Richtlinie zum „Software-Sprint“

Ocean Eco Watch - eine datengestützte Softwarelösung zur Früherkennung und Bekämpfung von Plastikverschmutzung in Küstenregionen

---

Schlussbericht

Zuwendungsempfänger:

Henninger, Leerink, Lustig & Windmöller GbR

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01IS24S11 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Kurze Darstellung der Aufgabenstellung und Motivation

Was war Deine Motivation? Welches Problem wolltest Du mit Deinem Projekt lösen? Wie war die geplante Vorgehensweise zur Problemlösung (auch Angabe der wichtigsten Meilensteine)?

Die wachsende Plastikverschmutzung der Ozeane stellt eine erhebliche Bedrohung für die Umwelt dar. Studien prognostizieren, dass bis 2050 mehr Plastik als Fisch in den Meeren schwimmen könnte. Dies war der Ausgangspunkt und Motivation für das Projekt „Ocean Eco Watch“, dessen Ziel es ist, eine Datenlücke bei der Überwachung von Plastikmüll in Küstenregionen zu schließen.

Durch den Einsatz von Satellitendaten, insbesondere der Sentinel-2-Mission der ESA, haben wir ein System entwickelt, das automatisiert schwimmenden Plastikmüll identifiziert, lokalisiert und in einer interaktiven Karte visualisiert. Dieser Ansatz erlaubt es NGOs und Regierungsorganisationen, präzise und aktuelle Daten zur Verfügung zu stellen, um Reinigungsaktionen effizienter zu gestalten.

Das Projekt war von Anfang an technisch anspruchsvoll, doch die Verknüpfung von Umweltproblemen mit innovativen Lösungen hat uns zusätzlich motiviert. Neben den Umweltaspekten brachte auch die technische Herausforderung – etwa die Verarbeitung riesiger

Datenmengen und die Erkennung von Plastik in verschiedenen Lichtfrequenzen – einen besonderen Reiz. Hierzu nutzten wir neuronale Netzwerke, um Plastikmüll anhand seiner spezifischen Reflexionsmuster zu identifizieren.

Die geplante Vorgehensweise sah folgende Meilensteine vor:

1. Recherche nach bereits bestehenden Open Source Modellen für die Identifizierung von Plastik in sentinel-2 Satellitenbildern
2. Entwicklung einer interaktiven Web App zur Visualisierung der Plastik Ansammlungen
3. Implementierung und Verbindungen der einzelnen Systemkomponenten (Frontend-Backend- Datenbank)
4. Aufbau einer skalierbaren Cloud-Architektur zur Verarbeitung von weltweiten Regionen auf Anfrage
5. Austausch mit Cleanup-Organisationen für Feedback
6. Berechnung und Visualisierung von Plastik-Hotspots und Prognosen über zukünftige Plastik-Hotspots.
7. Integration zusätzlicher Open-Source-Modelle zur Verbesserung der Plastik Detektion und Verringerung falsch negativer Ergebnisse.
8. Einbindung hochauflösender Satellitenbilder zur präziseren Analyse in betroffenen Küstenregionen.

Beitrag des Projektes zu den Zielen der Förderinitiative „Software-Sprint“

Welche Bezüge gibt es zu den Themenfeldern „Civic Tech“ und „Data Literacy“ des Software Sprints oder zu weiteren gesellschaftlich relevanten Zielen bzw. Lösungsansätzen?

Unser Projekt „Ocean Eco Watch“ leistet einen direkten Beitrag zu den Zielen der Förderinitiative „Software-Sprint“, insbesondere im Bereich Data Literacy. Ziel unseres Projekts ist es, Daten zur Plastikverschmutzung in den Ozeanen so aufzubereiten und zugänglich zu machen, dass sie von NGOs, Institutionen und der Öffentlichkeit effizient genutzt werden können, um informierte Entscheidungen zu treffen.

