

Die Qual der Wahl – Welcher Telepräsenzroboter ist der Richtige?

Francisco Hernandez¹, Danny Rüffert¹, Thomas Löffler¹

¹TU Chemnitz – Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement

Zusammenfassung

Der Beitrag beschreibt eine strukturierte Vorgehensweise zur Bewertung der Eignung von Telepräsenzrobotern (TPR) für den industriellen Einsatz. Mithilfe einer Nutzwertanalyse und eines strukturierten Bewertungsprozesses wurden sechs vorausgewählte TPR-Modelle bezüglich 28 Kriterien in fünf übergeordneten Kategorien untersucht. Für die Anforderungen im Projekt PraeRI zeigten die Modelle Double 3 und Ohmni Pro die höchsten Nutzwerte. Der Bewertungsrahmen kann als praxisnahe Entscheidungshilfe für die Auswahl von TPR weitergenutzt werden.

1 Einleitung

Telepräsenzroboter (TPR) sind in der Industrie weniger verbreitet als in Büros, Schulen oder im Gesundheitswesen [1-5]. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, zu bestimmen, welche TPR für industrielle Anforderungen geeignet sind. Aktuell existieren jedoch weder für die spezifischen Einsatzbedingungen in der Industrie noch allgemein für Leistungsparameter von TPR standardisierte Test- und Beurteilungsverfahren. Vorstellbar wären etwa standardisierte Nutzungszyklen, um die Betriebsdauer mit einer Batterieladung zu ermitteln.

Das Konsortium des Projekts PraeRI umfasste nicht den nötigen Kreis von Partnern, um allgemeinverbindliche Standards für die Bewertung von TPR zu entwickeln. Jedoch wurden aus Perspektive der am Projekt beteiligten Anwendungs-, Entwicklungs- und Wissenschaftspartnern eine Vorgehensweise und ein Bewertungsrahmen geschaffen. Beides diente zunächst dazu, geeignete TPR für die Anwendungsfälle im Projekt PraeRI [6] auszuwählen, kann aber orientierend auch darüber hinaus nachgenutzt werden.

2 Vorgehensweise

Als methodischer Ansatz der Bewertung diente die Nutzwertanalyse. Bei der Auswahl der Bewertungskriterien wurde initial auf Vorarbeiten von Hernandez et al. [7] zu industriellen Anforderungen an TPR zurück gegriffen. Folgende Vorgehensschritte wurden durchlaufen:

2.1 Bildung eines Bewertungsteams

Im Rahmen des Projektes wurde ein zwölfköpfiges Bewertungsteams gebildet. Es umfasste potenzielle Anwendende, Entscheider und Wissenschaftler.

2.2 Analyse von Basisanforderungen und Marktanalyse

Ausgehend von Basisanforderungen wie der Verfügbarkeit im deutschen Markt und dem Vorhandensein einer Fahrfunktion – in Schulen kommen TPR zum Einsatz, die getragen werden müssen – wurden sechs TPR-Modelle zur Bewertung ausgewählt (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Untersuchte Roboter: (a) GoBe Robot von Blue Ocean Robotics – Denmark [8], (b) UBBO-Expert von Axyn Robotics – France [9], (c) Ava von Ava Robotics – USA [10], (d) Temi von Temi Robots – USA [11], (e) Double3 von Double Robotics – USA [12], (f) Ohmni Pro von Ohmnilabs – USA [13].

2.3 Eruiere von Datenquellen und Testaktivitäten

Um im nächsten Schritt realistische Bewertungskriterien festlegen zu können, wurden zunächst die verfügbaren Daten und Erprobungsmöglichkeiten der TPR eruiert. Prinzipiell standen Datenblätter und technische Beschreibungen der Hersteller zur Verfügung. In der Regel konnten auch die Benutzeroberflächen online beurteilt werden. Einige Modelle standen für Remote-Tests zur Verfügung. Drei Modelle Double3, Ohmni und Temi waren bereits beim Partner TU Chemnitz im Einsatz.

2.4 Festlegung der Bewertungskriterien

Insgesamt wurden 28 einzelne Bewertungskriterien identifiziert, die zu fünf Kategorien zusammengefasst wurden. Diese bilden den Bewertungsrahmen und die Grundlage für die Nutzwertanalyse.

