

## SeaClear: Die Roboter sind bereit die Meere zu säubern

KI und Roboter revolutionieren mit dem Projekt SeaClear das Einsammeln von Meeressmüll.



Forscher am Lehrstuhl für Informationstechnische Regelung der Technischen Universität München haben im Rahmen des von der EU geförderten Projekts SeaClear (SEarch, identificAtion, and Collection of marine LittEr with Autonomous Robots) ihre Forschungen an autonomen Robotern zum Einsammeln von Unterwasserabfällen abgeschlossen.

Das SeaClear-System, das im Rahmen eines vierjährigen europäischen Forschungsprojekts entwickelt wurde, und im Dezember 2023 endete, hat eine Reihe von Tests in klaren und trüben Gewässern erfolgreich bestanden. Das SeaClear-System besteht aus mehreren miteinander verknüpften Komponenten. Das Basisschiff SeaCAT fungiert als zentrale Einheit, das zwei ferngesteuerte Unterwasserfahrzeuge (ROVs) einsetzt und steuert: das Mini Tortuga für die Erkundung und das größere Tortuga ROV für das Einsammeln von Müll. Die Abfälle werden in einem speziellen Korb deponiert. Zusätzlich überwacht und kartiert eine Drohne aus der Luft die Meeresoberfläche und hilft bei der Identifizierung von Müll-Hotspots. Diese Elemente arbeiten zusammen, um eine Karte des Meeresbodens zu erstellen, Abfälle zu erkennen und sie anschließend effizient einzusammeln und zu entfernen.

Die Forschung wurde im Rahmen eines von der TU Delft in den Niederlanden geleiteten Horizon 2020-Projekts finanziert. "Am Ende des Projekts hatten wir ein voll funktionsfähiges System, das seine Funktionalität unter Beweis stellte", sagte der Projektkoordinator, Prof. Bart De Schutter von der TU Delft.

Diese bahnbrechende Innovation zeigt, welches Potenzial die autonome Robotik hat, um das drängende Problem der Meeresverschmutzung anzugehen.

Derzeit kann das SeaClear-System bis zu 7 kg heben, der Greifer kann das Volumen von zwei 2-Liter-Sodaflaschen aufnehmen, und die Roboter sammeln Müll in Gewässern bis zu mehreren zehn Metern Tiefe ein. Mit Verbesserungen für den kommerziellen Betrieb wird es bis zu 70 % kostengünstiger arbeiten als Taucher.

## Biomimetik

In der Natur gibt es nichts, was zur Reinigung der Ozeane beiträgt. Wir müssen selbst Lösungen finden", sagt Dr. Stefan Sosnowski, SeaClear-Projektkoordinator am Lehrstuhl für Informationstechnische Regelung der TUM. Obwohl es in der Natur noch keine Lösung gibt, haben er und seine Kollegen sich für das Design des Greifers von der Natur inspirieren lassen, insbesondere von der wabenförmigen Struktur, die leicht und robust ist und kleinen Meerestieren erlaubt zu entkommen, während Müll zurückgehalten wird.

## Herausfordernde Strömungen

Die Entwicklung von autonomen Robotern für den Unterwassereinsatz ist eine ganz besondere Herausforderung. Denn anders als an Land herrschen im Wasser ganz besondere Bedingungen. "Sobald ein Müllstück identifiziert und geortet wurde, muss sich der Roboter präzise bewegen, um es einzusammeln. Dabei stößt er mitunter auf starke Strömungen, gegen die er sich durchsetzen muss", sagt Dr. Sosnowski. Die Aufgabe der TUM im SeaClear-Projekt ermöglichte es dem Roboter, sich genau über dem Ziel zu bewegen und unter schwierigen Bedingungen erfolgreich Müll zu bergen.

## Effizientes maschinelles Lernen

Algorithmen des maschinellen Lernens (ML) berechnen und lernen, wann und unter welchen Bedingungen sich ein Roboter in einer bestimmten Weise bewegen wird. Auf diese Weise ist es möglich, genaue Vorhersagen über sein Verhalten zu treffen.

"Eine große Herausforderung ist, dass wir nicht die an Land übliche Rechenleistung zur Verfügung haben", sagt Prof. Sandra Hirche, Leiterin des Lehrstuhls. "Es gibt keine Anbindung an große Rechenzentren mit Hochleistungsrechnern. Die entwickelten Algorithmen sind effizient und ressourcenschonend. Deshalb arbeiten wir seit einiger Zeit an Methoden mit hoher "Sampling-Effizienz", die mit möglichst wenigen Daten möglichst genaue Vorhersagen machen können.

Nach mehreren Tests und Demonstrationen ist SeaClear bereit für den kommerziellen Einsatz. Das System könnte für Einrichtungen wie Häfen, Fremdenverkehrsorte, Umweltinstitutionen und andere zivile und militärische Einrichtungen interessant sein.

Aufbauend auf dem Erfolg von SeaClear hat das Team 9 Millionen Euro an Horizon Europe-Fördermitteln und Co-Finanzierung für SeaClear 2.0 erhalten, um ein robusteres System für Abfälle an der Oberfläche und in der Tiefe des Mittelmeers zu entwickeln. Neben der Robotik konzentriert sich dieses Nachfolgeprojekt auch auf die Einbindung der Gesellschaft und der Politik, mit Aktivitäten wie spielerischen Apps und Bildungsprogrammen zur Eindämmung der Müllproduktion.

Mit geplanten Vorführungen im gesamten Mittelmeerraum kombiniert das Projektkonsortium mit 13 Partnern aus 9 Ländern öffentliches Engagement, KI, Meerestechnologie und Recycling-Know-how und ermöglicht so einen umfassenden Ansatz für den Naturschutz. Das Projekt SeaClear2.0 startete im Januar 2023 und ist Teil der EU-Mission "Restore our Ocean and Waters".

Webseite: <https://seaclear-project.eu>

**Videos:**

- SeaClear: System Components <https://www.youtube.com/watch?v=IP8S3rx5Cto>
- SeaClear: Final demonstrations <https://www.youtube.com/watch?v=C5950XrLwYA>