsnachweis zu FishAI - Intelligentes, datenbasiertes Fütterungssystem für landbasierte Aquakulturanlagen auf Basis von KI basierter Bilderkennung und dynamischen, multivariaten Wachstumsmodellen</b>
<b>Laufzeit des Vorhabens: 01.08.2022 – 31.07.2025</b>
<b>Berichtszeitraum: 01.08.2022 – 31.07.2025    Berichtstermin: 14.11.2025</b>
<b>Förderkennzeichen: 031B1252B</b>
<b>Verbundpartner: August-Wilhelm Scheer Institut für digitale Produkte und Prozesse gGmbH</b>

## 1. Kurzbericht (2 Seiten)

Siehe Kurzbericht Dokument.

## 2. Eingehende Darstellung Schlussbericht (20 Seiten)

### Übersicht der Arbeitspakete

Arbeitspaket (AP)	Bezeichnung	Hauptverantwortlicher Partner
AP1	Anforderungsanalyse	August-Wilhelm Scheer Institut gGmbH (AWSi)
AP2	Hardwarevorbereitung	SEAWATER Cubes GmbH (SWC)
AP3	Entwicklung des Datenmodells und der Cloudinfrastruktur	August-Wilhelm Scheer Institut gGmbH (AWSi)
AP4	Datenerhebung	SEAWATER Cubes GmbH (SWC)
AP5	Entwicklung der KI-Modelle und dynamischen Wachstumsmodelle	August-Wilhelm Scheer Institut gGmbH (AWSi)
AP6	Zusammenführung der Komponenten und Entwicklung des Dashboards	August-Wilhelm Scheer Institut gGmbH (AWSi)
AP7	Pilotphase	SEAWATER Cubes GmbH (SWC)
AP8	Projektmanagement und Dissemination	SEAWATER Cubes GmbH (SWC)

## 2.1 Zusammenfassende Beschreibung und Einordnung der erarbeiteten Inhalte

### AP1: Anforderungsanalyse

Im Rahmen des Arbeitspakets 1 wurde eine umfassende Anforderungsanalyse durchgeführt, die als Grundlage für die Entwicklung der KI-basierten Kernkomponenten wie FishSizer und FeedWatch sowie der dynamischen, multivariaten Wachstumsmodelle diente. Diese Analyse beinhaltete die Konzeption des Systemdesigns und der Schnittstellen zur Datenerfassung, -bereitstellung und -aggregation. Zudem wurden die notwendigen Daten definiert und dokumentiert, die für die spätere Umsetzung zentral sind.

Zu den konkreten Aufgaben gehörten die Festlegung projektrelevanter Parameter, die zwischen der Fischzucht und der zentralen Datenbank ausgetauscht werden müssen, die Definition eines einheitlichen Datenstandards für diesen Austausch sowie die Bestimmung der Hardwareanforderungen, insbesondere hinsichtlich Kamerasystemen und Sensoren zur Erfassung neuer, relevanter Daten wie der Fischgröße.

Bereits zu Beginn des Projekts fand ein initialer Kick-Off-Workshop des Konsortiums zur Definition des Projektrahmens statt, gefolgt von einem Anforderungsworkshop, in dem die System- und Entwicklungskomponenten aus Sicht von SWC detailliert wurden. In diesem Zusammenhang hat das AWSi auch Mock-ups zur Visualisierung des späteren Systems erstellt, die als Grundlage für die weitere Entwicklung dienten. Erste Diskussionen zu den notwendigen Schnittstellen rundeten die Anfangsarbeiten ab.

Die in diesem Zusammenhang entstandene Anforderungsanalyse stellte in den Folgejahren eine wesentliche Grundlage für die Fortschritte in den weiteren Arbeitspaketen dar. Sie wurde kontinuierlich weiter vertieft, insbesondere durch neue Anforderungen, die sich im Rahmen der Übertragung des technischen Setups auf eine weitere Pilotanlage von SWC ergaben.

### AP2: Hardwarevorbereitung

Das Arbeitspaket 2 konzentrierte sich auf die hardware- und softwareseitige Erweiterung der bestehenden Anlagentechnik in der Fischzuchtanlage. Ziel es AWSi war es, neue Komponenten wie Kamerasysteme und Sensoren zu installieren und diese technisch so zu integrieren, dass projektspezifische Daten erhoben und weiterverarbeitet werden können. Dafür war insbesondere die Anbindung an die bestehende SPS-Softwarestruktur der Fischzucht von SWC entscheidend, ebenso wie die Einrichtung geeigneter Schnittstellen für die spätere Datenübertragung.



Abbildung 1: Installation der Hardwarekomponenten (Mikrofon- und Kamera Setup)

Konkret beinhalteten die Teilaufgaben die Installation der neuen Hardwarekomponenten in der vorhandenen Infrastruktur, die softwareseitige Einbindung dieser Komponenten in das bestehende Steuerungssystem von SWC sowie die Integration von Schnittstellen zur Datenübertragung, unter anderem mittels MQTT-Protokoll.

Im ersten Projektjahr wurden Vortests mit vorhandener Hardware durchgeführt, um die Anforderungen an die final einzusetzenden Komponenten zu präzisieren. Anschließend wurden geeignete neue Hardwarekomponenten ausgewählt und deren Beschaffung durch das AWSi angestoßen. Zudem wurde durch SWC bereits eine erste Schnittstelle für den Datenaustausch vorbereitet.

Im weiteren Verlauf erfolgte die Beschaffung zusätzlicherameratechnik, eines Edge-Devices sowie eines weiteren Mikrofons inklusive der notwendigen Verkabelung durch das AWSi. Parallel dazu wurde ein erstes Datenaggregationssetup an der Fischzucht gemeinsam aufgebaut.

Im darauffolgenden Jahr wurden die neuen Komponenten an der Pilotanlage installiert und das Datenaggregationssetup weiter durch beide Partner ausgebaut. Durch diese Maßnahmen konnte die technische Infrastruktur erfolgreich erweitert und die Voraussetzungen für eine projektspezifische Datenerfassung geschaffen werden.

## AP3: Entwicklung des Datenmodells und der Cloudinfrastruktur

Basierend auf den in AP1 ermittelten und dem aus AP2 gegebenen Setup resultierenden Anforderungen bezüglich des gesamten Systems stand im Rahmen von Arbeitspaket 3 die Entwicklung eines umfassenden Datenmodells sowie der zugehörigen Cloudinfrastruktur im Fokus. Aufbauend auf den in Arbeitspaket 1 ermittelten Anforderungen und dem durch Arbeitspaket 2 bereitgestellten technischen Setup wurden die Grundlagen für die Struktur und Organisation der Daten im System gelegt. Ziel war es, ein konsistentes, flexibel erweiterbares Datenbankschema zu entwerfen, das alle funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen erfüllt. Parallel dazu wurde eine Cloudinfrastruktur entwickelt, die es erlaubt, sowohl die Datenbank als auch das Gesamtsystem in einer Cloud-Umgebung zu betreiben.

