

## **Entwicklung und Analyse eines Akzeptanzmodells für die Mensch-Roboter-Kooperation in der Industrie**

Christina BRÖHL, Jochen NELLES, Christopher BRANDL,  
Alexander MERTENS, und Christopher M. SCHLICK †

**Kurzfassung:** Die Kooperation zwischen Mensch und Roboter gewinnt zunehmend an Bedeutung: Während der Mensch bislang durch eine räumliche Trennung vom Roboter geschützt war, erproben immer mehr Firmen Roboter, die mit dem Menschen Hand in Hand zusammenarbeiten. Das bedeutet, dass Mensch und Roboter ihren Arbeitsplatz physisch teilen und in direkten Kontakt miteinander treten. Ein bedeutender Faktor für eine erfolgreiche Mensch-Roboter-Kooperation stellt die Akzeptanz des Roboters durch den Menschen dar. Im Allgemeinen wird ein Produkt nur akzeptiert und als nützlich anerkannt, wenn es die menschlichen Erwartungen und Bedürfnisse erfüllen kann. In der vorliegenden Arbeit soll ein Akzeptanzmodell hinsichtlich der Kooperation zwischen Mensch und Roboter beschrieben werden, das vorherige Akzeptanzmodelle konsolidiert und erweitert sowie ethische, rechtliche und soziale Implikationen berücksichtigt.

**Schlüsselwörter:** Akzeptanzmodell, Mensch-Roboter-Interaktion, Mensch-Maschine-Interaktion, ELSI, TAM

### **1. Einleitung**

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts ist der Sektor der Robotik kontinuierlich gewachsen und ein wichtiger Bestandteil der heutigen Produktionsindustrie geworden (Ray et al 2008). Die jüngsten Entwicklungen in der Robotik führen weg von Robotern als Teil eines vollautomatisierten Produktionsprozesses hinzu Prozessen, in denen Mensch und Roboter kollaborieren. Während der menschliche Körper bisher durch ausreichende Sicherheitsbarrieren geschützt war, gibt es immer mehr Organisationen, die Kollaborationsarbeitsplätze einrichten wollen, an denen Mensch und Roboter Aufgaben zusammen und zeitgleich verrichten. Dabei kann ein Fehlverhalten des Roboters zu schweren Verletzungen des Menschen führen, sodass die Interaktion zwischen Mensch und Roboter erwartungskonform gestaltet werden muss, sowohl hinsichtlich der Hardwarekomponenten als auch der menschlichen Wahrnehmung. Ein wichtiger Faktor für eine erfolgreiche und effiziente Nutzung einer Technologie stellt die Akzeptanz des Geräts dar. Bisher wurde Technikakzeptanz im Kontext von Industrierobotern noch nicht ausreichend untersucht. Deswegen zielt diese Arbeit auf die Erstellung eines Modells, das die Akzeptanz einer Mensch-Roboter-Kooperation im industriellen Kontext quantifiziert.

#### *1.1 Bisherige Forschungsarbeiten*

Zur Messung von Technikakzeptanz gibt es eine Reihe von unterschiedlichen Modellen. Grundlegend wird die Diffusionstheorie von Rogers aus dem Jahr 1962 als Startpunkt dieses Forschungsfeldes angesehen. Diese Theorie schlägt ein fünfstufiges Modell vor, beginnend mit der Kenntnisnahme einer neuen Technologie

hin zu deren Bestätigung (Rogers, 1962). Der nächste essentielle Schritt zur Erfassung von Technikakzeptanz ist das Technikakzeptanzmodell (engl. Technology Acceptance Model, TAM) von Davis aus dem Jahr 1989 (Davis, 1989). Es prognostiziert die Akzeptanz und die damit korrespondierende Nutzung von Informationstechnologien. Genauer basiert dieses Modell auf der fundamentalen Erkenntnis, dass die Verhaltensintention zu einem tatsächlichen Verhalten führt. Die Verhaltensintention ist wiederum von zwei Variablen abhängig – vom wahrgenommenen Nutzen und der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit. Der wahrgenommene Nutzen wird als “the degree to which a person believes that using a particular system would enhance his or her job performance” definiert, wohingegen die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit als “the degree to which a person believes that using a particular system would be free from effort” definiert ist (Davis, 1989).