1. **Kosten:** Im Projekt wurden vereinfachend allein die Anschaffungskosten verglichen. Je nach Geschäftsmodell der Hersteller können bestimmte Kosten für Hard- und besonders für Software-Optionen als Anschaffungskosten oder Betriebskosten anfallen (z. B. Freischaltung Entwicklermodus, Lizenzen für Flottenmanagement-Software und Inhouse-Hosting). Diese sollten dann in einer Investitionsrechnung (z. B. Kapitalwertmethode) einfließen.
2. **Administrativ-koordinativer Aufwand:** Bestimmte Aufwände zur Sicherstellung der Gesetzeskonformität, bei der Beschaffung, Wartung und von Weiterentwicklungsmöglichkeiten lassen sich nicht rational-zuverlässig in Kosten ausdrücken, spielen aber eine Rolle. Im Projekt beurteilte das Bewertungsteam folgende Kriterien: Einhaltung der DSGVO, Lieferzeit, Niederlassung in Deutschland, Support des Herstellers, Zugänglichkeit Entwicklermodus.
3. **Technische Basisleistungsfähigkeit:** Innerhalb dieser Kategorie wurden folgende technischen Parameter verglichen: Akkulaufzeit bei aktiver Videoübertragung und im passiven Zustand, Ladezeit, Gewicht des TPR, Stabilität/Kippfestigkeit, Transportierbarkeit.
4. **Benutzerfreundlichkeit:** In dieser Kategorie wurden anhand der Erprobung und Bemusterung folgende Kriterien beurteilt: Übersichtlichkeit der Benutzeroberfläche, Intuitivität der Steuerung der Hauptfunktionen (Fahren, Video-Call), Intuitivität der Bedienung von weiteren Funktionen (z. B. Bildschirmteilen), Reaktionszeit/Verzögerung, Konnektivität

(Webbrowser, Verbindungsmöglichkeit zu Mobiltelefon, Einfachheit der Einladung von Video-Call-Teilnehmenden).

5. **Zusatzfunktionalitäten:** In dieser Kategorie erfolgte eine Bewertung von Kriterien/Merkmalen, die über die Basisfunktionalität hinaus gehen oder die die Einsatzmöglichkeiten und den Komfort erhöhen. Die Bewertung umfasste: Konnektivität (Wi-Fi, Bluetooth), Bildschirmgröße, Höhenverstellbarkeit (motorisch-ferngesteuert, manuell), Kamera (zusätzliche Frontkamera, Sichtfeld, zusätzliche Navigationskamera), Verbreitung des Betriebssystems, Umfang und Qualität der Sensorik, Sonstige Extras (z. B. 2D Mapping, 3D Mapping, Follow-me-Funktion).

2.5 Durchführung der TPR-Erprobung und Datenakquise

Mitglieder des Bewertungsteams erprobten die sechs TPR und dokumentierten Nutzungserfahrungen. In den verfügbaren Datenblättern nicht enthaltene Angaben wurden teilweise nacherhoben.

2.6 Bewertungs-Workshop

Nach den Erprobungen, der Datenakquise und der Zuordnung von Daten und Informationen zu den Bewertungskriterien fand ein Bewertungs-Workshop mit dem gesamten Bewertungsteam statt. Im Workshop wurde eine Nutzwertanalyse für die ausgewählten TPR-Modelle erstellt. Dazu wurden vom Bewertungsteam

- (1) die Bewertungskategorien und die einzelnen Bewertungskriterien untereinander gewichtet und
- (2) jedes Bewertungskriterium für jedes TPR-Modell bewertet.

Die Bewertung erfolgte mittels vierstufiger Punkteskala nach VDI 2225 Blatt 3 [14] (0 unbefriedigend, 1 gerade noch akzeptabel, 2 ausreichend, 3 gut, 4 sehr gut). Anschließend wurde für jedes Bewertungskriterium der Teilnutzwert berechnet ($\text{Gewichtung} \times \text{Bewertung}$). Die Summe aller Teilnutzwerte eines TPR gibt seinen Nutzwert an.