Für die Entwicklung kamen am AWSi bereits vorhandene Frameworks zum Einsatz, die speziell für cloudbasierte Datenverarbeitung und -speicherung ausgelegt sind. Ergänzend dazu wurden standardisierte Schnittstellen definiert und implementiert, um einen konsistenten und performanten Zugriff auf die Datenbank zu gewährleisten. Diese Schnittstellen wurden in enger Zusammenarbeit zwischen AWSi und SWC konzipiert und in das bestehende SPS-System von SWC integriert.

Die Entwicklung des Datenmodells und der zugehörigen Datenbankschemata erfolgte als gemeinsames Vorhaben von AWSi und SWC. Parallel dazu wurde die notwendige Cloudinfrastruktur seitens AWSi implementiert, die sowohl das Hosting der Datenbank als auch des Gesamtsystems erlaubt. In den folgenden Jahren wurde der Aufbau der IT-Infrastruktur weiter konkretisiert. Auf Basis der in Arbeitspaket 1 sowie in mehreren Workshops gesammelten Anforderungen konnten erste Schritte zur Implementierung eines Deployments für Machine-Learning-Services durchgeführt werden. Diese Services sind für die Verarbeitung der in der Datenbank gespeicherten Informationen zuständig und bilden eine wichtige Grundlage für die nachfolgenden Arbeitspakete.

## AP4: Datenerhebung

Im Arbeitspaket 4 stand die Datenerhebung im Mittelpunkt, da diese als Grundlage für die Weiterentwicklung und Verfeinerung bestehender Modelle sowie einzelner Modellabschnitte dient. Die gewonnenen Daten aus der Aquakulturanlage ermöglichen im weiteren Projektverlauf die Entwicklung der Bausteine FishSizer und FeedWatch im nachfolgenden Arbeitspaket. Ziel ist es dabei, Futteraufnahme und Wachstumsdaten systematisch zu erfassen und in die Analyse einzubeziehen.

Im Rahmen der Datenerhebung wurden mehrere Teilaufgaben umgesetzt. Zunächst wurden durch SWC Versuchspläne und -routinen für die Entwicklung und objektive Bewertung der KI-basierten Kernkomponenten erstellt. Darauf aufbauend erfolgten manuelle, qualitative Messungen zur Bewertung der Futteraufnahme sowie quantitative

Messungen zur Ermittlung von Fischgrößen und Futterresten durch beide Partner. Zusätzlich wurden durch SWC kontinuierlich Daten zur Anlagenperformance erhoben und der laufende Betrieb betreut.

Im Jahr 2022 wurden erste Testmessungen im Rahmen von Vor-Ort-Terminen umgesetzt. Dabei kamen akustische Sensoren und bildgebende Verfahren des AWSi zum Einsatz. Zur Verbesserung der Datenqualität wurden durch ergänzende manuelle Messungen von SWC, wie Fischwiegung und Längenbestimmungen, weitere Datensätze erhoben. Zusätzlich wurden durch SWC bauliche Anpassungen an der Anlage vorgenommen, etwa durch Einbauten zur gezielten Vereinzelung von Fischen, um isolierte Bild- und Messdaten einzelner Tiere zu ermöglichen.

Im Jahr 2023 lag der Fokus auf dem technischen Aufbau für die systematische Datenerfassung durch das AWSi. Am Cube in Saarbrücken wurden Kameras zur Bilddatenerzeugung installiert. Mikrofone kamen zur Aufzeichnung akustischer Daten zum Einsatz. Es wurde ein Edge-Device inklusive POE-Switch eingerichtet, das eine direkte Speicherung der erfassten Daten im Netzwerk ermöglicht. Zudem wurde ein Remote-Zugriff auf das Edge-Device eingerichtet und erste Verarbeitungsschritte zur Anwendung in der realen Betriebsumgebung integriert.

Im Jahr 2024 wurde die Datenerfassungsinfrastruktur erweitert. Die bestehende Kombination aus Hard- und Softwarekomponenten zur Datenerfassung wurde dabei von der Versuchsanlage in Saarbrücken in eine wirtschaftlich betriebene Anlage nach Münster überführt. Die Netzwerkarchitektur wurde analog zum Vorjahr aufgebaut, inklusive Edge-Device und Fernzugriff. Die Implementierung der vorbereitenden Verarbeitungsschritte auf dem Gerät wurde weiter optimiert. Parallel dazu erfolgten kontinuierliche Erhebungen von Fischmassen sowie die umfassende Betreuung des Anlagenbetriebs, um eine konsistente und qualitativ hochwertige Datengrundlage zu gewährleisten.

#### AP5: Entwicklung der KI-Modelle und dynamischen Wachstumsmodelle

Im Rahmen von Arbeitspaket 5 wurden die zentralen datengetriebenen Komponenten des Systems durch das AWSi entwickelt. Dazu zählen die KI-basierten Module FeedWatch und FishSizer, welche die Futteraufnahme sowie die Größenverteilung der Fische analysieren, sowie dynamische, multivariate Wachstumsmodelle zur Prognose des Fischwachstums und zur Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Fütterung. Die Entwicklungen basieren auf den im Projekt erhobenen Bild-, Audio- und Metadaten und wurden schrittweise über die Projektjahre hinweg umgesetzt, getestet und in prototypische Anwendungen überführt.

## 5.1 Entwicklung des FishSizer-Moduls

Zur Bestimmung der Größenverteilung des Fischbestands wurde durch das AWSi ein KI-Modell entwickelt, das auf Bilddaten basiert. Grundlage bildete eine umfassende Recherche aktueller Deep-Learning-Ansätze aus dem Bereich der Computer Vision, insbesondere zur Objekterkennung und -vermessung in bewegten Gewässerumgebungen. Basierend auf dieser Analyse wurde ein Modellansatz gewählt und kontinuierlich weiterentwickelt. Die Trainingsdaten wurden durch die in AP2 erfassten Bildaufnahmen generiert und in einem mehrstufigen Prozess manuell annotiert. Anschließend erfolgte ein iteratives Training des Modells, bei dem verschiedene Architekturen hinsichtlich ihrer Erkennungsgenauigkeit, Robustheit und Verarbeitungszeit evaluiert wurden. Die entwickelte Bildverarbeitungs pipeline ermöglicht eine zuverlässige Erfassung der Größenverteilung sowohl in geschlossenen Umgebungen als auch im gesamten Tankbereich. In praktischen Tests erreichte das Modell eine sehr hohe Genauigkeit: Die Abweichung bei der Fischgrößenbestimmung lag bei unter 1 %. Ergänzend wurde ein Verfahren zur Schätzung des Fischgewichts entwickelt. Erste Ergebnisse zeigten hierbei eine Abweichung von bis zu 20 %, wobei eine kontinuierliche Verbesserung durch weitere Daten und Modelloptimierung angestrebt wird.