Durch die automatisierte Analyse von Satellitendaten in Küstenregionen und die präzise Visualisierung von Plastikmüll auf einer interaktiven Karte ermöglichen wir den Nutzerinnen, fundierte Entscheidungen zu treffen. NGOs und Organisationen können die Daten nutzen, um Ressourcen gezielt einzusetzen sowie Hotspots zu identifizieren.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die öffentliche Verfügbarkeit der Daten. Durch eine benutzerfreundliche Kartenansicht wird es Bürger*innen ermöglicht, sich aktiv mit der Problematik der Plastikverschmutzung auseinanderzusetzen und datenbasierte Entscheidungen zu treffen. So fördert das Projekt das Bewusstsein für Umweltprobleme und stärkt gleichzeitig die Datenkompetenz in der Gesellschaft.

Ausführliche Darstellung der Ergebnisse

Welche konkreten Ergebnisse hast Du erzielt? Konnten alle Meilensteine erreicht werden? Welche zusätzlichen Erkenntnisse hast Du aus der Projektarbeit gewonnen, auch im Hinblick auf die Begleitung durch die Open Knowledge Foundation?

Wir haben ein funktionsfähiges System entwickelt, das aus drei Open-Source-Komponenten besteht: dem Plastic Detection Service, einem skalierbaren Backend, und einem benutzerfreundlichen Frontend, welches die Analyseergebnisse visualisiert.

1. Plastic Detection Service

Der Plastic Detection Service bildet das Herzstück des Projekts und ermöglicht die Erkennung von schwimmendem Plastikmüll mithilfe von Satellitenbildern, die über die SentinelHub API bereitgestellt werden. Die Satellitenbilder durchlaufen mehrere Preprocessing-Schritte, bei denen unter anderem Metadaten extrahiert und die Bilder in kleinere Kacheln zugeschnitten werden. Diese Kacheln werden dann parallel von einem KI-Modell analysiert.

Wir haben im Vorfeld intensiv recherchiert und bestehende Open-Source-Modelle zur Identifizierung von Plastikmüll verglichen. Die zwei vielversprechendsten Modelle wurden in unser System integriert. Um die Modelle in unser System zu integrieren, haben wir die entsprechenden Repositories geforkt und den Code angepasst. Die Ergebnisse der Analyse werden anschließend in unserer PostGIS-Datenbank gespeichert, die Geodaten effizient verwaltet.

2. Backend

Unser Backend-System wurde so entwickelt, dass es eine nahtlose Integration zwischen der PostGIS-Datenbank und dem Frontend ermöglicht. Das Backend sorgt dafür, dass die Daten schnell und effizient abgerufen und in geolokalisierten Kontexten verwendet werden können. Darüber hinaus kann durch einen POST Endpunkt im Backend die Analyse einer beliebigen Küstenregion zu ausgewählten Zeitpunkten gestartet werden. Dieser Endpunkt triggert die Pipelines, die die passenden Satellitenbilder abrufen, das Preprocessing durchführen und die Inferenzprozesse starten, um die gewünschten Analysen durchzuführen.

3. Frontend

Um die gewonnenen Daten verständlich und zugänglich zu machen, haben wir ein benutzerfreundliches Frontend entwickelt. Hier werden die lokalisierten Plastik Ansammlungen auf interaktiven Karten dargestellt, sodass die Nutzer*innen das Problem auf einen Blick erfassen können. Diese Visualisierungen unterstützen sowohl NGOs als auch die Öffentlichkeit dabei, schnell zu verstehen, wo Plastikmüll identifiziert wurde und welche Regionen besonders betroffen sind. Das Frontend wurde so gestaltet, dass es intuitiv bedienbar ist und komplexe Daten leicht verständlich darstellt.

