

## **KI-Assistenz zur roboterunterstützten Aufklärung und Abwehr akuter radiologischer Gefahrenlagen**

### **Teilvorhaben: Analyse und Festlegung der Rahmenbedingungen Realisierung von Demonstratoren, Erprobung und Training der Anwender FKZ: 13N16278**

#### **Sachbericht zum Verwendungsnachweis Teil 1 Kurzbericht**

## **Aufgabenstellung und wissenschaftlicher und technischer Stand**

Das Vorhaben KIARA adressiert "Schutz und Rettung von Menschen" durch die Abwehr von akuten lokalen Gefährdungslagen infolge der Umsetzung einer unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtung (USBV) mit radioaktiver Beiladung ("schmutzige Bombe"). Es werden daher modulare KI-Systeme für den Einsatz auf mobilen Robotersystemen entwickelt und evaluiert, die die kognitive Leistung der Einsatzkräfte in der schnellen Aufklärung von akuten Gefährdungslagen durch USBV mit radioaktiver Beiladung sowie der Durchführung von ersten Maßnahmen zur Lageentschärfung unterstützen.

In diesem Teilvorhaben wurde an folgenden Arbeitszielen und Innovationen gearbeitet:

- Beiträge zur Entwicklung von Referenzszenarien und zur Ermittlung von Anforderungen für den Einsatz neuartiger robotischer KI-Assistenz in der Praxis, der KI-Assistenz zur Lageerkundung, zur mobilen Manipulation und neuer zugehöriger Bedienschnittstellen sowie neue Trainingskonzepte.
- Entwicklung neuartiger Demonstratoren für einen kleinen, wendigen Erkundungsroboter und einen (mittelgroßen) mobilen Manipulator mit modularer Sensornutzlast und KI-Assistenz sowie deren praxisnahe Erprobung in virtuellen und realen Szenarien.

Die Unterstützung der Einsatzkräfte in dieser Form durch KI-Basierte Verfahren bei akuten radiologischen Gefahrenlagen ist bislang nicht realisiert. Vergleichbare Demonstratoren zu den in KIARA umgesetzten Entwicklungen waren nicht bekannt. Für den mittelgroßen Manipulator wurde ein bestehender telemax Hybrid genutzt und um die notwendigen Fähigkeiten und Schnittstelle erweitert. Als Erkundungsroboter wurde eine parallel zum Projekt entwickelte Roboterplattform mit entsprechenden Schnittstellen ausgestattet.

## **Projektlauf und Ergebnisse**

Mit seiner langjährigen Erfahrung in fernbedienten Robotersystemen trug TELEROB wesentlich dazu bei, sicherzustellen, dass die erarbeiteten Projektergebnisse zukünftig sinnvoll weiterverwendet werden können. Gemeinsam mit allen Partnern wurde ein Anforderungskonzept für die Referenzszenarien erarbeitet und eine geeignete Simulationsplattform für den langfristigen Einsatz ausgewählt. Außerdem wurde zusammen mit dem DRZ ein Workshop zu Trainings- und Schulungskonzepten durchgeführt. Dadurch wird sichergestellt, dass die Schulungsbedarfe der Anwender durch das Trainings- und Schulungskonzept bedient werden und die in der Simulation erlernten Fähigkeiten in die Praxis übertragen werden können.

Der Hauptaufwand von TELEROB bestand in der Ermöglichung der Erprobung und Demonstration. Dies umfasste die Entwicklung einer kleinen, mobilen Erkundungsplattform mit modularer Nutzlast und der Integration der KI-Assistenzfunktionen in den telemax Hybrid (mobiler, mittelgroßer Manipulator).