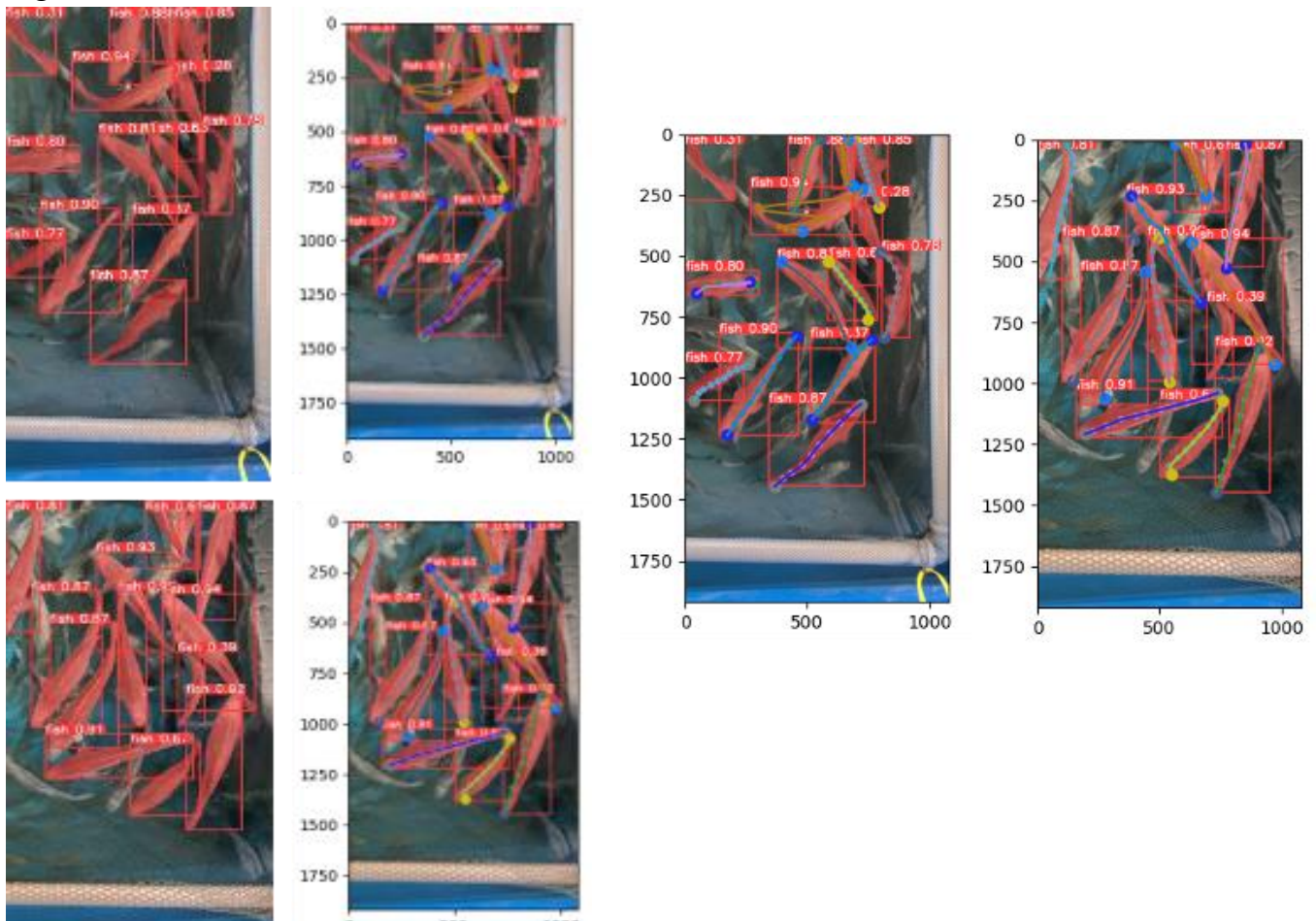


Abbildung 2: Segmentation der Wolfsbarsche

## 5.2 – Entwicklung des FeedWatch-Moduls

Das Ziel von FeedWatch war die Entwicklung eines KI-Systems zur automatisierten Bewertung der Futteraufnahme der Fische. Hierzu wurden sowohl visuelle Daten als auch Audiodaten verarbeitet. Der Entwicklungsprozess seitens AWSi begann mit der Recherche bestehender Deep-Learning-Ansätze im Bereich Bild- und Audioanalyse. Anschließend wurden umfangreiche Datensätze aus geschlossenen Versuchsbedingungen erzeugt, annotiert und für das Modelltraining aufbereitet.

Die entwickelten KI-Modelle verarbeiteten dabei insbesondere Audiosequenzen, um Fütterungsvorgänge zu erkennen und deren Intensität zu bewerten. Dabei kamen u. a. Mel-Spektrogramme als Eingabeform zum Einsatz. Die folgende Abbildung 3 zeigt ein typisches Mel-Spektrogramm eines Fütterungsvorgangs. Die erhöhte Energie in den mittleren und hohen Frequenzbereichen weist auf charakteristische Bewegungen im Wasser durch fressende Fische hin.