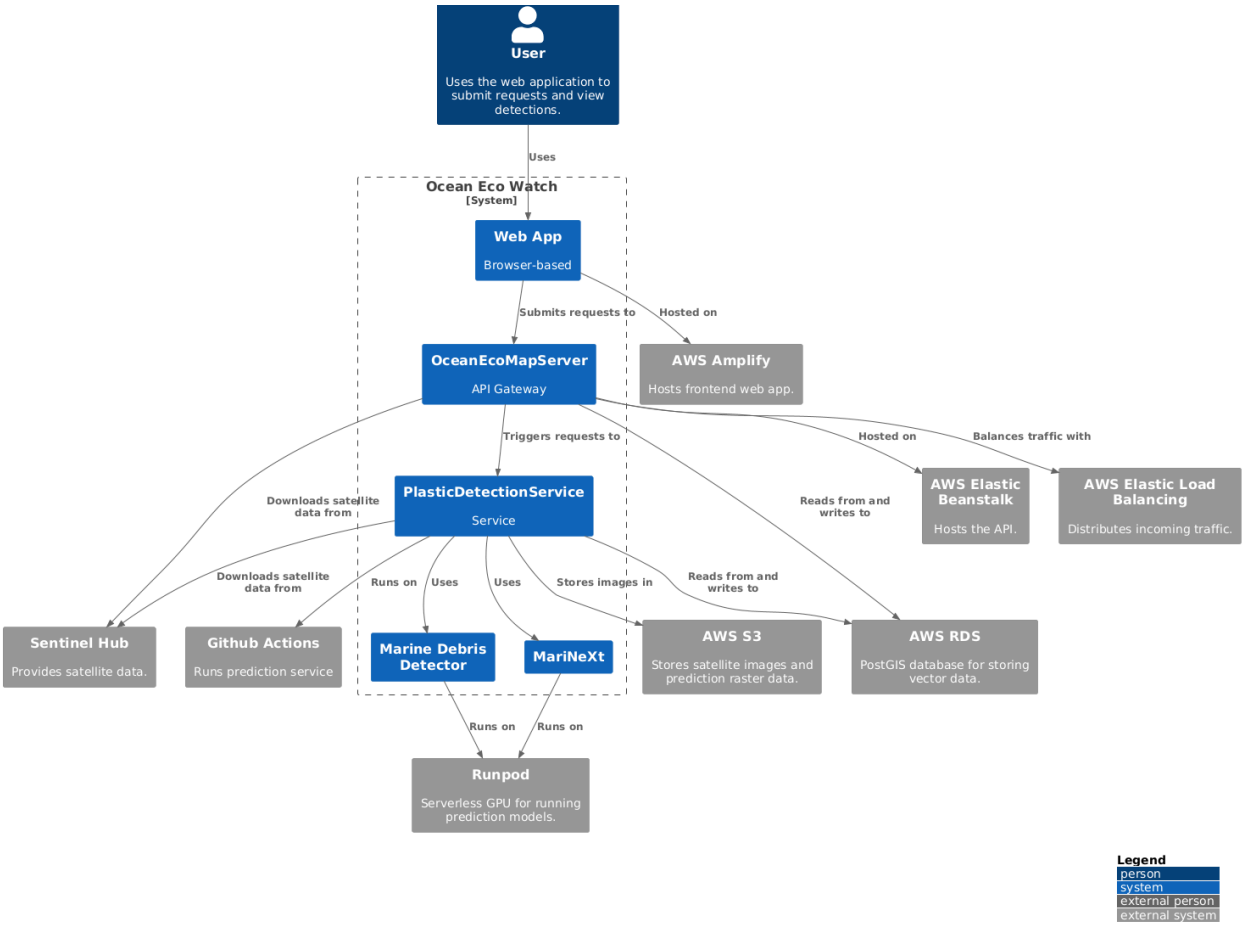


Abbildung 1 Überblick über die Softwarearchitektur des gesamten Projekts

Unser System ist so weit entwickelt, dass es mit einem einzigen Klick jede beliebige Küstenregion weltweit innerhalb weniger Minuten auf schwimmenden Meeresmüll untersuchen kann – und das bis ins Jahr 2015 zurück. Die wichtigsten technischen Ziele wie die Implementierung und Verbindung der Systemkomponenten (Frontend, Backend, Datenbank) sowie der Aufbau einer skalierbaren Cloud-Architektur zur Verarbeitung von Satellitendaten konnten wir damit erfolgreich umsetzen.

Ein besonderes Augenmerk lag auf dem modularen Aufbau des Systems. Dies hat sich als äußerst wertvoll erwiesen, da es uns ermöglicht, das verwendete Modell einfach auszutauschen oder neue Modelle hinzuzufügen. So könnten wir beispielsweise in Zukunft problemlos ein Modell integrieren, das Ölverschmutzungen oder andere Umweltgefahren in den Ozeanen aufzeigt.

