

# Bitte folge mir – Steuerung eines TPR über Gesten

Florian Schnabel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>HLS Automation and Robotic GmbH

## Zusammenfassung

Telepräsenzroboter zeichnen sich dadurch aus, dass sie von einem Nutzer aus der Ferne über das Internet gesteuert werden. Da jedoch auch ein Bedarf besteht, Telepräsenzroboter an ihrem Einsatzort von lokalen Nutzern steuern zu können, wurde für ausgewählte Fahrfunktionen eine Gestensteuerung entwickelt und deren Funktionsfähigkeit nachgewiesen.

## 1 Einleitung

Telepräsenzroboter (TPR) zeichnen sich dadurch aus, dass sie, anders als herkömmliche Videokonferenzsysteme, von dem Nutzenden aus der Ferne (TPR-Fahrender) autonom gesteuert werden können: Die Person, die den TPR steuert kann den TPR zur von ihr gewünschten Positionen im Raum fahren, die Orientierung im Raum ändern und – je nach Modell – die Positionshöhe und Ausrichtung der Kamera sowie den Zoomfaktor anpassen.

Die Person, die vor Ort mit dem TPR interagiert, hat diese Interaktionsmöglichkeiten bei den marktverfügbaren TPR nicht. Sie kann den TPR bestenfalls heben oder tragen, um ihn beispielsweise an eine Position zu bringen, die der TPR-Fahrende nicht kennt, die ihm nur schwer zu beschreiben oder zu zeigen ist oder zu der er nur mit Aufwand navigieren kann (z. B. durch schmale Passagen).

In solchen Fällen wäre es vorteilhaft, wenn die Person vor Ort dem TPR auch direkt Instruktionen wie „Stopp“, „Start“ oder „Folge mir“ erteilen kann. Damit dafür keine zusätzlichen Endgeräte nötig werden und die mit dem TPR-Einsatz angestrebte intuitive Interaktionsweise erhalten bleibt, bietet sich hierfür eine Gestensteuerung an. Eine solche Gestensteuerung wurde im Projekt PraeRI für den TPR Double 3 prototypisch entwickelt.

## 2 Umsetzung und Demonstrator

### **Konzept**

Die Steuerung des TPR soll durch die Detektion spezifischer Handgesten erfolgen. Dazu soll das Kamerasignal des Roboters analysiert werden, um die Position und Bewegungen der Hand des Nutzens vor Ort zu interpretieren. Die daraus abgeleiteten Gesten sollen in Fahr- und Bedienbefehle umgewandelt werden, die über die Steuerschnittstellen des Roboters ausgeführt werden.

### **Technische Rahmenbedingungen**

Der TPR Double 3 bietet keine Möglichkeit, Software direkt auf dem Gerät zu installieren. Es existieren weder Hard- noch Software-Schnittstellen, die einen Zugriff auf interne Steuerungsmechanismen oder Signale ermöglichen. Einzig die Nutzung des vom Hersteller bereitgestellten Webinterfaces des TPR ist möglich. Über dieses Interface steuert der TPR-Fahrende den Roboter normalerweise aus der Ferne manuell.

### **Technische Lösung**

Unter den gegebenen technischen Rahmenbedingungen wurde folgende Lösung verfolgt: Über das Webinterface wird eine Verbindung mit dem TPR hergestellt. Darüber wird das Kamerabild des TPR – wie im normalen Betrieb auch – als Videostream übertragen. Von dem Videostream auf dem Bildschirm des TPR-Fahrenden werden Screenshots erfasst und bezüglich des Vorkommens von bestimmten Handgesten analysiert. Werden relevante Handgesten erkannt, werden diese in Steuerbefehle übersetzt. Dazu werden virtuelle Tastendrücke auf dem PC des Nutzens generiert, die das Webinterface – analog zu Eingaben des TPR-Fahrenden – als Steuerbefehle für den Roboter interpretiert. Die Umsetzung der technischen Lösung erfolgte in mehreren Schritten.

#### **(1) Vorbereitung der Entwicklungsumgebung**

Eine Python-Umgebung wurde in einer virtuellen Maschine (VMWARE) eingerichtet, um die Softwareentwicklung und -tests unabhängig vom Hauptsystem durchzuführen.

#### **(2) Erfassung des Videostreams**

Ein aktiver Anruf mit dem TPR wurde initiiert, und Screenshots des Bildschirms des TPR-Fahrenden wurden in festgelegten Zeitintervallen aufgenommen. Diese Screenshots bildeten die Grundlage für die Analyse der Handgesten.