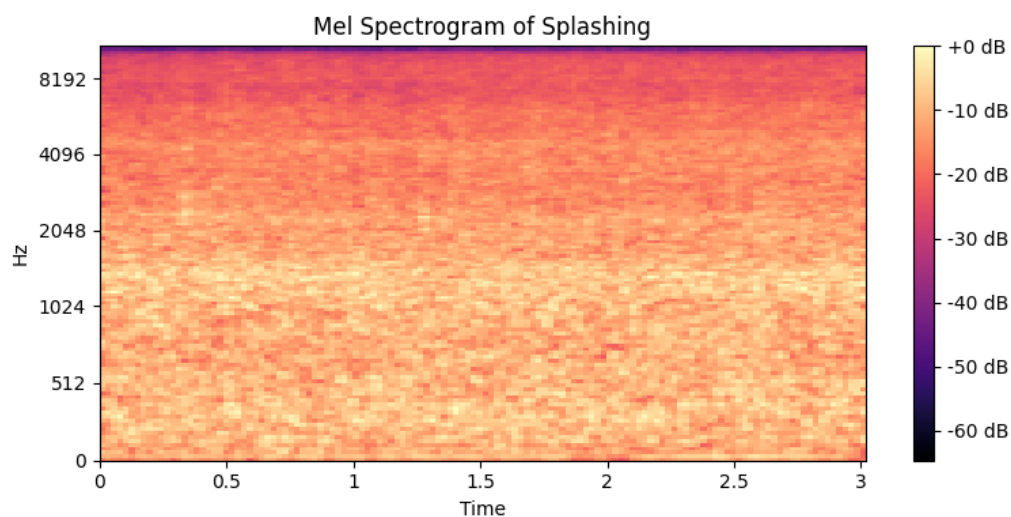
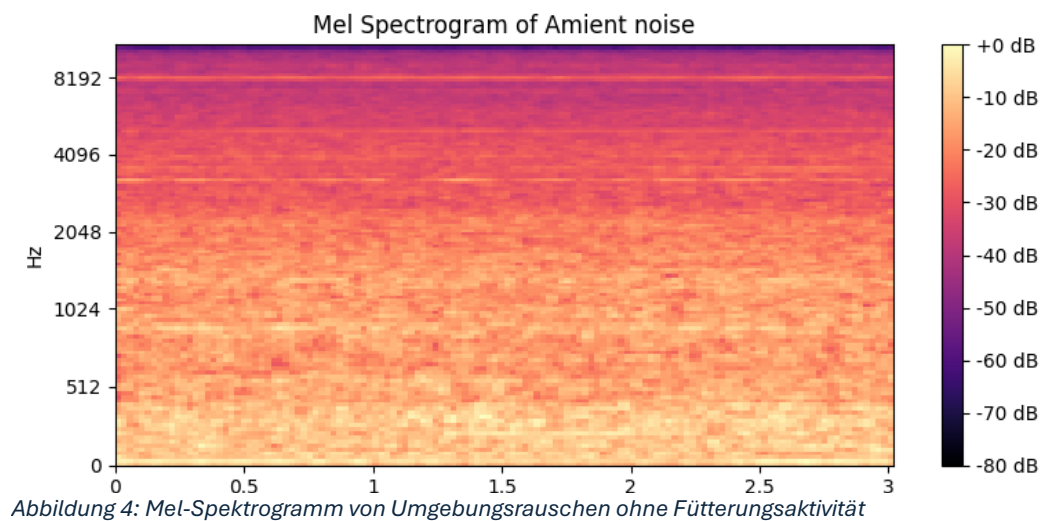


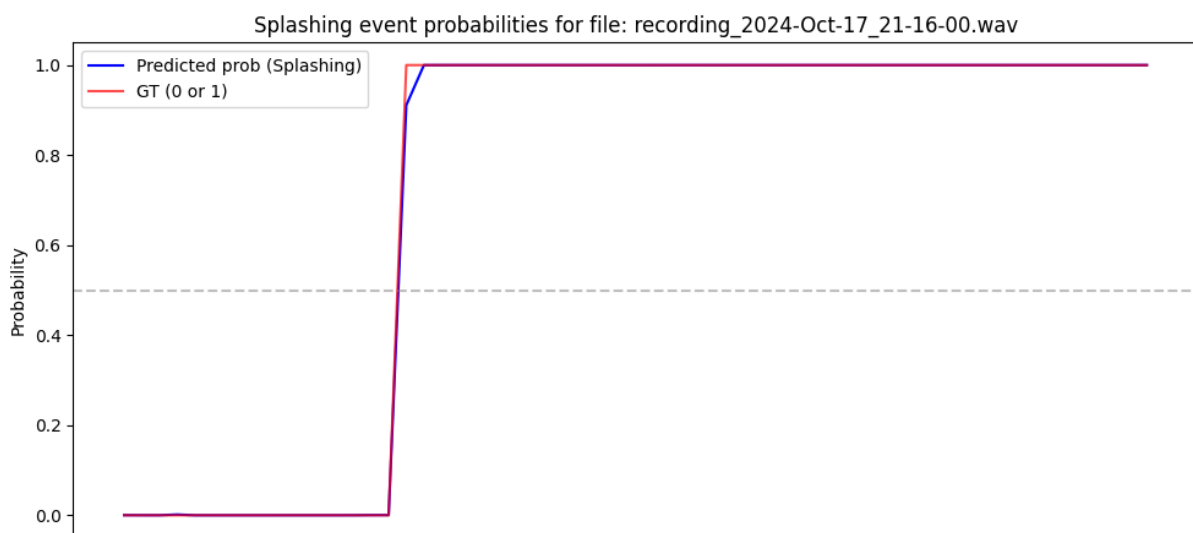
Abbildung 3: Mel-Spektrogramm eines typischen Splashing-Ereignisses während der Fütterung

Zum Vergleich ist in Abbildung 4 ein Mel-Spektrogramm von Umgebungsgeräuschen ohne Fütterung dargestellt. Dieses zeigt eine gleichmäßige, niedrigere Energieverteilung über alle Frequenzen, was auf die Abwesenheit signifikanter akustischer Ereignisse schließen lässt.



Im Laufe der Entwicklung wurden spezifische Vorverarbeitungsschritte für die verschiedenen Datenmodalitäten implementiert, um die Modellgüte zu erhöhen und Umgebungsrauschen zu minimieren. Die Audioverarbeitung ermöglichte es, Fütterungsvorgänge auf Basis charakteristischer Geräuschmuster zuverlässig zu klassifizieren.

Abbildung 5 illustriert den zeitlichen Verlauf der Vorhersagewahrscheinlichkeit für einen Fütterungsvorgang durch das trainierte Modell. Der abrupte Anstieg der Wahrscheinlichkeit fällt zeitlich exakt mit dem tatsächlichen Fütterungsvorgang (Ground Truth) zusammen, was die hohe Detektionsgenauigkeit des Systems belegt.



Diese Funktion wurde erfolgreich an eine reale Pilotanlage von SWC in Münster adaptiert. Die Modellpipeline wurde in einer modularen Architektur implementiert, die einen flexiblen Einsatz im Betrieb erlaubt.

### 5.3 – Entwicklung dynamischer Wachstumsmodelle

Aufbauend auf den Ergebnissen der Module des FishSizer und FeedWatch des AWSi wurden multivariate Wachstumsmodelle von SWC entwickelt, die zusätzliche Einflussgrößen wie Umgebungsparameter (z. B. Wassertemperatur, pH-Wert), Besatzinformationen (z. B. Fischart, Fischanzahl) sowie Qualitätsmerkmale berücksichtigen. Zunächst wurden relevante Modelle aus der wissenschaftlichen Literatur recherchiert und hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf die Zielumgebung bewertet. Ausgewählte Modellansätze wurden daraufhin adaptiert und für die Art Wolfsbarsch konkretisiert. Die Modelle wurden kontinuierlich anhand der im Projektverlauf erhobenen Daten validiert und optimiert.