Einige Untersuchungen zur Messung der Akzeptanz von Robotern, beziehen sich auf die Arbeit von Davis. Diese Studien fügen dem ursprünglichen Modell noch weitere Variablen hinzu, wie zum Beispiel soziale Implikationen (soziale Norm, Freiwilligkeit und Image) und kognitive Prozesse (Jobrelevanz, Ergebnisqualität, Kennzeichnung der Ergebnisse und wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit), (TAM 2 von Venkatesh and Davis (Venkatesh & Davis, 2000)).

Ein weiterer nennenswerter Ansatz stellt die Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (TAM 3 von Venkatesh und Bala (2008)) dar, die auf die Zusammenfassung bestehender Modelle der Nutzerakzeptanz von Informationstechnologien abzielt. Der Nachfolger dieses Modells, das UTAUT 2 von Venkatesh, Thong und Xu (2012) fokussiert die Technologieakzeptanz des Endverbrauchers, indem es zum Beispiel Faktoren wie hedonische Motivation mit aufnimmt. Bislang wurden Akzeptanzmodelle allerdings nicht auf den Kontext der Mensch-Roboter-Kooperation angepasst und vernachlässigen demnach für diesen Kontext als wichtig zu erachtende Aspekte.

## *1.2 Die vorliegende Arbeit*

Das Ziel der vorliegenden Studie ist die Konstruktion eines Akzeptanzmodells hinsichtlich der Mensch-Roboter-Kooperation. Dieses Modell basiert auf bereits existierenden Akzeptanzmodellen und berücksichtigt auch kontextspezifische Faktoren der Interaktion zwischen Mensch und Roboter im industriellen Umfeld. Deswegen erfolgt die Konstruktion des Modells in vier Entwicklungsschritten: Erstens wurde ein Untersuchungsmodell auf Grundlage von Literaturrecherchen entwickelt. In Workshops wurden die Ergebnisse mit Vertretern aus Roboter produzierenden Unternehmen, Arbeitnehmern aus dem Bereich Robotik, sowie Wissenschaftlern aus den Bereichen Psychologie, Informatik und Maschinenbau diskutiert. Dieses Modell berücksichtigt Variablen aus den beschriebenen, traditionellen Akzeptanzmodellen und wurde um erarbeitete Faktoren der Workshops erweitert. Diese kontextspezifischen Faktoren bilden einerseits Variablen, die sich auf die Einstellung der Nutzer beziehen, wie zum Beispiel wahrgenommenes Vergnügen, wahrgenommene Sicherheit sowie ethische, rechtliche und soziale Implikationen (ELSI). Andererseits sind dies personenbezogene Charakteristiken, wie beispielsweise Selbstwirksamkeit, Roboterangst, Technikaffinität (vgl. Karrer, Glaser, Clemens und Bruder (2009)), roboterbezogene Vorerfahrungen (vgl. MacDorman, Vasudevan and Ho) und Wahrnehmung der externen Kontrolle. Im zweiten Schritt wurde eine fragebogenbasierte Studie entwickelt, die auf diesen Variablen basiert und iterativ mit Experten validiert wurde. Drittens, wurde diese Studie in ein

Onlinetool implementiert und von 322 in der Produktion arbeitenden Teilnehmern abgeschlossen. Letztlich wurde das Model statistisch mit einer Korrelationsanalyse näher untersucht, um daraus Schlüsse hinsichtlich möglicher Prädiktoren zu ziehen, die die Akzeptanz von Robotern bei der Mensch-Roboter-Kooperation erklären.

Da Roboter bei der Mensch-Roboter-Kooperation sowohl eine aktive (z.B. beim Anreichen von schweren Bauteilen) als auch eine passive Rolle (z.B. beim Halten von Komponenten, sodass der Arbeitnehmer mit diesen Bauteilen arbeiten kann) einnehmen können, wurden für die Studie zwei Szenarien konstruiert, um Prädiktoren für beide Formen der Interaktion zu entwickeln. Dazu wurden die Teilnehmer entsprechend instruiert, ihre Antworten jeweils in Bezug auf das entsprechende Szenario auszurichten.

## 2. Methode

### 2.1 Teilnehmer

Insgesamt nahmen 322 Personen an der Studie teil. Die Teilnehmer wurden mittels einer Panelstudie rekrutiert. Alle Teilnehmer arbeiten in Produktionsunternehmen. Dabei haben 34,8% der Teilnehmer in Unternehmen gearbeitet, die Roboter in der Produktion einsetzen, und 65,2% in Unternehmen, die bisher noch keine Roboter in der Produktion einsetzen.

