

# Chancen und Grenzen von Telepräsenzrobotern in der Industrie aus Anwendersicht

Sven Eichhorn<sup>1</sup>, Florian Schnabel<sup>2</sup>, Tom Heinicker<sup>2</sup>, Georg Rudolph<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ligenium GmbH, Chemnitz

<sup>2</sup>HLS Robotic Automation GmbH, Meerane

## Zusammenfassung

Aufbauend auf einer Darstellung der Chancen und Grenzen des Einsatzes aktueller Telepräsenzroboter (TPR) im industriellen Umfeld werden Lösungsvorschläge unterbreitet, mit deren Hilfe die Einsatzbereiche von TPR in der Industrie erweitert werden können.

## 1 Einleitung

TPR sind technische Systeme, die über das Internet durch TPR-Fahrende aus der Ferne und nahezu in Echtzeit gesteuert werden [1, 2, 3]. Dadurch wird eine aktive Teilnahme am „Hier und Jetzt“ möglich, ohne direkt vor Ort zu sein. Der Begriff „Roboter“ verleitet zur Annahme, dass eine mannigfaltige Interaktion mit der Umgebung möglich ist. De facto beschränken sich verfügbare TRP allerdings auf Funktionen eines „fahrbaren Tablets“ – bei einigen Modellen mit einer „Ablage für leichtes Transportgut“. Anwendungen liegen z. B. in der Pflege, im Krankenhaus oder in Bürobereichen.

Der Frage, welche Chancen und Grenzen sich für TPR im industriellen Umfeld ergeben, wird nachfolgend aus Sicht eines Systemintegrators für Industrieroboter (HLS Robotic Automation GmbH) und eines Produzenten für Logistiklösungen bzw. Maschinenelemente in Holzbauweise (ligenium GmbH) sowie deren Kundschaft aus Automobil- und Baubranche nachgegangen. Grundlage sind Tests mit den TPR Ohmni von Ohmnilabs und Double 3 von Double Robotics, die im Zeitraum 2022 bis 2024 im Projekt PraeRI erfolgten.

## 2 Chancen und Grenzen

### 2.1 Chancen

Grundlegend geht es bei den Chancen darum, Expertinnen und Experten oder Personen mit Entscheidungsbefugnis nicht mehr auf langwierige und kostspielige Geschäftsreisen zu schicken, sondern sie per TPR „just in time“ an entfernten Orten einsetzen zu können. Dadurch können sie in kürzerer Zeit verschiedenste Aufgaben wahrnehmen. Die Reisezeit verkürzt sich auf die Verbindungsdauer des TPR-Fahrenden zum Roboter. Der Mehrwert des TPR zur etablierten Videokonferenz besteht dabei in dessen Interaktionsfähigkeit. Der TPR-Fahrende kann sich autonom, d. h. theoretisch ohne Hilfestellung vor Ort, bewegen – soweit der TPR bereits am richtigen Ort ist.

Darauf aufbauend ergeben sich Vorteile wie

- Minimierung von Reisezeiten und -kosten,
- Erhöhung der Produktivität durch beschleunigten Projektablauf,
- parallele Betreuung von Projekten,
- schnelles, bedarfsweises Zuschalten von Fachkräften (z. B. bei Reparatur, Wartung- und Montagearbeiten),
- Durchführung von Schulungen und Monitoring-Aufgaben aus der Ferne,
- bessere Vereinbarkeit von Beruf und Privatem und
- Reduktion von reisebedingten Klimagas-Emissionen.

Als Vision des Einsatzes von TPR in der Industrie kann angesehen werden, dass der TPR eine speziell benötigte fachkundige und helfende Person vor Ort per Anruf ersetzen kann. Aus dieser hohen Erwartung ergibt sich eine lange Wunschliste an zusätzlichen Fähigkeiten und Funktionen von TPR-Lösungen für den industriellen Einsatz, da marktverfügbare TPR schnell an Grenzen stoßen.

### 2.2 Grenzen

Folgende Punkte begrenzen den Einsatz der marktverfügbaren TPR in der Industrie sehr deutlich.

