

Arbeiten unter Wasser: Künstliche Intelligenz steuert Robotersysteme

Text: Heinz Käisinger/acatech

Der Trend ist eindeutig und wohl auch unumkehrbar: Menschliche Arbeitskraft wird immer mehr eingespart, stattdessen übernehmen Maschinen. Das ist immer dann sinnvoll, wenn es sich um besonders standardisierte, schwere oder gefährvolle Arbeiten handelt. Doch der Mensch denkt kreativ, d. h. er ist in der Lage, von Fall zu Fall andere, bessere, Entscheidungen zu treffen als ein Roboter. Aber die bisher üblichen Systeme im Unter-Wasser-Bereich mit der Bezeichnung ROV (Remotely Operating Vehicles, eine Maschine, die von oben von einem Menschen gesteuert wird) werden jetzt zunehmend von den AUVs – Autonomous Underwater Vehicles – abgelöst. Die werden nicht mehr vom Menschen, sondern von Künstlicher Intelligenz (KI) gesteuert.

Roboter haben seit den 1980er Jahren viele rein mechanische, aber auch wichtige anspruchsvolle Tätigkeiten übernommen. Sie spielen immer dann ihre Vorteile aus, wenn gleichbleibende Bewegungen bzw. Arbeitsabläufe tausende Male wiederholt werden müssen. Beispielsweise bei der Bestückung von Förderbändern. Die Bewegungen des Roboters (Werkstück links greifen – Arm schwenken – Werkstück rechts ablegen) muss dazu vor Produktionsbeginn aber mit sämtlichen Parametern vom Menschen eingespeichert werden. An die Leistungsgrenze stößt der Kollege Roboter z. B. dann, wenn linksseitig kein Werkstück zu finden ist. Ist dieses nur geringfügig verrutscht, dann kommt der Produktionsablauf zum Stehen. Hier kommt das ins Spiel, was man Künstliche Intelligenz nennt. Verfügt der Roboter über eine entsprechende Fähigkeit, dann erkennt er, dass das Werkstück verrutscht ist und kann selbst danach suchen. Und das völlig eigenständig, ohne, dass der Suchvorgang vorher einprogrammiert worden wäre.

KI macht Roboter flexibel

Diese Lernfähigkeit von Systemen ist gerade in so genannten lebensfeindlichen Umgebungen und dort vor allem im Rettungseinsatz von unschätzbarem Vorteil. Mobile Roboter oder Assistenzsysteme, die sich an sich verändernde Situationen anpassen, ohne dafür programmiert werden zu müssen, können den Menschen in Umgebungen unterstützen, für die unser Körper einfach nicht geschaffen ist. Also beispielsweise im Unter-Wasser-Einsatz. Darüber hinaus bieten diese KI-basierten Systeme große Potentiale für die Wirtschaft und auch für die Forschung. Allerdings verlangt der Einsatz lernender Systeme noch einige Anstrengungen und einige bislang noch unbekannte oder unerprobte Rahmenbedingungen. Beispielsweise muss die Langzeitautonomie gewährleistet werden und das autonome Lernen in lebensfeindlicher (oder aggressiver) Umgebung. Auch die Interaktion und Kooperation mit dem Menschen läuft noch nicht rund. In der Vergangenheit hat sich deshalb eine Arbeitsgruppe „Lebensfeindliche Umgebung in der Plattform lernende Systeme“ gebildet. Diese definiert folgende Gestaltungsoptionen:

Forschungsfragen lösen, Kernfragen zu Entwicklung und Einsatz herausarbeiten und nach Antworten suchen, Infrastrukturen aufbauen, Physische Infrastrukturen und Trainingsumgebungen für Forschung und Entwicklung (F & E) schaffen, Umweltdaten sammeln, später darauf basierendes Lernen, Datenbanken und digitale Infrastruktur aufbauen, Referenzplattformen schaffen, um später F&E-Ergebnisse auszutauschen. Innovationen fördern, gemeinsame Standards definieren und umsetzen, auf Nachhaltigkeit achten, Hierarchien klären (Wer hat das Sagen: Mensch oder

Maschine?), Vertrauen und Transparenz in der und für die Öffentlichkeit schaffen, neue Märkte für diese Technologie erschließen.

Mobile Roboter und andere technische Systeme werden schon heute in Umgebungen eingesetzt, die für den Menschen lebensfeindlich sind – etwa im Weltraum, in der Tiefsee oder in kontaminierten Gebieten. Die Bandbreite dieser Systeme ist groß: Sie reicht von ferngesteuerten und teleoperierten Systemen (so gen. ROVs, s. oben) über automatisierte Systeme bis hin zu solchen mit limitierten Autonomiefunktionen (AUVs, s. o.). Die wenigsten dieser Systeme verfügen jedoch über die kognitiven Fähigkeiten, um den Herausforderungen, der Komplexität, und den Unvorhersehbarkeiten in lebensfeindlichen Umgebungen allein begegnen zu können. Zukünftig sollen lernende Systeme jedoch in der Lage sein, die Komplexität von lebensfeindlichen Umgebungen zu verstehen und gestellte Aufgaben effizient zu bearbeiten. Lernende Systeme können sich dann an veränderte Situationen anpassen, ohne dafür programmiert werden zu müssen, und sich diese Änderungen sowie erfolgreiche Anpassungen auch merken. Sie können den Menschen in Gefahrensituationen unterstützen – beispielsweise in der Gefahrenabwehr und im Katastrophenschutz. Damit senken sie die Risiken für das eingesetzte Personal deutlich, verringern die Reaktionszeit und schließen Fähigkeitslücken, in denen heute noch keine angemessene Reaktion möglich ist.

