



Abschlussbericht

im Rahmen der Projektgruppe: Guardians of the River

Lehrende: Prof. Dr.-Ing. Oliver Theel
Prof. Dr. Andreas Winter
M.Sc. Marvin Banse
M.Sc. Florian Schmalriede

Vorgelegt von: (Namen der Studierenden aus Datenschutzgründen zur Veröffentlichung entfernt)

Abgabetermin: 17.04.2025

1 Einleitung

Dieser Bericht der Projektgruppe *Guardians of the River* beschreibt das methodische Vorgehen, die erzielten Ergebnisse sowie die wissenschaftliche Auswertung des Projekts. Ziel dieser Dokumentation ist es, die Entwicklung des Projekts, die angewandten Methoden sowie die erarbeiteten Lösungen und deren Umsetzung systematisch darzustellen.

Ein Bestandteil der praktischen Projektumsetzung war die Überführung der konzeptionellen und technischen Planungen in reale Anwendungen. Im Kapitel Umgesetzte Entwicklungen und Ausbringung werden die konkreten Weiterentwicklungen auf Software- und Hardwareebene sowie deren erfolgreiche Implementierung im Feld dokumentiert. Dabei steht insbesondere die Ausbringung der GBoxen und AdHoc-Boxen an ausgewählten Standorten entlang der Hunte im Fokus, um eine ortsflexible und belastbare Umweltüberwachung zu ermöglichen.

Abschließend zieht das Kapitel Fazit eine Bilanz über den Projektverlauf. Es werden zentrale Erkenntnisse, technische Herausforderungen sowie daraus abgeleitete Verbesserungspotenziale reflektiert. Außerdem werden Empfehlungen für zukünftige Projekte formuliert, um die gewonnenen Erfahrungen nutzbar zu machen.

2 Vision

Die Hunte ist ein rund 190 Kilometer langer Fluss in Nordwestdeutschland, der unter anderem die Stadt Oldenburg durchquert und eine zentrale Rolle für das regionale Ökosystem sowie die Wasserwirtschaft spielt (vgl. [Dei]). Ihre Wasserqualität ist maßgeblich für den Natur- und Landschaftsschutz sowie die Lebensqualität in der Region.

Die kontinuierliche Überwachung umweltrelevanter Parameter wie Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und Nitratkonzentration ist entscheidend, um Veränderungen frühzeitig zu erkennen und gezielt darauf reagieren zu können. Solche Messungen liefern nicht nur Informationen für die Gewässerbewirtschaftung, sondern tragen auch zur Erfüllung internationaler Nachhaltigkeitsziele bei, etwa jenen der Agenda 2030, die die Stadt Oldenburg seit 2016 verfolgt (vgl. [Sta]).

Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei der Früherkennung von Umweltgefahren wie Fischsterben und Überschwemmungen. Kritische Veränderungen, etwa in Folge starker Niederschläge oder Nährstoffeinträge, können das ökologische Gleichgewicht empfindlich stören (vgl. [NDR23, Dir24, Sta24]). Eine kontinuierliche und ortsnahe Messung ist daher essenziell, um Behörden und BürgerInnen in die Lage zu versetzen, rechtzeitig Maßnahmen zu ergreifen.

Derzeit erfolgt die Erfassung zentraler Umweltparameter im Raum Oldenburg nur punktuell und in unzureichender Frequenz. Gerade in Nebenarmen der Hunte – wo Fischsterben besonders häufig auftreten – fehlen verlässliche Messdaten. Ähnlich unzureichend ist die Abdeckung bei der Pegelüberwachung, die für das Hochwassermanagement sowie die Zustandsbewertung von Deichen von hoher Relevanz ist (vgl. [Wel24]).

Das Projekt zielt darauf ab, diese Lücken zu schließen und eine technische Grundlage für ein flächendeckendes, kostengünstiges und partizipatives Umweltmonitoring zu schaffen. Hierfür wurde ein modulares System zur kontinuierlichen Datenerhebung entwickelt, das sowohl stationäre als auch flexibel ausbringbare Sensorboxen umfasst. Diese erfassen autonome Messwerte zu den jeweils relevanten Parametern und übertragen diese an eine zentrale Plattform, wo sie ausgewertet, visualisiert und – bei Überschreitungen definierter Grenzwerte – als Benachrichtigungen weitergeleitet werden.

Neben dauerhaft installierten Sensoren sollen auch sogenannte AdHoc-Boxen zur Anwendung kommen. Diese können gezielt bei akuten Ereignissen wie Starkregen oder Verdachtsfällen von Umweltbelastung eingesetzt werden. Die Kombination aus dauerhafter Messinfrastruktur und mobiler Datenerhebung erlaubt eine effektive Überwachung unterschiedlich gefährdeter Bereiche entlang der Hunte. Zugleich schafft das System die Möglichkeit für BürgerInnen, selbst Messungen durchzuführen oder auf lokale Ereignisse zu reagieren.