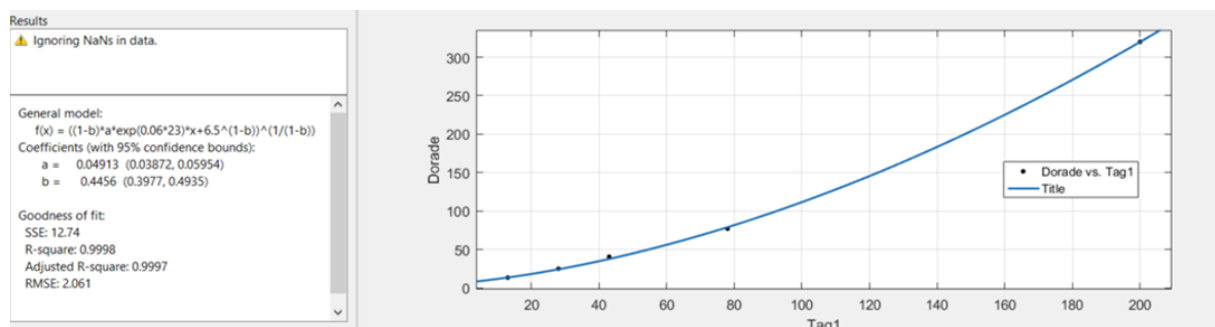


Abbildung 6 Parameteranpassung mit Matlab und Messwerten aus der Produktionsanlage in Münster.

Ziel war es, die Modelle nicht nur zur retrospektiven Analyse, sondern vor allem zur Entscheidungsunterstützung in der Fütterungsstrategie zu nutzen. Nach eingehender Recherche und Auswertung der Messergebnisse wurde das gut parametrierbare Modell von Lupatsch und Kissil ausgewählt und mittels Curve-Fitting an die im Cube erzielten Wachstumswerte angepasst. Entsprechend wurden konkrete Handlungsempfehlungen zur Futterdosierung abgeleitet, basierend auf der erwarteten Wachstumsdynamik und Fischqualität. Zur Integration der entwickelten Modelle in eine produktive Umgebung wurde eine umfassende Ausführungs-Pipeline aufgebaut. Diese ermöglicht die automatische Verarbeitung der Bild- und Audiodaten, die Generierung von Vorhersagen zur Größen- und Gewichtsverteilung sowie die Berechnung von Wachstumsprognosen.

#### AP6: Zusammenführung der Komponenten und Entwicklung des Dashboards

Im Arbeitspaket 6 wurde eine ganzheitliche Cloudlösung entwickelt, die sämtliche zuvor entwickelten Systemkomponenten integriert. Ziel war es, die in den Arbeitspaketen 3 und 4 erstellten Datenbanken sowie die KI-Modelle FishSizer und FeedWatch in ein übergreifendes System zu überführen. Diese Komponenten wurden als Cloud-Services aufbereitet und über ein gemeinsames Dashboard nutzbar gemacht. Die Benutzeroberfläche dient der Visualisierung und Analyse von Fischgrößenverteilungen, Futteraufnahmen und Wachstumsprognosen, wobei die Ergebnisse von AWSi in

Beziehung zu Prozess- und Besatzdaten von SWC gesetzt werden. Dabei wurden die in Arbeitspaket 1 definierten Anforderungen an Usability und Nutzerführung berücksichtigt. Als technische Grundlage wurde ein bestehendes Framework des AWSi verwendet, das die Umsetzung spezifischer Anwendungsfälle auf webbasierten Oberflächen ermöglicht.

In den frühen Phasen des Projektzeitraums lag der Fokus zunächst auf konzeptionellen Vorarbeiten. Während im Jahr 2022 noch keine wesentlichen Fortschritte im Hinblick auf die Umsetzung erzielt wurden, begann 2023 die strukturierte Planung des Gesamtsystems durch beide Partner. Auf Grundlage von Mock-ups wurden erste Entwürfe zur Systemarchitektur entwickelt und die notwendigen Entwicklungsschritte definiert.

Ab 2024 wurde die technische Umsetzung durch das Entwicklungsteam des AWSi aufgenommen. Die Systemarchitektur wurde schrittweise implementiert, wobei die Integration der einzelnen Komponenten in die Cloudumgebung vorangetrieben wurde. Parallel dazu erfolgte die Entwicklung der Benutzeroberfläche, die eine benutzerfreundliche und übersichtliche Bedienung der einzelnen Funktionen ermöglicht. Dabei wurde auf eine enge Verzahnung von Datenmanagement, Modellintegration und Visualisierung geachtet, um eine konsistente Nutzererfahrung sicherzustellen.



