

Erweiterung der Softwarefunktionalität von TPR zum Einsatz in der Industrie

Sven Eichhorn¹, Georg Schmidt², Stefan Stüring², Rakshith Venepally²

¹ligenium GmbH, Chemnitz ²LSE Software & Engineering GmbH, Magdeburg

Zusammenfassung

Der Beitrag skizziert, wie durch Erweiterung der Softwarefunktionalität des Telepräsenzroboters (TPR) Ohmni eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit von TPR in der industriellen Praxis erreicht werden kann. Unter anderem wurden eine Objekterkennung, eine Protokollfunktion und Tutor-Funktion integriert.

1 Einleitung

Die Grundfunktionalitäten von TPR sind auf die ferngesteuerte Bewegung und eine Interaktion per Display des Fahrenden mit der Umgebung am Zielort reduziert [1, 2, 3, 4]. Um TPR besser im industriellen Umfeld zu nutzen, wurden Bedarfe und potenzielle Lösungsansätze für zusätzliche Funktionen gesammelt [1]. Dabei spielte die Perspektive eines Produzenten für Logistiklösungen bzw. Maschinenelemente und Maschinen in Holzbauweise – des Projektpartners ligenium GmbH – und dessen Kundschaft aus der Automobil- und Baubranche eine zentrale Rolle.

Aus der Vielfalt der Bedarfe werden nachfolgend ausgewählte Funktionen betrachtet, für die allein auf Basis von Softwareerweiterungen die Einsetzbarkeit von TPR in der Industrie verbessert werden kann. Es wurden Funktionen fokussiert, für die mit den Möglichkeiten des Projektteams prototypische Lösungen realisiert werden konnten.

Dabei handelt es sich, neben dem Softwaretreiber für eine Zeigefunktion, die in einem separaten Beitrag [5] beschrieben ist, um folgende Softwareerweiterungen:

1. automatisierte Objekterkennung,
2. digitaler Assistent für Qualitätsprozesse und
3. digitaler Assistent / Tutor für Montageaufgaben.

Die Bedarfsanalysen basieren auf 2022 bis 2024 durchgeführten Tests mit dem TPR Ohmni von Ohmnilabs. Für diesen TPR wurden auch die Demonstratoren entwickelt.

2 Objekterkennung

Mit der automatisierten Objekterkennung waren zwei Ziele verbunden:

- Sie sollte eine automatisierte Navigation ermöglichen, die Hindernisse im Fahrweg des TPR intelligent meidet, und die es erlaubt, dass der Roboter mit seiner Umgebung intelligent interagiert.
- Sie sollte mit einer Anonymisierung von Objekten und Menschen verknüpft werden können, um einen besseren Schutz von Persönlichkeitsrechten und Betriebsgeheimnissen zu gewährleisten.

Für die technische Umsetzung der automatischen Objekterkennung wurde das Konzept verfolgt, den Video-Call des TPR mit Hilfe der sogenannten YOLO-Technologie zu analysieren. YOLO ist ein erstmals von Redmon et al. [6] vorgestelltes Framework für Objekterkennungssysteme, das auf neuronalen Faltungsnetzen basiert und das die Wahrscheinlichkeit ermittelt, mit der sich ein Objekt zunächst in Vierecken eines regelmäßig über ein Bild gelegten Rasters und davon abgeleitet in Begrenzungsrechtecken (Bounding Boxes) befindet.

Ein YOLO-Netzwerk konnte erfolgreich auf dem TPR implementiert werden (vgl. Abbildung 1). Die funktionierende YOLO-Objekterkennung eröffnet die Möglichkeit, darauf aufbauend weitere der oben genannten Funktionalitäten zu realisieren. Im Rahmen des Projektes wurden dafür mögliche technische Konzepte eruiert, deren Umsetzung erfordert jedoch noch weitere Forschungsarbeit:

- Interaktion mit Hindernissen: Die YOLO-Objekterkennung könnte in Verbindung mit einem Lidar-Sensor eingesetzt werden, um es dem TPR zu ermöglichen, automatisch Hindernisse zu erkennen und zu umfahren. Ein Einsatzfall wäre das Erkennen von gesperrten Verkehrswegen: Wenn die Objekterkennung einen Verkehrsleitkegel, ein Absperrband oder ähnliches detektiert, meidet der TPR diesen Bereich und findet automatisiert eine Alternativroute. Eine Voraussetzung dafür wäre, dass die Software die Objekte und die Verhaltensalternativen durch eine entsprechende Programmierung oder ein Training kennt.
- Schutz von Persönlichkeitsrechten und Betriebsgeheimnissen: Mit einer ähnlichen Logik könnte eine Software die von dem YOLO-Netzwerk erkannten Objekte (und Personen) bezüglich ihrer Schutzwürdigkeit interpretieren und zum Beispiel automatisiert Unschärfefilter in den Video-Stream des TPR einfügen.