Das Projekt greift dabei auf das an der Universität Oldenburg etablierte Umweltinformationssystem Guerilla Sensing zurück, das als technologische Basis dient und im Rahmen dieses Vorhabens weiterentwickelt wurde. Die Offenheit des Systems ermöglicht es, neue Umweltparameter zu integrieren und die Sensorinfrastruktur bedarfsgerecht zu skalieren.

3 Entwicklungen und Ausbringung

Im Rahmen des Projekts wurden aufbauend auf den bestehenden Strukturen des Guerilla Sensing Systems vielfältige technische Weiterentwicklungen vorgenommen. Diese umfassten sowohl software- als auch hardwareseitige Anpassungen mit dem Ziel, die kontinuierliche und ortsflexible Erfassung umweltrelevanter Parameter zu verbessern und den spezifischen Anforderungen im Untersuchungsgebiet entlang der Hunte gerecht zu werden.

3.1 Software

Die im Projekt eingesetzten Softwarekomponenten wurden in zentralen Bereichen überarbeitet und funktional erweitert.

Ein wesentliches Ziel bestand darin, die Systemkomplexität zu reduzieren und gleichzeitig die Konfigurierbarkeit und Wartbarkeit der Anwendung zu verbessern. So wurde unter anderem die Zahl der verwendeten Docker-Container reduziert, um eine vereinfachte Verwaltung und höhere Stabilität zu gewährleisten. Darüber hinaus wurde ein webbasiertes Tool zur Übertragung von Firmware-Dateien auf Microcontroller entwickelt, welches die Inbetriebnahme neuer Sensorboxen wesentlich beschleunigt.

Das bestehende Konzept für virtuelle Sensoren wurde um Sensoren erweitert, welche Daten aus externen Quellen abrufen, welche nun für Auswertung und Validierung der eigenen Messwerte verwendet werden können. Hierfür können beispielsweise vom NLWKN bereitgestellte Pegel-Messwerte integriert und mit eigenen Werten verglichen werden.

Die Integration des Systems in das bestehende LoRaWAN-Kommunikationsnetz ermöglichte zudem eine energieeffiziente und zuverlässige Datenübertragung über große Distanzen.

Auch im Bereich der Benutzeroberfläche wurden Fortschritte erzielt, insbesondere durch die Verbesserung der Datenvisualisierung und die Internationalisierung des Frontends.

3.2 Hardware

Parallel zur Softwareentwicklung wurde auch die zugrunde liegende Hardwarestruktur umfassend weiterentwickelt.

Das neue Platinendesign ermöglichte den Anschluss zusätzlicher Sensoren und verbesserte die Energieversorgung. Neue Halterungssysteme wurden konstruiert und mittels 3D-Druck gefertigt, um die Sensorboxen an unterschiedlichen Einsatzorten stabil und sicher montieren zu können.

Im Zuge dieser Maßnahmen wurden unterschiedliche Sensortypen – darunter Ultraschall-, Druck- und Temperatursensoren – erfolgreich integriert und kalibriert. Einige bereits bestehende Sensortypen wurden verbessert.

Darüber hinaus wurde die Energieversorgung der Sensorboxen optimiert. Durch den Einsatz von Solarmodulen und Akkus wurde eine autarke Betriebsweise über längere Zeiträume hinweg ermöglicht, wodurch sich die Wartungsintervalle der GBoxen deutlich reduzieren ließen.

3.3 Ausbringung und Betrieb

Die entwickelten Sensorboxen wurden im Verlauf des Projekts an mehreren ausgewählten Standorten entlang der Hunte ausgebracht. Die Standortwahl erfolgte in enger Abstimmung mit dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) sowie der Stadt Oldenburg. Maßgeblich für die Auswahl waren ökologische Relevanz, technische Realisierbarkeit sowie bestehende Datenlücken im hydrologischen Messnetz. Zu den installierten Standorten zählen insbesondere Gewässerabschnitte mit erhöhter Anfälligkeit für Sauerstoffmangel und Fischsterben, Seitenarme ohne bisherige Messtechnik sowie infrastrukturell sensible Zonen wie Deichbereiche.

Darüber hinaus wurden AdHoc-Boxen konzipiert und erfolgreich im Feld getestet. Diese mobilen Einheiten ermöglichen eine schnelle und flexible Erhebung von Umweltdaten bei kurzfristig auftretenden Ereignissen wie Starkregen, Einleitungen oder vermuteten Gewässerverschmutzungen. Durch ihre kompakte Bauweise und modulare Ausstattung lassen sich diese Boxen gezielt einsetzen, ohne dass eine dauerhafte Installation notwendig ist.