#### 1 Mangelnde Robustheit des TPR

##### 1.1 Mangelhafte Fahreigenschaften bei Barrieren

##### 1.2 Mangelhafter Schutz vor Verschmutzung, Vandalismus, Diebstahl

Die getesteten TPR sind für „Büroumgebungen“ konzipiert. Eine robuste Nutzung im Umfeld einer Fertigung oder Montageumgebung ist hinsichtlich der Fahrbarkeit bei Bodenunebenheiten, Schwellen, Kabeln und Schläuchen eingeschränkt. Aus der Erfahrung im Umgang mit Transport- und Transporthilfsmitteln sowie mit anderen Betriebsmitteln in der Industrie hielten die Praktiker, die die TPR testeten, auch den Schutz vor Verschmutzungen und anderer Einwirkungen als zu gering.

## 2 Fehlende oder eingeschränkte nutzbare Schnittstellen für Datenübertragung

Durch fehlende oder nicht offen zugängliche Schnittstellen ist eine zeitgemäße Kommunikation mit anderen Geräten nicht oder nur eingeschränkt möglich. Das Videobild lässt sich nicht ohne Weiteres auf andere Monitore oder Beamer duplizieren. Falls in einer lauten Umgebung der Ton auf Kopfhörer übertragen werden soll, ist nicht mit allen TPR-Modellen eine einfache Kopplung per Bluetooth möglich.

## 3 Fehlende Funktionen

### 3.1 keine oder beschränkte Transportfunktion

### 3.2 fehlende Aktorik

### 3.3 fehlende Möglichkeit, die Sichtbarkeit des TPR in Gefahrensituationen zu erhöhen

### 3.4 fehlende, sichere Verwahrmöglichkeit bei Langzeiteinsatz

Die Personen, die in den Tests mit den TPR interagierten, äußerten wiederholt Wünsche nach zusätzlichen Funktionen. Mitarbeitende vor Ort konnten sich vorstellen, dass der TPR auch Arbeitsmittel transportiert und ggf. als „hilfende“ Hand unterstützt. TPR-Fahrende wünschten sich eine verbesserte Interaktion, indem sie vor Ort etwas zeigen oder sogar bedienen können. Wenn sich die Test-Nutzenden vorstellen sollten, den TPR längere Zeit bei einem Kunden oder einer Kundin einzusetzen, kam auch die Frage auf, wie der TPR, wenn er nicht genutzt wird, z. B. in einer Werkhalle sicher verwahrt werden kann.

## 4 Mangelnde Bildqualität

### 4.1 mangelhafte Bildqualität/Auflösung der Kamera für Detailansichten

### 4.2 schlechte Bildqualität am Display bei schwierigen Lichtverhältnissen

Während der Tests gab es immer wieder Herausforderungen mit der Bildqualität – vor allem wenn die Umgebung nicht nur für das sichere Fahren des TPR, sondern auch für andere Zwecke observiert werden musste, z. B. um in Prüfprozessen kleine Details wie Schrift oder Schrauben zu erkennen. Weitere Herausforderungen stellen sich bei ungünstigen Lichtverhältnissen, etwa durch Schattenwürfe, Blendung und ungleichmäßige Belichtung/Beleuchtung.

## 5 Schlechte Verbindungsqualität

Grundsätzlich benötigt der TPR zum Fahren und für den Video-Call eine permanent stabile Internetverbindung mit angemessener Bandbreite. Die Erprobungen bei den Anwendungspartnern und bei deren Kundinnen und Kunden zeigten, dass diese Konnektivität nicht an allen Standorten gegeben ist. Das lag teils an der lokalen Verfügbarkeit des Internets (im ländlichen Raum), aber auch an der jeweiligen innerbetrieblichen WLAN-Ausleuchtung. Die Probleme verschärfen sich, wenn die Bandbreite der Internetverbindung durch Zusatzfunktionen beansprucht wird – etwa durch eine zusätzliche Satelliten-Kamera. Diese wurde genutzt, um für Inspektionszwecke Details an Maschinen und Ausrüstungen aufzunehmen, die von der im TPR integrierten Kamera nicht erfasst werden konnten, da sie sich z. B. in Bodennähe oder in verdeckten Positionen befanden. Bei schlechter Internetverbindung und Betrieb der Zusatzkamera verringert sich die Bildqualität des Video-Calls drastisch.