Um die neuen KI-Assistenzfunktionen für autonome Manipulation, autonomes Fahren und autonomes Flippieren auf dem telemax umzusetzen war eine neue Schnittstelle notwendig, welches es ermöglicht alle

Achsen unabhängig und präzise anzusteuern. Zusammen mit TUDA wurden die Anforderungen an diese Schnittstelle definiert. Anschließend wurde die aktuelle Robotersoftware durch TELEROB erweitert um diese Autonomieschnittstelle bereit zu stellen. Außerdem wurde ein Softwarepaket entwickelt, welches die Projektpartner oder Kunden in ihre eigene Software integrieren können um die Schnittstelle zu nutzen. Ein weiteres Projektziel war die Bereitstellung der Bedienschnittstellen für die Assistenzfunktionen. TELEROB hat dazu die Software seiner Bedienstation Robo Command entsprechend erweitert, um prototypisch zu zeigen wie eine Integration in die Bedienschnittstelle eines professionell genutzten Systems erfolgen kann.

Parallel zum Projekt hat TELEROB einen kleinen, wendigen Erkundungsroboter entwickelt. Dieser wird mit den im Projekt entwickelten Schnittstellen ausgestattet. Er bietet durch seine modulare Sensornutzlast die Möglichkeit zukünftig schnell mit der entsprechenden Sensorik ausgestattet zu werden um eine rasche Bewertung der Lage in der zivilen Gefahrenabwehr zu ermöglichen. Allerdings konnte aus Zeitgründen keine Integration der Projektergebnisse durchgeführt werden. Die finale Evaluation wurde deswegen mit dem ANYmal der Firma Anybotics und zwei telemax durchgeführt (siehe Figure 1).



Figure 1: Demonstratoren für die finale Evaluation

Im Forschungsprojekt KIARA wurde die Grundlage geschaffen um darauf aufbauend und im Anschluss an das Projekt die deutschen Einsatzkräfte in ihrer wichtigen Arbeit zu unterstützen und dies dann auf den europäischen Markt auszuweiten. TELEROB möchte die entwickelte Autonomieschnittstelle und das Bedienkonzept zur Marktreife weiterentwickeln und mittelfristig als Zubehörmodul anbieten. Außerdem wird der parallel zum Projekt entwickelte Erkundungsroboter weiterentwickelt. Durch die modularen Schnittstellen und die modulare Sensornutzlast können die Ergebnisse aus dem Projekt im Anschluss auch auf diesem genutzt werden.

## **KI-Assistenz zur roboterunterstützten Aufklärung und Abwehr akuter radiologischer Gefahrenlagen**

### **Teilvorhaben: Analyse und Festlegung der Rahmenbedingungen Realisierung von Demonstratoren, Erprobung und Training der Anwender FKZ: 13N16278**

#### **Sachbericht zum Verwendungsnachweis Teil 2**

## **Aufgabenstellung und Zielsetzung**

Das Vorhaben KIARA adressiert "Schutz und Rettung von Menschen" durch die Abwehr von akuten lokalen Gefährdungslagen infolge der Umsetzung einer unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtung (USBV) mit radioaktiver Beiladung ("schmutzige Bombe"). Es werden daher modulare KI-Systeme für den Einsatz auf mobilen Robotersystemen entwickelt und evaluiert, die die kognitive Leistung der Einsatzkräfte in der schnellen Aufklärung von akuten Gefährdungslagen durch USBV mit radioaktiver Beiladung sowie der Durchführung von ersten Maßnahmen zur Lageentschärfung unterstützen.

Die Verwertbarkeit der Projektergebnisse in zukünftigen Produkten ist das wesentliche Ziel von TELEROB. Deswegen arbeitete TELEROB insbesondere an folgenden Themen:

- Beschreibung von Anforderungen und Referenzszenarien
- Schaffung von Schnittstellen zur Integration der Projektergebnisse in bestehende industrielle Roboter als Demonstrator
- Prototypische Integration der Assistenz- und Autonomiefunktionen in die Bedienschnittstelle
- Entwicklung eines neuartigen Demonstrators für einen kleinen, wendigen Erkundungsroboter
- Erprobung und Evaluation der Projektergebnisse