Mit den beschriebenen Maßnahmen konnte die Systemarchitektur des Guerilla Sensing weiterentwickelt und erfolgreich auf neue Einsatzszenarien übertragen werden. Die in diesem Kapitel dargestellten praktischen Umsetzungen stellen somit einen zentralen Bestandteil des Projektfortschritts dar und dienen als Basis für weiterführende Anwendungen im Bereich der dezentralen Umweltüberwachung.

4 Evaluation

In diesem Kapitel werden die gewonnenen Messwerte evaluiert. Zudem werden die erzielten Ergebnisse mit der ursprünglichen Vision verglichen.

4.1 Analyse der Messwerte

Für die Analyse der erhobenen Messwerte wurde eine Datenauswertung mit Python durchgeführt. Als Messdaten lagen sowohl gemessene Sauerstoffwerte, gemessene Pegelstände als auch von Pegelonline importierte Pegelstände zugrunde.

Vor der Analyse wurden verschiedene Forschungsfragen formuliert:

1. Wie genau sind unsere Pegelsensoren?
2. Wird der Sauerstoffgehalt durch die Gezeiten beeinflusst?

3. Bringt das Wasserkraftwerk mehr Sauerstoff ins Wasser?
4. Kann man aus den Daten erkennen, wann das Wasserkraftwerk eingeschaltet ist?

Der Abschnitt wird aufgeteilt in die Untersuchung der Temperatur-, Pegel- und Sauerstoffwerte sowie die Durchführung einer Korrelationsanalyse.

4.1.1 Pegelwerte

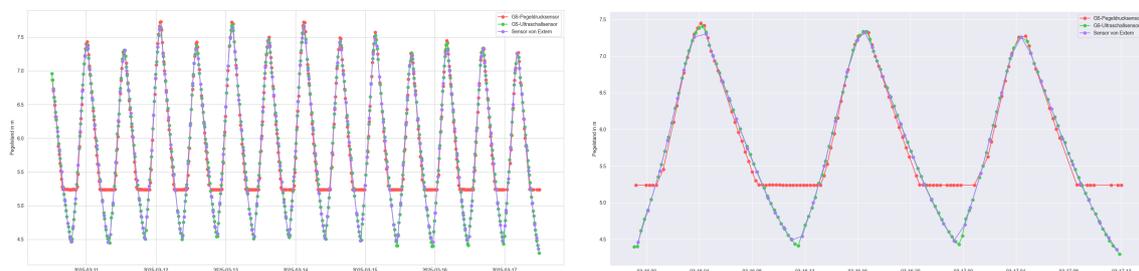
An der Behelfsbrücke an der ehemaligen Cäcilienbrücke wurden zwei Messstationen ausgebracht, welche mit den beiden verschiedenen Pegelmesssensoren (Druck- und Ultraschallsensor) ausgestattet sind. Die GBox GB7PT misst per Ultraschallsensor die Distanz zur Wasseroberfläche und die GBox GB7PB misst den Wasserstand mit einem Drucksensor.

Als Referenzwert wird die Pegelonline-Messstation Drilake am Oldenburger Hafen verwendet. An dieser Messstation werden ähnliche Pegelstände erwartet, da sie sich im gleichen Flussabschnitt befindet und nicht weit (ca. 200 Meter) von der Behelfsbrücke entfernt ist.

Die Distanz zur Wasseroberfläche muss zunächst in einen Pegelstand umgerechnet werden, um die Sensoren untereinander zu vergleichen. Zudem befinden sich die Pegelnullwerte der Sensoren auf verschiedenen Höhen.

Um die Pegelstände der drei Messstationen miteinander vergleichen zu können, wurde ein Zeitpunkt ausgewählt und alle Pegelstände auf den Wert der Pegelonline-Messstation umgerechnet. Alle Pegelwerte des Drucksensors wurden um 5,23904m auf den Referenzpegel des Pegelonline Sensors angehoben. Die Werte des Ultraschallsensors wurden durch 1000 geteilt, um von Millimetern auf Meter-Angaben zu gelangen, und um 9,343m angehoben.

In Abbildung 1 sind die angepassten Pegelwerte der drei Messstationen dargestellt. Links ist der Verlauf über eine Woche zu sehen, rechts ein Ausschnitt von 1,5 Tagen.



(a) Verlauf über eine Woche

(b) Ausschnitt über 1,5 Tage

Abbildung 1: Vergleich der Pegelmessungen über Zeit

Alle Sensoren bilden den Verlauf der Gezeiten zuverlässig ab. Auffällig ist, dass der Drucksensor nur ab einem bestimmten Wasserstand misst. Dies liegt daran, dass er vier Meter unterhalb der Ufermauer montiert ist und somit bei niedrigem Wasserstand keine Daten liefert. Im rechten Diagramm werden zudem kleinere Unterschiede zwischen den Messstationen sichtbar.