Abbildung 7: FishAI Dashboard Startseite

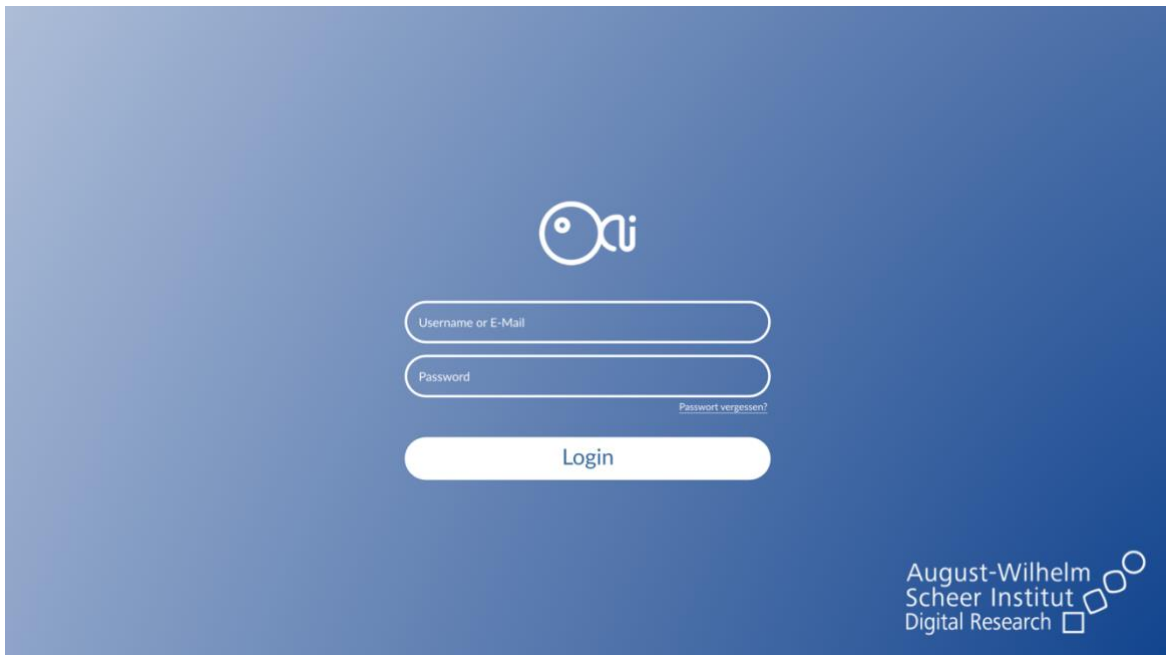


Abbildung 8: FishAI Dashboard Login

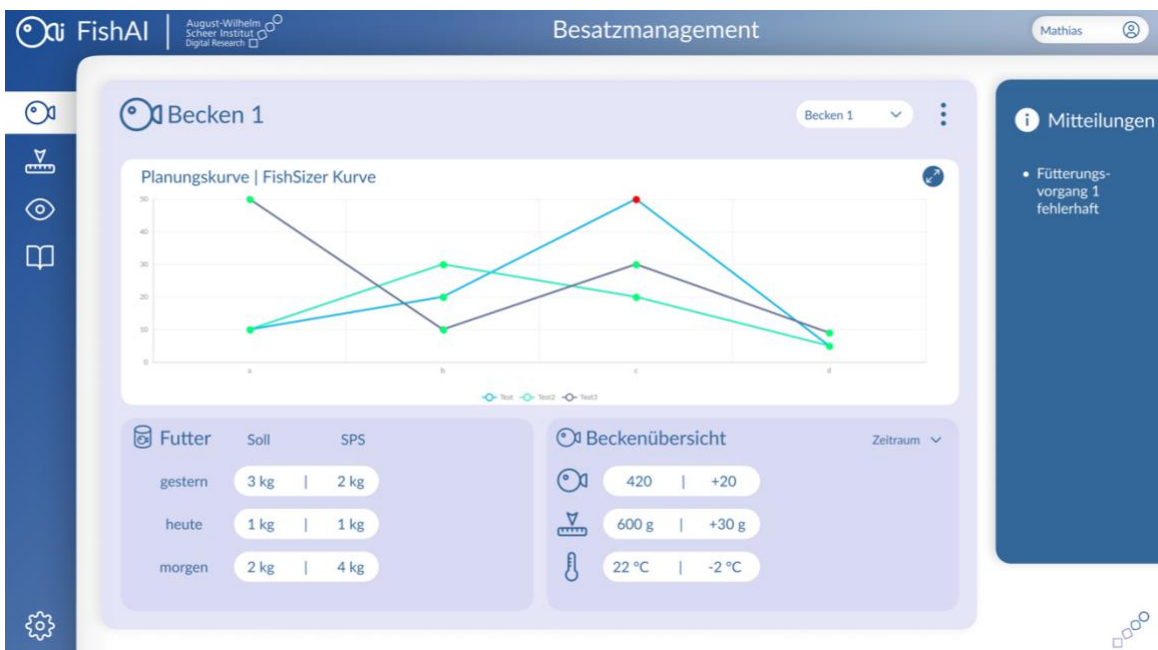


Abbildung 9: FishAI Dashboard Besatzmanagement

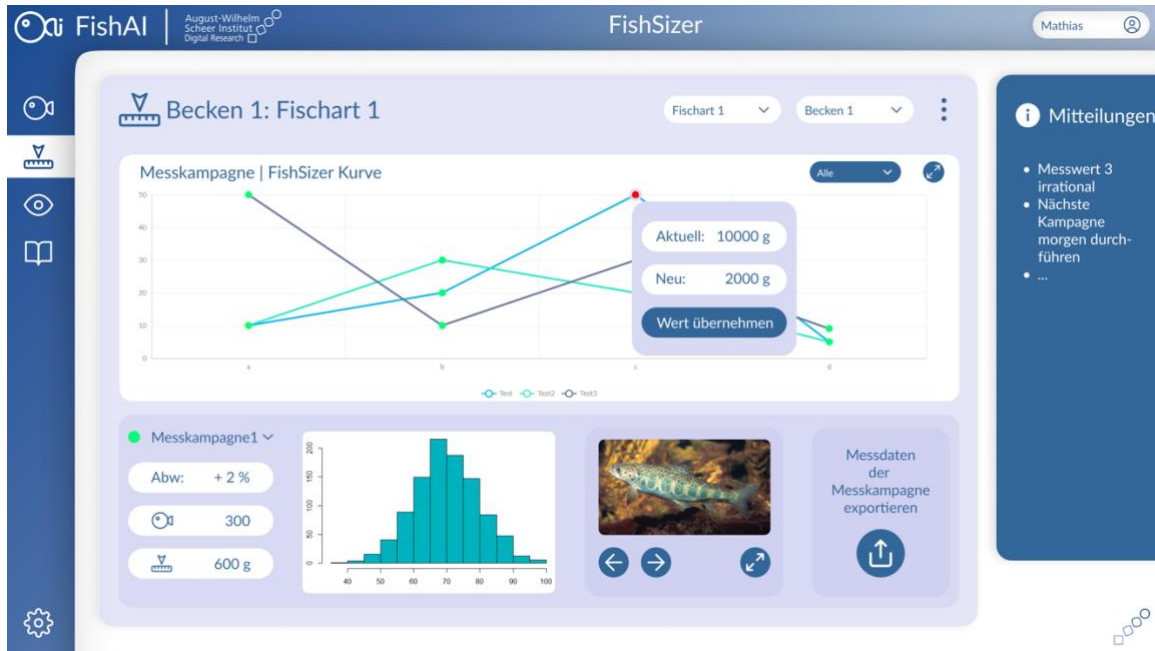


Abbildung 11: FishAI Dashboard FishSizer

**FishAI** August-Wilhelm Scheer Institut Digital Research **Logbuch** Mathias

Logbuch

Datum	Uhrzeit	Beschreibung	Aktion
02.03.2023	10:00	Fütterungsvorgang fehlerhaft	🗑️
02.03.2023	14:30	Messkampagne erfolgreich	🗑️
03.03.2023	12:42	Abfischung erfolgreich	🗑️
03.03.2023	21:13	Fütterungsvorgang fehlerhaft	🗑️
04.03.2023	08:50	Irrationaler Wert in der Messkampagne 1 festgestellt	🗑️
06.03.2023	20:33	Beispiel	🗑️
06.03.2023	23:11	Beispiel	🗑️

Abbildung 10: FishAI Dashboard Logbuch

## AP7: Pilotphase

Im Rahmen des Arbeitspakets 7 wurden die in AP6 entwickelten Cloud Services unter realen Bedingungen hinsichtlich Funktionalität, Benutzerfreundlichkeit und Performance getestet und evaluiert. Ziel war es, durch eine gestufte Erprobung im praktischen Einsatz Optimierungspotenziale zu identifizieren und das System auf einen stabilen und marktfähigen Zustand hin weiterzuentwickeln. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden dokumentiert und flossen iterativ in die Weiterentwicklung ein.