In beiden Fällen ist es zu empfehlen, die von dem YOLO-Netzwerk berechnete Wahrscheinlichkeit, dass sich ein Objekt in der Bounding Box befindet, bei der weiteren Interpretation und Ableitung von Handlungen spezifisch zu berücksichtigen: In Anwendungsfällen, in denen der Schutz von Persönlichkeitsrechten im Vordergrund steht, sollten auch mit geringer Wahrscheinlichkeit als Personen erkannte Bildausschnitte vorsorglich mit einem Unschärfefilter unkenntlich gemacht werden. Dagegen würde eine weiträumige und zeitaufwändige Umfahrung eines Hallenbereichs eher

erst dann initiiert werden, wenn das YOLO-Netzwerk mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Absperrungsobjekt erkannt hat.



Abbildung 1: Anwendung der YOLO-Objekterkennung auf dem Ohmni TPR

3 Digitaler Protokoll-Assistent

Marktverfügbare TPR unterstützen zwar die Kommunikation zwischen remote arbeitenden Expertinnen und Experten und Vor-Ort-Mitarbeitenden in Bild und Ton. Sobald diese Kommunikation oder sich daraus ergebende Handlungen jedoch dokumentiert bzw. protokolliert werden müssen, sind dafür zusätzliche Endgeräte bzw. Papier und Stift nötig. Protokolle sind in der Industrie zum Beispiel bei Abnahmen und anderen Prüfprozessen erforderlich. Solche Prüfprozesse stellen geeignete Anwendungsfälle für die Fernunterstützung durch TPR dar.

Daher wurde eine Software-Erweiterung zur Unterstützung der Protokollierung von Qualitätsprozessen entwickelt und getestet. Zu Grunde gelegt wurden beispielhaft Qualitätsprozesse der ligenium GmbH.

Die Umsetzung erfolgte als Android-App. Dies hat den Vorteil, dass die Anwendung – wie gewünscht – direkt auf dem TPR aber auch auf Mobiltelefonen laufen kann. Letztere stehen den Vor-Ort-Mitarbeitenden in den meisten Fällen zur Verfügung, während TPR eher nur punktuell im Einsatz sein werden.

Die App kann parallel zum Video-Call auf dem TPR eingesetzt werden und ermöglicht die papierlose Dokumentation der durchgeführten Arbeiten in einem speziell für die Arbeitsaufgabe zugeschnittenen Protokoll. Das Protokoll ist sowohl durch den Remote-Experten oder die Remote-Expertin als auch durch die Vor-Ort-Mitarbeitenden

editierbar. Per Cloud werden die Daten synchron gehalten. Das Protokoll ist individuell anpassbar und kann für Prüfungen bei verschiedenen Montage-, Wartungs- bzw. Reparaturprozessen bearbeitet werden (vgl. Abbildung 3).