Besonders bei niedrigeren Werten gibt es eine Differenz zwischen den Werten des Drucksensors und denen der anderen Sensoren. Zudem können die Messstationen der Projektgruppe die Extremwerte präziser abbilden, was sich auf die höhere Messfrequenz zurückführen lässt.

Insgesamt weichen die Messwerte der ausgewählten Sensoren nur geringfügig von denen der Pegelonline-Messstation ab. Über den Messzeitraum von einer Woche betrug die durchschnittliche Abweichung zur Pegelonline-Messstation 3,9 cm (Drucksensor) beziehungsweise 1,7 cm (Ultraschallsensor). Die Standardabweichung betrug dabei 8 cm (Drucksensor) beziehungsweise 5,3 cm (Ultraschallsensor).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Sensorstationen der Projektgruppe den Wasserstand zuverlässig erfassen. Trotz kleiner Abweichungen zeigen die Messdaten eine hohe Übereinstimmung mit denen der Pegelonline-Messstation. Damit bestätigen die Ergebnisse die Eignung der eingesetzten Sensoren für präzise Wasserstandmessungen im untersuchten Zeitraum.

4.1.2 Temperaturwerte

Um die Messwerte besser einschätzen zu können und um die Frage zu beantworten, wie die Gewässertemperatur und die Lufttemperatur im Verhältnis stehen, wurden auch die Temperaturwerte untersucht. In Abbildung 2 sind beide Temperaturverläufe abgebildet.

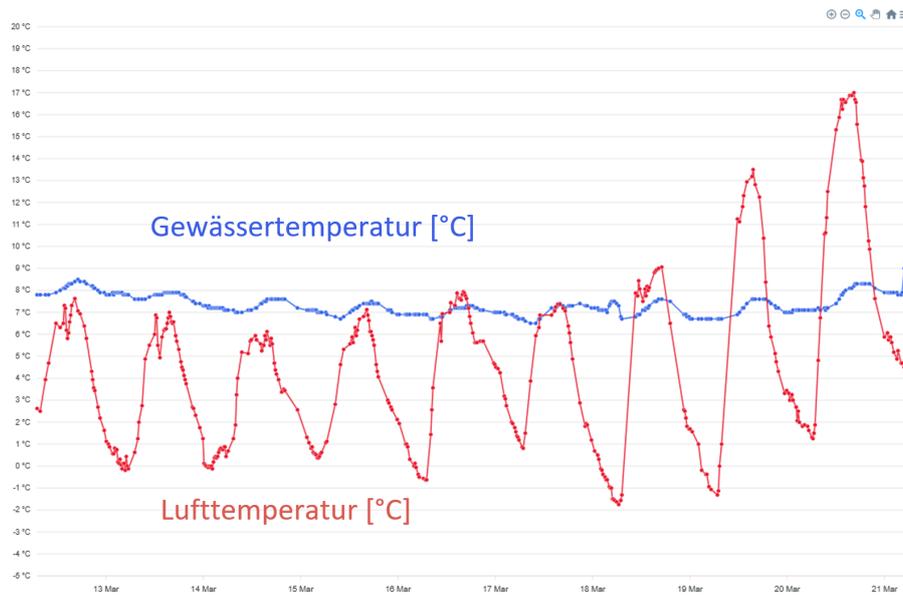


Abbildung 2: Verlauf der Temperaturwerte

Aus der Abbildung kann die Theorie bestätigt werden, dass die Gewässertemperatur mit der Lufttemperatur steigt. Die Wassertemperatur ist dabei konstanter und hat keine starken Ausreißer nach oben oder unten. Zudem geschieht bei einem Anstieg der Lufttemperatur der Anstieg der Gewässertemperatur zeitversetzt. Das lässt sich dadurch erklären, dass das Wasser länger braucht, um sich zu erwärmen. Mit einer Fourieranalyse konnte eine Phasenverschiebung von drei Stunden festgestellt werden.

4.1.3 Sauerstoffwerte

Der Sauerstoffgehalt des Wassers ist ein entscheidender Parameter für die Beurteilung der Wasserqualität, da er direkten Einfluss auf das Leben im Fluss hat. In diesem Abschnitt werden die gemessenen Sauerstoffwerte analysiert und miteinander sowie mit Messwerten anderer Umweltparameter verglichen.

Als Datenbasis der Untersuchung dienen die von der Projektgruppe ausgestellten GBoxen am Sportfischereiverein an der oberen Hunte und am Steg des Wassersportvereins an der unteren Hunte. Zwischen den beiden Standorten liegt in direkter Nähe das Wasserkraftwerk, welches von der EWE betrieben wird.