Die Studie war bezüglich des Geschlechts nicht ausbalanciert, dafür aber repräsentativ für Arbeitnehmer in der Produktion: 80 Teilnehmer der Studie waren weiblich und 242 männlich. Das Alter der Teilnehmer lag zwischen 21 und 64 Jahren ( $\bar{x} = 46,32$ ,  $SD = 10,35$  Jahre).

### 2.2 Verfahren

Die Umfrage besteht aus mehreren Teilbereichen, wie z.B. einer Einleitung, einer Befragung zu demographischen Variablen und den Teil zur Erfassung der Akzeptanz. Durchschnittlich dauert die Umfrage 14,7 Minuten. Die Szenarien wurden folgendermaßen beschrieben:

*Aktiver Roboter: „Sie arbeiten in einer Werkhalle mit einem Roboterarm an einem gemeinsamen Arbeitsplatz. Sie nehmen aus dem Kommissionierbereich ein Gehäuse sowie den dazu passenden Deckel und halten beide Bauteile zueinander passend zwischen sich und dem Roboterarm auf der Arbeitsplatte fest. Der Roboterarm nimmt aus dem Kommissionierbereich die dazu passenden Schrauben und verbindet mit diesen nacheinander das Gehäuse mit dem Deckel. Nachdem die Bauteile fertig montiert sind, legt der Roboter das Bauteil im Kommissionierbereich neben dem Arbeitsplatz ab und ein neuer Arbeitsprozess beginnt.“*

*Passiver Roboter: „Sie arbeiten in einer Werkhalle mit einem stationären Roboterarm an einem gemeinsamen Arbeitsplatz. Der Roboterarm nimmt aus einem Kommissionierbereich eine Autotür und hält diese vor Ihnen fest. Sie montieren an dieser Autotür einzelne Bauteile, die Sie vorher aus einem Regal entnommen haben. Nachdem Sie die Bauteile fertig montiert haben, stellt der Roboter die Tür im Kommissionierbereich neben dem Arbeitsplatz ab und ein neuer Arbeitsprozess beginnt.“*

### 2.3 Items des Fragebogens

Die in der Studie verwendeten Items sind in Tabelle 2 dargestellt.

**Tabelle 2:** Die in der Studie verwendeten Items

Factor	Items
Subjektive Norm	Im Allgemeinen unterstützt das Unternehmen die Nutzung des Roboters. (TAM 2)
Status	Mitarbeiter im Unternehmen, die mit dem Roboter arbeiten, sind angesehener als Mitarbeiter, die nicht damit arbeiten. (TAM 2)
Arbeitsbezogene Relevanz	Die Nutzung des Roboters ist für eine Vielzahl meiner arbeitsbezogenen Aufgaben geeignet. (TAM 2) Die Ergebnisqualität des Roboters ist hoch. (TAM 2)
Ergebnisqualität	
Outputqualität	Ich habe keine Schwierigkeiten damit, anderen von den Ergebnissen des Roboters zu berichten. (TAM 2)
Wahrgenommenes Vergnügen	Ich habe bei der Nutzung des Roboters Spaß. (TAM 3)
Soziale Implikationen	Ich befürchte, dass ich durch den Roboter den Kontakt zu meinen Kollegen verliere.
Rechtliche Implikationen (Arbeitssicherheit)	Es macht mir nichts aus, wenn der Roboter mit mir an einem gemeinsamen Arbeitsplatz arbeitet.
Rechtliche Implikationen (Datenschutz)	Es macht mir nichts aus, wenn der Roboter persönliche Daten über meine Arbeitsweise speichert.
Ethische Implikationen	Ich befürchte, dass ich langfristig durch den Roboter meinen Job verlieren werde.
Wahrgenommene Sicherheit	Bei der Nutzung des Roboters fühle ich mich sicher.
Selbstwirksamkeit	Nach einer entsprechenden Einweisung bin ich in der Lage, einen Roboter zu benutzen. (TAM 3)
Roboterangst	In der Gegenwart eines Roboters fühle ich mich unwohl. (TAM 3)
Roboterbezogene Erfahrungen	Wie oft haben Sie im letzten Jahr Filme, Zeitungsartikel oder Materialien im Internet über Roboter angesehen bzw. gelesen? Wie oft haben Sie in den letzten 10 Jahren Kontakt mit einem Roboter unabhängig von Ihrem Arbeitskontext gehabt? (MacDorman, Vasudevan & Ho, 2008)
Wahrgenommener Nutzen	Der Roboter wäre für meine Arbeit nützlich. (TAM)
Wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit	Die Interaktion mit dem Roboter ist einfach. (TAM)
Tatsächlicher Gebrauch	Wenn ich wählen könnte, ob der Roboter mich weiterhin bei meiner Arbeit unterstützen soll, würde ich mich für die Unterstützung durch den Roboter entscheiden. Ich bevorzuge den Roboter gegenüber anderen Maschinen im industriellen Umfeld.
Technikaffinität	s. Karrer et al. (2009)