3 Ergebnisse

Bewertungskategorien wurden wie folgt gewichtet:

- Kosten: 20 Prozent
- Administrativ-koordinativer Aufwand: 15 Prozent
- Technische Basisleistungsfähigkeit: 15 Prozent

- Benutzerfreundlichkeit: 20 Prozent
- Zusatzfunktionalitäten: 30 Prozent

Tabelle 1 zeigt für jedes TPR-Modell die kumulierten Teilnutzwerte auf Ebene der Bewertungskategorien, den Nutzwert und den Zielerreichungsgrad in Prozent. Letzterer entspricht dem Verhältnis von Nutzwert zum theoretisch maximal erreichbaren Nutzwert 4.

Tabelle 1: Ergebnisse der Nutzwertanalyse

Kategorie	GoBe Robot	UBBO Expert	AVA	Temi 3	Double 3	Ohmni Pro
Kosten	0,4	0,6	0,0	0,8	0,6	0,6
Administrativ-koordinativer Aufwand	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
Technische Basisleistungsfähigkeit	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
Benutzerfreundlichkeit	0,5	0,4	0,7	0,3	0,7	0,7
Zusatzfunktionalitäten	0,8	0,8	1,1	0,6	1,0	0,9
Nutzwert	2,7	2,7	2,7	2,6	3,2	3,1
Zielerreichungsgrad	68,0%	66,4%	66,6%	65,6%	80,5%	78,6%

Bezüglich der **Kosten** wurde – wie oben geschildert – vereinfachend nur ein Bewertungskriterium – die Anschaffungskosten resp. der Preis – betrachtet. Die Preisspanne der sechs TPR reichte von ca. 2.000 Euro bis ca. 50.000 Euro und entsprechend deutlich sind die Unterschiede im Teilnutzwert.

In der Kategorie **Administrativ-koordinativer Aufwand** zeigten sich zwischen den TPR-Modellen keine gravierenden Differenzen.

Bezüglich der **Technischen Basisleistungsfähigkeit** variiert der Teilnutzwert leicht. Dies ist vor allem auf unterschiedlich lange Akkuladezeiten (3 bis 10 Stunden) und unterschiedlich hohe Gewichte (12 bis 60 kg) in Verbindung mit entsprechender Transportierbarkeit zurückzuführen.

Große Unterschiede existieren bei der **Benutzerfreundlichkeit**. Maßgeblich waren hier das Kriterium, wie einfach Teilnehmende Zugang zu einem Video-Call erhalten können (Direktlink vs. aufwändige Registrierung), sowie die Kriterien Intuitivität der Bedienung und Reaktionszeit/Verzögerung.

In der Kategorie **Zusatzfunktionalitäten** schwanken die kumulierten Teilnutzwerte ebenfalls stark. Bildschirmgröße und Bildqualität sowie die Höhenverstellbarkeit haben hier einen großen Einfluss.

Insgesamt erhielten die Modelle Double 3 und OhmniPro die besten Bewertungsergebnisse. Beide Modelle erreichen jeweils um die 80 Prozent des

maximal möglichen Nutzwertes. Dieser nicht sehr hohe Wert – nach Wiendahl et al. [15] sind Lösungen im Bereich von Fabrikausrüstungen mit einem Zielerreichungsgrad unter 80 Prozent erfahrungsgemäß nicht wettbewerbsfähig – deutet auch darauf hin, dass die marktverfügbaren TPR für die industrielle Praxis noch nicht ausgereift sind. Der vom Projekt PraeRI adressierte Bedarf, TPR für die industrielle Nutzung weiter zu entwickeln, wird damit bestätigt.

4 Fazit

Für die im Projekt PraeRI vorgesehenen Anwendungsszenarien erwiesen sich die TPR-Modelle Double 3 und Ohmni Pro als am besten geeignet. Die Nutzwerte liegen jedoch nur im akzeptablen Bereich, so dass ein Bedarf für Verbesserungen und Weiterentwicklung besteht.

Der entwickelte Bewertungsrahmen und die Vorgehensweise können für andere Anwendungsszenarien adaptiert und nachgenutzt werden.