Anders als bei den Pegelwerten liegen zum Vergleich keine Sauerstoffwerte anderer Quellen vor. Zwar wurde zur Kalibrierung der Sauerstoffsensoren zur Bestimmung der Werte ein Sauerstoffschnelltest benutzt, jedoch fehlen längere Messreihen für einen aussagekräftigen Vergleich. Somit ist nur eine Analyse der eigenen Sauerstoffwerte und die Untersuchung auf Korrelationen mit anderen Umweltparametern möglich.

In Abbildung 3 sind Sauerstoffwerte der beiden Messstationen über drei Wochen dargestellt.

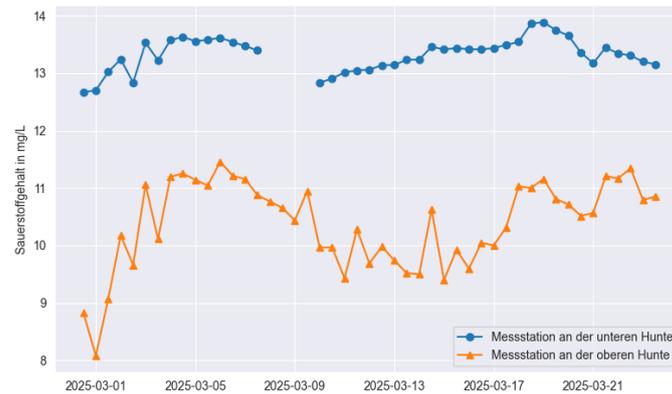


Abbildung 3: Vergleich der Sauerstoffwerte über Zeit

Die Messstation an der unteren Hunte hat konstant höhere Werte. An beiden Standorten sind jedoch, vermutlich aufgrund der Jahreszeit und den damit einhergehenden Temperaturen, keine kritischen Werte aufzutreffen. In Abbildung 4 ist der Verlauf der Lufttemperatur und Sauerstoffmenge dargestellt.

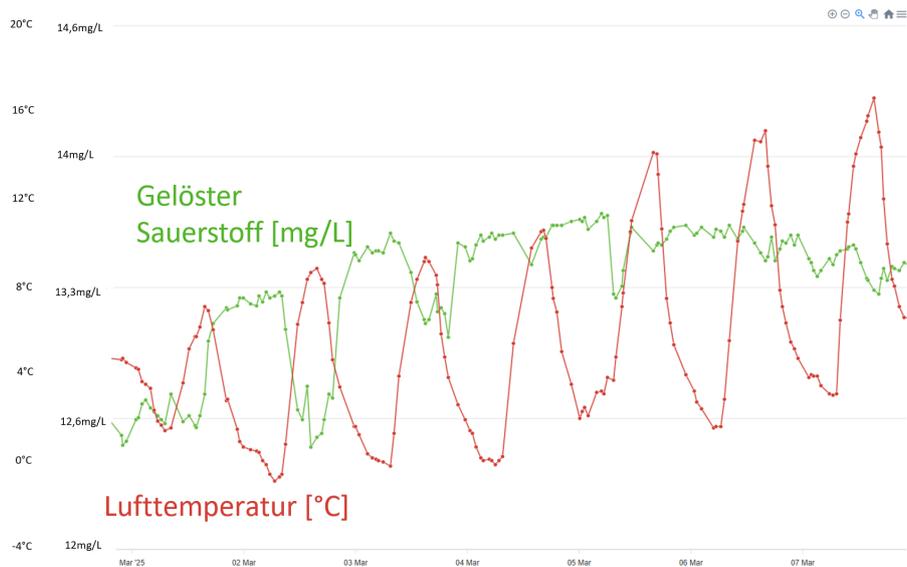


Abbildung 4: Verhältnis zwischen Lufttemperatur und Sauerstoff

Von den externen Projektpartnern haben wir erfahren, dass das Fischsterben, und somit das Sinken der Sauerstoffwerte immer mit dem Steigen der Temperaturen einhergehen. Die These deckt sich mit den von uns erhobenen Daten, wie in der Abbildung 4 erkenntlich ist. Wenn die Lufttemperatur steigt, sinken meistens die Sauerstoffwerte. Die Werte bleiben dabei aber immer in einem hohen Bereich und erreichen im betrachteten Zeitraum nie kritische Werte.

Ob der Grund für die sinkenden Sauerstoffwerte alleine bei der Lufttemperatur und nicht bei anderen korrelierenden Umweltparametern, wie zum Beispiel der Sonneneinstrahlung, liegt, kann nicht abschließend beantwortet werden.

Um den Einfluss des Pegelstands auf den Sauerstoffwert zu überprüfen, wurden die beiden Messgrößen am Beispiel der Messstation an der unteren Hunte in Abbildung 5 dargestellt. In den ersten Tagen lassen die Werte eine leichte Korrelation zwischen den Sauerstoffwerten und Pegelständen vermuten.