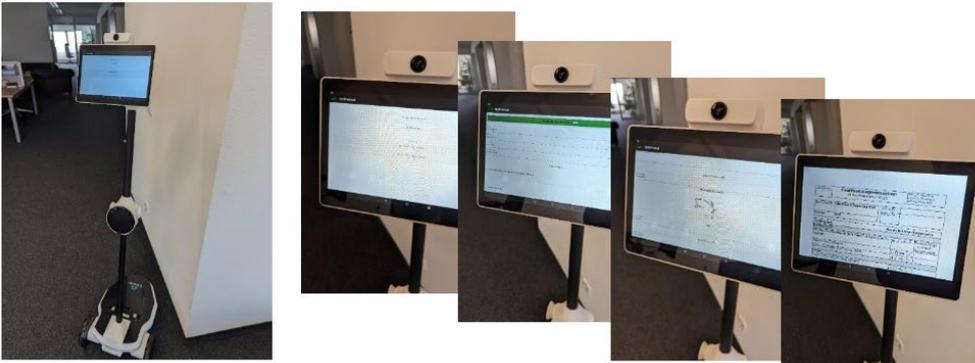
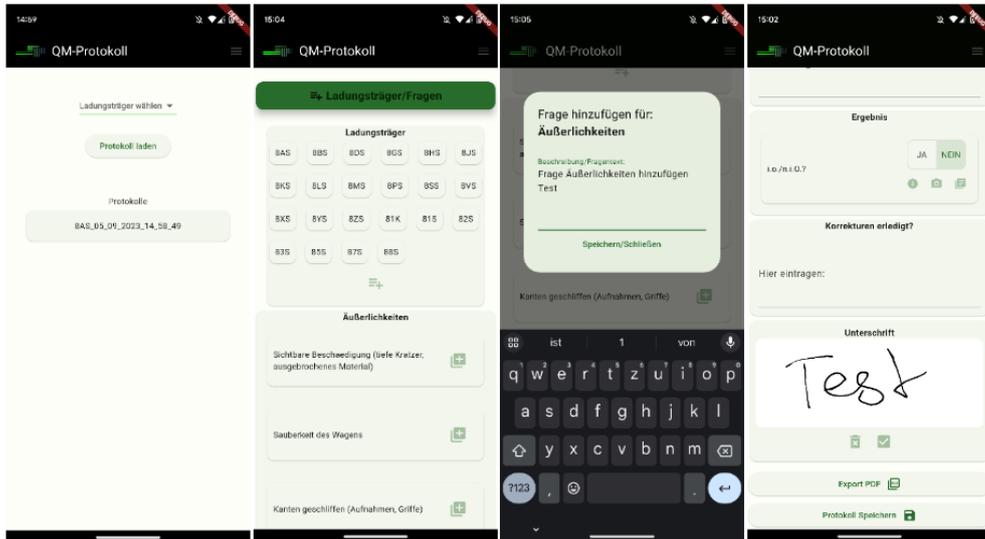


Abbildung 2: QM-App für Android auf dem Mobiltelefon und dem Ohmni TPR

Der Protokoll-Assistent bzw. die App sind für folgende Szenarien nutzbar:

Szenario A: Die Remote-Fachkraft unterstützt in Vorbereitung und /oder während des QM-Prozesses durch die Erstellung und Vorgabe des Protokolls, welches von der vor Ort arbeitenden Person genutzt und abgearbeitet wird. Das Protokoll wird auf dem TPR oder dem Mobiltelefon bereitgestellt und schrittweise ausgefüllt.

Szenario B: Die Remote-Fachkraft und die vor Ort arbeitende Person interagieren und kommunizieren mit TPR und ggf. dem Mobiltelefon live, um schnelle Anpassungen am Protokoll gemeinsam durchzuführen.

Szenario C: Die vor Ort arbeitende Person generiert das Protokoll nach vorhandener, abgeänderter Sachlage selbst und aktualisiert damit das Wissen der Remote-Fachkraft.

Szenario A und B können durch nachfolgend beschriebene Assembly Tutor Web-App bereichert werden.

4 Assembly Tutor

Ähnlich wie beim oben beschriebenen Protokoll-Assistent treten bei der Fernunterstützung von Montage-, Wartungs- und Reparaturaufgaben auch Situationen auf, in denen der Video-Call des TPR allein nicht hinreichend geeignet erscheint. Vielmehr wären schrittweise Anleitungen mit Bildunterstützung, Checklisten und ähnlichem wünschenswert. Dazu wurde prototypisch eine Assembly Tutor Web-App entwickelt.

Das Anwendungsszenario ist, dass bisher ungeschultes Vor-Ort-Personal durch den Remote-Experten oder eine Remote-Expertin befähigt wird, unbekannte Montageaufgaben inklusive nahtloser Dokumentation der durchgeführten Arbeiten durchzuführen. Für die Protokollierung ist oben dargestellte Protokoll-App nutzbar. Für den Assembly Tutor wird die Arbeitsfolge in Vorbereitung der Fernunterstützung auf Basis vorhandener CAD-Daten und der Fachexpertise erstellt und vor Ort „nur“ abgerufen – als Ergänzung und zur besseren Erklärung im Video-Call oder auch unabhängig vom Video-Call für ein Selbststudium. Die webbasierte Tutor-App kann auf jedem Gerät mit Browser ausgeführt werden.

Abbildung 4 zeigt aus CAD-Daten generierte Szenen, die für den Assembly Tutor App verfügbar gemacht wurden.



Abbildung 3: CAD-basierte Szenen für die Assembly Tutor Web-App am Beispiel des Ladungsträgers 8GS der ligenium GmbH

Abbildung 5 zeigt einen Auszug aus einem Workflow mit verschiedenen Funktionalitäten der Assembly Tutor Web-App.