## **Geleisteten Projektarbeiten**

Die im Rahmen des Projekts durchgeführten Forschungsarbeiten sollten in einem realistischen Anwendungsszenario demonstriert und durch die Anwendungspartner evaluiert werden. Mit seiner langjährigen Erfahrung in fernbedienten Robotersystemen trug TELEROB wesentlich dazu bei, sicherzustellen, dass die erarbeiteten Anwendungs- und Trainingsszenarien realistische Anwendungsfälle abdecken. Die Anwendungs- und Trainingsszenarien wurden zusammen mit den Projektpartnern und den Anwendern in Workshops erarbeitet. Außerdem wurden die Anforderungen von TELEROB aus Sicht der industriellen Praxis beschrieben, um die praktische Relevanz und die Verwertbarkeit der Projektergebnisse für zukünftige Produkte zu erhöhen.

Der telemax Hybrid der Firma TELEROB wurde als Demonstrator im Projekt ausgewählt. Zur Umsetzung der Projektergebnisse war die unabhängigen Ansteuerung aller Gelenke notwendig. TELEROB hat eine Schnittstelle in die Robotersoftware integriert, welche es erlaubt, dass alle Gelenke des Manipulators, der Flipper und der Antriebe gleichzeitig und unabhängig voneinander angesteuert werden können. Zusätzlich wurden entsprechende Softwarepakete für ROS erzeugt, um die Schnittstelle in einer eigenen Applikation auf einem externen Rechner zu integrieren. Die prinzipielle Funktionsweise ist in Figure 1 dargestellt.

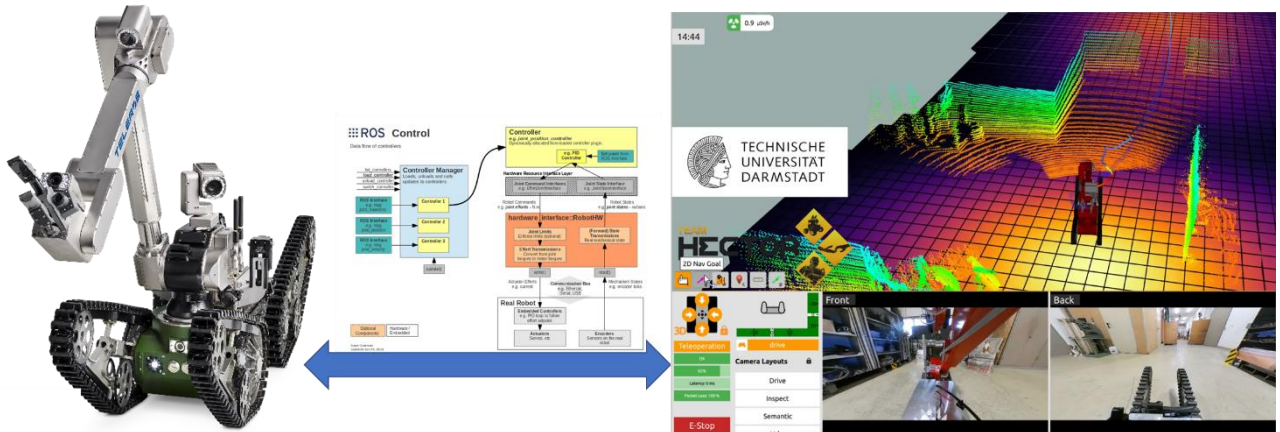


Figure 1: Schnittstelle zur Ansteuerung aller Gelenke, Bildquellen<sup>12</sup>

Ein wichtiges Forschungsfeld im Projekt war der Aufbau eines Lagebilds durch roboterbasierte, intelligente, autonome Explorationsfunktion mit 3D-Kartierung, radiologischer Ortsdosisleistung und die selbsttätige Unterstützung der Hotspot-Detektion. Um die prinzipielle Nutzbarkeit einer Strahlenkarte in industriellen Robotersystemen zu zeigen und die Projektergebnisse in realistischer Umgebung zu evaluieren wurde eine prototypische Integration einer Kartendarstellung in eine TELEROB Bedieneinheit realisiert. Dazu wurde der telemax prototypisch mit einem Autonomiemodul mit entsprechenden Schnittstellen und Sensoren ausgestattet und die Anzeige und Bedienung in die Robotersoftware integriert. Figure 2 zeigt einen Screenshot der Bedieneinheit mit Kartendarstellung.