Eine mögliche Erklärung ist, dass die Flut neues Wasser den Fluss hinauf drückt und somit ein Wasseraustausch stattfindet. Eine andere Erklärung ist, dass durch Ebbe und Flut Bewegung ins Wasser kommt und es somit besser Sauerstoff aufgenommen werden kann. Jedoch ist der Zusammenhang in der zweiten Hälfte des Messzeitraums nicht mehr erkennbar.

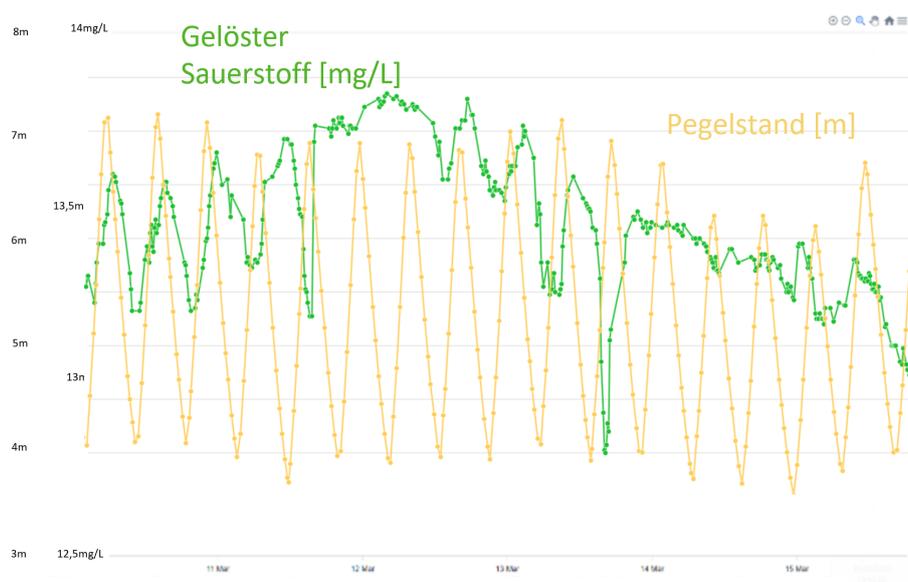


Abbildung 5: Verhältnis zwischen dem Pegelstand und Sauerstoff

4.1.4 Korrelationsmatrix

In Abbildung 6 ist die Korrelationsmatrix zwischen den Sauerstoff-, Pegel- und Temperaturwerten dargestellt. Die Korrelationsmatrix wurde mit Daten erstellt, die über drei Wochen erhoben wurden. Dabei wurden für jeden Umweltparameter (Sauerstoffwerte, Luft- und Wassertemperatur sowie Pegelstände) ca. 500 Messwerte erhoben und verwendet.

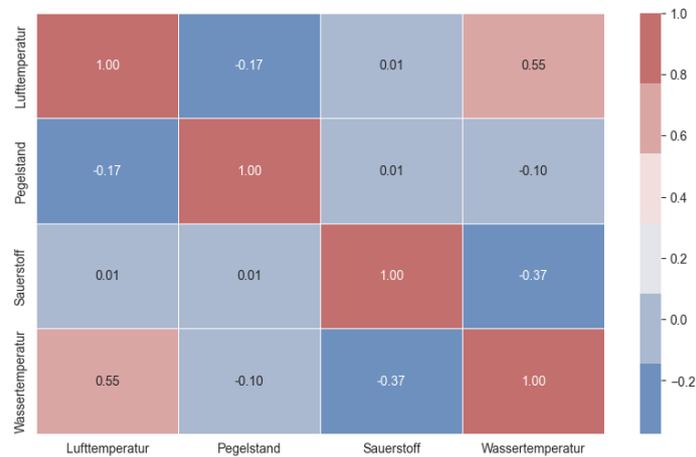


Abbildung 6: Korrelationsmatrix der stündlichen Durchschnittswerte

Viele Annahmen, welche anhand der Graphen aufgestellt wurden, können durch die Korrelationsmatrix bestätigt werden. Als Beispiel kann die Beziehung zwischen Luft- und Wassertemperatur verwendet werden, welche einen vergleichsweise hohen Korrelationsfaktor von 0,55 besitzt. Zudem konnten leichte Korrelationen zwischen der Lufttemperatur und dem Pegelstand sowie zwischen Sauerstoffwerten und der Wassertemperatur nachgewiesen werden, welche aus den Graphen nicht ersichtlich waren.

Andere Korrelationen, welche vermeintlich in den Graphen zu sehen waren, konnten nicht bestätigt werden. Dies kann auf eine zu kleine Datenmenge für ein aussagekräftiges Ergebnis hinweisen.

4.2 Überprüfung der Anforderungen

Mit der Vison wurden Bewertungskriterien definiert und verabschiedet. Dazu zählt, dass die vom System erfassten Daten präzise sein müssen. Dieses Kriterium wurde durch den Vergleich zwischen den gesammelten Daten und extern zur Verfügung gestellten Daten, wie vom NLWKN, sichergestellt. Der Vergleich ist in Abschnitt 4.1 zu sehen.