In lebensfeindlichen Umgebungen versprechen Lernende Systemen damit einen großen Nutzen. Zusammen mit dem Menschen können sie für unterschiedliche Aufgaben eingesetzt werden: etwa in Form von Robotern für die Gewinnung von Rohstoffen und Nahrungsmitteln (z. B. in Aquakulturen), aber auch für Wartungsarbeiten, Dekontamination und Rettungsmissionen unter schwierigen Bedingungen.

Szenario: unter Wasser autonom unterwegs

Für ATLANTIS hat die Arbeitsgruppe „Lebensfeindliche Umgebung in der Plattform lernende Systeme“ ein Szenario „Inspektion und Wartung von Unterwasser-Infrastrukturen“ entwickelt. Diese könnte wie folgt ablaufen:

Wichtige Küsten- und Offshore-Anlagen wie Hafengebiete, Brücken und Deiche sind speziell nach Schadensereignissen (z. B. Stürmen, Überschwemmungen) gefährdet und müssen oft an schwer zugänglichen Stellen untersucht werden. Zur Erzeugung von erneuerbarer Energie werden zahlreiche Offshore-/Nearshore-Plattformen benötigt, deren Aufbau und Wartung ebenfalls in einer riskanten und potenziell lebensgefährdenden Umgebung stattfinden. Zum Einsatz kommen robotische Unterwassersysteme mit unterschiedlichen Autonomiegraden, maschineller Intelligenz und Lernfähigkeiten. Sie werden in diesem Abschnitt anwendungsgebietsspezifisch als Autonomous Underwater Vehicles (AUVs) bezeichnet.

AUVs unterstützen und entlasten den Menschen vor Ort bei solchen gefährlichen Arbeiten. Sie können ihm ein besseres Lagebild verschaffen und die Risiken gefährlicher Einsätze weitgehend eliminieren. Spezialisierte AUVs können gezielt an Einsatzorte gebracht werden, an denen nicht nur Inspektionsaufgaben zu leisten sind, sondern auch Eingriffe von außen erfolgen müssen. Bei größeren Anlagen ist auch denkbar, dass AUVs für Wartungsarbeiten bei der Installation der Anlage vor Ort platziert und bei Bedarf aktiviert werden können.

Wann immer eine ausreichend leistungsfähige und stabile Kommunikation mit dem AUV möglich ist, können immersive Leitstände mit Ankopplung an Echtzeitinformationen und Simulationsmöglichkeiten eingesetzt werden, um während einer Mission über den Menschen nachzusteuern. Oder aber, um nach einer Mission den Ablauf zu verbessern – etwa durch Anpassung der Einsatzpläne für zukünftige Missionen. Diese Leitstände können den Experten in die Lage des Systems vor Ort versetzen, um den Missionsverlauf aus dessen Sicht zu beeinflussen.

Ablauf der Mission, Beispiel Offshore Windkraftanlage

Vorbereitung der Mission

- Vom Kontrollzentrum werden die Missionsdaten an das AUV gesendet.

- Das verbleibt entweder am Meeresboden und kann über ein eigenes Unterwasser-Dock Energie beziehen und Daten hoch- bzw. herunterladen (Subsea Resident). Alternativ wird es von einem Schiff in der Nähe der Einsatzstelle ausgesetzt.

Autonom unterwegs

- Das AUV ist ab jetzt auf sich allein gestellt und navigiert zu der für die Inspektion vorgesehenen Offshore-Anlage. Zur Orientierung benutzt es bekannte Merkmale, etwa Pipelines, andere Unterwasserstrukturen oder ggf. auch das Schiff oder Dock, von dem es ausgesetzt wurde.

- Während der Fahrt nutzt das AUV die On-Board-Sensorik, um Hindernisse zu vermeiden, die Karte zu verfeinern oder zu aktualisieren und ggf. den Zustand von Offshore-Strukturen auf dem Weg zu erfassen. Online-Lernalgorithmen nutzen die Daten, um das Verhalten des Systems zu verbessern.

Inspektion vor Ort

- Am Ziel angekommen, vollzieht das AUV detaillierte Navigations- und Planungsschritte,

um die Zielstruktur auftragsgemäß zu inspizieren. Nach Abschluss der Inspektion können die ursprüngliche Planung mit dem tatsächlichen Verlauf verglichen und Verbesserungen für zukünftige Missionen abgeleitet werden.