Abbildung 4: Assembly Tutor Web-App – Auszug aus einem Workflow am Beispiel des Ladungsträgers 8GS der ligenium GmbH und ausgewählte Funktionalitäten

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die beschriebenen Erweiterungen der Softwarefunktionalität des TPR ermöglichen in Summe eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit und der Nutzungserfahrung in der industriellen Praxis. Der TPR wird mehr zum digitalen Helfer.

Aus der automatischen Objekterkennung resultiert eine verbesserte Navigation und ein verbesserter Datenschutz. Der Protokoll-Assistent für Qualitätsbelange erweitert – mit und ohne die Lernumgebung (webbasierte Tutor-App) – die Einsatzmöglichkeiten und steigert die Reaktions-Geschwindigkeit der Mitarbeitenden vor Ort.

Zukünftig ist es wichtig, die Hardware des TPR in Symbiose mit der vorgeschlagenen Software gezielt weiter zu entwickeln, um den digitalen Helfer weiter für seine angedachten Aufgaben zu qualifizieren.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Fachprogramm „Zukunft der Wertschöpfung“ und der Fördermaßnahme „Innovative Arbeitswelten im Mittelstand“ im Projekt PraeRI (Förderkennzeichen 02L21B000-4) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Eichhorn, E., Schnabel, F., Heinicker, T., Rudolph, G. (2025). Chancen und Grenzen von Telepräsenzrobotern in der Industrie aus Anwendersicht. In: Bullinger-Hoffmann, A.C. (2025). Telepräsenzte Fernunterstützung in der Industrie. aw&I – Wissenschaft und Praxis.
- [2] Birke, J. et al. (2023) Entwicklung eines Erprobungskonzeptes für den Einsatz von Telepräsenzrobotern GfA, Sankt Augustin (Hrsg.): Frühjahrskongress 2023, Hannover B.6.2 Nachhaltig Arbeiten und Lernen - Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse
- [3] Hernandez, F., Birke, J., Bullinger, A.C. (2023). The Tribid-Meeting-Setup – Improving Hybrid Meetings Using a Telepresence Robot. In: Streitz, N.A., Konomi, S. (eds) Distributed, Ambient and Pervasive Interactions. HCII 2023. Lecture Notes in Computer Science, vol 14037. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34609-5_2
- [4] Hernandez, R., Rueffert, D., Hoffmann, H., Bullinger, A.C. (2024): Vom Pixel zur Präsenz Ferninteraktion mit Telepräsenzrobotern Industry 4.0 SciencenAusgaben40. Jahrgang, 2024, Ausgabe 5, Seite 18-25 <https://doi.org/10.30844/I4SD.24.5.186>
- [5] Venepally, R., Hernandez, F., Ruffert, D. (2025). Kannst Du mir das zeigen? Entwicklung und Evaluation einer Zeigefunktion für einen TPR. In: Bullinger-Hoffmann, A.C. (2025). Telepräsenzte Fernunterstützung in der Industrie. aw&I – Wissenschaft und Praxis.
- [6] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. <https://arxiv.org/abs/1506.02640>

Autoren



Eichhorn, Sven

Dr.-Ing. Sven Eichhorn beschäftigt sich seit 2005 mit dem vorteilhaften Einsatz von Holz im Maschinenbau. Er hat 2018 die ligenium GmbH mitgeründet und ist seit 2024 Leiter des Bereiches Forschung und Technologie bei ligenium.

Schmidt, Georg

Georg Schmidt hat seine Masterarbeit in Zusammenarbeit mit der LS Software & Engineering GmbH erarbeitet und war seit 2023 im Projekt mit der APP-Entwicklung betraut.

Stüring, Stefan

Stefan Stüring arbeitet seit mehr als 20 Jahren im Bereich Simulation und Visualisierung für Anwendungen in der Produktion und hat 2020 die LS Software & Engineering GmbH als SpinOff aus der LIVINGSOLIDS GmbH gegründet. Das Unternehmen beschäftigt sich mit der Entwicklung innovativer Visualisierungs- und Simulationslösungen für produzierende Unternehmen.



Venepally, Rakshith

Rakshith Venepally studierte Maschinenbau in Indien und schloss 2024 sein Masterstudium in Digital Engineering an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg ab. Seit 2022 arbeitet er bei LS Software & Engineering GmbH mit den Schwerpunkten Visualisierung, Digital Twins und einer Masterarbeit über die Erweiterung eines Telepräsenzroboters.