Das Kriterium der Benachrichtigung wurde ebenfalls erfüllt, da beim Erreichen eines benutzerdefinierten Schwellwerts eine Mail-Benachrichtigung an diesen versandt wird.

Zudem soll das System auf externe Daten, wie Wetterdaten, zugreifen können und anzeigen. Dies wurde durch die Integration von PegelOnline und OpenMeteo realisiert.

Die Anforderung, dass GBoxen leicht wartbar sein müssen, wurde bei der Entwicklung dieser berücksichtigt und floss in die Auswahl von Gehäuse und Sensorik mit ein. Die Wartbarkeit der Boxen ist somit gegeben und kann anhand der Wartungsanleitung überprüft werden.

Die Funktionalität und Beständigkeit der AdHoc-Boxen wurde in mehreren Feldversuchen erprobt.

Die Erweiterbarkeit des Systems wurde bei der (Weiter-)Entwicklung sämtlicher Komponenten stets beachtet und überprüft.

Abschließend ist der Punkt des kostengünstigen Nachbau relevant. Dieser wurde durch die Verwendung nicht-zertifizierter Sensoren gewährleistet, welche dennoch nachweisbar eine hohe Messgenauigkeit aufweisen (vgl. Abbildung 1).

5 Fazit

In diesem Kapitel wird das Projekt resümiert. Zunächst wird in einem Rückblick betrachtet, welche Erfolge die Projektgruppe erzielen konnte und welche Herausforderungen sie dabei gab. Anschließend wird in einem Ausblick dargestellt, welche nächsten Schritte in der Weiterentwicklung von Guerilla Sensing denkbar sind.

5.1 Rückblick

Ziel der Projektgruppe war es, eine zuverlässige Überwachung verschiedener Umweltparameter rund um das Leben im und am Fluss zu entwickeln. Hierfür wurde das bestehende Umweltinformationssystem Guerilla Sensing weiterentwickelt.

Um verschiedene Umweltparameter, wie den Pegel oder den Sauerstoffgehalt des Wassers, erfassen zu können, wurden verschiedene neue Sensoren in Guerilla Sensing integriert. Um die von ihnen erhobenen Werte auch aus abgelegenen Messregionen an die zentrale GPlatform senden zu können, wurde zudem LoRaWAN als Übertragungsstandard evaluiert und erfolgreich integriert.

Die Wahl der Messstandorte erfolgt in enger Absprache mit verschiedenen Projektpartnern, sodass die erhobenen Werte gegen Werte anderer, externer Messstationen evaluiert werden konnten. Trotz der Verwendung von Sensorik ohne Zertifizierung wurden Werte erhoben, die nur sehr gering von denen teurerer, zertifizierter Sensorik abwichen, was einen großen Erfolg nicht nur für die Projektgruppe, sondern auch für den Grundgedanken Guerilla Sensings darstellt.

Neben den fest verbauten GBoxen an ausgewählten Standorten wurde auch das Konzept der AdHoc-Boxen entwickelt und durch Prototypen erfolgreich praktisch getestet. Dies sind GBoxen, die insbesondere aufgrund ihrer einfachen aber stabilen Anbringung schnell an nahezu beliebigen Messstandorten ausgebracht werden können, um so auf aktuelle Ereignisse reagieren zu können.

Letztlich wurde die Stromversorgung der GBoxen dahingehend entwickelt, dass durch den Einsatz von Akkus, einer energieeffizienten Datenübertragung, verschiedenen Verbesserungen im Code sowie auf der Platine und einem optionalen Solarmodul ein langfristiger Betrieb abseits von bestehenden Stromnetzen möglich ist.

Auch die GPlatform wurde im Rahmen der Projektgruppe weiter verbessert und um neue Funktionalitäten erweitert. So wurde beispielsweise die Darstellung der erhobenen Messwerte und der von der Benachrichtigungsfunktion versendeten E-Mails verbessert. Darüber hinaus wurden neue virtuelle Sensoren implementiert, welche das Einbinden von externen Messdaten ermöglichten, welche dann für den Vergleich mit der hier entwickelten Sensorik dienen.

Um den Prozess des Übertragens einer Firmware von einem Computer auf einen Microcontroller plattformunabhängig und auch fachfremden Benutzern zugänglich zu machen, wurde der WebFlasher implementiert, welcher diese Übertragung über den Browser des Benutzers ermöglicht.

Auch im Backend wurden Vereinfachungen vorgenommen: verschiedene, gleichartige Services wurden kombiniert und die Konfiguration einer GPlatform ist nun in wenigen, zentralen Dateien möglich, anstatt wie zuvor auf verschiedene Dateien verteilt und teilweise gedoppelt.