### (3) Erkennung der Handgesten

Für die Erkennung der Handgesten wurde eine Mediapipe-Bibliothek eingesetzt. Erste Tests zeigten, dass eine Hand mit den Orientierungspunkten prinzipiell zuverlässig erkannt wird. Es traten jedoch mehrere spezifische Herausforderungen auf, die iterative Anpassungen erforderten. Dazu zählten:

**Fingerzählung:** Die Zählung der in die Kamera gezeigten Finger bereitete Probleme, da der anfänglich eingesetzte Algorithmus, der die Fingerspitzenhöhe relativ zu anderen Fingergelenken bewertete, fehlerhafte Ergebnisse lieferte. Der Algorithmus arbeitete allein auf der Annahme, dass die Spitzen der Finger, die in der betreffenden Geste nicht gezeigt werden, tiefer liegen als andere Gelenkpunkte der Finger. Die Analyse der relativen Höhe und der Distanz der Gelenkpunkte war jedoch anfällig für Verzerrungen bei Handrotationen. Daher wurde in einer Überarbeitung des Algorithmus die Positionsbewertung um die relative Lage des Daumens zu den anderen Fingern ergänzt. Der finale, nun stabilere Algorithmus kombiniert die relativen Höhen und Seitenverhältnisse der Gelenkpunkte, um zu bestimmen, ob der Daumen links oder rechts von den anderen Fingern liegt.

**Erkennung mehrerer Hände:** Fehlinterpretationen der Gesten entstanden auch, wenn gleichzeitig mehrerer Hände erkannt wurden. Als einfache Lösung für dieses Problem wird die Handgestenerkennung deaktiviert, sobald mehr als eine Hand sichtbar ist. Ein Hinweis auf dem Bildschirm informiert den Nutzenden und fordert dazu auf, nur eine Hand zu zeigen.

### (4) Systemintegration

Abschließend erfolgte die Integration der Gestenerkennung in den Steuerungsablauf des TPR. Dazu wurden die Gesten (Anzahl erkannter Finger) mit virtuellen Tastatureingaben verknüpft, die wiederum – in gleicher Weise wie reale Tastatureingaben des TPR-Fahrers – bei Übertragung durch das Webinterface Fahrbefehle im TPR auslösen.

## 3 Erprobung

Funktionsfähigkeit der Lösung wurde für drei Gesten (Abbildung 1) erprobt:

- Geste zwei Finger = Taste <Pfeil oben> = Fahrbefehl „Vorwärts“
- Geste fünf Finger = Taste <Beenden> = Fahrbefehl „Stopp“
- Geste vier Finger = Taste <Pfeil unten> = Fahrbefehl „Rückwärts“

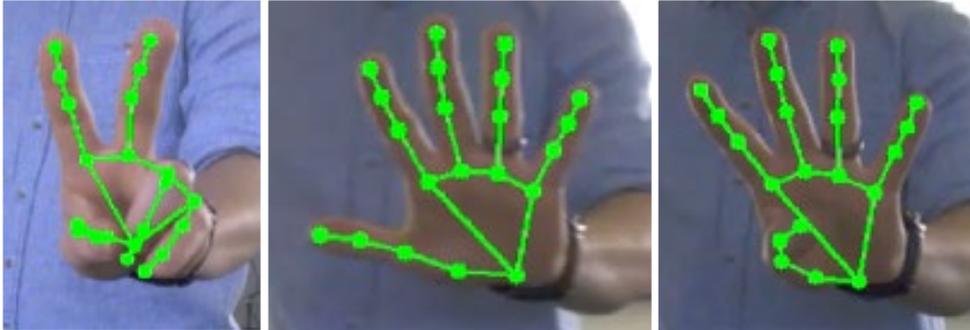


Abbildung 1: Gesten für „Vorwärts“ (links), „Stopp“ (Mitte) und „Rückwärts“ (rechts)

In den Tests zeigte sich, dass die Steuerung mit den ausgewählten Gesten unter üblichen Lichtbedingungen in Innenräumen zuverlässig funktioniert und der Roboter sich auf diese Weise fahren und stoppen lässt. Auch das Erkennen einer zweiten, die Gestenerkennung potenziell störenden Hand und das dann notwendige Unterbrechen der Gestenerkennung sowie das Instruieren der Person vor Ort, die zweite Hand aus dem Kamerabild zu entfernen, funktioniert zuverlässig.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Es konnte gezeigt werden, dass der TPR Double 3 bezüglich der Funktion Vorwärts- und Rückwärtsfahren sowie Stoppen mittels Gestensteuerung zuverlässig gesteuert werden kann. Die technische Lösung wurde – da keine anderen Schnittstellen zur Verfügung standen – das Webinterface des TPR.

Künftige Entwicklungen könnten die Funktionalität auch direkt an Bord von TPR realisieren, um die Robustheit zu erhöhen, Latenzen zu vermeiden und die über das Internet zu übertragende Datenmenge zu reduzieren. Außerdem ist es nötig, weitere Gesten zu berücksichtigen, um einen größeren Funktionsumfang (z. B. Richtungsänderung, „Folge-mir-Funktion“) umsetzen zu können. Schließlich besteht auch der Bedarf, die Robustheit der Gestenerkennung bei schwierigen Lichtverhältnissen zu erhöhen.

Außerdem bietet die Kombination mit einer Sprachsteuerung vielversprechende Perspektiven – etwa für die Nutzung von TPR durch Menschen mit verschiedenen Einschränkungen.

*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 beim Autor.*

**Autor****Schnabel, Florian**

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.