In Bezug auf die Ankervariablen wurden die höchsten Korrelationskoeffizienten bei den Variablen des traditionellen TAM3 Modells gefunden: wahrgenommene externe Kontrolle, Selbstwirksamkeit und Roboterangst. Entgegen der Erwartungen korrelierte Technikaffinität negativ mit wahrgenommener Benutzerfreundlichkeit. Dies könnte möglicherweise daran liegen, dass Personen, die bezüglich elektronischer Geräte besser informiert sind, mehr Vorurteile haben als diejenigen, die eher unerfahren mit der Nutzung elektronischer Geräte sind. In Bezug auf die Einstellungsvariablen konnte herausgestellt werden, dass die wahrgenommene Sicherheit und die Arbeitssicherheit die besten Prädiktoren für die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit sind, da diese eine hohe Effektstärke aufweisen. Die sozialen und ethischen Implikationen haben sich als weniger bedeutsam herausgestellt, da die Effektgröße zwischen diesen Variablen und der Benutzerfreundlichkeit als mittelmäßig klassifiziert werden kann. In Bezug auf das Alter zeigen die Korrelationskoeffizienten keinen signifikanten Effekt. Deswegen kann das Alter in dem Modell vernachlässigt werden.

Insgesamt reichen die Korrelationskoeffizienten zwischen wahrgenommenem Nutzen, wahrgenommener Benutzerfreundlichkeit und Verhaltensintention von mittelmäßig bis hoch. Dies zeigt, dass das originale TAM auf den Bereich der Mensch-Roboter-Interaktion übertragen werden kann. Zukünftig soll das Modell mit einer ordinalen Regression analysiert werden, um die Aussagekraft der kontextspezifischen Variablen für die personenbezogene Variable Verhaltensintention näher zu untersuchen. Darüber hinaus soll das Modell weiter modifiziert werden. Es soll zwischen Teilnehmern, die bereits täglich mit einem Roboter arbeiten und Teilnehmern, die sporadisch mit Robotern zusammenarbeiten, sowie Teilnehmern, die gar nicht mit Robotern zusammenarbeiten, unterschieden werden.

#### 4. Literatur

- Cohen, J. (2010). *Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences* (3. ed., [Nachdr.]). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319.
- Karrer, K., Glaser, C., Clemens, C., & Bruder, C. (2009). *Technikaffinität erfassen – der Fragebogen TA-EG*, 29.
- Ray, C., Mondada, F., & Siegart, R. (2008). What do people expect from robots? In *2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. [IROS 2008] ; Nice, France, 22 - 26 September 2008* (pp. 3816–3821). Piscataway, NJ: IEEE Service Center.
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of innovations*. New York: Free Press of Glencoe.
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273–315.
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science*, 46(2), 186–204.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y., & Xu, X. (2012). *Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*.

**Danksagung:** Diese Publikation ist Teil des Forschungsprojekts „MeRoSy“, welches vom Deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert wird (BMBF, Zugangsnummer 16SV7190).



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft**

63. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

15. – 17. Februar 2017

---

**GfA Press**

---

**Bericht zum 63. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 15. – 17. Februar 2017**

**FHNW Brugg-Windisch, Schweiz**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2017

ISBN 978-3-936804-22-5

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

**Schriftleitung: Matthias Jäger**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet, den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

USB-Print: Dr. Philipp Baumann, Olten

**Screen design und Umsetzung**

© 2017 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)