Wie bereits in Kapitel 4 beschrieben, wurde die Projektvision erreicht. Die erzielten Ergebnisse stellen nicht nur den Erfolg der Projektgruppe, sondern auch den nächsten Schritt in der Weiterentwicklung Guerilla Sensings dar.

Das Projekt stieß zudem auf mediales Interesse: Gemeinsam mit regionalen Fernsehsendern wurden Sendungen über unsere Arbeit produziert [tag25] und [SAT25]. Darüber hinaus konnten wir unser Projekt außerdem auf der studentischen Konferenz im Herbst 2024 an der Universität Hohenheim vorstellen [WN24]. Diese Aufmerksamkeit verdeutlicht die gesellschaftliche Bedeutung des Themas und das große öffentliche Interesse an innovativen Lösungen im Bereich Umweltmonitoring.

5.2 Danksagung

Die Erfolge der Projektgruppe basieren maßgeblich auf einer äußerst erfolgreichen Zusammenarbeit mit verschiedenen Stakeholdern. Für diese gelungene Zusammenarbeit möchten wir uns bedanken:

Insbesondere natürlich bei den *Guardians*, unseren Dozenten – Prof. Dr. Andreas Winter, Prof. Dr.-Ing. Oliver Theel, Florian Schmalriede und Marvin Banse – die uns stets mit Rat und Tat zur Seite standen. Auch bei Johannes Hartkens, dessen LoRaWAN-Implementierung wir frühzeitig testen und später integrieren konnten, möchten wir uns herzlich bedanken.

Darüber hinaus möchten wir uns natürlich bei unseren Partnern bedanken – der Stadt Oldenburg, dem NLWKN, der Feuerwehr, dem THW, der EWE, dem Sportfischereiverein Oldenburg, der Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr, der Haaren-Wasseracht und dem Oldenburger Wassersportverein.

Literatur

- [Dei] DEIN NIEDERSACHSEN: *Die Hunte*. <https://www.dein-niedersachsen.de/regionen/hunte/>. – Zugriff am 27. August 2024
- [Dir24] DIRKER, Maurice: *Fischsterben in Ostfriesland: Tonnen toter Fische im Kreis Leer entdeckt*. https://www.nwzonline.de/landkreis-leer/fischsterben-in-ostfriesland-tonnen-toter-fischer-im-kreis-leer-entdeckt_a_4,1,2225639715.html. Version: aug 2024. – dpa, Zugriff am 9. Dezember 2024
- [NDR23] NDR: *Hätte das Fischsterben im Nordwesten verhindert werden können?* <https://www.ndr.de/nachrichten/niedersachsen/Haette-das-Fischsterben-im-Nordwesten-verhindert-werden-koennen,fischsterben484.html>. Version: 2023. – Zugriff am 18. Juli 2024
- [SAT25] SAT1: *Hochwasser frühzeitig erkennen: Oldenburger Studenten entwickeln mobile Messstation*. <https://www.sat1regional.de/hochwasser-fruehzeitig-erkennen-oldenburger-studenten-entwickeln-mobile-messstation/>. Version: 2025. – Zugriff am 25. April 2025
- [Sta] STADT OLDENBURG: *Agenda 2030*. <https://www.oldenburg.de/startseite/leben-umwelt/nachhaltigkeit/was-ist-nachhaltigkeit/agenda-2030.html>. – Zugriff am 18. Juli 2024
- [Sta24] STADT OLDENBURG: *Drohnenvideo Hochwasser 2023/2024*. <https://www.oldenburg.de/startseite/buergerservice/notfall/aktuelles/drohnenvideo-hochwasser-2023-2024.html>. Version: 2024. – Zugriff am 18. Juli 2024
- [tag25] TAGESSCHAU.DE: *Studierende stellen mobile Hochwasser-Messstationen vor*. <https://www.tagesschau.de/inland/regional/niedersachsen/ndr-studierende-stellen-mobile-hochwasser-messstationen-vor-100.html>. Version: 2025. – Zugriff am 16. April 2025
- [Wel24] WELT: *Hochwasser: In Oldenburg müssen 600 Menschen mit Evakuierung rechnen - Deiche stark belastet*. In: *Welt* (2024), 12. <https://www.welt.de/vermishtes/article249303414/Hochwasser-In-Oldenburg-muessen-600->

Menschen-mit-Evakuierung-rechnen-Deiche-stark-belastet.html. – Zugriff am 3. Dezember 2024

- [WN24] WEGERICHT, Paula. ; NEUGREWE, Johannes: Guardians of the River: Die Kraft des „Citizen Science“. In: *Tagungsband der 9. Konferenz für studentische Forschung und der 13. Humboldt reloaded Jahrestagung*, Universität Hohenheim, 2024, 32