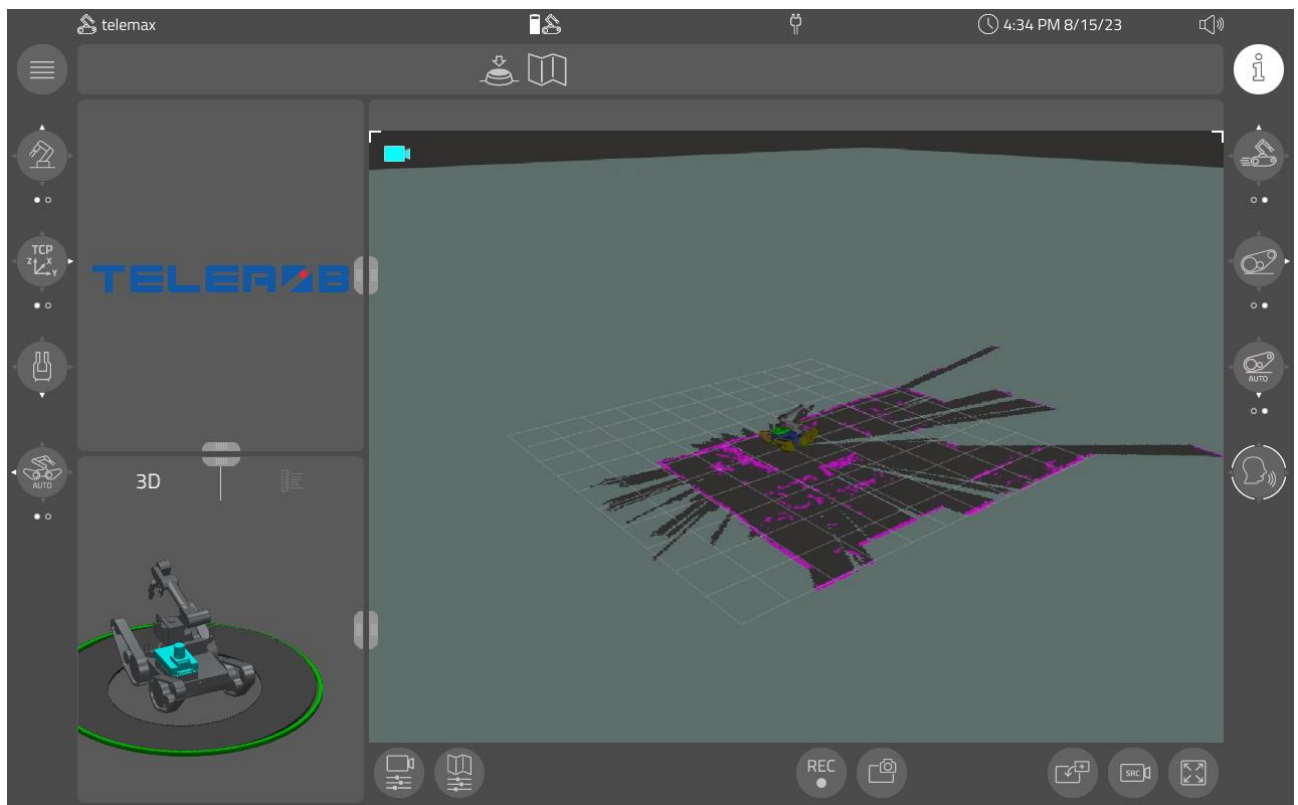


Figure 2: Prototypische Integration einer Kartendarstellung in die Bedieneinheit

TELEROB entwickelte begleitend zum Forschungsprojekt eine kleine mobile Erkundungsplattform. Diese wurde mit einer modularen Nutzlast-Schnittstelle ausgestattet, welche es einfach ermöglicht verschiedenen Nutzlasten und Sensoren zu verwenden. Diese Erkundungsplattform sollte ursprünglich als Demonstrator im Projekt eingesetzt werden. Der Aufbau der Prototypen nahm mehr Zeit in Anspruch als zu Projektbeginn geplant war, deswegen stand am Ende des Projekts kein einsatzfähiger Prototyp zur