## 6 Mangelhafte Daten- und Informationssicherheit

### 6.1 Sicherheitsprobleme aufgrund Kamerafunktion

#### 6.1.1 Geheimhaltung (z. B. Betriebsgeheimnisse)

#### 6.1.2 Persönlichkeitsrechte (z. B. Recht am eigenen Bild)

### 6.2 IT-Sicherheitsprobleme

Das Thema Daten- und Informationssicherheit bzw. informelle Selbstbestimmung ist beim Einsatz von TPR auf Grund der über das Internet übertragenen Videodaten und die standardmäßig über die Server der TPR-Hersteller laufenden Verbindungen herausfordernd, weil damit gesetzliche Anforderungen und Normen nicht oder nur unsicher eingehalten werden. In Gesprächen mit Kundinnen und Kunden aus der Automobil- und Automobilzuliefererindustrie wurde deutlich, dass dabei die Branchennorm Trusted Information Security Assessment Exchange (TISAX) gegenüber gesetzlichen Vorschriften und der internationale Norm ISO/IEC 27001 zu Informationssicherheits-Management-Systemen noch einmal verschärfte Anforderungen stellt. Außerdem besteht eine hohe Sensibilität von Betriebsräten, die Persönlichkeitsrechte von Beschäftigten zu schützen.

### 3 Lösungsansätze

Die übergeordneten Zielstellungen für die Ausführung eines TPR zum vorteilhaften Einsatz in der Industrieanwendung sind

- eine robustere Bauweise,
- passende Schnittstellen und Funktionen, mit denen Mehrwerte geschaffen werden können, sowie
- eine niedrige Integrationsschwelle in vorhandene sicherheitsgerechte IT-Infrastrukturen sowie der datenschutzgerechte Betrieb.

Für die einzelnen Herausforderungen existieren folgende Lösungsmöglichkeiten:

#### 1 Mangelnde Robustheit des TPR

##### 1.1 Mangelhafte Fahreigenschaften bei Barrieren

##### 1.2 Mangelhafter Schutz vor Verschmutzung, Vandalismus, Diebstahl

Das Fahrwerk und Chassis sollten – vergleichbar zu fahrerlosen Transportsystemen – robuster, aber trotzdem leicht, ausgeführt werden, um einen langlebigeren, stoßunempfindlicheren und verschmutzungsresistenten Betrieb zu ermöglichen. Ein besonderer Fokus liegt auf dem An- oder Überfahren von Kanten bzw. Schwellen mit größeren und stabileren Rädern, dem Schutz bei Kontakt mit anderen Fahrzeugen der Intralogistik (z. B. Stapler) und einer gewissen „Geländegängigkeit“ (z. B. bei Baustellenzustand, unebener Boden). Eine geschlossene, in sich stabile, aber federnde Struktur sollte die Elektronik vor äußeren dynamischen Einflüssen und Medien schützen und einen gewissen Abnutzungsvorrat gegenüber Vandalismus bieten.

#### 2 Fehlende Schnittstellen für Datenübertragung

In Verbindung und als Voraussetzung für Punkt 3 werden zusätzliche oder, bei einigen TPR-Ausführungen, auch nur einfacher zugängliche Schnittstellen für die Datenübertragung benötigt. Prioritär erscheinen folgende Schnittstellen für folgende Funktionen:

- einfach zu aktivierendes Bluetooth zur Verbindung mit Kopfhörern und anderen Endgeräten,
- einfach und frei wählbare Art der Internetverbindung (verschiedene WLAN und Mobilfunknetze),
- HDMI, Display-Port oder frei auswählbares WLAN, um einen weiteren Videoausgang (z. B. Monitor, Beamer) nutzen zu können.

### 3 Fehlende Funktionen

#### 3.1 keine oder beschränkte Transportfunktion

Gerade bei Montage- bzw. Wartungseinsätzen bietet sich eine Erweiterung von TPR zu mobilen Serviceplattformen an, die auch nennenswerte Lasten (z. B. Werkzeuge, Prüfmittel, Material, ca. 100 kg) transportieren können. Die Serviceplattform wird somit zu einem mitfahrenden, ggf. sogar „handreichenden“ (s. u.) Helfer oder wahlweise zu einem mit Expertise unterstützenden „TPR-Kollegen“. Zusätzlich wäre für die Serviceplattform auch die Integration von Software-Assistenten wie dem in [5] vorgestellten Protokoll-Assistent und Assembly-Tutor hilfreich.

#### 3.2 fehlende Aktorik

Um die derzeit fehlende Aktorik des TPR zu adressieren, können zwei Lösungsansätze verfolgt werden:

Der TPR kann mit zusätzlicher *eigener* Aktorik ausgestattet werden. Hierfür ist der in [4] beschriebene Laserpointer für eine optische Zeigefunktion prioritär. Er erlaubt eine natürlichere Kommunikation, indem der TPR-Fahrende der Person vor Ort etwas zeigen kann. Darauf aufbauend sind Lösungen zur haptischen Interaktion (z. B. mit Aufzug-Ruftaste, Türklinken, Not-Aus-Schalter) und Manipulatoren und/oder Greifer wünschenswert, die einer „helfenden“ Hand nahekommen. Solche von einem Menschen gesteuerten Roboterarme werden bereits in der Reha-Technik eingesetzt.