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.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Björnfot, P., Bergqvist, J., & Kaptelinin, V. (2018). Non-technical users' first encounters with a robotic telepresence technology: An empirical study of office workers. In: Paladyn, Journal of Behavioral Robotics 9 (1), S. 307–322. DOI: 10.1515/pjbr-2018-0022.
- [2] Lee, M. K., & Takayama, L. (2011). Now, I have a body. In: Desney Tan, Geraldine Fitzpatrick, Carl Gutwin, Bo Begole und Wendy A. Kellogg (Hg.): Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems - CHI '11. the 2011 annual conference. Vancouver, BC, Canada, 07.05.2011 - 12.05.2011. New York, New York, USA: ACM Press, S. 33.
- [3] Lee, WH., Park, J., & Park., C. H. (2018). Acceptability of Tele-assistive Robotic Nurse for Human-Robot Collaboration in Medical Environment. In: Kanda, Šabanović et al. (Hg.) 2018 – Companion of the 2018 ACM/IEEE, S. 171–172. doi: 10.1145/3173386.3177084.
- [4] Hernandez, F., Birke, J., Bullinger, A.C. (2023). The Tribrid-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_26
- [5] Hernandez, F., Rueffert, 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.
- [6] Rüffert, D., Kögel, A., Löffler, T. (2025). So fern und doch so nah – Telepräsen-tes Arbei-ten in der Industrie. In: Bullinger-Hoffmann, A.C. (2025). Telepräsen- te Fernunterstüt- zung in der Industrie. aw&I – Wissenschaft und Praxis. DOI
- [7] Hernandez, F., Waechter, M., Bullinger, A.C. (2021). A First Approach for Implementing a Telepresence Robot in an Industrial Environment. In: Nunes, I.L. (eds) Advances in Human Factors and System Interactions. AHFE 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 265. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-79816-1_18
- [8] BLUE OCEAN ROBOTICS. GoBe Robot. <https://gobe.blue-ocean-robotics.com> [letzter Abruf im Januar 2025]
- [9] Axyn Robotics. UBBO-Expert. <https://axyn.fr/ubbo-expert> [letzter Abruf im Januar 2025]
- [10] AVA ROBOTICS. AVA Robot. <https://www.avarobotics.com/ava-robot> [letzter Abruf im Januar 2025]
- [11] temi USA inc. Temi3. <https://www.robotemi.com/robots/> [letzter Abruf im Januar 2025]
- [12] Double Robotics. Double3. <https://www.doublerobotics.com> [letzter Abruf im Januar 2025]
- [13] OhmniLabs. OhmniPro. <https://ohmnilabs.com> [letzter Abruf im Januar 2025]
- [14] VDI 2225 Blatt 3, Design engineering methodics - Engineering design at optimum cost - Valuation of costs. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.beuth.de/en/technical-rule/vdi-2225-blatt-3/10940959>
- [15] Wiendahl, H.-H., Reichardt, J., Nyhuis, P. (2024). Handbuch Fabrikplanung: Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten, 3., Vollständig überarbeitete Auflage. in Hanser eLibrary. München: Hanser Verlag, 2024. doi: 10.3139/9783446473607.

Autoren



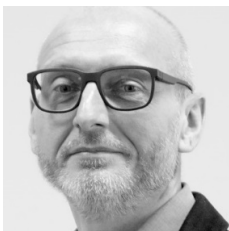
Hernandez, Francisco

Francisco Hernandez studierte Fahrzeugtechnik in Bogotá (Kolumbien) bevor er sein Masterstudium in Automobilproduktion und -technik an der TU Chemnitz absolvierte. Seit Mai 2019 arbeitet er an der Professur unter dem Cluster Industrial Engineering mit dem Schwerpunkt Industrie 4.0 im Bereich kollaborierende Roboter, Augmented Reality und Tele-Präsenz-Roboter.



Rüffert, Danny

Danny Rüffert studierte Sports Engineering an der Technischen Universität Chemnitz. Seit 2014 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement im Cluster Industrial Engineering. Seine Aufgaben umfassen die Themenfelder Alterssimulation und Ergonomie sowie die Forschung an Mensch-Maschine-Schnittstellen.



Löffler, Thomas

Dr.-Ing. Thomas Löffler studierte Maschinenbau an der Technischen Universität Chemnitz. Er arbeitete anschließend als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Fabrikplanung und Fabrikbetrieb, als Werkstrukturplaner bei bse engineering Leipzig GmbH sowie als Geschäftsführer des Instituts IREGIA e. V. Seit 2011 ist er an der Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement als Clusterleiter Industrial Engineering tätig.