Zu Beginn des Projektzeitraums waren noch keine Umsetzungsaktivitäten im Rahmen der Pilotphase erfolgt. Im Jahr 2023 wurden vorbereitend erste Anwendungsaspekte aus vorangegangenen Arbeitspaketen hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf ein reales Nutzungsszenario evaluiert. Zudem wurde die Planung für eine Systemerprobung im Echtbetrieb konkretisiert. Im Jahr 2024 konnte das System schließlich auf ein Live-System eines Kunden der SEAWATER Cubes in Münster übertragen werden. Dort fand eine schrittweise Inbetriebnahme und Realverprobung unter Praxisbedingungen durch beide Partner statt. Die in diesem Rahmen gesammelten Daten lieferten wertvolle Hinweise zur Systemstabilität, Performance sowie zur Nutzerinteraktion und wurden systematisch ausgewertet. Die Ergebnisse dienten als Grundlage für gezielte Anpassungen an der Benutzeroberfläche und der Systemarchitektur.

## AP8: Projektmanagement und Dissemination

Das Arbeitspaket 8 umfasste die übergreifende Koordination, Planung und Steuerung aller projektbezogenen Aktivitäten sowie die Dokumentation der Fortschritte und Ergebnisse. Zusätzlich beinhaltete es die Entwicklung von Strategien zur wirtschaftlichen, technischen und wissenschaftlichen Verwertung der Projektergebnisse. Ein zentraler Bestandteil war darüber hinaus die Verbreitung der Projektergebnisse über verschiedene Kanäle, wofür ein Dissemination-Plan erstellt und umgesetzt wurde. Während des gesamten Projektverlaufs wurden regelmäßige Abstimmungen zur Planung, Fortschrittsüberwachung und Aufgabenverteilung zwischen den Projektpartnern durchgeführt. Die Berichterstattung gegenüber den Fördermittelgebern sowie die interne Dokumentation der Arbeitsergebnisse erfolgten fortlaufend und strukturiert.

Bereits ab 2022 wurden Maßnahmen zur Verbreitung der Projektergebnisse umgesetzt. Dazu gehörten wissenschaftliche Veröffentlichungen, Konferenzbeiträge sowie die Präsenz des Projekts auf digitalen Plattformen. Es wurde eine Projektseite auf der Website des AWSi eingerichtet (Link), die zentrale Inhalte und Fortschritte darstellt. Über soziale Medien wurden regelmäßig Beiträge zur Projektentwicklung veröffentlicht und so eine breitere Zielgruppe außerhalb der wissenschaftlichen Community erreicht (Link, Link, Link). So konnte SWC die Technologie innerhalb unternehmenseigener Fachveranstaltungen in 2024 mehrfach präsentieren (30.01. – 31.01.24; 20.03. – 21.03.24; 14.05. – 15.05.24; 11.09. – 12.09.24; 11.11. – 12.11.24).

Zudem konnte bereits eine erste Pilotlizenz für zwei neu zu errichtende Anlagen von SWC vergeben werden, womit ein wichtiger Schritt in die wirtschaftliche Verwertung eingeleitet wurde.

### Erfolgte und geplante Veröffentlichungen der Ergebnisse nach Nr. 5 der NKBF

Die Ergebnisse des Projekts FishAI wurden während der Projektlaufzeit in geeigneter Form veröffentlicht und der wissenschaftlichen Fachöffentlichkeit zugänglich gemacht. Der Schwerpunkt lag auf begutachteten wissenschaftlichen Publikationen und Konferenzbeiträgen, die die entwickelten Methoden, Modelle und Erkenntnisse transparent darstellen.

Tabelle 1: Erfolgte Veröffentlichungen der Ergebnisse nach Nr.5 der NKBF

Jahr	Aktivität
2022	Die ersten zwei Publikationen wurden bei anerkannten Fachzeitschriften und Konferenzen eingereicht.
2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>• „A Study on Artificial Intelligence Techniques for Automatic Fish-Size Estimation“ wurde bei der <b>Computing Conference 2023</b> eingereicht, akzeptiert und im Juni 2023 in London präsentiert. <u>Veröffentlichung</u></li> <li>• „A Study on Automatic Detection, Length and Mass Estimation of Fishes in Aqua Farming Environment“ wurde auf der <b>International Conference on Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition</b> präsentiert. <u>Veröffentlichung</u></li> <li>• „Acoustic Signal Processing in Aquaculture“ wurde auf der <b>International Conference on Signal, Image Technology &amp; Internet based Systems</b> präsentiert, Veröffentlichung erfolgte 2024. <u>Veröffentlichung</u></li> <li>• „Automatic Detection and Spline-Based Pixel-Length Estimation of Fishes from Images“ wurde auf der <b>Future of Information and Communication Conference (FICC) 2024</b> präsentiert. <u>Veröffentlichung</u>.</li> </ul>
2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• „Fish Feeding Behavior Quantification and Automatic Acoustic Event Detection: Algorithmic Optimization with Deep Learning“ wurde auf der <b>INTER-NOISE24</b> präsentiert. <u>Veröffentlichung</u></li> </ul>
2025	<ul style="list-style-type: none"> <li>• „A Study On The Robustness Of Object Detectors In Aqua-Farming“ wurde auf der <b>International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods (ICPRAM)</b> präsentiert. <u>Veröffentlichung</u></li> </ul>

## **2.2. Sind inzwischen von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?**

Es sind keine FE-Ergebnisse von dritter Seite bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens FishAI relevant sind.

## **2.3 Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten**

Die im Projekt FishAI durchgeführten Arbeiten waren über die gesamte Laufzeit hinweg notwendig und in Umfang sowie Ausgestaltung angemessen, um die im Antrag definierten Projektziele zu erreichen. Die umfassende Anforderungsanalyse in AP1 bildete eine zwingende Grundlage für alle weiteren Entwicklungsarbeiten und stellte sicher, dass sowohl technische als auch betriebliche Anforderungen realitätsnah berücksichtigt wurden. Die in AP2 und AP4 umgesetzten Arbeiten zur Hardwarevorbereitung und Datenerhebung waren erforderlich, um belastbare Bild, Audio und Metadaten unter realen Betriebsbedingungen zu gewinnen. Die schrittweise Erweiterung der Datenerfassungsinfrastruktur und die Übertragung auf eine wirtschaftlich betriebene Anlage waren notwendig, um die Praxistauglichkeit der entwickelten Verfahren zu validieren.