Der TPR kann in die Lage versetzt werden, *fremde* Aktoren anderer Systeme – insbesondere der Gebäudetechnik – anzusteuern. Dies wurde prototypisch für die Ansteuerung von Automatik-Türen über einen KNX-Bus umgesetzt [6].

#### 3.3 fehlende Möglichkeit, die Sichtbarkeit des TPR in Gefahrensituationen zu erhöhen

TPR könnten über Warnleuchten und ggf. akustisch ihre Position, das Aktivitätslevel und den Zustand des TPR anzeigen. Dies erscheint besonders beim Einsatz in Hallen mit Staplerverkehr von Bedeutung.

#### 3.4 fehlende, sichere Verwahrmöglichkeit bei Langzeiteinsatz

Der TPR kann in den Zeiten, in denen er nicht aktiv genutzt wird, durch eine Verriegelung in der Ladestation bzw. durch eine mobile, aber stabile Umhauung („Garage“, Shelter) geschützt werden. Die Ladestation oder die Umhauung sollte durch ein Bügelschloss oder eine Kette mit einer festen baulichen Einrichtung (z. B. Geländer, Stütze, Regal) verbunden werden.

## 4 Mangelnde Bildqualität

### 4.1 mangelhafte Bildqualität/Auflösung der Kamera für Detailansichten

Durch eine Kombination aus einer (Haupt-)Kamera mit besserer Auflösung und einer zusätzlichen, externen, zuschaltbaren Satelliten-Kamera, die von der vor Ort befindlichen Person von Hand positioniert werden kann, können die Anforderungen an die Bildqualität adäquat erfüllt werden. Die Satellitenkamera wurde im Projekt experimentell erprobt und die Machbarkeit nachgewiesen. Jedoch ist die softwareseitige Integration zur Steuerung der Kamera durch den TPR-Fahrenden zu verbessern.

### 4.2 schlechte Bildqualität am Display bei schwierigen Lichtverhältnissen

Eine durch den TPR-Fahrenden zuschaltbare Beleuchtung durch LED-Ringe oder verteilt auf mehrere, bewegliche Strahler (vgl. Laserpointer [4]) könnte dazu beitragen, die Ausleuchtung des von der Kamera erfassten Bereichs unabhängig von den Umgebungsbedingungen zu verbessern.

## 5 Schlechte Verbindungsqualität

Der TPR sollte die notwendige Konnektivität vorzugsweise „mitbringen“, um im Zweifel von der IT-Infrastruktur des Anwendungsortes unabhängig zu sein. Dazu sollte ein eigener mobiler WLAN-Hotspot, idealerweise mit mehreren SIM-Steckplätzen für Karten verschiedener Mobilfunkanbieter, zum Einsatz kommen.

## 6 Mangelhafte Daten- und Informationssicherheit

### 6.1 Sicherheitsprobleme aufgrund Kamerafunktion

#### 6.1.1 Geheimhaltung (z. B. Betriebsgeheimnisse)

#### 6.1.2 Persönlichkeitsrechte (z. B. Recht am eigenen Bild)

### 6.2 IT-Sicherheitsprobleme aufgrund Datenübertragung per Internet und Datenspeicherung auf Servern des TPR-Herstellers bzw. in der Cloud

Für die Verbesserung der Informationssicherheit und die formale Absicherung der Konformität sind mehrere Lösungsansätze zu verfolgen.

Die TPR-Hersteller selbst müssen die DSGVO-Konformität sicherstellen. Das erfordert u. a. mindestens ein Hosting in Europa. Darüber hinaus sollten die TPR-Hersteller das Self-hosting von TPR durch die Käufer/Betreiber erleichtern.

In und zwischen Organisationen, in denen der TPR zum Einsatz kommt, sind mindestens folgende Vereinbarungen zu empfehlen:

- Einverständniserklärung aller Personen, die im Kamerabild erscheinen könnten, dass ihr Bild für den Zweck des TPR-Einsatzes übertragen werden darf,
- Einverständniserklärung der Organisation, in der der TPR-Einsatz erfolgt (ggf. mit Spezifizierung örtlicher Einsatzbereiche) und in Verbindung mit
- Geheimhaltungs-Vereinbarung (ggf. mit Spezifizierung zur Art der Datenübertragung und Datenspeicherung).