Es gibt jedoch einige Bereiche, die noch weiter ausgebaut werden könnten. Zum Beispiel ließe sich die Prognose von Plastik-Hotspots verbessern, indem wir zusätzliche Wetterdaten wie Wind integrieren, um präzisere Vorhersagen darüber zu treffen, wohin der Müll treiben könnte.

Ein Meilenstein, den wir nicht vollständig erreicht haben, war die Einbindung hochauflösender Satellitendaten. Wir haben dabei stets darauf geachtet, dass unsere Anwendung langfristig nutzbar bleibt. Da jedoch die Kosten für ein einzelnes Satellitenbild eines Küstenabschnitts von weniger als 300 m² bei über 3000 € liegen, wäre dies für die von uns angesprochenen Organisationen nicht tragbar. Daher haben wir uns entschieden, auf die kostenfreien Daten des Sentinel-2-Programms zu setzen, um eine wirtschaftlich nachhaltige Lösung anzubieten.

Zielgruppe, Nutzen und mögliche Weiterentwicklungen

Welcher Nutzen ergibt sich für die Zielgruppe aus den Ergebnissen Deines Projekts? Welche weiter-gehenden Effekte ergeben sich aus der Open-Source-Stellung der Ergebnisse? Gibt es Ideen für die Weiterentwicklung Deiner Lösung und Pläne zu deren Umsetzung? Hat die Arbeit in dem Projekt Dich in Deiner persönlichen, fachlichen Weiterentwicklung unterstützt?

Die primäre Zielgruppe unseres Projekts sind Organisationen und Regierungsbehörden, die sich mit der Reinigung und Überwachung von Küstenregionen befassen. Unser entwickeltes System ermöglicht es diesen Akteuren, schwimmenden Müll in Küstengebieten schnell und präzise zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen effizienter zu planen. Es besteht die Möglichkeit Küstenregionen weltweit auf Abruf bis ins Jahr 2015 zurück zu analysieren.

Die flexible und modulare Architektur des Systems erlaubt es, das Modell leicht zu erweitern oder auszutauschen, um es auch für andere Anwendungsfälle wie die Überwachung von Ölverschmutzungen oder invasiven Pflanzenarten zu nutzen. Diese Erweiterungsmöglichkeiten bieten langfristig eine große Bandbreite an potenziellen Umweltüberwachungen.

Für die Zukunft gibt es bereits Ideen zur Weiterentwicklung, insbesondere die Integration von Wetterdaten, um vorherzusagen, wohin Plastikmüll getrieben wird. Diese Vorhersagefunktion könnte es ermöglichen, präventive Maßnahmen in noch nicht betroffenen Gebieten zu ergreifen.

Die Arbeit am Projekt war für alle Teammitglieder eine wertvolle Erfahrung, die sowohl die fachliche als auch die persönliche Weiterentwicklung gefördert hat. Besonders durch die Zusammenarbeit im Team und die damit verbundene Organisation und Kommunikation haben wir sehr viel dazugelernt. Auch die Unterstützung der Open Knowledge Foundation hat uns dabei geholfen, unsere Ziele effizienter zu erreichen.

Kurze Darstellung der Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Gab es Arbeiten bzw. Lösungsansätze, die nicht weiter verfolgt wurden? Was waren die Hinter-gründe, und wie bist Du alternativ vorgegangen?

Ein Lösungsansatz, der nicht weiter verfolgt wurde, war die Nutzung von hochauflösenden Satellitendaten sowie Satellitendaten mit kürzerer Akquisitionszeit. Wir haben verschiedene

Angebote von Anbietern eingeholt, die eine schnellere Verfügbarkeit der Satellitenbilder ermöglicht hätten und deutlich hochauflösender wären. Allerdings waren diese Angebote alle sehr kostspielig, und nach eingehender Überlegung sind wir zu dem Schluss gekommen, dass Cleanup-Organisationen oder Regierungsbehörden sich diese Daten aufgrund der hohen Kosten wahrscheinlich nicht leisten könnten.

Stattdessen haben wir uns entschieden, uns auf die Sentinel-2-Satellitenbilder zu konzentrieren, da diese kostenlos zur Verfügung stehen und somit einen nachhaltigeren Mehrwert für unsere Zielgruppen bieten. Auch wenn die Akquisitionszeit bei Sentinel-2 länger ist, erscheint uns dieser Ansatz aufgrund der breiteren Zugänglichkeit und der geringeren Kosten als die sinnvollere Alternative für den langfristigen Einsatz in Umweltschutzprojekten.