Die in AP3 entwickelten Datenmodelle und Cloudstrukturen waren Voraussetzung für eine skalierbare, robuste Verarbeitung der erhobenen Daten. Darauf aufbauend waren die umfangreichen Entwicklungsarbeiten in AP5 zur Erstellung und Optimierung der KI Modelle sowie der dynamischen Wachstumsmodelle erforderlich, um die angestrebte Genauigkeit, Robustheit und Anwendungsreife zu erreichen. Der iterative Ansatz mit wiederholter Datenerhebung, Annotation, Modelltraining und Evaluation entsprach dem Stand der Technik und der Komplexität des Anwendungsfeldes. Die Zusammenführung der Komponenten in AP6 sowie die Realverprobung im Rahmen der Pilotphase in AP7 waren notwendig, um das Gesamtsystem unter Praxisbedingungen zu testen, Optimierungspotenziale zu identifizieren und die Grundlage für eine wirtschaftliche Verwertung zu schaffen. Die begleitenden Aktivitäten in Projektmanagement und Dissemination in AP8 waren angemessen, um eine strukturierte Umsetzung, transparente Berichterstattung und eine frühzeitige Verwertungsperspektive sicherzustellen.

Insgesamt standen die durchgeführten Arbeiten in einem angemessenen Verhältnis zu den wissenschaftlich technischen Herausforderungen des Vorhabens und führten ohne wesentliche Abweichungen von Zeit und Kostenplanung zu den im Projekt erzielten Ergebnissen.

## **2.4 Fortschreibung des Verwertungsplans**

### **2.4.a Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte, die vom ZE oder von am Vorhaben Beteiligten gemacht oder in Anspruch genommen wurden, sowie deren standortbezogene Verwertung (Lizenzen u. a.) und erkennbare weitere Verwertungsmöglichkeiten**

Im Rahmen des abgeschlossenen Projekts FishAI wurden keine Erfindungen gemacht und keine Schutzrechte angemeldet oder erteilt. Die im Projekt entwickelten Methoden, KI -Modelle und Softwarekomponenten wurden projektintern genutzt und in enger Zusammenarbeit zwischen dem AWSI und SWC weiterentwickelt. Die Ergebnisse bilden jedoch eine tragfähige Grundlage für eine spätere Prüfung von Schutzrechtsoptionen im Kontext weiterführender Forschungs und Entwicklungsprojekte sowie im Zuge einer möglichen Produktisierung einzelner Systemkomponenten.

### **2.4.b Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont) - z. B. auch funktionale / wirtschaftliche Vorteile gegenüber Konkurrenzlösungen, Nutzen für verschiedene Anwendergruppen/-Industrien am Standort Deutschland, Umsetzungs- und Transferstrategien (Angaben, soweit die Art des Vorhabens dies zulässt).**

Nach Abschluss des Projekts werden die wirtschaftlichen Erfolgsaussichten der Projektergebnisse als gut eingeschätzt. FishAI hat ein KI-gestütztes, datenbasiertes Fütterungssystem für landbasierte RAS-Aquakulturanlagen hervorgebracht, das funktionale Vorteile gegenüber bestehenden Lösungen bietet. Insbesondere die Kombination aus bildbasierter Größenbestimmung, akustischer Erkennung von Fütterungsvorgängen und dynamischen Wachstumsmodellen ermöglicht eine verbesserte Automatisierung, höhere Planbarkeit sowie eine effizientere Nutzung von Ressourcen. Durch die enge Kooperation mit der SEAWATER Cubes GmbH konnten bereits während der Projektlaufzeit konkrete Schritte in Richtung wirtschaftlicher Verwertung eingeleitet werden. Erste Gespräche mit potenziellen Anwendern bestätigten das Interesse an der entwickelten Lösung. Zudem wurde eine Pilotlizenz für den Einsatz der Technologie in zwei neu zu errichtenden Anlagen vergeben. Die Ergebnisse des Projekts bilden damit eine belastbare Grundlage für eine weiterführende wirtschaftliche Nutzung über das Projektende hinaus.

### **2.4.c Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont) - u. a. wie die geplanten Ergebnisse in anderer Weise (z. B. für öffentliche Aufgaben, Datenbanken, Netzwerke, Transferstellen etc.) genutzt werden können.**

Die wissenschaftlichen und technischen Erfolgsaussichten der Projektergebnisse sind auch nach Projektabschluss gegeben. Dies zeigt sich unter anderem in den sechs während der Laufzeit veröffentlichten, begutachteten wissenschaftlichen Publikationen des AWSI. Die entwickelten Methoden zur Bild und Audioanalyse sowie die

gewonnenen Erkenntnisse wurden über die Projektlaufzeit hinaus in bestehende wissenschaftliche Netzwerke eingebracht. Die Ergebnisse wurden bereits in weiterführende Forschungsaktivitäten überführt und dienen als Referenz und Ausgangspunkt für nachfolgende Vorhaben.

#### **2.4.d Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der FE-Ergebnisse.**

Bereits während der Laufzeit wurden gezielt Perspektiven für eine Weiterentwicklung identifiziert und vorbereitet. Ein zentrales Ergebnis ist der akustische Ansatz zur Erkennung und Bewertung von Fütterungsvorgängen, der sich im Projekt als besonders robust und praxistauglich erwiesen hat. Diese Erkenntnisse wurden nach Projektabschluss unmittelbar in das Folgeprojekt AkuMonit überführt, das ab März 2025 gezielt an die Ergebnisse von FishAI anknüpft. Die enge Branchennähe, die erfolgreiche Pilotierung im Realbetrieb sowie das positive Feedback aus Fachveranstaltungen und Pitches bestätigten die Relevanz der entwickelten Lösungen. Damit wurden bereits während des Projekts die Voraussetzungen für eine nachhaltige Weiterführung und erfolgreiche Umsetzung der FE-Ergebnisse geschaffen

### **3. Erfolgskontrollbericht**

Siehe Erfolgskontrollbericht Dokument.

### **4. Zahlenmäßiger Nachweis**

Die Personalkosten stellten erwartungsgemäß den größten Aufwand im Projekt dar (462.105,57 €).

Signifikante Positionen der Kategorie Reisekosten (7.945,87 €) waren Teilnahmen an Konferenzen wie die SITIS Konferenz in Bangkok im November 2023, die FICC Konferenz in Berlin im April 2024 sowie die ICAART & ICPRAM Konferenzen in Porto im Februar 2025.

Die Kategorie Afa (4.641,12 €) umfasst die Anschaffung eines Hydrophons inklusive Zubehör sowie Kameras inklusive Zubehör.

Die Kostenkategorie sonstige Kosten (4.412,42 €) besteht fast ausschließlich aus Lizenzgebühren für Microsoft Azure Standard (ca. 1.150€/Jahr).

Der detaillierte zahlenmäßige Nachweis ist im Dokument Verwendungsnachweis zu finden.