Sofern der TPR in der Konstellation zum Einsatz kommt, dass Mitarbeitende eines Ausrüsters/Dienstleisters den TPR bei einem Kunden oder einer Kundin fährt, wäre folgende Option interessant: Der Kunde bzw. die Kundin – insbesondere, wenn es sich um ein größeres Unternehmen handelt, dass viele Ausrüster/Dienstleister beauftragt – beschafft und hostet einen bzw. mehrere TPR selbst und betreibt diese sicherheitskonform in der eigenen IT-Infrastruktur. Der TPR wird dann externen Dienstleistenden gegen Entgelt oder im Rahmen von vertraglichen Vereinbarungen bedarfsweise zur Verfügung gestellt.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

TPR bieten in der Industrie gerade in Kooperationen zwischen Ausrüstern, Dienstleistenden und Anlagenbetreibern ein hohes Potenzial, durch eine telepräsenste Fernunterstützung an Reaktionsschnelligkeit zu gewinnen und Geschäftsreisen einzusparen. Akteure aus der Praxis, die im Projekt PraeRI marktverfügbare TPR getestet haben, bestätigen das Potenziale.

Gleichzeitig wurde in den Tests sichtbar, dass die verfügbaren TPR über die Anwendung als „Besprechungsroboter“ hinaus im industriellen Umfeld nur beschränkt eingesetzt werden können. Konkrete Einsatzgrenzen wurden identifiziert und Lösungsansätze vorgeschlagen. Erste Softwareanpassungen und Funktionserweiterungen sind im Rahmen des Projektes bereits erfolgt und in [4, 5, 6] beschrieben.

TPR-Hersteller sollten die Vorschläge und prototypischen Lösungen aufgreifen und in marktfähige Produkte umsetzen.

*Die Forschungs- und Entwicklungsarbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Fachprogramm „Zukunft der Wertschöpfung“ und der Fördermaßnahme „Innovative Arbeitswelten im Mittelstand“ in den Projekten PraeRI (Förderkennzeichen 02L21B000-4) sowie TeleInteraction-XR (Förderkennzeichen 02L21B550-4) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt bei den Autoren.*

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Birke 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
- [2] 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](https://doi.org/10.1007/978-3-031-34609-5_2)
- [3] Hernandez, F., Ruffert, D., Hoffmann, H., Bullinger, A.C. (2024). Vom Pixel zur Präsenz - Ferninteraktion mit Telepräsenzrobotern. Industry 4.0 Science, Bd. 2024, Nr. 5, Sep. 2024, doi: 10.30844/I4SD.24.5.18.
- [4] 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.
- [5] Eichhorn, E., Schmidt, G., Stüring, S., Venepally, R. (2025). Erweiterung der Softwarefunktionalität von TPR zum Einsatz in der Industrie. In: Bullinger-Hoffmann, A.C. (2025). Telepräsenzte Fernunterstützung in der Industrie. aw&I – Wissenschaft und Praxis.
- [6] von Lonski, N. (2025). Roboter öffnen Türen – Neue Wege der Telepräsenz. In: Bullinger-Hoffmann, A.C. (2025). Telepräsenzte Fernunterstützung in der Industrie. aw&I – Wissenschaft und Praxis.

### 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.



#### Georg Rudolph

Georg Rudolph arbeitet zwischen 2020 und 2024 als Leiter der Robotic Automation GmbH. In dieser Zeit war er als Projektkoordinator maßgeblich am Forschungsprojekt PraeRI beteiligt. Nun ist er als Geschäftsführer für die Autania Services GmbH im Bereich Fertigung elektrischer Schaltanlagen tätig.



### Tom Heinicker

Tom Heinicker arbeitet zwischen 2020 und 2024 als Projektleiter von Automatisierungsprojekten für die HLS Robotic Automation GmbH. Im Forschungsprojekt PraeRI leitet er die Erprobungen im industriellen Umfeld.



### Florian Schnabel

Florian Schnabel arbeitet seit 2023 für die HLS Robotic Automation GmbH. Er ist für die Abwicklung von Automatisierungsprojekten als Projektleiter verantwortlich. Im Rahmen des Forschungsprojektes PraeRI hat er seine Diplomarbeit zum Thema Telepräsenzroboter geschrieben.