<sup>1</sup> [https://wiki.ros.org/ros\\_control](https://wiki.ros.org/ros_control)

<sup>2</sup> Simulation, Systemoptimierung und Robotik – TU Darmstadt

Verfügung. Die Projektergebnisse wurden dadurch nicht negativ beeinflusst, da von Beginn an die Entwicklung auf einem alternativen System (ANYmal der Firma Anybotics) durchgeführt wurde. Auch die Erprobung und Evaluation konnte mit dem alternativen System durchgeführt werden. Die Ergebnisse, welche auf dem alternativen System entwickelt wurden, hätten am Projektende auf die von TELEROB entwickelte Plattform übertragen werden sollen. Eine Umsetzung der Projektergebnisse auf der von TELEROB entwickelten Roboterplattform konnte nicht durchgeführt werden. Allerdings können die Projektergebnisse auch nach Projektende durch die modulare Nutzlast-Schnittstelle auf der entwickelten Roboterplattform weiterverwendet werden.

Der überwiegende Anteil der Fördermittel der Firma TELEROB waren Personalkosten im Bereich der Entwicklung (vorwiegend Softwareentwicklung) um die notwendigen Schnittstellen zu schaffen und die Projektergebnisse in die Robotersysteme zu integrieren. Die Entwicklung des kleinen Erkundungsroboters wurde durch verschiedene Einflussfaktoren verlangsamt, sodass es nicht möglich war die Projektergebnisse auf diesem zu implementieren und zu testen. Die dafür geplanten Mittel für Material und Personal wurden deswegen nicht abgerufen, dadurch waren die tatsächlich abgerufenen Fördermittel geringer als bei der Antragsstellung geplant.

## Wissenschaftlicher und technischer Fortschritt, Verwertbarkeit der Ergebnisse, sowie Veröffentlichung der Ergebnisse

Die Unterstützung der Einsatzkräfte in dieser Form durch KI-Basierte Verfahren bei akuten radiologischen Gefahrenlagen ist bislang nicht realisiert. Vergleichbare Demonstratoren zu den in KIARA umgesetzten Entwicklungen sind nicht bekannt. Die aus diesem Vorhaben entstandenen neuen Schnittstellen und Funktionen, sowie das Autonomiemodul verschafft TELEROB einen deutlichen Wissen- und Technologievorsprung gegenüber internationalen Wettbewerbern.

Außerdem bietet die Rückmeldung der Anwender zu den im Förderprojekt entwickelten Ansätzen wichtige Ansatzpunkte für die weitere technische Entwicklung. Diese werden bei der Weiterentwicklung zu marktreifen Produkten von TELEROB berücksichtigt um einen möglichst großen Nutzen für die Anwender zu generieren.

TELEROB wird in den nächsten Jahren die Projektergebnisse in marktreife Produkte überführen. Ziel ist dabei sowohl bestehende, als auch neue Produkte um neue Fähigkeiten zu ergänzen. Damit können zukünftig sowohl bestehende, als auch neu entwickelte Robotersysteme mit Assistenz- und Autonomiefunktionen ausgestattet werden. Details zur geplanten Verwertung der Projektergebnisse sind in Teil 3 Erfolgskontrollbericht ausführlich beschrieben.

Gemeinsam mit den Projektpartnern wurden die Projektergebnisse auf der „IEEE International Workshop on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR)“<sup>3</sup> veröffentlicht.

---

<sup>3</sup> Daun, Kevin, et al. "A Holistic Concept on AI Assistance for Robot-Supported Reconnaissance and Mitigation of Acute Radiation Hazard Situations." 2024 IEEE International Symposium on Safety Security Rescue Robotics (SSRR). IEEE, 2024.