Kurze Angabe von Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer

Wo können sich Interessenten detailliert über Deine Projektergebnisse informieren (z.B. Webseite, GHitHub, Veröffentlichungen)?

GitHub: https://github.com/OceanEcoWatch

Interaktive Web-Karte: https://map.oceanecowatch.org/

Website: https://www.oceanecowatch.org/

Email: contact@oceanecowatch.org

Kurze Erläuterung zur Einhaltung der Arbeits- und Kostenplanung

Gab es im Projektverlauf Ereignisse, die eine Anpassung der Planung erforderlich machten – z.B. Mehr- oder Minderaufwand bei der Bearbeitung von Teilaufgaben?

Der Projektplan konnte insgesamt gut eingehalten werden, es gab lediglich leichte zeitliche Verschiebungen aufgrund von Urlaubszeiten. Unsere Kernaufgaben, insbesondere die technische Umsetzung, standen dabei im Vordergrund, um den Prototypen rechtzeitig zum Demo Day fertigzustellen.

Ursprünglich hatten wir geplant, neben Cleanup-Organisationen auch verstärkt auf Regierungsorganisationen zuzugehen, um das System dort potenziell einzusetzen. Während des Projekts haben wir uns jedoch zunächst auf die Zusammenarbeit mit One Earth – One Ocean fokussiert, um wertvolles Feedback für die Entwicklung zu erhalten. Diese Zusammenarbeit war entscheidend für die technische Ausrichtung, sodass wir die Entwicklung zügig vorantreiben und einen funktionalen Prototyp präsentieren konnten.

Die bisherigen Kontakte mit Regierungsorganisationen – insbesondere in Südostasien – gestalteten sich jedoch herausfordernd, da wir feststellen mussten, dass viele dieser Institutionen sehr langsam auf Anfragen reagieren und ihre Ideen oft auf langfristige Zeitrahmen ausgelegt sind. Diese fehlende Agilität machte es schwierig, kurzfristig konkrete Projekte oder

Kooperationen zu initiieren. Wir planen jedoch, nach Abschluss des Prototyps verstärkt auf diese Organisationen zuzugehen, um den Einsatz unseres Systems in zukünftigen Projekten weiter voranzutreiben.

Kurze Darstellung von etwaigen Ergebnissen bei anderen Stellen

Gab es Entwicklungen anderer Personen oder Institutionen, die Einfluss auf Deine Arbeiten und die Zielsetzung hatten? Wenn ja, worin bestand dieser und wie bist Du damit umgegangen?

Es gab einen engen Austausch mit der Cleanup-Organisation One Earth – One Ocean, die erheblichen Einfluss auf die Ausrichtung und Zielsetzung unseres Projekts hatte. One Earth – One Ocean zeigte großes Interesse an unserer Lösung, da sie in der Vergangenheit bereits Unternehmen mit der Analyse von Plastikmüll beauftragt hatten, dies jedoch aufgrund der hohen Kosten nicht für jedes Projekt wiederholen konnten.

Basierend auf ihrem Feedback haben wir uns zu Beginn auf die Analyse eines Teilgebiets der Manila Bay konzentriert. Dort traten jedoch unerwartete Herausforderungen auf: Die Strömungen waren so stark, dass der Plastikmüll innerhalb einer Stunde bereits außer Sichtweite war. Da die Akquisitionszeit der Satellitendaten länger als eine Stunde beträgt, wurde deutlich, dass es für One Earth – One Ocean nur dann relevant wäre, wenn wir zusätzlich Strömungs- und Wetterdaten einbeziehen, um vorherzusagen, wohin der Müll abdriftet.

Da diese Funktion nicht Teil unseres ursprünglichen Plans war, hatten wir bisher keine Zeit, dies umzusetzen. Die enge Zusammenarbeit mit One Earth – One Ocean hat uns jedoch wertvolle Einblicke in die praktischen Anforderungen an unser System gegeben und könnte zukünftige Erweiterungen unseres Projekts beeinflussen.