- Kann das AUV eine Reparatur nicht selbst durchführen, werden andere, spezialisierte Wartungs-AUVs angefordert – entweder durch das AUV selbst oder nach einer „Freigabe“ durch das Fachpersonal. Dies kann bei Bedarf auch Unterstützung durch Taucher oder spezialisierte bemannte bzw. ferngesteuerte Systeme beinhalten.

Störfall am AUV tritt auf

• Ein AUV kann sich aufgrund eines Antriebsschadens nicht mehr bewegen und bittet um Unterstützung. Zwei spezialisierte AUVs transportieren es zur Basis, da eine Reparatur vor Ort nicht möglich ist.

Lernen für die Zukunft

• Nach Abschluss der Mission fährt das AUV zurück zum Ausgangspunkt. Bei einem Subsea Resident werden die Daten hochgeladen und für die Erstellung bzw. Aktualisierung eines 3D-Modells genutzt. Das AUV macht eine Systemdiagnose, wird bei Bedarf im Dock oder außerhalb von anderen AUVs gewartet und lädt seine Batterie. Anschließend kann es für die nächste Mission genutzt werden. Im Dock werden bei Wartezeiten die Systemressourcen (Berechnungen, Speicher etc.) genutzt, um das Verhalten des Systems mittels Lernverfahren auf Basis der gesammelten Daten zu optimieren.

• Mit den Daten des AUV lassen sich künftig zu entwickelnde Fahrzeuge hinsichtlich Form oder Beschaffenheit optimieren, um ihre Missionen bestmöglich durchzuführen. Die Erkenntnisse können mit Wissen aus der Bionik kombiniert werden.

• Expertinnen und Experten für solche Inspektions- und Wartungsarbeiten können die Daten des AUV zudem in immersiven Umgebungen nutzen, um Missionsverläufe nachzuvollziehen und weiteres Wissen und Erfahrung in die Planungsalgorithmen zu integrieren (Teaching). Das Fahrzeug im Dock kann mit dieser aktualisierten Version ausgestattet werden.

Fazit: Lernende Systeme können die Arbeiten an Unterwasserstrukturen grundlegend verändern. Lernende robotische Assistenzsysteme können Ausfälle von Teilsystemen vorhersagen und kompensieren. AUVs machen die notwendigen Inspektionen von Unterwasserinfrastrukturen wirtschaftlicher und manche Einsätze überhaupt erst möglich. Der Betrieb von Unterwasserinfrastrukturen wird insgesamt sicherer und nachhaltiger. Gleichzeitig verringert der Einsatz von AUVs das Gesundheitsrisiko für Fachpersonal (v. a. für Taucher).

Allerdings müssen derzeit noch sowohl technische als auch rechtliche Fragen geklärt werden. Beispielsweise wer in einem Schadensfall haftet und wie ein solches System versichert werden kann. Wie können Sabotageakte oder Zweckentfremdung ausgeschlossen werden und wer schafft welche Rahmenbedingungen für zielgerichtetes, selbständiges Lernen.

Grafik: acatech

ATLANTIS bedankt sich bei acatech, Pressestelle Herrn Frohwein, für die freundliche Nutzungsgenehmigung von Textteilen und Grafik.

Der besseren Lesbarkeit wegen haben wir die Bildkommentare in der Grafik als Text beige stellt.

Definitionen:

Lernende Systeme – autonome Systeme

Lernende Systeme sind Maschinen, Roboter und Softwaresysteme, die Aufgaben auf Basis von Modellen und Daten, die ihnen als Lerngrundlage dienen, selbstständig erledigen, ohne dass jeder Schritt zwangsläufig spezifisch vom Menschen programmiert werden muss. Um ihre Aufgabe zu lösen, setzen sie durch Lernverfahren generierte Modelle ein. Mit Hilfe von Lernverfahren können solche Systeme im laufenden Betrieb weiterlernen: Sie verbessern die vorab trainierten Modelle und erweitern ihre Wissensbasis und ihre Fähigkeiten (Skills).

Lernende Systeme basieren auf Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI), insbesondere des maschinellen Lernens, verknüpft mit wissens- bzw. modellbasierten Ansätzen. Vor allem durch die Fortschritte im Deep Learning entwickelten sich Lernende Systeme in den letzten Jahren zum dynamischsten Bereich der KI-Forschung und -Anwendung.

Autonome Systeme sind Maschinen und Roboter, die ein vorgegebenes Ziel selbstständig und an die Situation angepasst erreichen. Sie haben die Fähigkeit, sich in der Umwelt zurechtzufinden, sich ihr anzupassen und gegebenenfalls mit anderen Systemen oder Menschen zu interagieren. Sie nehmen ihre Umgebung über Sensoren wahr (Sensorik), generieren proaktiv, situationsgerecht und in Echtzeit eine angemessene Aktion und führen diese über Aktoren aus (Aktorik). Autonome Systeme, bei denen die Lernfähigkeit für die Anpassung des Handlungsablaufs notwendig ist, sind zugleich Lernende Systeme. Allerdings sind nicht alle Lernenden Systeme vollständig autonom, sondern werden teilweise weiterhin bewusst von Menschen gesteuert (z. B. intelligente Prothesen).